



**Сборник заданий
Всероссийской олимпиады
школьников**

Том 1

Биология

*

Химия

*

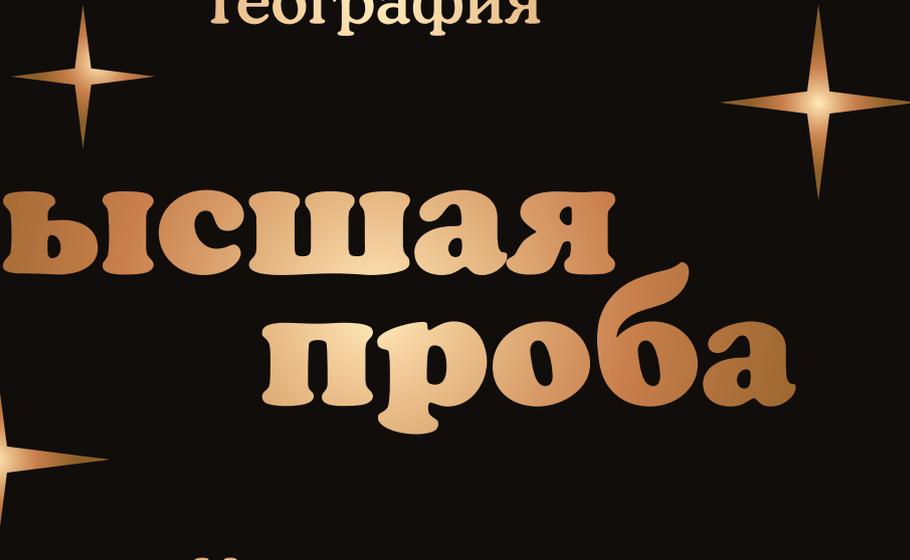
Физика

*

Инженерные науки

*

География



**Высшая
проба**

Москва, 2024



ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Сборник задач
Всероссийской олимпиады школьников
«Высшая проба»

Том 1

Биология

*

Химия

*

Физика

*

Инженерные науки

*

География

Издательство

Москва, 2024

УДК 373.167.1[5+62]+[5+62](076.1)

ББК 20я721-43+30я721-43

C23

C23 Сборник задач Всероссийской олимпиады школьников «Высшая проба»
ТОМ 1 БИОЛОГИЯ, ХИМИЯ, ФИЗИКА, ИНЖЕНЕРНЫЕ НАУКИ, ГЕОГРАФИЯ
— М.: ООО «ВАШ ФОРМАТ», 2024. — 810 с.

ISBN 978-5-00147-583-5

Сборник заданий Всероссийской олимпиады школьников «Высшая проба». Биология. Химия. Физика. Инженерные науки. География. [Текст] / под общ.ред. Абрамешин Д.А., Американов А.А., Брик Н.В., Бубнова М.А., Вергелес С.С., Воронцова Т.Д., Галиуллин А.А., Ключев Ф.С., Крылов А.И., Кряж В.В., Лежнев Е.В., Леках И.В., Лужнов А.С., Макарова Ю.А., Мещеряков Н.В., Мотайленко И.А., Писарев А.Р., Попов Д.А., Пряхина Е.В., Ролич А.Ю., Романов А.Ю., Самбурский Л.М., Свитанько З.П., Свитанько И.В., Сидорова М.В., Синюшин А.А., Соловьёв М.С., Фаткулин А.А., Шестакова А.А., Шилина П.В..

В сборник вошли задания Всероссийской олимпиады школьников «Высшая проба» по биологии за 2020 – 2023 годы, по химии за 2020 – 2023 годы, по физике за 2020 – 2023 годы, по инженерным наукам за 2020 -2023 годы, по географии за 2020 – 2023 годы. Олимпиада проводится в два этапа: первый (отборочный) – в дистанционном формате, второй (заключительный) в очном. В сборник по каждому профилю включены перечень и содержание тем, ответы и решения (ключи) и другие материалы только заключительных этапов.

ISBN 978-5-00147-583-5



УДК 373.167.1[5+62]+[5+62](076.1)

ББК 20я721-43+30я721-43

Дорогие друзья!

Перед вами сборник олимпиадных задач заключительных этапов Всероссийской олимпиады школьников «Высшая проба» последних лет, составленный командой опытных преподавателей и методистов.

Олимпиада «Высшая проба» за последние 15 лет стала одним из самых значимых интеллектуальных состязаний не только для ключевого организатора – Высшей школы экономики, но для всей системы образования России в целом. Начиная с 2009 года, олимпиада проводится совместно с ключевыми российскими университетами и учреждениями Российской академии наук. Количество профилей олимпиады ежегодно растет, что позволяет участникам проверить свои силы как в обычных школьных предметах, так и предпрофессиональных областях знаний, таких как, например, психологии, восточные языки или инженерные науки. Участниками олимпиады могут стать школьники 7-11 классов вне зависимости от гражданства и региона проживания. Отборочный этап олимпиады проходит в онлайн формате, а заключительный - в очном, причем, очные состязания проводятся ежегодно в более чем 30 городах России. Такой формат делает доступным участие в олимпиаде школьникам не только из крупных городов, но и для тех, кто проживает в глубинке и за рубежом.

В последние годы численность участников олимпиады «Высшая проба» существенно увеличилась, превысила 60 тысяч, и это еще не предел. Надеемся, что материалы сборника помогут потенциальным участникам лучше подготовиться к олимпиадным состязаниям, разовьют любопытство и интерес к окружающему миру, гибкость мышления. Способность быстро и нестандартно мыслить, находить оригинальные решения задач – это то, что приносит успех и лавры дипломанта олимпиады.

Важно, что участие в олимпиаде - это не только шанс получить преимущества при поступлении в престижные российские вузы, но и возможность приобрести новые знания, проверить и критически оценить свои возможности, определить и развить свои способности и интересы, формировать у себя критическое мышление, проявить свой творческий, интеллектуальный потенциал и повысить свою самооценку. Олимпиады — это интеллектуальный спорт и высокая конкуренция, но также неповторимая атмосфера общения с единомышленниками и возможность найти новых друзей.

Не упускайте прекрасный шанс - участвуйте в олимпиадах и побеждайте!

*Первый проректор НИУ ВШЭ
Вадим Валерьевич Радаев*

**Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба»
Профиль «Биология»**

Аннотация

Задания олимпиады "Высшая проба" по биологии формируют биологическое мышление. В первую очередь, это умение видеть связи между частями биологических систем. Второй важнейший элемент - умение посмотреть на проблему с разных сторон, т.е. способность отыскивать для каждой задачи несколько решений, включая нестандартные.

Сегодня, в век цифровых технологий и широкой доступности учебных и справочных материалов, особенно актуально развитие не в сторону запоминания и воспроизведения огромного количества биологических фактов, а в сторону возможности оперирования ими. Это необходимо для успешной работы в современной науке и динамично развивающемся биотехе.

Мы разложили понятие "современный исследователь" на ключевые составляющие и каждому из них посвятили отдельное задание.

Умению грамотно планировать эксперименты, при необходимости находить изъяны в своих и чужих результатах посвящено задание №1. Умению грамотно проводить вычисления для решения расчетных задач - задания №2 и №3.

Задание №4 посвящено отработке важнейшего умения внимательно читать и анализировать научные тексты. Одновременно мы старались, чтобы содержание этих текстов было интересным и полезным. Задания № 5-7 имеют много верных ответов и развивают умение творчески использовать доступную информацию, а также придумывать множественные и нестандартные решения. Безусловно, для победы в олимпиаде необходимо владение корпусом основной биологической информации. Однако не в объеме энциклопедий и не в объеме курсов вузов.

Приглашаем всех, кому близка современная биология, желающих вести успешные исследования на переднем крае науки и создавать новые биотехнологии, принять участие в олимпиаде "Высшая проба"! И надеемся, что данная разработка доставит вам удовольствие интеллектуальной активности и принесет пользу, в том числе повысив ваши результаты на ОГЭ, ЕГЭ и олимпиадах по биологии.

**Перечень и содержание тем
Всероссийской олимпиады школьников «Высшая проба»
по профилю «Биология»**

9-10 классы

Тема 1. Разнообразие живых организмов

1.1 Растения

Основные особенности царства растений. Внешнее и внутреннее строение цветковых растений.

Вегетативные органы растений: побег, корень, стебель, лист. Основные особенности внешнего строения вегетативных органов. Основные особенности строения и функции тканей растений (покровных, проводящих, основных, образовательных, механических). Внутреннее строение стеблей, корней и листьев в связи с их функциями. Видоизменения вегетативных органов.

Вегетативное размножение цветковых растений.

Строение цветков, основные виды соцветий. Опыление и оплодотворение у цветковых растений. Образование плодов и семян. Строение семян цветковых растений. Основные особенности жизнедеятельности семян. Прорастание семян, питание и рост проростка. Строение плода, виды плодов, значение плодов, распространение семян.

Отличительные признаки классов цветковых растений. Отличительные признаки семейств: крестоцветных, розоцветных, бобовых, пасленовых, сложноцветных, злаков, лилейных.

Важнейшие представители каждого семейства. Жизненный цикл высших растений.

Особенности строения моховидных, папоротников, голосеменных и цветковых. Особенности жизненного цикла у разных отделов высших растений. Основные представители разных отделов.

Основные эволюционные связи между отделами высших растений.

Водоросли: зелёные, красные, бурые. Основные отличительные особенности разных групп водорослей, их распространение и экология. Строение, местообитание, экология и жизненные циклы представителей зелёных водорослей: хлореллы, хламидомонады, спирогиры, улотрикса.

1.2 Грибы

Общая характеристика царства грибов. Жизненные формы грибов. Основные особенности отделов царства грибов. Значение грибов в природе и жизни человека, основные практически важные представители царства грибов.

Лишайники. Строение лишайника, взаимодействие гриба и водоросли в составе лишайника. Питание. Размножение. Экологическая роль лишайников.

1.3 Бактерии

Строение и жизнедеятельность бактерий. Значение бактерий в природе и жизни человека. Основные практически важные представители царства бактерий, важнейшие заболевания, вызываемые бактериями.

1.4 Вирусы

Особенности строения и жизнедеятельности вирусов. Важнейшие заболевания человека, вызываемые вирусами.

1.5 Одноклеточные эукариоты (простейшие)

Группы: саркодовые, фораминиферы, радиолярии, жгутиконосцы, инфузории, споровики – основные особенности строения. Представители этих групп: амёба-протей, арцелла, трипаносома, лейшмания, лямблия, малярийный плазмодий, дизентерийная амёба, вольвокс, эвглена. Основные особенности строения, жизнедеятельности, экологии, значение в жизни человека.

1.6 Животные

Основные особенности животных. Про каждый из перечисленных далее типов и классов нужно знать: основные отличительные особенности, покровы тела, скелет и мускулатура (или другие приспособления для опоры и движения), тип полости тела (при наличии), питание и пищеварение, кровообращение (или другие приспособления для транспорта веществ), дыхание, выделение, нервная система и органы чувств, основные особенности размножения и жизненный цикл. Про более мелкие группы (отряды) – отличительные особенности. Основные особенности строения и образа жизни важнейших представителей. Экологическое и практическое значение представителей изучаемых групп, основные эволюционные связи между типами и классами животных.

Тип Кишечнополостные. Классы Гидроидные, Сцифоидные, Коралловые полипы.

Тип Плоские черви. Классы Ресничные черви, Сосальщикообразные, Ленточные черви. Жизненные циклы печёночного сосальщика, бычьего и свиного цепня, эхинококка.

Тип Круглые черви. Жизненный цикл аскариды.

Тип Кольчатые черви. Классы Многощетинковые, Малощетинковые и Пиявки.

Тип Членистоногие. Классы Ракообразные, класс Паукообразные (отряды Пауки, Клещи, Скорпионы), класс Насекомые (отряды Чешуекрылые, Двукрылые, Жесткокрылые, Перепончатокрылые, Прямокрылые).

Тип Хордовые. Подтип Бесчерепные, класс Ланцетники. Подтип Позвоночные.

Класс Костные рыбы. Класс Хрящевые рыбы. Класс Земноводные, отряды Хвостатые, Бесхвостые.

Класс Пресмыкающиеся. Отряды Чешуйчатые Черепахи, Крокодилы.

Класс Птицы. Отряды куриные, кукушки, дневные хищники, совы, гусеобразные, пингины, журавлеобразные, страусообразные, воробьинообразные, голубеобразные, стрижеобразные, ржанкообразные, аистообразные – основные особенности, связанные с образом жизни.

Класс Млекопитающие. Отряды: Однопроходные, Сумчатые, Насекомоядные, Рукокрылые, Грызуны, Хищные, Ластоногие, Китообразные, Парнокопытные, Непарнокопытные, Приматы. Систематическое положение человека, особенности человека как представителя приматов.

Литература

Школьные учебники:

Беркинблит М.Б., Глаголев С.М., Малеева Ю.В., Чуб В.В. Биология. 6 класс (любое издание)

Серебрякова Т.И., Еленевский А.Г., Гуленкова М.А. и др. Биология. Растения, бактерии, грибы и лишайники. 6-7 классы М.: Просвещение, 1992.

Дольник В.Р., Козлов М.А. Зоология. Беспозвоночные. 7 класс (любое издание) Дольник В.Р., Козлов М.А. Зоология. Хордовые. 8 класс (любое издание)

Дополнительная литература по темам «Растения, грибы, бактерии»

Рейвн П., Эверт Р., Айкхорн С. Современная ботаника. В 2-х т. Пер. с англ. - М.: Мир, 1990.

Ботаника. Учебник для фармацевтических вузов - Яковлев Г.П., Челомбитько В.А. (любое издание)

Дополнительная литература по теме «Животные»

Догель В.А. Зоология беспозвоночных. М.: URSS, 2017

Барнс Р., Кейлоу П., Олив П., Голдинг Д. Беспозвоночные. Новый обобщённый подход. Пер. с англ. - М.: Мир, 1992.

Шарова И.Х. Зоология беспозвоночных: Учебник для студентов высших учебных заведений М.: Владос, 2003г.

Наумов Н.П., Карташёв Н.Н. Зоология позвоночных. М.: Высшая школа 1979 г.

Тема 2. Человек и его здоровье

2.1 Ткани

Ткани (эпителиальные, соединительные, мышечные и нервная) и их основные разновидности: основные особенности строения, функции и расположение в организме.

2.2 Опорно-двигательный аппарат

Строение скелета человека, функции скелета и костей. Соединения костей: неподвижные, полуподвижные, суставы. Химический и тканевый состав, микроскопическое строение, рост костей.

Скелетные мышцы, их строение, тканевый состав и функции. Крупные мышцы организма человека – их расположение и движения, за которые они отвечают. Нервная регуляция деятельности мышц. Утомление мышц. Адаптация мышц к нагрузкам.

Травмы опорно-двигательного аппарата (переломы, вывихи, растяжения) – их основные особенности и меры первой помощи.

2.3 Кровь и кровообращение

Внутренняя среда организма: кровь, тканевая жидкость, лимфа. Функции и взаимосвязь компонентов внутренней среды. Основные компоненты плазмы крови, поддержание постоянства её состава. Форменные элементы

крови, их основные особенности.

Эритроциты, строение и функции, нарушения функций эритроцитов. Лейкоциты и иммунитет. Искусственная иммунизация и её значение. Группы крови и их взаимодействие. Тромбоциты и механизм свёртывания крови.

Кровообращение. Органы кровообращения: сердце и сосуды (артерии, капилляры, вены). Большой и малый круги кровообращения, артерии и вены, снабжающие кровью крупные органы. Сердце, его строение и работа. Автоматия сердца. Принципы нервной и гуморальной регуляции деятельности сердца и тонуса сосудов. Давление крови и пульс. Виды кровотечений и меры первой помощи при них.

2.4 Дыхательная система

Органы дыхания, их строение и функции. Голосовой аппарат. Газообмен в легких и тканях. Дыхательные движения. Ёмкость лёгких, лёгочные объёмы. Регуляция дыхания. Первая помощь при нарушениях дыхания.

2.5 Пищеварительная система

Строение органов пищеварения. Пищеварение в полости рта. Строение и виды зубов. Состав и функции слюны. Глотание. Пищеварение в желудке. Пищеварение и всасывание в тонком кишечнике. Печень, поджелудочная железа и их роль в пищеварении. Функции толстого кишечника и кишечной микрофлоры. Нервная регуляция пищеварения.

2.6 Выделительная система

Органы разных систем, выполняющие выделительную функцию. Строение и функции органов выделительной системы. Нефрон и основные процессы, происходящие в разных его частях. Регуляция выделения, связь работы почек с регуляцией давления крови.

2.7 Кожа и терморегуляция

Строение и функции кожи. Терморегуляция, роль различных органов в поддержании температуры организма. Значение повышения температуры при инфекционных заболеваниях. Перегрев, переохлаждение, ожоги, обморожения – меры первой помощи.

2.8 Нервная система

Рефлекторный принцип деятельности нервной системы. Строение и функции спинного мозга и отделов головного мозга: продолговатого, среднего, промежуточного, мозжечка, больших полушарий. Периферическая нервная система. Вегетативный и соматический отделы нервной системы. Безусловные и условные рефлексы, их особенности. Сон как форма активности нервной системы, его значение.

2.9 Анализаторы

Органы чувств и центральные отделы анализаторов: зрительного, слухового, вестибулярного, обонятельного, вкусового, кожно-мышечной чувствительности. Про каждый орган чувств – что за рецепторы там находятся и на какие сигналы они реагируют. Подробности строения глаза и уха. Близорукость и дальнозоркость.

2.10 Железы внутренней секреции

Принцип действия гормонов. Основные функции гормонов важнейших

эндокринных органов: гипофиза, щитовидной железы, надпочечников, поджелудочной железы, половых желёз.

2.11 Размножение и развитие человека

Строение и развитие половых клеток. Оплодотворение. Развитие зародыша человека. Особенности развития детского и юношеского организмов.

Литература

Школьные учебники:

Колесов Д.В., Маш Р.Д., Беляев И.Н. Биология. 8 класс. Человек. М.: Дрофа, 2013.

Дополнительная литература по теме «Человек»

Каменский А.А. Организм человека – просто о сложном. М.: Дорфа, 2007

Зильбернагель С., Деспопулос А. Наглядная физиология. М.: Бином 2013

А.Г. Камкин, А.А. Каменский. Фундаментальная и клиническая физиология М.: Бином, 2004

Тема 3. Состав и строение клетки

Понятие об основных классах органических веществ клетки: липиды, углеводы, белки, нуклеиновые кислоты, АТФ. Функции этих веществ.

Основы цитологии. Основные компоненты эукариотической клетки, строение, состав и функции основных органоидов. Различия между клетками прокариот и эукариот, особенности клеток растений, животных, грибов, органоиды, характерные для изучаемых в школе протистов.

Процессы пластического и энергетического обмена, их взаимосвязь. Фотосинтез, гликолиз, клеточное дыхание – значение этих процессов.

Тема 4. Основы экологии

Понятия: популяция, сообщество, биоценоз, биогеоценоз (экосистема). Взаимосвязи популяций в биогеоценозе. Цепи питания. Правило экологической пирамиды.

Саморегуляция. Смена биогеоценозов, закономерности сукцессии.

Дополнительная литература по всем разделам:

Д. Тейлор, Н. Грин, У. Стаут. Биология. М.: Бином, 2016

Биология: Пособие для поступающих в вузы / Под ред. М. В. Гусева и А. А. Каменского. М.: Изд-во МГУ: Мир, 2002

Биология. Пособие для поступающих в вузы. Под ред. Ярыгина В.Н. 6-е изд., М.: Высшая школа 2003.

11 класс

Тема 1. Разнообразие живых организмов

1.1 Растения

Основные особенности царства растений.

Внешнее и внутреннее строение цветковых растений.

Вегетативные органы растений: побег, корень, стебель, лист. Основные особенности внешнего строения вегетативных органов. Основные особенности строения и функции тканей растений (покровных, проводящих, основных, образовательных, механических). Внутреннее строение стеблей, корней и листьев в связи с их функциями. Видоизменения вегетативных органов.

Вегетативное размножение цветковых растений.

Строение цветков, основные виды соцветий. Опыление и оплодотворение у цветковых растений. Образование плодов и семян. Строение семян цветковых растений. Основные особенности жизнедеятельности семян. Прораствание семян, питание и рост проростка. Строение плода, виды плодов, значение плодов, распространение семян.

Отличительные признаки классов цветковых растений. Отличительные признаки семейств: крестоцветных, розоцветных, бобовых, пасленовых, сложноцветных, злаков, лилейных.

Важнейшие представители каждого семейства. Жизненный цикл высших растений.

Особенности строения моховидных, папоротников, голосеменных и цветковых. Особенности жизненного цикла у разных отделов высших растений. Основные представители разных отделов.

Основные эволюционные связи между отделами высших растений.

Водоросли: зелёные, красные, бурые. Основные отличительные особенности разных групп водорослей, их распространение и экология. Строение, местообитание, экология и жизненные циклы представителей зелёных водорослей: хлореллы, хламидомонады, спирогиры, улотрикса.

1.2 Грибы

Общая характеристика царства грибов. Жизненные формы грибов. Основные особенности отделов царства грибов. Значение грибов в природе и жизни человека, основные практически важные представители царства грибов.

Лишайники. Строение лишайника, взаимодействие гриба и водоросли в составе лишайника. Питание. Размножение. Экологическая роль лишайников.

1.3 Бактерии

Строение и жизнедеятельность бактерий. Значение бактерий в природе и жизни человека. Основные практически важные представители царства бактерий, важнейшие заболевания, вызываемые бактериями.

1.4 Вирусы

Особенности строения и жизнедеятельности вирусов. Важнейшие заболевания человека, вызываемые вирусами.

1.5 Одноклеточные эукариоты (простейшие)

Группы: саркодовые, фораминиферы, радиолярии, жгутиконосцы, инфузории, споровики – основные особенности строения. Представители этих групп: амеба-протей, арцелла, трипаносома, лейшмания, лямблия, малярийный плазмодий, дизентерийная амёба, вольвокс, эвглена. Основные особенности строения, жизнедеятельности, экологии, значение в жизни человека.

1.6 Животные

Основные особенности животных. Про каждый из перечисленных далее типов и классов нужно знать: основные отличительные особенности, покровы тела, скелет и мускулатура (или другие приспособления для опоры и движения), тип полости тела (при наличии), питание и пищеварение, кровообращение (или другие приспособления для транспорта веществ), дыхание, выделение, нервная система и органы чувств, основные особенности размножения и жизненный цикл. Про более мелкие группы (отряды) – отличительные особенности. Основные особенности строения и образа жизни важнейших представителей. Экологическое и практическое значение представителей изучаемых групп, основные эволюционные связи между типами и классами животных.

Тип Кишечнополостные. Классы Гидроидные, Сцифоидные, Коралловые полипы.

Тип Плоские черви. Классы Ресничные черви, Сосальщикообразные, Ленточные черви. Жизненные циклы печёночного сосальщика, бычьего и свиного цепня, эхинококка.

Тип Круглые черви. Жизненный цикл аскариды.

Тип Кольчатые черви. Классы Многощетинковые, Малощетинковые и Пиявки.

Тип Членистоногие. Классы Ракообразные, класс Паукообразные (отряды Пауки, Клещи, Скорпионы), класс Насекомые (отряды Чешуекрылые, Двукрылые, Жесткокрылые, Перепончатокрылые, Прямокрылые).

Тип Хордовые. Подтип Бесчерепные, класс Ланцетники. Подтип Позвоночные.

Класс Костные рыбы. Класс Хрящевые рыбы. Класс Земноводные, отряды Хвостатые, Бесхвостые.

Класс Пресмыкающиеся. Отряды Чешуйчатые Черепахи, Крокодилы.

Класс Птицы. Отряды куриные, кукушки, дневные хищники, совы, гусеобразные, пингины, журавлеобразные, страусообразные, воробьинообразные, голубеобразные, стрижеобразные, ржанкообразные, аистообразные – основные особенности, связанные с образом жизни.

Класс Млекопитающие. Отряды: Однопроходные, Сумчатые, Насекомоядные, Рукокрылые, Грызуны, Хищные, Ластоногие, Китообразные, Парнокопытные, Непарнокопытные, Приматы.

Литература

Школьные учебники:

Беркинблит М.Б., Глаголев С.М., Малеева Ю.В., Чуб В.В. Биология. 6

класс (любое издание)

Серебрякова Т.И., Еленевский А.Г., Гуленкова М.А. и др. Биология. Растения, бактерии, грибы и лишайники. 6-7 классы М.: Просвещение, 1992.

Дольник В.Р., Козлов М.А. Зоология. Беспозвоночные. 7 класс (любое издание) Дольник В.Р., Козлов М.А. Зоология. Хордовые. 8 класс (любое издание)

Дополнительная литература по темам «Растения, грибы, бактерии»

Рейвн П., Эверт Р., Айкхорн С. Современная ботаника. В 2-х т. Пер. с англ. - М.: Мир, 1990.

Ботаника. Учебник для фармацевтических вузов - Яковлев Г.П., Челомбитько В.А. (любое издание)

Дополнительная литература по теме «Животные»:

Догель В.А. Зоология беспозвоночных. М.: URSS, 2017

Барнс Р., Кейлоу П., Олив П., Голдинг Д. Беспозвоночные. Новый обобщённый подход. Пер. с англ. - М.: Мир, 1992.

Шарова И.Х. Зоология беспозвоночных: Учебник для студентов высших учебных заведений М.: Владос, 2003г.

Наумов Н.П., Карташёв Н.Н. Зоология позвоночных. М.: Высшая школа 1979 г.

Тема 2. Человек и его здоровье

2.1 Ткани

Ткани (эпителиальные, соединительные, мышечные и нервная) и их основные разновидности: основные особенности строения, функции и расположение в организме.

2.2 Опорно-двигательный аппарат

Строение скелета человека, функции скелета и костей. Соединения костей: неподвижные, полуподвижные, суставы. Химический и тканевый состав, макроскопическое строение, рост костей. Скелетные мышцы, их строение, тканевый состав и функции. Крупные мышцы организма человека – их расположение и движения, за которые они отвечают. Нервная регуляция деятельности мышц. Утомление мышц. Адаптация мышц к нагрузкам.

Травмы опорно-двигательного аппарата (переломы, вывихи, растяжения) – их основные особенности и меры первой помощи.

2.3 Кровь и кровообращение

Внутренняя среда организма: кровь, тканевая жидкость, лимфа. Функции и взаимосвязь компонентов внутренней среды. Основные компоненты плазмы крови, поддержание постоянства её состава. Форменные элементы крови, их основные особенности.

Эритроциты, строение и функции, нарушения функций эритроцитов. Лейкоциты и иммунитет. Искусственная иммунизация и её значение.

Группы крови и их взаимодействие. Тромбоциты и механизм свёртывания крови.

Кровообращение. Органы кровообращения: сердце и сосуды (артерии, капилляры, вены). Большой и малый круги кровообращения, артерии и вены, снабжающие кровью крупные органы. Сердце, его строение и работа. Автоматия сердца. Принципы нервной и гуморальной регуляции деятельности сердца и тонуса сосудов. Давление крови и пульс. Виды кровотечений и меры первой помощи при них.

2.4 Дыхательная система

Органы дыхания, их строение и функции. Голосовой аппарат. Газообмен в легких и тканях. Дыхательные движения. Ёмкость лёгких, лёгочные объёмы. Регуляция дыхания. Первая помощь при нарушениях дыхания.

2.5 Пищеварительная система

Строение органов пищеварения. Пищеварение в полости рта. Строение и виды зубов. Состав и функции слюны. Глотание. Пищеварение в желудке. Пищеварение и всасывание в тонком кишечнике. Печень, поджелудочная железа и их роль в пищеварении. Функции толстого кишечника и кишечной микрофлоры. Нервная регуляция пищеварения.

2.6 Выделительная система

Органы разных систем, выполняющие выделительную функцию. Строение и функции органов выделительной системы. Нефрон и основные процессы, происходящие в разных его частях. Регуляция выделения, связь работы почек с регуляцией давления крови.

2.7 Кожа и терморегуляция

Строение и функции кожи. Терморегуляция, роль различных органов в поддержании температуры организма. Значение повышения температуры при инфекционных заболеваниях. Перегрев, переохлаждение, ожоги, обморожения – меры первой помощи.

2.8 Нервная система

Рефлекторный принцип деятельности нервной системы. Строение и функции спинного мозга и отделов головного мозга: продолговатого, среднего, промежуточного, мозжечка, больших полушарий. Периферическая нервная система. Вегетативный и соматический отделы нервной системы. Безусловные и условные рефлексы, их особенности. Сон как форма активности нервной системы, его значение.

2.9 Анализаторы

Органы чувств и центральные отделы анализаторов: зрительного, слухового, вестибулярного, обонятельного, вкусового, кожно-мышечной чувствительности. Про каждый орган чувств – что за рецепторы там находятся и на какие сигналы они реагируют. Подробности строения глаза и уха. Близорукость и дальновзоркость.

2.10 Железы внутренней секреции

Принцип действия гормонов. Основные функции гормонов важнейших эндокринных органов: гипофиза, щитовидной железы, надпочечников, поджелудочной железы, половых желёз.

2.11 Размножение и развитие человека

Строение и развитие половых клеток. Оплодотворение. Развитие зародыша человека. Особенности развития детского и юношеского организмов.

Литература

Школьные учебники:

Колесов Д.В., Маш Р.Д., Беляев И.Н. Биология. 8 класс. Человек. М.: Дрофа, 2013.

Дополнительная литература по теме «Человек»:

Каменский А.А. Организм человека – просто о сложном. М.: Дорфа, 2007

Зильбернагель С., Деспопулос А. Наглядная физиология. М.: Бином 2013

А.Г. Камкин, А.А. Каменский. Фундаментальная и клиническая физиология М.: Бином, 2004

Тема 3. Состав и строение клетки

3.1 Химический состав клетки

Содержание химических элементов в клетке. Вода и другие неорганические вещества, их роль в жизнедеятельности клетки. Органические вещества: липиды, углеводы, белки, нуклеиновые кислоты, нуклеотиды: их структура и функции.

3.2 Основы цитологии

Основные положения современной клеточной теории. Основные компоненты эукариотической клетки, строение, состав и функции основных органоидов. Различия между клетками прокариот и эукариот, особенности клеток растений, животных, грибов, органоиды, характерные для изучаемых в школе протистов.

3.3 Обмен веществ в клетке

Процессы пластического и энергетического обмена, их взаимосвязь. Фотосинтез, гликолиз, клеточное дыхание – значение этих процессов, основные этапы, реагенты, продукты и условия протекания. Важнейшие виды брожения и хемосинтеза, кто их осуществляет, экологическое значение этих процессов. Репликация ДНК, синтез РНК – основные закономерности этих процессов. Реакции матричного синтеза. Генетический код, его свойства. Синтез белка. Основные особенности структуры генов и регуляции их работы у бактерий и эукариот.

Тема 4. Размножение и развитие

4.1 Деление эукариотических клеток

Стадии клеточного цикла. Митоз и мейоз, стадии этих процессов. Место мейоза в жизненном цикле разных групп эукариот. Развитие половых клеток млекопитающих.

4.2 Эмбриональное развитие

Основные стадии эмбрионального развития животных. Зародышевые листки. Взаимодействие частей развивающегося зародыша, основные

закономерности эмбриональной дифференцировки.

Тема 5. Основы генетики

5.1 Закономерности наследственности

Моно- и дигибридное скрещивание. Законы наследственности, установленные Г. Менделем. Доминантные и рецессивные признаки. Аллельные гены. Фенотип и генотип. Гомозигота и гетерозигота. Единообразие первого поколения. Закон расщепления признаков. Статистический характер явлений расщепления. Цитологические основы единообразия первого поколения и расщепления признаков во втором поколении. Закон независимого наследования и его цитологические основы. Сцепленное наследование.

Нарушение сцепления при кроссинговере. Генетика пола.

5.2 Закономерности изменчивости

Модификационная, комбинативная и мутационная изменчивость. Мутации, их причины и виды, значение в эволюции, селекции и медицине. Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости.

5.3 Основы популяционной генетики

Закон Харди-Вайнберга и расчёты на его основе.

5.4 Селекция

Основные методы селекции, особенности селекции животных, растений и микроорганизмов.

Тема 6. Биологическая эволюция

6.1 Закономерности эволюции

Теория Ламарка. Основные положения эволюционного учения Ч. Дарвина. Понятие о синтетической теории эволюции (неодарвинизме). Факторы эволюции: мутации, дрейф генов, изоляция, естественный отбор. Формы естественного отбора. Видообразование, критерии вида.

Макроэволюция. Доказательства макроэволюции. Биологический прогресс и регресс. Ароморфоз, идиоадаптация, дегенерация.

6.2 История жизни на Земле

Геохронологическая шкала – эры и основные периоды. Важнейшие события эволюции живых организмов, происходившие в каждом из этих периодов, их взаимосвязь и связь с изменениями абиотической среды. Ароморфозы, связанные с развитием каждой из крупных групп живых организмов.

6.3 Эволюция человека

Систематическое положение человека. Особенности человекообразных обезьян, особенности рода Номо. Движущие силы антропогенеза: социальные и биологические факторы. Особенности предков современного человека: австралопитеков, человека умелого, человека прямоходящего. Неандертальцы и кроманьонцы. Основные расы современного человека, адаптивное значение расовых признаков.

Тема 7. Основы экологии

7.1 Экологические факторы

Основные биотические и абиотические факторы, закономерности их действия на живые организмы. Комплексное действие факторов на организм, ограничивающие факторы, экологическая ниша.

7.2 Популяции и сообщества

Понятия: популяция, сообщество, биоценоз, биогеоценоз (экосистема). Взаимосвязи популяций в биогеоценозе. Цепи питания. Правило экологической пирамиды.

Саморегуляция. Смена биогеоценозов, закономерности сукцессии. Особенности агроценозов.

7.3 Человек и окружающая среда

Важнейшие проблемы, связанные с взаимодействием человека и окружающей среды. Значение сохранения биоразнообразия. Основные виды особо охраняемых природных территорий.

Литература по темам 3-7:

Школьные учебники:

Каменский А.А., Криксунов Е.А., Пасечник В.В. Биология. 9 класс. Введение в общую биологию. (любое издание)
Биология. Общая биология. 10-11 классы. Профильный уровень. В 2 ч. Под ред. Шумного В.К., Дымшица Г.М. М.: Просвещение, 2012

Дополнительная литература по теме «Состав и строение клетки»:

Льюин Б. Клетки М.: Бином, 2011
Льюин Б. Гены М.: Бином, 2012
Кольман Я., Рём К.Г. Наглядная биохимия (любое издание)
Марри Р., Греннер Д., Мейес П., Родуэлл В. Биохимия человека: В 2-х томах. (Любое издание)

Дополнительная литература по теме «Генетика»:

Глазер В.В., Ким А.И. и др. Задачи по современной генетике (Любое издание) Генетика. Под ред. Иванова В.И. М.: ИКЦ "Академкнига", 2006

Дополнительная литература по теме «Эволюция»:

А.В. Яблоков, А.Г. Юсуфов Эволюционное учение (любое издание)
Марков А.В. Рождение сложности. Эволюционная биология сегодня. Неожиданные открытия и новые вопросы. М.: Астрель, 2004 г.
Марков А.В., Наймарк Е.А. Эволюция. Классические идеи в свете новых открытий М.: Corpus, 2014
Еськов К.Ю. Удивительная палеонтология М.: Энас-книга, 2016 г.

Дополнительная литература по теме «Экология»:

Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология. Особи популяции и сообщества. В 2-х т. М.: Мир, 1989.
Одум Ю. Экология. В 2-х т. М.: Мир, 1986.

Дополнительная литература по всем разделам:

Д. Тейлор, Н. Грин, У. Стаут. Биология. М.: Бином, 2016

Биология: Пособие для поступающих в вузы / Под ред. М. В. Гусева и А. А. Каменского. М.: Изд-во МГУ: Мир, 2002

Биология. Пособие для поступающих в вузы. Под ред. Ярыгина В.Н. 6-е изд., М.: Высшая школа 2003.

**Задания заключительного этапа
Всероссийской олимпиады школьников «Высшая проба»
по профилю «Биология»**

2020-2021 учебный год

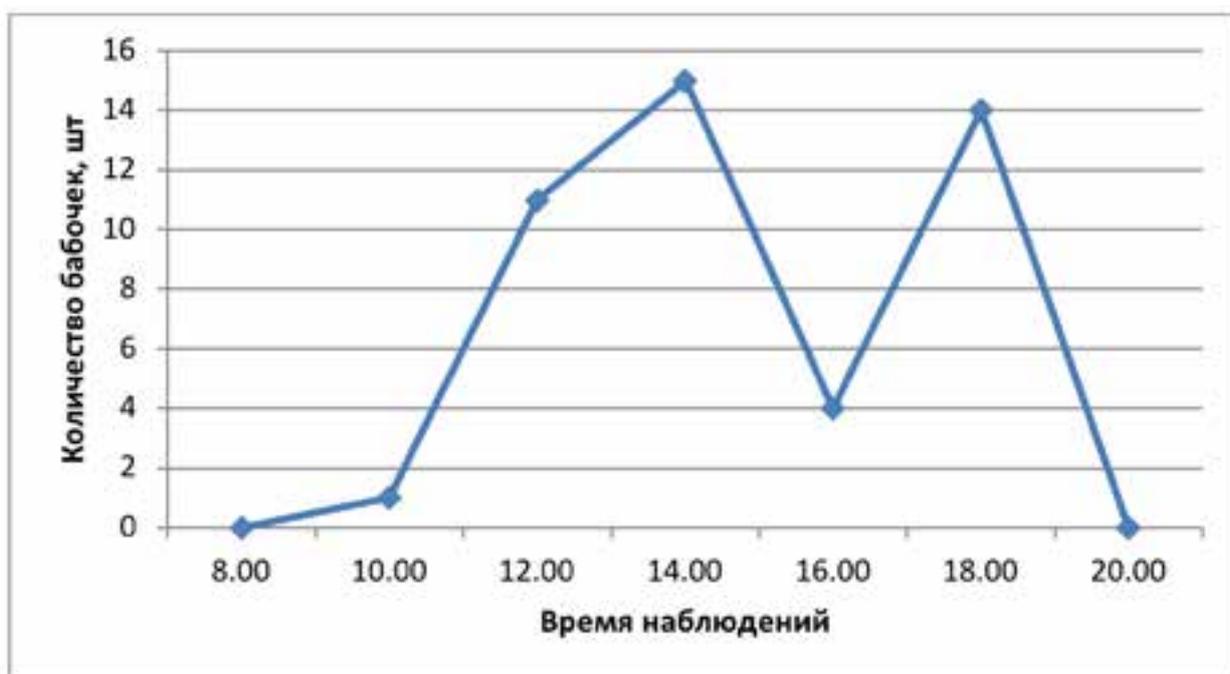
Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба», 2 этап, профиль "Биология", 9-10 класс

Максимальное количество баллов - 100

Задание 1 (12 баллов)

Эксперимент.

Ребята из кружка полевой зоологии исследовали активность дневных бабочек в светлое время суток. Для этого они выбрали участок луга с цветущими травами и периодически подсчитывали численность бабочек на нем. Данные, полученные в течение одного дня, представлены на графике. Чем, по Вашему мнению, может быть вызвано наличие двух пиков и спад численности между 14 и 18 часами? Приведите как можно больше возможных причин.



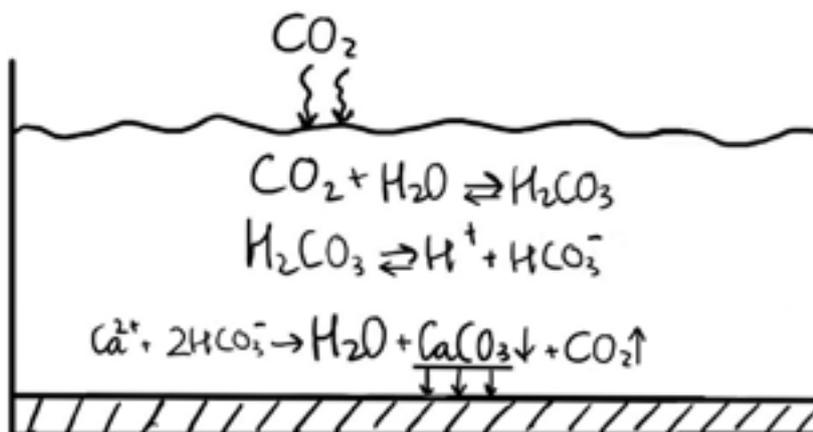
Задание 2 (12 баллов)

Расчетная задача.

Пишите подробное решение и поясняйте Ваши действия.

Коралловые рифы – одно из самых красивых природных сообществ на Земле. Это чудо природы построено главным образом рифостроящими коралловыми полипами – животными из типа Cnidaria (Стрекающие), чьи известковые скелеты преимущественно состоят из карбоната кальция (CaCO_3). Источником гидрокарбонат-иона в морской воде служит поступающий в основном из атмосферы углекислый газ, а донные осадки служат источником кальция.

Процесс образования карбоната кальция кораллом с участием углекислого газа воздуха приведен на рисунке.



Посчитайте, какой объем углекислого газа должен раствориться в океане, чтобы крупный одиночный коралл рода *Fungia*, имеющий высоту 3 см и диаметр 20 см, смог полностью построить свой известковый скелет. Для расчетов примите, что коралл имеет форму цилиндра и состоит из $CaCO_3$ на 80%; весь гидрокарбонат-ион образован из углекислого газа воздуха; выделившийся при синтезе $CaCO_3$ углекислый газ не участвует в образовании известкового скелета коралла.

Справочные данные: число Авогадро $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ частиц/моль вещества; $M(CaCO_3) = 100$ г/моль; молярный объем газа $V_m = 22,4$ л/моль; плотность $CaCO_3$ $\rho = 2,8$ г/см³; объем цилиндра находится по формуле $V = \pi \cdot r^2 \cdot h$, где r - радиус основания, h - высота

Задание 3 (14 баллов)

Расчетная задача.

Пишите подробное решение и поясняйте Ваши действия. Если Вам нужно использовать специальные символы, Вы можете написать решение и ответ на листке бумаги, затем сфотографировать его и прикрепить к заданию (кнопки для этого расположены внизу страницы).

Доминантный аллель гена А у мышей приводит к отсутствию шерсти; рецессивный аллель того же гена (а) росту шерсти не препятствует. Другой ген контролирует окраску шерсти: доминантный аллель (В) ответственен за серую окраску, рецессивный (b) – за белую.



Для эксперимента взяли серую самку и лысого самца. Среди большого числа потомков от нескольких скрещиваний наблюдали расщепление: 1/4 серых, 2/4 лысых, 1/4 белых.

Всех лысых потомков данного скрещивания пересадили в несколько клеток, обеспечив свободное скрещивание между ними. Какие потомки и с какой частотой появятся в следующем поколении?

Ответ (в процентах) впишите с точностью до десятой – например, 14,9 % или 23,0 %.

Примечание. Гены А и В не сцеплены с полом; ни один генотип не имеет преимущества при скрещивании; потомки всех скрещиваний имеют равную выживаемость; все генотипы имеют равную плодовитость.

Задание 4 (15 баллов)

Анализ текста.

Внимательно прочитайте текст, затем приступайте к выполнению заданий.

Воспаление — это защитный многоступенчатый процесс, возникающий в ответ на повреждение клеток или действие патогена. Повреждение может быть вызвано разными факторами, однако характер воспалительного ответа в общем не зависит от природы повреждающего воздействия (ожог, рана, бактериальное повреждение), поскольку воспаление развивается по своим собственным внутренним законам. Ход воспалительного процесса управляется эндогенными химическими веществами, которые называются медиаторами воспаления.

Существуют специальные клетки иммунной системы, которые особенно чувствительны к повреждающим воздействиям – так называемые тучные клетки. Их можно назвать часовыми на страже безопасности организма. Тучные клетки присутствуют в большинстве тканей и часто расположены вблизи сосудов и нервов. Их особенно много в пограничных тканях организма: коже, слизистых дыхательных путей и кишечника. Морфологически эти клетки очень близки к базофилам (это один из типов лейкоцитов кровотока) - и те, и другие формируются из общей клетки-предшественника в костном мозге. И те, и другие содержат в цитоплазме многочисленные гранулы с медиатором воспаления – гистамином. Гистамин – это декарбокислированная аминокислота гистидин. При стимулировании (например, содержимым поврежденных клеток или непосредственно бактериями) тучная клетка выделяет гистамин. Гистамин вызывает увеличение проницаемости сосудов, что приводит к отеку поврежденной области, локальному повышению температуры, а также к выходу лейкоцитов из кровотока. Эти лейкоциты направляются в место повреждения и нейтрализуют инфекцию. Гистамин также вызывает активацию болевых рецепторов и спазм гладких мышц.

Многие болезни вызваны неправильным развитием событий с участием гистамина: различные виды аллергий, астма, некоторые аутоиммунные заболевания. Врачам важно иметь вещества, уменьшающие влияние гистамина. Такие вещества были открыты и теперь широко используются в медицине. Они получили название "антигистаминные препараты". Таких препаратов достаточно много, и действуют они на разные ступени гистамин-зависимых процессов. Однако гистамин - это не только медиатор воспаления, но и возбуждающий медиатор синапсов в части головного мозга, ответственной за поддержание ритма сон-бодрствование. Именно поэтому блокаторы гистамина, проникая в мозг, вызывают побочный эффект - сонливость и торможение. Самые известные блокаторы гистамина первого поколения - супрастин и димедрол. Новое поколение антигистаминовых препаратов слабо проникает в ЦНС, поэтому у них побочный эффект в виде сонливости существенно снижен (например, кларитин, цетрин).

Второй важный участник воспалительного процесса – это простагландины (обширная группа веществ с близким строением). Они образуются из жирных кислот фосфолипидов клеточных мембран (в том числе мембран тучных клеток) под действием фермента

циклооксигеназы. Время жизни простагландинов обычно мало, поэтому они действуют в основном вблизи места их секреции. Простагландины выполняют различные функции, в том числе регулируют иммунный ответ. При воспалении простагландины повышают чувствительность болевых рецепторов, и возникает сильная боль. Давно известны блокаторы фермента циклооксигеназы – например, аспирин и анальгин. Эти вещества хорошо снижают болевой симптом при воспалении. Интересно, что эффективность этих препаратов отличается у разных людей. Одна из причин – разная активность разрушающих эти вещества ферментов.

Задания

Для ответа на задания используйте материал прочитанного текста. В каждом задании содержится не менее одного верного утверждения. Вам нужно выбрать все верные утверждения. Запишите их в поле ниже, используя числовые и буквенные обозначения, например: №1. А, Б, В.

1. На основе прочитанного текста выберите варианты, верно описывающие последовательность событий.

А. Повреждение ткани организма - активация тучных клеток - выброс гистамина из гранул - увеличение проницаемости стенок капилляров - возникновение отека - локальное повышение температуры.

Б. Активация тучных клеток - выброс простагландинов из гранул - увеличение проницаемости стенок капилляров - возникновение отека - локальное повышение температуры.

В. Активация тучных клеток - выброс тучными клетками гистамина - возникновение отека.

Г. Повреждение ткани организма - активация тучных клеток - возникновение отека - выброс гистамина - увеличение проницаемости стенок капилляров - локальное повышение температуры

Д. Активация тучных клеток - выброс гистамина - увеличение проницаемости стенок капилляров - выход лейкоцитов из кровотока к месту повреждения.

2. Выберите верные утверждения:

А. Если заблокировать фермент, разрушающий гистамин, то отек увеличится
Б. Тучные клетки - это компоненты иммунной системы.
В. Чувствительность всех болевых рецепторов одинакова и не подлежит настройке.

Г. Гистамин и простагландины относятся к одному классу органических соединений.

Д. Увеличение проницаемости сосудов вызывает спазм гладких мышц мелких сосудов.

3. Припухлость, которая часто возникает в месте укуса комара – это результат:

А. Активации циклооксигеназы.

Б. Выброса гистамина.

В. Локального повышения температуры.

Г. Активации тучных клеток.

4. Противоаллергические препараты нового поколения не вызывают сонливости, поскольку:

- А. Не блокируют циклооксигеназу.
- Б. Плохо проникают через гемато-энцефалический барьер.
- В. Не способствуют повышению общей температуры тела.
- Г. Имеют дополнительную функцию нейромедиаторов.

5. Какие эффекты можно ожидать после применения лекарственного препарата, который снижает способность тучных клеток к выбросу гистамина?

- А. Отек после укуса комара или не образуется совсем, или будет меньше, чем без лекарства.
- Б. Общая температура тела снизится.
- В. При воспалении боль будет более сильной, чем была бы без приема лекарства.
- Г. В случае вдыхания аллергена будет предотвращен возможный спазм бронхов.

Задание 5 (15 баллов)

Особенность данного задания — наличие большого числа решений. Помните, что чем больше разумных вариантов ответа Вы приведете, тем более высокой будет оценка. ВАЖНО: учитываются только верные ответы; за неверные гипотезы оценка не снижается!

Какими способами млекопитающие сохраняют и поддерживают высокую температуру тела?

Задание 6

(16 баллов) Особенность данного задания — наличие большого числа решений. Помните, что чем больше разумных вариантов ответа Вы приведете, тем более высокой будет оценка. ВАЖНО: учитываются только верные ответы; за неверные гипотезы оценка не снижается!

Биоплёнка - сообщество бактерий, чьи клетки прикреплены друг к другу и расположены на какой-либо поверхности. Эти бактерии находятся в общем матриксе (гелеобразном веществе) из полисахаридов и белков. Биопленки часто образуются, например, в трубопроводах, а также на слизистых оболочках у людей и животных. С ними очень сложно бороться. Какие преимущества дает бактериям такой способ существования?

Задание 7 (16 баллов)

Особенность данного задания — наличие большого числа решений. Помните, что чем больше разумных вариантов ответа Вы приведете, тем более высокой будет оценка. ВАЖНО: учитываются только верные ответы; за неверные гипотезы оценка не снижается!

Основная часть современных лекарств производится в виде таблеток. Однако значительное количество препаратов вводится в организм другими способами. В каких случаях и почему целесообразно использовать другие лекарственные формы? Для каждого варианта ответа постарайтесь привести пример.

2020-2021 учебный год

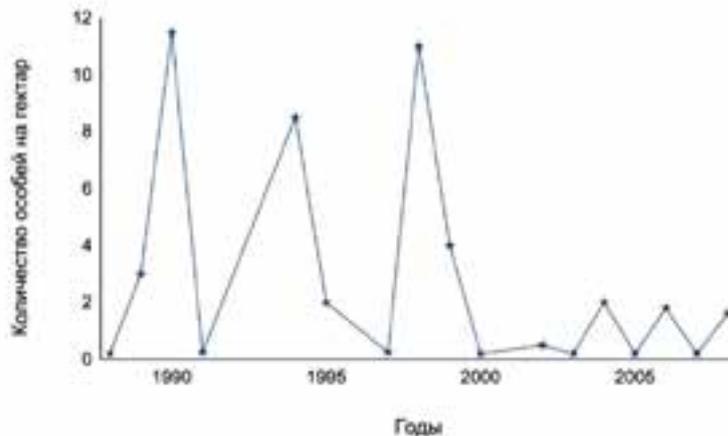
Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба», 2 этап, профиль "Биология", 11 класс

Максимальное количество баллов - 100

Задание 1 (12 баллов)

Эксперимент

Для популяций многих животных характерны периодические колебания численности. Типичным примером этого явления всегда были лемминги - мелкие грызуны, живущие в тундре. Обычно пики численности наблюдаются у них раз в несколько лет. Однако исследования популяции леммингов северо-восточной Гренландии показали, что такая картина сохранялась только до конца 90-х годов 20 века (см. график). А затем количество леммингов резко снизилось и, как видно на графике, вспышки численности прекратились.



Назовите как можно больше возможных причин, которые могли привести к наблюдаемым изменениям: снижению общего числа леммингов и исчезновению вспышек численности.

Задание 2 (12 баллов)

Расчетная задача.

Пишите подробное решение и поясняйте Ваши действия.

Мечехвосты – это морские членистоногие животные, обладающие толстым хитиновым панцирем и узким длинным хвостом, из-за которого они получили свое название. Несмотря на пугающий вид, для человека они не опасны: мечехвосты питаются моллюсками и другими морскими беспозвоночными, а также водорослями. Эти животные – живые ископаемые: современные мечехвосты появились в начале мезозойской эры, а значит, этому виду около 250 миллионов лет!



Гемолимфа мечехвостов содержит гемоцианин – дыхательный пигмент многих морских беспозвоночных животных. Молекула этого белка имеет в своем составе два иона меди и при окислении приобретает синий оттенок, поэтому иногда говорят, что обитатели морей имеют «голубую кровь».

В последние десятилетия гемолимфа этих животных нашла применение в иммунологии и медицине и служит предметом активного изучения биохимиков. Объем отбираемых для анализов проб обычно не превышает 30% (50 мл) от общего объема гемолимфы животного. Пользуясь справочной информацией, приведенной в конце задачи, посчитайте, сколько меди (в мг) потеряет мечехвост при отборе пробы объемом 50 мл. Для простоты считайте, что медь в гемолимфе мечехвостов содержится только в гемоцианине. Установите также, какая масса этого металла содержится в теле одного животного, если в гемоцианине аккумулировано 80% всей меди организма.

Справочная информация: $M(\text{Cu})=64$ г/моль; $M(\text{гемоцианина}) = 65,977$ кг/моль; число Авогадро $N_A=6,02 \cdot 10^{23}$ частиц/моль вещества; концентрация гемоцианина в гемолимфе составляет 2,24 г/100 мл.

Задание 3 (14 баллов)

Расчетная задача.

Пишите подробное решение и поясняйте Ваши действия. Если Вам нужно использовать специальные символы, Вы можете написать решение и ответ на листке бумаги, затем сфотографировать его и прикрепить к заданию (кнопки для этого расположены внизу страницы).

Медоносные пчелы (*Apis mellifera*) – общественные насекомые, живущие семьями. В пчелиной семье существует строгое разделение обязанностей. Плодовитая самка (матка) откладывает яйца. Из неоплодотворенных яиц вылупляются гаплоидные самцы – трутни. Из оплодотворенных яиц вылупляются личинки женского пола. Большинство таких личинок становятся рабочими пчелами – бесплодными самками, которые выполняют все повседневные обязанности в семье. Судьба личинки-самки зависит от того, чем ее кормят рабочие пчелы. Если личинка в качестве корма получает пергу (особым образом переработанную пыльцу), она развивается в рабочую пчелу. Обычно в семье есть лишь одна матка. Если она погибает или пчелиная семья готовится к роению, рабочие пчелы закладывают специальные, более крупные ячейки – маточники. Находящихся там личинок кормят так называемым маточным молочком, и они становятся молодыми матками. Примерно через неделю после выхода из куколки молодая матка совершает брачный вылет («проигру»). Во время этого вылета она спаривается с несколькими трутнями. Всю оставшуюся жизнь она проводит в улье, откладывая яйца и больше не спариваясь.

У пчел известно две рецессивные мутации, влияющие на развитие глаз. Одна из них, *pearl* (*pe*), приводит к развитию белых глаз (нормальные глаза – черные). Другая мутация, *eyeless* (*e*), вызывает полное отсутствие глаз. Плодовитость маток и трутней не зависит от генотипа по генам *Pe* и *E*.

Безглазая матка скрещена с черноглазым трутнем путем искусственного осеменения. Все рабочие пчелы и матки первого поколения были черноглазыми, а все трутни – безглазыми. Матку первого поколения скрестили с белоглазым трутнем. В потомстве были черноглазые трутни и рабочие пчелы, белоглазые трутни и рабочие пчелы, а также безглазые трутни. ВСЕХ черноглазых маток и трутней отобрали сразу после выхода из куколок, каждую черноглазую матку в компании нескольких десятков черноглазых трутней

поместили в отдельные ульи, в которых были рабочие пчелы, но не было маток и собственных трутней. Все молодые матки успешно совершили брачный вылет, были оплодотворены своими братьями и вернулись в ульи, где каждая дала начало новой семье.

Предположим, что самцов и самок в потомстве образуется поровну (в реальных пчелиных семьях самцов меньше, и их доля непостоянна). Если посчитать все потомство этих маток во всех ульях, какое расщепление по названным признакам (наличие глаз и их цвет) мы увидим?

Впишите число в процентах; дробные числа приведите с точностью до сотых (например, так: 12,35 %).

Задание 4 (15 баллов)

Анализ текста.

Внимательно прочитайте текст, затем приступайте к выполнению заданий.

В клетках эукариот значительная часть генов кодирует не белки, а так называемые некодирующие РНК (нкРНК). Они регулируют процессы жизнедеятельности клетки. Существует несколько разновидностей нкРНК. Одна из них - малые ядрышковые РНК (мякРНК, англ. - *small nucleolar RNAs, snoRNAs*). У млекопитающих их известно более 200 видов. Они необходимы для модификации нуклеотидов рибосомной РНК (рРНК): мякРНК определяет, какой именно нуклеотид будет модифицирован, а связанные с мякРНК белки осуществляют модификацию.

18S рРНК (длина ~ 2000 нуклеотидов), 5.8S рРНК (~150 нуклеотидов) и 28S рРНК (~ 5000 нуклеотидов) транскрибируются в ядрышке РНК-полимеразой I в составе единого предшественника (пре-рРНК). Затем в него вносятся несколько разрывов, в результате чего высвобождаются молекулы рРНК. Одновременно с разрезанием происходит модификация нуклеотидов рРНК. После завершения этих процессов происходит сборка субъединиц рибосом: синтезированные в цитоплазме белки направляются в ядрышко, где объединяются с рРНК, формируя большую и малую субъединицы рибосом, которые затем транспортируются в цитоплазму. В цитоплазме малая субъединица объединяется с 5'-концом иРНК и сканирует ее до обнаружения стартового кодона AUG, после чего присоединяется большая субъединица, и начинается синтез белка.

Две наиболее распространенные модификации рРНК - метилирование остатков рибозы по 2'-ОН (рис.1 А) и превращение уридина в псевдоурдин (рис.1 Б). В рРНК насчитывается примерно 100 модификаций каждого вида (всего ~200 штук). Эти модификации необходимы для нормального функционирования рибосомы: они обеспечивают правильное формирование пространственной структуры рРНК и стабилизируют её. Так, у архебактерий максимальное количество модифицированных нуклеотидов в рРНК наблюдается у видов, растущих при наиболее высоких температурах (у архебактерий нет ядрышка, однако аналоги мякРНК у них есть). Интересно, что у эукариот в зависимости от типа клеток и условий среды количество модифицированных нуклеотидов в рРНК может отличаться. То есть бывает так, что некоторые нуклеотиды модифицированы в одних клетках (или при одних условиях) и не модифицированы в других. Это позволяет тонко подстраивать структуру рибосом под условия среды.

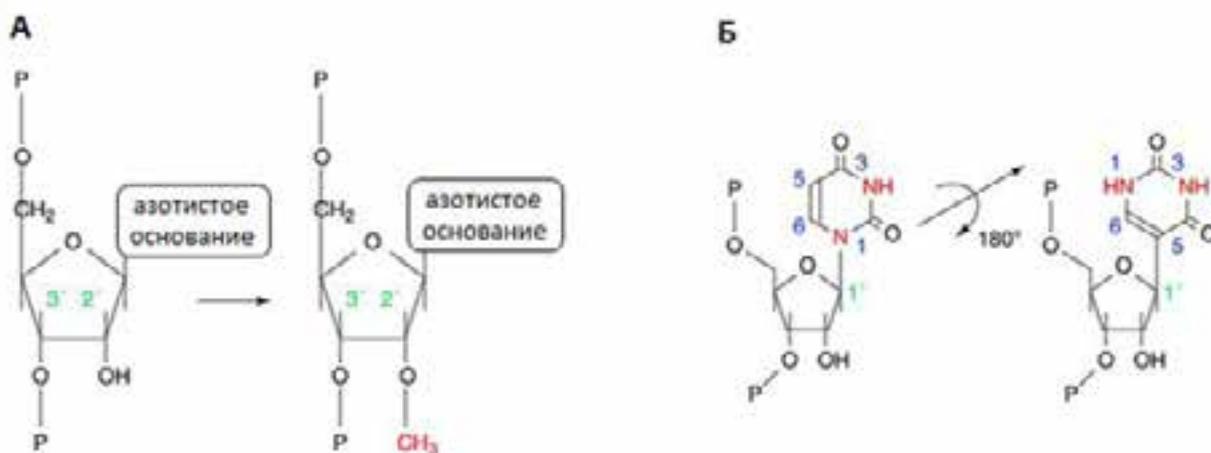


Рисунок 1. Модификации рРНК. А. 2'-О-метилирование рибозы. Добавленная в ходе модификации метильная группа выделена красным. Б. Образование псевдоуридина из уридина.

Существует два семейства мякРНК: С/Д и Н/АСА. МякРНК С/Д-семейства определяют нуклеотид рРНК, который будет подвергнут 2'-О-метилированию, а мякРНК семейства Н/АСА - псевдоуридилации. За каждую такую модификацию отвечает определенная мякРНК. МякРНК семейства С/Д имеют длину около 70 нуклеотидов и содержат так называемые боксы С (UGAUGA), D (CUGA), а также, как правило, их копии С' и D' (рис.2). В направлении 5'-конца от бокса D и (или) D' расположены так называемые антисмысловые элементы – последовательности длиной 10–15 нуклеотидов, комплементарные фрагменту рРНК и способные взаимодействовать с ним. В результате такого взаимодействия нуклеотид рРНК, входящий в образующийся дуплекс и отделенный четырьмя нуклеотидами от последовательности D и (или) D', подвергается 2'-О-метилированию (рис.2). Некоторые мякРНК содержат два антисенс-элемента, другие - один. Реакцию метилирования осуществляет фибрилларин - один из белков, связанных с С/Д мякРНК.

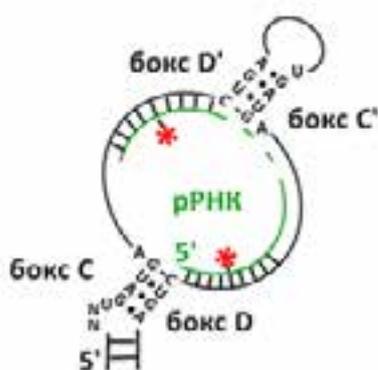


Рисунок 2. Структура мякРНК С/Д-семейства. Представлена вторичная структура мякРНК с двумя антисенс-элементами. Последовательность рРНК выделена зеленым. Нуклеотид, подвергающийся модификации, отмечен красной звездочкой. Остальные пояснения см. в тексте.

Гены млякРНК организованы очень необычным образом: у позвоночных почти все они расположены в интронах других генов, называемых поэтому гены-хозяева (рис.3). В результате транскрипции такого гена образуется предшественник иРНК (пре-иРНК). МлякРНК вырезаются из интронов во время сплайсинга пре-иРНК (гены эукариот имеют мозаичную структуру: кодирующие участки -экзоны - чередуются с некодирующими - интронами. Зрелая иРНК образуется в результате вырезания интронов и сшивания экзонов - этот процесс называют сплайсингом) , рис.3. Гены-хозяева, как правило, кодируют белки, связанные с формированием рибосом и процессом трансляции. Это позволяет координировать процессы, связанные с трансляцией.

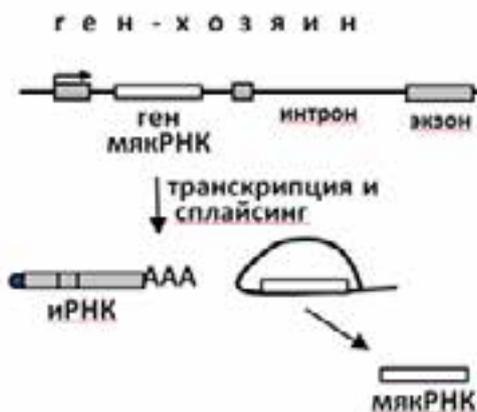


Рисунок 3. Созревание мляк РНК.

Задания

Для ответа на задания используйте материал прочитанного текста. В каждом задании содержится не менее одного верного утверждения. Вам нужно выбрать все верные утверждения. Запишите их в поле ниже, используя числовые и буквенные обозначения, например: №1. А, Б, В.

1. Выберите варианты, верно описывающие последовательность событий, происходящих в клетке.

А. Синтез пре-рРНК РНК-полимеразой II - разрезание пре-рРНК и модификация нуклеотидов рРНК - сборка большой и малой субъединиц в ядрышке - транспорт субъединиц в цитоплазму - ассоциация малой субъединицы с иРНК - сканирование малой субъединицей иРНК от 5' к 3'- концу- присоединение большой субъединицы - начало синтеза белка

Б. Синтез пре-рРНК РНК-полимеразой II - модификация нуклеотидов рРНК - разрезание пре-рРНК - сборка большой и малой субъединиц в цитоплазме - транспорт субъединиц из ядра в цитоплазму - ассоциация малой субъединицы с иРНК - присоединение большой субъединицы - сканирование малой субъединицей иРНК от 5' к 3'- концу- начало синтеза белка

В. Синтез пре-рРНК РНК-полимеразой I - разрезание пре-рРНК и модификация нуклеотидов рРНК - сборка большой и малой субъединиц в ядрышке - транспорт субъединиц в цитоплазму - ассоциация малой субъединицы с иРНК - сканирование малой субъединицей иРНК от 5' к 3'- концу- присоединение большой субъединицы - начало синтеза белка

Г. Синтез пре-рРНК РНК-полимеразой II - разрезание пре-рРНК и модификация нуклеотидов рРНК - сборка большой и малой субъединиц в ядрышке - ассоциация малой

субъединицы с иРНК - сканирование малой субъединицей иРНК от 5' к 3'- концу- присоединение большой субъединицы - начало синтеза белка

Д. Синтез пре-рРНК РНК-полимеразой II - разрезание пре-рРНК и модификация нуклеотидов рРНК - сборка большой и малой субъединиц в ядрышке - ассоциация малой субъединицы с иРНК - транспорт субъединиц в цитоплазму - сканирование малой субъединицей иРНК от 5' к 3'- концу- присоединение большой субъединицы - начало синтеза белка

2. Переда вами последовательность мякРНК C/D-семейства и фрагмент гена 28S рРНК. Какой нуклеотид в рРНК модифицируется с участием этой мякРНК?

> мякРНК

5'CAAUGAUGACUAAAUUACUUUUUGCCGUUUACCCAGCUGAGGUUGUCUUUGA
AGAAAUAUUUUUAAGACUGAGA

> фрагмент 28S рРНК

5'AAGAAAUUSAAUGAAGCGCGGGUAAACGGCGGGAGUAACUAUGACUCUCU

- А. С
- Б. U
- В. G
- Г. А

3. Выберите верные утверждения.

- А. МякРНК семейства H/ACA участвуют в псевдоуридилровании нуклеотидов рРНК
- Б. Большая и малая субъединица рибосомы одновременно присоединяются к иРНК поблизости от стартового кодона и начинают трансляцию.
- В. МякРНК кодируются экзонами генов белков.
- Г. Для образования мякРНК необходима транскрипция гена-хозяина и последующий сплайсинг пре-иРНК, после которого из интрона высвобождается мякРНК.
- Д. Гены-хозяева названы так потому, что кодируют самые важные белки, необходимые для главных процессов жизнедеятельности клетки.

4. Как Вы думаете, в интронах каких генов преимущественно кодируются мякРНК? Выберите три наиболее подходящих варианта.

- А. Гены белков, участвующих в репликации
- Б. Гены белков, участвующих транскрипции
- В. Гены белков, участвующих в трансляции
- Г. Гены белков, участвующих в гликолизе
- Д. Гены белков, регулирующих клеточный цикл
- Е. Гены белков рибосом
- Ж. Гены белков лизосом
- З. Гены белков ядрышка

5. Как Вы думаете, в каких условиях в клетках дрожжей, выращенных на искусственной питательной среде, будет модифицировано наибольшее количество нуклеотидов рРНК в составе рибосом? Выберите один ответ.

- А. Клетки выращивают в условиях недостатка питательных веществ.
- Б. Клетки выращивают при повышенной температуре.

В. Клетки выращивают совместно с клетками бактерий.

Г. Клетки выращивают совместно с клетками археобактерий.

Задание 5 (15 баллов)

Особенность данного задания — наличие большого числа решений. Помните, что чем больше разумных вариантов ответа Вы приведете, тем более высокой будет оценка. ВАЖНО: учитываются только верные ответы; за неверные гипотезы оценка не снижается!

Как Вы думаете, какие белки в организме человека могут быть мишенями лекарств? Названия белков не нужны (хотя если можете, напишите). Главное - объясните, где они расположены, какую функцию/функции выполняют и почему воздействие именно на эти белки поможет при лечении заболевания.

Задание 6 (16 баллов)

Особенность данного задания — наличие большого числа решений. Помните, что чем больше разумных вариантов ответа Вы приведете, тем более высокой будет оценка. ВАЖНО: учитываются только верные ответы; за неверные гипотезы оценка не снижается!

Известно, что некоторые травоядные животные (например, морские брюхоногие моллюски) способны некоторое время сохранять в своем организме хлоропласты съеденных растений. В этих хлоропластах продолжается фотосинтез, и животное получает дополнительное питание. По каким причинам у организмов не получается сохранить эти хлоропласты длительное время, сделав их собственными?

Задание 7 (16 баллов)

Особенность данного задания — наличие большого числа решений. Помните, что чем больше разумных вариантов ответа Вы приведете, тем более высокой будет оценка. ВАЖНО: учитываются только верные ответы; за неверные гипотезы оценка не снижается!

В настоящее время мир охвачен эпидемией новой болезни, получившей название COVID-19. Для сдерживания ее распространения и правильного лечения очень важна своевременная и точная диагностика. Существующие диагностические тесты направлены на детекцию генетического материала вируса или антител к нему. Однако не так уж редко тестирование дает ложноотрицательные результаты (когда больной человек определяется по результату теста как здоровый) или ложноположительные результаты (когда здоровый человек определяется по результату теста как больной). Как Вы думаете, с чем это может быть связано? Для каждого случая (ложноотрицательный и ложноположительный результат) приведите возможные причины, приводящие к ошибочному диагнозу.

2021-2022 учебный год

Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба», 2 этап, профиль "Биология", 9-10 класс

Максимальное количество баллов – 100

Задание 1 (12 баллов)

Считается, что употребление кофе оказывает бодрящий эффект. Поэтому многие школьники и студенты пьют его перед экзаменами. Но Катя знала, что ее дядя пьет кофе, когда не может заснуть. Поэтому она решила выяснить, насколько часто встречаются люди, на которых кофе оказывает успокаивающее действие. Для этого она решила проверить, как действует кофе на своих одноклассников, причем учесть, в том числе, и объективные физиологические показатели – пульс и артериальное давление. Учительница биологии разрешила проводить эксперимент на своем спаренном уроке.

Как Катя должна спланировать все этапы опыта? Приведите план эксперимента, обосновав каждый из этапов.

Задание 2 (11 баллов)

Пишите подробное решение и поясните Ваши действия.

Гуахаро – или жирный козодой – крупная ночная птица, живущая в Южной Америке. Свое второе название эти птицы получили благодаря необычной стратегии выкармливания птенцов – родители кормят свое потомство настолько интенсивно, что двухмесячные птенцы весят в два раза больше родителей (каждый птенец весит около 1 кг). При этом каждую ночь они употребляют большое количество пищи – четверть от собственной массы. Питаются гуахаро в основном плодами пальм. Кормят детенышей оба родителя, которые совершают ночные вылеты за едой, отлетая от жилища на расстояние около 10 км. Посчитайте, какое расстояние за ночь пролетает каждый из родителей, чтобы накормить двух двухмесячных птенцов? Массу плода пальмы примите равной 50 г. Считайте, что родители обоих полов вносят равный вклад в кормление, кормят птенцов только плодами пальм, приносят только один плод за вылет, а пальмы расположены в 10 км от гнезда.

Задание 3 (14 баллов)

Пишите подробное решение и поясните Ваши действия.

Несмотря на свои миниатюрные размеры, жуткая жуть – один из самых вредоносных драконов острова Олук. Жуткие жути всегда встречаются стайками. В отличие от большинства других драконов, они могут размножаться несколько раз в течение года. Окраска их чешуи очень разнообразна, но известно, что её определяет всего один не сцепленный с полом ген. Окраска дракона не меняется с возрастом, никак не влияет на плодовитость особи и на жизнеспособность детёнышей. Жуткие жути диплоидны. Пара красных жутких жутей за два года принесла довольно многочисленное потомство (назовём его первым поколением), состоящее из драконов с красной и оранжевой чешуёй. При скрещивании друг с другом любых двух оранжевых драконов первого поколения неизменно получали оранжевых и зелёных детёнышей. Если дать всем красным драконам первого поколения свободно скрещиваться друг с другом, какое потомство вы ожидаете получить во втором поколении? Ответ (в процентах) запишите, округлив до первого знака после запятой, и без знака % (например, вместо «17,35%» напишите «17,4»).

Задание 4 (15 баллов)

Внимательно прочитайте текст, затем приступайте к выполнению заданий.

Антитела́ или иммуноглобулины — это крупные глобулярные белки. Их синтезируют В-лимфоциты. Каждое антитело распознаёт уникальный элемент патогена, отсутствующий в самом организме — антиген. Связываясь с антигенами на поверхности патогенов, антитела могут либо непосредственно нейтрализовать их, либо привлекать другие компоненты иммунной системы, (система комплемента и фагоциты), чтобы уничтожить чужеродные клетки или вирусные частицы. Антитела — важнейший компонент гуморального специфического иммунитета.

Наша иммунная система вырабатывает 5 классов антител: IgG, IgM, IgA, IgE и IgD (рис.1), мы рассмотрим 3 из них.

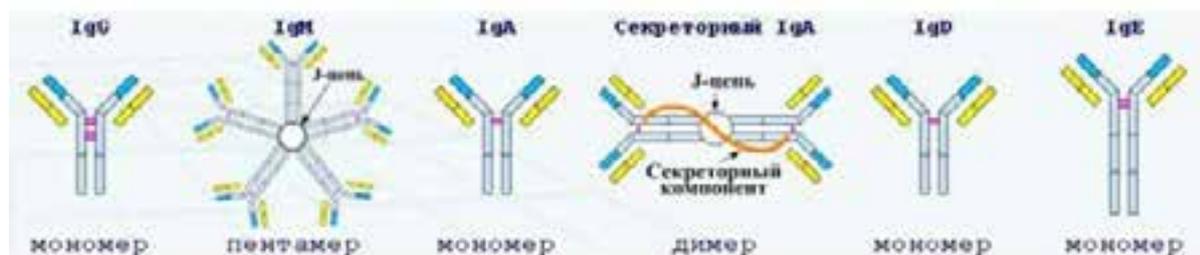


Рисунок 1. Классы антител человека

Структурной единицей каждого антитела является комплекс из 4 белковых цепей: двух легких и двух тяжелых (рис.2). Такая молекула имеет два участка, узнающих антиген («активные центры» на рис.2).

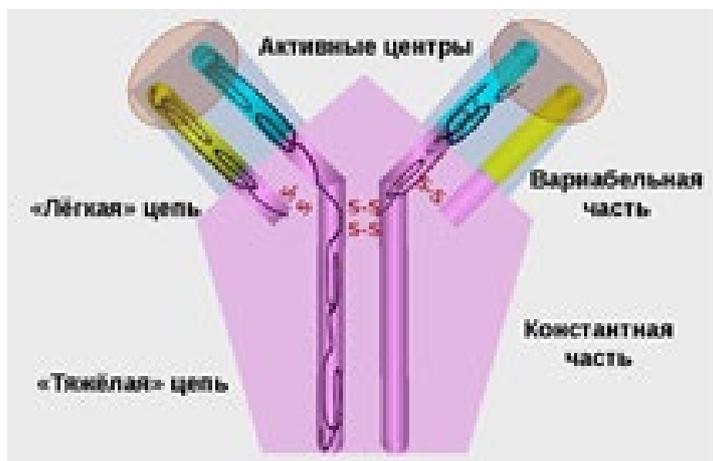


Рисунок 2. Строение антитела

Молодые В-лимфоциты в начале своего пути претерпевают перестройки ДНК в локусах, кодирующих участки связывания антигена. В результате каждый В-лимфоцит (и все его потомки) получают возможность синтезировать свой уникальный антиген-связывающий участок антитела и благодаря этому узнавать единственный антиген. Поэтому в целом популяция В-лимфоцитов способна узнавать огромное количество разных антигенов. Сначала В-лимфоцит синтезирует антитела класса IgM, причем они связаны с плазматической мембраной. Рассмотрим строение IgM. Каждое антитело представляет собой пентамер, в котором 5 базовых структурных единиц связаны дисульфидными мостиками между собой и с небольшой J-цепью, замыкающей кольцевую структуру (Рис.1).

Далее В-лимфоцит находится в «режиме ожидания», пока антитела IgM на его мембране не вступят во взаимодействие с чужеродным антигеном. У IgM есть 10 точек связывания антигенов - это эффективный механизм борьбы с бактериями и вирусами. Такой момент может наступить очень быстро, а может очень нескоро, вплоть до того, что именно этому В-лимфоциту «не повезет», и он никогда не встретит подходящий антиген.

После встречи с подходящим антигеном происходит активация В-лимфоцита, который начинает синтез растворимых IgM (в норме они составляют около 10% от общего количества производимых организмом антител). Поэтому в иммунном ответе на первый контакт с инфекцией доля IgM очень высока. Вскоре лимфоцит переходит на выработку антител IgG, сохраняя при этом свою антигенную специфичность. В ходе иммунного ответа В-лимфоцит делится, давая начало плазматическим клеткам, которые продуцируют антитела, и клеткам памяти. Клетки памяти практически не продуцируют антител, но зато остаются в кровотоке очень долго и при повторной встрече с антигеном начинают быстро делиться, давая новые плазматические клетки, которые вырабатывают в больших количествах антитела IgG. Это позволяет при повторной встрече с антигеном быстро наработать большое количество антител, причем это будут уже не IgM, а IgG, которые намного эффективнее распознают патогены. IgG - основной класс иммуноглобулинов, находящихся в крови, они составляют до 75% от общего количества производимых организмом антител. Молекулы IgG - единственные антитела, которые могут переходить от матери к плоду через плаценту.

IgA - основной класс антител в секретах (молоке, слюне, слезах, секретах дыхательных путей и кишечного тракта). За сутки в просвет кишечника у человека выделяется до 3-5 г IgA. IgA образуют стабильную секреторную форму - димер (рис.1). Димеры более устойчивы к действию протеаз. Существует специальный механизм их транспорта через эпителиальные клетки (рис.3). IgA нейтрализуют токсины и аллергены и составляют до 15% от всех синтезируемых организмом антител.

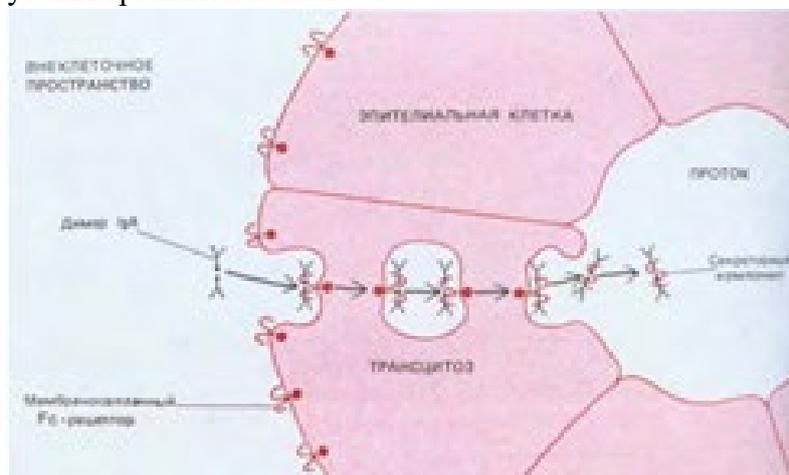


Рисунок 3. Транспорт IgA через эпителиальные барьеры.

Таким образом, разные типы антител обеспечивают комплексную защиту организма от различных патогенов.

Вопрос 4.1. Выберите правильную последовательность событий в жизни В-лимфоцита:

□ Перестройки ДНК – синтез мембранно-связанных IgM - связывание антигена - активация В-лимфоцита – синтез растворимых IgM – синтез IgG плазматическими клетками – быстрая активация клеток памяти при повторной встрече с антигеном и синтез IgM

Перестройки ДНК – синтез растворимых IgM - связывание антигена - активация В-лимфоцита – синтез IgG плазматическими клетками – быстрая активация клеток памяти при повторной встрече с антигеном и синтез IgG

Перестройки ДНК – синтез мембранно-связанных IgM - связывание антигена - активация В-лимфоцита – синтез растворимых IgM – синтез IgG плазматическими клетками – быстрая активация клеток памяти при повторной встрече с антигеном и синтез IgG

Перестройки ДНК – синтез мембранно-связанных IgM - связывание антигена – синтез растворимых IgM – активация В-лимфоцита - синтез IgG плазматическими клетками – быстрая активация клеток памяти при повторной встрече с антигеном и синтез IgG

Вопрос 4.2. Выберите верные утверждения

- Самые распространенные антитела – IgA
- От матери к плоду через плаценту переходят антитела IgA
- Некоторая часть В-лимфоцитов в организме человека никогда не будет активирована
- У человека существует три класса антител
- Плазматические клетки – это потомки активированных В-лимфоцитов, вырабатывающие много антител IgG
- Антитела IgG имеют два участка связывания антигена

Вопрос 4.3. Выберите правильный ответ. Транспорт антител в кровь плода обеспечивает новорожденному младенцу:

- приобретенный активный иммунитет
- врожденный пассивный иммунитет
- врожденный активный иммунитет
- приобретенный пассивный иммунитет

Вопрос 4.4. Выберите правильный ответ (рисунок ниже):

- Пик синтеза IgG уже прошел, и мы видим затухание иммунного ответа
- Мы наблюдаем вторичный иммунный ответ
- Человек первый раз столкнулся с этой инфекцией

Наименование исследования	Результат
СЕРОЛОГИЧЕСКИЕ МАРКЕРЫ ИНФЕКЦИЙ. Антитела к вирусу Herpes simplex-2, IgM	2.49

< 0,9 - антитела не обнаружены
0,9-1,1 - анализ рекомендуется повторить через 2 недели
> 1,1 - антитела обнаружены

Антитела к вирусу Herpes simplex-2, IgG	0.07
--	------

< 0,8 - антитела не обнаружены
0,8-1,1 - анализ рекомендуется повторить через 1 неделю
> 1,1 - антитела обнаружены

Вопрос 4.5. Основную часть антител материнского молока составляют

- Мономеры IgG
- Димеры IgG
- Димеры IgA
- Пентамеры IgM

Особенность следующих заданий 5-7 – наличие большого числа решений. Помните, что чем больше разумных вариантов ответа Вы приведете, тем более высокой будет оценка. ВАЖНО: учитываются только верные ответы; за неверные гипотезы оценка не снижается!

Задание 5 (16 баллов).

Какими свойствами должно обладать растение, чтобы стать комнатным?

Задание 6 (16 баллов).

Для чего животные используют запахи?

Задание 7 (16 баллов).

С самого начала распространения COVID-19 и до настоящего момента заболеваемость этой новой инфекцией сильно различается в разных странах. Почему?

2021-2022 учебный год

Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба», 2 этап, профиль "Биология", 11 класс

Максимальное количество баллов – 100

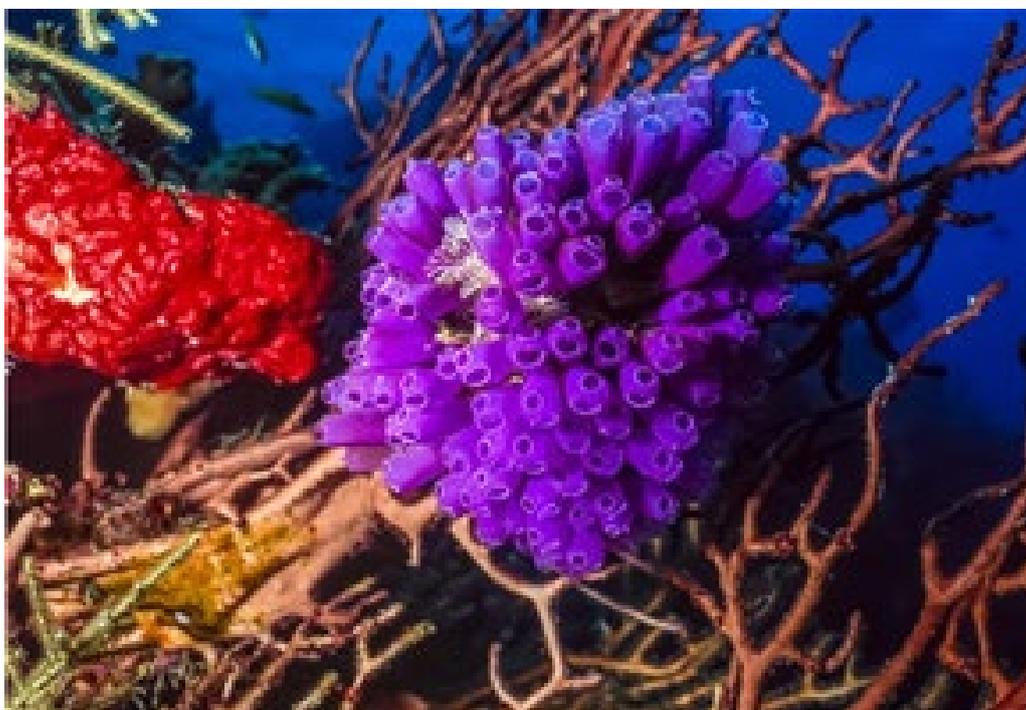
Задание 1 (12 баллов)

Петя занимается в экологическом кружке и решил выяснить, как влияют тяжелые металлы на прорастание семян. В подобных опытах обычно используют типичные растения для биоиндикации – кресс-салат или злаковые (пшеница, ячмень), а тяжелые металлы применяют в виде растворов их солей.

Петя хочет отработать методику на нитрате свинца. Цель: определить, как влияет эта соль на прорастание семян. Как он должен спланировать этапы эксперимента и какие показатели и почему вы бы посоветовали определять?

Задание 2 (11 баллов)

Пишите подробное решение и поясните Ваши действия.



На фотографии изображена колония асцидий – морских хордовых животных, ведущих прикрепленный образ жизни. Асцидии способны накапливать тяжелый металл ванадий, токсичный для большинства населяющих Землю организмов, в больших концентрациях, которые превышают концентрацию ванадия в окружающей среде в 10 миллионов раз! Для аккумуляции ванадия у этих животных есть специальные клетки – ванадоциты, циркулирующие в крови. Концентрация ванадия в них может достигать 350 ммоль/л! Ванадоциты имеют форму шара с диаметром 12 мкм. Примите, что количество ванадоцитов составляет 10^{10} на асцидию и ванадий накапливается только в ванадоцитах. Посчитайте, какую массу ванадия может аккумулятировать колония из 100 асцидий.

Справочные данные: относительная атомная масса ванадия составляет 51 а.е.м.; объем шара $V = 4/3 \pi R^3$.

Задание 3 (14 баллов)

Пишите подробное решение и поясняйте Ваши действия.

О драконах-фуриях с острова Олух известно следующее. У этого моногамного вида брачный период начинается ранней весной. Самки всегда откладывают три яйца, из которых в начале лета вылупляются детёныши. Половой зрелости драконы достигают рано и способны размножаться уже весной на следующий год после вылупления. Время жизни одного дракона, вероятно, очень велико и измеряется десятилетиями. Особи разных поколений подолгу живут вместе.

Фурии диплоидны. Пол у них определяется половыми хромосомами, гетерогаметный пол женский. В отличие от многих других рептилий, температура на формирование пола никакого влияния не оказывает.

Окраска тела у фурий определяется одним не сцепленным с полом геном (назовём его А). Если гомозиготы АА самцы, они будут чёрными, если самки – белыми. Гомозиготы аа чёрные, если это самки, и белые, если самцы. Гетерозиготы Аа независимо от пола чёрные, если вылупились в нечётный год (например, 1213), и белые – если в чётный (например, 1588). В первые несколько месяцев после вылупления у особи любой окраски есть светло-серый гребень вдоль спины, который уже к концу лета приобретает ту же окраску, что и остальное тело.

В июле 2021 г. на восточном побережье Норвегии была обнаружена группа из 66 чёрных и 34 белых фурий. Все они имели светлые «детские» гребни. Причина, по которой они покинули родной остров Олух, осталась неизвестной. К удивлению учёных, молодые драконы хорошо обосновались на новом месте, и уже на следующий год можно было видеть их брачные полёты над морем.

Предположим, что в группе драконов-переселенцев самцов и самок было поровну, все они случайным образом образовали пары, дали потомство, и все потомки выжили. Какими будут доли чёрных и белых особей в этой популяции в конце осени 2022 г.?

Ответ (в процентах) запишите, округлив до первого знака после запятой.

Задание 4 (15 баллов)

Внимательно прочитайте текст, затем приступайте к выполнению заданий.

Онкологические заболевания – это группа болезней, связанных с неконтролируемым делением и ростом клеток организма. В настоящее время они являются одной из основных причин смертности. Поэтому изучение механизмов их возникновения и развития – первоочередная задача для современной молекулярной биологии и медицины. Общепризнанной на сегодня является мутационная теория происхождения злокачественных опухолей. Она подразумевает, что возникновение опухоли вызвано чередой мутаций в половых или соматических клетках. В результате мутантная клетка приобретает способность к неконтролируемому размножению, чем и объясняется рост опухоли. Это значит, что практически любая клетка организма может дать начало злокачественной опухоли. Более, чем в 90 % случаях опухоли возникают в соматических клетках.

Вообще, уровень мутаций в клетках низок и сам по себе не может объяснить частое возникновение рака. Поэтому для приобретения злокачественно фенотипа исходная клетка должна подвергнуться действию мутационного агента: чаще всего это внешний фактор (например, радиация или соли тяжелых металлов). Помимо этого, дефекты в генах, ответственных, например, за точное копирование ДНК, могут передаваться по наследству и создавать внутреннюю предрасположенность к раку. Но здесь важно понимать, что

предрасположенность не значит, что рак у носителя обязательно возникнет. Это случится только в случае наложения неблагоприятных факторов, например, действия мутагенов. К раку приводят поломки генов, ответственных за точное копирование ДНК, за запуск клеточного деления и за апоптоз (апоптоз – это гибель поврежденных клеток, которая запускается специальными генетическими механизмами). Поскольку каждый из этих процессов – это цепочки последовательных реакций, в которые вовлечены многие десятки генов, понятно, что к возникновению рака может привести поломка практически любого из них.

Поломки могут быть двух типов: поломка может сделать ген постоянно активным, тогда как в норме его активность строго регулируется. Например, мембранный рецептор, передающий сигнал от пришедшего к клетке фактора роста, становится активным сам по себе и запускает клеточное деление даже в отсутствие ростового фактора. Такие гены в нормальном состоянии называются протоонкогенами, а после того, как их активирует мутаген – онкогенами. Другая возможность – поломка приводит не к приобретению, а к потере геном активности, которая в норме препятствует образованию опухоли. Например, рак может развиваться, если потеряет свою активность ген, продукт которого ингибировал бесконтрольный запуск деления клетки или же осуществлял репарацию (починку) повреждений ДНК. Такие гены называют онкосупрессорами. В общем виде образование и развитие опухоли (канцерогенез) можно представить в виде цепочки событий. Сначала происходит инициация – первичное воздействие мутагена на клетку. В результате становятся неконтролируемо активными один (чаще) или несколько (реже) онкогенов и/или выключается один (чаще) или несколько (реже) онкосупрессоров. Однако такая клетка будет быстро уничтожена апоптозом. Поэтому далее следует стадия промоции – например, в результате продолжающегося действия мутагенов. В результате повреждения генов, ответственных за точное копирование ДНК, клетка приобретает т.н. мутаторный фенотип: в ходе делений генерируются множественные мутации, так что потомки обладают широким спектром фенотипов, из которых отбираются наиболее приспособленные к делению и росту. Далее, в результате действия отбора, выживают клетки с нарушенными механизмами апоптоза и уже в результате этого выживают клетки со все большими повреждениями генома и еще более разнообразными фенотипами. В клетках активируются гены, которые в дифференцированных клетках неактивны, что приводит к потере клеточной дифференцировки. Опухоль растет, начинается нехватка питательных веществ и кислорода, поэтому селективное преимущество получают клетки, секретирующие факторы роста сосудов. Это белки, которые вызывают рост сосудов, в данном случае, к опухоли. Наконец, некоторые клетки приобретают способность выходить в кровоток. Большинство из них узнается и уничтожается иммунной системой, однако некоторые могут проникнуть в другие органы и дать начало вторичным опухолям, которые называются «метастазы». Хорошая новость заключается в том, что при раннем выявлении злокачественных опухолей процент успешного лечения очень высок. В большой степени это связано с тем, что маленькую опухоль проще удалить целиком, т.к она еще не успела прорасти в соседние ткани, где уже значительно труднее увидеть все ее участки и удалить полностью, а также с тем, что клетки еще не приобрели способности к метастазированию.

Вопрос 4.1. Выберите вариант (варианты), верно описывающий (описывающие) последовательность канцерогенеза:

Первичное воздействие мутагена на клетку – активация протоонкогена и/или дезактивация гена-супрессора – повторное воздействие мутагена – приобретение мутаторного фенотипа – инактивация апоптоза – потеря клеточной дифференцировки – метастазирование - инициирование роста сосудов для снабжения опухоли питательными веществами

Первичное воздействие мутагена на клетку – приобретение мутаторного фенотипа - активация протоонкогена и/или дезактивация гена-супрессора – инактивация апоптоза – потеря клеточной дифференцировки – инициирование роста сосудов для снабжения опухоли питательными веществами – метастазирование

Первичное воздействие мутагена на клетку – активация протоонкогена и/или дезактивация гена-супрессора – повторное воздействие мутагена – приобретение мутаторного фенотипа – инактивация апоптоза – потеря клеточной дифференцировки – инициирование роста сосудов для снабжения опухоли питательными веществами – метастазирование

Первичное воздействие мутагена на клетку – активация протоонкогена и/или дезактивация гена-супрессора – повторное воздействие мутагена – приобретение мутаторного фенотипа – инициирование роста сосудов для снабжения опухоли питательными веществами- инактивация апоптоза – потеря клеточной дифференцировки – метастазирование

Вопрос 4.2. К генам-супрессорам канцерогенеза относятся гены, кодирующие:

- Белки, передающие в клетку сигнал соматотропина
- Белки, запускающие апоптоз
- Белки, запускающие S-фазу митоза
- Белки систем репарации ДНК

Вопрос 4.3. Выберите верные утверждения:

- У людей с нарушениями работы иммунной системы можно ожидать повышенную частоту возникновения злокачественных опухолей
- Любая клетка организма человека может дать начало злокачественной опухоли
- В большинстве случаев опухоли развиваются из соматических клеток
- Для ранней диагностики онкологических заболеваний наиболее эффективны регулярные (раз в 2-3 года) УЗИ (ультразвуковые исследования) органов
- При введении в кровоток химиотерапевтических препаратов, ингибирующих репликацию ДНК и неспецифически действующих на клетки, клеточное деление ингибируется и в здоровых клетках тоже, чем и объясняется значительная часть негативных побочных эффектов такой терапии

Вопрос 4.4. Какими свойствами должны обладать вещества, вызывающие рак?

- Иметь высокое сходство с белками систем репарации ДНК
- Вносить разрывы в полипептидные цепи
- Создавать поперечные сшивки между соседними нуклеотидами ДНК
- Вносить разрывы в цепи ДНК

- Ингибировать ферменты репликации ДНК

Вопрос 4.5. В клетках существуют т.н. «мобильные элементы» - фрагменты ДНК, способные реплицироваться независимо от клеточной ДНК и встраивать свои копии в новые места генома. В большинстве случаев они выступают в роли:

- Протоонкогенов
- С равной вероятностью как протоонкогены и онкосупрессоры
- Онкосупрессоров

Особенность следующих заданий 5-7 – наличие большого числа решений. Помните, что чем больше разумных вариантов ответа Вы приведете, тем более высокой будет оценка. ВАЖНО: учитываются только верные ответы; за неверные гипотезы оценка не снижается!

Задание 5 (16 баллов).

Какие приспособления имеют ночные насекомые для защиты от летучих мышей?

Задание 6 (16 баллов).

У живых организмов, пол которых определяется половыми хромосомами, теоретически ожидаемое соотношение полов при рождении должно составлять 1:1. Однако у многих видов (в том числе и у человека) особей одного пола рождается стабильно больше, чем другого. Предложите механизмы, которые могут лежать в основе этого явления.

Задание 7 (16 баллов).

Многие вещества и продукты, которые раньше получали химически, в последнее время все чаще получают при помощи микроорганизмов. В чем преимущества микробиологического синтеза над химическим и в чем недостатки?

2022-2023 учебный год
Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба», 2 этап,
профиль "Биология", 9-10 класс

Максимальное количество баллов — 100.

Пишите разборчиво. Ответ пишите на странице с номером, соответствующим номером вопроса. Если используете дополнительный лист, обязательно напишите об этом на основном листе ответа. Если не знаете ответа, ставьте прочерк. Черновики не оцениваются.

Задание №1 (12 баллов). Эксперимент.

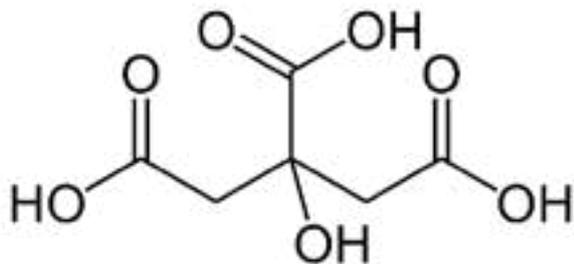
Школьник Алеша решил определить устойчивость бактерий, которые обитают на коже рук, к антибиотикам. Первоначальная гипотеза была такой: у тех, кто по результатам опроса принимает антибиотики чаще, устойчивость бактерий к ним выше.

С кожи рук одноклассников и учителей Алеша собирал пробы микрофлоры: руки протирали стерильными марлевыми салфетками, ополаскивали их в стерильном физиологическом растворе и высевали этот раствор на чашки Петри с питательной средой. Затем на чашки помещали бумажные диски, пропитанные растворами различных антибиотиков, и оставляли чашки в термостате на ночь при 37°C, после чего доращивали при комнатной температуре до появления видимых колоний. Если колонии на чашке вырастали, но пространство вокруг диска оставалось чистым, микрофлору рук считали чувствительной к данному антибиотику (см. рис.). Если же колонии вырастали вплотную к диску, микрофлору считали резистентной к данному антибиотику (см. рис.). Все участники эксперимента были опрошены, чтобы узнать, какие антибиотики они принимали и как часто.



В результате оказалось, что микрофлора, устойчивая к наибольшему числу антибиотиков, принадлежала молодой учительнице, которая говорила, что много лет не принимает антибиотики. Какие могут быть причины у такого неожиданного результата эксперимента?

Задание №2 (11 баллов). Расчетная задача. Пишите подробное решение и поясните ваши действия.



Лимонная кислота (C₆H₈O₇) – один из метаболитов цикла Кребса – используется в различных областях промышленности и производится в огромных масштабах. Несмотря на различие технологий получения, продуцентом лимонной кислоты в большинстве случаев является гриб *Aspergillus niger*.

В некоторых странах для получения лимонной кислоты используют культивирование *Aspergillus niger* на багассе – отходах, получаемых при переработке сахарного тростника. При этом гриб растет в лотках, которые укладываются друг на друга, что увеличивает экономическую эффективность производства. Вместимость одного такого лотка площадью 1 м² составляет 1 кг багассы, а продуктивность процесса составляет 0.25 моль лимонной кислоты/м²×ч. Посчитайте, сколько лимонной кислоты получится в ходе культивирования *Aspergillus niger* в системе из 10 уложенных друг на друга лотков размером 2×2 м в течение двух суток?

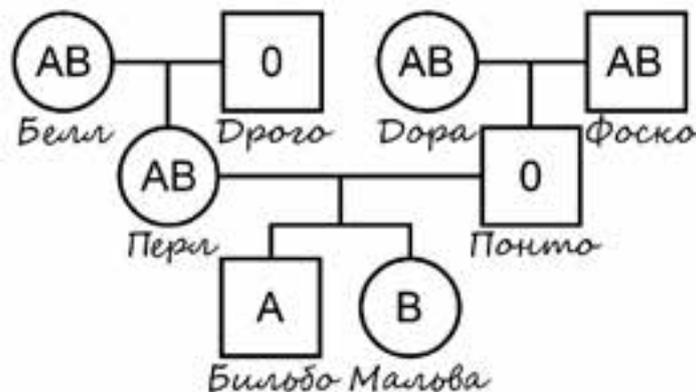
Справочные данные: число Авогадро $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹; Ar(O)=16, Ar(C)=12, Ar(H)=1

Задание № 3 (14 баллов). Расчетная задача. Пишите подробное решение и поясняйте ваши действия.

У человека группа крови по системе АВ0 определяется единственным не сцепленным с полом геном I, у которого есть три аллеля: I(A), I(B), I(0). У гомозигот I(0)I(0) первая группа крови 0(I), у людей с генотипами I(A)I(A) и I(A)I(0) – вторая А(II), генотипы I(B)I(B) и I(B)I(0) соответствуют третьей группе В(III), у гетерозигот I(A)I(B) – четвертая группа АВ(IV). Также у человека известен «бомбейский феномен», связанный с геном H: у гомозигот hh – первая группа крови независимо от генотипа по гену I.

У хоббитов известны те же четыре группы крови. Их определяет единственный ген, у которого те же три аллеля взаимодействуют таким же образом. У хоббитов встречается и «бомбейский феномен» (вошедший в историю как «ширский феномен»). Единственное отличие от людей – ген H у хоббитов находится в уникальной части X-хромосомы. Как и у людей, у хоббитов гомогаметный пол женский (XX), гетерогаметный – мужской (XY).

На схеме представлена часть обширной хоббичьей родословной. Какие дети и с какой вероятностью могут родиться у Перл и Понто?



Ответ приведите в процентах с точностью до второго знака после запятой.

Задание №4 (15 баллов). Анализ текста. Внимательно прочитайте текст, затем приступайте к выполнению заданий.

Коллаген – это фибриллярный белок, составляющий основу межклеточного вещества соединительной ткани костей, хрящей, сухожилий, кожи, а также зубов. Поэтому коллаген – самый распространенный белок у млекопитающих, составляющий до 30% массы всех белков организма. В синтез коллагена вовлечено несколько десятков белков, в том числе ферменты с ионами металлов (железо и медь). Ежегодно создаются новые препараты для улучшения синтеза коллагена, компенсирующие процессы старения.

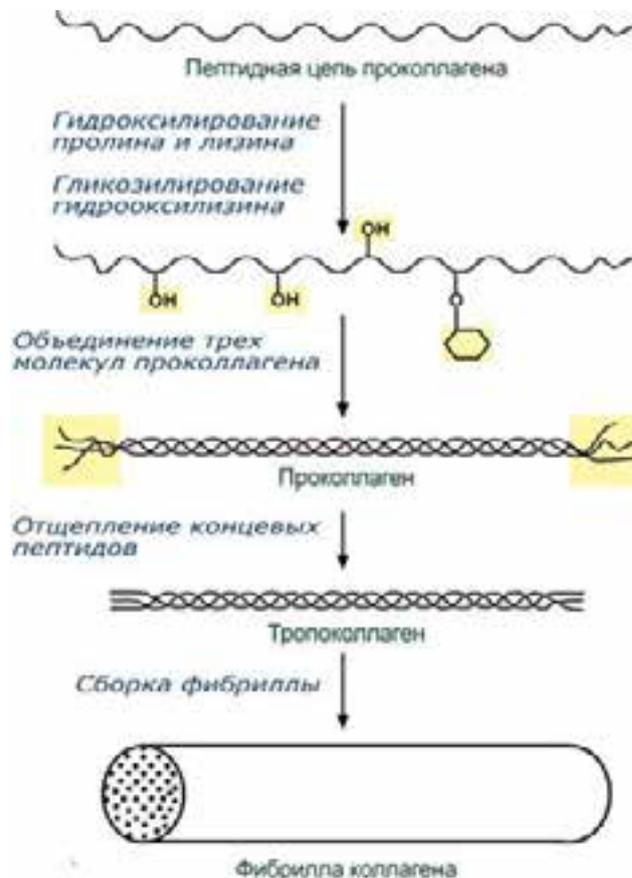
Поскольку разные локации в организме обладают разной спецификой, коллаген - полиморфный белок. Существует не менее 19 типов коллагена, отличающиеся по первичной структуре и локализации в организме.

Синтез и созревание коллагена включает несколько этапов, проходящих как в клетке, так и во внеклеточном матриксе.

Первый этап – синтез на рибосоме полипептидной цепи проколлагена, которая включает около 1000 аминокислот. Внутренняя часть цепи проколлагена состоит из повторяющихся триад аминокислот. В триадах первая аминокислота всегда глицин, вторая — пролин или лизин, а третья — чаще всего пролин.

Пролин и лизин подвергаются модификации – гидроксигированию. Гидроксигирование пролина и лизина начинается в период трансляции коллагеновой мРНК на рибосомах, продолжается на растущей полипептидной цепи и завершается вскоре после окончания трансляции (рис.). По количеству посттрансляционных модификаций коллаген является одним из «чемпионов» среди белков клетки.

Жесткая циклическая структура пролина и гидроксипролина (содержание этих аминокислот в коллагене не позволяет образовать обычную для белков правозакрученную α -спираль) приводит к тому, что образуется т.н. "пролиновый излом". Благодаря такому излому формируется левозакрученная спираль, где на один виток приходится 3 аминокислотных остатка.



Реакции гидроксилирования катализируют оксигеназы - железо-содержащие ферменты. Необходимыми компонентами этой реакции являются O_2 и витамин С. При цинге — заболевании, вызванном недостатком витамина С — нарушается гидроксилирование остатков пролина и лизина. В результате этого образуются менее прочные и стабильные коллагеновые волокна, что приводит к хрупкости и ломкости кровеносных сосудов и развитию симптомов цинги. Клиническая картина цинги характеризуется возникновением множественных точечных кровоизлияний под кожу и слизистые оболочки, кровоточивостью дёсен, выпадением зубов, анемией.

После гидроксилирования каждая проколлагеновая цепь соединяется водородными связями с двумя другими, образуя тройную спираль. В таком виде они секретируются в межклеточное пространство (рис).

В межклеточном матриксе концевые фрагменты коллагенов I, II и III типов отщепляются специфическими пептидазами, в результате чего образуются молекулы тропоколлагена, которые и являются структурной единицей коллагеновых фибрилл (рис.). При снижении активности этих ферментов (синдром Элерса-Данло-Руссакова, тип VII) концевые пептиды проколлагена не отщепляются, вследствие чего нарушается образование тропоколлагена и далее нарушается образование нормальных коллагеновых фибрилл. Нити коллагена видны под микроскопом в виде дезорганизованных пучков. Клинически это проявляется малым ростом, искривлением позвоночника, привычными вывихами суставов, высокой растяжимостью кожи.

У коллагенов некоторых типов (IV, VIII, X) концевые фрагменты не отщепляются. Это связано с тем, что такие коллагены образуют не фибриллы, а сете-подобные структуры, в формировании которых важную роль играют концевые фрагменты.

Основа структурной организации коллагеновых фибрилл — ступенчато расположенные параллельные ряды молекул тропоколлагена, которые сдвинуты на 1/4 относительно друг друга. Молекулы коллагена не связаны между собой «конец в конец»: между ними имеется промежуток в 35 — 40 нм. Предполагается, что в костной ткани эти промежутки выполняют роль центров минерализации, где откладываются кристаллы фосфата кальция. Фибриллы коллагена образуются спонтанно, путём самосборки. Образовавшиеся коллагеновые фибриллы укрепляются внутри- и межцепочечными ковалентными сшивками. Количество поперечных связей в фибриллах коллагена зависит от функции и возраста ткани. Например, между молекулами коллагена ахиллова сухожилия сшивков особенно много, так как для этой структуры важна большая прочность. С возрастом количество поперечных связей в фибриллах коллагена возрастает, что приводит к замедлению скорости его обмена у пожилых людей. Одна из основных причин старения кожи и появления морщин — нарушения синтеза и метаболизма коллагена, хотя истончение жировой клетчатки и ухудшение удержание влаги кожными структурами тоже вносят определенный вклад.

Для ответа на задания ниже используйте материал прочитанного текста. В каждом задании содержится не менее одного верного утверждения. Вам нужно выбрать все верные утверждения. Запишите их в таблицу в бланке ответов.

1. Выберите правильную (правильные) последовательность событий:

А. Синтез на рибосоме полипептидной цепи проколлагена IV типа — начало гидроксилирования пролина и лизина — образование левозакрученной спирали — отщепление концевых фрагментов проколлагена — образование тройной спирали — секрета в межклеточное пространство — сборка коллагеновых фибрилл.

- Б. Синтез на рибосоме полипептидной цепи проколлагена I типа – начало гидроксилирования пролина и лизина – образование левозакрученной спирали – образование тройной спирали – отщепление концевых фрагментов проколлагена – секреция в межклеточное пространство – сборка коллагеновых фибрилл.
- В. Синтез на рибосоме полипептидной цепи проколлагена II типа – начало гидроксилирования пролина и лизина – образование левозакрученной спирали – образование тройной спирали – секреция в межклеточное пространство – отщепление концевых фрагментов проколлагена – сборка коллагеновых фибрилл.
- Г. Синтез на рибосоме полипептидной цепи проколлагена III типа – начало гидроксилирования пролина и лизина – образование тройной спирали – образование левозакрученной спирали – отщепление концевых фрагментов проколлагена – секреция в межклеточное пространство – сборка коллагеновых фибрилл.
2. Выберите структуры, где содержится коллаген.
- А. Копыта и рога
 - Б. Волосы
 - В. Сухожилия
 - Г. Кости
3. Выберите правильные (правильное) утверждения:
- А. Молекула коллагена образует альфа-спираль.
 - Б. Выпадение зубов при цинге можно предотвратить приемом хвойного отвара, богатого витамином С.
 - В. Между молекулами коллагена ахиллова сухожилия много поперечных швов.
 - Г. Для синтеза коллагена необходим кислород.
4. У пожилых людей появляются морщины, потому что:
- А. Уменьшается количество воды в структурах кожи.
 - Б. Истончается жировая клетчатка.
 - В. Нарушается углеводный обмен.
 - Г. Нарушается синтез заменимых аминокислот.
 - Д. Увеличивается количество коллагена в коже.
5. Чем коллаген отличается от большинства других белков:
- А. Повторяющийся аминокислотный состав.
 - Б. Молекулы объединяются по три и образуют тройную спираль.
 - В. Имеет много форм.
 - Г. В синтез, помимо рибосомы, вовлечено необычно большое число ферментов.
 - Д. Множественные посттрансляционные модификации.

Особенность заданий № 5- №7 - наличие большого числа решений. Помните, что чем больше разумных вариантов ответа вы приведете, тем более высокой будет оценка. ВАЖНО: учитываются только верные ответы; за неверные гипотезы оценка не снижается!

Задание №5 (16 баллов).

Хорошо известно, что видовой и количественный состав растений в населенных пунктах отличается от видового и количественного состава растений на прилегающих территориях. Почему?

Задание № 6 (16 баллов).

Биолюминесценция – это способность живых организмов излучать свет. Как вы думаете, для чего им это нужно?

Задание №7 (16 баллов).

Открытие антибиотиков стало настоящей революцией в медицине и спасло миллионы жизней. К сожалению, с вирусами дело обстоит сложнее: до сих пор не найдено сопоставимых по эффективности лекарств. Однако немалые успехи все же достигнуты, а создание новых противовирусных препаратов – одно из основных направлений современной биомедицины и биофармацевтики.

Предложите различные механизмы действия противовирусных препаратов.

2022-2023 учебный год
Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба», 2 этап,
профиль "Биология", 11 класс

Максимальное количество баллов — 100.

Пишите разборчиво. Ответ пишите на странице с номером, соответствующим номеру вопроса. Если используете дополнительный лист, обязательно напишите об этом на основном листе ответа. Если не знаете ответа, ставьте прочерк. Черновики не оцениваются.

Задание №1 (12 баллов). Эксперимент.

Внимательно прочитайте текст задания. Найдите ошибки, допущенные при постановке эксперимента. Перечислите их и объясните, почему вы считаете, что это ошибки. Для каждой ошибки объясните, как нужно было действовать, чтобы получить достоверный ответ на поставленный Мариной вопрос.

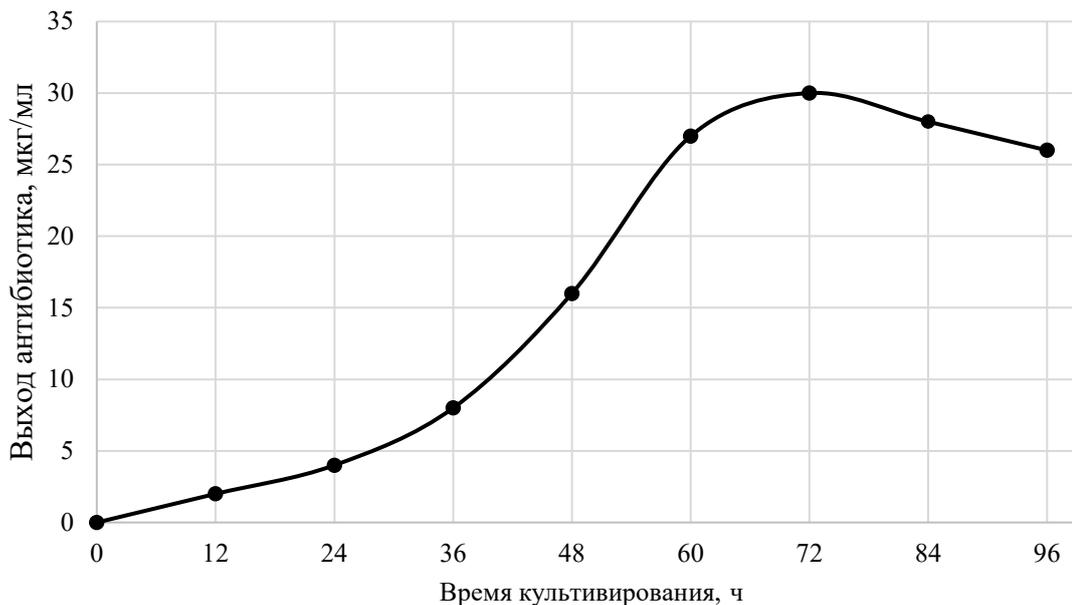
Девочка Марина решила выяснить, существует ли зависимость между заболеваемостью COVID-19 и группой крови. Для этого она опросила всех ребят 9 и 10 классов, а также всех учителей школы. Каждому участнику было задано два вопроса: «Какая у Вас группа крови?», «Болели ли Вы COVID-19?». По результатам опроса оказалось, что больше всего заболевших имели I группу крови. Марина сделала вывод, что люди с I группой крови наиболее подвержены COVID-19.

Задание №2 (11 баллов). Расчетная задача. Пишите подробное решение и поясняйте ваши действия.

Огромная группа микроорганизмов, принадлежащая к плесневым грибам, образует более 2500 видов антибиотических веществ, некоторые из которых применялись и применяются в медицине, получив всемирное признание в качестве лекарств от различных инфекционных заболеваний. Первым веществом, названным антибиотиком и применявшимся для спасения жизней от бактериальных инфекций, традиционно считают открытый в 1929 г Александром Флемингом пенициллин. Десять лет спустя открытием Флеминга заинтересовались Эрнст Чейн и Говард Флори, которым удалось впервые выделить и очистить пенициллин, что вызвало широкий научный и коммерческий интерес к производству этого препарата. В СССР изучать пенициллин начала Зинаида Виссарионовна Ермольева, под чьим руководством был получен очищенный пенициллин крустозин, спасший жизни многим солдатам во время Великой Отечественной Войны.

Структура пенициллина, как и пути его биосинтеза, были открыты намного позже. Основная проблема, с которой независимо столкнулись советские, английские и американские биотехнологи, заключалась в низком выходе пенициллина. На рисунке представлена динамика накопления бензилпенициллина (а именно эта молекула в ряду антибиотиков была открыта первой) его основным продуцентом – грибом *Penicillium chrysogenum*. На горизонтальной оси отложено время культивирования, а на вертикальной – концентрация антибиотика в 1 мл культуральной жидкости, в которой развивается продуцент. В промышленности антибиотик всегда получали в момент максимума его образования.

Динамика накопления бензилпенициллина продуцентом
Penicillium chrysogenum



За единицу активности бензилпенициллина принято минимальное количество препарата, способное задерживать рост золотистого стафилококка в 50 мл питательной среды. Для лечения одного пациента от стафилококковой инфекции требовалось количество антибиотика, обладающее активностью в 50 000 000 ед. Для очищенного Чейном и Флори бензилпенициллина было показано, что его активность составляет 1667 ед./мг препарата. Посчитайте, какой объем культуральной жидкости требовался до оптимизации промышленного получения бензилпенициллина для лечения одного пациента от стафилококковой инфекции?

Задание № 3 (14 баллов). Расчетная задача. Пишите подробное решение и поясняйте Ваши действия.

Неудивительно, что цветочек аленький настолько редок. Окраску цветка у него определяет единственный ген с двумя аллелями. У гомозиготы A1A1 лепестки белые, у гомозигот A2A2 – алые, у гетерозигот A1A2 они тоже алые, но при опылении пыльцой с генотипом A1 белеют. Это однолетнее растение за сезон образует всего один цветок, в завязи которого лишь одна семяпочка. Первое же попавшее на рыльце пыльцевое зерно опыляет эту семяпочку. Жизнеспособность, пыльцевая продуктивность и сроки цветения от генотипа не зависят.

В первый год на поле выселили семена, из которых 3/4 составляли гомозиготы A1A1, а 1/4 – гетерозиготы A1A2. Растениям дали свободно переопылиться, осенью их семена попали в почву и весной второго года проросли. Каким будет соотношение по окраске цветков во второй год к концу сезона цветения, когда все растения уже будут опылены?

Ответ (в процентах) запишите, округлив до первого знака после запятой.

Задание №4 (15 баллов). Анализ текста. Внимательно прочитайте текст, затем приступайте к выполнению заданий.

Эпигенетика – это раздел молекулярной биологии, который изучает наследуемые изменения экспрессии генов, не затрагивающие нуклеотидную последовательность ДНК. Само открытие такой возможности произвело революцию в понимании феномена наследственности, изменив парадигму, гласящую, что любое наследуемое изменение имеет своей причиной изменение набора нуклеотидов в ДНК. Сейчас это одна из самых интересных и быстро развивающихся областей молекулярной биологии.

Довольно быстро выяснилось, что большинство изменений наследуются недолго - в двух-трех поколениях. Однако уже известно немало примеров наследования в 5, 10 и даже большем числе поколений. Феномен обнаружен у всех эукариот: дрожжей, растений, дрозофилы, мышей и у человека. Конечно, наиболее эмоционально воспринимаются данные, полученные для человека. Кто еще недавно мог бы представить, что диета матери может влиять на появление диабета у детей! И это только верхушка айсберга!

Ключ к пониманию феномена кроется в двух процессах: метилировании ДНК и модификациях гистонов. Многие остатки цитозина в ДНК метилированы по пятому положению, причем метилируются они только в составе динуклеотидов CG. Метилировано до 60% всех CG динуклеотидов человека. Оказалось, что метилирование ДНК подавляет экспрессию генов! И этот механизм очень эффективен. Например, метилирование промотора (участка, который связывает РНК-полимеразу) приводит к прекращению синтеза мРНК. Интересно, что динуклеотиды CG очень часто сгруппированы как раз в промоторных областях, образуя «CG -островки». Это позволяет регулировать экспрессию генов. Метилирование обратимо: оно осуществляется ферментами метилтрансферазами, а удаление метильных групп осуществляют деметилазы. Поэтому таким образом можно включать и выключать гены.

Но как эти ферменты узнают, какой именно участок ДНК они должны метилировать? Здесь подключается второй слой регуляции. Известно, что ДНК наматывается на т.н. гистоновые белки: восемь молекул гистонов образуют похожую на мячик структуру, на которую наматывается примерно полтора оборота ДНК. Таких «мячиков» в ядре сотни тысяч, и вместе с намотанной на них ДНК они похожи на бусы на нитке (рис.1).

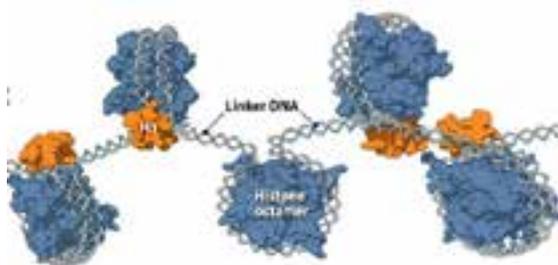


Рисунок 1. ДНК наматывается на структуру, образованную 8 белками, которые называются «гистоны». Получается похоже на бусы на нитке. Концевые участки гистонов не прилегают плотно к «бусине». (по <https://www.mechanobio.info/genome-regulation/what-are-nucleosomes>).

У каждой молекулы гистона есть концевой участок, который неплотно прилегает к «бусине», и его аминокислоты могут быть модифицированы: метилированы, ацетилированы или фосфорилированы. Модификации осуществляют специальные ферменты, и делают они это в ответ как на внутренние сигналы, так и на внешние факторы. Например, доказано, что особенности диеты, а также курение влияют на набор модификаций гистонов (а те, в свою очередь – на метилирование ДНК). В результате гистоны несут рисунок модификаций, отражающий текущие регуляторные процессы. Такой рисунок получил название «гистонового кода»: с модифицированными участками гистонов связываются различные регуляторные белки, которые могут запускать или прекращать синтез мРНК.

Рассмотрим один из этих механизмов чуть подробнее. Метилтрансфераза DNMT3A/B состоит из трех сегментов (доменов): собственно метилтрансферазного домена MTase, который и осуществляет метилирование ДНК, и двух регуляторных доменов: ADD и PWWP. В обычном состоянии домен ADD связан с доменом MTase и ингибирует его активность: метилирования ДНК не происходит. Но если этот домен «видит» неметилированный лизин в 4 положении гистона H3, то он связывается с ним, в результате высвобождая домен MTase, который осуществляет метилирование ДНК (рис.2А). Если этот остаток лизина метилирован, то связывания и активации DNMT3A/B не происходит, и ДНК остается неметилированной (рис. 2Б). На отдельных участках ДНК в дополнение к описанному механизму домен PWWP узнает еще один маркер – метилированный лизин в 36 положении гистона H3. Это дает еще один участок связывания DNMT3A/B в дополнение к связыванию ADD-домена и поэтому обеспечивает более прочное соединение фермента с ДНК и гистонами и усиливает метилирование ДНК (рис. 2В). PWWP и ADD домены могут связываться с гистонами H3 в любой последовательности: на эффективность посадки фермента это не влияет (рис. 2В).

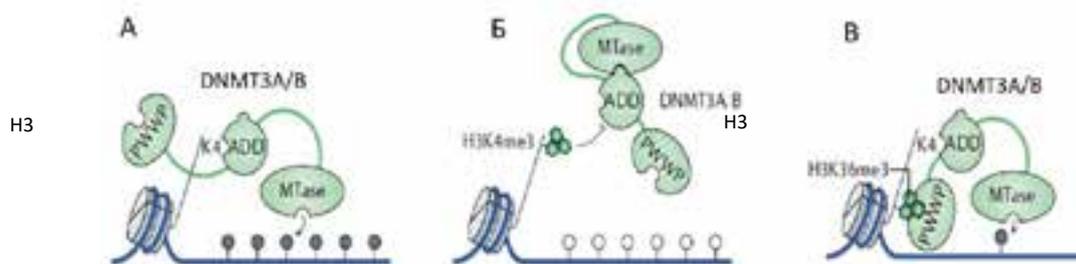


Рисунок 2. Темная нить – ДНК, серый диск – гистоновый комплекс («бусина»). Темными кружками показаны метилированные остатки цитозина, белыми – неметилированные. В соответствии со стандартной номенклатурой: H3 – гистоновый белок третьего типа. K – лизин, me3 – метилированный по трем положениям лизин. А,Б,В – три варианта взаимодействия метилтрансферазы DNMT3A/B с гистонами и ДНК, подробнее см. текст. (По <https://doi.org/10.1038/s41580-019-0159-6> с изменениями)

Рисунок метилирования ДНК наследуется в ряду клеточных делений. Это происходит благодаря тому, что при репликации ДНК метилтрансферазы используют матричную цепь как образец и наносят метильные группы в аналогичные участки вновь синтезированной цепи. Но оказалось, что рисунок метилирования ДНК может наследоваться через

поколения! В ходе гаметогенеза и раннего эмбрионального развития происходит глобальное деметилирование генома, однако позже рисунок метилирования в основном восстанавливается, хотя именно на этих этапах в него могут быть внесены изменения.

С возрастом точность метилирования снижается, что приводит к дерегуляции многих генов и может служить причиной возникновения ряда болезней.

С метилированием тесно связан феномен генного импринтинга (от imprint – запечатление): у некоторых генов всегда метилирован отцовский аллель, а материнский – нет (возможна и обратная ситуация). Поэтому транскрипция мРНК происходит только с одного - неметилированного - аллеля. Таких генов у человека известно около 100. Нарушение их функций вызывает ряд наследственных заболеваний.

Исследование механизмов эпигенетической регуляции захватывающе само по себе, а, кроме того, оно позволяет найти такие подходы к лечению и профилактике заболеваний, которые еще недавно никто не мог даже вообразить. Это область, в которой новое поколение ученых и практиков сможет сделать много удивительных открытий.

Для ответа на задания ниже используйте материал прочитанного текста. В каждом задании содержится не менее одного верного утверждения. Вам нужно выбрать все верные утверждения (или неверные – в зависимости от формулировки вопроса). Запишите их в таблицу в бланке ответов.

1. Выберите верную (верные) последовательности.

А. PWWP-домен узнает неметилированный H3K4 – ADD-домен узнает метилированный H3K4 – ADD-домен изменяет конформацию – высвобождается домен MTase – DNMT3A/B метилирует ДНК – синтез мРНК ингибируется

Б. ADD-домен узнает неметилированный H3K4 – ADD-домен изменяет конформацию – высвобождается домен MTase – DNMT3A/B метилирует ДНК – синтез мРНК ингибируется

В. PWWP-домен узнает метилированный H3K36 – ADD-домен узнает неметилированный H3K4 – ADD-домен изменяет конформацию – высвобождается домен MTase – DNMT3A/B метилирует ДНК – синтез мРНК ингибируется

Г. ADD-домен узнает неметилированный H3K4 – ADD-домен изменяет конформацию – высвобождается домен MTase – DNMT3A/B метилирует ДНК – синтез мРНК активируется

2. Выберите верные (верное) утверждения.

А. Метилирование ДНК активирует экспрессию генов.

Б. Метилирование гистонов всегда ингибирует метилирование ДНК.

В. Факторы внешней среды могут вызывать изменение числа метилированных нуклеотидов в ДНК.

Г. Остатки цитозина в ДНК метилируются по 5 положению в составе динуклеотидов CG

Д. В процессе старения рисунок метилирования ДНК нарушается, и это не приводит к существенным негативным последствиям.

3. Как Вы думаете, почему метилирование ДНК – обратимый процесс?

- А. Это позволяет использовать меньше ферментов, чем если бы метилирование было необратимым.
- Б. Это дает возможность регулировать экспрессию генов в ответ на меняющиеся условия среды и потребности организма.
- В. Это дает шанс исправить ошибочное метилирование.
- Г. Это позволяет сделать наследование модификаций более надежным.

4. Выберите неверные (неверное) утверждения.

- А. Промоторы активно транскрибирующихся генов метилированы
- Б. Метилтрансфераза DNMT3A/B узнает как метилированный, так и неметилированный лизин.
- В. Можно предполагать, что тканеспецифичная экспрессия генов достигается в том числе за счет метилирования промоторных участков генов.
- Г. Можно предполагать, что, зная рисунок метилирования ДНК у конкретного человека, можно диагностировать некоторые болезни, в том числе на ранней стадии.

5. Как Вы думаете, по сравнению с обычным геном мутации в гене, подверженном импринтингу:

- А. Будут проявляться с большей вероятностью
- Б. Будут проявляться с меньшей вероятностью.
- В. Вероятность проявления мутаций в генах, подверженных и не подверженных импринтингу одинакова.

Особенность заданий № 5- №7 - наличие большого числа решений. Помните, что чем больше разумных вариантов ответа вы приведете, тем более высокой будет оценка. ВАЖНО: учитываются только верные ответы; за неверные гипотезы оценка не снижается!

Задание №5 (16 баллов). Известно, что в некоторых растениях, иногда в отдельных органах или тканях, содержание ионов определенных металлов существенно выше, чем в почве, на которой эти растения растут. Каким может быть приспособительное значение этого явления?

Задание № 6 (16 баллов).

Представим, что все бактерии вдруг исчезли на всей планете. Какие последствия можно ожидать?

Задание №7 (16 баллов).

Рак – это заболевание, при котором происходит неконтролируемое размножение клеток. Неконтролируемое размножение начинается из-за возникновения мутаций в ДНК. Поэтому кажется очевидным, что чем больше клеток в организме и чем дольше живет организм, тем выше вероятность возникновения рака. Однако на практике это не так. Например, у человека клеток в 1000 раз больше, чем у мыши, а продолжительность жизни выше примерно в 30 раз. Для каждой конкретной клетки это дает в $\sim 10^7$ раз более высокий риск перерождения в раковую. Но на самом деле вероятность развития рака у человека и мыши примерно одинакова. При этом интересно, что в пределах вида положительная корреляция действительно существует: например, у небольших пород собак вероятность возникновения рака ниже, чем у крупных. Однако при сравнении разных видов эта зависимость теряется, что продемонстрировано для десятков видов млекопитающих. Этот парадокс имеет огромную практическую значимость и интенсивно исследуется молекулярными биологами во всем мире. Как Вы думаете, чем можно его объяснить: почему у разных видов нет зависимости между числом клеток и частотой возникновения рака? Почему у разных видов нет зависимости между продолжительностью жизни и частотой возникновения рака?

**Решения и критерии заключительного этапа
Всероссийской олимпиады школьников «Высшая проба» по
профилю «Биология»**

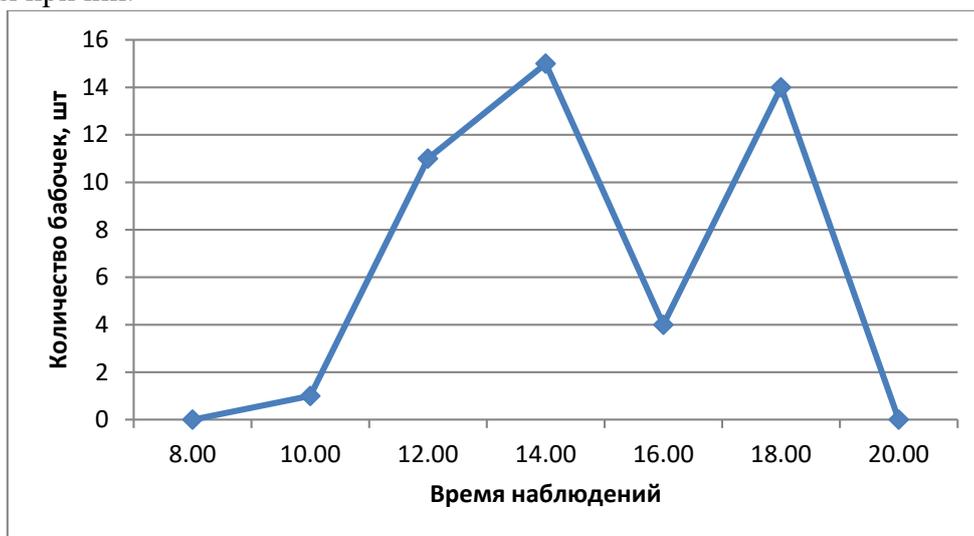
2020-2021 учебный год

Ответы на задания Всероссийской олимпиады школьников "Высшая проба", профиль "Биология" 9-10 класс

Максимальное количество баллов — 100.

Задание №1 (12 баллов). Эксперимент.

Ребята из кружка полевой зоологии исследовали активность дневных бабочек в светлое время суток. Для этого они выбрали участок луга с цветущими травами и периодически подсчитывали численность бабочек на нем. Данные, полученные в течение одного дня, представлены на графике. Чем, по Вашему мнению, может быть вызвано наличие двух пиков и спад численности между 14 и 18 часами? Приведите как можно больше возможных причин.



Ответ

1. Так как насекомые - пойкилотермные животные, на их активность значительно влияет температура воздуха. Следовательно, можно предположить, что дневной спад активности обусловлен или понижением температуры (например, из-за облачности, дождя и т.д.), или значительным ее повышением.
2. Другие изменения погоды. Это могут быть влажность воздуха, дождь, ветер и иные явления, препятствующие полетам бабочек; при этом температура воздуха может и не измениться.
3. Появление именно в это время хищников, питающихся бабочками, - хищных насекомых, насекомоядных птиц и т.д.
4. Бабочки питаются нектаром, следовательно, их активность определяется наличием открытых цветков. Известно, что для разных растений характерно разное время открывания и закрывания цветков. Поэтому можно предположить, что пики и спад активности бабочек связаны именно с этим явлением в случае, если на лугу сочетаются цветки, открытые в первой и второй половине дня (так что в середине дня открытых цветков мало или нет). Это маловероятно, но в принципе возможно. Упоминание об усилении запаха некоторых цветков в определенное время суток также относится к этой версии. Закрывание большинства цветков во время дождя относится к версии 2.
5. В вопросе не сказано, изучали школьники динамику одного вида бабочек или нескольких. Поэтому пики могут быть обусловлены активностью одного вида в первой половине дня и другого ближе к вечеру. Иными словами, наблюдаемый график может представлять собой результат наложения двух графиков, каждый из которых имеет свой собственный максимум.

6. На поведение бабочек могли повлиять любые проявления воздействия человека – появление на данном участке людей, сельскохозяйственные работы (вспашка, покос, выпас скота и т.д.).

7. Если учитывали численность только одного вида бабочек (или нескольких определенных видов), то можно предположить, что спад численности вызван массовым появлением видов-конкурентов.

8. Если учитывали численность только одного вида бабочек (или нескольких определенных видов), то также можно предположить, что график отражает естественную биологическую активность вида. Например, у некоторых видов летающих днем пядениц наблюдается спад активности в дневные часы.

9. Представленный в вопросе график является результатом наблюдений в течение только одного дня, поэтому результат статистически недостоверен. В случае более продолжительного наблюдения, возможно, выяснилось бы, что никакого спада численности днем на самом деле не происходит. В некоторых ответах правильно указывалось, что повторные наблюдения дали бы более точную картину динамики активности бабочек.

Это исчерпывающий список правильных ответов, которые приведены в работах участников. Все остальные варианты ответов не засчитывались и не будут засчитаны в случае апелляции.

Версии об изменении спектра излучения солнца в течение суток, усилении или уменьшении уровня УФ-облучения и размножении бабочек строго «по расписанию», а также все остальные, приведенные в работах участников, но не получившие баллы, являются неверными.

Критерии оценки

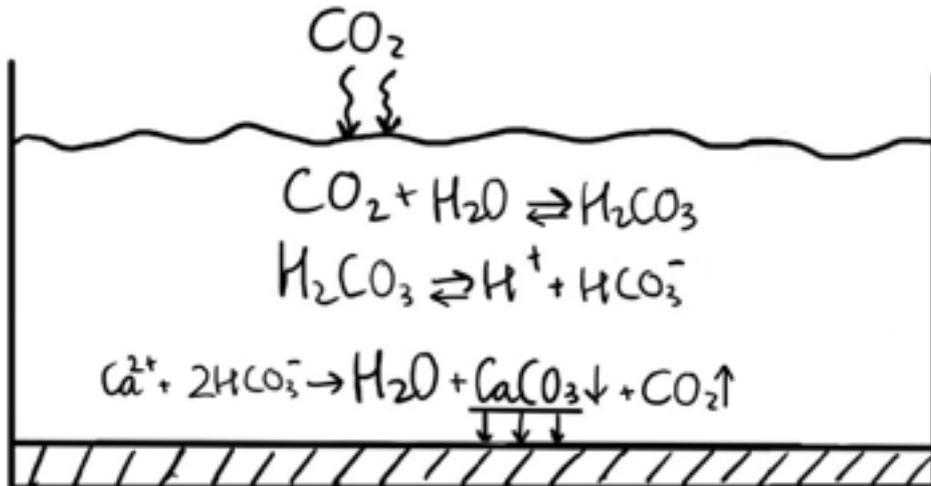
По 2 б. за каждую грамотно обоснованную и понятно объясненную верную версию, максимальная оценка - 12 б. В случае недостаточно ясно сформулированного ответа и негрубых биологических ошибок в обосновании версии оценку снижали на 1 б.

Задание №2 (12 баллов). Расчетная задача.

Пишите подробное решение и поясняйте Ваши действия.

Коралловые рифы – одно из самых красивых природных сообществ на Земле. Это чудо природы построено главным образом рифостроящими коралловыми полипами – животными из типа Cnidaria, чьи известковые скелеты преимущественно состоят из карбоната кальция (CaCO_3). Источником карбонат-иона в морской воде служит поступающий в основном из атмосферы углекислый газ, а донные осадки служат источником кальция.

Процесс образования карбоната кальция кораллом с участием углекислого газа воздуха приведен на рисунке.



Посчитайте, какой объем углекислого газа должен раствориться в океане, чтобы крупный одиночный коралл рода *Fungia*, имеющий высоту 3 см и диаметр 20 см, смог полностью построить свой известковый скелет. Для расчетов примите, что коралл имеет форму цилиндра и состоит из CaCO_3 на 80%; весь карбонат-ион образован из углекислого газа воздуха; выделившийся при синтезе CaCO_3 углекислый газ не участвует в образовании известкового скелета коралла.

Справочные данные: число Авогадро $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ частиц/моль вещества; $M(\text{CaCO}_3) = 100$ г/моль; молярный объем газа $V_m = 22,4$ л/моль; плотность CaCO_3 $\rho = 2,8$ г/см³; объем цилиндра находится по формуле $V = \pi \cdot r^2 \cdot h$, где r - радиус основания, h - высота.

Решение

1) Найдем объем коралла по формуле, предварительно вычислив его радиус и разделив диаметр на 2:

$$V = 3,14 \cdot 10^2 \cdot 3 = 942 \text{ см}^3$$

Далее вычислим массу CaCO_3 в коралле:

$$M = 942 \text{ см}^3 \cdot 0,8 \cdot 2,8 \text{ г/см}^3 \approx 2110 \text{ г.}$$

2) Вычислим количество карбоната кальция, участвующего в образовании скелета:

$$\mu = \frac{2110 \text{ г}}{100 \text{ г/моль}} = 21,1 \text{ моль}$$

3) Исходя из рисунка, устанавливаем зависимость: для образования одной молекулы карбоната кальция необходим один гидрокарбонат-ион, так как второй в ходе реакции не расходуется на осаждение Ca^{2+} . Таким образом, для образования 21,1 моль CaCO_3 необходимо 21,1 моль CO_2 .

4) Вычислим объем углекислого газа, умножив величину молярного объема на количество углекислого газа:

$$V = 22,4 \text{ л/моль} \cdot 21,1 \text{ моль} = 472,64 \text{ л.}$$

Ответ: необходимо 472.64 литра углекислого газа.

Критерии оценки:

2 б. за правильно посчитанный объем коралла. За неполный ответ (напр. с π) ставился 1 б; 2 б за массу CaCO_3 в коралле; 2 б. за количество карбоната кальция, участвующего в образовании скелета; 2 б. за верно установленную зависимость между количеством бикарбонат-иона и Ca^{2+} , 1 б. за вычисленное количество CO_2 ; 3 б. за объем CO_2 . За вычисление «объема CaCO_3 в коралле» баллы не ставили. За арифметическую ошибку ставили 1 б. в пункте с неверным значением и в последующих, если ход решения был верным. Если в таком случае количество CO_2 было вычислено неверно, то за данный пункт ставили 0 б., а не 1 б. Если допущенная ошибка искажала решение, делая его бессмысленным (например, «масса коралла составляет 2100000кг»), то пункты с неверными значениями не оценивали.

Задание № 3 (14 баллов). Расчетная задача.

Пишите подробное решение и поясняйте Ваши действия.



Доминантный аллель гена А у мышей приводит к отсутствию шерсти; рецессивный аллель того же гена (а) росту шерсти не препятствует. Другой ген контролирует окраску шерсти: доминантный аллель (В) ответственен за серую окраску, рецессивный (b) – за белую.

www.herdofcats.ca

Для эксперимента взяли серую самку и лысого самца. Среди большого числа потомков от нескольких скрещиваний наблюдали расщепление: 1/4 серых, 2/4 лысых, 1/4 белых. Всех лысых потомков данного скрещивания пересадили в несколько клеток, обеспечив свободное скрещивание между ними. Какие потомки и с какой частотой появятся в следующем поколении?

Ответ (в процентах) впишите с точностью до десятой – например, 14,9 % или 23,0 %.

Примечание. Гены А и В не сцеплены с полом; ни один генотип не имеет преимуществ при скрещивании; потомки всех скрещиваний имеют равную выживаемость; все генотипы имеют равную плодовитость.

Решение

Так как у взятой для скрещивания самки есть серая шерсть, ее генотип $aa\ B_.$ Генотип самца – $A_ _.$ Однако среди потомков есть белые мыши (bb); значит, в генотипах обоих родителей есть хотя бы по одному рецессивному аллелю этого гена. Получаем скрещивание вида $aa\ Bb \times A_ _b.$ Возможны четыре варианта: $aa\ Bb \times AA\ Bb,$ $aa\ Bb \times AA\ bb,$ $aa\ Bb \times Aa\ Bb,$ $aa\ Bb \times Aa\ bb.$ В принципе, можно заметить, что расщепление

1:2:1 соответствует решетке Пеннетта 2×2 (или 4×1, но это точно не наш случай): каждый родитель образует по два вида гамет.

Если же вы этого не заметили, несложно перебрать все четыре варианта и посмотреть, какое подходит под условия. Сразу можно исключить два случая, когда самец гомозигота AA: тогда все гибриды первого поколения были бы лысыми (Aa).

Нам подходит вариант aa Bb × Aa bb. Запишем схему скрещивания.

P: ♀ aa Bb (серая) × ♂ Aa bb (лысый)

F₁: 1/4 Aa Bb (лысые), 1/4 Aa bb (лысые), 1/4 aa Bb (серые), 1/4 aa bb (белые)

Далее всех лысых мышей поместили в условия свободного скрещивания друг с другом. Узнать, каким будет потомство от этих скрещиваний, можно двумя способами. Можно записать три скрещивания (Aa Bb × Aa Bb, Aa Bb × Aa bb, Aa bb × Aa bb; обратите внимание, что скрещивание Aa Bb × Aa bb происходит вдвое чаще, чем два других), получить частоты потомства, домножить их на вероятность каждого скрещивания (она будет составлять 1/4 для двух комбинаций и 1/2 для одной) и сложить частоты образования одинаковых фенотипов.

Можно поступить чуть более хитро. Посмотрим, какие гаметы образуются у этих лысых мышей.

У мышей Aa Bb (их доля от всех лысых потомков F₁ составляет 1/2) образуется четыре вида гамет с одинаковой вероятностью: 1/4 AB, 1/4 Ab, 1/4 aB, 1/4 ab. Среди всех гамет, образуемых лысыми мышами, их частоты составят 1/2×1/4 = 1/8 AB, 1/2×1/4 = 1/8 Ab, 1/2×1/4 = 1/8 aB, 1/2×1/4 = 1/8 ab.

У мышей Aa bb образуется два вида гамет. Среди всех гамет, образуемых лысыми мышами, их частоты составят 1/2×1/2 = 1/4 Ab, 1/2×1/2 = 1/4 ab.

Сложим частоты образования одинаковых гамет и составим решетку Пеннетта.

		Яйцеклетки			
		AB (1/8)	Ab (3/8)	aB (1/8)	ab (3/8)
Сперматозоиды	AB (1/8)	ААВВ лысые (1/64)	ААВb лысые (3/64)	АаВВ лысые (1/64)	АаВb лысые (3/64)
	Ab (1/8 + 1/4 = 3/8)	ААВb лысые (3/64)	ААbb лысые (9/64)	АаВb лысые (3/64)	Аabb лысые (9/64)
	aB (1/8)	АаВВ лысые (1/64)	АаВb лысые (3/64)	aaВВ серые (1/64)	aaВb серые (3/64)
	ab (1/8 + 1/4 = 3/8)	АаВb лысые (3/64)	Аabb лысые (9/64)	aaВb серые (3/64)	aabb белые (9/64)

Суммируем частоты образования одинаковых фенотипов и получим:

Лысые: 1/64 + 3/64 + 1/64 + 3/64 + 3/64 + 9/64 + 3/64 + 9/64 + 1/64 + 3/64 + 3/64 + 9/64 = 48/64 (75,0%)

Серые: 1/64 + 3/64 + 3/64 = 7/64 (10,9%)

Белые: 9/64 (14,1%)

Критерии оценки

4 б. за расшифровку генотипов первого скрещивания

4 б. за правильно указанные генотипы лысых мышей-родителей и получившегося потомства

по 2 б. за правильно установленную долю одного фенотипа в потомстве от свободного скрещивания (2 б. - лысые, 2 б. - серые, 2б. - белые).

Задание №4 (15 баллов). Анализ текста.

Внимательно прочитайте текст, затем приступайте к выполнению заданий.

Воспаление — это защитный многоступенчатый процесс, возникающий в ответ на повреждение клеток или действие патогена. Повреждение может быть вызвано разными факторами, однако характер воспалительного ответа в общем не зависит от природы повреждающего воздействия (ожог, рана, бактериальное повреждение), поскольку воспаление развивается по своим собственным внутренним законам. Ход воспалительного процесса управляется эндогенными химическими веществами, которые называются медиаторами воспаления.

Существуют специальные клетки иммунной системы, которые особенно чувствительны к повреждающим воздействиям — так называемые тучные клетки. Их можно назвать часовыми на страже безопасности организма. Тучные клетки присутствуют в большинстве тканей и часто расположены вблизи сосудов и нервов. Их особенно много в пограничных тканях организма: коже, слизистых дыхательных путей и кишечника. Морфологически эти клетки очень близки к базофилам (это один из типов лейкоцитов кровотока) - и те, и другие формируются из общей клетки-предшественника в костном мозге. И те, и другие содержат в цитоплазме многочисленные гранулы с медиатором воспаления — гистамином. Гистамин — это декарбоксилированная аминокислота гистидин. При стимулировании (например, содержимым поврежденных клеток или непосредственно бактериями) тучная клетка выделяет гистамин. Гистамин вызывает увеличение проницаемости сосудов, что приводит к отеку поврежденной области, локальному повышению температуры, а также к выходу лейкоцитов из кровотока. Эти лейкоциты направляются в место повреждения и нейтрализуют инфекцию. Гистамин также вызывает активацию болевых рецепторов и спазм гладких мышц.

Многие болезни вызваны неправильным развитием событий с участием гистамина: различные виды аллергий, астма, некоторые аутоиммунные заболевания. Врачам важно иметь вещества, уменьшающие влияние гистамина. Такие вещества были открыты и теперь широко используются в медицине. Они получили название "антигистаминные препараты". Таких препаратов достаточно много, и действуют они на разные ступени гистамин-зависимых процессов. Однако гистамин - это не только медиатор воспаления, но и возбуждающий медиатор синапсов в части головного мозга, ответственной за поддержание ритма сон-бодрствование. Именно поэтому блокаторы гистамина, проникая в мозг, вызывают побочный эффект - сонливость и торможение. Самые известные блокаторы гистамина первого поколения - супрастин и димедрол. Новое поколение антигистаминовых препаратов слабо проникает в ЦНС, поэтому у них побочный эффект в виде сонливости существенно снижен (например, кларитин, цетрин).

Второй важный участник воспалительного процесса — это простагландины (обширная группа веществ с близким строением). Они образуются из жирных кислот фосфолипидов клеточных мембран (в том числе мембран тучных клеток) под действием фермента циклооксигеназы. Время жизни простагландинов обычно мало, поэтому они действуют в основном вблизи места их секреции. Простагландины выполняют различные функции, в том числе регулируют иммунный ответ. При воспалении простагландины повышают чувствительность болевых рецепторов, и возникает сильная боль. Давно известны блокаторы фермента циклооксигеназы — например, аспирин и анальгин. Эти вещества

хорошо снижают болевой симптом при воспалении. Интересно, что эффективность этих препаратов отличается у разных людей. Одна из причин – разная активность разрушающих эти вещества ферментов.

Задания

Для ответа на задания используйте материал прочитанного текста. В каждом задании содержится не менее одного верного утверждения. Вам нужно выбрать все верные утверждения. Запишите их в поле ниже, используя числовые и буквенные обозначения, например: №1. А, Б, В.

1. На основе прочитанного текста выберите варианты, верно описывающие последовательность событий.

А. Повреждение ткани организма - активация тучных клеток - выброс гистамина из гранул - увеличение проницаемости стенок капилляров - возникновение отека - локальное повышение температуры.

Б. Активация тучных клеток - выброс простагландинов из гранул - увеличение проницаемости стенок капилляров - возникновение отека - локальное повышение температуры.

В. Активация тучных клеток - выброс тучными клетками гистамина - возникновение отека.

Г. Повреждение ткани организма - активация тучных клеток - возникновение отека - выброс гистамина - увеличение проницаемости стенок капилляров - локальное повышение температуры

Д. Активация тучных клеток - выброс гистамина - увеличение проницаемости стенок капилляров - выход лейкоцитов из кровотока к месту повреждения.

2. Выберите верные утверждения:

А. Если заблокировать фермент, разрушающий гистамин, то отек увеличится

Б. Тучные клетки - это компоненты иммунной системы.

В. Чувствительность всех болевых рецепторов одинакова и не подлежит настройке.

Г. Гистамин и простагландины относятся к одному классу органических соединений.

Д. Увеличение проницаемости сосудов вызывает спазм гладких мышц мелких сосудов.

3. Припухлость, которая часто возникает в месте укуса комара – это результат:

А. Активации циклооксигеназы.

Б. Выброса гистамина.

В. Локального повышения температуры.

Г. Активации тучных клеток.

4. Противоаллергические препараты нового поколения не вызывают сонливости, поскольку:

А. Не блокируют циклооксигеназу.

Б. Плохо проникают через гемато-энцефалический барьер.

В. Не способствуют повышению общей температуры тела.

Г. Имеют дополнительную функцию нейромедиаторов.

5. Какие эффекты можно ожидать после применения лекарственного препарата, который снижает способность тучных клеток к выбросу гистамина?

А. Отек после укуса комара или не образуется совсем, или будет меньше, чем без лекарства.

Б. Общая температура тела снизится.

В. При воспалении боль будет более сильной, чем была бы без приема лекарства.

Г. В случае вдыхания аллергена будет предотвращен возможный спазм бронхов.

Ответ

№1. А, В, Д.

№2. А, Б.

№3. Б, Г.

№4. Б.

№5. А, Г.

Критерий оценки.

Оцениваются только полностью правильно выполненные задания. №1-№5 3 б. за задание.

ВАЖНО! В ответах к заданиям №5-№7 приведен исчерпывающий список правильных ответов, приведенных в работах участников. Все остальные варианты ответов не засчитывались и не будут засчитаны в случае апелляции.

Задание №5 (15 баллов). Какими способами млекопитающие сохраняют и поддерживают высокую температуру тела?

Ответ

Высокая температура тела у млекопитающих - это эффективный способ обеспечения активной жизнедеятельности. Однако эта стратегия требует больших энергозатрат и сложных биохимических, морфологических и поведенческих механизмов поддержания такой высокой температуры. Важно, что в вопросе речь не о физиологии и биохимии теплокровности, а о способах поддержания уже созданной высокой температуры. В поддержание высокой температуры вносят вклад две группы событий: получение тепла организмом за счет задействования дополнительных "экстренных" механизмов и препятствие потерям этого тепла.

Собственно, способов экстренного получения тепла всего два:

1. Мышечная активность - либо физические движения, либо дрожь, либо статическое напряжение мышц (одеревенение замерзших пальцев - пример).
2. Повышенная генерация тепла тканями организма без мышечных сокращений: химическая энергия переходит в тепловую за счет разобщения окисления и фосфорилирования. Наиболее известный пример подобного процесса - разобщение окисления и фосфорилирования при расщеплении бурого жира.

Остальные механизмы подразумевают *удержание полученного тепла* в организме. Они разнообразны, рассмотрим наиболее распространенные в природе морфологические адаптации.

3. Шерстяной покров с подшерстком, препятствующий конвекционным и контактными теплопотерям. Дополнительная способность поднимать волоски дыбом увеличивает объем низко-теплопроводной прослойки воздуха.
4. Слой жира. Жир, как известно, обладает низкой теплопроводностью.
5. Сужение поверхностных сосудов, чтобы снизить поверхностную температуру и общие потери тепла организмом.
6. Противотоки разных температурных линий, снижающие потери тепла при контакте с холодом. Например, кровеносные противотоки в конечностях, где теплая кровь, идущая из тела по артерии, согревает возвращающуюся из ноги холодную венозную кровь, — в результате нога остается прохладной, зато тепло возвращается в тело, а не теряется в окружающей холодной среде.

Также у млекопитающих есть множество поведенческих механизмов противостояния холоду.

7. Уменьшение общей поверхности тела, теряющей тепло: сворачивание клубочком, поджимание лап и ушей.
8. Использование различных укрытий, где не так ветрено и холодно: норы, пещеры, берлоги.
9. Образование скоплений, где животные прижаты друг к другу. Это снижает площадь контактирующей с холодом поверхности тел. Например, детеныши млекопитающих прижимаются друг к другу или родителям.
10. Сезонные миграции в более теплые места обитания.
11. В холодном климате спячка в течение периодов с наиболее низкой температурой позволяет в остальное время поддерживать высокую температуру и таким образом осваивать новые пространства. Во время спячки температура тела снижается, что способствует снижению энергозатрат, поскольку разница температур тела и окружающей среды существенно уменьшается. Например, ежи и летучие мыши в спячке могут понижать температуру тела до 5⁰С. Однако физическая активность при таком радикальном решении почти невозможна.

12. Создание запаса продовольствия. Это позволяет не выходить в холодную погоду из укрытия, что снижает теплопотери.

13. Получение тепла от внешних источников - например, солнца, горячих водных источников.

Таким образом, у млекопитающих есть широкий спектр различных способов противостоять внешнему холоду, поддерживать высокую температуру тела и иметь возможность высокой активности в холодном климате.

Распространенные неправильные версии ответов, как правило, связаны с тем, что участники олимпиады невнимательно прочитали формулировку вопроса:

“Интенсивный обмен веществ, разделение на два круга кровообращения, циркуляция крови по организму, четырехкамерное сердце” и т.д. - это общие свойства млекопитающих, отчасти объясняющие, почему млекопитающие имеют высокую температуру тела, но не имеющие прямой связи со способами сохранения высокой температуры. Иными словами, млекопитающие, живущие в жарком климате, также обладают всеми этими свойствами.

Часто встречались объяснения вида: “Центр регуляции температуры расположен в гипоталамусе”. Да, это так. Но эта фраза не является ответом на наш вопрос, потому что в нем спрашивается о механизмах поддержания высокой температуры, а не об устройстве системы терморегуляции.

Критерии оценки

2 б. за правильную и понятно объясненную версию, но не более 15 б. за ответ.

Задание № 6 (16 баллов). Биоплёнка - сообщество бактерий, расположенных на какой-либо поверхности, с прикрепленными друг к другу клетками. Эти бактерии находятся в общем матриксе (гелеобразном веществе) из полисахаридов и белков. Биопленки часто образуются, например, в трубопроводах, а также на слизистых оболочках у людей и животных. С ними очень сложно бороться. Какие преимущества дает бактериям такой способ существования?

Ответ

Биопленка:

- 1) Защищает от механических повреждений – матрикс предохраняет клетки от действия различного рода неблагоприятных факторов внешней среды.
- 2) Защищает от пересыхания – полисахарид и белок могут хранить воду.
- 3) Позволяет передвигаться скольжением – матрикс похож на слизь; двигаясь сообща, биоплёнка может перемещаться.
- 4) Создаёт дополнительный осмотический барьер, что делает среду внутри пленки более благоприятной для бактерий.
- 5) Способна выступать в качестве фактора вирулентности у некоторых бактерий и бактериальных сообществ.
- 6) Служит барьером для бактериофагов, препятствуя их проникновению к клеткам.
- 7) Служит барьером для антибиотиков, препятствуя их проникновению и воздействию на бактерии.
- 8) Является источником запасных питательных веществ (полисахариды и белки).
- 9) Обеспечивают прикрепление клеток к поверхности субстратам
- 10) Упрощает процессы обмена генетическим материалом.
- 11) При разрыве биоплёнки у бактерий есть возможность занять большую территорию и расселиться с дальнейшим образованием дочерних биопленок.

12) При нарушении целостности плёнки больше шанс, что хоть какие-то особи выживут и смогут восстановить её.

13) При размножении вероятность гибели новых клеток меньше, чем если бы деление происходило в среде, отличной от биоплёнки.

14) В биопленках синтрофия (особый тип мутуализма, который характеризуется способностью двух или более видов бактерий осуществлять такие метаболические процессы, которые они не могут осуществлять по отдельности) будет более стабильной и эффективной.

Критерии оценки

За правильные, грамотно раскрытые, не содержащие биологических ошибок идеи ставятся первичные баллы (отмечаются знаком «+»). Количество набранных баллов переводится в итоговый балл за задание по следующей шкале:

9 класс

Кол-во правильных вариантов	Балл за задание
0	0
1	3
2	5
3	8
4	10
5	12
6	14
7+	16

10 класс

Кол-во правильных вариантов	Балл за задание
0	0
1	3
2	5
3	7
4	9
5	11
6	13
7	15
8+	16

Максимальный балл за задание – 16.

Баллы выставляются за формулировки, явно раскрывающие преимущество проживания в биоплёнках над проживанием вне их. То есть нужно было сравнить свободноживущие бактерии и бактерии в биоплёнках. Если в ответе не раскрыто, в чём именно заключается преимущество и это не очевидно, балл не выставляется.

Если у участника в двух пунктах его ответа описано одно и то же преимущество, а пункты похожи по смыслу и дополняют друг друга, за каждый ставится 1 б.

В то же время:

Если приводится слишком абстрактный пункт без пояснения – балл не ставится. Если пункт абстрактен, но пояснен перечислением примеров (например, «защита от факторов химической, физической, биологической природы») – ставится 1 общий балл. Если та же защита упоминается в нескольких смыслах с примерами (например, антибиотики, бактериофаги), то за каждый пункт может быть выставлен отдельный балл.

Задание №7 (16 баллов). Основная часть современных лекарств производится в виде таблеток. Однако значительное количество препаратов вводится в организм другими способами. В каких случаях и почему целесообразно использовать другие лекарственные формы? Для каждого варианта ответа постарайтесь привести один-два примера.

Ответ

В настоящее время лекарственные препараты весьма разнообразны. Они могут представлять собой самые необычные химические соединения, многие могут быть получены путем химической модификации природных соединений, а некоторые так сложны, что их могут синтезировать только живые организмы-продуценты (например, дрожжи или бактерии). Поэтому перед учеными и медиками возникает ряд сложных задач, например, как доставить вещество в место назначения, чтобы не изменилась его химическая структура, чтобы оно не накопилось в других органах, чтобы не превратилось в яд или не разрушилось под действием ферментов организма человека.

Почему же некоторые вещества сложно или даже невозможно доставлять в виде таблеток через пищеварительную систему?

1. Лекарственное вещество омерзительное на вкус (например, чрезвычайно горькое).
2. Маленькие дети, люди в бессознательном состоянии, животные - таким пациентам технически невозможно дать таблетку, поэтому приходится решать эту проблему инъекциями, капельницами или микстурами/сиропами.
3. Иногда возникает необходимость быстрого действия лекарств, и тогда путь через кишечник - слишком долгий, ведь даже если препарат всасывается в желудке - это займет минимум 15 минут. Их может не быть в распоряжении врачей. Таковы обезболивающие или сердечные препараты при инфарктах. Также нужно отметить, что жидкая форма лекарств может всасываться быстрее, чем тот же препарат в таблетках.
4. Лекарство может специфически воздействовать на слизистую пищеварительного тракта или менять кислотность среды, травмируя стенки пищеварительного тракта и/или ухудшая процессы переваривания.
5. Возможна ситуация, когда лекарственное вещество мешает нормальному всасыванию нужных веществ (например, витаминов) или других лекарств. Многие лекарственные препараты, напротив, усиливают действие друг друга или усугубляют возможные побочные эффекты.

Еще ряд проблем может быть вызван повреждением химической структуры самого лекарственного вещества.

6. Эти повреждения могут быть вызваны сильной кислотой (в желудке pH составляет 1,5-2) или, наоборот, щелочной реакцией кишечной среды. Также на лекарство могут повреждающим образом действовать пищеварительные ферменты, особенно если лекарство имеет белковую структуру (как, например, инсулин).

7. Некоторые лекарства очень быстро нейтрализуются печеночными ферментами, поэтому необходимо избежать быстрого попадания в печень, т.е. путь всасывания через кишечник для этого лекарства не рационален (кровь из кишечника проходит через печень). Исключением является нижняя часть прямой кишки: венозная кровь оттуда

попадает в нижнюю полую вену напрямую, минуя воротную систему печени. Это объясняет эффективность суппозиториев.

8. Некоторые лекарственные вещества представляют собой жидкость, гель или даже газ - такие вещества сложно упаковать в таблетку.

Некоторые проблемы с доставкой лекарств могут быть связаны с организмом человека в целом.

9. Возможно, что для лекарственного действия необходима большая концентрация вещества в локальном месте, а не по всему организму. В таких случаях нецелесообразно поднимать концентрацию лекарства во всем организме, а проще применять лекарство местно - например, ингаляционные препараты при астме, закапывание лекарства в глаз, мазь для обезболивания/восстановления суставов или спрей для снятия боли в горле.

10. Некоторые лекарства плохо проникают в ткани, где им необходимо действовать. Причиной может быть, например, гематоэнцефалический барьер. И тогда лекарства доставляют локальной инъекцией - в спино-мозговой канал, например, при сильной инфекции мозга.

11. А некоторым лекарственным веществам вообще не нужно попадать в организм - их действие происходит снаружи: таковы средства от комаров, блох, вшей и других эктопаразитов.

12. Лекарство образует ДЕПО в мышце или на коже (антиникотиновый пластырь, например).

13. При наружном применении можно увидеть аллергию и прекратить использование лекарства - так применение становится более безопасным.

14. Лекарство не всасывается в кишечнике из-за сильного повреждения ЖКТ в результате заболевания, или химическая структура лекарства препятствует его всасыванию.

Таким образом, ученым, создающим новые лекарства, приходится учитывать и проверять огромное количество факторов, прежде чем новое лекарство попадет в аптеки.

Критерии оценки

3 б. за правильную и понятно объясненную версию в 9 классе, но не более 16 б. за ответ.

2 б. за правильную и понятно объясненную версию в 10 классе, но не более 16 б. за ответ.

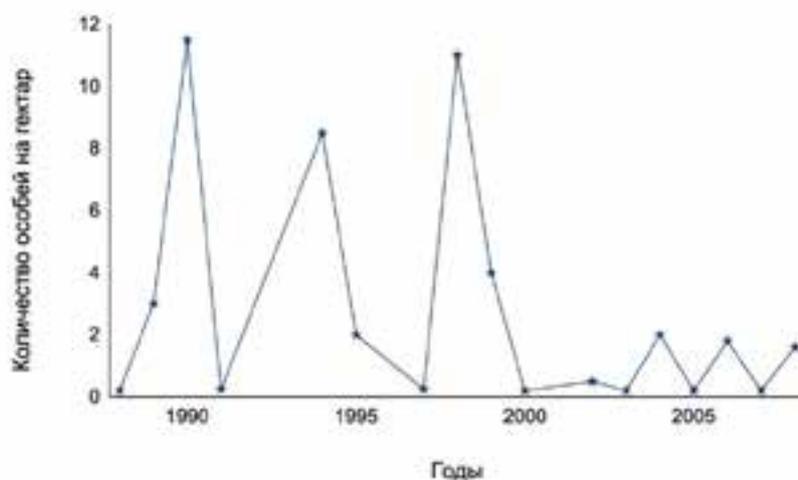
2020-2021 учебный год

Ответы на задания Всероссийской олимпиады школьников "Высшая проба", профиль "Биология", 11 класс

Максимальное количество баллов — 100.

Задание №1 (12 баллов). Эксперимент.

Для популяций многих животных характерны периодические колебания численности. Типичным примером этого явления всегда были лемминги - мелкие грызуны, живущие в тундре. Обычно пики численности наблюдаются у них раз в несколько лет. Однако исследования популяции леммингов северо-восточной Гренландии показали, что такая картина сохранялась только до конца 90-х годов 20 века (см. график). А затем количество леммингов резко снизилось и, как видно на графике, вспышки численности прекратились. Назовите как можно больше возможных причин, которые могли привести к наблюдаемым изменениям: снижению общего числа леммингов и исчезновению вспышек численности.



Ответ и критерии оценки

Периодические зимние оттепели, вызванные потеплением климата, приводят к частому таянию снега зимой, затоплению подснежных ходов, запасов пищи и гнездовых камер леммингов. Это приводит к гибели взрослых особей и зимних выводков, которые являются основой роста численности во время вспышки.

Чередование оттепелей и заморозков приводит не только к затоплению подснежных ходов, но и к уплотнению приземного слоя снега, смерзанию его и верхнего слоя почвы. В такой ситуации лемминги не могут прокладывать подснежные ходы и гибнут. Эта ситуация наблюдается как в северо-восточной Гренландии, так и в северной Европе.

В такой ситуации популяция леммингов испытывает сильнейший стресс под давлением внешних факторов. Адаптивные механизмы внутрипопуляционной регуляции, включающие рост численности после спада, не могут вывести численность леммингов на уровень быстрого роста. Внешние факторы оказываются сильнее. Нет длительного спокойного периода подснежной жизни, когда популяция может накопить ресурсы для быстрого роста.

Однако упоминание в ответе только этой версии не дает ответу максимальный балл.

Смысл поставленной задачи в том, чтобы предложить как можно больше наиболее правдоподобных и правильно сформулированных версий.

Наиболее правдоподобные версии, которые могли бы дать объяснение сложившейся ситуации:

1. Отсутствие снежного покрова продлевает период успешной охоты хищников на леммингов. Песцы не откочевывают в зону лесотундры, полярные совы и поморники продолжают охотиться на леммингов.
2. Отсутствие снежного покрова позволяет успешно пастись северным оленям на больших территориях. Северный олень выступает в роли пищевого конкурента леммингов.
3. Антропогенное воздействие, выразившееся в освоении территории обитания леммингов. Это может привести к разделению популяции на отдельные локусы без возможности сообщения между ними. Химическое и радиационное загрязнение территории обитания леммингов также могло бы привести к сокращению их численности.
4. Появление НОВЫХ заболеваний.
5. Появление НОВЫХ хищников.

Разумные идеи, за которые ставили баллы, могут быть сгруппированы в несколько категорий.

Изменение климата

Изменения климата – это глобальный фактор, который является причиной многих процессов в окружающей среде. Очень важно правильно раскрыть понятие "изменение климата". Изменением климата можно объяснить очень много экологических явлений в живой природе, но применительно к популяции леммингов необходимо уточнение, что именно потепление вызвало негативные процессы, повлиявшие на популяционную динамику.

Если в ответе есть версия "Изменения климата" без пояснений, то присуждается 0 баллов.

Если в ответе упоминается версия "Потепление климата" без дальнейшего пояснения, то присуждается 1 балл, так как "потепление климата" это верное раскрытие понятия "изменение климата", но не раскрыты последствия этого для популяции леммингов.

Если же встречается версия "похолодание климата", то ставится 0 баллов, так как это неверное раскрытие понятия "изменение климата".

Версии "таяние снежного покрова", "таяние ледников" без детализации оценивается в 0 баллов. Это само собой разумеется при потеплении. Само по себе таяние снега не может вызвать гибели леммингов.

Если есть пояснение, что в результате таяния снега происходит затопление подснежных ходов леммингов, они не могут добывать пищу, что приводит к их гибели, то добавляется 2 б.

Версия гибели подснежных выводков леммингов в результате затопления гнездовых камер оценивается в 2 б.

Упоминание смерзания и уплотнения приземного слоя снега, в результате которых лемминги не могут прокладывать подснежные ходы, добавляет 2 б.

Необходимо иметь в виду, что версия "затопление территории является причиной гибели леммингов" не может быть признана верной (0 баллов), так как тундра каждую весну переживает сильное обводнение, но лемминги всегда выживали, так как они неплохо плавают.

Версия, в которой упоминается, что уменьшение снежного покрова привело к более длительной активности хищников, питающихся леммингами, добавляет 2 б.

Влияние человека

Антропогенное воздействие, человеческий фактор, воздействие человека - формулировки, нуждающиеся в правильном раскрытии. Упоминание этого фактора без пояснения оценивается в 0 баллов.

Промышленное освоение, индустриализация территории обитания леммингов без дальнейших пояснений – также 0 баллов.

Разрушение природной среды обитания леммингов в результате хозяйственной деятельности человека - 1 б. (Строго говоря, сложно разрушить «среду обитания» целой популяции леммингов. Для этого нужно уничтожить гигантские площади тундры.)

Загрязнение любого типа - 2 б.

Застройка мест обитания леммингов, в результате чего резко уменьшился ареал обитания популяции - 2 б.

Снижение антропогенного пресса на хищников (введение запретов на охоту на песцов), в результате чего расплодилось хищники - 2 б.

Охота на леммингов - 0 баллов. Лемминги не являются объектом охоты.

Хищники

Интродукция, появление новых, увеличение численности существующих хищников в результате действия каких-то новых факторов - 2 б.

Конкуренция

Пищевые, территориальные конкуренты - 2 б.

НОВЫЕ болезни

Новые вирусы, инфекции, эпидемии, паразиты - 2 б. Эпизоотии всегда сопровождали жизнь грызунов, тем не менее, их численность всегда восстанавливалась. Возможна версия появления нового очага смертельной инфекции, передающейся из поколения в поколение.

Прочее

Катастрофические явления, стихийные бедствия - 2 б.

Озоновые дыры - 0 баллов. На леммингов они не влияют, так как лемминги покрыты шерстью.

Уменьшение количества корма (без пояснения) - недостаточно проработанная гипотеза, 0 б. Может рассматриваться версия уменьшения количества корма в результате загрязнения (оценивается как версия загрязнения), пожара и др. катастрофических явлений (оценивается как версия катастроф и стихийных бедствий).

Вопрос описывает реальную ситуацию и создан на основе статей Ecological Dynamics Across the Arctic Associated with Recent Climate Change (Post E. et al, 2009. Science, 325,1355–1358, doi:10.1126/science.1173113) и Climate change and cyclic predator–prey population dynamics in the high Arctic (Olivier G. et al, 2009, Ecological Dynamics Across the Arctic Associated with Recent Climate Change, 15, 2634–2652. doi:10.1111/j.1365-2486.2009.01927.x).

Это исчерпывающий список правильных ответов, которые приведены в работах всех участников. Все остальные варианты ответов не засчитывались и не будут засчитаны в случае апелляции.

Задание №2 (12 баллов). Расчетная задача.

Пишите подробное решение и поясните Ваши действия.



Мечехвосты – это морские членистоногие животные, обладающие толстым хитиновым панцирем и узким длинным хвостом, из-за которого они получили свое название. Несмотря на пугающий вид, для человека они не опасны: мечехвосты питаются моллюсками и другими морскими беспозвоночными, а также водорослями. Эти животные – живые ископаемые: современные мечехвосты появились в начале мезозойской эры, а значит, этому виду около 250 миллионов лет!

Гемолимфа мечехвостов содержит гемоцианин – дыхательный пигмент многих морских беспозвоночных животных. Молекула этого белка имеет в своем составе два иона меди и окисляется на воздухе, приобретая синий оттенок, поэтому иногда говорят, что обитатели морей имеют «голубую кровь».

В последние десятилетия гемолимфа этих животных нашла применение в иммунологии и медицине и служит предметом активного изучения биохимиков. Объем отбираемых для анализов проб обычно не превышает 30% (50 мл) от общего объема гемолимфы животного. Пользуясь справочной информацией, приведенной в конце задачи, посчитайте, сколько меди (в мг) потеряет мечехвост при отборе пробы объемом 50 мл. Для простоты считайте, что медь в гемолимфе мечехвостов содержится только в гемоцианине. Установите также, какая масса этого металла содержится в теле одного животного, если в гемоцианине аккумулировано 80% всей меди организма.

Справочная информация: $M(\text{Cu})=64$ г/моль; $M(\text{гемоцианина}) = 65,977$ кг/моль; число Авогадро $N_A=6,02 \cdot 10^{23}$ частиц/моль вещества; концентрация гемоцианина в гемолимфе составляет 2,24 г/100 мл.

Решение

1) Вычислим массу гемоцианина, которую теряет мечехвост при отборе пробы:

$$M = V \cdot C = 2.24 \text{ г/100 мл} \cdot 50 \text{ мл} = 1.12 \text{ г}$$

Найдем количество данного белка (в моль), исходя из массы и молярной массы, данной в условии:

$$\mu = \frac{1.12 \text{ г}}{65977 \text{ г/моль}} = 17 \cdot 10^{-6} \text{ моль}$$

2) Так как на одну молекулу гемоцианина приходится 2 атома меди, то количество меди, которое потеряет мечехвост, будет в 2 раза больше, чем количество гемоцианина:

$$\mu = 2 \cdot 17 \cdot 10^{-6} = 34 \cdot 10^{-6} \text{ моль}$$

3) Зная атомную массу меди, посчитаем, сколько металла потеряет мечехвост при отборе пробы:

$$M = 34 \cdot 10^{-6} \text{ моль} \cdot 64 \text{ г/моль} = 0,002176 \text{ г} = 2.176 \text{ мг}$$

4) Исходя из информации о том, что на 50 мл пробы приходится 30% крови, посчитаем содержание меди в крови животного:

$$M = 2.176 \text{ мг} / 0.3 \approx 7.25 \text{ мг}$$

Зная, что в гемоцианине аккумулировано 80% всей меди организма, найдем общую массу этого металла во всем теле мечехвоста:

$$M = 7.25 \text{ мг} / 0.8 = 9.0625 \text{ мг} \approx 9.06 \text{ мг}$$

Ответ: при отборе пробы объемом 50 мл мечехвост потеряет 2.176 мг меди. Общая масса меди в организме животного составляет 9.06 мг.

Критерии оценки:

По 2 балла за массу и количество белка гемоцианина, потерянного при отборе пробы; 2 балла за количество меди, потерянное при этом; 3 балла за верно вычисленную массу меди в пробе; 1 балл за массу меди в крови животного; 2 балла за массу меди во всем организме.

Также допускалось другое начало решения, при котором участник находил общий объем крови (166.7 мл), а затем вычислял массу гемоцианина во всем организме животного (3.74 г). В случае, если на каком-либо из этапов решения была допущена ошибка и получен неверный числовой ответ на задачу, то за верно вычисленные значения суммарного объема крови и массы гемоцианина во всем организме ставилось по 2 балла.

За незначительную арифметическую ошибку (например, за неверное округление) снимался 1 балл в пункте, за искажающую ход решения и приводящую к получению неверного ответа – 2 балла; но только в случае, если ошибка была допущена на последних этапах решения задачи и не нарушала общую логику решения. Если ошибка была допущена в начале решения или приводила к нарушению биологического смысла ответа, то за ошибочный пункт ставили 1 балл, а последующие не оценивали. Если ответ на первый вопрос задачи был дан не в мг, то оценка снижалась на 1 балл.

Информация о числе Авогадро в условии была избыточной и при решении задания можно было обойтись без его использования. Однако если участник находил верный числовой ответ, при этом выполняя лишние действия и обращаясь к числу Авогадро, то оценку не снижали.

Задание №3 (15 баллов). Расчетная задача.

Пишите подробное решение и поясните Ваши действия.

Медоносные пчелы (*Apis mellifera*) – общественные насекомые, живущие семьями. В пчелиной семье существует строгое разделение обязанностей. Плодовитая самка (матка) откладывает яйца. Из неоплодотворенных яиц вылупляются гаплоидные самцы – трутни. Из оплодотворенных яиц вылупляются личинки женского пола. Большинство таких личинок становятся рабочими пчелами – бесплодными самками, которые выполняют все повседневные обязанности в семье. Судьба личинки-самки зависит от того, чем ее кормят рабочие пчелы. Если личинка в качестве корма получает пергу (особым образом переработанную пыльцу), она развивается в рабочую пчелу. Обычно в семье есть лишь одна матка. Если она погибает или пчелиная семья готовится к роению, рабочие пчелы закладывают специальные, более крупные ячейки – маточники. Находящихся там личинок кормят так называемым маточным молочком, и они становятся молодыми матками. Примерно через неделю после выхода из куколки молодая матка совершает брачный

вылет («проигру»). Во время этого вылета она спаривается с несколькими трутнями. Всю оставшуюся жизнь она проводит в улье, откладывая яйца и больше не спариваясь.

У пчел известно две рецессивные мутации, влияющие на развитие глаз. Одна из них, *pearl* (*pe*), приводит к развитию белых глаз (нормальные глаза – черные). Другая мутация, *eyeless* (*e*), вызывает полное отсутствие глаз. Плодовитость маток и трутней не зависит от генотипа по генам *Pe* и *E*.

Безглазая матка скрещена с черноглазым трутнем путем искусственного осеменения. Все рабочие пчелы и матки первого поколения были черноглазыми, а все трутни – безглазыми. Матку первого поколения скрестили с белоглазым трутнем. В потомстве были черноглазые трутни и рабочие пчелы, белоглазые трутни и рабочие пчелы, а также безглазые трутни. ВСЕХ черноглазых маток и трутней отобрали сразу после выхода из куколок, каждую черноглазую матку в компании нескольких десятков черноглазых трутней поместили в отдельные ульи, в которых были рабочие пчелы, но не было маток и собственных трутней. Все молодые матки успешно совершили брачный вылет, были оплодотворены своими братьями и вернулись в ульи, где каждая дала начало новой семье. Предположим, что самцов и самок в потомстве образуется поровну (в реальных пчелиных семьях самцов меньше, и их доля непостоянна). Если посчитать все потомство этих маток во всех ульях, какое расщепление по названным признакам (наличие глаз и их цвет) мы увидим?

Впишите число в процентах; дробные числа приведите с точностью до сотых (например, так: 12,35 %).

Ответ

Прежде всего, определимся с двумя важными фактами.

1. Генотипы у трутней – такие же, как и у яйцеклеток, образуемых их матерью. Если мать гомозигота, среди трутней не будет расщепления. Это значит, что генотип матки можно однозначно определить по ее сыновьям.

2. Генотип трутней однозначно определяется по их фенотипу, потому что они не бывают ни гомо-, ни гетерозиготами.

Безглазая самка ($_ ee$) скрещена с черноглазым самцом ($Pe E$). Ее дочери обязательно имеют генотип $Pe_ Ee$. При скрещивании одной из таких самок с белоглазым трутнем ($pe E$) в потомстве появились белоглазые сыновья – значит, ее генотип $Pepe Ee$. Запишем схему скрещивания:

P: ♀ $Pepe Ee$ (черноглазая) × ♂ $pe E$ (белоглазый)

F₁:

♀ $1/4 Pepe EE$ (черноглазые), $1/4 Pepe Ee$ (черноглазые), $1/4 pepe EE$ (белоглазые), $1/4 pepe Ee$ (белоглазые)

♂ $1/4 Pe E$ (черноглазые), $1/4 Pe e$ (безглазые), $1/4 pe E$ (белоглазые), $1/4 pe e$ (безглазые)

Всех черноглазых потомков поместили в условия свободного скрещивания друг с другом. Узнать, каким будет потомство от этих скрещиваний, можно двумя способами. Можно записать два скрещивания ($Pepe EE \times Pe E$, $Pepe Ee \times Pe E$), получить частоты потомства, домножить их на вероятность каждого скрещивания (она будет составлять $1/2$ для всех вариантов, потому что оба генотипа маток образуются с одинаковой частотой) и сложить частоты образования одинаковых фенотипов.

Можно поступить чуть более хитро. Посмотрим, какие гаметы образуются у этих самок и их братьев.

Самки $Pepe EE$ образуют два вида яйцеклеток – $1/2 Pe E$ и $1/2 pe E$. Доля таких самок от всех черноглазых самок составляет $1/2$, поэтому доли образуемых ими яйцеклеток от всех яйцеклеток будут равны $1/2 \times 1/2 = 1/4 Pe E$ и $1/2 \times 1/2 = 1/4 pe E$.

Самки Рере Ее образуют четыре вида яйцеклеток с равной вероятностью. Доля таких самок от всех черноглазых самок составляет $1/2$, поэтому доли образуемых ими яйцеклеток от всех яйцеклеток будут равны $1/2 \times 1/4 = 1/8$ Ре Е, $1/2 \times 1/4 = 1/8$ Ре е, $1/2 \times 1/4 = 1/8$ ре Е, $1/2 \times 1/4 = 1/8$ ре е.

Сложим частоты образования одинаковых по генотипу яйцеклеток и получим:

$3/8$ Ре Е

$1/8$ Ре е

$3/8$ ре Е

$1/8$ ре е

Попутно заметим, что именно такими и будут генотипы сыновей этих маток. Получаем расщепление среди трутней: $2/8$ безглазых (Ре е, ре е), $3/8$ белоглазых (ре Е), $3/8$ черноглазых (Ре Е). Так как трутни, в соответствии с нашим допущением, составляют половину всего потомства, домножим все частоты на $1/2$ и получим доли $2/16:3/16:3/16$.

Также заметим, что все самки в этих скрещиваниях получают доминантные аллели обоих генов от черноглазых отцов (Ре Е), а потому будут черноглазыми.

Итоговое расщепление: $8/16$ (50%) черноглазых самок, $2/16$ (12,5%) безглазых самцов, $3/16$ (18,75%) черноглазых самцов, $3/16$ (18,75%) белоглазых самцов.

Критерии оценки

2 б. за правильно установленные генотипы родителей первого скрещивания

2 б. за правильно установленные генотипы родителей второго скрещивания

4 б. за правильно описанные (генотипы родителей и вероятность) скрещивания черноглазых потомков

2 б. за правильно установленную долю самок второго поколения

4 б. за верно установленное расщепление среди самцов второго поколения.

Задание №4 (15 баллов). Анализ текста.

Внимательно прочитайте текст, затем приступайте к выполнению заданий.

В клетках эукариот значительная часть генов кодирует не белки, а так называемые некодирующие РНК (нкРНК). Они регулируют процессы жизнедеятельности клетки. Существует несколько разновидностей нкРНК. Одна из них - малые ядрышковые РНК (мякРНК, англ. -small nucleolar RNAs, snoRNAs). У млекопитающих их известно более 200 видов. Они необходимы для модификации нуклеотидов рибосомной РНК (рРНК): мякРНК определяет, какой именно нуклеотид будет модифицирован, а связанные с мякРНК белки осуществляют модификацию.

18S рРНК (длина ~ 2000 нуклеотидов), 5.8S рРНК (~150 нуклеотидов) и 28S рРНК (~ 5000 нуклеотидов) транскрибируются в ядрышке РНК-полимеразой I в составе единого предшественника (пре-рРНК). Затем в него вносятся несколько разрывов, в результате чего высвобождаются молекулы рРНК. Одновременно с разрезанием происходит модификация нуклеотидов рРНК. После завершения этих процессов происходит сборка субъединиц рибосом: синтезированные в цитоплазме белки направляются в ядрышко, где объединяются с рРНК, формируя большую и малую субъединицы рибосом, которые затем транспортируются в цитоплазму. В цитоплазме малая субъединица объединяется с 5'-концом иРНК и сканирует ее до обнаружения стартового кодона AUG, после чего присоединяется большая субъединица, и начинается синтез белка.

Две наиболее распространенные модификации рРНК - метилирование остатков рибозы по 2'-ОН (рис.1 А) и превращение уридина в псевдоуридин (рис.1 Б). В рРНК насчитывается примерно 100 модификаций каждого вида (всего ~200 штук). Эти

модификации необходимы для нормального функционирования рибосомы: они обеспечивают правильное формирование пространственной структуры рРНК и стабилизируют её. Так, у архебактерий максимальное количество модифицированных нуклеотидов в рРНК наблюдается у видов, растущих при наиболее высоких температурах (у архебактерий нет ядрышка, тем не менее, аналогимякРНК у них есть). Интересно, что у эукариот в зависимости от типа клеток и условий среды количество модифицированных нуклеотидов в рРНК может отличаться. То есть бывает так, что некоторые нуклеотиды модифицированы в одних клетках (или при одних условиях) и не модифицированы в других. Это позволяет тонко подстраивать структуру рибосом под условия среды.

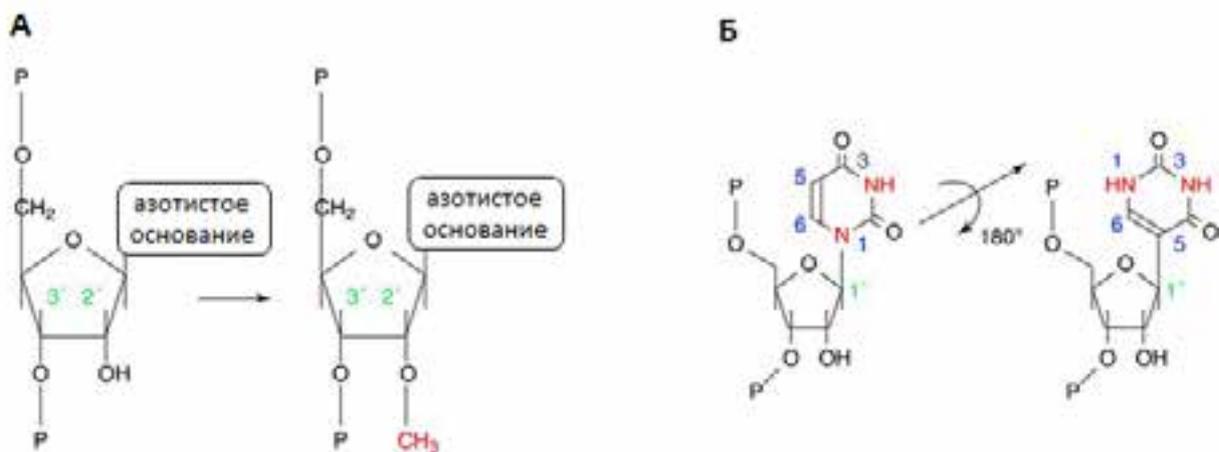


Рисунок 1. Модификации рРНК. А. 2'-О-метилирование рибозы. Добавленная в ходе модификации метильная группа выделена красным. Б. Образование псевдоуридина из уридина.

Существует два семейства мякРНК: С/Д и Н/АСА. МякРНК С/Д-семейства определяют нуклеотид рРНК, который будет подвергнут 2'-О-метилированию, а мякРНК семейства Н/АСА - псевдоуридилрованию. За каждую такую модификацию отвечает определенная мякРНК. МякРНК семейства С/Д имеют длину около 70 нуклеотидов и содержат так называемые боксы С (UGAUGA), D (CUGA), а также, как правило, их копии С' и D' (рис.2). В направлении 5'-конца от бокса D и (или) D' расположены так называемые антисмысловые элементы – последовательности длиной 10–15 нуклеотидов, комплементарные фрагменту рРНК и способные взаимодействовать с ним. В результате такого взаимодействия нуклеотид рРНК, входящий в образующийся дуплекс и отделенный четырьмя нуклеотидами от последовательности D и (или) D', подвергается 2'-О-метилированию (рис.2). Некоторые мякРНК содержат два антисенс-элемента, другие – один. Реакцию метилирования осуществляет фибрилларин – один из белков, связанных с С/Д мякРНК.

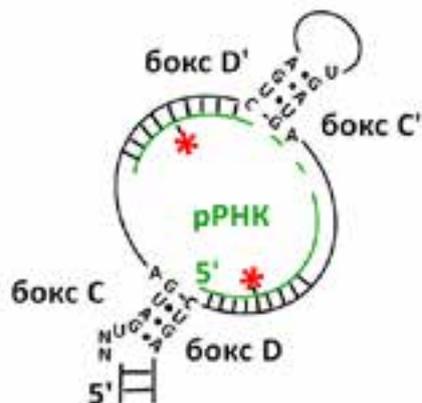


Рисунок 2. Структура миРНК C/D-семейства. Представлена вторичная структура миРНК с двумя антисенс-элементами. Последовательность рРНК выделена зеленым. Нуклеотид, подвергающийся модификации, отмечен красной звездочкой. Остальные пояснения см. в тексте.

Гены миРНК организованы очень необычным образом: у позвоночных почти все они расположены в интронах других генов, называемых поэтому гены-хозяева (рис.3). В результате транскрипции такого гена образуется предшественник иРНК (пре-иРНК). МиРНК вырезаются из интронов во время сплайсинга пре-иРНК (гены эукариот имеют мозаичную структуру: кодирующие участки -экзоны - чередуются с не кодирующими - интронами. Зрелая иРНК образуется в результате вырезания интронов и сшивания экзонов - этот процесс называют сплайсингом), рис.3. Гены-хозяева, как правило, кодируют белки, связанные с формированием рибосом и процессом трансляции. Это позволяет координировать процессы, связанные с трансляцией.

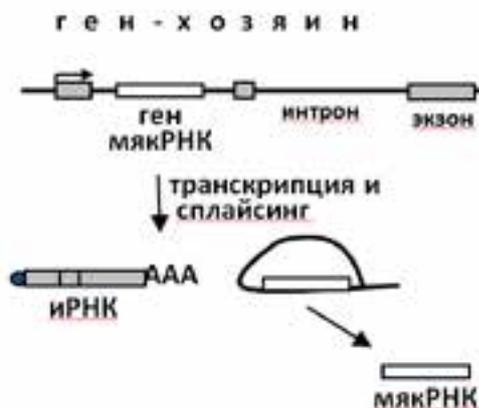


Рисунок 3. Созревание миРНК.

Задания

Для ответа на задания используйте материал прочитанного текста. В каждом задании содержится не менее одного верного утверждения. Вам нужно выбрать все верные утверждения. Запишите их в поле ниже, используя числовые и буквенные обозначения, например: №1. А, Б, В.

1. Выберите варианты, верно описывающие последовательность событий, происходящих в клетке.

А. Синтез пре-рРНК РНК-полимеразой II - разрезание пре-рРНК и модификация нуклеотидов рРНК - сборка большой и малой субъединиц в ядрышке -транспорт субъединиц в цитоплазму - ассоциация малой субъединицы с иРНК - сканирование малой субъединицей иРНК от 5' к 3'- концу- присоединение большой субъединицы - начало синтеза белка

Б. Синтез пре-рРНК РНК-полимеразой II - модификация нуклеотидов рРНК- разрезание пре-рРНК - сборка большой и малой субъединицв цитоплазме -транспорт субъединиц из ядра в цитоплазму - ассоциация малой субъединицы с иРНК - присоединение большой субъединицы - сканирование малой субъединицей иРНК от 5' к 3'- концу-начало синтеза белка

В. Синтез пре-рРНК РНК-полимеразой I - разрезание пре-рРНК и модификация нуклеотидов рРНК - сборка большой и малой субъединиц в ядрышке - транспорт субъединиц в цитоплазму - ассоциация малой субъединицы с иРНК - сканирование малой субъединицей иРНК от 5' к 3'- концу- присоединение большой субъединицы- начало синтеза белка

Г. Синтез пре-рРНК РНК-полимеразой II - разрезание пре-рРНК и модификация нуклеотидов рРНК - сборка большой и малой субъединиц в ядрышке -ассоциация малой субъединицы с иРНК - сканирование малой субъединицей иРНК от 5' к 3'- концу-присоединение большой субъединицы- начало синтеза белка

Д. Синтез пре-рРНК РНК-полимеразой II - разрезание пре-рРНК и модификация нуклеотидов рРНК - сборка большой и малой субъединиц в ядрышке-ассоциация малой субъединицы с иРНК - транспорт субъединиц в цитоплазму - сканирование малой субъединицей иРНК от 5' к 3'- концу- присоединение большой субъединицы- начало синтеза белка

2. Переда вами последовательность мякРНК C/D-семейства и фрагмент гена 28S рРНК. Какой нуклеотид в рРНК модифицируется с участием этой мякРНК?

> мякРНК

5'CAAUGAUGACUAAAUUACUUUUUGCCGUUUACCCAGCUGAGGUUGUCUUUGA
AGAAAUAUUUUUAAGACUGAGA

> фрагмент 28S рРНК

5'AAGAAAUUCAAUGAAGCGCGGGUAAACGGCGGGAGUAACUAUGACUCUCU

- А. С
- Б. U
- В. G
- Г. А

3. Выберите верные утверждения.

А. МякРНК семейства H/ACAучаствуют в псевдоуридилировании нуклеотидов рРНК

Б. Большая и малая субъединица рибосомы одновременно присоединяются к иРНК поблизости от стартового кодона и начинают трансляцию.

В. МякРНК кодируются экзонами генов белков.

Г. Для образования мРНК необходима транскрипция гена-хозяина и последующий сплайсинг пре-мРНК, после которого из интрона высвобождается мРНК.

Д. Гены-хозяева названы так потому, что кодируют самые важные белки, необходимые для главных процессов жизнедеятельности клетки.

4. Как Вы думаете, в интронах каких генов преимущественно кодируются мРНК? Выберите три наиболее подходящих варианта.

- А. Гены белков, участвующих в репликации
- Б. Гены белков, участвующих транскрипции
- В. Гены белков, участвующих в трансляции
- Г. Гены белков, участвующих в гликолизе
- Д. Гены белков, регулирующих клеточный цикл
- Е. Гены белков рибосом
- Ж. Гены белков лизосом
- З. Гены белков ядрышка

5. Как Вы думаете, в каких условиях в клетках дрожжей, выращенных на искусственной питательной среде, будет модифицировано наибольшее количество нуклеотидов рРНК в составе рибосом? Выберите один ответ.

- А. Клетки выращивают в условиях недостатка питательных веществ.
- Б. Клетки выращивают при повышенной температуре.
- В. Клетки выращивают совместно с клетками бактерий.
- Г. Клетки выращивают совместно с клетками архебактерий.

Ответ

№1. В

№2. В

№3. А, Г

№4. В, Е, З

№5. Б

Критерий оценки

Оцениваются только полностью правильно выполненные задания. №1-№5 3 б. за задание.

ВАЖНО! В ответах к заданиям №5-№7 приведен исчерпывающий список правильных ответов, приведенных в работах участников. Все остальные варианты ответов не засчитывались и не будут засчитаны в случае апелляции.

Задание №5 (15 баллов) Как вы думаете, какие белки в организме человека могут быть мишенями лекарств? Названия белков не нужны (хотя если можете, напишите). Главное - объясните, где они расположены, какую функцию/функции выполняют и почему воздействие именно на эти белки поможет при лечении заболевания.

Ответ

Рассмотрим сначала неправильные ответы. Их можно разделить на две группы.

Во-первых, при ответе на этот вопрос нужно понимать, что лекарство не может быть абстрактным «улучшателем» работы фермента, рецептора или гормона. Большинство лекарств блокируют работу своих белков-мишеней. Поэтому версии про то, что мишенями лекарств являются гемоглобин, инсулин, кишечные ферменты, коллаген, тубулин, антитела, актин и миозин и т.д., чтобы улучшить их работу («сделать все хорошо») – неверные. Мы можем снизить их активность и/или количество лекарствами, но не можем исправить активность «плохо работающих» белков. Мало того, нужно понимать, что если лекарство «стимулирует выработку гемоглобина», то его мишенью будет не сам гемоглобин, а какие-то компоненты сложной системы регуляции транскрипции гена гемоглобина или системы его сборки.

Во-вторых, еще одна обширная группа неправильных ответов была связана с тем, что участники олимпиады описывали воздействие лекарств на белки вирусов и бактерий, хотя в вопросе спрашивается о человеческих (синтезируемых в организме человека на матрице человеческих генов) белках.

«Белки, в которых произошла мутация, нарушившая выполнение функций белка,» - еще один возможный неверный ответ. Конечно, здорово было бы так уметь! Но нужно представлять себе, насколько сложно даже понять, в гене какого белка произошла мутация (и какая именно мутация), вызвавшая болезнь, - не для всех болезней это известно. Более того, очень часто одно и то же наследственное заболевание (например, фенилкетонурия) может быть вызвано сотнями разных мутаций одного и того же гена. Бывает и так, что одна и та же клиническая картина связана с мутациями в разных генах. Таким образом, нельзя просто «исправить мутацию» в молекуле белка – таких нарушений могут быть многие сотни, а диагноз пациенту будет поставлен во всех случаях один и тот же.

И совсем уж фантастической выглядят версия «перепрограммировать белки комплекса гистосовместимости» при всем ее остроумии. Реки Сибири повернуть проще.

Теперь рассмотрим основные правильные версии. Представленный список ответов составлен по итогам проверки и является исчерпывающим для ответов участников олимпиады. Версии, не включенные в него, не считаются верными.

1. Белки, участвующие в регуляции клеточного цикла. В нормальную клетку нельзя лезть «помогать» делиться, но в случае опухолевых клеток вполне можно воздействовать на аномальные белки, регулирующие клеточный цикл.
2. При отравлении организма нейротоксинами важно успеть заблокировать рецепторы-антагонисты, чтобы дать время организму нейтрализовать токсин и не умереть от судорог.
3. Белки-рецепторы, с которыми связываются вирусные белки для проникновения в клетку человека. Можно использовать блокаторы таких рецепторов, чтобы минимизировать шансы вирусов заразить клетку. Клеточный рецептор может в результате портиться, но в экстренной ситуации заражения тяжелой вирусной инфекцией можно на это пойти.
4. Белковые гормоны. Мы можем лекарственно инактивировать избыточное количество гормонов, но не «улучшить» их.
- 5-6. Ионные каналы. Они находятся во многих клетках: нейронах, мышечных волокнах, клетках почек и т.д. Их функцией является контроль проницаемости мембраны клетки для различных ионов. Аккуратно воздействуя на эти каналы, блокируя их

открытыми или закрытыми, можно лечить различные сложные заболевания, связанные с возбудимостью клеток, например, корректировать работу сердца и общую возбудимость нервной системы.

7. Холинэстеразы и прочие ферменты, которые разрушают и/или выводят нейромедиаторы из синаптической щели. Блокаторы этих ферментов могут помочь пациенту, если концевые пластинки нейронов плохо возбуждаются из-за нехватки медиаторов и недостаточно эффективно передают сигнал на другие нейроны или мышцы. Также с помощью лекарственных препаратов можно блокировать или даже разрушить рецепторы на постсинаптической мембране.

8. Пищеварительные ферменты. Помним, что «улучшить» их работу нельзя. Однако, бывают ситуации, когда нужно снизить их активность, – например, при язве желудка.

9. Белки свертывающей или анти-свертывающей систем крови. Лекарство, которое просто «действует» на фибриноген, никак не поможет улучшить коагуляцию крови. Поэтому здесь возможно только очень тонкое и дозированное воздействие на белки каскадной системы запуска.

10. Циклооксигеназы. Блокаторы этих ферментов всем известны: аспирин, парацетамол, анальгин. Циклооксигеназы- большая группа ферментов, участвующих в синтезе простагландинов, вовлеченных в болевую реакцию и развитие воспаления.

11. Белки, обеспечивающие вязкость мокроты. Деградация этих белков разжижает слизь, облегчая течение бронхитов.

12. Гормоноподобные белки иммунной системы и гистаминовые рецепторы. Существуют лекарства, которые блокируют избыточные аллергические реакции на разных стадиях. Также их применяют при пересадках органов, чтобы заблокировать отторжение.

14. Коллаген, эластин и другие фибриллярные белки соединительных тканей. Мы помним, что улучшать их нельзя. Однако существуют ситуации, когда нужно уменьшить их избыточное количество, например, при лечении грубых шрамов. Тогда применяют ферменты, разрушающие эти белки.

15. Адренорецепторы. Учитывая широкую распространенность адренорецепторов разного типа в организме, изменение их активности приводит к разнообразным терапевтическим или токсическим эффектам.

Критерии оценки

2 б. за правильную версию, но не более 15 б. за ответ. Для того, чтобы версия была засчитана, она должна быть понятно и грамотно объяснена.

Задание №6 (16 баллов). Известно, что некоторые травоядные животные (например, морские брюхоногие моллюски) способны некоторое время сохранять в своем организме хлоропласты съеденных растений. В этих хлоропластах продолжается фотосинтез, и животное получает дополнительное питание. По каким причинам не получается сохранить эти хлоропласты длительное время, сделав собственными?

Ответ

Рассмотрим верные версии.

1. Клетки животных не способны поддерживать реакции синтеза хлорофилла, ксантинов, феофитина и других пигментов. Для этого процесса нужен определенный набор микро- и макроэлементов, которые для растительного и животного организма отличаются, например, когда запас железа и магния в хлоропластах снижается, они перестают выполнять свою функцию. Кроме того, есть ферменты двойного кодирования – например, одна из двух субъединиц РубисКО кодируется ядерным геном. У животных такого гена

нет. Также в животных клетках отсутствуют гормоны растений, участвующие в регуляции фотосинтеза.

2. У животных нет клеточной стенки, что уменьшает фотопротекцию.

3. Животная клетка может не содержать генов ферментов цикла Кальвина или специфических белков, необходимых для синтеза ферментов реакций темновой стадии фотосинтеза. В таком случае любые повреждения белков будет невозможно исправить либо компенсировать, и хлоропласты становятся бесполезными. По этой же причине процесс "старения" хлоропластов также ускоряется и является неизбежным. Аналогично, нет возможности восстановления хлоропластов при их разрушении под воздействием различных факторов.

4. В случае расположения хлоропластов в клетках поверхностных тканей животного существует риск случайного механического повреждения клеток, при этом организм животного, восстанавливая слой поврежденной ткани, не сможет заново воссоздать в них хлоропласты. Аналогично, при делении и обновлении эпидермиса синтез новых хлоропластов из старых невозможен.

5. Продолжительность жизни эпителиальной клетки животного часто значительно меньше средней продолжительности жизни фотосинтезирующей клетки растения, поэтому хлоропласты в них не сохраняются на длительное время.

6. С едой постоянно поступают новые хлоропласты, поэтому в старых нет необходимости. Таким образом, можно элиминировать часть существующих хлоропластов и восполнить пул новыми.

7. Хлоропласты не могут проникать в половые клетки моллюска, а значит, не могут размножаться с моллюском, и, таким образом, не могут передаваться вертикально.

8. В ходе фотодыхания может выделяться гликолат, способный оказывать токсичное действие, удаление которого невозможно ввиду отсутствия у животных глиоксилатного цикла.

Критерии оценки

За каждую описанную правильную версию можно было получить от 1 до 3 б. в зависимости от того, насколько понятно и подробно она была обоснована и приведены ли биологические подробности для ее обоснования и иллюстрации (например, указание на то, что часть генов хлоропластов кодируется в ядре и т.п.). Всего не более 16 б. за ответ.

Задание №7 (16 баллов). В настоящее время мир охвачен эпидемией новой болезни, получившей название COVID-19. Для сдерживания ее распространения и правильного лечения очень важна своевременная и точная диагностика. Существующие диагностические тесты направлены на детекцию генетического материала вируса или антител к нему. Однако не так уж редко тестирование дает ложноотрицательные результаты (когда больной человек определяется по результату теста как здоровый) или ложноположительные результаты (когда здоровый человек определяется по результату теста как больной). Как вы думаете, с чем это может быть связано? Для каждого случая (ложноотрицательный и ложноположительный результат) приведите возможные причины, приводящие к ошибочному диагнозу.

Ответ

Ложноотрицательные результаты - т.е. человек болен, а тест показывает, что нет - могут быть получены в следующих случаях:

для ПЦР-тестов:

1. Плохо взяли биоматериал: не захватили нужного количества, и концентрация вируса оказалась ниже порога чувствительности теста.
2. Взяли пробу не из оптимального места: известно, что полость носа, ротоглотка и выделения из бронхов отличаются по концентрации вируса.
3. Взяли пробу в неподходящее время: слишком рано, когда вирус еще не успел размножиться, или слишком поздно, когда его концентрация уже ниже порога чувствительности теста, но болезнь еще продолжается (например, пробу брали из ротоглотки, а вирус уже распространился в нижние отделы дыхательных путей).
4. Пациент нарушил правила: поел, прополоскал рот и т.п. - т.е. смыл секреты верхних дыхательных путей, снизив концентрацию вируса.

Для тестов и на основе ПЦР, и на основе анализа антител:

5. Низкая чувствительность теста: концентрация РНК вируса/антител оказывается ниже минимальной концентрации, которую может детектировать тест. Используемые в настоящее время тесты могут довольно сильно различаться по чувствительности (например, ПЦР-тесты -- в десятки и сотни раз), так что проблема действительно существует.
6. Возможно - и в реальности эту возможность постоянно отслеживают - пациент заражен мутировавшим штаммом, к которому не подходят праймеры существующих ПЦР-тестов и потому не могут его детектировать. Предположение о том, что белки вируса мутировали настолько сильно, что тест перестал узнавать антитела к ним, намного менее вероятно, хотя и не исключено.
7. Нарушены условия транспортировки и/или хранения взятых проб (например, высокая температура, нарушение условий консервации и т.п.), что привело к деградации РНК или антител.
8. Нарушена технология тестирования: не добавили праймер, фермент, неисправность оборудования и т.п.

Для тестов, направленных на детекцию антител:

9. Взяли пробу слишком рано, когда человек уже болен, но антитела еще не выработались (эта версия дублирует версию №3 для ПЦР, и поэтому они обе оцениваются в 2 б., а не в 4 б.)
10. Иммунная система без патологий, но антитела на вирус не выработались, или выработались в слишком малых количествах, ниже порога чувствительности теста. Такие случаи действительно описаны. Антитела не вырабатываются, например, когда с инфекцией справляется только неспецифический (innate) иммунитет.

11. Разумным выглядит предположение о том, что прием лекарств-иммунодепрессантов может снизить выработку антител, так что она оказывается ниже порога чувствительности теста.

12. Наличие у пациента заболеваний, приводящих к нарушениям в работе иммунной системы (иммуносупрессии) тоже могло бы снизить выработку антител.

13. Пациент сдал только IgG (а не IgM и IgG). Этот иммуноглобулин начинает вырабатываться позже, когда в большинстве случаев заболевание в стадии завершения или человек уже здоров. В острой фазе этот иммуноглобулин еще не вырабатывается.

14. Тест детектирует антитела к одному антигену (например, S-белку SARS-CoV-2), а у пациента выработались антитела к другому антигену (например, N-белку SARS-CoV-2). Это бывает редко, но такие случаи описаны.

Ложноположительные результаты - т.е. человек здоров, а тест показывает, что болен - могут быть в следующих случаях:

для ПЦР-тестов:

15. Инфекция уже побеждена, ПЦР детектирует следовые количества вирусной РНК.

Для тестов и на основе ПЦР, и на основе анализа антител:

16. Тест имеет низкую специфичность, т.е. ПЦР детектирует не только SARS-CoV-2, но и другие вирусы или же - при анализе крови - антитела к возбудителю другого заболевания (в частности, к другим видам коронавирусов) идентифицируются как антитела к COVID-

17. Возможность перекрестной чувствительности действительно существует, но на самом деле при производстве тестов ее обычно исключают (хотя среди первых ПЦР-тестов на COVID-19 были двуступенчатые: на первом этапе детектировали сразу несколько коронавирусаов, а на втором определяли, есть ли среди них SARS-CoV-2). Понимание участником олимпиады, что такая проблема существует, оценивалось как полноценная версия.

18. Проба тем или иным способом была загрязнена геномным материалом вируса или кровью с антителами к нему.

Для тестов, направленных на детекцию антител:

19. Человек уже переболел, более не заразен, но имеет высокий титр антител и потому определяется как больной. В настоящее время в этой ситуации до сих пор нет ясности из-за недостаточного количества клинических данных.

20. Известно, что при некоторых аутоиммунных заболеваниях могут наблюдаться ложноположительные результаты тестов к некоторым болезням (например, туберкулезу). Поэтому оценивалась идея о том, что при некоторых болезнях результаты теста на SARS-CoV-2 могут быть ложноположительными.

21. Вакцинация от SARS-CoV-2

22. Переливание крови с антителами к SARS-CoV-2 или наличие в крови новорожденного материнских антител к SARS-CoV-2.

Для обоих видов анализов и для обоих вариантов результатов:

22. Брак в тест-системе.

23. Человеческий фактор: ошибка человека во время постановки теста или после него (перепутали результаты и т.п.).

Критерии оценки

2 б. за правильную версию, но не более 16 б. за ответ. Для того, чтобы версия была засчитана как правильная, она должна быть понятно и биологически грамотно объяснена. Краткие ответы, по форме похожие на правильные, но не содержащие подробностей, которые позволяют однозначно их истолковать (например, "загрязнение пробы") или содержащие в обосновании биологические ошибки (т.е. по форме верный ответ, к которому пришли, исходя из ошибочных посылок), не оценивались.

2021-2022 учебный год

Ответы на задания Всероссийской олимпиады школьников "Высшая проба" профиль "Биология", 9-10 класс

Максимальное количество баллов — 100.

Задание №1 (12 баллов). Эксперимент.

Считается, что употребление кофе оказывает бодрящий эффект. Поэтому многие школьники и студенты пьют его перед экзаменами. Но Катя знала, что ее дядя пьет кофе, когда не может заснуть. Поэтому она решила выяснить, насколько часто встречаются люди, на которых кофе оказывает успокаивающее действие. Для этого она решила проверить действие кофе на своих одноклассников, причем учесть, в том числе, и объективные физиологические показатели – пульс и артериальное давление. Учительница биологии разрешила проводить эксперимент на своем спаренном уроке.

Как Катя должна спланировать все этапы опыта? Приведите план эксперимента, обосновав каждый из этапов.

Ответ и критерии оценивания

Установим основные этапы проведения эксперимента. Каждый из них оценивается в 1 балл.

1. Измерить частоту сердечных сокращений (ЧСС) и артериальное давление (АД) в обычном состоянии.
2. Выдать каждому участнику кофе.
3. Подождать, пока кофе усвоится и начнет действовать
4. Измерить ЧСС и АД.
5. Опросить участников об их состоянии.
6. Сравнить и оценить результаты.

Однако для грамотного проведения эксперимента необходимо учесть еще много факторов. За каждый указанный и поясненный фактор добавляется 1 балл. Номер оцененного фактора (их список по пунктам приведен ниже) указан в комментариях к ответам каждого участника (например, +1б. 7П значит, что у вас в работе зачтена версия из 7 пункта).

1П. Так как варить настоящий кофе в школе сложно, то надо взять растворимый, предварительно поискав в интернете данные о содержании кофеина в разных марках и выбрать ту, где его побольше. Необходимо выдать участникам одинаковые дозы кофе, разумно даже учесть их вес.

2П. Дополнительно можно провести предварительное анкетирование, чтобы выяснить, кто в классе пьет кофе и насколько часто. Тогда можно будет поискать корреляцию этого показателя с изменениями ЧСС и АД. Также имеет смысл опросить участников о том, есть ли у них особые случаи: спортсмены, сердечные заболевания, неожиданная реакция на кофе.

До самого опыта надо установить нормальные значения ЧСС и АД у каждого школьника; измерения проводим тонометром.

3П. Измеряем тонометром показатели не менее 3 раз, чтобы взять среднее значение.

4П. Идеально измерить АД и ЧСС в разные дни.

5П. Имеет смысл проводить измерения в одно и то же время суток, поскольку эти показатели могут изменяться в течение дня.

6П. Перед измерением нужно проследить, чтобы участник был в состоянии покоя хотя бы 5 минут. Желательно не после урока физкультуры или сложной контрольной работы.

7П. В случае использования нескольких приборов имеет смысл сверить их показания.

8П. Выборкой является весь класс, но не менее 20 человек. Если в классе примерно одинаковое количество мальчиков и девочек, потом можно будет сравнить их показатели. Тут встает вопрос о контрольной группе. В данном эксперименте, в котором участвует всего около 20 человек, выделять еще часть людей «для контроля» нецелесообразно по ряду причин. Во-первых, выборка и так маленькая. Во-вторых, контролем будут служить измерения ЧСС и АД до принятия кофе. В-третьих, условия эксперимента предполагают неизменную ситуацию, т.е. если произойдет пожарная тревога в это время, то эксперимент все равно сорвется, контрольная группа тут не поможет.

9П. Дизайн эксперимента целесообразно сделать следующим: в начале урока все пьют стакан кофе, причем первый ряд сразу после звонка, второй через 5-7 минут и т.д., так как нужен некоторый зазор времени для измерений тонометром. ЧСС и АД измеряем через несколько промежутков времени, например, через 15, 45 и 90 минут, потому что у разных людей может различаться не только сам эффект, но и его развитие во времени.

10П. Опыт необходимо повторить хотя бы 2 раза. Разумеется, в другой день.

11П. Стоит принять во внимание состояние участников эксперимента: натошак или нет. А также проследить, чтобы они не пили кофе утром.

12П. Хорошим дополнением будет создание шкалы состояний, по которой участники смогут определить свое состояние. Например, бодрость от 1 до 10. Можно ввести соответствующие тесты на внимательность.

13П. Также необходимо проследить, чтобы в эксперименте участвовали школьники, которые нормально спали этой ночью: участие невыспавшихся учеников может исказить результаты эксперимента.

Самое важное - это не пытаться предсказать результат эксперимента. Мы не знаем заранее, как подействует кофе на конкретного человека. Также важно учесть именно состояние человека (бодрость или сонливость) после кофе, а не пытаться предсказать состояние по ЧСС или АД: тут может и не быть корреляции.

Это исчерпывающий список правильных ответов, которые приведены в работах всех участников. Все остальные варианты ответов не засчитывались и не будут засчитаны в случае апелляции.

Задание №2 (11 баллов). Расчетная задача.

Гуахаро – или жирный козодой – крупная ночная птица, живущая в Южной Америке. Свое второе название эти птицы получили благодаря необычной стратегии выкармливания птенцов – родители кормят свое потомство настолько интенсивно, что двухмесячные птенцы весят в два раза больше родителей (каждый птенец весит около 1 кг). При этом каждую ночь они употребляют большое количество пищи – четверть от собственной массы. Питаются гуахаро в основном плодами пальм. Кормят детенышей оба родителя, которые совершают ночные вылеты за едой, отлетая от жилища на расстояние около 10 км. Посчитайте, какое расстояние за ночь пролетает каждый из родителей, чтобы накормить двух двухмесячных птенцов? Массу плода пальмы примите равной 50 г. Считайте, что родители обоих полов вносят равный вклад в кормление, кормят птенцов только плодами пальм, приносят только один плод за вылет, а пальмы расположены в 10 км от гнезда.

Ответ и критерии оценивания

1) Посчитаем количество пищи, которое получает двухмесячный птенец каждую ночь:

$$1000 : 4 = 250 \text{ (г)} \quad 2 \text{ б.}$$

2) Двум двухмесячным птенцам потребуется каждую ночь в 2 раза больше еды:

$$250 * 2 = 500 \text{ (г)} \quad 1 \text{ б.}$$

3) Найдем количество плодов пальмы, необходимое для того, чтобы покормить двух двухмесячных птенцов:

$$500 : 50 = 10 \text{ (шт.)} \quad 1 \text{ б.}$$

4) Поскольку один родитель приносит за вылет один плод и каждый из родителей приносит одинаковое количество плодов, то каждый из родителей будет приносить:

$$10 : 2 = 5 \text{ (шт.)} \quad 2 \text{ б.}$$

5) Для того, чтобы одному родителю принести один плод, нужно пролететь расстояние до плода и расстояние обратно до гнезда. Следовательно, для того, чтобы принести один плод, родителю нужно пролететь:

$10 + 10 = 20$ (км) 2 б.

б) За ночь каждый родитель приносит 5 плодов, следовательно, пролетает расстояние:

$20 * 5 = 100$ (км) 3 б.

Ответ: каждый родитель пролетает за ночь 100 км.

Ответ без решения оценивался в 0 баллов.

Задание № 3 (14 баллов). Расчетная задача.

Несмотря на свои миниатюрные размеры, жуткая жуть – один из самых вредоносных драконов острова Олух. Жуткие жути всегда встречаются стайками. В отличие от большинства других драконов, они могут размножаться несколько раз в течение года. Окраска их чешуи очень разнообразна, но известно, что её определяет всего один сцепленный с полом ген. Окраска дракона не меняется с возрастом, никак не влияет на плодовитость особи и на жизнеспособность детёнышей. Жуткие жути диплоидны.

Пара красных жутких жутей за два года принесла довольно многочисленное потомство (назовём его первым поколением), состоящее из драконов с красной и оранжевой чешуёй. При скрещивании друг с другом любых двух оранжевых драконов первого поколения неизменно получали оранжевых и зелёных детёнышей.

Если дать всем красным драконам первого поколения свободно скрещиваться друг с другом, какое потомство вы ожидаете получить во втором поколении?

Ответ (в процентах) запишите, округлив до первого знака после запятой.

Ответ

Нам известно, что признак контролирует всего один ген, поэтому вариантов тут немного. Давайте начнём с конца.

При скрещивании двух оранжевых драконов неизменно получали оранжевых и зелёных. Делаем вывод, что оранжевую и зелёную окраску определяют разные аллели, причём аллель оранжевой окраски (допустим, a_1) полностью доминирует над аллелем зелёной окраски (a_2). Коль скоро здесь есть расщепление, хотя бы кто-то из этих оранжевых не гомозиготен. Все они – и предполагаемые гомозиготы, и предполагаемые гетерозиготы – одинаково оранжевые. Если бы здесь была ситуация с каким-то другим взаимодействием аллелей (неполным доминированием, кодоминированием и т.п.), гетерозиготы отличались бы от гомозигот.

Однако и сами оранжевые появляются при скрещивании двух красных особей. По той же логике получаем два вывода.

Есть аллель красной окраски (назовём его А), который доминирует над аллелем оранжевой окраски.

Как минимум кто-то из красных родителей не гомозиготен. Однако, если бы один из красных родителей был гомозиготой, а другой гетерозиготой, в первом поколении не было бы расщепления на красных и оранжевых. Более того, неоткуда было бы взяться зелёным потомкам.

Делаем вывод, что есть три аллеля ($A > a_1 > a_2$), а исходные красные родительские особи – гетерозиготы Aa₁ и Aa₂. Тогда первое поколение было таким:

	A	a ₁
A	AA красные	Aa ₁ красные
a ₂	Aa ₂ красные	a ₁ a ₂ оранжевые

Теперь посмотрим, какие гаметы образуют красные особи первого поколения:

1/3 AA – только А (1/3 от всех гамет, образуемых красными драконами);

1/3 Aa₁ – поровну А и a₁ (по $1/2 \times 1/3 = 1/6$ от всех гамет, образуемых красными драконами);

1/3 Aa₂ – поровну А и a₂ (по $1/2 \times 1/3 = 1/6$ от всех гамет, образуемых красными драконами).

Сложим частоты образования одинаковых гамет и запишем все возможные их слияния в виде решётки Пеннета:

	4/6 А	1/6 a ₁	1/6 a ₂
4/6 А	16/36 AA красные	4/36 Aa ₁ красные	4/36 Aa ₂ красные
1/6 a ₁	4/36 Aa ₁ красные	1/36 a ₁ a ₁ оранжевые	1/36 a ₁ a ₂ оранжевые
1/6 a ₂	4/36 Aa ₂ красные	1/36 a ₁ a ₂ оранжевые	1/36 a ₂ a ₂ зелёные

Сложим частоты образования одинаковых фенотипов.

Красные: $16/36 + 4 \times 4/36 = 32/36 = 0,889$ (88,9%)

Оранжевые: $3 \times 1/36 = 3/36 = 0,083$ (8,3%)

Зелёные: $1/36 = 0,028$ (2,8%)

Ответ: красных: 88,9 %

оранжевых: 8,3 %

зелёных: 2,8 %

Критерии оценивания

1. Введение трех аллелей (2б.)
2. Расшифровка первого скрещивания (2б.)
3. Расшифровка второго скрещивания (2б.)
4. Правильный подсчет всех образуемых гамет (4б.)
5. Правильный подсчет итогового соотношения особей (4б.)

Ответ без решения оценивался в 0 баллов.

Задание №4 (15 баллов). Анализ текста.

Антитела́ или иммуноглобулины — это крупные глобулярные белки. Их синтезируют В-лимфоциты. Каждое антитело распознаёт уникальный элемент патогена, отсутствующий в самом организме — антиген. Связываясь с антигенами на поверхности патогенов, антитела могут либо непосредственно нейтрализовать их, либо привлекать другие компоненты иммунной системы (система комплемента и фагоциты), чтобы уничтожить чужеродные клетки или вирусные частицы. Антитела — важнейший компонент гуморального специфического иммунитета.

Наша иммунная система вырабатывает 5 классов антител: IgG, IgM, IgA, IgE и IgD (рис.1), мы рассмотрим 3 из них.

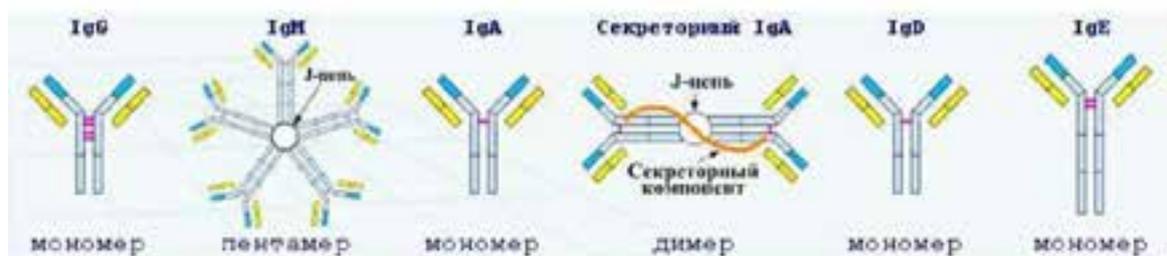


Рисунок 1. Классы антител человека.

Структурной единицей каждого антитела является комплекс из 4 белковых цепей: двух легких и двух тяжелых (рис.2). Такая молекула имеет два участка, узнающих антиген («активные центры» на рис.2)

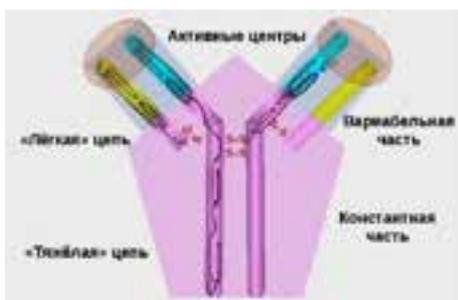


Рисунок 2. Строение антитела.

Молодые В-лимфоциты в начале своего пути претерпевают перестройки ДНК в локусах, кодирующих участки связывания антигена. В результате каждый В-лимфоцит (и все его потомки) получают возможность синтезировать свой уникальный антиген-связывающий участок антитела и благодаря этому узнавать единственный антиген. В целом популяция В-лимфоцитов способна узнавать огромное количество разных антигенов.

Сначала В-лимфоцит синтезирует антитела класса IgM, причем они связаны с плазматической мембраной. Рассмотрим строение IgM. Каждое антитело представляет собой пентамер, в котором 5 базовых структурных единиц связаны дисульфидными мостиками между собой и с небольшой J-цепью, замыкающей кольцевую структуру (Рис.1).

Далее В-лимфоцит находится в «режиме ожидания», пока антитела IgM на его мембране не вступят во взаимодействие с чужеродным антигеном (у IgM есть 10 точек связывания антигенов - это эффективный механизм борьбы с бактериями и вирусами). Такой момент может наступить очень быстро, а может очень нескоро, вплоть до того, что именно этому В-лимфоциту «не повезет», и он никогда не встретит подходящий антиген.

После встречи с подходящим антигеном происходит активация В-лимфоцита, который начинает синтез растворимых IgM (в норме они составляют около 10% от общего количества производимых организмом антител). Поэтому в иммунном ответе на первый контакт с инфекцией доля IgM очень высока. Вскоре лимфоцит переходит на выработку антител IgG, сохраняя при этом свою антигенную специфичность. В ходе иммунного ответа В-лимфоцит делится, давая начало плазматическим клеткам, которые продуцируют антитела, и клеткам памяти. Клетки памяти практически не продуцируют антител, но зато остаются в кровотоке очень долго и при повторной встрече с антигеном начинают быстро делиться, давая новые плазматические клетки, которые вырабатывают в больших количествах антитела IgG. Это позволяет при повторной встрече с антигеном быстро наработать большое количество антител, причем это будут уже не IgM, а IgG, которые намного эффективнее распознают патогены. IgG - основной класс иммуноглобулинов, находящихся в крови, они составляют до 75% от общего количества производимых организмом антител. Молекулы IgG - единственные антитела, которые могут переходить от матери к плоду через плаценту.

IgA - основной класс антител в секретах (молоке, слюне, слезах, секретах дыхательных путей и кишечного тракта). За сутки в просвет кишечника у человека выделяется до 3-5 г IgA. IgA образуют стабильную секреторную форму - димер (рис.1). Димеры более устойчивы к действию протеаз. Существует специальный механизм их транспорта через эпителиальные клетки (рис.3). IgA нейтрализуют токсины и аллергены и составляют до 15% от всех синтезируемых организмом антител.

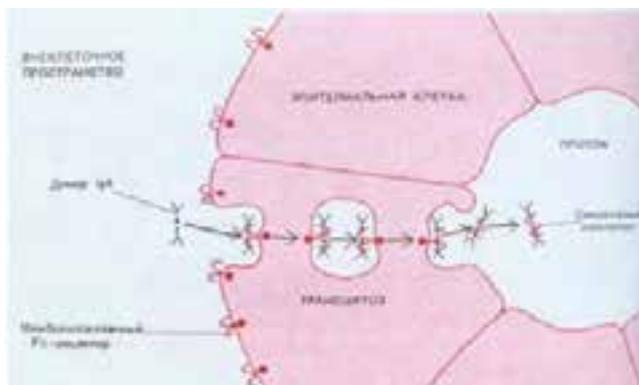


Рисунок 3. Транспорт IgA через эпителиальные барьеры.

Таким образом, разные типы антител обеспечивают комплексную защиту организма от различных патогенов.

Задания

Для ответа на задания используйте материал прочитанного текста. В каждом задании содержится не менее одного верного утверждения. Вам нужно выбрать все верные утверждения.

№1 Выберите правильную последовательность событий в жизни В-лимфоцита:

А. Перестройки ДНК – синтез мембранно-связанных IgM – связывание антигена – активация В-лимфоцита – синтез растворимых IgM – синтез IgG плазматическими клетками – быстрая активация клеток памяти при повторной встрече с антигеном и синтез IgM

Б. Перестройки ДНК – синтез растворимых IgM – связывание антигена – активация В-лимфоцита – синтез IgG плазматическими клетками – быстрая активация клеток памяти при повторной встрече с антигеном и синтез IgG

В. Перестройки ДНК – синтез мембранно-связанных IgM – связывание антигена – активация В-лимфоцита – синтез растворимых IgM – синтез IgG плазматическими клетками – быстрая активация клеток памяти при повторной встрече с антигеном и синтез IgG

Г. Перестройки ДНК – синтез мембранно-связанных IgM – связывание антигена – синтез растворимых IgM – активация В-лимфоцита – синтез IgG плазматическими клетками – быстрая активация клеток памяти при повторной встрече с антигеном и синтез IgG

№2. Выберите верные утверждения.

- А. У человека существует три класса антител.
- Б. Самые распространенные антитела – IgA
- В. Антитела IgG имеют два участка связывания антигена
- Г. Плазматические клетки – это потомки активированных В-лимфоцитов, вырабатывающие много антител IgG
- Д. Некоторая часть В-лимфоцитов в организме человека никогда не будет активирована
- Е. От матери к плоду через плаценту переходят антитела IgA

№3. Выберите правильный ответ. Транспорт антител в кровь плода обеспечивает новорожденному младенцу:

- А. Врожденный активный иммунитет
- Б. Врожденный пассивный иммунитет
- В. Приобретенный активный иммунитет
- Г. Приобретенный пассивный иммунитет

№4. Ознакомьтесь с представленными результатами анализов и выберите правильный ответ:

Наименование исследования	Результат
---------------------------	-----------

СЕРОЛОГИЧЕСКИЕ МАРКЕРЫ ИНФЕКЦИЙ.

Антитела к вирусу Herpes simplex-2,

IgM

2.49

< 0,9 - антитела не обнаружены

0,9-1,1 - анализ рекомендуется повторить через 2 недели

> 1,1 - антитела обнаружены

Антитела к вирусу Herpes simplex-2,

IgG

0.07

< 0,8 - антитела не обнаружены

0,8-1,1 - анализ рекомендуется повторить через 1 неделю

> 1,1 - антитела обнаружены

- А. Человек первый раз столкнулся с этой инфекцией.
- Б. Мы наблюдаем вторичный иммунный ответ.
- В. Пик синтеза IgG уже прошел, и мы видим затухание иммунного ответа.

№5. Основную часть антител материнского молока составляют:

- А. Димеры IgG
- Б. Мономеры IgG
- В. Димеры IgA
- Г. Пентамеры IgM

Ответ

№1. В

№2. В, Г, Д

№3. Г

Иммунитет подразделяется на врожденный (без участия антител; это фагоциты, естественные киллеры, интерфероны, система комплемента и проч.) и приобретенный (В и Т лимфоциты, антитела). Т.е. переданные от матери антитела ни в коем случае не могут считаться врожденным иммунитетом

Приобретенный активный иммунитет приобретается после перенесенной болезни (если в ходе нее выработались антитела). Приобретенный пассивный – за счет любой передачи готовых антител: в виде сыворотки или от матери.

№4. А

№5. В

Критерии оценивания

Оцениваются только полностью правильно выполненные задания.

№1-№5 3 б. за задание.

Особенность заданий № 5- №7 - наличие большого числа решений. Помните, что чем больше разумных вариантов ответа Вы приведете, тем более высокой будет оценка. ВАЖНО: учитываются только верные ответы; за неверные гипотезы оценка не снижается!

Задание №5 (16 баллов). Какими свойствами должно обладать растение, чтобы стать комнатным?

Ответ и критерии оценивания

За каждую из приведенных ниже и понятно объясненных и обоснованных версий начисляли 2 б. Всего не более 16 б. за вопрос.

1. Вечнозеленое.
2. Способность к вегетативному размножению.
3. Привлекательные листья или цветы (декоративный внешний вид).
4. Нет зимнего периода покоя, сезонного опадания листвы.
5. Неприхотливо к освещению.
6. Неприхотливо к засухе, переувлажнению (влажному или сухому воздуху).
7. Неприхотливо к температурным условиям.

8. Не сильно ядовито, не опасно.
9. Компактный размер, но не слишком миниатюрный, в т.ч. небольшая высота и небольшой размер корневой системы.
10. Обычно многолетние растения
11. Неприхотливо в питании (независимость от специфических видов почв, удобрений и определённого состава атмосферы).
12. Отсутствие жизненно необходимых взаимодействий с другими организмами, которые невозможно обеспечить в домашних условиях (микоризы и т.п.).
13. Желательно, чтобы растение не вызывало аллергических реакций.
14. Не распространяло обильно семена.
15. Не должно расти слишком быстро.
16. Не иметь сильного неприятного запаха.

Это исчерпывающий список правильных ответов, которые приведены в работах всех участников. Все остальные варианты ответов не засчитывались и не будут засчитаны в случае апелляции.

Приведем наиболее часто встречавшиеся идеи и соображения, которые не оценивались.

Версия о неприхотливости, нетребовательности к условиям (особым условиям) содержания, без указания, каких именно (температура, влажность, освещенность, качество почвы).

Цветение и плодоношение, т.к. они не являются обязательными признаками комнатного растения. "Комнатные" версии плодоносящих огородных и тепличных культур (томаты, болгарский перец и т.п.) могут быть отнесены к разряду комнатных не потому, что они дают съедобные плоды, а потому что они удовлетворяют перечисленным выше критериям правильного ответа. Рассада не является комнатным растением.

Утверждение, что водные растения не являются комнатными, неверно. Например, циперус и ряд драценовых растут и содержатся в воде.

Не оценивалась и версия о том, что растение становится комнатным благодаря лекарственным свойствам. Лекарственные свойства - это "побочные, приятные дополнения" к основным свойствам вида растения. Комнатные растения заводят "из прихоти", а не от необходимости. Алоэ, каланхоэ и тому подобные растения являются комнатными отнюдь не потому, что они лекарственные. Комнатное растение может обладать потребительскими свойствами на уровне физиологического потребления человеком, то есть, пищевыми или медицинскими, но это не те свойства, которые позволяют растению существовать в комнатных условиях. Лекарственные свойства не

являются определяющими для отнесения растения к разряду комнатных. Растение должно иметь свойства, позволяющие ему существовать в комнатных условиях, а уж лекарственное оно или нет, это вторично.

Утверждение, что комнатные растения не должны быть эпифитами, неверна. В комнатных условиях легко создаются искусственные субстраты для эпифитов.

Наличие опылителей, распространителей семян и других организмов, участвующих в жизненном цикле растения, не является для отдельной особи растения жизненно необходимым.

Отдел покрытосеменных не является единственным, к которому принадлежат комнатные растения. Моховидные, плауновидные, папоротниковидные, хвощевидные, голосеменные, а также представители низших растений – водоросли - успешно содержатся в комнатных условиях.

Не оценивались версии, содержащие общее упоминание о принадлежности растения к какому-либо биоценозу. Например: "Комнатное растение не должно быть болотным или тундровым и т. п.". Растение, растущее в любом биоценозе, требует конкретных условий существования, которые могут удовлетворять критериям комнатного растения или нет. Их необходимо перечислить.

Задание № 6 (16 баллов).

Для чего животные используют запахи?

Ответ

Обоняние играет огромную роль в жизни животных. Недавно расшифрованный механизм идентификации запахов удивил ученых: оказалось, что для обеспечения обоняния у млекопитающих задействованы больше тысячи генов; это больше, чем для зрения и слуха. Больше 2% генома – только для реализации обоняния!

Сразу следует сказать, что полноценная версия должна быть логически обоснована и описана подробно. Короткие реплики ответом не считаются, хотя и содержат слова, которые есть в правильной версии. Например, «предупреждение», «общение между собой», «отпугивание хищников» или «привлечение добычи» - все это НЕ засчитывается как правильный ответ.

Засчитывались следующие варианты:

1. Обоняние необходимо для распознавания опасности или приближения хищника.
2. Поиск еды (добычи), а также подтверждение съедобности пищи.
3. Многие животные используют запаховые метки для обозначения своей территории. Это могут быть выделения специальных желез (кошачьи), или шерсть с личным запахом (медведи), или моча (псовые).

4. Обоняние необходимо для ориентации в пространстве, поиска дороги домой, собственной норы или других важных мест.
5. Идентификация сородичей также происходит с помощью обоняния. Причем в некоторых случаях запах – это личная «карточка» особи, как у собак.
6. Готовность самки к размножению также зачастую маркируется именно специфичным запахом, привлекающим самцов даже через большие расстояния. Нужно сказать, что часто в этом случае используется не классический орган обоняния, а вомероназальный орган, но мы засчитывали такой ответ как правильный.
7. У многих животных с помощью запаха обеспечивается идентификация своего детеныша или узнавание им родителя. Кроме того, запах детенышей играет важную роль для развития нормального материнского поведения самок.
8. Идентификация своей пары у многих животных также происходит через обоняние. Кроме того, социальные роли в стае тоже поддерживаются с помощью запахов.
9. Поиск наиболее подходящего полового партнера. Согласно одной из эволюционных гипотез, выгодней спариваться с партнерами, у которых локус МНС (главный комплекс гистосовместимости) отличается от собственного как можно сильнее — для повышения генетического разнообразия, а, значит, и повышения сопротивляемости патогенам у потомства. Предполагается, что белки, кодируемые генами внутри этого локуса, участвуют в распознавании и продукции запаховых молекул. Таким образом, партнера с «подходящим» комплексом гистосовместимости можно найти по запаху. В целом эта гипотеза подтвердилась для многих позвоночных животных.
10. Некоторые животные используют едкие и дурнопахнущие вещества для защиты от хищников, например, скунс.
11. Сложное социальное взаимодействие, коммуникация между особями, разметка путей, сигнал об атаке – у социальных насекомых многие аспекты жизни регулируются именно запахами.
12. Некоторые животные используют чужой запах для маскировки. Например, собаки часто валяются в вонючих отходах для нейтрализации собственного запаха, узнаваемого потенциальной добычей.
13. По запаху животные могут узнавать лекарственные травы.
14. Запах еды запускает процессы пищеварения. Это улучшает переваривание и усвоение пищи.
15. Некоторые пауки умеют синтезировать вещества, похожие на феромоны самцов некоторых видов насекомых, которых они ловят. Поэтому их добыча увеличивается из-за привлеченных запахом феромонов насекомых-самцов определенного вида.

Это исчерпывающий список правильных ответов, которые приведены в работах всех участников. Все остальные варианты ответов не засчитывались и не будут засчитаны в случае апелляции.

Критерии оценивания

За каждую из приведенных в ответе и понятно объясненных и обоснованных версий начисляли 2 б. Всего не более 16 б. за вопрос.

Задание №7 (16 баллов). С самого начала распространения COVID-19 и до настоящего момента заболеваемость этой новой инфекцией сильно различается в разных странах. Почему?

Ответ

Сразу следует сказать, что полноценная версия должна быть логически обоснована и описана подробно. Короткие реплики ответом не считаются, хотя и содержат слова, которые есть в правильной версии. Например, «уровень медицины», «из-за неподходящих условий», «в каждой стране своя культура и обычаи».

1. Высокая плотность населения усиливает вероятность заражения. Как мы помним, заболеваемость была очень высокой в странах Европы. Причем это наблюдалось не только в странах с высокой плотностью населения, но также в Исландии и Фарерских островах, где формально плотность населения низка, но люди сосредоточены в основном в нескольких населенных пунктах. Таким образом, данная версия подразумевает не только отдельные страны, но и разную плотность населения в одной стране, например, заболеваемость в Москве выше, чем в Магаданской области.

2. Распространение в стране определенного штамма вируса COVID-19 сильно влияло на профиль эпидемий. В процессе распространения по планете вирус мутировал, причем можно было отследить пути распространения того или иного штамма. Штаммы отличаются друг от друга и тяжестью вызываемого ими заболевания, и временем инкубационного периода, и контагиозностью. Соответственно, и уровень заболеваемости населения тоже зависит от штамма.

3. Уровень заболеваемости может быть выше в государствах, где из-за катастрофической ситуации (голод, война и т.п.) ослаблен иммунитет населения. Отметим, что версия «низкий уровень медицины» не засчитывалась, поскольку медицинская помощь оказывается уже заболевшим.

4. Учитывались разумные соображения относительно различных аспектов популяционного иммунитета. В первую очередь, это количество уже переболевших COVID-19 людей, которые имеют иммунитет, пусть даже и короткодействующий. Помимо этого, люди, проживающие в разных странах, могут иметь ряд генетических особенностей, в том числе прямо не связанных с иммунитетом, но могущих оказаться значимыми для возможности заражения вирусом SARS-CoV-2 и дальнейшего развития болезни. Также у разных стран могут отличаться их «комплекты» инфекционных заболеваний, иммунитет к которым может оказаться перекрестным с SARS-CoV-2. Сюда же отнесены соображения о важности среднего возраста населения страны.

5. Важное значение имеет уровень контактов с другими странами. Замкнутость снижает уровень заболеваемости. А лидерство по заражению Италии, Франции и ряда других стран обусловлено в том числе их большой открытостью: эти страны очень популярны среди туристов, кроме того, их жители сами часто ездят за рубеж.

6. Ограничительные меры правительства. Мы помним, как чрезвычайно жёсткие меры смогли ограничить распространение инфекции в очень густонаселенном Китае. Во многих других странах ограничительные меры правительства тоже помогли сгладить пик заболеваемости. Также важны дисциплинированность населения и готовность выполнять

введенные ограничения, в том числе разумное использование масок и других санитарно-защитных средств.

7. Безусловно важен процент вакцинированных граждан среди населения страны.

8. Достоверность данных о заболеваемости, качество тестов, политика тестирования и возможности тестирования, конечно, вносят немалый вклад в общую картину.

Например, в Южной Корее и Германии был взят курс на тестирование практически всего населения. А во многих африканских странах тестируются только люди, у которых устойчиво наблюдаются основные симптомы, а также граждане, прибывшие из неблагополучных в отношении коронавируса стран или имевшие контакт с зараженными.

Кроме того, не все тесты обладают высокой надежностью. Наконец, на статистику оказывает влияние и то, что в некоторых странах не хватает тестов на коронавирус.

9. В качестве разумного соображения учитывалась потенциальная возможность переноса коронавируса животными, хотя в целом маловероятно, чтобы это внесло заметный вклад в уровень заболеваемости.

Это исчерпывающий список правильных ответов, которые приведены в работах всех участников. Все остальные варианты ответов не засчитывались и не будут засчитаны в случае апелляции.

Критерии оценивания

За каждую из приведенных в ответе и понятно объясненных и обоснованных версий начисляли 2 б. Всего не более 16 б. за вопрос.

2021-2022 учебный год

Ответы на задания Всероссийской олимпиады школьников "Высшая проба", профиль "Биология", 11 класс

Максимальное количество баллов — 100.

Задание №1 (12 баллов). Эксперимент.

Петя занимается в экологическом кружке и решил выяснить, как влияют тяжелые металлы на прорастание семян. В подобных опытах обычно используют типичные растения для биоиндикации – кресс-салат или злаковые (пшеница, ячмень), а тяжелые металлы применяют в виде растворов их солей.

Петя хочет отработать методику на нитрате свинца. Цель: определить, как влияет эта соль на прорастание семян. Как он должен спланировать этапы эксперимента и какие показатели и почему вы бы посоветовали определять?

Ответ и критерии оценивания

Установим основные этапы проведения эксперимента. Каждый из них оценивается в 1 балл.

1. Покупаем семена. Обязательно выделяем контрольную группу.
2. Определяемся с грунтом и емкостями для проращивания, это можно сделать в чашках Петри, горшочках или рулончиках бумаги.
3. Обеспечиваем подходящие условия для прорастания. Ждем несколько дней.
4. Делаем обмеры контрольных и экспериментальных проростков.
5. Описываем внешний вид проростков, обращая внимание на неправильно сформированные органы или изменения цвета.

Однако для грамотного проведения эксперимента необходимо учесть еще много факторов. За каждый указанный и поясненный фактор добавляется 1 балл. Номер оцененного фактора (их список по пунктам приведен ниже) указан в комментариях к ответам каждого участника (например, +1б. 7П значит, что у вас в работе зачтена версия из 7 пункта).

1. Необходимо взять одинаковые семена для контроля. Купить одну партию, в одном магазине и лучше перемешать несколько пачек, чтобы семена для контроля и эксперимента были идентичны.
2. Чтобы лучше оценить негативное влияние нитрата свинца, лучше взять несколько разных концентраций.
3. Имеет смысл повторить эксперимент несколько раз – это повысит достоверность данных.
4. Для каждого опыта и контроля нужно взять достаточно большое число семян – 10-15 минимум, а лучше больше.
5. Можно повторить эксперимент для разных видов растений.
6. Измерить разные параметры проростков (корешок, стебелек, листья) для большей достоверности эксперимента.
7. Обязательно соблюдать одинаковые условия для прорастания контрольной и экспериментальной групп семян (влажность, освещенность, температура, состав грунта).

8. Важно определить процент всхожести семян.
9. Можно провести исследования не только внешних данных проростков, но и измерить концентрацию свинца в разных частях проростков, определить активность некоторых ферментов, измерить содержание сахаров и других метаболитов.
10. Можно обрабатывать семена на разных стадиях прорастания, чтобы понять, на какой из них влияние свинца будет максимальным.

Это исчерпывающий список правильных ответов, которые приведены в работах всех участников. Все остальные варианты ответов не засчитывались и не будут засчитаны в случае апелляции.

Задание №2 (11 баллов). Расчетная задача.

Пишите подробное решение и поясняйте Ваши действия. Если Вам нужно использовать специальные символы, Вы можете написать решение и ответ на листке бумаги, затем сфотографировать его и прикрепить к заданию (кнопки для этого расположены внизу страницы).



На фотографии изображена колония асцидий – морских хордовых животных, ведущих прикрепленный образ жизни. Асцидии способны накапливать тяжелый металл ванадий, токсичный для большинства населяющих Землю организмов, в больших концентрациях, которые превышают концентрацию ванадия в окружающей среде в 10 миллионов раз! Для аккумуляции ванадия у этих животных есть специальные клетки – ванадоциты, циркулирующие в крови. Концентрация ванадия в них может достигать 350 ммоль/л! Ванадоциты имеют форму шара с диаметром 12 мкм. Примите, что количество ванадоцитов составляет 10^{10} на асцидию и ванадий накапливается только в ванадоцитах. Посчитайте, какую массу ванадия может аккумулятировать колония из 100 асцидий.

Справочные данные: относительная атомная масса ванадия составляет 51 а.е.м. ; объем шара $V = 4/3 \pi R^3$.

Ответ и критерии оценивания

1. Найдем объем одного ванадоцита:

$$V = \frac{4}{3} * 3.14 * (6 * 10^{-6})^3 = 904.32 * 10^{-18} \text{ м}^3$$

3 балла.

Если в ходе решения объем одного ванадоцита был найден неверно, то вся задача оценивалась в 0 баллов.

2. Найдем суммарный объем ванадоцитов:

$$V_c = 10^{-18} * 904.32 * 10^{12} = 10^{-6} * 904.32 \text{ м}^3 = 10^{-3} * 904.32 \text{ л} = 0.904 \text{ л.}$$

3 балла.

3. Т.к. концентрация ванадия в ванадоцитах составляет 350 ммоль/л, а общий объем ванадоцитов известен, то найдем количество ванадия в организме по формуле:

$$v = C * V = 0.904 \text{ л} * 350 \text{ ммоль/л} = 316.5 \text{ ммоль.}$$

3 балла.

4. Найдем массу ванадия, аккумулированного одной колонией:

$$m = 316.5 \text{ ммоль} * 0.051 \text{ г} = 16.2 \text{ г}$$

2 балла.

Допускалось округление, в том числе и числа π до 3

Ответ: масса ванадия составляет 16.2 г.

1 балл за пункт в решении ставился, если в вычислениях на данном этапе была допущена ошибка, искажающая дальнейший ход решения, но при этом участником были верно описаны действия, которые необходимо выполнить. За вычисления, в которых была допущена ошибка и при этом отсутствовало описание выполняемых действий, 1 балл не ставился. Если ошибка была допущена при переводе одних единиц измерения в другие (например, микрометры в метры), то пункт оценивался в 0 баллов. За ответ, недосчитанный до конца (например, с сохранением числа π), оценка снижалась на 2 балла за все задание. Если единицы измерения не были указаны, то все задание оценивалось в 0 баллов. Ответы без решения оценивались в 0 баллов.

Задание №3 (14 баллов). Расчетная задача.

О драконах-фуриях с острова Олух известно следующее. У этого моногамного вида брачный период начинается ранней весной. Самки всегда откладывают три яйца, из которых в начале лета вылупляются детёныши. Половой зрелости драконы достигают рано и способны размножаться уже весной на следующий год после вылупления. Время жизни одного дракона, вероятно, очень велико и измеряется десятилетиями. Особи разных поколений подолгу живут вместе.

Фурии диплоидны. Пол у них определяется половыми хромосомами, гетерогаметный пол женский. В отличие от многих других рептилий, температура на формирование пола никакого влияния не оказывает.

Окраска тела у фурий определяется одним не сцепленным с полом геном (назовём его А). Если гомозиготы АА самцы, они будут чёрными, если самки – белыми. Гомозиготы аа чёрные, если это самки, и белые, если самцы. Гетерозиготы Аа независимо от пола чёрные, если вылупились в нечётный год (например, 1213), и белые – если в чётный (например, 1588). В первые несколько месяцев после вылупления у особей любой окраски есть светло-

серый гребень вдоль спины, который уже к концу лета приобретает ту же окраску, что и остальное тело.

В июле 2021 г. на восточном побережье Норвегии была обнаружена группа из 66 чёрных и 34 белых фурий. Все они имели светлые «детские» гребни. Причина, по которой они покинули родной остров Олух, осталась неизвестной. К удивлению учёных, молодые драконы хорошо обосновались на новом месте, и уже на следующий год можно было видеть их брачные полёты над морем.

Предположим, что в группе драконов-переселенцев самцов и самок было поровну, все они случайным образом образовали пары, дали потомство, и все потомки выжили. Какими будут доли чёрных и белых особей в этой популяции в конце осени 2022 г.?

Ответ (в процентах) запишите, округлив до первого знака после запятой.

Решение

Прежде всего определим, с какой частотой образуются разные фенотипы в популяциях фурий. Обозначим частоту аллеля А как p , частоту аллеля а – как q . В условии сказано, что гетерогаметный пол у фурий – самки. Ген А и половые хромосомы (Z и W – или X и Y, если вам больше нравится такое обозначение) оказываются в гаметах совершенно независимо друг от друга. Запишем все возможные случаи сочетаний гамет.

сперматозоиды яйцеклетки	ZA p	Za q
ZA 0,5p	самцы ZZAA 0,5p ² чёрные	самцы ZZAa 0,5pq чёрные в нечётный год, белые в чётный
Za 0,5q	самцы ZZAa 0,5pq чёрные в нечётный год, белые в чётный	самцы ZZaa 0,5q ² белые
WA 0,5p	самки ZWAA 0,5p ² белые	самки ZWAa 0,5pq чёрные в нечётный год, белые в чётный
Wa 0,5q	самки ZWAa 0,5pq чёрные в нечётный год, белые в чётный	самки ZWaa 0,5q ² чёрные

Получается, что в нечётный год (а именно потомство нечётного, 2021, года и дало начало новой популяции) вылупляются такие потомки:

$$\text{чёрные: } 0,5p^2 + 2pq + 0,5q^2$$

$$\text{белые: } 0,5p^2 + 0,5q^2$$

Зная из условия их частоты и то, что $p + q = 1$, составим систему уравнений.

$$0,5p^2 + 2pq + 0,5q^2 = 66/100$$

$$0,5p^2 + 0,5q^2 = 34/100$$

$$p + q = 1$$

Решим эту систему (удобно из первого уравнения вычесть второе), находим $p = 0,8$ и $q = 0,2$ (или наоборот, $p = 0,2$ и $q = 0,8$ – здесь это неважно). Зная эти частоты, легко определить, какими будут потомки следующего, 2022, года:

$$\text{чёрные: } 0,5p^2 + 0,5q^2 = 0,34$$

$$\text{белые: } 0,5p^2 + 2pq + 0,5q^2 = 0,66$$

В 2021 г. в Норвегию прилетели 100 драконов, то есть 50 пар. В 2022-м году каждая пара дала по 3 яйца, из которых вылупились $3 \times 50 = 150$ детёнышей. Из них чёрными будут $0,34 \times 150 = 51$ особь, а белыми $0,66 \times 150 = 99$ особей.

Значит, в 2022-м году на побережье Норвегии будет 51 (родившихся в 2022-м) + 66 (их родители) = 117 чёрных особей. Их доля от всей популяции составит $117 / (100 + 150) = 0,468$ (46,8%). Аналогично, для белых получаем число 99 (родившихся в 2022-м) + 34 (их родители) = 133 особи. Их доля от всей популяции составит $133 / 250 = 0,532$ (53,2%).

Ответ: чёрных – 46,8
белых – 53,2

Критерии оценивания

1. Правильное обозначение генов (2 б)
2. Составление правильного уравнения (закон Харди-Вайенберга) для родителей (2 б)
3. Правильное решение этого уравнения (2 б)
4. Расчет генотипов для потомства (2 б)
5. Итоговый подсчет процентов черных и белых особей (4 б)

Ответ без решения оценивался в 0 баллов.

Задание №4 (15 баллов). Анализ текста.

Онкологические заболевания – это группа болезней, связанных с неконтролируемым делением и ростом клеток организма. В настоящее время они являются одной из основных причин смертности. Поэтому изучение механизмов их возникновения и развития – первоочередная задача для современной молекулярной биологии и медицины.

Общепризнанной на сегодня является мутационная теория происхождения злокачественных опухолей. Она подразумевает, что возникновение опухоли вызвано чередой мутаций в половых или соматических клетках. В результате мутантная клетка приобретает способность к неконтролируемому размножению, чем и объясняется рост опухоли. Это значит, что практически любая клетка организма может дать начало злокачественной опухоли. Более, чем в 90 % случаях опухоли возникают в соматических клетках.

Вообще, уровень мутаций в клетках низок и сам по себе не может объяснить частое возникновение рака. Поэтому для приобретения злокачественно фенотипа исходная клетка должна подвергнуться действию мутационного агента: чаще всего это внешний фактор (например, радиация или соли тяжелых металлов). Помимо этого, дефекты в генах, ответственных, например, за точное копирование ДНК, могут передаваться по наследству и создавать внутреннюю предрасположенность к раку. Но здесь важно понимать, что предрасположенность не значит, что рак у носителя обязательно возникнет. Это случится только в случае наложения неблагоприятных факторов, например, действия мутагенов.

К раку приводят поломки генов, ответственных за точное копирование ДНК, за запуск клеточного деления и за апоптоз (апоптоз – это гибель поврежденных клеток, которая запускается специальными генетическими механизмами). Поскольку каждый из этих процессов – это цепочки последовательных реакций, в которые вовлечены многие десятки

генов, понятно, что к возникновению рака может привести поломка практически любого из них.

Поломки могут быть двух типов: поломка может делать ген постоянно активным, тогда как в норме его активность строго регулируется. Например, мембранный рецептор, передающий сигнал от пришедшего к клетке фактора роста, становится активным сам по себе и запускает клеточное деление даже в отсутствие ростового фактора. Такие гены в нормальном состоянии называются протоонкогенами, а после того, как их активирует мутаген – онкогенами. Другая возможность – поломка приводит не к приобретению, а к потере геном активности, которая в норме препятствует образованию опухоли. Например, рак может развиваться, если потеряет свою активность ген, продукт которого ингибировал бесконтрольный запуск деления клетки или же осуществлял репарацию (починку) поврежденных ДНК. Такие гены называют онкосупрессорами.

В общем виде образование и развитие опухоли (канцерогенез) можно представить в виде цепочки событий. Сначала происходит инициация – первичное воздействие мутагена на клетку. В результате становятся неконтролируемо активными один (чаще) или несколько (реже) онкогенов и/или выключается один (чаще) или несколько (реже) онкосупрессоров. Однако такая клетка будет быстро уничтожена апоптозом. Поэтому далее следует стадия промоции – например, в результате продолжающегося действия мутагенов. В результате повреждения генов, ответственных за точное копирование ДНК, клетка приобретает т.н. мутаторный фенотип: в ходе делений генерируются множественные мутации, так что потомки обладают широким спектром фенотипов, из которых отбираются наиболее приспособленные к делению и росту. Далее, в результате действия отбора, выживают клетки с нарушенными механизмами апоптоза и уже в результате этого выживают клетки со все большими повреждениями генома и еще более разнообразными фенотипами. В клетках активируются гены, которые в дифференцированных клетках неактивны, что приводит к потере клеточной дифференцировки. Опухоль растет, начинается нехватка питательных веществ и кислорода, поэтому селективное преимущество получают клетки, секретирующие факторы роста сосудов. Это белки, которые вызывают рост сосудов, в данном случае, к опухоли. Наконец, некоторые клетки приобретают способность выходить в кровоток. Большинство из них узнается и уничтожается иммунной системой, однако некоторые могут проникнуть в другие органы и дать начало вторичным опухолям, которые называются «метастазы».

Хорошая новость заключается в том, что при раннем выявлении злокачественных опухолей процент успешного лечения очень высок. В большой степени это связано с тем, что маленькую опухоль проще удалить целиком, т.к она еще не успела прорасти в соседние ткани, где уже значительно труднее увидеть все ее участки и удалить полностью, а также с тем, что клетки еще не приобрели способности к метастазированию.

Задания

Для ответа на задания используйте материал прочитанного текста. В каждом задании содержится не менее одного верного утверждения. Вам нужно выбрать все верные утверждения. Запишите их в поле ниже, используя числовые и буквенные обозначения, например: №1. А, Б, В.

№1. Выберите вариант (варианты), верно описывающий (описывающие) последовательность канцерогенеза.

А. Первичное воздействие мутагена на клетку – приобретение мутаторного фенотипа – активация протоонкогена и/или дезактивация гена-супрессора – инактивация апоптоза – потеря клеточной дифференцировки – инициирование роста сосудов для снабжения опухоли питательными веществами – метастазирование

Б. Первичное воздействие мутагена на клетку – активация протоонкогена и/или дезактивация гена-супрессора – повторное воздействие мутагена – приобретение мутаторного фенотипа – инактивация апоптоза – потеря клеточной дифференцировки – инициирование роста сосудов для снабжения опухоли питательными веществами – метастазирование.

В. Первичное воздействие мутагена на клетку – активация протоонкогена и/или дезактивация гена-супрессора – повторное воздействие мутагена – приобретение мутаторного фенотипа – инактивация апоптоза – потеря клеточной дифференцировки – метастазирование – инициирование роста сосудов для снабжения опухоли питательными веществами

Г. Первичное воздействие мутагена на клетку – активация протоонкогена и/или дезактивация гена-супрессора – повторное воздействие мутагена – приобретение мутаторного фенотипа – инициирование роста сосудов для снабжения опухоли питательными веществами – инактивация апоптоза – потеря клеточной дифференцировки – метастазирование.

№2. К генам-супрессорам канцерогенеза относятся гены, кодирующие:

- А. Белки систем репарации ДНК
- Б. Белки, запускающие S-фазу митоза
- В. Белки, запускающие апоптоз
- Г. Белки, передающие в клетку сигнал соматотропина.

№3. Выберите верные утверждения.

- А. Любая клетка организма человека может дать начало злокачественной опухоли.
- Б. При введении в кровоток химиотерапевтических препаратов, ингибирующих репликацию ДНК и неспецифически действующих на клетки, клеточное деление ингибируется и в здоровых клетках тоже, чем и объясняется значительная часть негативных побочных эффектов такой терапии.
- В. Для ранней диагностики онкологических заболеваний наиболее эффективны регулярные (раз в 2-3 года) УЗИ (ультразвуковые исследования) органов.

Г. В большинстве случаев опухоли развиваются из соматических клеток.

Д. У людей с нарушениями работы иммунной системы можно ожидать повышенную частоту возникновения злокачественных опухолей.

№4. Какими свойствами должны обладать вещества, вызывающие рак?

А. Вносить разрывы в цепи ДНК.

Б. Вносить разрывы в полипептидные цепи.

В. Иметь высокое сходство с белками систем репарации ДНК.

Г. Ингибировать ферменты репликации ДНК.

Д. Создавать поперечные сшивки между соседними нуклеотидами ДНК.

№5. В клетках существуют т.н. «мобильные элементы» - фрагменты ДНК, способные реплицироваться независимо от клеточной ДНК и встраивать свои копии в новые места генома. В большинстве случаев они выступают в роли:

А. Протоонкогенов

Б. Онкосупрессоров

В. С равной вероятностью как протоонкогены и онкосупрессоры.

Ответ

№1. Б

№2. А, В

№3. Б, В, Г, Д

№4. А, Д

№5. А

Критерии оценивания

Оцениваются только полностью правильно выполненные задания.

№1-№5 3 б. за задание.

Особенность заданий № 5- №7 - наличие большого числа решений. Помните, что чем больше разумных вариантов ответа Вы приведете, тем более высокой будет оценка. ВАЖНО: учитываются только верные ответы; за неверные гипотезы оценка не снижается!

Задание №5 (16 баллов). Какие приспособления имеют ночные насекомые для защиты от летучих мышей?

Ответ и критерии оценивания

2 баллами оценивались варианты, действительно существующие в природе и являющиеся специфическими для летучих мышей. В 1 б. оценивались варианты неспецифической защиты от хищника.

Идеи можно разделить на несколько групп.

1. Особенности морфологии насекомого.

- 1) Покровы насекомых могут поглощать ультразвуковые волны, испускаемые летучими мышами при помощи специальных приспособлений (волосков, чешуек на крыльях и т.п.). Таким образом, ночные насекомые значительно снижают заметность для летучих мышей - 2 балла
- 2) Форма тела, искажающая ультразвуковые волны - 2 балла.
- 3) Небольшой размер тела, что уменьшает вероятность попадания сигнала эхолокации на насекомое - 1 балл.
- 4) Насекомые имеют шипы колючки и другие специальные приспособления, препятствующие проглатыванию - 1 балл.
- 5) Прочные покровы, которые не способны прокусить летучие мыши - 0 баллов.
Есть мыши с очень крепкими зубами, способные разгрызть твердые покровы насекомых, а многие представители летучих мышей просто отрывают жесткие части (надкрылья, голову) и съедают мягкие ткани.
- 6) Большой размер (достаточный чтобы не помещаться в рот летучей мыши) - 0 баллов (мышь может съесть насекомое по частям).

2. Органы чувств насекомого.

Развитые органы чувств: глаза хорошо видят в темноте, органы слуха, запаха, рецепторы, способные улавливать ультразвук, и, чувствуя приближение летучей мыши, насекомые могут скрыться - 2 балла.

3. Образ жизни.

- 1) Активность в те ночные часы, когда мыши не охотятся - 2 балла
- 2) Обитание в условиях, где мыши не могут поймать, не летают, не охотятся (в почве, в воде, в очень густой траве, в подстилке, под корой) – 2 балла
- 3) Накопление ядовитых веществ и использование предупреждающих ультразвуковых сигналов – 2 балла
- 4) Воспроизведение ультразвука, способного запутать летучую мышь - 2 балла
- 5) Выделение сильно пахучих веществ, отпугивающих летучую мышь – 2 балла
- 6) Очень быстрый полет и высокая маневренность - 1 балл

- 7) Очень тихий полет - 1 балл
- 8) Групповой полет, групповой образ жизни - 1 балл
- 9) Обитание насекомых рядом с естественными врагами летучих мышей - 1 балл
- 10) Паразитизм на летучих мышах – 1 балл
- 11) Одиночный образ жизни - 0 баллов

4. Окраска тела насекомых: темная окраска, пугающая окраска, мимикрия под ядовитых насекомых и т.п. Эта группа идей оценивалась в 0 б., так как летучие мыши видят плохо, ориентируются в основном за счет эхолокации. Есть рукокрылые с хорошим зрением, но насекомые не их основная еда, питаются такие животные в основном плодами.

Задание №6 (16 баллов). У живых организмов, пол которых определяется половыми хромосомами, теоретически ожидаемое соотношение полов при рождении должно составлять 1:1. Однако у многих видов (в том числе и у человека) особей одного пола рождается стабильно больше, чем другого. Предложите механизмы, которые могут лежать в основе этого явления.

Ответ и критерии оценивания

Как и всегда, важны все слова из формулировки задания. Верными можно считать только ответы, которые предлагали механизм для стабильно воспроизводящегося отклонения от соотношения 1:1 среди рождающихся детенышей.

Ниже рассмотрим ответы, признанные верными. Они могут быть сгруппированы в несколько смысловых кластеров. При оценивании баллы присуждались за кластер, а не за каждую версию в его пределах. Неважно, приводил ли участник несколько примеров из кластера о зависимости пола от внешних факторов или всего один – оценка была одной и той же. В случае хорошо аргументированной и подробно изложенной верной версии участнику присуждали 2 б.; верную, но недостаточно детально обоснованную версию оценивали на 1 б.

В ряде случаев приведены ссылки на публикации, связанные с теми или иными версиями. Для будущих биологов, всерьез интересующихся соотношением полов, эти работы могут быть интересны.

1. Пол зависит не только от половых хромосом, но и от каких-то дополнительных внешних/внутренних факторов. Фавориты этой версии – конечно, рептилии с зависимостью пола от температуры инкубации кладки.
2. Неожиданно малое число участников упомянули «андроцид», провоцируемый у насекомых и других членистоногих цитоплазматическими эндопаразитами (например, бактериями рода *Wolbachia*). Эта версия, безусловно, верна.
3. Соотношение полов определяется неравным успехом гамет, несущих разные половые хромосомы.

Самая популярная версия – про то, что одна из половых хромосом физически меньше и легче другой, а потому одни сперматозоиды физически легче других и быстрее добегают до яйцеклетки.

Эту версию необходимо прокомментировать. Дело в том, что разница в массе между X- и Y-сперматозоидами легко выявляется при использовании специальных лабораторных методов (например, при центрифугировании или проточной сортировке), но едва ли ощутима *in vivo*. По крайней мере, в одном исследовании показано, что скорость движения

сперматозоидов с разными половыми хромосомами не различается, но есть статистически значимые различия по другим количественным параметрам их движения (*Penfold et al. (1998) Comparative motility of X and Y chromosome-bearing bovine sperm separated on the basis of DNA content by flow sorting. Molecular Reproduction and Development. 50: 323-327*). Поэтому версии, связанные со «скоростью», «подвижностью» и тому подобными характеристиками были засчитаны как верные.

4. Разные сперматозоиды могут иметь разную жизнеспособность (или разную функцию при оплодотворении – например, одни разрушают студенистые оболочки яйцеклетки, другие собственно оплодотворяют).

5. Эмбрионы разного пола имеют разные шансы на развитие.

5.1. Изящное подмножество этой версии – про социальные причины отклонения от соотношения 1:1 у человека (селективные аборты, ЭКО с использованием эмбрионов преимущественно одного пола). В животноводстве активно используют фракционирование сперматозоидов для искусственного осеменения.

5.2. Самки крупнее самцов, на их развитие требуется больше ресурсов, поэтому при благоприятных условиях самок рождается нормальное количество, а при неблагоприятных наблюдается избыток самцов.

5.3. Возможна иммунная реакция организма матери на эмбрион мужского пола. Это одна из частых причин бесплодия или хронического невынашивания беременности. Существуют публикации, подтверждающие это явление, - например, эта: *Nielsen et al. (2009) Association of HY-restricting HLA class II alleles with pregnancy outcome in patients with recurrent miscarriage subsequent to a firstborn boy. Human Molecular Genetics. 18: 1684-1691*.

5.4. Существует половой диморфизм по строению плаценты, который также может оказывать влияние на частоту вынашивания потомства определенного пола у плацентарных млекопитающих (*Kalisch-Smith et al. (2017) Review: Sexual dimorphism in the formation, function and adaptation of the placenta. Placenta. 54: 10-16*).

6. Практически никто из участников не предложил версию о том, что на соотношение полов может оказывать влияние вегетативное размножение. Это безусловно верно для растений (у многих двудомных растений есть половые хромосомы, хотя можно поспорить о том, что такое «рождение» для растений). Однако и среди животных вегетативное размножение встречается – например, у целого ряда аннелид.

Отдельным «суперкластером» выступают различные генетические причины (очень разнообразные и зачастую хорошие версии).

7. Партеногенез: особи одного из полов рождаются существенно реже. Очень частый пример с пчелами не совсем удачен (у них нет половых хромосом), но был оценен как верный.

8. В случае летальных или патогенных мутаций в половых хромосомах вероятность пренатальной гибели гетерогаметного пола выше. Версии с X(Z)-сцепленными и Y(W)-сцепленными мутациями были оценены как две разные верные версии.

Некоторые участники отвечали по сути на другие вопросы.

(1) Каково биологическое (адаптивное) значение такого отклонения (особей мужского пола надо производить больше, потому что их яркий брачный наряд способствует их большей заметности для хищников и пр.).

(2) Как такое отклонение может возникнуть в течение жизни уже родившегося поколения (например, более высокая смертность самцов из-за турнирных схваток

за самку; самки некоторых членистоногих поедают самцов после спаривания и т.п.). Версия о том, что пол может меняться в течение жизни, также неверна в контексте задания.

Версии, относившиеся к этим аспектам, не были засчитаны как верные.

Неверными также считались ответы, не проясняющие механизмы возникновения подобных отклонений (например, «влияние генома», «мутации» или «неравная жизнеспособность эмбрионов»). Без пояснений эти (и подобные им) версии не приносили баллов.

Во многих случаях участники упоминали некоторые явления, которые не имеют общепринятого истолкования (например, «феномен военных лет»). Без гипотезы о механизмах этих явлений подобные версии не были засчитаны. Популярная версия о том, что с возрастом отца изменяется соотношение производимых в его организме сперматозоидов с разными половыми хромосомами, не соответствует действительности (см., например: *Martin & Rademaker (1992) A study of paternal age and sex ratio in sperm chromosome complements. Human Heredity 42: 333-336*).

Неверна версия о том, что эмбрион одного пола может оказывать влияние на развивающийся одновременно с ним эмбрион другого пола. Такое влияние действительно возможно (например, фримартинизм у крупного рогатого скота), но приводит не к инверсии пола, а к интерсексуальности. Пол рождающегося детеныша вполне соответствует хромосомному, хотя существуют морфологические и поведенческие нарушения.

Также не считались правильными версии, которые сводились к описанию случайных явлений, не объясняющих, почему особей одного пола рождается стабильно больше, чем другого. Поэтому не были оценены положительно ответы вида «произошло нарушение мейоза и образовалось больше сперматозоидов с Y-хромосомой» или «возникла мутация в гене SRY Y-хромосомы». Делеция гена SRY (потенциально приводящая к развитию фенотипически женского пола при кариотипе XY) едва ли происходит чаще, чем его транслокация на X-хромосому, приводящая к развитию фенотипически мужского пола при кариотипе XX (синдромы Свайера и де ля Шапеля соответственно). Версия о суперсамках/суперсамцах у дрозофилы не была признана верной: непонятно, почему одного из полов при балансовом механизме определения пола должно образовываться больше, чем другого.

9. Единственная версия из обширной категории «Нарушения», которую при проверке зачили как верную, связана с нерасхождением половых хромосом. Например, у человека кариотип X0 соответствует женскому полу, а хромосомный набор Y0 несовместим с жизнью, поэтому при равной частоте нерасхождения половых хромосом детей женского пола будет рождаться чуть больше. Частота таких явлений невысока, но эта версия биологически верна и была оценена положительно.

Задание №7 (16 баллов). Многие вещества и продукты, которые раньше получали химически, в последнее время все чаще получают при помощи микроорганизмов. В чем преимущества микробиологического синтеза над химическим и в чем недостатки?

Ответ

Преимущества микробиологического синтеза:

1. С помощью микробиологического синтеза легче получать биологические молекулы, обладающие сложным строением, в том числе биологические макромолекулы, такие как белки.
2. Химический синтез зачастую происходит при избыточном давлении и высокой температуре, что является потенциально опасным для работников предприятия. Для микробиологического синтеза экстремальные условия не нужны, так как протекание реакций обеспечивается каталитическими системами клеток.
3. В качестве источников углерода и азота для микроорганизмов зачастую применяют отходы различных производств, что не только снижает стоимость синтеза, но еще и позволяет утилизировать отходы.
4. Микробиологический синтез позволяет получать нужные изомеры целевых продуктов, например, L-аминокислоты.
5. Продукты, полученные с использованием микроорганизмов, зачастую обладают большей маркетинговой привлекательностью.
6. Микробиологический синтез позволяет получать несколько продуктов сразу, например, ряд газов и органических кислот, синтезируемых в ходе брожений, или смесь антибиотиков одного класса.
7. Вырожденность биохимических путей позволяет подобрать оптимального продуцента для получения продукта в зависимости от исходных требований производства. В случае химического синтеза реакции уникальны и не могут протекать в отсутствие специфических катализаторов или необходимых условий.

Недостатки микробиологического синтеза:

1. Микроорганизмы чувствительны к условиям внешней среды и способны к физиологической изменчивости, приводящей к снижению выхода продукта или полной остановке его синтеза.
2. Необходимо поддерживать культуры, соблюдать условия их хранения и периодически проверки их на жизнеспособность.
3. Микроорганизмы способны синтезировать широкий спектр веществ, в том числе сходных по строению, что может затруднять выделение и очистку целевого продукта. Для химического синтеза также характерно наличие примесей в реакционной смеси, однако разнообразие содержимого клетки заметно выше, чем спектр побочных продуктов, образующихся в ходе химического синтеза.
4. В случае утечки микроорганизмов во внешнюю среду, возможны инвазии и нарушения целостности локальных экосистем.
5. Несмотря на то, что для микробиологического синтеза используются непатогенные микроорганизмы, требуется соблюдение правил биобезопасности.

6. Необходимость поддержания стерильности оборудования и реактивов приводит к дополнительным материальным и техническим затратам на производство.

7. Сложность масштабирования производства, вызванная изменчивостью микроорганизмов, возникающей при изменении условий культивирования.

8. Дополнительно необходимо проверять, что биологические объекты и их продукты жизнедеятельности не опасны для потребителей и сотрудников производства.

Это исчерпывающий список правильных ответов, которые приведены в работах всех участников. Все остальные варианты ответов не засчитывались и не будут засчитаны в случае апелляции.

Критерии оценивания

2 б. за правильную версию, но не более 16 б. за ответ.

Для того, чтобы версия была засчитана как правильная, она должна быть понятно и биологически грамотно объяснена. Краткие ответы, не содержащие подробностей, которые позволяют однозначно их истолковать (например, «микробиологический синтез эффективнее»), или содержащие в обосновании биологические ошибки, не оценивались. Если в правильном варианте ответа была биологическая ошибка, то за версию ставился 1 балл.

2022-2023 учебный год

Ответы на задания Всероссийской олимпиады школьников "Высшая проба" профиль "Биология", 9-10 класс

Максимальное количество баллов — 100.

Задание №1 (12 баллов). Эксперимент.

Школьник Алеша решил определить устойчивость бактерий, которые обитают на коже рук, к антибиотикам. Первоначальная гипотеза была такой: у тех, кто по результатам опроса принимает антибиотики чаще, устойчивость бактерий к ним выше.

С кожи рук одноклассников и учителей Алеша собирал пробы микрофлоры: руки протирали стерильными марлевыми салфетками, ополаскивали их в стерильном физиологическом растворе и высевали этот раствор на чашки Петри с питательной средой. Затем на чашки помещали бумажные диски, пропитанные растворами различных антибиотиков, и оставляли чашки в термостате на ночь при 37⁰С, после чего доращивали при комнатной температуре до появления видимых колоний. Если колонии на чашке выросли, но пространство вокруг диска оставалось чистым, микрофлору рук считали чувствительной к данному антибиотику (см. рис.). Если же колонии выросли вплотную к диску, микрофлору считали резистентной к данному антибиотику (см. рис.). Все участники эксперимента были опрошены, чтобы узнать, какие антибиотики они принимали и как часто.



В результате оказалось, что микрофлора, устойчивая к наибольшему числу антибиотиков, принадлежала молодой учительнице, которая говорила, что много лет не принимает антибиотики.

Какие могут быть причины у такого неожиданного результата эксперимента?

Ответ

1. Опрос не дает 100% уверенности в действительной ситуации – можно забыть, не сказать правду и т.д.
2. Учительница могла принимать антибиотики раньше, и устойчивые к ним бактерии могли сохраниться в ее организме.
3. Широкое использование антисептиков приводит к распространению устойчивых к антибиотикам микроорганизмов. В эту же категорию следует отнести использование антибактериального мыла или других косметических средств.
4. Учительница могла «подхватить» чужих резистентных бактерий после контакта с другими людьми: родственниками, учениками или просто пассажирами в автобусе.
5. Антибиотики могут содержаться в продуктах животноводства, которыми питаются люди.
6. У бактерий множество процессов обмена генетической информацией. Бактерии кожи человека, не принимавшего антибиотики, могут получить гены устойчивости от бактерий других людей при контактах.
7. Хотя методика эксперимента правильная, при его выполнении могли быть допущены ошибки.

Это исчерпывающий список правильных ответов, которые приведены в работах всех участников. Все остальные варианты ответов не засчитывались и не будут засчитаны в случае апелляции.

Часто встречающиеся неправильные версии:

1. «У учительницы генетическая предрасположенность к резистентности». В данном эксперименте оценивались не гены учительницы, а устойчивость бактерии, т.е. их генотипы.
2. «Сильный иммунитет учительницы обуславливает «сильные» бактерии, которые устойчивы к антибиотикам». Это так не работает. Устойчивость к антибиотикам –это результат включения особых механизмов их нейтрализации при непосредственном контакте бактерии и антибиотика, и он никак не связан с иммунитетом учительницы.

3. «Учительница могла сделать прививку». Прививки не влияют на генотипы бактерий, живущих на коже человека.
4. «Учительница могла болеть\быть беременной\находиться в стрессе». Эти факторы относятся к организму человека и не имеют влияния на резистентность бактерий.
5. «Учительница вела здоровый образ жизни\принимала витамины\соблюдала гигиену». Укрепление здоровья человека никак не связано с появлением устойчивых к антибиотикам бактерий – это разные организмы.

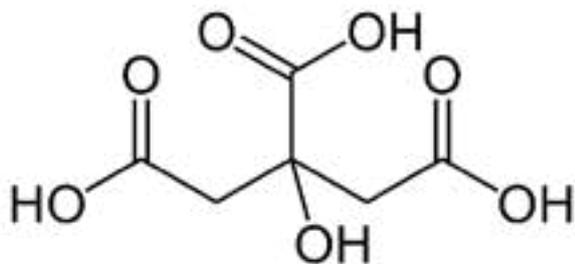
Критерии оценивания.

За каждую из приведенных в ответе и понятно объясненных и обоснованных версий начисляли 2 балла (10 класс) или 3 балла (9 класс). Всего не более 12 баллов.

Задание №2 (11 баллов). Расчетная задача.

Пишите подробное решение и поясняйте Ваши действия.

Лимонная кислота



Лимонная кислота ($C_6H_8O_7$) – один из метаболитов цикла Кребса – используется в различных областях промышленности и производится в огромных масштабах. Несмотря на различие технологий получения, продуцентом лимонной кислоты в большинстве случаев является гриб *Aspergillus niger*.

В некоторых странах для получения лимонной кислоты используют культивирование *Aspergillus niger* на багассе – отходах, получаемых при переработке сахарного тростника. При этом гриб растет в лотках, которые укладываются друг на друга, что увеличивает экономическую эффективность производства. Вместимость одного такого лотка площадью 1 м^2 составляет 1 кг багассы, а продуктивность процесса составляет $0.25 \text{ моль}_{\text{лимонной кислоты}}/\text{м}^2 \times \text{ч}$. Посчитайте, сколько лимонной кислоты получится в ходе культивирования

Aspergillus niger в системе из 10 уложенных друг на друга лотков размером 2×2 м в течение двух суток?

Справочные данные: число Авогадро $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹; $A_r(O) = 16$, $A_r(C) = 12$, $A_r(H) = 1$

Решение и критерий оценивания

1. Найдем площадь лотка, содержащего субстрат: $2\text{ м} \cdot 2\text{ м} = 4 \text{ м}^2$ – 2 балла (1 балл, если указана формула, но численный ответ не получен)
2. Найдем суммарную площадь лотков, по которой распределен субстрат: $4 \cdot 10 \text{ м}^2 = 40 \text{ м}^2$ – 2 балла (1 балл, если указана формула, но численный ответ не получен)
3. Посчитаем, сколько лимонной кислоты образуется в такой системе за час: $40 \text{ м}^2 \cdot 0,25 \text{ моль}_{\text{лимонной кислоты}} / \text{м}^2 \times \text{ч}^{-1} = 10 \text{ моль} \times \text{ч}^{-1}$ – 2 балла (1 балл, если указана формула, но численный ответ не получен)
4. Посчитаем, молярную массу лимонной кислоты:
 $6 \cdot 12 + 8 + 7 \cdot 16 = 192 \text{ г/моль}$ – 1 балл
5. Найдем массу образующейся лимонной кислоты:
 $192 \text{ г/моль} \cdot 48 \text{ ч} \cdot 10 \text{ моль} \times \text{ч}^{-1} = 92160 \text{ г} = 96,12 \text{ кг}$ – 4 балла

Так как в задании не было указано, в каких единицах измерения необходимо указать ответ, то за правильный ответ также засчитывалось правильно найденное количество вещества:

$$48 \text{ ч} \cdot 10 \text{ моль} \times \text{ч}^{-1} = 480 \text{ моль}$$

Если участник неверно находил площадь одного лотка (например, 2 м^2 вместо 4 м^2), то за задачу не могло быть получено более 1 балла (за молярную массу лимонной кислоты).

Если участник неправильно находил молярную массу лимонной кислоты и из-за этого получал численно неверный ответ, то оценка снижалась на 2 балла.

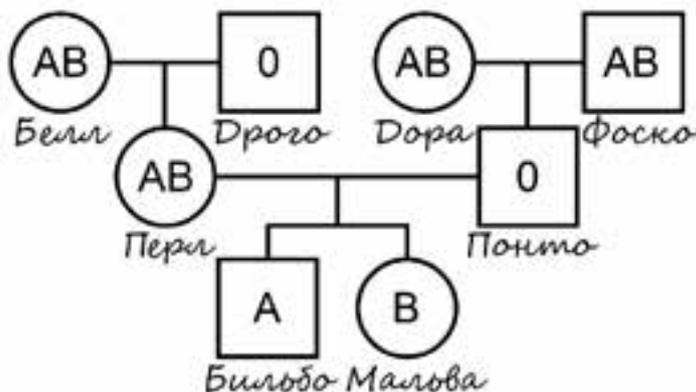
За арифметическую ошибки при вычислении (кроме вычисления молярной массы, описанного выше), оценка снижалась на 1 б. за каждый пункт, в котором допущена ошибка, кроме случаев, когда полученный результат противоречил здравому смыслу (например, масса полученной лимонной кислоты составляла 96 тонн и т.д. В таких случаях каждый ошибочный пункт оценивался в 0 баллов. Ответы без решения оценивались в 0 баллов.

Задание № 3 (14 баллов). Расчетная задача.

У человека группа крови по системе АВ0 определяется единственным не сцепленным с полом геном I, у которого есть три аллеля: I(A), I(B), I(0). У гомозигот I(0)I(0) первая группа крови 0(I), у людей с генотипами I(A)I(A) и I(A)I(0) – вторая A(II), генотипы I(B)I(B) и I(B)I(0) соответствуют третьей группе B(III), у гетерозигот I(A)I(B) – четвертая группа АВ(IV). Также у человека известен «бомбейский феномен», связанный с геном H: у гомозигот hh – первая группа крови независимо от генотипа по гену I.

У хоббитов известны те же четыре группы крови. Их определяет единственный ген, у которого те же три аллеля взаимодействуют таким же образом. У хоббитов встречается и «бомбейский феномен» (вошедший в историю как «ширский феномен»). Единственное отличие от людей – ген H у хоббитов находится в уникальной части X-хромосомы. Как и у людей, у хоббитов гомогаметный пол женский (XX), гетерогаметный – мужской (XY).

На схеме представлена часть обширной хоббичьей родословной. Какие дети и с какой вероятностью могут родиться у Перл и Понто?



Ответ приведите в процентах с точностью до второго знака после запятой.

Решение.

Начнём с того, что это очень простая задача.

В условии сказано, что у хоббитов группа крови (если не считать «бомбейского феномена») определяется так же, как и у людей. С учётом этого браки Белл-Дрого и Дора-Фоско выглядят неправдоподобными: там не может быть детей с такими группами крови, какие есть в условии. Значит, в деле замешан «бомбейский феномен».

Начнём с брака Белл и Дрого. У них рождается дочь (Перл) с генотипом I(A)I(B) – и, очевидно, X(H)X_ (у неё группа крови не 0). Если бы её отец имел «настоящую» группу крови 0 с генотипом I(0)I(0), у Перл не было бы группы крови АВ. Делаем вывод, что у Дрого проявляется «бомбейский феномен» (его генотип X(0)Y). Его генотип по гену I нам

неинтересен, но его дочь от него получила X-хромосому. Значит, генотип Перл $I(A)I(B)X(H)X(h)$.

Теперь рассмотрим брак Доры и Фоско. Ни у одного из них «бомбейский феномен» не проявляется (иначе хотя бы у одного из них была бы группа крови 0), но у их сына Понто как раз «бомбейский феномен». В противном случае мы не смогли бы объяснить рождение ребёнка с группой крови 0 от родителей с группой крови АВ. Значит, генотип Понто совершенно точно $X(h)Y$ (он унаследовал аллель $X(h)$ от гетерозиготной матери). При таких группах крови родителей генотип Понто по гену I может быть $I(A)I(A)$, $I(B)I(B)$ или $I(A)I(B)$.

Теперь посмотрим на детей Перл и Понто. С учётом известного нам генотипа Перл $I(A)I(B)X(H)X(h)$ легко установить, что генотип Понто $I(A)I(B)X(h)Y$. В любом ином случае у них не могло бы быть детей с группами крови А и В (проверьте это самостоятельно). Зная генотипы Перл и Понто, легко установить, какими будут группы крови их детей.

Ответ:

- Сын с группой крови 0(I): 25,00
- Дочь с группой крови 0(I): 25,00
- Сын с группой крови А(II): 6,25
- Дочь с группой крови А(II): 6,25
- Сын с группой крови В(III): 6,25
- Дочь с группой крови В(III): 6,25
- Сын с группой крови АВ(IV): 12,50
- Дочь с группой крови АВ(IV): 12,50

Критерий оценивания.

1. Правильное обозначение генов (2 б.)
2. Обоснованное определение генотипа Перл (2 б.)
3. Обоснованное определение генотипа Понто (2 б.)
4. Правильное вероятностное соотношение генотипов их детей (4 б.)
5. Обоснованное определение группы крови у каждого их потомков (3 б.)
6. Ответ в правильно указанных процентах (например, не 25%, а 25.00%, как требовалось в условии задачи) (1 б.).

Ответ без решения оценивался в 0 баллов.

Задание №4 (15 баллов). Анализ текста.

Внимательно прочитайте текст, затем приступайте к выполнению заданий.

Коллаген – это фибриллярный белок, составляющий основу межклеточного вещества соединительной ткани костей, хрящей, сухожилий, кожи, а также зубов. Поэтому коллаген – самый распространенный белок у млекопитающих, составляющий до 30% массы всех белков организма. В синтез коллагена вовлечено несколько десятков белков, в том числе ферменты с ионами металлов (железо и медь). Ежегодно создаются новые препараты для улучшения синтеза коллагена, компенсирующие процессы старения.

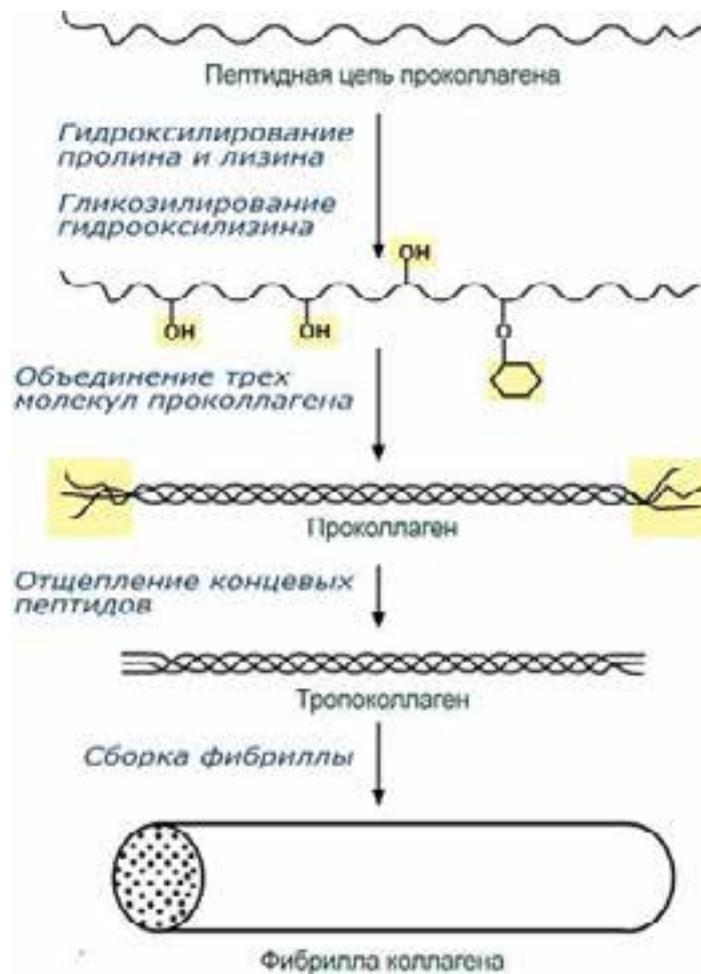
Поскольку разные локации в организме обладают разной спецификой, коллаген – полиморфный белок. Существует не менее 19 типов коллагена, отличающиеся по первичной структуре и локализации в организме.

Синтез и созревание коллагена включает несколько этапов, проходящих как в клетке, так и во внеклеточном матриксе.

Первый этап – синтез на рибосоме полипептидной цепи проколлагена, которая включает около 1000 аминокислот. Внутренняя часть цепи проколлагена состоит из повторяющихся триад аминокислот. В триадах первая аминокислота всегда глицин, вторая — пролин или лизин, а третья — чаще всего пролин.

Пролин и лизин подвергаются модификации – гидроксигированию. Гидроксигирование пролина и лизина начинается в период трансляции коллагеновой мРНК на рибосомах, продолжается на растущей полипептидной цепи и завершается вскоре после окончания трансляции (рис.). По количеству посттрансляционных модификаций коллаген является одним из «чемпионов» среди белков клетки.

Жесткая циклическая структура пролина и гидроксипролина (содержание этих аминокислот в коллагене не позволяет образовать обычную для белков правозакрученную α -спираль) приводит к тому, что образуется т.н. "пролиновый излом". Благодаря такому излому формируется левозакрученная спираль, где на один виток приходится 3 аминокислотных остатка.



Реакции гидроксилирования катализируют оксигеназы - железо-содержащие ферменты. Необходимыми компонентами этой реакции являются O_2 и витамин С. При цинге — заболевании, вызванном недостатком витамина С – нарушается гидроксилирование остатков пролина и лизина. В результате этого образуются менее прочные и стабильные коллагеновые волокна, что приводит к хрупкости и ломкости кровеносных сосудов и развитию симптомов цинги. Клиническая картина цинги характеризуется возникновением множественных точечных кровоизлияний под кожу и слизистые оболочки, кровоточивостью дёсен, выпадением зубов, анемией.

После гидроксилирования каждая проколлагеновая цепь соединяется водородными связями с двумя другими, образуя тройную спираль. В таком виде они секретируются в межклеточное пространство (рис).

В межклеточном матриксе концевые фрагменты коллагенов I, II и III типов отщепляются специфическими пептидазами, в результате чего образуются молекулы тропоколлагена, которые и являются структурной единицей коллагеновых фибрилл (рис.). При снижении

активности этих ферментов (синдром Элерса-Данло-Руссакова, тип VII) концевые пептиды проколлагена не отщепляются, вследствие чего нарушается образование тропоколлагена и далее нарушается образование нормальных коллагеновых фибрилл. Нити коллагена видны под микроскопом в виде дезорганизованных пучков. Клинически это проявляется малым ростом, искривлением позвоночника, привычными вывихами суставов, высокой растяжимостью кожи.

У коллагенов некоторых типов (IV, VIII, X) концевые фрагменты не отщепляются. Это связано с тем, что такие коллагены образуют не фибриллы, а сете-подобные структуры, в формировании которых важную роль играют концевые фрагменты.

Основа структурной организации коллагеновых фибрилл — ступенчато расположенные параллельные ряды молекул тропоколлагена, которые сдвинуты на 1/4 относительно друг друга. Молекулы коллагена не связаны между собой «конец в конец»: между ними имеется промежуток в 35 — 40 нм. Предполагается, что в костной ткани эти промежутки выполняют роль центров минерализации, где откладываются кристаллы фосфата кальция.

Фибриллы коллагена образуются спонтанно, путём самосборки. Образовавшиеся коллагеновые фибриллы укрепляются внутри- и межцепочечными ковалентными сшивками. Количество поперечных связей в фибриллах коллагена зависит от функции и возраста ткани. Например, между молекулами коллагена ахиллова сухожилия сшивков особенно много, так как для этой структуры важна большая прочность. С возрастом количество поперечных связей в фибриллах коллагена возрастает, что приводит к замедлению скорости его обмена у пожилых людей. Одна из основных причин старения кожи и появления морщин – нарушения синтеза и метаболизма коллагена, хотя истончение жировой клетчатки и ухудшение удержание влаги кожными структурами тоже вносят определенный вклад.

Задания

Для ответа на задания используйте материал прочитанного текста. В каждом задании содержится не менее одного верного утверждения. Вам нужно выбрать все верные утверждения. Запишите их в таблицу к вопросу №4 в бланке ответов.

1. Выберите правильную (правильные) последовательность событий:

А. Синтез на рибосоме полипептидной цепи проколлагена IV типа – начало гидроксилирования пролина и лизина – образование левозакрученной спирали – отщепление концевых фрагментов проколлагена – образование тройной спирали – секреция в межклеточное пространство – сборка коллагеновых фибрилл.

Б. Синтез на рибосоме полипептидной цепи проколлагена I типа – начало гидроксилирования пролина и лизина – образование левозакрученной спирали – образование тройной спирали – отщепление концевых фрагментов проколлагена – секреция в межклеточное пространство – сборка коллагеновых фибрилл.

В. Синтез на рибосоме полипептидной цепи проколлагена II типа – начало гидроксилирования пролина и лизина – образование левозакрученной спирали – образование тройной спирали – секреция в межклеточное пространство – отщепление концевых фрагментов проколлагена – сборка коллагеновых фибрилл.

Г. Синтез на рибосоме полипептидной цепи проколлагена III типа – начало гидроксилирования пролина и лизина – образование тройной спирали – образование левозакрученной спирали – отщепление концевых фрагментов проколлагена – секреция в межклеточное пространство – сборка коллагеновых фибрилл.

2. Выберите структуры, где содержится коллаген.

А. Копыта и рога

Б. Волосы

В. Сухожилия

Г. Кости

3. Выберите правильные (правильное) утверждения:

А. Молекула коллагена образует альфа-спираль.

Б. Выпадение зубов при цинге можно предотвратить приемом хвойного отвара, богатого витамином С.

В. Между молекулами коллагена ахиллова сухожилия много поперечных сшивков.

Г. Для синтеза коллагена необходим кислород.

4. У пожилых людей появляются морщины, потому что:

А. Уменьшается количество воды в структурах кожи.

Б. Истончается жировая клетчатка.

В. Нарушается углеводный обмен.

Г. Нарушается синтез заменимых аминокислот.

Д. Увеличивается количество коллагена в коже.

5. Чем коллаген отличается от большинства других белков:

А. Повторяющийся аминокислотный состав.

Б. Молекулы объединяются по три и образуют тройную спираль.

В. Имеет много форм.

Г. В синтез, помимо рибосомы, вовлечено необычно большое число ферментов.

Д. Множественные посттрансляционные модификации.

Ответ

№1. В

№2. В, Г

№3. Б, В, Г

№4. А, Б

№5. А,Б,В,Г,Д

Критерии оценивания

Оцениваются только полностью правильно выполненные задания.

№1-№5 3 б. за задание.

Особенность заданий № 5- №7 - наличие большого числа решений. Помните, что чем больше разумных вариантов ответа Вы приведете, тем более высокой будет оценка. ВАЖНО: учитываются только верные ответы; за неверные гипотезы оценка не снижается!

Задание №5 (16 баллов).

Хорошо известно, что видовой и количественный состав растений в населенных пунктах отличается от видового и количественного состава растений на прилегающих территориях. Почему?

Ответ и критерий оценивания

Каждая из перечисленных ниже версий оценивалась 2 баллами. Недостаточно подробно или недостаточно понятно сформулированную версию оценивали в 1 балл. Максимальная оценка – 16 баллов.

1. Грязь, запыленность, общее загрязнение в населенных пунктах, не связанное с промышленностью и автотранспортом.
2. Загрязнение воздуха из-за выхлопов автомобилей и промышленных выбросов в атмосферу.
3. Загрязнение воды, слив отходов производства в водоемы и водотоки.
4. Загрязнение почвы, мусорные свалки, промышленные выбросы отходов на землю, загрязнение противогололедными реагентами.
5. Вытаптывание.
6. Выпас скота.
7. Направленное уничтожение: вырубка, выкашивание.
8. Искусственное высаживание в населенных пунктах не характерных для данной местности культур; засев сельхозугодий монокультурами.
9. Вытеснение культурными растениями представителей естественной флоры.
10. Изменение гидрорежима территории, изменение влажности (воздуха, почвы) в населенных пунктах.
11. Отличие режима освещенности (затененности) в населенном пункте от прилегающих территорий.
12. Отличие температурного режима. Правильная версия: упоминание "эффекта теплового острова" - в населенных пунктах теплее, чем в окрестностях.
13. Отсутствие достаточного количества или конкретных видов опылителей в населенных пунктах.
14. Отсутствие или недостаточное количество в населенных пунктах распространителей семян и плодов.
15. Отсутствие симбионтов и изменение состава сообществ в населенных пунктах.
16. Изменение почвы в населенных пунктах: нарушена структура горизонтов, создан искусственный состав.
17. Внесение удобрений, уход за растениями.
18. Внесение ядохимикатов, гербицидов, пестицидов.
19. Разный состав консументов.

20. Ограниченное пространство для роста и распространения семян (плодов) в городах.
21. Подверженность болезням из-за угнетения в городах.
22. Различные условия расположения населенного пункта и окружающих территорий (долина в горах, остров с населенным пунктом в море, озере, болоте и т.п.).
23. Искусственное создание водоемов.
24. Природные пожары.

Это исчерпывающий список правильных ответов, которые приведены в работах всех участников. Все остальные варианты ответов не засчитывались и не будут засчитаны в случае апелляции.

Не оценивались версии, изложенные недостаточно понятно или подробно, без объяснения, как именно предлагаемые факторы влияют на растения, например:

1. Антропогенное воздействие/ Воздействие человека/ Человеческий фактор.
 2. Вред.
 3. Температура.
 4. Влажность.
 5. Стихийные бедствия.
- и т.п.

Не оценивались версии с упоминанием отдельных аспектов деятельности человека, не относящихся непосредственно к данному вопросу, например, селекция новых сортов культурных растений.

Задание № 6 (16 баллов).

Биолюминесценция – это способность живых организмов излучать свет. Как вы думаете, для чего им это нужно?

Ответ и критерии оценивания

Каждая из перечисленных ниже версий в случае понятного и подробного объяснения оценивалась в 3 балла. Максимальная оценка – 16 баллов.

Здесь и далее БЛ – биолюминесценция

- БЛ используется хищниками для охоты/приманивания жертв (рыбы из отряда удильщикообразных)
- БЛ служит для маскировки в окружающей среде (*Watasenia scintillans*)
- БЛ позволяет мимикрировать под другой организм (светлячки рода *Photuris*)
- БЛ используется для отпугивания/отвлечения внимания хищников (*Watasenia scintillans*)
- БЛ используется в качестве предупреждающей окраски/предупреждения о непригодности этого организма в пищу (*Acanthephyra purpurea*)
- БЛ нужна для привлечения полового партнёра (светлячки)
- БЛ используется для внутривидовой коммуникации (светлячки)
- БЛ может использоваться в качестве механизма для симбиоза (бактерии-симбионты фонареглов и др. рыб)
- БЛ позволяет приманивать разносчиков спор (справедливо только для грибов, при упоминании растений версия не засчитывается)
- БЛ позволяет отличить особей своего вида по частоте "миганий", паузам и т. д. (версии, сформулированные фразой: "БЛ нужна, чтобы отличить своих от чужих" считается неполной, т. к. не ясно, как именно происходит определение) (светлячки)
- БЛ является реакцией на внешний раздражитель (ночесветка)
Версии, сформулированные одним словом, неясно и/или непонятно объясненные или содержащие незначительную биологическую/логическую ошибку, а также слишком широкие и размытые оценивались в 1 балл.

Версии, перечисленные ниже, получали 1 балл за оригинальность и хорошее биологическое мышление.

- БЛ помогает организмам образовывать колонии
- БЛ является механизмом конкуренции
- БЛ позволяет осуществлять навигацию стаи
- БЛ является следствием питания, определенным субстратом/организмами

- БЛ бывают только детёныши, что позволяет их родителю обнаружить их
- БЛ используется хищником в атаке на жертву в качестве отвлекающего манёвра
- Животное выделяет БЛ вещества в среду, чтобы пометить что-либо

Это исчерпывающий список правильных ответов, которые приведены в работах всех участников. Все остальные варианты ответов не засчитывались и не будут засчитаны в случае апелляции. Максимальный балл за вопрос – 16.

Разбор наиболее частых версий, получивших 0 баллов

- БЛ используется для выработки энергии. БЛ – АТФ зависимый процесс, при котором энергия тратится
- Упоминание БЛ растений. БЛ растения выведены человеком для исследовательских и декоративных целей
- БЛ используется для освещения пространства вокруг себя, чтобы видеть лучше. Света от БЛ совсем недостаточно для освещения пространства вокруг. Намного эффективнее большие глаза, редукция зрения в пользу других анализаторов и другие приспособления к темноте.
- БЛ никак не используется. БЛ - АТФ зависимый процесс, а значит его наличие «просто так» было бы не выгодно с эволюционной точки зрения
- БЛ нужна для красоты/для выражения эмоций/для выказывания любви и т. д. не засчитывались, т. к. эти понятия антропоморфны и слабо применимы по отношению к животному миру.
- БЛ является следствием мутации/химических процессов. Всё, что происходит в живых организмах так или иначе является следствием мутации, которая произошла когда-то в ходе эволюции. Также, в основе большинства биологических процессов лежат химические реакции, поэтому эта версия слишком размытая и не отвечает на поставленный вопрос.

Задание №7 (16 баллов).

Открытие антибиотиков стало настоящей революцией в медицине и спасло миллионы жизней. К сожалению, с вирусами дело обстоит сложнее: до сих пор не найдено сопоставимых по эффективности лекарств. Однако немалые успехи все же достигнуты, а создание новых противовирусных препаратов – одно из основных направлений современной биомедицины и биофармацевтики.

Предложите различные механизмы действия противовирусных препаратов.

Ответ и критерии оценивания

Подробно описанная, обоснованная и биологически корректная версия оценивалась 3 баллами; корректный, но неполный ответ оценивался 2 баллами; версии «разрушение генетического материала/РНК/ДНК вируса», «разрушение капсида/белковой оболочки вируса» и «ингибирование вирусных ферментов», лишенные каких-либо уточнений, оценивались 1 баллом. При наличии в ответе биологических ошибок балл снижался. Максимальная оценка – 16 баллов.

Ниже представлен перечень версий, оцениваемых 3 баллами:

1. Ингибирование прикрепления вириона к поверхности клетки и проникновения вируса в клетку.

Поскольку образование новых вирусных частиц невозможно вне клетки, этап проникновения вируса в клетку является привлекательной целью для многих противовирусных препаратов. Возможные механизмы предотвращения данного события включают блокирование рецепторов на поверхности клетки, с которыми связываются белки оболочки вируса; блокирование белков вирусной оболочки, отвечающих за прикрепление вириона к поверхности клетки и участвующих в слиянии мембраны вируса с мембраной клетки

2. Ингибиторы «раздевания» вируса.

Речь идет о препаратах, блокирующих ионный канал M2 вируса гриппа. Известно, что после связывания вируса гриппа с поверхностью клетки происходит эндоцитоз, вследствие чего вирусная частица оказывается внутри эндосомы. Закисление

внутреннего пространства эндосомы способствует слиянию ее мембраны с оболочкой вируса; при этом M2 обеспечивает перенос протонов внутрь вирусной частицы, где они играют важную роль в отделении вирусного рибонуклеопротеина от белка M1, свободный рибонуклеопротеин далее выходит в цитоплазму клетки. При блокировании ионного канала M2 рибонуклеопротеин вируса оказывается связан с M1 и не может покинуть эндосому

3. Ингибирование встраивания вирусной ДНК в геном клетки-хозяина.

Важным этапом в жизненном цикле ретровирусов является встраивание двухцепочечной ДНК вируса в геном клетки-хозяина, осуществляемое специальным ферментом – интегразой. Препараты, ингибирующие интегразу, активно применяются в составе антиретровирусной терапии

4. Ингибирование репликации вирусного генома.

Большинство препаратов данного типа – аналоги нуклеозидов, мишенью которых являются вирусные полимеразы; они могут как связываться с активным центром фермента, блокируя его, так и встраиваться в растущую цепь, останавливая синтез. Так, например, при лечении инфекций, вызываемых герпесвирусами, активно применяются ингибиторы вирусных ДНК-полимераз (точнее, их предшественники). Ингибиторы обратной транскриптазы (РНК-зависимой ДНК-полимеразы, ревертазы) являются частью антиретровирусной терапии. Наконец, ингибиторы РНК-зависимых РНК-полимераз могут быть частью терапии, направленной на подавление РНК-вирусов

5. Использование олигонуклеотидов для подавления экспрессии вирусных генов.

При лечении некоторых вирусных заболеваний применяются антисмысловые олигонуклеотиды (англ. *antisense oligonucleotides*, *ASOs*) – короткие последовательности ДНК, комплементарные участку мРНК вируса. Связывание ASO с целевым транскриптом приводит к деградации последнего РНКазой H, и, как следствие, снижению экспрессии кодируемого вирусом белка. Схожего эффекта можно добиться при использовании малых интерферирующих РНК (англ. *small interfering RNAs*, *siRNAs*), участвующих в механизме РНК-интерференции

6. Ингибирование вирусных протеаз.

Во многих случаях вирусные белки кодируются одной последовательностью нуклеотидов и синтезируются как единая полипептидная цепь; впоследствии протеазы расщепляют эту цепь на отдельные функциональные белки. Таким образом, препараты, ингибирующие вирусные протеазы, препятствуют созреванию белков вируса

7. Ингибирование выхода вирусных частиц из клетки.

Описанным эффектом обладают, например, ингибиторы нейраминидазы вирусов гриппа. Известно, что прикрепление вируса гриппа к клетке осуществляется за счет взаимодействия гемагглютинина на поверхности вириона и сиаловой кислоты – широко распространенного компонента многих мембранных гликопротеинов. При высвобождении вируса гриппа описанное выше взаимодействие нежелательно, поэтому в мембране вируса гриппа присутствует специальный белок, отщепляющий сиаловую кислоту, – нейраминидаза.

8. Стимуляция иммунного ответа организма.

В дополнение к препаратам, специфично подавляющим активность вируса в организме, при лечении вирусных заболеваний широко применяются интерфероны. Они оказывают комплексное влияние на защитные механизмы организма, в том числе активируют клетки иммунной системы, способствуют подавлению экспрессии вирусных генов и увеличению экспрессии МНС класса I для более эффективной презентации клетками антигенов

9. Применение моноклональных антител или плазмы от донора, содержащей антитела к вирусу.

Связываясь с белками оболочки вируса, антитела препятствуют их взаимодействию с рецепторами на поверхности клетки и, как следствие, делают невозможным проникновение вируса в клетку. Более того, присоединяясь к поверхности вируса, они могут инициировать его разрушение системой комплемента или способствовать его поглощению фагоцитами.

2022-2023 учебный год

Ответы на задания Всероссийской олимпиады школьников "Высшая проба", профиль "Биология", 11 класс

Максимальное количество баллов — 100.

Задание №1 (12 баллов). Эксперимент.

Внимательно прочитайте текст задания. Найдите ошибки, допущенные при постановке эксперимента. Перечислите их и объясните, почему Вы считаете, что это ошибки. Для каждой ошибки объясните, как нужно было действовать, чтобы получить достоверный ответ на поставленный Мариной вопрос.

Девочка Марина решила выяснить, существует ли зависимость между заболеваемостью COVID-19 и группой крови. Для этого она опросила всех ребят 9 и 10 классов, а также всех учителей школы. Каждому участнику было задано два вопроса: «Какая у Вас группа крови?», «Болели ли Вы COVID-19?». По результатам опроса оказалось, что больше всего заболевших имели I группу крови. Марина сделала вывод, что люди с I группой крови наиболее подвержены COVID-19.

Ответ.

Давайте посмотрим, какие ошибки совершила Марина, и как их можно исправить.

1. Нет подтвержденного диагноза: люди могли принять за COVID-19 обычное ОРВИ. Или же наоборот – болеть бессимптомно. Поэтому для настоящего исследования необходимо лабораторное подтверждение диагноза.
2. Люди могли ошибиться со своей группой крови. Для достоверного исследования нужно определять группу крови в ходе работы или использовать документальное подтверждение.
3. Встречаемость групп крови системы АВ0 разная, людей с четвертой группой крови всего ~6%. При одинаковой подверженности заболеванию будет казаться, что люди с более распространенной группой крови болеют чаще. Поэтому необходимо соотносить количество участников исследования с частотой встречаемости групп крови.

4. У Марины была очень маленькая выборка. Для полноценного исследования необходимо существенно большее количество участников.
5. Нет статистической обработки, и поэтому результат может быть недостоверным. Рекомендуется использовать инструменты статистической обработки.
6. Разные возрасты могут быть по-разному подвержены заболеванию, это необходимо учитывать и проводить исследование для разных возрастных групп отдельно.
7. Тесты на COVID-19 могут быть ложноположительными и ложноотрицательными. Чтобы снизить влияние этого фактора на эксперимент, необходимо существенно увеличить выборку исследуемых или применить статистические инструменты.
8. Прививки от COVID-19 влияют на количество заболевших, поэтому необходимо разделять опрашиваемых людей на привитых и непривитых, опять же, требуя документальное подтверждение.
9. Засчитывалась также оригинальная версия о Бомбейском феномене, который мог смазать картину. Конечно, в нашей стране его встречаемость невысока, поэтому он вряд ли мог внести заметный вклад в результаты исследования.

Это исчерпывающий список правильных ответов, которые приведены в работах всех участников. Все остальные варианты ответов не засчитывались и не будут засчитаны в случае апелляции.

Основные ошибочные версии

1. «Марине нужно выяснить также и резус-фактор у опрашиваемых людей». Нет! Систем групп крови у людей существует более 30, и между собой они не связаны.
2. «Нужно узнать, носили ли люди маски и имели ли контакт с болеющими COVID-19».
3. «Нужно узнать степень тяжести перенесенного заболевания». В данном исследовании Марине это было бы непосильно, потому что личные ощущения от тяжести болезни могут не отражать реальную картину. Кроме того, Марине нужны были только данные о наличии/отсутствии перенесенного заболевания, а его тяжесть не входила в задачи исследования, и потому данные о ней никак не повлияли бы на результат.

Критерии оценивания.

За каждую из приведенных в ответе и понятно объясненных и обоснованных версий начисляли 1 балл + 1 балл за предложенное правильное решение каждой ошибки.

Максимальный балл за задание – 12.

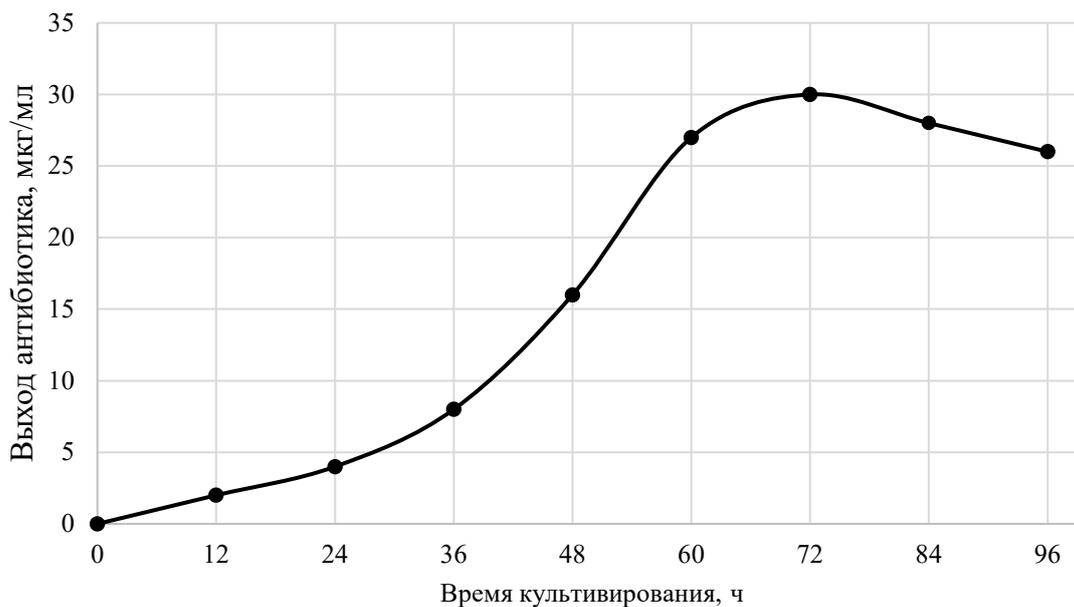
Задание №2 (11 баллов). Расчетная задача.

Пишите подробное решение и поясняйте Ваши действия.

Огромная группа микроорганизмов, принадлежащая к плесневым грибам, образует более 2500 видов антибиотических веществ, некоторые из которых применялись и применяются в медицине, получив всемирное признание в качестве лекарств от различных инфекционных заболеваний. Первым веществом, названным антибиотиком и применявшимся для спасения жизней от бактериальных инфекций, традиционно считают открытый в 1929 г Александром Флемингом пенициллин. Десять лет спустя открытием Флеминга заинтересовались Эрнст Чейн и Говард Флори, которым удалось впервые выделить и очистить пенициллин, что вызвало широкий научный и коммерческий интерес к производству этого препарата. В СССР изучать пенициллин начала Зинаида Виссарионовна Ермольева, под чьим руководством был получен очищенный пенициллин крустозин, спасший жизни многим солдатам во время Великой Отечественной Войны.

Структура пенициллина, как и пути его биосинтеза, были открыты намного позже. Основная проблема, с которой независимо столкнулись советские, английские и американские биотехнологи, заключалась в низком выходе пенициллина. На рисунке представлена динамика накопления бензилпенициллина (а именно эта молекула в ряду антибиотиков была открыта первой) его основным продуцентом – грибом *Penicillium chrysogenum*. На горизонтальной оси отложено время культивирования, а на вертикальной – концентрация антибиотика в 1 мл культуральной жидкости, в которой развивается продуцент. В промышленности антибиотик всегда получали в момент максимума его образования.

Динамика накопления бензилпенициллина продуцентом
Penicillium chrysogenum



За единицу активности бензилпенициллина принято минимальное количество препарата, способное задерживать рост золотистого стафилококка в 50 мл питательной среды. Для лечения одного пациента от стафилококковой инфекции требовалось количество антибиотика, обладающее активностью в 50 000 000 ед. Для очищенного Чейном и Флори бензилпенициллина было показано, что его активность составляет 1667 ед./мг препарата. Посчитайте, какой объем культуральной жидкости требовался до оптимизации промышленного получения бензилпенициллина для лечения одного пациента от стафилококковой инфекции?

Решение и критерии оценивания

1. Проанализируем график: в максимуме образования продуцентом бензилпенициллина выход бензилпенициллина составляет 30 мкг/мл

2 балла

2. Вычислим, сколько мг пенициллина нужно для лечения одного пациента, поделив 50 000 000 ед на 1667 ед./мг:

$$50\,000\,000 \text{ ед} : 1667 \text{ ед./мг} = 29\,994 \text{ мг (допускалось округление до } 30\,000 \text{ мг)}$$

3 балла

3. Для удобства переведем мг в мкг

$$29\ 994\ \text{мг} = 29\ 994\ 000\ \text{мкг}$$

3 балла

4. Так как из 1 мл культуральной жидкости извлекали только 30 мкг антибиотика, то, чтобы получить нужное количество для лечения одного пациента, необходимо было 29 994 000 мкг разделить на 30 мкг / мл

$$29\ 994\ 000\ \text{мкг} : 30\ \text{мкг/мл} = 999\ 800\ \text{мл} = 999.8\ \text{л}$$

3 балла

Альтернативный вариант решения:

1. Проанализируем график: в максимуме образования продуцентом бензилпенициллина выход бензилпенициллина составляет 30 мкг/мл

2 балла

2. Для удобства переведем мкг/мл в мг/мл

$$30\ \text{мкг/мл} = 0,03\ \text{мг/мл}$$

3 балла

3. Вычислим активность полученного бензилпенициллина в 1 мл: $1667\ \text{ед./мг} * 0.03\ \text{мг/мл} = 50.01\ \text{ед./мл}$

3 балла

4. Рассчитаем, какой объем культуральной жидкости с активностью 50.01 ед./мл нужен для получения 50 000 000 ед. антибиотика.:

$$50\ 000\ 000\ \text{ед.} / 50,01\ \text{ед./мл} = 999\ 800\ \text{мл} = 999.8\ \text{л}$$

3 балла

Ответ: 999.8 л культуральной жидкости.

Допускалось округление до 1000 л.

1 балл за пункт в решении ставился, если в вычислениях на данном этапе была допущена ошибка, искажающая дальнейший ход решения, но при этом участником были верно описаны действия, которые необходимо выполнить.

Если единицы измерения не были указаны, то все задание оценивалось в 0 баллов. Ответы без решения оценивались в 0 баллов.

Возможны другие пути решения, не искажающие смысл задачи и содержащие правильный ответ.

Задание № 3 (14 баллов). Расчетная задача.

Неудивительно, что цветочек аленький настолько редок. Окраску цветка у него определяет единственный ген с двумя аллелями. У гомозиготы A_1A_1 лепестки белые, у гомозигот A_2A_2 – алые, у гетерозигот A_1A_2 они тоже алые, но при опылении пыльцой с генотипом A_1 белеют. Это однолетнее растение за сезон образует всего один цветок, в завязи которого лишь одна семяпочка. Первое же попавшее на рыльце пыльцевое зерно опыляет эту семяпочку. Жизнеспособность, пыльцевая продуктивность и сроки цветения от генотипа не зависят.

В первый год на поле высеяли семена, из которых $3/4$ составляли гомозиготы A_1A_1 , а $1/4$ – гетерозиготы A_1A_2 . Растениям дали свободно переопылиться, осенью их семена попали в почву и весной второго года проросли. Каким будет соотношение по окраске цветков во второй год к концу сезона цветения, когда все растения уже будут опылены?

Ответ (в процентах) запишите, округлив до первого знака после запятой.

Решение

Посмотрим, какие гаметы образуют растения, выросшие в первый год.

	Генотип, его частота	
Растения первого года	$3/4 A_1A_1$	$1/4 A_1A_2$
Гаметы	$3/4 = 6/8 A_1$	$1/8 A_1, 1/8 A_2$

То есть, $7/8 A_1$ и $1/8 A_2$. Свободное переопыление (панмиксия) предполагает, что любые яйцеклетки могут быть опылены любой пыльцой. Запишем все возможные события оплодотворения в виде таблицы.

яйцеклетки	$7/8 A_1$	$1/8 A_2$
------------	-----------	-----------

пыльца		
7/8 A1	49/64 A1A1	7/64 A1A2
1/8 A2	7/64 A1A2	1/64 A2A2

Значит, на второй год вырастут растения с такими генотипами: 49/64 A1A1, 14/64 A1A2, 1/64 A2A2. Фенотип гомозигот нам известен, а окраска цветка гетерозигот будет определяться тем, какая пыльца этот цветок опылит. Определим, какая пыльца образуется у растений во второй год.

	Генотип, его частота		
Растения второго года	49/64 A1A1	14/64 A1A2	1/64 A2A2
Гаметы	49/64 A1	7/64 A1, 7/64 A2	1/64 A2

То есть, 56/64 (7/8) A1 и 8/64 (1/8) A2. Частоты гамет такие же, как и в первый год, что неудивительно: соблюдаются все условия для выполнения закона Харди-Вайнберга, но можно решить эту задачу, и не прибегая к нему.

Таким образом, получаем следующие частоты фенотипов:

49/64 A1A1 – белые;

14/64 A1A2, опылённые пыльцой с генотипом A1 (доля такой пыльцы 7/8), – 49/256 белых;

14/64 A1A2, опылённые пыльцой с генотипом A2 (доля такой пыльцы 1/8), – 7/256 алых;

1/64 A2A2 – алые.

Сложив частоты образования одинаковых фенотипов, найдём верный ответ.

Ответ: белые 95,7 %, алые 4,3 %

Критерии оценивания

1. Обоснованное соотношение гамет растений первого года (2 б.)
2. Обоснованно найденное соотношение растений второго года (4 схемы опыления, решетка Пеннета или закон Харди-Вайнберга) (4 б.)
3. Обоснованное соотношение генов в пыльце растений второго года (2 б.)
5. Правильный подсчет тех растений, которые меняют цвет после опыления соответствующей пыльцой. Второй год выращивания (4 б.)

6. Итоговый подсчет количества белых и алых растений, выраженный в процентах (2 б).

Ответ без решения оценивался в 0 баллов.

Задание №4 (15 баллов). Анализ текста.

Внимательно прочитайте текст, затем приступайте к выполнению заданий.

Эпигенетика – это раздел молекулярной биологии, который изучает наследуемые изменения экспрессии генов, не затрагивающие нуклеотидную последовательность ДНК. Само открытие такой возможности произвело революцию в понимании феномена наследственности, изменив парадигму, гласящую, что любое наследуемое изменение имеет своей причиной изменение набора нуклеотидов в ДНК. Сейчас это одна из самых интересных и быстро развивающихся областей молекулярной биологии.

Довольно быстро выяснилось, что большинство изменений наследуются недолго - в двух-трех поколениях. Однако уже известно немало примеров наследования в 5, 10 и даже большем числе поколений. Феномен обнаружен у всех эукариот: дрожжей, растений, дрозофилы, мышей и у человека. Конечно, наиболее эмоционально воспринимаются данные, полученные для человека. Кто еще недавно мог бы представить, что диета матери может влиять на появление диабета у детей! И это только верхушка айсберга!

Ключ к пониманию феномена кроется в двух процессах: метилировании ДНК и модификациях гистонов. Многие остатки цитозина в ДНК метилированы по пятому положению, причем метилируются они только в составе динуклеотидов CG. Метилировано до 60% всех CG динуклеотидов человека. Оказалось, что метилирование ДНК подавляет экспрессию генов! И этот механизм очень эффективен. Например, метилирование промотора (участка, который связывает РНК-полимеразу) приводит к прекращению синтеза мРНК. Интересно, что динуклеотиды CG очень часто сгруппированы как раз в промоторных областях, образуя «CG -островки». Это позволяет регулировать экспрессию генов. Метилирование обратимо: оно осуществляется ферментами метилтрансферазами, а удаление метильных групп осуществляют деметилазы. Поэтому таким образом можно включать и выключать гены.

Но как эти ферменты узнают, какой именно участок ДНК они должны метилировать? Здесь подключается второй слой регуляции. Известно, что ДНК наматывается на т.н. гистоновые

белки: восемь молекул гистонов образуют похожую на мячик структуру, на которую наматывается примерно полтора оборота ДНК. Таких «мячиков» в ядре сотни тысяч, и вместе с намотанной на них ДНК они похожи на бусы на нитке (рис.1).

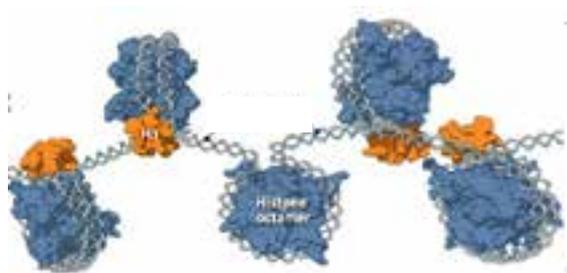


Рисунок 1. ДНК наматывается на структуру, образованную 8 белками, которые называются «гистоны». Получается похоже на бусы на нитке. Концевые участки гистонов не прилегают плотно к «бусине» (по <https://www.mechanobio.info/genome-regulation/what-are-nucleosomes>).

У каждой молекулы гистона есть концевой участок, который неплотно прилегает к «бусине», и его аминокислоты могут быть модифицированы: метилированы, ацетилированы или фосфорилированы. Модификации осуществляют специальные ферменты, и делают они это в ответ как на внутренние сигналы, так и на внешние факторы. Например, доказано, что особенности диеты, а также курение влияют на набор модификаций гистонов (а те, в свою очередь – на метилирование ДНК). В результате гистоны несут рисунок модификаций, отражающий текущие регуляторные процессы. Такой рисунок получил название «гистонового кода»: с модифицированными участками гистонов связываются различные регуляторные белки, которые могут запускать или прекращать синтез мРНК.

Рассмотрим один из этих механизмов чуть подробнее. Метилтрансфераза DNMT3A/B состоит из трех сегментов (доменов): собственно метилтрансферазного домена MTase, который и осуществляет метилирование ДНК, и двух регуляторных доменов: ADD и PWWP. В обычном состоянии домен ADD связан с доменом MTase и ингибирует его активность: метилирования ДНК не происходит. Но если этот домен «видит» неметилированный лизин в 4 положении гистона H3, то он связывается с ним, в результате

высвобождая домен MTase, который осуществляет метилирование ДНК (рис.2А). Если этот остаток лизина метилирован, то связывания и активации DNMT3A/B не происходит, и ДНК остается неметилированной (рис. 2Б). На отдельных участках ДНК в дополнение к описанному механизму домен PWWP узнает еще один маркер – метилированный лизин в 36 положении гистона H3. Это дает еще один участок связывания DNMT3A/B в дополнение к связыванию ADD-домена и поэтому обеспечивает более прочное соединение фермента с ДНК и гистонами и усиливает метилирование ДНК (рис. 2В). PWWP и ADD домены могут связываться с гистонами H3 в любой последовательности: на эффективность посадки фермента это не влияет (рис. 2В).

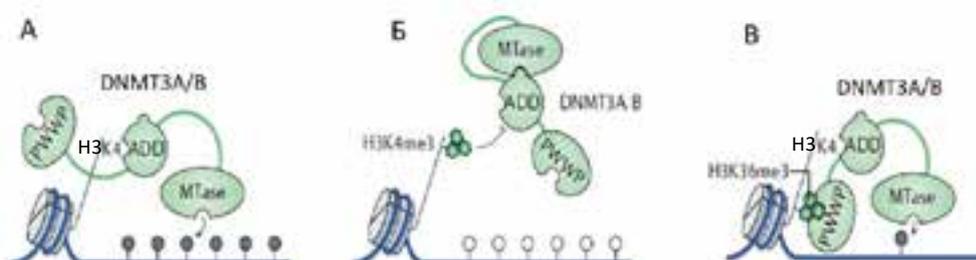


Рисунок 2. Темная нить – ДНК, серый диск – гистоновый комплекс («бусина»). Темными кружками показаны метилированные остатки цитозина, белыми – неметилированные. В соответствии со стандартной номенклатурой: H3 – гистоновый белок третьего типа. K – лизин, me3 – метилированный по трем положениям лизин. А,Б,В – три варианта взаимодействия метилтрансферазы DNMT3A/B с гистонами и ДНК, подробнее см. текст (По <https://doi.org/10.1038/s41580-019-0159-6> с изменениями).

Рисунок метилирования ДНК наследуется в ряду клеточных делений. Это происходит благодаря тому, что при репликации ДНК метилтрансферазы используют матричную цепь как образец и наносят метильные группы в аналогичные участки вновь синтезированной цепи. Но оказалось, что рисунок метилирования ДНК может наследоваться через поколения! В ходе гаметогенеза и раннего эмбрионального развития происходит глобальное деметилирование генома, однако позже рисунок метилирования в основном восстанавливается, хотя именно на этих этапах в него могут быть внесены изменения.

С возрастом точность метилирования снижается, что приводит к дерегуляции многих генов и может служить причиной возникновения ряда болезней.

С метилированием тесно связан феномен генного импринтинга (от imprint – запечатление): у некоторых генов всегда метилирован отцовский аллель, а материнский – нет (возможна и обратная ситуация). Поэтому транскрипция мРНК происходит только с одного - неметилированного - аллеля. Таких генов у человека известно около 100. Нарушение их функций вызывает ряд наследственных заболеваний.

Исследование механизмов эпигенетической регуляции захватывающе само по себе, а, кроме того, оно позволяет найти такие подходы к лечению и профилактике заболеваний, которые еще недавно никто не мог даже вообразить. Это область, в которой новое поколение ученых и практиков сможет сделать много удивительных открытий.

Задания

Для ответа на задания используйте материал прочитанного текста. В каждом задании содержится не менее одного верного утверждения. Вам нужно выбрать все верные утверждения (или неверные – в зависимости от формулировки вопроса). Запишите их в таблицу к вопросу №4 в бланке ответов.

№1. Выберите верную (верные) последовательности.

А. PWWP-домен узнает неметилированный H3K4 – ADD-домен узнает метилированный H3K4 – ADD-домен изменяет конформацию – высвобождается домен MTase – DNMT3A/B метилирует ДНК – синтез мРНК ингибируется

Б. ADD-домен узнает неметилированный H3K4 – ADD-домен изменяет конформацию – высвобождается домен MTase – DNMT3A/B метилирует ДНК – синтез мРНК ингибируется

В. PWWP-домен узнает метилированный H3K36 – ADD-домен узнает неметилированный H3K4 – ADD-домен изменяет конформацию – высвобождается домен MTase – DNMT3A/B метилирует ДНК – синтез мРНК ингибируется

Г. ADD-домен узнает неметилированный H3K4 – ADD-домен изменяет конформацию – высвобождается домен MTase – DNMT3A/B метилирует ДНК – синтез мРНК активируется

№ 2. Выберите верные (верное) утверждения.

А. Метилирование ДНК активирует экспрессию генов

Б. Метилирование гистонов всегда ингибирует метилирование ДНК.

В. Факторы внешней среды могут вызывать изменение числа метилированных нуклеотидов в ДНК.

Г. Остатки цитозина в ДНК метилируются по 5 положению в составе динуклеотидов CG

Д. В процессе старения рисунок метилирования ДНК нарушается, и это не приводит к существенным негативным последствиям.

№3. Как Вы думаете, почему метилирование ДНК – обратимый процесс?

А. Это позволяет использовать меньше ферментов, чем если бы метилирование было необратимым.

Б. Это дает возможность регулировать экспрессию генов в ответ на меняющиеся условия среды и потребности организма.

В. Это дает шанс исправить ошибочное метилирование.

Г. Это позволяет сделать наследование модификаций более надежным.

№4. Выберите неверные (неверное) утверждения.

А. Промоторы активно транскрибирующихся генов метилированы

Б. Метилтрансфераза DNMT3A/B узнает как метилированный, так и неметилированный лизин.

В. Можно предполагать, что тканеспецифичная экспрессия генов достигается в том числе за счет метилирования промоторных участков генов.

Г. Можно предполагать, что, зная рисунок метилирования ДНК у конкретного человека, можно диагностировать некоторые болезни, в том числе на ранней стадии.

№5. Как Вы думаете, по сравнению с обычным геном мутации в гене, подверженном импринтингу:

А. Будут проявляться с большей вероятностью

Б. Будут проявляться с меньшей вероятностью.

В. Вероятность проявления мутаций в генах, подверженных и не подверженных импринтингу одинакова.

Ответ

№1 Б, В

№2. В, Г

№3. Б, В

№4. А

№5. А

Критерии оценивания

Оцениваются только полностью правильно выполненные задания.

№1-№5 3 б. за задание.

Особенность заданий № 5- №7 - наличие большого числа решений. Помните, что чем больше разумных вариантов ответа Вы приведете, тем более высокой будет оценка. ВАЖНО: учитываются только верные ответы; за неверные гипотезы оценка не снижается!

Задание №5 (16 баллов). Известно, что в некоторых растениях, иногда в отдельных органах или тканях, содержание ионов определенных металлов существенно выше, чем в почве, на которой эти растения растут. Каким может быть приспособительное значение этого явления?

Ответ и критерии оценивания

Оценивались только полные, подробные и законченные версии. В случае хорошо аргументированной и подробно изложенной верной версии участнику присуждали 2 б.; верную, но недостаточно детально обоснованную версию оценивали на 1 б. За версию, в которой не содержалось объяснения описанного явления (например, «металлы нужны для жесткости растения», «калий помогает росту корня»), ставилось 0 баллов. За версию, в которой содержалась биологическая ошибка (например, «ионы металлов улавливают свет для фотосинтеза и передают его растению»), ставилось 0 баллов. За верное предположение, содержащее в обосновании биологическую ошибку, также ставилось 0 баллов.

Максимальное количество баллов за задание – 16.

Версии, за которые можно было получить 2 балла:

1. Защита. Повышенное содержание ионов металлов может предотвращать поедание растений фитофагами, изменяя органолептические свойства растения или даже придавая ему ядовитые свойства.

К этому же пункту относилось упоминание, например, кристаллов оксалата кальция и других солей металлов, откладывающихся в разнообразных частях растений.

2. Привлечение опылителей и распространителей семян. Известно, что некоторые ионы металлов, связываясь с антоцианами, способны изменять их цвет, а, следовательно, и окраску цветов и плодов, в которых они присутствуют, тем самым вначале способствуя опылению цветка, а затем распространению образовавшегося плода.

Сюда же относили версию о полезных свойствах плодов для животных, намеренно употребляющих плоды, содержащие, например, соли витаминов и т.п., и способствующих их распространению. Версия с цианокобаламином (витамин В12) не засчитывалась, так как этот витамин не синтезируется в растениях.

3. Фотосинтез. В хлоренхиме и других тканях, осуществляющих активный фотосинтез, будет повышено содержание хлорофиллов, а, соответственно, и магния. Версии, в которых вместо магния хлорофиллу приписывалось наличие цинка, железа, протонов и т.п., не засчитывались.

4. Коферменты. Известно, что металлы способны выполнять роль коферментов для ряда разнообразных ферментов. Например, в состав карбоангидразы, катализирующей гидратацию углекислого газа и присутствующей в больших количествах в хлоропластах, входит цинк, поэтому содержание этого металла в фотосинтезирующих тканях будет выше.

5. Передача сигнала. Многие движения растений (адаптивные и защитные), как и у животных, сопряжены с изменением мембранного потенциала. Например, в 2022 году было установлено, что мимоза в ответ на прикосновение сворачивает листья по кальций-опосредованному механизму (<https://doi.org/10.1038/s41467-022-34106-x>).

6. Поддержание рН. Некоторые металлы способны образовывать нерастворимые соединения с остатками кислот, накапливающихся из-за неполного окисления углеводов, и тем самым поддерживать рН, предотвращая закисление внутренней среды и накапливаясь в тканях растения.

7. Геотропизм. Статоциты, обеспечивающие регуляцию направления роста отдельных органов растения, содержат статолиты, включающие сульфат бария. Таким образом, повышенное по сравнению с остальными частями растения содержание бария будет наблюдаться, например, в корневых чехликах.

8. Поддержание оптимальных условий для жизнедеятельности симбиотических организмов. Известно, что на корнях бобовых, а точнее, в их корневых волосках, могут развиваться симбиотические бактерии, которым для фиксации азота необходима анаэробная среда. Анаэробность поддерживается, в том числе, и за счет синтеза леггемоглобина – гемсодержащего белка, способного связывать кислород в симбиосомах. Таким образом, в корнях растений может наблюдаться повышенное содержание железа, входящего в состав гема леггемоглобина.

9. Газообмен. Калий участвует в регуляции размера устьичной щели, поэтому присутствует в повышенном количестве в замыкающих клетках устьиц.

10. Прорастание семян. Для начальных этапов прорастания семян необходимо поддержание высокого тургорного давления. Кроме того, в прорастающих семенах происходят интенсивные процессы биосинтеза структурных белков и ферментов, в частности содержащих различные ионы металлов в качестве кофакторов. Например, многие семена богаты натрием, калием и кальцием.

11. Произрастание на почвах с повышенным содержанием ионов металлов. Наличие белков и остатков кислот, способных связывать ионы металлов (в том числе токсичных), обуславливает возможность некоторых растений выживать в экологических нишах, непригодных для жизнедеятельности других видов. При этом с видами, неспособными расти на таких почвах, не нужно будет конкурировать за общие ресурсы.

12. Накопление металлов может также наблюдаться в местах пониженной плодородности почв, например, при их вымывании за пределы почвенного профиля после внесения удобрений. В таких случаях может наблюдаться накопление солей и комплексов металлов, которые по мере роста растения будут являться донорами дефицитных ионов.

13. Поддержание тургорного давления. Увеличение ионной силы и формирование градиента водного потенциала осуществляется, среди прочего, с использованием катионов металлов.

14. Минерализация клеточной стенки. Отверждение клеточной стенки, содержащей пектин или лигнин, происходит за счет связывания ионов металлов, поэтому они могут накапливаться в тканях, богатых этими полимерами.

Это исчерпывающий список правильных ответов, которые приведены в работах всех участников. Все остальные варианты ответов не засчитывались и не будут засчитаны в случае апелляции.

Задание № 6 (16 баллов).

Представим, что все бактерии вдруг исчезли на всей планете. Какие последствия можно ожидать?

Ответ

Задание требовало от участников как можно более широкого взгляда на проблему, привлечения знаний о глобальных процессах в экосистемах и биосфере в целом.

Не учитывались все варианты, где были изложены рассуждения о том, что было бы, если бы бактерии исчезли давно/ их не было изначально, т.к. в задании речь шла именно об исчезновении всех бактерий в наше время. (Одна из самых популярных версий - исчезновение митохондрий и пластид, таким образом, не является верной, т.к. в ней рассматриваются события прошлого. В данный момент митохондрии и пластиды бактериями, очевидно, считаться не могут.)

Первая группа версий касается изменения баланса в экосистемах:

1. Бактерии являются редуцентами в экосистемах, обеспечивают процессы гниения мертвой органики и минерализации почв. Их полное исчезновение приведёт к нарушению круговорота углерода.

2. Отсутствие патогенных бактерий приведёт к исчезновению множества заболеваний: в результате снизится смертность от заболеваний среди животных в природных сообществах, что приведёт к ужесточению межвидовой и внутривидовой конкуренции.

*Отметим, что версия о неконтролируемом росте популяций в отсутствие бактериальных заболеваний нежизнеспособна, т.к. существует множество других лимитирующих факторов.

Кроме того, пропадут все бактериальные заболевания человека (гастрит, пневмония, кожные инфекции и т.д.).

3. Бактерии являются участниками цепей питания. Их исчезновение приведёт к нарушению баланса в большинстве экосистем.

Автотрофные бактерии осуществляют первичную продукцию. При их исчезновении резко сократятся темпы фиксации углекислого газа, нарушится круговорот углерода, снизится численность консументов 1 порядка.

Полностью исчезнут экосистемы, в которых бактерии являются единственными продуцентами. Сократится видовое разнообразие.

Кроме того, некоторые гетеротрофные бактерии также могут являться продуктами питания для других организмов, численность которых также снизится в результате исчезновения бактерий.

4. Всё экологические ниши, занимаемые бактериями (пункты 1-3), освободятся и будут заняты другими организмами. Например, простейшими, плесневыми грибами и одноклеточными водорослями.

Отдельно можно выделить группу версий о том, как снизится качество жизни организмов, которые вступают в симбиоз с бактериями.

5. Симбиотические целлюлолитические бактерии обитают в кишечниках всех травоядных организмов. Их исчезновение приведёт к невозможности усвоения целлюлозы привычным способом. Большая часть травоядных организмов погибнет, либо адаптируется, вступив в симбиоз с расщепляющими целлюлозу плесневыми грибами.

6. Микробиом кишечника человека помимо целлюлолитических бактерий содержит бактерии, способные вырабатывать витамины группы В, К, фолиевую кислоту и т.д. Кроме того, микробиом кишечника играет иммуномодулирующую роль, обеспечивая нормальное функционирование иммунной системы человека. Защитную функцию также выполняет микробиом слизистых и кожных покровов.

7. Исчезнут бактериофаги, неспособные адаптироваться к новым потенциальным хозяевам.

Отметим, что версия «исчезнут лишайники» верной не является, т.к. в качестве фотобионта могут выступать не только цианобактерии, но и зелёные водоросли.

Следующая категория ответов связана с нарушениями в глобальных круговоротах веществ.

8. Все формы фиксации атмосферного азота реализуются благодаря деятельности бактерий (в том числе симбиотических клубеньковых). Их отсутствие (а также отсутствие нитрифицирующих, аммонифицирующих и денитрифицирующих бактерий) приведёт к

нарушению круговорота азота, снижению почвенного плодородия, сокращению численности растений из-за нехватки усвояемых форм азота. Этот аспект исчезновения бактерий представляется наиболее фатальным, т.к. грозит почти полным вымиранием растительных продуцентов (а, следовательно, и организмов всех последующих звеньев цепей питания).

9. Цианобактерии, являющиеся фотолитоавтотрофами, по разным оценкам продуцируют от 20% до 40% атмосферного кислорода. Результатом их исчезновения будет нарушение круговорота кислорода, изменение количественного газового состава атмосферы, снижение количества растворенного кислорода в океанах. Это затронет аэробных существ, которые используют кислород в реакциях катаболизма.

10. Снижение содержания кислорода в атмосфере приведёт к повышению концентрации метана и углекислого газа. В результате изменится температурный режим на планете, т.к. усилится влияние парникового эффекта. Истончится озоновый слой, что приведёт к повышению влияния опасного ультрафиолета на живые организмы, увеличится частота возникновения мутаций.

11. Бактерии играют огромную роль в круговоротах фосфора, серы, железа и других элементов. Их исчезновение приведёт к дестабилизации глобальных геохимических циклов (накопление рудных и горючих ископаемых, осадочных пород и т.д.)

12. Для очистки сточных вод в настоящий момент применяются метантенки и прочие устройства, чья работа основана на биологической переработке отходов бактериями. Без них эти процессы станут невозможными. К этому же пункту были отнесены версии о нарушении хозяйственной деятельности человека по выработке различных видов биотоплива и силосованию кормов.

13. Серьёзно пострадает вся биотехнологическая отрасль экономики и пищевая промышленность. Затруднится производство кисломолочной продукции, органических кислот и т.д. Невозможен будет микробиологический синтез ряда веществ, для которых использовались бактериальные штаммы-продуценты. Возникнет необходимость перехода индустрии на применение других организмов в биотехнологических производствах (например, на грибы).

Обратите внимание, что упоминание трудностей в производстве вина, пива, пенициллина и прочих продуктов деятельности не бактериальных продуцентов, а грибов, являлось биологической ошибкой, поэтому за такие версии нельзя было получить более 1 балла.

Это исчерпывающий список правильных ответов, которые приведены в работах всех участников. Все остальные варианты ответов не засчитывались и не будут засчитаны в случае апелляции.

Критерии оценивания

2 б. за правильную версию, но не более 16 б. за ответ.

Для того, чтобы версия была засчитана как правильная, она должна быть понятно и биологически грамотно объяснена. Краткие ответы, не содержащие подробностей, которые позволяют однозначно их истолковать, или содержащие в обосновании биологические ошибки, не оценивались. За частичное раскрытие пункта ответа выставлялся 1 балл.

Задание №7 (16 баллов).

Рак – это заболевание, при котором происходит неконтролируемое размножение клеток. Неконтролируемое размножение начинается из-за возникновения мутаций в ДНК. Поэтому кажется очевидным, что чем больше клеток в организме и чем дольше живет организм, тем выше вероятность возникновения рака. Однако на практике это не так. Например, у человека клеток в 1000 раз больше, чем у мыши, а продолжительность жизни выше примерно в 30 раз. Для каждой конкретной клетки это дает в $\sim 10^7$ раз более высокий риск перерождения в раковую. Но на самом деле вероятность развития рака у человека и мыши примерно одинакова. При этом интересно, что в пределах вида положительная корреляция действительно существует: например, у небольших пород собак вероятность возникновения рака ниже, чем у крупных. Однако при сравнении разных видов эта зависимость теряется, что продемонстрировано для десятков видов млекопитающих. Этот парадокс имеет огромную практическую значимость и интенсивно исследуется молекулярными биологами во всем мире. Как Вы думаете, чем можно его объяснить: почему у разных видов нет зависимости между числом клеток и частотой возникновения рака? Почему у разных видов нет зависимости между продолжительностью жизни и частотой возникновения рака?

Ответ

Любая клетка может приобрести мутации, которые помогут ей выйти из-под контроля и дать начало злокачественной опухоли. Особенно остро эта проблема стоит перед большими животными — ведь в их организме больше клеток, выше и вероятность генетических ошибок.

В 1977 году Ричард Пето, профессор медицинской статистики и эпидемиологии из Оксфордского университета, опубликовал работу под названием «Эпидемиология, многоступенчатые модели и краткосрочные тесты мутагенности» (*Epidemiology, multistage models, and short-term mutagenicity tests*), в которой впервые описал парадокс, позже названный в его честь, который заключается в отсутствии корреляции между размерами тела, продолжительностью жизни и риском онкологических заболеваний. Обычно два «фактора риска» имеют место одновременно: крупные животные живут дольше, чем мелкие. И это еще больше усложняет проблему (рис. 1).



Рис. 1. Парадокс Пето

Парадокс Пето представляет огромный интерес для онкологов. Знания о том, как крупные животные защищаются от рака, могут помочь в лечении и профилактике онкологических заболеваний у человека.

Одним из решающих факторов существования парадокса на сегодняшний день является обратная корреляция размера организма и *скорости его метаболизма* (рис. 2).

(*Cell size and cancer: A new solution to Peto's paradox? Evolutionary Applications. 2015. DOI 10.1111/eva.12228*) Существует также прямая зависимость между размерами организмов и их средней продолжительностью жизни, что в свою очередь связано со скоростью метаболизма и таким образом подтверждает парадокс. Действительно, обмен энергией с окружающей средой контролирует такие процессы, как обновление клеточных органелл, гомеостаз реактивных форм кислорода, эффективность клеточных механизмов защиты, в том числе удаление токсинов и утилизацию старого материала. Чем крупнее организм, тем медленнее у него метаболизм и тем, как правило, дольше он живёт (природа знает исключения в виде голого землекопа и др.). Высокая скорость метаболизма является фактором ускорения всех клеточных и матричных процессов, в том числе деления, что увеличивает вероятность ошибки и случайной мутации в разы.

Разумеется, эволюция шла в сторону замедления метаболизма по мере увеличения размеров млекопитающих (речь именно о них, поскольку для других классов животных парадокс, судя по всему, тоже имеет место, но гораздо меньше известно о механизмах компенсации), поскольку генетические дефекты, способные привести к злокачественному перерождению, возникают в клетке во время деления. Меньше делений — меньше рисков. Но в таких рассуждениях есть слабое место: ведь для того чтобы тело животного могло вырасти таким, как у китов, наоборот, требуется *много* клеточных делений. Значит, напротив, риск рака должен возрастать. В клетках крупных животных медленнее протекают обменные процессы, и это даёт некоторые преимущества в плане защиты от рака. Например, образуется меньше «отходов» — свободных радикалов. Организму приходится тратить меньше ресурсов на различные функции, поэтому он может поддерживать нормальную работу *иммунной системы*, которая, в свою очередь, обеспечивает более надёжную защиту от рака.

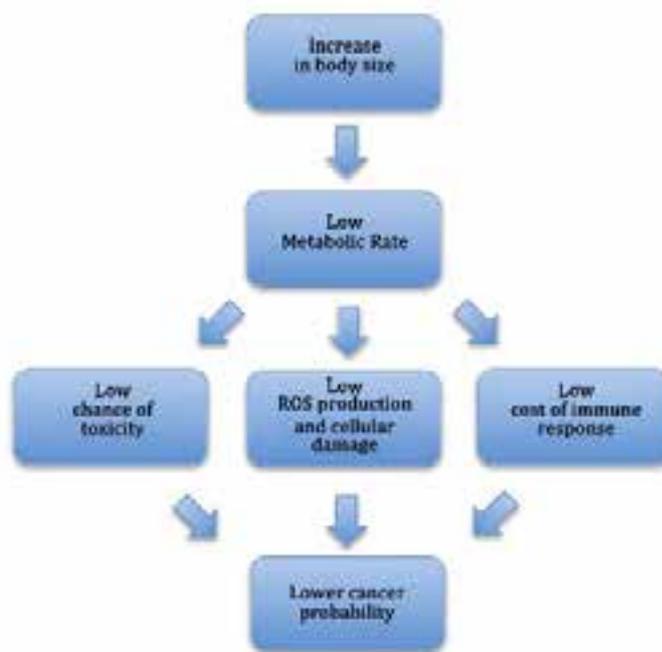


Рис. 2. Механизмы влияния низкой скорости метаболизма на риск онкологии.

Помимо этого, у крупных животных прослеживается тенденция на увеличение числа **генов-онкосупрессоров**, контролирующих пролиферацию и апоптоз клеток в каждом раунде клеточного цикла. Таким образом, в случае онкогенной мутации, продукты этих генов (в частности, “страж генома” *TP53*, кодирующий белок p53), отправляют клетку в апоптоз (программируемую смерть). У многих крупных животных, например, слонов, обнаружены дубликации таких “защитных” генов. Также обнаружено, что гены-паралоги не имеют интронов, что говорит нам о позитивном отборе тех видов, которые в результате ретротранспозиции увеличили **копийность** подобных генов, тем самым уменьшив вероятность поломки каждого из них. ([Potential Mechanisms for Cancer Resistance in Elephants and Comparative Cellular Response to DNA Damage in Humans. JAMA. 314, 1850. doi:10.1001/jama.2015.13134](#))

Механизмы противоопухолевой защиты у ещё более крупных и долгоживущих млекопитающих – китообразных - пока еще остаются загадкой, но кое-что уже известно, и есть некоторые предположения. Сравнительные геномные и транскриптомные исследования выявили у гренландского кита позитивный отбор некоторых генов, влияющих на риск рака и процесс старения, а также специфические изменения в экспрессии генов, в частности, связанных с сигнальными путями инсулина.

Так, обнаружили положительный отбор генов ERCC1 (кодирует фермент, участвующий в эксцизионной репарации ДНК путем удаления нуклеотидов) и *UCP1* (кодирует термогенин, — разобщающий белок, который присутствует в митохондриях бурой жировой ткани и участвует в продукции тепла у маленьких детей и животных, впадающих в спячку).

Напрашивается вывод о том, что в клетках гренландского кита работают мощные механизмы **репарации** ДНК. Возможно, именно они защищают самое крупное млекопитающее от рака. В дополнительных копиях *TP53* попросту нет необходимости. Но пока это лишь предположения. ([Mechanisms of cancer resistance in long-lived mammals. Nat Rev Cancer, doi: 10.1038/s41568-018-0004-9](https://doi.org/10.1038/s41568-018-0004-9))

Остальные возможные стратегии компенсации размеров и продолжительности жизни являются спекулятивными, однако из общих биологических соображений согласуются с уже известными фактами и наблюдениями. Так, версия более совершенной у крупных животных **регуляции экспрессии потенциальных онкогенов** (роль микроРНК, более строгая регуляция факторов плюрипотентности и теломеразы, сюда же относится эпигенетика) является возможной, поскольку это слишком широкий термин, и данные пока не накоплены. Однако частный случай этого, а именно, более совершенная, по-видимому, репарация, вполне прослеживается среди видов.

Также засчитывается версия о большей **стрессоустойчивости** крупных организмов (стресс является одним из комплексных факторов, провоцирующих рак), что является бонусом их размеров и в связи с этим – защиты от хищников.

Принимается версия со стороны мелких животных, а именно – в эволюции животных с малыми размерами тела не выработались эффективные противоопухолевые механизмы, так как их продолжительность жизни в естественных условиях гораздо короче и вероятность гибели от сторонних факторов (хищники, отсутствие пищи, климатические условия) намного выше, чем от рака. Однако варианты ответа по типу, *в ходе эволюции были приобретены адаптации* не засчитываются, поскольку это является априорным тезисом, который применим ко всему и который стоит задача раскрыть (какие адаптации?).

Это исчерпывающий список правильных ответов, которые приведены в работах всех участников. Все остальные варианты ответов не засчитывались и не будут засчитаны в случае апелляции.

НЕ засчитываются ответы о различных условиях среды, канцерогенах, которым в разной степени подвергаются популяции, так как данные явления не объясняют парадокс Пето.

НЕ засчитываются ответы о различной восприимчивости клеток млекопитающих к воздействию канцерогенов, генетической предрасположенности, а также о разных механизмах развития опухоли (поскольку это тоже не объясняет корреляцию между размерами тела и развитием рака).

НЕ засчитываются ответы о различной частоте мутаций у разных видов, поскольку это случайный параметр.

НЕ принимается вариант увеличения частоты мутаций (соответственно, рака) с увеличением размеров генома или количества генов/некодирующих элементов, поскольку не установлено корреляции с размерами тела и сложностью организмов (С-парадокс, G-парадокс).

НЕ принимается версия с уменьшением предела Хейфлика у крупных животных, поскольку также не прослеживается закономерностей размера теломер между видами крупного и мелкого размеров. Известно, что зависимость размера теломер от возрастных изменений не универсальна, длина теломерной ДНК у разных организмов (а иногда и у одного и того же организма) может со временем не только уменьшаться, но и расти, а у многих организмов такой зависимости вообще нет. К примеру, у морского ежа *Strongylocentrotus franciscanus*, живущего более ста лет, размер теломерных районов составляет всего 5 тыс. пар нуклеотидов.

Критерии оценки

За правильную версию ставилось 3 балла.

В случае неточной формулировки, но в правильном направлении – 2 балла.

В случае недостаточно подробного или недостаточно понятного изложения правильной версии – 1 балл.

**Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба»
Профиль «Химия»**

Аннотация

Мы, как авторы данного сборника, являемся откровенными фанатами химии во всех ее существующих проявлениях. Многие из нас начали интересоваться химией в школьные годы, участвуя в олимпиадах и создавая проекты. Теперь же мы занимаемся данной наукой уже в лабораториях академических институтов, собственным трудом развивая ее. Но наша любовь к олимпиадам никуда не делась, а лишь усилилась. Именно поэтому мы и работаем над организацией «Высшей пробы», позволяющую обсудить в задачах реальную химию силами начинающих ученых, которыми, несомненно, являются олимпиадники.

Этот сборник посвящен тем, кто не просто интересуется химией, а тем, кто хочет оценить ее красоту и эстетику, кто уже стоит на пороге открытий и будущих научных достижений. Участие в олимпиаде – серьезное дополнение к багажу знаний и помощь в достижении целей. А участие в «Высшей пробе» – это залог успеха в дальнейшем покорении научных вершин. Почему? Сейчас расскажем.

Ежегодно для каждого этапа нашей олимпиады мы создаем интереснейшие задания, для поиска ответов на которые нужна не только эрудиция, но и нестандартное мышление. Любая наша задача – это отдельное свершение ученых, подсмотренное в научных журналах, почерпнутое в разговоре с наставниками, рожденное в споре с коллегами.

Авторы пособия по-настоящему влюблены в химию, неустанно продолжают погружаться в науку и делать новые открытия. Составители заданий – те, кто в химических «головоломках» знает толк: ученые-химики с многолетним опытом, в том числе академики, генерирующие базовые идеи для задач, и их будущие коллеги, сегодняшние студенты – вчерашние школьники, получавшие призовые места в профильных олимпиадах.

Книга будет полезна и начинающим участникам олимпиад по химии, и тем, кто попробовал свои силы в олимпиадных испытаниях разного уровня. Приступая к решению, помните, что авторы-составители сборника не зацикливались на выстраивании тематических алгоритмов или на построении типовых цепочек решения. Каждая задача – уникальна, однотипных заданий в сборнике вы не найдете.

Все задачи, представленные в книге, использовались в заданиях разных лет и разных этапов «Высшей пробы». Даем важную подсказку – здесь нет нерешаемых задач! Попробуйте самостоятельно дать ответ хотя бы на одну из них, а затем сравните его с нашим вариантом решения, внимательно прочитайте объяснение к нему, и вы поймете, что работа над поиском правильных ответов затягивает. Вскоре вы заметите, как решение олимпиадных задач становится хобби. А это уже серьезный шаг к победе.

Стоит отметить, «Высшая проба» – не просто интеллектуальное состязание, для успешного выступления в котором недостаточно только школьных знаний. В этой олимпиаде побеждает тот, кто интересуется химией по-настоящему, кто планирует связать свою дальнейшую учебу, а затем и профессию, с этой замечательной наукой.

«Высшая проба» включена в Перечень олимпиад школьников и дает серьезные преимущества при поступлении на факультет химии НИУ «Высшая школа экономики». Весь учебный план, куда входит научная работа с 1 курса, на этом факультете формируется научными сотрудниками химических институтов Российской академии наук. В том числе теми, кто составляет задачи «Высшей пробы».

Наш сборник поможет найти ключ к успеху не только сейчас, но и при реальной работе в фундаментальной химии.

Дерзайте, решайте, тренируйтесь и готовьтесь к встрече с нами и нашими задачами на олимпиаде «Высшая проба»! Желаем побед!

**Перечень и содержание тем
Всероссийской олимпиады школьников «Высшая проба»
по профилю «Химия»**

9-10 классы

Тема 1. Периодическая система, теория строения вещества и связь между положением в периодической системе и свойствами элементов и их соединений. химическая связь

Сущность, базовые основы периодичности химических элементов и формулировки периодического закона.

Структура атома. Изотопы. Представления об электронном строении атома. Предельное количество элементов в периодах. Группы, подгруппы, s-, p-, d- и f-элементы. Свойства атомов химических элементов: радиусы атомов, энергия ионизации, сродство к электрону, электроотрицательность. История Периодического закона и периодической системы химических элементов. Предсказание свойств существующих и еще не открытых элементов и их соединений.

Связь структура атома – свойства.

Причина связи положения элемента в периодической системе и его свойств, а также свойств его соединений. Причины периодичности свойств химических элементов. Периодическое изменение свойств химических элементов в группах и подгруппах.

Строение молекул и химическая связь.

Теория валентности. Валентность и степень окисления – различия, в частности, в органических соединениях. Форма s-, p-, d- и f-атомных орбиталей. Способы перекрывания атомных орбиталей при образовании химической связи.

Ионная связь. Соединения со сложными катионами и анионами. Ковалентная связь. Соединения с типичными ковалентными связями.

Литература

1. А. В. Мануйлов, В. И. Родионов. Основы химии. Интернет-учебник. 2016 г., <http://www.hemi.nsu.ru/>
2. Ф. Коттон, Дж. Уилкинсон. «Современная неорганическая химия», в трех томах, «Общая теория», М, Мир, 1969

Тема 2. Основы физической химии, растворы и растворимость, электролитическая диссоциация, энергетические и тепловые эффекты

Химическая термодинамика. Химическое равновесие.

Расчет тепловых эффектов реакций. Обратимые и необратимые процессы. Химическое равновесие. Факторы, влияющие на смещение положения равновесия. Принцип Ле Шателье- Брауна.

Растворы. Теория электролитической диссоциации.

Насыщенный раствор и растворимость. Концентрация вещества в растворе. Зависимость растворимости от температуры. Факторы, влияющие на растворимость. Взаимодействие растворителя с веществом. Свойства растворов электролитов. Степень электролитической диссоциации. Сильные и слабые электролиты. Растворы сильных электролитов. Растворимость солей. Малорастворимые соли.

Теория кислот и оснований. Сильные и слабые кислоты, основания. Факторы, определяющие силу кислот и оснований. рН.

Гидролиз солей, образованных сильной кислотой и слабым основанием. Гидролиз солей, образованных слабой кислотой и сильным основанием. Гидролиз солей слабых кислот и оснований. Факторы, влияющие на степень гидролиза.

Кинетика химических реакций.

Скорость реакции. Зависимость скорости реакции от температуры. Цепные реакции.

Литература

1. *Эткинс П.* Физическая химия М, Мир, 1980
2. *Ярославцев А.Б.* Основы физической химии. Изд. 4-е, испр. и доп. М.: Научный мир, 2018. – 264 с.
3. *Загорский В.В.* Трудные темы школьного курса химии. 2015, <http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/Zagorskii/welcome.html>

Тема 3. Химия элементов и их соединений. химические реакции и реакционная способность. Окисление и восстановление. Уравнения окислительно-восстановительных реакций

Водород, изотопный состав. Гидриды, свойства. Вода, строение, свойства. Аномальные свойства воды (температура плавления и кипения). Водородная связь. Соединения с водородной связью.

Элементы III группы главной подгруппы. Сравнение строения и свойств простых веществ и соединений. Кислоты бора и бораты, строение, получение и свойства. Сравнение свойств соединений бора и кремния. Алюминий, получение, свойства, условия реакции с водой, кислотами и щелочами.

Элементы IV группы главной подгруппы. Сравнение строения и свойств простых веществ и соединений. Проявляемые степени окисления. Физические и химические свойства, способы получения. Кислородные соединения. Оксид углерода (II), строение, свойства, получение. Оксид углерода (IV), строение, свойства, получение. Оксид кремния. Кремниевая кислота. Силикаты. Галогениды.

Элементы V группы главной подгруппы. Сравнение строения и свойств простых веществ и соединений. Проявляемые степени окисления. Физические и химические свойства, способы получения. Водородные соединения, строение молекул, физические свойства, химические свойства, получение. Кислородные соединения. Оксиды азота, строение молекул, физические свойства, химические свойства, получение. Азотная и азотистая кислоты. Соли азотной кислоты, их свойства, термическое разложение. Окислительно-восстановительные реакции соединений азота. Фосфорные кислоты, строение молекул, физические свойства, химические свойства, получение.

Элементы VI группы главной подгруппы (халькогены). Кислород. Сравнение строения и свойств простых веществ и соединений. Проявляемые степени окисления. Физические и химические свойства, способы получения. Водородные соединения, физические свойства, химические свойства, получение. Оксиды ЭО₂, физические свойства, химические свойства, получение. Кислородные соединения. Оксид серы (VI), серная кислота, сульфаты.

Элементы VII группы главной подгруппы. Галогены. Сравнение строения и свойств простых веществ и соединений. Проявляемые степени окисления. Физические и химические свойства молекул галогенов, способы получения. Галогеноводороды, строение молекул, физические свойства, химические свойства, получение. Кислородные соединения галогенов. Элементы VIII группы главной подгруппы. благородные газы. Сравнение строения и свойств простых веществ и соединений. Проявляемые степени окисления. Фториды ксенона.

Химия металлов.

Обзор физических и химических свойств металлов.

Особенности свойств s-элементов. Сравнение строения и свойств простых веществ и соединений. Физические и химические свойства, способы получения. Основания. Растворимые и нерастворимые основания. Причины сходства свойств соединений Li-Mg,

Be-Al.

Особенности свойств d-элементов и их соединений.

Элементы I и II групп побочной подгруппы. Сравнение строения и свойств простых веществ и соединений, проявляемые степени окисления.

Элементы IV группы побочной подгруппы. Сравнение строения и свойств простых веществ и соединений, проявляемые степени окисления.

Элементы VII группы побочной подгруппы. Сравнение строения и свойств простых веществ и соединений, проявляемые степени окисления. Окислительно-восстановительные реакции в воде.

Элементы VIII группы побочной подгруппы (железо, кобальт, никель). Сравнение строения и свойств простых веществ и соединений, проявляемые степени окисления.

Сопоставление свойств элементов главных и побочных подгрупп. Комплексные соединения, координационное число.

Окислительно-восстановительные реакции. Сопряженные окислительно-восстановительные процессы в растворах. Ряд напряжений. Зависимость состава продуктов окислительно-восстановительных реакций от силы окислителя или восстановителя. Влияние pH. Методы уравнивания окислительно-восстановительных реакций.

Электролиз расплавов.

Литература

1. Шрайвер Д., Эткинс П. Неорганическая химия. М, Мир 2004
2. Хьюи Дж. Неорганическая химия. М. Химия 1987
3. Суворов А.В., Никольский А.Б. Общая и неорганическая химия. В 2 Т. Том 1, 2. 6-е изд., испр. и доп.) С-Пб. Санкт-Петербургский государственный университет, 2018

Классификация предлагаемых на олимпиаде задач по типам и методам решения

I. Расчетные задачи

1. Расчеты без химических реакций
 - 1.1. Аддитивные смеси
 - 1.2. Определение формулы химического соединения по явно заданным количественным параметрам
2. Расчеты с использованием уравнений химических реакций
 - 2.1. Определение формулы вещества по количественным данным о его превращениях
 - 2.2. Расчет по одному уравнению реакции
 - 2.2.1. Простая пропорция с явно заданными количественными параметрами
 - 2.2.2. Избыток (недостаток) одного из реагентов
 - 2.2.3. Неявно заданные количественные параметры
 - 2.2.4. Расчеты с использованием разности масс реагентов и продуктов реакции
 - 2.3. Расчеты по нескольким уравнениям химических реакций
 - 2.3.1. Сравнение количественных данных нескольких процессов
 - 2.3.2. Последовательно протекающие реакции (составление

«стехиометрических схем»)

2.3.3. Расчеты по уравнениям одновременно протекающих реакций

(«задачи на смеси»)

II. Качественные задачи

1. Ключи-подсказки к решению

1.1. «Ключики» к решению качественных задач

1.2. Органолептические свойства, идентификация по цвету и запаху, аналитические качественные определения

1.3. Агрегатное состояние

1.4. Ключевое химическое свойство

1.5. Расчет как ключевой фактор в решении качественных задач

1.6. Уникальные физические свойства. Структурные и изотопные особенности соединений как ключевой фактор логики решения задачи

2. Задачи, требующие эрудиции и/или сообразительности

2.1. Статические задачи

2.2. Цепочки и методы синтеза

2.3. Динамические задачи

III. Задачи-эссе (научные проблемы в олимпиадных задачах)

Примеры задач <http://www.chem.msu.ru/rus/school/svitanko-2012/welcome.html>

Рекомендуемые задачки и дополнительная научная литература для решения задач для самостоятельного изучения

1. Сорокин В.В., Загорский В.В., Свитанько И.В. Задачи химических олимпиад. М., МГУ, 1989. В свободном доступе: <http://www.chem.msu.ru/rus/school/sorokin/welcome.html>
2. Сорокин В.В., Свитанько И.В., Сычев Ю.Н., Чуранов С.С. Современная химия в задачах международных олимпиад. М., «Химия», 1993. Выходила позже под другой обложкой: Сорокин В.В., Свитанько И.В., Сычев Ю.Н., Чуранов С.С. Химия. Сборник задач с решениями и ответами. Школьный задачник, 10–11 классы. М., «Астрель», 2004
3. Свитанько И.В. Нестандартные задачи по химии. МИРОС, 1993
4. Лисицын А.З., Зейфман А.А. Очень нестандартные задачи по химии. М., МЦНМО, 2015
5. Свитанько И.В., Кисин В.В., Чуранов С.С. Стандартные алгоритмы решения нестандартных химических задач. М., Химический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова; М., Высший химический колледж РАН; М., Издательство физико-математической литературы (ФИЗМАТЛИТ). 2012. В свободном доступе: <http://www.chem.msu.ru/rus/school/svitanko-2012/welcome.html>
6. Свитанько И.В., Кисин В.В., Чуранов С.С. Олимпиадные задачи по химии. М., ИОХ РАН, 2017
7. Лунин В.В., Кузьменко Н.Е., Рыжова О.Н., Ненайденко В.Г., Химия 21 века. Международные Менделеевские олимпиады школьников по химии / Chemistry of 21st: International Mendeleev Chemistry Olympiad. М., 2007
8. Лунин В.В. (ред.). Задачи Всероссийских олимпиад по химии. М., «Экзамен», 2004
9. Задачи Всероссийских и Менделеевских химических олимпиад – в свободном доступе: <http://www.chem.msu.ru/rus/elibrary/>

Научная литература для внеклассного изучения

1. Джуса М., История химии. М.: «Мир», 1975
2. Реми Г. Курс неорганической химии. Том 1. М.: ИИЛ, 1963. Том 2. М.: Мир, 1966
3. Турова Н.Я. Неорганическая химия в таблицах. Высший

химический колледж РАН, М., 1997. В свободном доступе:

<http://funchem.org/wpcontent/uploads/2014/04/Turova.pdf>

4. Тuroва Н.Я. Таблицы-схемы по неорганической химии. М., МЦНМО, 2009. Упрощенный (для школьника) вариант

11 класс

Тема 1. Периодическая система, теория строения вещества и связь между положением в периодической системе и свойствами элементов и их соединений. химическая связь

Сущность, базовые основы периодичности химических элементов и формулировки периодического закона.

Структура атома. Изотопы. Представления об электронном строении атома. Предельное количество элементов в периодах. Группы, подгруппы, s-, p-, d-, f-элементы. Свойства атомов химических элементов: радиусы атомов, энергия ионизации, сродство к электрону, электроотрицательность. История Периодического закона и периодической системы химических элементов. Предсказание свойств существующих и еще не открытых элементов и их соединений.

Связь структура атома – свойства.

Причина связи положения элемента в периодической системе и его свойств, а также свойств его соединений. Причины периодичности свойств химических элементов. Периодическое изменение свойств химических элементов в группах и подгруппах.

Строение молекул и химическая связь.

Теория валентности. Валентность и степень окисления – различия, в частности, в органических соединениях. Форма s-, p-, d- и f-атомных орбиталей. Способы перекрывания атомных орбиталей при образовании химической связи.

Ионная связь. Соединения со сложными катионами и анионами. Ковалентная связь. Соединения с типичными ковалентными связями.

Литература

1. *А. В. Мануйлов, В. И. Родионов.* Основы химии. Интернет-учебник. 2016 г., <http://www.hemi.nsu.ru/>
2. *Ф. Коттон, Дж. Уилкинсон,* «Современная неорганическая химия», в трех томах, «Общая теория», М, Мир, 1969

Тема 2. Основы физической химии, растворы и растворимость, электролитическая диссоциация, энергетические и тепловые эффекты

Химическая термодинамика. Химическое равновесие.

Теплоты образования и сгорания. Энергия диссоциации. Расчет тепловых эффектов реакций по теплотам сгорания, образования и энергиям разрыва связи. Термохимия. Закон Гесса. Следствия из закона Гесса. Теплоемкость. Обратимые и необратимые процессы.

Химическое равновесие. Константа равновесия. Факторы, влияющие на величину константы равновесия. Смещение положения равновесия. Принцип Ле Шателье-Брауна.

Растворы. Теория электролитической диссоциации.

Насыщенный раствор и растворимость. Концентрация вещества в растворе. Зависимость растворимости от температуры. Факторы, влияющие на растворимость. Взаимодействие растворителя с веществом. Свойства растворов электролитов. Степень электролитической диссоциации. Сильные и слабые электролиты. Растворы сильных электролитов. Растворимость солей. Малорастворимые соли. Производство

растворимости. Способы понижения и повышения растворимости.

Теория кислот и оснований. Сильные и слабые кислоты, основания. Факторы, определяющие силу кислот и оснований. Концентрация ионов водорода. pH.

Протонные и апротонные растворители. Неполярные растворители.

Гидролиз солей, образованных сильной кислотой и слабым основанием. Гидролиз солей, образованных слабой кислотой и сильным основанием. Гидролиз солей слабых кислот и оснований. Факторы, влияющие на степень гидролиза.

Кинетика химических реакций.

Скорость реакции. Закон действующих масс. Константа скорости химической реакции. Зависимость скорости реакции от температуры. Цепные реакции. Катализ. Катализаторы. Гетерогенный и гомогенный катализ.

Литература

1. *Эткинс П.* Физическая химия М, Мир, 1980
2. *Ярославцев А.Б.* Основы физической химии. Изд. 4-е, испр. и доп. М.: Научный мир, 2018. – 264 с.
3. *Загорский В.В.* Трудные темы школьного курса химии. 2015, <http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/Zagorskii/welcome.html>

Тема 3. Химия элементов и их соединений. Химические реакции и реакционная способность. Окисление и восстановление. Уравнения окислительно-восстановительных реакций

Водород, изотопный состав. Гидриды, свойства. Вода, строение, свойства. Аномальные свойства воды (температура плавления и кипения). Водородная связь. Соединения с водородной связью.

Элементы III группы главной подгруппы. Сравнение строения и свойств простых веществ и соединений. Кислоты бора и бораты, строение, получение и свойства. Сравнение свойств соединений бора и кремния. Алюминий, получение, свойства, условия реакции с водой, кислотами и щелочами.

Элементы IV группы главной подгруппы. Сравнение строения и свойств простых веществ и соединений. Проявляемые степени окисления. Физические и химические свойства, способы получения. Кислородные соединения. Оксид углерода (II), строение, свойства, получение. Оксид углерода (IV), строение, свойства, получение. Оксид кремния. Кремниевая кислота. Силикаты. Галогениды.

Элементы V группы главной подгруппы. Сравнение строения и свойств простых веществ и соединений. Проявляемые степени окисления. Физические и химические свойства, способы получения. Водородные соединения, строение молекул, физические свойства, химические свойства, получение. Кислородные соединения. Оксиды азота, строение молекул, физические свойства, химические свойства, получение. Азотная и азотистая кислоты. Соли азотной кислоты, их свойства, термическое разложение. Окислительно-восстановительные реакции соединений азота. Фосфорные кислоты, строение молекул, физические свойства, химические свойства, получение.

Элементы VI группы главной подгруппы (халькогены). Кислород. Сравнение строения и свойств простых веществ и соединений. Проявляемые степени окисления. Физические и химические свойства, способы получения. Водородные соединения, физические свойства, химические свойства, получение. Оксиды ЭO_2 , физические свойства, химические свойства, получение. Кислородные соединения. Соединения серы со связью S—S: $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$. Оксид серы (VI), серная кислота, сульфаты.

Элементы VII группы главной подгруппы. Галогены. Сравнение строения и свойств простых веществ и соединений. Проявляемые степени окисления. Физические и химические свойства молекул галогенов, способы получения. Галогеноводороды, строение молекул, физические свойства, химические свойства, получение. Кислородные соединения галогенов. Элементы VIII группы главной подгруппы. Благородные газы. Сравнение строения и свойств простых веществ и соединений. Проявляемые степени окисления. Фториды ксенона.

Химия металлов.

Обзор физических и химических свойств металлов.

Особенности свойств s-элементов. Сравнение строения и свойств простых веществ и соединений. Физические и химические свойства, способы получения. Основания. Растворимые и нерастворимые основания. Причины сходства свойств соединений Li-Mg, Be-Al.

Особенности свойств d-элементов и их соединений.

Элементы I и II групп побочной подгруппы. Сравнение строения и свойств простых веществ и соединений, проявляемые степени окисления.

Элементы IV группы побочной подгруппы. Сравнение строения и свойств простых веществ и соединений, проявляемые степени окисления.

Элементы VII группы побочной подгруппы. Сравнение строения и свойств простых веществ и соединений, проявляемые степени окисления. Окислительно-восстановительные реакции в воде.

Элементы VIII группы побочной подгруппы (железо, кобальт, никель). Сравнение строения и свойств простых веществ и соединений, проявляемые степени окисления.

Сопоставление свойств элементов главных и побочных подгрупп. Комплексные соединения, координационное число.

Окислительно-восстановительные реакции. Сопряженные окислительно-восстановительные процессы в растворах. Ряд напряжений. Зависимость состава продуктов окислительно-восстановительных реакций от силы окислителя или восстановителя. Влияние pH. Методы уравнивания окислительно-восстановительных реакций. Уравнивание окислительно-восстановительных реакций в органической химии.

Источники тока. Гальванические элементы. Электролиз расплавов и растворов органических и неорганических веществ. Коррозия и электрохимические методы защиты от коррозии (анодные и катодные покрытия).

Литература

1. Шрайвер Д., Эткинс П. Неорганическая химия. М, Мир 2004
2. Хьюи Дж. Неорганическая химия. М. Химия 1987
3. Суворов А.В., Никольский А.Б. Общая и неорганическая химия. В 2 Т. Том 1, 2. 6-е изд., испр. и доп.) С-Пб. Санкт-Петербургский государственный университет, 2018

Тема 4. Основы органической химии

Строение и свойства органических веществ. Формальное и фактическое отнесение веществ к классу органических. Теория химического строения в органической химии. Метод гибридизации атомных орбиталей. Типы гибридизации атомных орбиталей: sp , sp^2 , sp^3 .

Номенклатуры органических соединений. Изомеры, виды изомеризации.

Алканы. Строение и получение. Замещение водорода галогенами, соединение и расщепление углеродных цепей. Алкены. Строение, отличия sp^2 -гибридизованного атома, получение, стереохимия. Реакции двойной углерод - углеродной связи. Окисление sp^2 -атома углерода. Диены. Сопряженные связи. Степень двоевязности одинарной связи между двойными связями. Реакции сопряженных кратных связей. Каучуки, получение и свойства. Алкины. Реакции тройной связи: замещение и присоединение при sp -гибридизованном атоме углерода.

Циклические алифатические углеводороды (циклоалканы). Сходство и различие химических свойств с алканами. Стереохимия насыщенных циклов. Химические свойства. Гетероциклические соединения.

Ароматические углеводороды, бензол. Ароматичность, ее признаки. Гомологи бензола, гетероатомные аналоги бензола. Электрофильное замещение в ароматическом ряду. Химические свойства производных бензола. Алкил, арилгалогениды, методы получения и свойства. Спирты. Получение и физические свойства, реакции. Фенолы, получение и идентификация Амины, методы получения и химические свойства.

Простые эфиры.

Альдегиды и кетоны, включая ароматические; методы получения, химические свойства. Карбоновые кислоты. Функциональные производные карбоновых кислот, взаимные превращения.

Сложные эфиры, методы получения и их гидролиз. Углеводы. Моносахариды, дисахариды и полисахариды. Аминокислоты и белки.

Методы получения органических веществ из неорганических. Реакции оксида углерода (II). Способы удлинения углеродной цепи.

Литература

1. *Новошинский И. И.* Органическая химия. Углубленный уровень. 11(10) класс. М.,: Русское слово. 2018
2. *Моррисон Р., Бойд Р.* Органическая химия. М., Мир, 1974
3. *Терней А.*, Современная органическая химия, пер. с англ., т. 1-12, М., 1981
4. Органическая химия. Интерактивный мультимедиа учебник. <http://orgchem.ru>
5. *Березин Д., Березин Б.* Органическая химия. Учебное пособие. М., 2014

Классификация предлагаемых на олимпиаде задач по типам и методам решения

I. Расчетные задачи

1. Расчеты без химических реакций

1.1. Аддитивные смеси

1.2. Определение формулы химического соединения по явно заданным количественным параметрам

2. Расчеты с использованием уравнений химических реакций

2.1. Определение формулы вещества по количественным данным о его превращениях

2.2. Расчет по одному уравнению реакции

2.2.1. Простая пропорция с явно заданными количественными параметрами

2.2.2. Избыток (недостаток) одного из реагентов

2.2.3. Неявно заданные количественные параметры

2.2.4. Расчеты с использованием разности масс реагентов и продуктов реакции

2.3. Расчеты по нескольким уравнениям химических реакций

2.3.1. Сравнение количественных данных нескольких процессов

2.3.2. Последовательно протекающие реакции (составление «стехиометрических схем»)

2.3.3. Расчеты по уравнениям одновременно протекающих реакций
(«задачи на смеси»)

II. Качественные задачи

1. Ключи-подсказки к решению
 - 1.1. «Ключики» к решению качественных задач
 - 1.2. Органолептические свойства, идентификация по цвету и запаху, аналитические качественные определения
 - 1.3. Агрегатное состояние
 - 1.4. Ключевое химическое свойство
 - 1.5. Расчет как ключевой фактор в решении качественных задач
 - 1.6. Уникальные физические свойства. Структурные и изотопные особенности соединений как ключевой фактор логики решения задачи
2. Задачи, требующие эрудиции и/или сообразительности
 - 2.1. Статические задачи
 - 2.2. Цепочки и методы синтеза
 - 2.3. Динамические задачи

III. Задачи-эссе (научные проблемы в олимпиадных задачах)

Примеры задач <http://www.chem.msu.ru/rus/school/svitanko-2012/welcome.html>

Рекомендуемые задачки и дополнительная научная литература для решения задач для самостоятельного изучения

1. Сорокин В.В., Загорский В.В., Свитанько И.В. Задачи химических олимпиад. М., МГУ, 1989. В свободном доступе: <http://www.chem.msu.ru/rus/school/sorokin/welcome.html>
2. Сорокин В.В., Свитанько И.В., Сычев Ю.Н., Чуранов С.С. Современная химия в задачах международных олимпиад. М., «Химия», 1993. Выходила позже под другой обложкой: Сорокин В.В., Свитанько И.В., Сычев Ю.Н., Чуранов С.С. Химия. Сборник задач с решениями и ответами. Школьный задачник, 10–11 классы. М., «Астрель», 2004
3. Свитанько И.В. Нестандартные задачи по химии. МИРОС, 1993
4. Лисицын А.З., Зейфман А.А. Очень нестандартные задачи по химии. М., МЦНМО, 2015
5. Свитанько И.В., Кисин В.В., Чуранов С.С. Стандартные алгоритмы решения нестандартных химических задач. М., Химический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова; М., Высший химический колледж РАН; М., Издательство физико-математической литературы (ФИЗМАТЛИТ). 2012. В свободном доступе: <http://www.chem.msu.ru/rus/school/svitanko-2012/welcome.html>
6. Свитанько И.В., Кисин В.В., Чуранов С.С. Олимпиадные задачи по химии. М., ИОХ РАН, 2017
7. Лунин В.В., Кузьменко Н.Е., Рыжова О.Н., Ненайденко В.Г., Химия 21 века. Международные Менделеевские олимпиады школьников по химии / Chemistry of 21st: International Mendeleev Chemistry Olympiad. М., 2007
8. Лунин В.В. (ред.). Задачи Всероссийских олимпиад по химии. М., «Экзамен», 2004
9. Задачи Всероссийских и Менделеевских химических олимпиад – в свободном доступе: <http://www.chem.msu.ru/rus/elibrary/>

Научная литература для внеклассного изучения

1. Джуа М., История химии. М.: «Мир», 1975
2. Реми Г. Курс неорганической химии. Том 1. М.: ИИЛ, 1963. Том 2. М.: Мир, 1966

3. *Турова Н.Я.* Неорганическая химия в таблицах. Высший химический колледж РАН, М., 1997. В свободном доступе: <http://funchem.org/wpcontent/uploads/2014/04/Turova.pdf>
4. *Турова Н.Я.* Таблицы-схемы по неорганической химии. М., МЦНМО, 2009.

**Задания и решения заключительного этапа
Всероссийской олимпиады школьников «Высшая проба» по
профилю «Химия»**

Варианты заданий по химии олимпиады школьников «Высшая проба»**9 класс**

Авторы задач для 9 класса 2020-2023 годов:

Григорьев В.Г., Деянков В.А., Ключев Ф.С., Красильников М.С.,
Мещеряков Н.В., Свитанько И.В., Швед А.М.

Олимпиада 2020-21 гг., 9 класс.

Максимальная сумма - 100 баллов

1. Для анализа состава минерала решили провести операции, описанные далее. При обжиге минерала **A** выделяется газ **B** и остается твердое вещество **C**. 1. Твердый остаток **C** нагрели до 500°C на воздухе, при этом образовалось оранжевое вещество **D**, которое при добавлении в азотную кислоту образовало бесцветный раствор и темно-коричневый осадок **E**.

1. Определите состав веществ **A-E**, если нам известно, что газ **B** обесцвечивает подкисленный раствор перманганата калия, а вещество **E**, наоборот, придает фиолетовую окраску сернокислому раствору сульфата марганца (II).
2. В старых картинах использовался пигмент **X**, который со временем чернел и превращался в вещество, аналогичное по составу минералу **A**. Художники-реставраторы для того, чтобы вернуть пигменту **X** его изначальный белый цвет, обрабатывают картины перекисью водорода. Запишите две реакции, соответствующие почернению пигмента и восстановлению его белого цвета.

Решение (20 баллов):

1. Достаточно много минералов является сульфидами, попробуем доказать, что наш минерал тоже из числа сульфидов. Поскольку газ **B** образовался в окислительной атмосфере при обжиге и при этом способен восстанавливать подкисленный перманганат, то скорее всего, это SO_2 , а значит, **A** – сульфид. Далее мы понимаем, что скорее всего, **C** и **D** - оксиды, и **E**, возможно, тоже, поскольку абсолютное большинство нитратов растворимо в воде. Тогда, поскольку **E** – оксид, окисляющий **Mn** до +7, то это PbO_2 , а значит, оранжевый оксид – Pb_3O_4 (свинцовый сурик), оксид **C** – PbO . Бесцветный раствор – раствор $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$.

Индекс	A	B	C	D	E
Вещество	PbS	SO_2	PbO	Pb_3O_4	PbO_2

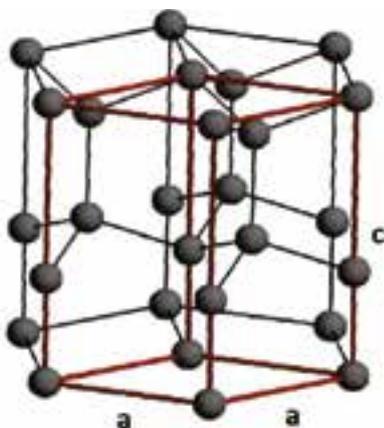
2. Данный пункт служил также некой подсказкой для определения соединений свинца, поскольку несколько веков назад белые пигменты производились на основе основных карбонатов свинца, сейчас белые пигменты делают из диоксида титана.

Реакции

1) $\text{Pb}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3 + 2 \text{H}_2\text{S} = 2 \text{PbS} + \text{CO}_2 + 3 \text{H}_2\text{O}$ (засчитывается реакция с любым основным карбонатом)

2. $\text{PbS} + 4 \text{H}_2\text{O}_2 = \text{PbSO}_4 + 4 \text{H}_2\text{O}$

2. Перед вами элементарная ячейка (выделена красным цветом) одной из аллотропных модификаций углерода – лонсдейлита. На этом рисунке серыми шарами обозначены атомы углерода. Используя данный рисунок, ответьте на несколько вопросов, приведенных ниже.



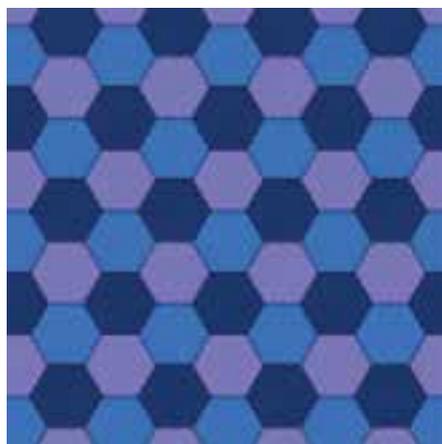
1. Элементарная ячейка – это минимальный объем кристалла, параллельными переносами которого по трем осям координат можно построить кристаллическую структуру. На рисунке видно, что элементарной ячейкой является красный параллелепипед, который можно сдвинуть по трем осям координат. Тогда можно ли представить в виде элементарной ячейки гексагональную призму, изображенную на рисунке (здесь мы не берем в расчет, что элементарная ячейка – минимальный объем кристалла)? Если можно, приведите пример (рисунок), если нельзя, докажите, почему.
2. Рассчитайте плотность лонсдейлита до 3 знака после запятой (в г/см^3). Внимание: данный пункт без приведения расчетов не оценивается.

Дополнительная информация: $a = 2.52 \text{ \AA}$, $c = 4.18 \text{ \AA}$, $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ м}$

Площадь параллелограмма: $S = absin\alpha$, объем призмы = Sh (S – площадь основания призмы, h – высота)

Решение (20 баллов):

1. Да, замещение гексагонами возможно, на плоскости будет выглядеть следующим образом:



В пространстве данные слои накладываются друг на друга

2. Сначала рассчитаем число атомов в элементарной ячейке. Видно, что в самой ячейке лежит 2 атома, есть 8 атомов в вершинах и 4 атома на ребрах. Тогда мы видим, что вклад каждого атома в ячейку неравноценен, значит, будем смотреть, какую часть атома высекает ячейка. Зная, что у нас правильный шестиугольник в основании, понимаем, что углы в основании параллелограмма – 60° и 120° , а значит, вклад атома при вершине в остром угле: $1/2 \cdot 1/6 = 1/12$, при тупом – $1/2 \cdot 1/3 = 1/6$, сумма вкладов всех атомов при вершинах – $(1/12 + 1/6) \cdot 4 = 1$. Вклад атома на ребре при тупом угле – $1/3$, при остром – $1/6$, в сумме $(1/3 + 1/6) \cdot 2 = 1$, значит всего атомов в ячейке $2 + 1 + 1 = 4$.

Рассчитаем объем:

$$V = Sh = a^2 \sin 60^\circ c = 2.52^2 \cdot 0.866 \cdot 4.18 = 22.988 \text{ \AA}^3$$

Плотность тогда равна:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{4m(C)}{V} = \frac{4M(C)}{N_A V} = \frac{4 \cdot 12 \text{ г}}{6.02 \cdot 10^{23} \cdot 22.988 \cdot 10^{-24} \text{ см}^3} = 3.469 \text{ г/см}^3$$

3. 2,13 г средней соли **A** элемента **X** легко реагируют с 600 мл 0.05 моль/л раствора гидроксида натрия с образованием 078 г белого осадка **B**. Однако, если добавить ещё 200 мл NaOH с той же концентрацией, весь выпавший осадок растворится и образуется 1.18 г соединения **C**. Если же прокалить **B** при температуре 600°C образуется вещество **D**. Потеря массы при этом составит 34,62%.

1. Определите все вещества **A – D**, элемент **X**, и напишите уравнения всех описанных реакций. Все свои предположения подтвердите расчётом.

Известно, что вещество, образованное элементом **X**, используют в металлургии для получения металлов из их оксидов. Например, таким способом можно получать Cr из Cr_2O_3 , а в качестве побочного продукта образуется вещество **D**.

2. Как называют метод получения металлов с помощью **X**? Напишите уравнения реакции получения хрома из его оксида. Экзотермическим или эндотермическим является этот процесс?

Оказалось, что если вместо **A** взять непосредственно элемент **X** и подействовать щёлочью на него, то сразу же образуется **C**, а также выделяется лёгкий газ **E**, молярная масса которого меньше массы гелия.

3. Напишите уравнение реакции и определите газ **E**.

Решение (20 баллов):

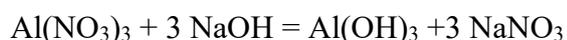
1. При реакции средней соли и гидроксида натрия, вероятнее всего, будет выпадать осадок гидроксида элемента **X**. $n(\text{NaOH}) = 0.05 \cdot 0.6 = 0.03$ моль. Соответственно, в зависимости от образующегося гидроксида $\text{X}(\text{OH})_m$ $n(\text{X}(\text{OH})_m) = 0.03 / m$. $M(\text{X}(\text{OH})_m) = 0.78 \cdot m / 0,03$.

m	1	2	3
$M(\text{X}(\text{OH})_m)$	26 г/моль	52 г/моль	78 г/моль
$M(\text{X})$	9 г/моль	18 г/моль	27 г/моль

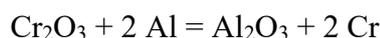
Конечно, молярная масса 9 г/моль соответствует бериллию, однако он не образует гидроксида BeOH . А вот при $m = 3$ получаем, что **X** – Al, а **B** – $\text{Al}(\text{OH})_3$. Рассчитать соль **A** теперь не составляет труда, зная, что $n(\text{Al}(\text{OH})_3) = 0,03 / 3 = 0,01$ моль. $M(\text{A}) = 2,13 / 0,01 = 213$ г/моль, что соответствует $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$.

Вторая порция гидроксида содержит $n(\text{NaOH}) = 0,05 \cdot 0,2 = 0,01$ моль. Значит гидроксид алюминия и натрия смешали в эквимольных количествах, в результате чего образуется гидроксокомплекс $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$, что согласуется с расчётами. $M(\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]) = 1,18 / 0,01 = 118$ г/моль.

При прокаливании гидроксида улетает вода и образуется оксид Al_2O_3 . Исходя из потери массы, $m(\text{Al}_2\text{O}_3) = 0,78 \cdot (1 - 0,3462) = 0,51$ г. $n(\text{Al}(\text{OH})_3) = 0,01$ моль. Учитывая стехиометрию реакции, получаем $n(\text{D}) = 0,005$ моль. $M(\text{D}) = 0,51 / 0,005 = 102$ г/моль, что и правда соответствует оксиду алюминия.

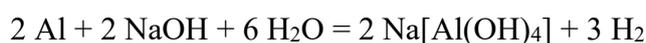


2. Метод получения металлов из их оксидов с помощью алюминия называется алюмотермией.



Конечно, реакция экзотермическая и сопровождается обильным выделением тепла.

3. Как известно, алюминий растворяется в щелочах с образованием гидроксокомплексов и выделением водорода. Собственно, водород – единственный газ, который легче гелия.



X – Al	B – $\text{Al}(\text{OH})_3$	D – Al_2O_3
A – $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$	C – $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$	E – H_2

4. Наночастицы (от лат. nanos – карлик) в современном мире находят все больше и больше применения. В следующей задаче будут описаны некоторые методы получения наночастиц и их свойства.

Опыт №1

В стакан наливают 10 мл 0,5 М раствора хлорида железа (II) и 20 мл 0,5 М раствора хлорида железа (III). После этого в другой стакан объемом 0,5 л добавляют 170 мл нашатырного спирта и 30 мл изопропилового спирта. Далее ставят стакан с нашатырным спиртом на магнитную мешалку и при перемешивании приливают раствор солей железа, при этом постепенно выпадает черный осадок. После стакан ставят на магнит и аккуратно сливают половину жидкости, заменяя ее дистиллятом и перемешивают. Эту процедуру повторяют 2-3 раза, в конце сливая максимум жидкости. К полученной кашеце добавляют

1-2 мл олеиновой кислоты ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$) и перемешивают при 80-90°C 20 минут, после чего извлекают магнит, добавляют керосин и удаляют водный слой. Верхний черный слой оставляют для дальнейшего применения.

1. Напишите: какое вещество мы получили в данном опыте; название минерала с таким же составом; какими свойствами обладает данное вещество.
2. Некий экспериментатор приготовил растворы хлорида железа, но после отвлекся на месяц для проведения другого эксперимента. Вернувшись через месяц, он провел процедуру синтеза наночастиц, но они не обладали нужными свойствами. Почему эксперимент не удался?
3. В некоторых статьях по получению данных наночастиц берут небольшой избыток раствора соли железа (II). Объясните, с чем это связано, и скажите, какую соль железа (II) стоит брать, чтобы проводить реакцию без избытка соли Fe(II).

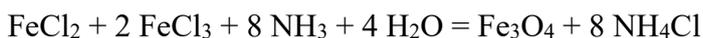
Опыт №2

Простое вещество желтого цвета растворили в смеси концентрированных азотной и соляной кислот. Полученное вещество выделяют и делают из него раствор с концентрацией 1 ммоль/л, после чего наливают 20 мл этого раствора в стакан. Стакан устанавливают на магнитную мешалку, после чего нагревают и при перемешивании добавляют 3 мл 25 ммоль/л раствора цитрата натрия. Нагрев продолжают около 10 минут, пока не образуется рубиновая окраска вещества X. После раствор вещества X охлаждают. В зависимости от восстановителя и ионной силы среды могут образоваться пурпурный раствор вещества Y и синий раствор вещества Z.

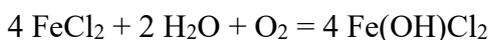
4. Определите, чем же являются вещества X-Z.

Решение (20 баллов):

1. При сливании Fe(II) и Fe(III) в соотношении 1:2 мы получаем наночастицы магнетита (Fe_3O_4), которые обладают магнитными свойствами



2. В данном случае железо (II) окислилось под действием кислорода воздуха, и в итоге получились два раствора, содержащих железо (III)

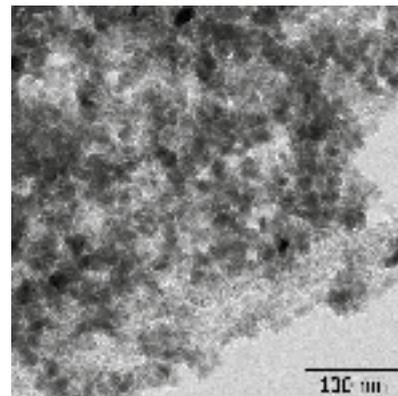


3. Поскольку Fe(II) частично окисляется при хранении, то его берут в небольшом избытке, чтобы обеспечить нужное количество Fe(II). Для того, чтобы железо (II) не окислялось, оно должно быть в виде устойчивой к окислению соли, на роль которой подходит соль Мора $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

4. Желтое простое вещество, для растворения которого требуется смесь соляной и азотной кислот – золото, которое при растворении даст HAuCl_4 . Поскольку золото более устойчиво в виде простого вещества, то оно может восстановиться из HAuCl_4 при действии большого числа восстановителей до чистого золота, а это означает, что все вещества X-Z – это золото. В данном случае цвет золота зависит от размера наночастиц, которые не обладают характерным желтым оттенком.

Источник: Щербаков, А.Б. Практикум по наноматериалам и нанотехнологиям/ А.Б. Щербаков, В.К. Иванов. – М.: Издательство Московского университета, 2019. – 368 с.

5. В настоящее время для технологического развития большой интерес представляют новые магнитные материалы, в частности магнитные жидкости. Получение стабильной жидкости, в которой диспергированы магнитные частицы, расширяет спектр применения магнитного материала, позволяя получать покрытия из частиц; также сами магнитные жидкости обладают рядом применений, которыми не обладает объёмный материал (биомедицинские, оптические и другие).



Одним из наиболее перспективных материалов, способным образовывать стабильные коллоидные растворы, является **X** (снимок с просвечивающего электронного микроскопа представлен выше). Обычно **X** получают при помощи стеклокерамического метода: смесь прекурсоров (SrCO_3 , Fe_2O_3 , H_3BO_3) в стехиометрических соотношениях, соответствующих составу стекла, смешивают, после чего подвергают высокотемпературному плавлению и быстрой закалке для получения стекла. Затем стекло отжигают для кристаллизации соответствующего вещества. Частицы **X** выделяют растворением боратной матрицы в растворе соляной кислоты. После последней отмычки частицы заливают дистиллированной водой, таким образом, получая коллоидный раствор.

1. Рассчитайте состав стекла, если для его получения взяли 134.68 г SrCO_3 , 67.2 г Fe_2O_3 и 52.08 г H_3BO_3 .
2. Рассчитайте формулу **X**, если после отмычки частицы взвесили и оказалось, что образец потерял 61.05% от изначальной массы, а элементный анализ показал, что в продукте содержится 8.27% стронция и 63.158% железа по массе.
3. К чему может привести чрезмерная отмычка соляной кислотой вещества **X**?
4. Одним из способов изменения магнитных свойств вещества является замещение атомов, входящих в его состав. Обычно на замену идут атомы, имеющие схожий заряд, чтобы не сильно менять кристаллическую структуру. Например, при добавлении к стандартным прекурсорам NaHCO_3 и Al_2O_3 при помощи стеклокерамического синтеза с изменёнными условиями возможно получить вещество **Y**, которое представляет из себя **X**, но с замещением некоторых атомов железа на атомы алюминия. Рассчитайте состав **Y**, если известно, что массовая доля алюминия в данном соединении равна 1,523%.
5. Предположите, зачем нужна такая сложная методика с использованием боратного стекла. Почему нельзя просто сплавить прекурсоры без борной кислоты, измельчить полученный сплав и залить водой?

Решение (20 баллов):

1. Для начала необходимо записать уравнения реакций разложения прекурсоров при высокотемпературном плавлении. Разложению подвергается карбонат стронция и борная кислота:



В смеси остаются лишь оксиды стронция, железа и бора. Нам даны массы прекурсоров, взятые в стехиометрических соотношениях. Рассчитаем количество каждого оксида:

$$n(\text{SrO}) = n(\text{SrCO}_3) = \frac{m}{M} = \frac{134,68 \text{ г}}{148 \text{ г/моль}} = 0,91 \text{ моль}$$

$$n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = \frac{m}{M} = \frac{67,2 \text{ г}}{160 \text{ г/моль}} = 0,42 \text{ моль}$$

$$n(\text{B}_2\text{O}_3) = \frac{n(\text{H}_3\text{BO}_3)}{2} = \frac{m}{2M} = \frac{52,08}{2 \cdot 62 \text{ г/моль}} = 0,42 \text{ моль}$$

$$n(\text{SrO}) : n(\text{Fe}_2\text{O}_3) : n(\text{B}_2\text{O}_3) = 0,91 : 0,42 : 0,42 = 13 : 6 : 6$$

Значит, состав стекла можно записать, как $13\text{SrO} \cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{B}_2\text{O}_3$

2. $M(\text{стекло}) = 2732 \text{ г/моль}$

$$\text{Тогда } M(X) = M(\text{стекло}) \cdot (1 - 0,6105) = 2732 \text{ г/моль} \cdot 0,3895 \cong 1064 \text{ г/моль}$$

$$\text{Значит, } m(\text{Sr}) = M(X) \cdot \omega(\text{Sr}) = 1064 \text{ г/моль} \cdot 0,0827 = 88 \text{ г/моль} = \text{Sr}$$

$$\text{а } m(\text{Fe}) = M(X) \cdot \omega(\text{Fe}) = 1064 \text{ г/моль} \cdot 0,63158 = 672 \text{ г/моль} = 12\text{Fe}.$$

Предположительно оставшиеся атомы – это атомы кислорода

$$m(\text{O}) = M(X) - m(\text{Sr}) - m(\text{Fe}) = 1064 \text{ г/моль} - 88 \text{ г/моль} - 672 \text{ г/моль} = 304 \text{ г/моль} = 19\text{O}$$

Таким образом, $X - \text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$, гексаферрит стронция ($\text{SrO} \cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3$).

3. Если мы переусердствуем с отмывкой гексаферрита соляной кислотой, может раствориться наше целевое вещество:



4. Запишем формулу Y, как $\text{SrFe}_{12-x}\text{Al}_x\text{O}_{19}$, тогда

$$\omega(\text{Al}) = \frac{x \cdot M(\text{Al})}{M(\text{Sr}) + (12 - x) \cdot M(\text{Fe}) + x \cdot M(\text{Al}) + 19 \cdot M(\text{O})} =$$

$$= \frac{x \cdot 27 \text{ г/моль}}{88 \text{ г/моль} + (12 - x) \cdot 56 \text{ г/моль} + x \cdot 27 \text{ г/моль} + 19 \cdot 16 \text{ г/моль}} = 0,01523$$

Решая данное уравнение, получаем, что $x \cong 0,6$.

Значит Y – $\text{SrFe}_{11,4}\text{Al}_{0,6}\text{O}_{19}$.

5. Данная сложная методика необходима для получения изолированных частиц высокого структурного качества. При использовании иных способов синтеза частицы мы не можем так тонко контролировать условия получения частиц. Также в других методиках чаще всего частицы слипаются в крупные агрегаты и не сохраняют коллоидную стабильность.

Варианты заданий по химии олимпиады школьников «Высшая проба»**9 класс**

Олимпиада 2021-22 гг., 9 класс.

Максимальная сумма - 100 баллов

1. Девятиклассник Ваня нашел у себя дома бокал, который привлек его своим необычным блеском. После этого Ваня решил узнать, из чего сделан этот бокал. Оказалось, что стекло, из которого был сделан бокал, производилось из трех компонентов. Первый компонент, который видел практически каждый человек в виде порошка желтого цвета, может медленно растворяться в щелочи (*реакция 1*) и умеет реагировать с магнием (*реакция 2*).

Второй компонент при растворении в соляной кислоте выделяет газ (*реакция 3*), а нихромовая проволока, смоченная в полученном растворе, при внесении в пламя горелки окрашивает его в фиолетовый цвет. Первый и второй компоненты при сильном нагревании реагируют между собой (*реакция 4*).

Третий компонент может раствориться в уксусной кислоте с образованием раствора, сладкого на вкус (*реакция 5*). Сладкий раствор может реагировать с раствором второго компонента, при этом выпадает белый осадок, содержащий в себе два элемента из одной группы периодической таблицы (*реакция 6*).

1. Определите все три компонента и напишите реакции 1-6.
2. Несмотря на красоту бокала, его не рекомендуют часто использовать. Объясните, почему существует такая рекомендация.

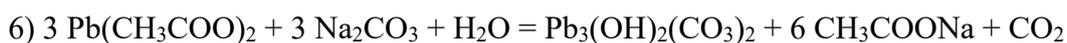
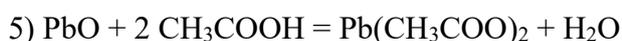
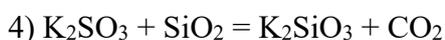
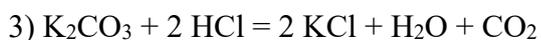
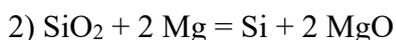
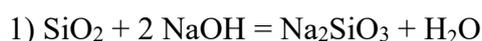
Решение (16 баллов):

1. Если стакан сделан из стекла, то в нем почти точно будет содержаться диоксид кремния. По всей видимости, именно диоксид и будет подходить на роль первого компонента, и уравнения реакций это подтверждают.

Также в стеклах есть ионы щелочных металлов, и по всей видимости, второй компонент содержит калий, поскольку пламя окрашивается в фиолетовый цвет. Тогда по выделению газа понятно, что второй компонент – карбонат калия.

Поскольку третий компонент дает сладкий раствор, и мы знаем, что в нем есть элемент из 14 группы (как и углерод), то наверно, в нем есть свинец, а раз выпадает белый осадок, то скорее всего, у нас был оксид в степени окисления +2, и не было свинца (IV). Значит, третий компонент – PbO.

Реакции:



2. Из-за того, что в бокале есть свинец, при частом использовании он будет накапливаться в организме и отравлять пьющего из бокала.

2. Металл **X** известен человечеству с древних времён. Данный металл применяется повсеместно, в основном в сплавах, которые используются в электротехнике и других сферах жизни человека. Из интересных свойств стоит отметить достаточно высокую коррозионную стойкость металла **X** и его сплавов, что позволяет использовать металл **X** для изготовления специальных контейнеров, в которых хранят радиоактивные отходы.

Химия **X** весьма хорошо изучена. Например, простое вещество с лёгкостью может реагировать с желто-зелёным газом **Y**, давая **X₁**. В растворе **X₁** может реагировать с нитратом серебра, в результате получается **X₂**. Добавив к **X₂** водный раствор аммиака, можно получить раствор соединения **X₃**. Если к раствору **X₃** добавить жидкость **Z**, то выпадет осадок **X₄** ($\omega(\text{O}) = 11,11\%$) и образуется газовая смесь **B** с плотностью по гелию, равной 4,41. После пропускания данной смеси через большое количество воды плотность по гелию становится равной 7. При реакции со фтором **B** даёт только продукт **A**, схожий по строению с одним из компонентов смеси, и HF. Все соединения **X_i** содержат металл **X**.

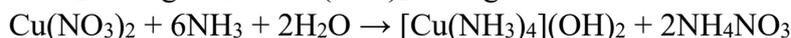
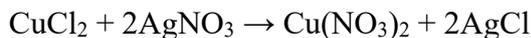
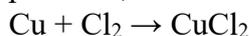
1. Определите **X**, **X₁**-**X₄**. Для подтверждения формул соединений приведите соответствующие рассуждения или расчёты.
2. Определите **A** и рассчитайте количественный состав газовой смеси **B** в мольных долях.
3. Определите жидкость **Z**, если дополнительно известно, что при реакции **Z** со фтором образуется **A** и HF.
4. Один из компонентов смеси **B** и продукт **A** действительно схожи по строению, но углы между связями в координационном полиэдре – разные. У **A** углы получаются меньше. Объясните данное явление.

Решение (21 балл):

- 1) Очевидно, решение нужно начать с расчёта **X₄**. Из предположения, что **X₄** – это оксид, можно представить его формулу в виде **X₂O_n** и найти молярную массу **X**:

$$M_X = \frac{\frac{M_{\text{O}n} - M_{\text{O}n}}{\omega_{\text{O}}} - M_{\text{O}n}}{2}$$

При подстановке первого же $n = 1$ мы получаем, что молярная масса **X** равна 64 г/моль, что соответствует Cu. Газ **Y** – это, конечно же, хлор. Тогда, записав протекающие реакции, можно получить формулы оставшихся **X_i**:



X – Cu

X₁ – CuCl₂

X₂ – Cu(NO₃)₂

X₃ – [Cu(NH₃)₄](OH)₂

X₄ – Cu₂O

- 2) После пропускания смеси через большое количество воды плотность по гелию

изменилась на 7, видимо, один из газов поглотился. Молярная масса оставшегося газа равна 28 г/моль, видимо это N_2 , так как он не поглощается водой. При реакции смеси со фтором образуется A и HF . Видимо водороды появились из второго компонента, $A - NF_3$. Исходя из формулы комплекса X_3 , можно предположить, что вторым компонентом смеси является аммиак. Давайте рассчитаем соотношение азота и аммиака, при условии, что молярная масса их смеси равна 17,64 г/моль, приняв x за мольную долю аммиака:

$$17,64 = 17x + 28(1 - x)$$

Откуда $x = 0,942$, а $1-x = 0,058$. Из мольных долей можно рассчитать мольное соотношение $0,942 : 0,058 = 16 : 1 = 16NH_3 : N_2$.

- 3) Жидкость Z состоит из азота и водорода, при этом является селективным восстановителем, так как восстанавливает медь из Cu^{2+} до Cu^+ , а не до простого вещества. Разумным предположением для формулы соединения Z является N_2H_4 , то есть гидразин.
- 4) Углы в соединениях общей формулой $NHal_3$ определяются электроотрицательностью галогена: чем больше электроотрицательность, тем меньше угол $Hal-N-Hal$, так как галоген перетягивает на себя электронную плотность и притягивает неподелённую электронную пару ближе к центральному атому. Фтор электроотрицательнее водорода, поэтому пара будет ближе к азоту, будет отталкивать фторы вниз и уменьшать углы между связями.

3. Анализ количественного состава сплавов является одним из этапов контроля химического качества на производстве. В этой задаче мы с вами побудем химиками-аналитиками на заводе, который занимается сталеварением и проверим качество выплавляемой стали.

Нам на анализ поступило 0.6000 г сплава состава $2X13H4Г9$. Достоверно известно, что это должна быть сталь с высоким содержанием марганца (8-10%) и хрома (12-14%). Наш анализ можно разделить на следующие основные пункты:

- Растворение стали. К навеске прибавляют 20 мл воды, 2 мл разбавленной H_2SO_4 , 8 мл концентрированной HNO_3 и 5 мл концентрированной H_3PO_4 , накрывают стакан часовым стеклом и нагревают на песочной бане до полного растворения стали. Полученный раствор отфильтровывают и доводят водой до метки в мерной колбе на 100,0 мл.
- Окисление марганца и хрома. Аликвотную часть (10 мл) раствора стали пипеткой переносят в коническую колбу емкостью 150–200 мл, прибавляют 20 мл 2 М H_2SO_4 , 1,5 мл H_3PO_4 , 20 мл воды, 1–2 мл раствора $AgNO_3$ и 1–2 г персульфата аммония (*реакции 1, 2*). Колбу закрывают часовым стеклом и нагревают на песочной бане до полного окисления хрома и марганца. После чего раствор нагревают еще 5–7 мин.
- Определение суммы хрома и марганца. Раствор после окисления хрома и марганца охлаждают до комнатной температуры струей воды под краном, добавляют 4 мл концентрированной H_2SO_4 , 5 мл H_3PO_4 , из бюретки 25,00 мл 0,0500 М раствора соли Мора (*реакции 3, 4*). При этом должен исчезнуть розовый цвет раствора и появиться желтовато-зеленый. Затем вводят 2 капли раствора дифениламина и медленно титруют 0,0083 М раствором дихромата калия до устойчивой темно-синей окраски (*реакция 5*). На титрование ушло 4,55 мл раствора дихромата калия.
- Определение хрома. К горячему раствору после окисления хрома и марганца по каплям при тщательном перемешивании добавляют раствор $NaCl$ до полного восстановления MnO_4^- и изменения окраски раствора из розовой в чисто-желтую ($Cr(VI)$ не восстанавливается). К охлажденному раствору добавляют 4 мл конц. H_2SO_4 , 5 мл H_3PO_4 , 2 капли раствора дифениламина и титруют раствором соли Мора до изменения окраски раствора из темно-синей в зелёную. На титрование ушло 10,70 мл раствора соли Мора.

1. От чего фильтруют раствор на стадии растворения стали? Для чего необходима фосфорная кислота?
2. Почему навеску не растворяют в концентрированной соляной кислоте? Какую роль в окислении марганца и хрома играет AgNO_3 ? Зачем кипятить раствор ещё 5-7 минут после полного окисления хрома и марганца?
3. Запишите уравнения *реакций 1-5*.
4. Рассчитайте идеальную массу навески для анализа из предельных процентных содержаний определяемых компонентов при условии, что после добавления 25 мл соли Мора должно остаться около 5 мл 0,05 М раствора восстановителя, чтобы было удобно титровать. На какую величину идеальная масса отличается от выданной?
5. Определите количественное содержание Cr и Mn в выданной навеске в массовых процентах. Хорошо ли работает производство?

Решение (21 балл)

- 1) Раствор фильтруют через фильтр «синяя лента» от осадка углерода и кремниевой кислоты. Осадок также промывают на фильтре горячим раствором H_2SO_4 , чтобы на нём не остались адсорбированные определяемые ионы.

Фосфорная кислота используется для связывания образующегося железа в фосфатный комплекс, чтобы при дальнейшем анализе оно не мешало.

- 2) Ионы Cl^- могут восстановить перманганат-ионы, а также мешают окислению персульфатом, так как могут окисляться и значительно снижать концентрацию ионов серебра.

Ионы Ag^+ в реакции окисления персульфат-анионами играют роль катализатора, образуя ионы Ag^{2+} в качестве интермедиата, которые являются намного более активными окислителями, чем $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$.

Раствор кипятят для разрушения избытка персульфата, однако не стоит забывать о том, что при нагревании могут разлагаться и перманганат-ионы, поэтому кипятят всего 5-7 минут.

- 3)
$$2\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 + 3(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8 + 7\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 6\text{NH}_4\text{NO}_3 + 6\text{H}_2\text{SO}_4$$

$$2\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 + 5(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8 + 8\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HMnO}_4 + 10\text{NH}_4\text{HSO}_4 + 4\text{HNO}_3$$

$$\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 6(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 + 7\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 + 6(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$$

$$2\text{HMnO}_4 + 10(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 + 8\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 5\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 2\text{MnSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + 10(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 8\text{H}_2\text{O}$$

$$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 6(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 + 7\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 6(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$$

- 4) Исходя из вышенаписанных реакций, можно составить следующее уравнение:

$$\frac{m \cdot \omega_{\text{Mn}} \cdot V_{\text{ал}}}{M_{\text{Mn}} \cdot V_{\text{р-ра}}} \cdot 5 + \frac{m \cdot \omega_{\text{Cr}} \cdot V_{\text{ал}}}{M_{\text{Cr}} \cdot V_{\text{р-ра}}} \cdot 2 \cdot 6 = c_{\text{Мора}} V_{\text{Мора}}$$

Данное уравнение получается, исходя из стехиометрических коэффициентов в реакциях. $V_{\text{ал}}$ здесь – это объём аликвоты (10 мл), $V_{\text{р-ра}}$ – это объём раствора, полученный после доведения до метки в мерной колбе на 100,0 мл растворённого исходника. Подставляя в данное уравнение предельные проценты и остальные известные, получаем $m = 0,5824$ г.

От выданной массы это отличается на 0,0176 г.

- 5) Сначала определяем суммарное количество марганца и хрома, выразим его через израсходованный объём соли Мора при добавлении избытка:

$$V_{\text{прореаг}} = 25 \text{ мл} - \frac{c_{K_2Cr_2O_7} V_{K_2Cr_2O_7} \cdot 6}{c_{\text{Мора}}} = 20,47 \text{ мл}$$

На титрование хрома отдельно от марганца ушло 10,7 мл, значит на титрование марганца ушло:

$$20,47 \text{ мл} - 10,7 \text{ мл} = 9,77 \text{ мл}$$

Из этих объёмов можно рассчитать содержание марганца и хрома в стали:

$$m_{Mn} = \frac{c_{\text{Мора}} V_{\text{Мора}} \cdot 5 \cdot V_{\text{p-ра}}}{V_{\text{ал}}} \cdot M_{Mn} = 0,0896 \text{ г}$$

$$m_{Cr} = \frac{c_{\text{Мора}} V_{\text{Мора}} \cdot 6 \cdot 2 \cdot V_{\text{p-ра}}}{V_{\text{ал}}} \cdot M_{Cr} = 0,0927 \text{ г}$$

Отсюда можно рассчитать массовые доли хрома и марганца:

$$\omega_{Cr} = \frac{m_{Cr}}{m_{\text{навески}}} = 15,46\%$$

$$\omega_{Mn} = \frac{m_{Mn}}{m_{\text{навески}}} = 8,96\%$$

Массовая доля марганца находится в пределах нормы, а вот хрома содержится избыток.

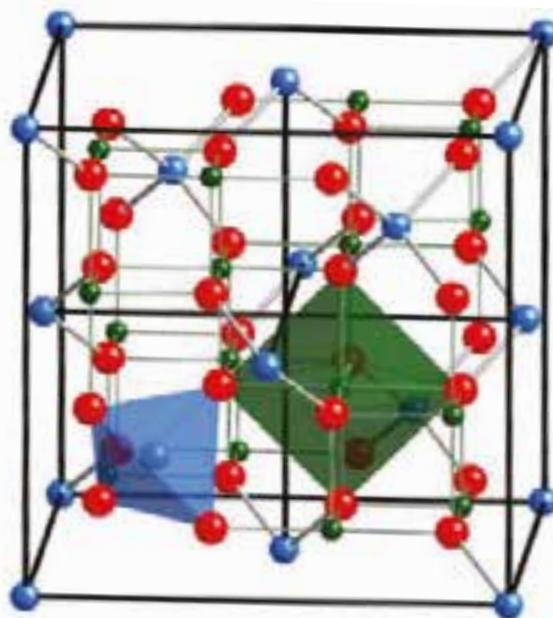
4. Одним из двигателей прогресса являются новые материалы. Новые материалы – это новые возможности в создании различных вещей, будь то орудия труда в древности, или электронные девайсы с улучшенными характеристиками в наше время. Прогресс в сфере материаловедения достаточно часто находят своё практическое применение в медицинской индустрии: таргетная доставка лекарств, магнитная гипертермия, неинвазивное измерение вязкости крови. Особый интерес привлекают магнитные материалы, а именно магнитные наночастицы, пространственным положением которых возможно управлять при помощи внешнего магнитного поля, то есть без какого-либо внешнего вмешательства.

Для работы в биосредах необходимо добиться стабильности коллоидных частиц в районе $pH = 7$, что достигается посредством функционализации поверхности различными покрытиями, одним из которых является SiO_2 .

X – одно из наиболее распространённых ферромагнитных оксидных соединений, способное образовывать стабильные коллоиды. Оно обладает кубической элементарной ячейкой с параметром $a = 0,845 \text{ нм}$, плотность соединения – $5,306 \text{ г/см}^3$ (см. рисунок).

1. Определите молекулярную формулу X, ответ подтвердите расчётом.

Для модификации поверхности берут 100 мл заранее приготовленного коллоидного раствора X с концентрацией 400 мг/л и добавляют к нему 300 мл воды. К



полученному раствору через бюретку прикапывают раствор 800 мг Na_2SiO_3 в 100 мл воды. Во время прикапывания pH стараются держать в районе 2,7-2,8. Когда в бюретке остаётся 9-10 мл раствора Na_2SiO_3 , контроль pH прекращается.

2. Определите толщину слоя SiO_2 ($\rho = 2,28 \text{ г/см}^3$) на частицах X при условии, что в модели нашей задачи в ходе гидролиза силиката образуется именно SiO_2 , магнитные частицы сферические и имеют диаметр 10 нм, а слой ложится равномерно на все частицы.

3. Зачем нужен контроль pH при модификации поверхности? Почему в конце синтеза контроль кислотности прекращается?

Решение (21 балл)

1) Для начала поймём, что это за соединение. Из решетки можно рассчитать брутто-формулу.

Синие шарики: 8 в вершинах, 6 на гранях и 4 в объёме, значит 8 синих шариков приходится на одну элементарную ячейку.

Зелёные шарики: 16 шариков в объёме, значит 16 зелёных шариков приходится на одну элементарную ячейку.

Красные шарики: 32 шарика в объёме, значит 32 красных шарика приходится на одну элементарную ячейку.

Получившаяся формула – $\text{C}_8\text{Z}_{16}\text{K}_{32}$. Число формульных единиц $Z = 8$, значит, брутто-формула – C_3Z_4 , оказывается, это шпинель.

Рассчитаем молярную массу данного соединения:

$$M = \frac{a^3 \rho N_A}{Z} = \frac{(0,845 \cdot 10^{-7})^3 \cdot 5,306 \cdot 6,022 \cdot 10^{23}}{8} = 241 \text{ г/моль}$$

Разумно предположить, что красные шарики – это кислород. Так как это ферромагнитная шпинель, то под зелёными шариками, видимо подразумевается железо, а вот, что скрывается под синими шариками, нам ещё предстоит определить:

$$M_c = 241 - 16 \cdot 4 - 56 \cdot 2 = 65 \text{ г/моль}$$

Значит, синие шарики – это цинк. Финальная формула – ZnFe_2O_4 .

2) Для того, чтобы рассчитать толщину слоя на одной частице, нам необходимо понять, сколько вообще частиц находится в растворе. Объём одной частицы можно рассчитать из формулы объёма шара:

$$V_{\text{частицы}} = \frac{4}{3} \pi r^3 = 5,236 \cdot 10^{-19} \text{ см}^3$$

Далее необходимо найти общий объём всех частиц, это можно сделать при помощи простой формулы, которая знакома все из уроков школьной физики:

$$V_{\text{общий}} = \frac{m}{\rho} = \frac{cV}{\rho} = 0,075 \text{ см}^3$$

Поделим общий объём на объём одной частицы и найдём количество частиц:

$$N = \frac{V_{\text{частицы}}}{V_{\text{общий}}} = 1,432 \cdot 10^{17} \text{ шт}$$

Теперь необходимо понять сколько оксида кремния осело на одной частице:

$$\text{SiO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O}$$

$$m_{\text{SiO}_2} = \frac{m_{\text{Na}_2\text{SiO}_3}}{M_{\text{Na}_2\text{SiO}_3}} M_{\text{SiO}_2} = 0,393 \text{ г}$$

$$V_{\text{SiO}_2 \text{ на 1 частице}} = \frac{m_{\text{SiO}_2}}{\rho_{\text{SiO}_2} \cdot N} = 1,205 \cdot 10^{-18} \text{ см}^3$$

Теперь представим, что объём частицы увеличили на объём оксида кремния и представим это изменения через добавку к радиусу, что и будет толщиной слоя:

$$V_{\text{частицы}} + V_{\text{SiO}_2 \text{ на 1 частице}} = \frac{4}{3}\pi(r + x)^3$$

Откуда $x = 2,445 \cdot 10^{-7} \text{ см}^3 = 2,445 \text{ нм}$

- 3) Контроль pH необходим для того, чтобы гидролиз силиката продолжался. Как видно из уравнения реакции, для гидролиза необходима кислая среда, поэтому мы постепенно добавляем кислоту. Добавить сразу много кислоты нельзя, так как есть шанс, что наночастицы растворятся. Контроль pH в конце прекращают, чтобы среда стала нейтральной и частицы можно было использовать в биологических средах.

5. В современной химии активно развивается научное направление, известное как зеленая химия. В зеленой химии активно применяются катализаторы, характеристики которых мы сегодня рассмотрим в данной задаче.

В проточный реактор загрузили палладиевый катализатор (в котором палладий нанесен на уголь и $\omega(\text{Pd}) = 1\%$) объемом 4 мл. Известно, что насыпная плотность катализатора равна $0,55 \text{ г/см}^3$, его удельная поверхность равна $600 \text{ м}^2/\text{г}$.

В реакторе происходит следующая реакция гидрирования:



Толуол (C_7H_8) при гидрировании превращается в метилциклогексан (C_7H_{14}), при этом нам известно, что в начале реакции скорость подачи толуола в реактор – 3 моль/ч, а из реактора выходит 2,5 моль/ч толуола.

1. Определите удельную каталитическую активность на объем, массу и площадь поверхности катализатора, если известно, что активность измеряется как отношение скорости реакции к количеству катализатора (под количеством в данном случае может подразумеваться любая единица измерения для катализатора). Скорость измеряется в моль/ч.

Для катализаторов вводят еще две характеристики: TOF и TON. TOF равно максимальному количеству превращающегося реагента, образовавшегося в единицу времени на одном активном центре катализатора. Активным центром мы считаем атом/группу атомов, при взаимодействии с которыми и происходит ускорение химических реакций. TON же равно количеству молей продукта, образовавшихся на одном моле активных центров до потери ими активности. TOF характеризует активность катализатора, а TON характеризует стабильность нашего катализатора, и для идеального катализатора эта величина равна бесконечности.

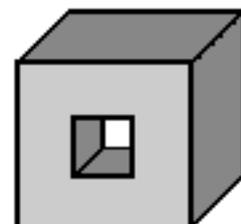
2. Определите TOF (в ч^{-1}) и TON для катализатора, указанного выше, если нам известны следующие условия: только 50% палладия образует активные центры (можно считать их одноатомными) и скорость реакции линейно падает со временем, становясь равной нулю через сутки после начала реакции.

Также свойства катализатора зависят от площади поверхности катализатора.

Пример промышленного катализатора, использующего это свойство, представлен на фото. Представим, что процессы в катализаторе идут только на поверхности катализатора, тогда пусть у нас есть катализатор в виде кубика с длиной ребра 5 см и другой катализатор, представляющий собой такой же кубик, только с квадратной дыркой с длиной стороны квадрата 2 см.



3. Найдите отношение площадей поверхности двух катализаторов и предскажите, на каком из них реакция будет идти быстрее. Рисунок катализатора с дыркой представлен ниже.



Решение (21 балл).

1. Скорость реакции будет измеряться как разность потока толуола на входе и выходе, и она равна $r = 3 - 2,5 = 0,5$ моль/ч.

Тогда масса катализатора $m = \rho V = 0,55 \cdot 4 = 2,2$ г.

Площадь поверхности катализатора равна $S = S_{\text{уд}} \cdot m = 600 \cdot 2,2 = 1320$ м².

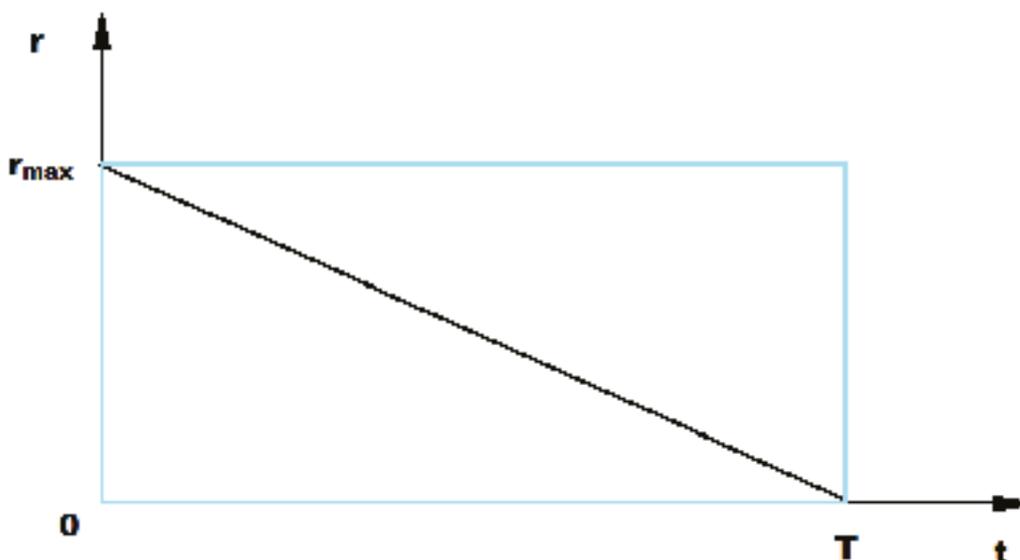
Тогда удельная каталитическая активность на массу равна $r/m = 0,5/2,2 = 0,227$ моль/г·ч; на объем – $r/V = 0,5/4 = 0,125$ моль/см³·ч; на площадь поверхности – $r/S = 0,5/1320 = 3,79 \cdot 10^{-4}$ моль/ч·м².

2. Поскольку в начале скорость реакции была наибольшей, то будем измерять TOF в начале реакции. Тогда $\text{TOF} = n(\text{толуол}) / (t \cdot n(\text{Pd})) = r / n(\text{Pd})$

$$n(\text{Pd}) = n_0(\text{Pd})\eta = m\omega(\text{Pd})\eta / M(\text{Pd}) = 2,2 \cdot 0,01 \cdot 0,5 / 106 = 1,04 \cdot 10^{-4} \text{ моль}$$

$$\text{TOF} = 0,5 / 1,04 \cdot 10^{-4} = 4,81 \cdot 10^3 \text{ ч}^{-1}$$

Поскольку скорость реакции линейно падает, то можно представить ее падение в виде графика:



Заметим, что произведение скорости на время даст нам количество продукта, полученное за это время. Тогда если скорость постоянна, то количество продукта равно площади голубого прямоугольника, но так как скорость падает, то количество продукта равно половине от данного прямоугольника. Тогда

$$\text{TON} = r_{\text{max}} \cdot t / 2n(\text{Pd}) = 0,5 \cdot 24 / 2 \cdot 1,04 \cdot 10^{-4} = 5,77 \cdot 10^4.$$

3. Площадь поверхности куба $S = 6S_{\text{грани}} = 6a^2 = 6 \cdot 5^2 = 150 \text{ см}^2$

Площадь поверхности куба с дыркой равна площади поверхности куба, из которой вычли две квадратные дырки, и к ней еще добавляется площадь 4 прямоугольных поверхностей внутри дырки:

$$S_1 = S - 2b^2 + 4ab = 150 - 2 \cdot 2^2 + 4 \cdot 2 \cdot 5 = 182 \text{ см}^2$$

$$S_1/S = 182/150 = 1,21$$

Реакция зависит от площади поверхности, так что на кубе с дыркой она будет идти точно быстрее.

Варианты заданий по химии олимпиады школьников «Высшая проба»

9 класс

Олимпиада 2022-23 гг., 9 класс.

Максимальная сумма - 100 баллов

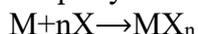
1. Газ X.

Бинарный газ X (при н.у. $\rho = 1,25 \text{ кг/м}^3$), имеющий самую высокую энергию связи в природе, способен вступать в реакцию с другим бинарным газом Ю, имеющим такую же плотность, как X, в соотношении 2:1 соответственно, с образованием единственного продукта (аддукта) – Ъ:



Вещество Ъ состоит из четырех элементов, один из которых является самым распространенным элементом во Вселенной. Один из атомов Ъ имеет искаженное тетраэдрическое окружение.

Также газ X способен реагировать с некоторыми переходными металлами напрямую с образованием ядовитых и легколетучих продуктов присоединения:



Формулу данных соединений можно выразить следующим образом MX_{18-G} , где G – номер группы металла. Любопытно, что сами металлы в подобных соединениях имеют формальную степень окисления равную нулю. Яркий пример такого соединения является вещество Щ, молекула которого имеет 84 электрона, а металл находится в 10 группе.

1. Определите X, Ю, Ъ. Какая связь в молекуле Ъ самая длинная? Какая у нее природа? Изобразите строение молекул X, Ю, Ъ.
2. Определите вещество Щ. Изобразите строение этой молекулы. Решение обоснуйте.
3. При попадании в организм, соединение Щ способно вызывать гипоксию (удушение). Почему?

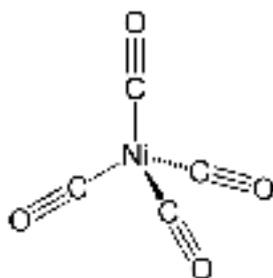
Решение (20 баллов):

Для опытных олимпиадников не проблемой будет догадаться по описанию, что X – это угарный газ CO (самая большая энергия связи именно у него – 1077 кДж/моль). Ну а еще 28 г/моль, по плотности. Также можно догадаться, что Ю содержит водород (самый распространенный элемент во Вселенной).



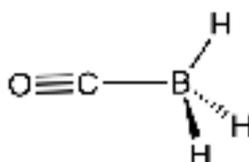
Строение X

Газ X можно рассчитать: формула Щ – MX_4 , так как металл по условию находится в 10 группе. По условию, что Щ содержит 84 электрона, можно составить уравнение: $NM + 4NX = 84$, где NM-число электронов в металле, а NX-в X. В 10 группе всего четыре металла – Ni, Pd, Pt и Ds. Ds уже содержит 110 электронов и нам не подходит. Pt имеет 78 электронов, а значит, что на 4 молекулы X приходится 6 электронов, что невозможно. В случае Pd на 4 молекулы X приходится 38 электронов, что тоже невозможно, так как на одну X придется 9.5 электронов. Последний вариант – никель. В его случае на X приходится 14 электронов. Так как X бинарный, то нетрудно догадаться, что элементы, входящие в его состав, находятся в 1 и/или 2 периодах таблицы. 14 электронов может содержать CO, N₂, C₂H₂, HCN. Из всех, только CO может образовывать аддукты с никелем. Более того, в условии сказано, что Щ способно вызывать удушье. А это как раз происходит вследствие способности карбонил металлов «передавать» молекулу CO гемоглобину крови. Вещество Щ имеет тетраэдрическое строение (см. рисунок ниже).



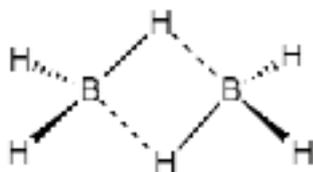
Строение Щ

СО имеет молярную массу 28 г/моль. Такую же молярную массу имеют азот, этилен и диборан. СО способен реагировать только с дибораном с образованием аддукта **Ъ** – $\text{H}_3\text{B}\leftarrow\text{C}\equiv\text{O}$, в котором реализуется донорно-акцепторная связь В–С, которая и будет являться самой длинной как раз по этой причине. Если это не столь очевидно, то можно догадаться, что именно эта связь – самая длинная по иным умозаключениям. Во-первых, связь $\text{C}\equiv\text{O}$ – тройная, что означает, что атомы расположены очень близко, а во-вторых, связь В–Н не может быть самой длинной, так как атом Н очень мал.



Строение Ъ

О строении **Ю** можно догадаться так: так как бор зачастую трёхвалентен, то связи В–В в молекуле не будет. Это означает, что атомы бора могут быть соединены только через мостики в виде атомов Н, но так, чтобы окружение бора было тетраэдрическим (для максимального отталкивания атомов Н). В данной молекуле реализуется трёхцентровая двухэлектронная связь.



Строение Ю

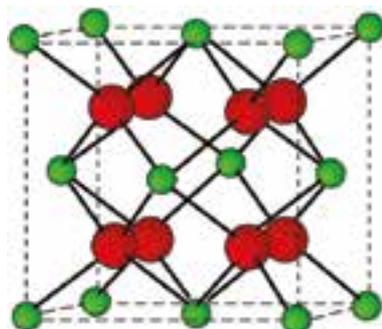
Гипоксия при попадании в организм вещества **Щ** вызвана тем, что карбонилы металлов очень легко способны испускать СО, который может выступать хорошим лигандом и связываться с атомом Fe в составе гемоглобина, что приведет к потере способности переносить кислород гемоглобином.

2. Земля и Луна, лекарство и яд.

Происхождение названия элемента **X** очень символично, так как он часто сопутствует минералам элемента, названного в честь Земли – **Y**, поэтому **X** назван в честь спутника Земли – Луны.

1. Определите элементы **X** и **Y**.

При реакции калия с простым веществом **Y** серебристо-белого цвета образуются светло-желтые кристаллы соединения **A** (**реакция 1**). Ниже представлена кристаллическая решетка данного соединения ($a = b = c = 0,8168$ нм, $\rho = 2,509$ г/см³).



2. Определите **A**. Ответ подтвердите расчетом.

Соединения элементов **X** и **Y** являются достаточно токсичными. Для количественного выражения токсичности используют показатель полулетальной дозы ЛД₅₀ – это масса вещества на кг живой массы организма, при которой погибнет половина всех особей. Так, например, ЛД₅₀ **X** для мышей составляет 5 мг/кг.

3. Рассчитайте, погибнет ли половина популяции мышей из 150 особей, если популяцию накормили 0,5 кг проса, загрязненного **X** (содержание **X** по массе 40 ppm). Известно, что средняя масса мыши 20 граммов. Ответ подтвердите расчетом. *Примечание: ppm – частей на миллион; 1 ppm = 0,0001 %.*

Однако, некоторые соединения **X** могут быть, наоборот, лечебными. Так, например, в дерматологии применяется лекарство сульсен (основной компонент соединения **B**). Для его получения при нагревании перетирают 100 г порошка **X** с 81,19 г порошка серы, и получается **B** массой 181,19 граммов (**реакция 2**).

4. Определите формулу соединения **B**. Ответ подтвердите расчетом.

Однако, при подобном способе синтеза помимо **B**, в состав сульсена могут входить другие бинарные соединения в примесных количествах, например, **C**. Для определения его состава образец 1,00 г **C** сожгли в избытке кислорода; при этом получилось 838,1 мг **D** и 282,24 мл (при н.у.) сернистого газа (**реакция 3**).

5. Определите формулы веществ **C** и **D**. Ответ подтвердите расчетом. Изобразите одну из возможных структурных формул вещества **C**, если учесть, что оно циклическое и валентность всех элементов равна 2.

6. Напишите реакции 1–3.

Решение (20 баллов):

Элементы **X** и **Y** можно определить, если знать происхождения названий химических элементов. Таким образом, **X** – Se, **Y** – Te. Но даже если не знать этимологию названий, можно рассчитать **Y** по данным строения кристаллической решетки. При реакции калия с **Y**, очевидно получится простое вещество, стехиометрия которого понятна из рисунка кристаллической решетки. Красных атомов – $8 \cdot 1/8 + 6 \cdot 1/2 = 4$, зеленых атомов – $8 \cdot 1 = 8$, следовательно, стехиометрия K_2Y или KY_2 , а количество формульных единиц $Z = 4$. Рассчитаем молярную массу соединения **A**.

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{4M}{N_A a^3} = \frac{4M}{6,02 \cdot 10^{23} \cdot (0,8168 \cdot 10^{-7})^3} = 0,0121932M = 2,509$$

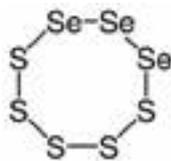
$$M = 205,77$$

При K_2Y молярная масса $Y=205,77 - 39 \cdot 2 = 127,77$, а, следовательно **Y** – Te, **A** – K_2Te .

Для определения гибели популяции мышей необходимо посчитать общую массу животных. $150 \cdot 20 = 3000$ г = 3 кг, чтобы отравить такое количество мышей достаточное содержание селена должно быть $5 \cdot 3 = 15$ мг. Содержание селена в просе $40 \cdot 0,5 \cdot 1000 \cdot 1000 / 1000000 = 20$ мг, а, значит, половина популяции погибнет.

$n(\text{Se}) = 1,266$ моль, $n(\text{S}) = 2,537$ моль, следовательно **B** – SeS_2 .

При реакции селена с серой логично допустить образование сульфидов селена иной стехиометрии. При сжигании Se_xS_y должен получиться диоксид селена (**D**) и диоксид серы, рассчитаем их количества вещества. $n(\text{SeO}_2) = 0,00755$ моль, $n(\text{SO}_2) = 0,0126$ моль. $n(\text{Se}):n(\text{S}) = 0,00755:0,0126 = 3:5 \Rightarrow$ **C** – Se_3S_5 . Структуру **C** можно предположить, ориентируясь на соображения о том, что существует аллотропная модификация серы S_8 .



Структура соединения **C** Se_3S_5

- (1) $2K + \text{Te} = K_2\text{Te}$
- (2) $\text{Se} + 2\text{S} = \text{SeS}_2$
- (3) $\text{Se}_3\text{S}_5 + 8\text{O}_2 = 3\text{SeO}_2 + 5\text{SO}_2$

3. Димер.

Безводный хлорид **A** (массовая доля металла 20,24%) получить достаточно сложно. Одним из способов является прямое взаимодействие газообразного хлора с металлом (**реакция 1**). Альтернативным способом получения **A** является осушка кристаллогидрата **B** с использованием тионилхлорида (**реакция 2**). Для осушки 100 г **B** потребовалось 180,3 мл SOCl_2 ($\rho = 1,64 \text{ г/см}^3$).

1. Напишите формулы веществ **A** и **B**, а также реакции 1-2. Ответ подтвердите расчетом. Объясните, почему нельзя получить **A** простым нагреванием кристаллогидрата **B**, подтвердите ваше объяснение реакцией 3.

При нагревании до 180°C **A** при постоянном давлении (1 атм) сублимируется, и образуется димер **AA** (**реакция 4**). Однако, при ещё большем нагревании доля димеризации уменьшается.

2. Напишите реакцию 4. Рассчитайте ΔH_r^{298} , ΔS_r^{298} а также ΔG_r^{453} и K_c при 180°C . Считайте, что ΔH_r и ΔS_r не зависят от температуры.
3. Объясните, почему при нагревании доля димеризации уменьшается?
4. При какой температуре степень димеризации составит 50%? Считайте, что ΔH_r и ΔS_r не зависят от температуры.
5. Нарисуйте структурную формулу **AA**.

Справочная информация:

$$\Delta H_f^{298}(\text{A}) = -585 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta H_f^{298}(\text{AA}) = -1299 \text{ кДж/моль}$$

$$S^{298}(\text{A}) = 313 \text{ Дж/моль}$$

$$S^{298}(\text{AA}) = 470 \text{ Дж/моль}$$

$$\Delta G_r = \Delta H_r - T\Delta S_r$$

$$\Delta G_r = -RT \ln K_c$$

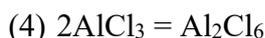
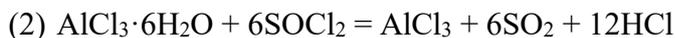
Решение (20 баллов):

Очевидно, что начать решение задачи стоит с определения неизвестного хлорида металла **A**. Представим **A** в виде $\text{Me}^{+x}\text{Cl}_x$, где x – степень окисления Me , тогда $w = \text{M}(\text{Me}) / (\text{M}(\text{Me}) + x \cdot \text{M}(\text{Cl})) = 0,2024$. Преобразуем данное уравнение – $\text{M}(\text{Me}) = 9,0 \cdot x$, при $x=3$ $\text{M}(\text{Me})=27 \Rightarrow \text{A} = \text{AlCl}_3$. Для определения кристаллогидрата **B**, его необходимо представить также в общем виде – $\text{AlCl}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$. Запишем в общем виде реакцию тионилхлорида с кристаллогидратом хлорида алюминия.

Из уравнения $\text{AlCl}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O} + x\text{SOCl}_2 = \text{AlCl}_3 + x\text{SO}_2 + 2x\text{HCl}$ видно, что количества вещества кристаллогидрата и тионилхлорида относятся как 1: x .

Рассчитаем количество вещества тионилхлорида –

$n(\text{SOCl}_2) = 180,3 \text{ мл} \cdot 1,64 \text{ г/мл} / 119 \text{ г/моль} = 2,485 \text{ моль}$, количество вещества кристаллогидрата $n(\text{AlCl}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}) = 100 / (27 + 35,5 \cdot 3 + 18x)$. Тогда составим уравнение – $1 : x = 100 / (27 + 35,5 \cdot 3 + 18x) : 2,485$. Решение данного уравнения $x=6$, следовательно, **В** – $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Кристаллогидрат при нагревании начинает терять воду, однако известно, что ионы Al^{3+} способны к гидролизу, что и будет происходить, соответственно таким способом безводный гидрохлорид получить не удастся.



$$\Delta H_r^{298} = \Delta H_r^{298}(\text{продукты}) - \Delta H_r^{298}(\text{реагенты}) = -1299 - 2 \cdot (-585) = -129 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

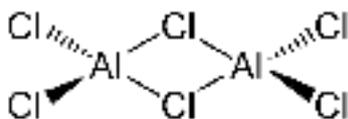
$$\Delta S_r^{298} = \Delta S_r^{298}(\text{продукты}) - \Delta S_r^{298}(\text{реагенты}) = 470 - 2 \cdot (313) = -156 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$$

$$\Delta G_r^{453} = \Delta H_r^{453} - T\Delta S_r^{453} = -129000 + 453 \cdot 156 = -58332 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$$

$$K_c = e^{\frac{58332}{8,314 \cdot 453}} = 5,326 \cdot 10^6$$

При нагревании доля димеризации будет уменьшаться, по причине того, что согласно нашим расчетам, данная реакция является экзотермической, а по принципу Ле-Шателье при нагревании реакции смещаются в сторону эндотермической реакции, влево в нашем случае.

Для расчета верной температуры, необходимо было в начале верно рассчитать K_c в данных условиях. Пусть исходное количество хлорида алюминия 1 моль. При доле димеризации в 50% прореагирует 0,5 моль AlCl_3 и останется 0,5 моль. При этом получится 0,25 моль Al_2Cl_6 $K_c = 0,25 / 0,5^2 = 1$. $\ln(1) = 0 \Rightarrow \Delta G_r^T = 0 = \Delta H_r - T\Delta S_r \Rightarrow T = \Delta H_r / \Delta S_r = -129000 / -156 = 826,9 \text{ К} = 553,8 \text{ }^\circ\text{C}$.



Строение димера хлорида алюминия.

4. Минералы в морозилке.

Юный химик Ю. в ходе одной из своих экспедиций обнаружил красивый оксидный минерал черного цвета, содержащий металлы **M1** и **M2**, и решил отдать его в аналитическую лабораторию для установления состава. В лаборатории провели следующие операции:

1. Растворили образец минерала в горячей концентрированной серной кислоте (**реакция 1**), при этом образовался раствор желтого цвета и выделился газ без цвета с резким запахом.
2. Добавили в раствор воды и довели до кипения (**реакция 2**), при этом выпал осадок белого цвета переменного состава (**P1**), а цвет раствора практически не изменился.
3. Полученный осадок отделили от раствора и прокалили, получили белое твердое вещество **P2** (**реакция 3**). Оказалось, что **P2** не реагирует с разбавленными кислотами и щелочами.
4. На оставшийся в п.2 раствор действовали избытком натриевой щёлочи (**реакция 4**), в результате чего выпал бурый осадок **P3**, а при добавлении к оставшемуся полученному раствору брома (**реакция 5**) осадок растворился, а раствор приобрел красно-фиолетовый цвет.

В ходе дополнительных исследований выяснено следующее:

- а) металл **M1** присутствует в минерале в степени окисления +2;
- б) массовое содержание **M2** в минерале равно 31,55%;
- в) твердое вещество **P2** вступает в реакцию с графитом и азотом при 800°C (**реакция 6**), образуя буро-желтое вещество **P4** с кристаллической решетка типа NaCl.

1. Определите металлы **M1-M2**, твердые вещества **P1-P4**. Установите формулу минерала, ответ подтвердите расчетом.
2. Напишите уравнения реакций 1-6.
3. Твердое вещество **P2** обладает хорошей химической и термической стойкостью, а также полезными оптическими свойствами, благодаря чему нашло широкое применение в быту, промышленности и науке. Назовите известные Вам две области применения этого вещества, где используются данные свойства. А также назовите область применения твердого вещества **P4** в декоре.
4. Океанолог Юрий заинтересовался найденным минералом и решил заглянуть в геологический справочник, где со смехом обнаружил схожесть названия минерала с названием блюда, которое лежало в его морозилке и состояло в основном из теста и мяса. Схожее название также имеет озеро в районе Великого Новгорода, однако, не имеющее отношение к названию минерала. Назовите минерал, блюдо и озеро.

Решение (20 баллов):

1. Юрий нашел минерал черного цвета, содержащий кислород и два металла **M1** и **M2**. Судя по результатам эксперимента, приведенным в пунктах 1, 2 и 4, минерал содержит железо (бурый осадок **P3** при реакции с щелочью – $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, желтый цвет растворов солей железа +3, красно-фиолетовая окраска при реакции с бромом в щелочной среде – образование феррата). Осталось определить, какой металл **M1** или **M2** – железо. Логично предположить, что железо – это металл **M1**, тогда объясняется появление бесцветного газа с резким запахом – SO_2 – при реакции с концентрированной серной кислотой при нагревании (происходит окисление железа +2 до с.о. +3).

Таким образом, остался металл **M2**. Исходя из его малой массовой доли можно предположить, что это достаточно легкий металл, поэтому можно ограничиться 4 первыми периодами. При разбавлении и кипячении раствора происходит гидролиз по катиону, поэтому осадок **P1** – белый гидратированный оксид (переменного состава), **P2** – белый оксид, не реагирующий с разбавленными кислотами и щелочами. Сразу можно исключить «классические» амфотерные металлы (Be, Al, Zn), металлы с цветными оксидами и гидроксидами (V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu), щелочные и щелочноземельные металлы (Li, Na, K, Mg, Ca). Из оставшихся металлов наиболее всего подходит титан: его соли сильно гидролизуются при разбавлении раствора, белые оксид (**P2** – TiO_2) и гидратированный гидроксид (**P1** – $\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$). Вдобавок растворы сульфата титанила желтоватые, что соответствует условию задачи («цвет раствора практически не изменился»).

Формулу минерала определим с помощью массовой доли титана в нем (засчитывается расчет с использованием целого значения массы титана):

$M_{\text{минерала}} = M(\text{Ti}) \omega(\text{Ti}) = 47,870,3155 = 151,73$ г/моль. Эта молярная масса соответствует формуле FeTiO_3 .

Осталось определить твердое вещество **P4**. Так как в реакцию вступают TiO_2 , графит и N_2 , то образующееся вещество, скорее всего, является нитридом титана. Вещество **P4** имеет ту же кристаллическую решетку, что и NaCl , следовательно, отношение числа атомов $\text{Ti}:\text{N} = 1:1$, и **P4** – TiN .

M1	M2	P1	P2	P3	P4	минерал
Fe	Ti	$\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$	TiO_2	$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$	TiN	FeTiO_3

2. (1) $2\text{FeTiO}_3 + 6\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{TiOSO}_4 + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$
- (2) $\text{TiOSO}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{TiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_4$
- (3) $\text{TiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{TiO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- (4) $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{NaOH} = 2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{Na}_2\text{SO}_4$
- (5) $2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 10\text{NaOH} + 3\text{Br}_2 = 2\text{Na}_2\text{FeO}_4 + 6\text{NaBr} + 8\text{H}_2\text{O}$
- (6) $2\text{TiO}_2 + 4\text{C} + \text{N}_2 = 2\text{TiN} + 4\text{CO}$

3. Области применения TiO_2 : производство титановых белил/лакокрасочная промышленность (белый цвет и стойкость), пластиков (химическая защита), резины (повышение температурной стойкости), огнеупорной керамики (термическая стойкость), косметики (защита от УФ, белый цвет), бумаги (белый цвет, огнеупорная бумага), пищевая промышленность (белый цвет), фармацевтика (химически инертный наполнитель), фотокаталитические строительные материалы (фотокаталитическая активность ведет к бактерицидному действию).

Нитрид титана используется как имитация золота (позолота).

4. Очевидно, что у юного океанолога Юрия в морозилке лежит популярное в России среди студентов блюдо – **пельмени** (засчитывается *пельмень*). Минерал имеет созвучное название – **ильменит**, назван он так в честь Ильменских гор на юге Урала и не имеет ничего общего с озером **Ильмень**, расположенным в районе Великого Новгорода.)

5. Взрывы для спасения жизни.

За 2022 год в автокатастрофах по всему миру погибло около 1,3 миллиона людей, пострадало около 50 миллионов человек. Эти цифры выглядят пугающе. Однако, в настоящий момент автомобили стараются делать максимально безопасными и комфортными для пассажиров и водителей. Например, в 80-х годах двадцатого века химики крупных автомобильных концернов разработали новый способ защиты для автомобилистов – подушку безопасности. Она изготовлена из прочного полиамидного волокна и в сложенном виде занимает так мало места, что ее можно упрятать в стойку рулевого колеса. В случае лобового столкновения мешок почти мгновенно надувается и мягко принимает на себя поступательное движение как корпуса, так и головы водителя, спасая тем самым ему жизнь. Это изобретение действительно спасло много жизней.

Как же работает такая подушка? Поскольку счет в аварии идет на секунды, никакой механический компрессор не способен надуть мешок за нужное время. На помощь химикам приходит разложение химического вещества с большим выделением газа. Выбор основного взрывчатого вещества пал на вещество **A**, соль кислоты **Y** и металла **X**, хоть оно и устойчиво при комнатной температуре, однако, при нагревании до 300°C может очень быстро разлагаться (**реакция 1**). Из 32,5 грамм вещества **A** при н.у. получается около 16,8 л газа. Чтобы увеличить выход газа, а также связать очень реакционноспособный и легко загорающийся на воздухе металл **X**, который получается в результате разложения **A**, в смесь добавляют вещество **B** (**реакция 2**). Полученный в результате **реакции 2** оксид металла **X**

– тоже не подарок, поэтому для его связывания в смесь добавляют мелкокристаллический порошок диоксида кремния (**реакция 3**).

Остается решить еще одну проблему: как инициировать взрыв вещества **A**? Для этого используют **C** – соль тяжелого металла и кислоты **Y**, массовая доля самого легкого компонента этой соли равна 28,86%.

Для получения вещества **A** проводят синтез в несколько стадий. Для начала берут газ **D** (плотность при н.у. 0,7589 г/л) и сжижают его при температуре около -33°C. Затем растворяют в нем металл **X** (**реакция 4**). На полученный продукт действуют газом **E** (плотность при н.у. 1,964 г/л), который обладает опьяняющим эффектом (**реакция 5**).

Вещество **A** нашло применение еще и в другой области: в связи с его бактерицидными свойствами его используют в качестве консерванта биохимических препаратов. В конце 20-го века в американских клиниках стали происходить необычные явления. Время от времени из сливной раковины наблюдали звуки, напоминающие пушечные выстрелы, а однажды взорвалась сливная труба. Оказалось, что большая часть труб была сделана из металла **F** или же его сплавов. Металл **F** может окисляться под действием даже слабо концентрированного водного раствора кислоты **Y**. Для полного взаимодействия с 100 г металла **F** требуется 203 г кислоты **Y** (**реакция 6**). Продукт, полученный в этой реакции, как и все соли тяжелых металлов кислоты **Y** очень взрывоопасны (**реакция 7**).

Окислительная способность кислоты **Y** может сравниться с азотной. Так, например, для растворения благородных металлов, таких как золото или платина, можно использовать вместо царской водки, смесь кислоты **Y** и соляной кислоты (**реакция 8, 9**).

1. Определите вещества **A-F**, **X**, **Y** если известно, что раствор вещества **B** окрашивает пламя в фиолетовый цвет, а также массовая доля металла 38,6%.
2. Напишите реакции 1-9, реакцию инициации взрыва веществом **C**.
3. Предложите, как можно было бы избежать взрывов в канализации при работе с веществом **A**. (Не менее двух идей)
4. Посчитайте, сколько теплоты выделится при детонации 20 грамм вещества **A**, если стандартная энтальпия образования вещества **A** при 25°C равна 21,3 кДж/моль.

Решение (20 баллов):

Эрудированный химик сразу сообразит, что речь идет об азиды металлов, поскольку они являются хорошими взрывчатыми веществами, однако давайте попробуем подтвердить наши догадки расчетами. Для начала рассчитаем газы, которые используются для получения **A**. Поскольку при разложении **A** образуется активный металл – можно предположить, что это щелочной металл. $M(D) = 0,7589 \cdot 22,4 = 17$ г/моль – это NH_3 . При реакции щелочных металлов со сжиженным аммиаком образуются амиды металлов XNH_2 . $M(E) = 1,964 \cdot 22,4 = 44$ г/моль – это CO_2 или N_2O . Однако N_2O обладает опьяняющим эффектом реагирует с амидами металлов с образованием азидов, следовательно **E** – N_2O . Тогда, **Y** – HN_3 . Найдем металл **X**. При разложении **A** получается 16,8 л газа, $n(\text{газа}) = 0,75$ моль. $\text{X}(\text{N}_3)_n = \text{X} + (3n/2)\text{N}_2$. $M(\text{Me}) = 32,5 / ((0,75 \cdot 2) / 3n) - 3 \cdot 14n = 23n$, при $n=1$ **X** – Na. Рассчитаем состав инициатора **C**. Если металл тяжелый, то можно предположить, что самый легкий компонент – азот. Тогда массовая доля азота – 28,86%. $\frac{3 \cdot 14n}{3 \cdot 14n + Me} = 0,2886 \Rightarrow$
 $M(\text{Me}) = 103,53n$, при $n = 2$ **C** – $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$. Для расчета металла **F** можно представить реакцию с азидоводородной кислотой при разных степенях окисления. $2F + 3n \text{HN}_3 = 2F(\text{N}_3)_n + n \text{N}_2 + n \text{NH}_3$. $M(F) = 31,77n$, при $n=2$ **F** – Cu.

Рассчитаем последнее неизвестное вещество – **B**. Окраска пламени в фиолетовый цвет явно намекает на наличие ионов калия. Тогда молярная масса соли **B** = 101 г/моль. Молярная масса аниона 62 г/моль, что явно подходит под молярную массу нитрат аниона. **B** – KNO_3 .

- (1) $2\text{NaN}_3 = 2\text{Na} + 3\text{N}_2$
- (2) $10\text{Na} + 2\text{KNO}_3 = 5\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{N}_2$
- (3) $\text{Na}_2\text{O} + \text{SiO}_2 = \text{Na}_2\text{SiO}_3$
- (4) $2\text{Na} + 2\text{NH}_3 = 2\text{NaNH}_2 + \text{H}_2$
- (5) $\text{NaNH}_2 + \text{N}_2\text{O} = \text{NaN}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- (6) $\text{Cu} + 3\text{HN}_3 \rightarrow \text{Cu}(\text{N}_3)_2 + \text{N}_2 + \text{NH}_3$
- (7) $\text{Cu}(\text{N}_3)_2 = \text{Cu} + 3\text{N}_2$
- (8) $2\text{Au} + 3\text{HN}_3 + 10\text{HCl} \rightarrow 2\text{H}[\text{AuCl}_4] + 2\text{NH}_4\text{Cl} + 3\text{N}_2$
- (9) $\text{Pt} + 2\text{HN}_3 + 8\text{HCl} \rightarrow \text{H}_2[\text{PtCl}_6] + 2\text{NH}_4\text{Cl} + 2\text{N}_2$
- (10) $\text{Pb}(\text{N}_3)_2 = \text{Pb} + 3\text{N}_2$

Для того, чтобы избежать взрывов в канализации, необходимо: использовать слив для опасных веществ, нейтрализовать каким-то образом азиды, строить канализацию из инертных материалов, например, ПВХ.

$n(\text{NaN}_3) = 20/65 = 0,307$ моль.

Следовательно, при детонации выделится $21,3 \cdot 0,307 = 6,55$ кДж.

Варианты заданий по химии олимпиады школьников «Высшая проба»**10 класс**

Авторы задач для 10 класса 2020-2023 годов:

Григорьев В.Г., Ключев Ф.С., Мещеряков Н.В., Свитанько З.П.

Олимпиада 2020-21 гг., 10 класс.

Максимальная сумма - 100 баллов

Задача 1.

Вещество X массой 1,2 г прокалили в токе кислорода в печи обжига. Твердый остаток массой 0,84 г растворили в воде. Полученный раствор имел щелочную реакцию, и для его нейтрализации потребовалось 29,4 г раствора серной кислоты с массовой долей 5%. Отходящие газы из печи обжига пропустили над нагретой медью, после этого было получено 672 мл (н.у.) газа с плотностью по водороду 18. После пропускания этого газа в избыток раствора гидроксида натрия осталось 336 мл газа с плотностью по водороду 14.

1. Определите вещество X. Приведите все необходимые расчеты.
2. Напишите уравнения упомянутых реакций.

3. Решение (16 баллов):

1) Газ с плотностью по водороду 14 имеет соответственно молекулярную массу 28.

Таких газов несколько: CO, C₂H₄, N₂. Так как газ образовался при обжиге, то сам он не горит и не окисляется кислородом, подходит азот.

2) Так как раствор NaOH поглотил ровно половину первоначальной газовой смеси, то можно определить молекулярную массу второго газа.

$0,5 \times 28 + 0,5M = 36$, отсюда $M = 44$, что указывает на CO₂ (подтверждается поглощением щелочью)

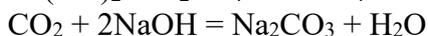
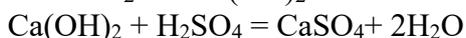
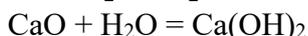
3) Каждого из газов получено 0,015 моль. Можно предположить, что твердый остаток, полученный при обжиге – оксид и что его тоже получено 0,015 моль. Так как известна его масса, то можно узнать и молекулярную массу: $0,84 : 0,015 = 56$, что указывает на CaO.

Можно проверить по нейтрализации: количество серной кислоты составляет как раз 0,015 моль.

4) Исходное вещество таким образом содержит $12 \times 0,015$ г С, $28 \times 0,015$ г N и $40 \times 0,015$ г Ca, что в сумме дает как раз 1,2 г, значит кислорода (или других элементов) вещество не содержит, его формула CaCN₂.

Исходное вещество, таким образом, содержит $12 \times 0,015$ г С, $28 \times 0,015$ г N и $40 \times 0,015$ г Ca, что в сумме дает как раз 1,2 г, значит, кислорода (или других элементов) вещество не содержит, его формула CaCN₂.

Реакции:



Задача 2.

Студенту выдали для исследования смесь двух твердых солей А и Б массой 15,265 г. Предварительно было известно, что обе соли представляют собой кристаллогидраты, одна из них содержит 36,18% кристаллизационной воды (четыре молекулы H_2O), а другая — 15,95% воды (две молекулы H_2O) и 52,59% металла.

Студент растворил смесь солей в воде и разделил полученный прозрачный раствор на 4 равные порции (3 для проведения опытов и 1 запасная). При добавлении к одной из порций избытка раствора нитрата серебра выпало 5,02 г белого творожистого осадка, не растворимого в кислотах, но растворимого в водном растворе аммиака, при этом в полученном растворе обнаруживался только один вид анионов.

Во вторую порцию раствора он пропускал газообразный сероводород, при этом был получен темный осадок массой 1,88 г.

К третьей порции раствора был добавлен избыток раствора сульфида аммония, при этом выпал черный осадок.

1. Определите соли А и Б и массу каждой соли в смеси.

2. Определите массу осадка, полученного при добавлении сульфида аммония к порции раствора. Почему массы осадков, полученных при добавлении сульфида аммония и при пропускании сероводорода, различаются?

Приведите необходимые расчеты и рассуждения.

Решение (22 балла):

1) Выпадение осадка с нитратом серебра указывает на то, что выданные соли — хлориды, или одна из солей хлорид, а другая нитрат (так как после добавления нитрата и осаждения хлорида в растворе есть только один вид анионов).

2) Определим соль А: $72(M_1 + 72) = 0,3618$, отсюда $M_1 = 127$, предполагая, что это хлорид, получаем FeCl_2 , соль А = $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Предположение, что это нитрат, разумных результатов не дает.

3) Определим соль Б: $36 : (M_2 + 36) = 0,1595$, отсюда $M_2 = 189,7$. Перебор всех возможных нитратов и хлоридов дает несколько вариантов, однако с учетом массовой доли металла остается только $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

4) Массу каждой соли в смеси можно найти из массы AgCl , которая равна 5,02 г из четверти раствора, составила бы 20,08 г из всего раствора, т.е. 0,14 моль AgCl . Суммарное количество солей в смеси 0,07 моль (так как в каждой из них два хлорид-иона).

Пусть x = кол-во моль хлорида железа $199x + 225,7(0,07 - x) = 15,265$; $x = 0,02$, это количество $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ в смеси, и это составляет 3,98 г. Соответственно, количество $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0,05 моль, что составляет 11,285 г.

5) Массу каждой соли можно найти также из массы выпавшего сульфида, однако приведенный выше способ никаких знаний о сульфидах не требует.

6) При пропускании сероводорода в осадок выпадает только сульфид олова, а сульфид железа не выпадает, так как в реакции образуется HCl , а сульфид железа растворим в разбавленных кислотах. Поэтому массы осадков, полученных в двух случаях, различаются. Действительно, масса осадка, выпавшего в первом случае, соответствует 0,05 моль SnS (если не забыть ее умножить на четыре)

7) Определим массу осадка, которая выпадет при прибавлении сульфида аммония. Масса SnS останется без изменений. Масса 0,02 моль FeS составит 1,76 г. Для порции раствора $1,76 : 4 = 0,44$ г. Суммарная масса $1,88 + 0,44 = 2,32$ г.

Задача 3.

Вещество X, широко известный медицинский препарат, имеет следующий элементный состав: 60% С, 4,44% Н и 35,56% О и молекулярную массу менее 200. Синтез X можно осуществить из бензола в несколько стадий. Ниже приведены реагенты и условия, которые требуются на каждой стадии, но в произвольном порядке, не соответствующем реальной последовательности реакций.

1. а) NaOH, CO₂, 180°C, б) HCl. 2. (CH₃)₂CHBr, AlBr₃ 3. (CH₃CO)₂O, H₂SO₄. 4. а) O₂, 100°C; б) 60°C, разб. H₂SO₄.

В реакции, приведенной под номером 4, помимо основного продукта, образуется вещество с брутто-формулой C₃H₆O.

1. Определите вещество X
2. Расставьте стадии его получения в правильном порядке
3. Укажите продукты, которые получают на каждой стадии (в виде структурных формул или названий).

Решение (20 баллов):

1. Определение брутто-формулы:

Пусть формула вещества C_xH_yO_z

$$x : y : z = \frac{60}{12} : \frac{4.44}{1} + \frac{35.56}{16} = 5 : 4.44 : 2.225 = 9 : 8 : 4$$

Формула — C₉H₈O₄. Так как молекулярная масса должна быть меньше 200, это истинная формула.

Тот факт, что вещество получается из бензола и используется как медицинский препарат и приведенные стадии указывают на ацетилсалициловую кислоту.

2. Стадии в правильном порядке

1) (CH₃)₂CHBr, AlBr₃ (№2)

2) а) O₂, 100°C; б) 60°C, разб. H₂SO₄ (№ 4)

3) а) NaOH, CO₂, 180°C, б) HCl, реакция Кольбе-Шмитта (№ 1)

4) (CH₃CO)₂O, H₂SO₄. (№ 3)

3. Промежуточные продукты

1) Изопропилбензол (кумол)

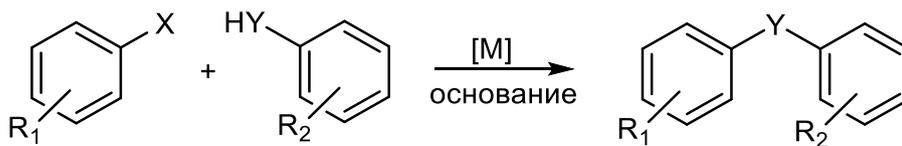
2) а) C₆H₅C(CH₃)₂OOH, б) фенол, ацетон

3) а) C₆H₅(ONa)COONa, б) салициловая кислота

4) Ацетилсалициловая кислота

Задача 4.

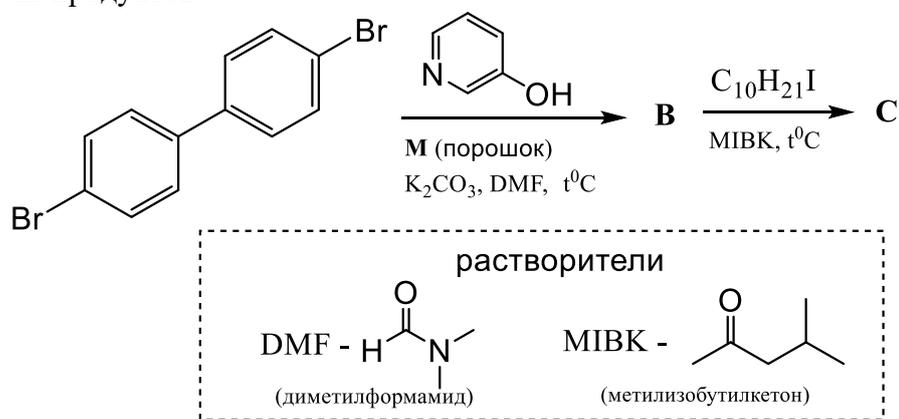
Реакции ароматического нуклеофильного замещения, разработанные Фрицем Ульманом и Ирмой Голдберг на основе металла М и его соединений, широко используются в тонком органическом синтезе. Ниже представлена схема одной из таких реакций, так называемая конденсация Ульмана.



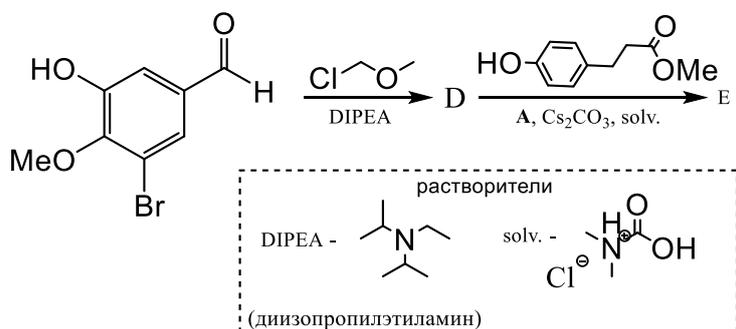
X - галоген
Y - NH, O, S
R1, R2 - некоторые заместители

[**M**] – чаще всего либо непосредственно красный порошок металла **M**, либо какое-то легкодоступное его соединение, например, белый йодид **A** (с массовой долей йода 66.63%).

В 2019 году учёными Института органической химии имени Н.Д. Зелинского РАН была синтезирована группа веществ, проявляющих хорошую антисептическую и антибактериальную активность. Продукты были получены всего в две стадии, одной из которых и была конденсация Ульмана. Ниже приведена схема синтеза одного из продуктов.



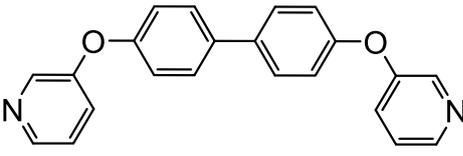
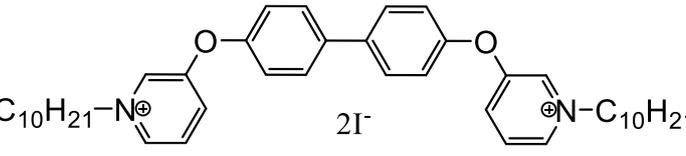
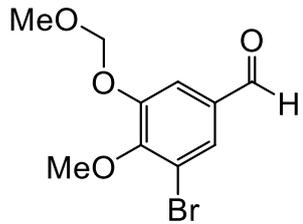
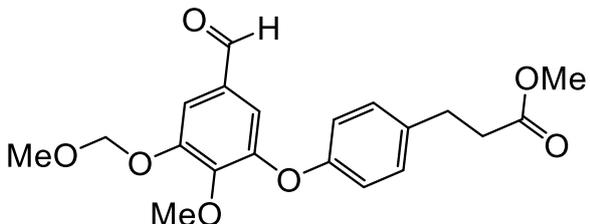
Тогда же группой учёных из Северной Кореи был опубликован полный синтез сильного природного антиоксиданта – Giffonin H, ключевой стадией которого опять же стала конденсация Ульмана. Ниже представлен фрагмент этого синтеза.



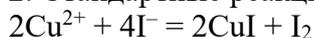
1. Определите металл **M** (подтвердите расчётом), а также соединения **A** – **E**. Изобразите их структурные формулы.
2. Напишите уравнение реакции получения **A**.
3. Как называется реакция получения соединения **C** из **B**?
4. Какую роль играют карбонаты калия и цезия в реакциях получения **B** и **E** соответственно? Какое из этих соединений предпочтительнее использовать для этой роли?

Решение (22 балла):

1. Исходя их массовой доли йода в йодиде $M(M) = 63,55$ г/моль, а также из красного цвета металла, делаем вывод, что $M = Cu$, а, соответственно, $A = CuI$.

M - Cu	A - CuI
B - 	C - 
D - 	E - 

2. Стандартные реакции получения йодида меди:



Другие адекватные реакции получения йодида меди годятся тоже.

3. Кватернизация аминов (реакция кватернизации), главное, чтобы было слово кватернизация.

4. Карбонаты калия и цезия играют роль основания, которое, как можно увидеть из общей схемы реакции Ульмана, необходимо при проведении реакции. Предпочтительнее использовать, конечно, карбонат цезия ввиду его повышенной растворимости в органических растворителях по сравнению с карбонатом калия.

Ответ, связанный с силой основания, не засчитывается, так как в органических растворителях их pK_b довольно близкая.

Задача 5.

Определение содержания олова в некоторых сплавах проводят по следующей методике. Навеску сплава помещают в колбу и растворяют в концентрированной серной кислоте. После полного растворения в колбу прибавляют воду и соляную кислоту, а затем вносят избыток металлического алюминия в виде стружки. По окончании реакции содержимое колбы кипятят до растворения всех твердых компонентов. Далее в раствор добавляют несколько кусочков мрамора и раствор крахмала и проводят титрование раствором иода до появления слабого синего окрашивания.

1. Напишите уравнения упомянутых реакций.
2. Для чего служит алюминий? Что будет, если пропустить эту стадию, и проводить титрование сразу после растворения сплава?
3. Для чего нужны кусочки мрамора (и почему нельзя вместо них использовать мел)?
4. Навеску сплава массой 0,2 г титровали раствором, приготовленным растворением 6,35 г иода в 1000 мл воды, содержащей 40,0 г йодида калия. На титрование сплава затрачено 16,0 мл раствора иода. Определите массовую долю олова в исследуемом сплаве.
5. Для чего в растворе иода нужен йодид калия?

Решение (20 баллов):

1.



(окисление до +4 оценивается так же, частично окисление идет до +4 в любом случае, иначе алюминий был бы не нужен)



(допустимы любые формы существования Sn(IV), Sn(II) и Al(III), или реакция в ионном виде)



(также допустимы любые формы существования Sn(IV), Sn(II), а также реакция в ионном виде. Иод, написанный в виде KI₃ и в виде I₂ оценивается одинаково)

2. Алюминий служит для того, чтобы восстановить Sn(IV), который мог образоваться в концентрированной серной кислоте, до Sn(II). Если эту стадию пропустить, то результат будет занижен, так как Sn(IV) с иодом не взаимодействует.

3. Так как мы имеем дело с окислительно-восстановительным титрованием и в системе присутствуют вещества, которые легко окисляются, контакт с кислородом воздуха может исказить результаты анализа. Мрамор, представляющий собой карбонат кальция, взаимодействует с соляной кислотой с выделением CO₂, причем мрамор растворяется медленно, в отличие от мела. Постоянное выделение CO₂ в процессе титрования защищает раствор от контакта с кислородом.

4. Концентрация раствора иода 0,025 моль/л. В 16 мл содержится 0,0004 моль иода. По уравнению реакции (3) это соответствует 0,0004 моль (столько же) олова, т.е. 0,0475 г. Так как навеска сплава составила 0,2 г, содержание олова в % равно 23,75%.

5. Иодид калия образует комплекс с иодом KI₃, это повышает растворимость иода в воде (в чистом виде он растворим плохо), уменьшает летучесть иода (так как испарение иода из раствора — источник ошибок в йодометрии) и повышает его устойчивость в растворенном состоянии (предотвращает реакцию диспропорционирования).

Варианты заданий по химии олимпиады школьников «Высшая проба»**10 класс**

Олимпиада 2021-22 гг., 10 класс.

Максимальная сумма - 100 баллов

Задача 1

Вещество А, представляющее собой порошок желтого цвета, применяется в промышленности для синтеза присадок к смазочным маслам и пестицидов. Навеску вещества массой 3,33 г полностью растворили в воде при нагревании. В результате реакции был получен газ Б и раствор вещества В. При пропускании газа Б в раствор, содержащий избыток нитрата серебра, выпало 18,6 г черного осадка, не растворимого в разбавленной азотной кислоте. Вещество В, оставшееся в водном растворе, представляет собой кислоту, на полную нейтрализацию которой потребовалось 45 мл раствора NaOH с концентрацией 2 моль/л. При добавлении нитрата серебра в раствор, полученный после нейтрализации, образовалось 12,57 г желтого осадка Г.

1. Определите вещества А–Г. Приведите необходимые для этого рассуждения и расчеты. Считайте, что газ Б, образовавшийся в реакции, был выделен из раствора полностью.
2. Напишите уравнения упомянутых реакций

Решение (16 баллов):

1) Черный осадок, выпадающий при действии нитрата серебра, может представлять собой нерастворимую соль серебра, например, Ag_2S , или металлическое серебро. Однако металлическое серебро растворимо в разбавленной азотной кислоте, таким образом осадок, скорее всего, сульфид серебра. Следовательно газ **Б** — **сероводород**.

Определим количество вещества сероводорода по массе осадка. $M_r(\text{Ag}_2\text{S}) = 216 + 31 = 248$. $18,6 : 248 = 0,075$ моль.

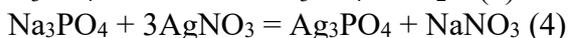
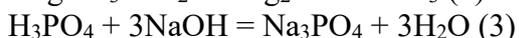
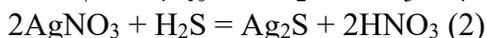
2) Желтый осадок соли серебра может указывать на бромид или фосфат. На нейтрализацию потребовалось 0,09 моль щелочи. В случае бромида это означало бы 0,09 моль HBr, что дало бы 16,92 г осадка. Это не соответствует условию. В случае фосфата — 0,03 моль кислоты, так как H_3PO_4 трехосновная, и соответственно 0,03 моль Ag_3PO_4 , что составляет 12,57 г и соответствует условию.

Таким образом: В = H_3PO_4 , Г = Ag_3PO_4 .

Вещество А содержит элементы Р и S в отношении $0,03 : 0,075 = 2 : 5$, что соответствует формуле P_2S_5 . Количество вещества = 0,015 моль P_2S_5 (так как фосфора 0,03 моль)

$M_r(\text{P}_2\text{S}_5) = 222$. Масса 0,015 моль составляет 3,33 г, что равно исходной навеске, т.е. других элементов вещество не содержит. **А = P_2S_5**

Вещество существует в виде P_4S_{10} , однако оба варианта оценивались как правильный ответ



Задача 2

В конце 19 века немецкий химик-органик, ученик Ф. Вёлера, впервые получил вещество **X**, которое по сей день применяется в медицине для местной анестезии. В молекуле **X** содержится (по массе) 65,45% углерода, 6,67% водорода, 19,39% кислорода и азот. Через несколько лет другой немецкий химик усовершенствовал вещество **X**, получив на его основе другой препарат для анестезии — **Y**, в молекуле которого содержится (по массе): 66,10% углерода, 8,47% водорода, 13,56% кислорода и азот.

Соединение **X** может быть получено из вещества **A**, имеющего брутто-формулу $C_7H_7O_2N$. Вещество **A** не обесцвечивает бромную воду, но вступает в реакцию с бромом в присутствии $FeCl_3$, при этом может получиться два изомерных продукта монобromирования (с сильным преобладанием одного из них). Кроме того, **A** не реагирует с соляной кислотой.

Синтез **X** из **A** включает три стадии, на которых используются следующие реагенты: 1):(a) $KMnO_4$, t° , (б) HCl . 2) C_2H_5OH/H_2SO_4 ; 3) Fe/NH_4Cl . Вещество **Y** можно получить реакцией **X** с $(C_2H_5)_2NCH_2CH_2OH$ в присутствии катализатора.

1. Определите вещество **X** и исходное вещество **A** (напишите их названия по систематической номенклатуре, либо изобразите структурные формулы).

2. Определите вещество **Y** (изобразите его структурную формулу).

3. Определите продукты, которые получаются на каждой стадии: 1а, 1б, 2 и 3, напишите уравнения реакций.

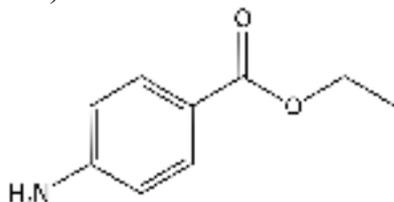
Решение (20 баллов):

1. Наличие азота в соединении **A** и его свойства указывают на ароматическое нитропроизводное. Тот факт, что возможны только два продукта монобromирования, говорит о *para*-расположении заместителей. Таким образом, **A** = *para*-нитротолуол $n-CH_3C_6H_4NO_2$.

Судя по реагентам, в ходе синтеза получают следующие продукты:

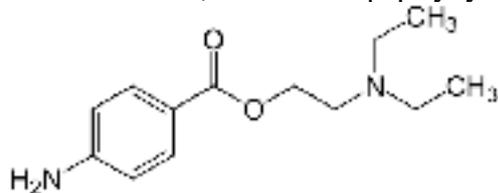
1а: $n-NO_2C_6H_4COOK$, 1б: $n-NO_2C_6H_4COOH$, 2: $n-NO_2C_6H_4COOC_2H_5$.

На стадии 3 нитрогруппа восстанавливается до аминогруппы и образуется вещество **X** (анестезин)



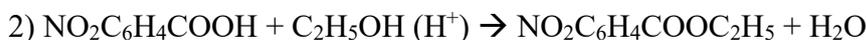
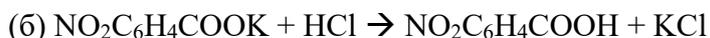
Содержание элементов в этом продукте соответствует условию.

2. При действии указанного реагента на **X** происходит реакция переэтерификации и получается новокаин, имеющий формулу

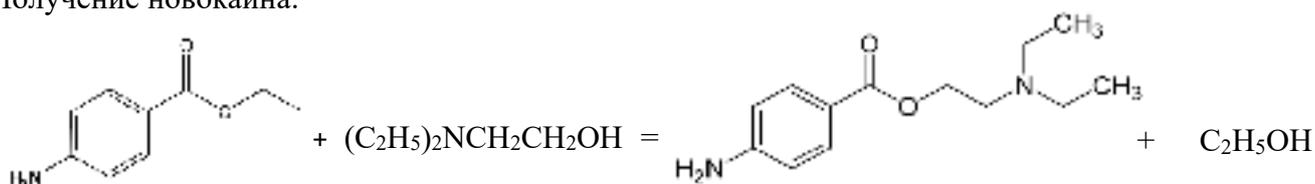


Содержание элементов в этом продукте соответствует условию.

Уравнения реакций:



Получение новокаина:



Задача 3

На химическом заводе открыли старый стальной баллон, в котором хранили синтез-газ (смесь CO и H₂). После удаления газа на дне баллона обнаружили небольшое количество неизвестной жидкости X. При нагревании выше 150°C вещество X разлагается с образованием твердого простого вещества A и газа B. Масса полученного A составляет 0,2857 (2/7) от массы разложившегося X. При выдерживании на свету X превращается в вещество Y, при этом снова выделяется B, на этот раз его масса равна 0,07143 (1/14) от массы разложившегося X. При действии на X разбавленной серной кислоты в диэтиловом эфире выделяется смесь двух газов, один из которых газ B, при этом на 1,0000 г исходного X получается газовая смесь объемом 0,6857 л (н.у.) и массой 0,7245 г.

1) Определите вещества X, Y, A и B. Приведите необходимые для этого рассуждения и расчеты.

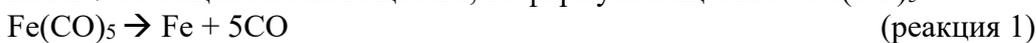
2) Объясните появление X в баллоне.

3) Напишите уравнения упомянутых реакций, а также, если нужно, реакций для ответа на вопрос 2.

Решение (18 баллов):

С учетом газов, которые присутствовали в баллоне, и материала самого баллона можно понять, что речь идет о карбониле железа.

Его формулу легко определить по продуктам его разложения. Так как железо (56 а.е.м.) составляет 2/7 от общей массы вещества, то формула вещества – Fe(CO)₅.



При выдерживании на свету вещество выделяет тот же газ (CO) массой 1/14 от массы исходной навески, что соответствует удалению одной молекулы CO на две молекулы Fe(CO)₅.



Таким образом, X = Fe(CO)₅, A = Fe, B = CO, Y = Fe₂(CO)₉

Реакция с серной кислотой



Если вещества уже определены, то количественные данные по этой реакции можно не использовать, либо использовать для проверки. Действительно объем выделившегося газа составляет 0,0306 моль, то есть средняя молекулярная масса выделившегося газа составляет 0,7245 : 0,0306 = 23,67. Смесь H₂ + 5CO имеет именно такую молекулярную массу. 1,000 г карбонила железа составляет 1/196 моль, значит в реакции должно получиться 1/196 моль H₂ и 5/196 моль CO, суммарная масса газов соответствует условию.

2) Баллон сделан из железа, поэтому ясно, что карбонил получился при реакции железа с CO, который находился внутри. Fe + 5CO = Fe(CO)₅. Однако эта реакция идет под давлением, при нагревании и с участием порошка железа. Давление в баллоне, заполненном газом, достаточно высокое, баллон мог случайно нагреться при эксплуатации или хранении, либо реакция прошла без нагревания в течение долго времени. Что касается порошка железа, то он мог появиться, если оксиды железа, находящиеся на внутренней поверхности баллона восстановились под действием водорода (который тоже был в баллоне) или под действием того же CO под давлением: FeO + H₂ → Fe + H₂O, Fe₃O₄ + 4H₂ → 3Fe + 4H₂O, Fe₂O₃ + 3H₂ → 2Fe + 3H₂O, FeO + CO → Fe + CO₂, Fe₃O₄ + 4CO → 3Fe + 4CO₂, Fe₂O₃ + 3CO → 2Fe + 3CO₂

Задача 4

Некоторый минерал можно в общем виде представить формулой $\text{MO}_x(\text{H}_2\text{O})_y$ (x и y — целые числа). При выдерживании образца минерала массой 1,000 г при температуре выше 500°C он разложился с образованием твердого оксида, имеющего формулу MO_3 , молекулярного кислорода и паров воды. Продукты, газообразные при 500°C , полностью собрали в металлический сосуд объемом 250 мл. При температуре 200°C давление в сосуде составило 1420 мм рт. ст. При охлаждении до 25°C пары воды частично сконденсировались, в результате чего давление упало до 123,2 мм рт. ст. Давление насыщенного пара воды при этой температуре составляет 23,8 мм рт. ст.

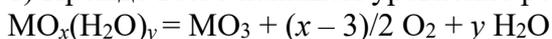
1. Определите значения x и y в формуле минерала. Считайте универсальную газовую постоянную равной $0,082$ (л • атм.)/(моль • К), а 1 атм. = 760 мм рт. ст.

2. Определите металл M . Приведите рассуждения и расчеты, необходимые для обоснования вашего решения.

3. Какую степень окисления имеет металл в минерале? Дайте пояснение

Решение (24 балла):

1) Прежде всего напишем уравнение реакции разложения минерала:



2) Определим количество образовавшихся летучих продуктов, пользуясь уравнением

Клапейрона–Менделеева: $PV = nRT$. При 200°C в газовой фазе находятся и кислород, и вода: $P = 1420 : 760$ (атм), $V = 0.25$ л, $T = 473$ К, $R = 0,082$ (л • атм.)/(моль • К)

$$n(\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2) = 0,012 \text{ моль.}$$

При 25°C давление паров воды составляет 23,8 мм рт. ст., если вычесть его из общего давления 123,2 мм рт. ст, получим 99,4 мм рт. ст. = давление кислорода.

$$P = 99,4 : 760 \text{ (атм)}, V = 0.25 \text{ л}, T = 298 \text{ К}, R = 0,082 \text{ (л • атм.)/(моль • К)}$$

$$n(\text{O}_2) = 0,00134 \text{ моль.}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 0,012 - 0,00134 = 0,01066 \text{ моль}$$

$$3) \text{ Масса газообразных продуктов составит: } 18 \times 0,01066 + 32 \times 0,00134 = 0,235 \text{ г.}$$

$$\text{Масса оксида: } 1,000 - 0,235 = 0,765 \text{ (г)}$$

Определим x и y . Из уравнения реакции видно, что $x > 3$. Если $x = 4$, то по уравнению реакции количество вещества MO_3 в два раза больше количества кислорода, т.е. получено $0,00134 \times 2 = 0,00268$ моль оксида металла. Молекулярная масса оксида: $0,765 : 0,00268 = 285,44$, отсюда атомная масса металла равна 237,44, что соответствует урану. (По атомной массе подошел бы и нептуний, но минералов нептуния не существует). При $x = 5$ и больше реального металла не получается, таким образом $x = 4$, металл = уран.

По уравнению реакции получено 0,5 моль кислорода и y моль воды. Так как реальное количество воды больше количества кислорода в $0,01066 : 0,00134 \approx 8$ раз, то $y = 4$.

4) Формула минерала $\text{UO}_4(\text{H}_2\text{O})_4$, и на первый взгляд, степень окисления урана 8. Но это невозможно, так как у урана всего 6 валентных электронов. Единственным возможным объяснением такой ситуации является предположение, что часть кислорода находится в виде пероксида, т.е. фактически имеет степень окисления минус 1. Так как уран в низшей степени окисления не может находиться совместно с таким сильным окислителем как пероксид, то степень окисления урана +6, а формулу минерала можно записать как $\text{UO}_2(\text{O}_2)(\text{H}_2\text{O})_4$.

Задача 5

Один из методов количественного определения хрома(III) разработал в 1930 году химик Ф. Фейгль. Согласно предложенной им методике, к анализируемому раствору, содержащему раствор соли трехвалентного хрома, прибавляли избыток раствора NaOH и избыток 3% раствора пероксида водорода. Полученную смесь кипятили, пока раствор не окрашивался в желтый цвет. Далее осторожно приливали 5% раствор нитрата никеля, не допуская чрезмерного вспенивания. По окончании выделения газа раствор дополнительно кипятили в течение 3 минут, затем прибавляли 10 мл раствора иодида калия с концентрацией 1 моль/л и 10 мл концентрированной HCl и почти сразу проводили титрование раствором тиосульфата натрия.

1) Напишите уравнения реакций, которые протекают в ходе анализа.

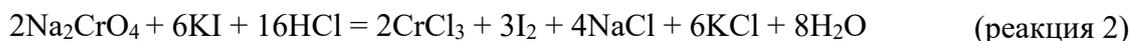
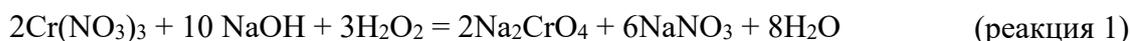
2) Какую роль играет нитрат никеля? Что будет, если пропустить эту стадию?

3) Для анализа взяли 50 мл раствора, содержащего нитрат хрома(III). На титрование на последней стадии потребовалось 30 мл 0,1 М раствора тиосульфата натрия. Определите массу нитрата хрома(III) в исходной пробе.

Решение (22 балла):

1) По описанию видно, что метод основан на первоначальном окислении хрома(III) до хрома (VI), который затем окисляет иодид калия с выделением иода, при этом хром снова восстанавливается до состояния 3+, а выделившийся иод титруют тиосульфатом натрия.

Напишем соответствующие уравнения реакций:



2) Реакцию 1 проводят с избытком пероксида водорода, который затем требуется удалить из раствора. При нагревании пероксид водорода разлагается по уравнению реакции



Разложение пероксида водорода катализируется солями тяжелых металлов, но малой концентрации хрома, которая присутствует в растворе, для полного удаления недостаточно. Между тем нельзя допускать, чтобы H_2O_2 оставался в растворе, так как на следующей стадии он может дополнительно окислять иодид калия, что даст дополнительное количество иода, и результат анализа окажется завышенным (получится, что хрома больше, чем есть в реальности). Поэтому добавляют соль никеля, так как никель хорошо катализирует реакцию разложения (об этом можно догадаться по упоминанию вспенивания).

3) Расчет. В 30 мл 0,1 М раствора содержится 0,003 моль (3 ммоль) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. По реакции (3) в растворе было 1,5 ммоль молекулярного иода.

Такое количество иода (по реакции 2) образовалось при участии 1 ммоль Na_2CrO_4 , соответственно в исходной пробе был 1 ммоль нитрата хрома. Посчитаем его массу.

$\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$, Mr = 238, т.е. в пробе было 238 мг (0,238 г) нитрата хрома.

Варианты заданий по химии олимпиады школьников «Высшая проба»**10 класс**

Олимпиада 2022-23 гг., 10 класс.

Максимальная сумма - 100 баллов

Задача 1

Вещество А состоит из трех элементов — углерода, кислорода и хлора. В закрытом сосуде объемом 1,0 л, содержащем 3,0 г паров А, при 70°C устанавливается давление 0,852 атм. При внесении 0,30 г А в 100 мл воды вещество полностью разлагается. После кратковременного продувания полученного раствора азотом на титрование соляной кислоты, образовавшейся в реакции, требуется 30,33 мл раствора гидроксида натрия с концентрацией 0,2 моль/л.

- 1) Определите формулу вещества А. Приведите необходимые расчеты.
- 2) Напишите уравнение реакции А с водой.

Решение (10 баллов):

1) Уравнение Клапейрона

$$PV = nRT, \text{ откуда } n = PV/RT$$

$n = 0,852 \cdot 1 / (0,082 \cdot 343) = 0,0303$ (величину R не обязательно помнить наизусть, ее можно рассчитать из условий н.у., для которых молярный объем известен).

Так как навеска А равна 3,0 г, то его молекулярная масса составляет 99.

На титрование расходуется $(0,2 \times 30,33) : 1000 = 0,0061$ моль щелочи, значит в навеске 0,0061 моль хлора.

Навеска для титрования — 0,3 г, молекулярная масса 99, значит $(0,0061 \times 99) : 0,3 = 2$ атома хлора в молекуле. На них приходится 71 о.е.м.

Остается $99 - 71 = 28$ о.е.м., это по одному атому углерода и кислорода.

Вещество А — фосген COCl_2 .

2) $\text{COCl}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2$ (или H_2CO_3) + 2HCl

Задача 2

Смесь газообразных углеводородов, которые являются ближайшими гомологами, объемом 17,92 л (н.у.) смешали с парами воды и пропустили в реактор, заполненный раствором сульфата ртути. На выходе из реактора жидкие продукты сконденсировали и поглотили водой, получив раствор объемом 250 мл. 10 мл этого раствора отобрали в отдельную колбу и обработали аммиачным раствором оксида серебра, при этом было получено 1,73 г осадка металлического серебра.

Непрореагировавшая смесь газов имела плотность по водороду 15,8. К смеси добавили двухкратный избыток водорода (по отношению к количеству, необходимому для полного гидрирования обоих газов) и пропустили смесь над платиновым катализатором. После реакции объем смеси составил 33,6 л (н.у.), и она не обесцвечивала бромную воду.

- 1) Определите какие углеводороды составляли исходную смесь.
- 2) Определите количественный состав исходной смеси (в объемных %)
- 3) Определите степень превращения каждого из углеводородов в реакции гидратации.
- 4) Напишите уравнения упомянутых реакций

Решение (19 баллов):

1) В реакторе, заполненном раствором сульфата ртути, очевидно происходит реакция гидратации (Кучерова). Следовательно, исходная смесь состоит из алкинов. Один из продуктов реакции — альдегид (так как продукты вступают в реакцию серебряного зеркала), значит, один из исходных углеводородов — ацетилен.

Другим обоснованием присутствия в смеси ацетилена является средняя молекулярная масса смеси, равная 31,6. Молярная масса одного из компонентов должна быть меньше этой величины. По условию, углеводороды — ближайшие гомологи, из чего следует, что второй углеводород — метил ацетилен (пропин).

а) Определим количество прореагировавшего ацетилена. Было получено 0,016 моль серебра ($1,73 : 108 = 0,016$).

По уравнению реакции: $\text{CH}_3\text{CHO} + [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH} = \text{CH}_3\text{COONH}_4 + 2\text{Ag} + 3\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$
0,016 моль серебра соответствуют 0,008 моль ацетальдегида в пробе (10 мл). Значит во всем объеме (250 мл) было 0,2 моль ацетальдегида — в реакцию гидратации вступило **0,2 моль** ацетилена.

б) Определим количественный состав смеси, которая не вступила в реакцию гидратации. Пусть x — доля ацетилена в этой смеси $26x + 40(1-x) = 15,8 \times 2 = 31,6, 40 - 14x = 31,6, 14x = 8,4, x = 0,6$. В смеси 60% ацетилена и 40% метилацетилена.

в) Определим общее количество газовой смеси на выходе из реактора гидратации. Пусть объем этой смеси (ацетилен + метилацетилен) V л, тогда на ее полное гидрирование требуется $2V$ л водорода. Взято в два раза больше водорода, значит взято $4V$ л, общий объем газовой смеси составил $5V$ л.

$2V$ л вступило в реакцию, углеводороды прореагировали полностью (их объем не изменился), осталось $3V$ л, что по условию составляет 33,6 л. Значит $V = 11,2$ л, что составляет 0,5 моль. г) Так как соотношение углеводородов в этой смеси нам уже известно, то ацетилена:

$0,5 \times 0,6$ моль = **0,3 моль**, метилацетилена = **0,2 моль**.

г) Остается узнать, сколько метилацетилена в той части, что вступила в реакцию гидратации. Это можно сделать по разности, так как всего в исходной смеси 0,8 моль газов.

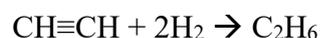
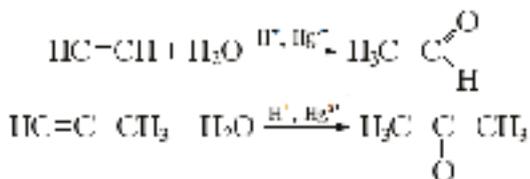
$0,8 - 0,2 - 0,3 - 0,2 = 0,1$ моль.

д) таким образом, в исходной смеси **ацетилена**: $0,2 + 0,3 = 0,5$ моль или **62,5%**

метилацетилена: $0,1 + 0,2 = 0,3$ моль **37,5%**

1) Степень превращения это отношение прореагировавшего вещества к его общему количеству, что для ацетилена составляет $0,2 : 0,5 = 40\%$, а для метилацетилена $0,1 : 0,3 = 33,33\%$.

2) реакции:



Задача 3

Известно, что электролиты, которые в таблице растворимости характеризуются как нерастворимые, всегда в какой-то степени переходят в раствор в виде ионов. Растворимость таких веществ обычно характеризуют величиной произведения растворимости, которая постоянна для данного вещества при данной температуре и вычисляется как произведение равновесных концентраций (в моль/л) всех ионов, которые образуются при его диссоциации (если при диссоциации образуется несколько одинаковых ионов, то концентрация возводится в соответствующую степень). Например, произведение растворимости Ag_2S вычисляется как: $[\text{Ag}^+]^2[\text{S}^{2-}]$.

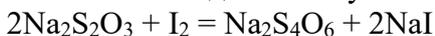
Для определения произведения растворимости иодата бария $\text{Ba}(\text{IO}_3)_2$ провели следующий эксперимент. Приготовили насыщенный раствор иодата бария при 25°C и отобрали пипеткой порцию этого раствора (не содержащую твердых частиц) объемом 10,00 мл. Раствор из пипетки перенесли в колбу, содержащую избыток иодида калия в растворе HCl (1 моль/л), при этом раствор окрасился в желтый цвет. Желтый раствор титровали раствором тиосульфата натрия с концентрацией 0,015 моль/л до исчезновения окраски. На титрование потребовалось 8,00 мл раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

- 1) Рассчитайте произведение растворимости иодата бария при 25°C
- 2) Рассчитайте концентрацию насыщенного раствора иодата бария в мг/мл.
- 3) Напишите уравнение реакции между иодатом бария и иодидом калия в кислой среде и уравнение реакции, на которой основано титрование.

Решение (14 баллов):

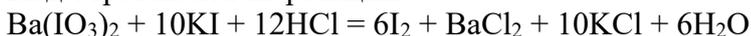
При внесении иодата калия в раствор иодида калия происходит окислительно-восстановительная реакция с выделением иода (это дополнительно подтверждается желтой окраской раствора).

Количество иода можно узнать по объему тиосульфата натрия, затраченного на титрование:



8 мл раствора тиосульфата натрия содержат $0,008 \times 0,015 = 0,00012$ моль или 0,12 ммоль тиосульфата натрия. Следовательно в растворе было 0,06 ммоль иода.

Иод образовался по реакции



Чтобы получилось 0,06 ммоль иода, нужно 0,01 ммоль иодата бария

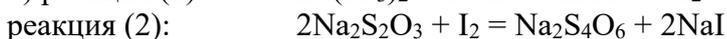
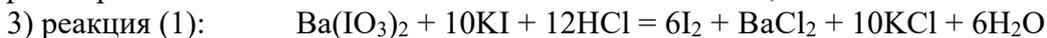
- 1) В 10 мл содержится 0,01 ммоль иодата бария, что соответствует концентрации 1 ммоль/л или 0,001 моль/л (10^{-3} моль/л).

Иодат бария диссоциирует по уравнению $\text{Ba}(\text{IO}_3)_2 = \text{Ba}^{2+} + 2\text{IO}_3^-$

Произведение растворимости: $[\text{Ba}^{2+}][\text{IO}_3^-]^2 = 0,001 \times (0,002)^2 = 4 \cdot 10^{-9}$

- 2)) уже знаем, что концентрация насыщенного раствора иодата бария равна 1 ммоль/л = 10^{-3} моль/л, что соответствует 10^{-6} моль/мл.

Молярная масса иодата бария $M = 2 \times (127 + 3 \times 16) + 137 = 487$ г, значит концентрация раствора составляет 487×10^{-6} г/мл = 487×10^{-3} мг/мл = 0,487 мг/мл.



Задача 4

Минерал **Ф** состоит из трех элементов, два из которых металлы, часто используемые для изготовления ювелирных изделий, а третий — неметалл. Минерал устойчив к действию разбавленных кислот и щелочей. При действии азотной кислоты на 13,58 г минерала он частично растворяется, при этом остается нерастворимый остаток желтого цвета, масса которого после промывания и высушивания составляет 3,94 г. Если подействовать на 13,58 г минерала **Ф** царской водкой, он переходит в раствор, и выпадает белый осадок, масса которого после отделения от раствора, промывания и высушивания равна 8,61 г. Если к раствору, полученному после обработки **Ф** азотной кислотой, добавить избыток хлорида натрия, можно получить тот же белый осадок той же массой 8,61 г. Осадок не растворяется ни в разбавленных кислотах, ни в щелочах, но легко растворяется в водном растворе аммиака. После выпадения осадка, помимо оставшейся азотной кислоты и добавленных ионов, в растворе находится двухосновная кислота.

- 1) Из каких элементов состоит минерал? Определите его формулу. Приведите необходимые рассуждения и расчеты.
- 2) Напишите уравнения реакций растворения минерала в HNO_3 и в царской водке и реакцию растворения белого осадка в аммиаке

Решение (15 баллов):

1) Условие подсказывает, что металлы в составе минерала — это золото и серебро. Помимо использования в составе ювелирных изделий, на это указывает тот факт, что золото не растворяется в азотной кислоте и имеет желтый цвет, а при взаимодействии с царской водкой золото растворяется, но зато серебро выпадает в виде хлорида серебра. Проверим эти предположения расчетом.

3,94 г составляют $3,94 : 197 = 0,02$ моль Au

8,61 г составляют $8,61 : (108 + 35,5) = 0,06$ моль хлорида серебра и соответственно 0,06 моль серебра в минерале. Соотношение моль Au к моль Ag = 1 : 3, получение целого атомного отношения подтверждает предположение.

Определим третий элемент минерала

Взятая навеска минерала содержит 3,94 г золота и $0,06 \times 108 = 6,48$ г серебра, в сумме 10,42 г металлов. На неметалл остается $13,58 - 10,42 = 3,16$ г.

При подстановке различных количеств неметалла (в моль), кратных 0,01 моль, получаем молярную массу 79 при содержании 0,04 моль. Это соответствует селену, которого в минерале два атома.

Таким образом, простейшая формула минерала Ag_3AuSe_2

Некоторые участники не пытались сделать такой расчет, а сразу предполагали, что минерал — сульфид. В этом случае молярное содержание серы оказывалось $3,16 : 32 = 0,098$ моль. При округлении это давало 0,1, т.е. пять атомов серы на один атом золота. Такой полисульфидный минерал маловероятен, да и число получается неточно.

2) Реакции:



Задача 5

Вещество **X** — газ, самовоспламеняющийся на воздухе. Его молекула состоит из атомов двух элементов — **Э** и **П**. Элемент **П** является самым распространенным во Вселенной. Получить **X** можно взаимодействием токсичного газа **T** (который тоже представляет собой бинарное соединение и состоит из элементов **Э** и **Ф**) с солью **Б**, которая широко применяется в органическом синтезе в качестве восстановителя. Соль **Б** содержит три элемента. Анион данной соли представляет собой атом **Э** в тетраэдрическом окружении атомов **П**. Катион соли **Б** — широко распространенный металл, соединения которого окрашивают пламя в желтый цвет. Реакция идет по уравнению:



Г также представляет собой соль, аналогичную по составу соли **Б**, но содержит элемент **Ф** вместо **П**. Плотности паров газов **T** и **X** относятся как 2,4286 : 1. Число электронов в молекуле **T** в два раза больше, чем в **X**, а суммарное число атомов в молекуле **T** в два раза меньше, чем в **X**. Элементы **Э** и **Ф** относятся к одному периоду в таблице Д. И. Менделеева.

1. Определите элементы **Э**, **П**, **Ф**, а также катион соли **Б**. Ответ обоснуйте.
2. Определите газы **X** и **T**, а также соль **Б**. Ответ обоснуйте.
3. Изобразите структурную формулу **X**, если известно, что в его молекуле присутствует два типа атомов **П**. Какие виды связи имеются в молекуле **X**?
4. Приведите продукт восстановления циклогексанона солью **Б**.
5. Напишите уравнение синтеза **X** из **T** и определите соль **Г**.

Решение (20 баллов):

Начинать решение удобно с элемента **П**, так как указано, что это — самый распространенный элемент во Вселенной (а не на Земле!), что сразу намекает на водород. Следующая «зацепка» — соль **Б**, которая 1) очевидно, содержит катион натрия и анион ЭН_4^{n-} и 2) соль широко используется как восстановитель в органическом синтезе. Логично предположить, то солью **Б** может быть боргидрид натрия NaBH_4 . Теоретически это может быть и NaAlH_4 , в этом случае **Э** = алюминий. Такой вариант следует исключить, в тогда можно будет считать, что обоснование структуры **Б** сделано полное.

Чтобы определить формулу гидрида, следует рассмотреть реакцию его получения:

Элемент **Ф**, который может заменить водород в анионе ЭН_4^- , находится в том же периоде, что элемент **Э** — это, очевидно, фтор, если **Э** = бор; или хлор, если **Э** = **Al**.

Однако гидрид алюминия и тем более хлорид алюминия — твердые вещества, а у нас речь идет о газах. Соответственно **Э** = бор, а **X** — один из гидридов бора.

Следовательно, газ **T** = BF_3 , а **X** (по условию) содержит в два раза больше атомов, значит это B_2H_6 . Проверим отношение их молекулярных масс (и соответственно плотностей паров).

$$M_T = 19 \times 3 + 11 = 68. M_X = 22 + 6 = 28.$$

$68 : 28 = 2.4286$, что соответствует условию.

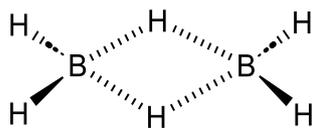
Таким образом: элементы **П** = **H**, **Э** = **B**, **Ф** = **F**.

Катион соли **Б** = натрий

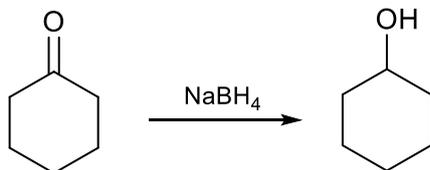
Вещества: **X** = B_2H_6 . **T** = BF_3 . **Б** = NaBH_4 . **Г** = NaBF_4 .

Начинать решение задачи можно и от самовоспламеняющегося на воздухе газа. Таких немного, это, естественно, гидриды: и из вариантов SiH_4 , B_2H_6 , AlH_3 по агрегатному состоянию проходит еще и силан, но там не сойдутся цифры условия и фторид. Здесь, как и в случае NaBH_4 , без такой фильтрации возможных структур обоснование нельзя считать полноценным.

Структурная формула диборана:



Виды связей в молекуле: обычные ковалентные связи между бором и концевыми атомами водорода и двухэлектронные трехцентровые связи с участием атомов бора и мостиковых атомов водорода (полноценная (для данной задачи) характеристика структуры). При восстановлении циклогексанона боргидридом натрия получается циклогексанол:

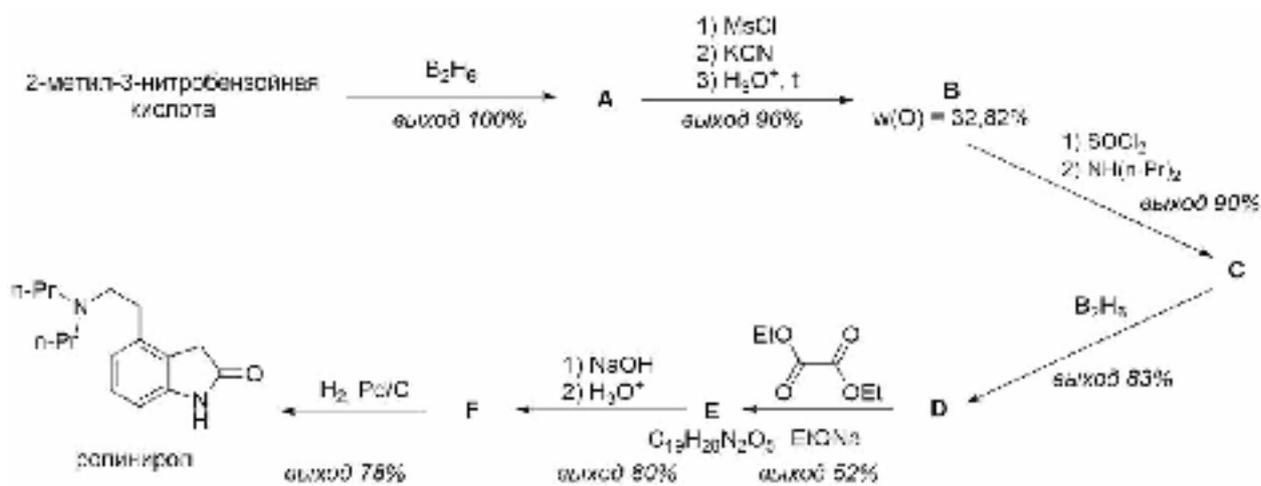


Задача 6

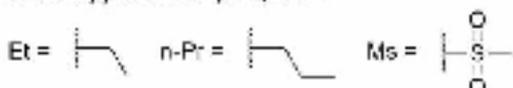
Лекарство ропинирол, используется для лечения болезни Паркинсона. По своему действию ропинирол – агонист (стимулятор) дофаминовых рецепторов. Компенсируя дефицит дофамина, ропинирол уменьшает симптомы паркинсонизма. В США он был одобрен для медицинского применения только в 1997 году, а уже к 2022 году ропинирол занял 156-е место по частоте назначения.

Неожиданная и удивительная история произошла в ноябре 2012 года в связи с побочным действием ропинирола. Француз Дидье Жамбар принимал ропинирол с 2003 по 2010 год, из-за препарата у пациента развилась лудомания — патологическое влечение к азартным играм, которое продолжалось, пока он не прекратил прием препарата. После этого Жамбар подал иск в суд, и в итоге апелляционный суд Ренна обязал компанию-производителя лекарства выплатить ему 197000 евро.

Препарат получают исходя из 2-метил-3-нитробензойной кислоты по следующей схеме:



Расшифровка сокращений:



1) Определите промежуточные соединения А–F, изобразите их структурные формулы.

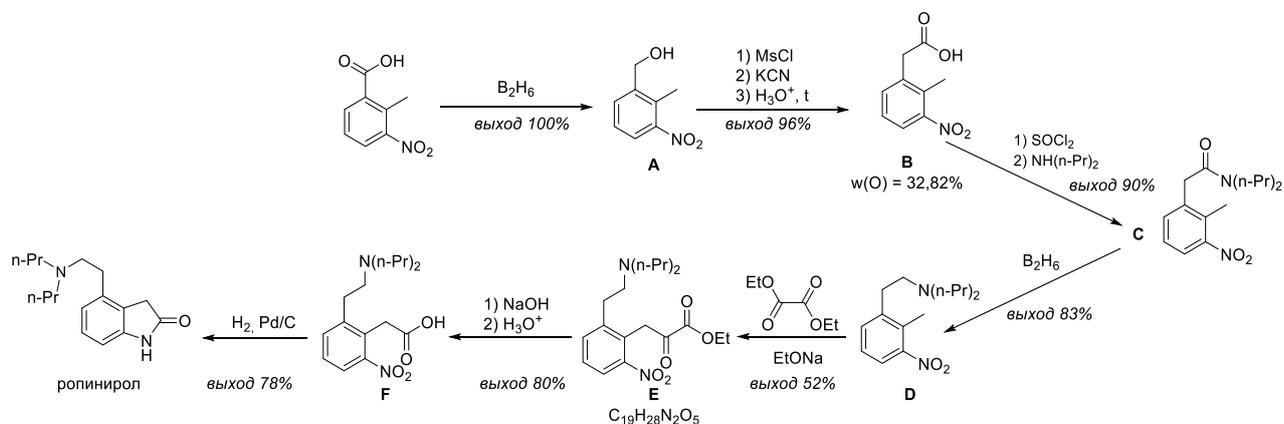
В качестве дополнительной информации учтите, что соединение E с брутто-формулой $C_{19}H_{28}N_2O_5$ в своем составе содержит сложноэфирную группу, а соединения А–F содержат в молекуле нитрогруппу.

Массовая доля кислорода в соединении В равна 32,82%.

2) Рассчитайте массу исходной 2-метил-3-нитробензойной кислоты, которую нужно взять, чтобы получить 100 г ропинирола с учетом выходов продукта на каждой стадии, которые указаны под стрелками.

Решение (22 балла):

На первой стадии происходит классическое восстановление карбоксильной группы до спиртовой, причем сохранение нитрогруппы можно понять по следующему соединению **В**. При действии мезилхлорида, с последующим нуклеофильным замещением цианидом калия, образуется промежуточное соединение содержащее в своем составе нитрильную группу, гидролиз которой приводит к кислоте **В**, состав подтверждается исходя из массовой доли кислорода – $C_9H_9NO_4$. Затем к полученной кислоте прибавляют тионилхлорид, который образует хлорангидрид соответствующей кислоты, а при взаимодействии с дипропиламином образуется соединение **С**. Восстановление амида приводит к образованию амина **Д**. По брутто формуле и указанию на наличие сложноэфирной группы в составе можно верно указать строение вещества **Е**. При дальнейшем щелочном гидролизе и декарбоксилировании образуется кислота **Ф**, строение этого соединения можно понять исходя из ретросинтетического анализа, логично что свободная карбоксильная группа при восстановлении нитрогруппы до аминогруппы будет тут же реагировать с образованием циклического амида – конечного вещества ропинирола.



Для определения массы исходного вещества необходимо узнать общий выход по всем реакциям: $1 \times 0,96 \times 0,9 \times 0,83 \times 0,52 \times 0,8 \times 0,78 = 0,2327$. $n(\text{ропинирола}) = 100/260 = 0,385$ моль. Необходимое количество исходной 2-метил-3-нитробензойной кислоты – $0,385/0,2327 = 1,65$ моль. Масса кислоты = $1,65 \times 181 = 299,5$ г.

Варианты заданий по химии олимпиады школьников «Высшая проба»**11 класс**

Авторы задач 11 класса 2020-23 гг.:

Бойм М.А., Зарипов Д.У., Ключев А.Д., Корженевская А.А., Манин А.Д.,
Миракбаров М., Митурич В.С., Савищев К.А., Свитанько И.В.

Олимпиада 2020-21 гг., 11 класс.

Максимальная сумма - 100 баллов

Задача 11-1

В 2019-м году впервые осуществлен синтез в твердом виде новой аллотропной модификации углерода (**A**) из его оксида (**B**), имеющего молекулярную массу в пределах 340-420 г/моль. Оксид массой 0.0503 г сожгли в закрытом сосуде, в котором было 0.1 л кислорода. Получили смесь 70.4 мл CO_2 и 38.4 мл O_2 .

1. Напишите известные вам аллотропные модификации углерода (засчитываются 4).
2. Найдите массовую долю углерода в **B**. Напишите молекулярную формулу **B**.

Получение **A** проходит при 5 К на инертной поверхности, так как **A** очень реакционноспособно, с использованием метода манипуляции атомами, который позволяет перемещать атомы и таким образом проводить реакции. Происходит реакция декарбонилирования, то есть молекула **B** теряет определенное количество фрагментов, уходящих в виде CO , и превращается в **A**. Спектральные исследования показали, что **B** имеет ось симметрии третьего порядка (структура совмещается сама с собой при повороте на 120°), один 18-членный цикл и три 4-членных цикла.

3. Опишите (или нарисуйте) **A** и нарисуйте структуру **B**. Напишите реакцию образования **A**.
4. Зная, что **A** по правилу Хюккеля имеет двойную ароматичность, которая возникает в группе атомов с двумя ароматическими системами, предположите будут ли различаться длины связей и углы между собой. Опишите (или нарисуйте) гипотетическую структуру **A**, которая удовлетворяет этому условию.
5. Однако, экспериментально доказано, что правило Хюккеля для **A** не соблюдается, соединение неароматично. Опишите (или нарисуйте) такую неароматическую структуру **A**, где длины связей и углы связей различаются между собой.

Решение (20 баллов):

1. На данный момент хорошо известны и описаны следующие аллотропные модификации: графит, алмаз, графен, фуллерен, нанотрубка, карбин, лонсдейлит.

2. Для начала найдем массу углерода исходя из объема его оксида, затем посчитаем его содержание в соединении **B**.

$$m(C) \text{ в } CO_2 = n(CO_2)Mr(C) = \frac{V(CO_2)}{V_m} Mr(C) = \frac{0.0704 \text{ л} * 12 \text{ г/моль}}{22.4 \text{ л/моль}} = 0.0377 \text{ г}$$

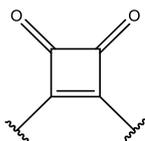
$$\omega(C) = \frac{0.0377 \text{ г}}{0.0503 \text{ г}} = 75\%.$$

Посчитаем эмпирическую формулу оксида:

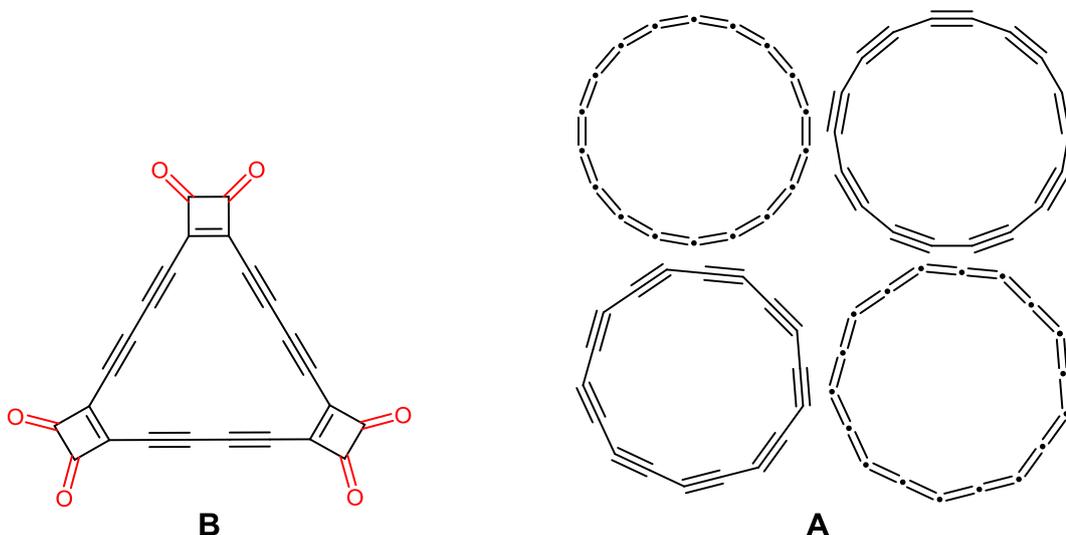
$$\omega(O) = 100\% - 75\% = 25\%. Mr(C_xO) = \frac{16}{0.25} = 64 \text{ г/моль}, x = \frac{64-16}{12} = 4.$$

Эмпирическая формула – C_4O . Перебором найдем значение брутто-формулы, удовлетворяющее условию. Под молекулярную массу 340-420 г/моль подходит только брутто-формула $C_{24}O_6$.

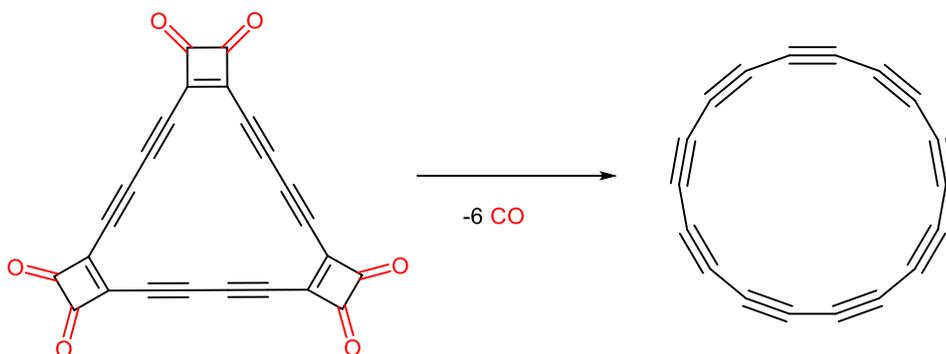
3. Из реакции декарбонилирования и 4-членного цикла можно придумать вот такую структуру:



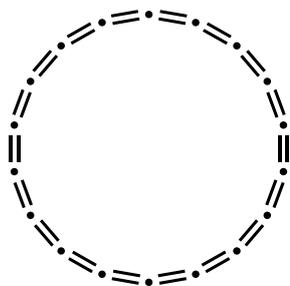
и дорисовать с 18-членным циклом, учитывая ось симметрии третьего порядка:



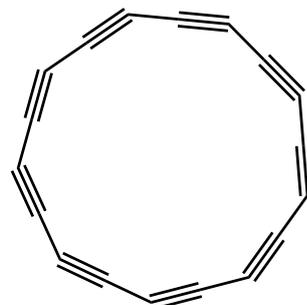
A – цикл из 18 углеродов, 18 двойных связей или 9 тройных. Подходит любая структура.



4. При двойной ароматичности ясно, что структура высокосимметричная, а значит, что ни углы, ни длины связей не различаются. Структура будет иметь кумуленовую форму.



5. Длина одинарной и тройной связи отличается. Так же, как и углы (180° и 140°). Каждая тройная связь «напряжена на 40° ».



Статьи, в которых это опубликовано:

Kaiser et al., *Science*, **365**, 1299–1301 (2019).

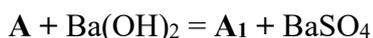
Scriven et al., *J. Am. Chem. Soc.*, **142**, 12921–12924 (2020).

Задача 11-2

Соединения **A-G**, содержащие элемент **Э**, имеют разные применения: соединение **A** - для борьбы с крысами, эквимолярный водный раствор соединений **B** и **B** применяется в геологии для определения плотности минералов, а соединение **G** используется в лаборатории в качестве сильного окислителя.

1. Один из смешанных иодидов элемента **Э** имеет массовую долю элемента = 51,71%. Мольная доля иода = 60%. Смешанный иодид — это иодид с элементом в разных степенях окисления. Задание: определите элемент **Э**. Ответ подтвердите расчётом.

2. Соединение **A** получается растворением **Э** в разбавленной серной кислоте при охлаждении. Соединения **B** и **B** получаются по следующей методике:



Задание: уравняйте реакции, определите вещества **A**, **A₁**, **B**, **B**, предложите метод анализа плотности минералов раствором, содержащим **B** и **B**, если известно, что концентрация веществ при этом не изменяется.

3. **A** восстановили водородом и получили **A₂**. **A₂** растворили в горячей концентрированной азотной кислоте с выделением газов, упарили и выделили кристаллогидрат **G** с массовой долей **Э** = 45,95%.

Задание: определите вещество **G**, ответ подтвердите расчётом. Напишите реакции, уравняйте их. Напишите реакцию **G** с концентрированным раствором **HCl**.

4. Действием циклопентадиена на **A₁** можно получить полусэндвичевое соединение **D**.

Задание: изобразите эту реакцию, нарисуйте структуру **D**.

5. Существует иодид элемента **Э**, который можно представить как два соединения с одинаковой молекулярной формулой, но с разными степенями окисления и структурами. Массовая доля элемента = 34,87%, а анион одной из форм изоструктурен азид-иону, то есть схож по структуре с ним.

Задание: Обоснуйте, почему одна из форм иодида не может существовать в обычных условиях. Изобразите структуру азид-иона и аниона соединения.

6. Для стабилизации высших степеней окисления часто применяют комплексообразование. Так, нестабильная форма иодида в среде **KI** стабилизируется с образованием соединения **E**.

Задание: изобразите структуру аниона **E** и укажите степени окисления элементов.

Решение (21 балл):

Расчёт по мольной доле говорит о том, что брутто-формула иодида равна $\text{Э}_2\text{I}_3$ или $\text{Э}_4\text{I}_6$. Дальнейшие расчёты дают нам значение для $\text{Э} = 204$ г/моль, что соответствует Tl_2I_3 , также возможна форма Tl_4I_6 , которая является более корректной. По описанию в начале задачи можно предположить, что искомым элементом – таллий, и провести любой подтверждающий расчёт.

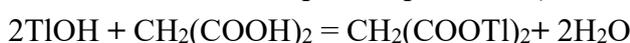
Иодид = Tl_2I_3

$\text{Э} = \text{Tl}$

При растворении таллия в холодной разбавленной серной кислоте, таллий не будет окисляться до Tl^{3+} , а только лишь до Tl^+ , поэтому **A - Tl_2SO_4**

В последующей реакции происходит обменная реакция с образованием TlOH (**A₁ = TlOH**)
 $\text{Tl}_2\text{SO}_4 + \text{Ba}(\text{OH})_2 = 2\text{TlOH} + \text{BaSO}_4$

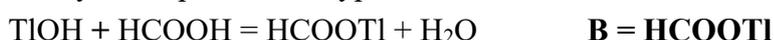
Из задачи понять то, что образуется двузамещённый малонат таллия (I) нельзя, поэтому засчитывались оба варианта реакции. (**B = $\text{CH}_2(\text{COOTl})_2$ или $\text{CH}_2(\text{COOTl})\text{COOH}$**)



или



Следующая реакция с муравьиной кислотой однозначна:



Реакция получения **A₂** похожа на реакцию получения сульфида бария:



В следующей реакции выделяется только NO_2



$\text{Tl}(\text{NO}_3)_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ засчитывался только в случае подтверждения любым расчётом.

(**G = $\text{Tl}(\text{NO}_3)_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$**)

Дальше шла реакция с HCl . Tl^{3+} проявляет окислительные свойства и окисляет хлорид до хлора, восстанавливаясь до Tl^+ . Возможны 2 реакции:

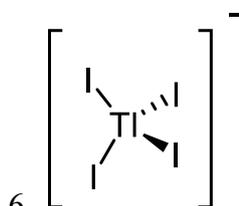


Затем идёт реакция циклопентадиена и TlOH : $\text{TlOH} + \text{C}_5\text{H}_6 = \text{TlC}_5\text{H}_5 + \text{H}_2\text{O}$

D = $\text{Tl}(\text{Cp})$



5. Азид и трииодид ионы линейные, Tl^{3+}I_3 не существует в обычных условиях ввиду окислительной способности Tl^{3+} .

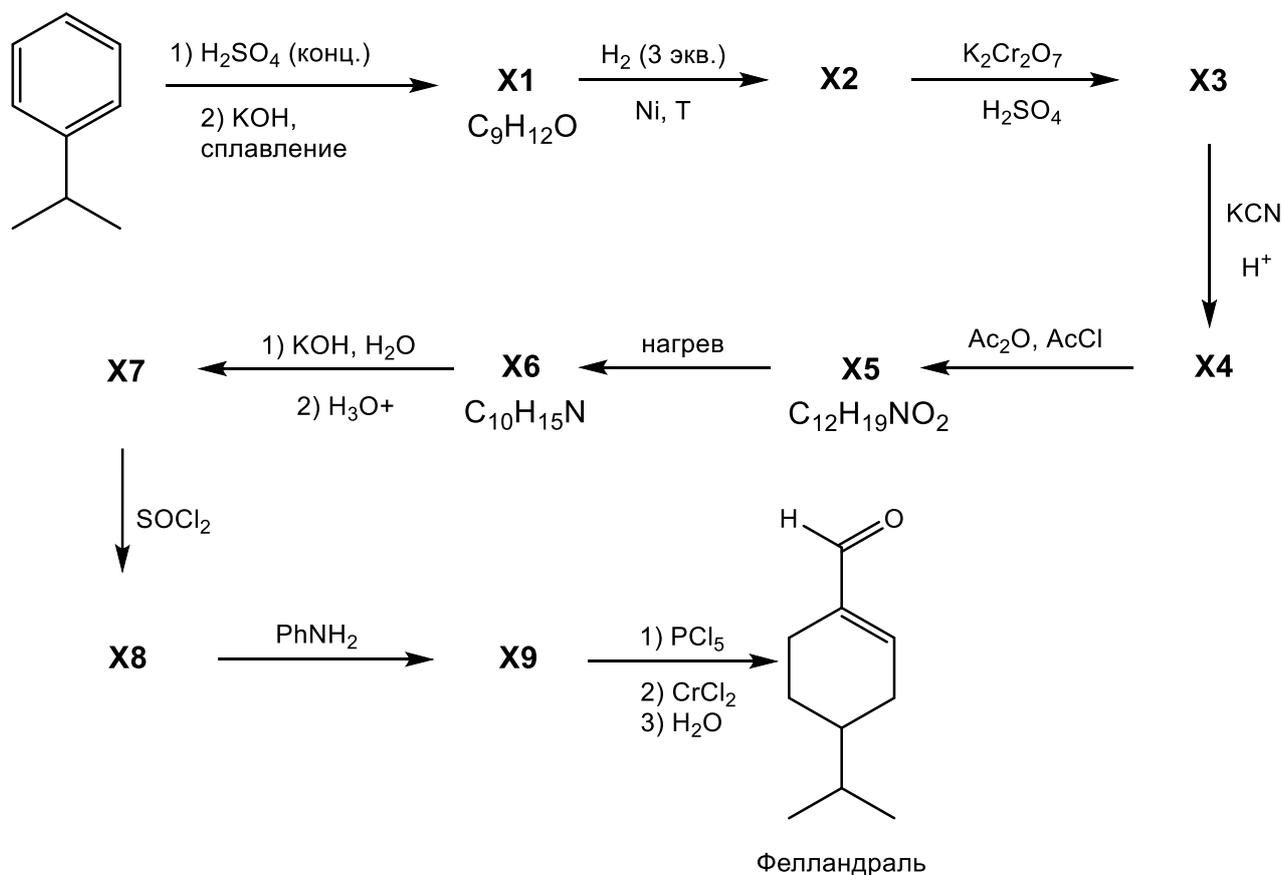


$\text{Tl}^{3+} \text{I}^-$, **E = $\text{K}[\text{TlI}_4]$** . Структура в виде октаэдра не принималась как верная, нет данных о ее существовании.

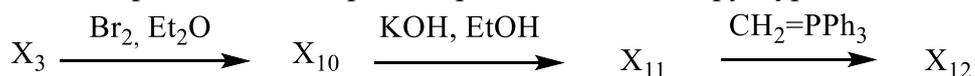
Задача 11-3

Вокруг нас в повседневной жизни витает огромное количество запахов: запахи свежее испеченного хлеба, доносящиеся из булочной, букеты ароматов цветочного поля или может запах цитрусовых в преддверии Нового Года. Но часто ли мы задумываемся почему одни вещества пахнут, а другие нет? Дело в том, что запахи мы ощущаем благодаря тому, что специальные рецепторы в носу улавливают летучие пахнущие вещества, передают импульсы по нервам в мозг, где в центре обоняния происходит обработка этого сигнала и мы ощущаем запах того или иного благоволия.

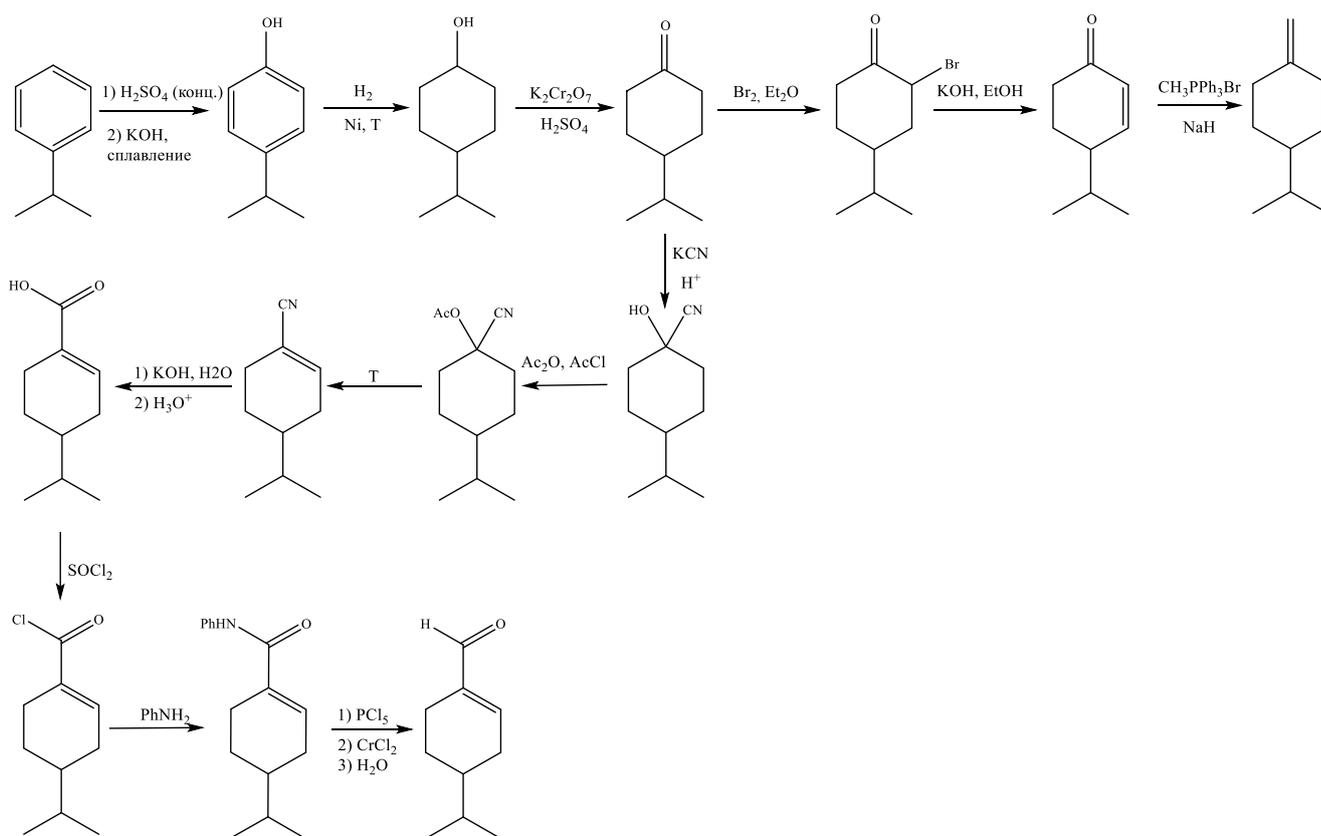
Люди издавна заметили, что, например, из растений можно извлекать душистые вещества (*одоранты*). Так из эфирных масел фенхеля, а также эвкалипта выделили одорант, получивший название - фелландраль. На схеме ниже Вам представлен полный синтез этого вещества.



1. Расшифруйте схему превращений. Напишите структуры веществ X₁-X₉.
2. Что может происходить при стоянии фелландралья на воздухе и по какой причине? Напишите уравнение реакции.
3. На второй схеме приведен синтез другого пахнущего вещества, содержащегося в эфирном масле фенхеля – бета-фелландрена. Напишите структуры веществ X₁₀-X₁₂.



4. В реакции образования X₁₀ начальная скорость реакции довольно низка, но затем, она резко возрастает. Объясните причину данного явления.

Решение (21 балл):


1. Реакция изопропилбензола с серной кислотой является электрофильным замещением, в свою очередь изопропил – ориентант 1-го рода, но в силу стерических причин замещение протекает только по пара-положению. Во второй стадии при сплавлении с щелочью происходит замещение сульфогруппы $-\text{SO}_3\text{H}$ на гидроксильную группу, при этом получается вещество X_1 . Понять, что щелочь нужна для замещения на гидроксильную группу можно из состава X_1 . В реакции получения X_2 используется 3 эквивалента водорода, а следовательно получается полностью гидрированный цикл. Известно, что под действием дихромата калия в серной кислоте вторичные спирты легко окисляются в кетоны, что мы и можем наблюдать при получении X_3 . Смесь KCN и кислоты приводит к образованию HCN *in situ*, которая реагирует с кетоном с образованием циангидрина X_4 . Под действием уксусного ангидрида и ацетилхлорида образуется сложный эфир, ацетат циангидрина – вещество X_5 . При нагревании X_5 происходит элиминирование – отщепление молекулы уксусной кислоты и образуется X_6 . Для того чтобы понять, что происходило на этой стадии можно было посчитать разницу в молекулярном составе: $\text{C}_{12}\text{H}_{19}\text{NO}_2 - \text{C}_{10}\text{H}_{15}\text{N} = \text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ или же CH_3COOH , что соответствует потере уксусной кислоты. При щелочном гидролизе и последующей кислотной обработке нитрил превращается в кислоту X_7 . Действуя на это соединение тионилхлоридом, известным реагентом для хлорирования, можно получить X_8 хлорангидрид кислоты. Следующая стадия тоже довольно очевидна и является реакцией получения амида X_9 . Последняя реакция является не столь очевидной, но поскольку продукт реакции уже дан в решении, никак ее комментировать не пришлось.

2. Поскольку фелландраль является альдегидом, а тем более сопряженным с двойной связью, то он склонен к окислению кислородом воздуха до кислоты. При этом одна молекула кислорода способна окислить 2 молекулы фелландраля.
3. Карбонильные соединения под действием брома способны к альфа-галогенированию, то есть к реакции по второму положению, именно так мы и получаем соединение X₁₀. Последующее элиминирование щелочью в спиртовом растворе приводит к образованию енона X₁₁. Последняя стадия этой цепочки является реакцией Виттига с образованием бета-фелландрена.
4. Реакция альфа-галогенирования происходит через стадию енолизации карбонильного соединения. В ходе реакции бромирования выделяется HBr, а вследствие этого уменьшается pH. Скорость енолизации увеличивается в кислой среде, а следовательно эта реакция будет автокатализируемой.

Источник: <https://doi.org/10.1021/ja01180a005>

Задача 11-4

Исторически сложилось, что минерал **A** привозился в Европу под названием «*тинкала*» из Азии. Внешне он представляет собой небольшие бесцветные или желтоватые кристаллы, которые использовались в качестве флюса для пайки и очистки поверхностей металлических заготовок. При медленном прокаливании минерала **A** массой 3,82 г образуется **B** (потеря массы составляет 1,08 г) (**реакция 1**).

Если же обрабатывать минерал **A** соляной кислотой (**реакция 2**), то образуется только три продукта, один из продуктов – **B** – можно найти даже в аптеке (раньше **B** называлось успокоительной солью Гомберга). Известно, что при реакции **B** с тремя эквивалентами метанола в среде серной кислоты образуется **X** (**реакция 3**), в котором массовая доля элемента Э составляет 10,58% по массе.

После длительного прокаливания **B** образуется оксид **Г** (**реакция 4**). Обработка **Г** плавиковой кислотой приводит к **Д** (**реакция 5**), молекула которого имеет плоское строение. **Д** также можно получить реакцией **У** с фтором (**реакция 6**). При прокаливании **Г** с магнием можно получить элемент Э в виде простого вещества **У** (**реакция 7**), однако параллельно этой реакции протекает реакция с образованием **Р**, содержащего Э с массовой долей 47,83% масс. (**реакция 8**).

Последующая обработка **Д** веществом **Е**, широко используемым в качестве восстановителя в органической химии и также содержащем Э (массовая доля Э в **Е** 28,95% масс.), приводит к выделению газа **Ж** (**реакция 9**). Молекула **Ж** не является плоской. **Ж** можно получить из **Р** в реакции с соляной кислотой в присутствии магния (**реакция 10**); либо реакцией **Д** с гидридом натрия (**реакция 11**).

Если проводить реакцию **Ж** с аммиаком при нагревании, образуется соединение **К** (**реакция 12**) – неорганический аналог бензола. При реакции **Д** в расплаве **У** (2000°C) можно получить частицу **О** (состоит только из двух атомов), которая, в свою очередь, при реакции с ацетиленом при температуре жидкого азота образует соединение **И** (шестичленный цикл, содержащий эквивалентные атомы углерода и эквивалентные атомы водорода) (**реакция 13**).

1. Определите все неизвестные вещества и подтвердите это расчётом, если во все вещества входит элемент Э.
2. Напишите уравнения всех упомянутых реакций, а в **реакции 13** приведите наиболее устойчивый продукт и возможный интермедиат.
3. Соединение **З** и бензол обладают общим «свойством». Предположите и объясните какие еще аналоги **З**, содержащие элемент Э, обладают этим «свойством».

Решение (26 баллов):

Решение задачи можно начать с определения элемента Э – это можно сделать разными путями:

1. По описанию вещества А – минерала «тинкала» понять, что речь идет о буре.
2. Зная, что с веществом В реагирует 3 эквивалента метанола, можно рассчитать атомную массу Э. Указание на проведение реакции в присутствии серной кислоты дает подсказку на получение метилового эфира, значит скорее всего В - кислота:

$$\frac{Ar(\text{Э})}{3 \cdot Mr(\text{CH}_3\text{O})} = \frac{10,58}{100 - 10,58} \quad Ar(\text{Э}) = 11 \text{ а. е. м} \Rightarrow \text{Э} = \text{В}$$

Тогда В – борная кислота.

3. Неорганический аналог бензола – боразол.

Определив элемент Э и вещество А, можно используя несложный расчет определить формулу Б. Так как А – кристаллогидрат логично предположить, что при его нагревании будет происходить отщепление молекул кристаллизационной воды:



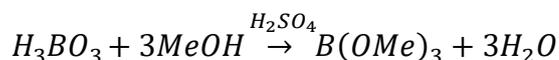
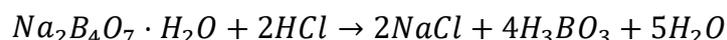
$$\begin{cases} x + y = 10 \\ n(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = \frac{n(\text{H}_2\text{O})}{y} \end{cases}$$

Решая данную систему получаем, что Б - $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

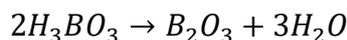
Соответствующая реакция прокаливания:



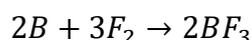
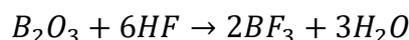
Определив вещество В, запишем уравнение второй и третьей реакций:



При прокаливании борной кислоты образуется оксид бора(III) – Г:



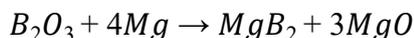
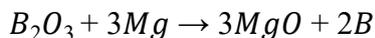
Указание на то, что продукт обработки Г плавиковой кислотой имеет плоское строение, однозначно дает понять, что Д – трифторид бора:



Реакция прокаливания оксида бора в присутствии металлического магний протекает с образованием простого вещества У – В и оксида магния, тогда можно предположить, что побочная реакция протекает с образованием вещества Mg_xB_y , зная массовую долю бора можем найти формулу вещества Р:

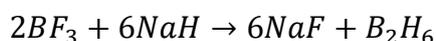
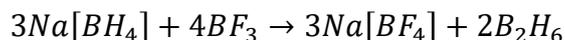
$$\frac{11y}{24x} = \frac{47,83}{52,2} \Rightarrow y = 2x$$

Откуда получаем что в простейшая формула Р соответствует MgB_2

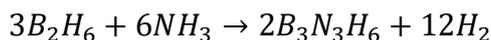


Вещество Е определяется нетрудно – $Na[BH_4]$, данное предположение легко подтверждается расчетом.

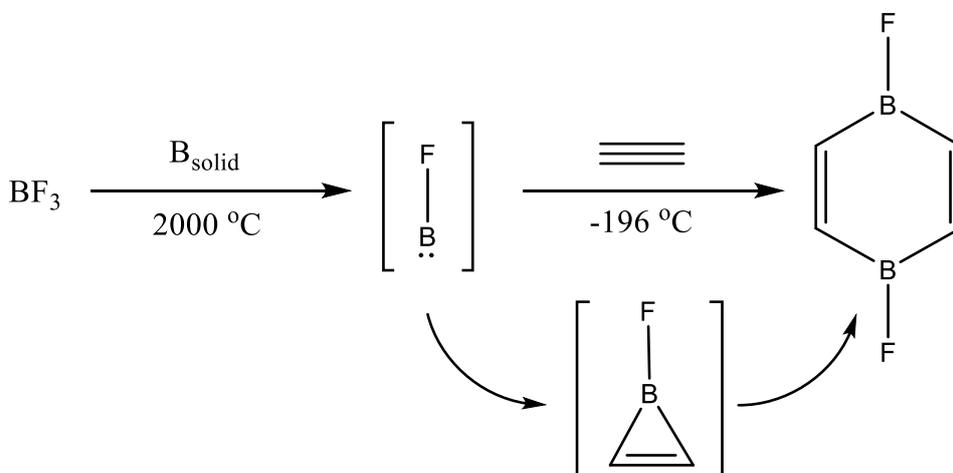
Различные реакции получения Ж, описанные в задаче, и указание на то, что молекула Ж не имеет плоского строения указывает на то, что речь идет о диборане – B_2H_6



Реакция получения неорганического аналога бензола:



Указание на то, что частица О состоит только из двух элементов наталкивает на мысль, что она имеет формулу - $[:BF]$. Наличие неподелённой электронной пары приводит к образованию следующего продукта:

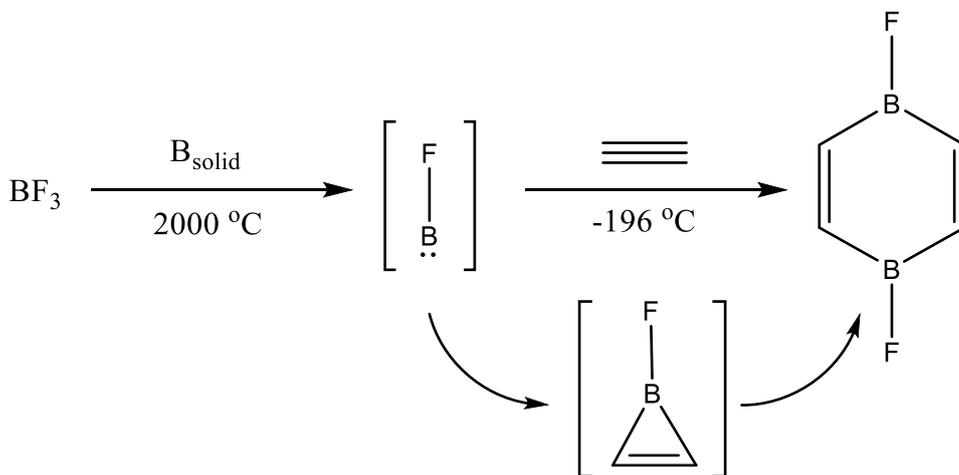


Пункт 1:

Э - бор	А - $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$, бура	Б - $Na_2B_4O_7 \cdot 4H_2O$, кернит	В - H_3BO_3	Х - $B(OCH_3)_3$	У - В
Г - B_2O_3	Д - BF_3	Р - MgB_2	Е - $Na[BH_4]$	Ж - B_2H_6	З - $B_3N_3H_6$, боразин, боразол
Частица О - $[:BF]$		И - $B_2F_2C_4H_4$	возможный интермедиат - C_2H_2BF		

Пункт 2:

1. $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O} = \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O} + 6\text{H}_2\text{O}$
2. $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O} + 2\text{HCl} = 4\text{H}_3\text{BO}_3 + 2\text{NaCl} + 5\text{H}_2\text{O}$
3. $\text{H}_3\text{BO}_3 + 3\text{CH}_3\text{OH} = \text{B}(\text{OCH}_3)_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
4. $2\text{H}_3\text{BO}_3 = \text{B}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
5. $\text{B}_2\text{O}_3 + 6\text{HF} = 2\text{BF}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
6. $2\text{B} + 3\text{F}_2 = 2\text{BF}_3$
7. $\text{B}_2\text{O}_3 + 3\text{Mg} = 3\text{MgO} + 2\text{B}$
8. $\text{B}_2\text{O}_3 + 4\text{Mg} = \text{MgB}_2 + 3\text{MgO}$
9. $\text{Mg} + 2\text{B} = \text{MgB}_2$
10. $3\text{Na}[\text{BH}_4] + 4\text{BF}_3 = 3\text{Na}[\text{BF}_4] + 2\text{B}_2\text{H}_6$
11. $3\text{Na}[\text{BH}_4] + \text{BF}_3 = 3\text{NaF} + 2\text{B}_2\text{H}_6$
12. $\text{MgB}_2 + 2\text{Mg} + 6\text{HCl} = 3\text{MgCl}_2 + \text{B}_2\text{H}_6$
13. $2\text{BF}_3 + 6\text{NaH} = 6\text{NaF} + \text{B}_2\text{H}_6$
14. $6\text{NaH} + 8\text{BF}_3 = 6\text{Na}[\text{BF}_4] + \text{B}_2\text{H}_6$
15. $3\text{B}_2\text{H}_6 + 6\text{NH}_3 = 2\text{B}_3\text{N}_3\text{H}_6 + 12\text{H}_2$


Пункт 3:

Общее свойство для бензола и боразина это ароматичность, что объясняется изоэлектронностью и правилом Хюккеля.

В качестве аналогов можно привести такие соединения, как бороксин и боротин, в которых ароматичность осуществляется не за счет образования сопряженной системы двойных связей, а за счет чередования вакантных и заполненных орбиталей.

Задача 11-5

Существование одного из элементов Периодической системы (назовем его **X**) было предсказано Д. И. Менделеевым задолго до его открытия, в 1898 году: «Можно, например, сказать, что при открытии элемента **X** с атомным весом, большим, чем [его аналог из предыдущего периода], он будет образовывать KX , KXO_3 и т. п., что его водородное соединение будет газообразным» [Менделеев Д.И. Периодический закон. Основные статьи. Серия «Классические науки». — Москва: АН СССР, 1958. — С.263.] Впервые изотоп **X** был получен искусственно в 1940 году облучением висмута альфа-частицами.

Необычные свойства этого элемента всегда интересовали химиков. Например, водный раствор простого вещества **A**, содержащего элемент **X**, реагирует с водородом (**реакция 1**), с образованием газа **B** (массовая доля водорода в **B** равна 0,474%). Этого следует ожидать, исходя из его положения в Периодической системе. Однако, в водном растворе **B** присутствует какое-то количество ионов X^+ . Также было установлено, что **A** вступает в реакцию (**реакция 2**) с этаном, образуя в качестве одного из продуктов соединение **B**.

Пропуская газ с резким запахом, который был получен при обработке вещества **B** с тривиальным названием «антихлор» (также используется в иодометрии) серной кислотой (**реакция 3**), через водный раствор **A**, и постепенно добавляя раствор вещества **Г**, которого не оказалось у уездного лекаря в романе И. С. Тургенева «Отцы и дети» (*адский камень*), выпал осадок вещества **E** (**реакция 4**).

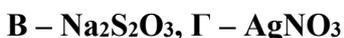
При добавлении **B** к щёлочи происходит реакция нейтрализации (**реакция 5**). Обработка **B** концентрированной серной кислотой приводит к (**реакция 6**), выделению **A** и газа с резким запахом. Интересно также, что этилен поглощается раствором **B** (**реакция 7**).

Также установлено, что **B** может взаимодействовать с солями сильных кислот, например с нитратом таллия (**реакция 8**), а также реагирует с нерастворимыми основаниями, например с гидроксидом платины(II) (**реакция 9**).

Определите неизвестные вещества, объясните описанные химические взаимодействия и запишите все уравнения проводимых реакций. С какой основной проблемой сталкиваются химики при проведении реакций с веществами, подобными соединениям элемента **X**?

Решение (12 баллов):

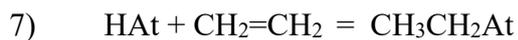
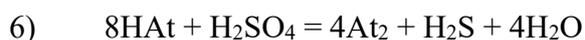
1. По историческим подсказкам, речь идет о астате, **A** - At_2
2. Зная массовую долю водорода в **B** получаем, что молярная масса **B** равна 211, что соответствует астатоводороду - HAt , а значит **A** - At_2 , а **B** - HAt



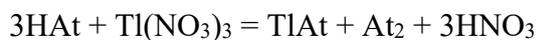
Очевидно тогда, что **E** = $AgAt$

Уравнения реакций:

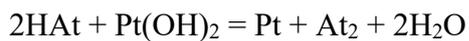
- 1) $At_2 + H_2 = 2HAt$
- 2) $C_2H_6 + At_2 = C_2H_5At + HAt$
- 3) $Na_2S_2O_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + SO_2 + S$
- 4) $At_2 + SO_2 + 2AgNO_3 + 2H_2O = 2AgAt + H_2SO_4 + 2HNO_3$
- 5) $HAt + LiOH = LiAt + H_2O$



Допускается верным также вариант



Допускается верным также вариант



Самая большая проблема проведения всех описанных опытов – это радиоактивность астата и его редкость на Земле.

Варианты заданий по химии олимпиады школьников «Высшая проба»

11 класс

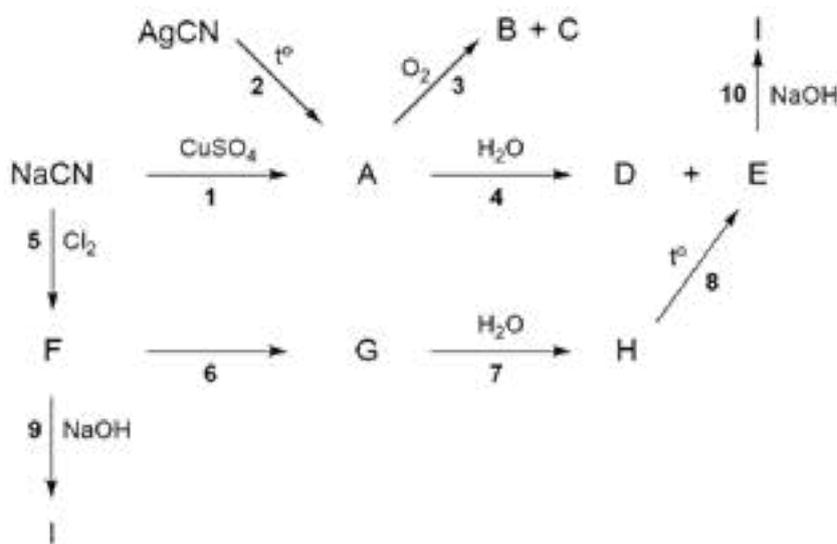
Олимпиада 2021-22 гг., 11 класс.

Максимальная сумма - 100 баллов

Задача 1

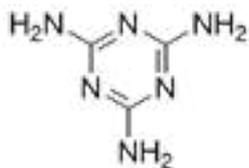
Превращения необычного газа **A** во многом напоминают реакции хлора и брома. Этот газ может быть получен из цианида натрия по реакции (1) (реакция 1), аналогичной лабораторному способу получения бромида или хлорида меди, либо при нагревании цианида серебра в вакууме (реакция 2). Вещество **A** сгорает на воздухе высокотемпературным пламенем персикового цвета с голубой каймой (реакция 3) с образованием оксида **B** и простого вещества газа **C**, а при пропускании через воду диспропорционирует на вещества **D** и **E** (реакция 4).

При реакции цианида натрия с хлором образуется легко сжижающийся бесцветный газ **F** (реакция 5), который в присутствии примесей экзотермически образует циклический тример **G** (реакция 6). **G** – крупнотоннажный продукт промышленного синтеза, используемый в получении пестицидов и обладающий свойством ароматичности. **G** легко гидролизуется в кислоту **H** (реакция 7) с массовой долей водорода 2,32%, которая при нагревании до температур выше 350°C в вакууме расщепляется с образованием кислоты **E** (реакция 8). Соль **I** этой кислоты может быть получена при взаимодействии со щелочью (реакция 10) или при щелочном гидролизе соединения **F** (реакция 9).



- Предложите структуры веществ **A-I** (для соединений **A, E, F, G, H** приведите структурные формулы) и напишите уравнения превращений 1-10.
- Соединениям **E** и **H** свойственна таутомерия, то есть они обладают несколькими структурными изомерами, которые находятся друг с другом в равновесии. Приведите их структурные формулы этих таутомеров.

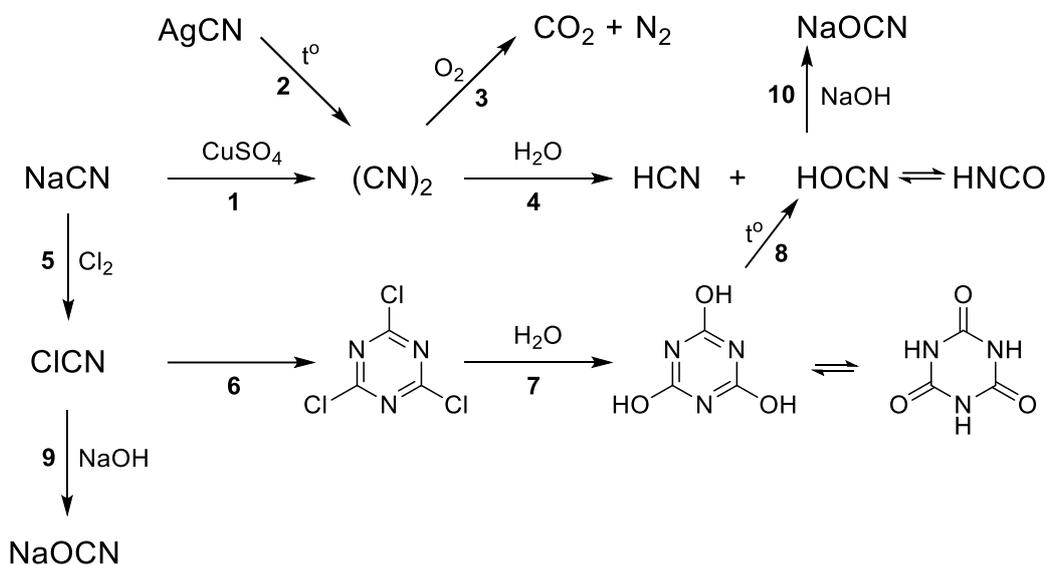
Соединение **H** используется для качественного и количественного определения меламина (органического соединения, представляющего из себя шестичленное гетероциклическое ароматическое соединение, в котором три атома азота чередуются с тремя атомами углерода, и при каждом атоме углерода находится амино-группа в качестве заместителя) благодаря тому, что с ним один из таутомеров **H** образует очень устойчивый, нерастворимый в воде аддукт (продукт реакции присоединения) в



отношении 1:1, химические связи в котором схожи с такими связями в ДНК.

3. Предложите структуру этого аддукта.

Решение (23 балла):



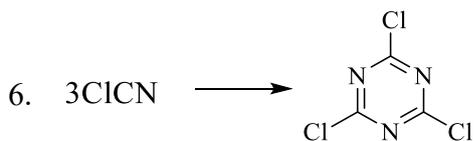
1.

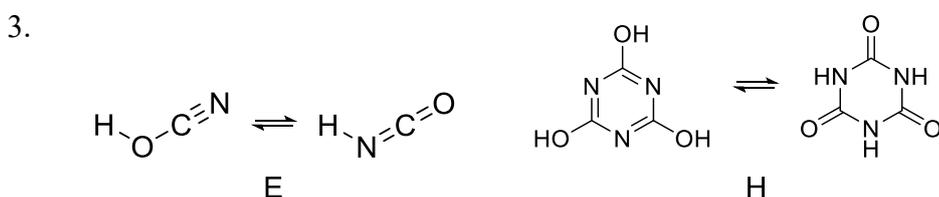
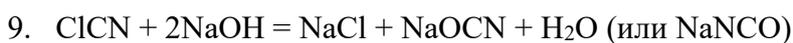
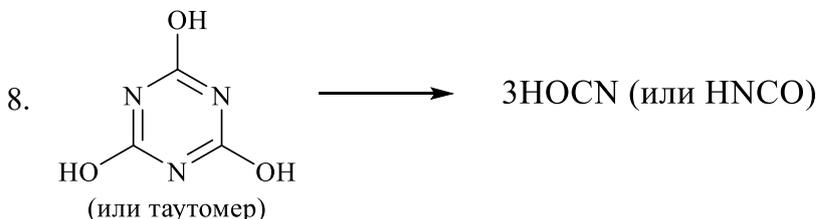
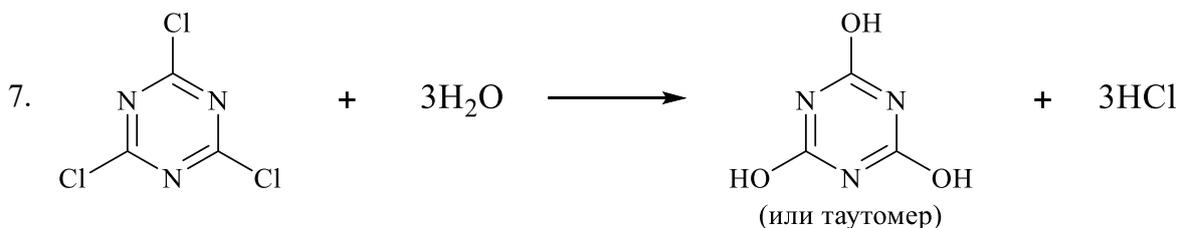
A – $(\text{CN})_2$, B – CO_2 , C – N_2 , D – HCN	E – HO/CN (или HNCO) (не HCNO !)
F – ClCN	G –
H –	I – NaOCN (или NaNCO) (не NaCNO !)

Для веществ E, H, I – верна любая из приведённых форм записи (но не фульминаты).

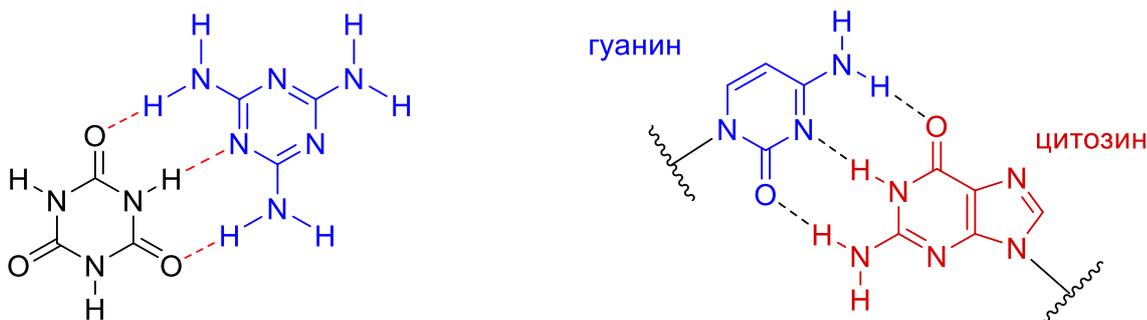
2.

- $4\text{NaCN} + 2\text{CuSO}_4 = 2\text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{CuCN} + (\text{CN})_2$
- $2\text{AgCN} = 2\text{Ag} + (\text{CN})_2$
- $(\text{CN})_2 + 2\text{O}_2 = 2\text{CO}_2 + \text{N}_2$
- $(\text{CN})_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HCN} + \text{HO/CN}$
- $\text{NaCN} + \text{Cl}_2 = \text{NaCl} + \text{ClCN}$





4. Аддукт образуется за счёт образования водородных связей между меламинам и кето-формой циануровой кислоты. Причём это взаимодействие достаточно сильное, чтобы получающееся вещество было нерастворимо в воде. Этот механизм образования связи похож на образование связи между нуклеотидами ДНК, а в частности, между гуанином и цитозином:

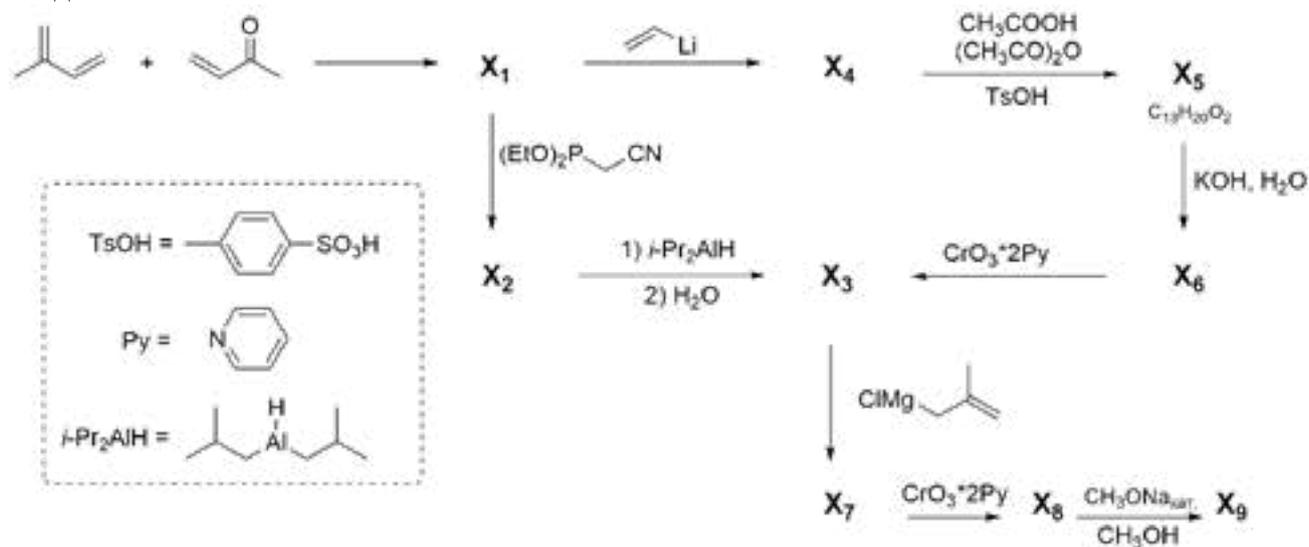


Верным ответом также считается рисунок слоя кристалла, где каждая молекула меламина окружена тремя молекулами циануровой кислоты или наоборот.

Задача 2

Благодаря бактерицидному действию соединения **класса Z** известны с давних пор и использовались в Древнем Египте для бальзамирования; по наши дни эти вещества используются в парфюмерной промышленности. Первые представители **Z** были выделены О. Валлахом и У. Г. Перкином в 1887-1889 годах из скипидара (терпентинового масла).

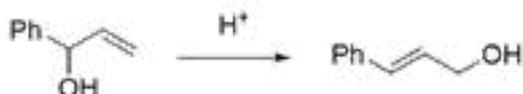
Соединение **X₉** впервые было выделено из гималайского кедра. Чтобы доказать его предполагаемую структуру, в 1974 году исследователи провели полный синтез этого соединения:

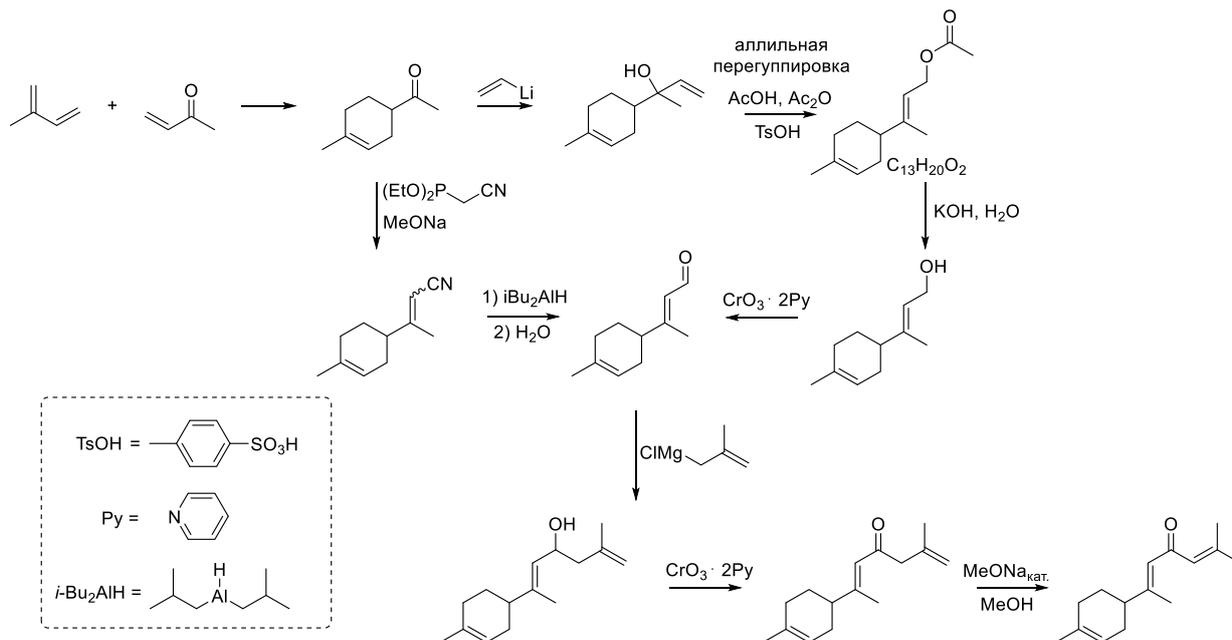


Первой стадией синтеза стало получение аддукта **X₁** при взаимодействии изопрена с метилвинилкетонем. Далее исследователи использовали два подхода: по первому **X₁** вводят в реакцию с диэтилцианометилфосфинатом $[(\text{EtO})_2\text{PCH}_2\text{CN}]$ в основной среде. Полученную смесь изомеров **X₂** восстанавливают диизобутилалюминийгидридом с получением соединения **X₃**. Это же вещество можно получить по-другому: **X₁** вводят в реакцию с виниллитием. Полученный **X₄** взаимодействует со смесью уксусной кислоты и её ангидрида в присутствии каталитической кислоты. При дальнейшей реакции продукта **X₅** со щелочью образуется вещество **X₆**, которое окисляют реактивом Саретта. Полученное соединение **X₃** вводят в реакцию с реактивом Гриньяра и выделяют вещество **X₇**, которое затем окисляют. Синтезированный **X₈** перегруппировывается в изомер **X₉** того же состава под действием каталитического количества алкоголята натрия. Свойства полученного **X₉** оказались идентичны свойствам вещества, полученного из природного источника.

1. Приведите строение структур **X₁-X₉**, если известно, что в реакции Дильса-Альдера преимущественно образуются орто- и пара-замещённые продукты, стадия образования **X₂** схожа с реакцией Виттига, а на стадии получения **X₅** происходит аллильная перегруппировка*.
2. Что является движущей силой (предложите механизм) перегруппировки **X₈** в **X₉**?
3. Предложите механизм реакции образования **X₅** из **X₄**.
4. Как называется **класс Z**, к которому относятся **X₉**, камфора и пинен? Назовите еще один пример соединения из этого класса

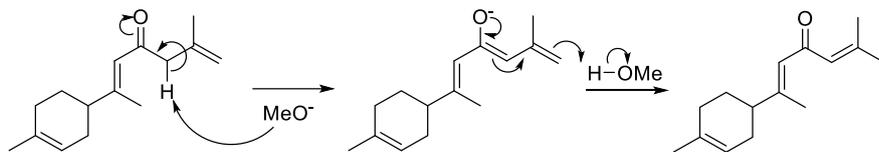
*Аллильная перегруппировка - перегруппировка метилвинильного фрагмента, например:



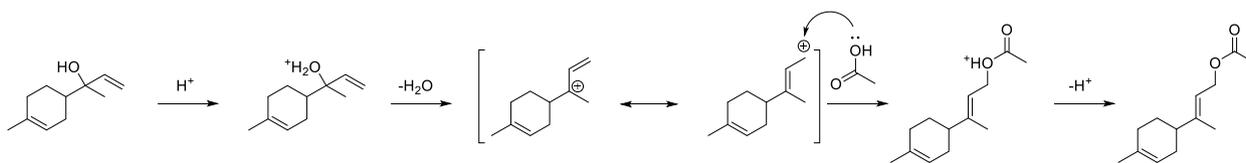
Решение (19 баллов):


Для вещества X₂ считается верным любой изомер (в оригинальном исследовании учёные получили смесь веществ). Для продуктов X₄, X₇ допускается запись в виде соли.

2. Движущей силой является образование более замещённой и сопряженной двойной связи (в соответствии с правилом Зайцева):



3.



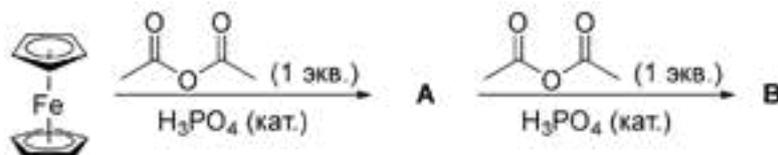
4. Это терпеноид (терпен в более общем плане, любой ответ считался верным); примером родственных соединений являются, например, камфора, пинен или лимонен.

По материалам статьи <https://doi.org/10.1021/jo00925a012>

Задача 3

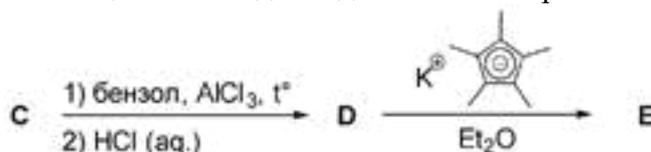
История сэндвичевых комплексов металлов началась с получения ферроцена в 1951 году. Это кристаллическое вещество оранжевого цвета, а в его структуре атом железа находится между двумя свободно вращающимися циклопентадиенильными кольцами, которые координируются с металлом своей π -электронной системой. При этом ферроцен обладает ароматичностью, и циклопентадиенильные кольца вступают в реакции, характерные для других ароматических соединений.

- Исходя из схожести ферроцена с другими ароматическими соединениями, расшифруйте структуру веществ **A** и **B**.



- Объясните, почему во второй реакции образуется лишь один основной продукт.

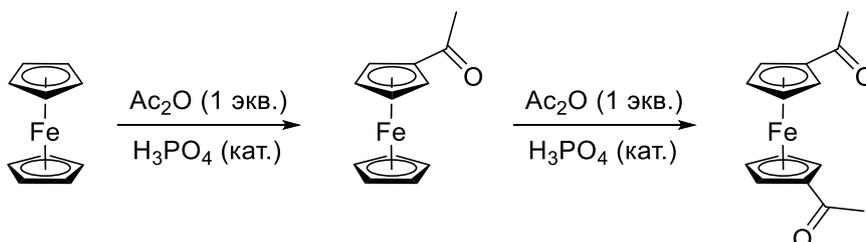
Сэндвичевые соединения известны и для неметаллов. Например, совсем недавно было получено первое полусэндвичевое (в нем содержится только одно пятичленное кольцо) соединение элемента **X**. Исследователи взяли бинарное вещество **C**, ввели его в реакцию Фриделя-Крафтса, обработали соляной кислотой и получили продукт **D**, который затем прореагировал с пентаметилциклопентадиенидом калия с образованием полусэндвичевого комплекса **E**.



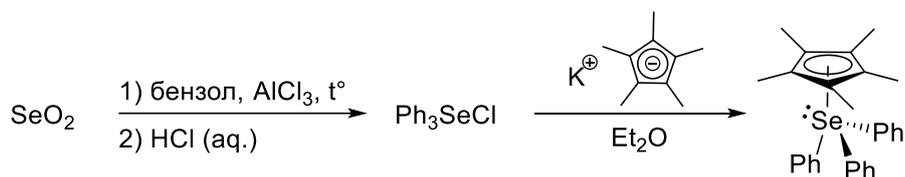
- Расшифруйте элемент **X** и структуры соединений **C**, **D** и **E**, если известно, что **C** реагирует с перекисью водорода с образованием кислоты **F**, способной растворять золото. Кроме того, массовая доля углерода в **E** составляет 75,49%, а валентность элемента **X** в **D** равна 4.
- Напишите уравнения реакций получения кислоты **F** и растворения в ней металлического золота. Известно, что массовая доля золота в продукте реакции составляет 47,88%.
- Предложите еще два способа перевести металлическое золото в растворимое состояние (проиллюстрируйте ваши предложения уравнениями химических реакций).

Решение (19 баллов):

- Так как ферроцен по своим свойствам схож с простыми ароматическими соединениями, можно предположить, что обе реакции – электрофильное замещение атомов водорода в пятичленных кольцах:



- Отрицательный мезомерный эффект ацетильной группы дезактивирует одно из циклопентадиенильных колец, и во вторую реакцию вступает более активное кольцо.
- Решение можно начать с перебора кислот, способных растворять золото. Одна из известных реакций – растворение в селеновой кислоте. Это предположение можно подтвердить расчетом массовой доли в продукте реакции – селенате золота $\text{Au}_2(\text{SeO}_4)_3$. Далее, становится очевидно, что **С** – оксид селена, который окисляется пероксидом водорода с образованием селеновой кислоты. При действии на него смесью бензола и хлорида алюминия происходит электрофильное замещение, а в следующей реакции некая уходящая группа замещается пентаметилциклопентадиенид-анионом. Из этих рассуждений и данной в условии массовой доли можно найти формулу **Е**. Так как **Е** содержит три фенильных кольца, они должны входить и в **Д**, а исходя из валентности селена и условий реакции (соляная кислота) можно сделать вывод, что четвертый заместитель при атоме селена – хлор.

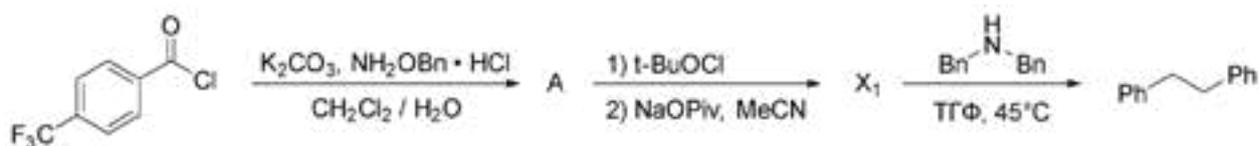


- $$\text{SeO}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 = \text{H}_2\text{SeO}_4$$

$$2\text{Au} + 6\text{H}_2\text{SeO}_4 = \text{Au}_2(\text{SeO}_4)_3 + 3\text{H}_2\text{SeO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$$
- Подходят реакции с царской водкой, цианидами в присутствии кислорода, хлорной кислотой и другие доступные методы.

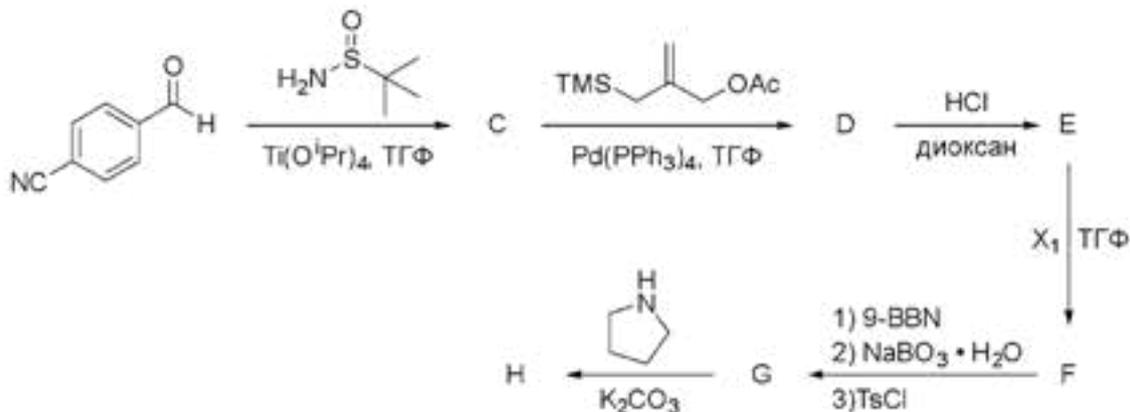
Задача 4

Одной из проблем современного органического синтеза является ограниченность методов селективной модификации углеродного скелета молекулы. Усилия многих ученых направлены на разработку новых реакций функционализации связей $\text{C}-\text{H}$, т.е. образование новых $\text{C}-\text{C}$ -связей добавлением функциональных групп к углеродному скелету. Вопреки общему тренду, в мае 2021 года был разработан удобный метод модификации углеродного скелета не наращиванием его функциональными группами, а путем удаления атома азота из молекулы с образованием связи $\text{C}-\text{C}$ вместо связей $\text{C}-\text{N}-\text{C}$. В модельном синтезе, представленном ниже, осуществлена реакция удаления азота из дибензиламина. Ключевой для проведения такой реакции (последняя стадия схемы) реагент **X**₁ может быть получен в две стадии:



- X**₁ содержит 60,76% углерода по массе. Предложите структурные формулы соединений **A** и **X**₁.

Разработанный метод был успешно использован в синтезе антагониста H₃-гистаминового рецептора – потенциального лекарственного препарата **H**. Интерес к H₃-гистаминному рецептору связан с его ролью в связывании G-белка коры головного мозга и, соответственно, с участием в нейронном механизме нарушений центральной нервной системы:

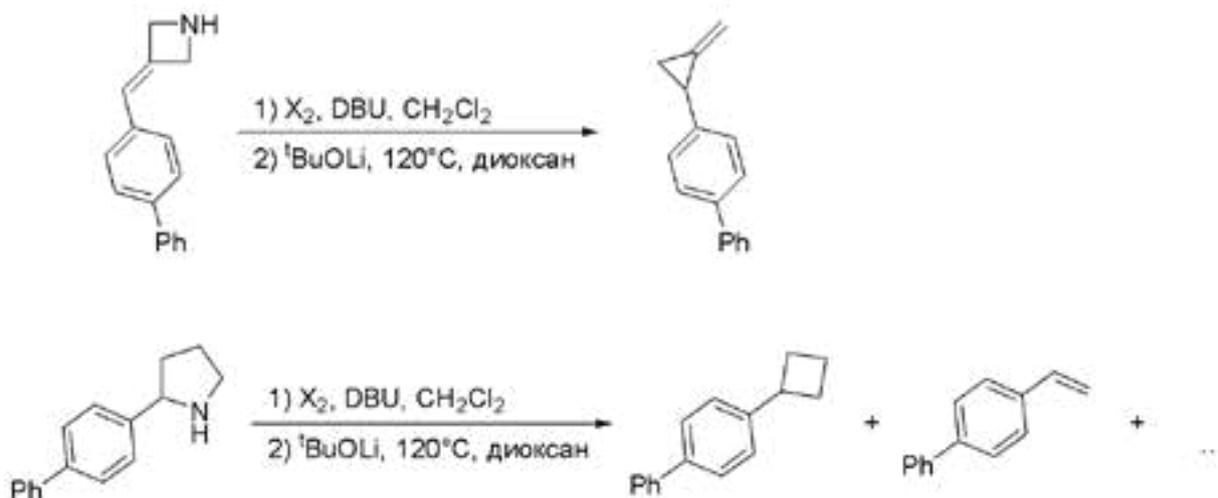


2. Спектральными исследованиями показано, что соединения **F**, **G** и **H** содержат четырехчленный цикл, а соединение **D** — экзоциклическую двойную связь (связь, в которой один атом углерода находится в цикле, а другой - вне его). Изобразите структурные формулы соединений **C–H**.

В том же 2021 году группа исследователей предложила еще один реагент **X₂** для аналогичной трансформации (удаление азота из скелета молекулы и образование связи C—C). Он может быть получен в одну стадию из сульфурилхлорида SO₂Cl₂ и содержит 56,75% азота по массе.

3. Определите структурную формулу реагента **X₂** и предложите метод его получения из сульфурилхлорида.

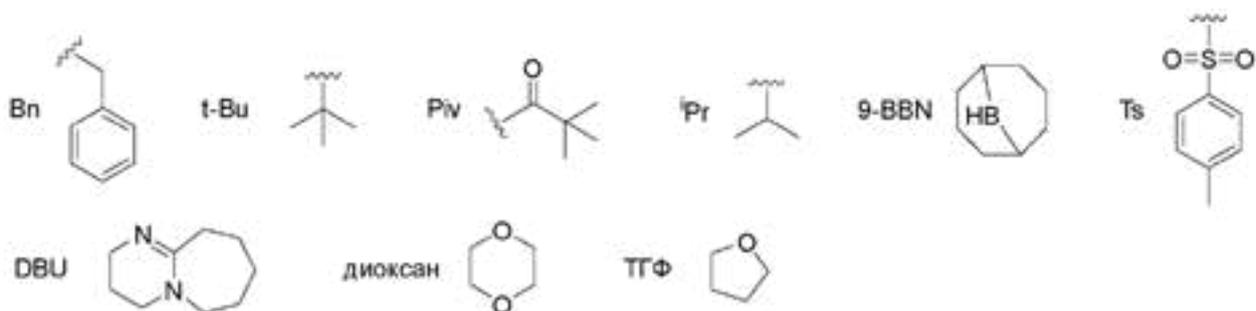
Для изучения механизма удаления азота с помощью **X₂** ученые провели ряд реакций, две из которых приводят к неожиданным продуктам:



4. Какие промежуточные неустойчивые частицы могут образовываться в этих реакциях? Предложите механизм их превращения в продукты реакции (полный механизм не требуется).

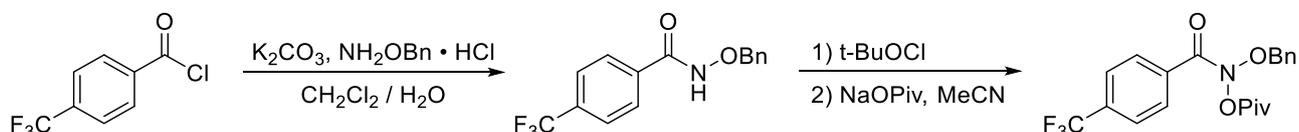
5. Для второй реакции предложите структуру третьего (зашифрованного точками) продукта, содержащего 85,63% углерода по массе.

Список сокращений:

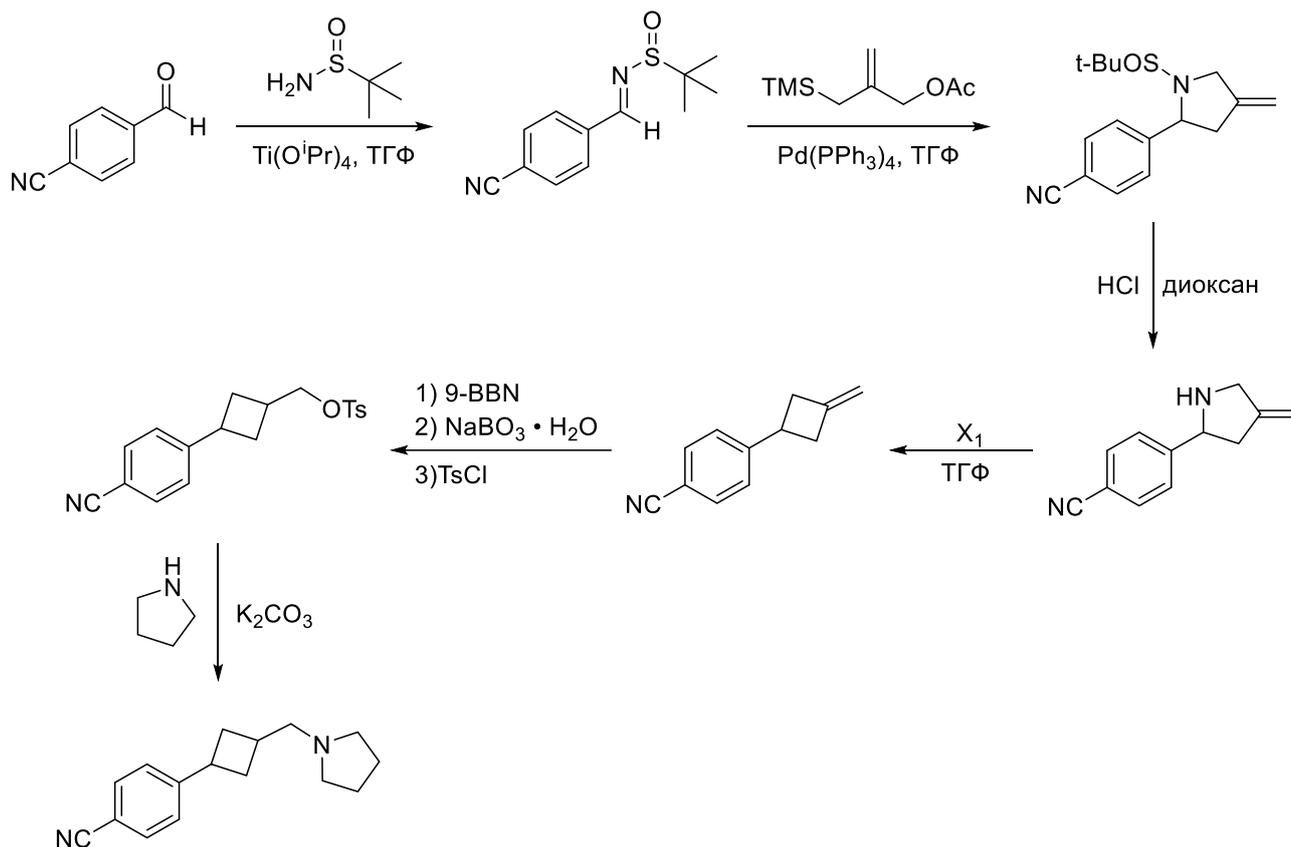


Решение (24 балла):

- Первая реакция – нуклеофильное замещение при карбонильном атоме углерода. Во второй реакции на первой стадии можно предположить электрофильное замещение в ароматическом кольце, но данная в условии массовая доля подсказывает, что реакция идет по другому пути: сначала происходит окисление амидного азота с введением атома хлора, который затем замещается пивалат-анионом.



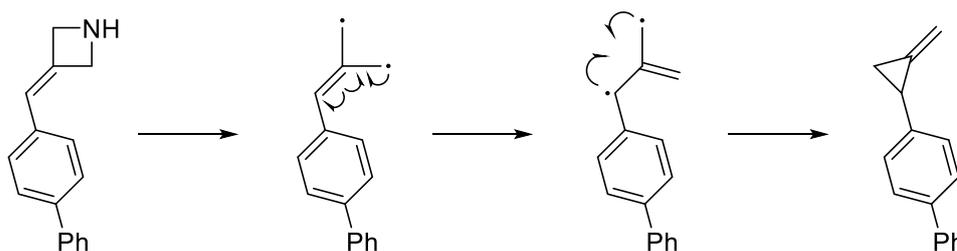
- Первая реакция – взаимодействие аминогруппы с электрофильным альдегидом, в результате образуется аналог основания Шиффа. Далее решение можно продолжить, анализируя последние стадии синтеза. Очевидно, что продукт **Н** образовался в результате нуклеофильного замещения тозилата, который в свою очередь образовался из спирта, полученного гидроборированием экзоциклической двойной связи в **Ф**. Превращение **Е** в **Ф** – сужение пятичленного цикла с удалением атома азота, так как **Ф**, **Г** и **Н** содержат четырехчленный цикл по условию. Из этих рассуждений следует, что вторая реакция в цепочке происходит с образованием пятичленного цикла. Так, палладиевый катализатор нужен для отщепления ацетат-аниона и образования аллильного комплекса, который присоединяется к имину с отщеплением триметилсилильной группы. С помощью соляной кислоты в следующей реакции снимается защита с атома азота.

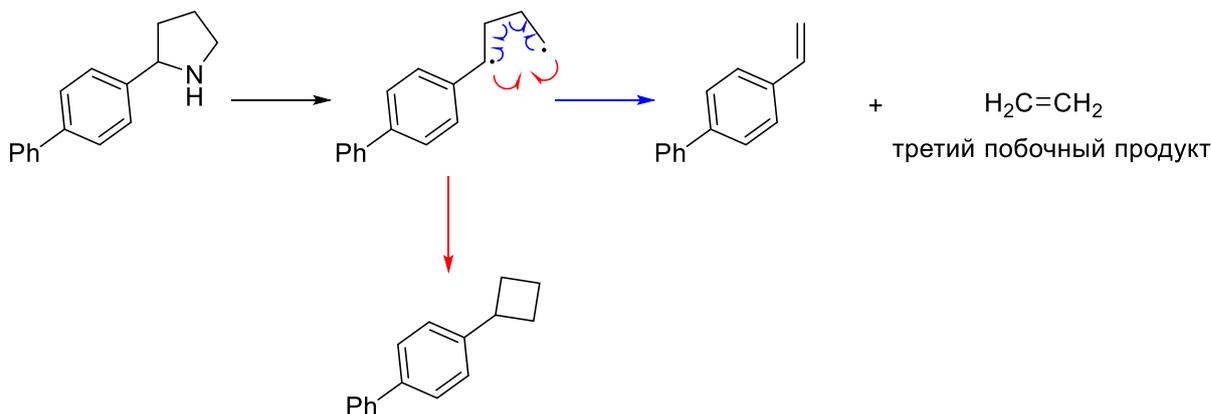


3. Раз вещество X_2 получается из сульфурилхлорида и содержит азот, можно предположить, что в этой реакции некий азотсодержащий анион замещает атомы хлора. Из простейшего расчета по массовой доле находим брутто-формулу SO_2N_6 , она соответствует сульфурилазиду $\text{SO}_2(\text{N}_3)_2$, который можно получить по реакции сульфурилхлорида с, например, азидом натрия:



4. Сульфурилазид взрывоопасен, он содержит много атомов азота и разлагается с выделением большого количества энергии за счет образования молекулярного азота и его окислов.
5. Из структуры циклического продукта второй реакции можно предположить, что он получился в результате внутримолекулярного образования связи между двумя радикальными центрами. Тогда при образовании стирола происходит фрагментация радикальных частиц с выделением третьего продукта – этилена. Механизм первой реакции аналогичен, но в этом случае перед образованием связи происходит перегруппировка аллильной системы.

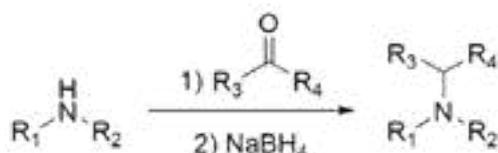




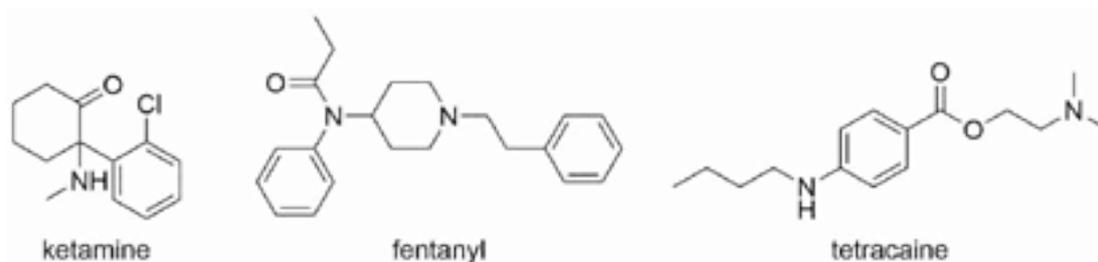
6. Третий продукт – этилен C₂H₄. Это можно определить исходя из массовой доли углерода или из механизма реакции в предыдущем пункте.

Задача 5

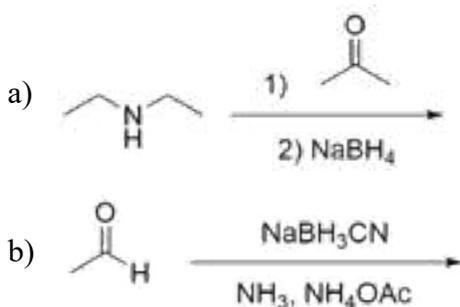
Восстановительное аминирование является одним из самых частых процессов, встречающимся в синтезе фармацевтических препаратов. В общем виде этот процесс представляет собой реакцию амина и карбонильного соединения с последующей реакцией с восстановителем, например, боргидридом натрия, как это показано на схеме:

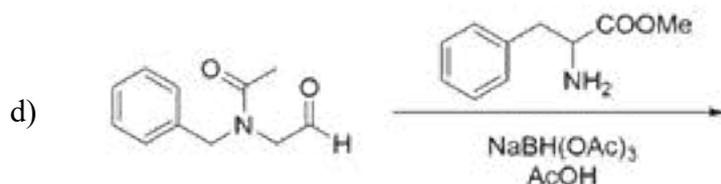


Так, например, восстановительное аминирование применяется для синтеза очень важных лекарств (анестетиков и анальгетиков): кетамина, фентанила или тетракаина:



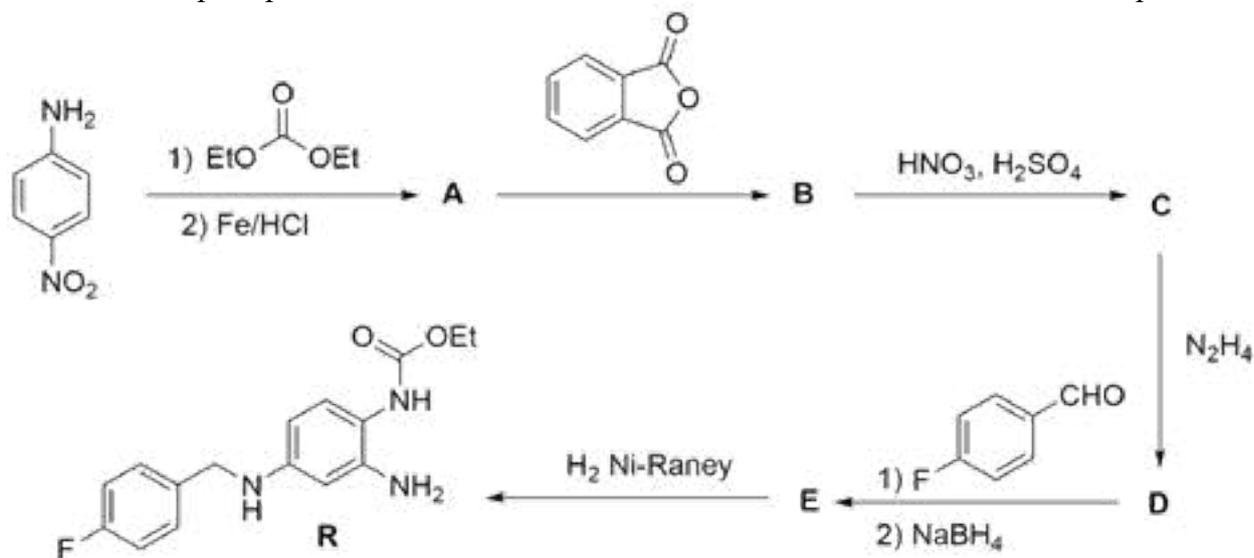
1. Нарисуйте продукты реакций, дополнительно известно, что продукт реакции *d*) содержит в своем составе три шестичленных цикла, а также пик молекулярного иона продукта реакции *d*) в масс-спектрометрии равен 323,1754:





2. Объясните причину использования $\text{NaBH}(\text{OAc})_3$ вместо NaBH_4 в реакции d).

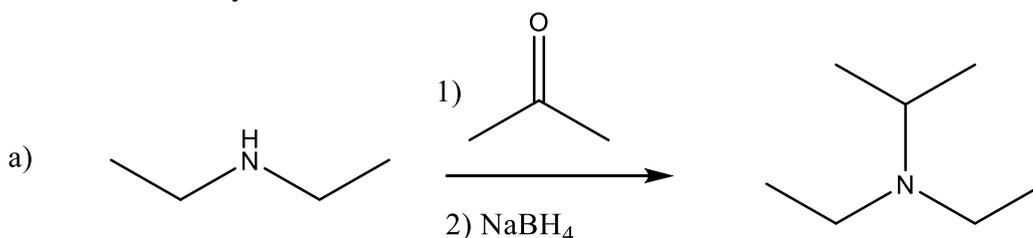
Наглядным примером использования этого подхода является синтез лекарства **R**:



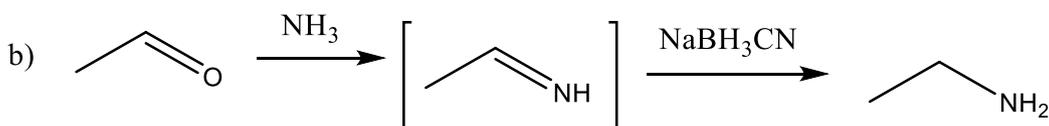
3. Предложите структуры веществ **A-E**. Учтите, что по спектральным данным соединение **C** содержит только одну нитрогруппу в наиболее электрононасыщенном кольце.

Решение (15 баллов):

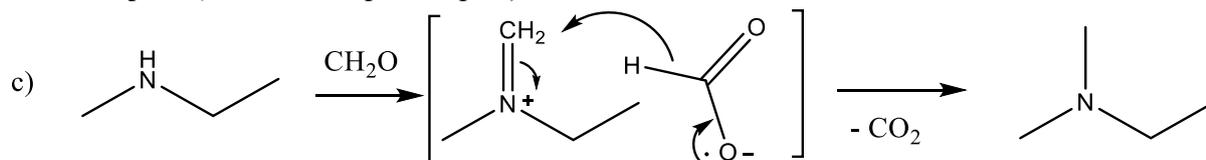
1. Нетрудно понять, что все указанные реакции относятся к классу восстановительного аминирования. Так, реакция а) представляет собой буквально конкретный пример общей схемы из условия задачи:



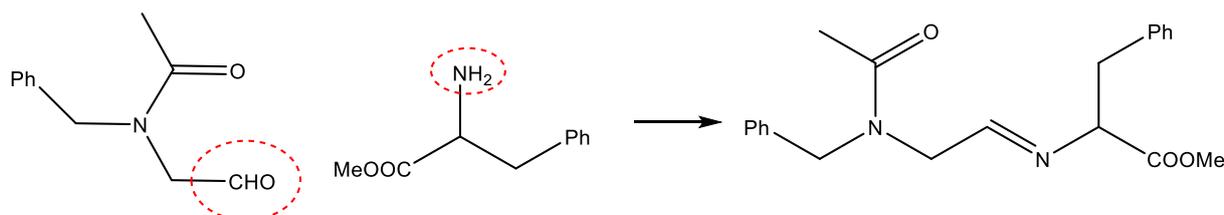
Реакция б) выглядит посложнее, но по механизму протекает аналогично:



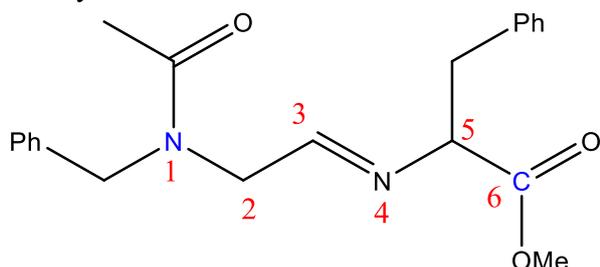
Реакция с) того же типа, но в этом случае восстановителем выступает муравьиная кислота (реакция Эшвайлера-Кларка):



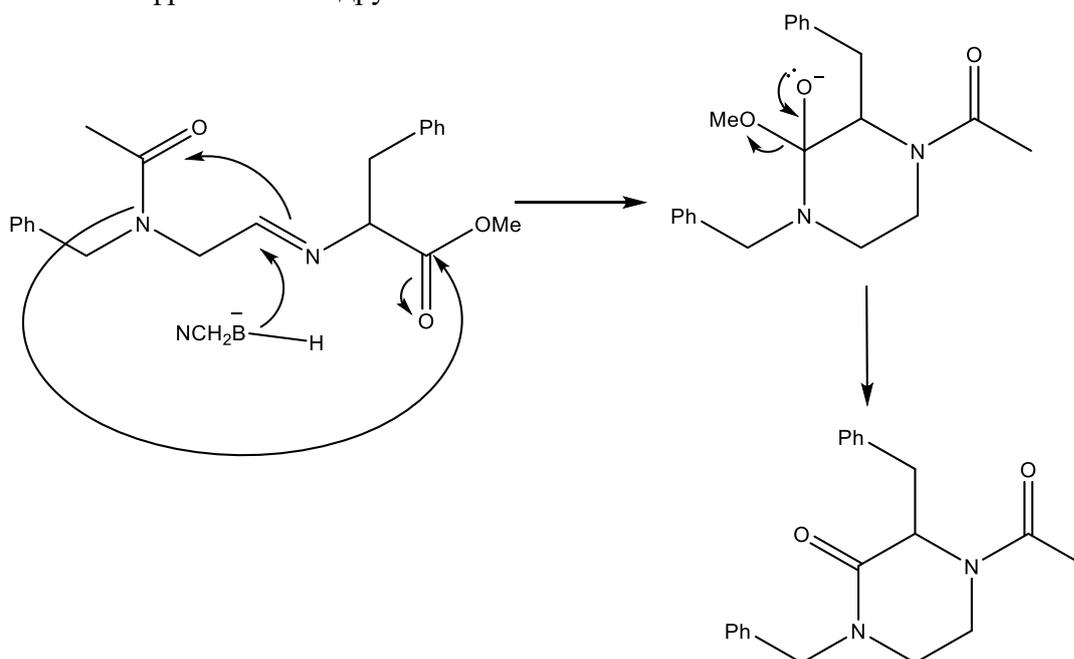
Для понимания реакции d) определимся, какие группы вступают в реакцию восстановительного аминирования. Как нетрудно понять:



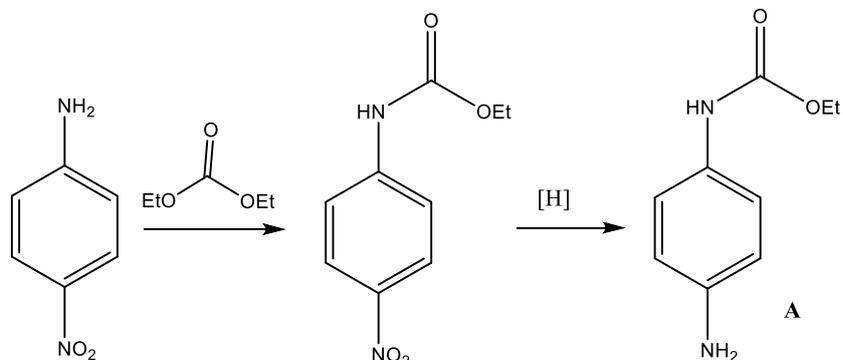
По подсказке задачи понимаем, что разница в молярных массах продукта и указанного выше соединения составляет $352-323=29$ г/моль. Учитывая, что в ходе реакции будет протекать процесс восстановления, разница будет составлять 31 г/моль, что наиболее вероятно соответствует группе -OMe. Согласно другой подсказке, можно предположить, что шестичленный цикл может образоваться между атомами:



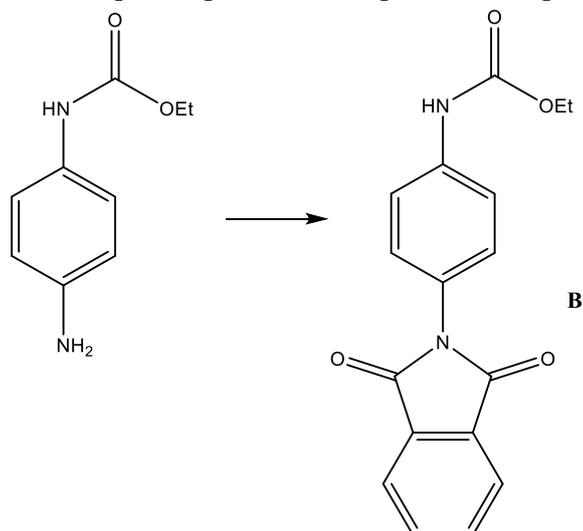
Но ясно, что ввиду сопряжения атом азота амидной группы не является хорошей нуклеофильной частицей. Единственный вариант – внутримолекулярный перенос ацетильного фрагмента на другой атом азота:



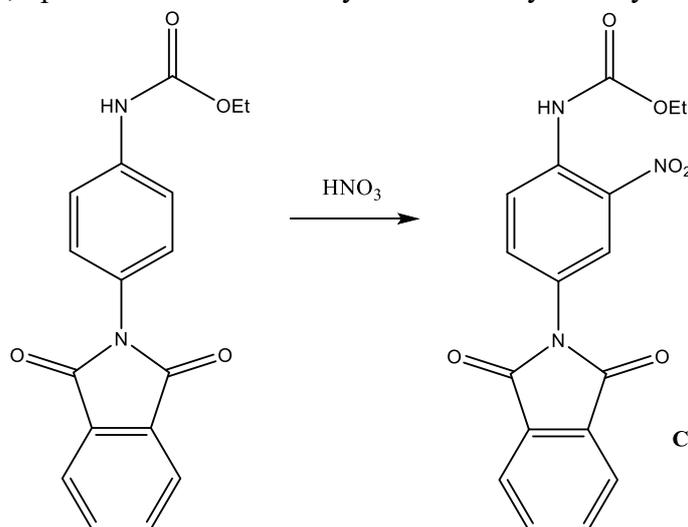
2. Цианоборгидрид натрия используют для того, чтобы не протекало восстановления карбонильной группы до ее взаимодействия с аминогруппой, что бы помешало протеканию искомой реакции. Также из литературы известны некоторые примеры восстановления боргидридом натрия в определенной степени и сложноэфирной группы, что также не является желанным.
3. Первой реакцией при получении вещества А является, как несложно понять, образование карбамата. Далее протекает восстановление нитрогруппы:



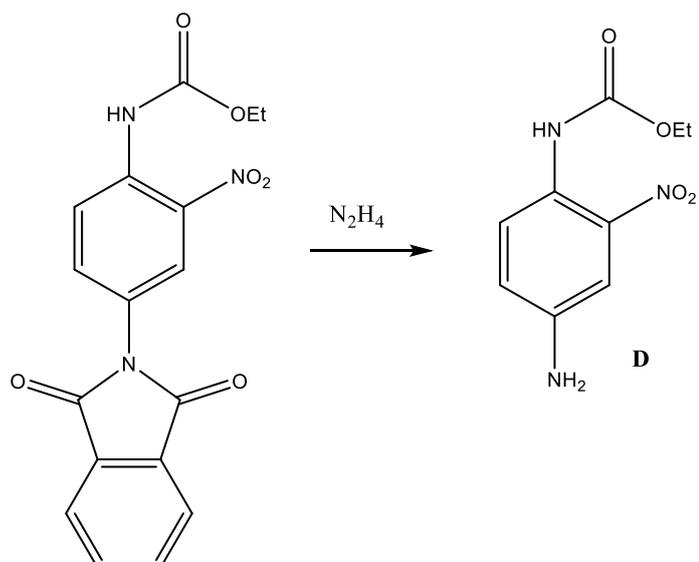
Добавление фталевого ангидрида приводит к образованию фталимида:



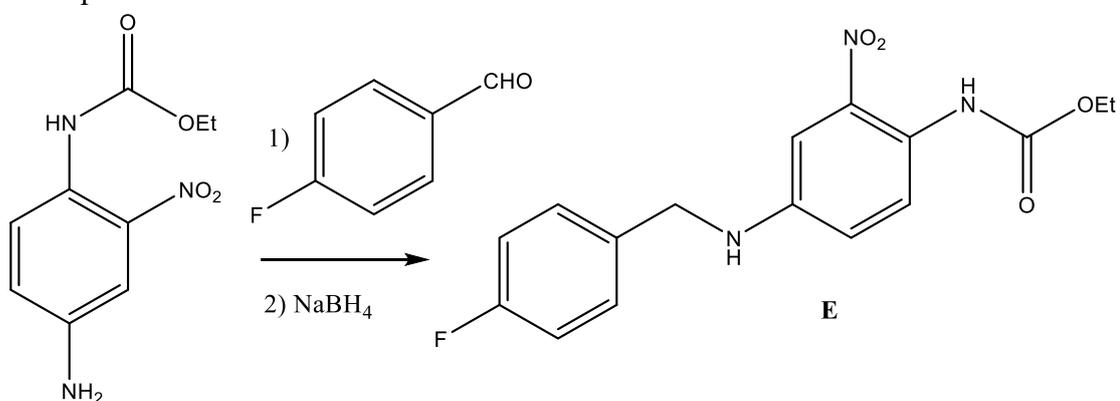
Естественно, добавление азотной кислоты – реакция нитрования, которая, согласно подсказке задачи, протекает по исходному бензольному кольцу:



Добавление гидразина приводит к снятию фталимидной защиты:



Следующая реакция, как можно понять, является процессом восстановительного аминирования:



Очевидно, последний процесс является восстановлением нитрогруппы до аминогруппы.

Варианты заданий по химии олимпиады школьников «Высшая проба»

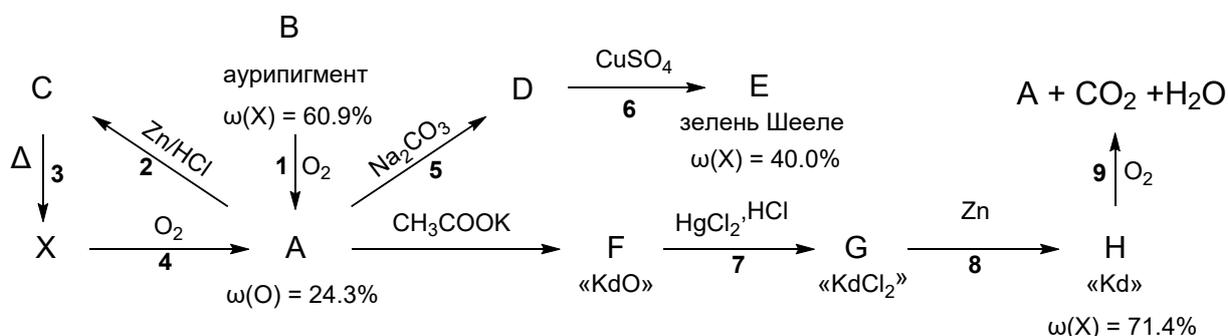
11 класс

Олимпиада 2022-23 гг., 11 класс.

Максимальная сумма - 100 баллов

Задача 1

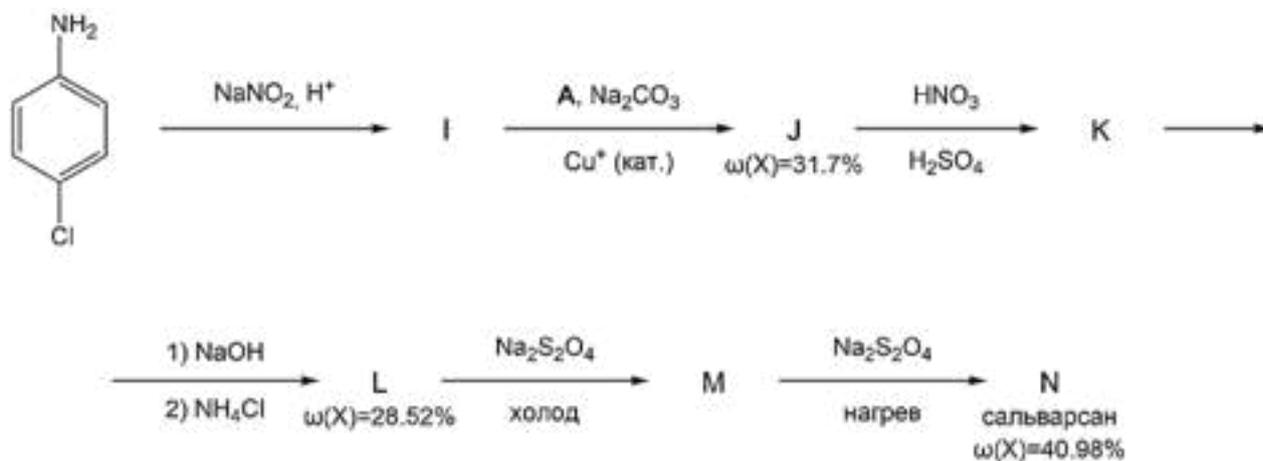
Элемент X в виде соединений находит широкое применение. Его оксид А, который может быть получен при нагревании на воздухе аурипигмента В, был излюбленным средством от вредителей в прошлом. Обнаружить данное соединение позволяет специальная проба Марша: образец, потенциально содержащий А, помещают в раствор соляной кислоты и добавляют цинк. Выделяющийся при реакции газ С пропускают над разогретым стеклом, в результате чего тот разлагается с образованием блестящего слоя Х. Простое вещество Х также переходит в оксид А при окислении кислородом. Из А при сплавлении с эквивалентным количеством карбоната натрия может быть получена соль D, которая при реакции с водным раствором медного купороса даёт ярко-зелёный осадок E, названный зеленью Шееле. Яркая и стойкая зелень Шееле поначалу произвела фурор и получила широкое распространение как краситель; но позже люди отказались от ее использования.



В 1760 году французский химик Луи Клод Каде впервые нагрел А с ацетатом калия, что привело к образованию красной, дымящей на воздухе, токсичной и отвратительно пахнущей жидкости, названной в честь учёного «дымящей жидкостью Каде». Век спустя Роберт Бунзен установил, что основной составляющей жидкости является вещество F, названное им «окисью какодила» KdO. При взаимодействии этого вещества с хлоридом ртути(II) в соляной кислоте он получил вещество G, названное «хлоридом какодила» KdCl₂, которое при нагревании с цинком давало вещество H – чистый «какодил» Kd. На воздухе «какодил» самовоспламенялся с образованием А, СО₂ и воды. При том, что Бунзен верно определил состав веществ, он ошибся с валентностью какодила: сейчас мы знаем, что одному «какодилу» соответствуют два одинаковых радикала, каждый из которых содержит по атому X.

К началу XX века исследования свойств этих веществ привели к пониманию, что они могут иметь не только токсические, но и лекарственные свойства, что привело к созданию сальварсана – лекарства против сифилиса, и успешному развитию химиотерапии инфекционных болезней.

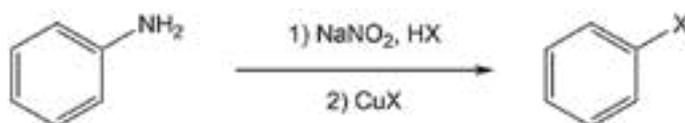
Синтез этого вещества приведён ниже:



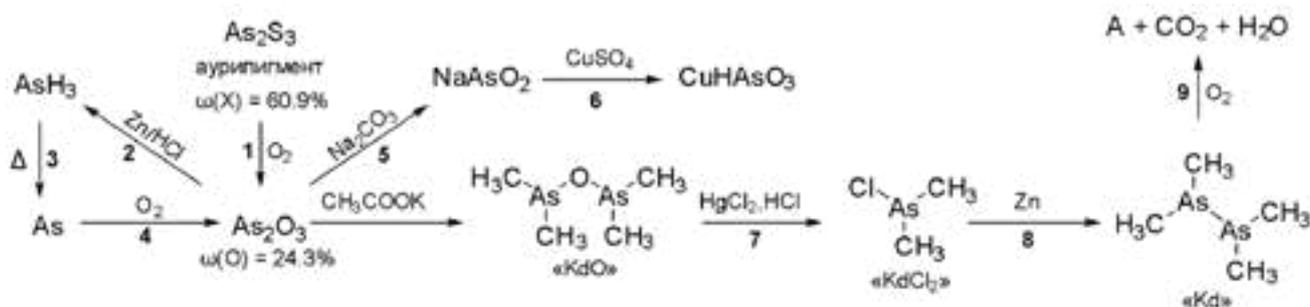
Интересна вторая стадия процесса, протекающая по реакции Зандмейера: катион I вступает в реакцию с щелочным раствором А в присутствии каталитического количества меди(I) с образованием вещества J, которое затем нитруется в соответствии с ориентированием хлорного заместителя. Далее соединение K вводят в реакцию замещения со щелочью с образованием вещества L, которое при выделении промывают раствором хлорида аммония для удаления ионов натрия. Полученный нитроарен может быть восстановлен дитионитом натрия до соответствующего анилина. Последняя стадия процесса очень необычна: при дальнейшем восстановлении горячим раствором дитионита натрия заместитель, содержащий X, начинает восстанавливаться, в результате чего молекула димеризуется с образованием вещества, содержащего связь R–X=X–R, по аналогии с диазосоединениями.

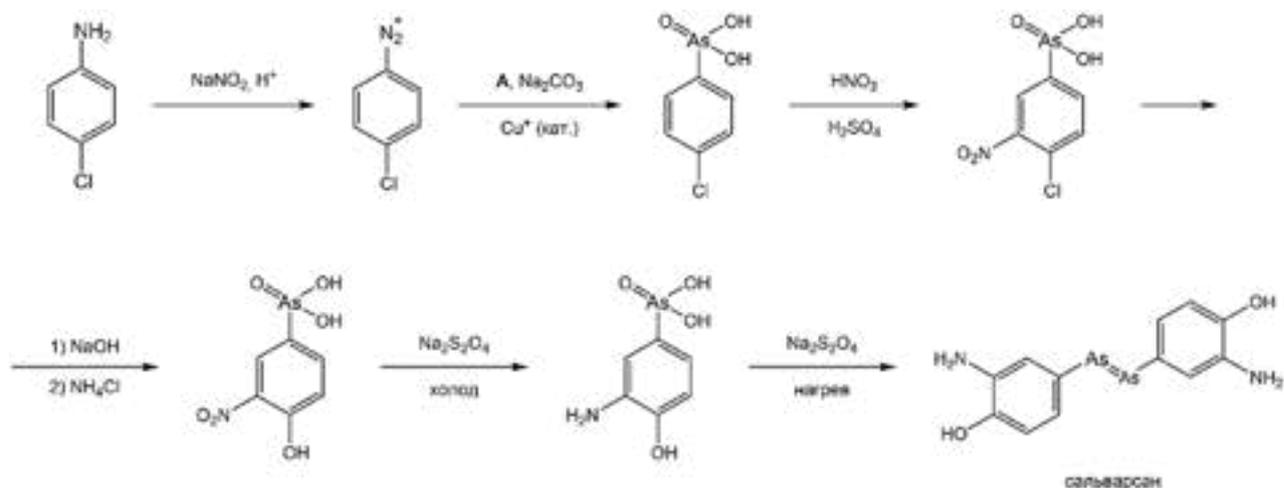
1. Расшифруйте элемент X и соединения А–N.
2. В ходе недавних масс-спектрометрических исследований сальварсана было выяснено, что в растворе он существует в виде форм с тем же элементным составом, но с молекулярными массами 549 и 915 а.е.м. Предположите, какой структурой они могут обладать.

Пример реакции Зандмейера (X=Cl, CN):

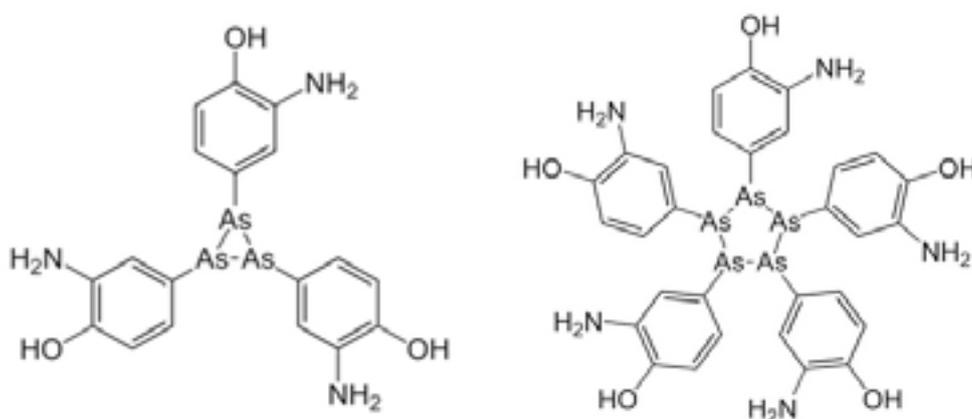


Решение (16 баллов):





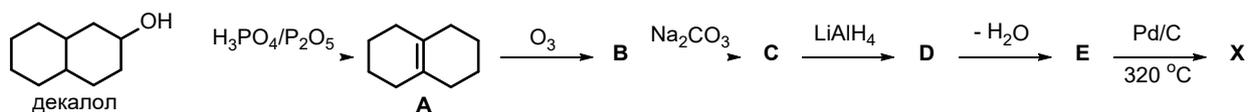
Предложенные массы соответствуют тримеру и пентамеру сальварсана. Изобразить их можно следующим образом:



Задача 2

Давно замечено, что в природе синие пигменты встречаются чрезвычайно редко. Окраска большинства синих существ обусловлена микроструктурой поверхности: синий свет отражается от них благодаря особенностям отражения света, при этом синих веществ на поверхности нет. Именно поэтому редкие примеры синих пигментов живых организмов вызывают повышенный интерес исследователей.

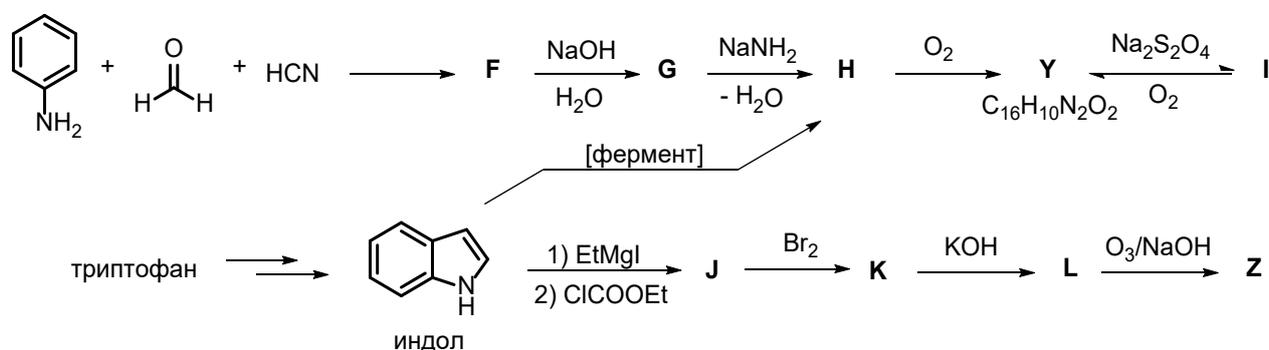
Углеводород **X** во многом очень необычен. Имея ароматическую структуру и являясь изомером нафталина, он имеет ярко-синий цвет и обладает выраженным дипольным моментом. Его производные придают синий цвет кораллам, грибам и эфирному маслу аптечной ромашки. Синтезировать его можно из декалола путём шестистадийного синтеза:



Вещества **Y** и **Z** известны человеку с древнейших времён в качестве ценных красителей. С развитием торговли Европы с Индией импортный краситель получил своё название в честь Индии. Удачный промышленный синтез **Y** из анилина через промежуточные соединения **F** – **H** был предложен в конце XIX века, после чего производство **Y** из растительного сырья сошло на нет. Интересно, что вещество **H** в растениях образуется при гидросилировании индола и является природным прекурсором красителя **Y**.

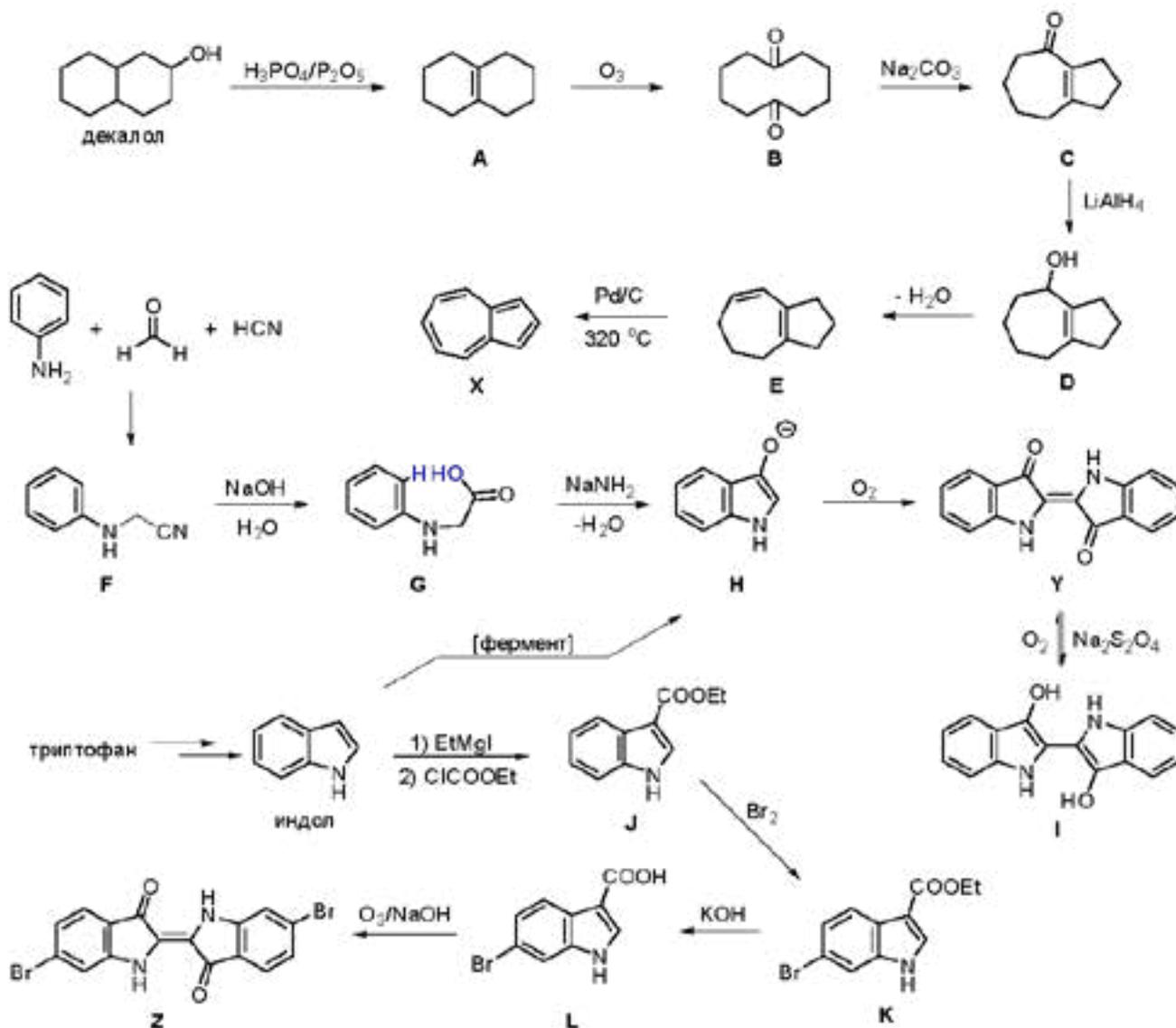
Соединение **H** при действии кислорода подвергается окислительной димеризации с образованием **Y**, причём отдельный интерес представляет процесс окрашивания. **Y** нерастворим в воде, поэтому для окрашивания **Y** восстанавливают дитионитом натрия с формальным присоединением одной молекулы водорода. Полученное бесцветное вещество **I** хорошо растворимо в воде, что позволяет пропитать ткань раствором, после чего при высыхании на воздухе **I** окисляется в прежний ярко-синий **Y**, закрепляющийся на ткани.

Пурпурный краситель **Z** был известен ещё за 1600 лет до нашей эры; его получали из раковин моллюсков, причём для того, чтобы произвести всего лишь один отрез ткани, нужно было переработать десятки тысяч раковин, что делало его баснословно дорогим. Физико-химическими методами анализа было обнаружено, что **Z** является полным структурным аналогом красителя **Y** и отличается от него лишь двумя атомами. **Z** может быть синтезирован из индола через соединения **J–L**. Обратите внимание, что в этой схеме реактив Гриньяра выступает в качестве основания, а бромирование происходит по шестому положению:



1. Предложите объяснение тому, что при дегидратации декалола получается продукт **A**.
2. Расшифруйте структуры **X**, **Y**, **Z** и **B-L**.
3. Предположите, как называется пигмент **Z**?
4. Объясните, почему **X** обладает дипольным моментом.
5. Приведите механизм образования **F**.

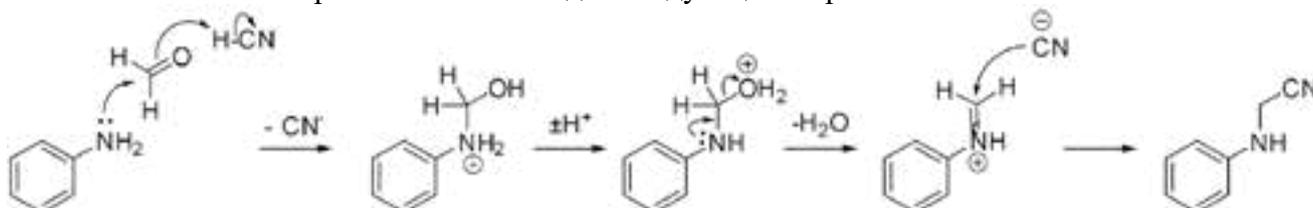
Решение (14 баллов):



1. В условиях реакции наблюдается термодинамический контроль; карбокатион может претерпевать гидридные сдвиги с финальным образованием наиболее замещённого алкена в согласии с правилом Зайцева.
2. Структуры приведены выше
3. Пигмент **Z** называется индиго – по названию страны, откуда его импортировали.
4. **X** обладает дипольным моментом ввиду существования выгодной резонансной формы:



5. Механизм образования **F** выглядит следующим образом:

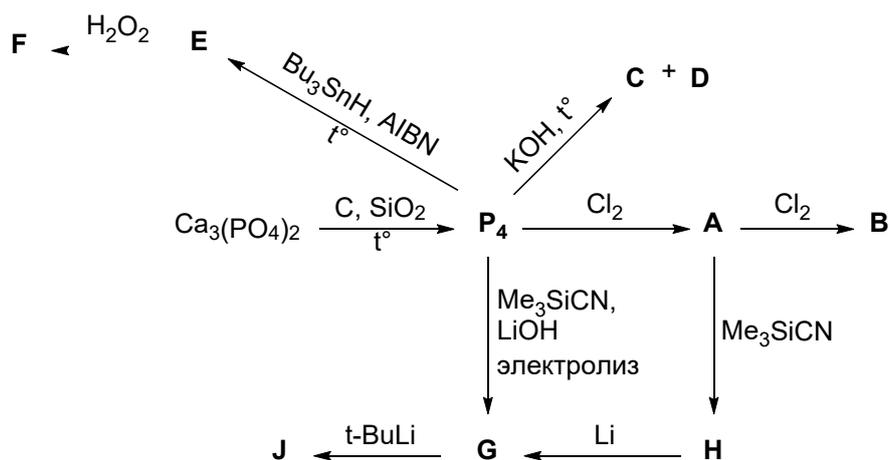


Задача 3

В промышленности белый фосфор получают из фосфорита – горной породы, в основном состоящей из фосфата кальция (*реакция 1*). И чтобы превратить белый фосфор в ценные фосфорсодержащие соединения, его хлорируют с образованием жидкого вещества **A** (*2*). При этом, если продолжать хлорирование, **A** превращается в твердое вещество **B** (*3*). Из **A** и **B** затем получают органические фосфины и фосфаты.

Использовать токсичный хлор в крупнотоннажных процессах неудобно, поэтому химики ищут другие способы получения фосфорсодержащих веществ. Например, один из старых способов перевести белый фосфор в растворимую форму – ввести его в реакцию с горячим раствором гидроксида калия – при этом образуются соль **C** и едкий газ **D** (*4*). Но существуют и более современные способы. Например, белый фосфор реагирует с трибутилловогидридом в присутствии радикальных инициаторов – при этом образуется смесь трех веществ **E**. Из нее с помощью концентрированной перекиси водорода можно получить одноосновную кислоту **F**, проявляющую свойства восстановителя.

Еще один способ перевода белого фосфора в растворимое состояние – его электролиз в присутствии триметилсилилцианида и гидроксида лития. В этой реакции образуется соль **G** (*5*), которую можно получить действием лития на раствор твердого вещества **H** (*6*). А **H**, в свою очередь, образуется при реакции **A** с триметилсилилцианидом (*7*). Соль **G** можно использовать для получения фосфорорганических соединений. Например, реакция **G** с раствором третбутиллития дает вещество **J** (*8*). В его ^{31}P спектре только один сигнал, при этом его молярная масса больше молярной массы кислоты **F** в 5,34 раза.



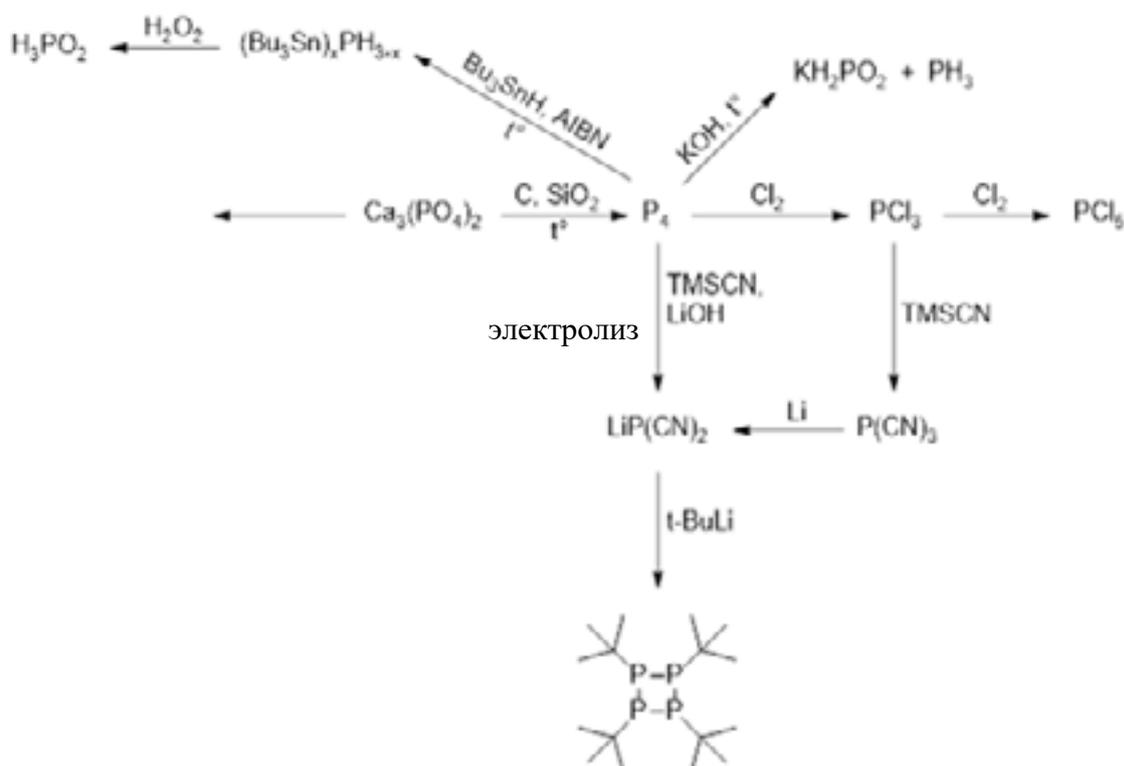
- 1) Расшифруйте формулы всех веществ на схеме выше, а также компонентов смеси **E**. Дополнительно известно, что массовая доля фосфора в **G** составляет 34,43%, а все зашифрованные вещества содержат фосфор.
- 2) Запишите уравнения реакций (*1*) – (*8*).
- 3) Каково строение твердого вещества **B**? Приведите структурные формулы частиц, из которых оно состоит.

Решение (19 баллов):

Решение можно начать с расшифровки веществ **A** и **B**. Известно, что фосфор образует устойчивые соединения в степенях окисления +3 и +6. Соответственно, хлорид **A** – PCl_3 , а хлорид **B** – продукт дальнейшего окисления PCl_5 . Едкий газ **D**, содержащий фосфор – это фосфин PH_3 . А соль, которая образуется при диспропорционировании белого фосфора в горячем щелочном растворе – гипофосфит калия KH_2PO_2 .

Комбинация из AIBN и Bu_3SnH – известный набор реагентов для генерации трибутилстаннильных радикалов. В результате их взаимодействия с белым фосфором образуется смесь из трех веществ состава $(\text{Bu}_3\text{Sn})_x\text{PH}_{(3-x)}$, где x принимает значения от 1 до 3. Одноосновная кислота-восстановитель **F** – это фосфорноватистая кислота H_3PO_2 .

Взаимодействие **A** с Me_3SiCN приводит к образованию $\text{P}(\text{CN})_3$ в результате реакции обмена. Это вещество восстанавливается металлическим литием с образованием двух солей: LiCN и $\text{Li}[\text{P}(\text{CN})_2]$. Молярную массу вещества **J** можно рассчитать простым умножением молярной массы H_3PO_2 на данное число. Полученная масса в 352 грамма на моль соответствует молекуле из четырех атомов фосфора и четырех трет-бутильных групп. Информация об одном сигнале в ЯМР-спектре позволяет предположить, что молекула симметрична и представляет собой квадрат из атомов фосфора, в котором к каждому фосфору присоединен трет-бутил. Общая схема превращений приведена ниже.



Уравнения реакций:

- $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 5\text{C} + 3\text{SiO}_2 = 2\text{P} + 3\text{CaSiO}_3 + 5\text{CO}$
- $2\text{P} + 3\text{Cl}_2 = 2\text{PCl}_3$
- $\text{PCl}_3 + \text{Cl}_2 = \text{PCl}_5$
- $\text{P}_4 + 3\text{KOH} + 3\text{H}_2\text{O} = \text{PH}_3 + 3\text{KH}_2\text{PO}_2$
- $\text{P}_4 + 8\text{Me}_3\text{SiCN} + 4\text{LiOH} = 4\text{Li}[\text{P}(\text{CN})_2] + 2\text{H}_2 + 4(\text{Me}_3\text{Si})_2\text{O}$
- $2\text{Li} + \text{P}(\text{CN})_3 = \text{LiCN} + \text{Li}[\text{P}(\text{CN})_2]$
- $\text{PCl}_3 + 3\text{Me}_3\text{SiCN} = \text{P}(\text{CN})_3 + 3\text{Me}_3\text{SiCl}$
- $4\text{Li}[\text{P}(\text{CN})_2] + 4\text{t-BuLi} = \text{P}_4(\text{t-Bu})_4 + 8\text{LiCN}$

В твердом виде хлорид PCl_5 имеет ионное строение. Он состоит из тетраэдрических катионов $[\text{PCl}_4]^+$ и октаэдрических анионов $[\text{PCl}_6]^-$.

Подробнее прочитать про каждый из описанных в задаче метод можно в следующих статьях:

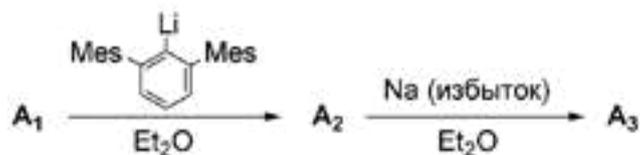
- 1) <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jacs.1c11087>
- 2) <https://www.nature.com/articles/s41557-021-00657-7>

Задача 4

Ароматические соединения выделяют в отдельный класс органических соединений, потому что они имеют набор характерных свойств – высокую стабильность, характерные ЯМР-спектры, склонность к реакциям электрофильного замещения. Эти свойства возникают из-за того, что молекулы органических ароматических соединений содержат циклическую сопряженную систему кратных связей углерод-углерод с $(4n+2)$ (где n – число атомов в цикле) электронами в сопряженной системе (правило Хюккеля).

1) Приведите три структурные формулы ароматических соединений (можно привести катион или анион) с разным числом атомов углерода в ароматической системе (заместители при углеродах ароматической системы можно не указывать). Для каждой структуры посчитайте количество π -электронов в ароматической системе.

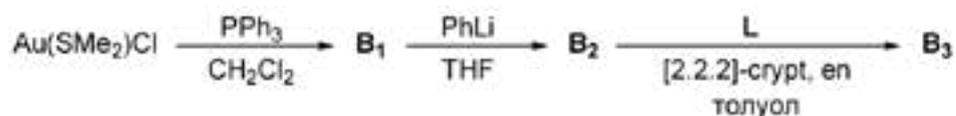
Ароматичность наиболее характерна для производных углерода. Тем не менее, известно много соединений, в которых атомы углерода не участвуют в ароматической системе. Например, ионные вещества **A₃** и **B₃** содержат ароматические анионы, в которых за ароматичность отвечают другие элементы. Чтобы получить вещество **A₃**, нужно смешать безводный хлорид **A₁** с одним эквивалентом литийорганического производного, приведенного на схеме. Литийорганические соединения являются популярными в органическом синтезе и крайне сильными основаниями. Полученное соединение **A₂** ввести в реакцию с избытком натрия.



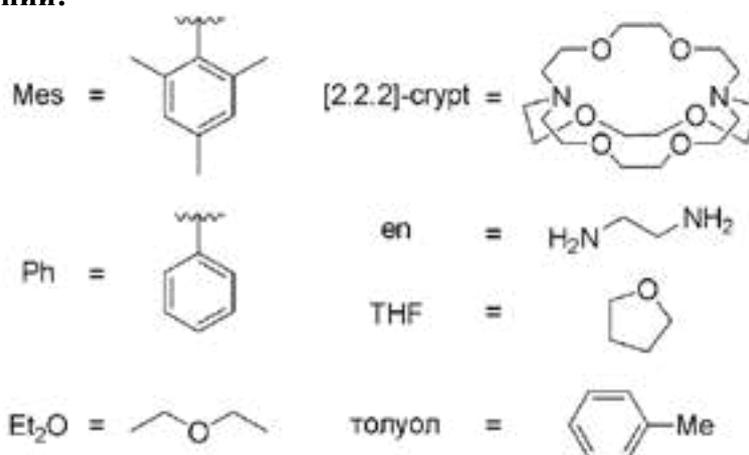
2) Приведите формулу хлорида **A₁** и структурные формулы **A₂** и **A₃**. Дополнительно известно, что **A₁** – хлорид очень легкоплавкого металла, гидроксид которого проявляет амфотерные свойства и содержит 39,75% кислорода по массе. **A₃** содержит трехчленный цикл, а массовая доля натрия в **A₃** составляет 3,85%. Сколько π -электронов содержит ароматическая система аниона **A₃**? Подчиняется ли она правилам Хюккеля? Считайте, что атомы ароматической системы аниона **A₃** находятся в состоянии sp^2 -гибридизации.

Другое соединение **B₃** содержит ароматический трехзарядный анион. Он состоит из атомов двух элементов, которые образуют три трехчленных цикла (в один цикл входят атомы только одного элемента), расположенных в кристаллической структуре друг над другом.

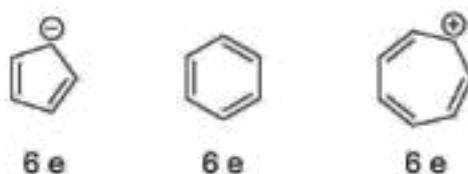
Синтез **B₃** начинается с реакции диметилсульфидного комплекса золота с одним эквивалентом трифенилфосфина – при этом образуется вещество **B₁**. Затем **B₁** реагирует с фениллитием в тетрагидрофуране, в результате получается **B₂**. А при смешивании **B₂** с избытком раствора вещества **L** и этилендиамином, образуются кристаллы **B₃**.



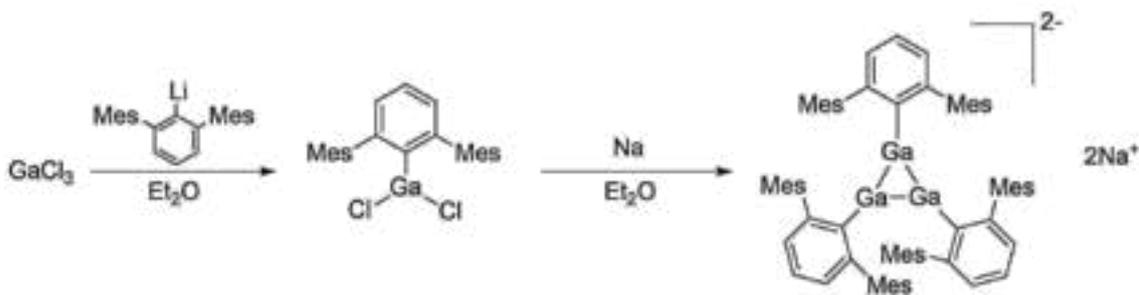
- 3) Приведите структурные формулы **V₁** и **V₂**.
- 4) Вещество **L** можно получить, нагрев смесь 5 эквивалентов щелочного металла **X** и 4 эквивалентов неметалла **V**. Приведите формулу **L**, если известно, что оно содержит 28.64% **X** по массе. Также известно, что **X** входит в состав природных минералов сильвина и карналлита. Назовите фамилию ученого, в честь которого получил свое название класс соединений типа **L**.
- 5) Приведите структурную формулу катиона **V₃**. Дополнительно известно, что массовая доля **X** в нем составляет 9.41%.
- 6) Вычислите брутто-формулу **V₃**, если в реакции с 50.0 мг вещества **V₂** образуется 9.43 мг **V₃** (выход реакции по золоту составляет 11%). Также известно, что **V₃** содержит атомы 8 элементов, его анион соединения имеет формальный заряд «3-» и в молекуле присутствует трифенилфосфин, в качестве лиганда, с дробным коэффициентом.

Список обозначений:

Решение (18 баллов):

1) Ароматических структур с разным числом атомов углерода существует очень много. Одно из возможных решений приведено на схеме ниже. Каждая из изображенных структур содержит ароматическую систему с шестью электронами.



2) Самый легкоплавкий металл, образующий амфотерный гидроксид – это галлий. Это предположение можно подтвердить расчетом массовой доли кислорода в Ga(OH)₃. Соответственно, вещество **A₁** – это хлорид галлия GaCl₃. При взаимодействии одного эквивалента литийорганического соединения с хлоридом галлия происходит замещение одного из хлоров на органический фрагмент, а получившееся вещество реагирует с металлическим натрием и превращается в ионное соединение с циклическим ароматическим анионом, содержащим 3 атома галлия. Его структуру можно подтвердить расчетом по данной массовой доле.



В полученном соединении у каждого атома галлия есть три валентных электрона, и все они уходят на образование σ -связей. А на ароматическую систему, образованную негибризованными p -орбиталями, остается два электрона, обеспечивающих заряд иона. $2 = 4 \cdot n + 2$, где $n=0$, следовательно, система подчиняется правилу Хюккеля и является ароматической.

3) В реакциях замещения лигандов чаще всего анионные лиганды меняются на анионные, а нейтральные – на нейтральные. Так, в первой реакции второй цепочки нейтральный трифенилфосфин замещает нейтральный диметилсульфидный лиганд с образованием $\text{Au}(\text{PPh}_3)\text{Cl}$ (соединение **V1**). Далее, анионный фениллитий замещает хлор, и образуется $\text{Au}(\text{PPh}_3)\text{Ph}$ (соединение **V2**).

4) В состав сильвина и карналлита входит калий, а исходя из стехиометрии реакции соединение **L** имеет формулу K_5B_4 . Простой расчет по массовой доле позволяет выяснить, что элемент **B** – это сурьма, а вещество **L** – K_5Sb_4 . Соединения, содержащие кластерные анионы из p -элементов носят имя Эдуарда Цинтля.

5) Криптанты – вещества, сольватирующие ионы щелочных металлов, следовательно, катион соединения **V3** содержит калий и криптанд в некотором соотношении. Простой расчет по массовой доле дает соотношение один к одному. Катион имеет состав $(\text{K}[\text{2.2.2-crypt}])^+$.

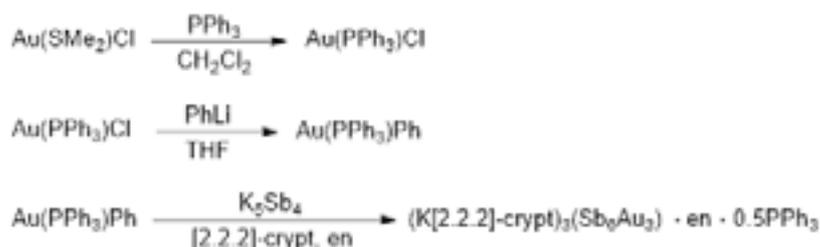
6) Выяснить структуру аниона **V3** гораздо сложнее. **V3** содержит атомы 8 элементов. Следовательно, в его структуре есть углерод, водород, фосфор, сурьма, золото, азот, кислород и калий. В катионе фосфора, сурьмы и золота нет. Тогда ясно, что анион **V3** содержит фрагменты PPh_3 и трехчленные циклы из золота и сурьмы. Если предположить, что сурьма образует два трехчленных цикла, а золото – один, можно провести расчет молярной массы аниона **V3**:

$$1) \quad n(\text{V2}) = \frac{m(\text{V2})}{M(\text{V2})} = \frac{50.0 \text{ мг}}{536.6 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0.09318 \text{ ммоль}$$

$$2) \quad M(\text{V3}) = \frac{m(\text{V3})/\text{выход}}{n(\text{V2})/N(\text{Au})} = \frac{9.43 \text{ мг}}{0.11 \cdot 0.09318 \text{ ммоль}/3} = 2760.08$$

$$3) \quad M(\text{аниона V3}) = M(\text{V3}) - 3 \cdot M(\text{катиона V3}) = 2760.08 - 3 \cdot 415.5 = 1513.6 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

Из полученной массы можно вычесть массу фрагмента Au_3Sb_6 и получить оставшуюся на трифенилфосфин и этилендиамин массу в 192.14 г/моль. Эта масса соответствует одной молекуле этилендиамина и 0.5 молекулы трифенилфосфина. Полная цепочка превращений приведена ниже.



Подробнее ознакомиться с исследованиями ароматических веществ, описанных в задаче, можно по следующим ссылкам:

1) <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jacs.5b07730>

2) <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ja00133a045>

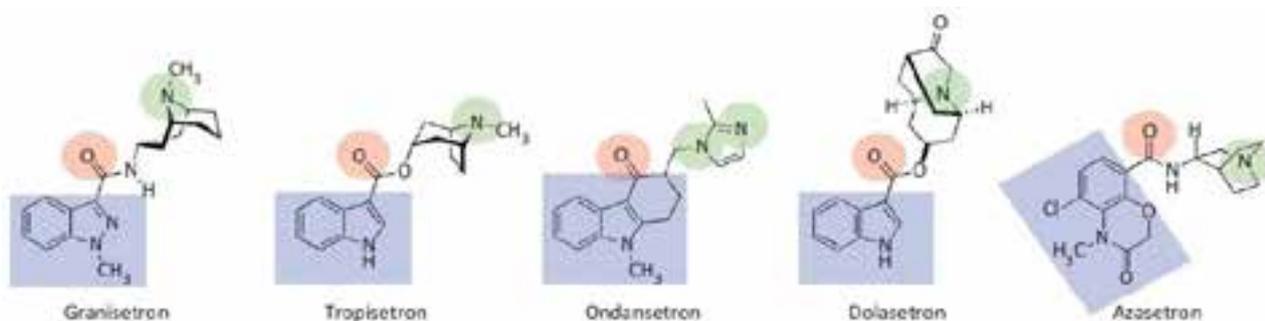
Задача 5

Основная задача медицинской химии – прогнозирование биологической активности на основании знаний о строении вещества, с целью последующего направленного синтеза вещества, с максимальной вероятностью обладающего заданным свойством. Основные понятия, используемые в медицинской химии — мишень и лиганд.

Мишень — это биологическая структура, предположительно связанная с определенной функцией, нарушение которой приводит к заболеванию и на которую необходимо совершить определенное воздействие. Наиболее часто встречающиеся мишени — это рецепторы и ферменты.

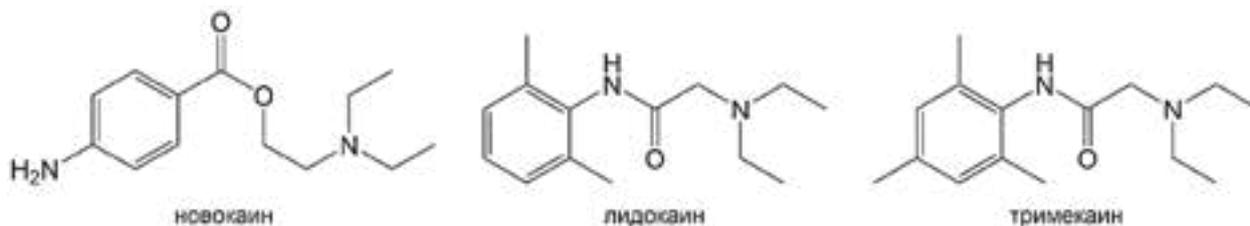
Лиганд — это химическое соединение (как правило, малая молекула), специфически взаимодействующее с мишенью и тем или иным образом преобразуют клеточный ответ, создаваемый мишенью. Связывание лиганда с рецептором обычно происходит при помощи сил межмолекулярного взаимодействия, таких, как ионные связи, водородные связи, Ван-дер-Ваальсовы взаимодействия.

Фармакофор, это набор структурных признаков в молекуле, которые распознаются биологическими рецепторами или ферментами и являются ответственными за биологическую активность молекулы. Т.е. разные молекулы, но обладающие похожими фармакофорными гипотезами, могут проявлять схожие свойства. Типичными фармакофорными центрами являются: гидрофобные области, ароматические кольца, доноры и акцепторы водородной связи, основные центры.

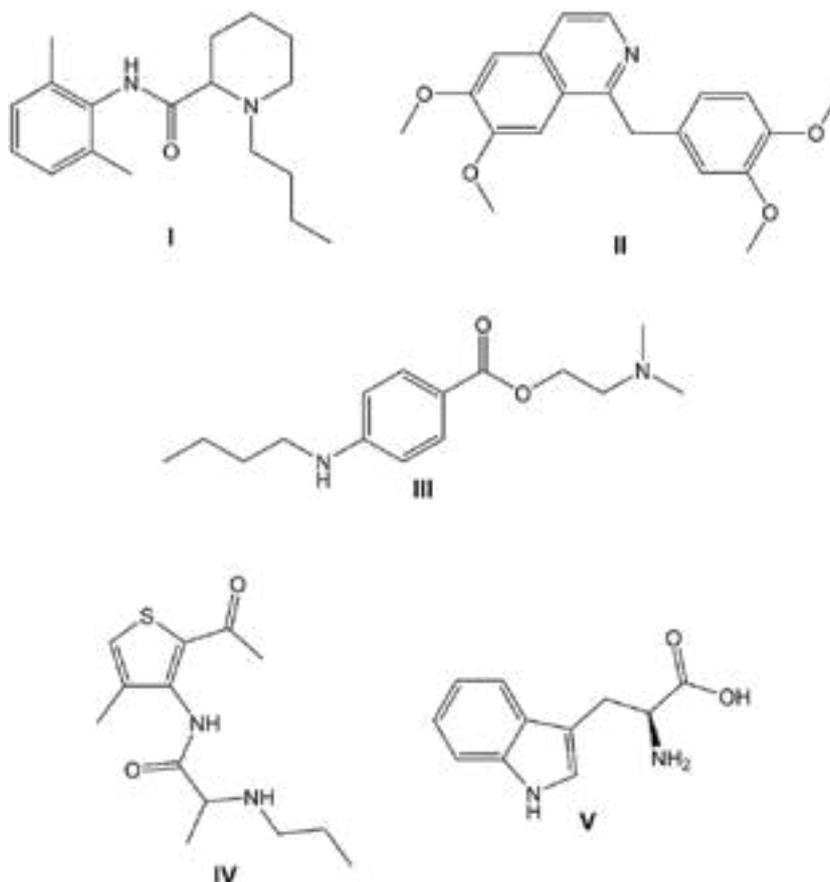


На рисунке выше в качестве примера связи структура – биологическая активность представлен ряд молекул, являющихся лигандами серотонинового рецептора. Можно заметить, что в их структурах присутствуют схожие фрагменты. Видно, что молекулы содержат ароматическую систему, акцептор водородной связи (в виде гетероатома, имеющего неподеленные пары электронов) и отдельно стоящий атом азота. Такая структурная схожесть позволяет выдвинуть предположение о том, что именно эти фрагменты отвечают за активность молекул по отношению к серотониновому рецептору. Построив модель, учитывающую эти факторы, можно применить ее к новому веществу и понять, обладает ли оно данной активностью.

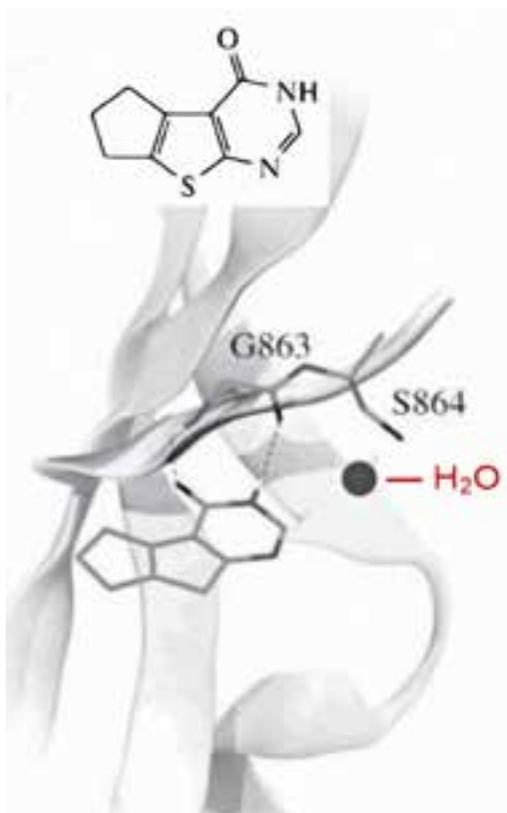
В медицине существуют такие препараты, как анестетики - например, лидокаин, новокаин и другие. Они бывают двух видов: с амидной и/или со сложноэфирной группой.



- 1) Спрогнозируйте важные фармакофорные точки в молекулах лидокаина и новокаина. Какими атомами и какими типами связей эти молекулы могли бы связаться с рецептором?
- 2) Выберите из предложенных ниже соединений те, которые могли бы обладать свойствами анестетиков, и обоснуйте свой выбор.



- 3) При прогнозировании биологической активности применяют метод модификации структуры уже показавших данную активность веществ. Например, необходимо получить перспективную структуру для ингибирования поли(АДФ-рибозо)полимеразы человека (ПАРП1, мишень сердечной недостаточности и различных видов рака). В медицинских испытаниях соединение на рисунке ниже показало слабую активность из-за высокого гидратирования (молекула воды входит в структуру комплекса лиганд-мишень). Активный центр мишени S864 (серин), включающий гидроксильную группу, закрыт молекулой воды:



Расстояние от этого активного центра до молекулы ингибитора в комплексе – около 0,6 нм. Предложите структуру модифицированного ингибитора, который по вашему мнению гарантированно вытеснит воду из комплекса и усилит энергию связывания координацией с центром S864. Оцените изменение энергии связывания. Учитывайте, что длина одинарной связи C-C около 0,15 нм.

Решение (16 баллов):

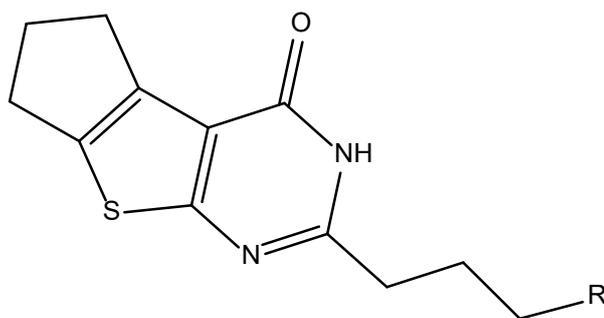
1. Ключевые фармакофорные точки это: ароматическая система (может связываться с мишенью с помощью π -стекинга); акцептор водородной связи (может связываться с мишенью с помощью водородных связей); основной центр (может связываться с мишенью с помощью ионных и водородных связей)

2. Молекула I это ропивакаин, местный анестетик, он используется для эпидуральной анестезии. Есть все фармакофорные точки: ароматическая система, акцептор водородной связи и основной центр, которые располагаются друг относительно друга также, как и в молекулах из условия.

Молекула III это тетракаин, один из самых сильных местных анестетиков, используется в офтальмологии. Есть все фармакофорные точки: ароматическая система, акцептор водородной связи и основной центр, которые располагаются друг относительно друга также, как и в молекулах из условия.

Молекула IV это артикаин, основной местный анестетик в стоматологии. Есть все фармакофорные точки: ароматическая система, акцептор водородной связи и основной центр, которые располагаются друг относительно друга также, как и в молекулах из условия.

3. Структура модифицированного лиганда нарисована ниже, поскольку длина C-C связи 0,15 нм, то $0,6 / 0,15 = 4$ – это три связи C-C, и еще одна связь – это связь C с R, R = любой заместитель, который является акцептором водородной связи – карбонильная группа, аминогруппа, гидроксигруппа и др. При этом энергия связывания лиганда с мишенью увеличится. В качестве ответа принимался любой обоснованный, отвечающий данной структуре:

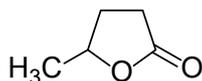


Задача 6

Смесь пероксидисульфата натрия $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ и хлорида меди(II) является эффективным окислителем и хлорирующим агентом для «удаленной» гомолитической (радикальной) функционализации карбоновых кислот и их производных. Удаленной – т.е. отстоящей от карбоксильной группы больше чем на 1 атом углерода цепи. Функционализация – внедрение функциональной группы вместо водорода. Реакция идет на границе раздела фаз, неорганические компоненты растворены в воде, органические – в виде суспензии.

В 1983 году в лаборатории гомолитических реакций Института органической химии им. Н.Д.Зелинского Российской академии наук впервые провели хлорирование циклогексанкарбоновой кислоты упомянутой смесью и получили 3-хлорциклогексанкарбоновую кислоту, при этом хлор и карбоксильная группа продукта были исключительно в транс-положении. 4-хлорциклогексанкарбоновая кислота тоже образовалась, но в значительно меньшем количестве, а цис-транс-изомеры продукта образовались в соотношении 1:1.

Несколько лет спустя при помощи той же смеси, тем же способом попытались получить продукты «удаленного» хлорирования неразветвленной пентановой кислоты. И снова удивительный результат – вместо хлорзамещенных кислот с выходом, близким к количественному, образовался гамма-метилбутиролактон



Естественно, такая дивная региоселективность функционализации (в данном случае по C4-атому углерода пентановой кислоты) ученых заинтересовала, и следующим объектом исследований стали гексановая и гептановая кислоты. И снова нетривиальный результат: в случае гексановой кислоты получены лактоны, циклизованные по C4 и C5 в соотношении 3:1, а в случае гептановой – снова исключительно C4-лактон.

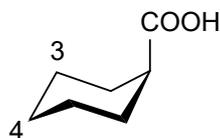
В результате уже совсем недавних исследований с применением молекулярного моделирования и современных физико-химических методов ученые выяснили, что результаты всех упомянутых экспериментов вполне объяснимы с точки зрения теории строения молекул и молекулярной механики.

Попробуйте и вы ответить на вопросы (с необходимыми пояснениями, уравнениями реакций и рисунками):

1. Почему в случае циклогексанкарбоновой кислоты преобладает 3-хлорзамещенный продукт (вроде бы все атомы цикла равноценны для радикального хлорирования?), и объяснить разницу в цис-транс-изомерии полученных 3- и 4-замещенных кислот.
2. Почему образовался единственный продукт – C4-лактон в реакции с пентановой кислотой?
3. Почему в реакции с гексановой кислотой получаются два лактона (и откуда разница 3:1), а с гептановой – только один?

Решение (17 баллов):

1. Начнем с неравномерного распределения хлора при хлорировании циклогексанкарбоновой кислоты



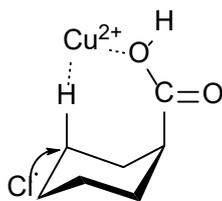
Единственный вывод, который можно сделать из изложенного в условии, это что преимущество C3 определяется транс-влиянием («через пространство») карбоксильной группы. Почему не индукцией через цепь углеродов? Продукта у C2 нет.

Наверное, в механизме реакции имеется переходный комплекс с неким циклом, включающим пару C–O карбоксила и C(3)–H циклогексанового кольца. Понять, включена ли медь в этот цикл, легко – какой из циклов ниже более напряженный и, следовательно, не образуется в переходном комплексе?



Очевидно, второй, т.е. медь участвует в переходном комплексе.

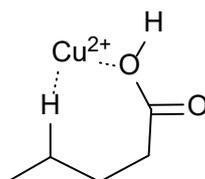
Дальнейшая логическая цепочка приводит к рассуждениям о том, с какой стороны радикал хлора атакует этот переходный комплекс? Так же очевидно: цис-позиция занята, значит, с обратной стороны переходного цикла, и транс-замещенный продукт должен преобладать.



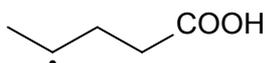
Водород замещается, «лишний» электрон передается меди, которая немедленно отдает его дальше окислителю.

Замещение по C4 в таком механизме происходит статистически: активации, как с C3, нет, а радикал хлора подходит с любой стороны цикла, т.е. продукта хлорирования получается и меньше, и без какой-либо избирательности в стереохимии.

2. Переходим к ациклическим кислотам. Как мы уже выяснили, карбоксильная группа участвует в образовании замещенных продуктов. Медь тоже не остается в стороне. Т.е. четвертый по счету атом углерода (считая карбоксил), как и в случае циклогексанкарбоновой кислоты, активируется «через пространство». Забудем пока, какой продукт образуется в результате реакции, попробуем рассмотреть механизм. В результате атаки радикалом хлора промежуточного комплекса с карбоксилем

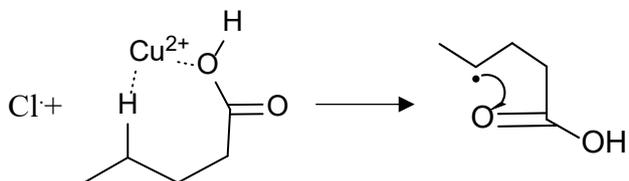


пентановая кислота образует радикал на С4 (не путать с С4 циклогексанкарбоновой, где нумерация идет по циклу, а С1 соединен с карбоксилом):

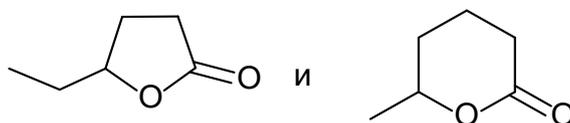


В данном случае сложились сразу два фактора (для особо начитанных – три): транс-влияние карбоксильной группы, плюс радикал (как и катион) на вторичном атоме углерода стабильнее, чем на первичном, плюс третий (не оценивается в решении) – гиперконъюгация, или сверхсопряжение радикала на С4 с псевдо-тройной связью соседней СН₃-группы (изображается в работах по гиперконъюгации как С≡Н₃). Все три фактора стабилизируют радикал на С4 и способствуют замещению именно в это положение (а не в С3 или С5). И тут вступают в игру термодинамические параметры: что будет с 4-хлорпентановой кислотой, если циклический продукт (минус HCl) выгоднее? Заиклится в изображенный в условии лактон.

На самом деле, конечно, никаких промежуточных хлоркислот там образовываться не будет, а лактон образуется непосредственно из радикала прямой циклизацией (а может, даже не из радикала, а из переходного комплекса): радикал с хлора переходит на С4 с распадом комплекса, и одновременно карбоксил образует цикл:

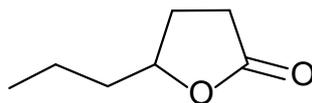


3. Что же происходит в случае гексановой кислоты? Действуют оба перечисленных фактора, и бóльшая стабильность радикала у метильной группы, и через-пространственный цикл с участием карбоксила. Но цикл активирует, как и в предыдущем случае, положение С4, а радикал у метила – теперь на С5. Вот и получаются два продукта вместо одного:



При этом на С5 также получается лактон, но для циклизации по С5 молекула должна пройти 7-членное (без меди) или 8-членное (с медью) переходное состояние, что ведет к энергетически менее выгодному механизму и, даже с добавкой энергетики радикала при метильной группе, низкому выходу продукта циклизации по С5. Для него складывается невыгодный энергетически механизм.

При удлинении углеродной цепи до семи атомов очевидно, что, когда на С5 вообще нет стабилизации радикала (гептановая кислота), так он и не должен образовываться, что и происходит, получается только 5-членный лактон.



Остается решить вопрос – почему же в случае гептановой кислоты не образуется 6-хлоргептановая кислота? Ведь фактор стабилизации радикала при метильной группе никуда не делся? Тут можно пофантазировать на тему: а собственно, как влияет растворитель на все что происходит при окислении? Из предыдущего жизненного опыта (школьной программы) понятно, что радикальное хлорирование обычно идет в органической фазе. А у нас какое-то совсем странное сочетание окислителя в воде, а вещества – в собственной органической фазе. Т.е. реакция, похоже, идет на границе раздела фаз, и сильно зависит от степени смешения этих фаз. Идем дальше: а какая кислота хуже всех растворима в воде из перечисленных в условии? Понятно, гептановая. Вот и продукт реакции, в котором участвует медь и/или карбоксил, получается хорошо, а где просто органическая реакция гомолитического замещения – плохо.

Не к решению, а просто для сведения любопытствующих: в первых опытах, с неоптимизированными условиями, гептановая кислота все-таки образовывала ряд продуктов с небольшим выходом: и по C5 (лактон), и по C6 (хлоркислота) – именно потому, что плохо смешивалась с водным раствором окислителя. Но оптимизация условий (перемешивание ультразвуком) в реакции с гептановой кислотой привела к практически единственному продукту – пропилбутиролактону.

По теме задачи можно почитать следующие статьи:

<https://doi.org/10.1039/P29830000595>

<https://doi.org/10.1007/BF01157339>

**Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба»
Профиль «Физика»**

Аннотация

Олимпиада «Высшая проба» по физике впервые была проведена в 2013 году. Ее появление в ряду предметных олимпиад «Высшая проба» напрямую связано с объединением НИУ ВШЭ и МИЭМ, одного из ведущих вузов России. В 2016 году в НИУ ВШЭ был образован новый факультет – факультет физики, программа которого направлена на подготовку специалистов высшей квалификации в области современной физики. Начиная с 2017/18 учебного года олимпиада «Высшая проба» по физике перешла под эгиду этого факультета. В состав методической комиссии и жюри олимпиады вошли действующие ученые и преподаватели факультета физики НИУ ВШЭ, которые и сами были когда-то участниками физических олимпиад.

В олимпиаде предусмотрено участие 9-11 классов. Задание для каждого класса состоит из пяти задач. Для 11-го класса это задачи по механике, термодинамике, электричеству, оптике и задача-оценки, для решения которой нужно понять рассматриваемое физическое явление, придумать простую физическую модель этого явления, выбрать разумные значения физических величин и получить численный результат, более или менее соответствующий реальности. Решающий задачу-оценку может сам выбрать необходимые для решения задачи физические величины и их численные значения. На 2022/23 учебный год олимпиада имеет 2-ой уровень в перечне олимпиад РСОШ, однако по уровню сложности задач олимпиада вполне соответствует 1-ому уровню.

**Перечень и содержание тем
Всероссийской олимпиады школьников «Высшая проба»
по профилю «Физика»**

9 класс

Тема I. Механика

1. Кинематика

Механическое движение. Способы описания механического движения. Материальная точка. Равномерное прямолинейное движение и его уравнения. Скорость. Графическое представление равномерного прямолинейного движения.

Прямолинейное неравномерное движение. Средняя и мгновенная скорость. Ускорение. Равноускоренное движение. Скорость при равноускоренном движении. Кинематические уравнения для равноускоренного движения, графическое представление равноускоренного движения.

Движение в поле тяжести. Свободное падение. Баллистика. Уравнение траектории и основные параметры траектории при броске тела под углом к горизонту в поле тяжести.

Равномерное движение по окружности.

2. Динамика

Инерциальные системы отсчета. Первый закон Ньютона. Сила. Масса. Второй закон Ньютона. Третий закон Ньютона.

Сила тяжести. Вес тела. Невесомость. Перегрузки. Искусственные спутники Земли. Закон Всемирного тяготения. Первая космическая скорость. Сила упругости. Закон Гука. Силы трения. Сила вязкости.

3. Законы сохранения

Импульс материальной точки. Закон сохранения импульса. Реактивное движение.

Работа силы. Работа силы тяжести и силы упругости. Мощность. КПД. Потенциальная и кинетическая энергия. Закон сохранения энергии в механике.

4. Гидростатика

Давление в жидкостях и газах. Закон Паскаля. Закон Архимеда. Условие плавания тел. Сообщающиеся сосуды. Насос. Поток жидкости или газа. Уравнение Бернулли.

5. Статика

Рычаг. Устойчивое и не устойчивое равновесие. Момент силы. Правило моментов. Подвижные и неподвижные блоки.

Тема II. Колебания и волны

1. Колебания

Механические колебания. Математический маятник. Пружинный маятник. Гармонические колебания. Период, частота и фаза колебаний. Превращение энергии. Затухающие колебания. Вынужденные колебания. Резонанс.

2. Волны

Распространение колебаний в пространстве. Волны. Поперечные и продольные волны. Длина волны. Скорость распространения волны. Звук. Скорость звука. Громкость, высота и тембр. Отражение звука. Эхо.

Тема III. Молекулярная физика и термодинамика

1. Молекулярно–кинетическая теория

Основные положения МКТ. Масса молекул. Взаимодействие молекул. Газообразные, жидкие и твердые тела.

2. Термодинамика

Количество теплоты. Внутренняя энергия. Нагрев и охлаждение. Теплоемкость и удельная теплоемкость. Кипение и конденсация. Испарение. Удельная теплота парообразования. Плавление и отвердевание. Удельная теплота плавления. Горение. Удельная теплота горения. Уравнение теплового баланса.

3. Влажность

Насыщенный пар. Абсолютная и относительная влажность. Точка росы. Психрометр. Психрометрическая таблица.

Тема IV. Электричество и магнетизм

1. Электростатика

Электрический заряд. Закон сохранения заряда. Электрическое поле. Закон Кулона и напряженность электрического поля. Принцип суперпозиции. Элементарный электрический заряд.

2. Постоянный ток

Электрический ток. Сила тока. Закон Ома для участка цепи. Сопротивление, удельное сопротивление. Работа и мощность тока. Закон Джоуля–Ленца. Последовательное и параллельное соединение проводников. Измерение силы тока и напряжения. Вольт–Амперная характеристика. Нелинейные элементы. Лампочка. Диод.

3. Магнитные взаимодействия

Магнитная индукция. Линии магнитной индукции. Поток вектора магнитной индукции. Сила Лоренца. Сила Ампера. Циклотрон. Электроизмерительные приборы.

Тема V. Оптика

1. Геометрическая оптика

Свет. Закон прямолинейного распространения света. Отражение света. Плоское зеркало.

Оптическая среда. Показатель преломления, закон преломление света. Полное внутреннее отражение. Линза. Фокусное расстояние и оптическая сила тонкой линзы: формула оптической силы через радиусы кривизны линзы. Построение изображения. Увеличенное и уменьшенное изображения. Сферическое зеркало.

2. Оптические приборы

Фотоаппарат. Проекционный аппарат. Глаз. Очки. Лупа. Микроскоп. Телескоп.

Основная литература:

1. Перышкин А.В. Физика. 7 класс. Учебник. – М.: Дрофа, 2006.
2. Перышкин А.В. Физика. 8 класс. Учебник. – М.: Дрофа, 2006.
3. Перышкин А.В. Физика. 9 класс. Учебник. – М.: Дрофа, 2006.

Дополнительная литература:

1. Физика – 7: В 2 ч. Строение вещества. Взаимодействие тел. Давление. Работа. Энергия. / Е.Н. Филатов – М.: ВШМФ «Авангард», 1999.
2. Физика – 8: В 3 ч. Тепловые явления. Электрические явления. Световые явления. / Е.Н. Филатов – М.: ВШМФ «Авангард», 2000.
3. Физика – 9: В 2 ч. Кинематика. Динамика. Законы сохранения. / Е.Н. Филатов – М.: ВШМФ «Авангард».
4. Начала физики / Ю.Г. Павленко. – М.: Экзамен, 2007.
5. Всероссийские олимпиады школьников по физике. 1992–2001. / Под ред. С.М. Козела, В.П. Слободянина. – М.: Вербум–М, 2002.
6. Задачи по физике. / Под ред. О.Я Савченко. – М.: Наука, 1988.
7. Задачи Московских городских олимпиад по физике. 1986–2005. / Под ред. М.В. Семёнова, А.А. Якуты. – М.: МНЦМО, 2007.
8. Сборник задач по физике. / Л.П. Баканина, В.Е. Белонучкин, С.М. Козел и др. – М.: Наука, 1971.
9. 1001 задача по физике с ответами, указаниями, решениями. / И.М. Гельфгат, Л.Э. Генденштейн, Л.А. Кирик. – М.: Илекса, 2011.
10. Физическая олимпиада: экспериментальный тур. / А.И. Слободянюк.
11. Отсканированные номера журнала «Квант» kvant.ras.ru
12. Архивы задач этапов ВсОШ и международных олимпиад 4ipho.ru/arhivy-zadach

10 класс

Тема I. Механика

1. Кинематика

Механическое движение. Способы описания механического движения. Материальная точка. Равномерное прямолинейное движение и его уравнения. Скорость. Графическое представление равномерного прямолинейного движения.

Прямолинейное неравномерное движение. Средняя и мгновенная скорость. Ускорение. Равноускоренное движение. Скорость при равноускоренном движении. Кинематические уравнения для равноускоренного движения, графическое представление равноускоренного движения.

Свободное падение. Движение тела, брошенного под углом к горизонту. Движение по окружности. Тангенциальное, нормальное и полное ускорение. Угловая скорость и угловое ускорение.

Относительность движения. Преобразования Галилея.

2. Динамика

Инерциальные системы отсчета. Первый закон Ньютона. Сила. Масса. Второй закон Ньютона, импульс тела. Третий закон Ньютона.

Сила всемирного тяготения. Гравитационная постоянная. Сила тяжести. Вес тела. Центр тяжести. Невесомость. Перегрузки. Искусственные спутники Земли. Первая и вторая космические скорости.

Сила упругости. Закон Гука.

Сила трения. Сила сопротивления среды.

Неинерциальные системы отсчета. Силы инерции. Вращающиеся системы отсчета.

3. Движение и статика твердых тел

Кинематика движения абсолютно твердого тела. Центр масс. Движение центра масс.

Вращательное движение твердого тела. Момент силы, рычаг. Момент импульса, его пересчет при изменении точки отсчета. Закон сохранения момента импульса. Момент инерции относительно выделенной оси, теорема Гюйгенса–Штейнера.

Равновесие твердого тела. Условия равновесия твердого тела. Второй закон Ньютона для вращающегося тела. Физический маятник. Подвижные и неподвижные блоки.

4. Законы сохранения

Импульс материальной точки. Закон сохранения импульса. Реактивное движение.

Работа силы. Мощность. КПД. Потенциальная и кинетическая энергия. Закон сохранения энергии в механике. Уменьшение механической энергии системы под действием силы трения. Абсолютно упругий и неупругий удар.

Момент импульса. Закон сохранения момента импульса.

5. Элементы механики сплошных сред

Давление в жидкостях и газах. Закон Паскаля. Сила Архимеда. Условие плавания тел.

Ламинарное и турбулентное течение жидкости. Уравнение Бернулли. Подъемная сила крыла самолета.

Поверхностное натяжение. Поверхностная энергия. Сила поверхностного натяжения. Формула Лапласа для скачка давления по разные стороны от границы с поверхностным натяжением; главные кривизны изогнутой поверхности. Мениск, капиллярное давление.

Тема II. Колебания и волны

1. Колебания

Механические колебания. Математический маятник. Пружинный маятник. Гармонические колебания. Период, частота и фаза колебаний. Превращение энергии. Затухающие колебания. Вынужденные колебания. Резонанс.

2. Волны

Распространение колебаний в пространстве. Волны. Поперечные и продольные волны. Длина волны. Скорость распространения волны. Звук. Скорость звука. Громкость, высота и тембр. Отражение звука. Эхо.

Тема III. Молекулярная физика и термодинамика

1. Молекулярно–кинетическая теория

Основные положения МКТ. Масса молекул. Силы взаимодействия молекул, потенциальная энергия взаимодействия молекул. Газообразные, жидкие и твердые тела.

Равновесное состояние. Температура. Абсолютная температура. Идеальный газ. Законы Бойля–Мариотта, Гей–Люссака и Шарля. Уравнение Менделеева–Клапейрона состояния идеального газа. Закон Дальтона для смеси газов.

Системы с большим числом частиц. Средняя скорость теплового движения молекул. Основное уравнение МКТ. Температура — мера средней кинетической энергии молекул. Степень свободы молекулы идеального газа.

2. Термодинамика

Внутренняя энергия идеального газа. Работа в термодинамике. Количество теплоты. Первый закон термодинамики. Теплоемкость. Изопроцессы. Законы Бойля–Мариотта, Гей–Люссака и Шарля. Адиабатный процесс. Политропный процесс. Необратимость тепловых процессов.

Тепловые двигатели. КПД теплового двигателя. Холодильник.

Испарение жидкости. Равновесие между жидкостью и паром. Изотермы

реального пара. Критическое состояние. Кипение. Теплота парообразования. Кристаллические тела.

Плавление и отвердевание. Теплота плавления. Уравнение теплового баланса.

3. Влажность

Насыщенный пар. Абсолютная и относительная влажность. Точка росы. Психрометр, психрометрическая таблица.

Тема IV. Электродинамика

1. Электростатика

Электризация тел. Взаимодействие зарядов. Закон сохранения заряда. Закон Кулона.

Электрическое поле. Напряженность электрического поля. Принцип суперпозиции полей. Поле заряженной плоскости, сферы и шара.

Проводники в электростатическом поле. Диэлектрики в электростатическом поле.

Работа поля по перемещению заряда. Потенциальность поля. Потенциальная энергия заряда в однородном поле. Потенциальная энергия системы зарядов. Потенциал электростатического поля. Разность потенциалов. Связь между напряженностью поля и разностью потенциалов. Эквипотенциальные поверхности.

Емкость. Конденсаторы. Типы конденсаторов. Соединения конденсаторов. Энергия конденсаторов. Характерное время разрядки конденсатора в цепи.

2. Постоянный ток

Электрический ток. Сила тока. Плотность тока; удельное сопротивление. Закон Ома для участка цепи; напряжение, сопротивление.

Сопротивление. Зависимость сопротивления от температуры. Последовательное и параллельное соединение резисторов. Вольт–Амперная характеристика. Нелинейные элементы. Лампочка. Диод. Измерение силы тока и напряжения.

Работа и мощность тока. Закон Джоуля–Ленца. ЭДС. Закон Ома для полной цепи. Правила Кирхгофа. Электролиз.

3. Магнитные взаимодействия

Магнитная индукция. Линии магнитной индукции. Поток вектора магнитной индукции. Сила Лоренца. Сила Ампера. Циклотрон. Электроизмерительные приборы.

Тема V. Оптика

1. Геометрическая оптика

Свет. Закон прямолинейного распространения света. Отражение света.

Плоское зеркало.

Оптическая среда. Показатель преломления, закон преломление света. Полное внутреннее отражение. Линза. Фокусное расстояние и оптическая сила тонкой линзы: формула оптической силы через радиусы кривизны линзы. Построение изображения. Увеличенное и уменьшенное изображения. Сферическое зеркало.

2. Оптические приборы

Фотоаппарат. Проекционный аппарат. Глаз. Очки. Лупа. Микроскоп. Телескоп.

Тема VI. Ядерная физика

1. Атом и ядро атома

Строение атома. Протон, нейтрон и электрон. Заряд ядра. Массовое число ядра. Элементарный заряд. Радиоактивность. Альфа-, бета- и гамма-излучение. Радиоактивные превращения. Ядерные реакции.

Основная литература:

1. Перишкин А.В. Физика. 7 класс. Учебник. – М.: Дрофа, 2006.
2. Перишкин А.В. Физика. 8 класс. Учебник. – М.: Дрофа, 2006.
3. Перишкин А.В. Физика. 9 класс. Учебник. – М.: Дрофа, 2006.
4. Мякишев Г.Я. Физика Механика 10класс Профильный уровень – М.:Дрофа 2007.
5. Мякишев Г.Я Физика Молекулярная физика и термодинамика 10 класс Профильный уровень. М.:Дрофа 2007.
- 6.Мякишев Г.Я Физика Электродинамика 10–11 класс Профильный уровень–М.:Дрофа 2007.
7. Мякишев Г.Я Физика Колебания и волны 11 класс Профильный уровень– М.:Дрофа 2007.
8. Мякишев Г.Я Физика Оптика Квантовая физика11 класс Профильный уровень–М.:Дрофа 2007.
9. Гольдфарб Н. И. Сборник вопросов и задач по физике. М.:Дрофа 2009.
10. Кашина С.И., Сезонов Ю.И. Сборник задач по физике. М.: Высшая школа. 2010.
11. Бега Р.К., Лебедев В.В., Хлюстикова И.Н. Электростатика — М.: МЦНМО, 2008.

Дополнительная литература:

1. Бутиков Е.И. Кондратьев А.С. Физика учебное пособие в 3 книгах – М.:ФИЗМАТЛИТ 2004.
2. Драбоич К.Н. Макаров В.А. Чесноков С.С. Физика практический курс

для поступающих в университеты—М.:ФИЗМАТЛИТ 2006.

3. Баканина Л.П. Белонучкин В.Е. Козел С.М. Сборник задач по физике—Москва Вербум—М 2005.

4. Ландсберг Г.С. элементарный учебник физики: учебное пособие в 3 т.—М.: НАУКА. ФИЗМАТЛИТ 1995.

5. Генденштейн Л.Э., Кирик Л.А., Гельфгат И.М: Задачи по физике для основной школы с примерами решений: 7–9 классы М: Илекса, 2011.

11 класс

Тема I. Механика

1. Кинематика

Механическое движение. Способы описания механического движения. Материальная точка. Равномерное прямолинейное движение и его уравнения. Скорость. Графическое представление равномерного прямолинейного движения.

Прямолинейное неравномерное движение. Средняя и мгновенная скорость. Ускорение. Равноускоренное движение. Скорость при равноускоренном движении. Кинематические уравнения для равноускоренного движения, графическое представление равноускоренного движения.

Свободное падение. Движение тела, брошенного под углом к горизонту.

Движение по окружности. Тангенциальное, нормальное и полное ускорение. Угловая скорость и угловое ускорение.

Относительность движения. Преобразования Галилея.

2. Динамика

Инерциальные системы отсчета. Первый закон Ньютона. Сила. Масса. Второй закон Ньютона, импульс тела. Третий закон Ньютона.

Сила всемирного тяготения. Гравитационная постоянная. Сила тяжести. Вес тела. Центр тяжести. Невесомость. Перегрузки. Искусственные спутники Земли. Первая и вторая космические скорости.

Сила упругости. Закон Гука.

Сила трения. Сила сопротивления среды.

Неинерциальные системы отсчета. Силы инерции. Вращающиеся системы отсчета.

3. Движение твердых тел. Статика, динамика

Кинематика движения абсолютно твердого тела. Центр масс. Движение центра масс. Вращательное движение твердого тела. Момент силы, рычаг. Равновесие твердого тела. Условия равновесия твердого тела.

Момент импульса, его пересчет при изменении точки отсчета – теорема Штейнера. Закон сохранения момента импульса. Момент инерции относительно выделенной оси для тел простейшей формы, теорема Гюйгенса–Штейнера. Второй закон Ньютона для вращающегося тела. Физический маятник. Подвижные и неподвижные блоки.

4. Законы сохранения

Импульс материальной точки. Закон сохранения импульса. Реактивное движение.

Работа силы. Мощность. КПД. Потенциальная и кинетическая энергия. Закон сохранения энергии в механике. Уменьшение механической энергии системы под действием силы трения. Абсолютно упругий и неупругий

удары.

Момент импульса. Закон сохранения момента импульса.

5. Элементы механики сплошных сред

Давление в жидкостях и газах. Закон Паскаля. Сила Архимеда. Условие плавания тел.

Ламинарное и турбулентное течение жидкости. Уравнение Бернулли. Подъемная сила крыла самолета.

Поверхностное натяжение. Поверхностная энергия. Сила поверхностного натяжения. Формула Лапласа для скачка давления по разные стороны от границы с поверхностным натяжением; главные кривизны изогнутой поверхности. Мениск, капиллярное давление.

Тема II. Молекулярная физика и термодинамика

1. Молекулярно–кинетическая теория

Основные положения МКТ. Масса молекул. Силы взаимодействия молекул, потенциальная энергия взаимодействия молекул. Газообразные, жидкие и твердые тела.

Равновесное состояние. Температура. Абсолютная температура. Идеальный газ. Законы Бойля–Мариотта, Гей–Люссака и Шарля. Уравнение Менделеева–Клапейрона состояния идеального газа. Закон Дальтона для смеси газов.

Системы с большим числом частиц. Средняя скорость теплового движения молекул. Основное уравнение МКТ. Температура — мера средней кинетической энергии молекул. Степень свободы молекулы идеального газа.

2. Термодинамика

Внутренняя энергия идеального газа. Работа в термодинамике. Количество теплоты. Первый закон термодинамики. Теплоемкость. Изопроцессы. Законы Бойля–Мариотта, Гей–Люссака и Шарля. Адиабатный процесс. Политропный процесс. Необратимость тепловых процессов.

Тепловые двигатели. КПД теплового двигателя. Холодильник.

Испарение жидкости. Равновесие между жидкостью и паром. Изотермы реального пара. Критическое состояние. Кипение. Теплота парообразования. Кристаллические тела.

Плавление и отвердевание. Теплота плавления. Уравнение теплового баланса.

3. Влажность

Насыщенный пар. Абсолютная и относительная влажность. Точка росы. Психрометр, психрометрическая таблица.

Тема III. Электродинамика

1. Электростатика

Электризация тел. Взаимодействие зарядов. Закон сохранения заряда. Закон Кулона.

Электрическое поле. Напряженность электрического поля. Принцип суперпозиции полей.

Поле заряженной плоскости, сферы и шара. Теорема Гаусса.

Проводники в электростатическом поле. Диэлектрики в электростатическом поле.

Работа поля по перемещению заряда. Потенциальность поля. Потенциальная энергия заряда в однородном поле. Потенциальная энергия системы зарядов. Потенциал электростатического поля. Разность потенциалов. Связь между напряженностью поля и разностью потенциалов. Эквипотенциальные поверхности.

Емкость. Конденсаторы. Типы конденсаторов. Соединения конденсаторов. Энергия конденсаторов. Характерное время разрядки конденсатора в цепи.

2. Постоянный ток

Электрический ток. Сила тока. Плотность тока, удельное сопротивление. Закон Ома для участка цепи: напряжение, сопротивление.

Зависимость сопротивления от температуры. Последовательное и параллельное соединение резисторов. Измерение силы тока и напряжения.

Работа и мощность тока. Закон Джоуля–Ленца. ЭДС. Закон Ома для полной цепи. Правила Кирхгофа. Электролиз.

3. Магнитное поле

Магнитные взаимодействия. Вектор магнитной индукции. Линии магнитной индукции.

Магнитное поле элемента тока; бесконечно длинного провода с током. Интегральное соотношение между циркулирующей вихревого магнитного поля и пронизывающими площадку токами.

Поток вектора магнитной индукции.

Сила Ампера. Электроизмерительные приборы. Действие магнитного поля на движущийся заряд. Сила Лоренца.

4. Электромагнитная индукция

Правило Ленца. Закон электромагнитной индукции. Вихревое электрическое поле. ЭДС индукции в движущихся проводниках. Индукционные токи в массивных проводниках. Самоиндукция. Индуктивность. Энергия магнитного поля. Катушка индуктивности.

Тема IV. Колебания и волны

1. Механические колебания

Гармонические колебания. Колебания груза на пружине. Математический

маятник.

Период, частота и фаза колебаний. Скорость и ускорение при гармонических колебаниях.

Превращение энергии при гармонических колебаниях

Затухающие колебания. Вынужденные колебания. Резонанс. Амплитудно–частотная характеристика. Добротность.

2. Электромагнитные колебания

Колебательный контур. Формула Томсона. Переменный электрический ток. Действующее значение силы тока и напряжения.

Конденсатор и катушка индуктивности в цепи переменного тока. Импеданс. Закон Ома для переменного тока. Резонанс в электрической цепи. Генератор переменного тока. Трансформатор. Выпрямление переменного тока.

3. Волновые явления

Механические волны. Продольные и поперечные волны. Уравнение бегущей волны.

Звуковые волны. Скорость звука. Громкость и высота звука. Тембр. Акустический резонанс.

Тема V. Оптика

1. Геометрическая оптика

Свет. Закон прямолинейного распространения света. Принцип Ферма и законы геометрической оптики. Отражение света. Плоское зеркало и сферическое зеркало.

Показатель преломления света; закон преломления света на границе раздела. Полное отражение. Дисперсия света в средах.

Линза. Фокусное расстояние и оптическая сила линзы. Построение изображения. Формула тонкой линзы.

2. Оптические приборы

Фотоаппарат. Проекционный аппарат. Глаз. Очки. Лупа. Микроскоп. Телескоп.

3. Волновые свойства света

Электромагнитная волна. Излучение электромагнитных волн. Свойства электромагнитных волн и их энергия. Принципы радиосвязи.

Свет как электромагнитная волна. Интерференция волн. Дифракция волн. Дифракционная решётка.

Поперечность световых волн. Поляризация света.

Тема VI. Астрофизика и ядерная физика

1. Ядерная физика

Строение атома. Протон, нейтрон и электрон. Заряд ядра. Массовое число ядра. Элементарный заряд. Радиоактивность. Альфа–, бета– и гамма–излучение. Радиоактивные превращения. Ядерные реакции.

2. Гравитация

Закон Всемирного тяготения. Теорема Гаусса для гравитационного поля. Законы Кеплера. Орбиты небесных тел. Гравитационный маневр. Точки Лагранжа. Движение звезд. Черные дыры. Радиус Шварцшильда. Средняя плотность черных дыр.

3. Свет

Корпускулярно–волновой дуализм. Энергия фотона. Импульс фотона. Сила давления света. Солнечный парус.

4. Излучение

Понятия светимость и освещенности. Телесный угол. Видимая и абсолютная звездная величина. Формула Погсона. Отражение. Альbedo. Излучение абсолютно черного тела. Формула Планка. Температура планет и парниковый эффект.

Основная литература:

1. М.М. Балашов, А.И. Гомонова, А.Б. Долицкий и др.; под ред. Г.Я. Мякишева. Физика. Механика. 10 класс. Профильный уровень: учебник для общеобразовательных учреждений. — 12–е издание, стереотип. — М.: Дрофа, 2010. — 495 с.

2. Мякишев Г.Я. Физика. Молекулярная физика и термодинамика. 10 класс. Профильный уровень. М.: Дрофа 2007.

3. Мякишев Г.Я., Синяков А.З., Слободсков Б.А. Физика. Электродинамика. 10–11 классы. Учебник для углублённого изучения физики.

4. Мякишев Г.Я. Физика. Колебания и волны. 11 класс. Профильный уровень — М.: Дрофа, 2007.

5. Мякишев Г.Я., Синяков А.З. Физика. Оптика. Квантовая физика. 11 класс: Учебник для углублённого изучения физики. — М.: Дрофа, 2002. — 464 с.

Дополнительная литература:

1. Козел С.М. Физика. 10–11 классы: пособие для учащихся и абитуриентов. В 2 частях. М.: Мнемозина, 2010

2. Глазунов А.Т., Кабардин О.Ф., Малинин А.Н. и др. Физика. 11 класс (профильный уровень) Учебник. — Под ред. А.А. Пинского, О.Ф. Кабардина. — 12–е изд. — М.: Просвещение, 2011. — 416 с.

3. Кабардин О.Ф., Орлов В.А., Эвенчик Э.Е. и др. Физика. 10 класс. Профильный уровень. Учебник. — Под ред. А.А. Пинского, О.Ф. Кабардина — 13-е изд. — М.: Просвещение, 2011. — 431 с.

4. Бутиков Е.И. Кондратьев А.С. Физика учебное пособие в 3 книгах — М.:ФИЗМАТЛИТ 2004.

5. Бега Р.К., Лебедев В.В., Хлюстикова И.Н. Электростатика — М.: МЦНМО, 2008.

Рекомендуемые сборники задач:

1. Всероссийские олимпиады школьников по физике. 1992–2001. / Под ред. С.М. Козела, В.П. Слободянина. — М.: Вербум–М, 2002.

2. Задачи по физике. / Под ред. О.Я Савченко. — М.: Наука, 1988.

3. Задачи Московских городских олимпиад по физике. 1986–2005. / Под ред. М.В. Семёнова, А.А. Якуты. — М.: МНЦМО, 2007.

4. Баканина Л.П. Белонучкин В.Е. Козел С.М. Сборник задач по физике—Москва Вербум–М 2005.

5. Физика. Задачник. 10–11 кл. / Н.И. Гольдфарб. — М.: Дрофа, 2009.

6. Теоретические задачи по физике. Международная олимпиада «Туймаада». / Под ред. А.В. Чудновского. — М.: МНЦМО, 2013.

7. Школьные физические олимпиады. / А.Р. Зильберман. — М.: МНЦМО, 2010.

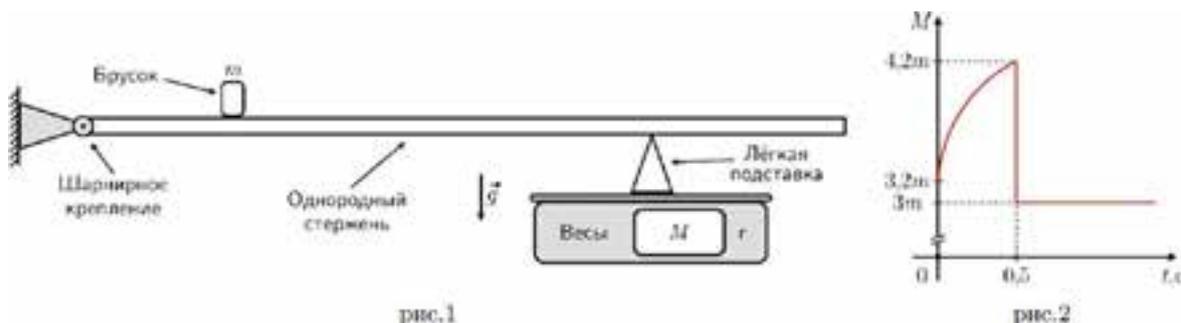
8. Архивы задач этапов ВсОШ и международных олимпиад 4ipho.ru/arhivy-zadach

**Задания заключительного этапа
Всероссийской олимпиады школьников «Высшая проба»
по профилю «Физика»**

2020-2021 учебный год
Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба», 2 этап,
профиль "Физика", 9 класс
Максимальное количество баллов – 100

Задание 1 (25 баллов)

В механической системе, схема которой представлена на рис. 1, небольшой брусок массой m лежит на однородном стержне длиной $L=90$ см. Один из концов стержня шарнирно закреплён. Очень лёгкая подставка, закреплённая на неподвижных электронных весах, служит опорой для стержня. Стержень принимает горизонтальное положение.



Бруску сообщают начальную скорость вдоль стержня в направлении весов, в результате чего их показания M меняются с течением времени t так, как показано на рис. 2.

- 1) Во сколько раз масса стержня больше массы бруска?
- 2) На каком расстоянии L_1 от шарнира находился брусок в начале опыта?
- 3) С каким ускорением a двигался брусок?
- 4) Какую начальную скорость V_0 сообщили бруску?
- 5) Какую скорость V имел брусок в момент, когда показания весов принимали наибольшее значение?

Коэффициент трения скольжения бруска о стержень составляет $\mu=0,4$. Считать, что $g=10$ м/с².

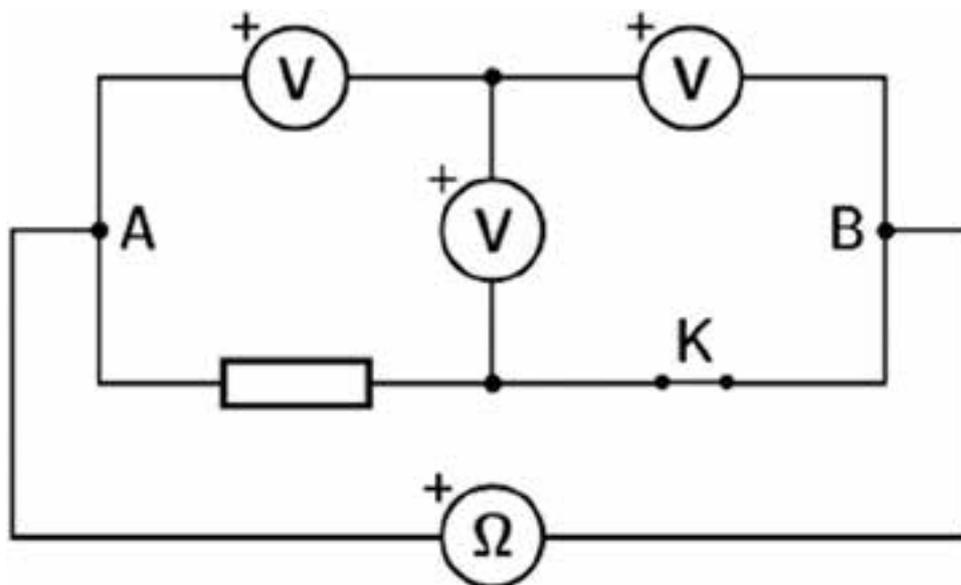
Задание 2 (25 баллов)

«Правильный» снеговик устроен так, что центры его соприкасающихся шаров располагаются на одной линии, и все шары имеют общую касательную. Александр решил провести «убийство» такого снеговика, состоящего из трёх шаров, «без следов». Для этого он взял больший шар снеговика, растопил и нагрел его до 100°C в кастрюле. После этого он опустил в кастрюлю среднюю часть снеговика, заметив, что после наступления теплового баланса температура уменьшилась до 60°C . Какой станет температура, если к имеющимся

«уликам» добавить верхнюю часть снеговика? Начальная температура снеговика 0°C , удельная теплота плавления снега $\lambda=330$ кДж/кг, удельная теплоёмкость воды $c=4200$ Дж/(кг· $^\circ\text{C}$).

Задание 3 (25 баллов)

На рисунке представлена схема электрической цепи, состоящей из трёх одинаковых вольтметров, омметра, резистора и ключа K . Сопротивление резистора в два раза больше сопротивления вольтметра. Ключ K замкнут. Омметр показывает $R_0=0,96$ МОм, а сумма показаний всех вольтметров составляет $V_0=0,64$ В.

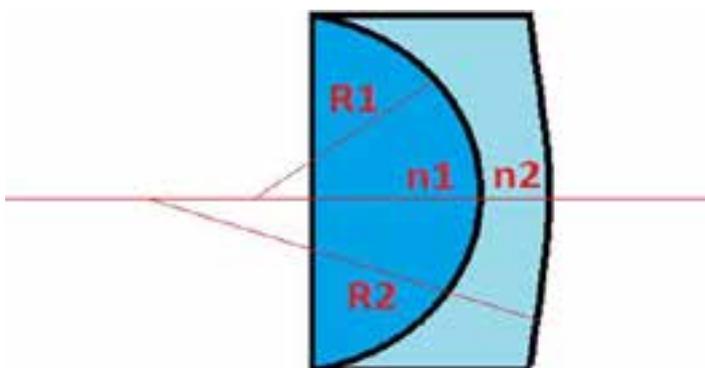


- 1) Определите напряжение V_{AB} между концами А и В омметра.
 - 2) Чему равна сила тока I_0 , протекающего через омметр?
 - 3) Какое сопротивление R имеет вольтметр?
 - 4) Во сколько раз сила тока, протекающего через ключ К, меньше силы тока I_0 , протекающего через омметр?
 - 5) Что покажет омметр, если ключ К разомкнуть?
- Сопротивление соединительных проводов много меньше сопротивления вольтметра.

Задание 4 (25 баллов)

Для того, чтобы создать ахроматическую линзу, используют две линзы из разных материалов. К плосковыпуклой тонкой линзе с радиусом кривизны R_1 и зависимостью показателя преломления от длины волны проходящего света $n_1(\lambda) = n_{01} + \alpha_1 \cdot (\lambda_k - \lambda)$ вплотную прислоняют вогнуто-выпуклую тонкую линзу с радиусами кривизны R_1 и R_2 и показателем преломления $n_2(\lambda) = n_{02} + \alpha_2 \cdot (\lambda_k - \lambda)$. Определите, при каком значении R_2 данная система будет ахроматической, то есть её фокусное расстояние не будет зависеть от длины световой волны. Какой при этом будет величина фокусного расстояния?

$$R_1 = 40 \text{ см}, n_{01} = 1,805, \alpha_1 = 100 \text{ м}^{-1}, n_{02} = 1,500, \alpha_2 = 150 \text{ м}^{-1}.$$



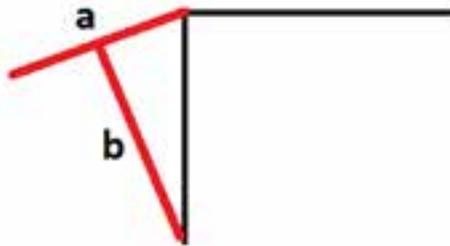
2020-2021 учебный год
Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба», 2 этап,
профиль "Физика", 10 класс
Максимальное количество баллов – 100

Задание 1 (25 баллов)

У буквы «Т» «ножка» и «плечики» изготовлены из плоской рейки с постоянной погонной плотностью, ребро рейки направлено ортогонально плоскости буквы. Буква «Т» свисает с края стола, как показано на рисунке. В верхней точке соприкосновения буква «Т» касается угла стола нижней стороной своего «плечика», и точка касания расположена у самого его конца. Определите при каком коэффициенте трения буквы «Т» о стол возможно равновесие, если $a=b$, а сила нормальной реакции опоры,

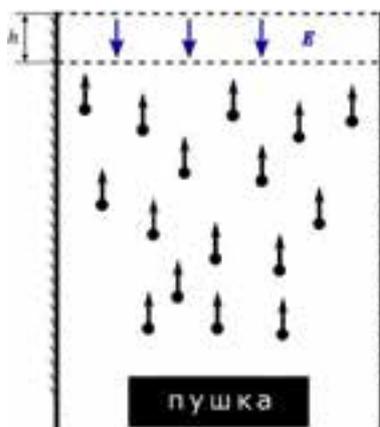
действующей со стороны «плечика» «Т» на верхнюю точку касания равна $\frac{7}{10\sqrt{5}}Mg$,

где M – полная масса «Т», а g – ускорение свободного падения. Коэффициент трения принять одинаковым в обеих точках соприкосновения.



Задание 2 (25 баллов)

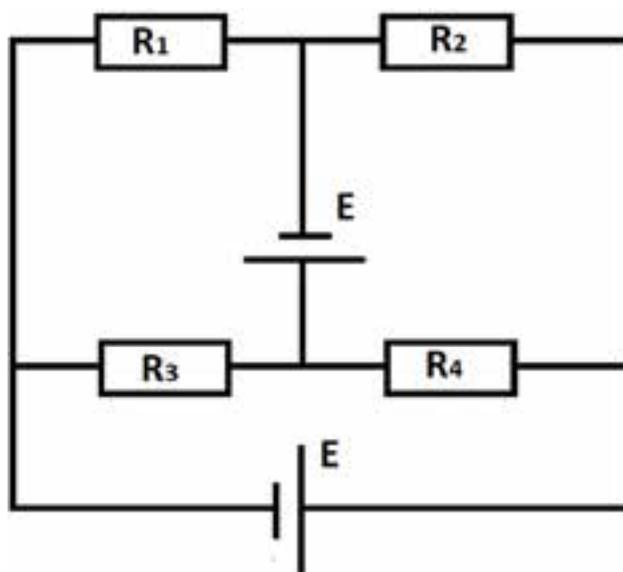
На входе прямого канала с прямоугольным поперечным сечением расположена пушка, испускающая частицы с массой m и зарядом $+q$. На выходе канала расположены две металлические сетки, между которыми фиксирована некоторая разность потенциалов, в результате в пространстве между сетками есть однородное электрическое поле, и на частицу в этом пространстве действует сила F , направленная внутрь канала. Расстояние между сетками равно h . Концентрация выброшенных пушкой частиц, подлетающих к сеткам, равна n , а их скорость направлена вдоль канала и равна u . За сетками находится вакуум. Плотность сеток мала, так что частицы практически не натыкаются на провода сеток, пролетая сквозь них. Найдите давление, с которым частицы действуют на систему двух сеток. Считайте, что концентрация частиц мала, поэтому их взаимодействием друг с другом можно пренебречь.



Задание 3 (25 баллов)

При изучении свойств источников постоянных токов и напряжений было замечено, что, если заменить оба источника постоянного напряжения, показанных на схеме, на источники постоянных токов с сохранением полярности, то все токи, протекающие через резисторы, изменятся в одно и то же число раз. Если теперь поставить в верхнее положение источник тока, а в нижнее – источник напряжения, отношение напряжений на $R_2=1$ кОм и $R_3=4$ кОм равно 1:2.

Определите при каком значении R_1 это возможно.

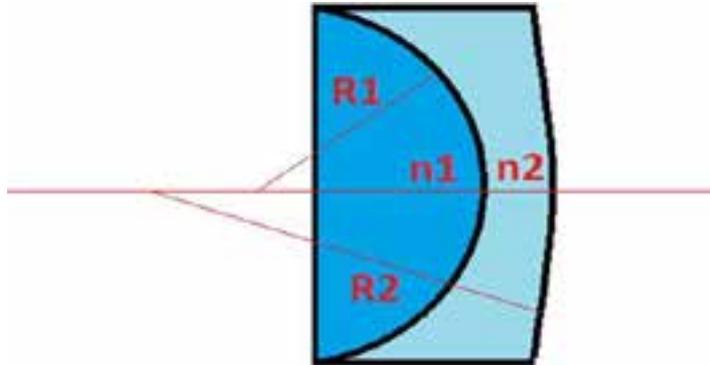


Задание 4 (25 баллов)

Для того, чтобы создать ахроматическую линзу, используют две линзы из разных материалов. К плосковыпуклой тонкой линзе с радиусом кривизны R_1 и зависимостью показателя преломления от длины волны проходящего света $n_1(\lambda)=n_{01}+\alpha_1 \cdot (\lambda_k-\lambda)$ вплотную прислоняют вогнуто-выпуклую тонкую линзу с радиусами кривизны R_1 и R_2 и показателем преломления $n_2(\lambda)=n_{02}+\alpha_2 \cdot (\lambda_k-\lambda)$. Определите, при каком значении R_2 данная система будет

ахроматической, то есть её фокусное расстояние не будет зависеть от длины световой волны. Какой при этом будет величина фокусного расстояния?

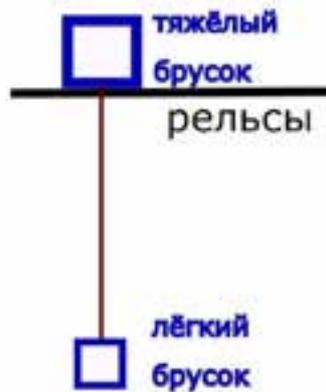
$R_1=40$ см, $n_{01}=1,805$, $\alpha_1=100$ м⁻¹, $n_{02}=1,500$, $\alpha_2=150$ м⁻¹.



2020-2021 учебный год
Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба», 2 этап,
профиль "Физика", 11 класс
Максимальное количество баллов – 100

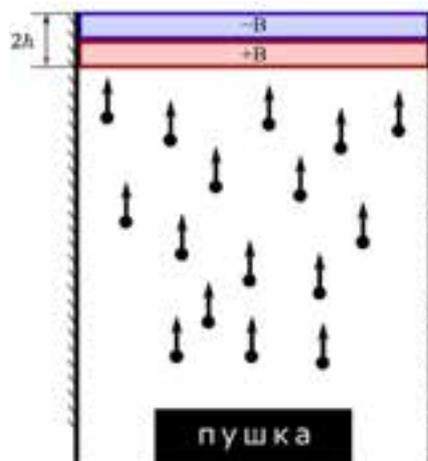
Задание 1 (25 баллов)

Брусок может без трения скользить по рельсам. К нему привязана нерастяжимая невесомая нить, которая проходит между рельсами не касаясь их. С другого конца к ней привязан второй брусок массы в два раза меньшей, чем первый. Подвешенный брусок отклонили на небольшой угол и измерили частоту колебаний. Затем бруски поменяли местами. Как изменилась частота колебаний?



Задание 2 (25 баллов)

На входе прямого канала с прямоугольным поперечным сечением расположена пушка, испускающая частицы с массой m и зарядом q . На выходе канала расположены две плоские, одинаковые, приставленные друг к другу магнитные катушки с противоположными токами, как показано на рисунке. Толщина каждой из катушек равна h , магнитное поле внутри катушек направлено ортогонально плоскости рисунка и по модулю равно B . В этих катушках плотность проводов обмотки мала, так что можно считать, что частицы, летящие из канала, не замечают проводов. Концентрация выброшенных пушкой частиц, подлетающих к магнитному полю, равна n , а их скорость направлена вдоль канала и равна u . За катушками находится вакуум. Найдите давление, с которым частицы действуют на систему двух катушек. Считайте, что концентрация частиц мала, поэтому их взаимодействием друг с другом можно пренебречь.

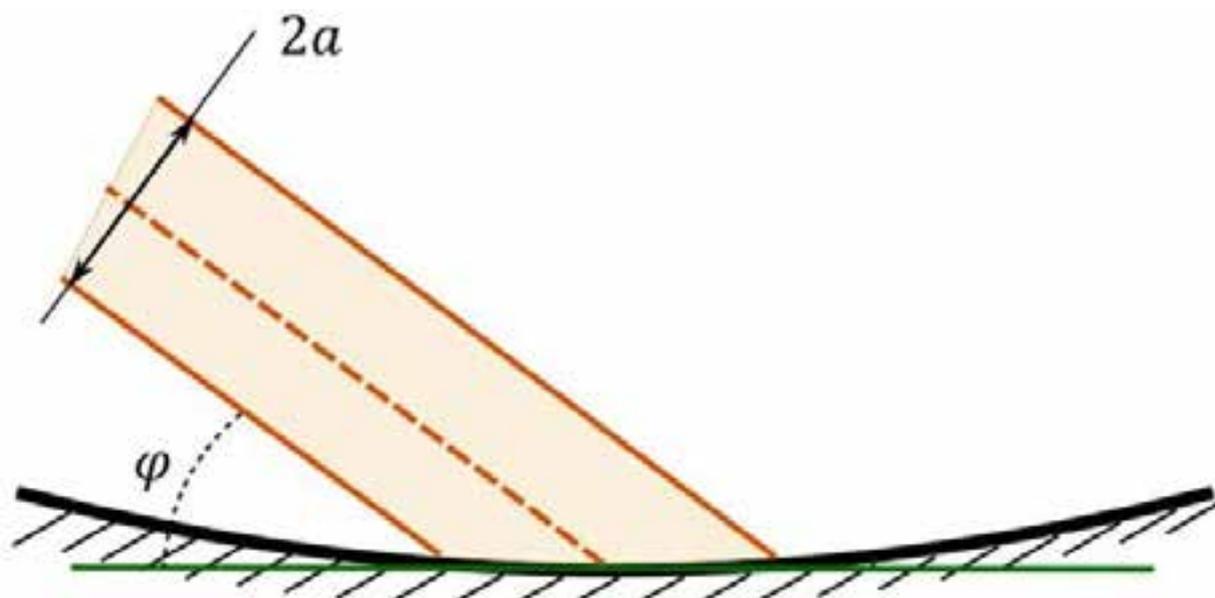


Задание 3 (25 баллов)

Полый цилиндр радиуса b имеет толщину стенок h , малую по сравнению с его радиусом, и изготовлен из металла с удельным сопротивлением ρ . В некоторый момент времени внешние токи начинают создавать однородное магнитное поле B , сонаправленное с осью цилиндра. Амплитуда поля увеличивается линейно со временем t , так что $B = \alpha t$, параметр α известен. Высота цилиндра велика по сравнению с его радиусом. Найдите магнитное поле внутри цилиндра на временах, когда ток, текущий по поверхности проводящего цилиндра, уже можно считать установившимся.

Задание 4 (25 баллов)

На участок цилиндрического вогнутого зеркала радиуса R падает под малым углом φ к касательной плоскости, проведённой к цилиндру в точке падения пучка, параллельный пучок света, имеющий круговое поперечное сечение радиуса a , см. Рисунок.



Известно, что в области засветки поверхность зеркала меняет свой наклон на угол, малый по сравнению с углом падения φ . Отражённый пучок наблюдается на экране, который расположен ортогонально отражённому центральному лучу в пучке. На каком расстоянии от точки отражения следует расположить экран, чтобы изображение пучка выглядело как линия, параллельная образующей цилиндрического зеркала?

2021-2022 учебный год

**Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба», 2 этап,
профиль "Физика", 9 класс
Максимальное количество баллов – 100**

Задание 1 (20 баллов)

На симметричном клине располагаются два бруска с одинаковой массой, которые соединены через идеальный неподвижный блок невесомой и нерастяжимой нитью. Клины начинают вращаться с постоянной угловой скоростью ω вокруг оси симметрии. Определите при каком взаиморасположении грузы будут покоиться? Коэффициент трения между грузами и клином $\mu = 1/6$, угол наклона сторон клина к горизонту $\alpha = 45^\circ$. Брусочки не отрываются от поверхности клина, ускорение свободного падения равно g , длина нити равна $L = g \omega^2 / \sqrt{2}$. Размером блока пренебречь.

Задание 2 (20 баллов)

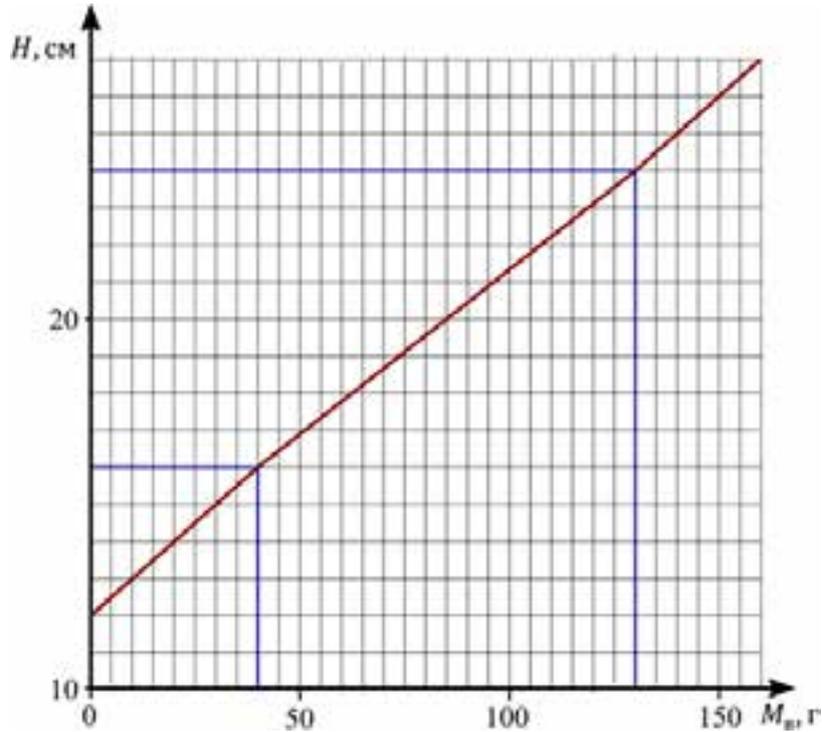
В далеком 1958 году маленький воробей пролетал над военной базой в Китае. Местные жители решили избавиться от «вредителя» с помощью старинной пушки. Воробей увидел, как из пушки вылетело ядро. Направление скорости ядра к горизонту в момент выстрела он определил равным $\alpha = 45^\circ$. Ровно через $t_1 = 2$ с он услышал оглушающий хлопок. Если бы он не сменил вовремя траекторию, то через $t_2 = 10$ с после выстрела снаряд поразил бы его. Определите, с какой скоростью вылетел снаряд из пушки, и на каком расстоянии он приземлился. Считать, что воробей летел строго параллельно горизонту по направлению к пушке с постоянной скоростью $V = 46$ км/ч. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с², скорость распространения звука в воздухе 330 м/с. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

Задание 3 (20 баллов)

Внутри цилиндрического стакана находится лёд, плотно прилегающий к стенкам стакана и дну, внутри которого находится кусочек свинца. В данный стакан медленно начинают заливать теплую воду. График зависимости уровня воды (H) в стакане от количества залитой воды представлен на рисунке. На графике выделены две точки излома. Определите по данному графику:

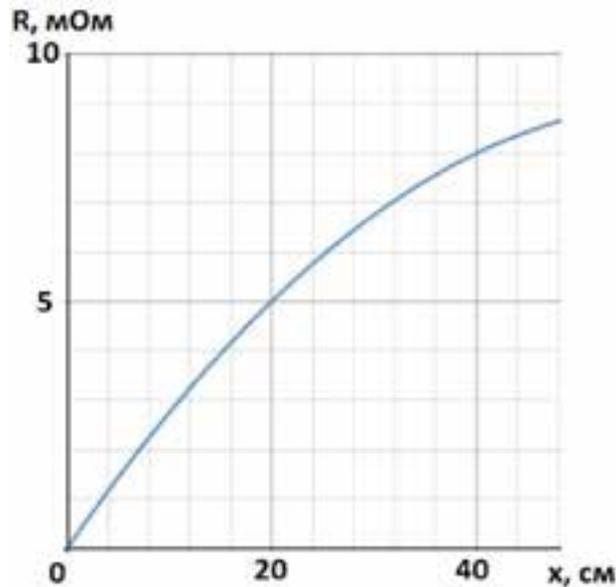
- 1) Начальную массу льда в стакане
- 2) Массу свинца
- 3) Начальную температуру заливаемой воды и льда

Считать, что теплопроводность достаточно высокая и потери в окружающую среду отсутствуют. Плотность воды $\rho_v = 1000$ кг/м³, плотность льда $\rho_l = 900$ кг/м³, плотность свинца $\rho_c = 11350$ кг/м³, удельная теплоемкость воды $c_v = 4200$ Дж/(кг·°С), удельная теплоемкость льда $c_l = 2100$ Дж/(кг·°С), удельная теплоемкость свинца $c_c = 140$ Дж/(кг·°С), удельная теплота плавления льда $\lambda = 330$ кДж/кг.



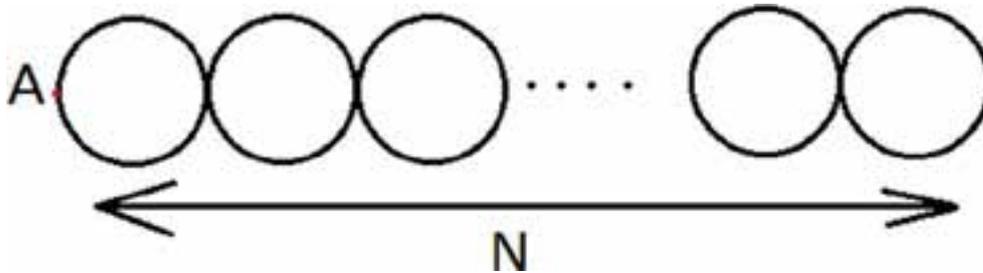
Задание 4 (20 баллов)

Юному школьнику дали задание – измерить зависимость сопротивления провода от его длины. Школьник решил начать делать измерения, не доставая из коробки провод. Он вытащил часть провода из коробки таким образом, что концы провода остались внутри. Один контакт омметра он расположил на произвольном участке вытянутого провода, а второй начал плавно отодвигать от первого. Результаты данного эксперимента вы можете увидеть на графике зависимости показания омметра от расстояния между клеммами вдоль провода:



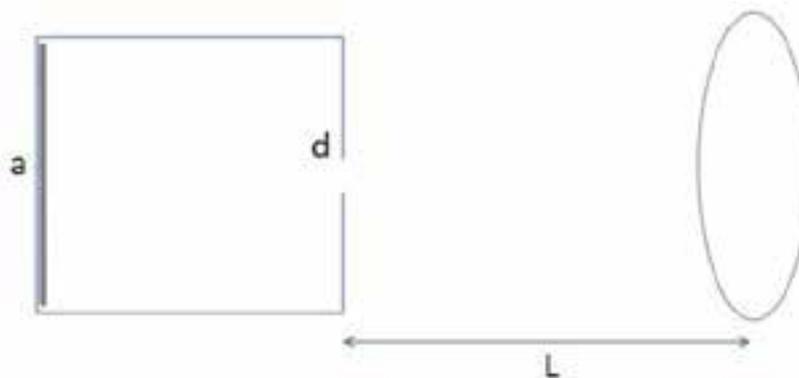
Объясните, почему на графике зависимость нелинейна? Какова минимально возможная длина провода в коробке?

Учитель, который увидел данную работу и условия её выполнения, после небольшого шока дал ученику другое задание: взять оголенный провод длины L и сопротивления R и скрутить из него N одинаковых колечек не разрывая провод, как показано на рисунке. Первый контакт омметра он велел ему расположить в точке A , располагающейся на оси симметрии, а второй начать плавно отодвигать от точки A вдоль провода. Изобразите схематично график зависимости показаний омметра от расстояния по горизонтали между клеммами прибора $R(x)$ в данном случае. Укажите характерные точки и масштабы графика.



Задание 5 (20 баллов)

Юный экспериментатор Алексей решил почувствовать себя первооткрывателем фотографии: в кубической коробке с длиной стороны около 30 см он проделал небольшое отверстие диаметра d , поместил чувствительную к свету фотоплёнку на противоположную внутреннюю стенку камеры и решил сфотографировать свой пятиэтажный дом, см. рис. Фотоплёнка заслоняет собой почти всю стенку. Оцените, какого размера d отверстие в стенке камеры Алексей должен произвести и на каком расстоянии L следует поместить камеру от дома, чтобы получилась его качественная фотография? Предлагаем вам определить параметр качества фотографии самостоятельно – и обязательно подсчитать его при ваших выбранных параметрах. В решении опишите все, на ваш взгляд, необходимые рассуждения и допущения, а также преимущества и недостатки выбранных вами параметров. Разрешение используемой Алексеем фотоплёнки составляет около 100мкм.



2021-2022 учебный год

Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба», 2 этап,
 профиль "Физика", 10 класс
 Максимальное количество баллов – 100

Задание 1 (20 баллов)

Большой по площади водоём с плоским дном заполнен водой глубины d . Далеко от его краёв находится вертикально расположенная труба, выходящая из дна. Верхний конец трубы запаян и находится вровень с водной поверхностью. Диаметр трубы мал по сравнению с её длиной. Через нижний конец трубы в неё подаётся насосом вода, которая вытекает из отверстий, проделанных на её боковой поверхности. Отверстия распределены таким образом, что вода из трубы вытекает во все стороны и по всей её длине с одинаковой интенсивностью. Полный расход жидкости (объём в единицу времени) равен Q .

- 1) На поверхность жидкости на расстоянии r от оси трубы упало лёгкое семечко тополя, после чего оно стало, оставаясь на поверхности, переноситься жидкостью вдоль прямой, проходящей через ось трубы. Найдите зависимость координаты этого семечка от времени.
- 2) Найдите слабое отклонение формы поверхности жидкости от горизонтальной плоскости.

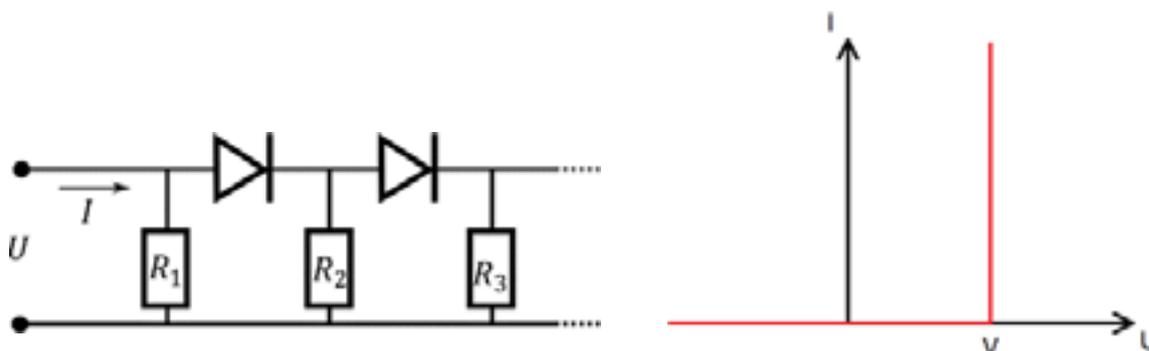
Считайте, что течение жидкости постоянно во времени, влияние вязкости на распределение течения в пространстве пренебрежимо мало. Число Фруда, определяемое как максимальный угол наклона поверхности в радианах, мало, так что пункт 1) следует решать, приняв поверхность жидкости идеально плоской. Ускорение свободного падения равно g .

Задание 2 (20 баллов)

Тепловая машина работает по циклу, состоящему из двух изобар и двух изохор. Определите, какой максимальный КПД возможен у данной машины, если отношение максимальной к минимальной температуре равно 4. В качестве рабочего газа используется гелий.

Задание 3 (20 баллов)

Бесконечная линия состоит из идеальных диодов с напряжением открытия, равным V (вольт-амперная характеристика диода представлена на рисунке), а также резисторов с сопротивлением $R_n = R/n$, где n – номер звена линии, смотри рисунок. Найдите вольт-амперную характеристику всей цепи. Какой приближённой формулой её можно описать при больших напряжениях $U \gg V$?



Задание 4 (20 баллов)

В далеком 1958 году маленький воробей пролетал над военной базой в Китае. Местные жители решили избавиться от «вредителя» с помощью старинной пушки. Воробей увидел, как из пушки вылетело ядро. Направление скорости ядра к горизонту в момент выстрела он определил равным $\alpha = 45^\circ$. Ровно через $t_1 = 2\text{с}$ он услышал оглушающий хлопок. Если бы он не сменил вовремя траекторию, то через $t_2 = 10\text{с}$ после выстрела снаряд поразил бы его. Определите, с какой скоростью вылетел снаряд из пушки, и на каком расстоянии он приземлился. Считать, что воробей летел строго параллельно горизонту по направлению к пушке с постоянной скоростью $V = 46\text{ км/ч}$. Ускорение свободного падения $g = 10\text{ м/с}^2$, скорость распространения звука в воздухе 330 м/с . Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

Задание 5 (20 баллов)

Для определения значения ускорения свободного падения g проводилось измерение параметров траектории движения круглого шара диаметром 10 см , который подбрасывался вертикально вверх на высоту около $H_0=6\text{ метров}$. Измерялось время T пролёта шара вверх до точки остановки и высота H , на которую шар поднялся за время T ; измерение величин T и H можно считать абсолютно точным. Однако оказалось, что эксперименты с железным шаром и с резиновым мячиком в качестве шара того же размера дают немного отличающиеся значения константы g . Оцените погрешность измерения g для обоих экспериментов, возникающую вследствие сопротивления воздуха.

Указание: на релевантных скоростях движения следует считать, что сила сопротивления воздуха пропорциональна квадрату скорости шара. Для справки, динамическая вязкость воздуха $\eta=2 \cdot 10^{-5}\text{ Па} \cdot \text{с}$.

2021-2022 учебный год

Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба», 2 этап,

профиль "Физика", 11 класс

Максимальное количество баллов – 100

Задание 1 (20 баллов)

Большой по площади водоём с плоским дном заполен водой глубины d . Далеко от его краёв находится вертикально расположенная труба, выходящая из дна. Верхний конец трубы запаян и находится вровень с водной поверхностью. Диаметр трубы мал по сравнению с её длиной. Через нижний конец трубы в неё подаётся насосом вода, которая вытекает из отверстий, проделанных на её боковой поверхности. Отверстия распределены таким образом, что вода из трубы вытекает во все стороны и по всей её длине с одинаковой интенсивностью. Полный расход жидкости (объём в единицу времени) равен Q .

- 1) На поверхность жидкости на расстоянии r от оси трубы упало лёгкое семечко тополя, после чего оно стало, оставаясь на поверхности, переноситься жидкостью вдоль прямой, проходящей через ось трубы. Найдите зависимость координаты этого семечка от времени.
- 2) Найдите слабое отклонение формы поверхности жидкости от горизонтальной плоскости.

Считайте, что течение жидкости постоянно во времени, влияние вязкости на распределение течения в пространстве пренебрежимо мало. Число Фруда, определяемое как максимальный угол наклона поверхности в радианах, мало, так что пункт 1) следует решать, приняв поверхность жидкости идеально плоской. Ускорение свободного падения равно g .

Задание 2 (20 баллов)

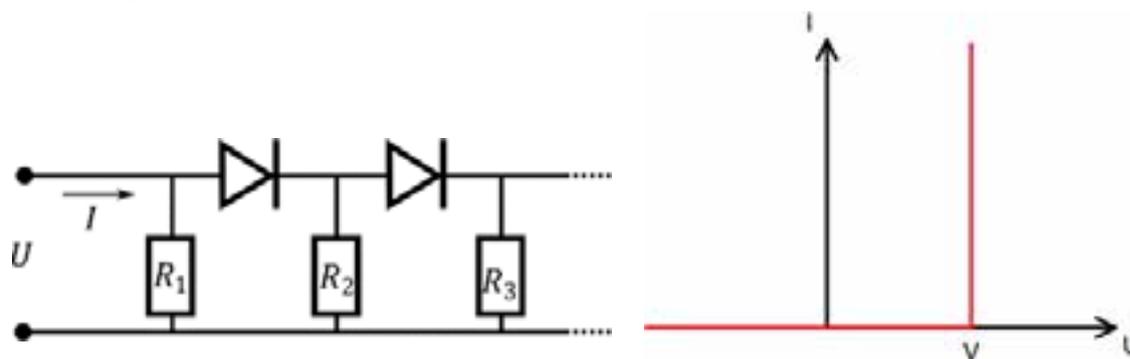
Планета Железяка имеет идеально сферическую и идеально гладкую поверхность. Кроме того, вследствие процессов в ядре планеты, она может изменять свой радиус. При этом сферичность и гладкость поверхности сохраняются. По поверхности планеты могут двигаться без трения маленькие железные удлинённые шайбы, представляющие собой цилиндры с эллиптическим основанием, лежащие на торце. Между собой шайбы сталкиваются абсолютно упруго. Шайбы случайно раскиданы по поверхности планеты, среднее расстояние между шайбами велико по сравнению с их размерами, но мало по сравнению с радиусом планеты. Всего шайб N , масса одной шайбы m .

- 1) В начальный момент времени все шайбы покоились. Затем каждой шайбе сообщили поступательную случайно направленную вдоль поверхности скорость, по абсолютному значению равную v . Чему будет равна средняя кинетическая энергия поступательного движения брусков через большое время? В течение этого времени Железяка не изменяла свой радиус.
- 2) После этого Железяка медленно увеличила свой радиус в 8 раз. Во сколько раз изменилась средняя кинетическая энергия поступательного движения шайб к концу этой стадии расширения?
- 3) Затем Железяка быстро увеличила свой радиус в 2 раза. Во сколько раз изменилась средняя кинетическая энергия поступательного движения шайб к моменту окончания быстрой стадии расширения?

Большое время, медленность и быстрота процессов расширения определяются относительно среднего времени между столкновениями шайб. Ускорение свободного падения на поверхности планеты всегда остаётся настолько сильным, что в процессе расширения планеты шайбы не отрываются от неё.

Задание 3 (20 баллов)

Бесконечная линия состоит из идеальных диодов с напряжением открытия, равным V (вольт-амперная характеристика диода представлена на рисунке), а также резисторов с сопротивлением $R_n = R/n$, где n – номер звена линии, смотри рисунок. Найдите вольт-амперную характеристику всей цепи. Какой приближённой формулой её можно описать при больших напряжениях $U \gg V$?



Задание 4 (20 баллов)

Для изготовления барабана Чебурашка использовал размеченную «в клеточку» посеребрённую тонкую кожу. Пока кожа была нерастянута, размер всех клеточек был $a = 10$ мм. Когда Чебурашка аккуратно натянул кожу на металлическое кольцо барабана радиуса $r = 20$ см, все клеточки остались квадратными, но их размеры увеличились до $a' = 11$ мм. При этом сила упругости в металле, действующая вдоль кольца вследствие сжатия, оказалась равной $T = 30$ Н. При испытании барабана давление в резонаторе барабана понизили на $\Delta p = 100$ Па по сравнению с атмосферным. На каком расстоянии h от барабана соберутся лучи, отраженные от мембраны, если осветить его плоским пучком, параллельным оси барабана?

Задание 5 (20 баллов)

Для определения значения ускорения свободного падения g проводилось измерение параметров траектории движения круглого шара диаметром 10 см, который подбрасывался вертикально вверх на высоту около $H_0 = 6$ метров. Измерялось время T пролёта шара вверх до точки остановки и высота H , на которую шар поднялся за время T ; измерение величин T и H можно считать абсолютно точным.

Однако оказалось, что эксперименты с железным шаром и с резиновым мячиком в качестве шара того же размера дают немного отличающиеся значения константы g . Оцените погрешность измерения g для обоих экспериментов, возникающую вследствие сопротивления воздуха.

Указание: на релевантных скоростях движения следует считать, что сила сопротивления воздуха пропорциональна квадрату скорости шара. Для справки, динамическая вязкость воздуха $\eta = 2 \cdot 10^{-5}$ Па · с.

2022-2023 учебный год

Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба», 2 этап,

профиль "Физика", 9 класс

Максимальное количество баллов – 100

Задача 1 (20 баллов)

У очень дешевых строителей не оказалось рулетки, зато оказалась маленькая пушка, которая может стрелять с одной и той же скоростью вылета снаряда в разных направлениях. Её поместили на пол в один из углов комнаты и смогли определить, что она на пределе возможностей может попасть точечным снарядом в самый дальний угол от неё. Для того, чтобы попасть в этот угол, она должна выстрелить под углом $\beta = 60^\circ$ к горизонту, а чтобы попасть в самый близкий угол она должна выстрелить под углом $\alpha = 10^\circ$ к горизонту. Определите площадь стен в квартире, если площадь пола комнаты равна $S_{\text{пола}} = 20 \text{ м}^2$. Размеры пушки малы по сравнению с размером комнаты, из площади стен не исключать дверь и окно.

Задача 2 (20 баллов)

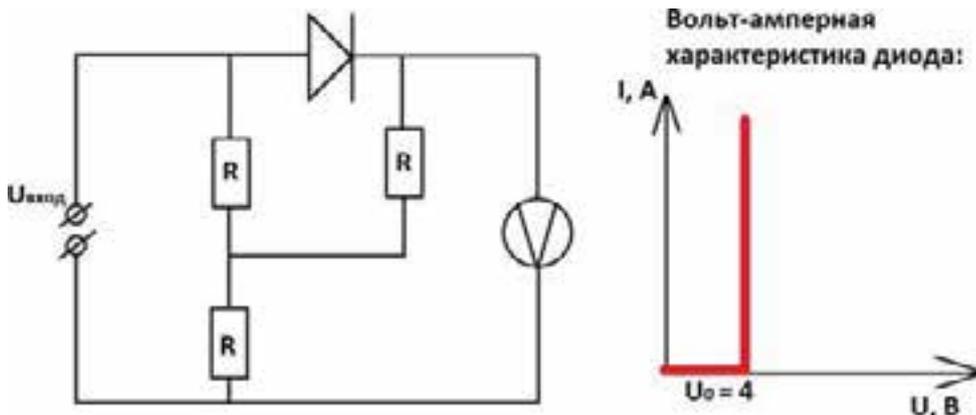
Два потребителя электричества, Сова и Жаворонок, подключены последовательно в цепь с источником постоянного напряжения. У каждого из потребителей имеется только один прибор, потребляющий электроэнергию – одинаковые реостаты, сопротивление которых может меняться в любых пределах. В одну ночь оба реостата имели одно сопротивление, каждое из которых было в 10 раз больше внутреннего сопротивления источника. Жаворонок, проснувшись рано утром, решил увеличить своё энергопотребление, пока Сова ещё спала. Используя реостат, он добился максимального значения своего энергопотребления. Затем поздним вечером, когда Жаворонок уже заснул, Сова обнаружила изменение своего энергопотребления и в свою очередь провела его максимизацию регулировкой своего реостата. После этого ещё два утра и два вечера Жаворонок и Сова по очереди повторяли максимизацию своего энергопотребления. Во сколько раз в итоге изменилось энергопотребление Сова и Жаворонка по сравнению с ночью до начала всех регулировок?

Задача 3 (20 баллов)

Для передачи сообщений используют специальную табличку, в которой для каждого напряжения присуждена буква латинского алфавита:

Напряжение, В	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20
Буква	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m

В передатчик включён «шифратор» – электрическая схема, состоящая из диодов и резисторов, которая изменяет входящий сигнал, как показано ниже на рисунке:



Слева подаётся входящий сигнал $U_{\text{вход}}$, а вольтметр измеряет выходящий сигнал. Определите первоначальный пароль, если после шифровки сигнала получился пароль: cdfgik

Задача 4 (20 баллов)

Температура горячей воды из крана 'Г' составляет примерно $T_{\text{Г}} = 70^{\circ}\text{C}$, а если включить его на полную производительность, то вода заполнит ванну за $t_{\text{Г}} = 15$ мин. Температура холодной воды из крана 'Х' составляет примерно $T_{\text{Х}} = 15^{\circ}\text{C}$, а если включить его на полную производительность, то вода заполнит ванну за $t_{\text{Х}} = 10$ мин. Определите:

- 1) За какое время вода из двух кранов, включённых на полную производительность, растопит мелко покрошенный пятикилограммовый кусок льда?
- 2) Какую максимальную массу льда можно растопить в ванне, если для его топки включить оба крана на максимальную производительность?

Объём ванны $V = 180$ л, плотность воды $\rho_{\text{в}} = 1000$ кг/м³, удельная теплоемкость воды $c_{\text{в}} = 4200$ Дж/кг $^{\circ}\text{C}$, удельная теплота плавления льда $\lambda = 330$ кДж/кг. Начальная температура льда $T_0 = 0^{\circ}\text{C}$, теплотерями пренебречь. Считать, что тепловое равновесие в ванне достигается мгновенно.

Задача 5 (20 баллов)

Оцените размер пикселя ПЗС-матрицы, которой можно заменить сетчатку глаза человека, чтобы не поменять остроту зрения. Какому количеству Мп (мегапикселей) соответствует разрешение человеческого глаза? Сетчатка занимает примерно 70% глаза по площади. Диаметр глаза практически у всех людей одинаковый и равен 24мм. Указание: площадь сферы выражается как $S = 4\pi R^2$, где R – её радиус

2022-2023 учебный год

**Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба», 2 этап,
профиль "Физика", 10 класс**

Максимальное количество баллов – 100

Задача 1 (20 баллов)

Маленький грузик подвешен на невесомой и нерастяжимой нити длиной $L = 6$ м. В начальный момент времени грузику, находящемуся в нижней точке, сообщили горизонтальную скорость, равную $V = 15$ м/с. Определите, на какую максимальную высоту в процессе движения сможет подняться груз. Ускорение свободного падения $g = 9,8$ м/с².

Задача 2 (20 баллов)

Абсолютно круглая и однородная планета покрыта слоем воды. Вследствие процессов радиоактивного распада в породе, из которой состоит планета, она медленно нагревается. Выделение тепла происходит равномерно во времени. Температура планеты в начальный момент измерения равна 5°C , в этот момент толщина слоя воды равна $H = 60$ м.

T, °C	P, МПа
5	0.007
100	0.1
120	0.2
134	0.3
144	0.4
152	0.5
159	0.6
165	0.7
170	0.8
175	0.9
180	1.0

1. При какой температуре планеты вся вода испарится?
2. С момента, когда вся вода испарилась, наблюдения продолжались до момента, когда температура достигла $T_f = 180^\circ\text{C}$. Какую долю тепла, выделившегося при радиоактивном распаде, вобрал в себя пар в результате этого процесса?

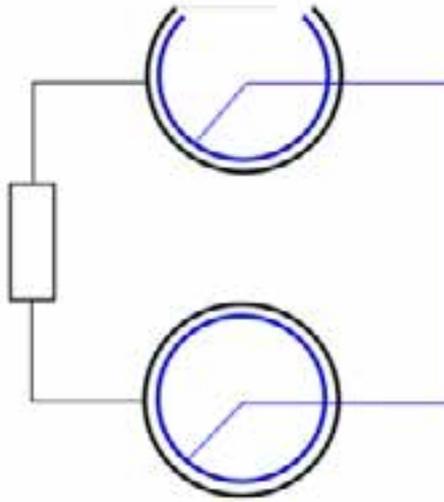
В таблице приведена зависимость давления насыщенных паров воды от температуры. Масса планеты равна массе Земли ($M = 6 \cdot 10^{24}$ кг), радиус совпадает с радиусом Земли, $r = 6400$ км. Удельная теплоёмкость породы планеты $C_p = 0.5$ кДж/(кг · К). Универсальная газовая постоянная $R = 8,3$ Дж/(моль · К). В каждый момент времени считать, что на планете установлено полное тепловое равновесие. Тепловым излучением планеты, расширением породы планеты при нагреве и потерей газа в космос пренебречь. При вычислениях приближённо считать, что давление насыщенного пара при 5°C равно нулю.

Задача 3 (20 баллов)

У очень дешёвых строителей не оказалось рулетки, зато оказалась маленькая пушка, которая может стрелять с одной и той же скоростью вылета снаряда в разных направлениях. Её поместили на пол в один из углов комнаты и смогли определить, что она на пределе возможностей может попасть точечным снарядом в самый дальний угол от неё. Для того, чтобы попасть в этот угол, она должна выстрелить под углом $\beta = 60^\circ$ к горизонту, а чтобы попасть в самый близкий угол она должна выстрелить под углом $\alpha = 10^\circ$ к горизонту. Определите площадь стен в квартире, если площадь пола комнаты равна $S_{\text{пола}} = 20$ м². Размеры пушки малы по сравнению с размером комнаты, из площади стен не исключать дверь и окно.

Задача 4 (20 баллов)

В схеме, приведенной на рисунке, соединены 2 одинаковых по размерам цилиндрических конденсатора с малым расстоянием между обкладками. При этом на каждой из пластин верхнего конденсатора вырезана четверть окружности. Определите, какое количество теплоты выделится на резисторе при повороте пластин верхнего конденсатора на полный оборот. Суммарный заряд на обкладках конденсаторов q_0 и $-q_0$, а ёмкость нижнего конденсатора в начальный момент времени CC , сопротивление резистора R . Поворот конденсаторов происходит двумя рывками по пол-оборота. Длительность рывков мала по сравнению с $\tau = RC$, а время между рывками велико по сравнению с τ .



Задача 5 (20 баллов)

Микроорганизмы перемещаются в водной среде за счет циклического изменения своей формы (например, движение жгутиков). Оцените, какое расстояние проплывет бактерия до полной остановки (после прекращения изменения своей формы), если ее размер $R = 1$ мкм, а скорость $u = 30$ мкм/с. Кинематическая вязкость воды $\nu = 10^{-2}$ см²/с. Считайте, что при данных условиях тормозить бактерию будет сила, пропорциональная её скорости.

2022-2023 учебный год

Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба», 2 этап,

профиль "Физика", 11 класс

Максимальное количество баллов – 100

Задача 1 (20 баллов)

Плоский горизонтальный конвейер длиной $l = 1$ м движется с переменной скоростью $v(t)$. На начальный его конец из резервуара без начальной скорости высыпается песок с переменным массовым расходом $q(t)$. К концу движения по конвейеру песок не движется относительно ленты. В конце конвейера песок слетает с ленты без потери скорости. Верхняя лента контейнера находится на высоте $h = 5$ м относительно земли. Песчинки после слёта с ленты свободно летят и падают на землю без сопротивления воздуха. Определите максимальную линейную (на единицу длины) плотность упавшего на землю песка. Считайте, что песок при касании с землёй прилипает к ней, а песчинки такие маленькие, что никак не влияют на место падения других. Временные зависимости $q(t) = q_0 + at$, $v(t) = v_0 + \beta t + \gamma t^3$, где параметры $q_0 = 1$ кг/с, $a = 100$ г/с², $v_0 = 5$ м/с, $\beta = 0.1$ м/с², $\gamma = 0.1$ мм/с⁴. Время ограничено, $t < T$, где $T = 15$ с, после чего песок заканчивается.

Задача 2 (20 баллов)

Абсолютно круглая и однородная планета покрыта слоем воды. Вследствие процессов радиоактивного распада в породе, из которой состоит планета, она медленно нагревается. Выделение тепла происходит равномерно во времени. Температура планеты в начальный момент измерения равна 5°C , в этот момент толщина слоя воды равна $H = 60$ м.

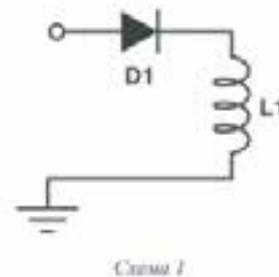
1. При какой температуре планеты вся вода испарится?
2. С момента, когда вся вода испарилась, наблюдения продолжались до момента, когда температура достигла $T_f = 180^\circ\text{C}$. Какую долю тепла, выделившегося при радиоактивном распаде, вобрал в себя пар в результате этого процесса?

T, °C	P, МПа
5	0.007
100	0.1
120	0.2
134	0.3
144	0.4
152	0.5
159	0.6
165	0.7
170	0.8
175	0.9
180	1.0

В таблице приведена зависимость давления насыщенных паров воды от температуры. Масса планеты равна массе Земли ($M = 6 \cdot 10^{24}$ кг), радиус совпадает с радиусом Земли, $r = 6400$ км. Удельная теплоёмкость породы планеты $C_p = 0.5$ кДж/(кг · К). Универсальная газовая постоянная $R = 8,3$ Дж/(моль · К). В каждый момент времени считать, что на планете установлено полное тепловое равновесие. Тепловым излучением планеты, расширением породы планеты при нагреве и потерей газа в космос пренебречь. При вычислениях приближённо считать, что давление насыщенного пара при 5°C равно нулю.

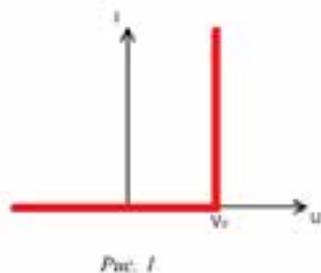
Задача 3 (20 баллов)

1) Определите максимальный ток, протекающий через диод D1, изображённый на схеме 1. Нижний контакт схемы заземлён, а на верхний подаётся переменное напряжение $U_0(t) = V_0 \sin \omega t$, где $V_0 = 10$ В, $\omega = 2\pi$ кГц. Индуктивность катушки $L_1 = 100$ мГн, вольт-амперная характеристика диода изображена на рисунке 1, напряжение открытия диода $V_D = 3$ В. В момент $t = 0$ ток через катушку не проходил.



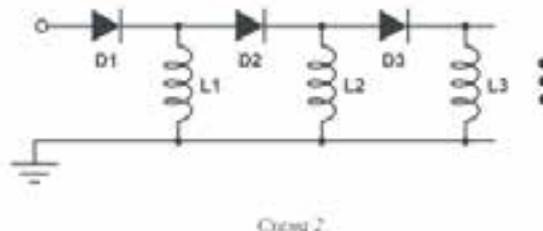
Напомним вам правило взятия определённого интеграла от синуса:

$$\int_{t_1}^{t_2} \sin \omega t dt = \frac{1}{\omega} (\cos \omega t_1 - \cos \omega t_2).$$



2) К предыдущей схеме добавили бесконечное число подобных элементов (схема 2). Определите максимальную сумму напряжений на катушках. Напряжение на верхнем левом контакте схемы $U_0(t) = V_0 \sin \omega t$, в начальный момент времени токи через каждую катушку равны нулю.

Все диоды и катушки одинаковые, имеют параметры такие же, как в первом пункте задачи.



Задача 4 (20 баллов)

Источник света, испускающий два луча под малым углом $\alpha = 5^\circ$ друг к другу, перемещается по кругу, оставаясь на одном расстоянии от оптической оси собирающей линзы. Направления лучей всегда остаются неизменными, каждый из лучей направлен под малым углом к оптической оси. За линзой поставили экран, наклоненный под углом $\beta = 4^\circ$ к нормали к оптической оси. Перемещением экрана вдоль оптической оси добились того, что один из лучей всегда попадает в одну точку, а другой описывает круг с радиусом $r = 0.3$ мм. Найдите радиус круга R , по которому движется источник света.

Задача 5 (20 баллов)

Микроорганизмы перемещаются в водной среде за счет циклического изменения своей формы (например, движение жгутиков). Оцените, какое расстояние проплывет бактерия до полной остановки (после прекращения изменения своей формы), если ее размер $R = 1$ мкм, а скорость $u = 30$ мкм/с. Кинематическая вязкость воды $\nu = 10^{-2}$ см²/с. Считайте, что при данных условиях тормозить бактерию будет сила, пропорциональная её скорости.

**Решения заданий заключительного этапа
Всероссийской олимпиады школьников «Высшая проба»
по профилю «Физика»**

2020-2021 учебный год

Ответы на задания Всероссийской олимпиады школьников "Высшая проба",
профиль "Физика" 9 класс

Максимальное количество баллов — 100

Задача 1. Механика.

Условие (Шилина Полина Васильевна) (25 баллов). В механической системе, схема которой представлена на рис. 1, небольшой брусок массой m лежит на однородном стержне длиной $L = 90$ см. Один из концов стержня шарнирно закреплён. Очень лёгкая подставка, закреплённая на неподвижных электронных весах, служит опорой для стержня. Стержень принимает горизонтальное положение.



рис.1

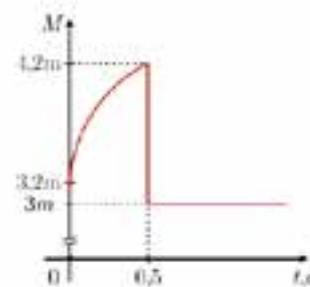


рис.2

Бруску сообщают начальную скорость вдоль стержня в направлении весов, в результате чего их показания M меняются с течением времени t так, как показано на рис. 2.

- 1) Во сколько раз масса стержня больше массы бруска?
- 2) На каком расстоянии L_1 от шарнира находился брусок в начале опыта?
- 3) С каким ускорением a двигался брусок?
- 4) Какую начальную скорость V_0 сообщили бруску?
- 5) Какую скорость V имел брусок в момент, когда показания весов принимали наибольшее значение?

Коэффициент трения скольжения бруска о стержень составляет $\mu = 0,4$. Считать, что $g = 10$ м/с².

Ответы:

- 1) в 5 раз;
- 2) $L_1 = L/6 = 15$ см;
- 3) $a = \mu \cdot g = 4$ м/с²;
- 4) $V_0 = 5L/6\tau + \mu \cdot g \cdot \tau/2 = 2,5$ м/с, где $\tau = 0,5$ с – время скольжения бруска по стержню;
- 5) $V = 5L/6\tau - \mu \cdot g \cdot \tau/2 = 0,5$ м/с.

Решение:

1) Из второго закона Ньютона для бруска следует, что его ускорение составляет $a = \mu \cdot g = 4 \text{ м/с}^2$. Брусок движется равноускоренно по стержню, поэтому расстояние от шарнира до бруска квадратично зависит от времени t . Это мы видим на графике в виде участка параболы. Пусть $\tau = 0,5 \text{ с}$. Поскольку показания M весов скачкообразно падают до постоянного значения $3m$ в момент $t = \tau$, то брусок не останавливается на стержне, а покидает его со скоростью $V = V_0 - \mu \cdot g \cdot \tau$.

2) Правило моментов для стержня относительно шарнира в момент, когда $M = 3,2m$ имеет вид: $m \cdot g \cdot L_1 + m_p \cdot g \cdot L/2 = 3,2 \cdot m \cdot g \cdot L_2$, где m_p – масса рычага, L_2 – расстояние от шарнира до опоры.

3) Правило моментов для стержня относительно шарнира в момент, когда $M = 4,2m$ имеет вид: $m \cdot g \cdot L + m_p \cdot g \cdot L/2 = 4,2m \cdot g \cdot L_2$.

4) Правило моментов для стержня относительно шарнира в момент, когда $M = 3m$ имеет вид: $m_p \cdot g \cdot L/2 = 3m \cdot g \cdot L_2$.

5) Решая систему трёх уравнений, получаем ответы на первые два вопроса: $L_1 = L/6 = 15 \text{ см}$ и $m_p = 5m$.

6) Из кинематики равноускоренного движения следует, что

$L - L_1 = V_0 \cdot \tau - (1/2)\mu \cdot g \cdot \tau^2$, откуда получаем ответ на четвёртый вопрос:

$$V_0 = 5L/6\tau + \mu \cdot g \cdot \tau/2 = 2,5 \text{ м/с}.$$

7) Из соотношения $V = V_0 - \mu \cdot g \cdot \tau$ получаем ответ на пятый вопрос:

$$V = 5L/6\tau - \mu \cdot g \cdot \tau/2 = 0,5 \text{ м/с}.$$

Разбалловка:

Записано условие равновесия в момент, когда $M = 3,2m$	2 балла
Записано условие равновесия в момент, когда $M = 4,2m$	2 балла
Записано условие равновесия в момент, когда $M = 3m$	2 балла
Записано то, что время скольжения бруска по стержню составляет $\tau = 0,5 \text{ с}$	1 балл
Ответ на первый вопрос	3 балла
Ответ на второй вопрос	3 балла
Ответ на третий вопрос	2 балла
Ответ на четвёртый вопрос	3 балла
Ответ на пятый вопрос	2 балла

Задача 2. Термодинамика

Задача 3 (Лужнов Алексей Сергеевич) (25 баллов). «Правильный» снеговик устроен так, что центры его соприкасающихся шаров располагаются на одной линии, и все шары имеют общую касательную. Александр решил провести «убийство» такого снеговика, состоящего из трёх шаров, «без следов». Для этого он взял большой шар снеговика, растопил и нагрел его до 100°C в кастрюле. После этого он опустил в кастрюлю среднюю часть снеговика, заметив, что после наступления теплового баланса температура уменьшилась до 60°C . Какой станет температура, если к имеющимся «уликам» добавить верхнюю часть снеговика? Начальная температура снеговика 0°C , удельная теплота плавления снега $\lambda = 330 \text{ Дж/кг}$, удельная теплоемкость воды $c = 4200 \text{ Дж/}^{\circ}\text{C} \cdot \text{кг}$.

Решение. Для начала рассмотрим геометрическую задачу про подобные треугольники, обозначив h расстояние от верхней окружности до точки пересечения оси симметрии и касательной:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{h + R_1}{h + 2R_1 + R_2} \quad (1)$$

$$\frac{R_2}{R_3} = \frac{h + 2R_1 + R_2}{h + 2R_1 + 2R_2 + R_3} \quad (2)$$

Решая данную систему, мы можем получить соотношение:

$$R_1 : R_2 = R_2 : R_3 \quad (3)$$

Теперь запишем уравнение теплового баланса большей и средней части снеговика:

$$m_3 c (t_k - t_1) = m_2 c (t_k - 0) + m_2 \lambda \quad (4)$$

$$\frac{m_3}{m_2} = \frac{ct_1 + \lambda}{c(t_k - t_1)} = \left(\frac{r_3}{r_2}\right)^3 = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^3 = k = 3,46 \quad (5)$$

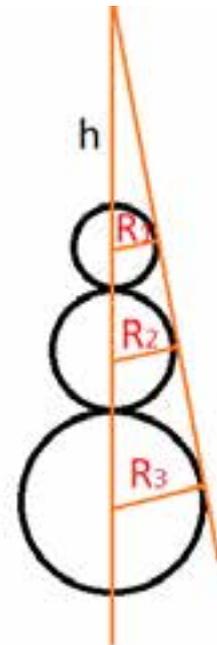
И запишем уравнение теплового баланса всего снеговика:

$$(m_3 + m_2)c(t_1 - t_2) = m_1 c(t_2 - 0) + m_1 \lambda \quad (6)$$

В результате приходим к окончательному ответу

$$t_2 = \frac{(m_3 + m_2)ct_1 - m_1 \lambda}{(m_3 + m_2 + m_1)c} = \frac{(k^2 + k)ct_1 - \lambda}{(k^2 + k + 1)c} = 51,6^{\circ}\text{C} \quad (7)$$

Как видно, температура при данном расчёте оказалась положительной, так что данный расчёт самосогласован.



Разбалловка.

Записано уравнение теплового баланса для нижней и средней части снеговика	5 баллов
Определены отношения геометрических размеров частей снеговика	5 баллов
Записано уравнение теплового баланса для всего снеговика	5 баллов
Обоснованно получена температура теплового баланса всего снеговика	10 баллов

Задача 3. Электроцепи

Условие (Шилина Полина Васильевна) (25 баллов). На рисунке представлена схема электрической цепи, состоящей из трёх одинаковых вольтметров, омметра, резистора и ключа K . Сопротивление резистора в два раза больше сопротивления вольтметра. Ключ K замкнут. Омметр показывает $R_0 = 0,96 \text{ МОм}$, а сумма показаний всех вольтметров составляет $V_0 = 0,64 \text{ В}$.

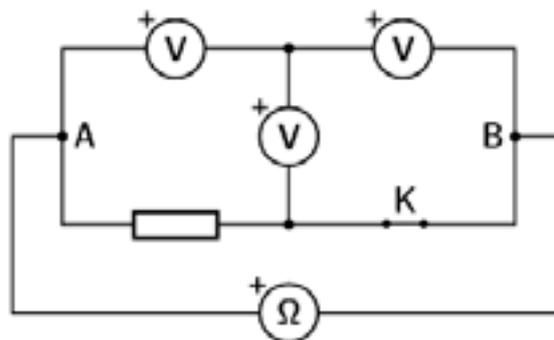
- 1) Определите напряжение V_{AB} между концами A и B омметра.
 - 2) Чему равна сила тока I_0 , протекающего через омметр?
 - 3) Какое сопротивление R имеет вольтметр?
 - 4) Во сколько раз сила тока, протекающего через ключ K , меньше силы тока I_0 , протекающего через омметр?
 - 5) Что покажет омметр, если ключ K разомкнуть?
- Сопротивление соединительных проводов много меньше сопротивления вольтметра.

Ответы:

- 1) $U_{AB} = 3/4U_0 = 0,48 \text{ В}$;
- 2) $I_0 = U_{AB}/R_0 = 3U_0/(4R_0) = 0,5 \text{ мкА}$;
- 3) $R = 7/6R_0 = 1,12 \text{ МОм}$;
- 4) в 1,4 раза;
- 5) омметр покажет $R_x = 49/24R_0 = 1,96 \text{ МОм}$.

Решение:

1) Центральный и правый вольтметр соединены параллельно, поэтому их показания совпадают. Обозначим их буквой U . Сопротивления вольтметров одинаковы и равны R . Через центральный и правый вольтметры будет протекать одинаковый ток $I = U/R$. По закону сохранения заряда через левый вольтметр будет протекать ток $2I$, поэтому левый вольтметр покажет напряжение $2U$. По условию $U + U + 2U = U_0$, откуда $U = U_0/4$. Напряжение между клеммами омметра равно сумме показаний левого и



правого вольтметров. Выходит, что $U_{AB} = 2U + U = 3U = 3U_0/4 = 0,48 \text{ В}$.

2) Омметр показывает значение $R_0 = U_{AB}/I_0$, поэтому $I_0 = U_{AB}/R_0 = 3U_0/(4R_0) = 0,5 \text{ мкА}$.

3) Напряжение на резисторе равно сумме показаний левого и центрального вольтметров, то есть $3U$, поэтому через резистор протекает ток $3U/(2R) = 1,5I$. По закону сохранения заряда $I_0 = 2I + 1,5I = 3,5I$, поэтому $I = 2I_0/7$. Поскольку $U = U_0/4$ и $I = 2I_0/7$, то $R = U/I = 7U_0/(8I_0) = 7R_0/6 = 1,12 \text{ МОм}$.

4) По закону сохранения заряда через ключ протекает ток $I_K = 1,5I + I = 2,5I$. Видно, что $I_0/I_K = 3,5I/(2,5I) = 7/5 = 1,4$ раза.

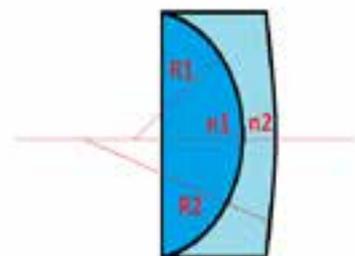
5) После размыкания ключа K цепь будет выглядеть как набор последовательно и параллельно соединённых резисторов. По соответствующим правилам для таких соединений: $R_x = 7R/4$, поэтому $R_x = 49/24R_0 = 1,96 \text{ МОм}$.

Разбалловка:

Есть понимание, что показания центрального и правого вольтметров совпадают	1 балл
Ответ на первый вопрос	3 балла
Ответ на второй вопрос	3 балла
Ответ на третий вопрос	5 баллов
Ответ на четвертый вопрос	4 балла
Показано, что новые показания омметра составляют $R_x = 7R/4$	2 балла
Ответ на пятый вопрос	2 балла

Задача 4. Оптика

Условие (Лужнов Алексей Сергеевич) (25 баллов). Для того, чтобы создать ахроматическую линзу, используют две линзы из разных материалов. К плосковыпуклой тонкой линзе с радиусом кривизны R_1 и зависимостью показателя преломления от длины волны проходящего света $n_1(\lambda) = n_{01} + \alpha_1 \cdot (\lambda_k - \lambda)$ вплотную прислоняют вогнуто-выпуклую тонкую линзу с радиусами кривизны R_1 и R_2 и показателем преломления $n_2(\lambda) = n_{02} + \alpha_2 \cdot (\lambda_k - \lambda)$. Определите, при каком значении R_2 данная система будет ахроматической, то есть её фокусное расстояние не будет зависеть от длины световой волны. Какой при этом будет величина фокусного расстояния? $R_1 = 40 \text{ см}$, $n_{01} = 1,805$, $\alpha_1 = 100 \text{ м}^{-1}$, $n_{02} = 1,500$, $\alpha_2 = 150 \text{ м}^{-1}$.



Решение. Обозначим фокусные расстояния первой и второй линз F_1 и F_2 . Согласно формуле линзы, они равны

$$\frac{1}{F_1} = (n_{01} + \alpha_1(\lambda_k - \lambda) - 1) \frac{1}{R_1} \quad (1)$$

$$\frac{1}{F_2} = (n_{02} + \alpha_2(\lambda_k - \lambda) - 1) \left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1} \right) \quad (2)$$

Фокусное расстояние составной системы линз F определяется уравнением

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2} \quad (3)$$

Складывая (1) и (2), заключаем, что фокусное расстояние составной системы (3) не зависит от длины волны, если

$$\frac{\alpha_1(\lambda_k - \lambda)}{R_1} + \alpha_2(\lambda_k - \lambda) \left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1} \right) = 0,$$

то есть когда

$$R_2 = \frac{\alpha_2}{\alpha_2 - \alpha_1} R_1 = 120 \text{ см.}$$

В частности, если материалы линз одинаковы, то мы приходим к тому, что R_2 должно быть неограниченно большим. Это означает, что задняя поверхность линзы является плоской, и оптическая сила у такой линзы отсутствует. Если же материалы разные, то

$$\frac{1}{F} = \frac{n_{01} - 1}{R_1} - \frac{\alpha_1}{\alpha_2} \frac{n_{02} - 1}{R_1} = \frac{1}{85} \text{ см}^{-1}$$

$$F = 85 \text{ см.}$$

Разбалловка.

Записана формула линзы	5 баллов
Записано правила сложения диоптрий рядом стоящих линз	5 баллов
Определено условие, при котором фокус системы не зависит от длины волны	5 баллов
Определён радиус R_2	5 баллов
Определено фокусное расстояние системы	5 баллов

2020-2021 учебный год

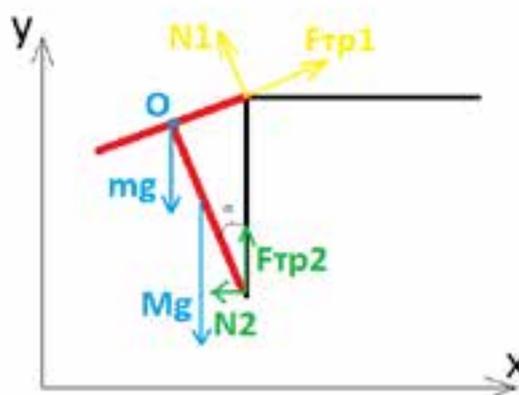
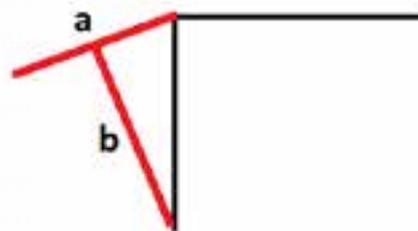
Ответы на задания Всероссийской олимпиады школьников "Высшая проба",
профиль "Физика" 10 класс

Максимальное количество баллов — 100

Задача 1. Механика.

Условие (Лужнов Алексей Сергеевич) (25 баллов).

У буквы «Г» «ножка» и «плечики» изготовлены из плоской рейки с постоянной погонной плотностью. Ребро рейки направлено ортогонально плоскости буквы. Буква «Г» свисает с края стола, как показано на рисунке. В верхней точке соприкосновения буква «Г» касается угла стола нижней стороной «плечика», и точка касания расположена у самого его конца. Определите при каком коэффициенте трения буквы «Г» о стол возможно равновесие, если $a = b$, а сила нормальной реакции от действующей со стороны «плечика» в верхнюю точку касания равна $\frac{7}{10\sqrt{5}}Mg$, где M — полная масса тела, а g — ускорение свободного падения. Коэффициент трения принять одинаковым в обеих точках соприкосновения.



Решение: Введем массу $m = M/2$ — масса нижней и верхней частей по отдельности.

Введем угол α между нижней частью балки и вертикалью.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{2b} = \frac{1}{2} \quad (1)$$

Легко определить его синус и косинус:

$$\sin \alpha = \frac{1}{\sqrt{5}}, \cos \alpha = \frac{2}{\sqrt{5}} \quad (2)$$

Запишем закон Ньютона вдоль вертикальной и горизонтальной оси:

$$ox: F_1 \cos \alpha - N_1 \sin \alpha - N_2 = 0 \quad (3)$$

$$oy: N_1 \cos \alpha + F_1 \sin \alpha + F_2 - mg - mg = 0 \quad (4)$$

Запишем правило моментов относительно точки O:

$$O: 0,5a N_1 + b F_2 \sin \alpha = 0,5b mg \sin \alpha + b N_2 \cos \alpha \quad (5)$$

Где F_1 и F_2 — соответствующие силы трения. Заметим, что в уравнениях (2)-(4) значение их ещё не определено и было бы опрометчиво записывать, что обе силы трения равны силе трения скольжения μN . Записанные уравнения — это уравнения, неизбежно

вытекающие из того условия, что тело покоится. Эти уравнения необходимо дополнить условием на то, что обе силы трения не больше силы трения скольжения:

$$F_1 \leq \mu N_1 \quad (6)$$

$$F_2 \leq \mu N_2 \quad (7)$$

Из уравнений (3)-(5) можем получить:

$$F_1 = \frac{1}{2} \left(\frac{a}{b} N_1 + 3mg \sin \alpha \right) \quad (8)$$

$$F_2 = \frac{1}{4} \left(mg (5 + 3 \cos 2\alpha) - N_1 \left(2 \frac{a}{b} \sin \alpha - 4 \right) \right) \quad (9)$$

$$N_2 = -N_1 \sin \alpha + \frac{1}{2} \cos \alpha \left(\frac{a}{b} N_1 + 3mg \sin \alpha \right) \quad (10)$$

Подставляя параметры задачи из условия, получаем:

$$F_1 = \frac{11}{5\sqrt{5}} mg \quad (8)$$

$$F_2 = mg \quad (9)$$

$$N_1 = \frac{7}{5\sqrt{5}} mg \quad (10)$$

$$N_2 = \frac{3}{5} mg \quad (11)$$

Учтём теперь условия (6) и (7):

$$\frac{11}{5\sqrt{5}} \leq \mu \frac{7}{5\sqrt{5}} \quad (12)$$

$$1 \leq \mu \frac{3}{5} \quad (13)$$

Откуда получается ограничение на коэффициент трения

$$\mu \geq \frac{5}{3} \approx 1,67 \quad (14)$$

При всех таких коэффициентах трения возможно равновесие.

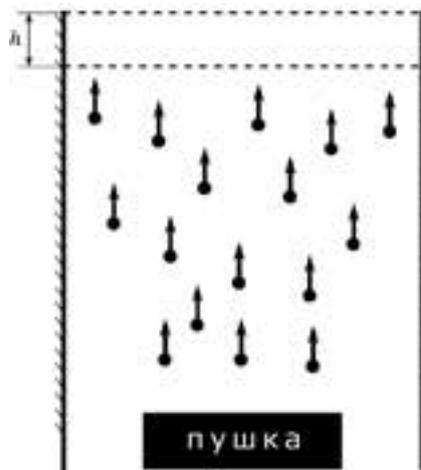
Разбалловка.

Правильно указаны все силы, действующие на тело	1 балл
Записан II закон Ньютона в проекции на одну ось	2 балла
Записан II закон Ньютона в проекции на вторую ось	2 балла
Записано правило моментов	2 баллов
Обоснован выбор значений сил трения или это в решении не используется	6 баллов

Найдена нижняя граница искомого промежутка	3 балла
Найден весь промежуток	9 баллов

Задача 2. Термодинамика

Условие (Вергелес Сергей Сергеевич) (25 баллов). На входе прямого канала с прямоугольным поперечным сечением расположена пушка, испускающая частицы с массой m и зарядом $+q$. На выходе канала расположены две металлические сетки, между которыми фиксирована некоторая разность потенциалов, В результате в пространстве между сетками есть однородное электрическое поле, и на частицу в этом пространстве действует сила F , направленная внутрь канала. Расстояние между сетками равно h . Концентрация выброшенных пушкой частиц, подлетающих к сеткам, равна n , а их скорость направлена вдоль канала и равна u . За сетками находится вакуум. Плотность сеток мала, так что частицы практически не натываются на провода сеток, пролетая сквозь них. Найдите давление, с которым частицы действуют на систему двух сеток. Считайте, что концентрация частиц мала, поэтому их взаимодействием друг с другом можно пренебречь.



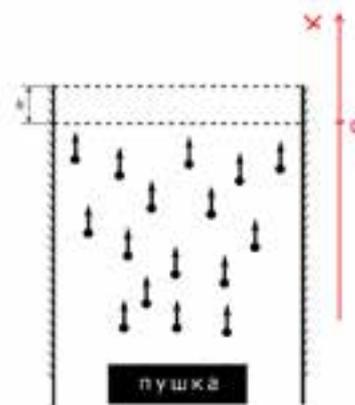
Решение.

При различных наборах параметров у этой задачи будет два множества непрерывных ответов. Эти наборы параметров будут отвечать за два типа движения: частицы пролетают электрическое поле насквозь и частицы разворачиваются в электрическом поле, меняя направление своей скорости. Рассмотрим отдельно эти два случая.

Рассмотрим для начала ситуацию, в которой частицы разворачиваются в электрическом поле, то есть толщины h хватает для того, чтобы остановить в некоторый момент частицу и заставить лететь её в противоположном направлении. Введём ось Ox , как показано на рисунке. Тогда зависимость координаты и скорости частицы, влетевшей в начальный момент времени в электрическое поле, будет выглядеть следующим образом

$$x(t) = u t - \frac{F}{2m} t^2 \quad (1)$$

$$v(t) = u - \frac{F}{m} t \quad (2)$$



Определим теперь критическую ширину h , при которой возможен такой тип движения частицы – с разворотом в поле.

Время, через которое частица будет иметь нулевую скорость, равняется, из уравнения (2):

$$t^* = \frac{um}{F} \quad (3)$$

Подставляя это время в зависимость координаты от времени (1), получаем условие на точку разворота – она должна находиться в области действия силы F :

$$h > x(t^*) \quad (4)$$

Подставляя в (4) закон движения (1), получаем условие на критическую толщину:

$$h^* = \frac{u^2 m}{2F} \quad (5)$$

Определим теперь давление частиц на систему сеток, создающих электрическое поле в случае, когда $h > h^*$, то есть, когда частицы разворачиваются в электрическом поле.

За время dt через площадь сечения канала dS пролетает число частиц, равное

$$dN = n dS u dt \quad (6)$$

Эти частицы, повернувшись в электрическом поле, вылетают из него внутрь канала с той же скоростью, с которой они влетали в поле, поэтому полное изменение импульса этих частиц в проекции на ось Ox будет равно

$$dP_q = -2mu dN \quad (7)$$

По третьему закону Ньютона, такой же импульс, но с противоположным знаком, приобрела система из двух сеток, создающая это электрическое поле

$$dP_c = 2mu dN \quad (8)$$

Учитывая, что сила, действующая на элемент площади dS системы двух сеток равна $dF = dP_c/dt$ и что давление на эти сетки будет равно $p = dF/dS$, получаем итоговое давление

$$p = 2mu^2 n \quad (9)$$

Напомним, что это давление в случае $h > h^*$.

Осталось рассмотреть случай $h < h^*$. В этом случае частицы пролетают электрическое поле насквозь и в канал более не возвращаются. Посчитаем также изменение импульса частиц, пролетевших через поперечное сечение канала площади dS за время dt и с его помощью найдём соответствующее изменение импульса участка системы сеток той же площади за то же время.

Рассмотрим частицу, которая влетела в электрическое поле в нулевой момент времени. Законы изменения координаты и скорости для неё внутри поля будут следующими:

$$x(t) = u t - \frac{F}{2m} t^2 \quad (10)$$

$$v(t) = u - \frac{F}{m} t \quad (11)$$

Посчитаем скорость на вылете из этого поля. Время, которое частица провела в поле, определяется условием

$$x(t_{\text{вылета}}) = h \quad (12)$$

Подставляя в него закон движения (10), получаем два возможных значения $t_{\text{вылета}}$:

$$t_{\text{вылета}} = \frac{m u \pm \sqrt{m^2 u^2 - 2 F m h}}{F} \quad (13)$$

Из которых нас интересует минимальный – тот, что идёт со знаком минус. Отсюда, кстати, видно условие на уже вычисленную критическую толщину поля – выражение под корнем должно быть положительным.

Подставляя найденное время вылета в закон изменения скорости (11), получаем, что на вылете из поля, частицы имеют скорость

$$v_{\text{вылета}} = \sqrt{u^2 - \frac{2 F h}{m}} \quad (14)$$

Тогда изменение импульса одной частицы будет равно (в проекции на ось Ox)

$$\Delta P_{\text{ч}} = -m \left(u - \sqrt{u^2 - \frac{2 F h}{m}} \right) \quad (15)$$

Теперь, рассматривая поток частиц, рассуждениями, аналогичными рассуждениям в случае “отражения” частиц, мы получаем давление на систему сеток, равное

$$p = n \Delta P_{\text{ч}} \quad (16)$$

Теперь можно записать полный ответ:

В случае $h > h^*$ давление будет равно $p = 2 m u^2 n$

В случае $h < h^*$ давление будет равно $p = n m \left(u - \sqrt{u^2 - \frac{2 F h}{m}} \right)$

где $h^* = \frac{u^2 m}{2 F}$.

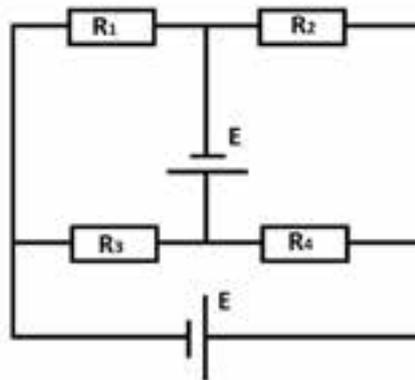
Разбалловка.

Явно указана необходимость рассмотрения двух возможных диапазонов параметров	5 баллов
Явно найден пороговый параметр	5 баллов
Найдено давление в одном случае	5 баллов
Найдены давления в обоих случаях	10 баллов

Задача 3. Электростатика

Задача 3 (Лужнов Алексей Сергеевич) (25 баллов).

При изучении свойств источников постоянных токов и напряжений было замечено, что, если заменить оба источника постоянного напряжения, показанных на схеме, на источники постоянных токов с сохранением полярности, то все токи, протекающие через резисторы, изменятся в одно и то же число раз. Если теперь поставить в верхнее положение источник тока, а в нижнее - источник напряжения, отношение напряжений на $R_2 = 1 \text{ кОм}$ и $R_3 = 4 \text{ кОм}$ равно 1:2. Определите при каком значении R_1 это возможно.

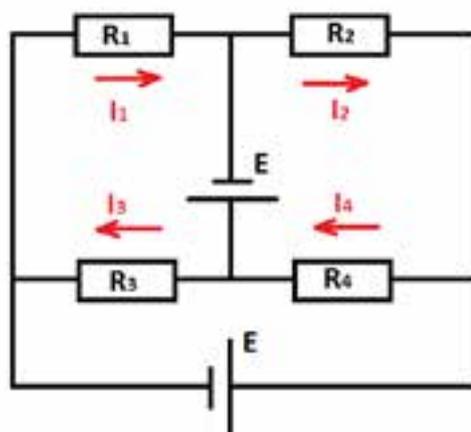


Решение.

Запишем II правило Кирхгофа для контура, проходящего через 2 батареи и резисторы R_1 и R_4 :

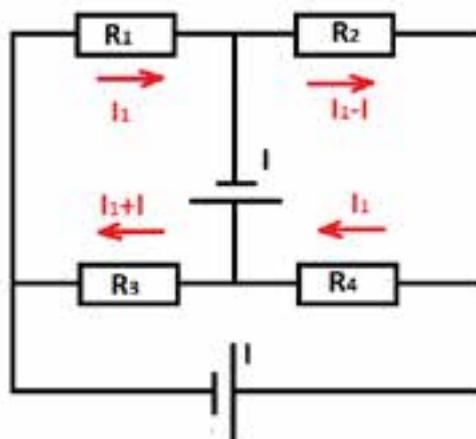
$$I_1 R_1 - I_4 R_4 = 0 \quad (1)$$

$$\frac{I_1}{I_4} = \frac{R_4}{R_1} \quad (2)$$



Теперь рассмотрим 2 случай.

Получаем, что сила тока через резисторы R_1 и R_4 совпадают и единственный возможный случай, чтобы токи увеличились пропорционально это когда $R_1 = R_4 = R$.



Переходим к последней схеме.

Запишем II правило Кирхгофа через контур без источников

$$I_1 R + (I_1 + I) R_2 = I_3 R_3 + (I_3 - I) R \quad (3)$$

А также воспользуемся отношением напряжений на R_2 и R_3

$$\frac{(I_1 + I) R_2}{I_3 R_3} = \frac{1}{2} \quad (4)$$

$$\frac{I_1 + I}{I_3} = 2 \quad (5)$$

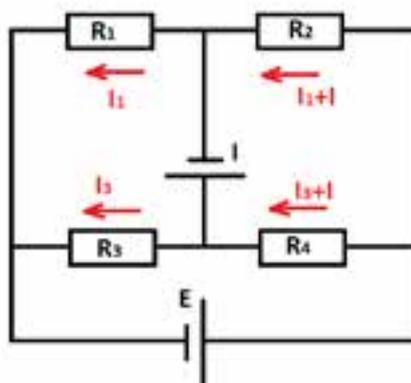
Теперь можем сгруппировать слагаемые

$$(I_1 + I - I_3) R = I_3 R_3 - (I_1 + I) R_2 \quad (6)$$

Используя уравнение (4), получим линейное уравнение на R

$$I_3 R = I_3 R_3 - 2 I_3 R_2 \quad (7)$$

Откуда получаем $R = R_1 = 2 \text{ кОм}$

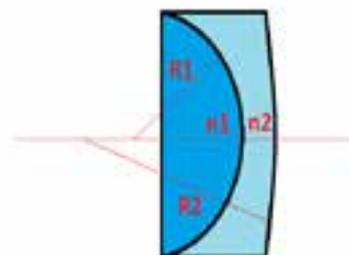


Разбалловка.

Записаны уравнения Кирхгофа в первом случае	1 балл
Записаны уравнения Кирхгофа во втором случае	1 балл
Записаны уравнения Кирхгофа в третьем случае	1 балл
Определено равенство $R_1 = R_4$ или это равенство не было использовано при решении	7 баллов
Определено искомое сопротивление	15 баллов

Задача 4. Оптика

Условие (Лужнов Алексей Сергеевич) (25 баллов). Для того, чтобы создать ахроматическую линзу, используют две линзы из разных материалов. К плосковыпуклой тонкой линзе с радиусом кривизны R_1 и зависимостью показателя преломления от длины волны проходящего света $n_1(\lambda) = n_{01} + \alpha_1 \cdot (\lambda_k - \lambda)$ вплотную прислоняют вогнуто-выпуклую тонкую линзу с радиусами кривизны R_1 и R_2 и показателем преломления $n_2(\lambda) = n_{02} + \alpha_2 \cdot (\lambda_k - \lambda)$. Определите, при каком значении R_2 данная



система будет ахроматической, то есть её фокусное расстояние не будет зависеть от длины световой волны. Какой при этом будет величина фокусного расстояния? $R_1 = 40$ см, $n_{01} = 1,805$, $\alpha_1 = 100 \text{ м}^{-1}$, $n_{02} = 1,500$, $\alpha_2 = 150 \text{ м}^{-1}$.

Решение. Обозначим фокусные расстояния первой и второй линз F_1 и F_2 . Согласно формуле линзы, они равны

$$\frac{1}{F_1} = (n_{01} + \alpha_1(\lambda_k - \lambda) - 1) \frac{1}{R_1} \quad (1)$$

$$\frac{1}{F_2} = (n_{02} + \alpha_2(\lambda_k - \lambda) - 1) \left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1} \right) \quad (2)$$

Фокусное расстояние составной системы линз F определяется уравнением

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2} \quad (3)$$

Складывая (1) и (2), заключаем, что фокусное расстояние составной системы (3) не зависит от длины волны, если

$$\frac{\alpha_1(\lambda_k - \lambda)}{R_1} + \alpha_2(\lambda_k - \lambda) \left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1} \right) = 0,$$

то есть когда

$$R_2 = \frac{\alpha_2}{\alpha_2 - \alpha_1} R_1 = 120 \text{ см.}$$

В частности, если материалы линз одинаковы, то мы приходим к тому, что R_2 должно быть неограниченно большим. Это означает, что задняя поверхность линзы является плоской, и оптическая сила у такой линзы отсутствует. Если же материалы разные, то

$$\frac{1}{F} = \frac{n_{01} - 1}{R_1} - \frac{\alpha_1}{\alpha_2} \frac{n_{02} - 1}{R_1} = \frac{1}{85} \text{ см}^{-1}$$

$$F = 85 \text{ см.}$$

Разбалловка.

Записана формула линзы	5 баллов
Записано правила сложения диоптрий рядом стоящих линз	5 баллов
Определено условие, при котором фокус системы не зависит от длины волны	5 баллов
Определён радиус R_2	5 баллов
Определено фокусное расстояние системы	5 баллов

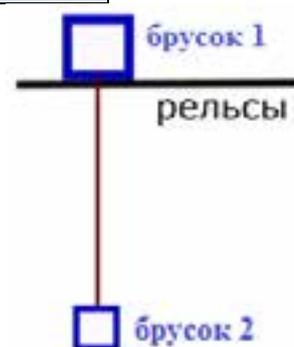
2020-2021 учебный год

Ответы на задания Всероссийской олимпиады школьников "Высшая проба",
профиль "Физика" 11 класс

Максимальное количество баллов — 100

Задача 1. Механика.

Условие (Шилина Полина Васильевна, Вергелес Сергей Сергеевич) (25 баллов). Брусок может без трения скользить по рельсам. К нему привязана нерастяжимая невесомая нить, которая проходит между рельсами не касаясь их. С другого конца к ней привязан второй брусок массы в два раза меньшей, чем первый. Подвешенный брусок отклонили на небольшой угол и измерили частоту колебаний. Затем бруски поменяли местами. Как изменилась частота колебаний?



Решение: К системе брусок 1+брусок 2 не приложена внешняя сила вдоль рельс. Поэтому проекция положения центра тяжести этой системы на направление вдоль рельс движется равномерно и прямолинейно. Будем двигаться вдоль рельс со скоростью, равной проекции скорости центра масс, тогда в нашей системе отсчёта центр масс по горизонтали будет покоиться. В выбранной системе координат он будет лишь совершать малые колебания по вертикали.

Центр масс находится в точке, которая делит нить как 1:2, если считать от верхнего тяжелого бруска 1. Пусть длина нити равна l . Тогда лёгкий брусок 2 совершает колебания, как если бы длина нити, на которой он подвешен, была бы равна $2l/3$. Таким образом, частота колебаний груза равна

$$\omega_1 = \sqrt{3g/2l}. \quad (1)$$

К этому же результату можно прийти, если рассмотреть соотношение потенциальной и кинетической энергий в процессе колебаний. Пусть φ – угол, на который отклонилась нить. Скорости движений по горизонтали бруска 1 и бруска 2 по горизонтали равны соответственно $l\dot{\varphi}/3$ и $2l\dot{\varphi}/3$, суммарная кинетическая энергия этого движения равна

$$T = \frac{m}{2}(l\dot{\varphi}/3)^2 + \frac{m}{2 \cdot 2}(2l\dot{\varphi}/3)^2 = \frac{m}{6}(l\dot{\varphi})^2.$$

где m – масса бруска 1. Потенциальная энергия такая же, как для обычного маятника, она равна

$$\Pi = \frac{mgl(\varphi)^2}{2 \cdot 2}.$$

Сравнивая коэффициенты при $\dot{\varphi}^2$ в кинетической энергии и при φ^2 в потенциальной энергии, приходим к тому же ответу (1).

Во втором эксперименте длина маятника для подвешенного тяжёлого бруска l равна $l/3$, поэтому

$$\omega_2 = \sqrt{3g/l}.$$

Таким образом,

$$\frac{\omega_2}{\omega_1} = \sqrt{2}.$$

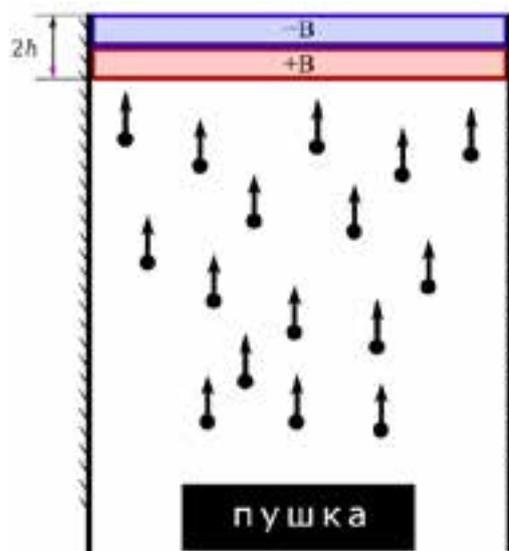
Разбалловка.

Явно указан переход в систему отсчёта центра масс, или в решении такое предположение не требуется	2 балла
Записаны уравнения, или сделаны замечания, позволяющие вычислить частоту в первом случае	4 балла
Правильно получена первая частота	5 баллов
Записаны уравнения, или сделаны замечания, позволяющие вычислить частоту в первом случае	4 балла
Правильно получена вторая частота	10 баллов

Задача 2. Термодинамика - МКТ

Условие (Вергелес Сергей Сергеевич) (25 баллов).

На входе прямого канала с прямоугольным поперечным сечением расположена пушка, испускающая частицы с массой m и зарядом q . На выходе канала расположены две плоские, одинаковые, приставленные друг к другу магнитные катушки с противоположными токами, как показано на рисунке. Толщина каждой из катушек равна h , магнитное поле внутри катушек направлено ортогонально плоскости рисунка и по модулю равно B . В этих катушках плотность проводов обмотки мала, так что можно считать, что частицы, летящие из канала, не замечают проводов. Концентрация выброшенных пушкой частиц, подлетающих к магнитному полю, равна n , а их скорость направлена вдоль канала и равна u . За катушками находится вакуум. Найдите давление, с которым частицы действуют на систему двух катушек. Считайте, что концентрация частиц мала, поэтому их взаимодействием друг с другом можно пренебречь.



Решение. Частица, влетая в область первой катушки, начинает двигаться по окружности под действием силы Лоренца, действующей со стороны магнитного поля. Сила Лоренца равна $F = quB$, в данном случае она является центростремительной силой, то есть

$$F = quB = \frac{mu^2}{\xi},$$

где ξ – радиус орбиты частицы. Находим, что он равен

$$\xi = \frac{mu}{qB}.$$

Если толщина катушки h больше, чем максимально возможный радиус орбиты частицы ξ , $\xi < h$, то все частицы, совершив полукруг в первой катушке, вылетают обратно в объём, занимаемый газом. В этом случае импульс dp_u , переданный катушке за время dt на единицу площади dS от частиц со скоростью u , равен

$$dp_u = 2mu \cdot n \cdot dS \cdot (u \cdot dt)$$

Величина $dS \cdot (u \cdot dt)$ есть элемент объёма, из которого частицы, имеющие скорость u , успеют долететь до катушки за время dt . В частности, $(u \cdot dt)$ есть размер этого объёма в ортогональном стенке направлении. Давление, производимое газом, равно

$$P = \frac{dp}{dS \cdot dt} = 2nmu^2, \quad h > \frac{mu}{qB}.$$

Если же радиус орбиты частицы в магнитном поле больше толщины катушки, $\xi > h$, то частицы, двигаясь по окружности, достигнут задней границы первой катушки и влетят в область второй катушки. Поскольку там поле направлено в противоположную сторону, то частицы, двигаясь по окружности с тем же радиусом ξ , но заворачивая в противоположную сторону, достигнут внешней границы второй катушки с исходной скоростью u . В результате такие частицы не передадут системе из двух катушек какого-либо импульса. Пороговая скорость u_* определяется из условия $\xi_* = h$, то есть

$$\xi_* = h, \quad u_* = \frac{qBh}{m}.$$

В результате получим:

$$P = 0, \quad h < \frac{mu}{qB}.$$

Разбалловка.

Явно указана необходимость рассмотрения двух возможных диапазонов параметров	5 баллов
Явно найден пороговый параметр	5 баллов
Найдено давление в одном случае	5 баллов
Найдены давления в обоих случаях	10 баллов

Задача 3. Электричество и магнетизм.

Задача 3 (Вергелес Сергей Сергеевич) (25 баллов). Полый цилиндр радиуса b имеет толщину стенок h , малую по сравнению с его радиусом, и изготовлен из металла с удельным сопротивлением ρ . В некоторый момент времени на цилиндр начинает действовать однородное магнитное поле B , сонаправленное с осью цилиндра, амплитуда которого увеличивается линейно со временем t , так что $B = \alpha t$, параметр α известен. Высота цилиндра велика по сравнению с его радиусом. Найдите магнитное поле внутри цилиндра на временах когда ток, текущий по поверхности проводящего цилиндра, уже можно считать установившимся.

Решение. Составим эквивалентную цепь, чтобы рассчитать поверхностную плотность тока, текущего по цилиндру. Знание тока позволит нам рассчитать магнитное поле внутри цилиндра.

Проводящий цилиндр можно представить как провод в виде катушки индуктивности, имеющий N витков. Длина такого провода равна $2\pi Nb$, его поперечное сечение представляет собой прямоугольник со сторонами h и $\zeta = l/N$, где l – высота цилиндра. По получившейся катушке протекает ток I . Индуктивность такой катушки

$$L = \frac{\mu_0 N^2 S}{l},$$

где $S = \pi b^2$. Сопротивление катушки (провода)

$$R = \frac{2\pi b N}{\zeta \cdot h} \cdot \rho = \frac{N^2 2\pi b \rho}{lh}.$$

Через катушку проходит поток, равный $\Phi_{ext} = NSB$. Уравнение на ток в катушке

$$L \frac{dI}{dt} + RI = - \frac{d\Phi_{ext}}{dt}.$$

Если ток уже установился, это означает, что первым слагаемым в левой части уравнения можно пренебречь. Тогда ток

$$I = - \frac{NS}{R} \frac{dB}{dt}.$$

Магнитное поле внутри цилиндра

$$B_b = \frac{LI}{NS} + B = \alpha(t - t_0), \quad t_0 = \frac{\mu_0 b h}{2\rho}.$$

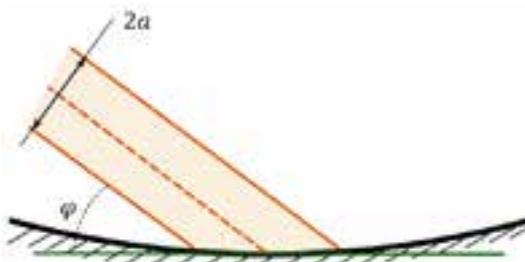
Разбалловка.

Описана идея вычисления поля внутри цилиндра	5 баллов
Записано уравнение на ток, текущий по цилиндру	5 баллов

Явно учтено, что ток установившийся	3 балла
Найдено поле внутри цилиндра	12 баллов

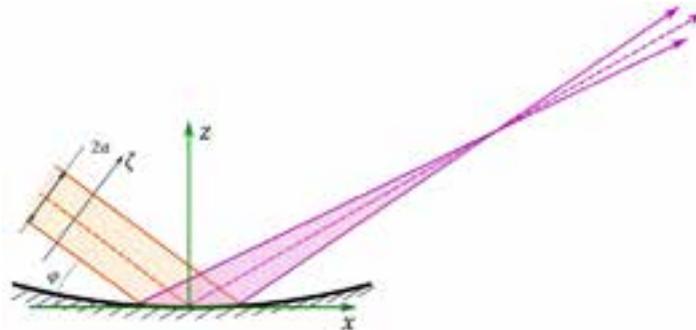
Задача 4. Оптика

Условие (Вергелес Сергей Сергеевич) (25 баллов). На участок цилиндрического вогнутого зеркала радиуса R падает под малым углом φ к касательной плоскости, проведённой к цилиндру в точке падения пучка, параллельный пучок света, имеющий круговое поперечное сечение радиуса a , см. Рисунок. Известно, что в области засветки поверхность зеркала меняет свой наклон на угол, малый по сравнению с углом падения φ . Отражённый пучок наблюдается на экране, который расположен ортогонально отражённому центральному лучу в пучке. На каком расстоянии от точки отражения следует расположить экран, чтобы изображение пучка выглядело как линия, параллельная образующей цилиндрического зеркала?



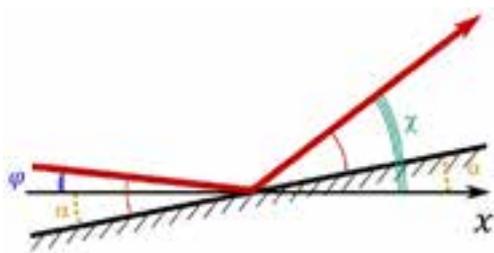
Решение. Введём глобальную систему координат $Oxyz$ как показано на рисунке. Начало осей есть точка отражения центрального луча в пучке. Введём также координату ζ , направленную ортогонально оси падающего пучка в плоскости Oxz , так что прямая $\zeta = 0, y = 0$ соответствует оси падающего пучка.

Поскольку мы имеем дело с участком цилиндрического зеркала, поверхность которого в разных точках имеет разный угол наклона, то установим сначала закон отражения лучей в общем виде в случае наклона отражающей поверхности относительно глобальной горизонтали Ox . Пусть угол падения луча относительно глобальной оси Ox равен φ , и падающий луч распространяется в плоскости Oxz . Если угол наклона отражающей поверхности равен α относительно оси Ox , а ось Oy параллельна поверхности, то угол отражения χ относительно оси Ox равен



$$\chi = \varphi + 2\alpha. \quad (1)$$

Равенство (1) легко усмотреть из требования равенства углов падения и отражения относительно отражающей поверхности.



Координата x связана с координатой ζ поперёк пучка согласно соотношению

$$x = \frac{\zeta}{\varphi}.$$

Таким образом, координата x изменяется в пределах $-a/\varphi < x < a/\varphi$. В этих подсчётах мы полагали, что поверхность зеркала можно считать в главном приближении плоской. Для того, чтобы найти локальную ориентацию поверхности, учтём кривизну зеркала. Получим, что

$$\alpha = \frac{x}{R}.$$

Теперь можно приступить к ответу на поставленный вопрос. Крайние лучи сойдутся по вертикальному направлению (по направлению Oz) на расстоянии X , которое определяется условием

$$X = \frac{2a}{\chi(\zeta = a) - \chi(\zeta = -a)} = \frac{R\varphi}{2}. \quad (2)$$

Согласно условию, угол изменения наклона зеркальной поверхности на расстоянии засветки мал по сравнению с углом падения, то есть

$$\frac{a/\varphi}{R} \ll \varphi.$$

Это условие эквивалентно тому, что расстояние X велико по сравнению с размером засветки, $X \gg a/\varphi$. Это неравенство оправдывает то, что при геометрическом расчёте, приведшем к формуле (2), мы как раз пренебрегли расстоянием a/φ , которое есть разница хода двух крайних лучей до момента пересечения.

Разбалловка.

Показано, каким образом лучи образуют линию на экране (объяснены используемые приближения)	2 балла
Найдена протяжённость пятна света на зеркале	3 балла
Указано, как зависит наклон части зеркала в зависимости от рассматриваемой точки падения луча	3 балла
Найдено, под какими углами отражаются крайние лучи в пучке	7 баллов
Правильно получен ответ	10 баллов

2021-2022 учебный год

Ответы на задания Всероссийской олимпиады школьников "Высшая проба",
профиль "Физика" 9 класс

Максимальное количество баллов — 100

Задача 1. Механика.

Условие 0 (20 баллов). На симметричном клине располагаются два бруска с одинаковой массой, которые соединены через идеальный неподвижный блок невесомой и нерастяжимой нитью. Клины начинают вращать с постоянной угловой скоростью ω вокруг оси симметрии. Определите при каком взаиморасположении грузы будут покоиться? Коэффициент трения между грузами и клином $\mu = 1/6$, угол наклона сторон клина к горизонту $\alpha = 45^\circ$. Брусочки не отрываются от поверхности клина, ускорение свободного падения равно g , длина нити равна $L = g/(\sqrt{2} * \omega^2)$. Размером блока пренебречь.

Решение: Будем решать задачу в общем виде, когда массы грузов равны m (груз №1) и M (груз №2). Найдём положение, когда грузы вот-вот поедут в сторону груза M . Тогда сила трения покоя равна силе трения скольжения. Обозначим силу натяжения нити T , реакции опор N_1 и N_2 . Длина нити от блока (т.е. от оси вращения) до первого груза равна z_1 , тогда длина нити от блока до второго груза равна $z_2 = L - z_1$. Важно отметить, что z_1 не может быть меньше 0 или больше L . Имеем систему уравнений:

$$N_1 + m\omega^2 z_1 \cos \alpha \sin \alpha = mg \cos \alpha,$$

$$N_2 + M\omega^2(L - z_1) \cos \alpha \sin \alpha = Mg \cos \alpha,$$

$$T = mg \sin \alpha + m\omega^2 z_1 \cos^2 \alpha + \mu N_1 = Mg \sin \alpha + M\omega^2(L - z_1) \cos^2 \alpha - \mu N_2$$

Решением является

$$\frac{z_{1-}}{L} = \frac{\frac{g}{L\omega^2} ((M - m) \tan \alpha - (M + m)\mu) + M(\mu \sin \alpha + \cos \alpha)}{(m + M) \cos \alpha + (M - m)\mu \sin \alpha}$$

Если положить, что грузы поедут в сторону груза №1 (надо поменять знаки перед μ в системе уравнений), то решением будет

$$\frac{z_{1+}}{L} = \frac{\frac{g}{L\omega^2} ((M - m) \tan \alpha + (M + m)\mu) + M(\cos \alpha - \mu \sin \alpha)}{(m + M) \cos \alpha + (m - M)\mu \sin \alpha}$$

Для заданных в условии соотношений грузы останутся неподвижными, если положение первого груза z_1 будет удовлетворять неравенствам

$$z_{1-} < z_1 < z_{1+}, \quad z_{1+} = \frac{3L}{4}, \quad z_{1-} = \frac{L}{4}.$$

Разбалловка.

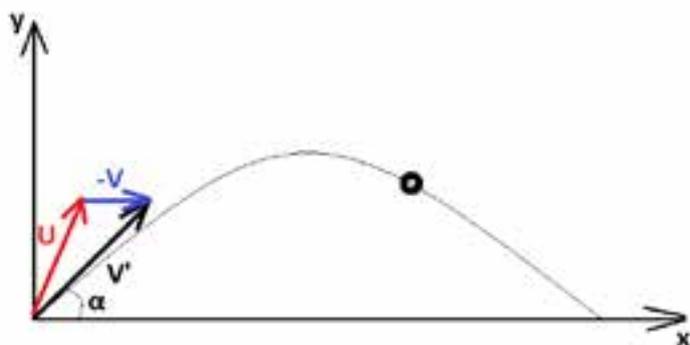
Записана система уравнений Ньютона для обоих грузов	5 баллов
Правильно учтена сила трения	2 балла
Получено неравенство (в любом виде), ограничивающее возможное взаиморасположение грузов	5 баллов
Правильно посчитана левая граница взаимного расположения	4 балла
Правильно посчитана правая граница взаимного расположения	4 балла

Задача 2.

Условие (Лужнов Алексей Сергеевич) (20 баллов). В далеком 1958 году маленький воробей пролетал над военной базой в Китае. Местные жители решили избавиться от «вредителя» с помощью старинной пушки. Воробей увидел, как из пушки вылетело ядро. Направление скорости ядра к горизонту в момент выстрела он определил равным $\alpha = 45^\circ$. Ровно через $t_1 = 2 \text{ с}$ он услышал оглушающий хлопок. Если бы он не сменил вовремя траекторию, то через $t_2 = 10 \text{ с}$ снаряд поразил бы его. Определите, с какой скоростью вылетел снаряд из пушки, и на каком расстоянии он приземлился. Считать, что воробей летел строго параллельно горизонту по направлению к пушке с постоянной скоростью $V = 46 \text{ км/ч}$. Ускорение свободного падения $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$, скорость распространения звука в воздухе $c = 330 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

Решение. Первое, что необходимо указать в решении, что воробей является движущейся системой отсчета, поэтому значения и направления скоростей, которые он наблюдает – являются относительными.

Можно рассмотреть задачу в системе отсчета воробья, где он покоится на месте, а на него летит ядро:



Получаем относительную скорость: $\vec{V}' = \vec{V}_{\text{СОБ}} - \vec{V}_{\text{СО}} = \vec{U} - \vec{V}$, где \vec{U} – начальная скорость ядра, \vec{V} – скорость воробья, \vec{V}' – скорость, которую наблюдает воробей.

В данной системе отсчета все формулы баллистики будут справедливы для начальной скорости V' , в частности зависимость координат от времени:

$$x(t) = V' \cos \alpha \cdot t$$

$$y(t) = V' \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2}$$

В условии сказано, что воробей услышал звук выстрела из пушки через время t_1 , значит расстояние от пушки до воробья можно выразить, как расстояние, которое преодолевает звук за данное время. Т.к. скорость воробья много меньше скорости звука, то можно пренебречь изменением скорости звука при переходе в данную систему координат.

$$L = c t_1 = \sqrt{x^2(t_2) + y^2(t_2)}$$

$$(c t_1)^2 = (V' \cos \alpha \cdot t_2)^2 + \left(V' \sin \alpha \cdot t_2 - \frac{g t_2^2}{2} \right)^2$$

$$V' = \frac{g t_2^3 \sin \alpha + \sqrt{(g t_2^3 \sin \alpha)^2 - (g^2 t_2^4 - 4c^2 t_1^2) t_2^2}}{2 t_2^2} = 91,1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Теперь свяжем относительную и собственную скорость через проекции:

$$V'_x = V' \cos \alpha = U_x + V$$

$$V'_y = V' \sin \alpha = U_y$$

$$U = \sqrt{U_x^2 + U_y^2} = \sqrt{(V' \cos \alpha - V)^2 + (V' \sin \alpha)^2} = 82,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Теперь найдём на каком расстоянии приземлится ядро от пушки. В данной системе отсчёта вектор начальной скорости соответствует \vec{U} :

$$t_{\text{полета}} = \frac{2U_y}{g}$$

$$L = U_x \cdot t_{\text{полета}} = \frac{2U_x U_y}{g} = \frac{2(V' \cos \alpha - V) \cdot V' \sin \alpha}{g} = 665 \text{ м}$$

Разбалловка.

Указан переход в систему отсчёта воробья	2 балла
Правильно посчитана начальная скорость ядра в системе отсчёта воробья (или эта скорость в решении не используется)	8 баллов
Правильно посчитана начальная скорость ядра в системе отсчёта земли	5 баллов
Правильно получено значение дальности полёта ядра	5 баллов

Задача 3.

Задача 3 (Лужнов Алексей Сергеевич) (20 баллов). Внутри цилиндрического стакана находится лёд, плотно прилегающий к стенкам стакана и дну, внутри которого находится кусочек свинца. В данный стакан медленно начинают заливать теплую воду. График зависимости уровня воды (H) в стакане от количества залитой воды представлен на рисунке. На графике выделены две точки излома. Определите по данному графику:

1) Начальную массу льда в стакане

2) Массу свинца

3) Начальную температуру заливаемой воды и льда

Считать, что теплопроводность достаточно высокая и потери в окружающую среду отсутствуют. Плотность воды $\rho_{\text{в}} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, плотность льда $\rho_{\text{л}} = 900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, плотность свинца $\rho_{\text{с}} = 11350 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, удельная теплоемкость воды $c_{\text{в}} = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$, удельная теплоемкость льда $c_{\text{л}} = 2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$, удельная теплоемкость свинца $c_{\text{с}} = 140 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$, удельная теплота плавления льда $\lambda = 330 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$.

Решение. На II участке коэффициент угла наклона меньше, чем на I и III участке, в связи с плавлением льда. Значит на I участке происходит процесс нагрева льда и свинца, но без плавления. Значит уровень воды поднимается только за счет заливаемой воды:

$$(H_1 - H_0)S\rho_{\text{в}} = m_1$$

$$S = \frac{m_1}{\rho_{\text{в}}(H_1 - H_0)} = 10 \text{ см}^2$$

На II участке изменение уровня воды идет за счет заливаемой воды и плавления льда:

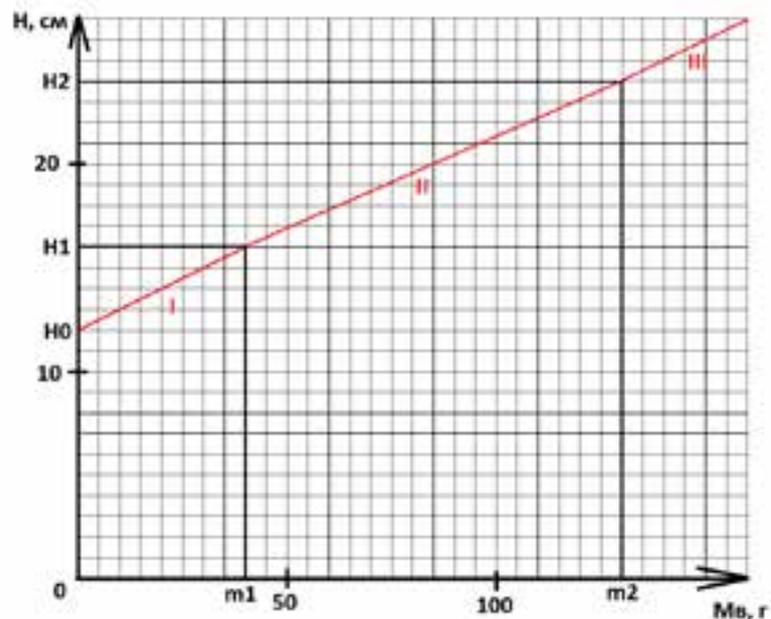
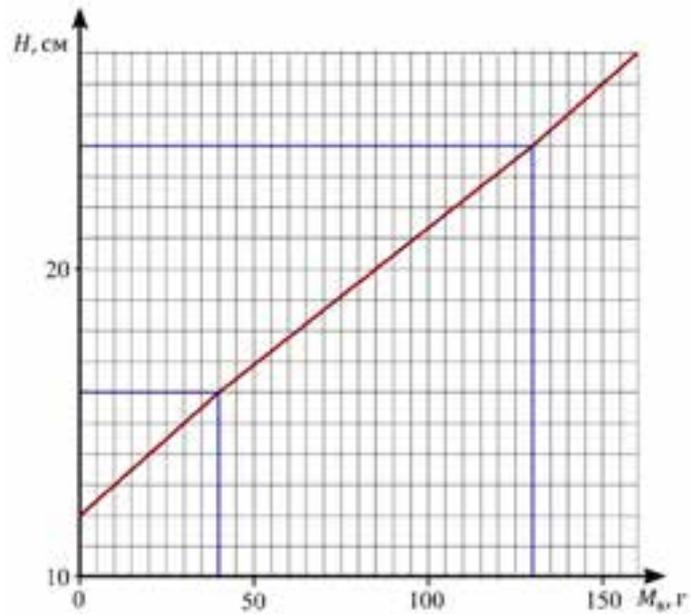
$$(H_2 - H_1)S = \frac{m_2 - m_1}{\rho_{\text{в}}} - \left(\frac{m_{\text{л}}}{\rho_{\text{л}}} - \frac{m_{\text{л}}}{\rho_{\text{в}}} \right)$$

Получаем массу льда $m_{\text{л}} = 90$ г. Начальный объем соответствует объему свинца и льда:

$$H_0 S = \frac{m_{\text{л}}}{\rho_{\text{л}}} + \frac{m_{\text{с}}}{\rho_{\text{с}}}$$

Получаем массу свинца $m_{\text{с}} = 227$ г. Найдём теперь начальную температуру воды из теплового баланса на II участке:

$$(m_2 - m_1)c_{\text{в}}(t_{\text{в}} - 0^\circ\text{C}) = m_{\text{л}}\lambda$$



Получаем начальную температуру воды $t_{\text{в}} = 78,6^{\circ}\text{C}$. Найдём теперь начальную температуру льда и свинца из теплового баланса на I участке:

$$m_{\text{л}}c_{\text{л}}(0^{\circ}\text{C} - t_{\text{л}}) + m_{\text{с}}c_{\text{с}}(0^{\circ}\text{C} - t_{\text{л}}) = m_{\text{1}}c_{\text{в}}(t_{\text{в}} - 0^{\circ}\text{C}).$$

Получаем начальную температуру льда $t_{\text{л}} = -59,8^{\circ}\text{C}$.

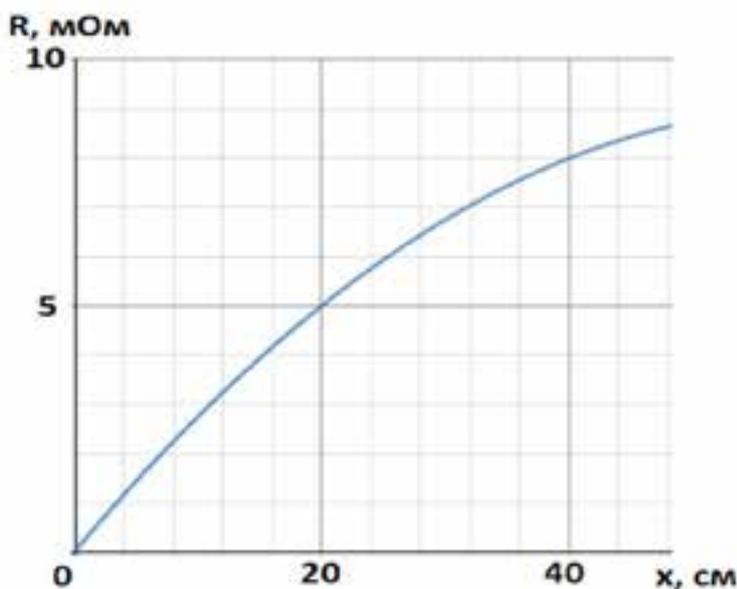
Разбалловка.

Правильно определены характеры изменения агрегатных состояний на всех участках графика	3 балла
Найдена площадь сосуда	4 балла
Правильно найдена масса льда	4 балла
Правильно найдена масса свинца	4 балла
Правильно найдена температура вливаемой воды	3 балла
Правильно найдена начальная температура льда	2 балла

Задача 4. Электричество

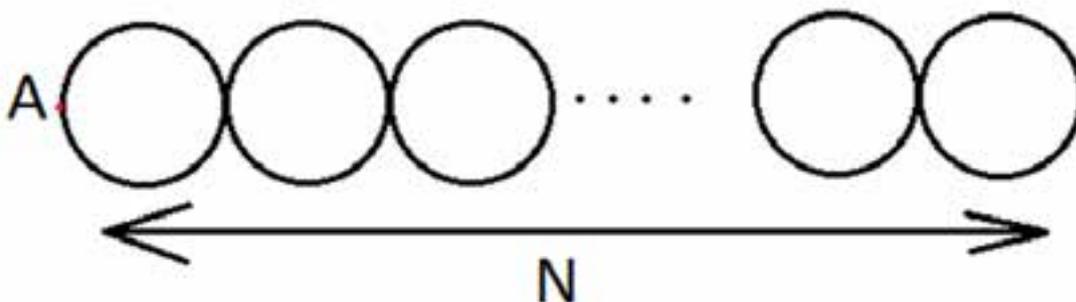
Условие (Лужнов Алексей Сергеевич) (20 баллов). Юному школьнику дали задание – измерить зависимость сопротивления провода от его длины. Школьник решил начать делать измерения, не доставая из коробки провод. Он вытащил часть провода из коробки таким образом, что концы провода остались внутри. Один контакт омметра он расположил на произвольном участке вытянутого провода, а второй начал плавно отодвигать от первого. Результаты данного эксперимента вы можете увидеть на графике зависимости показания омметра от расстояния между клеммами вдоль провода:

Объясните, почему на графике зависимость нелинейна? Какова минимально возможная



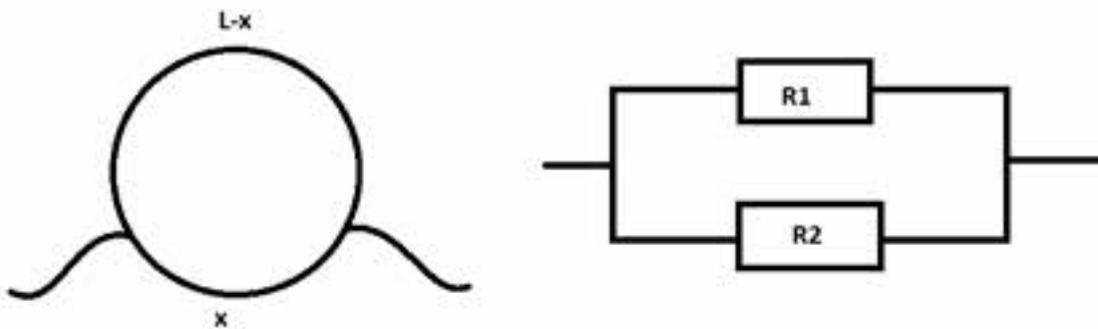
длина провода в коробке?

Учитель, который увидел данную работу и условия её выполнения, после небольшого шока дал ученику другое задание: взять оголенный провод длины L и сопротивления R и скрутить из него N одинаковых колечек не разрывая провод, как показано на рисунке. Первый контакт омметра он велел ему расположить в точке A , располагающейся на оси симметрии, а второй начать плавно отодвигать от точки A вдоль провода. Изобразите схематично график зависимости показаний омметра от расстояния по горизонтали между клеммами прибора $R(x)$ в данном случае. Укажите характерные точки и масштабы графика.



Решение. 1) У школьника не получилось правильно измерить зависимость, потому что внутри коробки провод замкнулся. Минимальная длина возможна в том случае, если замкнутся контакты на концах, получим такую схему соединения резисторов:

При параллельном соединении резисторов общее сопротивление высчитывается:



$$R_{\text{общ}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{\rho \frac{x}{S} \cdot \rho \frac{L-x}{S}}{\rho \frac{x}{S} + \rho \frac{L-x}{S}} = \frac{\rho x(L-x)}{S}$$

Получаем квадратичную зависимость от расстояния между контактами, как и на нашем графике.

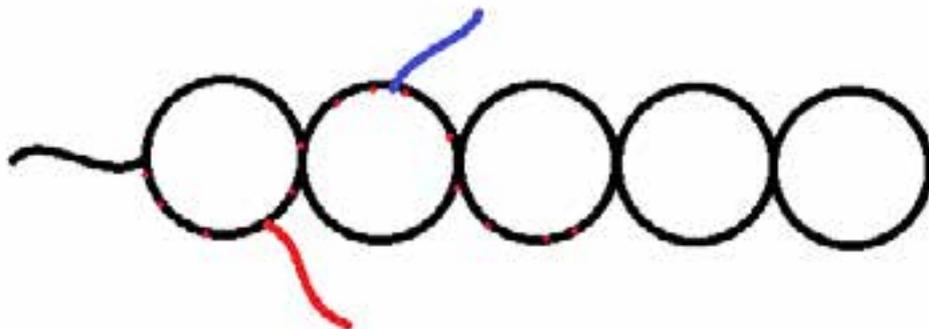
$$R(x_1) = \frac{\rho x_1(L-x_1)}{S}$$

$$R(x_2) = \frac{\rho x_2(L-x_2)}{S}$$

Удобно взять значения в точках пересечения клеток
 $R(20 \text{ см}) = 5 \text{ Ом}$
 $R(40 \text{ см}) = 8 \text{ Ом}$

Решая данную систему уравнений, получаем минимальную длину $L = 1 \text{ м}$

2) Теперь рассмотрим ситуацию, когда провод длины L скручен N раз:

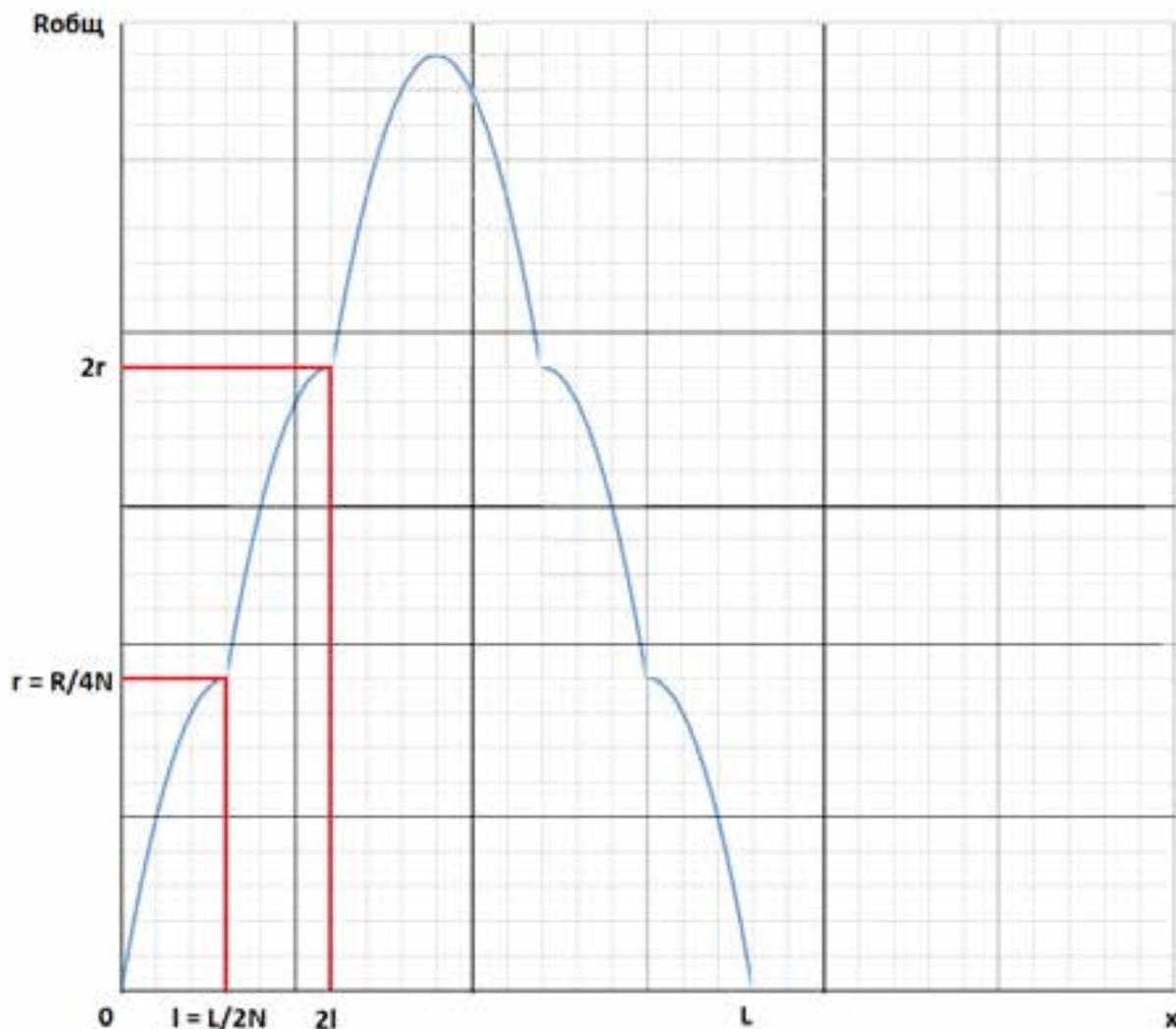


Красными точка отмечено движение второго контакта.

В случае, если мы движемся по первому участку, то данная задача никак не отличается от первой. Будет такая же квадратичная зависимость сопротивления от длины.

$$r(x) = \frac{\rho x(L - x)}{S}$$

Но после перехода на второй участок, у нас будет последовательное соединение первого колечка и второго. Вклад от первого будет фиксированным и равняться $r = \frac{R}{4N}$, а зависимость у второго будет такая же, как у первого. Получается, что общее сопротивление будет их суммой. Далее будет происходить то же самое. При переходе на следующие колечки, вклад от предыдущих будет фиксированным и равняться $r = \frac{R}{4N}$. Получается график «наступающих друг на друга кусочков парабол:



Шаг по оси x соответствует $\frac{L}{4N}$ и максимум L , шаг по оси $R_{\text{общ}}$ соответствует $r = \frac{R}{4N}$ и максимум $\frac{R}{4}$. После достижения максимума все идёт симметрично в обратную сторону.

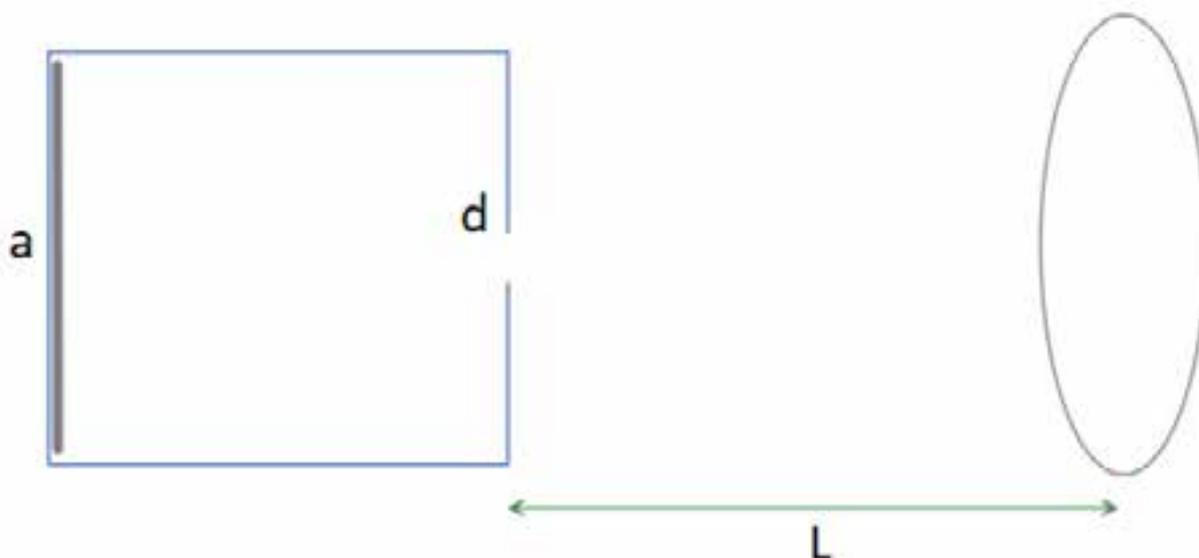
Разбалловка.

Указано, что нелинейность графика связана с замыканием провода внутри коробки	2 балла
Указано, что минимальная длина провода в коробке реализуется в случае, когда замыкание произошло на концах провода	2 балла
Составлена эквивалентная схема измерений	2 балла
Получена зависимость измеренного сопротивления от расстояния между клеммами омметра	3 балла
Получена верное значение минимальной	3 балла

длины кабеля в коробке	
Показано, что график во втором пункте задачи будет частично-параболическим	3 балла
Найдены все характерные точки (шаг смещения по оси икс, по оси игрек, уравнение какой-либо параболы, составляющей график) графика во втором пункте	5 баллов

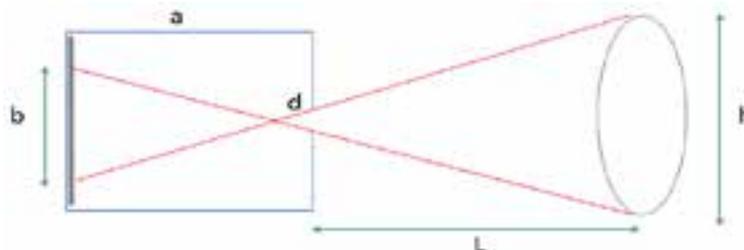
Задача 5. Задача-оценка

Условие (Галиуллин Арслан Анварович) (20 баллов). Юный экспериментатор Алексей решил почувствовать себя первооткрывателем фотографии: в кубической коробке с длиной стороны около 30см он проделал небольшое отверстие диаметра d , поместил чувствительную к свету фотоплёнку на противоположную отверстию внутреннюю стенку камеры и решил сфотографировать свой пятиэтажный дом, см. рис. Фотоплёнка заслоняет собой почти всю стенку. Оцените, какого размера d отверстие в стенке камеры Алексей должен произвести и на каком расстоянии L следует поместить камеру от дома, чтобы получилась его качественная фотография? Предлагаем вам определить параметр качества фотографии самостоятельно – и обязательно подсчитать его при ваших выбранных параметрах. В решении опишите все, на ваш взгляд, необходимые рассуждения и допущения, а также преимущества и недостатки выбранных вами параметров. Разрешение используемой Алексеем фотоплёнки составляет около 100мкм.



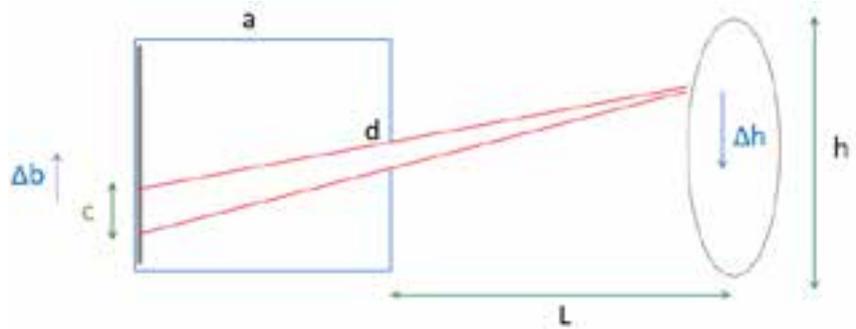
Решение. Рассмотрим ход лучей от дома и определим размер изображения на фотографии. Пусть высота дома равна h , а высота изображения равна b . Тогда из подобия треугольников получается соотношение:

$$\frac{b}{h} = \frac{a}{L} \quad (1)$$



Для получения самого большого размера изображения следовало бы выбрать $L = h$. Но при таком выборе расстояний может оказаться, что разрешение фотографии будет плохим. Качество изображения будет зависеть от размера отверстия: чем оно больше, тем больше будет размытие изображения. Рассмотрим какую-нибудь точку дома и посмотрим, в какое пятно размера c оно будет проецироваться на фотоплёнку. Снова из подобия получим уравнение, связывающее порядки расстояний:

Подставим в уравнение (2) высоту изображения, найденную из уравнения (1):



$$c = \frac{d(a + L)}{L} \quad (3)$$

Чтобы две точки дома были различимы, они должны перейти в две точки изображения, отстоящие друг от друга на расстоянии минимум c . Если расстояние между точками дома порядка Δh , то на изображении они будут на расстоянии Δb , определяемом из подобия:

$$\frac{\Delta h}{h} = \frac{\Delta b}{b} \quad (4)$$

Тогда минимально различимые детали на фасаде дома определяются соотношением $\Delta b = c$, откуда, подставляя значения Δb и c из уравнения (3) и (4) получаем

$$\Delta h = h \frac{d(a + L)}{bL} \quad (5)$$

Пренебрежём размером камеры по сравнению с расстоянием от отверстия до дома. Тогда уравнение (5) переписывается как

$$\Delta h = h \frac{d}{b} \quad (6)$$

Из уравнения (5) видно: чем больше размер изображения, тем хуже его качество, то есть количество деталей, различимых на фото. Оценим величины уравнения (5).

За приемлемый размер фотографии возьмём размер порядка $b = 5$ см. За размер отверстия возьмём $d = 1$ мм – такой его размер несложно получить подручными средствами. За высоту дома возьмём $h = 5$ этажей $\cdot 4$ м = 20 м. Тогда расстояние между различимыми деталями на доме составит $\Delta h = 40$ см. При этом расстояние между этими деталями на изображении составит $\Delta b = 1$ мм, а расстояние от камеры до дома $L = 120$ м. Разрешение плёнки, таким образом, позволяет улучшить качество итогового изображения. Этого можно добиться прецизионным производством отверстия: если сделать его размер порядка

100мкм, то разрешение изображения будет предельным, а размер различимых на доме деталей составит при прочих выбранных данных около 20см.

Разбалловка.

Правильно описан процесс проекции объекта на фотоплёнку (описано словами или присутствует рисунок хода лучей от здания)	2 балла
Получена зависимость (1)	3 балла
Описан предел разрешения камеры-обскура, вызванный размытием изображения вследствие конечности размера отверстия	2 балла
Получено соотношение (2)	3 балла
Определён параметр качества изображения (например, минимальный размер различимых на изображении деталей)	3 балла
Получена математическая оценка качества изображения (например, уравнение (6))	3 балла
Приведена оценка размера отверстия и расстояния до дома с обоснованием выбора величин	4 балла

2021-2022 учебный год

**Ответы на задания Всероссийской олимпиады школьников "Высшая проба",
профиль "Физика" 10 класс**

Максимальное количество баллов — 100

Задача 1. Механика.

Условие (Вергелес Сергей Сергеевич) (20 баллов). Большой по площади водоём с плоским дном заполнен водой глубины d . Далеко от его краёв находится вертикально расположенная труба, выходящая из дна. Верхний конец трубы запаян и находится вровень с водной поверхностью. Диаметр трубы мал по сравнению с её длиной. Через нижний конец трубы в неё подаётся насосом вода, которая вытекает из отверстий, сделанных на её боковой поверхности. Отверстия распределены таким образом, что вода из трубы вытекает во все стороны и по всей её длине с одинаковой интенсивностью. Полный расход жидкости (объём в единицу времени) равен Q .

- 1) На поверхность жидкости на расстоянии r от оси трубы упало лёгкое семечко тополя, после чего оно стало, оставаясь на поверхности, переноситься жидкостью вдоль прямой, проходящей через ось трубы. Найдите зависимость координаты этого семечка от времени.
- 2) Найдите слабое отклонение формы поверхности жидкости от горизонтальной плоскости.

Считайте, что течение жидкости постоянно во времени, влияние вязкости на распределение течения в пространстве пренебрежимо мало. Число Фруда, определяемое как максимальный угол наклона поверхности в радианах, мало, так что пункт 1) следует решать, приняв поверхность жидкости идеально плоской. Ускорение свободного падения равно g .

Решение: 1) Окружим трубу воображаемым цилиндром с высотой, равной глубине водоёма, и осью, совпадающей с трубой. По условиям задачи скорость воды в каждой точке водоёма направлена вдоль радиуса цилиндра и зависит только от расстояния от рассматриваемой точки до оси, то есть не зависит от расстояния до дна и от угла поворота вокруг оси.

$$v(x, y, z) = v(r) \tag{1}$$

Рассмотрим точку, находящуюся на расстоянии r и цилиндр такого же радиуса. Скорость на каждой точке боковой грани этого цилиндра равна по модулю $v(r)$. Найдём эту скорость из закона сохранения массы. Масса, которая поступает в этот цилиндр из внешнего источника через трубу за время Δt равна $Q\rho\Delta t$, где ρ – плотность жидкости. Так как жидкость несжимаема, плотность воды одна и та же в любой точке водоёма. Масса, вытекающая в цилиндр через трубу, равна массе воды, вытекающей через боковую поверхность цилиндра. Из этого условия получаем равенство

$$Q\rho\Delta t = d2\pi r v(r) \Delta t \rho \tag{2}$$

Откуда получаем зависимость скорости жидкости от расстояния до трубы

$$v(r) = \frac{Q}{2\pi dr} \tag{3}$$

Найдём теперь закон движения семечка, упавшего в начальный момент на жидкость на расстоянии R от трубы. Перепишем уравнение (3) немного по-другому, используя определение мгновенной скорости $v(r) = \frac{dr}{dt}$

$$\frac{2\pi d}{Q} r = \frac{dt}{dr} \quad (4)$$

Из уравнения (4) легко получить зависимость $t(r)$, увидев, что данное уравнение является полным аналогом уравнения движения с постоянным ускорением $v = \frac{dx}{dt} = at$. Таким образом, решением уравнения (4) является зависимость

$$t(r) = t_0 + \frac{\pi d}{Q} r^2 \quad (5)$$

Из этой зависимости легко получить зависимость $r(t)$:

$$r(t) = \sqrt{\frac{(t - t_0)Q}{\pi d}} \quad (6)$$

Постоянную t_0 находим из начального условия $r(0) = R$ и получаем ответ – зависимость расстояния семечка от времени:

$$r(t) = \sqrt{\frac{t Q}{\pi d} + R^2} \quad (7)$$

Двигается оно всё время вдоль радиуса нашего воображаемого цилиндра.

2) Рассмотрим узкую трубку тока жидкости у поверхности водоёма.

На поверхности жидкости не происходит скачка давления, то есть давление жидкости p сразу под поверхностью равно атмосферному. Если бы равенства давлений жидкости и воздуха по обе стороны от поверхности жидкости достигнуто бы не было, то элемент поверхности жидкости должен был бы начать смещаться по нормали к поверхности. Однако течение у поверхности направлено всегда по касательной к поверхности.

Для того, чтоб определить форму трубки, запишем для трубки тока уравнение Бернулли:

$$p + \frac{1}{2}\rho v^2(r) + \rho gh(r) = p + \rho gd \quad (8)$$

Левая часть равенства записана для точки тока, находящейся на расстоянии r от трубы, а правая для бесконечно удалённой точки: в ней уровень воды равен данной глубине водоёма $h = d$, а скорость течения равна нулю. Таким образом, форма поверхности

$$h - d = -\frac{Q^2}{8\pi^2 d^2 g} \frac{1}{r^2}. \quad (9)$$

Заметим, что при отдалении от трубы уровень жидкости повышается к значению $h = d$.

Разбалловка.

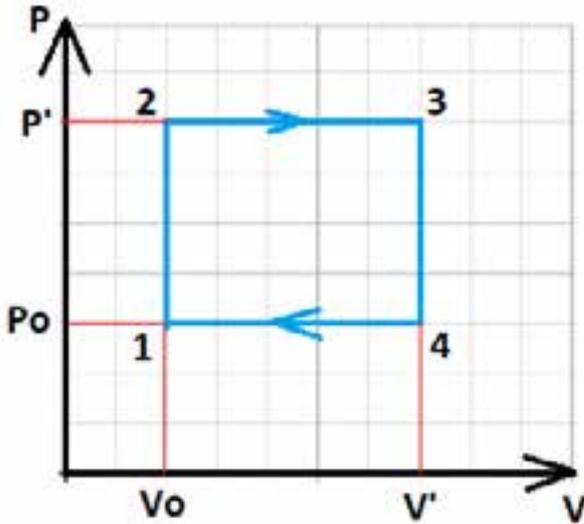
Найдено распределение скорости жидкости по её объёму	6 баллов
--	----------

Использована связь скорости семечка и скорости жидкости	2 балла
Правильно найдена зависимость координаты семечка от времени	3 балла
Указан способ связи высоты жидкости и скорости течения (записано уравнение Бернулли)	4 балла
Найдена верная форма поверхности жидкости	5 баллов

Задача 2.

Условие (Лужнов Алексей Сергеевич) (20 баллов). Тепловая машина работает по циклу, состоящему из двух изобар и двух изохор. Определите какой максимальный КПД возможен у данной машины, если отношение максимальной к минимальной температуре равно 4. В качестве рабочего газа используется гелий.

Решение. Изобразим цикл данной машины в P-V координатах:



Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона для максимальной и минимальной температуры:

$$P_0 V_0 = \nu R T_0, \quad P' V' = \nu R T'$$

Выразим работу в данном цикле:

$$\begin{aligned} A &= (P' - P_0)(V' - V_0) = P'V' - P_0V' - P'V_0 + P_0V_0 \\ &= \nu R T' - \nu R T_0 \frac{V'}{V_0} - \nu R T' \frac{V_0}{V'} + \nu R T_0 = \nu R T' \left(1 - \frac{V_0}{V'}\right) + \nu R T_0 \left(1 - \frac{V'}{V_0}\right) \end{aligned}$$

Теперь выразим количество получаемой теплоты в данном цикле:

$$\frac{U}{T} \approx 4 \cdot 6^n F \cdot 6_4; E \approx 2^n \cdot 8^n F \cdot 8_4;$$

$$L \frac{U}{T} \approx 4 \cdot 6^n F \cdot 6_4; E \approx 4 \cdot 6^n F \cdot 4_4 \cdot 6_4 \cdot L \approx 4 \cdot 6^n \cdot \frac{W}{T} \cdot F \cdot \frac{8_4}{8^n} \cdot p \cdot F \cdot \frac{U}{T} \approx 4 \cdot 6_4$$

Получаем, что КПД:

$$\beta L \frac{\#}{3} L \frac{\approx 4 \cdot 6^n \cdot \frac{8_4}{8^n} \cdot A E \approx 4 \cdot 6_4 \cdot l \cdot s \cdot F \cdot \frac{8^n}{8_4} \cdot p}{\approx 4 \cdot 6^n \cdot \frac{W}{T} \cdot F \cdot \frac{8_4}{8^n} \cdot A F \cdot \frac{U}{T} \approx 4 \cdot 6_4} L \frac{6^n \cdot \frac{8_4}{8^n} \cdot A E \cdot 6_4 \cdot l \cdot s \cdot F \cdot \frac{8^n}{8_4} \cdot p}{6^n \cdot \frac{W}{T} \cdot F \cdot \frac{8_4}{8^n} \cdot A F \cdot \frac{U}{T} \cdot 6_4}$$

Введем обозначение $T L \frac{i^0}{i}$ и $GL \frac{i^0}{i}$ тогда:

$$\beta L \frac{G \cdot F \cdot \frac{S}{T} \cdot A E \cdot s \cdot F \cdot T}{G \cdot F \cdot \frac{S}{T} \cdot A F \cdot \frac{U}{T}}$$

Максимум этой функции по параметру можно найти любым способом (например, взятием производной или упрощением выражение и применением неравенства Коши

Максимум КПД $\beta L \cdot r \cdot \ddot{x}$ получается при $T L \cdot s \cdot \ddot{v}$

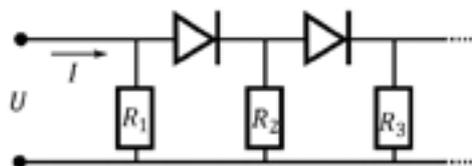
Разбалловка.

Указано, в каких точках цикла достигается максимальная и минимальная температура	3 балла
Записана работа газа за цикл или полная теплота, поглощённая газом за цикл	3 балла
Записано выражение для КПД, зависящее только от отношения максимальной к минимальной температур и от отношение максимального и минимального объёма газа за цикл	5 баллов
Найдено максимальное значение КПД	9 баллов

Задача 3. Электричество.

Условие (Лужнов Алексей Сергеевич, 20 баллов).

Бесконечная линия состоит из идеальных диодов с напряжением открытия, равным 8 вольт амперная характеристика диода представлена на рисунке, а также резисторов с сопротивлением $4_4 L 4 \downarrow$ где J – номер звена линии, смотри Рисунок. Найдите вольт амперную характеристику всей цепи. Какой приближённой формулой её можно описать при больших напряжениях $7 (8$



Решение. Полный ток, протекающий через цепь, равен сумме токов I_n , которые протекают через звенья линии. Напряжение на резисторе № n равно $U_n = U - (n - 1)V$. Таким образом,

$$I = \sum I_n = \sum \frac{U_n}{R_n} = \frac{1}{R} \sum n(U - (n - 1)V). \quad (1)$$

В уравнении (1) суммирование надо производить с $n = 1$ до $n = N$, где целое N определяется неравенствами

$$\frac{U}{V} < N < \frac{U}{V} + 1. \quad (2)$$

Что можно переписать как

$$N = \left\lceil \frac{U}{V} \right\rceil \quad (3)$$

Где функция $\lceil x \rceil$ округляет x до ближайшего целого вверх.

Пользуемся следующими формулами для суммирования:

$$\sum_1^N n = \sum_0^N n = \frac{N(N + 1)}{2}, \quad \sum_1^N n^2 = \sum_0^N n^2 = \frac{N(N + 1)(N + 1/2)}{3}, \quad (4)$$

И получаем из уравнения (1) с подстановкой N из формулы (3) значение вольт-амперной характеристики данной схемы:

$$I = \frac{V}{6R} \left(1 + \left\lceil \frac{U}{V} \right\rceil\right) \left(2 + \left\lceil \frac{U}{V} \right\rceil\right) \left(\frac{3U}{V} - 2 \left\lceil \frac{U}{V} \right\rceil\right) \quad (5)$$

При $U \gg V$ можно положить $\lceil U/V \rceil = U/V$ и пренебречь членами порядка единицы около U/V (так как $U/V \gg 1$), так что вольт-амперной характеристикой для больших напряжений будет следующее выражение:

$$I = \frac{U^3}{6RV^2} \quad (6)$$

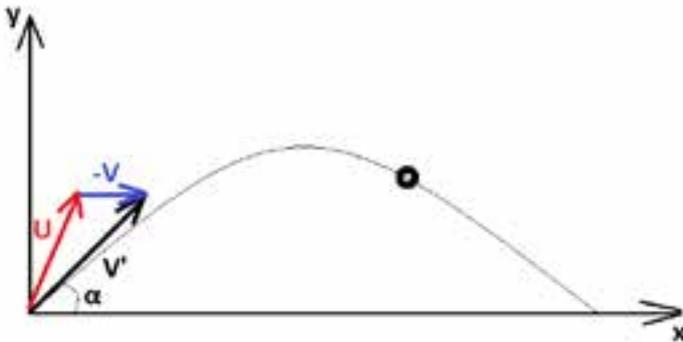
Верно определено напряжение на каждом резисторе	5 баллов
Записан ток через систему в виде суммы	2 балла
Правильно расставлены пределы суммы	3 балла
Правильно подсчитана сумма n	3 балла
Правильно подсчитана сумма n^2	3 балла
Получен верный ответ для вольт-амперной характеристики схемы (в любом виде без суммы)	4 баллов
Получен верный ответ для вольт-амперной характеристики при большом напряжении	4 баллов

Задача 4. Кинематика

Условие (Лужнов Алексей Сергеевич) (20 баллов). В далеком 1958 году маленький воробей пролетал над военной базой в Китае. Местные жители решили избавиться от «вредителя» с помощью старинной пушки. Воробей увидел, как из пушки вылетело ядро. Направление скорости ядра к горизонту в момент выстрела он определил равным $\alpha = 45^\circ$. Ровно через $t_1 = 2$ с он услышал оглушающий хлопок. Если бы он не сменил вовремя траекторию, то через $t_2 = 10$ с снаряд поразил бы его. Определите, с какой скоростью вылетел снаряд из пушки, и на каком расстоянии он приземлился. Считать, что воробей летел строго параллельно горизонту по направлению к пушке с постоянной скоростью $V = 46$ км/ч. Ускорение свободного падения $g = 10 \frac{м}{с^2}$, скорость распространения звука в воздухе $c = 330 \frac{м}{с}$. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

Решение. Первое, что необходимо указать в решении, что воробей является движущейся системой отсчета, поэтому значения и направления скоростей, которые он наблюдает – являются относительными.

Можно рассмотреть задачу в системе отсчета воробья, где он покоится на месте, а на него летит ядро:



Получаем относительную скорость: $\vec{V}' = \vec{V}_{СОБ} - \vec{V}_{СО} = \vec{U} - \vec{V}$, где \vec{U} – начальная скорость ядра, \vec{V} – скорость воробья, \vec{V}' – скорость, которую наблюдает воробей.

В данной системе отсчета все формулы баллистики будут справедливы для начальной скорости V' , в частности зависимость координат от времени:

$$x(t) = V' \cos \alpha \cdot t$$

$$y(t) = V' \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2}$$

В условии сказано, что воробей услышал звук выстрела из пушки через время t_1 , значит расстояние от пушки до воробья можно выразить, как расстояние, которое преодолевает звук за данное время. Т.к. скорость воробья много меньше скорости звука, то можно пренебречь изменением скорости звука при переходе в данную систему координат.

$$L = c t_1 = \sqrt{x^2(t_2) + y^2(t_2)}$$

$$(c t_1)^2 = (V' \cos \alpha \cdot t_2)^2 + \left(V' \sin \alpha \cdot t_2 - \frac{gt_2^2}{2} \right)^2$$

$$V' = \frac{gt_2^3 \sin \alpha + \sqrt{(gt_2^3 \sin \alpha)^2 - (g^2 t_2^4 - 4c^2 t_1^2) t_2^2}}{2t_2^2} = 91,1 \text{ м/с}$$

Теперь свяжем относительную и собственную скорость через проекции:

$$V'_x = V' \cos \alpha = U_x + V$$

$$V'_y = V' \sin \alpha = U_y$$

$$U = \sqrt{U_x^2 + U_y^2} = \sqrt{(V' \cos \alpha - V)^2 + (V' \sin \alpha)^2} = 82,5 \text{ м/с}$$

Теперь найдём на каком расстоянии приземлится ядро от пушки. В данной системе отсчета вектор начальной скорости соответствует \vec{U} :

$$t_{\text{полета}} = \frac{2U_y}{g}$$

$$L = U_x \cdot t_{\text{полета}} = \frac{2U_x U_y}{g} = \frac{2(V' \cos \alpha - V) \cdot V' \sin \alpha}{g} = 665 \text{ м}$$

Разбалловка.

Указан переход в систему отсчёта воробья	2 балла
Правильно посчитана начальная скорость ядра в системе отсчёта воробья (или эта скорость в решении не используется)	8 баллов
Правильно посчитана начальная скорость ядра в системе отсчёта земли	5 баллов
Правильно получено значение дальности полёта ядра	5 баллов

Задача 5. Задача-оценка

Условие (Вергелес Сергей Сергеевич) (20 баллов). Для определения значения ускорения свободного падения g проводилось измерение параметров траектории движения круглого шара диаметром $R = 10$ см, который подбрасывался вертикально вверх на высоту около $H_0 = 6$ метров. Измерялось время T пролёта шара вверх до точки остановки и высота H на которую шар поднялся за время T ; измерение величин H и T можно считать абсолютно точным.

Однако оказалось, что эксперименты с железным шаром и с резиновым мячиком в качестве шара того же размера дают немного отличающиеся значения константы g . Оцените погрешность измерения g для обоих экспериментов, возникающую вследствие сопротивления воздуха. на релевантных скоростях движения следует считать, что сила сопротивления воздуха пропорциональна квадрату скорости шара. Для справки, динамическая вязкость воздуха $\eta = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Па} \cdot \text{с}$

Решение. Введём ось y направленную вверх с нулём на уровне подбрасывания шарика. Запишем уравнение движения для шарика (оно справедливо пока скорость шарика направлена вверх)

$$m\ddot{y} = -mg - \beta\dot{y}^2 \quad (1)$$

Тут β – пока неизвестный коэффициент пропорциональности между силой и квадратом скорости. Попробуем оценить его методом размерностей.

Этот коэффициент должен зависеть от геометрии шарика и от свойств воздуха. В нашей задаче всего три параметра, от которых может зависеть этот коэффициент: плотность воздуха (чем плотнее воздух, тем, кажется на первый взгляд, сложнее через него лететь), вязкость воздуха (чем больше коэффициент вязкости, тем больше сила сопротивления) и размер шарика (у большего шарика большая сила сопротивления, так как он взаимодействует с большей площадью и объёмом воздуха).

Таким образом, $\beta = \beta(R, \eta, \rho)$. Размерность коэффициента, с одной стороны, восстанавливается из уравнения (1) – его произведение с квадратом скорости имеет размерность силы. С другой стороны, размерность коэффициента получается перемножением размерностей (в соответствующих степенях) параметров, от которых он зависит. Мы заранее не знаем, как выражается β через параметры (R, η, ρ) , поэтому положим, что $\beta \sim R^\alpha \cdot \eta^\gamma \cdot \rho^\delta$. Тогда для размерностей будет следующее соотношение:

$$[\beta] = [R]^\alpha [\eta]^\gamma [\rho]^\delta \quad (2)$$

Восстанавливая размерность β из выражения (1) и подставляя размерности остальных величин в выражение (2), получаем:

$$[\text{кг/м}] = [\text{м}]^\alpha \left[\frac{\text{кг}}{\text{м} \cdot \text{с}} \right]^\gamma \left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right]^\delta \quad (3)$$

Так как в нашей системе единиц единицы кг, м и с независимы друг от друга, мы можем из уравнения (3) составить 3 уравнения, приравнявая степени перед кг, м и с соответственно в левой и правой частях уравнения. Тогда мы получим

$$\begin{cases} 1 = \gamma + \delta \\ -1 = \alpha - \gamma - 3\delta \\ 0 = -\gamma \end{cases} \quad (4)$$

Решая эту систему, получаем коэффициенты

$$\begin{cases} \delta = 1 \\ \gamma = 0 \\ \alpha = 2 \end{cases} \quad (5)$$

То есть уравнение движения переписывается в виде

$$m\ddot{y} = -mg - C R^2 \rho \dot{y}^2 \quad (6)$$

Где C – некоторая константа порядка единицы, которую мы не можем получить методом размерностей.

Поделим уравнение (6) на массу шарика, посчитанную как объём, помноженный на плотность шарика. Числовую константу $4/3 \pi$, которая порядка единицы, мы писать не будем, потому что это не добавит точности ответу: все константы порядка единицы “сидят” внутри константы C .

$$\ddot{y} = -g - C \frac{\rho}{R \rho_{\text{шара}}} \dot{y}^2 \quad (7)$$

Из уравнения (7) видно, что неточность измерения ускорения свободного падения будет порядка $\frac{\rho}{R \rho_{\text{шара}}} V^2$, где V – некоторая характерная скорость движения шара. Положим её равной начальной скорости движения, которую можно получить из высоты подъёма в

высшую точку: $V = \sqrt{2gH}$ (двойкой в конечном ответе тоже, конечно, пренебрежём). Для подсчёта ответа возьмём $R = 0.1$ м, $H = 6$ м, $g = 10$ м/с², $\rho = 1$ кг/м³, $\rho_{\text{шара}} = 10\,000$ кг/м³ :

$$\Delta g \approx \frac{\rho}{R \rho_{\text{шара}}} gH \approx 0.1 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \quad (8)$$

Записано уравнение движения шарика с учётом силы сопротивления воздуха	2 балла
Указаны все параметры задачи, от которых зависит сила сопротивления	3 балла
Составлена система линейных уравнений, связывающая размерности величин, от которых зависит сила сопротивления	4 балла
Получена верная зависимость силы сопротивления от параметров задачи	2 балла
Записана оценка отклонения измеренного ускорения свободного падения от действительного, как характерная сила сопротивления, делённая на массу шара	5 балла
Взяты разумные значения физических величин в задаче	2 балла
Получен верный порядок ответа	1 балл

2021-2022 учебный год

**Ответы на задания Всероссийской олимпиады школьников "Высшая проба",
профиль "Физика" 11 класс**

Максимальное количество баллов — 100



$$v(r) = \frac{Q}{2\pi dr} \quad (3)$$

Найдём теперь закон движения семечка, упавшего в начальный момент на жидкость на расстоянии R от трубы. Перепишем уравнение (3) немного по-другому, используя определение мгновенной скорости $v(r) = \frac{dr}{dt}$

$$\frac{2\pi d}{Q} r = \frac{dt}{dr} \quad (4)$$

Из уравнения (4) легко получить зависимость $t(r)$, увидев, что данное уравнение является полным аналогом уравнения движения с постоянным ускорением $v = \frac{dx}{dt} = at$. Таким образом, решением уравнения (4) является зависимость

$$t(r) = t_0 + \frac{\pi d}{Q} r^2 \quad (5)$$

Из этой зависимости легко получить зависимость $r(t)$:

$$r(t) = \sqrt{\frac{(t - t_0)Q}{\pi d}} \quad (6)$$

Постоянную t_0 находим из начального условия $r(0) = R$ и получаем ответ – зависимость расстояния семечка от времени:

$$r(t) = \sqrt{\frac{tQ}{\pi d} + R^2} \quad (7)$$

Двигается оно всё время вдоль радиуса нашего воображаемого цилиндра.

2) Рассмотрим узкую трубку тока жидкости у поверхности водоёма.

На поверхности жидкости не происходит скачка давления, то есть давление жидкости p сразу под поверхностью равно атмосферному. Если бы равенства давлений жидкости и воздуха по обе стороны от поверхности жидкости достигнуто бы не было, то элемент поверхности жидкости должен был бы начать смещаться по нормали к поверхности. Однако течение у поверхности направлено всегда по касательной к поверхности.

Для того, чтоб определить форму трубки, запишем для трубки тока уравнение Бернулли:

$$p + \frac{1}{2}\rho v^2(r) + \rho gh(r) = p + \rho gd \quad (8)$$

Левая часть равенства записана для точки тока, находящейся на расстоянии r от трубы, а правая для бесконечно удалённой точки: в ней уровень воды равен данной глубине водоёма $h = d$, а скорость течения равна нулю. Таким образом, форма поверхности

$$h - d = -\frac{Q^2}{8\pi^2 d^2 g} \frac{1}{r^2}. \quad (9)$$

Заметим, что при отдалении от трубы уровень жидкости повышается к значению $h = d$.

Разбалловка.

Найдено распределение скорости жидкости по её объёму	6 баллов
Использована связь скорости семечка и скорости жидкости	3 балла
Правильно найдена зависимость координаты семечка от времени	3 балла
Указан способ связи высоты жидкости и скорости течения (записано уравнение Бернулли)	4 балла
Найдена верная форма поверхности жидкости	4 баллов

Задача 2. Термодинамика - механика

Задача 2. Планета Железяка имеет идеально сферическую и идеально гладкую поверхность. Кроме того, вследствие процессов в ядре планеты, она может изменять свой радиус. При этом сферичность и гладкость поверхности сохраняются. По поверхности планеты могут двигаться без трения маленькие железные удлинённые шайбы, представляющие собой цилиндры с эллиптическим основанием, лежащие на торце. Между собой шайбы сталкиваются абсолютно упруго. Шайбы случайно раскиданы по поверхности планеты, среднее расстояние между шайбами велико по сравнению с их размерами, но мало по сравнению с радиусом планеты. Всего шайб N , масса одной шайбы m .

- 1) В начальный момент времени все шайбы покоились. Затем каждой шайбе сообщили поступательную случайно направленную вдоль поверхности скорость, по абсолютному значению равную v . Чему будет равна средняя кинетическая энергия поступательного движения брусков через большое время? В течении этого времени Железяка не изменяла свой радиус.
- 2) После этого Железяка медленно увеличила свой радиус в 8 раз. Во сколько раз изменилась средняя кинетическая энергия поступательного движения шайб к концу этой стадии расширения?
- 3) Затем Железяка быстро увеличила свой радиус в 2 раза. Во сколько раз изменилась средняя кинетическая энергия поступательного движения шайб к моменту окончания быстрой стадии расширения?

Большое время, медленность и быстрота процессов расширения определяются относительно среднего времени между столкновениями шайб. Ускорение свободного падения на поверхности планеты всегда остаётся на столько сильным, что в процессе расширения планеты шайбы не отрываются от неё.

Решение: 1) Задачу можно рассматривать в рамках термодинамики, по аналогии с трёхмерным идеальным газом. Тогда начальное состояние, в котором каждая шайба двигалась с одинаковыми по модулю скоростями, следует назвать неравновесным состоянием. А состояние двумерного газа шайб через большое время – равновесным. Помимо этого, следует заметить, что двумерный газ шайб – идеальный газ, так как все соударения происходят упругим образом. Также можно ввести понятия степеней свободы для каждой шайбы. У каждой шайбы есть три степени свободы: две поступательных и одна вращательная – вокруг оси шайбы. В процессе перехода в термодинамическое равновесия шайбы будут

сталкиваться, распределяя суммарную начальную энергию всех шайб по степеням свободы каждой шайбы.

По теореме о равномерном распределении энергии по степеням свободы можно заключить, что на вращательные степени свободы будет приходиться треть всей энергии в состоянии термодинамического равновесия, а на поступательные – две трети:

$$\text{ответ: } E_{\text{поступательные}} = \frac{2}{3} N \frac{mv^2}{2}. \quad (1)$$

2) При медленном расширении планеты происходит адиабатическое расширение газа шайб. Так как газ идеальный, для него справедливо уравнение Менделеева-Клапейрона в виде:

$$\sigma S = \nu RT, \quad (2)$$

где S – это площадь планеты (аналог объёма для трёхмерного идеального газа), σ – сила на единицу длины (аналог давления – силы на единицу площади), а температура определяется как средняя энергия, приходящаяся на 1 степень свободы газа:

$$\frac{1}{2} k_B T = \langle E_j \rangle. \quad (3)$$

Здесь k_B – константа Больцмана. Для адиабатического процесса над идеальным газом справедлива формула адиабаты в виде

$$T S^\gamma = \text{const} \quad (4)$$

(для идеального трёхмерного газа формула была бы $T V^\gamma = \text{const}$). В этой формуле γ – показатель адиабаты газа. Он равен $\gamma = \frac{i+2}{i}$, где i – количество степеней свободы одной шайбы, в нашем случае $i = 3$. Объединяя формулы (3) и формулу (4), считая показатель адиабаты для нашей задачи, получаем условие на неизменность следующей величины:

$$E_{\text{поступательные}} S^{2/3} = \text{const} \quad (5)$$

Площадь планеты пропорциональна квадрату её радиуса $S = 4\pi r^2$. Подставляя эту зависимость в уравнение (5), получаем

$$E_{\text{поступательные}} r^{4/3} = \text{const} \quad (6)$$

Из этого уравнение находим отношение средней кинетической энергии поступательного движения после расширения к энергии до:

$$\text{ответ: } \frac{E_{\text{поступательные}}(8R)}{E_{\text{поступательные}}(R)} = 8^{-4/3} = \frac{1}{16}. \quad (7)$$

3) Если планета расширяется быстро, то такой процесс неравновесный, а потому записывать для него уравнение адиабаты нельзя (в своём выводе оно подразумевает, что процесс квазистационарный, что значит, что процесс проходит так медленно, что в каждый момент времени можно считать газ находящимся в термодинамическом равновесии). Можно, однако, рассмотреть другие неизменяющиеся величины. Ошибочно было бы считать, что данной величиной выступает энергия, так как существует сила, совершающая работу над газом – сила реакции планеты.

Сохраняющимися величинами являются моменты импульса поступательного движения каждой шайбы относительно центра планеты. Действительно, на каждую шайбу действует две внешние по отношению к газу силы: сила тяжести и сила реакции планеты, направления которых проходят через центр планеты. Если u_i – скорость некоторой шайбы № i , то момент импульса e поступательного движения равен

$$u_i r = const \quad (8)$$

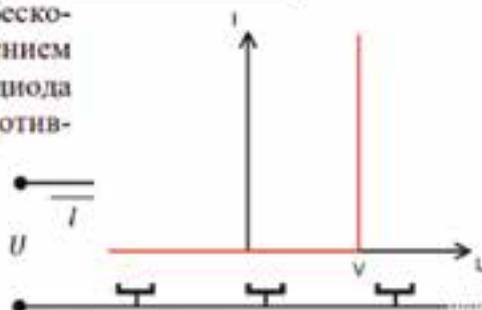
Если радиус планеты увеличился в 2 раза, то скорость поступательного движения каждой шайбы упала в 2 раза. Значит, кинетическая энергия к концу процесса расширения упала в 4 раза:

ответ:
$$\frac{E_{\text{поступательные}}(16R)}{E_{\text{поступательные}}(8R)} = \frac{1}{4}. \quad (7)$$

Указана связь задачи с задачей об идеальном газе	2 балла
Правильно определено количество степеней свободы шайбы	2 балла
Записана теорема о равномерном распределении энергии по степеням свободы	2 балла
Записан закон сохранения энергии для начала и конца процесса термализации	2 балла
Получен верный ответ на 1 пункт задачи	3 балла
Записано уравнение адиабаты для медленного расширения планеты	3 балла
Правильно получен ответ на 2 пункт задачи	2 балла
Записан закон сохранения момента импульса при быстром расширении планеты	2 балла
Получен верный ответ на 3 пункт задачи	2 балла

Задача 3. Электричество.

Условие (Лужнов Алексей Сергеевич, 20 баллов). Бесконечная линия состоит из идеальных диодов с напряжением открытия, равным V (вольт-амперная характеристика диода представлена на рисунке), а также резисторов с сопротивлением $R_n = R/n$, где n – номер звена линии, смотри Рисунок. Найдите вольт-амперную характеристику всей цепи. Какой приближённой формулой её можно описать при больших напряжениях $U \gg V$?



Решение. Полный ток, протекающий через цепь, равен сумме токов I_n , которые протекают через звенья линии. Напряжение на резисторе № n равно $U_n = U - (n - 1)V$. Таким образом,

$$I = \sum I_n = \sum \frac{U_n}{R_n} = \frac{1}{R} \sum n(U - (n - 1)V). \quad (1)$$

В уравнении (1) суммирование надо производить с $n = 1$ до $n = N$, где целое N определяется неравенствами

$$\frac{U}{V} < N < \frac{U}{V} + 1. \quad (2)$$

Что можно переписать как

$$N = \left\lceil \frac{U}{V} \right\rceil \quad (3)$$

Где функция $[x]$ округляет x до ближайшего целого вверх.

Пользуемся следующими формулами для суммирования:

$$\sum_1^N n = \sum_0^N n = \frac{N(N+1)}{2}, \quad \sum_1^N n^2 = \sum_0^N n^2 = \frac{N(N+1)(N+1/2)}{3}, \quad (4)$$

И получаем из уравнения (1) с подстановкой N из формулы (3) значение вольт-амперной характеристики данной схемы:

$$I = \frac{V}{6R} \left(1 + \left\lceil \frac{U}{V} \right\rceil\right) \left(2 + \left\lceil \frac{U}{V} \right\rceil\right) \left(\frac{3U}{V} - 2 \left\lceil \frac{U}{V} \right\rceil\right) \quad (5)$$

При $U \gg V$ можно положить $[U/V] = U/V$ и пренебречь членами порядка единицы около U/V (так как $U/V \gg 1$), так что вольт-амперной характеристикой для больших напряжений будет следующее выражение:

$$I = \frac{U^3}{6RV^2} \quad (6)$$

Верно определено напряжение на каждом резисторе	4 баллов
Записан ток через систему в виде суммы	3 балла
Правильно расставлены пределы суммы	3 балла
Правильно подсчитана сумма n	1 балла
Правильно подсчитана сумма n^2	3 балла
Получен верный ответ для вольт-амперной характеристики схемы (в любом виде без суммы)	3 баллов
Получен верный ответ для вольт-амперной характеристики при большом напряжении	3 баллов

Задача 4. Механика-Оптика

Условие (Мельниковский Лев Александрович) (20 баллов). Для изготовления барабана Чебурашка использовал размеченную «в клеточку» посеребрённую тонкую кожу. Пока кожа была нерастянута, размер всех клеточек был $a = 10$ мм. Когда Чебурашка аккуратно натянул кожу на металлическое кольцо барабана радиуса $r = 20$ см, все клеточки остались квадратными, но их размеры увеличились до $a' = 11$ мм. При этом сила упругости в металле, действующая вдоль кольца вследствие сжатия, оказалась равной $T = 30$ Н. При испытании барабана давление в резонаторе барабана понизили на $\Delta p = 100$ Па по сравне-

нию с атмосферным. На каком расстоянии h от барабана соберутся лучи, отраженные от мембраны, если осветить его плоским пучком, параллельным оси барабана?

Решение. Сначала объясним сам эффект фокусировки. Сразу после того, как кожу натянули на кольцо барабана, кожа образовывала плоскую поверхность. Поскольку кожа растянута однородно, то в этом состоянии у неё везде одно и то же поверхностное натяжение σ , которое есть сила, требуемая для удержания вместе краев короткого прямолинейного разреза на единицу длины разреза. После же того, как давление в барабане понизили, натянутая кожа изменила свою форму, будучи эластичной. Поскольку разница давлений по разные стороны кожи везде одна и та же, и однородно её поверхностное натяжение, то кожа должна принять форму элемента сферы радиуса R . Теперь всё готово для того, чтобы сказать, что отражение света от металлизированной кожи происходит как от сферического зеркала. Фокусировка параллельного пучка происходит на расстоянии $R/2$.

Формула Лапласа позволяет найти радиус сферы,

$$R = \frac{2\sigma}{\Delta p}$$

Поверхностное натяжение кожи свяжем с силой сжатия кольца по той же формуле Лапласа:

$$\sigma = \frac{T}{r}$$

В результате получаем, что

$$R = \frac{2T}{r\Delta p} = 3 \text{ м}, \quad h = 1.5 \text{ м}.$$

Наша модель работает при том условии, если степень растяжения кожи до и после откачки давления изменилась незначительно по сравнению с уже имеющимся растяжением, достигнутым после того, как кожа была натянута на кольцо. Это уже имеющееся растяжение определяется параметром $(a' - a)/a = 0.1$. Проверим это условие. Угол, под которым видно кольцо барабана из центра сферы (элемент которой образует кожа) равен $\varphi = r/R = 0.034$ рад. Степень дополнительного растяжения оценивается как разница длин хорды и дуги, натянутых на этот угол, делённая на одну из этих длин:

$$\frac{\varphi - \sin \varphi}{\varphi} = \frac{\varphi^2}{6} \approx 7 \cdot 10^{-4} \ll 0.1$$

Таким образом, действительно, дополнительно растяжение мало по сравнению с исходным растяжением кожи.

Использование идеи о связи силы сжатия кольца и разницы давлений через коэффициент поверхностного натяжения мембраны (или использована любая другая правильная идея решения задачи)	2 балла
Правильно записано уравнение Лапласа на связь радиуса деформации кожи, коэффициента поверхностного натяжения и разности давления	5 баллов
Правильно записана связь силы сжатия	5 баллов

кольца и коэффициента поверхностного натяжения	
Правильно определён радиус деформации кожи	3 балла
Правильно определена связь между радиусом деформации кожи и фокусным расстоянием	4 балла
Обосновано приближение малых деформаций	1 балла

Задача 5. Задача-оценка

Условие (Вергелес Сергей Сергеевич) (20 баллов). Для определения значения ускорения свободного падения g проводилось измерение параметров траектории движения круглого шара диаметром $R = 10$ см, который подбрасывался вертикально вверх на высоту около $H_0 = 6$ метров. Измерялось время T пролёта шара вверх до точки остановки и высота H , на которую шар поднялся за время T ; измерение величин H и T можно считать абсолютно точным.

Однако оказалось, что эксперименты с железным шаром и с резиновым мячиком в качестве шара того же размера дают немного отличающиеся значения константы g . Оцените погрешность измерения g для обоих экспериментов, возникающую вследствие сопротивления воздуха. *Указание:* на релевантных скоростях движения следует считать, что сила сопротивления воздуха пропорциональна квадрату скорости шара. Для справки, динамическая вязкость воздуха $\eta = 2 \cdot 10^{-5}$ Па · с.

Решение. Введём ось y , направленную вверх с нулём на уровне подбрасывания шарика. Запишем уравнение движения для шарика (оно справедливо пока скорость шарика направлена вверх):

$$m\ddot{y} = -mg - \beta\dot{y}^2 \quad (1)$$

Тут β – пока неизвестный коэффициент пропорциональности между силой и квадратом скорости. Попробуем оценить его методом размерностей.

Этот коэффициент должен зависеть от геометрии шарика и от свойств воздуха. В нашей задаче всего три параметра, от которых может зависеть этот коэффициент: плотность воздуха (чем плотнее воздух, тем, кажется на первый взгляд, сложнее через него лететь), вязкость воздуха (чем больше коэффициент вязкости, тем больше сила сопротивления) и размер шарика (у большего шарика большая сила сопротивления, так как он взаимодействует с большей площадью и объёмом воздуха).

Таким образом, $\beta = \beta(R, \eta, \rho)$. Размерность коэффициента, с одной стороны, восстанавливается из уравнения (1) – его произведение с квадратом скорости имеет размерность силы. С другой стороны, размерность коэффициента получается перемножением размерностей (в соответствующих степенях) параметров, от которых он зависит. Мы заранее не знаем, как выражается β через параметры (R, η, ρ) , поэтому положим, что $\beta \sim R^\alpha \cdot \eta^\gamma \cdot \rho^\delta$. Тогда для размерностей будет следующее соотношение:

$$[\beta] = [R]^\alpha [\eta]^\gamma [\rho]^\delta \quad (2)$$

Восстанавливая размерность β из выражения (1) и подставляя размерности остальных величин в выражение (2), получаем:

$$[\text{кг/м}] = [\text{м}]^\alpha \left[\frac{\text{кг}}{\text{м} \cdot \text{с}} \right]^\gamma \left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right]^\delta \quad (3)$$

Так как в нашей системе единиц единицы кг, м и с независимы друг от друга, мы можем из уравнения (3) составить 3 уравнения, приравняв степени перед кг, м и с соответственно в левой и правой частях уравнения. Тогда мы получим

$$\begin{cases} 1 = \gamma + \delta \\ -1 = \alpha - \gamma - 3\delta \\ 0 = -\gamma \end{cases} \quad (4)$$

Решая эту систему, получаем коэффициенты

$$\begin{cases} \delta = 1 \\ \gamma = 0 \\ \alpha = 2 \end{cases} \quad (5)$$

То есть уравнение движения переписывается в виде

$$m\ddot{y} = -mg - C R^2 \rho \dot{y}^2 \quad (6)$$

Где C – некоторая константа порядка единицы, которую мы не можем получить методом размерностей.

Поделим уравнение (6) на массу шарика, посчитанную как объём, помноженный на плотность шарика. Числовую константу $4/3 \pi$, которая порядка единицы, мы писать не будем, потому что это не добавит точности ответу: все константы порядка единицы “сидят” внутри константы C .

$$\ddot{y} = -g - C \frac{\rho}{R \rho_{\text{шара}}} \dot{y}^2 \quad (7)$$

Из уравнения (7) видно, что неточность измерения ускорения свободного падения будет порядка $\frac{\rho}{R \rho_{\text{шара}}} V^2$, где V – некоторая характерная скорость движения шара. Положим её равной начальной скорости движения, которую можно получить из высоты подъёма в высшую точку: $V = \sqrt{2gH}$ (двойкой в конечном ответе тоже, конечно, пренебрежём). Для подсчёта ответа возьмём $R = 0.1 \text{ м}$, $H = 6 \text{ м}$, $g = 10 \text{ м/с}^2$, $\rho = 1 \text{ кг/м}^3$, $\rho_{\text{шара}} = 10\,000 \text{ кг/м}^3$:

$$\Delta g \approx \frac{\rho}{R \rho_{\text{шара}}} gH \approx 0.1 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \quad (8)$$

Записано уравнение движения шарика с учётом силы сопротивления воздуха	3 балла
Указаны все параметры задачи, от которых зависит сила сопротивления	3 балла
Составлена система линейных уравнений, связывающая размерности величин, от которых зависит сила сопротивления	4 балла
Получена верная зависимость силы сопротивления от параметров задачи	2 балла

Записана оценка отклонения измеренного ускорения свободного падения от действительного, как характерная сила сопротивления, делённая на массу шара	5 балла
Взяты разумные значения физических величин в задаче	2 балла
Получен верный порядок ответа	1 балл

2022-2023 учебный год

Ответы на задания Всероссийской олимпиады школьников "Высшая проба",
профиль "Физика" 9 класс

Максимальное количество баллов — 100

Задача 1. Механика.

Условие (Лужнов Алексей Сергеевич) (20 баллов). У очень дешевых строителей не оказалось рулетки, зато оказалась маленькая пушка, которая может стрелять с одной и той же скоростью вылета снаряда в разных направлениях. Её поместили на пол в один из углов комнаты и смогли определить, что она на пределе возможностей может попасть точечным снарядом в самый дальний угол от неё. Для того, чтобы попасть в этот угол, она должна выстрелить под углом $\beta = 60^\circ$ к горизонту, а чтобы попасть в самый близкий угол она должна выстрелить под углом $\alpha = 10^\circ$ к горизонту. Определите площадь стен в квартире, если площадь пола комнаты равна $S_{\text{пола}} = 20 \text{ м}^2$. Размеры пушки малы по сравнению с размером комнаты, из площади стен не исключать дверь и окно.

Решение: Обозначим стороны комнаты как a, b, c . Пушка располагается в угле А, как показано на рисунке. Тогда В – самый близкий угол, а С – самый дальний угол.

Запишем условие того, что пушка попадает в угол В:

$$b = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha}{g}. \quad (1)$$

По условию, пушка попадает в угол С на пределе возможностей, значит точка С будет являться вершиной траектории при выстреле:

$$c = \frac{V_0^2 \sin^2 \beta}{2g}, \quad \sqrt{a^2 + b^2} = \frac{V_0^2 \sin 2\beta}{2g}. \quad (2)$$

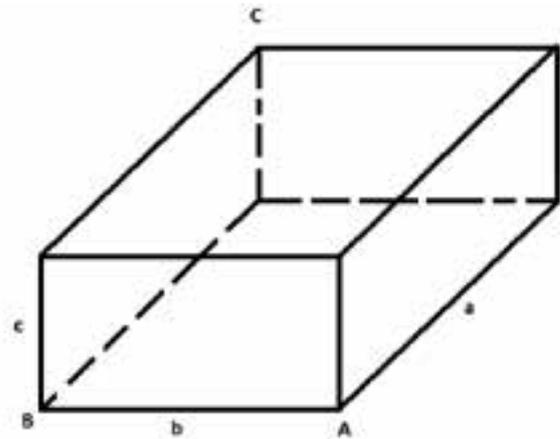
Выразим a через b , используя (1) и второе уравнение в (2):

$$a = b \sqrt{\left(\frac{\sin 2\beta}{2 \sin 2\alpha}\right)^2 - 1} \approx 0,78b.$$

Выразим c через b , используя (1) и первое уравнение в (2):

$$c = b \frac{\sin^2 \beta}{2 \sin 2\alpha} \approx 1,10b$$

Согласно условию, площадь пола:



$$S_{\text{пола}} = 20 \text{ м}^2 = ab \approx 0.78 b^2.$$

Площадь стен будет:

$$S = 2(a + b)c \approx 2(0,78 + 1) \cdot 1,1 \cdot b^2 = 5,06 S_{\text{пола}} \approx 100 \text{ м}^2.$$

Разбалловка.

Записана формула дальности полета под углом к горизонту для выстрела в ближний угол, рассчитана длина короткой стены	4 балла
Записана формула дальности полета под углом к горизонту для выстрела в дальний угол и рассчитана высота комнаты	4 балла
Из теоремы пифагора получена длина длинной стены	4 балла
Записана формула площади пола	2 балла
Получена площадь стен	6 баллов

Задача 2. Электричество

Условие (Вергелес Сергей Сергеевич) (20 баллов). Два потребителя электричества, Сова и Жаворонок, подключены последовательно в цепь с источником постоянного напряжения. У каждого из потребителей имеется только один прибор, потребляющий электроэнергию – одинаковые реостаты, сопротивление которых может меняться в любых пределах. В одну ночь оба реостата имели одно сопротивление, каждое из которых было в 10 раз больше внутреннего сопротивления источника. Жаворонок, проснувшись рано утром, решил увеличить своё энергопотребление, пока Сова ещё спала. Используя реостат, он добился максимального значения своего энергопотребления. Затем поздним вечером, когда Жаворонок уже заснул, Сова обнаружила изменение своего энергопотребления и в свою очередь провела его максимизацию регулировкой своего реостата. После этого ещё два утра и два вечера Жаворонок и Сова по очереди повторяли максимизацию своего энергопотребления. Во сколько раз в итоге изменилось энергопотребление Сова и Жаворонка по сравнению с ночью до начала всех регулировок?

Решение. Пусть сопротивление Сова равно R_c , сопротивление Жаворонка – $R_{ж}$, а внутренне сопротивление источника питания равно единице. Напряжение на источнике равно V . По условию, до изменений сопротивлений обоих

$$R_{c0} = R_{ж0} = 10,$$

так что энергопотребление каждого W_0 было

$$W_0 = \frac{V^2}{(1 + R_{c0} + R_{ж0})^2} R_{ж0} = \frac{10}{441} V^2. \quad (1)$$

Когда Жаворонок провёл максимизацию своего энергопотребления, он установил своё сопротивление на значении

$$R_{ж1} = 1 + R_{c0} = 11. \quad (3)$$

Действительно, нам надо найти максимум выражения (1) по $R_{ж0}$. Если кратко, то нам надо найти максимум выражения

$$f(x) = \frac{x}{(a + x)^2}$$

по x . Пусть этот максимум равен M . Тогда разность

$$M - f(x) = \frac{Mx^2 + (2aM - 1)x + a^2}{(a + x)^2} \quad (3)$$

неотрицательна и обобщается в нуль только в одной точке, которая есть положение максимума функции $f(x)$. Значит, числитель (2) есть полный квадрат, то есть максимум M и положение максимума x_{\max} равны

$$M = \frac{1}{4a}, \quad x_{\max} = a.$$

Теперь можно продолжить последовательность:

$$R_{c1} = 1 + R_{ж1} = 12,$$

$$R_{ж2} = 1 + R_{c1} = 13,$$

$$R_{c2} = 1 + R_{ж2} = 14,$$

$$R_{ж3} = 1 + R_{c2} = 15,$$

$$R_{c3} = 1 + R_{ж3} = 16.$$

В итоге конечные энергопотребления Жаворонка и Сова окажутся равными

$$W_{ж3} = \frac{R_{ж3}V^2}{(1 + R_{ж3} + R_{c3})^2}, \quad \frac{W_{ж3}}{W_0} = \frac{1323}{2048} \approx 0.66;$$

$$W_{c3} = \frac{R_{c3}V^2}{(1 + R_{ж3} + R_{c3})^2}, \quad \frac{W_{c3}}{W_0} = \frac{441}{640} \approx 0.69,$$

то есть в проигрыше остались оба, но зачинщик – Жаворонок – пострадал немного больше.

Разбалловка.

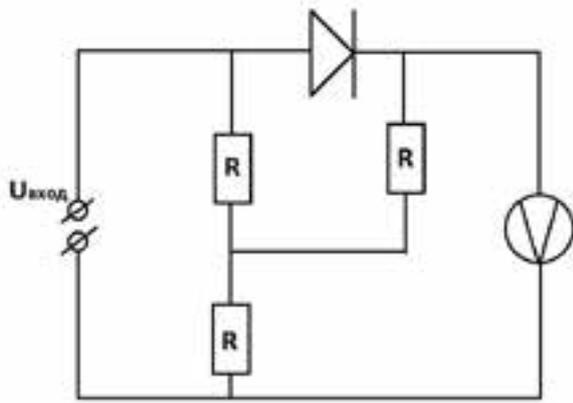
1. Получено энергопотребление перед первой ночью	4 балла
2. Найдено сопротивление, которое установил жаворонок, чтобы минимизировать свое энергопотребление	9 баллов
3. Найдены сопротивления, которые поочередно устанавливали жаворонок и сова в оставшиеся дни	4 балла
4. Получен ответ	3 балла

Задача 3. Электричество

Задача 3 (Лужнов Алексей Сергеевич) (20 баллов). Для передачи сообщений используют специальную табличку, в которой для каждого напряжения присуждена буква латинского алфавита:

Напряжение, В	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20
Буква	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m

В передатчик включён «шифратор» – электрическая схема, состоящая из диодов и резисторов, которая изменяет входящий сигнал, как показано ниже на рисунке:



Слева подаётся входящий сигнал $U_{\text{вход}}$, а вольтметр измеряет выходящий сигнал. Определите первоначальный пароль, если после шифровки сигнала получился пароль: cdfgik

Решение. Обозначим токи на схеме согласно рисунку.

Рассмотрим случай, когда диод открыт:

$$I_1 R + U_0 = I_2 R$$

$$(I_1 + I_2)R + I_2 R = U_{\text{вход}}$$

$$I_1 = \frac{U_{\text{вход}} - 2U_0}{3R}$$

$$I_2 = \frac{U_{\text{вход}} + U_0}{3R}$$

$$U_V = I_1 R + (I_1 + I_2)R = U_{\text{вход}} - U_0$$

Диод будет открыт, когда через него протекает ток, значит $I_1 > 0$. Это будет возможно при напряжении $U_{\text{вход}} > 2U_0$.

При напряжении $U_{\text{вход}} < 2U_0$ диод будет закрыт и тогда:

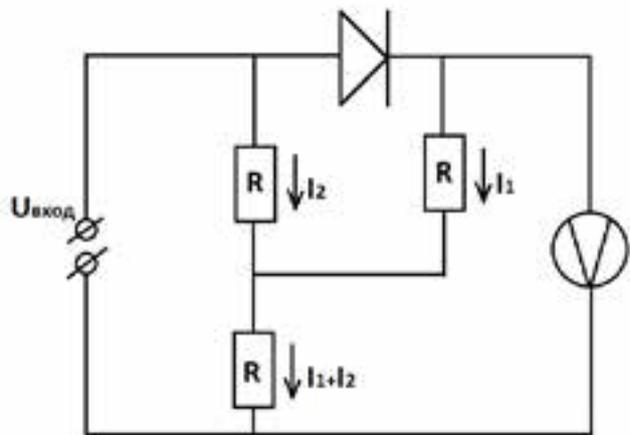
$$I_2 R + I_2 R = U_{\text{вход}}$$

$$U_V = I_2 R = \frac{U_{\text{вход}}}{2}$$

Буквы «с» и «d» соответствуют напряжению не более U_0 , значит для них будет справедлива формула:

$$U_{\text{вход}} = 2U_V$$

На входе получим буквы «f» и «g» соответственно.



Для остальных букв необходимо использовать формулу:

$$U_{\text{вход}} = U_V + U_0$$

На входе получим буквы «h», «j», «k» и «m» соответственно.

Итоговый первоначальный пароль: fghikm.

Разбалловка.

1. Верно записаны уравнения Кирхгофа для закрытого диода	4 балла
2. Верно записаны уравнения Кирхгофа для открытого диода	6 баллов
3. Получено значение входного напряжения, при котором диод открывается	3 балла
4. Получена связь между входным и выходным напряжением при закрытом диоде	3 балла
5. Получена связь между входным и выходным напряжением при открытом диоде	3 балла
6. Получен ответ	1 балл

Задача 4. Термодинамика

Условие (Лужнов Алексей Сергеевич) (20 баллов). Температура горячей воды из крана 'Г' составляет примерно $T_{\Gamma} = 70^{\circ}\text{C}$, а если включить его на полную производительность, то вода заполнит ванну за $t_{\Gamma} = 15$ мин. Температура холодной воды из крана 'Х' составляет примерно $T_{\text{X}} = 15^{\circ}\text{C}$, а если включить его на полную производительность, то вода заполнит ванну за $t_{\text{X}} = 10$ мин. Определите:

- а) за какое время вода из двух кранов, включённых на полную производительность, растопит мелко покروشанный пятикилограммовый кусок льда?
- б) какую максимальную массу льда можно растопить в ванне, если для его топки включить оба крана на максимальную производительность?

Объём ванны $V = 180$ л, плотность воды $\rho_{\text{в}} = 1000$ кг/м³, удельная теплоемкость воды $c_{\text{в}} = 4200$ Дж/кг °С, удельная теплота плавления льда $\lambda = 330$ кДж/кг. Начальная температура льда $T_0 = 0^{\circ}\text{C}$, теплопотерями пренебречь. Считать, что тепловое равновесие в ванне достигается мгновенно.

Решение. а) Определим скорости вытекания воды μ_{X} и μ_{Γ} из холодного и горячего кранов, включённых на полную производительность:

$$\mu_{\text{X}} = \frac{V\rho_{\text{в}}}{t_{\text{X}}} = 0,3 \frac{\text{кг}}{\text{с}}, \quad \mu_{\Gamma} = \frac{V\rho_{\text{в}}}{t_{\Gamma}} = 0,2 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Запишем уравнение теплового баланса для топки 5 кг льда, считая, что в ванне установилась температура $T_0 = 0^{\circ}\text{C}$:

$$\mu_{\text{X}}t c_{\text{в}}(T_{\text{X}} - T_0) + \mu_{\Gamma}t c_{\text{в}}(T_{\Gamma} - T_0) = \lambda m,$$

Отсюда находим необходимое время работы кранов:

$$t = \frac{\lambda m}{\mu_{\text{X}}c_{\text{в}}(T_{\text{X}} - T_0) + \mu_{\Gamma}c_{\text{в}}(T_{\Gamma} - T_0)} = 21,2 \text{ с}$$

Отметим, что при суммарном расходе 0,5 кг/с за время 21,2 в ванне наберётся около 10 л воды и ванну этот объём воды не заполнит.

б) Весь лёд растает при заполнении всей ванны:

$$m_{х.в.} + m_{г.в.} + m_{л} = V\rho$$

$$\frac{m_{х.в.}}{m_{г.в.}} = \frac{\mu_x}{\mu_g} = 1,5$$

$$m_{х.в.}c_B(T_x - T_0) + m_{г.в.}c_B(T_g - T_0) = \lambda m_{л}$$

$$0,6(V\rho - m_{л})c_B(T_x - T_0) + 0,4(V\rho - m_{л})c_B(T_g - T_0) = \lambda m_{л}$$

$$m_{л} = \frac{0,6V\rho c_B(T_x - T_0) + 0,4V\rho c_B(T_g - T_0)}{0,6c_B(T_x - T_0) + 0,4c_B(T_g - T_0) + \lambda} = 57,6 \text{ кг.}$$

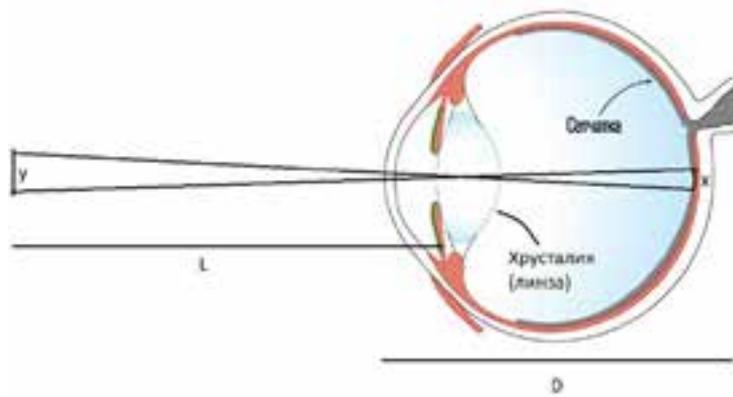
Разбалловка.

1. Найдены массовые расходы горячей и холодной воды	3 балла
2. Верно записан баланс тепла в вопросе а)	4 балла
3. Получен ответ на вопрос а)	1 балл
4. Верно записано ограничение на сумму масс льда и воды в вопросе б)	3 балла
5. Верно записан баланс тепла в вопросе б)	6 баллов
6. Получен ответ на вопрос б)	3 балла

Задача 5. Задача-оценка (оптика)

Условие (Лужнов Алексей Сергеевич) (20 баллов). Оцените размер пикселя ПЗС-матрицы, которой можно заменить сетчатку глаза человека, чтобы не поменять остроту зрения. Скольким Мп (мегапикселей) сопоставим человеческий глаз? Сетчатка занимает примерно 70% глаза по площади. Диаметр глаза практически у всех людей одинаковый и равен 24мм. Указание: площадь сферы выражается как $S = 4\pi R^2$, где R – её радиус.

Решение. Если начать всматриваться вдаль, то начиная с определенного угла объекты будут сливаться воедино, т.к. они будут приходиться не на несколько пикселей, а на один. Оценить угловую разрешающую способность (предельный угол, на котором мы можем различить два объекта по отдельности) глаза можно разными методами, удобнее всего выбрать букву, замерить расстояние до нее в момент, когда она перестает быть читаемой и превращается в точку. Получаем следующий рисунок:



На этом рисунке y – размер наблюдаемого объекта, L – расстояние до него, x – размер «пикселя» глаза. Хорошим зрением считается, когда разрешающая способность глаза порядка

$$\beta = 1' = \frac{1}{60}^\circ. \quad (1)$$

Эту оценку можно получить, вспомнив опыт обследования в кабинете у окулиста. Обычно расстояние до проверочной таблицы с буквами составляет около $L = 5$ м, а размер букв в нижней десятой строчке около $y = 5$ мм. Далее расчеты будем производить именно для (1).

$$x = D \operatorname{tg}(\beta) \approx 7 \text{ мкм.}$$

Теперь оценим число таких пикселей, которые помещаются внутри глаза:

$$N = 0,7 \cdot \frac{\pi D^2}{x^2} \approx 26.000.000.$$

Получается, что разрешение глаза примерно 26 Мп.

В действительности в человеческом глазу располагается порядка 120 млн колбочек и палочек, отвечающих за восприятие света. Ближе к центру их концентрация чуть больше, чем по краям, поэтому наша оценка достаточно справедлива.

Разбалловка.

1. Любым способом произведена оценка разрешающей способности глаза человека	12 баллов
2. Определен размер пикселя гипотетической матрицы глаза	4 балла
3. Получен число пикселей на площади сетчатки	4 балла

2022-2023 учебный год

Ответы на задания Всероссийской олимпиады школьников "Высшая проба",
профиль "Физика" 10 класс

Максимальное количество баллов — 100

Задача 1. Механика

Условие (Лужнов Алексей Сергеевич) (20 баллов). Маленький грузик подвешен на невесомой и нерастяжимой нити длиной $L = 6$ м. В начальный момент времени грузику, находящемуся в нижней точке, сообщили горизонтальную скорость, равную $V = 15$ м/с. Определите, на какую максимальную высоту в процессе движения сможет подняться груз. Ускорение свободного падения $g = 9,8$ м/с².

Решение: Сначала проверим, сможет ли груз совершить полный оборот относительно точки подвеса по окружности. Обозначим, в соответствии с условием, скорость грузика в нижней точке V . Предполагая, что грузик смог совершить полный оборот, обозначим его скорость в верхней точке V_1 . Для того, чтобы тело совершило полный оборот – нить должна быть всегда в натянутом состоянии, то есть $T > 0$:

$$T + mg = ma_{ц.с.} = \frac{mV_1^2}{L}. \quad (1)$$

Поэтому в верхней точке скорость удовлетворяет неравенству

$$V_1^2 > Lg.$$

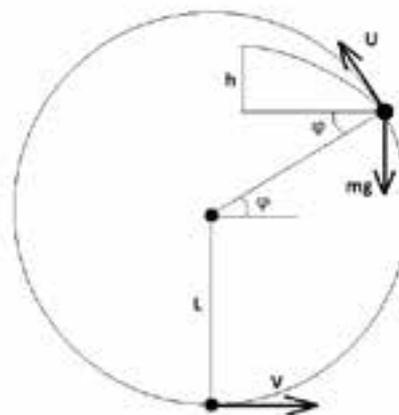
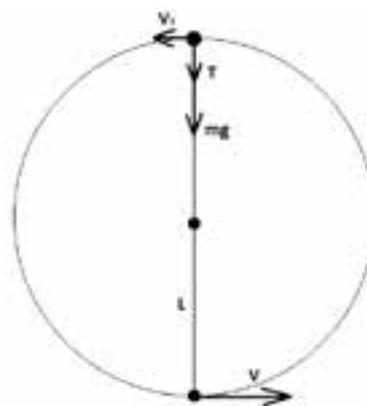
Отсюда получаем ограничение на скорость в нижней точке:

$$\frac{mV^2}{2} = 2mgL + \frac{mV_1^2}{2}, \quad V > \sqrt{5gL} = 17,15 \frac{м}{с}. \quad (1)$$

Согласно условию, скорость в нижней точке не удовлетворяет условию (1). Это означает, что в некоторый момент нить начнет провисать, после чего грузик продолжит двигаться только под действием силы тяжести. Определим угол φ (смотри Рисунок), при достижении которого нить начнет провисать. Пусть скорость грузика в этот момент равна U . В этот момент натяжение нити $T = 0$, поэтому центростремительное ускорение создаётся исключительно соответствующей проекцией силы тяжести,

$$mgsin \varphi = ma_{ц.с.} = \frac{mU^2}{L}. \quad (2)$$

Согласно закону сохранения энергии



$$\frac{mV^2}{2} = mgL(1 + \sin \varphi) + \frac{mU^2}{2}. \quad (3)$$

Уравнения (2,3) позволяют найти угол φ и скорость U :

$$\sin \varphi = \frac{2}{3} \left(\frac{V^2}{2gL} - 1 \right), \quad U = \sqrt{gL \sin \varphi}.$$

Теперь определим высоту подъема относительно точки, в которой перестает действовать сила натяжения нити, по формуле из баллистики:

$$h = \frac{U^2 \cos^2 \varphi}{2g} = \frac{1}{2} L \sin \varphi \cos^2 \varphi.$$

Итоговая высота полного подъема грузика равна

$$H = L + L \sin \varphi + h = L(1 + \sin \varphi) + \frac{1}{2} L \sin \varphi \cos^2 \varphi \approx 10,8 \text{ м.}$$

Разбалловка.

Записан 2 закон Ньютона для верхней точки	2 балла
Получено ограничение на скорость в нижней точке и сказано, что данное условие не выполняется в задаче	3 балла
Записан 2 закон Ньютона при $T=0$	3 балла
Записан ЗСЭ при $T=0$	3 балла
Определен угол при котором $T=0$	2 балла
Определена скорость при которой $T=0$	2 балла
Определена высота подъема h относительно точки в котрой $T=0$	3 балла
Выражена высота подъема груза H	1 балла
Рассчитана высота подъема груза	1 балл

Задача 2. Термодинамика

Условие (Вергелес Сергей Сергеевич) (20 баллов). Абсолютно круглая и однородная планета покрыта слоем воды. Вследствие процессов радиоактивного распада в породе, из которой состоит планета, она медленно нагревается. Выделение тепла происходит равномерно во времени. Температура планеты в начальный момент измерения равна 5°C , в этот момент толщина слоя воды равна $H = 60 \text{ м}$.

1. При какой температуре планеты вся вода испарится?
2. С момента, когда вся вода испарилась, наблюдения продолжались до момента, когда температура достигла $T_f = 180^\circ\text{C}$. Какую долю тепла, выделившегося при радиоактивном распаде, вобрал в себя пар в результате этого процесса?

T, °C	P, МПа
5	0.007
100	0.1
120	0.2
134	0.3
144	0.4
152	0.5
159	0.6
165	0.7
170	0.8
175	0.9
180	1.0

В таблице приведена зависимость давления насыщенных паров воды от температуры. Масса планеты равна массе Земли ($M = 6 \cdot 10^{24}$ кг), радиус совпадает с радиусом Земли, $r = 6400$ км. Удельная теплоёмкость породы планеты $C_{\text{п}} = 0.5$ кДж/(кг · К). Универсальная газовая постоянная $R = 8,3$ Дж/(моль · К). В каждый момент времени считать, что на планете установлено полное тепловое равновесие. Тепловым излучением планеты, расширением породы планеты при нагреве и потерей газа в космос пренебречь. При вычислениях приближённо считать, что давление насыщенного пара при 5°C равно нулю.

Решение. 1. Глубина слоя жидкости 60 м соответствует давлению 6 атмосфер или 0.6 МПа (поскольку масса и радиус планеты совпадают с земными, то и ускорение свободного падения на её поверхности то же самое). Вся вода испарится, когда давление насыщенных паров достигнет этого значения. Согласно таблице, это произойдёт при температуре $T_1 = 159^{\circ}\text{C}$.

2. Далее нагрев каждого горизонтального слоя водяного пара происходит при постоянном давлении. Это означает, что его теплоёмкость при постоянном давлении как трёх-атомного газа равна

$$c_p = 4R$$

Количества тепла $Q_{\text{п}}$ и $Q_{\text{в}}$, запасённые породой планеты и водяным паром, при нагреве от температуры T_1 до T_f , равны

$$Q_{\text{п}} = M \cdot C_{\text{п}} \cdot (T_f - T_1),$$

$$Q_{\text{в}} = c_p \nu (T_f - T_1), \quad \nu = \frac{M_{\text{в}}[\text{г}]}{18}, \quad M_{\text{в}} = 4\pi r^2 H \rho_{\text{в}},$$

где ν – количество молей водяного пара, $M_{\text{в}}$ – масса водяного пара ($M_{\text{в}}[\text{г}]$ – в граммах), $\rho_{\text{в}} = 1000$ кг/м³ – плотность воды при земных условиях. В результате получаем

$$\frac{Q_{\text{в}}}{Q_{\text{п}}} = 10^{-5}.$$

Порядок этого отношения определяется отношением исходной глубины слоя воды и радиуса планеты, H/r .

Разбалловка.

Рассчитано давление слоя жидкости H	2 балла
Определена критическая температура	2 балла
Записана теплоемкость трехатомного газа	2 балла
Рассчитана масса воды	3 балла
Рассчитано $Q_{\text{п}}$	3 балла
Рассчитано $Q_{\text{в}}$	3 балла
Рассчитано H/r из $Q_{\text{в}}/Q_{\text{п}}$	5 баллов

Задача 3. Механика

У очень дешевых строителей не оказалось рулетки, зато оказалась маленькая пушка, которая может стрелять с одной и той же скоростью вылета снаряда в разных направлениях. Её поместили на пол в один из углов комнаты и смогли определить, что она на пределе возможностей может попасть точечным снарядом в самый дальний угол от неё. Для того, чтобы попасть в этот угол, она должна выстрелить под углом $\beta = 60^\circ$ к горизонту, а чтобы попасть в самый близкий угол она должна выстрелить под углом $\alpha = 10^\circ$ к горизонту. Определите площадь стен в квартире, если площадь пола комнаты равна $S_{\text{пола}} = 20 \text{ м}^2$. Размеры пушки малы по сравнению с размером комнаты, из площади стен не исключать дверь и окно.

Решение. Обозначим стороны комнаты как a , b , а высоту комнаты за c . Пушка располагается в угле А, как показано на рисунке. Тогда В – самый близкий угол, а С – самый дальний угол.

Запишем условие того, что пушка попадает в угол В:

$$b = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha}{g}. \quad (1)$$

По условию, пушка попадает в угол С на пределе возможностей, значит точка С будет являться вершиной траектории при выстреле:

$$c = \frac{V_0^2 \sin^2 \beta}{2g}, \quad \sqrt{a^2 + b^2} = \frac{V_0^2 \sin 2\beta}{2g}. \quad (2)$$

Выразим a через b , используя (1) и второе уравнение в (2):

$$a = b \sqrt{\left(\frac{\sin 2\beta}{2\sin 2\alpha}\right)^2 - 1} \approx 0,77b.$$

Выразим c через b , используя (1) и первое уравнение в (2):

$$c = b \frac{\sin^2 \beta}{2 \sin 2\alpha} \approx 1,10b$$

Согласно условию, площадь пола:

$$S_{\text{пола}} = 20 \text{ м}^2 = ab \approx 0,77 b^2.$$

Площадь стен будет:

$$S = 2(a + b)c \approx 2(0,77 + 1) \cdot 1,1 \cdot b^2 \approx 5S_{\text{пола}} \approx 100 \text{ м}^2.$$

Разбалловка.

Записана формула дальности полета под углом к горизонту для выстрела в ближний угол, рассчитана длина короткой стены	4 балла
Записана формула дальности полета под углом к горизонту для выстрела в дальний угол и рассчитана высота комнаты	4 балла

Из теоремы пифагора получена длина длинной стены	4 балла
Записана формула площади пола	2 балла
Получена площадь стен	6 баллов

Задача 4. Электростатика

Условие (Лужнов Алексей Сергеевич) (20 баллов). В схеме, приведенной на рисунке, соединены 2 одинаковых по размерам цилиндрических конденсатора с малым расстоянием между обкладками. При этом на каждой из пластин верхнего конденсатора вырезана четверть окружности. Определите какое количество теплоты выделится на резисторе при повороте пластин верхнего конденсатора на полный оборот. Суммарный заряд на обкладках конденсаторов q_0 и $-q_0$, а ёмкость нижнего конденсатора в начальный момент времени C , сопротивление резистора R . Поворот конденсаторов происходит двумя рывками по пол оборота. Длительность рывков мала по сравнению с $\tau = RC$, а время между рывками велико по сравнению с τ .

Решение. Первым делом отметим, что ёмкость нижнего конденсатора при повороте не меняется и остаётся C .

Вычислим распределение заряда на конденсаторах до начала поворота пластин. Эффективная площадь пластин на верхнем конденсаторе составляет $3/4$ от площади пластин нижнего конденсатора. Значит ёмкость верхнего конденсатора будет принимать значение:

$$C'_2 = \frac{3C}{4}.$$

При этом заряды распределятся таким образом:

$$q_0 = q'_1 + q'_2$$

$$\frac{q'_1}{C} = \frac{q'_2}{\frac{3}{4}C}$$

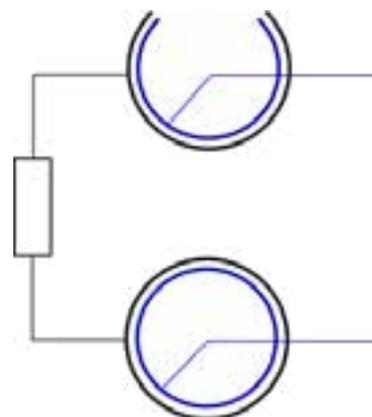
$$q'_1 = \frac{4}{7}q_0$$

$$q'_2 = \frac{3}{7}q_0$$

Вычислим ёмкость верхнего конденсатора C_2 после первого полу-поворота. В этом промежуточном состоянии круглые пластины не пересекаются вырезанными секторами. В данном случае в качестве эффективной площади считается площадь пересечения пластин, которая составляет половину окружности, поэтому:

$$C_2 = \frac{C}{2}.$$

После перераспределения зарядов после первого полуповорота сумма заряда q_1 на нижнем конденсаторе и заряда q_2 на верхнем конденсаторе остаётся неизменной,



$$q_0 = q_1 + q_2$$

Из условия равенства напряжения на конденсаторах получаем значение каждого заряда:

$$\frac{q_1}{C} = \frac{q_2}{C_2} \Rightarrow q_1 = \frac{2q_0}{3}, \quad q_2 = \frac{q_0}{3}.$$

Так как повороты происходят быстро, то теплота выделяется только в процессе перераспределения зарядов вне промежутка времени полуповоротов. Так что теплота, выделившаяся в системе после первого но до второго полуповорота определяется разностью запасённых энергий в конденсаторах (внешней работы в процессе перераспределения зарядов нет).

Тогда эта теплота определяется уравнением:

$$\frac{\left(\frac{q_0}{3}\right)^2}{2 \cdot \frac{2}{4}C} + \frac{\left(\frac{2q_0}{3}\right)^2}{2C} + Q_1 = \frac{\left(\frac{3q_0}{7}\right)^2}{2 \cdot \frac{2}{4}C} + \frac{\left(\frac{4q_0}{7}\right)^2}{2C}$$

После второго полуповорота заряды на конденсаторах нам уже известны – они такие же, как и до поворотов, так как ёмкости конденсаторов оказались такими же, а заряд сохраняется. Тогда вторая часть теплоты будет определяться разностью энергий конденсаторов сразу после второго поворота и после установления равновесия зарядов после второго поворота:

$$\frac{\left(\frac{3q_0}{7}\right)^2}{2 \cdot \frac{3}{4}C} + \frac{\left(\frac{4q_0}{7}\right)^2}{2C} + Q_2 = \frac{\left(\frac{q_0}{3}\right)^2}{2 \cdot \frac{3}{4}C} + \frac{\left(\frac{2q_0}{3}\right)^2}{2C}$$

Находя теплоты из уравнений, получаем соответственно:

$$Q_1 = \frac{2q_0^2}{147C}, \quad Q_2 = \frac{2q_0^2}{189C}$$

И в сумме ответ

$$Q = \frac{32q_0^2}{1323C} \approx 0.02 \frac{q_0^2}{C}$$

Разбалловка.

Отмечено что емкость нижнего конденсатора постоянна	1 балл
Записана емкость верхнего конденсатора до поворота пластин	2 балла
Получены заряды конденсаторов до поворота пластин	2 балла
Записана емкость верхнего конденсатора до первого полуповорота пластин	2 балла
Записан ЗСЗ (от начального состояния до первого полуповорота пластин), рассчитаны заряды пластин	3 балла

Из ЗСЭ получена теплота, выделившаяся за первый полуповорот пластин	4 балла
Из ЗСЭ получена теплота, выделившаяся за второй полуповорот пластин	4 балла
Получен ответ для полной теплоты	2 балла

Задача 5. Задача-оценка (механика-гидродинамика)

Условие (Парфеньев Владимир Михайлович) (20 баллов). Микроорганизмы перемещаются в водной среде за счет циклического изменения своей формы (например, движение жгутиков). Оцените, какое расстояние проплывет бактерия до полной остановки (после прекращения изменения своей формы), если ее размер $R = 1$ мкм, а скорость $u = 30$ мкм/с. Кинематическая вязкость воды $\nu = 10^{-2}$ см²/с. Считайте, что при данных условиях тормозить бактерию будет сила, пропорциональная её скорости.

Решение. Во-первых, следует считать, что массовая плотность микроорганизма близка к плотности воды. Движение бактерии соответствует малым числам Рейнольдса, поэтому сила вязкого сопротивления будет пропорциональна скорости микроорганизма.

Оценим силу, действующую на микроорганизм по теории размерностей:

Важными параметрами в задаче будут являться плотность, вязкость воды, скорость и размер бактерии.

$$F \sim u^1 \rho^\alpha \nu^\beta R^\gamma$$

Приравнивая степени размерностей слева и справа в верхнем выражении получаем систему уравнений на степени соответствующих величин:

$$\begin{cases} 1 = \alpha \\ 1 = 1 - 3\alpha + 2\beta + \gamma \\ -2 = -1 - \beta \end{cases}$$

Откуда находим, что сила пропорциональна выражению

$$F \sim u^1 \rho^1 \nu^1 R^1$$

Из второго закона Ньютона оценим ускорение бактерии за счет вязкой силы

$$\rho R^3 a \sim \rho \nu R u,$$

Где ρ – массовая плотность микроорганизма, a – его ускорение. Время до полной остановки оценивается как

$$T \sim \frac{u}{a} \sim \frac{R^2}{\nu}.$$

За это время бактерия сместится на

$$\Delta x \sim uT \sim \frac{uR^2}{\nu} = 0.3 \text{ A.} \quad (1)$$

Разбалловка.

Указано, что плотность микроорганизма близка к плотности воды	2 балла
Указаны все параметры задачи, от которых зависит сила сопротивления	3 балла
Составлена система линейных уравнений, связывающая размерности величин, от которых зависит сила сопротивления	3 балла
Получена верная зависимость силы сопротивления от параметров задачи	2 балла
Записан 2 закон Ньютона	3 балла
Записано ускорение	2 балла
Записано время движения	2 балла
Вычислено расстояние, пройденное до остановки	3 балла

2022-2023 учебный год

Ответы на задания Всероссийской олимпиады школьников "Высшая проба",
профиль "Физика" 11 класс

Максимальное количество баллов — 100

Задача 1. Механика

Условие (Галиуллин Арслан Анварович) (20 баллов). Плоский горизонтальный конвейер длиной $l = 1$ м движется с переменной скоростью $v(t)$. На начальный его конец из резервуара без начальной скорости высыпается песок с переменным массовым расходом $q(t)$. К концу движения по конвейеру песок не движется относительно ленты. В конце конвейера песок слетает с ленты без потери скорости. Верхняя лента контейнера находится на высоте $h = 5$ м относительно земли. Песчинки после слёта с ленты свободно летят и падают на землю без сопротивления воздуха. Определите максимальную линейную (на единицу длины) плотность упавшего на землю песка. Считайте, что песок при касании с землёй прилипает к ней, а песчинки такие маленькие, что никак не влияют на место падения других. Временные зависимости $q(t) = q_0 + \alpha t$, $v(t) = v_0 + \beta t + \gamma t^3$, где параметры $q_0 = 1$ кг/с, $\alpha = 100$ г/с², $v_0 = 5$ м/с, $\beta = 0.1$ м/с², $\gamma = 0.1$ мм/с³. Время ограничено, $t < T$, где $T = 15$ с, после чего песок заканчивается.

Решение: Заметим, что время изменения в 2 раза величин $v(t)$ и $q(t)$ примерно равно 10 с. Это время намного больше времени движения песка по конвейеру:

$$10 \text{ с} \gg \frac{l}{v(0)} = 0.2 \text{ с},$$

так что можем решать задачу считая, что в каждый данный момент величины v и q постоянны.

Время, за которое песчинки падают на землю, считается по формуле

$$\tau = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 1 \text{ с}.$$

Дальность полёта песчинки $L(t)$, вылетающей с ленты со скоростью $v(t)$ равна

$$L(t) = \tau \cdot v(t) = v(t) \sqrt{\frac{2h}{g}}.$$

Заметим, что $L(t)$ вслед за $v(t)$ является возрастающей функцией времени. Это означает, что в разные моменты времени песок будет падать в разные положения. За промежуток времени $(t, t + dt)$ песчинки попадают в область

$$(L(t); L(t) + dL), \quad dL = \frac{dL(t)}{dt} dt.$$

Масса этих песчинок, соответственно,

$$dM = q(t)dt.$$

Тогда плотность песчинок на земле будет равна

$$\lambda = \frac{dM}{dL} = \frac{q(t)}{dv(t)/dt} \cdot \frac{1}{\tau} = \sqrt{\frac{g}{2h}} \frac{q_0 + \alpha t}{\beta + 3\gamma t^2}, \quad t = t(L).$$

Максимумом этой функции по времени является

$$\lambda_{max} = \sqrt{\frac{g}{2h}} \frac{3q_0 + \sqrt{9q_0^2 + \frac{3\alpha^2\beta}{\gamma}}}{6\beta} = 15 \text{ кг/м},$$

который достигается при времени

$$t_{max} = -\frac{q_0}{\alpha} + \sqrt{\frac{q_0^2}{\alpha^2} + \frac{\beta}{3\gamma}} \approx 10 \text{ с},$$

то есть до момента, когда песок закончился.

Разбалловка.

Найдено время падения песчинок с высоты конвеера	2 балла
Написано выражение для определения линейной плотности	2 балла
Написано выражение для дальности полета песчинок в зависимости от скорости конвеера	5 баллов
Найден момент времени, когда плотность максимальна	4 балла
Найдено верное выражение для определения максимальной плотности	3 балла
Найдено верное численное значение для максимальной плотности	4балла

Задача 2. Термодинамика

Условие (Вергелес Сергей Сергеевич) (20 баллов). Абсолютно круглая и однородная планета покрыта слоем воды. Вследствие процессов радиоактивного распада в породе, из которой состоит планета, она медленно нагревается. Выделение тепла происходит равномерно во времени. Температура планеты в начальный момент измерения равна 5°C , в этот момент толщина слоя воды равна $H = 60 \text{ м}$.

1. При какой температуре планеты вся вода испарится?
2. С момента, когда вся вода испарилась, наблюдения продолжались до момента, когда температура достигла $T_f = 180^\circ\text{C}$. Какую долю тепла, выделившегося при радиоактивном распаде, вобрал в себя пар в результате этого процесса?

T, °C	P, МПа
5	0.007
100	0.1
120	0.2
134	0.3
144	0.4
152	0.5
159	0.6
165	0.7
170	0.8
175	0.9
180	1.0

В таблице приведена зависимость давления насыщенных паров воды от температуры.

Масса планеты равна массе Земли ($M = 6 \cdot 10^{24}$ кг), радиус совпадает с радиусом Земли, $r = 6400$ км. Удельная теплоёмкость породы планеты $C_{\text{п}} = 0.5$ кДж/(кг · К). Универсальная газовая постоянная $R = 8,3$ Дж/(моль · К). В каждый момент времени считать, что на планете установлено полное тепловое равновесие. Тепловым излучением планеты, расширением породы планеты при нагреве и потерей газа в космос пренебречь. При вычислениях приближённо считать, что давление насыщенного пара при 5°C равно нулю.

Решение. 1. Глубина слоя жидкости 60 м соответствует давлению 6 атмосфер или 0.6 МПа (поскольку масса и радиус планеты совпадают с земными, то и ускорение свободного падения на её поверхности то же самое). Вся вода испарится, когда давление насыщенных паров достигнет этого значения. Согласно таблице, это произойдёт при температуре $T_1 = 159^{\circ}\text{C}$.

2. Далее нагрев каждого горизонтального слоя водяного пара происходит при постоянном давлении. Это означает, что его безразмерная теплоёмкость как трёх-атомного газа равна

$$c_p = 8.$$

Количества тепла $Q_{\text{п}}$ и $Q_{\text{в}}$, запасённые породой планеты и водяным паром, при нагреве от температуры T_1 до T_f , равны

$$Q_{\text{п}} = M \cdot C_{\text{п}} \cdot (T_f - T_1),$$

$$Q_{\text{в}} = \frac{c_p}{2} \nu R (T_f - T_1), \quad \nu = \frac{M_{\text{в}}[\text{г}]}{34}, \quad M_{\text{в}} = 4\pi r^2 H \rho_{\text{в}},$$

где ν – количество молей водяного пара, $M_{\text{в}}$ – масса водяного пара ($M_{\text{в}}[\text{г}]$ – в граммах), $\rho_{\text{в}} = 1000$ кг/м³ – плотность воды при земных условиях. В результате получаем

$$\frac{Q_{\text{в}}}{Q_{\text{п}}} = 10^{-5}.$$

Порядок этого отношения определяется отношением исходной глубины слоя воды и радиусом планеты, H/r .

Разбалловка.

Правильно сформулирован критерий испарения всей воды через давление насыщенных паров	3
Правильно оценено давление на планете	
Найдена температура T_1 при которой испарится вся вода	4
Найдена теплоемкость пара	1
Получено выражение для количества тепла, запасенного планетой при нагреве от T_1 до T_f	3
Получено выражение для количества тепла, запасенного паром при нагреве от T_1 до T_f	3
Получено правильное численное значение отношения двух количеств теплоты	4

Задача 3. Электродинамика

Задача 3 (Галиуллин Арслан Анварович) (20 баллов).

1) Определите максимальный ток, протекающий через диод D1, изображённый на Схеме 1. Нижний контакт схемы заземлён, а на верхний подаётся переменное напряжение $U_0(t) = V_0 \sin \omega t$, где $V_0 = 10$ В, $\omega = 2\pi$ кГц. Индуктивность катушки $L_1 = 100$ мГн, вольт-амперная характеристика диода изображена на рисунке, напряжение открытия диода $V_D = 3$ В. В момент $t = 0$ ток через катушку не проходил.

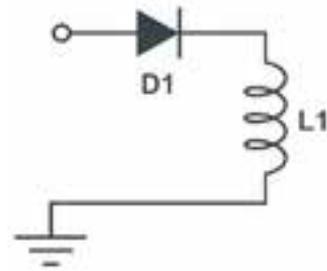


Схема 1

Напомним вам правило взятия определённого интеграла от синуса:

$$\int_{t_1}^{t_2} \sin \omega t \, dt = \frac{1}{\omega} (\cos \omega t_1 - \cos \omega t_2).$$

2) К предыдущей схеме добавили бесконечное число подобных элементов. Определите максимальную сумму напряжений на катушках. Напряжение на верхнем левом контакте схемы $U_0(t) = V_0 \sin \omega t$, в начальный момент времени токи через каждую катушку равны нулю.

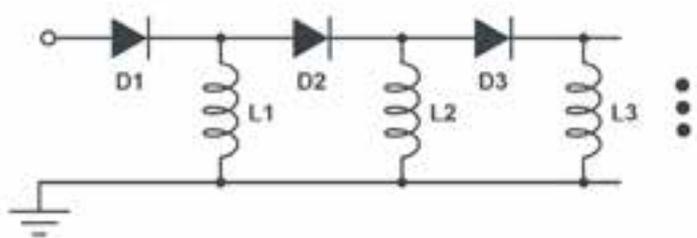
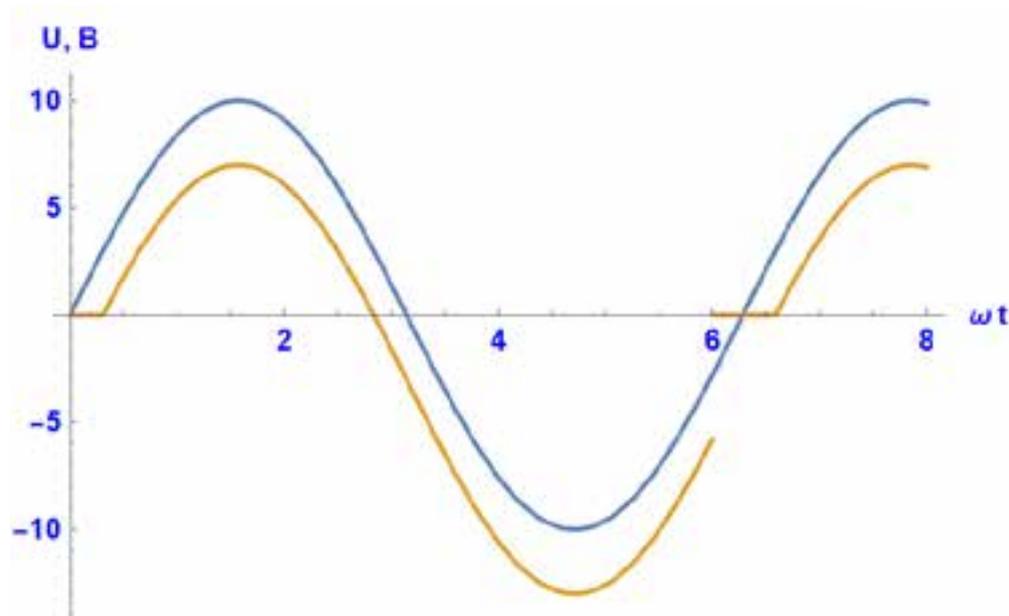
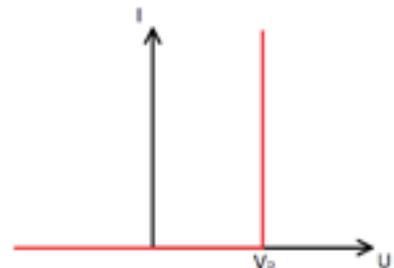


Схема 2

Все диоды и катушки одинаковые, имеют параметры такие же, как в первом пункте задачи.

Решение. 1) Нарисуем на графике зависимости напряжений источника и напряжений на катушке от времени:



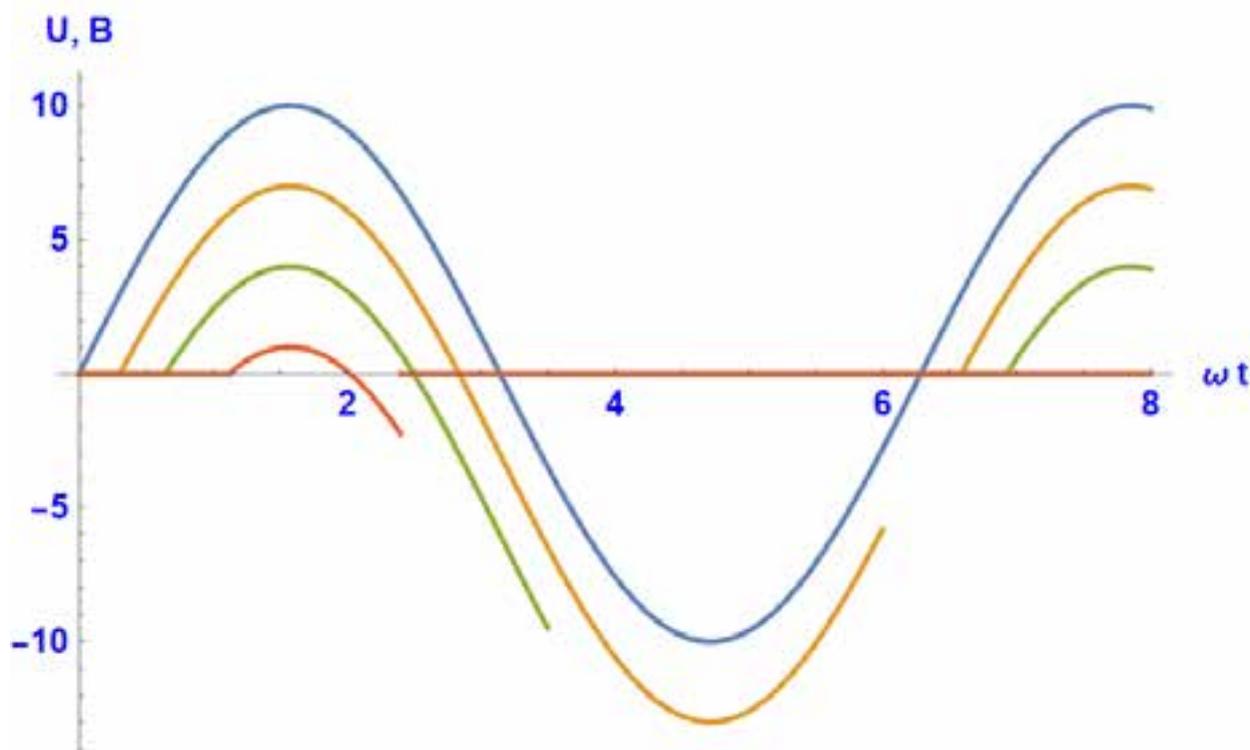
Синим цветом на графике обозначено напряжение источника в зависимости от безразмерного времени, оранжевым – напряжение на катушке. Ясно, что до тех пор, пока напряжение на диоде не станет равным напряжению открытия диода, напряжение на катушке будет равно нулю и ток через неё будет нулевым. После открытия диода напряжение на катушке будет равняться $V_0 \sin \omega t - V_D$ и ток будет нарастать до тех пор, пока напряжение на катушке положительно. Напряжение на катушке будет положительным до тех пор, пока открыт диод. После того, как напряжение на катушке обнулится, рост тока прекратится, но ток будет продолжать течь через катушку. Так как ток через катушку течёт, то он течёт и через диод. Поэтому напряжение на катушке и после обнуления напряжения на ней будет равно $V_0 \sin \omega t - V_D$. Вольт-амперная характеристика диода не позволяет напряжению падать на диоде на значение большее, чем V_D . Если же на диоде после обнуления напряжения на катушке падает напряжение меньше V_D , то ток через диод прекращается, то есть прекращается и ток через катушку, что приводит к ЭДС индукции приводящей к уменьшению потенциала точки, соединяющей диод и катушку, что выравнивает падение напряжения на диоде на уровне V_D , так что утверждение в предыдущем предложении верно. Далее, после обнуления напряжения на катушке, напряжение на ней становится отрицательным и ток начинает уменьшаться. Ток успеет уменьшиться до нуля до того, как начнётся следующий период синусоиды, что видно из графика. Таким образом, максимальный ток через диод определяется интегралом по первой половине синусоиды от напряжения на катушке. Запишем уравнение на ток в промежутке роста тока:

$$L_1 \dot{I}_1 = V_0 \sin \omega t - V_D$$

Границы этого промежутка определяются уравнением $V_0 \sin \omega t - V_D = 0$. Интегрируя уравнение на ток в найденных пределах роста, получаем максимальный ток в системе, равный

$$\frac{2V_0 \sqrt{1 - \frac{V_D^2}{V_0^2}} - 2V_D \arcsin \frac{V_D}{V_0}}{L_1 \omega} = 0,18 \text{ A}$$

2) По аналогии с предыдущим пунктом задачи, получаем, что зависимость напряжения на каждой катушке от времени отличается от напряжения:



На графике представлены зависимости напряжений от времени: синий – источника, оранжевый – первой катушки, зелёный – второй, красный – третьей. Видно, что ток будет течь только через первые три катушки (напряжение на четвёртой всегда нулевое), так что максимальная сумма напряжений на всех катушках будет равна сумме напряжений на первых трёх катушках, то есть ответ $10\text{В} - 3\text{В} + 10\text{В} - 3\text{В} - 3\text{В} + 10\text{В} - 3\text{В} - 3\text{В} - 3\text{В} = 12\text{В}$.

Разбалловка.

Найдены диапазоны времени ненулевого напряжения для одной катушки	3
Найдена зависимость тока от времени на одной катушке	3
Получен верный ответ на 1 пункт задачи	3
Получены зависимости для напряжения от времени для катушек с разными номерами	3
Определено число катушек с ненулевым током	2
Получено максимальное напряжение на каждой катушке	4
Правильно вычислена сумма напряжений	2

Задача 4. Оптика

Условие (Вергелес Сергей Сергеевич) (20 баллов). Источник света, испускающий два луча под малым углом $\alpha = 5^\circ$ друг к другу, перемещается по кругу, оставаясь на одном расстоянии от оптической оси собирающей линзы. Направления лучей всегда остаются неизменными, каждый из лучей направлен под малым углом к оптической оси. За линзой поставили экран, наклоненный под углом $\beta = 4^\circ$ к оптической оси. Перемещением экрана вдоль оптической оси добились того, что один из лучей всегда попадает в одну точку, а другой описывает круг с радиусом $r = 0.3$ мм. Найдите радиус круга R , по которому движется источник света.

Решение. Пусть F – фокусное расстояние линзы, а оба данных угла выражены в радианах:

$$\alpha = 0.087, \quad \beta = 0.070.$$

Каждый из лучей, будучи преломлённым линзой, всегда проходит через одну и ту же точку в фокальной плоскости (будем называть эти две точки точками фокусировки). Пусть расстояние между этими точками равно d . Имеем соотношение

$$d = \alpha F.$$

Собираясь в соответствующую точку фокусировки, каждый луч описывает конус с углом раствора

$$\gamma = \frac{R}{F}.$$

Расстояние δ от одной из точек фокусировки до экрана равно

$$\delta = \beta d,$$

поэтому радиус круга, который луч описывает на экране, равен

$$r = \gamma \delta = \alpha \beta R.$$

В итоге получаем, что

$$R = \frac{r}{\alpha \beta} = 4.9 \text{ см.}$$

Разбалловка.

Найдены значения углов в радианах	1
Определены точки фокусировки для обоих лучей	3
Найдено выражение для расстояния между точками фокусировки двух лучей	3
Описана траектория каждого луча во времени и ее параметры	4
Найдено расстояние от точки фокусировки до экрана	3

Найдено выражение для радиуса траектории источника света	3
Верно посчитано значение радиуса траектории источника света	3

Задача 5. Задача-оценка (механика-гидродинамика)

Условие (Парфеньев Владимир Михайлович) (20 баллов). Микроорганизмы перемещаются в водной среде за счет циклического изменения своей формы (например, движение жгутиков). Оцените, какое расстояние проплывет бактерия до полной остановки (после прекращения изменения своей формы), если ее размер $R = 1$ мкм, а скорость $u = 30$ мкм/с. Кинематическая вязкость воды $\nu = 10^{-2}$ см²/с. Считайте, что при данных условиях тормозить бактерию будет сила, пропорциональная её скорости.

Решение. Во-первых, следует считать, что массовая плотность микроорганизма близка к плотности воды. Движение бактерии соответствует малым числам Рейнольдса, поэтому сила вязкого сопротивления будет пропорциональна скорости микроорганизма.

Оценим силу, действующую на микроорганизм по теории размерностей:

Важными параметрами в задаче будут являться плотность, вязкость воды, скорость и размер бактерии.

$$F \sim u^1 \rho^\alpha \nu^\beta R^\gamma$$

Приравнивая степени размерностей слева и справа в верхнем выражении получаем систему уравнений на степени соответствующих величин:

$$\begin{cases} 1 = \alpha \\ 1 = 1 - 3\alpha + 2\beta + \gamma \\ -2 = -1 - \beta \end{cases}$$

Откуда находим, что сила пропорциональна выражению

$$F \sim u^1 \rho^1 \nu^1 R^1$$

Из второго закона Ньютона оценим ускорение бактерии за счет вязкой силы

$$\rho R^3 a \sim \rho \nu R u,$$

Где ρ – массовая плотность микроорганизма, a – его ускорение. Время до полной остановки оценивается как

$$T \sim \frac{u}{a} \sim \frac{R^2}{\nu}.$$

За это время бактерия сместится на

$$\Delta x \sim uT \sim \frac{uR^2}{\nu} = 0.3 \text{ А.} \quad (1)$$

Разбалловка.

Указаны все параметры задачи, от которых зависит сила торможения	3
Получена верная зависимость силы сопротивления от параметров задачи	3
Записан 2 закон Ньютона для тела под действием силы вязкого трения	3
Получена оценка ускорения от параметров задачи	3
Получена оценка времени до остановки как характерной скорости поделенной на ускорение	3
Получена оценка расстояния, пройденного объектом до остановки как скорости умноженной на характерное время	3
Получен верный порядок ответа	2

**Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба»
Профиль «Инженерные науки»**

Аннотация

Олимпиада «Высшая проба» по направлению «Инженерные науки» является значимым мероприятием для абитуриентов, стремящихся поступить в вузы на соответствующие инженерные специальности. Она представляет собой уникальную возможность для студентов проявить свои знания, практические навыки и умения в области инженерных наук.

Важность олимпиады по инженерным наукам заключается в том, что она позволяет абитуриентам продемонстрировать свою глубокую преданность и интерес к инженерным дисциплинам. Участие в олимпиаде не только дает возможность выделиться среди других поступающих, но и позволяет абитуриентам получить преимущество при поступлении в учебные заведения, так как она оценивает не только теоретические знания, но и способность к творческому мышлению, аналитическому мышлению и решению практико-ориентированных сложных инженерных задач.

Члены методической комиссии, составляющие задания для олимпиады «Высшая проба» по инженерным наукам, обладают высокой квалификацией и опытом в области инженерии. Они тщательно выбирают тематику заданий, чтобы они отражали актуальные проблемы и вызовы, с которыми сталкиваются современные инженеры. Задания олимпиады могут включать различные области инженерных наук, такие как физика, микроэлектроника и схемотехника, информатика и программирование и другие. Это позволяет абитуриентам показать свою широкую подготовку и способность анализировать и решать сложные задачи.

Олимпиада «Высшая проба» в области инженерных наук способствует развитию творческого мышления участников. Задания могут включать элементы нестандартного мышления и требовать оригинальных подходов к решению проблем. Таким образом, абитуриенты могут продемонстрировать свою способность к инновациям и разработке новых идей в инженерии.

Участие в олимпиаде по инженерным наукам «Высшая проба» является важным этапом подготовки к поступлению в вузы на соответствующие инженерные направления. Победители и призеры олимпиады получают возможность поступления в ведущие технические ВУЗы страны без вступительных испытаний.

**Перечень и содержание тем Всероссийской олимпиады школьников
«Высшая проба» по профилю «Инженерные науки»**

Тема 1. Физика и электроника

Электростатика 7-9 класс. Электризация. Заряды и заряженные тела. Электрическое поле. Закон Кулона. Электрический заряд и элементарные частицы. Закон сохранения электрического заряда.

Электрические цепи и их элементы 7-9 класс. Электрические ток и напряжение. Электрические цепь, её элементы и измерительные приборы (источник питания и напряжения, реостат, резистор, амперметр, вольтметр). Виды соединений проводников. Закон Ома для участка цепи и для полной цепи. Электрическая энергия. Удельное сопротивление. Работа и мощность тока. Количество теплоты, выделяемой проводником с током. Электрическая энергия. Закон Джоуля-Ленца. Короткое замыкание. Зависимость сопротивления проводника от температуры.

Магнетизм. Однородное и неоднородное магнитное поле. Действие магнитного поля на проводник с током. Движение частиц в магнитном поле. Действие магнитного поля на рамку с током. Магнитный поток. **Электромагнитные явления.** Электромагнитное поле. Электромагнитная индукция. Генератор переменного тока. Электромагнитные волны и их свойства.

Литература

Физика. 9 класс. Учебник – Перышкин А.В., Гутник Е.М. 2019.

Физика, 9 класс, учебник, Пурышева Н.С., Важевская Н.Е., Чаругин В.М., 2015.

Физика. 9 класс. Исаченкова Л. А., Сокольский А. А., Захаревич Е. В., 2019. Онлайн-курс «Физика в опытах. Часть 2. Электричество и магнетизм», URL: <https://www.coursera.org/learn/fizika-v-opitah-elektrichestvo-i-magnetizm> Электричество и магнетизм. Учебник – Зильберман Г. Е. 2015

Тема 2. Информатика и вычислительная техника

Кодирование и обработка графической и мультимедийной информации. Кодирование текстовой информации. Кодирование графической информации. Палитры цветов в системах цветопередачи RGB, CMYK и HSB. Растровая графика. Векторная графика. Растровая и векторная анимация. Кодирование и обработка звуковой информации. Цифровое фото и видео.

Кодирование и обработка числовой информации. Хранение информации. Кодирование числовой информации. Представление числовой информации с помощью систем счисления. Арифметические операции в позиционных системах счисления. Двоичное кодирование чисел в компьютере.

Электронные таблицы. Основные параметры электронных таблиц. Основные типы и форматы данных. Относительные, абсолютные и смешанные ссылки. Встроенные функции. Построение диаграмм и графиков. Базы данных в электронных таблицах. Представление базы данных в виде таблицы. Сортировка и поиск данных в электронных таблицах.

Основы алгоритмизации и объектно-ориентированного программирования.

Алгоритм и его формальное исполнение. Свойства алгоритма и его исполнители. Блок-схемы алгоритмов. Выполнение алгоритмов компьютером. Кодирование основных типов алгоритмических структур на объектно-ориентированных и процедурных языках программирования. Линейный алгоритм. Алгоритмическая структура. Асимптотическая сложность алгоритма «ветвление». Алгоритмическая структура «выбор». Алгоритмическая структура «цикл». Переменные: тип, имя, значение. Арифметические, строковые и логические выражения.

Моделирование и формализация. Окружающий мир как иерархическая система. Моделирование, формализация, визуализация. Материальные и информационные модели. Формализация и визуализация моделей. Основные этапы разработки и анализа моделей на компьютере. Построение и анализ физических моделей. Приближенное решение уравнений. Информационные модели управления объектами.

Графы, анализ графов. Нахождение кратчайшего пути в графе. Транспортная задача.

Литература

Л.Л. Босова, А. Ю. Босова. ИНФОРМАТИКА. Учебник для 9 класса. Информатика, 9 класс, Угринович Н.Д., 2016.

Информатика, 9 класс, Поляков К.Ю., Еремин Е.А., 2017.

Информатика. 10–11 классы. Базовый уровень: методическое пособие / Л.Л. Босова, А.Ю. Босова.

Андреева Е.В., Босова Л.Л., Фалина И.Н. «Математические основы информатики. Элективный курс. Методическое пособие», 2012.

Тема 1. Физика и электроника

Электростатика 10 класс. Электрическое поле, его напряженность и потенциальность. Проводники и диэлектрики в электростатическом поле. Потенциал и разность потенциалов. Конденсаторы.

Электрические цепи и их элементы 10 класс. Метод узловых потенциалов и правила Кирхгофа. Емкостное сопротивление. Конденсаторы. Соединения конденсаторов. Диод. Транзистор. Элементы цепи с нелинейной вольт-амперной характеристикой.

Электрический ток в различных средах. Электрический ток в металлах, вакууме, жидкостях, газах. Проводники и полупроводники. p-n переход.

Электрическое поле. Напряжённость и потенциал электрического поля. Силовые линии. Проводники в электрическом поле. Движение зарядов в электростатическом поле. Электронные пучки. Электронно-лучевая трубка.

Литература

Физика. 10 класс. Учебник – Перышкин А.В., Гутник Е.М. 2019. Электричество и магнетизм. Учебник – Зильберман Г. Е. 2015.

Онлайн-курс «Физика в опытах. Часть 2. Электричество и магнетизм», URL: <https://www.coursera.org/learn/fizika-v-opitah-elektrichestvo-i-magnetizm>

Тема 2. Информатика и вычислительная техника

Информация. Понятие информации. Представление информации. Измерение информации.

Информационные процессы. Процесс хранения и передачи информации. Обработка информации. Информационные процессы в компьютере.

Программирование и обработка информации. Алгоритмы и величины. Структура алгоритмов. Операции, функции, выражения. Основные алгоритмические конструкции. Организация ввода и вывода данных с использованием файлов.

Логические основы вычислительной техники. Двоичная булева алгебра. Логическая переменная, логическая функция, таблица истинности. Применение булевой алгебры. Аксиомы и теоремы булевой алгебры. Минтерм, ДНФ и СДНФ. Макстерм, КНФ и СКНФ. Аналитический способ перехода от нормальной формы к СДНФ и СКНФ. Методы минимизации логических выражений. Построение СДНФ и СКНФ по таблице истинности логической функции. Основные логические элементы. Классификация цифровых схем. Анализ и синтез комбинационных логических схем. Примеры схем последовательной логики и цифровых функциональных узлов. Понятие архитектуры и микроархитектуры ЭВМ.

Литература

Л.Л. Босова, А. Ю. Босова. ИНФОРМАТИКА. Учебник для 10 класса. 2017.

Информатика. 10-11 классы. Базовый уровень: методическое пособие / Л.Л. Босова, А.Ю. Босова.

Информатика. Базовый уровень. 10-11 классы: методическое пособие / Н.Д. Угринович и др.

Андреева Е.В., Босова Л.Л., Фалина И.Н. «Математические основы информатики. Элективный курс. Методическое пособие», 2012.

Тема 1. Физика и электроника

Электромагнитная индукция. Вектор магнитной индукции. Силы Ампера и Лоренца. Закон электромагнитной индукции. Самоиндукция. Индуктивное сопротивление. Плотность потока электромагнитного излучения. Индуктивность.

Электрические колебания. Переменный электрический ток. Емкость, индуктивность, мощность и резонанс в цепи переменного тока. Активное, емкостное и индуктивное сопротивление. Процессы в колебательном контуре. Катушка в электрической цепи.

Электромагнитные волны. Излучение и свойства электромагнитных волн. Радиосвязь и телевидение.

Литература

Физика. 11 класс. Учебник – Перишкин А.В., Гутник Е.М. 2019. Электричество и магнетизм. Учебник – Зильберман Г. Е. 2015.

Электричество и магнетизм. Учебник – Пиралишвили Ш., Шалагина Е., Каляева Н. 2017.

Онлайн-курс «Физика в опытах. Часть 2. Электричество и магнетизм», URL: <https://www.coursera.org/learn/fizika-v-opitah-elektrichestvo-i-magnetizm>

Тема 2. Информатика и вычислительная техника

Информационные системы и базы данных. Что такое система. Модели систем. Информационные системы. База данных. Проектирование многотабличной базы данных. Запросы. Логические условия выбора данных. **Сеть Интернет.** Организация глобальных сетей. WWW – всемирная паутина. Web-сайт. Создание таблиц и списков.

Информационное моделирование. Компьютерное информационное моделирование. Моделирование зависимостей между величинами.

Основы теории информации. Основы комбинаторики и теории вероятностей. Понятие информации и энтропии по Шеннону. Применение теории информации для передачи сообщений. Кодирование источника информации. Модели дискретных двоичных каналов. Примеры использования понятия энтропии в различных разделах науки и техники. Понятие условной энтропии, взаимной информации. Алгоритм построения произвольного дискретного канала без памяти. Понятие пропускной способности канала связи. Понятие о кодах, корректирующих ошибки. Код Грея. Сигналы, их свойства в теории информации. Методы оцифровки непрерывных сигналов. Приложение теории информации в криптографии.

Литература

Информатика. 10-11 классы. Базовый уровень: методическое пособие / Л.Л. Босова, А.Ю. Босова.

Информатика. 11 класс. Базовый уровень: учебник / И.Г. Семакин, Е.К. Хеннер, Т.Ю. Шеина. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2019.

Информатика. Базовый уровень. 10-11 классы: методическое пособие / Н.Д. Угринович и др.

Конкретная математика. Математические основы информатики, 2-е издание, Рональд Л. Грэхем, Дональд Э. Кнут, Орен Паташник, 2017.

Математика и информатика. Часть 1: учебное пособие / под ред. А. Л. Чекина. – Москва: МПГУ, 2019. – 236 с.

Андреева Е.В., Босова Л.Л., Фалина И.Н. «Математические основы информатики. Элективный курс. Методическое пособие», 2012.

Теория информации и основы кодирования в информационных системах: учебное пособие / О. Л. Зуйкова. – М.: Моск. гос. ин-т электроники и математики, 2012. – 156 с.

Зверева Е.Н., Лебедько Е.Г. Сборник примеров и задач по основам теории информации и кодирования сообщений. – СПб: НИУ ИТМО, 2014. – 76 с.

**Задания заключительного этапа Всероссийской олимпиады школьников
«Высшая проба» по профилю «Инженерные науки»**

2020-2021 учебный год

Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба», 2 этап,
профиль «Инженерные науки», 9 класс

Теоретическая часть (количество баллов – 60)

Задача 1.

(Максимум – 15 баллов).

В одном из методов лечения опухолей используется компактный кольцевой протонный ускоритель. Внутри ускорителя пучок протонов летает по кругу ускоряясь с каждым оборотом. За считанные секунды каждый протон проходит путь в несколько десятков тысяч километров.

Пусть конечная кинетическая энергия протона равна 334 кэВ ($1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$), его начальная скорость равна $8 \cdot 10^5 \text{ м/с}$, масса $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$, заряд $q_p = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$.

Дайте ответ в следующей форме (приведите решение):

- 1) скорость протона на выходе из ускорителя равна $__ \cdot 10^6 \text{ м/с}$ (округлите до целых);
- 2) полезная работа, совершенная протонным ускорителем, равна $__ \text{ кэВ}$ (округлите до целых);
- 3) конечный импульс протона равен $__ \cdot 10^{-21} \text{ кг}\cdot\text{м/с}$ (округлите до целых).

Ответ: 8; 31; 13

Задача 2.

(Максимум – 15 баллов).

Электрическая цепь, представленная на рисунке 1, состоит из 14 одинаковых резисторов с сопротивлением $R = 1005 \text{ Ом}$, ключа К и идеального источника постоянного напряжения. Сопротивление проводов в цепи пренебрежительно мало.

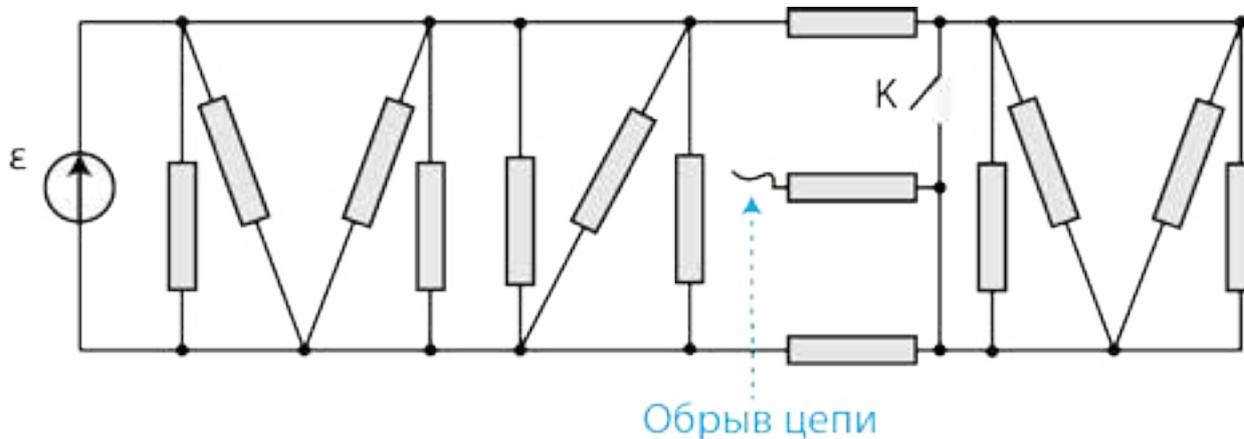


Рис. 1. Электрическая цепь

Дайте ответ в следующей форме (приведите решение):

- 1) эквивалентное сопротивление $R_{\text{экв1}}$ цепи до замыкания ключа К равно $__ \text{ Ом}$ (округлите до целых);
- 2) эквивалентное сопротивление $R_{\text{экв2}}$ цепи после замыкания ключа К равно $__ \text{ Ом}$ (округлите до целых);
- 3) мощность тока в цепи больше $__$ («до» или «после») замыкания ключа.

Ответ: 135; 134; после замыкания (мощность больше)

Задача 3

(Максимум – 15 баллов).

На планете Пиетюр существует уникальная игра – голографические шахматы. Размеры поля для этой игры составляют $16 \times 16 \times 16$ трехмерных клеток. Каждая трехмерная клетка, определяющая позицию фигуры, кодируется при помощи бинарного кода минимально возможным и одинаковым количеством бит. Специальная информационная система фиксирует начальное положение фигур и ходы каждой фигуры, формирует последовательность кодов трехмерных клеток, в которых находилась фигура, и записывает эту последовательность в файл "Log.holo". Каков информационный объем файла, в который записываются позиции фигуры "Вакуумный Конь" после 19 перемещений фигуры "Вакуумный Конь" по игровому полю? Ответ запишите в байтах.

Ответ: 30

Задача 4

(Максимум – 15 баллов).

Алиса, Боб и Ева решили разработать некоторое инновационное устройство, работающее на семиричной логике. Своё устройство они решили оснастить пятиразрядным гиперквантовым процессором, который управляется при помощи обычных пятиразрядных команд. Ева решила, что ей необходим секретный канал для удаленного управления устройством и получения всей информации о работе устройства. В качестве секретных команд Ева будет использовать управляющие команды гиперквантового процессора, в которых значение старшего разряда равняется 3. Определите, сколько всего различных секретных команд управления она может использовать при работе устройства (кроме команды, состоящей только из одного разряда со значением 3).

Ответ: 2800

Практическая часть (количество баллов – 40)

Задание 5

С помощью виртуальной среды на сайте tinkercad.com реализовать следующие задачи:

Уровень 1.

(Максимум – 10 баллов).

Упростите, приведенную ниже логическую функцию и соберите ее схему на макетной плате, используя микросхемы логики.

$$avb\&c\&bv(\bar{b}\&a).$$

Реализуйте все комбинации входных сигналов. Входные сигналы необходимо подавать, используя dip переключатели. Для каждого переключателя добавьте в виде аннотации название переменной, за которую он отвечает. В аннотации к схеме напишите результат упрощения функции, используя следующие обозначения: инверсия «!», конъюнкция «&», дизъюнкция «|». Выходные сигналы схемы подключите к светодиодам. Пример подключения входных сигналов и вывода аннотации приведен на рисунке 2:

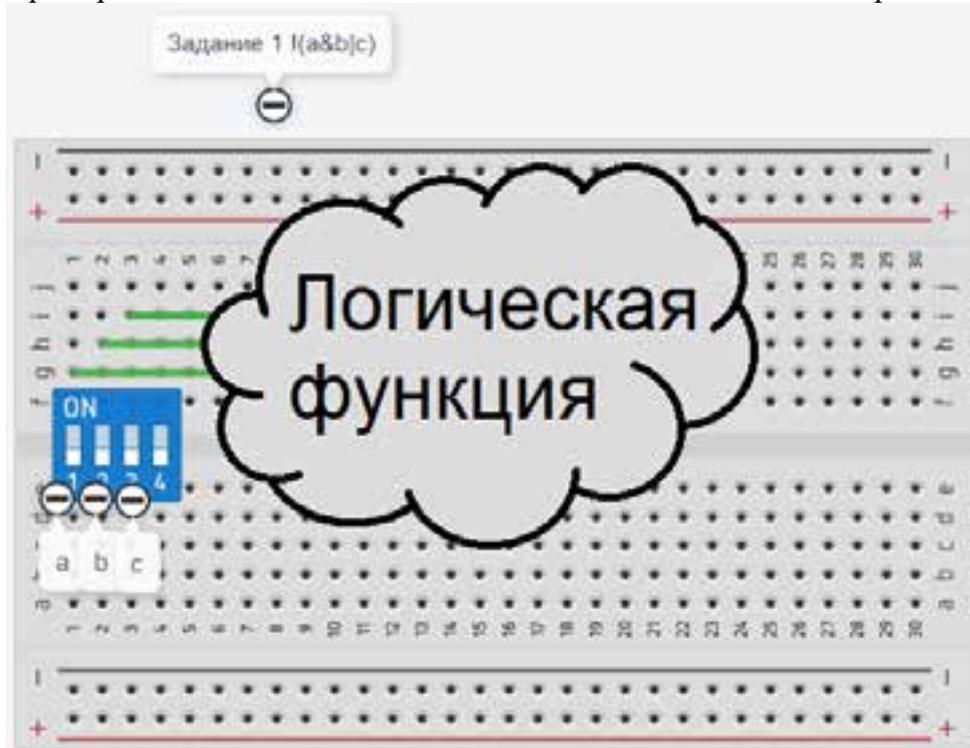


Рис.2. Пример подключения входных сигналов и вывода аннотации

Уровень 2.

(Максимум – 10 баллов).

Не изменяя схему, созданную в первой части задания, преобразуйте упрощенную логическую функцию в базис И-НЕ и соберите ее на новой макетной плате.

Реализуйте все комбинации входных сигналов. В аннотации к схеме напишите результат изменения упрощенной функции в базис И-НЕ. Пример подключения входных и выходных сигналов аналогичен первой части задания.

Задание 6

С помощью виртуальной среды на сайте tinkercad.com и эмулятора Arduino реализовать следующие задачи:

Уровень 1.

(Максимум – 10 баллов).

Дано 2 кнопки и 2 светодиода. Изначально все светодиоды должны быть выключены. При нажатии на первую кнопку, реализовать мигание первого светодиода с задержкой 900 миллисекунд. При нажатии на вторую кнопку, реализовать мигание второго светодиода с задержкой 400 миллисекунд. Когда кнопки отпущены – соответствующие светодиоды должны быть выключены.

Уровень 2.

(Максимум – 10 баллов).

В схему, созданную в первой части задания, необходимо дополнительно подключить еще одну кнопку и потенциометр. При включении третьей кнопки необходимо реализовать поочередное мигание всех светодиодов с задержкой, которая определяется как сумма задержки из 1-го задания и значения, получаемого с потенциометра.



Рис.3. Изображения элементов, используемых в задании

Профиль «Инженерные науки». Задания. 10 класс. 2020-2021 учебный год
2020-2021 учебный год
Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба», 2 этап,
профиль «Инженерные науки», 10 класс

Теоретическая часть (количество баллов – 60)

Задача 1.

(Максимум – 15 баллов).

В современных системах передачи электрической энергии и в сфере инфокоммуникационных технологий широко используются трансформаторы. Простейший трансформатор позволяет передавать электрическую энергию от одной электрической цепи к другой при сохранении мощности, но с изменением напряжения. Трансформатор состоит из двух обмоток, индуктивно связанных между собой с помощью магнитопровода (см. рисунок).

Принцип работы устройства:

1. при изменении электрического тока первичной обмотки в магнитопроводе наводится магнитный поток;
2. магнитный поток передаётся по магнитопроводу в неизменном виде от первичной обмотки ко вторичной;
3. при изменении магнитного потока во вторичной обмотке наводится ЭДС за счёт действия магнитной индукции.

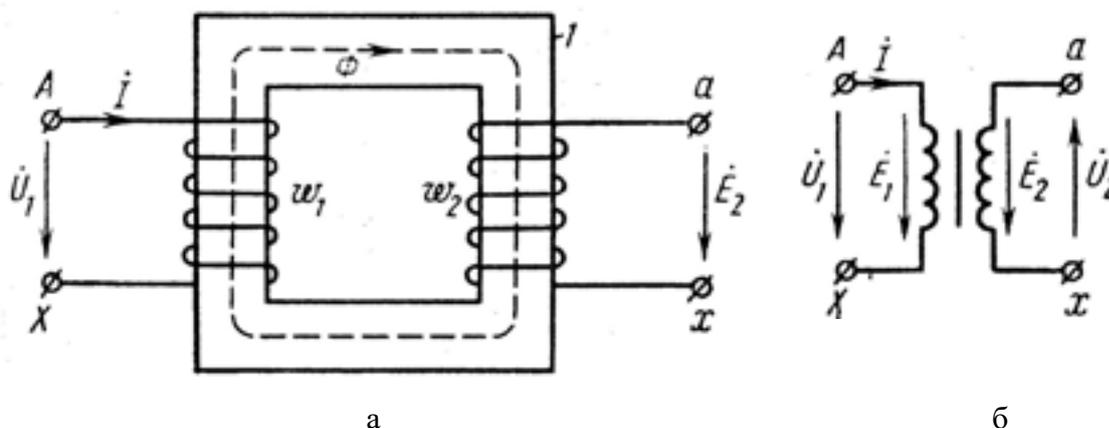


Рис. 1. Способ подключения трансформатора к электрическим цепям (а) и обозначение трансформатора на электрической схеме (б)

Пусть в идеальном трансформаторе количество витков первичной обмотки равно $w_1 = 250$, во второй $w_2 = 1000$. Ко вторичной обмотке подключено сопротивление 200 Ом. Сопротивлением обмоток можно пренебречь. В течение 10 мкс напряжение в первичной обмотке U_1 равномерно изменилось на 100 В.

Дайте ответ в следующей форме (приведите решение):

- 1) ЭДС во вторичной обмотке изменилась на ___ В (округлите до целых);
- 2) ток во вторичной обмотке изменился на ___ А (округлите до целых);

3) электрическая мощность во вторичной обмотке в конечный момент времени равна ___ Вт (округлите до целых).

Ответ: 400; 2; 800

Задача 2.

(Максимум – 15 баллов).

Электрическая цепь, представленная на рисунке 2, состоит из 7 одинаковых резисторов с сопротивлением $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = R_7 = 1 \text{ Ом}$ и ключа К. Напряжение между клеммами $U = 5 \text{ В}$. Сопротивление проводов в цепи пренебрежительно мало.

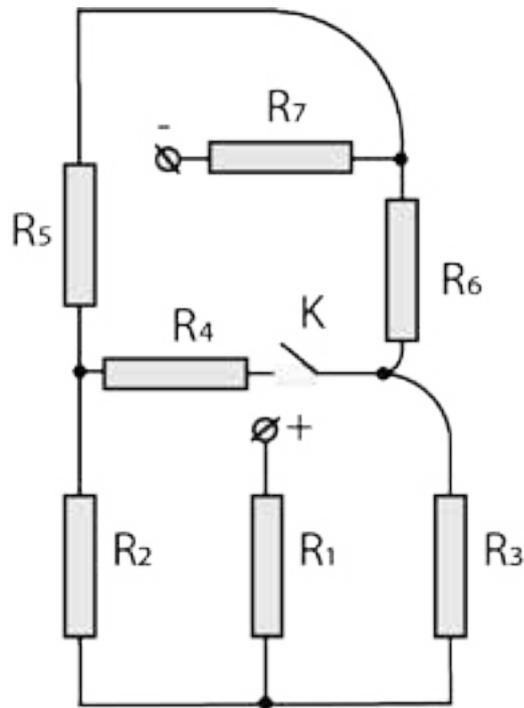


Рис.2. Электрическая цепь

Дайте ответ в следующей форме (приведите решение):

1) эквивалентное сопротивление $R_{\text{эKB1}}$ цепи до замыкания ключа К равно ___ Ом (округлите до целых);

2) эквивалентное сопротивление $R_{\text{эKB2}}$ цепи после замыкания ключа К равно ___ Ом (округлите до целых);

3) после замыкания ключа К вместо резисторов R_2 и R_6 в цепь подключили конденсаторы C_1 и C_2 , соответственно, с ёмкостями $C_1 = 1 \text{ мкФ}$ и $C_2 = 2 \text{ мкФ}$.

На конденсаторе C_1 установится заряд $q_1 = __ \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$ (округлите до целых),

На конденсаторе C_2 установится заряд $q_2 = __ \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$ (округлите до целых).

Ответ: 3, 3, 2 и 4

Задача 3

(Максимум – 15 баллов).

В некоторой Подсолнечной системе находятся разные планеты, заселенные разными народами, между которыми налажена торговля различными товарами. Пилоту торгового космического корабля необходимо доставить товары от планеты Нару до планеты Керрумий и сделать это как можно быстрее. Торговый космический корабль движется с постоянной скоростью. У пилота торгового космического корабля есть цифровая карта Подсолнечной системы, на которой указано расстояние в десятичной системе счисления (в парсеках) между планетами и по которой можно спланировать маршрут из одной точки в другую (рисунок 3). Проблема заключается в том, что карта была повреждена вредоносным компьютерным червем “Верд” и теперь расстояние между некоторыми планетами закодировано в десятичной, восьмеричной и шестнадцатеричной системах счисления, а значения некоторых разрядов этих чисел умышленно потеряны и обозначены символом “@”. Поврежденные данные о расстоянии между планетами представлены в таблице 1, пилоту повезло, что расстояние Y не подверглось действию компьютерного червя и представлено во всех доступных системах счисления. Восстановите исходные данные, найдите кратчайший маршрут от планеты Нару до планеты Керрумий и в ответ запишите его длину в десятичной системе счисления в парсеках.

Таблица 1.

Основание системы счисления, в которой закодировано расстояние	Закодированное расстояние X (парсек)	Закодированное расстояние Y (парсек)	Закодированное расстояние Z (парсек)	Закодированное расстояние T (парсек)
10	@2@2	4080	@@2	@9@2
8	2@5@	7760	10@@	3@1@
16	@E@	FF0	@0A	@@C



Рис. 3. Карта Подсолнечной системы

Ответ: 4010

Задача 4

(Максимум – 15 баллов).

На планете Лязме случилась вспышка нового заболевания. Для лечения нового вируса ученые планеты создали устройство, схема которого представлена на рисунке 4. Точки 1-4 обозначают приемопередатчики, которые могут получать или передавать информацию. Между каждой парой приемопередатчиков есть некая логическая переключательная схема по которой передаются сигналы. Буквами в данной схеме обозначены некоторые логические функции, которые замыкают или размыкают контакт (1 – контакт замкнут, 0 – контакт разомкнут). Запись “!Z” означает инверсию логической переменной Z. Устройство, представленное на схеме, оказалось слишком дорогим для производства, т.к. содержит слишком много логических функций.

Упростите данное устройство и запишите упрощенные логические функции для каждой пары приемопередатчиков.

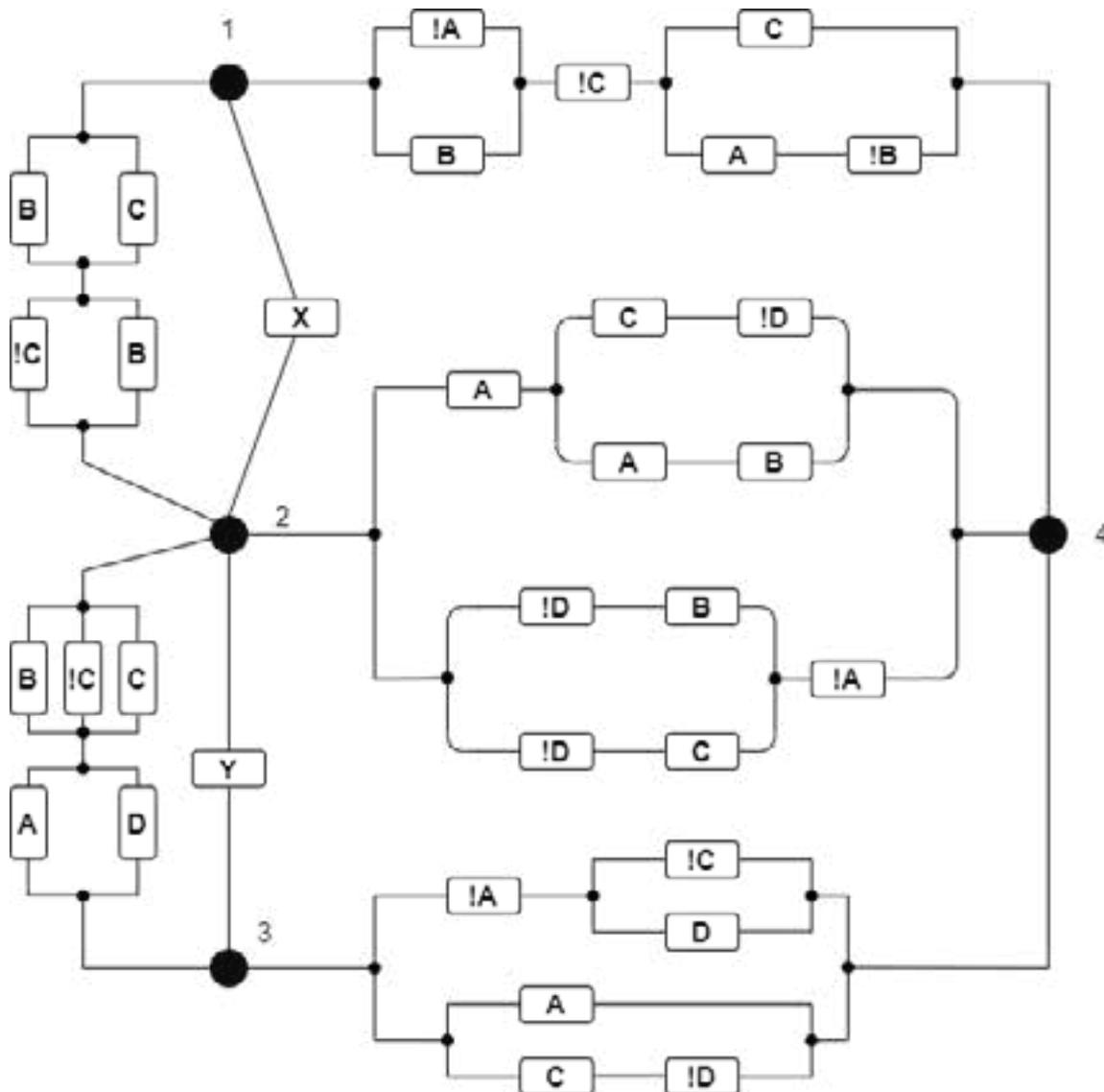


Рис. 4. Схема устройства

Ответ:

1=2: B, X

2=3: A+D, Y

1=4: 0

2=4: $C*\bar{D} + A*B + \bar{A}*\bar{B}*\bar{D}$

3=4: 1

Практическая часть (количество баллов – 40)

Задание 5

С помощью виртуальной среды на сайте tinkercad.com реализовать следующие задачи:

Уровень 1.

(Максимум – 10 баллов).

Упростите, приведенную ниже логическую функцию и соберите ее схему на макетной плате, используя микросхемы логики.

$$(a\bar{b}\bar{c})\vee(\bar{a}\bar{b}\bar{c})\&(abvc)$$

Реализуйте все комбинации входных сигналов. Входные сигналы необходимо подавать, используя dip переключатели. Для каждого переключателя добавьте в виде аннотации название переменной, за которую он отвечает. В аннотации к схеме напишите результат упрощения функции, используя следующие обозначения: инверсия «!», конъюнкция «&», дизъюнкция «|». Выходные сигналы схемы подключите к светодиодам. Пример подключения входных сигналов и вывода аннотации приведен на рисунке 5:

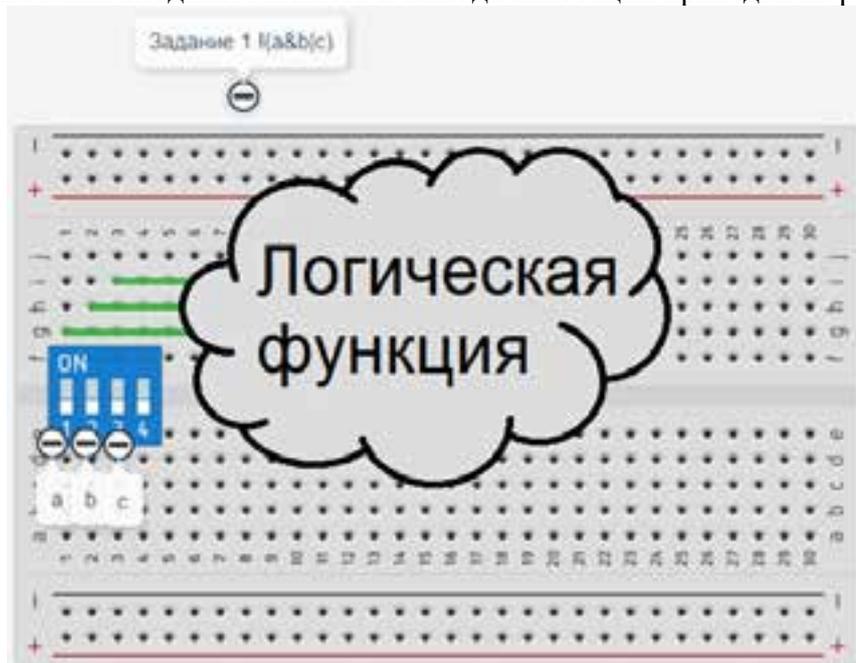


Рис. 5. Пример подключения входных сигналов и вывода аннотации

Уровень 2.
(Максимум – 10 баллов).

Не изменяя схему, созданную в первой части задания, преобразуйте упрощенную логическую функцию в базис И-НЕ и соберите ее на новой макетной плате.

Реализуйте все комбинации входных сигналов. В аннотации к схеме напишите результат изменения упрощенной функции в базис И-НЕ. Пример подключения входных и выходных сигналов аналогичен первой части задания.

Задание 6

С помощью виртуальной среды на сайте tinkercad.com и эмулятора Arduino реализовать следующие задачи:

Уровень 1.
(Максимум – 10 баллов).

Дан четырехпозиционный DIP переключатель (синий) и 1 RGB светодиода. При включении только первого переключателя – включить красный цвет на светодиоде. При включении только второго переключателя – включить синий цвет на светодиоде. При включении только третьего переключателя – включить зеленый цвет на светодиоде. При одновременном включении нескольких переключателей с первого по третий – одновременно мигать с задержкой 400 миллисекунд соответствующими цветами светодиодов.

Уровень 2.
(Максимум – 10 баллов).

В схему, созданную в задании 1, необходимо дополнительно подключить еще 3 фоторезистора. При включении четвертого переключателя, вне зависимости от положения других переключателей, необходимо изменять яркость включенных цветов на светодиодах в соответствии с получаемыми значениями от фоторезисторов (каждый фоторезистор устанавливает яркость одному из цветов светодиода).



Рис. 6. Изображения элементов, используемых в задании

2020-2021 учебный год
Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба», 2 этап,
профиль «Инженерные науки», 11 класс

Теоретическая часть (количество баллов – 60)

Задача 1.

(Максимум – 15 баллов).

В некоторых видах 3D-принтеров, предназначенных для изготовления металлических объектов, наплавление слоёв металла производится под управлением компьютера с помощью электронного луча. Для фокусировки луча, который появляется на выходе электронной пушки, могут использоваться электростатические фокусирующие линзы. Частью такой линзы является плоский конденсатор, в котором создаётся однородное электрическое поле.

Пусть электрон с начальной скоростью 1000 км/с влетает в плоский конденсатор параллельно его пластинам и по центру между ними. Конденсатор создает однородное электрическое поле величиной 50 В/м. Длина пластин конденсатора равна 50 см, расстояние между обкладками 10 см. За конец пути электрона считайте либо момент вылета из конденсатора, либо момент соприкосновения с пластиной конденсатора в случае, если вылететь он не сможет.

Дайте ответ в следующей форме (приведите решение):

- 1) сможет ли электрон вылететь из конденсатора?
- 2) проекция конечной скорости электрона на ось, параллельную полю между обкладками, равна $_ \cdot 10^6$ м/с (округлите до 2 знаков после запятой).

Ответ: не сможет; 0,96

Задача 2.

(Максимум – 15 баллов).

Электрическая цепь, представленная на рисунке 1, состоит из 9 одинаковых резисторов с сопротивлением $R = 23$ Ом, ключа К, трёх одинаковых лампочек, двух батарей: $\varepsilon_1 = 35$ В с внутренним сопротивлением $r_1 = 2$ Ом и ε_2 с внутренним сопротивлением $r_2 = 4$ Ом. Сопротивление проводов в цепи пренебрежительно мало.

Дайте ответ в следующей форме (приведите решение):

- 1) какие лампочки будут гореть до замыкания ключа К?
- 2) ток, который будет протекать через батарею ε_1 до замыкания ключа К, равен $_ А$ (округлите до целых);
- 3) при замыкании ключа К выяснилось, что ток через участок 1–2 течь перестал. ЭДС ε_2 после замыкания ключа равна $_ В$ (округлите до целых).

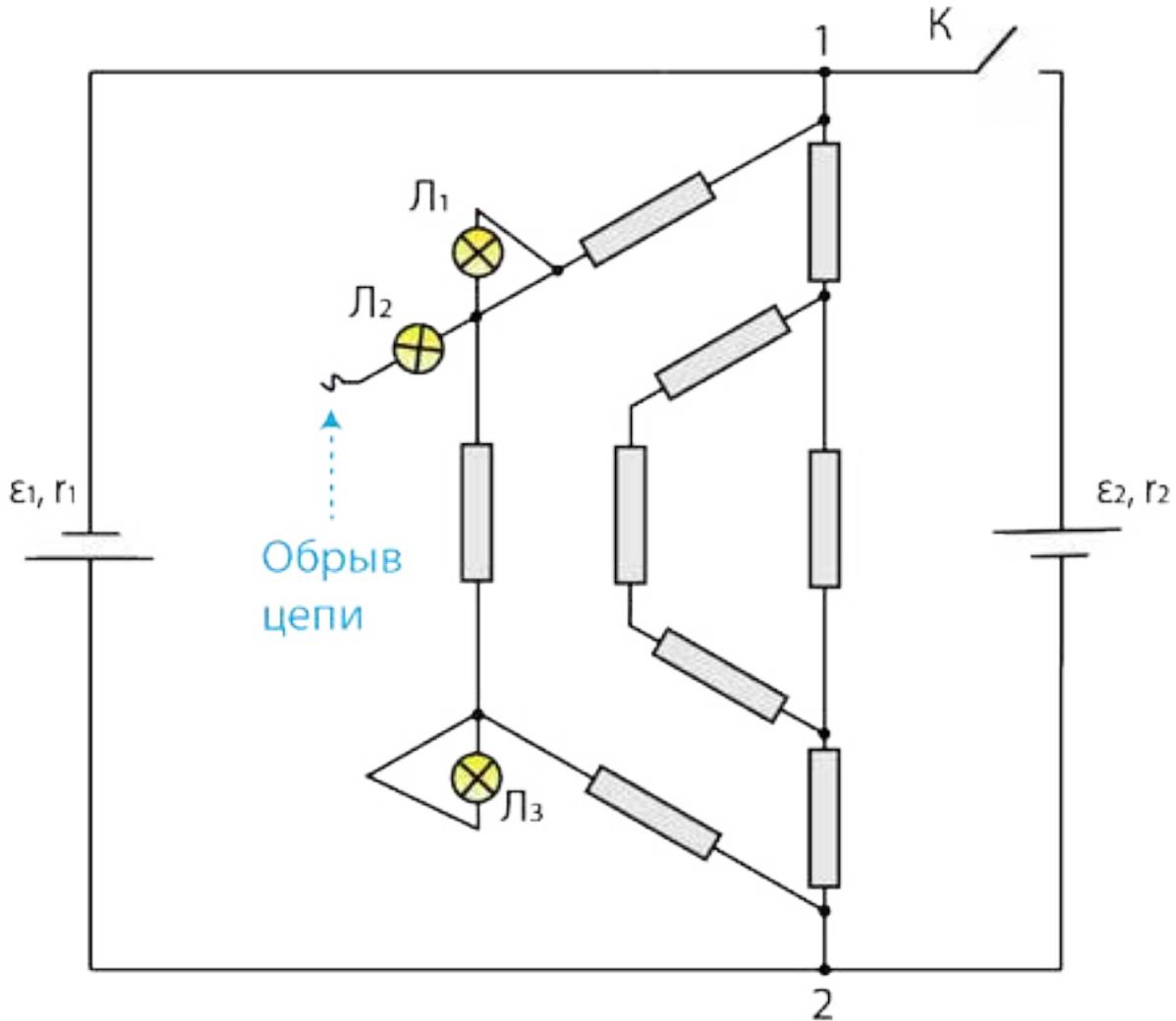


Рис. 1. Электрическая цепь

Ответ: ни одна из лампочек, 1, 70

Задача 3

(Максимум – 15 баллов).

В некоторой информационной системе “Атакилпми” предусмотрено следующее правило, регламентирующее, каким должен быть пароль длины N : $F = A \vee (B \rightarrow C) \wedge D$, где

- Логическая переменная A проверяет условие: *в пароле присутствует хотя бы один из символов: !, \$, &, %, ?*
- Логическая переменная B проверяет условие: $N < 8$
- Логическая переменная C проверяет условие: *является ли один из символов пароля буквой, написанной в верхнем регистре*
- Логическая переменная D проверяет условие: *для каждой пары символов на позициях $(n, n + 1)$ $E_{n+1} \rightarrow F_n$, где*
 - Логическая переменная E_n проверяет условие: *является ли символ на позиции n цифрой*

- Логическая переменная F_n проверяет условие: *является ли символ на позиции n буквой, написанной в нижнем регистре*

Пароль признается подходящим, если $F = 1$. Укажите в ответе все номера предложенных паролей, которые удовлетворяют требованиям системы (если номеров несколько, укажите их без разделителей в порядке возрастания):

1. Катя1
2. к1а2т3я
3. К1а2т3я
4. _к1а2т3я
5. Катя№123
6. Катя

Ответ: 146

Задача 4

(Максимум – 15 баллов).

Чук и Гек решили открыть свой стартап в области электроники и вычислительной техники. Они разработали специальный протокол передачи данных для киберфизических систем, способных собирать и передавать значения 10 различных макропараметров окружающей среды (температура, влажность и т.д.). В разработанном протоколе передачи данных каждый символ кодируется при помощи бинарного кода минимально возможным, одинаковым количеством бит. Для генерации уникальных идентификаторов (ID) устройств используются трехсимвольные наборы, которые могут формировать комбинацию из цифр [0-9] и 26 латинских букв.

Показания датчиков киберфизических систем передаются в шестнадцатеричной системе счисления. Показания 6 датчиков кодируются трехсимвольными положительными значениями, а для 4 оставшихся датчиков четырехсимвольными положительными числовыми значениями с плавающей точкой. Для отправки значений на сервер при помощи конкатенации формируется пакет, состоящий из ID устройства и показаний всех его датчиков. Чук и Гек пообещали инвесторам, что при помощи их нового протокола данные от 16 устройств будут доставляться в центр обработки данных за 32 секунды.

Разработанный протокол передачи данных зависит как от сетевого кода, так и от программного обеспечения для микроконтроллера. В ходе тестирования разработанного протокола выяснилось, что сетевой код протокола от Чука теряет 10 пакетов из 100, а программное обеспечение для микроконтроллера от Гека позволяет доставить только 78 % пакетов.

Определите какова скорость передачи данных по разработанному протоколу с учётом обещаний инвесторам (размерность – бит/с), а также какова вероятность того, что при передаче с использованием нового протокола некоторый пакет данных будет доставлен в центр обработки данных (успешная доставка пакета в центр обработки данных подразумевает успешную передачу данных как сетевым кодом, так и программным обеспечением микроконтроллера). В ответ запишите сначала скорость передачи данных, затем вероятность успешной передачи пакета данных с разделителем в виде точки с запятой (пример: 10; 0,00001).

Ответ: 85; 0,702

Практическая часть (количество баллов – 40)

Задание 5

С помощью виртуальной среды на сайте tinkercad.com реализовать следующие задачи:

Уровень 1.

(Максимум – 10 баллов).

Упростите, приведенную ниже логическую функцию и соберите ее схему на макетной плате, используя микросхемы логики.

$$(\overline{a}vb\&c) \&(a\&\overline{b}vc) \&((a\overline{v}\overline{b})vc) \vee (\overline{a}vb\&c)$$

Реализуйте все комбинации входных сигналов. Входные сигналы необходимо подавать, используя dip переключатели. Для каждого переключателя добавьте в виде аннотации название переменной, за которую он отвечает. В аннотации к схеме напишите результат упрощения функции, используя следующие обозначения: инверсия «!», конъюнкция «&», дизъюнкция «∨». Выходные сигналы схемы подключите к светодиодам. Пример подключения входных сигналов и вывод аннотации приведен на рисунке 2:

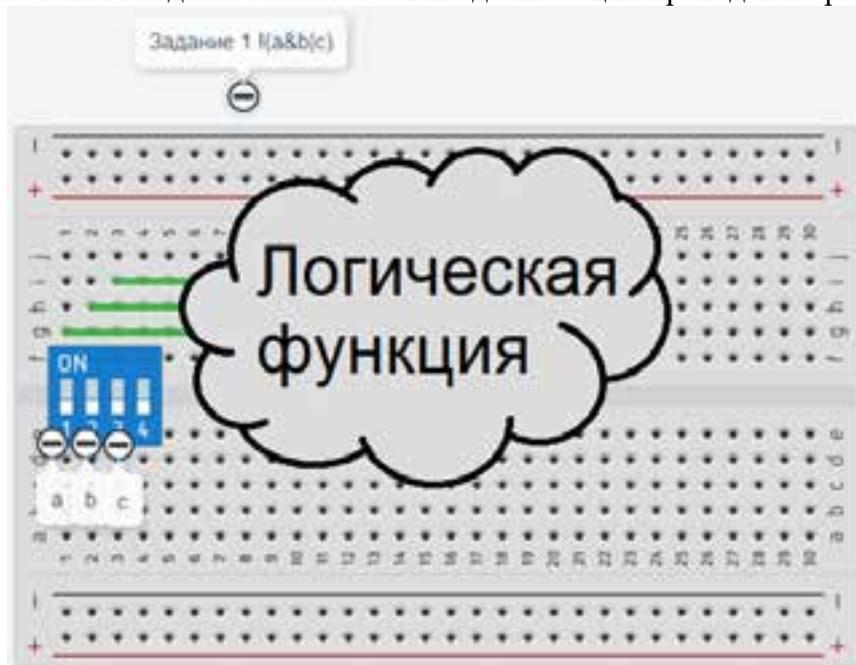


Рис. 2. Пример подключения входных сигналов и вывод аннотации

Уровень 2.

(Максимум – 10 баллов).

Не изменяя схему, созданную в первой части задания, преобразуйте упрощенную логическую функцию в базис И-НЕ и соберите ее на новой макетной плате.

Реализуйте все комбинации входных сигналов. В аннотации к схеме напишите результат изменения упрощенной функции в базис И-НЕ. Пример подключения входных и выходных сигналов аналогичен первой части задания.

Задание 6

С помощью виртуальной среды на сайте tinkercad.com и эмулятора Arduino реализовать следующие задачи:

Уровень 1.

(Максимум – 10 баллов).

Дано 3 кнопки и 4 светодиода. Изначально все светодиоды должны быть выключены. При нажатии на первую кнопку, реализовать мигание первого и второго светодиода с частотой 2 Гц. При нажатии на вторую кнопку, реализовать мигание третьего и четвертого светодиода с частотой 2,7 Гц. При нажатии на третью кнопку реализовать одновременное мигание светодиодов с указанными ранее частотами. Когда кнопки отпущены - соответствующие светодиоды должны быть выключены.

Уровень 2.

(Максимум – 10 баллов).

В схему, созданную в задании 1, необходимо дополнительно подключить 1 кнопку, 1 пьезоэлемент и 1 ультразвуковой датчик HC-SR04. При нажатии на четвертую кнопку, реализовать одновременное мигание светодиодов с заданными частотами, к которым добавляется получаемое значение от датчика расстояния в сантиметрах. На пьезоэлемент выводить звуковую частоту, равную произведению суммы частот мигания каждой пары (первый-второй, третий-четвертый) светодиодов и константы равной 200.



Рис. 3. Изображения элементов, используемых в задании

2021-2022 учебный год
Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба», 2 этап,
профиль «Инженерные науки», 9 класс

Теоретическая часть

Задание 1 (15 баллов).

Для эксперимента учёные разгоняют протон внутри ускорителя до скорости 10 км/с за период 1 мкс.

Масса протона $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг, заряд электрона $q_p = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

1. Определите величину напряжённости поля, которое нужно приложить к данному протону, чтобы достичь данной цели, если его начальная скорость была равна нулю? Ответ записать в вольтах на метр.

Во второй части эксперимента после того, как протон достиг скорости 10 км/с, знак поля меняется на противоположный, после чего под его действием он летит ещё 0,8 мкс.

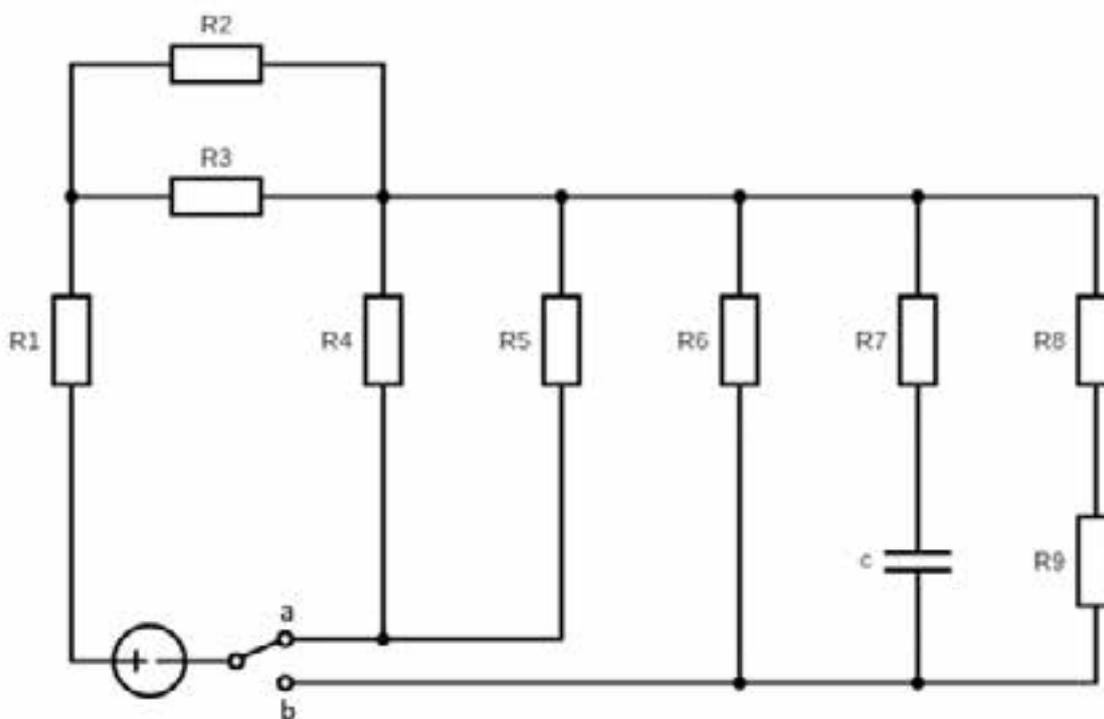
2. Чему будет равна его скорость после этого? Ответ записать в километрах в секунду.

3. Чему будет равняться суммарный путь, пройденный протоном за время выполнения эксперимента? Ответ записать в миллиметрах.

Приведите подробную аргументацию Вашего решения. Для обоснования ответа приведите необходимые выражения, вычисления, рисунки.

Задание 2 (15 баллов).

Дана схема, представленная на рисунке. Все элементы идеальны.



Известны номиналы сопротивлений: $R_1 = 80 \text{ Ом}$, $R_2 = 260 \text{ Ом}$, $R_3 = 180 \text{ Ом}$, $R_4 = 160 \text{ Ом}$, $R_5 = 120 \text{ Ом}$, $R_6 = 320 \text{ Ом}$, $R_7 = 220 \text{ Ом}$, $R_8 = 430 \text{ Ом}$, $R_9 = 450 \text{ Ом}$, и емкости $C = 2 \text{ нФ}$. Известно напряжение на R_4 : 6 В .

Найдите:

1. Сопротивление цепи относительно зажимов источника, когда ключ находится в положении “а”: R_a
2. Сопротивление цепи относительно зажимов источника, когда ключ находится в положении “б”: R_b
3. Напряжение источника питания E
4. Заряд на конденсаторе: Q_c
5. Разницу тока на резисторе R_1 для двух случаев: когда ключ находится в положении “а” и в положении “б”: ΔI_1 (по модулю)

Приведите подробную аргументацию Вашего решения. Для обоснования ответа приведите необходимые выражения, вычисления, рисунки.

Задание 3 (15 баллов).

Один инновационный центр получил заказ на разработку защищенного вычислительного устройства, работающего на восьмеричной логике и 64-разрядных процессорах. К сожалению, на разработку подобной конфигурации не было времени, поэтому были выбраны процессоры с 6 разрядами.

Для обозначения специальных криптографических команд решили использовать команды с цифрой 7 в старшем разряде. В зависимости от количества оставшихся разрядов определяется уровень доверия.

Определите, сколько всего уровней доверия будет при текущей конфигурации (команда, состоящая только из одного разряда со значением 7, не входит в расчет), а также отрезки диапазонов уровней доверия.

Приведите подробную аргументацию Вашего решения. Для обоснования ответа приведите необходимые выражения, вычисления, рисунки.

Задание 4 (15 баллов).

Максим организует закрытый аукцион второй цены для продажи 90 единиц товара. Как профессиональный аукционист-программист, он предлагает покупателям в конвертах указать желаемую цену за одну единицу товара в произвольной системе счисления, но основание не должно превышать 10.

Ставку сделать можно только один раз; победит покупатель, предложивший максимальную цену, но заплатит он за товар цену, равную второй по величине ставке.

Максим занёс информацию о цене из конвертов в таблицу, но не указал основания систем счисления.

№ покупателя	1	2	3	4
Цена за ед. товара	38	58	47	74

По итогам аукциона победитель заплатил всего 4770_{10} за весь товар. Определите номер победившего покупателя и основание системы счисления второй по величине ставки.

Приведите подробную аргументацию Вашего решения. Для обоснования ответа приведите необходимые выражения, вычисления, рисунки.

Практическая часть

Для заданий практической части, в среде tinkercad.com реализуйте схему подключения электрических компонентов и код для Arduino.

Задание 5 (20 баллов).

Уровень 1

Даны плата Arduino, 2 кнопки, 2 светодиода, резисторы номиналом 220 Ом и 10 кОм. Разработайте электрическую схему соединения компонентов и реализуйте следующий функционал:

1. Когда не нажата ни одна кнопка, должен гореть первый светодиод.
2. При включении только первой кнопки должен гореть только второй светодиод.
3. При включении только второй кнопки все светодиоды должны быть выключены.
4. При одновременном нажатии двух кнопок, все светодиоды должны мигать с частотой 2 раза в секунду.

Уровень 2

В схему, созданную в первой части, необходимо добавить 2 потенциометра. С помощью первого потенциометра необходимо реализовать управление яркостью включения светодиодов.

Для первого светодиода при увеличении значения на первом потенциометре светодиод должен гореть тусклее от самого яркого состояния до полностью выключенного.

Для второго светодиода при увеличении значения первого потенциометра светодиод должен гореть ярче от выключенного состояния до самого яркого.

Второй потенциометр должен управлять частотой мигания светодиодов – каждое увеличение значения потенциометра на 100 единиц увеличивает частоту мигания на 1 раз в секунду. При уменьшении значения на втором потенциометре частота мигания соответственно должна уменьшаться на 1 раз в секунду.

Задание 6 (20 баллов).

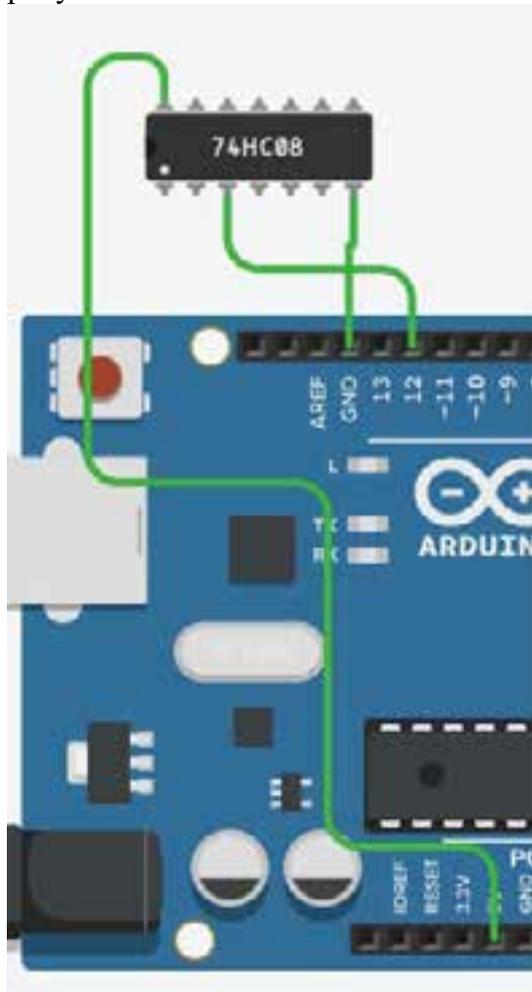
Уровень 1

Даны плата Arduino, 1 RGB светодиод, резисторы номиналом 220 Ом и мультиметр. Мультиметр необходимо настроить на измерение тока и подключить его между выводом светодиода, отвечающий за красный цвет светодиода и его резистором.

При каком значении тока светодиод будет гореть белым цветом с 4/5 от своей максимальной яркости? Ответ запишите с использованием инструмента «Примечание» в tinkercad, ответ округлите до десятых. Текст примечания должен содержать следующий текст: «Задание 6, уровень 1, ответ ...», где вместо многоточия необходимо написать показание мультиметра с указанием размерности значения.

Уровень 2

В схему, созданную в первой части, необходимо добавить компонент микросхему 74НС08 и две кнопки. Компонент 74НС08 необходимо подключить к Arduino, как показано на рисунке:



Дополнительно на входы 1А и 1В микросхемы необходимо подключить кнопки и резисторы номиналом 10 кОм. В коде программы реализовать следующий алгоритм: при высоком уровне на выводе 12 Arduino, подавать на зеленый вывод RGB светодиода значение 255, в противном случае оставить исходное подаваемое на зеленый вывод RGB светодиода значение.

При какой комбинации кнопок цвет RGB светодиода изменится? Обоснуйте полученное решение путем реализации полного подключения схемы и разработки алгоритма.

Ответ запишите с использованием инструмента «Примечание» в tinkercad. В ответ запишите последовательно состояния кнопок, подключенных к выводам 1А и 1В микросхемы. Состояния кнопок записываются в следующем виде: 0 – выключена, 1 – включена. Текст примечания должен содержать следующий текст: «Задание 6, уровень 2, ответ ...», где вместо многоточия необходимо указать получившееся значение.

2021-2022 учебный год
Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба», 2 этап,
профиль «Инженерные науки», 10 класс

Теоретическая часть

Задание 1 (15 баллов).

Электрон, двигавшись равномерно со скоростью 2000 км/с, влетает в плоский воздушный конденсатор параллельно его пластинам. Длина пластин конденсатора равна 2 мм; между его обкладками действует электрическое поле величиной 100 В/м. Когда электрон долетает до середины пластин конденсатора, конденсатор мгновенно поворачивается на 45 градусов вокруг оси, вдоль которой летел электрон до воздействия поля конденсатора.

Масса электрона $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, заряд электрона $q_e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

Необходимо:

1. Найти, насколько электрон отклонился от своей изначальной траектории движения к моменту поворота конденсатора. Отклонение рассчитывать в направлении, перпендикулярном пластинам. Ответ записать в миллиметрах.
2. Найти дополнительное отклонение, совершённое под действием поля после поворота конденсатора. Отклонение рассчитывать в направлении, перпендикулярном новому положению пластин. Ответ записать в миллиметрах.
3. Найти проекцию скорости электрона в направлении, перпендикулярном новому положению пластин, в момент вылета электрона за пределы конденсатора.

Приведите подробную аргументацию Вашего решения. Для обоснования ответа приведите необходимые выражения, вычисления, рисунки.

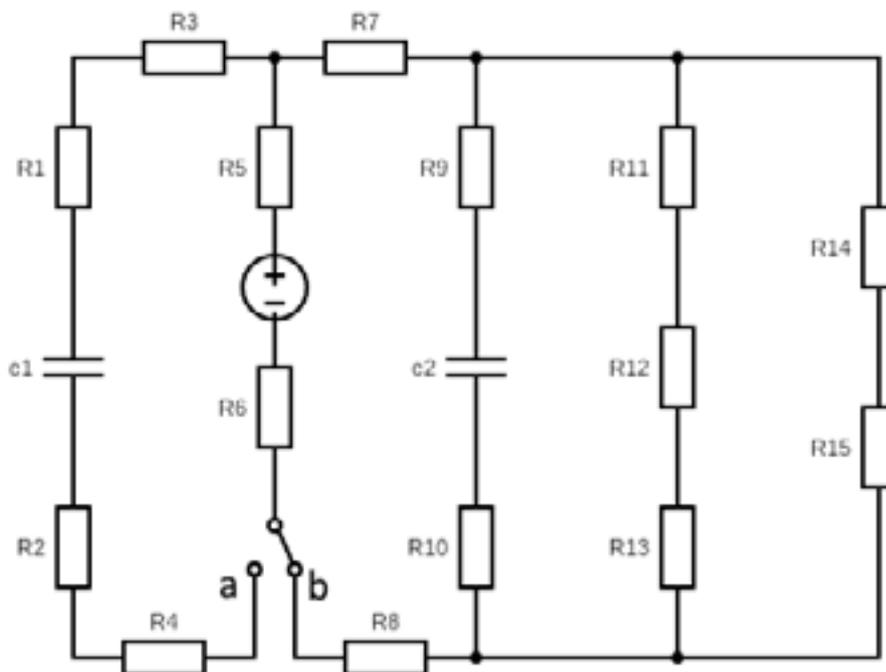
Задание 2 (15 баллов).

Дана схема; все элементы идеальны. Известны номиналы сопротивлений: $R_1 = 80$ Ом, $R_2 = 170$ Ом, $R_3 = 180$ Ом, $R_4 = 160$ Ом, $R_5 = 100$ Ом, $R_6 = 120$ Ом, $R_7 = 220$ Ом, $R_8 = 400$ Ом, $R_9 = 450$ Ом, $R_{10} = 480$ Ом, $R_{11} = 260$ Ом, $R_{12} = 180$ Ом, $R_{13} = 160$ Ом, $R_{14} = 140$ Ом, $R_{15} = 320$ Ом, и емкостей $C_1 = 2$ нФ, $C_2 = 6$ нФ. Известен заряд на конденсаторе c_1 , когда ключ замкнут в положении “а”: $Q_{c1} = 24$ нКл

Найдите:

1. Сопротивление цепи относительно зажимов источника, когда ключ находится в положении “а”: R_a
2. Сопротивление цепи относительно зажимов источника, когда ключ находится в положении “б”: R_b
3. Напряжение источника питания
4. Заряд на конденсаторе c_2 : Q_{c2}
5. Ток на резисторе R_{11} : I_{r11}

Приведите подробную аргументацию Вашего решения. Для обоснования ответа приведите необходимые выражения, вычисления, рисунки.



Задание 3 (15 баллов).

Кощей Бессмертный пересчитывает свои богатства, у каждого сокровища есть свой номерной знак, который выражается натуральным числом от 1 и до N , но на предмете он записан в троичной системе счисления. Перепись сокровищ Кощей ведет следующим образом, он записывает все номера предметов из сокровищницы по порядку в одну строку без пробелов:

Номер предмета в десятичной системе счисления	Номер предмета в троичной системе счисления	Запись Кощей
1	1	1
2	2	12
3	10	1210
4	11	121011
...
2186	2222222	121011...2222222

Проверку правильности подсчета сокровищ Кощей осуществляет следующим образом:

1. Он знает, что в 2022 году у него 2186 сокровищ в хранилище.
2. В этом году он решает проверить корректность 64-й цифры (он ее знает наизусть) в своей записи во избежание ошибок при переписи всех предметов с 1 по 2186.
3. Если она верна, то следующая перепись сокровищ будет произведена в 2023 году, а свиток с переписью 2022 года отмечается следующим кодом – первый символ кода – это 64-я цифра в записи Кощей, а остальные цифры – это количество цифр в записи, переведенное в троичную систему счисления. Вам известно, что в коде за 2022 год всего 9 цифр

Найдите 64-ю цифру из записи Кощей, а также запишите в ответ в троичной системе счисления общее количество цифр из записи Кощей.

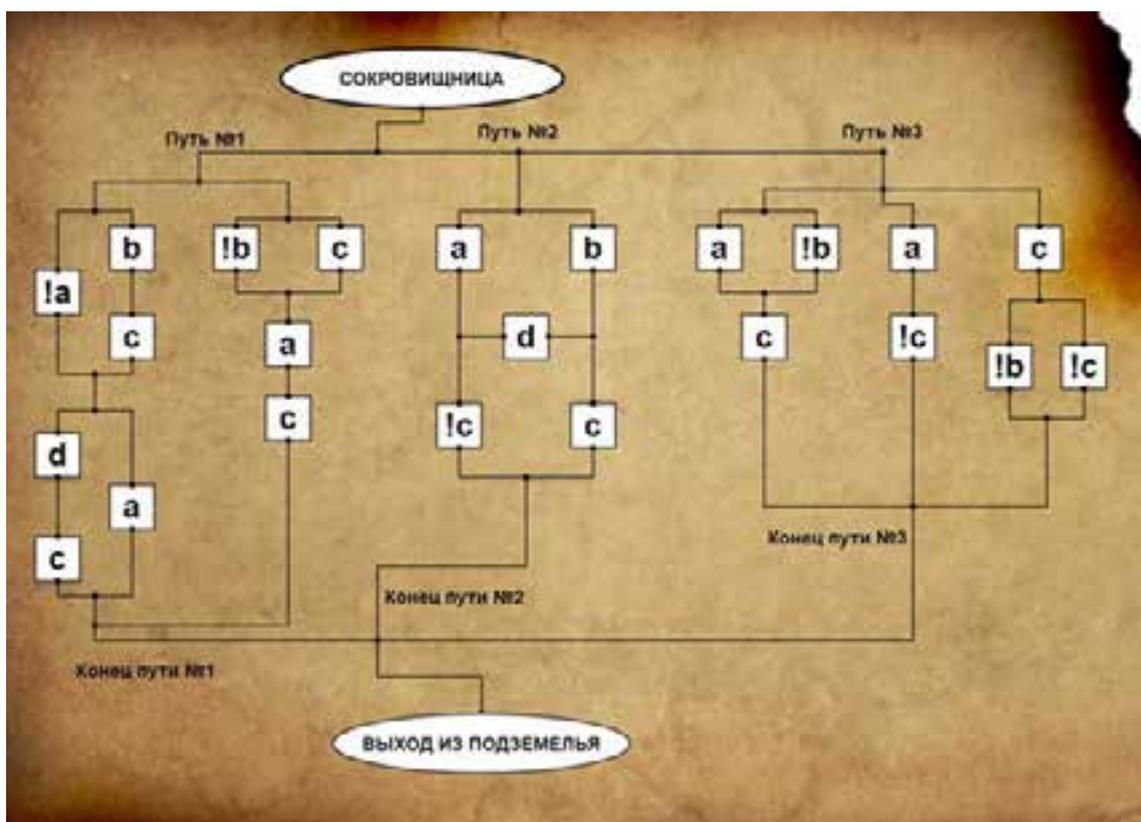
Приведите подробную аргументацию Вашего решения. Для обоснования ответа приведите необходимые выражения, вычисления, рисунки.

Задание 4 (15 баллов).

Два героя Воин и Следопыт долго бродили по подземелью и наконец нашли сокровищницу дракона. Теперь героям нужно найти выход их подземелья. Герои решают разделить и искать путь к выходу отдельно друг от друга.

Воин имеет следующие характеристики: Сила – 10, Ловкость – 4, Интеллект – 6, Удача – 5. Следопыт имеет следующие характеристики: Сила – 4, Ловкость – 8, Интеллект – 7, Удача – 6.

В сокровищнице находится карта, по которой можно определить путь, который можно использовать для того, чтобы выбраться из подземелья. На этой карте обозначены пути и комнаты, в которых нужно пройти определенное испытание. Всего есть 4 типа испытаний: испытание Силы (обозначается как **a**), испытание Ловкости (обозначается как **b**), испытание Интеллекта (обозначается как **c**) и испытание Удачи (обозначается как **d**). Испытание характеристик герой может пройти и продвинется по пути только при значении характеристики равной или более 6. Герою могут встретиться особенные инверсные испытания, которые можно пройти только если характеристика героя меньше 6 (они обозначаются символами **!a**, **!b**, **!c** и **!d** соответственно).



Поскольку Следопыт имеет значение характеристики “Интеллект” равное 7, ему доступна особая способность улучшенного чтения карт. Эта способность позволяет ему находить тайные ходы, позволяющие упростить путь из подземелья, описанный на карте, при помощи законов логики. Воин в свою очередь должен просто выбрать один из путей прохождения подземелья, т.к. упрощать карты и искать тайные проходы он не умеет.

Ответьте на следующие вопросы:

1. Сможет ли Воин выбраться из подземелья при текущих характеристиках? Какой путь/ти ему нужно для этого выбрать?
2. Как Следопыт может упростить карту? Существуют ли такие пути, по которым Следопыт мог бы выбраться из подземелья без упрощения карты?
3. При каких значения характеристик (Сила, Ловкость, Интеллект, Удача) выбраться из подземелья не представляется возможным?

Приведите подробную аргументацию Вашего решения. Для обоснования ответа приведите необходимые выражения, вычисления, рисунки.

Практическая часть

Для заданий практической части, в среде tinkercad.com реализуйте схему подключения электрических компонентов и код для Arduino.

Задание 5 (20 баллов).

Уровень 1

Даны плата Arduino, 2 двухполюсных DIP-переключателя, 2 RGB светодиода и резисторы различных номиналов. Разработайте электрическую схему соединения компонентов и реализуйте следующий функционал:

1. Когда все переключатели выключены, светодиоды также выключены.
2. При включении только первого переключателя первый светодиод должен загореться красным, а второй светодиод – синим.
3. При включении только второго переключателя первый светодиод должен загореться синим, а второй – красным.
4. При включении обоих переключателей, первый светодиод должен загореться фиолетовым, а второй – бирюзовым.

Уровень 2

В схему, созданную в первой части, необходимо добавить NeoPixel Ring на 12 светодиодов и реализовать следующий функционал:

1. Когда все переключатели выключены, NeoPixel Ring также должен быть выключен.
2. При включении только первого переключателя реализовать на NeoPixel Ring бегущий светодиод по часовой стрелке.
3. При включении только второго переключателя реализовать бегущий светодиод против часовой стрелки.
4. При включении обоих переключателей, все светодиоды в NeoPixel Ring должны мигать красным цветом с произвольно заданной частотой.

Задание 6 (20 баллов).

Уровень 1

Даны плата Arduino, мотор-редуктор и мультиметр. Мотор-редуктор необходимо подключить к Arduino и написать программу управления скоростью вращения мотора. При помощи мультиметра, определите, при каком значении напряжения скорость вращения вала мотор-редуктора составляет 30 оборотов в минуту?

Ответ запишите с использованием инструмента «Примечание» в tinkercad, ответ округлите до десятых. Текст примечания должен содержать следующий текст: «Задание 6, уровень 1, ответ ...», где вместо многоточия необходимо написать показание мультиметра с указанием размерности значения.

Уровень 2

В схему, созданную в первой части, необходимо добавить компонент микросхему 74HC02 и два ползунковых переключателя. Компонент 74HC02 необходимо подключить к Arduino, как показано на рисунке:



Дополнительно на входы 1А и 2В микросхемы подключить ползунковые переключатели. В коде программы реализовать следующий алгоритм: При высоком уровне на выводе 8

Arduino, прибавить к значению, подаваемому на вывод, управляющий мотором значение 100, в противном случае – отнять 50.

При какой комбинации переключателей мотор-редуктор будет вращаться быстрее, относительно изначальной скорости вращения?

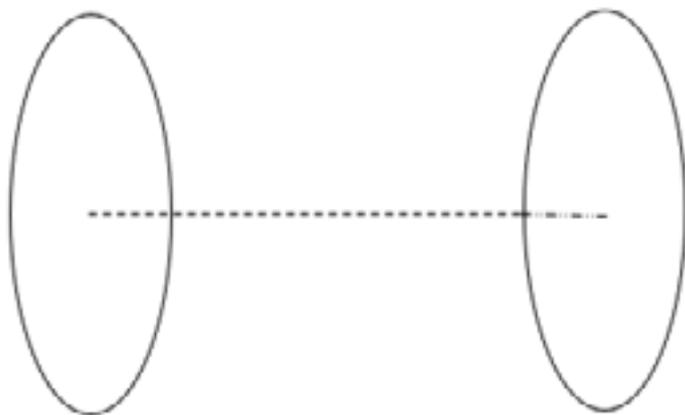
Ответ запишите с использованием инструмента «Примечание» в tinkercad, В ответ запишите последовательно состояния переключателей, подключенных к выводам 1А и 2В микросхемы. Состояния переключателей записываются в следующем виде: 0 – выключен, 1 – включен. Текст примечания должен содержать следующий текст: «Задание 6, уровень 2, ответ ...», где вместо многоточия необходимо указать получившееся значение.

2021-2022 учебный год
Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба», 2 этап,
профиль «Инженерные науки», 11 класс

Теоретическая часть

Задание 1 (15 баллов).

Имеются две круглые заряженные пластины радиуса 2 мм, расположенные соосно в вакууме (см. рисунок). Изначально напряженность поля между ними равна 2 кВ/м.



Пусть протон вылетает из центра левой пластины в направлении правой под действием электрического поля, которое действует между пластинами. Начальная скорость протона равна нулю. Протон долетает до правой пластины за 5 нс.

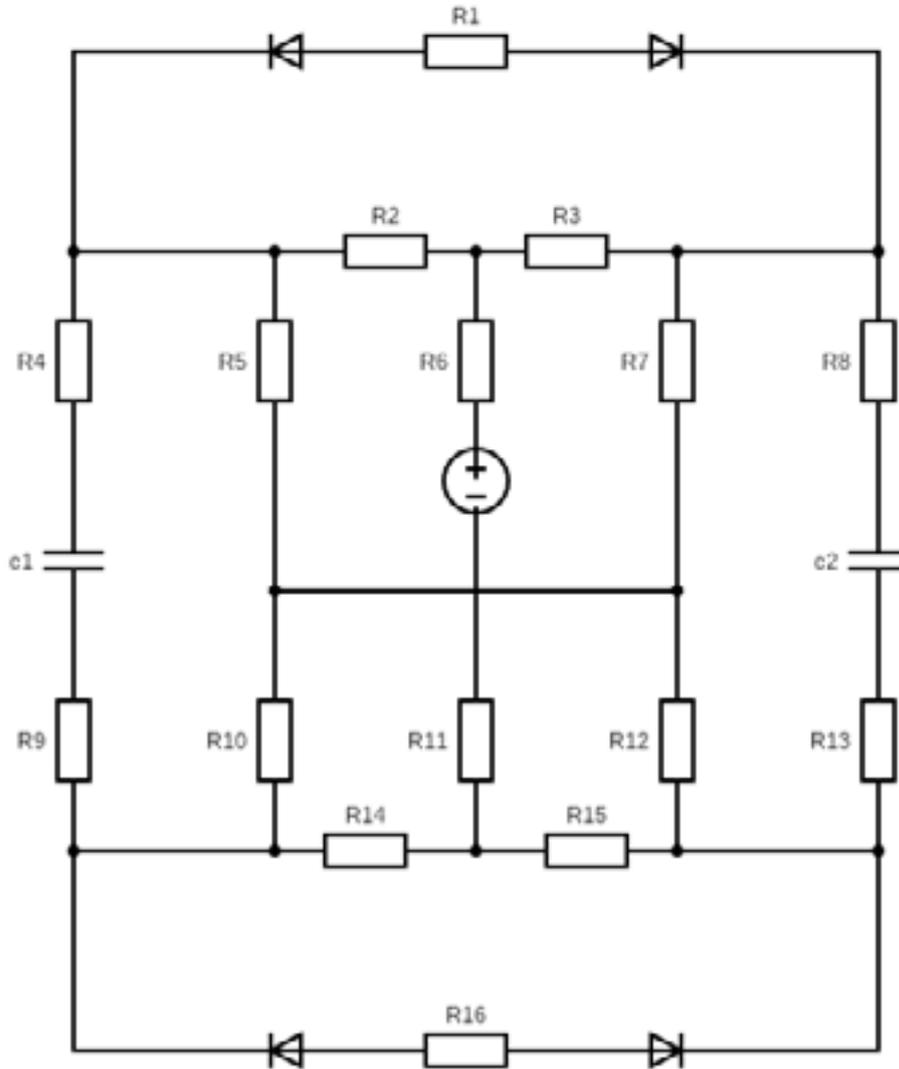
Масса протона $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг, заряд протона $q_p = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

- а) Определите расстояние между пластинами. Ответ записать в сантиметрах.
- б) Пусть протон вылетает с начальной скоростью 120 км/с. Чему будет равно время пролёта протона? Ответ записать в микросекундах.
- в) Определите время пролёта протона, если в дополнение к условию в пункте б) в середине пути поле меняется с 2 до 4 кВ/м. Ответ записать в микросекундах.

Приведите подробную аргументацию Вашего решения. Для обоснования ответа приведите необходимые выражения, вычисления, рисунки.

Задание 2 (15 баллов).

Дана схема; все элементы идеальны. Известны номиналы сопротивлений: $R_1 = 450$ Ом, $R_2 = 130$ Ом, $R_3 = 180$ Ом, $R_4 = 250$ Ом, $R_5 = 170$ Ом, $R_6 = 100$ Ом, $R_7 = 420$ Ом, $R_8 = 250$ Ом, $R_9 = 150$ Ом, $R_{10} = 380$ Ом, $R_{11} = 200$ Ом, $R_{12} = 160$ Ом, $R_{13} = 150$ Ом, $R_{14} = 220$ Ом, $R_{15} = 340$ Ом, $R_{16} = 450$ Ом и емкостей $C_1 = 2$ нФ, $C_2 = 6$ нФ. Известно напряжение на источнике напряжение $E = 16$ В.



Найдите:

1. Полное сопротивление цепи относительно зажимов источника: R_{Σ}
2. Ток на резисторе R2: I_{R2}
3. Ток на резисторе R14: I_{R14}
4. Заряд на конденсаторе c1: Q_{c1}
5. Заряд на конденсаторе c2: Q_{c2}

Приведите подробную аргументацию Вашего решения. Для обоснования ответа приведите необходимые выражения, вычисления, рисунки.

Задание 3 (15 баллов).

Археологическая экспедиция нашла хранилище артефактов древних цивилизаций. В целях безопасности они отправили внутрь хранилища двух роботов, способных распознавать различные символы и передавать информацию они археологам. Роботы обнаружили 3 артефакта, каждый из которых принадлежит разным древним цивилизациям.

На каждом из артефактов располагается надпись на нерасшифрованном до конца языке. На артефакте первой древней цивилизации 20 символов, на артефакте второй – 17 символов, на артефакте третьей – 15 символов. При этом археологи знают, что в языке первой древней

цивилизации всего 68 символов, в языке второй – 37 символов, в языке третьей – 128 символов.

Скорость распознавания и обработки символов системой компьютерного зрения первого робота – 100 бит/с, второго - 65 бит/с. Во время распознавания каждого отдельного символа может произойти ошибка распознавания, это происходит в 1 случае из 1000 (повторное распознавание может занимать некоторое время). Каждый робот может передать археологам расшифрованную информацию только после распознавания всех символов надписей (будем считать, что передача информации происходит мгновенно). Роботы распознают символы независимо друг от друга, дублируя производимую работу другого робота.

К удивлению археологов, в хранилище включилась система защиты, которая оповестила их на их родном языке: “Обнаружен нарушитель! Хранилище будет уничтожено через 5 секунд!”.

1. Определите количество информации, которое несет надпись на артефакте каждой древней цивилизации.
2. Определите вероятность того, что первый робот успеет распознать все символы без единой ошибки и передать информацию археологам при заданных настройках до уничтожения хранилища.
3. Определите вероятность того, что второй робот успеет распознать все символы без единой ошибки и передать информацию археологам при заданных настройках до уничтожения хранилища.

Приведите подробную аргументацию Вашего решения. Для обоснования ответа приведите необходимые выражения, вычисления, рисунки.

Задание 4 (15 баллов).

Справочно: число $\overline{a_1 \dots a_n} = \sum_{1 \leq k \leq n} a_k \cdot 10^{n-k}$, где k назовём номером позиции.

Например, $\overline{a_1 a_2 a_3} = a_1 \cdot 100 + a_2 \cdot 10 + a_3$, причем на позициях с четными номерами стоят a_2 , а на позициях с нечетными номерами стоят a_1 и a_3 .

Все цифры – «экстравагантные».

Назовем число экстравагантным, если про него справедливо следующее логическое утверждение:

$$A \rightarrow (B \cup C \cap \neg D), \text{ где}$$

$$A = \overline{a_{n-1} a_{n-2} \dots a_1} - \text{«экстравагантное»}$$

$$B = \overline{a_2 a_3 \dots a_n} \text{ кратно } 3$$

$C =$ на всех позициях с четными номерами стоят нечетные цифры

$D =$ сумма цифр числа $a_1 a_2 \dots a_{n-1}$ оканчивается на 2

Например, число 123 – «экстравагантное».

Являются ли «экстравагантными» числа из предложенного списка: 15, 101, 4328, 7399?

Приведите подробную аргументацию Вашего решения. Для обоснования ответа приведите необходимые выражения, вычисления, рисунки.

Практическая часть

Для заданий практической части, в среде tinkercad.com реализуйте схему подключения электрических компонентов и код для Arduino.

Задание 5 (20 баллов).

Уровень 1

Даны плата Arduino, ЖК-экран и ультразвуковой датчик.

Необходимо реализовать вывод значений в сантиметрах, получаемых с датчика на экран. На первой строке необходимо отображать текущие показания датчика.

На второй строке необходимо отобразить среднее из десяти последних полученных показаний датчика. До тех пор, пока не набралось 10 показаний, выводить текстовую строку "ERR". Дополнительно, последние 10 показаний необходимо вывести в монитор последовательного порта. Частота получения показаний с датчика выставляется произвольно.

Уровень 2

В схему, созданную в первой части, добавить пьезоэлемент и микросервопривод. При превышении текущего показания ультразвукового датчика выше значения 150 см, необходимо повернуть микросервопривод в положение 160 градусов. При понижении текущего показания датчика менее 50 см необходимо повернуть микросервопривод в положение 20 градусов.

При превышении среднего из десяти последних показаний датчика выше значения 150 см, необходимо чтобы пьезоэлемент издал разовый любой звуковой сигнал длительностью 2 секунды. При понижении среднего из десяти последних показаний датчика менее 50 см, необходимо чтобы пьезоэлемент издал разовый любой звуковой сигнал длительностью 1 секунду.

Задание 6 (20 баллов).

Уровень 1

Даны плата Arduino, датчик газа, светодиод, мультиметр и резисторы различных номиналов. Между клеммой 2 датчика газа и выводом GND Arduino подключен резистор номиналом 1кОм.

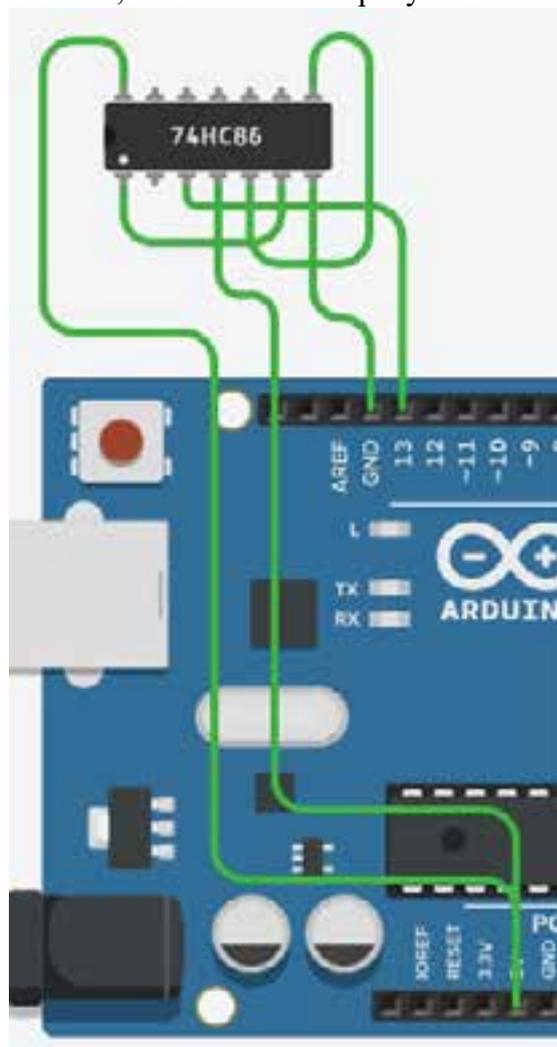
Мультиметр необходимо настроить на измерение напряжения и подключить его положительный вывод к выводу V1 датчика газа. Отрицательный вывод мультиметра необходимо подключить к выводу GND Arduino.

Необходимо реализовать изменение яркости светодиода, от самой минимальной до самой максимальной, в зависимости от показаний датчика газа. При каком значении напряжения на мультиметре светодиод будет гореть на 50% яркости?

Ответ запишите с использованием инструмента «Примечание» в tinkercad, ответ округлите до десятых. Текст примечания должен содержать следующий текст: «Задание 6, уровень 1, ответ ...», где вместо многоточия необходимо написать показание мультиметра с указанием размерности значения.

Уровень 2

В схему, созданную в первой части, необходимо добавить компонент микросхему 74НС86 и три двухполюсных DIP-переключателя. Компонент 74НС86 необходимо подключить к Arduino, как показано на рисунке:



Дополнительно на входы 1В, 3А и 3В микросхемы подключить DIP-переключатели. В коде программы реализовать следующий алгоритм: При высоком уровне на выводе 13 Arduino, отнять от значения, подаваемого на светодиод значение 50, в противном случае – прибавить 50.

При какой комбинации DIP-переключателей светодиод будет гореть тусклее?

Ответ запишите с использованием инструмента «Примечание» в tinkercad, В ответ запишите последовательно состояния переключателей, подключенных к выводам 1В, 3А и 3В микросхемы. Состояния переключателей записываются в следующем виде: 0 – выключен (OFF), 1 – включен (ON). Текст примечания должен содержать следующий текст: «Задание 6, уровень 2, ответ ...», где вместо многоточия необходимо указать получившееся значение.

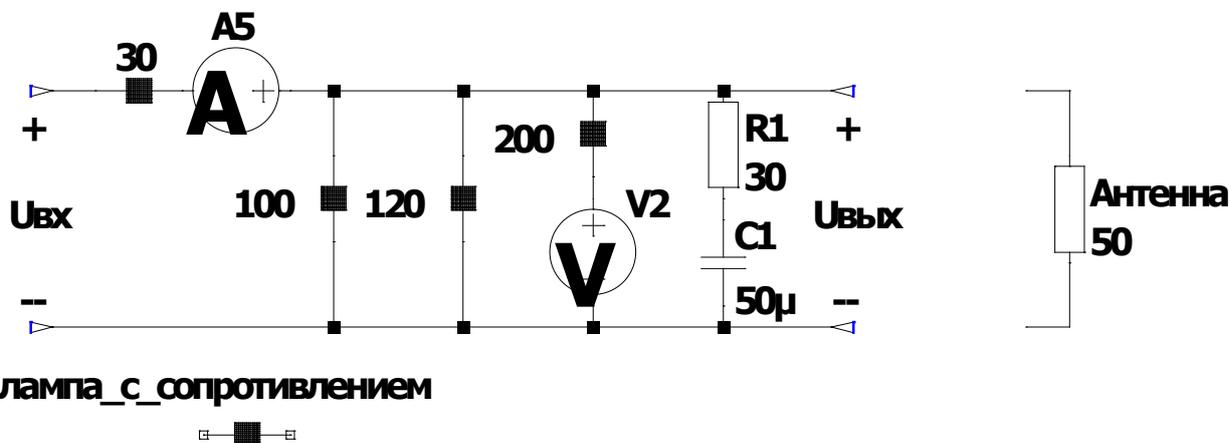
2022-2023 учебный год
Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба», 2 этап,
профиль «Инженерные науки», 9 класс

I. Теоретическая часть.

Время выполнения заданий – 120 минут. Максимальное количество баллов – 60.

Задача 1 (максимум – 15 баллов).

Король Железного трона раздал четверым своим Стражам – руководителям 4 региональных армий – новейшую электронную сигнализацию для того, чтобы они могли немедленно сообщать ему о вторжении пришельцев. Один из Стражей не смог разобраться в инструкции по сборке и подключил антенну к входу, а 9-вольтовую батарею питания к выходу (см. рис.). Он не замечал своей ошибки пока на нее не обратил внимания его помощник (большой умница, победитель олимпиады «Высшая проба»). После этого элементы цепи были возвращены на место.



Найдите ответы на следующие вопросы:

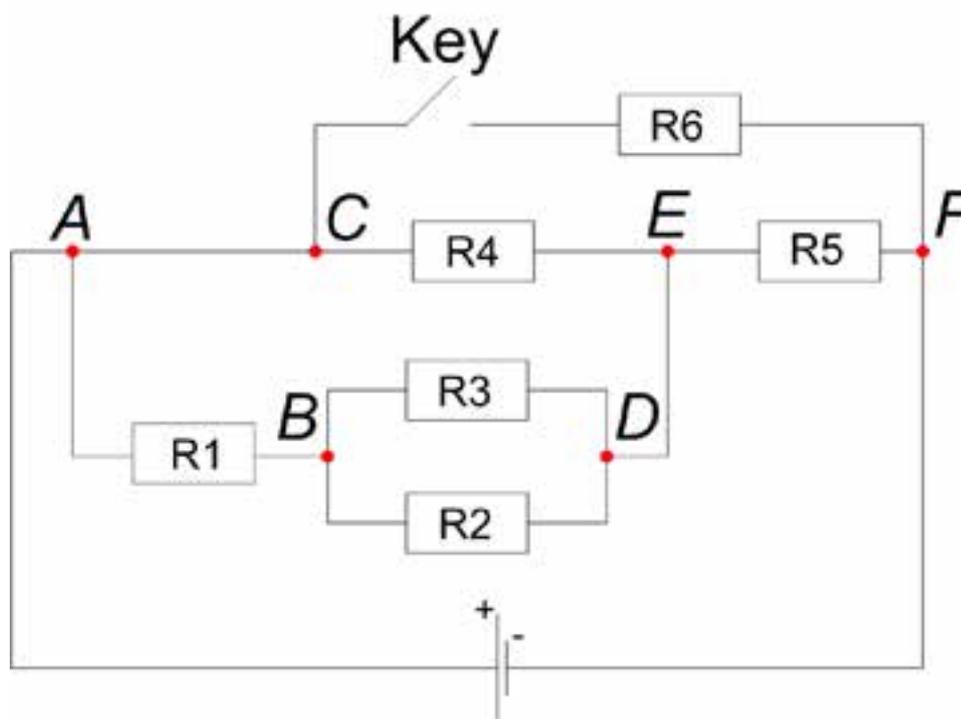
- 1) Определите, насколько больше требуемого было напряжение на антенне в ошибочном состоянии цепи (ответ дайте в Вольтах, округлите до десятых долей).
- 2) Определите, во сколько раз увеличился ток контрольного амперметра при исправлении ошибки (ответ округлите до десятых долей).
- 3) Определите, насколько отличается заряд конденсатора C1 для правильного и ошибочного режимов работы (ответ дайте в милликуллонах, округлите до десятых долей).

Ответы должны сопровождаться подробной аргументацией. Участником должны быть приведены необходимые для объяснения логики решения рисунки, формулы, аналитические обоснования.

Задача 2 (максимум – 15 баллов).

Два ученика девятого класса всегда хотели разрабатывать роботов и поэтому записались в инженерный класс при университете. Так как они только начали знакомство с электроникой, им дали задание собрать небольшую схему, представленную на рисунке ниже. Сопротивление всех резисторов равно 1000 Ом, значение источника напряжения 10 В.

В процессе сборки схемы у ребят возник спор. Один ученик считает, что при замыкании ключа (то есть при подключении резистора R6) ток через источник напряжения больше, чем в схеме без резистора R6. Второй ученик, помня закон Ома, наоборот утверждает, что с добавлением резистора ток в цепи станет меньше.



Помогите ребята разрешить спор, проведя расчет схемы, который внесет ясность в рассуждения. Для этого ответьте на следующие вопросы:

- 1) Определите ток, протекающий через источник напряжения до замыкания ключа.
- 2) Определите ток, протекающий через источник напряжения после замыкания ключа.
- 3) Определите падение напряжения на резисторе R2.
- 4) Определите во сколько раз измениться значение тока, протекающего через участок схемы AC после замыкания ключа.

Ответы должны сопровождаться подробной аргументацией. Участником должны быть приведены необходимые для объяснения логики решения рисунки, формулы, аналитические обоснования.

Задача 3 (максимум – 15 баллов).

В галактике математических вычислений происходит специализированное музыкальное соревнование. Все ноты в этой галактике находятся в числовых диапазонах тонов. При этом каждый музыкант в зависимости от степени своего мастерства может сыграть ноту только одним числовым значением из диапазона. Каждая из нот находится в числовом диапазоне в определенной системе счисления:

Таблица 1. Соответствие нот числовым диапазонам

Нота	Числовой диапазон
ДО	$1_{10} - 15_{10}$
РЕ	$30_5 - 40_5$
МИ	$30_8 - 70_8$
ФА	$43_6 - 104_6$
СОЛЬ	?

Главное правило соревнования: для победы музыкантам нужно сыграть ноты в порядке ДО-РЕ-МИ, при этом числовое значение тона каждой сыгранной ноты также должно находиться в числовом диапазоне следующей ноты.

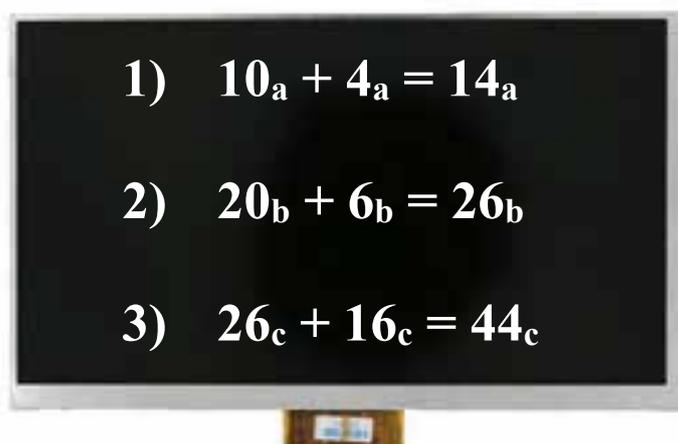
Найдите ответы на следующие вопросы:

- 1) Определите минимальные значения из числового диапазона каждой ноты, на базе которых может прозвучать мелодия ДО-РЕ-МИ. Запишите эти значения в десятичной системе счисления (например, 19 30 55)
- 2) Найдите количество всех возможных комбинаций числовых значений тонов мелодии ДО-РЕ-МИ. Ответ запишите в десятичной системе счисления.
- 3) Найдите минимально возможное основание системы счисления у диапазона ноты СОЛЬ, если требуется сыграть мелодию ДО-РЕ-МИ-ФА. Известно, что количество всех возможных комбинаций числовых значений тонов этой мелодии – 8, а минимальное числовое значение в диапазоне ноты СОЛЬ имеет два значащих символа в искомой системе счисления.

Ответы должны сопровождаться подробной аргументацией. Участником должны быть приведены необходимые для объяснения логики решения рисунки, формулы, аналитические обоснования.

Задача 4 (максимум – 15 баллов).

Инженер разрабатывает уникальный калькулятор, складывающий числа в разных системах счисления. Для завершения разработки ему необходимо подключить три сумматора с неопределёнными системами счисления. После их подключения на экране устройства вывелись следующие операции сложения, но без указания систем счисления:



Найдите ответы на следующие вопросы:

- 1) Найдите минимальное основание системы счисления - X , при которой результат работы каждого сумматора является верным.
- 2) После реализации операции сложения в каждом сумматоре результат операции записывается в отдельный 5-битный регистр устройства, но в троичной системе счисления (должен производиться перевод из X -ичной системы счисления). Какое общее количество (для всех использующихся сумматоров) не значащих нулей будет записано в регистры?
- 3) Результаты работы каждого сумматора переводятся из X -ичной системы счисления в пятеричную и поступают в “мегасумматор”, который производит сложение результатов в пятеричной системе счисления. Какой результат получится на выходе “мегасумматора”?

Ответы должны сопровождаться подробной аргументацией. Участником должны быть приведены необходимые для объяснения логики решения рисунки, формулы, аналитические обоснования, а также подробно описан алгоритм работы сумматоров и “мегасумматора”.

II. Практическая часть.

Время выполнения заданий – 120 минут. Максимальное количество баллов – 40.

Задача 5 (максимум – 20 баллов).

Садовод задумал вырастить рассаду на дачу. Для этого он решил собрать умную теплицу. Теплица будет в автоматическом режиме поливать растения и регулировать освещение. Перед закупкой необходимых компонентов садовод решил провести прототипирование системы.

У него есть следующие компоненты: один двигатель постоянного тока (имитирующий насос), датчик влажности почвы, фоторезистор, 1 светодиод красного цвета (имитация лампы для выращивания растений), четверной dip-переключатель, набор проводов, макетная плата, отладочная плата Arduino UNO и набор резисторов.

Необходимо собрать и запрограммировать макет умной теплицы в эмуляторе tinkercad, которая может работать в следующих режимах: полив, включение света, включение света с поливом, автоматический режим.

Режим работы теплицы выбирается кодом, который задается положением dip-переключателя:

- 00 – полив (мотор включен на максимальную скорость, светодиод выключен),
- 01 – свет (мотор выключен, светодиод включен на максимальную яркость),
- 10 – включение света с поливом (мотор включен на максимальную скорость, светодиод включен на максимальную яркость),
- 11 – автоматический режим (частота вращения мотора зависит от данных получаемых с датчика влажности, а яркость светодиода от данных, получаемых с датчика освещения).

Для выполнения задания рекомендуется использовать следующие компоненты:



Задача 6 (максимум – 20 баллов).

На уроке труда ученик собрал мини-дрель, состоящую из мотора, потенциометра и платы Arduino UNO. Частота вращения мотора зависит от показаний на потенциометре. Учитель попросил ученика добавить к дрели индикацию количества оборотов, состоящую из 3 светодиодов (красного, желтого и зеленого).

Необходимо в эмуляторе tinkercad собрать и запрограммировать макет дрели с индикацией. Индикация зависит от среднего количества оборотов в минуту мотора: при количестве оборотов до 2000 оборотов в минуту горит зеленый светодиод, от 2000 до 4000 желтый, после 4000 красный.

Для выполнения задания рекомендуется использовать следующие компоненты:



Количество оборотов в минуту мотора линейно зависит от показаний потенциометра. При нулевом значении показаний потенциометра на моторе устанавливается нулевое значение оборотов в минуту. При максимальном значении показания потенциометра мотор вращается с максимальной скоростью.

Частота обновления данных на индикаторе 10 секунд. Среднее количество оборотов считается от 30 замеров скорости мотора.

2022-2023 учебный год

Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба», 2 этап,
профиль «Инженерные науки», 10 класс

I. Теоретическая часть.

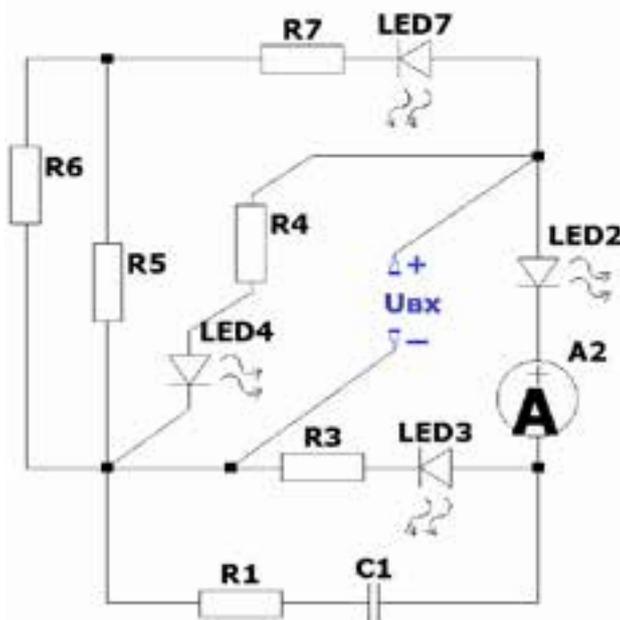
Время выполнения заданий – 120 минут. Максимальное количество баллов – 60.

Задача 1 (максимум – 15 баллов).

Король Железного трона поручил своим технологическим советникам создать Имперский передатчик для мгновенной пересылки одинаковых световых сообщений четырём Стражам региональных армий. Перед началом похода Король решил созвать Стражей и включил питание на своём новом устройстве.

Однако, часть световых излучателей быстро перегорели. Разгневавшись, он приказал советникам немедленно исправить ошибку. Открыв корпус Имперского передатчика и проведя анализ схемы, советники увидели, что электрические токи в двух излучателях оказались больше максимально допустимого значения. Чтобы ограничить токи этих излучателей, советники включили последовательно с ними добавочные резисторы.

В составе схемы: $R_1 = 100 \text{ Ом}$, $C_1 = 25 \text{ мкФ}$, $R_3 = 300 \text{ Ом}$, $R_4 = 50 \text{ Ом}$, $R_5 = 20 \text{ Ом}$, $R_6 = 150 \text{ Ом}$, $R_7 = 33 \text{ Ом}$, максимально допустимый ток излучателей (LED) 50 мА, напряжение батареи источников питания 9 В.



Найдите ответы на следующие вопросы:

- 1) Найдите суммарное сопротивление резисторов, которые понадобились для ограничения токов (ответ дайте в Омах, округлите до десятков).
- 2) Определите, насколько изменилась мощность потребления Имперского передатчика после исправления (ответ дайте в Ваттах, округлите до десятых долей).
- 3) Найдите изменение заряда конденсатора C_1 (ответ дайте в микрокулонах, округлите до целых).

Ответы должны сопровождаться подробной аргументацией. Участником должны быть приведены необходимые для объяснения логики решения рисунки, формулы, аналитические обоснования.

Задача 2 (Максимум – 15 баллов).

Олимпийские боги пошли на тренировку по космическому хоккею в безвоздушном пространстве. В качестве “шайбы” взяли мощный электрон (масса $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, заряд $q_e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл); Зевс выдал командам громopodobные электрические клюшки, способные при приближении к “шайбе” мгновенно включать равномерное электрическое поле величиной 120 В/м на период времени 150 мкс. Однако капитан второй команды сжульничал и выдал своим игрокам модифицированные клюшки с сальбутамольным усилением, создающие поле большей величины.



При отработке пасов игрок из первой команды передал “шайбу” игроку из второй команды, находящемуся на расстоянии 1 тыс. км. Тот передал пас третьему игроку на то же расстояние, придав шайбе продольное ускорение, причём путь “шайбы” после второго паса занял в 1,5 раза меньшее время.

Найдите ответы на следующие вопросы:

- 1) Сколько времени двигалась “шайба” от первого до третьего игрока? (ответ дайте в миллисекундах, округлите до десятых долей).
- 2) С какой полной скоростью “шайба” попала к третьему игроку? (ответ дайте в миллионах км/с, округлите до целых).
- 3) Какой суммарный путь “шайба” прошла с ускорением? (ответ дайте в километрах, округлите до сотен).

Ответы должны сопровождаться подробной аргументацией. Участником должны быть приведены необходимые для объяснения логики решения рисунки, формулы, аналитические обоснования.

Задача 3 (максимум – 15 баллов).

Исследовательская радиолокационная станция, расположенная на планете “VP2023”, способна передавать закодированные данные в центр обработки данных (ЦОД). Целью данной станции является отслеживание координат любых объектов в зоне обнаружения.

Координаты станции: 0° долготы, 0° широты. В ЦОД происходит декодирование поступающих от станции сообщений (передаются в виде чисел, записанных в шестнадцатеричной системе счисления) с использованием следующего регулярного выражения:

$$[3-7]\{2\}[B-D|0-4][^0-9]2[0-2|5-9|C-F]$$

Полученные после декодирования подстроки представляют собой значения координат детектированного объекта (по долготе и широте), которые записываются в базу данных. Если подстрока оканчивается на цифру – передается долгота, если на букву – широта. Иногда объекты находятся на идентичной долготе или широте со станцией. В таких случаях для уменьшения энергопотребления станция передает сообщение, в котором содержится только одна подстрока, доступная для анализа после декодирования сообщения. В случае отсутствия объектов в зоне обнаружения станция посылает сообщение, из которого невозможно выделить какие-либо подстроки при помощи регулярного выражения (в таком случае, в качестве координат объекта в базу данных записываются координаты станции (0° ; 0°)).

Таблица 1. Сообщения, полученные от радиолокационной станции

№	Сообщение от радиолокационной станции
1	DN3300450D251628334D36FEIHF23BS!60&NWFP3470C2C21%02E@F270CCCF
2	30922F&AAA433011657239826361C2E923ECA22DE022FA00126F221301A2437B\$20
3	71AF664D2315481236ADFC23DE009F#2FF57DD2C01193BD2F345A44DD222F

После получения подстрок каждая из них переводится в десятичную систему счисления. Получившееся число обрабатывается системой парсинга строк и преобразуется в координаты объекта следующим способом: 2 старших разряда числа $[N_{\max}, N_{\max} - 1]$ – градусы, 2 последующих разряда $[N_{\max} - 2, N_{\max} - 3]$ – минуты, 2 последующих разряда $[N_{\max} - 4, N_{\max} - 5]$ – секунды. В случае, если в числе используется более 6 разрядов – значения младших разрядов $N \leq N_{\max} - 6$ не учитываются при расчете координаты (N_{\max} – номер старшего разряда полученного числа в десятичной системе счисления).

Используя информацию из таблицы 1, выполните следующие задания:

- 1) Произведите декодирование сообщений.
- 2) Определите координаты объекта, закодированные в каждом сообщении.
- 3) Вычислите количество всех возможных комбинаций координат объектов, которые могут быть записаны в базу данных после обнаружения объектов радиолокационной станцией.

Решение каждого задания должно сопровождаться подробной аргументацией. Участником должны быть приведены необходимые для объяснения логики решения рисунки, формулы, аналитические обоснования.

Задача 4 (Максимум – 15 баллов).

На вход в счастливый автомат нужно подать любое натуральное число. Если оно обратит в истину логическую функцию из условий, заложенную в автомат, вы получите приз. Допустим, вам стало известно устройство автомата.

Здесь

$a = \{\text{число кратно } 3\}$

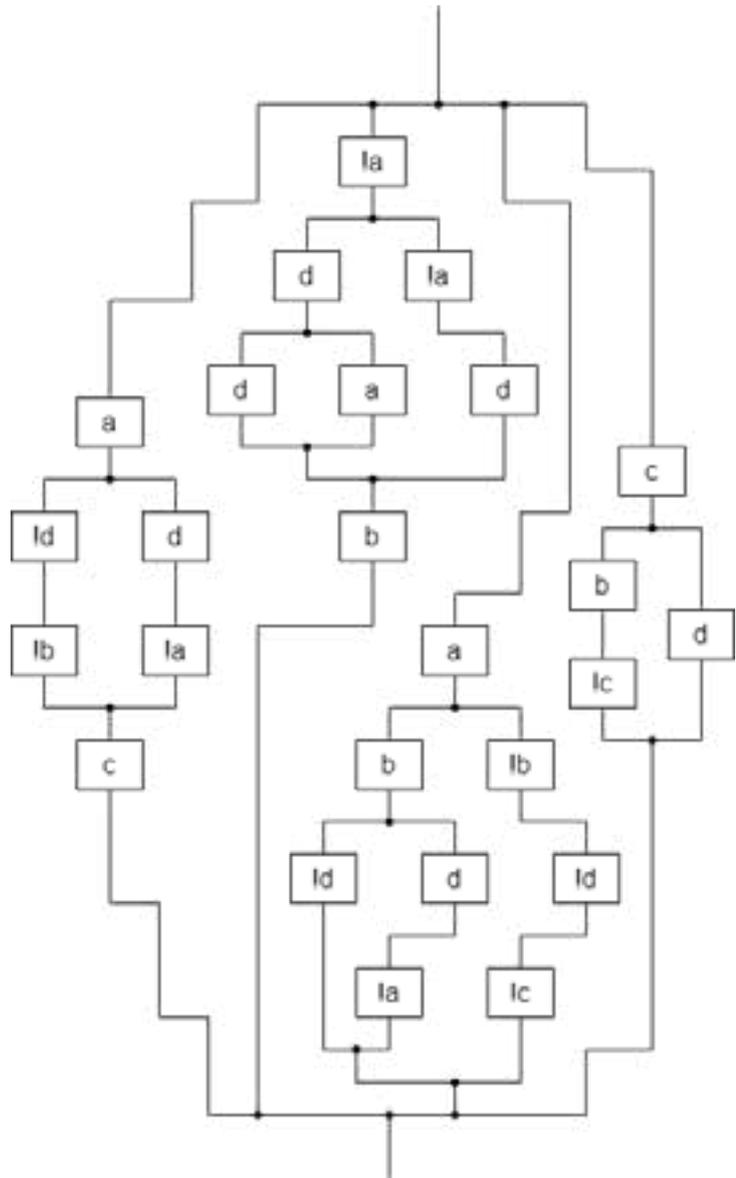
$b = \{\text{число двузначное}\}$

$c = \{\text{число больше } 173\}$

$d = \{\text{число простое}\}$

! – условие не должно быть выполнено

Например, при вводе 179, вы получите приз, а при вводе 178 – не получите.



Используя схему автомата и описанные выше условия, ответьте на следующие вопросы:

- 1) Составьте логическую функцию, отвечающую устройству автомата. Преобразуйте её в ДНФ так, чтобы она содержала наименьшее возможное количество конъюнкций.
- 2) Какое самое большое двузначное число окажется выигрышным?
- 3) Какое самое маленькое трёхзначное число окажется выигрышным?
- 4) С какой вероятностью наугад выбранное двузначное число окажется выигрышным? (округлить арифметически до тысячных долей).

Ответы должны сопровождаться подробной аргументацией. Участником должны быть приведены необходимые для объяснения логики решения рисунки, формулы, аналитические обоснования.

II. Практическая часть.

Время выполнения заданий – 120 минут. Максимальное количество баллов – 40.

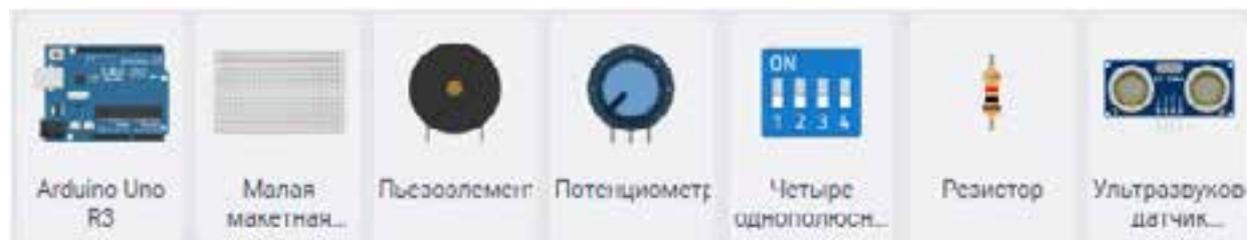
Задача 5 (максимум – 20 баллов).

На уроке труда учениками 5 «А» класса была создана модель электроавтомобиля. Ребята задумали реализовать для данной модели систему парктроник. Для ее создания ученики решили использовать плату Arduino UNO, потенциометр, ультразвуковой датчик, dip переключатели и пьезоэлемент.

Необходимо в эмуляторе tinkercad спроектировать и запрограммировать макет парктроника, удовлетворяющего следующим требованиям:

- 1) При изменении значения на датчике расстояния линейно изменяется частота звука пьезоэлемента от 200 Гц до 800 Гц.
- 2) Вращение потенциометра изменяет частоту звука пьезоэлемента, прибавляя к ней значение, получаемое с потенциометра.
- 3) DIP переключатели изменяют границу срабатывания ультразвукового датчика:
 - при включении только первого переключателя ультразвуковой датчик срабатывает в диапазоне от 2 см до 50 см.
 - при включении только второго переключателя ультразвуковой датчик срабатывает в диапазоне от 51 см до 150 см.
 - при включении только третьего переключателя ультразвуковой датчик срабатывает в диапазоне от 151 см до 250 см.
 - при любых других включениях переключателей показания с ультразвукового датчика не считываются и пьезоэлемент не работает.

Для выполнения задания рекомендуется использовать следующие компоненты:



Задача 6 (максимум – 20 баллов).

В вентиляционную шахту космического корабля была установлена система рециркуляции воздуха, состоящая из мотора, потенциометра, платы Arduino UNO, датчика температуры и LCD экрана.

Система рециркуляции воздуха может работать в двух режимах:

- автоматический – частота вращения мотора зависит от показаний датчика температуры;
- ручной режим – частота вращения мотора зависит от показаний на потенциометре, который установлен в каюте капитана.

Необходимо в эмуляторе tinkercad собрать и запрограммировать макет вентиляционной системы.

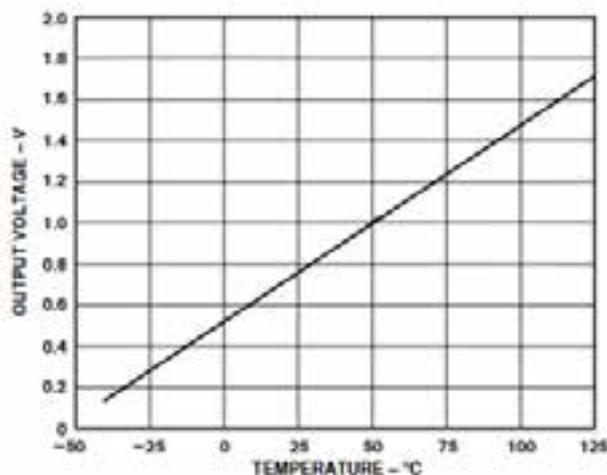
Для выполнения задания рекомендуется использовать следующие компоненты:



На экран выводится среднее количество оборотов в 20 секунд и надпись, зависящая от текущего количества оборотов: при количестве оборотов до 2000 оборотов в минуту на экран выводится «SL», от 2000 до 4000 – «MD», после 4000 – «FT».

Частота обновления данных на индикаторе 10 секунд. При превышении показаний датчика температуры выше 37 градусов Цельсия, текущее количество оборотов в минуту увеличивается на 20% от установленной потенциометром. После уменьшения показаний датчика ниже 37 градусов Цельсия, скорость моторов уменьшается на 20% от установленной потенциометром.

Перевод значений датчика температуры в градусы Цельсия может быть реализован на основе графика работы датчика температуры TMP36:



TPC 1. Output Voltage vs. Temperature

Профиль «Инженерные науки». Задания. 11 класс. 2022-2023 учебный год
2022-2023 учебный год
Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба», 2 этап,
профиль «Инженерные науки», 11 класс

I. Теоретическая часть.

Время выполнения заданий – 120 минут. Максимальное количество баллов – 60.

Задача 1 (максимум – 15 баллов).

Олимпийские боги решили сыграть в космический хоккей в безвоздушном пространстве. В качестве “шайбы” взяли мощный электрон (масса $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, заряд $q_e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл); Зевс выдал обеим командам громopodobные электрические клюшки, способные при приближении к “шайбе” мгновенно включать равномерное электрическое поле величиной 200 В/м на период времени 85 мкс. Однако капитан второй команды сжульничал и выдал своим игрокам модифицированные клюшки с сальбутамольным усилением, создающие поле большей величины.

В одном напряжённом моменте игры защитник первой команды, находясь перед воротами на левом фланге за 800 км. от линии ворот и за 2 тыс. км. от осевой линии, перехватил “шайбу” и отдал рискованный пас вдоль линии ворот откатившемуся на правый фланг вратарю своей команды. Однако за 1 тыс. км. от оси ворот нападающий второй команды смог подобраться к “шайбе” и, придав ей клюшкой поперечное ускорение, переправить её точно в центр линии ворот.

Находившийся рядом судья был специалистом высочайшей квалификации, его смутила траектория движения “шайбы” в этом эпизоде. Судья заподозрил махинацию и взял перерыв на просмотр видеоповтора. В перерыве судья открыл школьный учебник физики за 11 класс и занялся вычислениями.

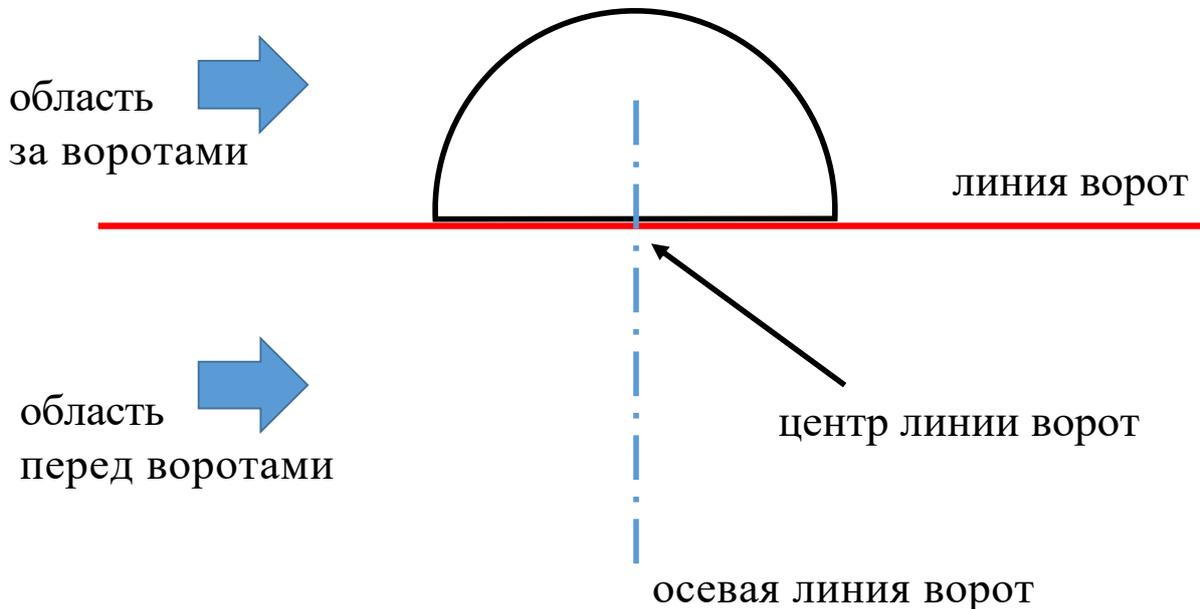


Рисунок 1. Ворота (вид сверху)

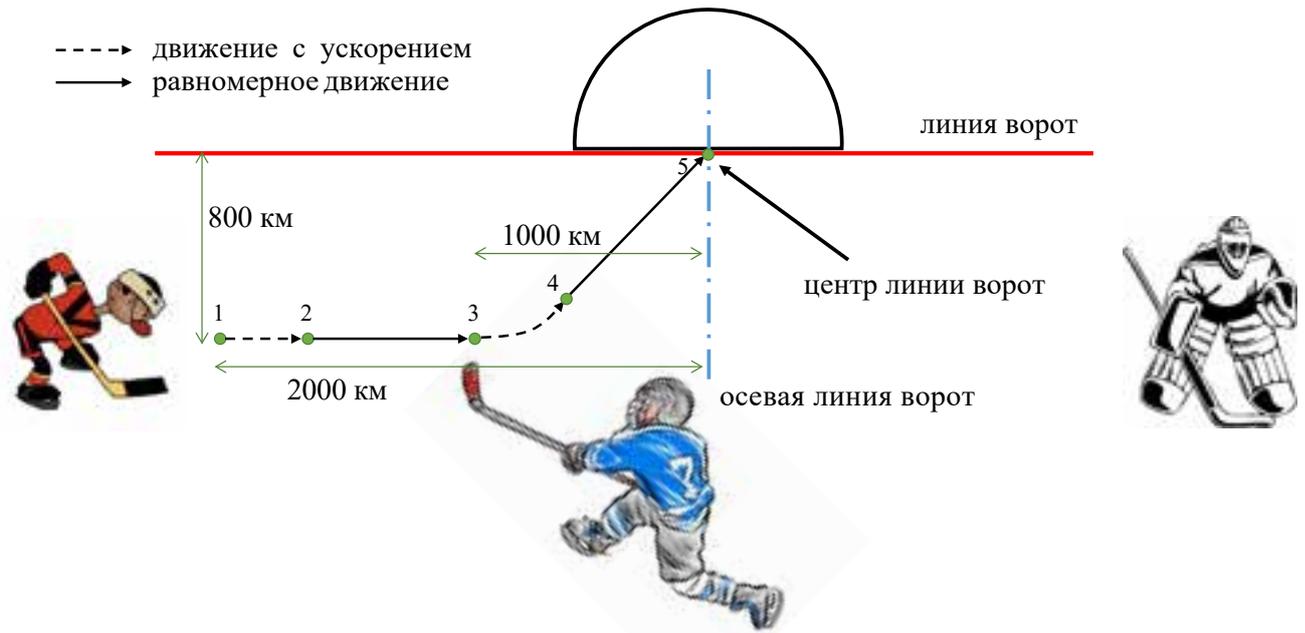


Рисунок 2. Фотофиксация напряжённых моментов игры

Найдите ответы на следующие вопросы:

- 1) Помогите судье рассчитать величину электрического поля клюшки у нападающего второй команды (ответ дайте в Вольтах на метр, округлите до сотен).
- 2) С какой полной скоростью «шайба» влетела в ворота? (ответ дайте в миллионах км/с, округлите до целого числа)
- 3) Какое расстояние «шайба» пролетела на первом отрезке равномерного движения? (ответ дайте в километрах, округлите до сотен).

Ответы должны сопровождаться подробной аргументацией. Участником должны быть приведены необходимые для объяснения логики решения рисунки, формулы, аналитические обоснования.

Задача 2 (максимум – 15 баллов).

Во время рождественского корпоратива в секретной службе Железного трона агенты 008 и 009 (которые на самом деле были нашими разведчиками) убедили агента 007 изобразить на салфетке схему новейшего сигнального устройства (см. шпионский рисунок №3) и сведения о его испытаниях.

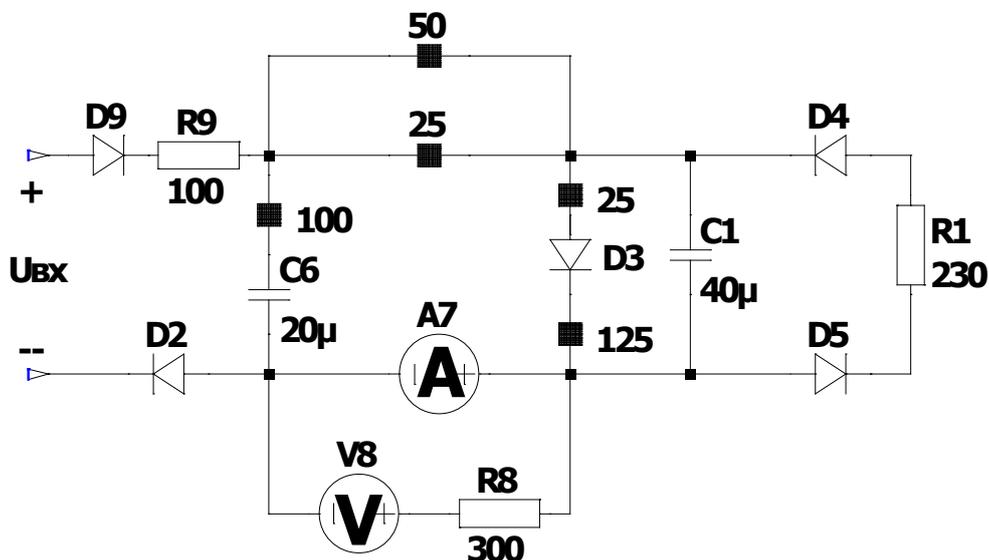
**лампа_с_сопротивлением**

Рисунок 3. Шпионский рисунок

Однако агент 007 не был специалистом в электричестве (так и не смог войти даже в число призёров олимпиады «Высшая проба», хотя и пытался сделать это под вымышленным именем): он не смог вспомнить, с какого именно из элементов электронной цепи нужно снимать **выходной сигнал**; он помнил только, что для номинального режима работы цепи это был пассивный элемент (не источник электрического сигнала) с самым большим по модулю напряжением.

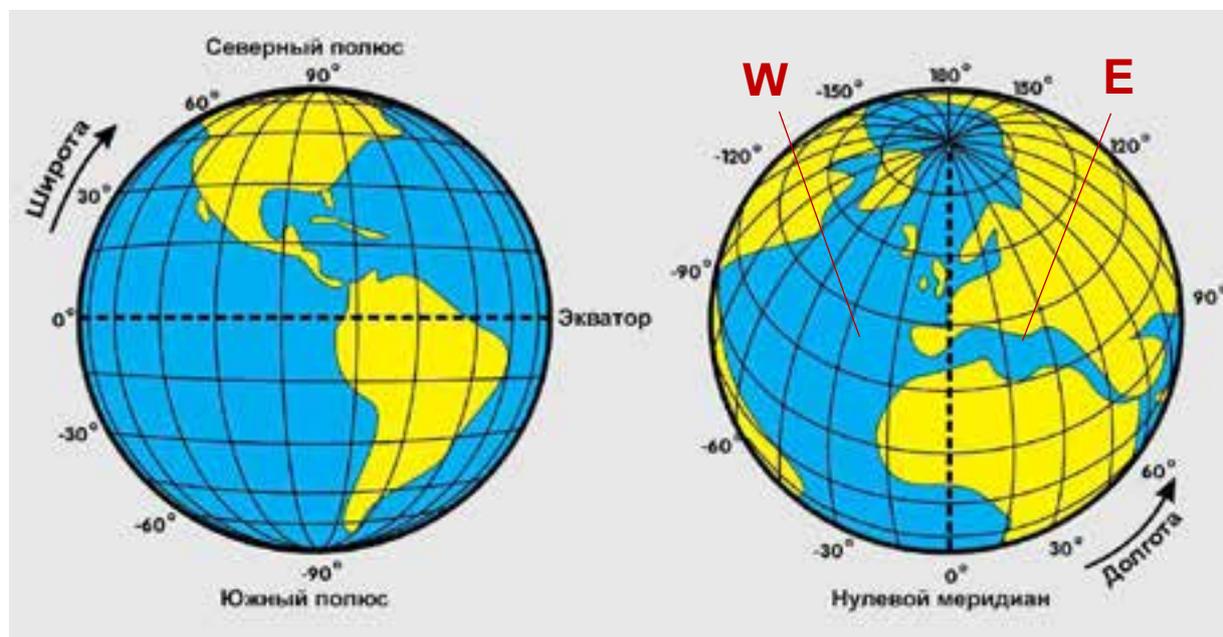
Помогите агентам 008 и 009 оценить перехваченное устройство и ответить на следующие вопросы:

- 1) Найдите **выходное** напряжение для номинального режима работы с $U_{вх} = 9$ В (ответ дайте в Вольтах, округлите до целых).
- 2) Определите максимально возможное **входное** напряжение для экономичного режима работы цепи, при котором мощность потребления любого её элемента не превышает 150 мВт (ответ дайте в Вольтах, округлите до целых).
- 3) Найдите разницу в заряде конденсатора C1 между первым и вторым режимами работы (ответ дайте в микрокулонах, округлите до целых).

Ответы должны сопровождаться подробной аргументацией. Участником должны быть приведены необходимые для объяснения логики решения рисунки, формулы, аналитические обоснования.

Задача 3 (максимум – 15 баллов).

На Большом Исследовательском Полигоне (БИП) происходят испытания беспилотных автономных автомобилей. БИП представляет собой прямую дорогу, которая проходит по экватору планеты без прерываний и препятствий. Автомобили движутся по дороге бесконечно долго, меняя только свою координату долготы.



Автомобили имеют возможность обмениваться информацией друг с другом с использованием беспроводной связи. Согласно правилам безопасности каждый автомобиль должен обмениваться сообщениями с остальными каждые 100 мс. В каждом сообщении автомобиль передает в десятичной системе счисления информацию о своей текущей скорости и координате (долготе). Скорость автомобилей искусственно ограничивается двузначным десятичным числом (в км/ч), координата записывается с точностью до секунд. Сообщение формируется в формате, описанном ниже, затем переводится в двоичный формат при помощи кодирования.

VV;ГГГ:ММ:СС:П,

где VV – обозначает скорость автомобиля (км/ч) (всегда целое число), ГГГ – градус долготы (°) (всегда целое число), ММ – минуты (′) (всегда целое число), СС – секунды (″) (всегда целое число), П – полушарие (W – Западное или E – Восточное).

На БИП в том числе исследуется проведение манёвров автономных автомобилей (манёвры считаются независимыми друг от друга) Если какой-либо автомобиль начинает производить обгон других автомобилей, частота, с которой он посылает сообщения, возрастает в 4 раза. По данной причине в радиоканале стабильно возникает ошибка передачи сообщения. Вероятность возникновения ошибки равняется $\frac{y}{10000}$, где y характеризуется следующим выражением:

$$y \cdot \sqrt{y} = y + 12 \cdot \sqrt{y}$$

Найдите ответы на следующие вопросы:

- 1) Определите алфавит, с которым оперируют автомобили при формировании сообщений, и минимальное количество бит, которым можно закодировать каждый символ алфавита.
- 2) Определите количество уникальных сообщений, которые могут быть сформированы автомобилями.
- 3) Найдите вероятность того, что при совершении последовательных 777 манёвров обгона, произошла только одна ошибка передачи сообщения. Ответ округлите до тысячных долей.

Ответы должны сопровождаться подробной аргументацией. Участником должны быть приведены необходимые для объяснения логики решения рисунки, формулы, аналитические обоснования.

Задача 4 (максимум – 15 баллов).

На некоторой планете существует Бюрократическое Очень Странное Соревнование (БОСС), в котором может принять участие каждый. Для этого нужно предложить комиссии натуральное число-кандидат, большее 9 (в десятичной системе счисления). По этим заявкам составляется рейтинговая таблица по возрастанию чисел-кандидатов из тех, что обращают в истину логическую формулу

$$F(x_{10}) = (\neg(AB) \rightarrow CD) \cdot F(\mu(x_7)) + ABE$$

Здесь

- $A = \{\rho(x_{10}) > 2\}$
- $B = \{x_{10} < 100\,000\}$
- $C = \{x_{10} \text{ кратно двум}\}$
- $D = \{\text{запись } x_7 \text{ содержит } 3\}$
- $E = \{\mu(x_{10}) - \text{простое}\}$
- $F(x) = 1, \text{ если } \rho(x) = 1$

Условные обозначения:

x_a – запись числа x в системе счисления с основанием a

$\rho(x)$ – количество разрядов числа x (например, $\rho(134) = 3$)

$\mu(x)$ – число x без старшего и младшего разрядов (например, $\mu(134) = 3$). Если $\rho(x) < 3$, то $\mu(x) = 0$

Например, $F(134) = 1$.

Найдите ответы на следующие вопросы:

- 1) Участник с каким числом-кандидатом победит в БОССе, если в этом году комиссия приняла следующие заявки:
101101, 44067, 1057, 811, 13?
- 2) Сколько заявок попали в рейтинговую таблицу в этом году?
- 3) Какое число Вы бы предложили комиссии для гарантированной победы в БОССе? Обоснуйте его нахождение.

Ответы должны сопровождаться подробной аргументацией, участником должны быть приведены необходимые для объяснения логики решения рисунки, формулы, аналитические обоснования.

I. Практическая часть.

Время выполнения заданий – 120 минут. Максимальное количество баллов – 40.

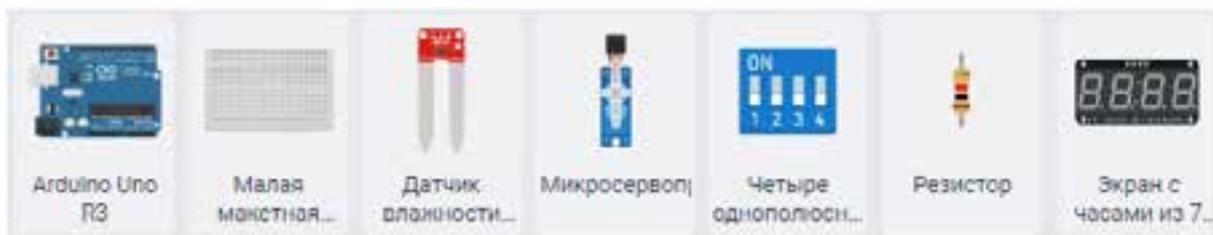
Задача 5 (максимум – 15 баллов).

Инженер решил разработать для своей машины умную систему дворников. Для этого он собрал макет системы, в котором использовал плату Arduino Uno, экран с часами из 7-ми сегментных индикаторов, датчик влажности почвы, сервомотор.

Необходимо в эмуляторе tinkercad спроектировать и запрограммировать макет умной системы дворников, удовлетворяющей следующим требованиям:

- при увеличении показаний на датчике влажности сервомотор начинает изменять свое положение по синусоидальному закону: $A = 180 \cdot \sin(B)$, где B – это угол в радианах;
- угол B линейно зависит от показаний датчика влажности, где максимальное значение с датчика влажности соответствует 1.6 радиан;
- вывод показаний датчика влажности и рассчитанного угла поворота сервомотора поочередно выводится на экран из индикаторов;
- значение угла A изменяется от 0 до максимального за 3 секунды;
- при включении только первого переключателя это время изменения скорости угла A уменьшается до 6 секунд;
- при включении только второго переключателя время изменения угла A уменьшается до одной секунды. Шаг отсчета времени равен 0.1 секунде.

Для выполнения задания рекомендуется использовать следующие компоненты:



Задача 6 (Максимум – 15 баллов).

На уроке ОБЖ ребятам дали задание спроектировать макет светофора. Учитель дал им 3 светодиода (красный, желтый, зеленый), два dip-переключателя, набор проводов, макетную плату, LCD экран, подключенный по I2C и отладочную плату Arduino UNO.

Необходимо в эмуляторе tinkercad собрать и запрограммировать макет светофора так, чтобы он работал в четырех режимах:

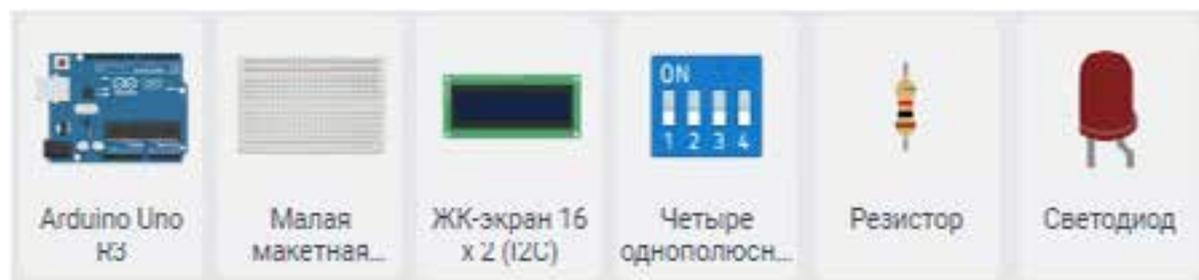
- зеленый цвет,
- желтый цвет,
- красный цвет,
- переключение цветов с временной задержкой 5 секунд (циклическая смена цветов: зеленый, желтый, красный, желтый, зеленый).

Режим работы светофора выбирается кодом, который задается положением dip-переключателя:

- 00 – зеленый,
- 01 – желтый,
- 10 – красный,
- 11 – автоматический режим.

Необходимо сохранять количество зажиганий каждого светодиода за 20 секунд и выводить на LCD экран среднее количество зажиганий каждого цвета за 60 секунд (Пример строки вывода: G:12 Y:2 R:8).

Для выполнения задания рекомендуется использовать следующие компоненты:



**Решения и критерии заключительного этапа
Всероссийской олимпиады школьников «Высшая проба» по профилю
«Инженерные науки»**

Профиль «Инженерные науки». Решения. 9 класс. 2020-2021 учебный год
2020-2021 учебный год
Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба», 2 этап,
профиль «Инженерные науки», 9 класс

Теоретическая часть

(Максимальное количество баллов – 60)

Задача 1.

(Максимум – 15 баллов).

В одном из методов лечения опухолей используется компактный кольцевой протонный ускоритель. Внутри ускорителя пучок протонов летает по кругу ускоряясь с каждым оборотом. За считанные секунды каждый протон проходит путь в несколько десятков тысяч километров.

Пусть конечная кинетическая энергия протона равна 334 кэВ ($1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$), его начальная скорость равна $8 \cdot 10^5 \text{ м/с}$, масса $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$, заряд $q_p = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$.

Дайте ответ в следующей форме (приведите решение):

- 1) скорость протона на выходе из ускорителя равна $_\cdot 10^6 \text{ м/с}$ (округлите до целых);
- 2) полезная работа, совершенная протонным ускорителем, равна $_\text{ кэВ}$ (округлите до целых);
- 3) конечный импульс протона равен $_\cdot 10^{-21} \text{ кг}\cdot\text{м/с}$ (округлите до целых).

Краткое решение:

$$\begin{aligned}q_p &= 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \\m_p &= 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \\E_2 &= 334000 \text{ эВ} \\v_1 &= 8 \cdot 10^5 \frac{\text{м}}{\text{с}}\end{aligned}$$

текущая скорость протона:

$$v_2 = \sqrt{\frac{2E_2 q_p}{m_p}} = 8 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

работа ускорителя в эВ:

$$\begin{aligned}E_1 &= \frac{m_p v_1^2}{2q_p} = 3340 \text{ эВ} \\A &= E_2 - E_1 = 334000 - 3340 = 30660 \text{ эВ}\end{aligned}$$

импульс протона:

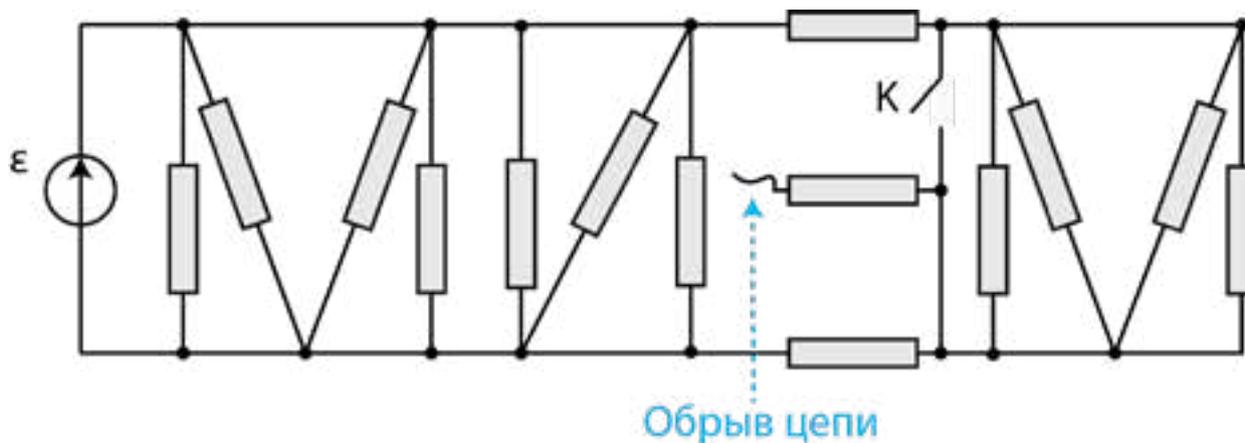
$$p = m_p v_2 = 13,36 \cdot 10^{-21} \text{ кг}\cdot\text{м/с}.$$

Ответ: $8 (\cdot 10^6 \text{ м/с})$ (5 баллов); 31 (кэВ) (5 баллов); $13 (\cdot 10^{-21} \text{ кг}\cdot\text{м/с})$ (5 баллов).

Задача 2.

(Максимум – 15 баллов).

Электрическая цепь, представленная на рисунке, состоит из 14 одинаковых резисторов с сопротивлением $R = 1005 \text{ Ом}$, ключа К и идеального источника постоянного напряжения. Сопротивление проводов в цепи пренебрежительно мало.



Дайте ответ в следующей форме (приведите решение):

- 1) эквивалентное сопротивление $R_{\text{эKB1}}$ цепи до замыкания ключа К равно ___ Ом (округлите до целых);
- 2) эквивалентное сопротивление $R_{\text{эKB2}}$ цепи после замыкания ключа К равно ___ Ом (округлите до целых);
- 3) мощность тока в цепи больше ___ («до» или «после») замыкания ключа.

Краткое решение:

$$R_M = \frac{R}{4}, R_N = \frac{R}{3},$$

$$R_{\text{эKB1}} = \frac{\left(\frac{1}{4} + 1 + 1\right) * \frac{1}{7}}{\left(\frac{1}{4} + 1 + 1\right) + \frac{1}{7}} R = \frac{\frac{9}{4} * \frac{1}{7}}{\frac{9}{4} + \frac{1}{7}} R = \frac{9}{67} R = 135 \text{ Ом}$$

После замыкания ключа закоротит последнюю букву М, поэтому

$$R_{\text{эKB2}} = \frac{2 * \frac{1}{7}}{2 + \frac{1}{7}} R = \frac{2}{15} R = 134 \text{ Ом}$$

Мощность тока вычисляется по формуле

$$p = IU = \frac{U^2}{R};$$

Так как $R_{\text{эKB1}} > R_{\text{эKB2}}$, а $U = \text{const}$, то $p_1 < p_2$, т. е. мощность выросла.

Ответ: 135 (Ом) (5 баллов); 134 (Ом) (5 баллов); **после** замыкания (мощность больше) (5 баллов).

Задача 3

(Максимум – 15 баллов).

На планете Пиетюр существует уникальная игра – голографические шахматы. Размеры поля для этой игры составляют 16x16x16 трехмерных клеток. Каждая трехмерная клетка, определяющая позицию фигуры, кодируется при помощи бинарного кода минимально

возможным и одинаковым количество бит. Специальная информационная система фиксирует начальное положение фигур и ходы каждой фигуры, формирует последовательность кодов трехмерных клеток, в которых находилась фигура, и записывает эту последовательность в файл “Log.holo”. Каков информационный объем файла, в который записываются позиции фигуры “Вакуумный Конь” после 19 перемещений фигуры “Вакуумный Конь” по игровому полю? Ответ запишите в байтах.

Решение:

Всего трехмерных клеток $16 \times 16 \times 16 = 4096$. Для кодирования 1 трехмерной клетки необходимо 12 бит ($2^{12} = 4096$, $\log_2(4096) = 12$). В файл записывается последовательность кодов трехмерных клеток, в которых находилась фигура. “Вакуумный Конь” сделал 19 ходов, т.е. находился в 19-ти трехмерных клетках, при этом в файл также должна быть записана начальная позиция фигуры “Вакуумный конь”. Таким образом, в итоговом файле должна быть записана информация о 20 позициях фигуры “Вакуумный конь”. Каждая позиция кодируется при помощи 12-битовой записи, следовательно, общий объем файла = $12 \times 20 = 240$ бит \Rightarrow 30 байт

Ответ: 30

Задача 4

(Максимум – 15 баллов).

Алиса, Боб и Ева решили разработать некоторое инновационное устройство, работающие на семиричной логике. Своё устройство они решили оснастить пятиразрядным гиперквантовым процессором, который управляется при помощи обычных пятиразрядных команд. Ева решила, что ей необходим секретный канал для удаленного управления устройством и получения всей информации о работе устройства. В качестве секретных команд Ева будет использовать управляющие команды гиперквантового процессора, в которых значение старшего разряда равняется 3. Определите, сколько всего различных секретных команд управления она может использовать при работе устройства (кроме команды, состоящей только из одного разряда со значением 3).

Решение:

Пятиразрядный гиперквантовый процессор на семиричной логике: $7^5 = 16807$ значений.

Определяем, сколько всего команд начинаются с цифры 3.

$$\begin{pmatrix} 30_7 = 21_{10} \\ 36_7 = 27_{10} \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 300_7 = 147_{10} \\ 366_7 = 195_{10} \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 3000_7 = 1029_{10} \\ 3666_7 = 1371_{10} \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 30000_7 = 7203_{10} \\ 36666_7 = 9603_{10} \end{pmatrix}$$

$300000_7 = 50421_{10}$ – уже не подходит

$$\begin{aligned} result &= (9603 - 7203 + 1) + (1371 - 1029 + 1) + (195 - 147 + 1) + (27 - 21 + 1) \\ &= 2800 \end{aligned}$$

Ответ: 2800

Практическая часть

(Максимальное количество баллов – 40)

Задание 5

С помощью виртуальной среды на сайте tinkercad.com реализовать следующие задачи:

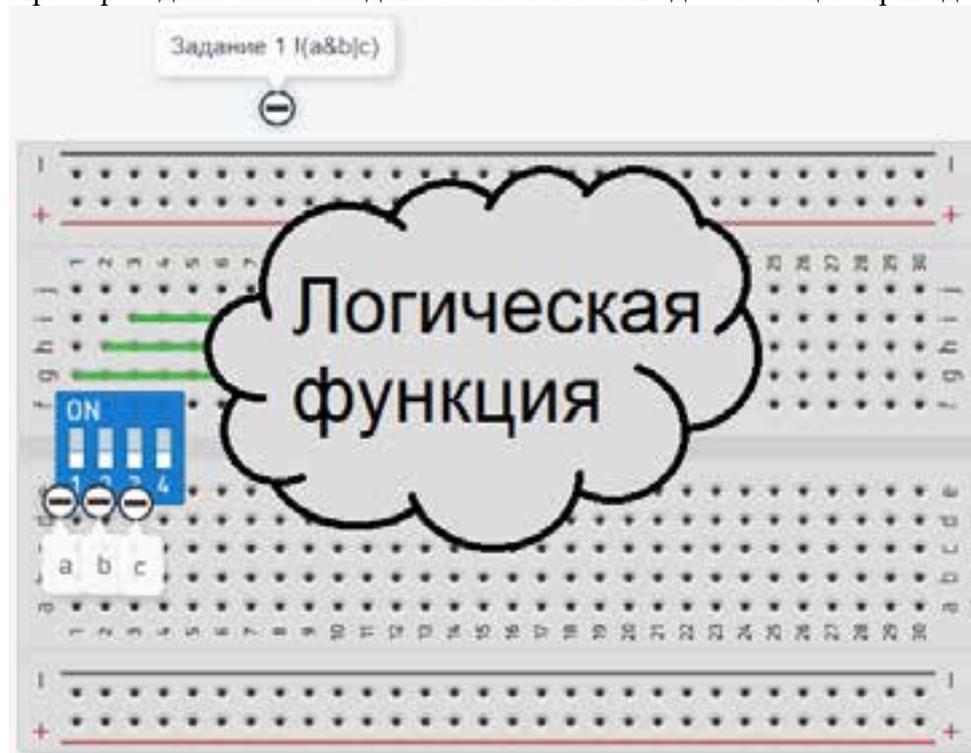
Уровень 1.

(Максимум – 10 баллов).

Упростите, приведенную ниже логическую функцию и соберите ее схему на макетной плате, используя микросхемы логики.

$$a \vee b \& c \& \bar{b} \vee (\bar{b} \& a).$$

Реализуйте все комбинации входных сигналов. Входные сигналы необходимо подавать, используя dip переключатели. Для каждого переключателя добавьте в виде аннотации название переменной, за которую он отвечает. В аннотации к схеме напишите результат упрощения функции, используя следующие обозначения: инверсия «!», конъюнкция «&», дизъюнкция «|». Выходные сигналы схемы подключите к светодиодам. Пример подключения входных сигналов и вывода аннотации приведен на рисунке:



Уровень 2.

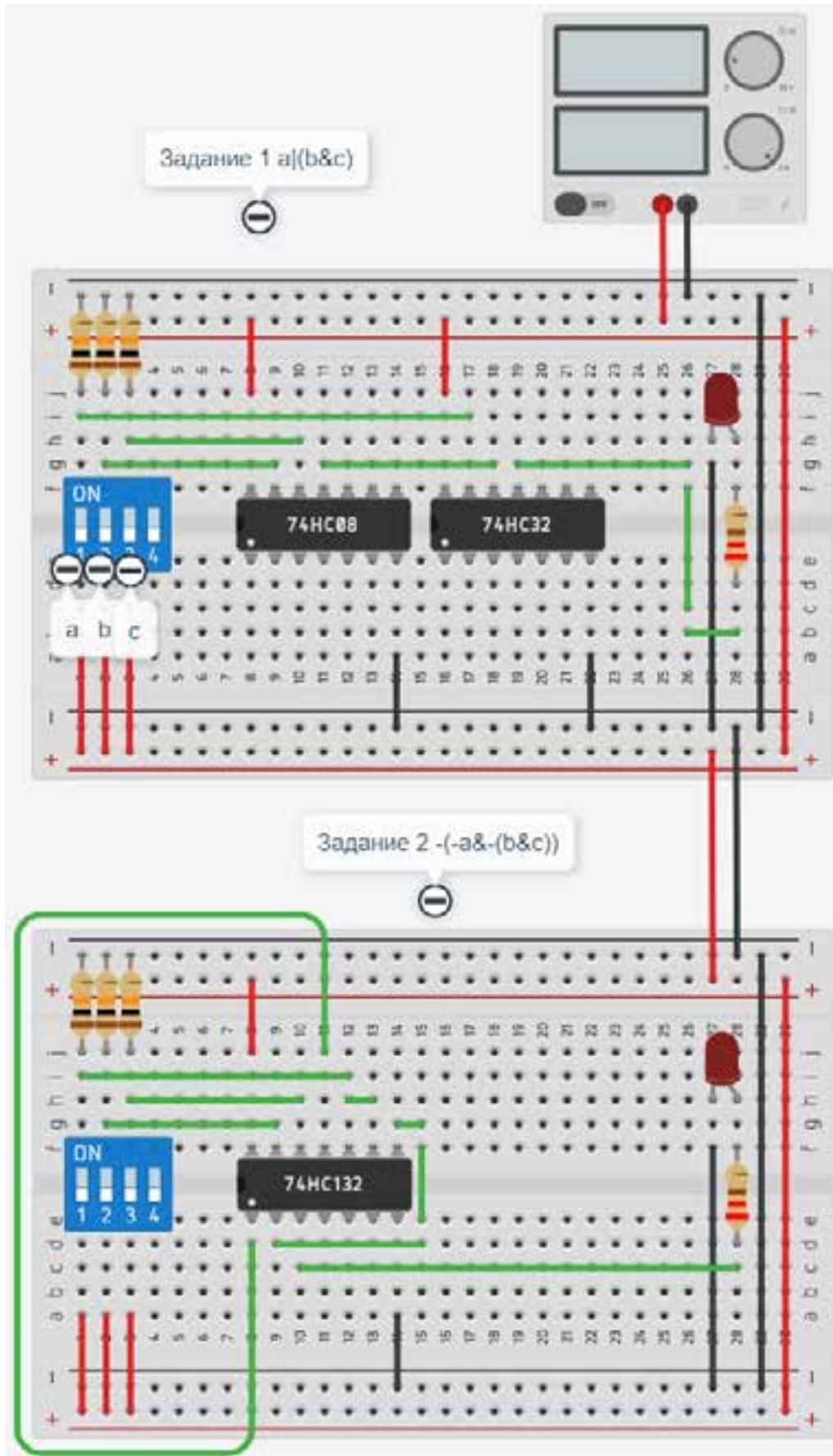
(Максимум – 10 баллов).

Не изменяя схему, созданную в первой части задания, преобразуйте упрощенную логическую функцию в базис И-НЕ и соберите ее на новой макетной плате.

Реализуйте все комбинации входных сигналов. В аннотации к схеме напишите результат изменения упрощенной функции в базис И-НЕ. Пример подключения входных и выходных сигналов аналогичен первой части задания.

Решение:

Задание 5 решение



Задание 6

С помощью виртуальной среды на сайте tinkercad.com и эмулятора Arduino реализовать следующие задачи:

Уровень 1.

(Максимум – 10 баллов).

Дано 2 кнопки и 2 светодиода. Изначально все светодиоды должны быть выключены. При нажатии на первую кнопку, реализовать мигание первого светодиода с задержкой 900 миллисекунд. При нажатии на вторую кнопку, реализовать мигание второго светодиода с задержкой 400 миллисекунд. Когда кнопки отпущены – соответствующие светодиоды должны быть выключены.

Уровень 2.

(Максимум – 10 баллов).

В схему, созданную в первой части задания, необходимо дополнительно подключить еще одну кнопку и потенциометр. При включении третьей кнопки необходимо реализовать поочередное мигание всех светодиодов с задержкой, которая определяется как сумма задержки из 1-го задания и значения, получаемого с потенциометра.

**Изображения элементов, используемых в задании, приведены на рисунке:*



Решение:

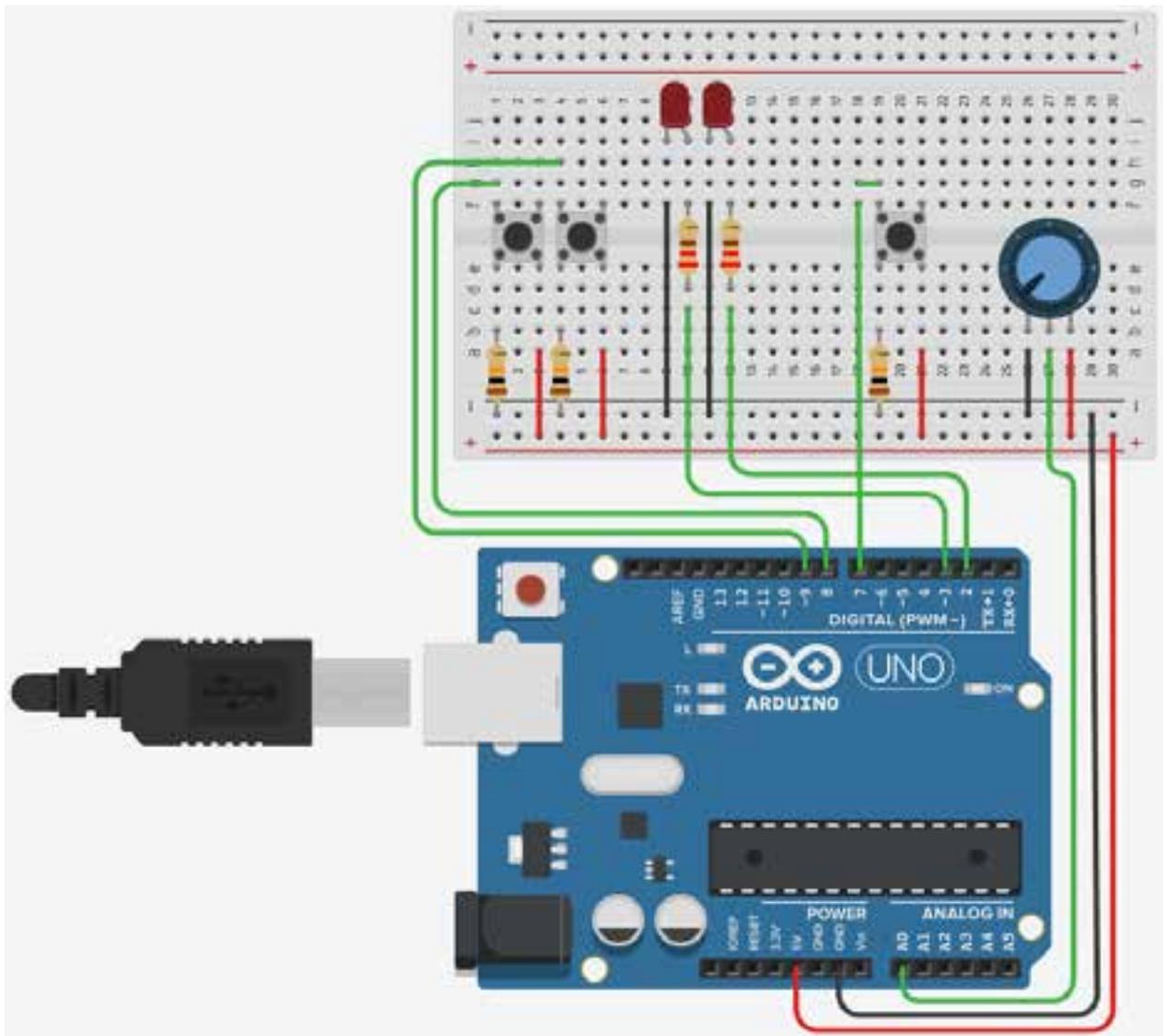


Схема подключения

```

int btn_1 = 8;
int btn_2 = 9;
int btn_3 = 7;
int led_1 = 3;
int led_2 = 2;
int sens = A0;

int sens_data;

void setup()
{
  pinMode(btn_1, INPUT);
  pinMode(btn_2, INPUT);
  pinMode(btn_3, INPUT);
  pinMode(sens, INPUT);
  pinMode(led_1, OUTPUT);
  pinMode(led_2, OUTPUT);
}

void loop()
{

```

```
if(digitalRead(btn_1) == HIGH)
{
  digitalWrite(led_1, HIGH);
  delay(450);
  digitalWrite(led_1, LOW);
  delay(450);
}
else if(digitalRead(btn_2) == HIGH)
{
  digitalWrite(led_2, HIGH);
  delay(200);
  digitalWrite(led_2, LOW);
  delay(200);
}
else if(digitalRead(btn_3) == HIGH)
{
  sens_data = analogRead(sens);
  digitalWrite(led_1, HIGH);
  delay(450+sens_data / 2);
  digitalWrite(led_1, LOW);
  delay(450+sens_data / 2);

  digitalWrite(led_2, HIGH);
  delay(200+sens_data / 2);
  digitalWrite(led_2, LOW);
  delay(200+sens_data / 2);
}
}
```

Теоретическая часть

(Максимальное количество баллов – 60)

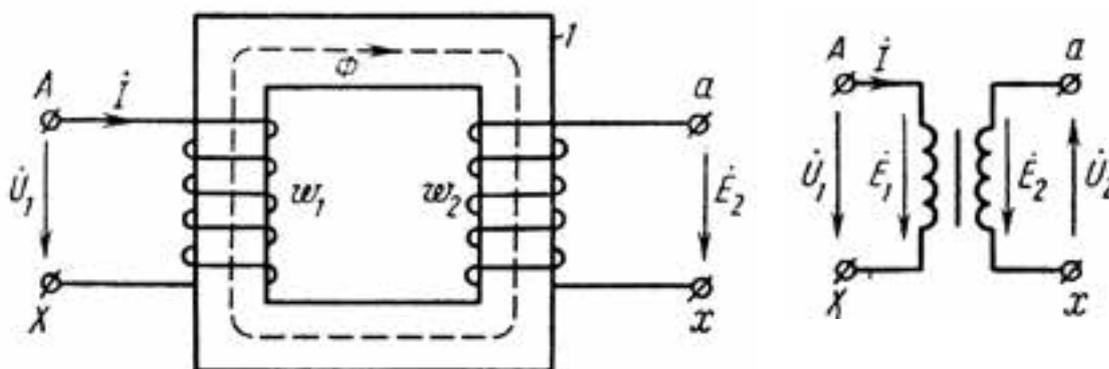
Задача 1.

(Максимум – 15 баллов).

В современных системах передачи электрической энергии и в сфере инфокоммуникационных технологий широко используются трансформаторы. Простейший трансформатор позволяет передавать электрическую энергию от одной электрической цепи к другой при сохранении мощности, но с изменением напряжения. Трансформатор состоит из двух обмоток, индуктивно связанных между собой с помощью магнитопровода (см. рисунок).

Принцип работы устройства:

1. при изменении электрического тока первичной обмотки в магнитопроводе наводится магнитный поток;
2. магнитный поток передаётся по магнитопроводу в неизменном виде от первичной обмотки ко вторичной;
3. при изменении магнитного потока во вторичной обмотке наводится ЭДС за счёт действия магнитной индукции.



а

б

Рис. 1. Способ подключения трансформатора к электрическим цепям (а) и обозначение трансформатора на электрической схеме (б)

Пусть в идеальном трансформаторе количество витков первичной обмотки равно $w_1 = 250$, во второй $w_2 = 1000$. Ко вторичной обмотке подключено сопротивление 200 Ом. Сопротивлением обмоток можно пренебречь. В течение 10 мкс напряжение в первичной обмотке U_1 равномерно изменилось на 100 В.

Дайте ответ в следующей форме (приведите решение):

- 1) ЭДС во вторичной обмотке изменилась на ___ В (округлите до целых);
- 2) ток во вторичной обмотке изменился на ___ А (округлите до целых);

3) электрическая мощность во вторичной обмотке в конечный момент времени равна ___ Вт (округлите до целых).

Краткое решение:

$$w_1 = 250$$

$$w_2 = 1000$$

$$U_1 = 100 \text{ В}$$

$$\Delta t = 10 \cdot 10^{-6} \text{ с}$$

$$R = 200 \text{ Ом}$$

ЭДС на вторичной обмотке:

$$U_2 = U_1 \cdot \frac{w_2}{w_1} = 400 \text{ В}$$

Сила тока во вторичной обмотке (закон Ома для участка цепи):

$$I_2 = \frac{U_2}{R} = 2 \text{ А}$$

Электрическая мощность во вторичной обмотке:

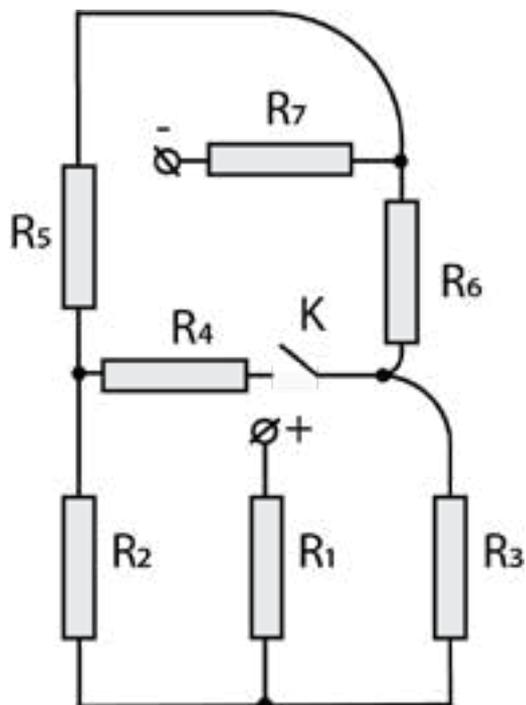
$$P = U_2 I_2 = 800 \text{ Вт}$$

Ответ: 400 (В) (5 балла); 2 (А) (5 балла); 800 (Вт) (5 балла).

Задача 2.

(Максимум – 15 баллов).

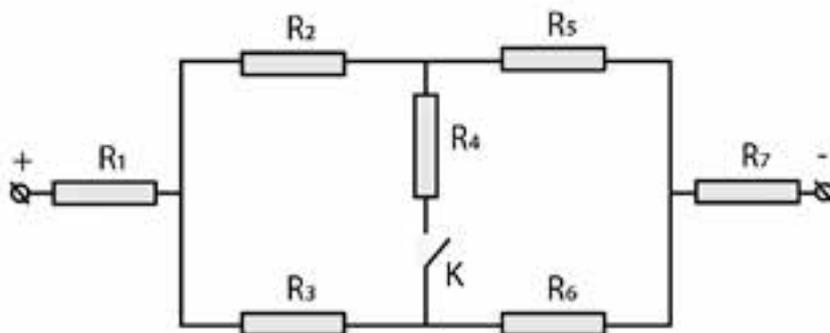
Электрическая цепь, представленная на рисунке, состоит из 7 одинаковых резисторов с сопротивлением $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = R_7 = 1 \text{ Ом}$ и ключа К. Напряжение между клеммами $U = 5 \text{ В}$. Сопротивление проводов в цепи пренебрежительно мало.



Дайте ответ в следующей форме (приведите решение):

- 1) эквивалентное сопротивление $R_{\text{эKB1}}$ цепи до замыкания ключа К равно ___ Ом (округлите до целых);
- 2) эквивалентное сопротивление $R_{\text{эKB2}}$ цепи после замыкания ключа К равно ___ Ом (округлите до целых);
- 3) после замыкания ключа К вместо резисторов R_2 и R_6 в цепь подключили конденсаторы C_1 и C_2 , соответственно, с ёмкостями $C_1 = 1$ мкФ и $C_2 = 2$ мкФ.
 На конденсаторе C_1 установится заряд $q_1 = __ \cdot 10^{-6}$ Кл (округлите до целых),
 На конденсаторе C_2 установится заряд $q_2 = __ \cdot 10^{-6}$ Кл (округлите до целых).

Краткое решение:

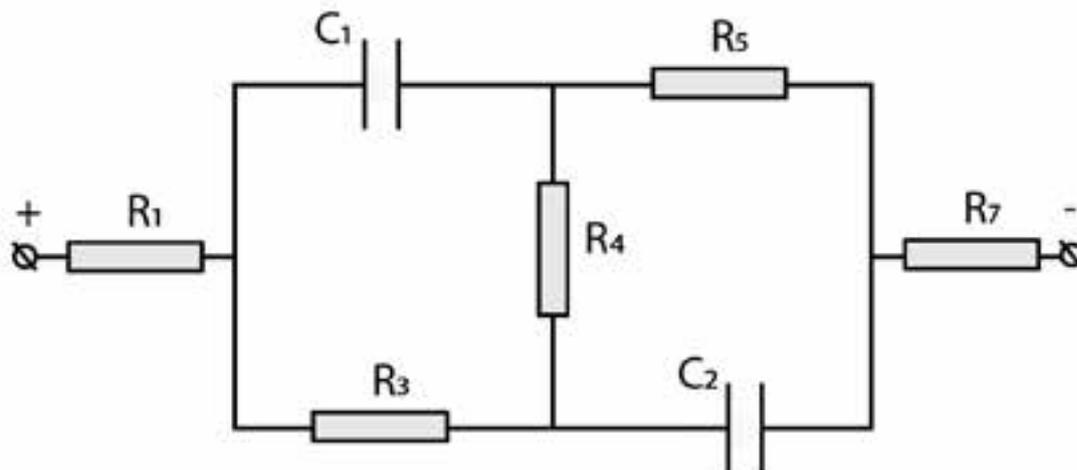


$$R_{\text{эKB1}} = R + R + \frac{2 * 2}{2 + 2} R = 3R = 3 \text{ Ом}$$

Даже после замыкания ключа ток через резистор R_4 в силу симметрии схемы не пойдет (или можно доказать равенство потенциалов точек пересечения резистора с внешней цепью)

$$R_{\text{эKB2}} = R_{\text{эKB1}} = 3R = 3 \text{ Ом}$$

Если добавить конденсаторы, получим следующую схему.



Когда конденсаторы зарядятся через них ток идти не будет, поэтому

$$U = I(R_1 + R_3 + R_4 + R_5 + R_7) = 5IR;$$

$$I = \frac{U}{5R}$$

Чтобы найти заряды рассмотрим контур, содержащий \$R_3\$ и \$R_4\$:

$$\frac{q_1}{C_1} = I(R_3 + R_4)$$

$$q_1 = 2IRC_1 = \frac{2C_1U}{5} = 2 \text{ мкКл}$$

Аналогично

$$q_2 = 2IRC_2 = \frac{2C_2U}{5} = 4 \text{ мкКл}$$

Ответ: 3 (Ом) (5 баллов), 3 (Ом) (5 баллов), 2 и 4 ($\cdot 10^{-6}$ Кл) (5 баллов).

Задача 3

(Максимум – 15 баллов).

В некоторой Подсолнечной системе находятся разные планеты, заселенные разными народами, между которыми налажена торговля различными товарами. Пилоту торгового космического корабля необходимо доставить товары от планеты Нару до планеты Керрумий и сделать это как можно быстрее. Торговый космический корабль движется с постоянной скоростью. У пилота торгового космического корабля есть цифровая карта Подсолнечной системы, на которой указано расстояние в десятичной системе счисления (в парсеках) между планетами и по которой можно спланировать маршрут из одной точки в другую (рисунок 1). Проблема заключается в том, что карта была повреждена вредоносным компьютерным червем “Верд” и теперь расстояние между некоторыми планетами закодировано в десятичной, восьмеричной и шестнадцатеричной системах счисления, а значения некоторых разрядов этих чисел умышленно потеряны и обозначены

символом “@”. Поврежденные данные о расстоянии между планетами представлены в таблице 1, пилоту повезло, что расстояние Y не подверглось действию компьютерного червя и представлено во всех доступных системах счисления. Восстановите исходные данные, найдите кратчайший маршрут от планеты Нару до планеты Керрумий и в ответ запишите его длину в десятичной системе счисления в парсеках.

Таблица 1.

Основание системы счисления, которой закодировано расстояние	В	Закодированное расстояние X (парсек)	Закодированное расстояние Y (парсек)	Закодированное расстояние Z (парсек)	Закодированное расстояние T (парсек)
10		@2@2	4080	@@2	@9@2
8		2@5@	7760	10@@	3@1@
16		@E@	FF0	@0A	@@C

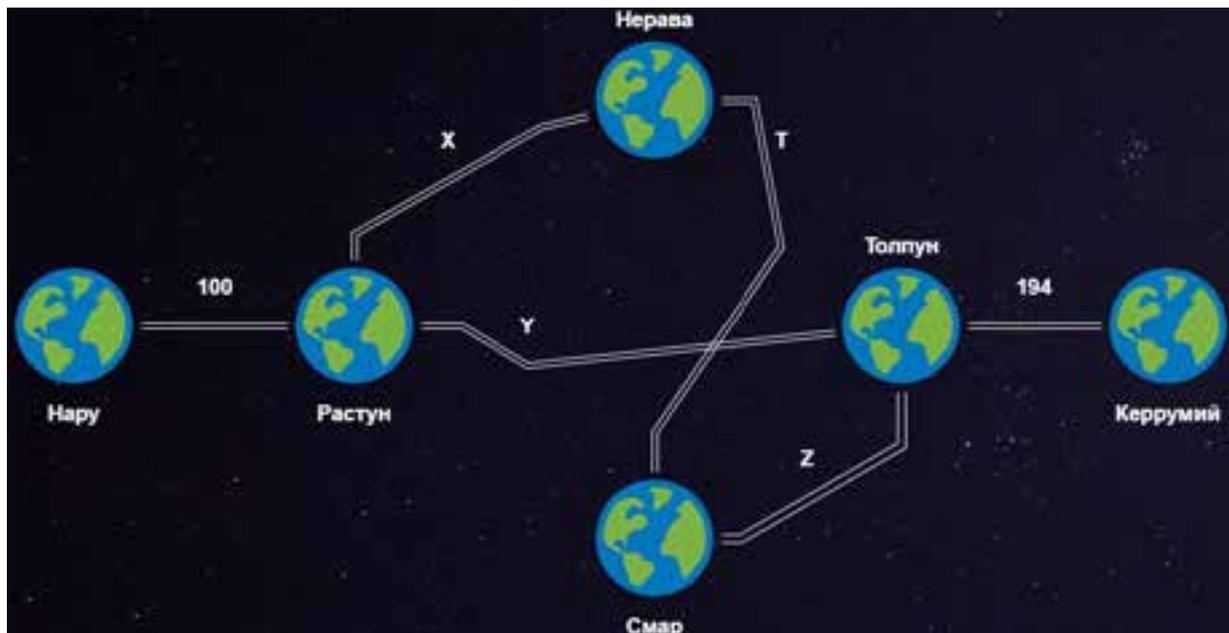


Рисунок 1. Карта Подсолнечной системы

Решение:

1. Нужно получить значения расстояний X, Y, Z и T однозначно в десятичной системе счисления. Для этого необходимо провести анализ кодов для каждого значения расстояния. Общий алгоритм таков:

- а. Рассмотреть минимальное и максимальное значение кода в восьмеричной системе счисления и перевести их в десятичный формат. После перевода можно будет однозначно определить, чему равен старший разряд десятичного кода данного числа.

Пример: берем число X_8 . Его минимально возможное значение $2050_8 = 1064_{10}$, максимально возможное $2757_8 = 1519_{10}$, таким образом старший разряд десятичного представления числа будет равен 1.

- b. Теперь в десятичном числе лишь один разряд неизвестен. Методом перебора можно подобрать то число, которое будет соответствовать остальным двум закодированным числам в восьмеричной и шестнадцатеричной системах счисления. Таким образом, мы получим расстояние в десятичной системе счисления.
2. После того как десятичные значения расстояний X, Y, Z и T получены, необходимо сравнить длины двух возможных путей в имеющемся графе и определить минимальное.

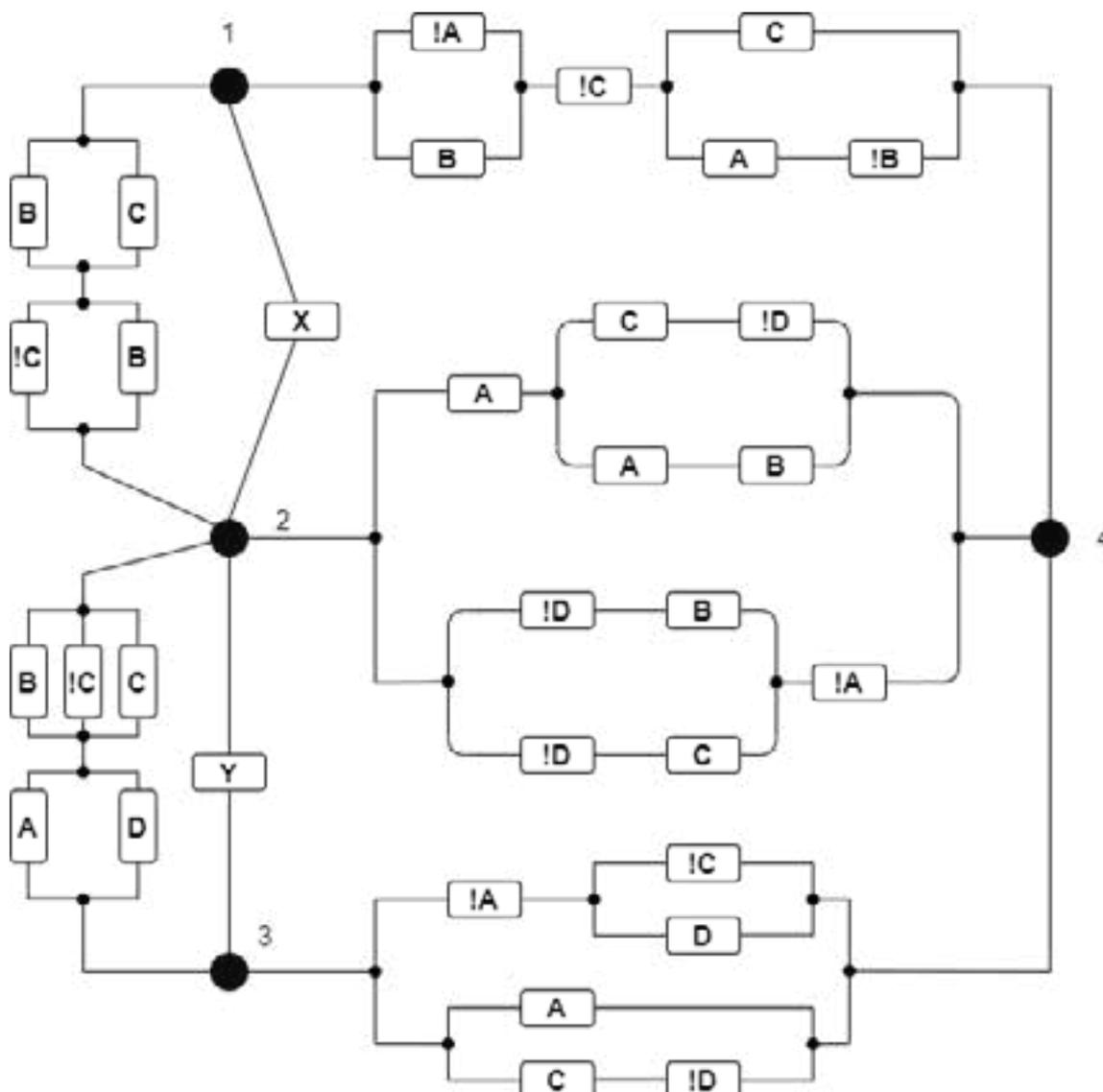
Ответ: 4010

Задача 4

(Максимум – 15 баллов).

На планете Лязме случилась вспышка нового заболевания. Для лечения нового вируса ученые планеты создали устройство, схема которого представлена на рисунке 1. Точки 1-4 обозначают приемопередатчики, которые могут получать или передавать информацию. Между каждой парой приемопередатчиков есть некая логическая переключательная схема по которой передаются сигналы. Буквами в данной схеме обозначены некоторые логические функции, которые замыкают или размыкают контакт (1 – контакт замкнут, 0 – контакт разомкнут). Запись “!Z” означает инверсию логической переменной Z. Устройство, представленное на схеме, оказалось слишком дорогим для производства, т.к. содержит слишком много логических функций.

Упростите данное устройство и запишите упрощенные логические функции для каждой пары приемопередатчиков.



Решение: логическая схема между каждой парой приемопередатчиков представляет собой простейшую переключательную схему, которую можно преобразовать в аналитическую форму. Например, для переключательной схемы 1-2 аналитическая запись представляется в следующей виде $(b+c) \& (!c+b)$. При использовании правил упрощения из булевой алгебры получим $!c*b + b*b + c*!c + c*b = !c*b + b + 0 + c*b = b$. По аналогии решаем другие логические схемы и получаем ответ.

Ответ:

1=2: B, X

2=3: A+D, Y

1=4: 0

2=4: $C*!D + A*B + !A*B*!D$

3=4: 1

Практическая часть

(Максимальное количество баллов – 40)

Задание 5

С помощью виртуальной среды на сайте tinkercad.com реализовать следующие задачи:

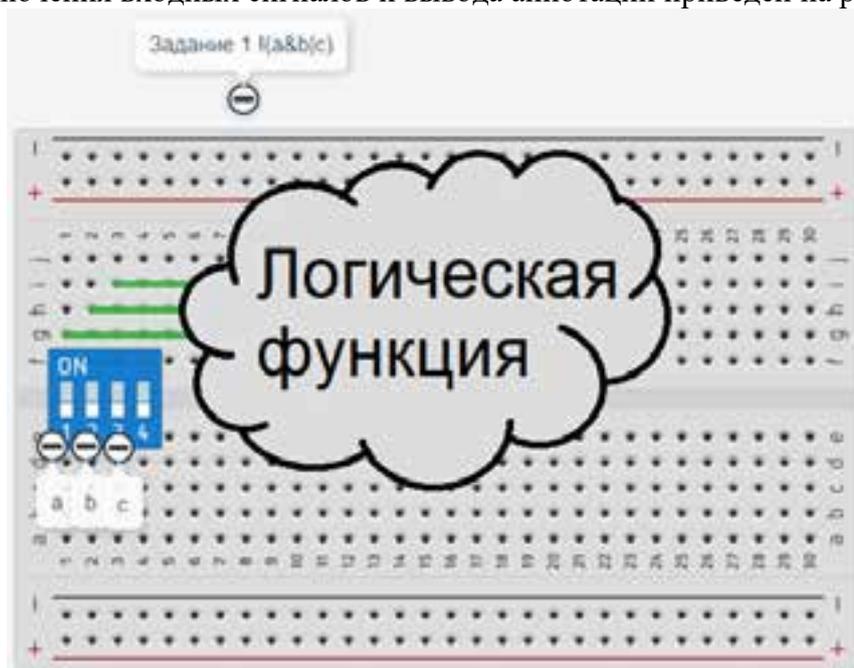
Уровень 1.

(Максимум – 10 баллов).

Упростите, приведенную ниже логическую функцию и соберите ее схему на макетной плате, используя микросхемы логики.

$$(a\bar{b}\&c)\vee(\bar{a}\&\bar{b}\&c)\&(a\vee b\vee c)$$

Реализуйте все комбинации входных сигналов. Входные сигналы необходимо подавать, используя dip переключатели. Для каждого переключателя добавьте в виде аннотации название переменной, за которую он отвечает. В аннотации к схеме напишите результат упрощения функции, используя следующие обозначения: инверсия «!», конъюнкция «&», дизъюнкция «∨». Выходные сигналы схемы подключите к светодиодам. Пример подключения входных сигналов и вывода аннотации приведен на рисунке:



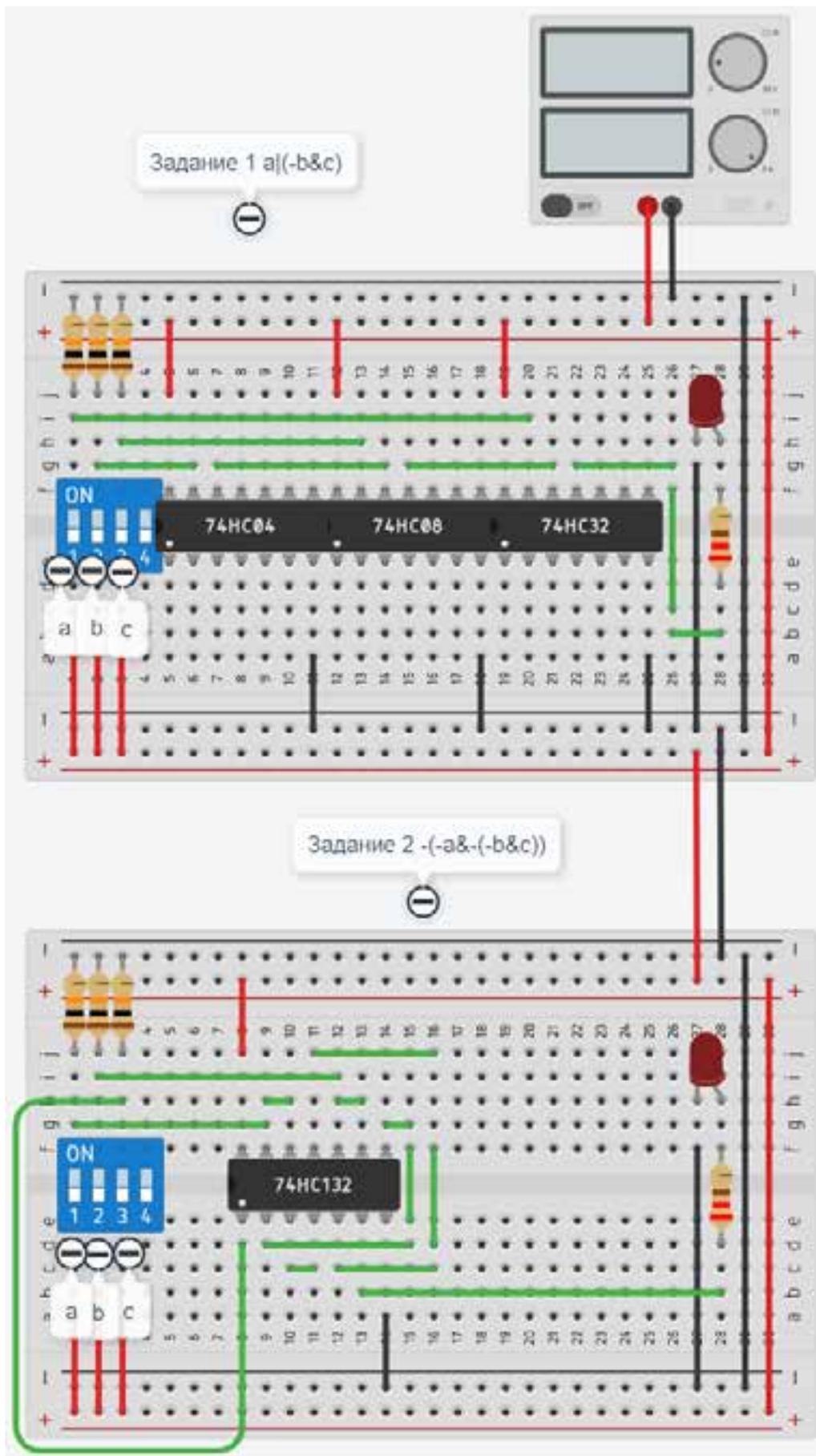
Уровень 2.

(Максимум – 10 баллов).

Не изменяя схему, созданную в первой части задания, преобразуйте упрощенную логическую функцию в базис И-НЕ и соберите ее на новой макетной плате.

Реализуйте все комбинации входных сигналов. В аннотации к схеме напишите результат изменения упрощенной функции в базис И-НЕ. Пример подключения входных и выходных сигналов аналогичен первой части задания.

Решение:



Задание 6

С помощью виртуальной среды на сайте tinkercad.com и эмулятора Arduino реализовать следующие задачи:

Уровень 1.

(Максимум – 10 баллов).

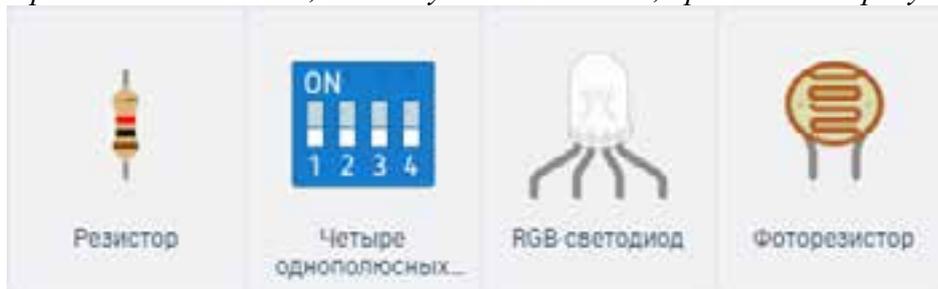
Дан четырехпозиционный DIP переключатель (синий) и 1 RGB светодиода. При включении только первого переключателя – включить красный цвет на светодиоде. При включении только второго переключателя – включить синий цвет на светодиоде. При включении только третьего переключателя – включить зеленый цвет на светодиоде. При одновременном включении нескольких переключателей с первого по третий – одновременно мигать с задержкой 400 миллисекунд соответствующими цветами светодиодов.

Уровень 2.

(Максимум – 10 баллов).

В схему, созданную в задании 1, необходимо дополнительно подключить еще 3 фоторезистора. При включении четвертого переключателя, вне зависимости от положения других переключателей, необходимо изменять яркость включенных цветов на светодиодах в соответствии с получаемыми значениями от фоторезисторов (каждый фоторезистор устанавливает яркость одному из цветов светодиода).

**Изображения элементов, используемых в задании, приведены на рисунке:*



Решение:

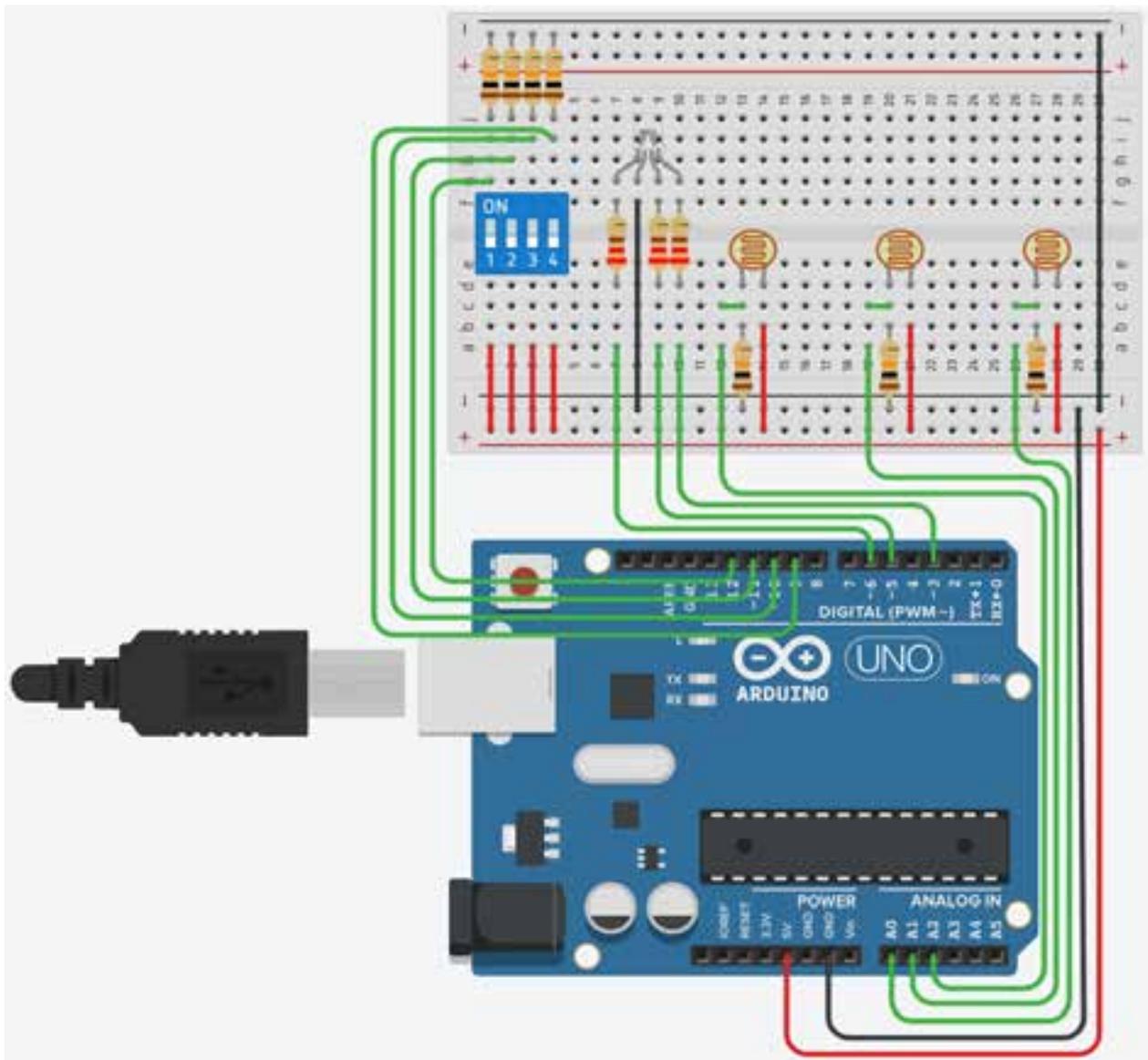


Схема подключения

```
int sw[4] = {12, 11, 10, 9};
int led[3] = {6, 5, 3}; //red, blue, green
int sens[3] = {A2, A1, A0};
```

```
int sw_state[4];
int sw_count;
```

```
void setup()
{
  for(int i = 0; i < 4; i++)
  {
    pinMode(sw[i], INPUT);
  }
  for(int i = 0; i < 3; i++)
  {
    pinMode(led[i], INPUT);
  }
  for(int i = 0; i < 3; i++)
```

```

{
  pinMode(sens[i], INPUT);
}
}

void loop()
{
  sw_count = 0;
  for(int i = 0; i < 4; i ++)
  {
    sw_state[i] = digitalRead(sw[i]);
    sw_count = sw_count + sw_state[i];
  }

  if(sw_state[3] == 1)
  {
    for(int i = 0; i < 3; i ++)
    {
      analogWrite(led[i], analogRead(sens[i]));
    }
  }
  else if(sw_count <= 1)
  {
    for(int i = 0; i < 3; i ++)
    {
      digitalWrite(led[i], sw_state[i]);
    }
  }
  else if(sw_count > 1)
  {
    for(int i = 0; i < 3; i ++)
    {
      digitalWrite(led[i], sw_state[i]);
    }
    delay(200);
    for(int i = 0; i < 3; i ++)
    {
      digitalWrite(led[i], 0);
    }
    delay(200);
  }
}

```

Профиль «Инженерные науки». Решения. 11 класс. 2020-2021 учебный год
2020-2021 учебный год
Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба», 2 этап,
профиль «Инженерные науки», 11 класс

Теоретическая часть

(Максимальное количество баллов – 60)

Задача 1.

(Максимум – 15 баллов).

В некоторых видах 3D-принтеров, предназначенных для изготовления металлических объектов, наплавление слоёв металла производится под управлением компьютера с помощью электронного луча. Для фокусировки луча, который появляется на выходе электронной пушки, могут использоваться электростатические фокусирующие линзы. Частью такой линзы является плоский конденсатор, в котором создаётся однородное электрическое поле.

Пусть электрон с начальной скоростью 1000 км/с влетает в плоский конденсатор параллельно его пластинам и по центру между ними. Конденсатор создаёт однородное электрическое поле величиной 50 В/м. Длина пластин конденсатора равна 50 см, расстояние между обкладками 10 см. За конец пути электрона считайте либо момент вылета из конденсатора, либо момент соприкосновения с пластиной конденсатора в случае, если вылететь он не сможет.

Дайте ответ в следующей форме (приведите решение):

1) сможет ли электрон вылететь из конденсатора?

2) проекция конечной скорости электрона на ось, параллельную полю между обкладками, равна $_ \cdot 10^6$ м/с (округлите до 2 знаков после запятой).

Краткое решение:

$$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$$

$$q_e = 1,67 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$s_1 = 0,5 \text{ м}$$

$$s_2 = 0,1 \text{ м}$$

$$v_x = 1 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$E = 50 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

предельное время пролёта:

$$t = \frac{s_1}{v_x} \text{ с}$$

поперечное ускорение:

$$a = \frac{Eq_e}{m_e} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$$

поперечный путь:

$$s_y = \frac{at^2}{2} \text{ м}$$

проверка: вылетит ли:

$$\frac{s_2}{2} > s_y$$

фактическое время пролёта:

$$t_2 = \sqrt{\frac{s_2}{a}} \text{ с}$$

скорость в конечный момент:

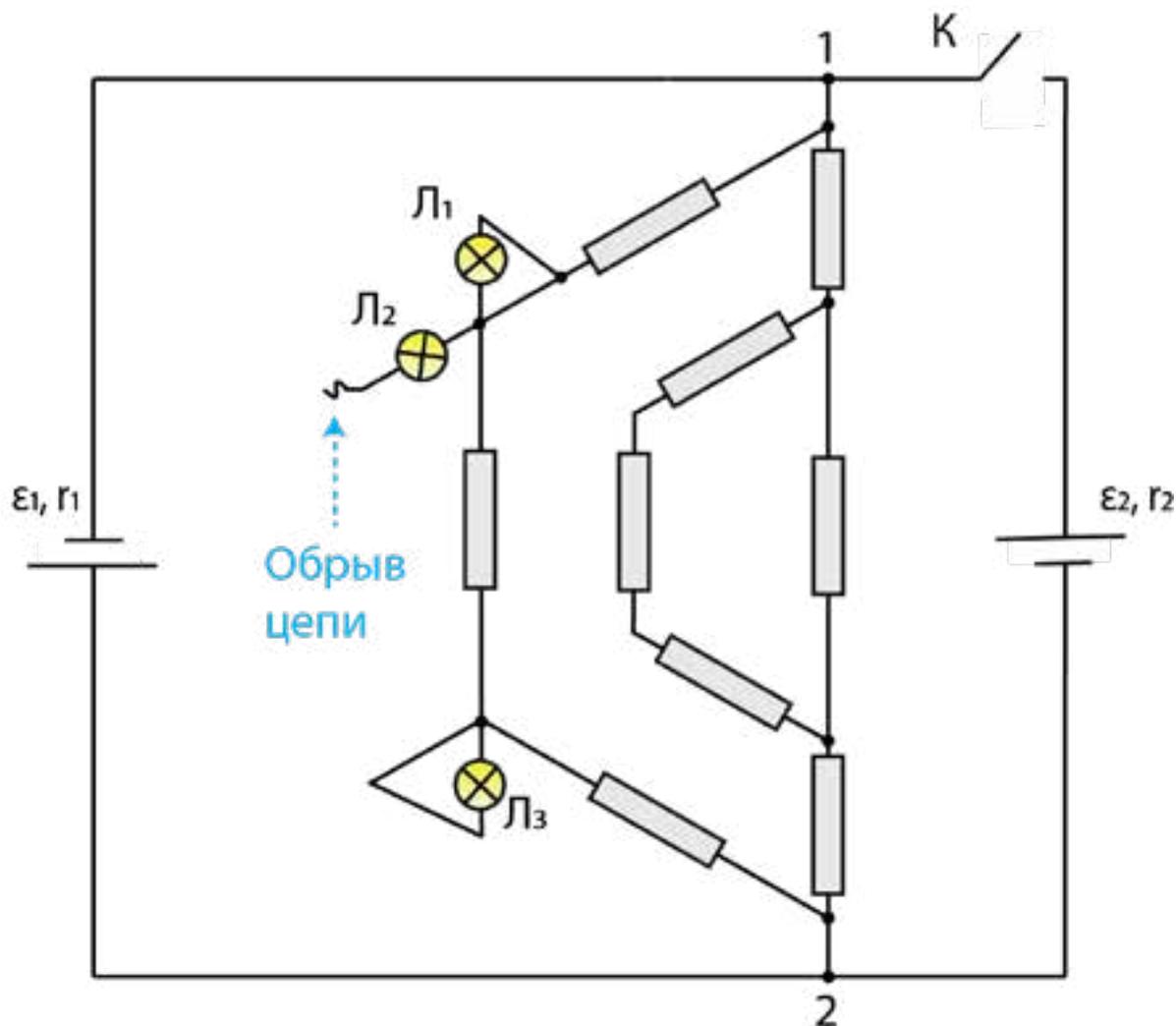
$$v_y = at \text{ м/с}$$

Ответ: не сможет (8 баллов); $0,96 \cdot 10^6 \text{ м/с}$ (7 баллов).

Задача 2.

(Максимум – 15 баллов).

Электрическая цепь, представленная на рисунке, состоит из 9 одинаковых резисторов с сопротивлением $R = 23 \text{ Ом}$, ключа К, трёх одинаковых лампочек, двух батарей: $\varepsilon_1 = 35 \text{ В}$ с внутренним сопротивлением $r_1 = 2 \text{ Ом}$ и ε_2 с внутренним сопротивлением $r_2 = 4 \text{ Ом}$. Сопротивление проводов в цепи пренебрежительно мало.



Дайте ответ в следующей форме (приведите решение):

- 1) какие лампочки будут гореть до замыкания ключа К?
- 2) ток, который будет протекать через батарею ε_1 до замыкания ключа К, равен ___ А (округлите до целых);
- 3) при замыкании ключа К выяснилось, что ток через участок 1–2 течь перестал. ЭДС ε_2 после замыкания ключа равна ___ В (округлите до целых).

Краткое решение:

Ни одна из лампочек не будет гореть, потому что L_1 и L_3 закорочены, а контур, в котором содержится L_2 , не замкнут.

$$R_{12} = \frac{33}{23}R = 33 \text{ Ом}$$

$$\varepsilon_1 = I(r_1 + R_{12})$$

$$I = \frac{\varepsilon_1}{(r_1 + R_{12})} = \frac{35}{35} \text{ А} = 1 \text{ А}$$

Рассмотрим ситуацию после замыкания ключа К. Так как ток через участок 1-2 не течет, то $I_1 - I_2 = 0$, где I_1 и I_2 токи через батареи ε_1 и ε_2 , соответственно.

$\varepsilon_1 = I_1 r_1$, $\varepsilon_2 = I_2 r_2$, следовательно

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_1 \frac{r_2}{r_1} = 70 \text{ В.}$$

Ответ: ни одна из лампочек (3 балла), 1 (А) (6 баллов), 70 (В) (6 баллов).

Задача 3

(Максимум – 15 баллов).

В некоторой информационной системе «Атакилпми» предусмотрено следующее правило, регламентирующее, каким должен быть пароль длины N : $F = A \vee (B \rightarrow C) \wedge D$, где

- Логическая переменная A проверяет условие: *в пароле присутствует хотя бы один из символов: !, \$, &, %, ?*
- Логическая переменная B проверяет условие: $N < 8$
- Логическая переменная C проверяет условие: *является ли один из символов пароля буквой, написанной в верхнем регистре*
- Логическая переменная D проверяет условие: *для каждой пары символов на позициях $(n, n + 1)$ $E_{n+1} \rightarrow F_n$, где*
 - Логическая переменная E_n проверяет условие: *является ли символ на позиции n цифрой*
 - Логическая переменная F_n проверяет условие: *является ли символ на позиции n буквой, написанной в нижнем регистре*

Пароль признается подходящим, если $F = 1$. Укажите в ответе все номера предложенных паролей, которые удовлетворяют требованиям системы (если номеров несколько, укажите их без разделителей в порядке возрастания):

1. Катя1
2. к1а2т3я
3. К1а2т3я
4. _к1а2т3я
5. Катя№123
6. Катя

Ответ: 146

Решение:

Для каждого варианта нужно вычислить значение: $((E_2 \rightarrow F_1) \wedge (E_3 \rightarrow F_2) \wedge \dots \wedge (E_N \rightarrow F_{N-1})) \wedge (B \rightarrow C) \vee A$

$$\begin{aligned} 1 - & ((E_2 \rightarrow F_1) \wedge (E_3 \rightarrow F_2) \wedge (E_4 \rightarrow F_3) \wedge (E_5 \rightarrow F_4)) \wedge (B \rightarrow C) \vee A \\ & = ((0 \rightarrow 0) \wedge (0 \rightarrow 1) \wedge (0 \rightarrow 1) \wedge (1 \rightarrow 1)) \wedge (1 \rightarrow 1) \vee 0 \\ & = 1 \wedge 1 \wedge 1 \wedge 1 \wedge 1 \vee 0 = 1 \end{aligned}$$

$$2 - (1 \wedge 1 \wedge 1 \wedge 1 \wedge 1 \wedge 1) \wedge (1 \rightarrow 0) \vee 0 = 1 \wedge 0 \vee 0 = 0$$

$$3 - (0 \wedge 1 \wedge 1 \wedge 1 \wedge 1 \wedge 1) \wedge (1 \rightarrow 1) \vee 0 = 0 \wedge 1 \vee 0 = 0$$

$$4 - (1 \wedge 1 \wedge 1 \wedge 1 \wedge 1 \wedge 1 \wedge 1) \wedge (0 \rightarrow 0) \vee 0 = 1 \wedge 1 \vee 0 = 1$$

$$5 - (1 \wedge 1 \wedge 1 \wedge 1 \wedge 0 \wedge 0 \wedge 0) \wedge (1 \rightarrow 1) \vee 0 = 0 \wedge 1 \vee 0 = 0$$

$$6 - (1 \wedge 1 \wedge 1 \wedge 1) \wedge (1 \rightarrow 1) \vee 0 = 1 \wedge 1 \vee 0 = 1$$

Задача 4

(Максимум – 15 баллов).

Чук и Гек решили открыть свой стартап в области электроники и вычислительной техники. Они разработали специальный протокол передачи данных для киберфизических систем, способных собирать и передавать значения 10 различных макропараметров окружающей среды (температура, влажность и т.д.). В разработанном протоколе передачи данных каждый символ кодируется при помощи бинарного кода минимально возможным, одинаковым количеством бит. Для генерации уникальных идентификаторов (ID) устройств используются трехсимвольные наборы, которые могут формировать комбинацию из цифр [0-9] и 26 латинских букв.

Показания датчиков киберфизических систем передаются в шестнадцатеричной системе счисления. Показания 6 датчиков кодируются трехсимвольными положительными значениями, а для 4 оставшихся датчиков четырехсимвольными положительными числовыми значениями с плавающей точкой. Для отправки значений на сервер при помощи конкатенации формируется пакет, состоящий из ID устройства и показаний всех его датчиков. Чук и Гек пообещали инвесторам, что при помощи их нового протокола данные от 16 устройств будут доставляться в центр обработки данных за 32 секунды.

Разработанный протокол передачи данных зависит как от сетевого кода, так и от программного обеспечения для микроконтроллера. В ходе тестирования разработанного протокола выяснилось, что сетевой код протокола от Чука теряет 10 пакетов из 100, а программное обеспечение для микроконтроллера от Гека позволяет доставить только 78 % пакетов.

Определите какова скорость передачи данных по разработанному протоколу с учётом обещаний инвесторам (размерность – бит/с), а также какова вероятность того, что при передаче с использованием нового протокола некоторый пакет данных будет доставлен в центр обработки данных (успешная доставка пакета в центр обработки данных подразумевает успешную передачу данных как сетевым кодом, так и программным обеспечением микроконтроллера). В ответ запишите сначала скорость передачи данных, затем вероятность успешной передачи пакета данных с разделителем в виде точки с запятой (пример: 10; 0,00001).

Ответ: 85; 0,702

Решение

Длина кода для ID: 3 символа из алфавита 10 цифр и 26 букв.

$$ID = 3 * \log_2(10 + 26) = 3 * 6 = 18 \text{ бит}$$

Для датчиков первого типа: 3 символа из алфавита 8 цифр.

$$D_{type1} = 3 * \log_2(16) = 3 * 4 = 12 \text{ бит}$$

Для датчиков второго типа: 4 символа из алфавита 10 цифр и точка.

$$D_{type2} = 4 * \log_2(16 + 1) = 4 * 5 = 20 \text{ бит}$$

Общая длина пакета:

$$ID + 6 * D_{type1} + 4 * D_{type2} = 18 + 6 * 12 + 4 * 20 = 170 \text{ бит}$$

Общая длина 16 пакетов: 2720 бит

Скорость: $2720/32 = 85$

A – пакет будет доставлен

B – пакет будет доставлен на программном уровне

C – пакет будет доставлен на аппаратном уровне

$$P(A) = P(B) * P(C)$$

$$P(B) = \frac{90}{100} = 0,9$$

$$P(C) = 0,78$$

$$P(A) = 0,9 * 0,78 = 0,702$$

Практическая часть

(Максимальное количество баллов – 40)

Задание 5

С помощью виртуальной среды на сайте tinkercad.com реализовать следующие задачи:

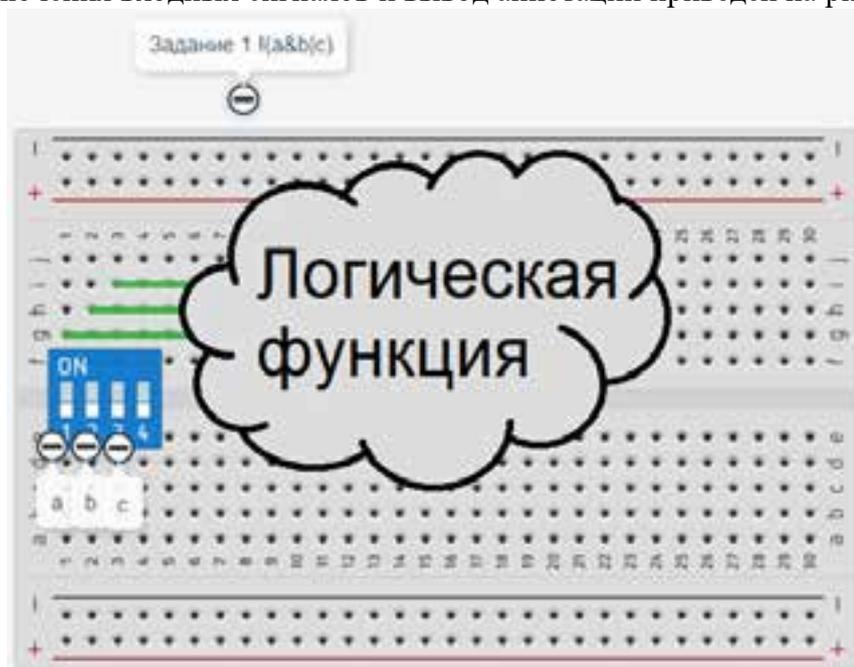
Уровень 1.

(Максимум – 10 баллов).

Упростите, приведенную ниже логическую функцию и соберите ее схему на макетной плате, используя микросхемы логики.

$$(\overline{a}vb\&c) \&(a\&\overline{b}vc) \&((\overline{a}\overline{b})vc) \vee (\overline{a}vb\&c)$$

Реализуйте все комбинации входных сигналов. Входные сигналы необходимо подавать, используя dip переключатели. Для каждого переключателя добавьте в виде аннотации название переменной, за которую он отвечает. В аннотации к схеме напишите результат упрощения функции, используя следующие обозначения: инверсия «!», конъюнкция «&», дизъюнкция «|». Выходные сигналы схемы подключите к светодиодам. Пример подключения входных сигналов и вывод аннотации приведен на рисунке:



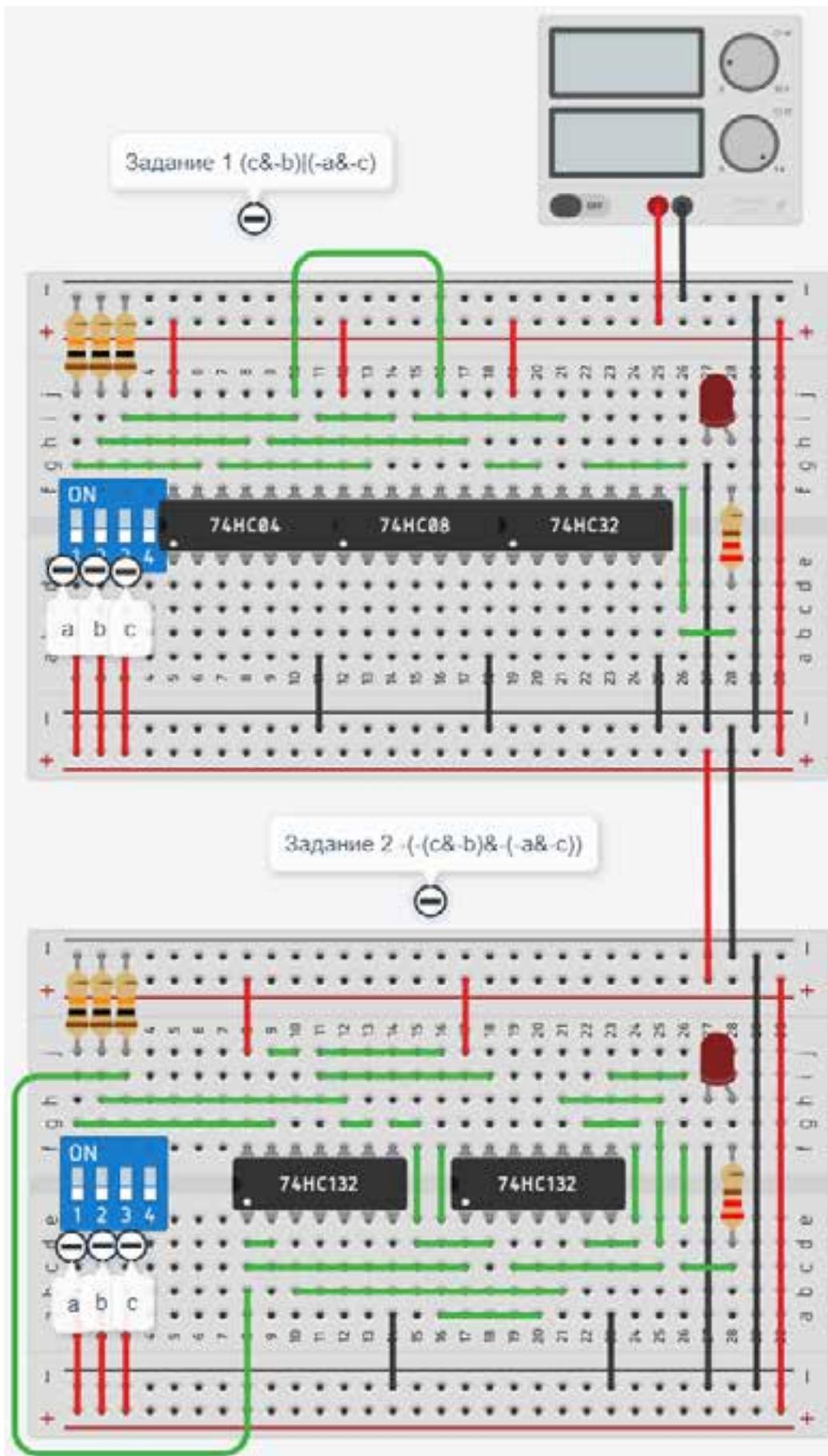
Уровень 2.

(Максимум – 10 баллов).

Не изменяя схему, созданную в первой части задания, преобразуйте упрощенную логическую функцию в базис И-НЕ и соберите ее на новой макетной плате.

Реализуйте все комбинации входных сигналов. В аннотации к схеме напишите результат изменения упрощенной функции в базис И-НЕ. Пример подключения входных и выходных сигналов аналогичен первой части задания.

Решение:



Задание 6

С помощью виртуальной среды на сайте tinkercad.com и эмулятора Arduino реализовать следующие задачи:

Уровень 1.

(Максимум – 10 баллов).

Дано 3 кнопки и 4 светодиода. Изначально все светодиоды должны быть выключены. При нажатии на первую кнопку, реализовать мигание первого и второго светодиода с частотой 2 Гц. При нажатии на вторую кнопку, реализовать мигание третьего и четвертого светодиода с частотой 2,7 Гц. При нажатии на третью кнопку реализовать одновременное мигание светодиодов с указанными ранее частотами. Когда кнопки отпущены - соответствующие светодиоды должны быть выключены.

Уровень 2.

(Максимум – 10 баллов).

В схему, созданную в задании 1, необходимо дополнительно подключить 1 кнопку, 1 пьезоэлемент и 1 ультразвуковой датчик HC-SR04. При нажатии на четвертую кнопку, реализовать одновременное мигание светодиодов с заданными частотами, к которым добавляется получаемое значение от датчика расстояния в сантиметрах. На пьезоэлемент выводить звуковую частоту, равную произведению суммы частот мигания каждой пары (первый-второй, третий-четвертый) светодиодов и константы равной 200.

**Изображения элементов, используемых в задании, приведены на рисунке:*



Решение:

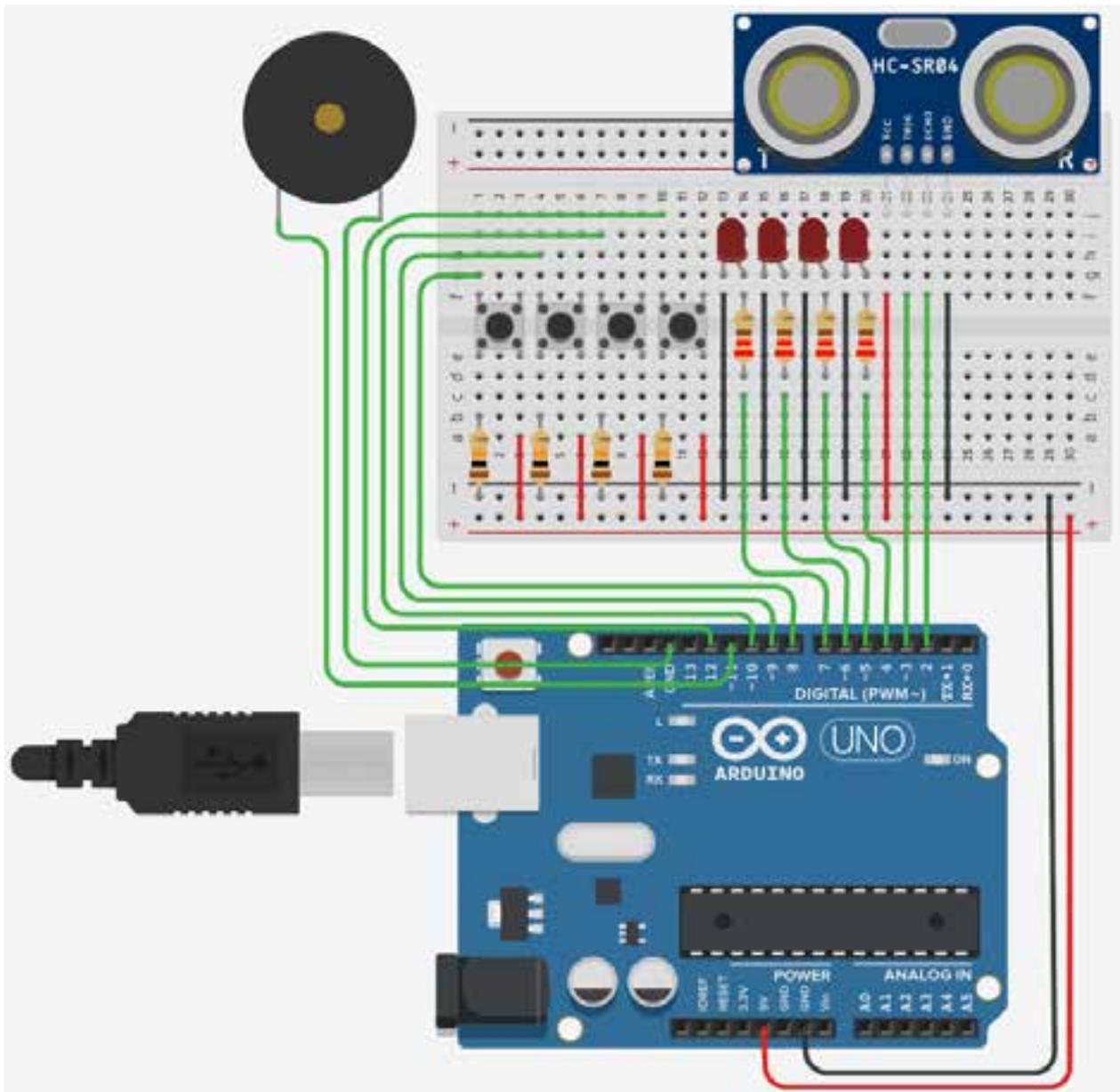


Схема подключения

```

int btn[4] = {8, 9, 10, 12};
int led[4] = {7, 6, 5, 4};
int trig = 3;
int echo = 2;
int buzzer = 11;

bool led_1_2_state;
bool led_3_4_state;
int sens_data;
unsigned long timer_1;
unsigned long timer_2;

long readSensData(int trig, int echo)
{
    digitalWrite(trig, LOW);
    delayMicroseconds(2);

```

```

digitalWrite(trig, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trig, LOW);
return pulseIn(echo, HIGH);
}

void led_blink(int delay_1, int delay_2)
{
  if(millis()-timer_1 >= delay_1)
  {
    led_1_2_state = !led_1_2_state;
    digitalWrite(led[0], led_1_2_state);
    digitalWrite(led[1], led_1_2_state);
    timer_1 = millis();
  }
  if(millis()-timer_2 >= delay_2)
  {
    led_3_4_state = !led_3_4_state;
    digitalWrite(led[2], led_3_4_state);
    digitalWrite(led[3], led_3_4_state);
    timer_2 = millis();
  }
}

void setup()
{
  for(int i = 0; i < 4; i++)
  {
    pinMode(btn[i], INPUT);
  }
  for(int i = 0; i < 4; i++)
  {
    pinMode(led[i], OUTPUT);
  }
  pinMode(trig, OUTPUT);
  pinMode(echo, INPUT);
  pinMode(buzzer, OUTPUT);
}

void loop()
{
  if(digitalRead(btn[0]) == HIGH)
  {
    led_1_2_state = !led_1_2_state;
    digitalWrite(led[0], led_1_2_state);
    digitalWrite(led[1], led_1_2_state);
    delay(250);
  }
  else if(digitalRead(btn[1]) == HIGH)
  {

```

```

led_3_4_state = !led_3_4_state;
digitalWrite(led[2], led_3_4_state);
digitalWrite(led[3], led_3_4_state);
delay(180);
}
else if(digitalRead(btn[2]) == HIGH)
{
    led_blink(250, 180);
}
else if(digitalRead(btn[3]) == HIGH)
{
    sens_data = 0.01723 * readSensData(trig, echo);
    int delay_1 = 250 + sens_data / 2;
    int delay_2 = 180 + sens_data / 2;
    led_blink(delay_1, delay_2);
    int tone_signal = delay_1 + delay_2;
    tone(buzzer, tone_signal);
}
else
{
    led_1_2_state = false;
    led_3_4_state = false;
    for(int i = 0; i < 4; i++)
    {
        digitalWrite(led[i], LOW);
    }
    noTone(buzzer);
}
}

```

Профиль «Инженерные науки». Решения. 9 класс. 2021-2022 учебный год
2021-2022 учебный год
Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба», 2 этап,
профиль «Инженерные науки», 9 класс

Задача 1.

Для эксперимента учёные разгоняют протон внутри ускорителя до скорости 10 км/с за период 1 мкс.

Масса протона $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг, заряд электрона $q_p = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

а) Определить величину напряжённости поля, которое нужно приложить к данному протону, чтобы достичь данной цели, если его начальная скорость была равна нулю? Ответ записать в вольтах на метр.

Во второй части эксперимента после того, как протон достиг скорости 10 км/с, знак поля меняется на противоположный, после чего под его действием он летит ещё 0,8 мкс.

б) Чему будет равна его скорость после этого? Ответ записать в километрах в секунду.

в) Чему будет равняться суммарный путь, пройденный протоном за время выполнения эксперимента? Ответ записать в миллиметрах.

Для обоснования ответа приведите необходимые выражения, вычисления, рисунки.

Баллы: 5 / 5 / 5

Ответ а: 104,375 В/м

```
clear
qp=1.6e-19;
mp=1.67e-27;
v=10e3;
t=1e-6;
a=v/t; %Ускорение протона
E=a*mp/qp %Найдём электрическое поле, используя второй закон Ньютона
и формулу для силы Кулона
```

$E = 104.3750$

Ответ б: 2 км/с

```
t2=0.8e-6;
v2=v-a*t2 %Запишем уравнение движения, учитывая, что ускорение
отрицательно
```

$v_2 = 2000$

Ответ в: 9,8 мм

```
s1=(a*t^2)/2; %Путь за первую часть пути  
s2=v*t2-(a*t2^2)/2; %Путь за вторую часть пути  
s=s1+s2 %Суммарный путь
```

$$s = 0.0098$$

Пункт а):

0 – задание не выполнено.

1 – приведены формулы, необходимые для решения, но решение не выполнено.

2-3 – принцип решения верен, но допущены ошибки.

4 – алгоритм решения верен, но результат получен неверно.

5 – решение полностью верно.

Пункт б):

0 – задание не выполнено.

1 – приведены формулы, необходимые для решения, но решение не выполнено.

2-3 – принцип решения верен, но допущены ошибки.

4 – алгоритм решения верен, но результат получен неверно.

5 – решение полностью верно.

Пункт в):

0 – задание не выполнено.

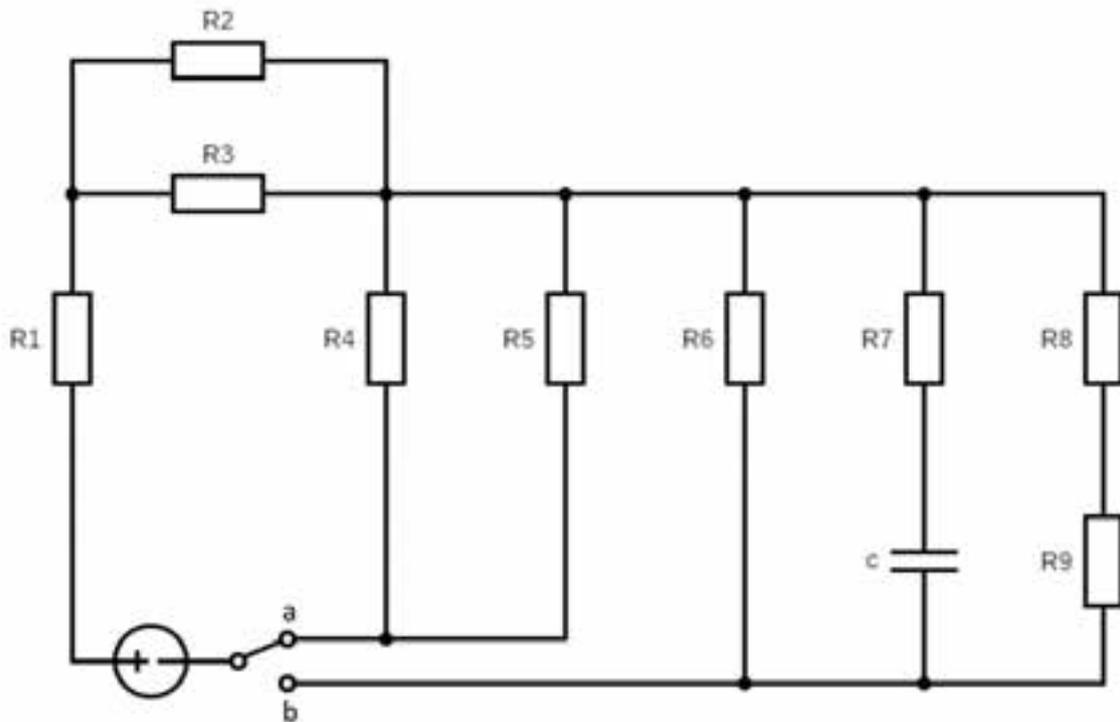
1 – приведены формулы, необходимые для решения, но решение не выполнено.

2-3 – принцип решения верен, но допущены ошибки.

4 – алгоритм решения верен, но результат получен неверно.

5 – решение полностью верно.

Задача 2.



Дана схема; все элементы идеальны. Известны номиналы сопротивлений:

$R_1 = 80 \text{ Ом}$, $R_2 = 260 \text{ Ом}$, $R_3 = 180 \text{ Ом}$, $R_4 = 160 \text{ Ом}$, $R_5 = 120 \text{ Ом}$, $R_6 = 320 \text{ Ом}$, $R_7 = 220 \text{ Ом}$, $R_8 = 430 \text{ Ом}$, $R_9 = 450 \text{ Ом}$, и емкости $C = 2 \text{ нФ}$. Известно напряжение на R_4 : 6 В .

Найдите:

- 1) Сопротивление цепи относительно зажимов источника, когда ключ находится в положении “а”: R_a
- 2) Сопротивление цепи относительно зажимов источника, когда ключ находится в положении “b”: R_b
- 3) Напряжение источника питания E
- 4) Заряд на конденсаторе: Q_c
- 5) Разницу тока на резисторе R_1 для двух случаев: когда ключ находится в положении “а” и в положении “b”: ΔI_1 (по модулю)

Для обоснования ответа приведите необходимые выражения, вычисления, рисунки.

Ответы:

$$R_a = 255 \text{ Ом} (36)$$

$$R_b = 421 \text{ Ом} (36)$$

$$E = 22.3 \text{ В} (36)$$

$$Q_c = 25 \text{ нКл} (36)$$

$$\Delta I_1 = 35 \text{ мА} (36)$$

Решение

Дано 12 9кл 1

$$R_1 = 80$$

$$R_2 = 260$$

$$R_3 = 180$$

$$R_4 = 160$$

$$R_5 = 120$$

$$R_6 = 320$$

$$R_7 = 220$$

$$R_8 = 430$$

$$R_9 = 450$$

$$c = 2 \cdot 10^{-9}$$

$$U_{R4} = 6$$

Решение

$$R_a = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} + \frac{R_4 \cdot R_5}{R_4 + R_5} = 254.935$$

$$R_b = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} + \frac{R_6 \cdot (R_8 + R_9)}{R_6 + (R_8 + R_9)} = 421.03$$

$$I_a = \frac{U_{R4}}{R_4} + \frac{U_{R4}}{R_5} = 0.088$$

$$E = I_a \cdot R_a = 22.307$$

$$I_b = \frac{E}{R_b} = 0.053$$

$$U_c = I_b \cdot \frac{R_6 \cdot (R_8 + R_9)}{R_6 + (R_8 + R_9)} = 12.433$$

$$q_c = c \cdot U_c = 2.487 \times 10^{-8}$$

$$\Delta I_1 = |I_a - I_b| = 0.035$$

Критерий	Балл
Верно найдено решение и численный ответ для R_a	3
Верно или с незначительными недочетами найдено решение для R_a	2
В работе присутствуют значительные ошибки, приведены формулы, необходимые для нахождения решения R_a	1
Не приведено решение или решение неверное для R_a	0
Верно найдено решение и численный ответ для R_b	3
Верно или с незначительными недочетами найдено решение для R_b	2
В работе присутствуют значительные ошибки, приведены формулы, необходимые для нахождения решения R_b	1
Не приведено решение или решение неверное для R_b	0
Верно найдено решение и численный ответ для E	3
Верно или с незначительными недочетами найдено решение для E	2
В работе присутствуют значительные ошибки, приведены формулы, необходимые для нахождения решения E	1
Не приведено решение или решение неверное для E	0
Верно найдено решение и численный ответ для q_c	3
Верно или с незначительными недочетами найдено решение для q_c	2
В работе присутствуют значительные ошибки, приведены формулы, необходимые для нахождения решения q_c	1
Не приведено решение или решение неверное для q_c	0
Верно найдено решение и численный ответ для ΔI	3
Верно или с незначительными недочетами найдено решение для ΔI	2
В работе присутствуют значительные ошибки, приведены формулы, необходимые для нахождения решения ΔI	1
Не приведено решение или решение неверное для ΔI	0

Задача 3.

Один инновационный центр получил заказ на разработку защищенного вычислительного устройства, работающего на восьмеричной логике и 64-разрядных процессорах. К сожалению, на разработку подобной конфигурации не было времени, поэтому были выбраны процессоры с 6 разрядами. Для обозначения специальных криптографических команд решили использовать команды с цифрой 7 в старшем разряде. В зависимости от количества оставшихся разрядов определяется уровень доверия.

Определите, сколько всего уровней доверия будет при текущей конфигурации (команда, состоящая только из одного разряда со значением 7, не входит в расчет), а также отрезки диапазонов уровней доверия. Подробно аргументируйте свое решение.

Решение

$$8^6 = 262144$$

Определим, сколько всего диапазонов начинается с цифры 7

$$\left(\begin{array}{l} 70_8 = 56_{10} \\ 77_8 = 63_{10} \end{array} \right)$$

$$\left(\begin{array}{l} 700_8 = 448_{10} \\ 777_8 = 511_{10} \end{array} \right)$$

$$\left(\begin{array}{l} 7000_8 = 3584_{10} \\ 7777_8 = 4095_{10} \end{array} \right)$$

$$\left(\begin{array}{l} 70000_8 = 28672_{10} \\ 77777_8 = 32767_{10} \end{array} \right)$$

$$\left(\begin{array}{l} 700000_8 = 229376_{10} \\ 777777_8 = 262143_{10} \end{array} \right)$$

$7000000_8 = 1835008_{10}$ – уже не подходит.

Итого 5 диапазонов.

Ответ: 5; $[56; 63] \cup [448; 511] \cup [3584; 4095] \cup [28672; 32767] \cup [229376; 262143]$

Критерии

Решение полное и содержит все выкладки и комментарии, необходимые для понимания хода решения. Прокомментирована допустимость опущенных вычислений – полный балл.

Штрафуются:

- Отсутствие вычисленных диапазонов
- Опущение объяснения или недостаточное объяснение количества диапазонов
- Неверно определенные диапазоны
- Опущение промежуточных значений диапазонов
- Неверная запись ответа
- Границы диапазонов не переведены в десятичную систему счисления

Задача 4.

Максим организует закрытый аукцион второй цены для продажи 90 единиц товара. Как профессиональный аукционист-программист, он предлагает покупателям в конвертах указать желаемую цену за одну единицу товара в произвольной системе счисления, но основание не должно превышать 10.

Ставку сделать можно только один раз; победит покупатель, предложивший максимальную цену, но заплатит он за товар цену, равную второй по величине ставке.

Максим занёс информацию о цене из конвертов в таблицу, но не указал основания систем счисления.

№ покупателя	1	2	3	4
Цена за ед. товара	38	58	47	74

По итогам аукциона победитель заплатил всего 4770_{10} за весь товар.

Определите номер победившего покупателя и основание системы счисления второй по величине ставки. Подробно аргументируйте свое решение.

Ответ: Номер покупателя – 4, основание системы счисления – 9.

Решение:

Заметим, что при любом основании победит покупатель 4, за ним будет следовать 2, после – покупатель 3.

Покупатель 2 готов заплатить (мы не знаем) либо $58_9 = 53_{10}$, либо 58_{10} .

Покупатель 3 готов заплатить не больше 47_{10} , а может даже меньше.

Победил покупатель 4, но заплатил он по цене, предлагаемой покупателем 2; $4770/90 = 53_{10}$, значит имела место девятеричная сс.

Критерии:

Решение полное и содержит все выкладки и комментарии, необходимые для понимания хода решения. Прокомментирована допустимость опущенных вычислений – полный балл.

Штрафуются:

- Опускание объяснения или недостаточное объяснение выводов
- Неверно ответы на вопросы

- Неверная запись ответа (вычислительная ошибка или невнимательность)

Практическая часть

Для заданий практической части, в среде tinkercad реализуйте схему подключения электрических компонентов и код для Arduino.

Задание 5

Для заданий практической части, в среде tinkercad.com реализуйте схему подключения электрических компонентов и код для Arduino.

Уровень 1

Даны плата Arduino, 2 кнопки, 2 светодиода, резисторы номиналом 220 Ом и 10 кОм. Разработайте электрическую схему соединения компонентов и реализуйте следующий функционал:

1. Когда не нажата ни одна кнопка, должен гореть первый светодиод.
2. При включении только первой кнопки должен гореть только второй светодиод.
3. При включении только второй кнопки все светодиоды должны быть выключены.
4. При одновременном нажатии двух кнопок, все светодиоды должны мигать с частотой 2 раза в секунду.

Уровень 2

В схему, созданную в первой части, необходимо добавить 2 потенциометра. С помощью первого потенциометра необходимо реализовать управление яркостью включения светодиодов.

Для первого светодиода при увеличении значения на первом потенциометре светодиод должен гореть тусклее от самого яркого состояния до полностью выключенного.

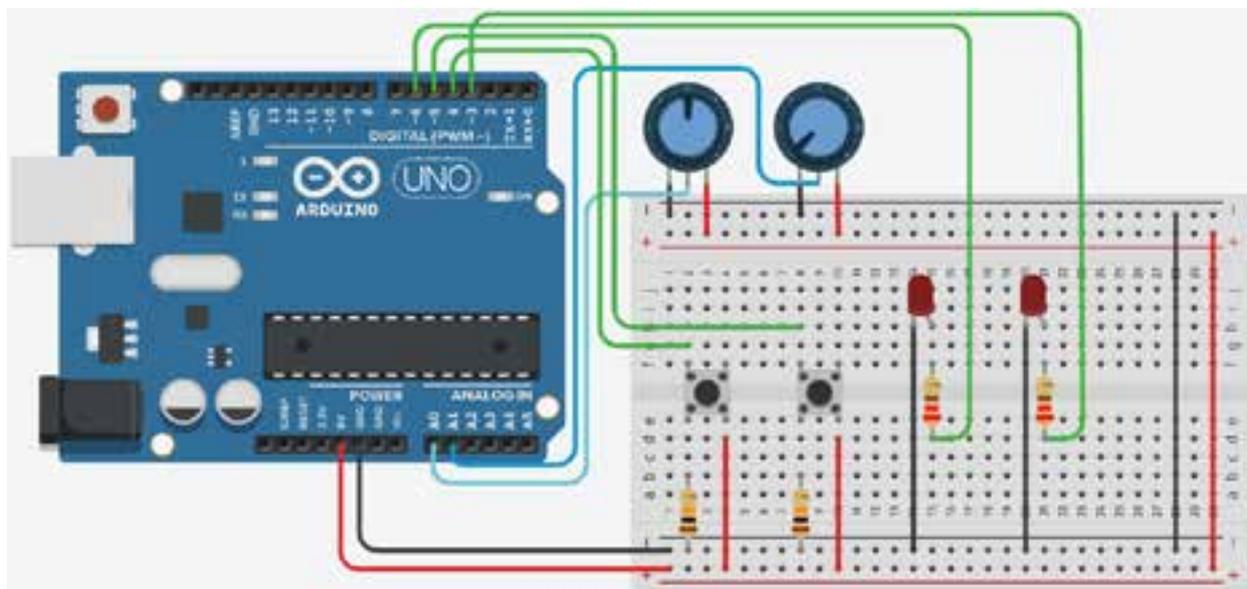
Для второго светодиода при увеличении значения первого потенциометра светодиод должен гореть ярче от выключенного состояния до самого яркого.

Второй потенциометр должен управлять частотой мигания светодиодов – каждое увеличение значение потенциометра на 100 единиц увеличивает частоту мигания на 1 раз в секунду. При уменьшении значения на втором потенциометре частота мигания соответственно должна уменьшаться на 1 раз в секунду.

В текстовое поле ниже впишите свой логин в системе tinkercad.com

Вариант решения задания

Схема соединения



Код программы

```

1  int led_1 = 6;
2  int led_2 = 3;
3  int btn_1 = 4;
4  int btn_2 = 5;
5  int sens_1 = A0;
6  int sens_2 = A1;
7
8  int btn_data_1 = 0;
9  int btn_data_2 = 0;
10 int sens_data_1 = 0;
11 int sens_data_2 = 0;
12
13 int blink_cnt = 2;
14 int delay_time;
15
16 void setup()
17 {
18   pinMode(led_1, OUTPUT);
19   pinMode(led_2, OUTPUT);
20   pinMode(btn_1, INPUT);
21   pinMode(btn_2, INPUT);
22   pinMode(sens_1, INPUT);
23   pinMode(sens_2, INPUT);
24 }
25
26 void loop()
27 {
28   btn_data_1 = digitalRead(btn_1);
29   btn_data_2 = digitalRead(btn_2);
30   sens_data_1 = analogRead(sens_1);
31   sens_data_2 = analogRead(sens_2);
32   sens_data_1 = map(sens_data_1, 0, 1023, 0, 255);
33   sens_data_2 = map(sens_data_2, 0, 1023, 0, 10);
34
35   if(btn_data_1 == 0 && btn_data_2 == 0)
36   {
37     analogWrite(led_1, 255-sens_data_1);
38     analogWrite(led_2, LOW);
39   }
40   else if(btn_data_1 == 1 && btn_data_2 == 0)
41   {
42     analogWrite(led_1, LOW);
43     analogWrite(led_2, sens_data_1);
44   }
45   else if(btn_data_1 == 0 && btn_data_2 == 1)
46   {
47     analogWrite(led_1, LOW);
48     analogWrite(led_2, LOW);
49   }
50   else if(btn_data_1 == 1 && btn_data_2 == 1)
51   {
52     blink_cnt = 2 + sens_data_2;
53     delay_time = 1000/(blink_cnt*2);
54
55     analogWrite(led_1, 255-sens_data_1);
56     analogWrite(led_2, sens_data_1);
57     delay(delay_time);
58     analogWrite(led_1, LOW);
59     analogWrite(led_2, LOW);
60     delay(delay_time);
61   }
62 }

```

КРИТЕРИЙ ОЦЕНИВАНИЯ	БАЛЛЫ/ШТРАФЫ
Для уровня задания добавлены все необходимые для выполнения компоненты	+2
Для уровня задания все необходимые компоненты соединены корректно	+3
Для уровня задания корректно обрабатываются данные от компонентов	+2
Для уровня задания реализован требуемый алгоритм	+3
Для задания в целом аккуратно собрана схема	+1
Для задания в целом аккуратно написан код (именование переменных, выделение функций)	+1
Не использованы готовые примеры при решении задания	+1
Оригинальное решение (как пример использование драйвера моторов)	+1
Общие мелкие недочеты при создании схемы (некорректно подключены некоторые из датчиков)	-1-3
Не аккуратная схема подключения	-1
Не читаемый код	-1
Общие мелкие недочеты в коде (не все показания компонентов корректно обработаны)	-1-3
Для уровней 6-го задания не оформлен ответ в виде примечания	-1-2
Для уровней 6-го задания в ответе нет указания единиц полученного значения	-1
Не компилируется код	-1
Код задания написан на языке Scratch	-3
Заимствование чужой работы	-20

Задание 6

Уровень 1

Даны плата Arduino, 1 RGB светодиод, резисторы номиналом 220 Ом и мультиметр. Мультиметр необходимо настроить на измерение тока и подключить его между выводом светодиода, отвечающий за красный цвет светодиода и его резистором.

При каком значении тока светодиод будет гореть белым цветом с 4/5 от своей максимальной яркости? Ответ запишите с использованием инструмента «Примечание» в tinkercad, ответ округлите до десятых. Текст примечания должен содержать следующий текст: «Задание 6, уровень 1, ответ ...», где вместо многоточия необходимо написать показание мультиметра с указанием размерности значения.

Уровень 2

В схему, созданную в первой части, необходимо добавить компонент микросхему 74НС08 и две кнопки. Компонент 74НС08 необходимо подключить к Arduino, как показано на рисунке:

Дополнительно на входы 1А и 1В микросхемы необходимо подключить кнопки и резисторы номиналом 10 кОм. В коде программы реализовать следующий алгоритм: при высоком уровне на выводе 12 Arduino, подавать на зеленый вывод RGB светодиода значение 255, в противном случае оставить исходное подаваемое на зеленый вывод RGB светодиода значение.

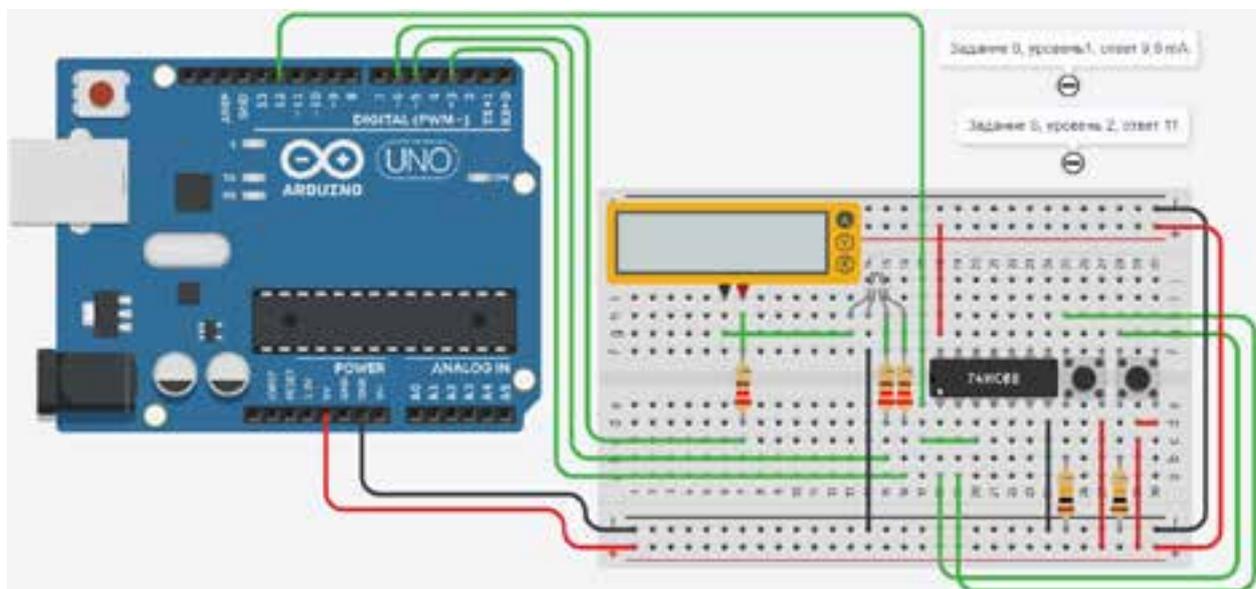
При какой комбинации кнопок цвет RGB светодиода изменится? Обоснуйте полученное решение путем реализации полного подключения схемы и разработки алгоритма.

Ответ запишите с использованием инструмента «Примечание» в tinkercad. В ответ запишите последовательно состояния кнопок, подключенных к выводам 1А и 1В микросхемы. Состояния кнопок записываются в следующем виде: 0 – выключена, 1 – включена. Текст примечания должен содержать следующий текст: «Задание 6, уровень 2, ответ ...», где вместо многоточия необходимо указать получившееся значение.

В текстовое поле ниже впишите свой логин в системе tinkercad.com

Вариант решения задания

Схема соединения



Код программы

```

1  int rgb_r = 6;
2  int rgb_g = 3;
3  int rgb_b = 5;
4  int logic_pin = 12;
5
6  int rgb_light_level = 255/5*4;
7  int pin_data = 0;
8
9  void setup()
10 {
11   pinMode(rgb_r, OUTPUT);
12   pinMode(rgb_g, OUTPUT);
13   pinMode(rgb_b, OUTPUT);
14   pinMode(logic_pin, INPUT);
15 }
16
17 void loop()
18 {
19   pin_data = digitalRead(logic_pin);
20
21   analogWrite(rgb_r, rgb_light_level);
22   analogWrite(rgb_g, rgb_light_level);
23   analogWrite(rgb_b, rgb_light_level);
24
25   if(pin_data == 1)
26   {
27     analogWrite(rgb_g, 255);
28   }
29 }

```

КРИТЕРИЙ ОЦЕНИВАНИЯ	БАЛЛЫ/ШТРАФЫ
Для уровня задания добавлены все необходимые для выполнения компоненты	+2
Для уровня задания все необходимые компоненты соединены корректно	+3
Для уровня задания корректно обрабатываются данные от компонентов	+2
Для уровня задания реализован требуемый алгоритм	+3
Для задания в целом аккуратно собрана схема	+1
Для задания в целом аккуратно написан код (именование переменных, выделение функций)	+1
Не использованы готовые примеры при решении задания	+1
Оригинальное решение (как пример использование драйвера моторов)	+1
Общие мелкие недочеты при создании схемы (некорректно подключены некоторые из датчиков)	-1-3
Не аккуратная схема подключения	-1

Не читаемый код	-1
Общие мелкие недочеты в коде (не все показания компонентов корректно обработаны)	-1-3
Для уровней 6-го задания не оформлен ответ в виде примечания	-1-2
Для уровней 6-го задания в ответе нет указания единиц полученного значения	-1
Не компилируется код	-1
Код задания написан на языке Scratch	-3
Заимствование чужой работы	-20

2021-2022 учебный год

Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба», 2 этап,
профиль «Инженерные науки», 10 класс

Задача 1.

Электрон, двигавшись равномерно со скоростью 2000 км/с, влетает в плоский воздушный конденсатор параллельно его пластинам. Длина пластин конденсатора равна 2 мм; между его обкладками действует электрическое поле величиной 100 В/м. Когда электрон долетает до середины пластин конденсатора, конденсатор мгновенно поворачивается на 45 градусов вокруг оси, вдоль которой летел электрон до воздействия поля конденсатора.

Масса электрона $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, заряд электрона $q_e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

а) *Найти, насколько электрон отклонился от своей изначальной траектории движения к моменту поворота конденсатора. Отклонение рассчитывать в направлении, перпендикулярном пластинам. Ответ записать в миллиметрах.*

б) *Найти дополнительное отклонение, совершённое под действием поля после поворота конденсатора. Отклонение рассчитывать в направлении, перпендикулярном новому положению пластин. Ответ записать в миллиметрах.*

в) *Найти проекцию скорости электрона в направлении, перпендикулярном новому положению пластин, в момент вылета электрона за пределы конденсатора.*

Для обоснования ответа приведите необходимые выражения, вычисления, рисунки.

Баллы: 5 / 5 / 5

Ответ а: 2,2 мм

```
clear
qe=1.6e-19;
me=9.1e-34;
d=0.002;
v=2000e3;
E=100;
d1=d/2;
t=d1/v;
a=E*qe/me; %Ускорение электрона
v1=a*t;
x1=(a*t^2)/2 %Уравнение движения
```

$x1 = 0.0022$

Ответ б: 5,3 мм

```
v2=v1*cosd(45); %Проекция скорости, приобретённой на предыдущем  
отрезке пути  
x2=v2*t+(a*t^2)/2 %Уравнение движения
```

$$x2 = 0.0053$$

Ответ в: 15008 км/с

```
v3=v2+a*t %Скорость из уравнения движения
```

$$v3 = 1.5008e+07$$

10 класс

Пункт а):

0 – задание не выполнено.

1 – приведены формулы, необходимые для решения, но решение не выполнено.

2-3 – принцип решения верен, но допущены ошибки.

4 – алгоритм решения верен, но результат получен неверно.

5 – решение полностью верно.

Пункт б):

0 – задание не выполнено.

1 – приведены формулы, необходимые для решения, но решение не выполнено.

2-3 – принцип решения верен, но допущены ошибки.

4 – алгоритм решения верен, но результат получен неверно.

5 – решение полностью верно.

Пункт в):

0 – задание не выполнено.

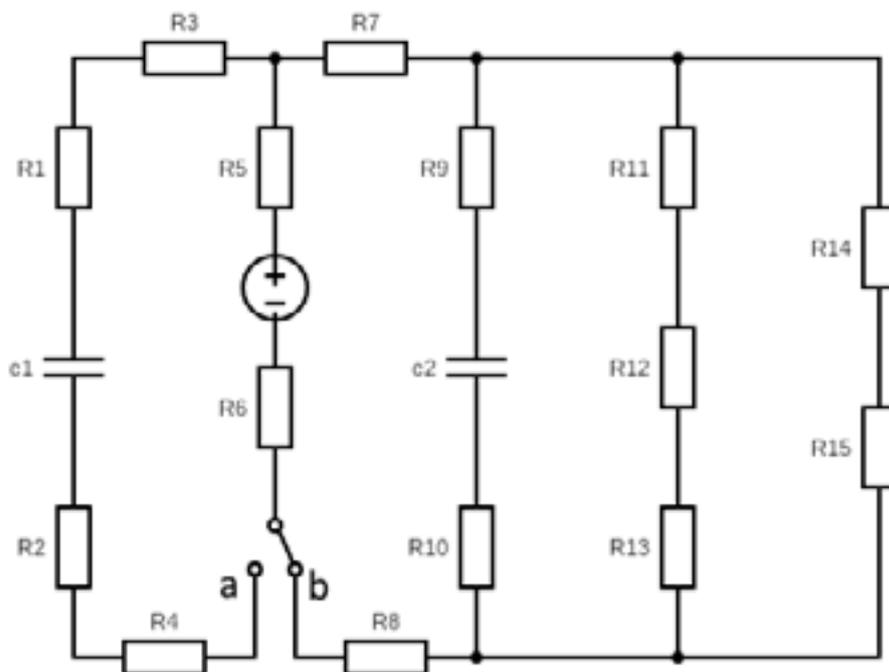
1 – приведены формулы, необходимые для решения, но решение не выполнено.

2-3 – принцип решения верен, но допущены ошибки.

4 – алгоритм решения верен, но результат получен неверно.

5 – решение полностью верно.

Задача 2.



Дана схема; все элементы идеальны. Известны номиналы сопротивлений:

$R_1 = 80 \text{ Ом}$, $R_2 = 170 \text{ Ом}$, $R_3 = 180 \text{ Ом}$, $R_4 = 160 \text{ Ом}$, $R_5 = 100 \text{ Ом}$, $R_6 = 120 \text{ Ом}$, $R_7 = 220 \text{ Ом}$, $R_8 = 400 \text{ Ом}$, $R_9 = 450 \text{ Ом}$, $R_{10} = 480 \text{ Ом}$, $R_{11} = 260 \text{ Ом}$, $R_{12} = 180 \text{ Ом}$, $R_{13} = 160 \text{ Ом}$, $R_{14} = 140 \text{ Ом}$, $R_{15} = 320 \text{ Ом}$, и емкостей $C_1 = 2 \text{ нФ}$, $C_2 = 6 \text{ нФ}$. Известен заряд на конденсаторе c_1 , когда ключ замкнут в положении “а”: $Q_{c1} = 24 \text{ нКл}$

Найдите:

- 1) Сопротивление цепи относительно зажимов источника, когда ключ находится в положении “а”: R_a
- 2) Сопротивление цепи относительно зажимов источника, когда ключ находится в положении “б”: R_b
- 3) Напряжение источника питания E
- 4) Заряд на конденсаторе c_2 : Q_{c2}
- 5) Ток на резисторе R_{11} : I_{r11}

Для обоснования ответа приведите необходимые выражения, вычисления, рисунки.

Ответы

$$R_a = \infty \text{ Ом (3б)}$$

$$R_b = 1.1 \text{ кОм (3б)}$$

$$E = 12 \text{ В (3б)}$$

$$Q_{c2} = 17 \text{ нКл (3б)}$$

$$I_{r11} = 4,7 \text{ мА (3б)}$$

Решение

Дано 12 10кл 1

$R_1 := 80$	$R_{10} := 480$
$R_2 := 170$	$R_{11} := 260$
$R_3 := 180$	$R_{12} := 180$
$R_4 := 160$	$R_{13} := 160$
$R_5 := 100$	$R_{14} := 140$
$R_6 := 120$	$R_{15} := 320$
$R_7 := 220$	
$R_8 := 400$	
$R_9 := 450$	

$c_1 := 2 \cdot 10^{-9}$
 $c_2 := 6 \cdot 10^{-9}$
 $q_1 := 24 \cdot 10^{-9}$

Решение

$$R_a := \infty$$

$$R_b := R_5 + R_6 + R_7 + R_8 + \frac{(R_{11} + R_{12} + R_{13}) \cdot (R_{14} + R_{15})}{(R_{11} + R_{12} + R_{13}) + (R_{14} + R_{15})} = 1.1 \times 10^3$$

$$E := \frac{q_1}{c_1} = 12$$

$$I_b := \frac{E}{R_b} = 0.011$$

$$U_{c2} := I_b \cdot \frac{(R_{11} + R_{12} + R_{13}) \cdot (R_{14} + R_{15})}{(R_{11} + R_{12} + R_{13}) + (R_{14} + R_{15})} = 2.84$$

$$q_2 := c_2 \cdot U_{c2} = 1.704 \times 10^{-8}$$

$$I_{R11} := I_b \cdot \frac{(R_{14} + R_{15})}{(R_{11} + R_{12} + R_{13}) + (R_{14} + R_{15})} = 4.733 \times 10^{-3}$$

Профиль «Инженерные науки». Решения. 10 класс. 2021-2022 учебный год

Критерий	Балл
Верно найдено решение и численный ответ для Ra	3
Верно или с незначительными недочетами найдено решение для Ra	2
В работе присутствуют значительные ошибки, приведены формулы, необходимые для нахождения решения Ra	1
Не приведено решение или решение неверное для Ra	0
Верно найдено решение и численный ответ для Rb	3
Верно или с незначительными недочетами найдено решение для Rb	2
В работе присутствуют значительные ошибки, приведены формулы, необходимые для нахождения решения Rb	1
Не приведено решение или решение неверное для Rb	0
Верно найдено решение и численный ответ для E	3
Верно или с незначительными недочетами найдено решение для E	2
В работе присутствуют значительные ошибки, приведены формулы, необходимые для нахождения решения E	1
Не приведено решение или решение неверное для E	0
Верно найдено решение и численный ответ для $qс2$	3
Верно или с незначительными недочетами найдено решение для $qс2$	2
В работе присутствуют значительные ошибки, приведены формулы, необходимые для нахождения решения $qс2$	1
Не приведено решение или решение неверное для $qс2$	0
Верно найдено решение и численный ответ для I11	3
Верно или с незначительными недочетами найдено решение для I11	2
В работе присутствуют значительные ошибки, приведены формулы, необходимые для нахождения решения I11	1
Не приведено решение или решение неверное для I11	0

Задача 3.

Кощей Бессмертный пересчитывает свои богатства, у каждого сокровища есть свой номерной знак, который выражается натуральным числом от 1 и до N, но на предмете он записан в троичной системе счисления. Перепись сокровищ Кощей ведет следующим образом, он записывает все номера предметов из сокровищницы по порядку в одну строку без пробелов:

Номер предмета в десятичной системе счисления	Номер предмета в троичной системе счисления	Запись Кощей
1	1	1
2	2	12
3	10	1210
4	11	121011
...		
2186	2222222	121011...2222222

Проверку правильности подсчета сокровищ Кощей осуществляет следующим образом:

1. Он знает, что в 2022 году у него 2186 сокровищ в хранилище.
2. В этом году он решает проверить корректность 64-й цифры (он ее знает наизусть) в своей записи во избежание ошибок при переписи всех предметов с 1 по 2186.
3. Если она верна, то следующая перепись сокровищ будет произведена в 2023 году, а свиток с переписью 2022 года отмечается следующим кодом – первый символ кода – это 64-я цифра в записи Кощей, а остальные цифры – это количество цифр в записи, переведенное в троичную систему счисления. Вам известно, что в коде за 2022 год всего 9 цифр.

6 баллов А) Найдите 64-ю цифру из записи Кощей

9 баллов Б) Запишите в ответ в троичной системе счисления общее количество цифр из записи Кощей

Решение:

Структура числа (строки) получается следующая:

сперва 2 однозначных троичных числа, (это 2 цифры)

потом 6 двузначных трюичных числа, так как на первом месте могут стоять 2 цифры – это 1 и 2, а на втором – 3 – это 0, 1, 2 (это в записи уже $2 + 2 \cdot 6 = 14$ цифр),

после $2 \cdot 3 \cdot 3 = 18$ чисел трехзначных (это всего $14 + 3 \cdot 18 = 68$ цифр),

затем $2 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 = 54$ чисел четырехзначных (это всего $68 + 4 \cdot 54 = 284$)

$2 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 = 162$ ($284 + 168 = 452$)

$2 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 = 486$ (938 цифр)

$2 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 = 1458$ (2396 цифр)

$2396_{10} = 10021202_3$

64ю цифру очень легко вычислить, так как 68я цифра – это 2, а последнее число 222 – то есть с 66 по 68 цифры, 221 – это 63-65 цифры, то есть 2 – это ответ на первый вопрос.

Ответ: А) 2

Б) 10021202

Критерии:

15 - идеальное решение,

12 баллов - допущена арифметическая ошибка в пункте а или б/либо пункт а решен перебором, а не с помощью математического алгоритма,

8 баллов - есть решение, но арифметические ошибки и в а, и в б,

3 балла - была попытка решения, но очень много арифметических решений.

0 - невяк/не было ни одного верного шага

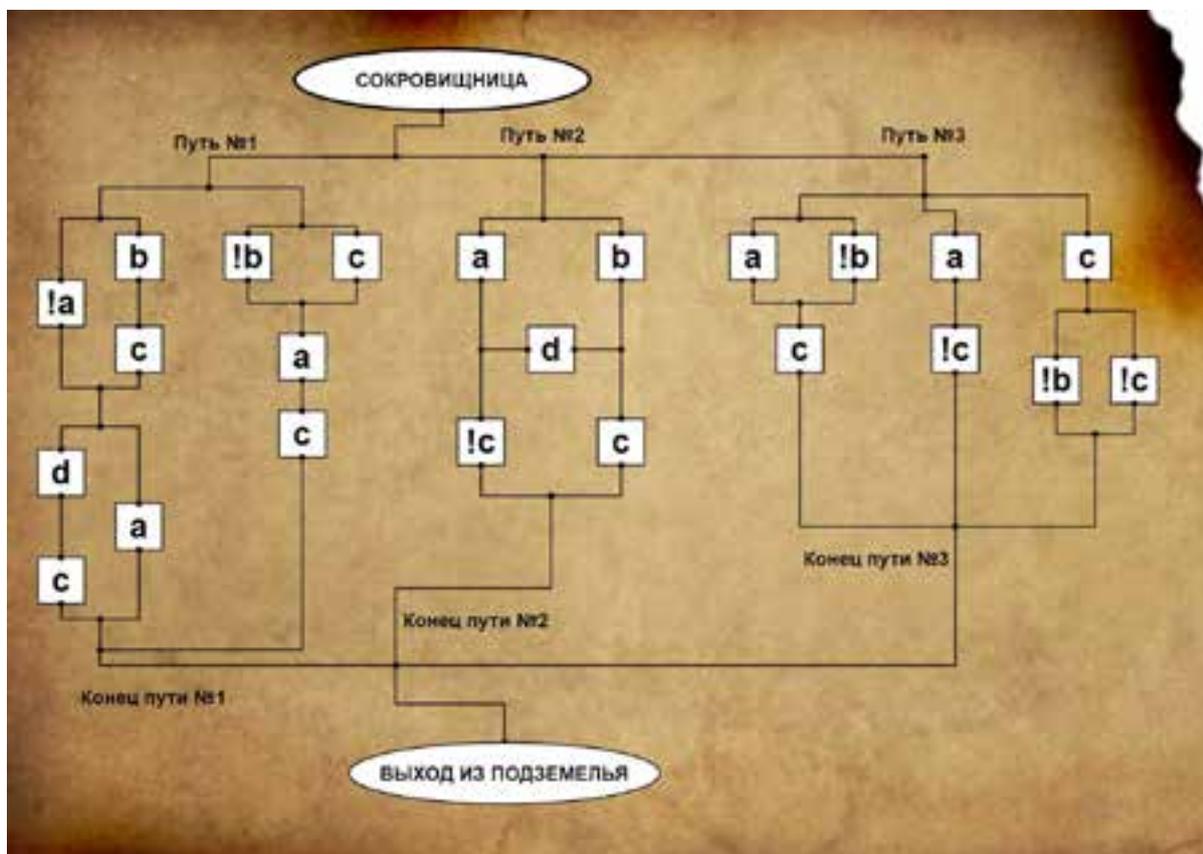
Задача 4.

Два героя Воин и Следопыт долго бродили по подземелью и наконец нашли сокровищницу дракона. Теперь героям нужно найти выход их подземелья. Герои решают разделиться и искать путь к выходу отдельно друг от друга.

Воин имеет следующие характеристики: Сила – 10, Ловкость – 4, Интеллект – 6, Удача – 5.

Следопыт имеет следующие характеристики: Сила – 4, Ловкость – 8, Интеллект – 7, Удача – 6.

В сокровищнице находится карта, по которой можно определить путь, который можно использовать для того, чтобы выбраться из подземелья. На этой карте обозначены пути и комнаты, в которых нужно пройти определенное испытание. Всего есть 4 типа испытаний: испытание Силы (обозначается как **a**), испытание Ловкости (обозначается как **b**), испытание Интеллекта (обозначается как **c**) и испытание Удачи (обозначается как **d**). Испытание характеристик герой можно пройти и продвинулся по пути только при значении характеристики равной или более 6. Герою могут встретиться особенные инверсные испытания, которые можно пройти только если характеристика героя меньше 6 (они обозначаются символами **!a**, **!b**, **!c** и **!d** соответственно).



Поскольку Следопыт имеет значение характеристики «Интеллект» равное 7, ему доступна особая способность улучшенного чтения карт. Эта способность позволяет ему находить тайные ходы, позволяющие упростить путь из подземелья, описанный на карте, при помощи законов логики. Воин в свою очередь должен просто выбрать один из путей прохождения подземелья, т.к. упрощать карты и искать тайные проходы он не умеет.

Ответьте на следующие вопросы и подробно аргументируйте решение:

1. Сможет ли Воин выбраться из подземелья при текущих характеристиках? Какой путь/ти ему нужно для этого выбрать?
2. Как Следопыт может упростить карту? Существуют ли такие пути, по которым Следопыт мог бы выбраться из подземелья без упрощения карты?
3. При каких значениях характеристик (Сила, Ловкость, Интеллект, Удача) выбраться из подземелья не представляется возможным?

Ответ:

1. Сможет по пути №3 и №1.
2. Упрощенная логическая функция: $a + !c * b * d + c$. Следопыт может пройти по пути 1 или 2.
3. Не смогут из подземелья выйти те герои, у которых характеристики $S < 6, L < 6, I < 6, U < 6$ или $S < 6, L < 6, I < 6, U \geq 6$ или $S < 6, L \geq 6, I < 6, U < 6$.

Решение: представлена классическая переключательная функция. Ее можно упростить с помощью законов логики. Для ответов на вопросы – нужно построить таблицу истинности. Одна из строчек в таблице истинности будет соответствовать конкретным характеристикам героя.

a	b	c	d	Путь 1	Путь 2	Путь 3	$f=a+c+b!cd$	
0	0	0	0	0	0	0	0	непроходимые
0	0	0	1	0	0	0	0	непроходимые
0	0	1	0	0	0	1	1	
0	0	1	1	1	0	1	1	
0	1	0	0	0	0	0	0	непроходимые
0	1	0	1	0	1	0	1	
0	1	1	0	0	1	0	1	
0	1	1	1	1	1	0	1	Следопыт
1	0	0	0	0	1	1	1	
1	0	0	1	0	1	1	1	
1	0	1	0	1	0	1	1	Воин
1	0	1	1	1	1	1	1	
1	1	0	0	0	1	1	1	
1	1	0	1	0	1	1	1	

1	1	1	0	1	1	1	1	
1	1	1	1	1	1	1	1	

Критерии оценивания:

Каждый вопрос, на который дан верный ответ – 5 баллов.

Штрафы:

1. Недостаточная аргументация выводов
2. Решение задачи при помощи перебора и без использования законов логики
3. Не представлена в аналитическом виде логическая функция
4. Не представлена таблица истинности для функции
5. Вычислительные ошибки

Задача 5.

Уровень 1

Даны плата Arduino, 2 двухполюсных DIP-переключателя, 2 RGB светодиода и резисторы различных номиналов. Разработайте электрическую схему соединения компонентов и реализуйте следующий функционал:

1. Когда все переключатели выключены, светодиоды также выключены.
2. При включении только первого переключателя первый светодиод должен загореться красным, а второй светодиод – синим.
3. При включении только второго переключателя первый светодиод должен загореться синим, а второй – красным.
4. При включении обоих переключателей, первый светодиод должен загореться фиолетовым, а второй – бирюзовым.

Уровень 2

В схему, созданную в первой части, необходимо добавить NeoPixel Ring на 12 светодиодов и реализовать следующий функционал:

1. Когда все переключатели выключены, NeoPixel Ring также должен быть выключен.
2. При включении только первого переключателя реализовать на NeoPixel Ring бегущий светодиод по часовой стрелке.
3. При включении только второго переключателя реализовать бегущий светодиод против часовой стрелки.
4. При включении обоих переключателей, все светодиоды в NeoPixel Ring должны мигать красным цветом с произвольно заданной частотой.

В текстовое поле ниже впишите свой логин в системе tinkercad.com

Вариант решения задания

Схема соединения

КРИТЕРИЙ ОЦЕНИВАНИЯ	БАЛЛЫ/ШТРАФЫ
Для уровня задания добавлены все необходимые для выполнения компоненты	+2
Для уровня задания все необходимые компоненты соединены корректно	+3
Для уровня задания корректно обрабатываются данные от компонентов	+2
Для уровня задания реализован требуемый алгоритм	+3
Для задания в целом аккуратно собрана схема	+1
Для задания в целом аккуратно написан код (именование переменных, выделение функций)	+1
Не использованы готовые примеры при решении задания	+1
Оригинальное решение (как пример использование драйвера моторов)	+1
Общие мелкие недочеты при создании схемы (некорректно подключены некоторые из датчиков)	-1-3
Не аккуратная схема подключения	-1
Не читаемый код	-1
Общие мелкие недочеты в коде (не все показания компонентов корректно обработаны)	-1-3
Для уровней 6-го задания не оформлен ответ в виде примечания	-1-2
Для уровней 6-го задания в ответе нет указания единиц полученного значения	-1
Не компилируется код	-1
Код задания написан на языке Scratch	-3
Заимствование чужой работы	-20

Задача 6.

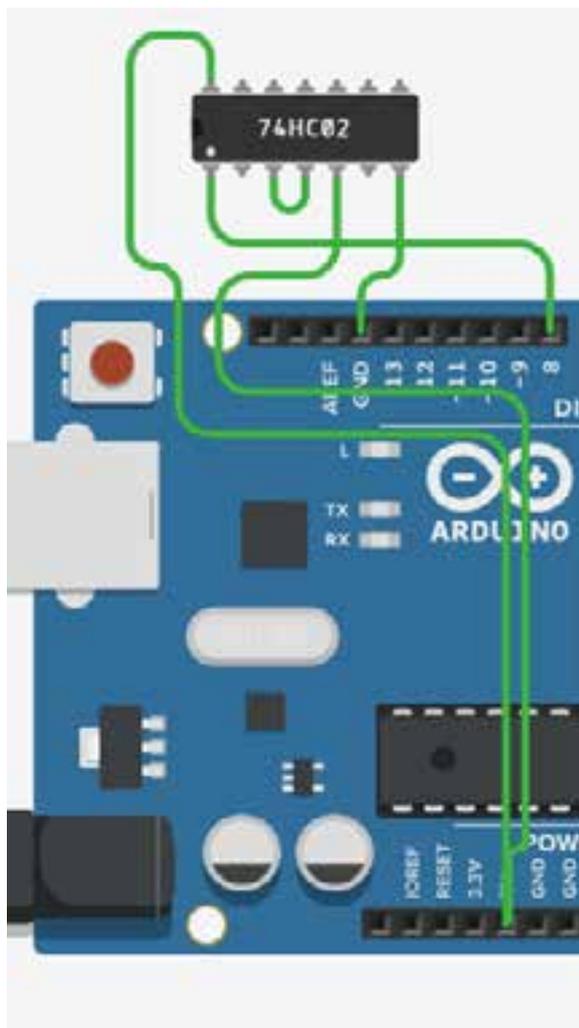
Уровень 1

Даны плата Arduino, мотор-редуктор и мультиметр. Мотор-редуктор необходимо подключить к Arduino и написать программу управления скоростью вращения мотора. При помощи мультиметра, определите, при каком значении напряжения скорость вращения вала мотор-редуктора составляет 30 оборотов в минуту?

Ответ запишите с использованием инструмента «Примечание» в tinkercad, ответ округлите до десятых. Текст примечания должен содержать следующий текст: «Задание 6, уровень 1, ответ ...», где вместо многоточия необходимо написать показание мультиметра с указанием размерности значения.

Уровень 2

В схему, созданную в первой части, необходимо добавить компонент микросхему 74НС02 и два ползунковых переключателя. Компонент 74НС02 необходимо подключить к Arduino, как показано на рисунке:



Дополнительно на входы 1А и 2В микросхемы подключить ползунковые переключатели. В коде программы реализовать следующий алгоритм: При высоком уровне на выводе 8 Arduino, прибавить к значению, подаваемому на вывод, управляющий мотором значение 100, в противном случае – отнять 50.

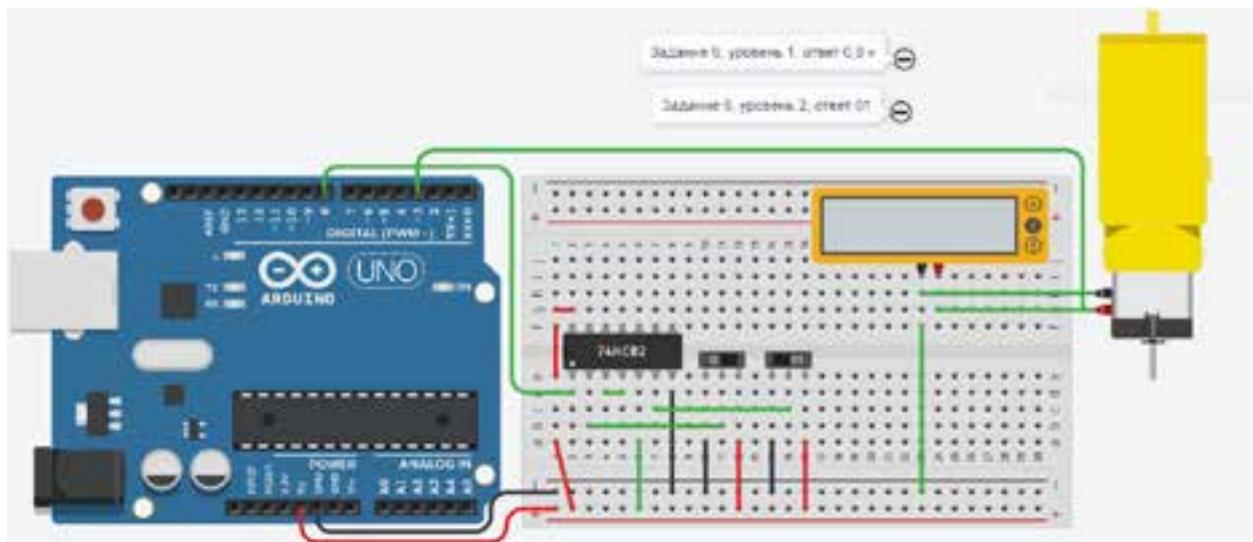
При какой комбинации переключателей мотор-редуктор будет вращаться быстрее, относительно изначальной скорости вращения?

Ответ запишите с использованием инструмента «Примечание» в tinkercad, В ответ запишите последовательно состояния переключателей, подключенных к выводам 1А и 2В микросхемы. Состояния переключателей записываются в следующем виде: 0 – выключен, 1 - включен. Текст примечания должен содержать следующий текст: «Задание 6, уровень 2, ответ ...», где вместо многоточия необходимо указать получившееся значение.

В текстовое поле ниже впишите свой логин в системе tinkercad.com

Вариант решения задания

Схема соединения



Код программы

```

1  int motor_pin = 3;
2  int logic_pin = 8;
3
4  int motor_speed = 150;
5  int new_motor_speed = motor_speed;
6  int pin_data = 0;
7
8  void setup()
9  {
10   pinMode(motor_pin, OUTPUT);
11   pinMode(logic_pin, INPUT);
12  }
13
14  void loop()
15  {
16   pin_data = digitalRead(logic_pin);
17
18   analogWrite(motor_pin, new_motor_speed);
19
20   if (pin_data == 1)
21   {
22     new_motor_speed = motor_speed + 100;
23   }
24   else
25   {
26     new_motor_speed = motor_speed - 50;
27   }
28  }

```

КРИТЕРИЙ ОЦЕНИВАНИЯ	БАЛЛЫ/ШТРАФЫ
Для уровня задания добавлены все необходимые для выполнения компоненты	+2

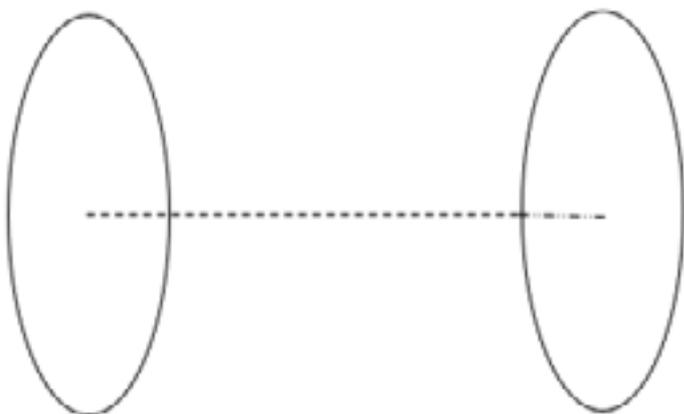
Профиль «Инженерные науки». Решения. 10 класс. 2021-2022 учебный год

Для уровня задания все необходимые компоненты соединены корректно	+3
Для уровня задания корректно обрабатываются данные от компонентов	+2
Для уровня задания реализован требуемый алгоритм	+3
Для задания в целом аккуратно собрана схема	+1
Для задания в целом аккуратно написан код (именование переменных, выделение функций)	+1
Не использованы готовые примеры при решении задания	+1
Оригинальное решение (как пример использование драйвера моторов)	+1
Общие мелкие недочеты при создании схемы (некорректно подключены некоторые из датчиков)	-1-3
Не аккуратная схема подключения	-1
Не читаемый код	-1
Общие мелкие недочеты в коде (не все показания компонентов корректно обработаны)	-1-3
Для уровней 6-го задания не оформлен ответ в виде примечания	-1-2
Для уровней 6-го задания в ответе нет указания единиц полученного значения	-1
Не компилируется код	-1
Код задания написан на языке Scratch	-3
Заимствование чужой работы	-20

2021-2022 учебный год
Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба», 2 этап,
профиль «Инженерные науки», 11 класс

Задача 1.

Имеются две круглые заряженные пластины радиуса 2 мм, расположенные соосно в вакууме (см. рисунок). Изначально напряженность поля между ними равна 2 кВ/м.



Пусть протон вылетает из центра левой пластины в направлении правой под действием электрического поля, которое действует между пластинами. Начальная скорость протона равна нулю. Протон долетает до правой пластины за 5 нс.

Масса протона $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг, заряд электрона $q_e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

а) Определить расстояние между пластинами. Ответ записать в сантиметрах.

б) Пусть протон вылетает с начальной скоростью 120 км/с. Чему будет равно время пролёта протона? Ответ записать в микросекундах.

в) Определить время пролета протона, если в дополнение к условию в пункте б) в середине пути поле меняется с 2 до 4 кВ/м. Ответ записать в микросекундах.

Для обоснования ответа приведите необходимые выражения, вычисления, рисунки.

Баллы: 5 / 5 / 5

Решение (точность при вычислениях может быть разной):

Задача 1.

$R = 2 \text{ мм}$

$E = 2 \text{ кВ/м}$

$t = 5 \text{ мкс}$

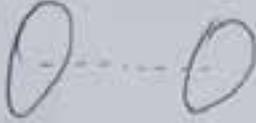
$m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$

$q_p = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$

$V_0 = 0 \text{ км/с}$

$V_{b0} = 120 \text{ км/с}$

$E_c = 2 \cdot E = 4 \text{ кВ/м}$



Найти:

а) $S - ?$

б) $t_b - ?$

в) $t_c - ?$

1) $S = V_0 t + \frac{at^2}{2} = \frac{at^2}{2}$

$a = \frac{E q_p}{m_p} \Rightarrow S = \frac{E q_p t^2}{2 m_p}$

$a = \frac{2000 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{1,67 \cdot 10^{-27}} \approx 1916,17 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

$S = \frac{2000 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 25 \cdot 10^{-12}}{2 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27}} = 23952,096 \cdot 10^{-4} =$

$\approx 2,3952 \text{ м} \approx 239,52 \text{ см}$

2) $S = V_{b0} t + \frac{at^2}{2} \Rightarrow at^2 + V_{b0} t - 2S = 0;$

Решим квадратное уравнение.

Для нахождения t_1 и t_2 нужно решить квадратное уравнение.

Найдем $V_0 = V_{b_0} + a_1 t_1$; далее найдем t_1 сможем решить квадратное уравнение №2

Решим уравнение №1:

$$a_1 t_1^2 + 2V_{b_0} t_1 - S = 0;$$

$$D = b^2 - 4ac = 4 \cdot V_{b_0}^2 + 4 \cdot a_1 \cdot S;$$

$$D = 4 \cdot 14400 \cdot 10^6 + 4 \cdot 1916,17 \cdot 10^8 \cdot 2,3952 =$$

$$= 57600 \cdot 10^6 + 18358,441536 \cdot 10^8 = 1893444,1536 \cdot 10^6;$$

$$t_1 = \frac{-b \pm \sqrt{D}}{2 \cdot a} = \frac{-V_{b_0} \cdot 2 \pm \sqrt{D}}{2 \cdot a_1}; \text{ т.к. время } t_1 \geq 0$$

только при $+\sqrt{D}$ найдем единственно возможный корень ($t_1 \geq 0$):

$$t_1 = \frac{-V_{b_0} \cdot 2 + \sqrt{D}}{2 \cdot a_1} = \frac{-2 \cdot 120 \cdot 10^3 + 1376,0247 \cdot 10^3}{2 \cdot 1916,17 \cdot 10^8}$$

$$= \frac{1,136,02476 \cdot 10^3}{3832,34 \cdot 10^8} = 0,2964311 \cdot 10^{-5} = 2,964311$$

$$\cdot 10^{-6} = 2,964311 \text{ мкс}$$

$$D = b^2 - 4ac = V_{b0}^2 - 4 \cdot a \cdot (-2 \cdot S) = V_{b0}^2 + 8aS;$$

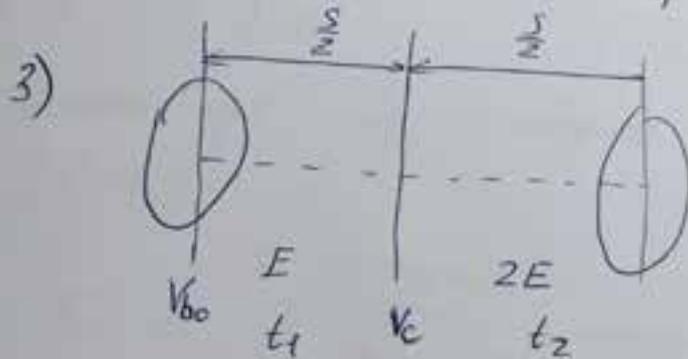
$$\begin{aligned} D &= 14400 \cdot 10^6 + 8 \cdot 1916,17 \cdot 10^8 \cdot 2,3952 = \\ &= 14400 \cdot 10^6 + 36716,88 \cdot 10^8 = 14400 \cdot 10^6 + 3671688 \cdot 10^6 = \\ &\approx 3686088 \cdot 10^6 \end{aligned}$$

$$t_b = \frac{-b \pm \sqrt{D}}{2 \cdot a} = \frac{-V_{b0} \pm \sqrt{D}}{2 \cdot a}; \quad \text{т.к. } t_b \geq 0$$

\Rightarrow Будем иметь только корни $\frac{-V_{b0} + \sqrt{D}}{2a}$;

$$t_b = \frac{-120 \cdot 10^3 + 1919,9188 \cdot 10^3}{2 \cdot 1916,17 \cdot 10^4} = \frac{1799,9188 \cdot 10^3}{3832,34 \cdot 10^4}$$

$$= 0,469665739 \cdot 10^{-5} \approx 4,696657 \mu\text{с}$$



Общая время
встречи: $t_{\text{встр}} = t_1 + t_2 = t_c$

$$\text{№1: } \frac{S}{2} = V_{b0} t_1 + \frac{a_1 t_1^2}{2}, \quad \text{①: } a_1 t_1^2 + 2V_{b0} t_1 - S = 0;$$

$$\text{№2: } \frac{S}{2} = V_c t_2 + \frac{a_2 t_2^2}{2}, \quad \text{②: } a_2 t_2^2 + 2V_c t_2 - S = 0;$$

Решите уравнение №2:

$$a_2 = \frac{E \cdot q_{rp}}{m_p} = 2 \frac{E \cdot q_{rp}}{m_p} = 2a_1$$

$$V_c = 120 \cdot 10^3 + 1916,17 \cdot 10^8 \cdot 2,964311 \cdot 10^{-6} =$$

$$= 120 \cdot 10^3 + 568,01281 \cdot 10^3 = 688,012381 \cdot 10^3 \frac{м}{с}$$

$$a_2 t_2^2 + 2V_c t_2 - S = 0;$$

$$2a_1 t_2^2 + 2V_c t_2 - S = 0;$$

$$D = b^2 - 4ac = 4 \cdot V_c^2 + 4 \cdot 2 \cdot a_1 \cdot S = 4V_c^2 + 8a_1 \cdot S;$$

$$D = 4 \cdot (688,012381 \cdot 10^3)^2 + 8 \cdot 1916,17 \cdot 10^8 \cdot 2,3952 =$$

$$= \cancel{2752,049523 \cdot 10^3} + 367$$

$$= 1893444,145637 \cdot 10^6 + 3671688 \cdot 10^6 =$$

$$= 5565132,1456 \cdot 10^6$$

$$t_2 = \frac{-b \pm \sqrt{D}}{2a}, \text{ но аккашми } t_2 = \frac{-2V_c \pm \sqrt{D}}{4a_1}$$

$$t_2 = \frac{-2 \cdot 688,012381 \cdot 10^3 + 2359,05323 \cdot 10^3}{4 \cdot 1916,17 \cdot 10^8} = \frac{\cancel{21,671,04681} + 7669,68 \cdot 10^3}{7669,68 \cdot 10^8}$$

$$= \cancel{0,218018 \cdot 10^{-5}} = \cancel{2,18018 \text{ мкс}}$$

$$t_0 = t_1 + t_2 = \cancel{2,18018} + 2,964311 = \cancel{5,14449 \text{ мкс}}$$

$$= \frac{983,028468 \cdot 10^3}{7664,68 \cdot 10^8} = 0,128254 \cdot 10^{-5} = 1,28254 \text{ мкс}$$

$$t_c = t_1 + t_2 = 2,964311 + 1,28254 = 4,246851 \text{ мкс}$$

Ответ: 1) 239,52 см

2) 4,696657 мкс

3) 4,246851 мкс

Пункт а):

0 – задание не выполнено.

1 – приведены формулы, необходимые для решения, но решение не выполнено.

2-3 – принцип решения верен, но допущены ошибки.

4 – алгоритм решения верен, но результат получен неверно.

5 – решение полностью верно.

Пункт б):

0 – задание не выполнено.

1 – приведены формулы, необходимые для решения, но решение не выполнено.

2-3 – принцип решения верен, но допущены ошибки.

4 – алгоритм решения верен, но результат получен неверно.

5 – решение полностью верно.

Пункт в):

0 – задание не выполнено.

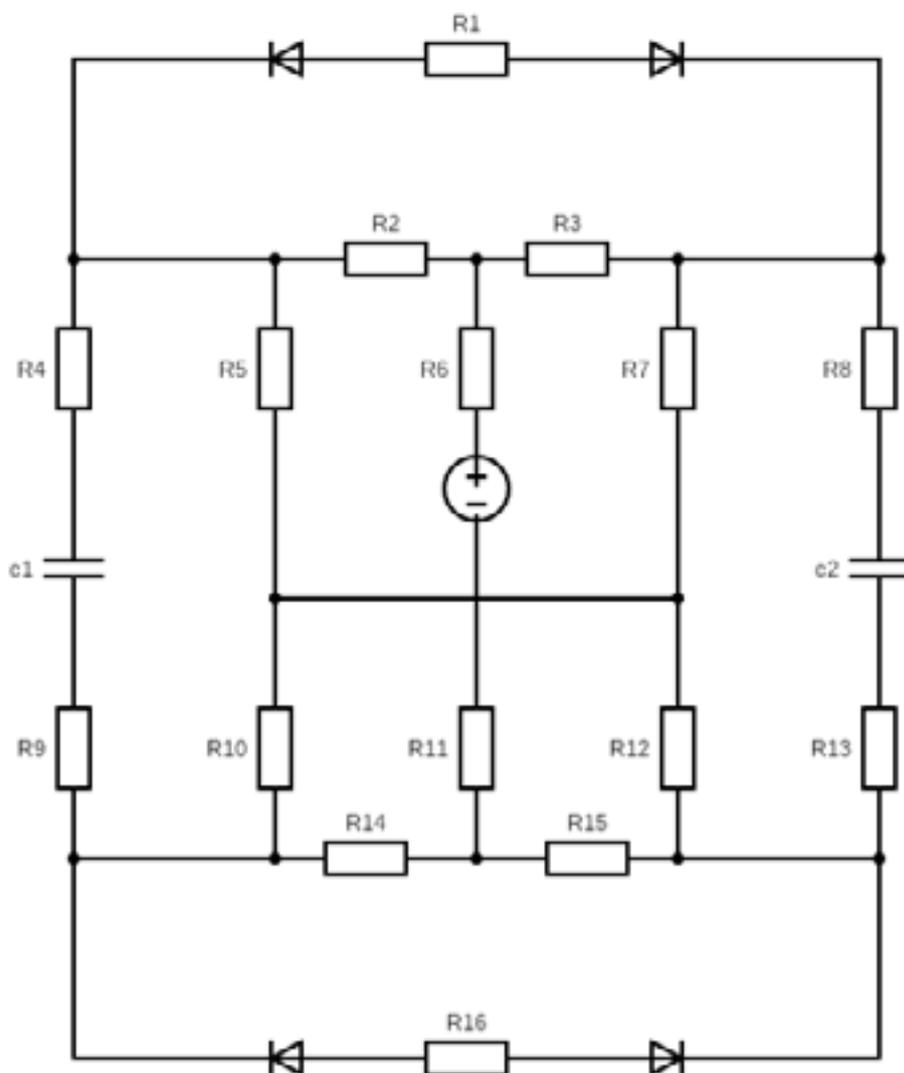
1 – приведены формулы, необходимые для решения, но решение не выполнено.

2-3 – принцип решения верен, но допущены ошибки.

4 – алгоритм решения верен, но результат получен неверно.

5 – решение полностью верно.

Задача 2.



Дана схема; все элементы идеальны. Известны номиналы сопротивлений:

$R_1 = 450 \text{ Ом}$, $R_2 = 130 \text{ Ом}$, $R_3 = 180 \text{ Ом}$, $R_4 = 250 \text{ Ом}$, $R_5 = 170 \text{ Ом}$, $R_6 = 100 \text{ Ом}$, $R_7 = 420 \text{ Ом}$, $R_8 = 250 \text{ Ом}$, $R_9 = 150 \text{ Ом}$, $R_{10} = 380 \text{ Ом}$, $R_{11} = 200 \text{ Ом}$, $R_{12} = 160 \text{ Ом}$, $R_{13} = 150 \text{ Ом}$, $R_{14} = 220 \text{ Ом}$, $R_{15} = 340 \text{ Ом}$, $R_{16} = 450 \text{ Ом}$ и емкостей $C_1 = 2 \text{ нФ}$, $C_2 = 6 \text{ нФ}$. Известно напряжение на источнике напряжение $E = 16\text{В}$

Найдите:

- 1) Полное сопротивление цепи относительно зажимов источника: R_{Σ}
- 2) Ток на резисторе R_2 : I_{R_2}

3) Ток на резисторе R14: I_{R14}

4) Заряд на конденсаторе c1: Q_{c1}

5) Заряд на конденсаторе c2: Q_{c2}

Для обоснования ответа приведите необходимые выражения, вычисления, рисунки.

Ответы:

$$R_{\Sigma} = 773 \text{ Ом (3б)}$$

$$I_2 = 14 \text{ мА (3б)}$$

$$I_{14} = 9,4 \text{ мА (3б)}$$

$$Q_{c1} = 12 \text{ нКл (3б)}$$

$$Q_{c2} = 28 \text{ нКл (3б)}$$

Решение:

Дано t2 11kl 1

R1 := 450 R9 := 150
 R2 := 130 R10 := 380
 R3 := 180 R11 := 200
 R4 := 250 R12 := 160
 R5 := 170 R13 := 150
 R6 := 100 R14 := 220
 R7 := 420 R15 := 340
 R8 := 250 R16 := 450

$$c1 := 2 \cdot 10^{-9}$$

$$c2 := 6 \cdot 10^{-9}$$

$$E := 16$$

Решение

$$R_e := R6 + R11 + \frac{(R2 + R5) \cdot (R3 + R7)}{R2 + R5 + R3 + R7} + \frac{(R10 + R14) \cdot (R12 + R15)}{R10 + R14 + R12 + R15} = 772.727$$

$$I_0 := \frac{E}{R_e} = 0.021$$

$$IR2 := I_0 \cdot \frac{R3 + R7}{R2 + R5 + R3 + R7} = 0.014$$

$$IR14 := I_0 \cdot \frac{R12 + R15}{R10 + R14 + R12 + R15} = 9.412 \times 10^{-3}$$

$$U_{c1} := IR2 \cdot R5 + IR14 \cdot R10 = 5.923$$

$$q1 := U_{c1} \cdot c1 = 1.185 \times 10^{-8}$$

$$IR7 := I_0 - IR2 = 6.902 \times 10^{-3}$$

$$IR12 := I_0 - IR14 = 0.011$$

$$U_{c2} := IR7 \cdot R7 + IR12 \cdot R12 = 4.706$$

$$q2 := U_{c2} \cdot c2 = 2.824 \times 10^{-8}$$

Критерий	Балл
Верно найдено решение и численный ответ для Re	3
Верно или с незначительными недочетами найдено решение для Re	2
В работе присутствуют значительные ошибки, приведены формулы, необходимые для нахождения решения Re	1
Не приведено решение или решение неверное для Re	0
Верно найдено решение и численный ответ для I2	3
Верно или с незначительными недочетами найдено решение для I2	2
В работе присутствуют значительные ошибки, приведены формулы, необходимые для нахождения решения I2	1
Не приведено решение или решение неверное для I2	0
Верно найдено решение и численный ответ для I14	3
Верно или с незначительными недочетами найдено решение для I14	2
В работе присутствуют значительные ошибки, приведены формулы, необходимые для нахождения решения I14	1

Профиль «Инженерные науки». Решения. 11 класс. 2021-2022 учебный год

Не приведено решение или решение неверное для П4	0
Верно найдено решение и численный ответ для qс1	3
Верно или с незначительными недочетами найдено решение для qс1	2
В работе присутствуют значительные ошибки, приведены формулы, необходимые для нахождения решения qс1	1
Не приведено решение или решение неверное для qс1	0
Верно найдено решение и численный ответ для qс2	3
Верно или с незначительными недочетами найдено решение для qс2	2
В работе присутствуют значительные ошибки, приведены формулы, необходимые для нахождения решения qс2	1
Не приведено решение или решение неверное для qс2	0

Задача 3.

Справочно: число $\overline{a_1 \dots a_n} = \sum_{1 \leq k \leq n} a_k \cdot 10^{n-k}$, где k назовём номером позиции.

Например, $\overline{a_1 a_2 a_3} = a_1 \cdot 100 + a_2 \cdot 10 + a_3$, причем на позициях с четными номерами стоят a_2 , а на позициях с нечетными номерами стоят a_1 и a_3 .

Все цифры экстравагантные.

Назовем число $\overline{a_1 a_2 \dots a_n}$ экстравагантным, если про него справедливо следующее логическое утверждение:

$$A \rightarrow (B \cup C \cap \neg D), \text{ где}$$

$$A = \{ \overline{a_{n-1} a_{n-2} \dots a_1} - \text{экстравагантное} \}$$

$$B = \{ \overline{a_2 a_3 \dots a_n} \text{ кратно } 3 \}$$

$$C = \{ \text{на всех позициях с четными номерами стоят нечетные цифры} \}$$

$$D = \{ \text{сумма цифр числа } \overline{a_1 a_2 \dots a_{n-1}} \text{ оканчивается на } 2 \}$$

Например, число 123 экстравагантное.

Найдите все экстравагантные числа из предложенного списка и детально обоснуйте ход своего решения: 15, 101, 4328, 7399.

Ответ: 15 и 7399

Решение (оформим таблицей):

Число	A	B	C	D	Формула	Вердикт
15	1	0	1	0	$1 \rightarrow (0 \cup 1 \cap \bar{0}) = 1$	ДА
=> 1					1 по условию	да
101	1	0	0	0	$1 \rightarrow (0 \cup 0 \cap \bar{0}) = 0$	НЕТ
=> 1					1 по условию	да
4328	1	0	0	0	$1 \rightarrow (0 \cup 0 \cap \bar{0}) = 0$	НЕТ
=> 234	0	0	1	0	$0 \rightarrow (0 \cup 1 \cap \bar{0}) = 1$	да
====> 32	1	0	0	0	$1 \rightarrow (0 \cup 0 \cap \bar{0}) = 0$	нет
=====> 3					1 по условию	да
7399	0	1	1	0	$0 \rightarrow (1 \cup 1 \cap \bar{0}) = 1$	ДА
=> 937	1	0	1	1	$1 \rightarrow (0 \cup 1 \cap \bar{1}) = 0$	нет
====> 39	1	1	1	0	$1 \rightarrow (1 \cup 1 \cap \bar{0}) = 1$	да

=====> 3					1 по условию	да
123	0	0	0	0	$0 \rightarrow (0 \cup 0 \cap \bar{0}) = 1$	ДА
=> 21	1	0	1	1	$1 \rightarrow (0 \cup 1 \cap \bar{1}) = 0$	нет
=====> 2					1 по условию	да

Критерии:

Решение полно, содержит все выкладки и комментарии к преобразованиям.
Прокомментирована допустимость опущенных вычислений – полный балл.

Штрафуются:

- Неверный вывод об экстравагантности числа
- Ошибочное суждение о значении логической переменной
- Неверная трактовка задания
- Опущение вычисления логической переменной без указания допустимости
- Неверное восприятие записи числа в формате $\overline{a_n \dots a_0}$
- Опущение вычислений рекурсивной части задачи

Поощряются:

- Преобразования логической формулы с выводами о влияющих на результат значениях логических переменных

Задача 4.

Археологическая экспедиция нашла хранилище артефактов древних цивилизаций. В целях безопасности они отправили внутрь хранилища двух роботов, способных распознавать различные символы и передавать информацию они археологам. Роботы обнаружили 3 артефакта, каждый из которых принадлежит разным древним цивилизациям.

На каждом из артефактов располагается надпись на нерасшифрованном до конца языке. На артефакте первой древней цивилизации 20 символов, на артефакте второй - 17 символов, на артефакте третьей - 15 символов. При этом археологи знают, что в языке первой древней цивилизации всего 68 символов, в языке второй – 37 символов, в языке третьей – 128 символов.

Скорость распознавания и обработки символов системой компьютерного зрения первого робота – 100 бит/с, второго - 65 бит/с. Во время распознавания каждого отдельного символа может произойти ошибка распознавания, это происходит в 1 случае из 1000 (повторное распознавание может занимать некоторое время). Каждый робот может передать археологам расшифрованную информацию только после распознавания всех символов надписей (будем считать, что передача информации происходит мгновенно). Роботы распознают символы независимо друг от друга, дублируя производимую работу другого робота.

К удивлению археологов, в хранилище включилась система защиты, которая оповестила их на их родном языке: “Обнаружен нарушитель! Хранилище будет уничтожено через 5 секунд!”.

1. Определите количество информации, которое несет надпись на артефакте каждой древней цивилизации.
2. Определите вероятность того, что первый робот успеет распознать все символы без единой ошибки и передать информацию археологам при заданных настройках до уничтожения хранилища.
3. Определите вероятность того, что второй робот успеет распознать все символы без единой ошибки и передать информацию археологам при заданных настройках до уничтожения хранилища.

Подробно опишите ход решения и приведите аргументацию.

Решение

Количество информации от надписи первого артефакта: 20 символов из алфавита 68 символов

$$I_1 = 20 * \log_2(68 + 4) = 20 * 7 = 140 \text{ бит}$$

Количество информации от надписи второго артефакта: 17 символов из алфавита 37 символов

$$I_2 = 17 * \log_2(37 + 5) = 17 * 6 = 102 \text{ бит}$$

Количество информации от надписи третьего артефакта: 15 символов из алфавита 128 символов

$$I_3 = 15 * \log_2(128) = 15 * 7 = 105 \text{ бит}$$

Общее количество информации:

$$ID_1 + ID_2 + ID_3 = 140 + 102 + 105 = 347 \text{ бит}$$

Время T_1 , которое первый робот может распознать и передать информацию = $347/100 = 3,47$ секунды

Время T_2 , которое второй робот может распознать и передать информацию = $347/65 = 5.33846153846$ секунды

Общая формула вероятность успешного распознавания и передачи всей информации:

$$P(A) = P(B) * P(ID_1) * P(ID_2) * P(ID_3)$$

A – успешное распознавание и передача всей информации

B – вероятность того, что робот может распознать и передать информацию за заданное время (0 или 1).

ID_1 – вероятность распознавания символы надписи первого артефакта без ошибки

ID_2 – вероятность распознавания символы надписи второго артефакта без ошибки

ID_3 – вероятность распознавания символы надписи третьего артефакта без ошибки

Для робота №1 ($P(B)=1$, т.к. время требуемое для передачи информации меньше времени уничтожения хранилища):

$$P(A) = 1 \times 0,999^{20} \times 0,999^{17} \times 0,999^{15} = 0,999^{42} = 0.95884963108$$

Для робота №2 ($P(B)=0$, т.к. время требуемое для передачи информации больше времени уничтожения хранилища):

$$P(A) = 0 \times 0,999^{20} \times 0,999^{17} \times 0,999^{15} = 0,999^{42} = 0$$

Критерии:

Критерии оценивания:

Каждый вопрос, на который дан верный ответ – 5 баллов.

Штрафы:

1. Неверные рассуждения о методике вычисления количества информации
2. Неверные рассуждения о методике вычисления вероятности
3. Недостаточная аргументация выводов
4. Вычислительные ошибки

Задача 5.

Уровень 1

Даны плата Arduino, ЖК-экран и ультразвуковой датчик.

Необходимо реализовать вывод значений в сантиметрах, получаемых с датчика на экран. На первой строке необходимо отображать текущие показания датчика.

На второй строке необходимо отобразить среднее из десяти последних полученных показаний датчика. До тех пор, пока не набралось 10 показаний, выводить текстовую строку “ERR”. Дополнительно, последние 10 показаний необходимо вывести в монитор последовательного порта. Частота получения показаний с датчика выставляется произвольно.

Уровень 2

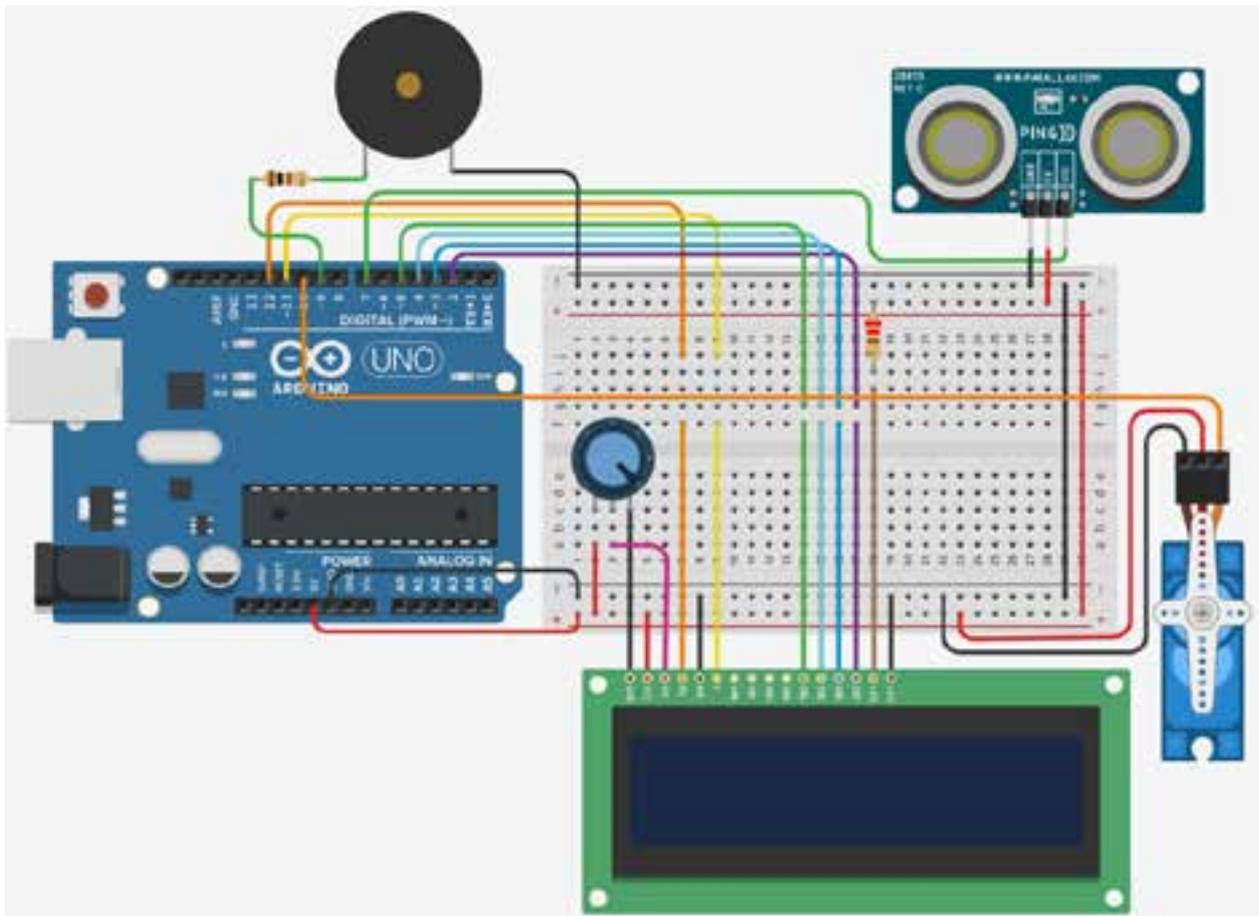
В схему, созданную в первой части, добавить пьезоэлемент и микросервопривод. При превышении текущего показания ультразвукового датчика выше значения 150 см, необходимо повернуть микросервопривод в положение 160 градусов. При понижении текущего показания датчика менее 50 см необходимо повернуть микросервопривод в положение 20 градусов.

При превышении среднего из десяти последних показаний датчика выше значения 150 см, необходимо чтобы пьезоэлемент издал разовый любой звуковой сигнал длительностью 2 секунды. При понижении среднего из десяти последних показаний датчика менее 50 см, необходимо чтобы пьезоэлемент издал разовый любой звуковой сигнал длительностью 1 секунду.

В текстовое поле ниже впишите свой логин в системе tinkercad.com

Вариант решения задания

Схема соединения



Код программы

```

1 #include <LiquidCrystal.h>
2 #include <Servo.h>
3
4 LiquidCrystal lcd(13, 11, 9, 4, 8, 2);
5 Servo my_servo;
6
7 int sens_pin = 7;
8 int servo_pin = 10;
9 int buzzer_pin = 9;
10
11 long sens_data_cm = 0;
12 int middle_data = 0;
13 long sens_data[10];
14 int index = 0;
15 bool is_data = false;
16
17 long readUltrasonicDistance(int triggerPin, int echoPin)
18 {
19     pinMode(triggerPin, OUTPUT);
20     digitalWrite(triggerPin, LOW);
21     delayMicroseconds(2);
22     digitalWrite(triggerPin, HIGH);
23     delayMicroseconds(10);
24     digitalWrite(triggerPin, LOW);
25     pinMode(echoPin, INPUT);
26     return pulseIn(echoPin, HIGH);
27 }
28
29 void setup()
30 {
31     lcd.begin(16, 2);
32     my_servo.attach(servo_pin, 500, 2500);
33 }
34
35 void loop()
36 {
37     sens_data_cm = 0.01723 * readUltrasonicDistance(sens_pin, sens_pin);
38     sens_data[index] = sens_data_cm;
39     index = (index + 1) % 10;
40     if(index == 9)
41     {
42         is_data = true;
43     }
44
45     lcd.setCursor(0, 0);
46     lcd.print(sens_data_cm);
47     lcd.print(" ");
48
49     lcd.setCursor(0, 1);
50     if(!is_data)
51     {
52         middle_data = 0;
53         for(int i = 0; i < 10; i++)
54         {
55             middle_data = middle_data + sens_data[i];
56         }
57         middle_data = middle_data / 10;
58         lcd.print(middle_data);
59         lcd.print(" V");
60     }
61
62     if(sens_data_cm > 100)
63     {
64         my_servo.write(180);
65     }
66     if(sens_data_cm < 50)
67     {
68         my_servo.write(90);
69     }
70
71     if(middle_data > 100)
72     {
73         tone(buzzer_pin, 200, 2000);
74         delay(1000);
75         noTone(buzzer_pin);
76     }
77     if(middle_data < 50)
78     {
79         tone(buzzer_pin, 200, 2000);
80         delay(1000);
81         noTone(buzzer_pin);
82     }
83 }

```

КРИТЕРИЙ ОЦЕНИВАНИЯ	БАЛЛЫ/ШТРАФЫ
Для уровня задания добавлены все необходимые для выполнения компоненты	+2
Для уровня задания все необходимые компоненты соединены корректно	+3
Для уровня задания корректно обрабатываются данные от компонентов	+2
Для уровня задания реализован требуемый алгоритм	+3
Для задания в целом аккуратно собрана схема	+1
Для задания в целом аккуратно написан код (именование переменных, выделение функций)	+1
Не использованы готовые примеры при решении задания	+1
Оригинальное решение (как пример использование драйвера моторов)	+1
Общие мелкие недочеты при создании схемы (некорректно подключены некоторые из датчиков)	-1-3
Не аккуратная схема подключения	-1
Не читаемый код	-1
Общие мелкие недочеты в коде (не все показания компонентов корректно обработаны)	-1-3
Для уровней 6-го задания не оформлен ответ в виде примечания	-1-2
Для уровней 6-го задания в ответе нет указания единиц полученного значения	-1
Не компилируется код	-1
Код задания написан на языке Scratch	-3
Заимствование чужой работы	-20

Задача 6.

Уровень 1

Даны плата Arduino, датчик газа, светодиод, мультиметр и резисторы различных номиналов. Между клеммой 2 датчика газа и выводом GND Arduino подключен резистор номиналом 1кОм.

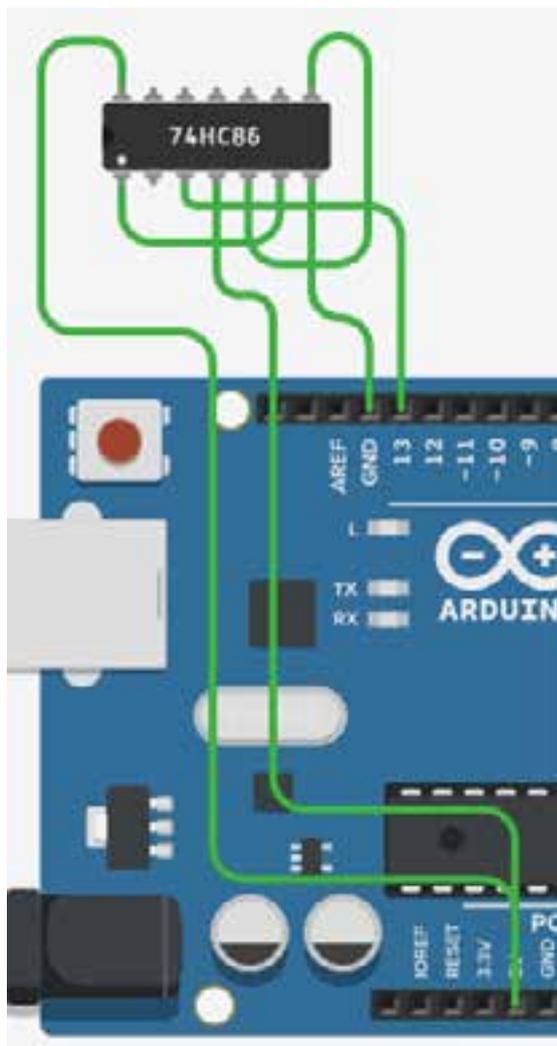
Мультиметр необходимо настроить на измерение напряжения и подключить его положительный вывод к выводу В1 датчика газа. Отрицательный вывод мультиметра необходимо подключить к выводу GND Arduino.

Необходимо реализовать изменение яркости светодиода, от самой минимальной до самой максимальной, в зависимости от показаний датчика газа. При каком значении напряжения на мультиметре светодиод будет гореть на 50% яркости?

Ответ запишите с использованием инструмента «Примечание» в tinkercad, ответ округлите до десятых. Текст примечания должен содержать следующий текст: «Задание 6, уровень 1, ответ ...», где вместо многоточия необходимо написать показание мультиметра с указанием размерности значения.

Уровень 2

В схему, созданную в первой части, необходимо добавить компонент микросхему 74НС86 и три двухполюсных DIP-переключателя. Компонент 74НС86 необходимо подключить к Arduino, как показано на рисунке:



Дополнительно на входы 1В, 3А и 3В микросхемы подключить DIP-переключатели. В коде программы реализовать следующий алгоритм: При высоком уровне на выводе 13 Arduino, отнять от значения, подаваемого на светодиод значение 50, в противном случае – прибавить 50.

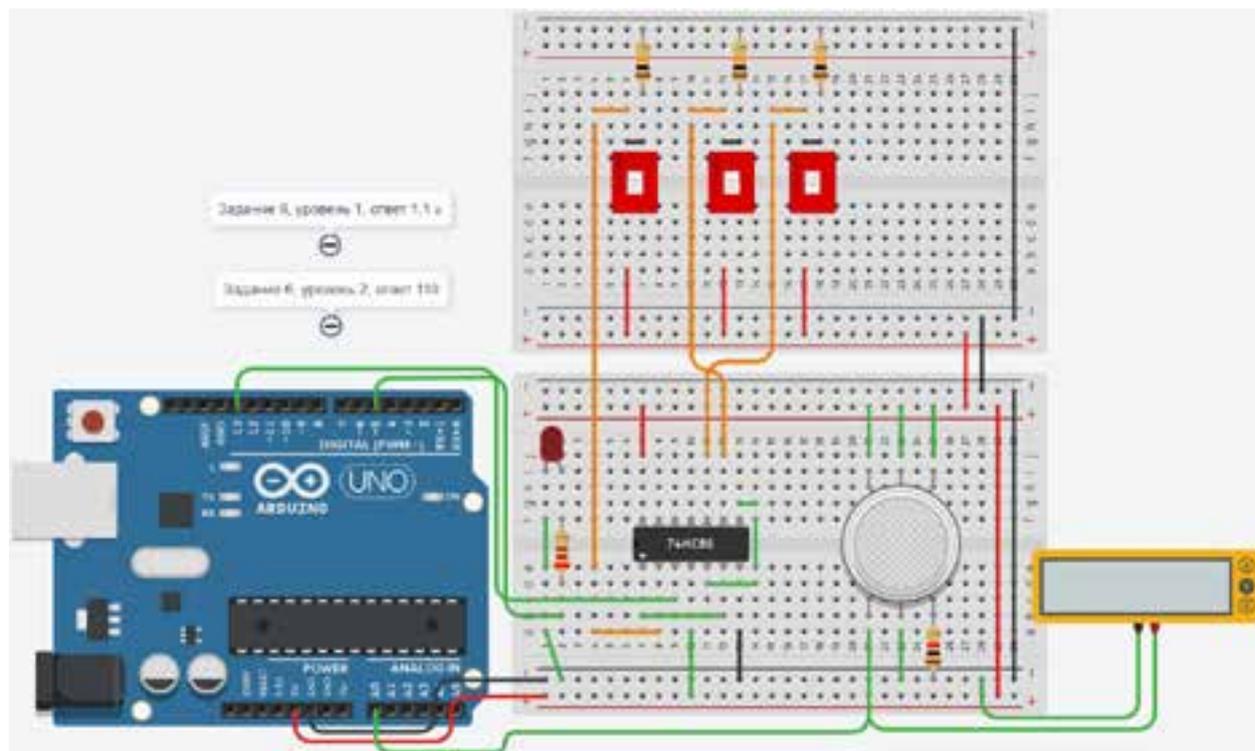
При какой комбинации DIP-переключателей светодиод будет гореть тусклее?

Ответ запишите с использованием инструмента «Примечание» в tinkercad, В ответ запишите последовательно состояния переключателей, подключенных к выводам 1В, 3А и 3В микросхемы. Состояния переключателей записываются в следующем виде: 0 – выключен (OFF), 1 – включен (ON). Текст примечания должен содержать следующий текст: «Задание 6, уровень 2, ответ ...», где вместо многоточия необходимо указать получившееся значение.

В текстовое поле ниже впишите свой логин в системе tinkercad.com

Вариант решения задания

Схема соединения



Код программы

```

1  int gas_sens = A0;
2  int led_pin = 5;
3  int sens_pin = 13;
4
5  int gas_data = 0;
6  int sens_data = 0;
7  int led_data = 0;
8  int led_data2 = 0;
9
10 void setup()
11 {
12   pinMode(gas_sens, INPUT);
13   pinMode(led_pin, OUTPUT);
14   pinMode(sens_pin, INPUT);
15   Serial.begin(9600);
16 }
17
18 void loop()
19 {
20   gas_data = analogRead(gas_sens);
21
22   led_data = map(gas_data, 85, 382, 0, 255);
23   analogWrite(led_pin, led_data);
24   //Serial.println(led_data);
25
26   sens_data = digitalRead(sens_pin);
27
28   if(sens_data == 1)
29   {
30     led_data2 = led_data - 50;
31   }
32   else
33   {
34     led_data2 = led_data + 50;
35   }
36   Serial.println(led_data2);
37 }

```

КРИТЕРИЙ ОЦЕНИВАНИЯ	БАЛЛЫ/ШТРАФЫ
Для уровня задания добавлены все необходимые для выполнения компоненты	+2
Для уровня задания все необходимые компоненты соединены корректно	+3
Для уровня задания корректно обрабатываются данные от компонентов	+2
Для уровня задания реализован требуемый алгоритм	+3
Для задания в целом аккуратно собрана схема	+1
Для задания в целом аккуратно написан код (именование переменных, выделение функций)	+1
Не использованы готовые примеры при решении задания	+1
Оригинальное решение (как пример использование драйвера моторов)	+1

Профиль «Инженерные науки». Решения. 11 класс. 2021-2022 учебный год

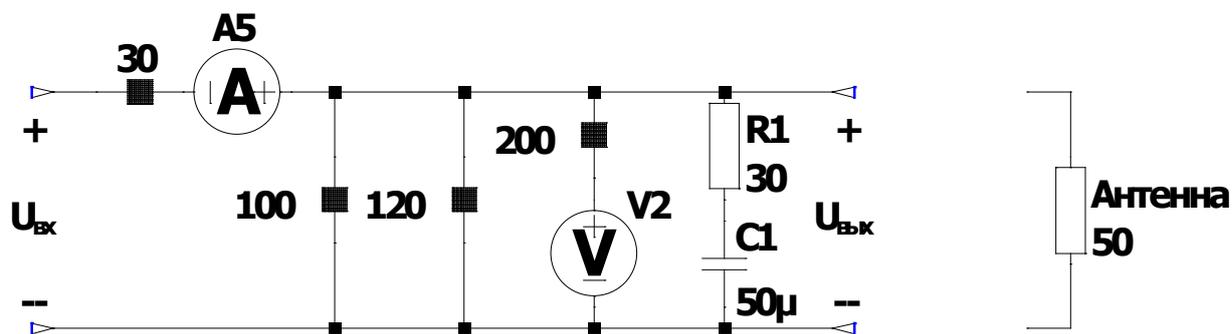
Общие мелкие недочеты при создании схемы (некорректно подключены некоторые из датчиков)	-1-3
Не аккуратная схема подключения	-1
Не читаемый код	-1
Общие мелкие недочеты в коде (не все показания компонентов корректно обработаны)	-1-3
Для уровней 6-го задания не оформлен ответ в виде примечания	-1-2
Для уровней 6-го задания в ответе нет указания единиц полученного значения	-1
Не компилируется код	-1
Код задания написан на языке Scratch	-3
Заимствование чужой работы	-20

2022-2023 учебный год

Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба», 2 этап,
профиль «Инженерные науки», 9 класс

Задача 1 (Максимум – 15 баллов).

Король Железного трона раздал четверым своим Стражам – руководителям 4 региональных армий – новейшую электронную сигнализацию, для того чтобы они могли немедленно сообщать ему о вторжении пришельцев. Один из Стражей не смог разобраться в инструкции по сборке и подключил антенну ко входу, а 9-вольтовую батарею питания к выходу (см. рис.). Он не замечал ошибки, пока на это не обратил внимания его помощник (большой умница, победитель олимпиады «Высшая проба»). После этого элементы цепи были возвращены на место.



лампа_с_сопротивлением



Найдите ответы на следующие вопросы:

- 1) Определите, насколько больше требуемого было напряжение на антенне в ошибочном состоянии цепи (ответ дайте в Вольтах, округлите до десятых долей).
- 2) Определите, во сколько раз увеличился ток контрольного амперметра при исправлении ошибки (ответ округлите до десятых долей).
- 3) Определите, насколько отличается заряд конденсатора $C1$ для правильного и ошибочного режимов работы (ответ дайте в милликулонах, округлите до десятых долей).

Нахождение каждого ответа должно сопровождаться подробной аргументацией. Участником должны быть приведены необходимые для объяснения логики решения рисунки, формулы, аналитические обоснования.

Решение

Исходные данные

$$R5 = 30; R4 = 100; R3 = 120; R1 = 30; C1 = 50e - 6; R_{ant} = 50; U_{src} = 9;$$

Прим. Индекс 1 относится к правильному режиму, 2 к неправильному

1) Вопрос 1

а) расчёт для правильного режима

i) сопротивление правой части схемы (правее амперметра)

$$R_{rgt_1} = R3 || R4 || R_{ant}$$

ii) напряжение, передаваемое в антенну

$$U_{ant_1} = U_{src} * \frac{R_{rgt_1}}{R_{rgt_1} + R5}$$

б) расчёт для неправильного режима

i) напряжение, передаваемое в антенну

$$U_{ant_2} = U_{src} * \frac{R_{ant}}{R_{ant} + R5}$$

с) разница

$$\Delta U_{ant} = U_{ant_2} - U_{ant_1}$$

2) Вопрос 2

а) расчёт для правильного режима

i) суммарное сопротивление схемы относительно источника

$$R_{src_1} = R5 + R_{rgt_1}$$

ii) ток амперметра

$$I_{a5_1} = \frac{U_{src}}{R_{src_1}}$$

б) расчёт для неправильного режима

i) ток амперметра

$$I_{a5_2} = \frac{U_{src}}{R_{ant} + R5}$$

с) отношение

$$K_{Ia5} = \frac{I_{a5_2}}{I_{a5_1}}$$

3) Вопрос 3

а) расчёт для правильного режима

$$Q_{C1_1} = C1 * U_{ant_1}$$

б) расчёт для неправильного режима

$$Q_{C1_2} = C1 * U_{src}$$

с) разница

$$\Delta Q_{C1} = Q_{C1_2} - Q_{C1_1}$$

Ответы

- 1) $\Delta U_{ant} = 1,4 \text{ В}$
- 2) $K_{Ia5} = 1,4 \text{ раз}$
- 3) $\Delta Q_{C1} = 0,2 \text{ мКл}$

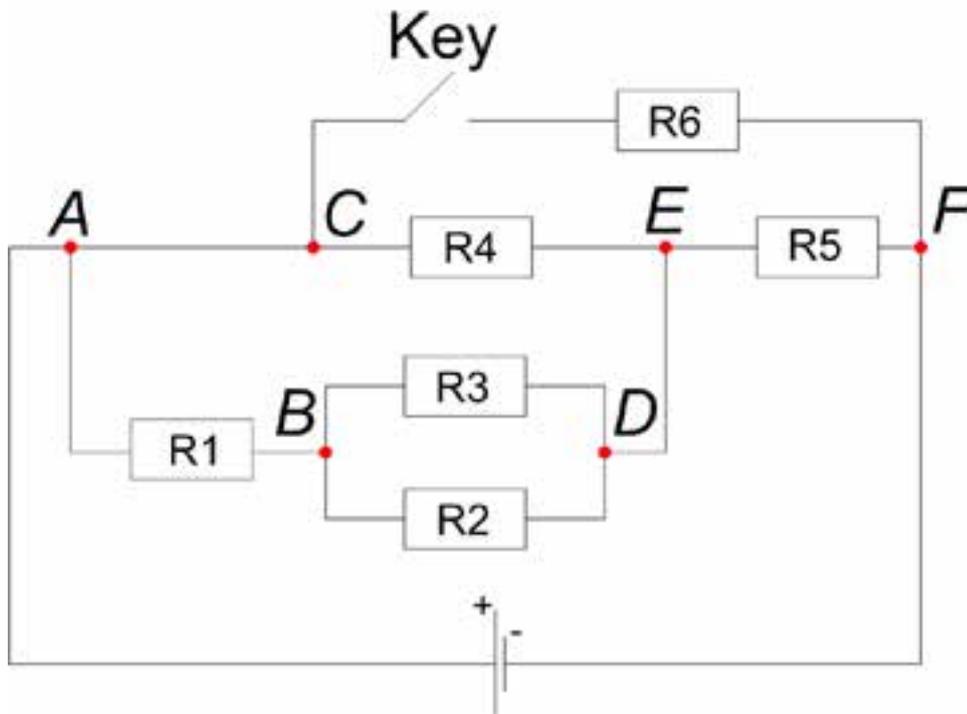
Критерии оценки (по каждому вопросу):

задание не выполнено.	0
приведены формулы, необходимые для решения, но решение не выполнено.	1
принцип решения верен, но допущены ошибки.	2–3
алгоритм решения верен, но результат получен неверно.	4
решение полностью верно.	5

Задача 2 (Максимум – 15 баллов).

Два ученика девятого класса всегда хотели разрабатывать роботов и поэтому записались в инженерный класс при университете. Так как они только начинают знакомство с электроникой, им поручили задание собрать небольшую схему, представленную на рисунке ниже. Сопротивление всех резисторов равно $1000\ \text{Ом}$, значение источника напряжения $10\ \text{В}$.

В процессе сборки схемы у ребят возник спор. Один ученик считает, что при замыкании ключа, то есть при подключении резистора R_6 , ток через источник напряжения будет больше, чем в схеме без резистора R_6 . Второй ученик, помня закон Ома, наоборот утверждает, что с добавлением резистора ток в цепи станет меньше.



Помогите ребята разрешить спор, проведя расчет схемы, который внесет ясность в их рассуждения. Для этого ответьте на следующие вопросы:

- 1) Определите ток, протекающий через источник напряжения до замыкания ключа.
- 2) Определите ток, протекающий через источник напряжения после замыкания ключа.
- 3) Определите падение напряжения на резисторе R_2 .
- 4) Определите во сколько раз измениться значение тока, протекающего через участок схемы AC после замыкания ключа.

Нахождение каждого ответа должно сопровождаться подробной аргументацией. Участником должны быть приведены необходимые для объяснения логики решения рисунки, формулы, аналитические обоснования.

Ответы:

1. 6,25 мА.
2. 16,25 мА.
3. 1,25 В
4. После замыкания ключа ток на участке AC увеличится в 3,67 раза.

Решение:

Первый вопрос:

Рассмотрим схему до замыкания ключа.

Для нахождения тока протекающего через источник напряжения необходимо определить значение эквивалентного сопротивления цепи.

Резисторы R_2 и R_3 соединены параллельно:

$$R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = 500 \text{ Ом}$$

Резисторы R_1 и R_{23} подключены последовательно:

$$R_{123} = R_1 + R_{23} = 1500 \text{ Ом}$$

Из схемы видно, что резисторы R_{123} и R_4 соединены параллельно:

$$R_{1234} = \frac{R_{123} R_4}{R_{123} + R_4} = 600 \text{ Ом}$$

Резисторы R_{1234} и R_5 соединены последовательно:

$$R_I = R_{1234} + R_5 = 1600 \text{ Ом}$$

Теперь по закону Ома можно найти ток источника напряжения для первого случая:

$$I_I = \frac{E}{R_I} = 6,25 \text{ мА}$$

Второй вопрос:

Теперь рассмотрим вторую схему, когда ключ замкнут, и резистор R_6 подключается к схеме. Из рисунка видно, резистор подключается между узлами C и F . Узел C и узел A являются одной и той же электрической точкой и, то есть потенциал узла C равен потенциалу на «плюсе» источника напряжения. Таким образом, резистор R_6 подключается параллельно всей схеме между выводами источника напряжения.

Найдем эквивалентное сопротивление для второго случая. По схеме выше рассмотренный участок цепи (R_I) подключен параллельно к R_6 :

$$R_{II} = \frac{R_I R_6}{R_I + R_6} \approx 615,38 \text{ Ом}$$

С замыканием ключа общее сопротивление схемы уменьшилось, что приведет к протеканию большего тока при таком же значении напряжения.

Теперь найдем значение тока через источник напряжения для случая замкнутого ключа:

$$I_{II} = \frac{E}{R_{II}} = 16,25 \text{ мА}$$

Третий вопрос:

Для нахождения падения напряжения на резисторе R2 рассмотрим падение напряжения на элементах схемы и токи, протекающие через эти элементы, для простоты возьмем схему с разомкнутым ключом.

Найдем падение напряжения на резисторе R5. В нашем случае через этот резистор протекает ток равный току через источник напряжения.

$$U_{R5} = I_1 R_5 = 6,25 \text{ В}$$

Участок схемы между узлами A и E представляет собой две параллельных ветки, значит, на каждой ветви падает одно и то же напряжение.

$$U_{AE} = E - U_{R5} = 3,75 \text{ В}$$

Рассмотрим нижнюю ветвь участка цепи между узлами A и E. Зная падение напряжения и эквивалентное сопротивление, найдем ток через эту ветвь.

$$I_{ABDE} = \frac{U_{AE}}{R_{123}} = 2,5 \text{ мА}$$

Так как резисторы R2 и R3 равны, то через них течет одинаковый ток равный половине тока I_{ABDE}:

$$I_{R2} = \frac{I_{ABDE}}{2} = 1,25 \text{ мА}$$

По закону Ома найдем падение напряжения на резисторе R2:

$$U_{R2} = I_{R2} R_2 = 1,25 \text{ В}$$

Четвертый вопрос:

Ток на участке цепи между узлами A и C представляет собой ту часть тока протекающего через источник напряжения, которая не течет по нижней ветви между узлами A и E.

Для схемы с разомкнутым ключом:

$$I_{AC_I} = I_1 - I_{ABDE} = 3,75 \text{ мА}$$

Для схемы с замкнутым ключом:

$$I_{AC_{II}} = I_{II} - I_{ABDE} = 13,75 \text{ мА}$$

Отношение токов равно:

$$\frac{I_{AC_{II}}}{I_{AC_I}} \approx 3,67$$

Критерии.

1. Определите ток, протекающий через источник напряжения до замыкания ключа. (3 балла)
2. Определите ток, протекающий через источник напряжения после замыкания ключа. (3 балла)
3. Определите падение напряжения на резисторе R2. (3 балла)

4. Определите во сколько раз измениться значение тока протекающего через участок схемы AC после замыкания ключа. (6 баллов)

Пункт 1.

Пункт решен полностью – 3 балла.

Ход решения верный, но присутствует ошибка в вычислениях – 2 балла.

Ход решения верный, но пункт до конца не решен – 1 балл.

Грубые ошибки в ходе решения или математических выкладках – 1 балл.

Пункт не решен – 0 баллов.

Пункт 2.

Пункт решен полностью – 3 балла.

Ход решения верный, но присутствует ошибка в вычислениях – 2 балла.

Ход решения верный, но пункт до конца не решен – 1 балл.

Грубые ошибки в ходе решения или математических выкладках – 1 балл.

Пункт не решен – 0 баллов.

Пункт 3.

Пункт решен полностью – 3 балла.

Ход решения верный, но присутствует ошибка в вычислениях – 2 балла.

Ход решения верный, но пункт до конца не решен – 1 балл.

Грубые ошибки в ходе решения или математических выкладках – 1 балл.

Пункт не решен – 0 баллов.

Пункт 4.

Пункт решен полностью – 6 балла.

Ход решения верный, но присутствует ошибка в вычислениях – 4 балла.

Ход решения верный, но пункт до конца не решен – 2 балл.

Грубые ошибки в ходе решения или математических выкладках – 1 балл.

Пункт не решен – 0 баллов.

Задача 3 (Максимум – 15 баллов).

В галактике математических вычислений происходит специализированное музыкальное соревнование. Все ноты в этой галактике находятся в числовых диапазонах тонов. При этом каждый музыкант в зависимости от степени своего мастерства может сыграть ноту только одним числовым значением из диапазона. Каждая из нот находится в числовой диапозоне в определенной системе счисления:

Таблица 1. Соответствие нот числовым диапазонам

Нота	Числовой диапазон
ДО	$1_{10} - 15_{10}$
РЕ	$30_5 - 40_5$
МИ	$30_8 - 70_8$
ФА	$43_6 - 104_6$
СОЛЬ	?

Главное правило соревнования: для победы музыкантам нужно сыграть ноты в порядке ДО-РЕ-МИ, при этом числовое значение тона каждой сыгранной ноты также должно находиться в числовом диапазоне следующей ноты.

Найдите ответы на следующие вопросы:

- 1) Определите минимальные значения из числового диапазона каждой ноты, на базе которых может прозвучать мелодия ДО-РЕ-МИ. Запишите эти значения в десятичной системе счисления (например, 19 30 55)
- 2) Найдите количество всех возможных комбинаций числовых значений тонов мелодии ДО-РЕ-МИ. Ответ запишите в десятичной системе счисления.
- 3) Найдите минимально возможное основание системы счисления у диапазона ноты СОЛЬ, если требуется сыграть мелодию ДО-РЕ-МИ-ФА. Известно, что количество всех возможных комбинаций числовых значений тонов этой мелодии – 8, а минимальное числовое значение в диапазоне ноты СОЛЬ имеет два значащих символа в искомой системе счисления.

Нахождение каждого ответа должно сопровождаться подробной аргументацией. Участником должны быть приведены необходимые для объяснения логики решения рисунки, формулы, аналитические обоснования.

Ответы:

- 1) 15 24(не входит в диапазон ДО) 27;
- 2) 0 (не предоставляется возможным);
- 3) 6

Решение:

Переведем диапазоны в 10 значения:

ДО – 1–15
РЕ 15–20
МИ 24 – 56
ФА 27–40

Из условия можно сделать вывод, что нота ДО должна прозвучать в 15 тоне. Для звучания ноты РЕ и МИ диапазоны не пересекаются => минимальный 24 (участнику необходимо указать на эту проблему и логически объяснить, что сыграть мелодию комбинацию ДО-РЕ невозможно). Для ноты МИ – 27.

Ответ: 15 24(не входит в диапазон ДО) 27

В данном вопросе участнику необходимо указать на то, что диапазоны РЕ и МИ не пересекаются, поэтому составить комбинации мелодии ДО-РЕ-МИ не предоставляется возможным. Ответ – 0.

Ответ: 0

2) По результатам предыдущих вопросов ясно, что ноту ДО-РЕ-МИ-ФА сыграть полностью верно невозможно. Несмотря на это, участнику необходимо найти минимально возможное основание системы (предполагая, что теоретически сыграть мелодию возможно). Количество всех возможных комбинаций – 8. Значит, что диапазоны ФА и СОЛЬ пересекаются по 8 числовым значениям – 33 - 40. Минимальное числовое значение из диапазона СОЛЬ (граница слева) – 33. Необходимо найти такую систему счисления, которая будет минимальной и в которой 33 будет представлять собой двухзначное число (с двумя разрядами). Начиная с 2-й системы пробуем каждую – после пробы 7-ной системы счисления получаем представление числа 33 – 53_6 . Ответ – 6.

Ответ: 6 (если допускается возможность сыграть мелодию).

Критерии оценивания

Для каждого задания:

0 – задание не выполнено.

1 – приведены формулы, необходимые для решения, но решение не выполнено.

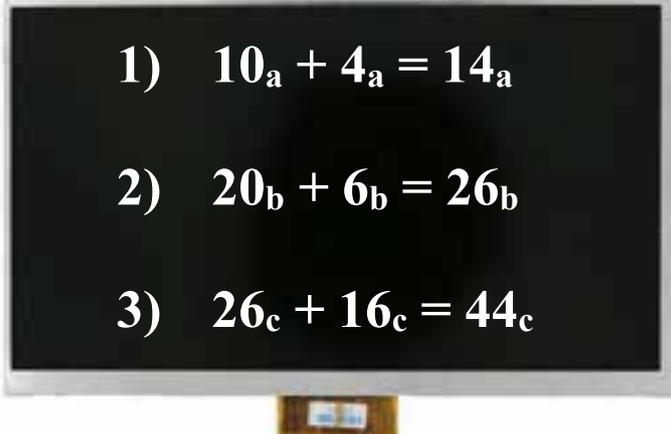
2-3 – принцип решения верен, но допущены ошибки или отсутствует аргументация (логические ошибки, ошибки влияющие на ход решения)

4 – алгоритм решения верен, но результат получен неверно (незначительные ошибки в вычислениях, незначительные недостатки в аргументации)

5 – решение полностью верно.

Задача 4 (Максимум – 15 баллов).

Инженер разрабатывает уникальный калькулятор, складывающий числа в разных системах счисления. Для завершения разработки ему необходимо подключить три сумматора с неопределёнными системами счисления. После их подключения на экране устройства вывелись следующие операции сложения, но без указания систем счисления:



The image shows a digital display with a black background and white text. It contains three numbered equations:

$$1) \quad 10_a + 4_a = 14_a$$
$$2) \quad 20_b + 6_b = 26_b$$
$$3) \quad 26_c + 16_c = 44_c$$

Найдите ответы на следующие вопросы:

- 1) Найдите минимальное основание системы счисления - X , при которой результат работы каждого сумматора является верным.
- 2) После реализации операции сложения в каждом сумматоре результат операции записывается в отдельный 5-битный регистр устройства, но в троичной системе счисления (должен производиться перевод из X -ичной системы счисления). Какое общее количество (для всех использующихся сумматоров) не значащих нулей будет записано в регистры?
- 3) Результаты работы каждого сумматора переводятся из X -ичной системы счисления в пятеричную и поступают в “мегасумматор”, который производит сложение результатов в пятеричной системе счисления. Какой результат получится на выходе “мегасумматора”?

Нахождение каждого ответа должно сопровождаться подробной аргументацией. Участником должны быть приведены необходимые для объяснения логики решения рисунки, формулы, аналитические обоснования, а также подробно описан алгоритм работы сумматоров и “мегасумматора”.

Ответ:

- 1) 8
- 2) 5
- 3) 1422

Каждая из подзадач оценивается в 5 баллов.

Решение:

Вопрос 1. Для нахождения значения CC должно выполняться условие $a=b=c=x$. Можем применить аналитическое решение системы уравнений. Из системы уравнений мы видим, что $x \geq 7$.

Рассмотрим последнее уравнение $26_c + 16_c = 44_c$.

Применим развернутую запись числа: $2 \cdot C + 6 + 1 \cdot C + 6 = 4 \cdot C + 4$

Отсюда: $C = 8$.

Задача также может быть решена подбором.

Смотрим какие системы счисления в принципе могут быть на этих устройствах самая минимальная – 7, учитывая все цифры. Проверяем, складывая все числа - в семеричной системе счисления не $26 + 16 = 45$

Проверяем 8, $26 + 16 = 44$, \Rightarrow получаем ответ 8

Вопрос 2. Переведем результаты в троичную систему счисления.

14₈: **00111**₃
26₈: **00211**₃
44₈: **01100**₃

14₈: **12**₁₀
26₈: **22**₁₀
44₈: **36**₁₀

Общее количество нулей, записанных в 3 регистра – 5.

Вопрос 3. Переводим результаты в пятеричную систему счисления.

14₈: **22**₅
26₈: **42**₅
44₈: **121**₅

Производим сложение по правилам пятеричной системы счисления:

$$\begin{array}{r} 22 \\ + 42 \\ 121 \\ \hline 240 \end{array}$$

Получаем 240_5

Критерии оценивания

Для каждого задания:

0 – задание не выполнено.

1 – приведены формулы, необходимые для решения, но решение не выполнено.

2-3 – принцип решения верен, но допущены ошибки или отсутствует аргументация (логические ошибки, ошибки влияющие на ход решения)

4 – алгоритм решения верен, но результат получен неверно (незначительные ошибки в вычислениях, незначительные недостатки в аргументации)

5 – решение полностью верно.

Практическая часть
(Максимальное количество баллов – 40)

Задача 5 (Максимум – 20 баллов).

Садовод задумал вырастить рассаду на дачу. Для этого он решил собрать умную теплицу. Теплица будет в автоматическом режиме поливать растение и регулировать освещение. Перед закупкой необходимых компонентов садовод решил провести прототипирование системы.

У него есть следующие компоненты: один двигатель постоянного тока (имитирующий насос), датчик влажности почвы, фоторезистор, 1 светодиод красного цвета (имитация лампы для выращивания растений), четверной dip-переключатель, набор проводов, макетная плата, отладочная плата Arduino UNO и набор резисторов.

Для выполнения задания рекомендуется использовать следующие компоненты:

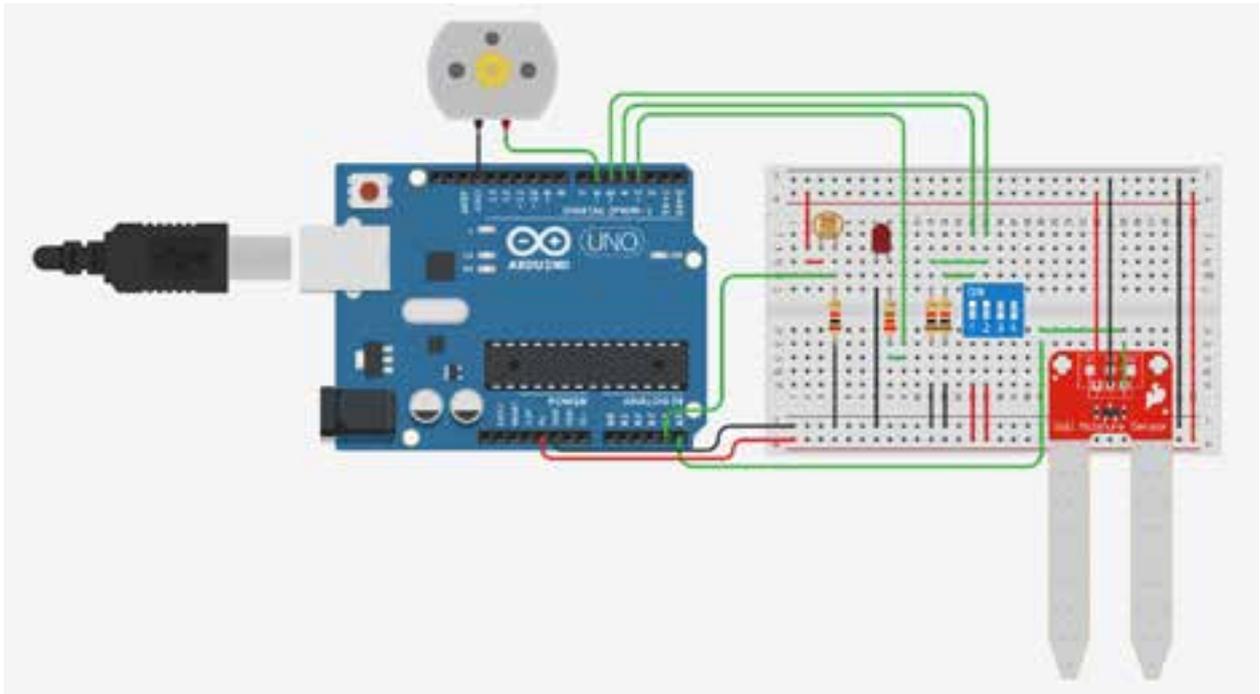


Необходимо собрать и запрограммировать макет умной теплицы в эмуляторе tinkercad, которая может работать в следующих режимах: полив, включение света, включение света с поливом, автоматический режим.

Режим работы теплицы выбирается кодом, который задается положением dip-переключателя:

- 00 – полив (мотор включен на максимальную скорость, светодиод выключен),
- 01 – свет (мотор выключен, светодиод включен на максимальную яркость),
- 10 – включение света с поливом мотор включен на максимальную скорость, светодиод включен на максимальную яркость),
- 11 – автоматический режим (частота вращения мотора зависит от данных датчика влажности, а яркость светодиода от данных, получаемых с датчика освещения).

Решение:



- `int dip_pin_1 = 4;`
- `int dip_pin_2 = 5;`
- `int motor_pin = 6;`
- `int light_pin = 3;`
- `int sens_moisure_pin = A5;`
- `int sens_light_pin = A4;`
- `int state_1 = 0;`
- `int state_2 = 0;`
- `int sens_light_data = 0;`
- `int sens_moisure_data = 0;`
-
- `void setup() {`
- `pinMode(dip_pin_1, INPUT);`
- `pinMode(dip_pin_2, INPUT);`
- `pinMode(motor_pin, OUTPUT);`
- `pinMode(light_pin, OUTPUT);`
- `pinMode(sens_moisure_pin, INPUT);`
- `pinMode(sens_light_pin, INPUT);`
- `}`
-
- `void loop() {`
- `state_1 = digitalRead(dip_pin_1);`
- `state_2 = digitalRead(dip_pin_2);`
-

- *if (state_1 == LOW && state_2 == LOW) {*
- *digitalWrite(light_pin, LOW);*
- *digitalWrite(motor_pin, HIGH);*
- *} else if (state_1 == LOW && state_2 == HIGH) {*
- *digitalWrite(light_pin, HIGH);*
- *digitalWrite(motor_pin, LOW);*
- *} else if (state_1 == HIGH && state_2 == LOW) {*
- *digitalWrite(light_pin, HIGH);*
- *digitalWrite(motor_pin, HIGH);*
- *}*
- *} else if (state_1 == HIGH && state_2 == HIGH) {*
- *sens_light_data = analogRead(sens_light_pin);*
- *sens_moisure_data = analogRead(sens_moisure_pin);*
- *}*
- *sens_light_data = map(sens_light_data, 0, 1023, 0, 255);*
- *sens_moisure_data = map(sens_moisure_data, 0, 1023, 0, 255);*
- *analogWrite(light_pin, sens_light_data);*
- *analogWrite(motor_pin, sens_moisure_data);*
- *}*
- *}*

Критерии оценивания

Начисление баллов	Кол-во баллов	Комментарий
Для уровня задания добавлены все необходимые для выполнения компоненты	+4	
Для уровня задания все необходимые компоненты соединены корректно	+6	
Для уровня задания корректно обрабатываются данные от компонентов	+4	
Для уровня задания реализован требуемый алгоритм	+6	
Для задания в целом аккуратно собрана схема	+1	Доп. баллы
Для задания в целом аккуратно написан код (именование переменных, выделение функций)	+1	Доп. баллы
Не использованы готовые примеры при решении задания	+1	Доп. баллы
Оригинальное решение (как пример использование драйвера моторов)	+1	Доп. баллы

Снятие баллов	Кол-во баллов	Комментарий
Общие мелкие недочеты при создании схемы (некорректно подключены некоторые из датчиков)	-1-3	
Неаккуратная схема подключения	-1	
Нечитаемый код	-1	
Общие мелкие недочеты в коде (не все показания компонентов корректно обработаны)	-1-3	
Для уровней 6-го задания не оформлен ответ в виде примечания	-1-2	
Для уровней 6-го задания в ответе нет указания единиц полученного значения	-1	
Не компилируется код	-1	
Код задания написан на языке Scratch	-3	
Заимствование чужой работы	-20	

Максимальная оценка за выполнение одного уровня задания не превышает 10 баллов

Задача 6 (Максимум – 20 баллов).

На уроке труда ученик собрал мини-дрель, состоящую из мотора, потенциометра и платы Arduino UNO. Частота вращения мотора зависит от показаний на потенциометре. Учитель попросил ученика добавить к дрели индикацию количества оборотов, состоящую из 3 светодиодов (красного, желтого и зеленого).

Для выполнения задания рекомендуется использовать следующие компоненты:

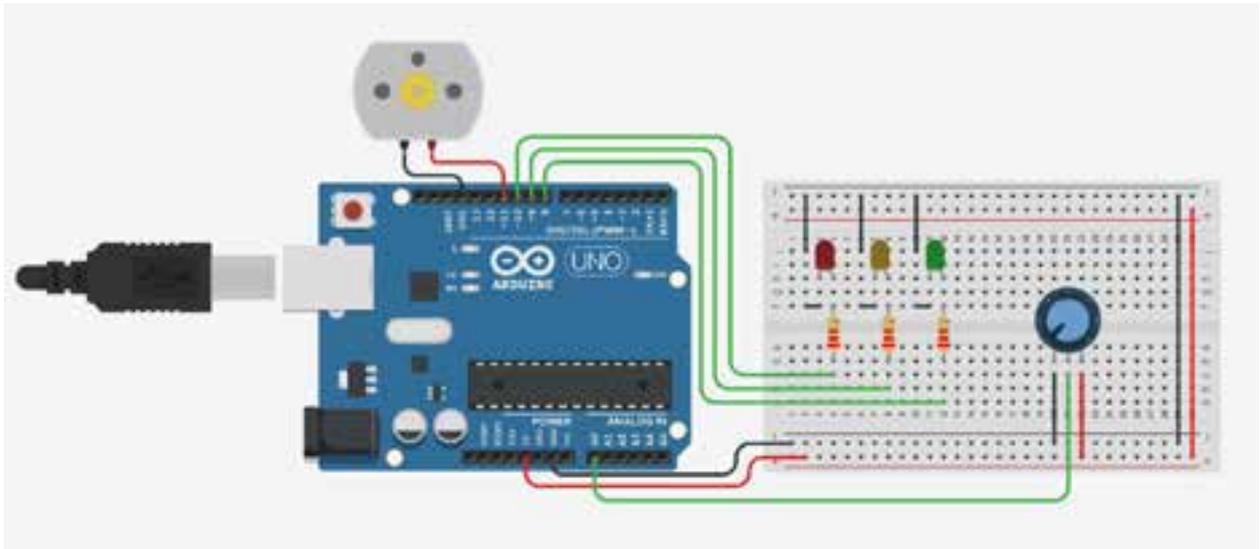


Необходимо в эмуляторе tinkercad собрать и запрограммировать макет дрели с индикацией. Индикация зависит от среднего количества оборотов в минуту мотора: при количестве оборотов до 2000 оборотов в минуту горит зеленый светодиод, от 2000 до 4000 желтый, после 4000 красный.

Количество оборотов в минуту мотора линейно зависит от показаний потенциометра. При нулевом значении показаний потенциометра, на моторе устанавливается нулевое значение оборотов в минуту. При максимальном значении показания потенциометра мотор вращается с максимальной скоростью.

Частота обновления данных на индикаторе 10 секунд. Среднее количество оборотов считается от 30 замеров скорости мотора.

Решение (может отличаться в реализации участников):



```

1. int led_red_pin = 10;
2. int led_yellow_pin = 9;
3. int led_green_pin = 8;
4. int motor_pin = 11;
5. int sens_pin = A0;
6. int sens_data = 0;
7. int motor_rotation_data[30];
8. bool is_full = false;
9. int array_index = 0;
10. int timer_update = 5;
11. unsigned long int average_motor_speed = 0;
12.
13. void setup()
14. {
15.   pinMode(led_red_pin, OUTPUT);
16.   pinMode(led_yellow_pin, OUTPUT);
17.   pinMode(led_green_pin, OUTPUT);
18.   pinMode(motor_pin, OUTPUT);
19.   pinMode(sens_pin, INPUT);
20. }
21.
22. void loop()
23. {
24.   sens_data = analogRead(sens_pin);
25.   int moment_motor_speed = (float)5555/(float)1024*sens_data;
26.   sens_data = map(sens_data, 0, 1023, 0, 255);
27.   analogWrite(motor_pin, sens_data);

```

```

28. motor_rotation_data[array_index] = moment_motor_speed;
29.
30. array_index = array_index + 1;
31. if(!is_full)
32. {
33.     if(array_index == 30)
34.     {
35.         is_full = true;
36.     }
37. }
38. if(array_index == 30)
39. {
40.     array_index = 0;
41. }
42.
43. if(is_full)
44. {
45.     timer_update = timer_update + 1;
46. }
47. if(is_full && timer_update >= 5)
48. {
49.     timer_update = 0;
50.     average_motor_speed = 0;
51.     for(int i = 0; i < 30; i++)
52.     {
53.         average_motor_speed = average_motor_speed + motor_rotation_data[i];
54.     }
55.     average_motor_speed = average_motor_speed/30;
56.
57.     if(average_motor_speed < 2000)
58.     {
59.         digitalWrite(led_green_pin, HIGH);
60.         digitalWrite(led_yellow_pin, LOW);
61.         digitalWrite(led_red_pin, LOW);
62.     }
63.     else if(average_motor_speed > 2000 && average_motor_speed < 4000)
64.     {
65.         digitalWrite(led_green_pin, LOW);
66.         digitalWrite(led_yellow_pin, HIGH);
67.         digitalWrite(led_red_pin, LOW);
68.     }

```

```

69.  else if(average_motor_speed > 4000)
70.  {
71.    digitalWrite(led_green_pin, LOW);
72.    digitalWrite(led_yellow_pin, LOW);
73.    digitalWrite(led_red_pin, HIGH);
74.  }
75. }
76. delay(500);
77. }
    
```

Критерии оценивания

Начисление баллов	Кол-во баллов	Комментарий
Для уровня задания добавлены все необходимые для выполнения компоненты	+4	
Для уровня задания все необходимые компоненты соединены корректно	+6	
Для уровня задания корректно обрабатываются данные от компонентов	+4	
Для уровня задания реализован требуемый алгоритм	+6	
Для задания в целом аккуратно собрана схема	+1	Доп. баллы
Для задания в целом аккуратно написан код (именование переменных, выделение функций)	+1	Доп. баллы
Не использованы готовые примеры при решении задания	+1	Доп. баллы
Оригинальное решение (как пример использование драйвера моторов)	+1	Доп. баллы

Снятие баллов	Кол-во баллов	Комментарий
Общие мелкие недочеты при создании схемы (некорректно подключены некоторые из датчиков)	-1-3	
Неаккуратная схема подключения	-1	
Нечитаемый код	-1	
Общие мелкие недочеты в коде (не все показания компонентов корректно обработаны)	-1-3	
Для уровней 6-го задания не оформлен ответ в виде примечания	-1-2	
Для уровней 6-го задания в ответе нет указания единиц полученного значения	-1	
Не компилируется код	-1	

Код задания написан на языке Scratch	-3	
Заимствование чужой работы	-20	

Максимальная оценка за выполнение одного уровня задания не превышает 10 баллов

2022-2023 учебный год

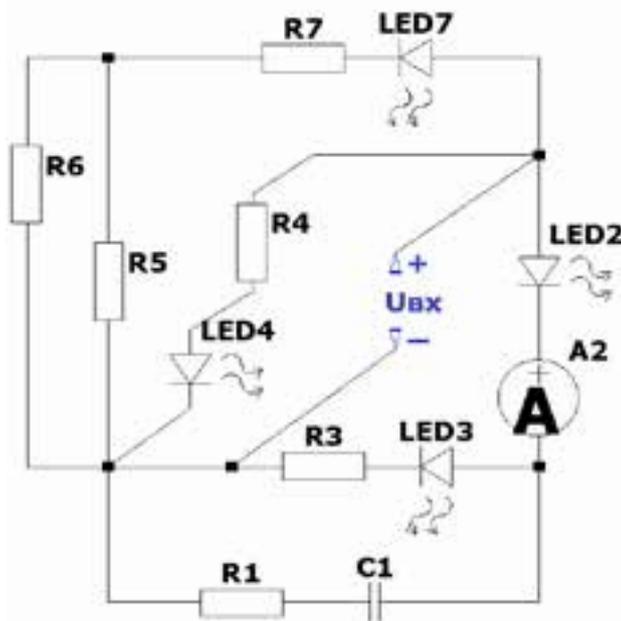
Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба», 2 этап,
профиль «Инженерные науки», 10 класс

Задача 1 (Максимум – 15 баллов).

Король Железного трона поручил своим технологическим советникам создать Имперский передатчик для мгновенной пересылки одинаковых световых сообщений четырём Стражам региональных армий. Перед началом похода Король решил созвать Стражей и включил питание на своём новом устройстве.

Однако, часть световых излучателей быстро перегорели. Разгневавшись, он приказал советникам немедленно исправить ошибку. Открыв корпус Имперского передатчика и проведя анализ схемы, советники увидели, что электрические токи в двух излучателях оказались больше максимально допустимого значения. Чтобы ограничить токи этих излучателей, советники включили последовательно с ними добавочные резисторы.

В составе схемы: $R_1 = 100 \text{ Ом}$, $C_1 = 25 \text{ мкФ}$, $R_3 = 300 \text{ Ом}$, $R_4 = 50 \text{ Ом}$, $R_5 = 20 \text{ Ом}$, $R_6 = 150 \text{ Ом}$, $R_7 = 33 \text{ Ом}$, максимально допустимый ток излучателей (LED) 50 мА , напряжение батареи источников питания 9 В .



Найдите ответы на следующие вопросы:

1. Найдите суммарное сопротивление резисторов, которые понадобились для ограничения токов (ответ дайте в Омах, округлите до десятков).
2. Определите, насколько изменилась мощность потребления Имперского передатчика после исправления (ответ дайте в Ваттах, округлите до десятых долей).
3. Найдите изменение заряда конденсатора C_1 (ответ дайте в микрокулонах, округлите до целых).

Нахождение каждого ответа должно сопровождаться подробной аргументацией. Участником должны быть приведены необходимые для объяснения логики решения рисунки, формулы, аналитические обоснования.

Решение

Исходные данные

$R1 = 100; C1 = 25e - 6; R3 = 300; R4 = 50; R5 = 20; R6 = 150; R7 = 33; I_{ledmax} = 50e - 3; E = 9;$

1) Вопрос 1

а) сопротивление левой ветви

$$R_{eq7} = R7 + R5 || R6$$

б) расчёт токов излучателей

$$I_{led3} = \frac{E}{R3}; I_{led4} = \frac{E}{R4}; I_{led7} = \frac{E}{R_{eq7}}$$

Вывод: превышение по току у излучателей №№ 4 и 7.

с) расчёт добавочных сопротивлений

$$R4_{add} = \frac{E}{I_{ledmax}} - R4; R7_{add} = \frac{E}{I_{ledmax}} - R_{eq7}; R_{add} = R4_{add} + R7_{add}$$

2) Вопрос 2

Индекс _1 относится к напряжённому режиму, _2 после исправления

а) расчёт для напряжённого режима

i) сопротивление

$$R_{sum_1} = R3 || R4 || R_{eq7}$$

ii) ток

$$I_{sum_1} = \frac{E}{R_{sum_1}}$$

iii) мощность

$$P_{sum_1} = E * I_{sum_1}$$

б) расчёт для напряжённого режима

i) сопротивление

$$R_{sum_2} = R3 || (R4 + R4_{add}) || (R_{eq7} + R7_{add})$$

ii) ток

$$I_{sum_2} = \frac{E}{R_{sum_2}}$$

iii) мощность

$$P_{sum_2} = E * I_{sum_2}$$

с) разница

$$\Delta P_{sum} = P_{sum_2} - P_{sum_1}$$

3) Вопрос 3

Заряд конденсатора не меняется, т.к. не меняется его напряжение

$$\Delta Q_{C1} = 0$$

Ответы

1) $R_{add} = 260$ Ом (6 баллов)

2) $\Delta P_{sum} = 2,3$ Вт (6 баллов)

3) $\Delta Q_{C1} = 0$ (3 балла)

Критерии оценки

по вопросам 1, 2:

	общая оценка
задание не выполнено.	0
приведены формулы, необходимые для решения, но решение не выполнено.	1
принцип решения верен, но допущены ошибки.	2–4
алгоритм решения верен, но результат получен неверно.	5
решение полностью верно.	6

по вопросу 3:

	общая оценка
задание не выполнено.	0
решение неполное	1–2
решение полностью верно.	3

Задача 2 (Максимум – 15 баллов).

Олимпийские боги пошли на тренировку по космическому хоккею в безвоздушном пространстве. В качестве “шайбы взяли” мощный электрон (масса $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, заряд $q_e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл); Зевс выдал командам громоподобные электрические клюшки, способные при приближении к “шайбе” мгновенно включать равномерное электрическое поле величиной 120 В/м на период времени 150 мкс. Однако, капитан второй команды сжульничал и выдал своим игрокам модифицированные клюшки с салбутамольным усилением, создающие поле большей величины.



При отработке пасов игрок из первой команды передал “шайбу” игроку из второй команды, находящемуся на расстоянии 1 тыс. км. Тот передал пас третьему игроку на то же расстояние, придав шайбе продольное ускорение, причём путь “шайбы” после второго паса занял в 1,5 раза меньшее время.

Найдите ответы на следующие вопросы:

- 1) Сколько времени двигалась “шайба” от первого до третьего игрока? (ответ дайте в миллисекундах, округлите до десятых долей).
- 2) С какой полной скоростью “шайба” попала к третьему игроку? (ответ дайте в миллионах км/с, округлите до целых).
- 3) Какой суммарный путь “шайба” прошла с ускорением? (ответ дайте в километрах, округлите до сотен).

Нахождение каждого ответа должно сопровождаться подробной аргументацией. Участником должны быть приведены необходимые для объяснения логики решения рисунки, формулы, аналитические обоснования.

Решение

Исходные данные

$$q_e = 1,6 \cdot 10^{-19}; m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}; t_E = 150 \cdot 10^{-6}; E_1 = 120; S_{13} = 1 \cdot 10^6; t_{13} = 1,5 \cdot t_{35};$$

$$S_{35} = S_{13}$$

Прим. Числовые индексы относятся к номерам точек.

<p>1) Расчёт движения на участке 1–3 (через известное E_1)</p> $a_{12} = E_1 \cdot \frac{q_e}{m_e};$ $S_{12} = a_{12} \cdot \frac{t_E^2}{2};$ $v_2 = a_{12} t_E;$ $S_{23} = S_{13} - S_{12};$ $t_{23} = \frac{S_{23}}{v_2}$	<p>2) Уравнения для движения на участке 3–5 (через неизвестное E_3)</p> $a_{34} = E_3 \cdot \frac{q_e}{m_e};$ $S_{34} = a_{34} \cdot \frac{t_E^2}{2} + v_2 t_E;$ $v_4 = a_{34} t_E + v_2;$ $S_{45} = S_{35} - S_{34};$ $t_{45} = \frac{S_{45}}{v_4}$
---	--

3) Уравнения для поиска E_3

а) исходные уравнения

$$t_{13} = 1,5 \cdot t_{35}$$

$$\Rightarrow t_E + t_{23} = 1,5(t_E + t_{45})$$

б) после подстановки выражений

$$t_E + \frac{S_{13} - E_1 \frac{q}{m} \frac{t_E^2}{2}}{E_1 \frac{q}{m} t_E} = 1,5 \cdot \left(t_E + \frac{S_{35} - E_3 \frac{q}{m} \frac{t_E^2}{2} - E_1 \frac{q}{m} \frac{t_E^2}{2}}{E_3 \frac{q}{m} t_E + E_1 \frac{q}{m} t_E} \right)$$

в) после подстановки чисел

$$150 \cdot 10^{-6} + \frac{1 \cdot 10^6 - 2,37 \cdot 10^6}{3,16 \cdot 10^9} = 1,5 \cdot \left(150 \cdot 10^{-6} + \frac{1 \cdot 10^6 - E_3 \cdot 1978 - 4,74 \cdot 10^6}{E_3 \cdot 2,64 \cdot 10^8 + 3,16 \cdot 10^9} \right)$$

$$\Rightarrow E_3 = 35,76$$

4) Вопрос 1

а) суммарное время движения

$$t_{sum} = t_E + t_{23} + t_E + t_{45}$$

5) Вопрос 2

а) конечная скорость

$$v_5 = v_4$$

6) Вопрос 3

а) путь, пройденный с ускорением

$$S_{amp} = S_{12} + S_{34}$$

Ответы

При формальной подстановке исходных данных получаются следующие ответы:

- 1) $t_{sum} = 0,7$ мс (5 баллов)
- 2) $v_5 = 4$ млн. км/с (5 баллов)
- 3) $S_{amp} = 800$ км (5 баллов)

Внимательный участник олимпиады должен отметить, что скорость шайбы получается больше скорости света.

Критерии оценки

по каждому вопросу:

задание не выполнено.	0
приведены формулы, необходимые для решения, но решение не выполнено.	1
принцип решения верен, но допущены ошибки.	2–3
алгоритм решения верен, но результат получен неверно.	4
решение полностью верно.	5

Полный балл за задачу выставляется только при условии, что сделано замечание об ограниченности скорости шайбы.

Задача 3 (Максимум – 15 баллов).

Исследовательская радиолокационная станция, расположенная на планете “VP2023”, способна передавать закодированные данные в центр обработки данных (ЦОД). Целью данной станции является отслеживание координат любых объектов в зоне обнаружения. Координаты станции: 0° долготы, 0° широты. В ЦОД происходит декодирование поступающих от станции сообщений (передаются в виде чисел, записанных в шестнадцатеричной системе счисления) с использованием следующего регулярного выражения:

$$[3-7]\{2\}[B-D|0-4][^0-9]2[0-2|5-9|C-F]$$

Полученные после декодирования подстроки представляют собой значения координат детектированного объекта (по долготе и широте), которые записываются в базу данных. Если подстрока оканчивается на цифру – передается долгота, если на буквы – широта. Иногда объекты находятся на идентичной долготе или широте со станцией. В таких случаях для уменьшения энергопотребления станция передает сообщение, в котором содержится только одна подстрока, доступная для анализа после декодирования сообщения. В случае отсутствия объектов в зоне обнаружения станция посылает сообщение, из которого невозможно выделить какие-либо подстроки при помощи регулярного выражения (в таком случае, в качестве координат объекта в базу данных записываются координаты станции (0° ; 0°)).

Таблица 1. Сообщения, полученный от радиолокационной станции

№	Сообщение от радиолокационной станции
1	DN3300450D251628334D36FEIHF23BS!60&NWFP3470C2C21%02E@F270CCCF
2	30922F&AAA433011657239826361C2E923ECA22DE022FA00126F221301A2437B\$20
3	71AF664D2315481236ADFC23DE009F#2FF57DD2C01193BD2F345A44DD222F

После получения подстрок каждая из них переводится в десятичную систему счисления. Получившееся число обрабатывается системой парсинга строк и преобразуется в координаты объекта следующим способом: 2 старших разряда числа $[N_{\max}, N_{\max} - 1]$ – градусы, 2 последующих разряда $[N_{\max} - 2, N_{\max} - 3]$ – минуты, 2 последующих разряда $[N_{\max} - 4, N_{\max} - 5]$ – секунды. В случае, если в числе используется более 6 разрядов – значения младших разрядов $N \leq N_{\max} - 6$ не учитываются при расчете координаты (N_{\max} – номер старшего разряда полученного числа в десятичной системе счисления).

Используя информацию из таблицы 1, выполните следующие задания:

1. Произведите декодирование сообщений.
2. Определите координаты объекта, закодированные в каждом сообщении.
3. Вычислите количество всех возможных комбинаций координат объектов, которые могут быть записаны в базу данных после обнаружения объектов радиолокационной станцией.

Решение каждого задания должно сопровождаться подробной аргументацией. Участником должны быть приведены необходимые для объяснения логики решения рисунки, формулы, аналитические обоснования.

Ответы

Задание 1.

№ сообщения	Сообщение от радиолокационной станции	Подстроки
1	DN3300450D251628334D36FEIHF23BS!60&NWFP3470C2C21%02E@F270CCCCF	450D25 470C2C
2	30922F&AAA433011657239826361C2E923ECA22DE022FA00126F221301A2437B\$20	361C2E
3	71AF664D2315481236ADFC23DE009F#2FF57DD2C01193BD2F345A44DD222F	57DD2C 44DD22

Задание 2.

№ сообщения	Сообщение от радиолокационной станции	Широта	Долгота
1	DN3300450D251628334D36FEIHF23BS!60&NWFP3470C2C21%02E@F270CCCCF	45° 25' 34"	46° 56' 17"
2	30922F&AAA433011657239826361C2E923ECA22DE022FA00126F221301A2437B\$20	35° 46' 15"	0°
3	71AF664D2315481236ADFC23DE009F#2FF57DD2C01193BD2F345A44DD222F	45° 13' 05"	57° 58' 25"

Задание 3.

207388801

Решение

Задание 1 (5 баллов)

Используя регулярное выражение необходимо определить подстроки, удовлетворяющие условию. Некоторые комбинации, которые могут быть обработаны регулярным выражением, не подходят под условия задачи, т.к. итоговая подстрока не будет являться шестнадцатеричным числом. Результаты работы регулярного выражения:

№ сообщения	Сообщение от радиолокационной станции	Подстроки
1	DN3300450D251628334D36FEIHF23BS!60&NWFP3470C2C21%02E@F270CCCF	450D25 470C2C
2	30922F&AAA433011657239826361C2E923ECA22DE022FA00126F221301A2437B\$20	361C2E
3	71AF664D2315481236ADFC23DE009F#2FF57DD2C01193BD2F345A44DD222F	57DD2C 44DD22

Задание 2 (5 баллов)

После получения подстрок каждое значение необходимо перевести из шестнадцатеричной системы в десятичную. Также нужно проанализировать значение подстрок и выявить значения, которые отвечают за долготу (оканчиваются на цифру) и за широту (оканчиваются на букву).

Получаем следующие результаты:

Подстроки (16-я СС)	Тип координаты	Представление в 10-й СС
450D25	Долгота	4525349
470C2C	Широта	4656172
361C2E	Долгота	3546158
57DD2C	Широта	5758252
44DD22	Долгота	4513058

Согласно условию: Получившееся число обрабатывается системой парсинг строк и преобразуется в координаты объекта следующим способом: 2 старших разряда числа – градусы, 2 последующих разряда – минуты, 2 последующих разряда – секунды. В случае, если в числе используется более 6 разрядов – значения младших разрядов $N \leq N_{\max}-6$ не учитываются при расчете координаты (N_{\max} – номер самого старшего разряда, значение цифры в котором, отличается от 0, а N – номер рассматриваемого разряда).

Разделим полученные результаты на разряды:

Градусы (разряды 6,5)	Минуты (разряды 4,3)	Секунды (разряды 2,1)	Не учитывается (разряд 0)
45	25	34	9
46	56	17	2
35	46	15	8
57	58	25	2
45	13	05	8

Задание 3 (5 баллов)

Количество сообщений, которое может быть декодировано с использованием регулярного выражения $K = 5*5*(3+5)*6*1*(3+5+4) = 14440$

Для каждого объекта общее количество всех возможных комбинаций координат объектов состоит из нескольких возможных случаев:

1. Объект не находится в зоне обнаружения – единственная координата, которая записывается в базу данных ($0^\circ; 0^\circ$). $M_0 = 1$.
2. Объект находится в зоне обнаружения и декодируются две подстроки. Таким образом, мы имеем две координаты (по широте и по долготе). Поскольку количество всех возможных подстрок для одной координаты – K , общее количество возможных вариантов – $M_k = K * K = K^2$.
3. Объект находится в зоне обнаружения, но декодирована только 1 подстрока. Это означает, что мы имеем фиксированную координату по широте или по долготе. Таким образом, мы количество всех возможных комбинаций с фиксированной широтой - $M_{lat} = K * 1 = K$, и фиксированной долготой $M_{long} = K * 1 = K$.

Количество всех возможных комбинаций координат объектов, которые могут быть записаны в базу данных после обнаружения объектов, радиолокационной станцией может быть рассчитано как

$$M = M_0 + M_k + M_{lat} + M_{long} = 1 + K^2 + K + K = K^2 + 2K + 1 = (K+1)^2 = 14401^2 = 207388801$$

Критерии оценивания

Для каждого задания:

0 – задание не выполнено.

1 – приведены формулы, необходимые для решения, но решение не выполнено.

2-3 – принцип решения верен, но допущены ошибки или отсутствует аргументация (логические ошибки, ошибки влияющие на ход решения)

4 – алгоритм решения верен, но результат получен неверно (незначительные ошибки в вычислениях, незначительные недостатки в аргументации)

5 – решение полностью верно.

Задача 4 (Максимум – 15 баллов).

На вход в счастливый автомат нужно подать любое натуральное число. Если оно обратит в истину логическую функцию из условий, заложенную в автомат, вы получите приз. Допустим, вам стало известно устройство автомата.

Здесь

$a = \{\text{число кратно } 3\}$

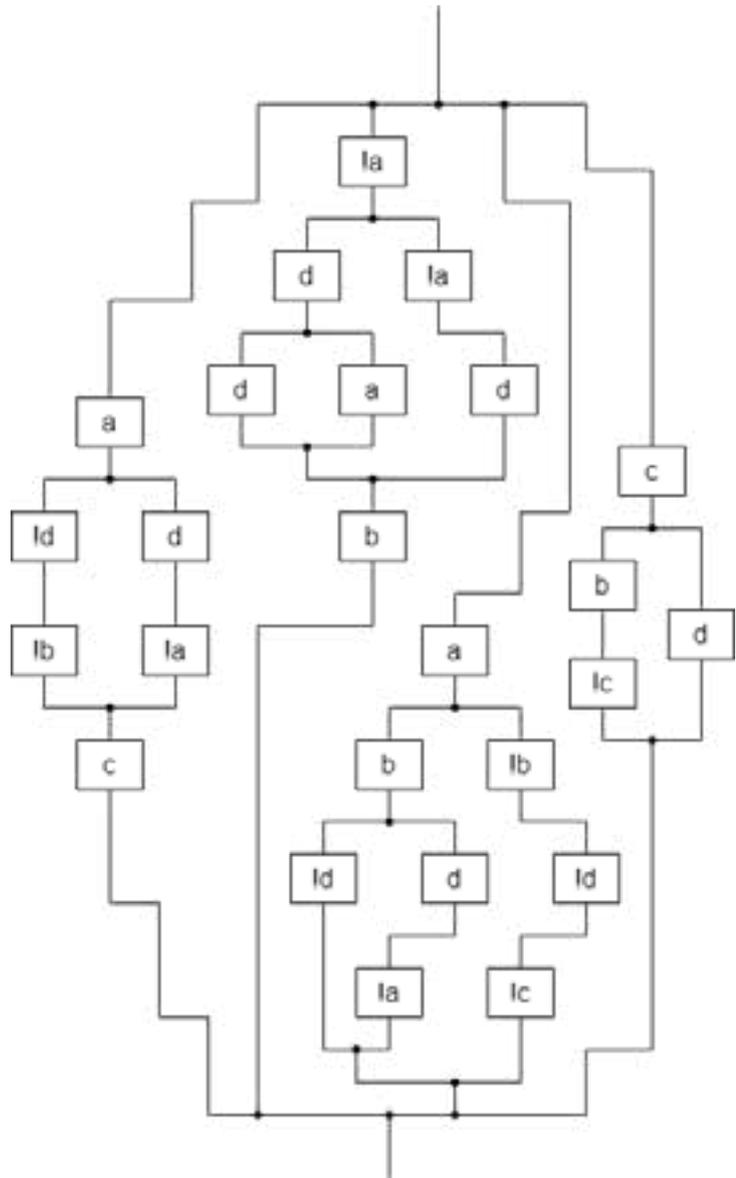
$b = \{\text{число двузначное}\}$

$c = \{\text{число больше } 173\}$

$d = \{\text{число простое}\}$

! – условие не должно быть выполнено

Например, при вводе 179, вы получите приз, а при вводе 178 – не получите.



Используя схему автомата и условия, описанные выше, ответьте на следующие вопросы:

1. Составьте логическую функцию, отвечающую устройству автомата. Преобразуйте её в ДНФ так, чтобы она содержала наименьшее возможное количество конъюнкций.
2. Какое самое большое двузначное число окажется выигрышным?
3. Какое самое маленькое трёхзначное число окажется выигрышным?
4. С какой вероятностью наугад выбранное двузначное число окажется выигрышным? (округлить арифметически до тысячных долей).

Нахождение каждого ответа должно сопровождаться подробной аргументацией. Участником должны быть приведены необходимые для объяснения логики решения рисунки, формулы, аналитические обоснования.

Ответы:

А. $a + bd + cd$ (допускается ответ в форме: $a!d + !abd + cd$)

Б. 99

В. 102

Г. 0,567

Решение:

Преобразуем схему в функцию:

$$\begin{aligned} & a((\bar{d} + d\bar{a})b + \bar{d}c\bar{b}) + \bar{a}(d(d + a) + \bar{a}d)b + (a(\bar{d}\bar{b} + d\bar{a})c + c(d + b\bar{c})) = \\ & = a\bar{b}\bar{d} + a\bar{a}bd + a\bar{b}c\bar{d} + \bar{a}b\bar{d}d + \bar{a}ab\bar{d}d + \bar{a}\bar{a}bd + a\bar{b}c\bar{d} + \bar{a}acd + cd + b\bar{c}c = \\ & = a\bar{b}\bar{d} + a\bar{b}c\bar{d} + \bar{a}bd + a\bar{b}c\bar{d} + cd = a\bar{b}\bar{d} + a\bar{b}(c + c)\bar{d} + \bar{a}bd + cd = \\ & = a(b + \bar{b})\bar{d} + \bar{a}bd + cd = a\bar{d} + \bar{a}bd + cd \end{aligned}$$

Упростим результат, анализируя условия.

Если число кратно трем, то оно не может быть простым, то есть если $a = 1$, то $d = 0$.

Поэтому первое слагаемое равносильно a .

Если число простое, то оно не может быть кратным 3, то есть если $d = 1$, то $a = 0$. Поэтому второе слагаемое равносильно bd .

Теперь знаем, что автомат выдает приз, если число обращает в истину выражение $a + bd + cd$:

число должно быть кратным трём, ИЛИ простым и двузначным, ИЛИ простым и большим 173.

Самое большое двузначное число, удовлетворяющее условиям – 99 (кратное трём). Самое маленькое трёхзначное число, удовлетворяющее условиям – 102 (кратное трём). Всего двузначных чисел, удовлетворяющее условиям – 51 (30 кратных трём и 21 простое). А всех двузначных чисел вообще – 90. Тогда вероятность случайно выбранного числа оказаться подходящим под условия автомата – $51/90 = 17/30 = 0,5(6) = 0,567$.

Критерии оценки задачи 4 (10 класс):

1 задание максимально оценивается в 4 балла, если решение подходит под следующее описание:

Условие верно трактовано, демонстрируется понимание графического изображения логических операций; схема верно разделена и записана в виде логической функции; преобразования логических операций выполнено без ошибок; правильный результат предложен в дизъюнктивной нормальной форме, причем в сокращенном виде до минимального количества конъюнкций.

2 задание максимально оценивается в 3 балла, если решение подходит под следующее описание:

При наличии верной логической формулы (определенной в первом задании) участник предлагает её трактовку, описывая характеристики чисел, которые подойдут под указанные условия; из всех чисел, подходящих под условия задания выбрано то, что обратит логическую формулу в истину. При отсутствии верной логической формулы (определенной в первом задании) участник перебирает числа, которые подойдут под указанные условия, начиная с максимального; из всех чисел, подходящих под условия задания выбрано то, что пройдет через автомат и будет признано выигрышным.

3 задание максимально оценивается в 3 балла, если решение подходит под следующее описание:

При наличии верной логической формулы (определенной в первом задании) участник предлагает её трактовку, описывая характеристики чисел, которые подойдут под указанные условия; из всех чисел, подходящих под условия задания выбрано то, что обратит логическую формулу в истину. При отсутствии верной логической формулы (определенной в первом задании) участник перебирает числа, которые подойдут под указанные условия, начиная с минимального; из всех чисел, подходящих под условия задания выбрано то, что пройдет через автомат и будет признано выигрышным.

4 задание максимально оценивается в 5 баллов, если решение подходит под следующее описание:

К этому заданию получится приступить только при условии выполнения первого задания. При наличии верной логической формулы (определенной в первом задании) участник предлагает её трактовку, описывая характеристики чисел, которые подойдут под указанные условия; из всех чисел, подходящих под условия задания выбраны все, которые подходят под характеристики, посчитано их количество (с учетом непересекаемости описанных множеств); верно определена вероятность описанного события.

Каждое задание может быть оценено неполным баллом, если решение не подходит под описание, в таком случае балл снижается соразмерно с количеством расхождений с описанным эталонным решением. Помимо этого, предусмотрены штрафы – балл снимается за любой из пунктов (при наличии нескольких подходящих условий, балл снимается за каждое):

- Неверно трактованное условие задачи (например, неверно трактуется графическое изображение логических операций);
- Неверное понимание простоты числа (1 не является простым числом);
- Вычислительные или логические ошибки;
- Опущение необходимых преобразований;
- Опущение части решения без пояснения, почему это допустимо.

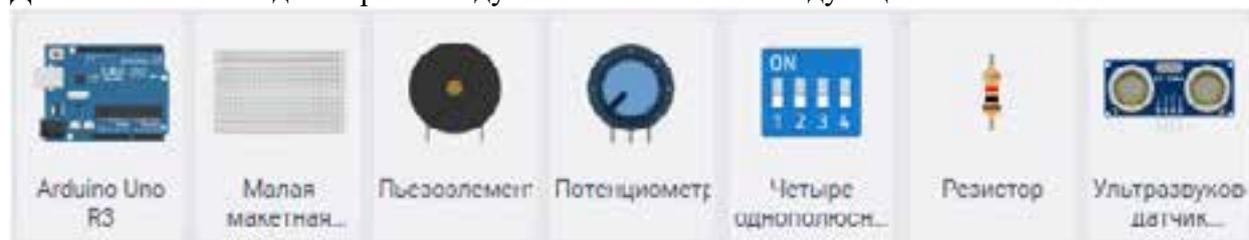
Если решение не содержит комментариев, или предложен только ответ, задача оценивается 0 баллов.

Практическая часть – 120 минут. **(Максимальное количество баллов – 40)**

Задача 5 (Максимум – 20 баллов).

На уроке труда учениками 5 «А» класса была создана модель электроавтомобиля. Ребята задумали реализовать для данной модели систему парктроник. Для ее создания ученики решили использовать плату Arduino UNO, потенциометр, ультразвуковой датчик, dip переключатели и пьезоэлемент.

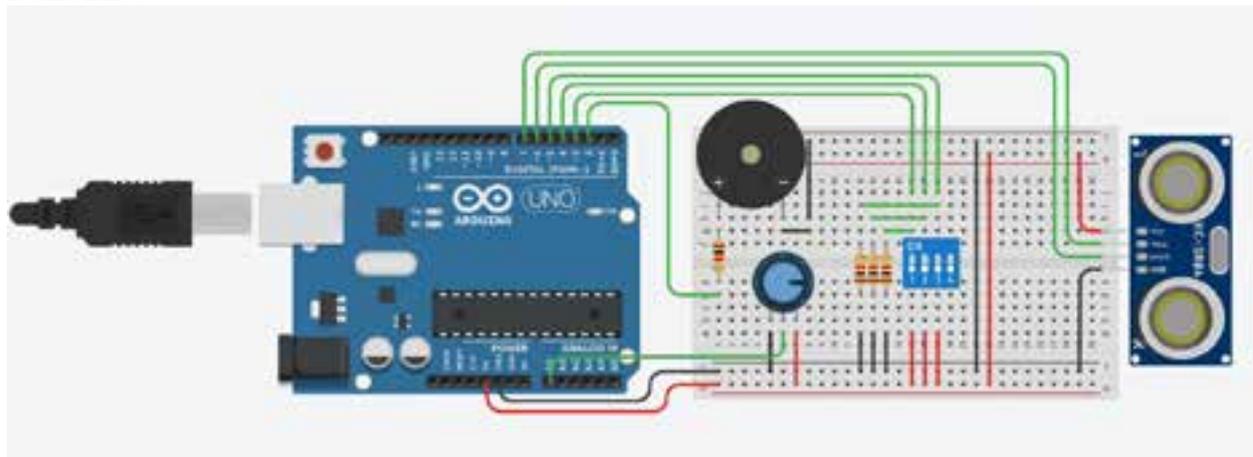
Для выполнения задания рекомендуется использовать следующие компоненты:



Необходимо в эмуляторе tinkercad спроектировать и запрограммировать макет парктроники, удовлетворяющего следующим требованиям:

1. При изменении значения на датчике расстояния линейно изменяется частота звука пьезоэлемента от 200 Гц до 800 Гц.
2. Вращение потенциометра изменяет частоту звука пьезоэлемента, прибавляя к ней значение, получаемое с потенциометра.
3. DIP переключатели изменяют границу срабатывания ультразвукового датчика:
 - При включении только первого переключателя ультразвуковой датчик срабатывает в диапазоне от 2 см до 50 см.
 - При включении только второго переключателя ультразвуковой датчик срабатывает в диапазоне от 51 см до 150 см.
 - При включении только третьего переключателя ультразвуковой датчик срабатывает в диапазоне от 151 см до 250 см.
 - При любых других включениях переключателей показания с ультразвукового датчика не считываются и пьезоэлемент не работает.

Решение:



```

1. int dip_pin_1 = 3;
2. int dip_pin_2 = 4;
3. int dip_pin_3 = 5;
4. int trig_pin = 7;
5. int echo_pin = 6;
6. int sound_pin = 2;
7. int sens_pin = A0;
8. int sens_data = 0;
9. int state_123 = 0;
10. int dist_diap[4] = {2, 51, 151, 250};
11. int diap_index = -1;
12. int low_sound = 200;
13. int high_sound = 800;
14. int distance = 0;
15. int real_sound = 0;
16.
17. long readUltrasonicDistance(int triggerPin, int echoPin)
18. {
19.   digitalWrite(triggerPin, LOW);
20.   delayMicroseconds(2);
21.   digitalWrite(triggerPin, HIGH);
22.   delayMicroseconds(10);
23.   digitalWrite(triggerPin, LOW);
24.   return pulseIn(echoPin, HIGH);
25. }
26.
27. void setup()
28. {
29.   pinMode(dip_pin_1, INPUT);
30.   pinMode(dip_pin_2, INPUT);
31.   pinMode(dip_pin_3, INPUT);

```

```

32. pinMode(trig_pin, OUTPUT);
33. pinMode(echo_pin, INPUT);
34. pinMode(sound_pin, OUTPUT);
35. pinMode(sens_pin, INPUT);
36. }
37.
38. void loop()
39. {
40. state_123 = 0;
41. state_123 = state_123 + digitalRead(dip_pin_1)*100;
42. state_123 = state_123 + digitalRead(dip_pin_2)*10;
43. state_123 = state_123 + digitalRead(dip_pin_3);
44. distance = 0.01723 * readUltrasonicDistance(trig_pin, echo_pin);
45. sens_data = analogRead(sens_pin);
46.
47. if(state_123 == 100)
48. {
49. diap_index = 0;
50. }
51. else if(state_123 == 10)
52. {
53. diap_index = 1;
54. }
55. else if(state_123 == 1)
56. {
57. diap_index = 2;
58. }
59. else
60. {
61. diap_index = -1;
62. }
63.
64. if(diap_index != -1 && distance >= dist_diap[diap_index] && distance < dist_diap[diap_index+1])
65. {
66. int buffer = dist_diap[diap_index+1] - dist_diap[diap_index];
67. real_sound = low_sound + (high_sound - low_sound)/buffer*(distance - dist_diap[diap_index]);
68. real_sound = real_sound + sens_data;
69. tone(sound_pin, real_sound);
70. }
71. else
72. {
73. noTone(sound_pin);

```

74. }

75. }

Критерии оценивания

Начисление баллов	Кол-во баллов	Комментарий
Для уровня задания добавлены все необходимые для выполнения компоненты	+4	
Для уровня задания все необходимые компоненты соединены корректно	+6	
Для уровня задания корректно обрабатываются данные от компонентов	+4	
Для уровня задания реализован требуемый алгоритм	+6	
Для задания в целом аккуратно собрана схема	+1	Доп. баллы
Для задания в целом аккуратно написан код (именование переменных, выделение функций)	+1	Доп. баллы
Не использованы готовые примеры при решении задания	+1	Доп. баллы
Оригинальное решение (как пример использование драйвера моторов)	+1	Доп. баллы

Снятие баллов	Кол-во баллов	Комментарий
Общие мелкие недочеты при создании схемы (некорректно подключены некоторые из датчиков)	-1-3	
Неаккуратная схема подключения	-1	
Нечитаемый код	-1	
Общие мелкие недочеты в коде (не все показания компонентов корректно обработаны)	-1-3	
Для уровней 6-го задания не оформлен ответ в виде примечания	-1-2	
Для уровней 6-го задания в ответе нет указания единиц полученного значения	-1	
Не компилируется код	-1	
Код задания написан на языке Scratch	-3	
Заимствование чужой работы	-20	

Максимальная оценка за выполнение одного уровня задания не превышает 10 баллов

Задача 6 (Максимум – 20 баллов).

В вентиляционную шахту космического корабля была установлена система рециркуляции воздуха, состоящая из мотора, потенциометра, платы Arduino UNO, датчика температуры и LCD экрана.

Для выполнения задания рекомендуется использовать следующие компоненты:



Система рециркуляции воздуха может работать в двух режимах:

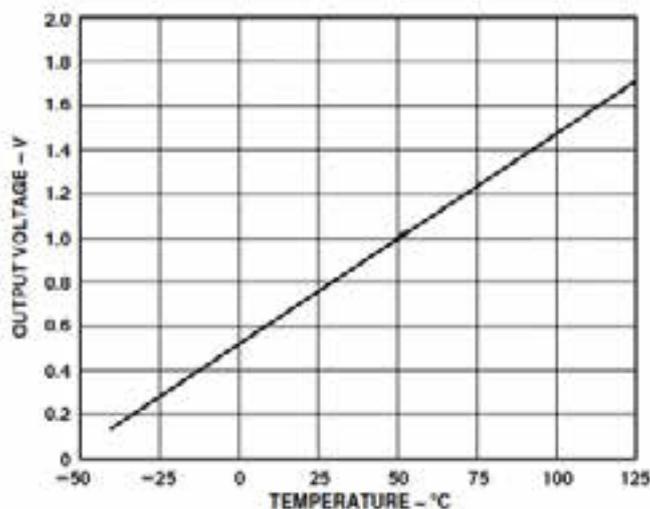
- автоматический – частота вращения мотора зависит от показаний датчика температуры;
- ручной режим – частота вращения мотора зависит от показаний на потенциометре, который установлен в каюте капитана.

Инженеру необходимо в эмуляторе tinkercad собрать и запрограммировать макет вентиляционной системы.

На экран выводится среднее количество оборотов в 20 секунд и надпись, зависящая от текущего количества оборотов: при количестве оборотов до 2000 оборотов в минуту на экран выводится «SL», от 2000 до 4000 – «MD», после 4000 – «FT».

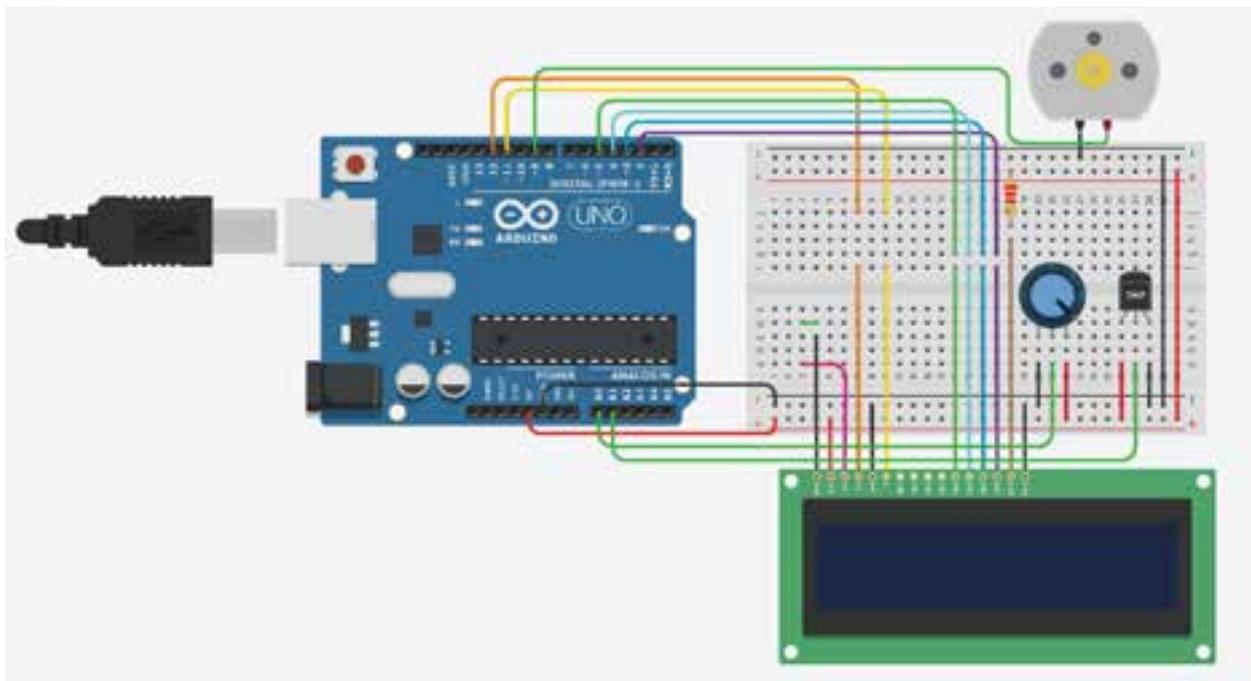
Частота обновления данных на индикаторе 10 секунд. При превышении показаний датчика температуры выше 37 градусов Цельсия, текущее количество оборотов в минуту увеличивается на 20% от установленной потенциометром. После уменьшения показаний датчика ниже 37 градусов Цельсия, скорость моторов уменьшается на 20% от установленной потенциометром.

Перевод значений датчика температуры в градусы Цельсия может быть реализован на основе графика работы датчика температуры TMP36:



TPC 1. Output Voltage vs. Temperature

Решение:



```

1. #include <LiquidCrystal.h>
2.
3. int motor_pin = 9;
4. int sens_pin = A0;
5. int temp_pin = A1;
6. LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
7. int sens_data = 0;
8. int temp_data = 0;
9. float temp_c = 0;
10. int motor_data[20];
11. int array_index = 0;
12. unsigned long int average_motor_speed = 0;
13. unsigned long int time_stamp_500 = 0;
14. unsigned long int time_stamp_20000 = 0;
15. unsigned long int time_stamp_10000 = 0;
16.
17. void setup()
18. {
19.   pinMode(motor_pin, OUTPUT);
20.   pinMode(sens_pin, INPUT);
21.   pinMode(temp_pin, INPUT);
22.   lcd.begin(16, 2);
23.
24.   time_stamp_500 = millis();
25.   time_stamp_10000 = time_stamp_500;

```

```

26. time_stamp_20000 = time_stamp_500;
27. }
28.
29. void loop()
30. {
31.   sens_data = analogRead(sens_pin);
32.   sens_data = map(sens_data, 0, 1023, 0, 255);
33.   temp_data = analogRead(temp_pin);
34.   temp_c = ((temp_data*5.0/1024.0)-0.5)*100;
35.   if(temp_c >= 37)
36.   {
37.     sens_data =sens_data + sens_data*0.2;
38.     if(sens_data > 255)
39.     {
40.       sens_data = 255;
41.     }
42.   }
43.   else if(temp_c < 37)
44.   {
45.     sens_data =sens_data - sens_data*0.2;
46.     if(sens_data < 0)
47.     {
48.       sens_data = 0;
49.     }
50.   }
51.   analogWrite(motor_pin, sens_data);
52.
53.   if(millis() - time_stamp_500 >=500)
54.   {
55.     time_stamp_500 = millis();
56.     motor_data[array_index] = (float)5555/(float)256*sens_data;
57.     array_index++;
58.
59.     if(array_index >=20)
60.     {
61.       array_index = 0;
62.     }
63.   }
64.
65.   if(millis() - time_stamp_20000 >=20000)
66.   {
67.     average_motor_speed = 0;

```

```

68.  for(int i = 0; i < 20; i++)
69.  {
70.    average_motor_speed += motor_data[i];
71.  }
72.  average_motor_speed /= 20;
73. }
74.
75. if(millis() - time_stamp_10000 >= 10000)
76. {
77.   lcd.setCursor(0, 1);
78.   if(average_motor_speed < 2000)
79.   {
80.     lcd.print("SL");
81.   }
82.   else if(average_motor_speed >= 2000 && average_motor_speed < 4000)
83.   {
84.     lcd.print("MD");
85.   }
86.   else if(average_motor_speed >= 4000)
87.   {
88.     lcd.print("FT");
89.   }
90. }
91. }

```

Критерии оценивания

Начисление баллов	Кол-во баллов	Комментарий
Для уровня задания добавлены все необходимые для выполнения компоненты	+4	
Для уровня задания все необходимые компоненты соединены корректно	+6	
Для уровня задания корректно обрабатываются данные от компонентов	+4	
Для уровня задания реализован требуемый алгоритм	+6	
Для задания в целом аккуратно собрана схема	+1	Доп. баллы
Для задания в целом аккуратно написан код (именование переменных, выделение функций)	+1	Доп. баллы
Не использованы готовые примеры при решении задания	+1	Доп. баллы
Оригинальное решение (как пример использование драйвера моторов)	+1	Доп. баллы

Снятие баллов	Кол-во баллов	Комментарий
Общие мелкие недочеты при создании схемы (некорректно подключены некоторые из датчиков)	-1-3	
Неаккуратная схема подключения	-1	
Нечитаемый код	-1	
Общие мелкие недочеты в коде (не все показания компонентов корректно обработаны)	-1-3	
Для уровней 6-го задания не оформлен ответ в виде примечания	-1-2	
Для уровней 6-го задания в ответе нет указания единиц полученного значения	-1	
Не компилируется код	-1	
Код задания написан на языке Scratch	-3	
Заимствование чужой работы	-20	

Максимальная оценка за выполнение одного уровня задания не превышает 10 баллов

2022-2023 учебный год
Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба», 2 этап,
профиль «Инженерные науки», 11 класс

Задача 1 (Максимум – 15 баллов).

Олимпийские боги решили сыграть в космический хоккей в безвоздушном пространстве. В качестве “шайбы” взяли мощный электрон (масса $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, заряд $q_e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл); Зевс выдал обеим командам громоподобные электрические клюшки, способные при приближении к “шайбе” мгновенно включать равномерное электрическое поле величиной 200 В/м на период времени 85 мкс. Однако, капитан второй команды сжульничал и выдал своим игрокам модифицированные клюшки с салбутамольным усилением, создающие поле большей величины.

В одном напряжённом моменте игры защитник первой команды, находясь перед воротами на левом фланге за 800 км. от линии ворот и за 2 тыс. км. от осевой линии, перехватил “шайбу” и отдал рискованный пас откатившемуся на правый фланг своему вратарю вдоль линии ворот. Однако за 1 тыс. км. от оси ворот нападающий второй команды смог подобраться к “шайбе” и, придав ей клюшкой поперечное ускорение, переправить её точно в центр линии ворот.

Находившийся рядом с этим эпизодом судья был квалифицированным божественноспортивным исследователем, его смутила траектория движения “шайбы” в этом эпизоде. Судья заподозрил махинацию и взял перерыв на просмотр видеоповтора. Итак, в перерыве судья открыл школьный учебник физики за 11 класс и занялся вычислениями.

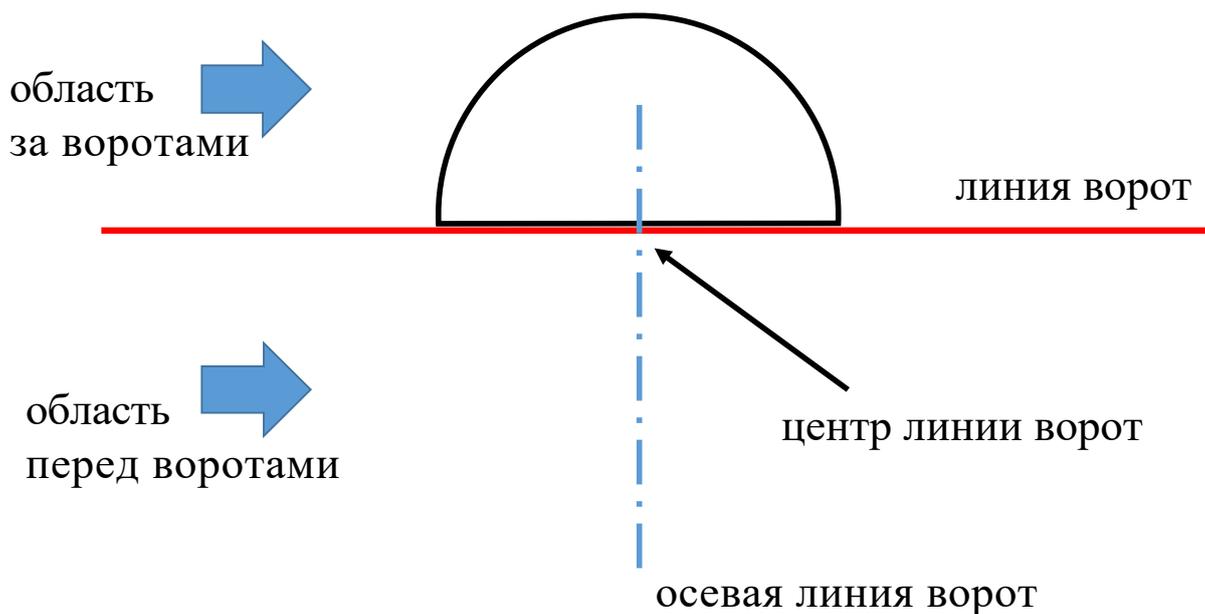


Рисунок 1. Ворота (вид сверху)

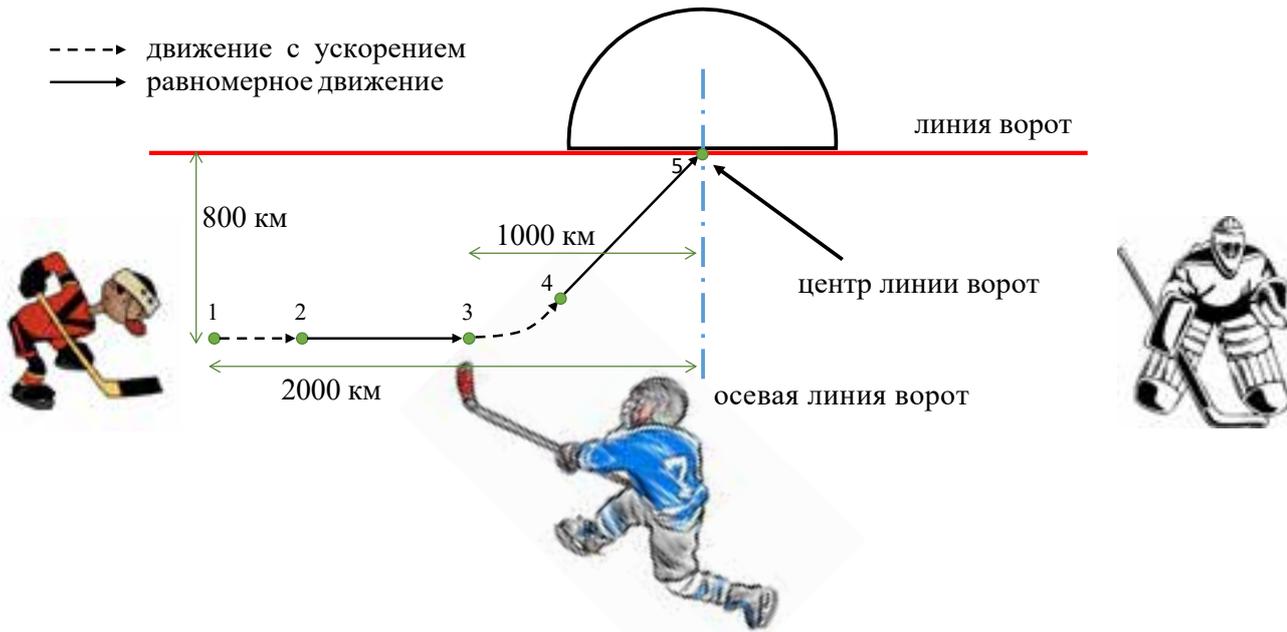


Рисунок 2. Фотофиксация напряжённого моменты игры

Найдите ответы на следующие вопросы:

1. Помогите судье рассчитать величину электрического поля клюшки у нападающего второй команды (ответ дайте в Вольтах на метр, округлите до сотен).
2. С какой полной скоростью “шайба“ влетела в ворота (ответ дайте в миллионах км/с, округлите до целого числа).
3. Какое расстояние “шайба“ пролетела на первом отрезке равномерного движения (ответ дайте в километрах, округлите до сотен).

Нахождение каждого ответа должно сопровождаться подробной аргументацией. Участником должны быть приведены необходимые для объяснения логики решения рисунки, формулы, аналитические обоснования.

Исходные данные

$$q_e = 1,6 \cdot 10^{-19}; m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}; t_E = 85 \cdot 10^{-6}; E_1 = 200; S_{15_hor} = 2 \cdot 10^6; S_{15_vert} = 0,8 \cdot 10^6;$$

$$S_{35_vert} = S_{15_vert}; S_{13_hor} = S_{15_hor} - S_{35_hor}; v_{3_hor} = v_{2_hor}$$

Прим. Индексы *_vert* и *_hor* относятся к вертикальной и горизонтальной проекциям направления движения. Числовые индексы относятся к номерам точек.

<p>1) Расчёт движения на участке 1—3 (через известное E_1)</p> $a_{12_hor} = E_1 \cdot \frac{q_e}{m_e};$ $S_{12_hor} = a_{12_hor} \cdot \frac{t_E^2}{2};$ $v_{2_hor} = a_{12_hor} \cdot t_E;$ $S_{23_hor} = S_{13_hor} - S_{12_hor};$ $t_{23} = \frac{S_{23_hor}}{v_{2_hor}}$	<p>2) Уравнения для <u>вертикального</u> движения на участке 3—5 (через неизвестное E_3)</p> $a_{34_vert} = E_3 \cdot \frac{q_e}{m_e};$ $S_{34_vert} = a_{34_vert} \cdot \frac{t_E^2}{2};$ $v_{4_vert} = a_{34_vert} \cdot t_E;$ $S_{45_vert} = S_{35_vert} - S_{34_vert};$ $t_{45_vert} = \frac{S_{45_vert}}{v_{4_vert}}$
<p>3) Уравнения для <u>горизонтального</u> движения на участке 3—5 (через неизвестное E_3)</p> $S_{34_hor} = v_{2_hor} \cdot t_E$ $S_{45_hor} = S_{35_hor} - S_{34_hor};$ $t_{45_hor} = \frac{S_{45_hor}}{v_{2_hor}}$	

4) Уравнения для поиска E_3

а) исходные уравнения

$$t_{45_hor} = t_{45_vert}$$

б) после подстановки выражений

$$\frac{S_{35_vert} - E_3 \frac{q}{m} \frac{t_E^2}{2}}{E_3 \frac{q}{m} t_E} = \frac{S_{35_hor} - E_1 \frac{q}{m} t_E^2}{E_1 \frac{q}{m} t_E}$$

$$\Rightarrow E_3 = \frac{S_{35_vert}}{\frac{S_{35_hor}}{E_1} - \frac{q}{m} \frac{t_E^2}{2}}$$

5) Полная скорость в точке 5

$$v_{5_hor} = v_{3_hor} = v_{2_hor}$$

$$v_{5_vert} = v_{4_vert}$$

$$v_5 = \sqrt{v_{5_hor}^2 + v_{5_vert}^2}$$

Ответы

При формальной подстановке исходных данных получаются следующие ответы:

1) $E_3 = 200$ В/м (5 баллов)2) $v_5 = 4$ млн. км/с (5 баллов)3) $S_{23} = 900$ км (5 баллов)

Внимательный участник олимпиады должен отметить, что скорость шайбы получается больше скорости света.

Критерии оценки (по каждому вопросу):

задание не выполнено.	0
приведены формулы, необходимые для решения, но решение не выполнено.	1
принцип решения верен, но допущены ошибки.	2–3
алгоритм решения верен, но результат получен неверно.	4
решение полностью верно.	5

Полный балл за задачу выставляется только при условии, что сделано замечание об ограниченности скорости шайбы.

Задача 2 (Максимум – 15 баллов).

Во время рождественского корпоратива в секретной службе Железного трона агенты 008 и 009 (которые на самом деле были нашими разведчиками) убедили агента 007 изобразить на салфетке схему новейшего сигнального устройства (см. шпионский рисунок №3) и сведения о его испытаниях.

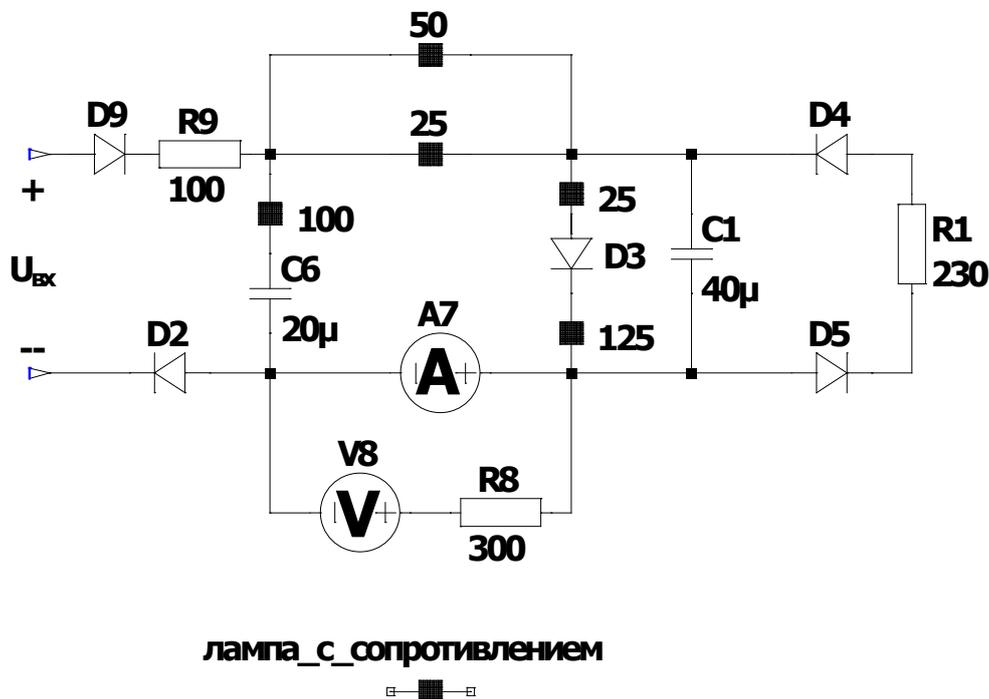


Рисунок 3. Шпионский рисунок

Однако, агент 007 не был специалистом в электричестве (так и не смог войти даже в число призёров олимпиады «Высшая проба», хотя и пытался сделать это под вымышленным именем): он не смог вспомнить, с какого именно из элементов электронной цепи нужно снимать **выходной сигнал**; он помнил только, что для номинального режима работы цепи это был пассивный элемент (не источник электрического сигнала) с самым большим по модулю напряжением.

Помогите агентам 008 и 009 оценить перехваченное устройство и ответить на следующие вопросы:

- 1) Найдите **выходное** напряжение для номинального режима работы с $U_{вх} = 9$ В (ответ дайте в Вольтах, округлите до целых).
- 2) Определите максимально возможное **входное** напряжение для экономичного режима работы цепи, при котором мощность потребления любого её элемента не превышает 150 мВт (ответ дайте в Вольтах, округлите до целых).
- 3) Найдите разницу в заряде конденсатора C1 между первым и вторым режимами работы (ответ дайте в микрокулонах, округлите до целых).

Нахождение каждого ответа должно сопровождаться подробной аргументацией. Участником должны быть приведены необходимые для объяснения логики решения рисунки, формулы, аналитические обоснования.

Исходные данные

$R_9 = 100$; $R_{71} = 50$; $R_{72} = 25$; $R_{31} = 25$; $R_{32} = 125$; $C_1 = 40 \cdot 10^{-6}$; $P_{maxel} = 0.15$; $E = 9$; $R_7 = R_{71} \parallel R_{72}$;
 $R_3 = R_{31} + R_{32}$

1) Вопрос 1

а) расчёт напряжений для различных элементов

$$R_{sum} = R_9 + R_7 + R_3$$

$$I_{sum} = \frac{E}{R_{sum}}$$

$$U_{R_9} = R_9 \cdot I_{sum}; U_{R_7} = R_7 \cdot I_{sum}; U_{R_3} = R_3 \cdot I_{sum}; U_{C_1} = U_{R_3}$$

Наибольшим оказывается U_{C_1} , это можно получить и по результатам рассуждения:

1) путь тока через 4 последовательных группы: $R_9 \text{ — } 50 \parallel 25 \text{ — } 25 + 125 \text{ — } A$,

2) значит, самое большое напряжение у элемента с самым большим сопротивлением.

3) если бы не было C_1 , то это был бы резистор $R_{32} = 125$ Ом, но C_1 подключено параллельно с комбинацией $[125 \text{ и } 25]$, т.е. даже немного больше \rightarrow значит, именно здесь будет самое большое напряжение \rightarrow вот этот факт можно установить без расчётов \rightarrow а считать нужно только это напряжение.

$$U_{max} = U_{C_1}$$

2) Вопрос 2

а) расчёт мощности самого мощного элемента (R_{32})

$$P_{R_{32}} = R_{32} \cdot I_{sum}^2$$

$$P_{max} = P_{R_{32}}$$

б) коэффициент снижения напряжения в экономичном режиме

$$k_{econ} = \sqrt{\frac{P_{maxel}}{P_{max}}}$$

с) необходимое входное напряжение

$$E_{econ} = k_{econ} E$$

3) Вопрос 3

а) расчёт для исходного режима

$$Q_{C_1} = U_{C_1} C_1$$

б) расчёт для экономичного режима

$$Q_{C_1, econ} = k_{econ} U_{C_1} C_1$$

с) разница

$$\Delta Q_{C_1} = |Q_{C_1} - Q_{C_1, econ}|$$

Ответы

При формальной подстановке исходных данных получаются следующие ответы:

1) $U_{max} = 5$ В (6 баллов)

2) $E_{econ} = 9$ В (6 баллов)

3) $\Delta Q_{C_1} = 5$ мКл (3 балла)

Внимательный участник олимпиады должен отметить, что в исходном состоянии значения мощности потребления всех пассивных элементов схемы не превышают заданного значения.

Критерии оценки по вопросам 1, 2:

	общая оценка
задание не выполнено.	0
приведены формулы, необходимые для решения, но решение не выполнено.	1
принцип решения верен, но допущены ошибки.	2–4
алгоритм решения верен, но результат получен неверно.	5
решение полностью верно.	6

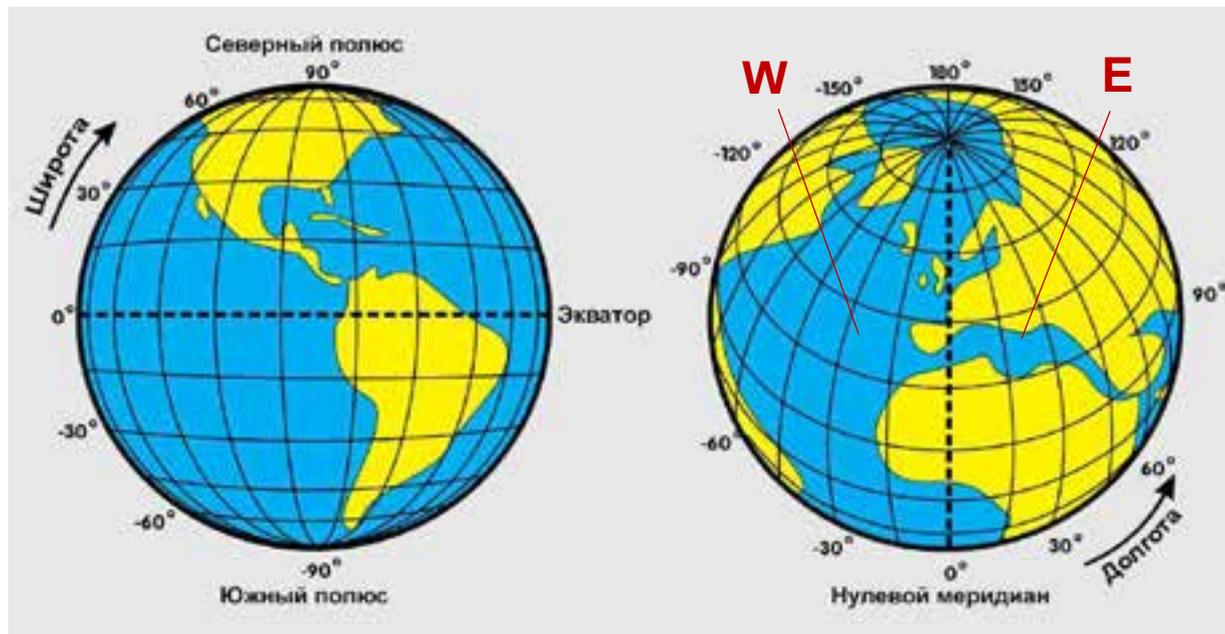
по вопросу 3:

	общая оценка
задание не выполнено.	0
решение неполное	1–2
решение полностью верно.	3

Полный балл за задачу выставляется только при условии, что сделано замечание о мощности потребления элементов схемы.

Задача 3 (Максимум – 15 баллов).

На Большом Исследовательском Полигоне (БИП) происходят испытания беспилотных автономных автомобилей. БИП представляет собой прямую дорогу, которая проходит по экватору планеты без прерываний и препятствий. Автомобили движутся по дороге бесконечно долго, меняя только свою координату долготы.



Автомобили имеют возможность обмениваться информацией друг с другом с использованием беспроводной связи. Согласно правилам безопасности каждый автомобиль должен обмениваться сообщениями с остальными каждые 100 мс. В каждом сообщении автомобиль сообщает в десятичной системе счисления свою текущую скорость и координату (долготу). Скорость автомобилей искусственно ограничивается двузначным десятичным числом (в км/ч), координата записывается с точностью до секунд. Сообщение формируется в формате, описанном ниже, затем переводится в двоичный формат при помощи кодирования.

VV;ГГГ:ММ:СС:П

где VV – обозначает скорость автомобиля (км/ч) (всегда целое число), ГГГ – градус долготы (°) (всегда целое число), ММ – минуты (′) (всегда целое число), СС – секунды (″) (всегда целое число), П – полушарие (W – Западное или E – Восточное).

На БИП в том числе исследуется проведение независимых друг от друга манёвров обгона автономных автомобилей. Если какой-либо автомобиль начинает производить обгон других автомобилей, частота, с которой он посылает сообщения, возрастает в 4 раза. По данной причине в радиоканале стабильно возникает ошибка передачи сообщения. Вероятность возникновения ошибки равняется $\frac{y}{10000}$, где y характеризуется следующим выражением:

$$y \cdot \sqrt{y} = y + 12 \cdot \sqrt{y}$$

Найдите ответы на следующие вопросы:

1. Определите алфавит, с которым оперируют автомобили при формировании сообщений, и минимальное количество бит, которым можно закодировать каждый символ алфавита.
2. Определите количество уникальных сообщений, которые могут быть сформированы автомобилями.
3. Найдите вероятность того, что при совершении последовательных 777 манёвров обгона, произошла только одна ошибка передачи сообщения. Ответ округлите до тысячных долей.

Нахождение каждого ответа должно сопровождаться подробной аргументацией. Участником должны быть приведены необходимые для объяснения логики решения рисунки, формулы, аналитические обоснования.

Ответы:

Профиль «Инженерные науки». Решения. 11 класс. 2022-2023 учебный год

1. Алфавит: [0123456789;EW], минимальное количество бит - 4
2. 129016800
3. 0,359

Решение:

Вопрос №1 (5 баллов)

Для определения алфавита необходимо проанализировать формат записи сообщения:

VV;ГГГ:ММ:СС:П

Значение скорости может меняться от 1 до 99, следовательно для записи используются цифры от 0 до 9. Запись других числовых показателей (градусы, минуты, секунды) тоже используются цифры от 0 до 9. Для показателя П (полушарие) мы имеем только два возможных варианта – буквы W и E. Также для формирования сообщения используются символы разделители – двоеточие (:) и точка с запятой (;). Таким образом, мы получаем следующий алфавит (символы могут быть записаны в любом порядке):

0123456789WE;:

После нахождения алфавита мы можем определить минимальное количество бит информации, которые необходимо использовать для кодирования каждого символа алфавита. В алфавите мы имеем 14 символов, следовательно нам необходимо определить число 2^X , которое является ближайшим к 14 и ≥ 14 . Этим число является число $16 = 2^X$, где X – число бит, которые можно использовать для кодирования алфавита.

Таким образом, находим X: $X = \log_2(16) = 4$ бит.

Вопрос №2 (5 баллов)

Для определения количество возможных вариантов формирования сообщения необходимо повторно проанализировать формат записи сообщения:

Часть сообщения	VV	;	ГГГ	:	ММ	:	СС	:	П
Диапазон	[1;99]	-	[0;180]	-	[0;59]	-	[0;59]	-	[W E]
Количество вариантов	99	1	181	1	60	1	60	1	2

- Значение скорости может меняться от 1 до 99 – 99 возможных вариантов (скорость не может быть равна 0, т.к. по условию все автомобили движутся бесконечно долго).
- Значение градусов может меняться от 000 до 180 – 181 возможный вариант.
- Значение минут может меняться от 00 до 59 – 60 возможных вариантов.
- Значение секунд может меняться от 00 до 59 – 60 возможных вариантов.
- Значение полушария может представлять собой только 2 значения: W или E.
- Знаки деления (: и ;) представлены в фиксированном формате, их значение не может меняться, поэтому они могут представлять только 1 значение.

Таким образом, для формата записи мы имеем следующую формулу для всех возможных вариантов сообщения и комбинаций, составляющих сообщение:

$$N = 99 \times 1 \times 181 \times 1 \times 60 \times 1 \times 60 \times 1 \times 2 = 129016800$$

Вопрос №3 (5 баллов)

Для нахождения вероятности того, что при совершении последовательных 777 манёвров обгона, произошла только одна ошибка передачи сообщения необходимо определить вероятность ошибки передачи сообщения $P_{\text{ош}}$ и вероятность корректной передачи сообщения $P_{\text{кор}} = (1 - P_{\text{ош}})$.

В условии сказано, что количество неудачных попыток передачи сообщений при 10000 манёвров характеризуется выражением (нужно отметить, что в этом случае мы можем сформулировать условие $y \geq 0$):

$$y \cdot \sqrt{y} = y + 12 \cdot \sqrt{y}$$

Это означает, что $P_{\text{ош}} = \frac{y}{10000}$

Для нахождения y необходимо решить выражение:

$$\begin{aligned} y \cdot \sqrt{y} &= y + 12 \cdot \sqrt{y}; \\ y \cdot \sqrt{y} &= \sqrt{y} \cdot (\sqrt{y} + 12); \\ y \cdot \sqrt{y} - \sqrt{y} \cdot (\sqrt{y} + 12) &= 0; \\ \sqrt{y} \cdot (y - \sqrt{y} - 12) &= 0; \end{aligned}$$

Из полученного выражения может определить, что произведение слагаемых будет равно 0, только в том случае, если одно из них равняется нулю. Вариант, что $y = 0$, нам не подходит, т.к. в условии задачи сказано, что ошибки происходят стабильно (это означает, что вероятность ошибки не является нулевой).

Таким образом, решим следующее выражение, применив замену $\sqrt{y} = t, t \geq 0$

$$\begin{aligned} t^2 - t - 12 &= 0; \\ D &= 1 - 4 \cdot 1 \cdot (-12) = 1 + 48 = 49; \\ t_{1,2} &= \frac{1 \pm \sqrt{49}}{2}; \end{aligned}$$

Из полученного выражения видно, что мы получаем два корня – один отрицательный, другой положительный. По условиям замены $\sqrt{y} = t, t \geq 0$, поэтому отрицательный корень не может быть учтен.

Таким образом, нас удовлетворяет только 1 корень:

$$t = \frac{1 + \sqrt{49}}{2} = 4;$$

Отсюда следует, что $y = t^2 = 16$.

Найдем $P_{\text{ош}} = \frac{y}{10000} = 0,0016$

Найдем $P_{\text{кор}} = 1 - P_{\text{ош}} = 1 - 0,0016 = 0,9984$

Условие возникновения ошибки только в случае одного манёвра при общем количестве манёвров, равном 777, означает, что ошибка могла произойти при любом из 777 манёвров, а также то, что в остальных 776 случаях сообщение было передано корректно.

$$P = P_{\text{ош}1} \cdot P_{\text{корр}}^{776} + P_{\text{ош}2} \cdot P_{\text{корр}}^{776} + P_{\text{ош}3} \cdot P_{\text{корр}}^{776} + \dots + P_{\text{ош}777} \cdot P_{\text{корр}}^{776} = 777 \cdot P_{\text{ош}777} \cdot P_{\text{корр}}^{776};$$

$$\begin{aligned} P &= 777 \cdot 0,0016 \cdot 0,9984^{776} = 777 \cdot 0,0016 \cdot 0,28863442968 = 0,35883032298 \\ &\approx 0,359 \end{aligned}$$

Критерии оценивания

Для каждого задания:

0 – задание не выполнено.

1 – приведены формулы, необходимые для решения, но решение не выполнено.

2-3 – принцип решения верен, но допущены ошибки или отсутствует аргументация (логические ошибки, ошибки влияющие на ход решения)

4 – алгоритм решения верен, но результат получен неверно (незначительные ошибки в вычислениях, незначительные недостатки в аргументации)

5 – решение полностью верно.

Задача 4 (Максимум – 15 баллов).

На некоторой планете существует Бюрократическое Очень Странное Соревнование (БОСС), в котором может принять участие каждый. Для этого нужно предложить комиссии своё натуральное число-кандидат, большее 9 (в десятичной системе счисления). По этим заявкам составляется рейтинговая таблица по возрастанию чисел-кандидатов из тех, что обращают в истину логическую формулу

$$F(x_{10}) = (\neg(AB) \rightarrow CD) \cdot F(\mu(x_7)) + ABE$$

Здесь

$$\begin{aligned} A &= \{\rho(x_{10}) > 2\} \\ B &= \{x_{10} < 100\,000\} \\ C &= \{x_{10} \text{ кратно двум}\} \\ D &= \{\text{запись } x_7 \text{ содержит } 3\} \\ E &= \{\mu(x_{10}) - \text{простое}\} \\ F(x) &= 1, \text{ если } \rho(x) = 1 \end{aligned}$$

Условные обозначения:

= 0

x_a – запись числа x в системе счисления с основанием a

$\rho(x)$ – количество разрядов числа x (например, $\rho(134) = 3$)

$\mu(x)$ – число x без старшего и младшего разрядов (например, $\mu(134) = 3$). Если $\rho(x) < 3$, то $\mu(x)$

Например, $F(134) = 1$.

Найдите ответы на следующие вопросы:

1. Участник с каким числом-кандидатом победит в БОССе, если в этом году комиссия приняла следующие заявки:

101101, 44067, 1057, 811, 13?

2. Сколько заявок попали в рейтинговую таблицу в этом году?
3. Какое число Вы бы предложили комиссии для гарантированной победы в БОССе? Обоснуйте его нахождение.

Нахождение каждого ответа должно сопровождаться подробной аргументацией. Участником должны быть приведены необходимые для объяснения логики решения рисунки, формулы, аналитические обоснования.

Решение:

Упростим первое слагаемое логической формулы: $\neg (AB) \rightarrow CD = AB + CD$

Составим таблицу истинности для проверки заявок этого года:

x	A	B	C	D	E	$AB + CD$	$F(\mu(x_7))$	ABE	$F(x)$	Вердикт
134	1	1	1	0	1	$1 + 0 = 1$	$F(5) = 1$	1	$1 \cdot 1 + 1 = 1$	Истина
13	0	1	0	0	0	$0 + 0 = 0$	$F(0) = 1$	0	$0 \cdot 1 + 0 = 0$	Ложь
811	1	1	0	1	0	$1 + 0 = 1$	$F(23) = 0$	0	$1 \cdot 0 + 0 = 0$	Ложь
23	0	1	0	1	0	$0 + 0 = 0$	$F(0) = 1$	0	$0 \cdot 1 + 0 = 0$	$F(23) = 0$
1057	1	1	0	1	1	$1 + 0 = 1$	$F(4) = 1$	1	$1 \cdot 1 + 1 = 1$	Истина
44067	1	1	0	1	0	$1 + 0 = 1$	$F(432) = 1$	0	$1 \cdot 1 + 0 = 1$	Истина
432	1	1	1	0	1	$1 + 0 = 1$	$F(15) = 0$	1	$1 \cdot 0 + 1 = 1$	$F(432) = 1$
15	0	1	0	0	0	$0 + 0 = 0$	$F(0) = 1$	0	$0 \cdot 1 + 0 = 0$	$F(15) = 0$
101101	1	0	0	0	1	$0 + 0 = 0$	$F(52) = 1$	0	$0 \cdot 1 + 0 = 0$	Ложь
52	0	1	1	1	0	$0 + 1 = 1$	$F(0) = 1$	0	$1 \cdot 1 + 0 = 1$	$F(52) = 1$

Значит, рейтинговая таблица в этом году выглядит так

Место	Число-кандидат
1	1057
2	44067

Для подбора своего кандидата можно заметить, что число попадёт в таблицу, если будет удовлетворять хотя бы одному слагаемому из логической формулы.

Для победы в соревновании нужно найти самое маленькое число, обращающее формулу в истину. Заметим, что множитель $F(\mu(x_7))$ обратится в единицу, если $\mu(x_7)$ – однозначное число (самое маленькое – 0), то есть, если в записи x_7 будет меньше трёх знаков. Самое маленькое такое натуральное число – 1, но на конкурс можно подавать только числа больше 9, поэтому есть смысл проверить самое маленькое такое число – 10.

x	A	B	C	D	E	$AB + CD$	$F(\mu(x_7))$	\cdot	ABE	$F(x)$
10	0	1	1	1	0	$0 + 1 = 1$	$F(0) = 1$	1	0	1

Тут расчет для образца

x	A	B	C	D	E	$AB + CD$	$F(\mu(x_7))$	ABE	$F(x)$	Вердикт
134	1	1	1	0	1	$1 + 0 = 1$	$F(5) = 1$	1	$1 \cdot 1 + 1 = 1$	Истина

Перевод в 7СС:

$$134_{10} = 1 + 5 \cdot 7 + 2 \cdot 7^2 \rightarrow 251_7$$

$$13_{10} = 6 + 1 \cdot 7 \rightarrow 16_7$$

$$811_{10} = 6 + 3 \cdot 7 + 2 \cdot 7^2 + 2 \cdot 7^3 \rightarrow 2236_7$$

$$23_{10} = 2 + 3 \cdot 7 \rightarrow 32_7$$

$$1057_{10} = 4 \cdot 7 + 3 \cdot 7^3 \rightarrow 3040_7$$

$$44067_{10} = 2 + 2 \cdot 7 + 3 \cdot 7^2 + 4 \cdot 7^3 + 2 \cdot 7^4 \rightarrow 24322_7$$

$$432_{10} = 5 + 5 \cdot 7 + 1 \cdot 7^2 + 1 \cdot 7^3 \rightarrow 1155_7$$

$$15_{10} = 1 + 2 \cdot 7 \rightarrow 21_7$$

$$101101_{10} = 0 + 2 \cdot 7 + 5 \cdot 7^2 + 6 \cdot 7^5 \rightarrow 600520_7$$

$$52_{10} = 3 + 1 \cdot 7^2 \rightarrow 103_7$$

$$120_{10} = 1 + 3 \cdot 7 + 2 \cdot 7^2 \rightarrow 231_7$$

$$100_{10} = 2 + 2 \cdot 7^2 \rightarrow 202_7$$

Ответы:

А. 1057

Б. 2

В. 10

Критерии оценки задачи 4:

1 задание максимально оценивается в 5 баллов, если решение подходит под следующее описание:

Логическая формула верно преобразована и упрощена; предлагаемые числа-кандидаты подставлены в формулу, получены верные результаты; логические переменные верно вычислены либо все для каждого числа-кандидата, либо частично с пояснением, почему остальные допустимо не вычислять; в ответе указано минимальное подходящее под условие число-кандидат.

2 задание максимально оценивается в 5 баллов, если решение подходит под следующее описание:

Все предлагаемые числа-кандидаты подставлены в формулу, получены верные результаты; логические переменные верно вычислены либо все для каждого числа-кандидата, либо частично с пояснением, почему остальные допустимо не вычислять; в ответе указано количество чисел-кандидатов, подходящих под условие, причем решение отражает правильные числа.

3 задание максимально оценивается в 5 баллов, если решение подходит под следующее описание:

Верно трактовано условие (участник ищет минимальное число, подходящее под условия задачи); участник понимает и описывает в решении два вида чисел, которые обращают логическую формулу в истину; верно определяется минимальное число одного вида, приведены пояснения, почему числа другого вида не могут быть меньше.

Каждое задание может быть оценено неполным баллом, если решение не подходит под описание, в таком случае балл снижается соразмерно с количеством расхождений с описанным эталонным решением. Помимо этого, предусмотрены штрафы – балл снимается за любой из пунктов (при наличии нескольких подходящих условий, балл снимается за каждое):

- Неверно трактованное условие задачи (например, производится поиск максимального числа, вместо минимального);
- Неверное понимание простоты числа (1 не является простым числом);
- Вычислительные или логические ошибки;
- Опускание рекурсивного шага задачи.

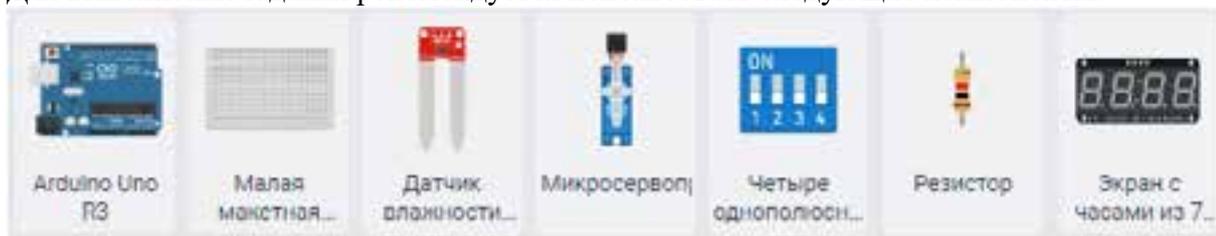
Если решение не содержит комментариев, или предложен только ответ, задача оценивается 0 баллов.

Практическая часть – 120 минут.
(Максимальное количество баллов – 40)

Задача 5 (Максимум – 20 баллов).

Инженер решил разработать для своей машины умную систему дворников. Для этого он собрал макет системы, в котором использовал плату Arduino Uno, экран с часами из 7-ми сегментных индикаторов, датчик влажности почвы, сервомотор.

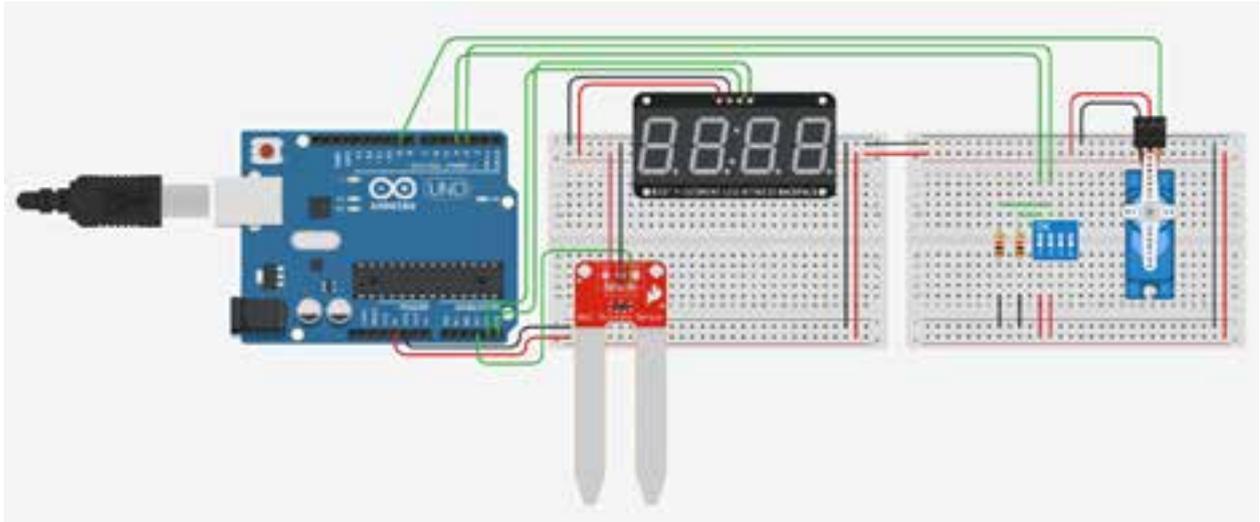
Для выполнения задания рекомендуется использовать следующие компоненты:



Необходимо в эмуляторе tinkercad спроектировать и запрограммировать макет умной системы дворников, удовлетворяющей следующим требованиям:

- При увеличении показаний на датчике влажности сервомотор начинает изменять свое положение по синусоидальному закону: $A = 180 \cdot \sin(B)$, где B – это угол в радианах.
- Угол B линейно зависит от показаний датчика влажности, где максимальное значение с датчика влажности соответствует 1.6 радиан.
- Вывод показаний датчика влажности и рассчитанного угла поворота сервомотора поочередно выводится на экран из индикаторов.
- Значение угла A изменяется от 0 до максимального за 3 секунды.
- При включении только первого переключателя это время изменения скорости угла A уменьшается до 6 секунд.
- При включении только второго переключателя время изменения угла A уменьшается до одной секунды. Шаг отсчета времени равен 0.1 секунде.

Решение:



```

1. #include <Servo.h>
2. #include "Adafruit_LEDBackpack.h"
3.
4. Adafruit_7segment led_display = Adafruit_7segment();
5. Servo servo;
6. int dip_pin_1 = 4;
7. int dip_pin_2 = 3;
8. int sda_pin = A4;
9. int scl_pin = A5;
10. int sens_pin = A3;
11. int dip_state_1 = 0;
12. int dip_state_2 = 0;
13. int sens_data = 0;
14. float angel_rad = 0.0;
15. float max_angel = 0;
16. int max_period = 30;
17. float angel_step = 0;
18.
19. void setup()
20. {
21.   pinMode(dip_pin_1, INPUT);
22.   pinMode(dip_pin_2, INPUT);
23.   pinMode(sens_pin, INPUT);
24.
25.   servo.attach(9);
26.   led_display.begin(112);
27. }
28.

```

```
29. void loop()
30. {
31.   sens_data = analogRead(sens_pin);
32.   angel_rad = (float)sens_data/(float)876*1.6;
33.   max_angel = 180 * sin(angel_rad);
34.
35.   dip_state_1 = digitalRead(dip_pin_1);
36.   dip_state_2 = digitalRead(dip_pin_2);
37.
38.   if(dip_state_1 == HIGH && dip_state_2 == LOW)
39.   {
40.     max_period = 60;
41.   }
42.   else if(dip_state_1 == LOW && dip_state_2 == HIGH)
43.   {
44.     max_period = 10;
45.   }
46.   else
47.   {
48.     max_period = 30;
49.   }
50.
51.   angel_step = (float)max_angel/(float)max_period;
52.   int max_angel2 = (float)angel_step * (float)max_period;
53.
54.   led_display.println(sens_data);
55.   led_display.writeDisplay();
56.   for(float i = 0; i < max_angel2; i = i + angel_step)
57.   {
58.     servo.write(i);
59.     delay(100);
60.   }
61.   led_display.println(angel_step);
62.   led_display.writeDisplay();
63.   for(float i = max_angel2; i > 0; i = i - angel_step)
64.   {
65.     servo.write(i);
66.     delay(100);
67.   }
68. }
```

Критерии оценивания

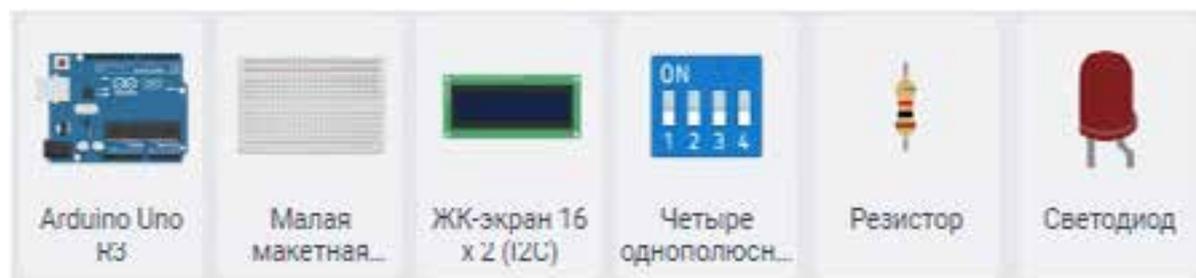
Начисление баллов	Кол-во баллов	Комментарий
Для уровня задания добавлены все необходимые для выполнения компоненты	+4	
Для уровня задания все необходимые компоненты соединены корректно	+6	
Для уровня задания корректно обрабатываются данные от компонентов	+4	
Для уровня задания реализован требуемый алгоритм	+6	
Для задания в целом аккуратно собрана схема	+1	Доп. баллы
Для задания в целом аккуратно написан код (именование переменных, выделение функций)	+1	Доп. баллы
Не использованы готовые примеры при решении задания	+1	Доп. баллы
Оригинальное решение (как пример использование драйвера моторов)	+1	Доп. баллы

Снятие баллов	Кол-во баллов	Комментарий
Общие мелкие недочеты при создании схемы (некорректно подключены некоторые из датчиков)	-1-3	
Неаккуратная схема подключения	-1	
Нечитаемый код	-1	
Общие мелкие недочеты в коде (не все показания компонентов корректно обработаны)	-1-3	
Для уровней 6-го задания не оформлен ответ в виде примечания	-1-2	
Для уровней 6-го задания в ответе нет указания единиц полученного значения	-1	
Не компилируется код	-1	
Код задания написан на языке Scratch	-3	
Заимствование чужой работы	-20	

Максимальная оценка за выполнение одного уровня задания не превышает 10 баллов

Задача 6 (Максимум – 20 баллов).

На уроке ОБЖ ребятам дали задание спроектировать макет светофора. Учитель дал им 3 светодиода (красный, желтый, зеленый), два dip-переключателя, набор проводов, макетную плату, LCD экран, подключенный по I2C и отладочную плату Arduino UNO.



Необходимо в эмуляторе tinkercad собрать и запрограммировать макет светофора так, чтобы он работал в четырех режимах:

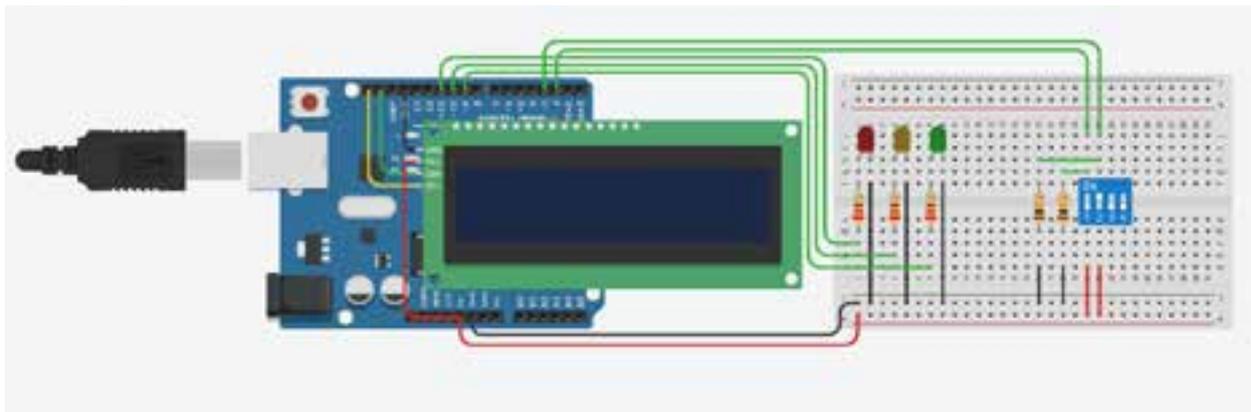
- зеленый цвет,
- желтый цвет,
- красный цвет,
- переключение цветов с временной задержкой 5 секунд (циклическая смена цветов: зеленый, желтый, красный, желтый, зеленый).

Режим работы светофора выбирается кодом, который задается положением dip-переключателя:

- 00 – зеленый,
- 01 – желтый,
- 10 – красный,
- 11 – автоматический режим.

Необходимо сохранять количество зажиганий каждого светодиода за 20 секунд и выводить на LCD экран среднее количество зажиганий каждого цвета за 60 секунд (Пример строки вывода: G:12 Y:2 R:8).

Решение:



```

1. #include <Adafruit_LiquidCrystal.h>
2.
3. int dip_pin_1 = 2;
4. int dip_pin_2 = 3;
5. int leds_pin[] = {9, 10, 11};
6. int led_red_cnt_20[3];
7. int led_yellow_cnt_20[3];
8. int led_green_cnt_20[3];
9. unsigned long int timer_60 = 0;
10. unsigned long int timer_20 = 0;
11. int array_cnt_index = 0;
12. unsigned long int timer_5 = 0;
13. Adafruit_LiquidCrystal lcd(0);
14. int prev_dip_state = 0;
15. int dip_state = 0;
16. int led_curr = 0;
17. int led_auto[] = {0, 1, 2, 1};
18.
19. void setup()
20. {
21.   pinMode(leds_pin[0], OUTPUT);
22.   pinMode(leds_pin[1], OUTPUT);
23.   pinMode(leds_pin[2], OUTPUT);
24.   pinMode(dip_pin_1, INPUT);
25.   pinMode(dip_pin_2, INPUT);
26.
27.   lcd.begin(16, 2);
28.
29.   timer_5 = millis();
30.   timer_20 = millis();

```

```
31. timer_60 = millis();
32. }
33.
34. void led_on(int lednum)
35. {
36.   digitalWrite(leds_pin[0], LOW);
37.   digitalWrite(leds_pin[1], LOW);
38.   digitalWrite(leds_pin[2], LOW);
39.
40.   digitalWrite(leds_pin[lednum], HIGH);
41. }
42.
43. void loop()
44. {
45.   dip_state = digitalRead(dip_pin_1)*10;
46.   dip_state += digitalRead(dip_pin_2);
47.
48.
49.   if(dip_state == 0)
50.   {
51.     led_on(0);
52.     led_curr = 0;
53.     if(dip_state != prev_dip_state)
54.     {
55.       led_green_cnt_20[array_cnt_index] ++;
56.     }
57.     prev_dip_state = dip_state;
58.   }
59.   else if(dip_state == 1)
60.   {
61.     led_on(1);
62.     led_curr = 0;
63.     if(dip_state != prev_dip_state)
64.     {
65.       led_yellow_cnt_20[array_cnt_index] ++;
66.     }
67.     prev_dip_state = dip_state;
68.   }
69.   else if(dip_state == 10)
70.   {
71.     led_on(2);
```

```

72. led_curr = 0;
73. if(dip_state != prev_dip_state)
74. {
75.     led_red_cnt_20[array_cnt_index] ++;
76. }
77. prev_dip_state = dip_state;
78. }
79. else if(dip_state == 11)
80. {
81.     if(millis() - timer_5 >= 2000)
82.     {
83.         timer_5 = millis();
84.         led_on(led_auto[led_curr]);
85.
86.         if(led_curr == 0)
87.         {
88.             led_green_cnt_20[array_cnt_index] ++;
89.         }
90.         else if(led_curr == 1)
91.         {
92.             led_yellow_cnt_20[array_cnt_index] ++;
93.         }
94.         else if(led_curr == 2)
95.         {
96.             led_red_cnt_20[array_cnt_index] ++;
97.         }
98.         led_curr++;
99.         led_curr = led_curr%4;
100.     }
101. }
102.
103.     if(millis()-timer_20 >= 10000)
104.     {
105.         timer_20 = millis();
106.         array_cnt_index = (array_cnt_index + 1)%3;
107.         led_green_cnt_20[array_cnt_index] = 0;
108.         led_yellow_cnt_20[array_cnt_index] = 0;
109.         led_red_cnt_20[array_cnt_index] = 0;
110.     }
111.
112.     if(millis()-timer_60 >= 30000)

```

```

113.     {
114.         timer_60 = millis();
115.         int aver_green = 0;
116.         int aver_yellow = 0;
117.         int aver_red = 0;
118.
119.         for(int i = 0; i < 3; i++)
120.         {
121.             aver_green += led_green_cnt_20[i];
122.             aver_yellow += led_yellow_cnt_20[i];
123.             aver_red += led_red_cnt_20[i];
124.         }
125.         aver_green = aver_green / 3;
126.         aver_yellow = aver_yellow / 3;
127.         aver_red = aver_red / 3;
128.
129.         lcd.setCursor(0, 1);
130.         lcd.print("G:"); lcd.print(aver_green);
131.         lcd.print(" Y:"); lcd.print(aver_yellow);
132.         lcd.print(" R:"); lcd.print(aver_red);
133.     }
134. }
```

Критерии оценивания

Начисление баллов	Кол-во баллов	Комментарий
Для уровня задания добавлены все необходимые для выполнения компоненты	+4	
Для уровня задания все необходимые компоненты соединены корректно	+6	
Для уровня задания корректно обрабатываются данные от компонентов	+4	
Для уровня задания реализован требуемый алгоритм	+6	
Для задания в целом аккуратно собрана схема	+1	Доп. баллы
Для задания в целом аккуратно написан код (именование переменных, выделение функций)	+1	Доп. баллы
Не использованы готовые примеры при решении задания	+1	Доп. баллы

Оригинальное решение (как пример использование драйвера моторов)	+1	Доп. баллы
--	----	------------

Снятие баллов	Кол-во баллов	Комментарий
Общие мелкие недочеты при создании схемы (некорректно подключены некоторые из датчиков)	-1-3	
Неаккуратная схема подключения	-1	
Нечитаемый код	-1	
Общие мелкие недочеты в коде (не все показания компонентов корректно обработаны)	-1-3	
Для уровней 6-го задания не оформлен ответ в виде примечания	-1-2	
Для уровней 6-го задания в ответе нет указания единиц полученного значения	-1	
Не компилируется код	-1	
Код задания написан на языке Scratch	-3	
Заимствование чужой работы	-20	

Максимальная оценка за выполнение одного уровня задания не превышает 10 баллов

**Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба»
Профиль «География»**

Аннотация

Эпоха великих географических открытий давно завершилась. Но будущее человечества зависит от того, как оно сможет адаптироваться к современным изменениям климата и окружающей среды и справиться с экологическим кризисом. Именно географическая наука находится в центре изучения проблем, которые влияют на жизнь каждого человека во всех уголках планеты.

География – это не кабинетная наука. Экспедиции и полевые исследования – ее неотъемлемая часть. Сегодня наука далеко ушла от буквального значения слова «география» – «описания Земли». Географы изучают закономерности развития природных систем, пространственной организации общества и экономики, ищут связи между удаленными явлениями. Олимпиада по географии «Высшая проба» даст возможность школьникам прикоснуться к современным географическим исследованиям, сделать первый шаг на пути к профессии.

Как известно, физическая география изучает состояние и изменения окружающей среды и ее отдельных природных компонентов на глобальном, региональном и локальном уровнях, а общественная география – закономерности пространственной организации общества и экономики. Связующим звеном всего многообразия географических дисциплин являются методы получения, интеграции, анализа и визуализации пространственных данных, а также геоинформационные технологии. Системное мышление, понимание целостности ландшафта или региона, пространственное видение мира и одновременно внимание к деталям – все это необходимые качества современного географа.

В наши дни географические методы активно применяются на практике: в инженерной географии, геомаркетинге, геоаналитике, управлении природными ресурсами, пространственном планировании, экологическом консалтинге. А значит, будущий географ должен владеть не только теоретическими географическими знаниями (хотя и это важно!), но и методами анализа пространственных явлений и умением их правильно применять.

Именно поэтому задания олимпиады «Высшая проба» по географии – это не столько вопросы на знание фактов, сколько небольшие задачи, требующие способности самостоятельно мыслить. Олимпиадные задания охватывают все разделы географии, входящие в школьную программу. Но для выполнения заданий олимпиады, особенно ее заключительного этапа, потребуется умение анализировать данные и сопоставлять факты, выдвигать гипотезы, находить причины и взаимосвязи явлений.

В 9 классе задания заочного и очного туров олимпиады опираются на содержание школьной программы по географии до 9 класса включительно. Задания 10 класса, дополнительно к темам для 9 класса, содержат темы по всему курсу географии для 5-8 классов и темы курса 10 класса, которые связаны с географией отраслей хозяйства мира, географией населения мира. Содержание заданий в 11 классе охватывает весь курс географии основного и среднего общего образования.

Будущий географ должен владеть не столько географическими знаниями (хотя это тоже важно и проверяется тестовыми заданиями олимпиады), сколько методами анализа пространственных явлений и процессов, а также уметь их правильно и своевременно применять. Задания олимпиады – это не только вопросы на знание фактов, но и небольшие задачи, требующие способности самостоятельно мыслить и связывать воедино разнородные факты. Для выполнения заданий олимпиады, особенно ее заключительного этапа, потребуются как знания, так и умения анализировать данные и сопоставлять факты, выдвигать гипотезы, находить причины явлений.

Основная цель олимпиады – развитие интереса к географической науке и поощрение старшеклассников к творческому изучению ее основ. Сборник заданий будет интересен не только обучающимся, уверенным в выборе будущей профессии, но и поможет профориентации тех школьников, кто находится на распутье.

Перечень и содержание тем Всероссийской олимпиады школьников «Высшая проба» по профилю «География»

Методические рекомендации к решению задач олимпиады «Высшая проба» по географии

Олимпиада по географии "Высшая проба" проводится для 9, 10 и 11 классов в два этапа.

Первый этап заочный. Он длится 2 астрономических часа (120 минут) от момента входа участника в систему проведения олимпиад на сайте НИУ ВШЭ. Он состоит из 25 заданий: 15 тестовых вопросов различных типов (с множественным выбором, на соотнесение и упорядочивание и т.д.), 5 заданий с открытым ответом и 5 аналитических задач с выбором ответа. Тесты охватывают все разделы школьной программы по географии. Участники, показавшие наилучшие результаты, приглашаются к участию во втором этапе. Пример задач с ответами можно посмотреть в демонстрационном комплекте.

За каждый верный ответ на тестовый вопрос начисляется от 1 до 3 баллов. Для аналитических задач баллы зачисляются по элементам ответа, суммарное максимальное число баллов за ответы на аналитические задачи – 50. Общий максимально возможный балл за решение задач заочного тура – 100.

Второй этап очный. Он длится 4 часа и включает 6 аналитических задач с открытыми ответами.

За верный ответ на каждое задание начисляется до 20 баллов (для аналитических задач баллы зачисляются по элементам ответа). Суммарное максимальное число баллов за ответы на аналитические задачи – 100. Общий максимально возможный балл за решение задач очного тура – 100.

При решении задач очного этапа допускается использование только тех справочных материалов (карт, таблиц и т.п.), которые включены в содержание задач.

В 9 классе задания заочного и очного туров олимпиады опираются на содержание школьной программы по географии до 9 класса включительно. Задания 10 класса, дополнительно к темам для 9 класса, содержат темы по всему курсу географии для 5-9 классов и темы курса 10 класса, которые связаны с географией отраслей хозяйства мира, географией населения мира. Содержание заданий в 11 классе охватывает весь курс географии основного и среднего общего образования. С тематикой, охваченной вопросами олимпиады, подробно можно ознакомиться в «Перечне и содержании тем» для 9, 10 и 11 класса соответственно.

Будущий географ должен владеть не столько географическими знаниями (хотя это тоже важно и проверяется тестовыми заданиями олимпиады), сколько методами анализа пространственных явлений и процессов, а также уметь их правильно и своевременно применять. Задания олимпиады – это не только вопросы на знание фактов, но и небольшие задачи, требующие способности самостоятельно мыслить и связывать воедино разнородные факты. Для выполнения заданий олимпиады, особенно ее заключительного этапа, потребуются как знания, так и умения анализировать данные и сопоставлять факты, выдвигать гипотезы, находить причины явлений.

Олимпиада «Высшая проба» по географии проводится под эгидой факультета географии и геоинформационных технологий НИУ ВШЭ. В методическую комиссию и жюри олимпиады по географии вошли действующие ученые и преподаватели факультета географии и геоинформационных технологий НИУ ВШЭ и ученые академических институтов географического профиля.

9 класс

ТЕМА 1. ГЕОГРАФИЯ КАК НАУКА. ИСТОРИЯ ГЕОГРАФИИ. ИСТОРИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ОТКРЫТИЙ

География в системе естественно-научных и гуманитарных знаний. История географии как науки. Основные теории и концепции современной географии. Значение географической науки для современного общества. Методы географической науки (описательный, сравнительно-географический, картографический, статистический, полевой, математический, моделирования, районирования, аэрокосмический, геоинформационный). Целостность географического пространства. Географические оболочки. Ноосфера. Географическая картина мира. Пространственная дифференциация объектов и явлений. Основные подходы к районированию территории. Территориальные системы. Иерархия природно-хозяйственных систем. Пространственные модели в географии. Геоинформационные системы. Географические прогнозы. Географические аспекты глобальных проблем человечества. Роль географии в решении глобальных проблем современности. Международное сотрудничество как инструмент решения глобальных проблем.

ТЕМА 2. ОСНОВЫ КАРТОГРАФИИ И ТОПОГРАФИИ. ГЕОИНФОРМАТИКА И КОСМИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ

Виды изображения земной поверхности: план местности, глобус, географическая карта, аэрофото- и аэрокосмические снимки. Масштаб. Стороны горизонта. Азимут. Ориентирование на местности: определение сторон горизонта по компасу и местным признакам, определение азимута. Особенности ориентирования в мегаполисе и в природе. План местности. Условные знаки. Составление плана местности. Составление простейшего плана местности/учебного кабинета/комнаты. Географическая карта – особый источник информации. Содержание и значение карт. Топографические карты. Масштаб и условные знаки на карте. Градусная сеть: параллели и меридианы. Географические координаты: географическая широта. Географические координаты: географическая долгота. Определение географических координат различных объектов, направлений, расстояний, абсолютных высот по карте. Изображения Земли из космоса и данные дистанционного зондирования Земли как источники географической информации. Чтение и дешифровка изображений Земли из космоса. Геоинформационные системы, системы спутникового позиционирования, спутниковые веб-сервисы Google Maps и Google Earth, космический мониторинг Земли, Big Data.

ТЕМА 3. ЗЕМЛЯ КАК ПЛАНЕТА

Земля – часть Солнечной системы. Земля и Луна. Влияние космоса на нашу планету и жизнь людей. Форма и размеры Земли. Наклон земной оси к плоскости орбиты. Виды движения Земли и их географические следствия. Движение Земли вокруг Солнца. Смена времен года. Тропики и полярные круги. Пояса освещенности. Календарь – как система измерения больших промежутков времени, основанная на периодичности таких явлений природы, как смена дня и ночи, смена фаз Луны, смена времен года. Осевое вращение Земли. Смена дня и ночи, сутки, календарный год.

ТЕМА 4. ГЕОЛОГИЯ С ОСНОВАМИ ГЕОМОРФОЛОГИИ

История Земли как планеты. Геология – наука о строении Земли, ее сущность, структура, источники информации. Состав и строение Земли и земной коры. Геологические объекты и процессы. Развитие земной коры во времени. Этапы геологической истории земной коры. Геологическая хронология. Тектоника литосферных плит. Влияние строения земной коры на облик Земли. Свойства литосферы: ресурсные, геодинамические, геохимические, геофизические, экологические. Геологическая среда как часть окружающей человека среды. Обоснование практического значения геологических знаний для обеспечения человечества минерально-сырьевыми ресурсами; для инженерно-хозяйственной деятельности. Изучение изменения геологической среды в результате деятельности человека. Формирование современного рельефа Земли. Эндогенные и экзогенные процессы и рельеф. Антропогенный фактор рельефообразования.

ТЕМА 5. МЕТЕОРОЛОГИЯ И КЛИМАТОЛОГИЯ

Строение воздушной оболочки Земли. Температура воздуха. Нагревание воздуха. Суточный и годовой ход температур и его графическое отображение. Среднесуточная, среднемесячная, среднегодовая температура. Зависимость температуры от географической широты. Тепловые пояса. Вода в атмосфере. Облака и атмосферные осадки. Атмосферное давление. Ветер. Постоянные и переменные ветра. Графическое отображение направления ветра. Роза ветров. Циркуляция атмосферы. Влажность воздуха. Понятие погоды. Наблюдения и прогноз погоды. Метеостанция/метеоприборы (проведение наблюдений и измерений, фиксация результатов наблюдений, обработка результатов наблюдений). Понятие климата. Погода и климат. Распределение температуры, осадков, поясов атмосферного давления на Земле и их отражение на климатических картах. Разнообразие климата на Земле. Климатообразующие факторы. Характеристика воздушных масс Земли. Характеристика основных и переходных климатических поясов Земли. Зависимость климата от абсолютной высоты местности. Влияние климатических условий на жизнь людей. Влияние современной хозяйственной деятельности людей на климат Земли. Расчет угла падения солнечных лучей в зависимости от географической широты, абсолютной высоты местности по разности атмосферного давления, расчет температуры воздуха тропосферы на заданной высоте, расчет средних значений (температуры воздуха, амплитуды и др. показателей). Влияние климата на здоровье людей. Человек и атмосфера.

ТЕМА 6. ГИДРОЛОГИЯ СУШИ И ОКЕАНОЛОГИЯ

Строение гидросферы. Особенности Мирового круговорота воды. Мировой океан и его части. Этапы изучения Мирового океана. Свойства вод Мирового океана – температура и соленость. Движение воды в океане – волны, течения. Система океанических течений. Тихий океан. Характерные черты природы океана и его отличительные особенности. Атлантический океан. Характерные черты природы океана и его отличительные особенности. Северный Ледовитый океан. Характерные черты природы океана и его отличительные особенности. Индийский океан. Характерные черты природы океана и его отличительные особенности. Воды суши. Реки на географической карте и в природе: основные части речной системы, характер, питание и режим рек. Озера и их происхождение. Ледники. Горное и покровное оледенение, многолетняя мерзлота.

Подземные воды. Межпластовые и грунтовые воды. Болота. Каналы. Водохранилища. Человек и гидросфера.

ТЕМА 7. ОСНОВЫ ПОЧВОВЕДЕНИЯ И ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ

Почвенный покров. Почва как особое природное образование. Почвообразующие факторы, условия формирования почв различных типов и закономерности распространения почв. Плодородие почв. Изменения почвенного покрова. Земельные и почвенные ресурсы России и мира. Описание почв на местности и по карте России и мира. Рекультивация почвы. Значение рационального использования и охраны почв.

ТЕМА 8. БИОГЕОГРАФИЯ. ПРИРОДНЫЕ ЗОНЫ И ВЫСОТНАЯ ПОЯСНОСТЬ

Экосистемная организация живой природы. Экосистема, ее основные компоненты. Естественная экосистема (биогеоценоз). Агроэкосистема (агроценоз) как искусственное сообщество организмов. Кру оборот веществ и поток энергии в биогеоценозах. Биосфера – глобальная экосистема. В. И. Вернадский – основоположник учения о биосфере. Структура биосферы. Распространение и роль живого вещества в биосфере.

Биогеография как часть физической географии. Понятие о географической оболочке. Взаимодействие оболочек Земли. Свойства и особенности строения географической оболочки. Понятие о природном комплексе. Глобальные, региональные и локальные природные комплексы. Природные комплексы своей местности. Закономерности географической оболочки: географическая зональность и высотная поясность. Природные зоны Земли.

ТЕМА 9. ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ МАТЕРИКОВ И ОКЕАНОВ

Южные материки. Особенности южных материков Земли. Африка. Географическое положение Африки и история исследования. Рельеф и полезные ископаемые. Климат и внутренние воды. Характеристика и оценка климата отдельных территорий Африки для жизни людей. Природные зоны Африки. Эндемики. Определение причин природного разнообразия материка.

Особенности стран Северной Африки (регион высоких гор, сурового климата, пустынь и оазисов, а также родина древних цивилизаций, современный район добычи нефти и газа).

Особенности стран Западной и Центральной Африки (регион саванн и непроходимых гилей, с развитой охотой на диких животных, эксплуатация местного населения на плантациях и при добыче полезных ископаемых).

Особенности стран Восточной Африки (регион вулканов и разломов, национальных парков, центр происхождения культурных растений).

Особенности стран Южной Африки (регион гор причудливой формы и пустынь, с развитой мировой добычей).

Австралия и Океания. Географическое положение, история исследования, особенности природы материка. Эндемики.

Океания (уникальное природное образование – крупнейшее в мире скопление островов; специфические особенности трех островных групп: Меланезия – «черные острова», Микронезия и Полинезия – «маленькие» и «многочисленные острова»).

Южная Америка. Географическое положение, история исследования и особенности рельефа материка. Климат и внутренние воды. Южная Америка – самый влажный материк. Природные зоны. Высотная поясность Анд. Эндемики. Изменение природы.

Антарктида. Антарктида – уникальный материк на Земле (самый холодный и удаленный, с шельфовыми ледниками и антарктическими оазисами). Освоение человеком Антарктиды. Цели международных исследований материка в 20-21 веке. Современные исследования и разработки в Антарктиде.

Северные материки. Особенности северных материков Земли.

Северная Америка. Географическое положение, история открытия и исследования Северной Америки (Новый Свет). Особенности рельефа и полезные ископаемые. Климат, внутренние воды. Природные зоны. Меридиональное расположение природных зон на территории Северной Америки. Изменения природы под влиянием деятельности человека. Эндемики. Особенности природы материка.

Евразия. Географическое положение, история исследования материка. Рельеф и полезные ископаемые Евразии. Климатические особенности материка. Влияние климата на хозяйственную деятельность людей. Реки, озера материка. Многолетняя мерзлота, современное оледенение. Природные зоны материка. Эндемики.

ТЕМА 10. ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ РОССИИ. АДМИНИСТРАТИВНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО РОССИИ

Территория России на карте мира. Характеристика географического положения России. Водные пространства, омывающие территорию России. Государственные границы территории России. Россия на карте часовых поясов. Часовые зоны России. Местное, поясное время, его роль в хозяйстве и жизни людей. История освоения и заселения территории России в XI – XVI вв. История освоения и заселения территории России в XVII – XVIII вв. История освоения и заселения территории России в XIX – XXI вв. Административно-территориальное устройство Российской Федерации.

ТЕМА 11. ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ РОССИИ. ПРИРОДНЫЕ РАЙОНЫ РОССИИ

Общая характеристика природы России.

Рельеф и полезные ископаемые России. Геологическое строение территории России. Геохронологическая таблица. Тектоническое строение территории России. Основные формы рельефа России, взаимосвязь с тектоническими структурами. Факторы образования современного рельефа. Закономерности размещения полезных ископаемых на территории России. Изображение рельефа на картах разного масштаба. Построение профиля рельефа.

Климат России. Характерные особенности климата России и климатообразующие факторы. Закономерности циркуляции воздушных масс на территории России (циклон, антициклон, атмосферный фронт). Закономерности распределения основных элементов климата на

территории России. Суммарная солнечная радиация. Определение величин суммарной солнечной радиации на разных территориях России. Климатические пояса и типы климата России. Человек и климат. Неблагоприятные и опасные климатические явления. Прогноз и прогнозирование. Значение прогнозирования погоды. Работа с климатическими и синоптическими картами, картодиаграммами. Определение зенитального положения Солнца.

Внутренние воды России. Разнообразие внутренних вод России. Особенности российских рек. Разнообразие рек России. Режим рек. Озера. Классификация озер. Подземные воды, болота, многолетняя мерзлота, ледники, каналы и крупные водохранилища. Водные ресурсы в жизни человека.

Почвы России. Образование почв и их разнообразие на территории России. Почвообразующие факторы и закономерности распространения почв. Земельные и почвенные ресурсы России. Значение рационального использования и охраны почв.

Растительный и животный мир России. Разнообразие растительного и животного мира России. Охрана растительного и животного мира. Биологические ресурсы России.

Природно-территориальные комплексы России.

Природное районирование. Природно-территориальные комплексы (ПТК): природные, природно-антропогенные и антропогенные. Природное районирование территории России. Природные зоны России. Зона арктических пустынь, тундры и лесотундры. Разнообразие лесов России: тайга, смешанные и широколиственные леса. Лесостепи, степи и полупустыни. Высотная поясность.

Крупные природные комплексы России. Русская равнина (одна из крупнейших по площади равнин мира, древняя равнина; разнообразие рельефа; благоприятный климат; влияние западного переноса на увлажнение территории; разнообразие внутренних вод и ландшафтов).

Север Русской равнины (пологая равнина, богатая полезными ископаемыми; влияние теплого течения на жизнь портовых городов; полярные ночь и день; особенности расселения населения (к речным долинам: переувлажненность, плодородие почв на заливных лугах, транспортные пути, рыбные ресурсы)).

Центр Русской равнины (всхолмленная равнина с возвышенностями; центр Русского государства, особенности ГП: на водоразделе (между бассейнами Черного, Балтийского, Белого и Каспийского морей)).

Юг Русской равнины (равнина с оврагами и балками, на формирование которых повлияли и природные факторы (всхолмленность рельефа, легкоразмываемые грунты), и социально-экономические (чрезмерная вырубка лесов, распашка лугов); богатство почвенными (черноземы) и минеральными (железные руды) ресурсами и их влияние на природу, и жизнь людей).

Южные моря России: история освоения, особенности природы морей, ресурсы, значение.

Крым (географическое положение, история освоения полуострова, особенности природы (равнинная, предгорная и горная части; особенности климата; природные отличия территории полуострова; уникальность природы)).

Кавказ (предгорная и горная части; молодые горы с самой высокой точкой страны; особенности климата в западных и восточных частях; высотная поясность; природные отличия территории; уникальность природы Черноморского побережья).

Урал (особенности географического положения; район древнего горообразования; богатство полезными ископаемыми; суровость климата на севере и влияние континентальности на юге; высотная поясность и широтная зональность).

Урал (изменение природных особенностей с запада на восток, с севера на юг).

Обобщение знаний по особенностям природы европейской части России.

Моря Северного Ледовитого океана: история освоения, особенности природы морей, ресурсы, значение. Северный морской путь.

Западная Сибирь (крупнейшая равнина мира; преобладающая высота рельефа; зависимость размещения внутренних вод от рельефа и от зонального соотношения тепла и влаги; природные зоны – размещение, влияние рельефа, наибольшая по площади, изменения в составе природных зон, сравнение состава природных зон с Русской равниной).

Западная Сибирь: природные ресурсы, проблемы рационального использования и экологические проблемы.

Средняя Сибирь (сложность и многообразие геологического строения, развитие физико-географических процессов (речные долины с хорошо выраженными террасами и многочисленные мелкие долины), климат резко континентальный, многолетняя мерзлота, характер полезных ископаемых и формирование природных комплексов).

Северо-Восточная Сибирь (разнообразие и контрастность рельефа (котловинность рельефа, горные хребты, переходящие в северные низменности; суровость климата; многолетняя мерзлота; реки и озера; влияние климата на природу; особенности природы).

Горы Южной Сибири (географическое положение, контрастный горный рельеф, континентальный климат и их влияние на особенности формирования природы района).

Алтай, Саяны, Прибайкалье, Забайкалье (особенности положения, геологическое строение и история развития, климат и внутренние воды, характерные типы почв, особенности природы).

Байкал. Уникальное творение природы. Особенности природы. Образование котловины. Байкал – как объект Всемирного природного наследия (уникальность, современные экологические проблемы и пути решения).

Дальний Восток (положение на Тихоокеанском побережье; сочетание горных хребтов и межгорных равнин; преобладание муссонного климата на юге и муссонообразного и

морского на севере, распространение равнинных, лесных и тундровых, горно-лесных и гольцовых ландшафтов).

Чукотка, Приамурье, Приморье (географическое положение, история исследования, особенности природы).

Камчатка, Сахалин, Курильские острова (географическое положение, история исследования, особенности природы).

ТЕМА 12. ГЕОГРАФИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ РОССИИ. ОСНОВЫ ГЕОЭКОЛОГИИ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ. ГЛОБАЛЬНЫЕ И РЕГИОНАЛЬНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

Природа как фактор развития хозяйства. Природные условия и ресурсы, их классификация и оценка. Природно-ресурсный и экологический потенциал России. Использование природных ресурсов. Важнейшие территориальные сочетания природных ресурсов. Выявление: зависимости между тектоническим строением, рельефом и размещением основных групп полезных ископаемых; зависимости между режимом, характером течения рек, рельефом и климатом; способов адаптации человека к разнообразным климатическим условиям. Анализ физической карты и карт компонентов природы.

Влияние хозяйственной деятельности людей на литосферу, гидросферу, атмосферу, биосферу; меры по их охране. Деятельность человека по использованию и охране почв.

Стихийные явления в литосфере, гидросфере, атмосфере; их характеристика и правила обеспечения безопасности людей. Сохранение качества окружающей среды.

Основные типы природопользования. Источники загрязнения окружающей среды. Экологические проблемы регионов различных типов хозяйствования.

Изучение правил поведения человека в окружающей среде, мер защиты от стихийных природных и техногенных явлений. Применение географических знаний для выявления геоэкологических проблем на местности и по карте, путей сохранения и улучшения качества окружающей среды.

ТЕМА 13. ГЕОГРАФИЯ НАСЕЛЕНИЯ РОССИИ

Население России. Исторические особенности заселения и освоения территории России. Главные ареалы расселения восточных славян. Основные направления колонизации Московского государства. Формирование и заселение территории Русского и Российского государства в XVI-XIX вв. Динамика численности населения России. Переписи населения в России. Особенности естественного движения населения в России. Динамика рождаемости и смертности в России. Факторы, влияющие на динамику численности населения. Прогнозы изменения численности населения России. Половой и возрастной состав населения. Соотношение мужчин и женщин в России. Возрастно-половая (демографическая) пирамида. Возрастной состав населения России и определяющие его факторы. Ожидаемая продолжительность жизни мужского и женского населения России. Соотношение возрастных групп населения России. Народы, языки и религии России. Россия – многонациональное государство. Крупнейшие и малочисленные народы России.

Языковые семьи народов России. Классификация народов России по языковому признаку. Наиболее многонациональные районы страны. Религии, исповедуемые в России. Основные районы распространения разных религий. Городское и сельское население. Городские поселения. Города и поселки городского типа. Различия городов по численности населения и функциям. Урбанизация. Размещение городов по территории страны. Крупнейшие города России. Городские агломерации. Понятие человеческого капитал, методы его оценки. Индекс человеческого развития. Трудоспособное население. Занятость населения. Безработные и безработица. Сферы занятости населения. Территориальные различия в уровне занятости населения. Перспективы развития рынка труда.

Миграции населения. Понятие о миграциях и мигрантах. Механическое движение населения. Виды миграций. Причины миграций. Продолжительность миграций. Направленность миграций в России, их влияние на жизнь страны. Размещение населения России. Средняя плотность населения в России. Факторы, определяющие уровень заселенности. Зоны расселения. Основная зона расселения. Размещение населения в зоне Севера.

ТЕМА 14. ГЕОГРАФИЯ ОТРАСЛЕЙ ХОЗЯЙСТВА РОССИИ

Общая характеристика хозяйства. Географическое районирование. Экономическая и социальная география в жизни современного общества. Понятие хозяйства. Отраслевая структура хозяйства. Сферы хозяйства. Этапы развития хозяйства. Этапы развития экономики России. Географическое районирование. Административно-территориальное устройство Российской Федерации.

Главные отрасли и межотраслевые комплексы. Сельское хозяйство. Отраслевой состав сельского хозяйства. Растениеводство. Животноводство. Отраслевой состав животноводства. География животноводства. Агропромышленный комплекс. Состав АПК. Пищевая и легкая промышленность. Лесной комплекс. Состав комплекса. Основные места лесозаготовок. Целлюлозно-бумажная промышленность. Топливо-энергетический комплекс. Топливо-энергетический комплекс. Угольная промышленность. Нефтяная и газовая промышленность. Электроэнергетика. Типы электростанций. Особенности размещения электростанция. Единая энергосистема страны. Перспективы развития. Metallургический комплекс. Черная и цветная металлургия. Особенности размещения. Проблемы и перспективы развития отрасли. Машиностроительный комплекс. Специализация. Кооперирование. Связи с другими отраслями. Особенности размещения. ВПК. Отраслевые особенности военно-промышленного комплекса. Химическая промышленность. Состав отрасли. Особенности размещения. Перспективы развития. Транспорт. Виды транспорта. Значение для хозяйства. Транспортная сеть. Проблемы транспортного комплекса. Информационная инфраструктура. Информация и общество в современном мире. Типы телекоммуникационных сетей. Сфера обслуживания. Рекреационное хозяйство. Территориальное (географическое) разделение труда.

ТЕМА 15. КУЛЬТУРНАЯ ГЕОГРАФИЯ И ГЕОГРАФИЯ ТУРИЗМА РОССИИ И МИРА

Основные понятия культурной географии, культурный ландшафт. Этнические группы, как основа этнокультурного подхода к исследованию культурного ландшафта. Этнокультурное

разнообразие, география народов, языков и конфессий, культурно-географическое районирование России.

География туризма в историческом контексте, рекреационное районирование и туризм. Факторы развития и география туристского спроса. География видов туризма. Лечебно-оздоровительный туризм. Спортивно-оздоровительный туризм. Познавательный и развлекательный туризм. Событийный туризм. Религиозный туризм. Круизный туризм. Деловой туризм. Экологический туризм. Туристское страноведение. Особенности развития туризма в России и мире.

Всемирные объекты культурного и природного наследия ЮНЕСКО.

ТЕМА 16. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ РАЙОНЫ РОССИИ. РЕГИОНЫ РОССИИ

Районирование – важнейший метод географии. Виды районирования. Географические районы и географическое (территориальное) разделение труда. Специализация территорий на производстве продукции (услуг). Отрасли специализации районов. Западная и восточная части России. Экономические районы.

Европейская часть России. Центральная Россия: особенности формирования территории, ЭГП, природно-ресурсный потенциал, особенности населения, географический фактор в расселении, народные промыслы. Этапы развития хозяйства Центрального района. Хозяйство Центрального района. Специализация хозяйства. География важнейших отраслей хозяйства.

Города Центрального района. Древние города, промышленные и научные центры. Функциональное значение городов. Москва – столица Российской Федерации.

Центрально-Черноземный район: особенности ЭГП, природно-ресурсный потенциал, население и характеристика хозяйства. Особенности территориальной структуры хозяйства, специализация района. География важнейших отраслей хозяйства.

Волго-Вятский район: особенности ЭГП, природно-ресурсный потенциал, население и характеристика хозяйства. Особенности территориальной структуры хозяйства, специализация района. География важнейших отраслей хозяйства.

Северо-Западный район: особенности ЭГП, природно-ресурсный потенциал, население, древние города района и характеристика хозяйства. Особенности территориальной структуры хозяйства, специализация района. География важнейших отраслей хозяйства.

Калининградская область: особенности ЭГП, природно-ресурсный потенциал, население и характеристика хозяйства. Рекреационное хозяйство района. Особенности территориальной структуры хозяйства, специализация. География важнейших отраслей хозяйства.

Моря Атлантического океана, омывающие Россию: транспортное значение, ресурсы.

Европейский Север: история освоения, особенности ЭГП, природно-ресурсный потенциал, население и характеристика хозяйства. Особенности территориальной структуры хозяйства, специализация района. География важнейших отраслей хозяйства.

Поволжье: особенности ЭГП, природно-ресурсный потенциал, население и характеристика хозяйства. Особенности территориальной структуры хозяйства, специализация района. География важнейших отраслей хозяйства.

Крым: особенности ЭГП, природно-ресурсный потенциал, население и характеристика хозяйства. Рекреационное хозяйство. Особенности территориальной структуры хозяйства, специализация. География важнейших отраслей хозяйства.

Северный Кавказ: особенности ЭГП, природно-ресурсный потенциал, население и характеристика хозяйства. Рекреационное хозяйство. Особенности территориальной структуры хозяйства, специализация. География важнейших отраслей хозяйства.

Южные моря России: транспортное значение, ресурсы.

Уральский район: особенности ЭГП, природно-ресурсный потенциал, этапы освоения, население и характеристика хозяйства. Особенности территориальной структуры хозяйства, специализация района. География важнейших отраслей хозяйства.

Азиатская часть России.

Западная Сибирь: особенности ЭГП, природно-ресурсный потенциал, этапы и проблемы освоения, население и характеристика хозяйства. Особенности территориальной структуры хозяйства, специализация района. География важнейших отраслей хозяйства.

Моря Северного Ледовитого океана: транспортное значение, ресурсы.

Восточная Сибирь: особенности ЭГП, природно-ресурсный потенциал, этапы и проблемы освоения, население и характеристика хозяйства. Особенности территориальной структуры хозяйства, специализация района. География важнейших отраслей хозяйства.

Моря Тихого океана: транспортное значение, ресурсы.

Дальний Восток: формирование территории, этапы и проблемы освоения, особенности ЭГП, природно-ресурсный потенциал, население и характеристика хозяйства. Особенности территориальной структуры хозяйства, специализация района. Роль территории Дальнего Востока в социально-экономическом развитии РФ. География важнейших отраслей хозяйства.

ТЕМА 17. СТРАНОВЕДЕНИЕ

Политическая карта мира. Классификация стран мира по географическому положению. Формы правления и административно-территориального устройства стран.

Культурно-исторические регионы мира.

Африка. Население Африки, политическая карта.

Особенности стран Северной Африки (регион высоких гор, сурового климата, пустынь и оазисов, а также родина древних цивилизаций, современный район добычи нефти и газа).

Особенности стран Западной и Центральной Африки (регион саванн и непроходимых гилей, с развитой охотой на диких животных, эксплуатация местного населения на плантациях и при добыче полезных ископаемых).

Особенности стран Восточной Африки (регион вулканов и разломов, национальных парков, центр происхождения культурных растений и древних государств).

Особенности стран Южной Африки (регион гор причудливой формы и пустынь, с развитой мировой добычей алмазов и самой богатой страной континента (ЮАР)).

Австралия и Океания. Австралийский Союз (географический уникум – страна-материк; самый маленький материк, но одна из крупнейших по территории стран мира; выделение особого культурного типа австралийско-новозеландского города, отсутствие соседства отсталых и развитых территорий, слабо связанных друг с другом; высокоразвитая экономика страны основывается на своих ресурсах). Океания.

Южная Америка. Население Южной Америки (влияние испанской и португальской колонизации на жизнь коренного населения). Страны востока и запада материка (особенности образа жизни населения и хозяйственной деятельности).

Северная Америка. Особенности населения (коренное население и потомки переселенцев).

Характеристика двух стран материка: Канады и Мексики. Описание США – как одной из ведущих стран современного мира.

Евразия.

Зарубежная Европа. Страны Северной Европы (население, образ жизни и культура региона, влияние моря и теплого течения на жизнь и хозяйственную деятельность людей).

Страны Средней Европы (население, образ жизни и культура региона, высокое развитие стран региона, один из главных центров мировой экономики).

Страны Восточной Европы (население, образ жизни и культура региона, благоприятные условия для развития хозяйства, поставщики сырья, сельскохозяйственной продукции и продовольствия в более развитые европейские страны).

Страны Южной Европы (население, образ жизни и культура региона, влияние южного прибрежного положения на жизнь и хозяйственную деятельность людей (международный туризм, экспорт субтропических культур (цитрусовых, маслин)), продуктов их переработки (оливковое масло, консервы, соки), вывоз продукции легкой промышленности (одежды, обуви)).

Зарубежная Азия. Страны Юго-Западной Азии (особенности положения региона (на границе трех частей света), население, образ жизни и культура региона (центр возникновения двух мировых религий), специфичность природных условий и ресурсов и их отражение на жизни людей (наличие пустынь, оазисов, нефти и газа), горячая точка планеты).

Страны Центральной Азии (влияние большой площади территории, имеющей различные природные условия, на население (его неоднородность), образ жизни (постсоветское экономическое наследие, сложная политическая ситуация) и культуру региона).

Страны Восточной Азии (население (большая численность населения), образ жизни (влияние колониального и полуколониального прошлого, глубоких феодальных корней, периода длительной самоизоляции Японии и Китая) и культура региона (многообразие и тесное переплетение религий: даосизм и конфуцианство, буддизм и ламаизм, синтоизм, католицизм).

Страны Южной Азии (влияние рельефа на расселение людей (концентрация населения в плодородных речных долинах), население (большая численность и «молодость»), образ жизни (распространение сельского образа жизни (даже в городах) и культура региона (центр возникновения древних религий – буддизма и индуизма; одна из самых «бедных и голодных территорий мира»).

Страны Юго-Восточной Азии (использование выгодности положения в развитии стран региона (например, в Сингапуре расположены одни из самых крупных аэропортов и портов мира), население (главный очаг мировой эмиграции), образ жизни (характерны резкие различия в уровне жизни населения – от минимального в Мьянме до самого высокого в Сингапуре) и культура региона (влияние соседей на регион – двух мощных центров цивилизаций – Индии и Китая).

ТЕМА 18. ТОПОНИМИКА И МЕСТНЫЕ ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ТЕРМИНЫ

Ономастика как наука о собственных именах и совокупность имён собственных. Топонимика как наука, и раздел ономастики. Разделы топонимики. Связь топонимики с другими дисциплинами. Объединение топонимов по группам. Оронимы. Спелеонимы. Гидронимы. Гляционимы. Дримонимы. Хоронимы. Несонимы. Ойконимы. Урбанонимы. Дромонимы. Общегеографические термины и местные географические термины. Этническое происхождение топонимов.

Местные географические термины и понятия.

ЛИТЕРАТУРА

Рекомендуемый перечень учебников для подготовки

9 класс

1. Домогацких Е.М. География. Население и хозяйство России: учебник для 9 класса общеобразовательных организаций / Е.М. Домогацких, Н.И. Алексеевский, Н.И. Ключев. – 5-е изд. – М.: ООО «Русское слово – учебник», 2018. – 344 с.
2. Дронов В.П. География: География России: Население и хозяйство. 9 кл.: учебное пособие / В.П. Дронов, В.Я. Ром. – 2-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2019. – 318, [2] с.
3. Таможняя Е.А. География России. Хозяйство. Регионы: 9 класс: учеб. пособие / Е.А. Таможняя, С.Г. Толкунова. – М.: Вентана-Граф, 2019. – 352 с.
4. Подольская Н. В. Словарь русской ономастической терминологии. Академия Наук СССР. Институт языкознания. 2-е изд., перераб. и доп. М Наука. 1988г.

8 класс

1. Домогацких Е.М., Алексеевский Н.И. География. Физическая география России: учебник для 8 класса общеобразовательных организаций / Е.М. Домогацких, Н.И. Алексеевский. – 6-е изд. – М.: ООО «Русское слово – учебник», 2018. – 344 с.
2. Дронов В.П. География: География России: Природа. Население. Хозяйство. 8 кл.: учебник / В.П. Дронов, И.И. Барина, В.Я. Ром; под ред. В.П. Дронова. – 7-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2019. – 271, [1] с.
3. Пятунин В.Б. География России. Природа. Население: 8 класс: учебник для учащихся общеобразовательных организаций / В.Б. Пятунин, Е.А. Таможняя; под общ. ред. В.П. Дронова. – 6-е изд., стереотип. – М.: Вентана-Граф, 2019. – 336 с.

7 класс

1. Домогацких Е.М., Алексеевский Н.И. География. Материки и океаны: в 2 ч. Ч. 1. Планета, на которой мы живем. Африка: учебник для 7 класса общеобразовательных организаций / Е.М. Домогацких, Н.И. Алексеевский. – 6-е изд. – М.: ООО «Русское слово - учебник», 2018. – 240 с.
2. Домогацких Е.М., Алексеевский Н.И. География. Материки и океаны: в 2 ч. Ч. 2. Материки планеты Земля: Австралия, Антарктида, Южная Америка, Северная Америка, Евразия: учебник для 7 класса общеобразовательных организаций / Е.М. Домогацких, Н.И. Алексеевский. – 6-е изд. – М.: ООО «Русское слово - учебник», 2018. – 295 с.
3. Дронов В.П. География. 7 класс / В.П. Дронов, И.И. Барина. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2018. – 288 с.
4. Душина И.В. География: материки, океаны, народы и страны: 7 класс: учебник / И.В. Душина, Т.Л. Смоктунович; под общ. ред. В.П. Дронова. – 5-е изд., стереотип. – М.: Вентана-Граф, 2018. – 317, [3] с.

6 класс

1. Домогацких Е.М., Алексеевский Н.И. География. Физическая география: учебник для 6 класса общеобразовательных организаций / Е.М. Домогацких, Н.И. Алексеевский. – 7-е изд. – М.: ООО «Русское слово - учебник», 2018. – 224 с.
2. Летягин А.А. География. Начальный курс: 6 класс: учебник для учащихся общеобразовательных организаций / А.А. Летягин; под общ. ред. В.П. Дронова. – 5-е изд., стереотип. – М.: Вентана-Граф, 2019. – 192 с.

5-6 классы

1. География. 5-6 классы: учеб. для общеобразоват. организаций / [А.И. Алексеев и др.]. – 8-е изд. – М.: Просвещение, 2019. – 191 с.
2. География: Землеведение: 5-6 классы: учебник / О.А. Климанова, В.В. Климанов, Э.В. Ким и др.; под ред. О.А. Климановой. – 10-е изд., перераб. – М.: Дрофа, 2019. – 272 с.
3. Дронов В.П. География. Землеведение. 5-6 кл.: учебник / В.П. Дронов, Л.Е. Савельева. – 7-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2017. – 283, [5] с.

5 класс

1. Барина И.И. География. Начальный курс. 5 кл.: учебник / И.И. Барина, А.А. Плешаков, Н.И. Сонин. – 9-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2019. – 140, [4] с.
2. Домогацких Е.М. География. Введение в географию: учебник для 5 класса общеобразовательных организаций / Е.М. Домогацких, Э.Л. Введенский, А.А. Плешаков. – 7-е изд. – М.: ООО «Русское слово – учебник», 2018. – 160 с.

3. Летагин А.А. География. Начальный курс: 5 класс: учебник для учащихся общеобразовательных организаций / А.А. Летагин; под. ред. В.П. Дронова. – 6-е изд., стереотип. – М.: Вентана-Граф, 2019. – 160 с.

Рекомендуемый перечень атласов для подготовки

Серия атласов Издательства «Вентана-Граф»

1. Таможняя Е.А. География России. Хозяйство. Регионы; 9 класс. Атлас. 5-е изд., испр. М.: Вентана-Граф. – 2018.– 56 с.
2. География России. Природа. Население: 8 класс. Атлас. 8-е изд., испр. и доп. М.: Вентана-Граф. – 2018. – 48 с.
3. Душина И. В., Летагин А.А. География. Материки, океаны, народы и страны: 7 класс. Атлас. 6-е изд., испр. и доп. М.: Вентана-Граф. – 2018. – 64 с.
4. Душина И. В., Летагин А.А. Начальный курс географии: 6 класс. Атлас. 7-е изд., испр. и доп. М.: Вентана-Граф. – 2018. – 40 с.

Серия атласов Издательства «Просвещение». Серия «Сферы»

5. География. Планета Земля. 5-6 классы. Атлас. Серия «Сферы». М.: Просвещение. – 2019. – 48 с.
6. География. Земля и люди. 7 класс. Атлас. Серия «Сферы». М.: Просвещение. – 2019. – 64 с.
7. География. Россия. Природа, население, хозяйство. 8-9 классы. Атлас. Серия «Сферы». М.: Просвещение. – 2019. – 64 с.

Серия атласов Издательства «Омская картографическая фабрика»

8. География. Начальный курс. 6 класс. Атлас с комплектом контурных карт. ФГОС. Омск.: Омская картографическая фабрика. – 2018. – 32 с.
9. География материков и океанов. Природа, население, хозяйство. 7 класс. Атлас с комплектом контурных карт. ФГОС. Омск.: Омская картографическая фабрика. – 2018. – 48 с.
10. География России. Природа и человек. Население и хозяйство. 8-9 кл. Атлас с комплектом контурных карт. ФГОС. Омск.: Омская картографическая фабрика. – 2018. – 63 с.
11. Экономическая и социальная география мира. 10 класс. Атлас с комплектом контурных карт. ФГОС. Омск.: Омская картографическая фабрика. – 2018. – 76 с.

Серия атласов Издательства «АСТ-ПРЕСС»

12. География. Начальный курс географии. 5 класс. Атлас с контурными картами. ФГОС. М.: АСТ-ПРЕСС. – 2019 – 52 с.
13. Начальный курс географии. 6 класс. Атлас с комплектом контурных карт. ФГОС. М.: АСТ-ПРЕСС. – 2019 – 56 с.
14. Материки, океаны. Народы и страны. 7 класс. Атлас с комплектом контурных карт. ФГОС. М.: АСТ-ПРЕСС. – 2019 – 88 с.
15. Физическая география России. 8 класс. Атлас с контурными картами. ФГОС. М.: АСТ-ПРЕСС. – 2019 – 72 с.
16. Экономическая и социальная география России. 9 класс. Атлас с контурными картами и заданиями. ФГОС. М.: АСТ-ПРЕСС. – 2019 – 64 с.

Дополнительная литература

1. Новая географическая картина мира : учебное пособие / [М. М. Агафшин, В. Л. Бабурин, С. А. Горохов и др.] ; под редакцией В. А. Колосова, Д. В. Зайца. - 2-е изд., стер. - Москва : Просвещение, 2021.

2. Географическая культура [Текст] : Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по геогр. спец. / В. П. Максаковский. - Москва : ВЛАДОС, 1998. - 414 с.
3. Историческая география мира [Текст] : [учебное пособие] : для студентов высших учебных заведений / В. П. Максаковский. - Изд. 2-е, испр. - Москва : URSS, 2016 (cop. 2015). - 622 с.
4. История географии : учебное пособие для вузов / В. Т. Богучарсков. - Москва : Акад. Проект, 2006. – 558 с.
5. Теория и методология географической науки : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 012500 "География" / М. М. Голубчик [и др.]. - Москва : ВЛАДОС, 2005. - 463 с.

Дополнительные онлайн-ресурсы

1. География. Современная иллюстрированная энциклопедия. — М.: Росмэн. 2006. Под редакцией проф. А. П. Горкина. [Электронный ресурс]. URL: <https://rus-geo-enc.slovaronline.com>
2. Большая Российская энциклопедия – электронная версия. [Электронный ресурс]. URL: <https://bigenc.ru/>
3. Национальный атлас России – электронная версия. [Электронный ресурс]. URL: <https://национальныйатлас.рф/>

10 класс

ТЕМА 1. ГЕОГРАФИЯ КАК НАУКА. ИСТОРИЯ ГЕОГРАФИИ. ИСТОРИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ОТКРЫТИЙ

География в системе естественно-научных и гуманитарных знаний. История географии как науки. Основные теории и концепции современной географии. Значение географической науки для современного общества. Методы географической науки (описательный, сравнительно-географический, картографический, статистический, полевой, математический, моделирования, районирования, аэрокосмический, геоинформационный). Целостность географического пространства. Географические оболочки. Ноосфера. Географическая картина мира. Пространственная дифференциация объектов и явлений. Основные подходы к районированию территории. Территориальные системы. Иерархия природно-хозяйственных систем. Пространственные модели в географии. Геоинформационные системы. Географические прогнозы. Географические аспекты глобальных проблем человечества. Роль географии в решении глобальных проблем современности. Международное сотрудничество как инструмент решения глобальных проблем.

ТЕМА 2. ОСНОВЫ КАРТОГРАФИИ И ТОПОГРАФИИ. ГЕОИНФОРМАТИКА И КОСМИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ

Виды изображения земной поверхности: план местности, глобус, географическая карта, аэрофото- и аэрокосмические снимки. Масштаб. Стороны горизонта. Азимут. Ориентирование на местности: определение сторон горизонта по компасу и местным признакам, определение азимута. Особенности ориентирования в мегаполисе и в природе. План местности. Условные знаки. Составление плана местности. Составление простейшего плана местности/учебного кабинета/комнаты. Географическая карта – особый источник информации. Содержание и значение карт. Топографические карты. Масштаб и условные знаки на карте. Градусная сеть: параллели и меридианы. Географические координаты: географическая широта. Географические координаты: географическая долгота. Определение географических координат различных объектов, направлений, расстояний, абсолютных высот по карте. Изображения Земли из космоса и данные дистанционного зондирования Земли как источники географической информации. Чтение и дешифровка изображений Земли из космоса. Геоинформационные системы, системы спутникового позиционирования, спутниковые веб-сервисы Google Maps и Google Earth, космический мониторинг Земли, Big Data.

ТЕМА 3. ЗЕМЛЯ КАК ПЛАНЕТА

Земля – часть Солнечной системы. Земля и Луна. Влияние космоса на нашу планету и жизнь людей. Форма и размеры Земли. Наклон земной оси к плоскости орбиты. Виды движения Земли и их географические следствия. Движение Земли вокруг Солнца. Смена времен года. Тропики и полярные круги. Пояса освещенности. Календарь – как система измерения больших промежутков времени, основанная на периодичности таких явлений природы, как смена дня и ночи, смена фаз Луны, смена времен года. Осевое вращение Земли. Смена дня и ночи, сутки, календарный год.

ТЕМА 4. ГЕОЛОГИЯ С ОСНОВАМИ ГЕОМОРФОЛОГИИ

История Земли как планеты. Геология – наука о строении Земли, ее сущность, структура, источники информации. Состав и строение Земли и земной коры. Геологические объекты и процессы. Развитие земной коры во времени. Этапы геологической истории земной коры. Геологическая хронология. Тектоника литосферных плит. Влияние строения земной коры на облик Земли. Свойства литосферы: ресурсные, геодинамические, геохимические, геофизические, экологические. Геологическая среда как часть окружающей человека среды. Обоснование практического значения геологических знаний для обеспечения человечества минерально-сырьевыми ресурсами; для инженерно-хозяйственной деятельности. Изучение изменения геологической среды в результате деятельности человека. Формирование современного рельефа Земли. Эндогенные и экзогенные процессы и рельеф. Антропогенный фактор рельефообразования.

ТЕМА 5. МЕТЕОРОЛОГИЯ И КЛИМАТОЛОГИЯ

Строение воздушной оболочки Земли. Температура воздуха. Нагревание воздуха. Суточный и годовой ход температур и его графическое отображение. Среднесуточная, среднемесячная, среднегодовая температура. Зависимость температуры от географической широты. Тепловые пояса. Вода в атмосфере. Облака и атмосферные осадки. Атмосферное давление. Ветер. Постоянные и переменные ветра. Графическое отображение направления ветра. Роза ветров. Циркуляция атмосферы. Влажность воздуха. Понятие погоды. Наблюдения и прогноз погоды. Метеостанция/метеоприборы (проведение наблюдений и измерений, фиксация результатов наблюдений, обработка результатов наблюдений). Понятие климата. Погода и климат. Распределение температуры, осадков, поясов атмосферного давления на Земле и их отражение на климатических картах. Разнообразие климата на Земле. Климатообразующие факторы. Характеристика воздушных масс Земли. Характеристика основных и переходных климатических поясов Земли. Зависимость климата от абсолютной высоты местности. Влияние климатических условий на жизнь людей. Влияние современной хозяйственной деятельности людей на климат Земли. Расчет угла падения солнечных лучей в зависимости от географической широты, абсолютной высоты местности по разности атмосферного давления, расчет температуры воздуха тропосферы на заданной высоте, расчет средних значений (температуры воздуха, амплитуды и др. показателей). Влияние климата на здоровье людей. Человек и атмосфера.

ТЕМА 6. ГИДРОЛОГИЯ СУШИ И ОКЕАНОЛОГИЯ

Строение гидросферы. Особенности Мирового круговорота воды. Мировой океан и его части. Этапы изучения Мирового океана. Свойства вод Мирового океана – температура и соленость. Движение воды в океане – волны, течения. Система океанических течений. Тихий океан. Характерные черты природы океана и его отличительные особенности. Атлантический океан. Характерные черты природы океана и его отличительные особенности. Северный Ледовитый океан. Характерные черты природы океана и его отличительные особенности. Индийский океан. Характерные черты природы океана и его отличительные особенности. Воды суши. Реки на географической карте и в природе: основные части речной системы, характер, питание и режим рек. Озера и их происхождение. Ледники. Горное и покровное оледенение, многолетняя мерзлота.

Подземные воды. Межпластовые и грунтовые воды. Болота. Каналы. Водохранилища. Человек и гидросфера.

ТЕМА 7. ОСНОВЫ ПОЧВОВЕДЕНИЯ И ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ

Почвенный покров. Почва как особое природное образование. Почвообразующие факторы, условия формирования почв различных типов и закономерности распространения почв. Плодородие почв. Изменения почвенного покрова. Земельные и почвенные ресурсы России и мира. Описание почв на местности и по карте России и мира. Рекультивация почвы. Значение рационального использования и охраны почв.

ТЕМА 8. БИОГЕОГРАФИЯ. ПРИРОДНЫЕ ЗОНЫ И ВЫСОТНАЯ ПОЯСНОСТЬ

Экосистемная организация живой природы. Экосистема, ее основные компоненты. Естественная экосистема (биогеоценоз). Агроэкосистема (агроценоз) как искусственное сообщество организмов. Круговой оборот веществ и поток энергии в биогеоценозах. Биосфера – глобальная экосистема. В. И. Вернадский – основоположник учения о биосфере. Структура биосферы. Распространение и роль живого вещества в биосфере.

Биогеография как часть физической географии. Понятие о географической оболочке. Взаимодействие оболочек Земли. Свойства и особенности строения географической оболочки. Понятие о природном комплексе. Глобальные, региональные и локальные природные комплексы. Природные комплексы своей местности. Закономерности географической оболочки: географическая зональность и высотная поясность. Природные зоны Земли.

ТЕМА 9. ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ МАТЕРИКОВ И ОКЕАНОВ

Южные материки. Особенности южных материков Земли. Африка. Географическое положение Африки и история исследования. Рельеф и полезные ископаемые. Климат и внутренние воды. Характеристика и оценка климата отдельных территорий Африки для жизни людей. Природные зоны Африки. Эндемики. Определение причин природного разнообразия материка.

Особенности стран Северной Африки (регион высоких гор, сурового климата, пустынь и оазисов, а также родина древних цивилизаций, современный район добычи нефти и газа).

Особенности стран Западной и Центральной Африки (регион саванн и непроходимых гилей, с развитой охотой на диких животных, эксплуатация местного населения на плантациях и при добыче полезных ископаемых).

Особенности стран Восточной Африки (регион вулканов и разломов, национальных парков, центр происхождения культурных растений).

Особенности стран Южной Африки (регион гор причудливой формы и пустынь, с развитой мировой добычей).

Австралия и Океания. Географическое положение, история исследования, особенности природы материка. Эндемики.

Океания (уникальное природное образование – крупнейшее в мире скопление островов; специфические особенности трех островных групп: Меланезия – «черные острова», Микронезия и Полинезия – «маленькие» и «многочисленные острова»).

Южная Америка. Географическое положение, история исследования и особенности рельефа материка. Климат и внутренние воды. Южная Америка – самый влажный материк. Природные зоны. Высотная поясность Анд. Эндемики. Изменение природы.

Антарктида. Антарктида – уникальный материк на Земле (самый холодный и удаленный, с шельфовыми ледниками и антарктическими оазисами). Освоение человеком Антарктиды. Цели международных исследований материка в 20-21 веке. Современные исследования и разработки в Антарктиде.

Северные материки. Особенности северных материков Земли.

Северная Америка. Географическое положение, история открытия и исследования Северной Америки (Новый Свет). Особенности рельефа и полезные ископаемые. Климат, внутренние воды. Природные зоны. Меридиональное расположение природных зон на территории Северной Америки. Изменения природы под влиянием деятельности человека. Эндемики. Особенности природы материка.

Евразия. Географическое положение, история исследования материка. Рельеф и полезные ископаемые Евразии. Климатические особенности материка. Влияние климата на хозяйственную деятельность людей. Реки, озера материка. Многолетняя мерзлота, современное оледенение. Природные зоны материка. Эндемики.

ТЕМА 10. ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ РОССИИ. АДМИНИСТРАТИВНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО РОССИИ

Территория России на карте мира. Характеристика географического положения России. Водные пространства, омывающие территорию России. Государственные границы территории России. Россия на карте часовых поясов. Часовые зоны России. Местное, поясное время, его роль в хозяйстве и жизни людей. История освоения и заселения территории России в XI – XVI вв. История освоения и заселения территории России в XVII – XVIII вв. История освоения и заселения территории России в XIX – XXI вв. Административно-территориальное устройство Российской Федерации.

ТЕМА 11. ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ РОССИИ. ПРИРОДНЫЕ РАЙОНЫ РОССИИ

Общая характеристика природы России.

Рельеф и полезные ископаемые России. Геологическое строение территории России. Геохронологическая таблица. Тектоническое строение территории России. Основные формы рельефа России, взаимосвязь с тектоническими структурами. Факторы образования современного рельефа. Закономерности размещения полезных ископаемых на территории России. Изображение рельефа на картах разного масштаба. Построение профиля рельефа.

Климат России. Характерные особенности климата России и климатообразующие факторы. Закономерности циркуляции воздушных масс на территории России (циклон, антициклон, атмосферный фронт). Закономерности распределения основных элементов климата на

территории России. Суммарная солнечная радиация. Определение величин суммарной солнечной радиации на разных территориях России. Климатические пояса и типы климата России. Человек и климат. Неблагоприятные и опасные климатические явления. Прогноз и прогнозирование. Значение прогнозирования погоды. Работа с климатическими и синоптическими картами, картодиаграммами. Определение зенитального положения Солнца.

Внутренние воды России. Разнообразие внутренних вод России. Особенности российских рек. Разнообразие рек России. Режим рек. Озера. Классификация озер. Подземные воды, болота, многолетняя мерзлота, ледники, каналы и крупные водохранилища. Водные ресурсы в жизни человека.

Почвы России. Образование почв и их разнообразие на территории России. Почвообразующие факторы и закономерности распространения почв. Земельные и почвенные ресурсы России. Значение рационального использования и охраны почв.

Растительный и животный мир России. Разнообразие растительного и животного мира России. Охрана растительного и животного мира. Биологические ресурсы России.

Природно-территориальные комплексы России.

Природное районирование. Природно-территориальные комплексы (ПТК): природные, природно-антропогенные и антропогенные. Природное районирование территории России. Природные зоны России. Зона арктических пустынь, тундры и лесотундры. Разнообразие лесов России: тайга, смешанные и широколиственные леса. Лесостепи, степи и полупустыни. Высотная поясность.

Крупные природные комплексы России. Русская равнина (одна из крупнейших по площади равнин мира, древняя равнина; разнообразие рельефа; благоприятный климат; влияние западного переноса на увлажнение территории; разнообразие внутренних вод и ландшафтов).

Север Русской равнины (пологая равнина, богатая полезными ископаемыми; влияние теплового течения на жизнь портовых городов; полярные ночь и день; особенности расселения населения (к речным долинам: переувлажненность, плодородие почв на заливных лугах, транспортные пути, рыбные ресурсы)).

Центр Русской равнины (всхолмленная равнина с возвышенностями; центр Русского государства, особенности ГП: на водоразделе (между бассейнами Черного, Балтийского, Белого и Каспийского морей)).

Юг Русской равнины (равнина с оврагами и балками, на формирование которых повлияли и природные факторы (всхолмленность рельефа, легкоразмываемые грунты), и социально-экономические (чрезмерная вырубка лесов, распашка лугов); богатство почвенными (черноземы) и минеральными (железные руды) ресурсами и их влияние на природу, и жизнь людей).

Южные моря России: история освоения, особенности природы морей, ресурсы, значение.

Крым (географическое положение, история освоения полуострова, особенности природы (равнинная, предгорная и горная части; особенности климата; природные отличия территории полуострова; уникальность природы)).

Кавказ (предгорная и горная части; молодые горы с самой высокой точкой страны; особенности климата в западных и восточных частях; высотная поясность; природные отличия территории; уникальность природы Черноморского побережья).

Урал (особенности географического положения; район древнего горообразования; богатство полезными ископаемыми; суровость климата на севере и влияние континентальности на юге; высотная поясность и широтная зональность).

Урал (изменение природных особенностей с запада на восток, с севера на юг).

Обобщение знаний по особенностям природы европейской части России.

Моря Северного Ледовитого океана: история освоения, особенности природы морей, ресурсы, значение. Северный морской путь.

Западная Сибирь (крупнейшая равнина мира; преобладающая высота рельефа; зависимость размещения внутренних вод от рельефа и от зонального соотношения тепла и влаги; природные зоны – размещение, влияние рельефа, наибольшая по площади, изменения в составе природных зон, сравнение состава природных зон с Русской равниной).

Западная Сибирь: природные ресурсы, проблемы рационального использования и экологические проблемы.

Средняя Сибирь (сложность и многообразие геологического строения, развитие физико-географических процессов (речные долины с хорошо выраженными террасами и многочисленные мелкие долины), климат резко континентальный, многолетняя мерзлота, характер полезных ископаемых и формирование природных комплексов).

Северо-Восточная Сибирь (разнообразие и контрастность рельефа (котловинность рельефа, горные хребты, переходящие в северные низменности; суровость климата; многолетняя мерзлота; реки и озера; влияние климата на природу; особенности природы).

Горы Южной Сибири (географическое положение, контрастный горный рельеф, континентальный климат и их влияние на особенности формирования природы района).

Алтай, Саяны, Прибайкалье, Забайкалье (особенности положения, геологическое строение и история развития, климат и внутренние воды, характерные типы почв, особенности природы).

Байкал. Уникальное творение природы. Особенности природы. Образование котловины. Байкал – как объект Всемирного природного наследия (уникальность, современные экологические проблемы и пути решения).

Дальний Восток (положение на Тихоокеанском побережье; сочетание горных хребтов и межгорных равнин; преобладание муссонного климата на юге и муссонообразного и

морского на севере, распространение равнинных, лесных и тундровых, горно-лесных и гольцовых ландшафтов).

Чукотка, Приамурье, Приморье (географическое положение, история исследования, особенности природы).

Камчатка, Сахалин, Курильские острова (географическое положение, история исследования, особенности природы).

ТЕМА 12. ПОЛИТИЧЕСКАЯ КАРТА МИРА. КЛАССИФИКАЦИЯ СТРАН. ФОРМИРОВАНИЕ ПОЛИТИЧЕСКОЙ КАРТЫ МИРА. ИСТОРИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ

Формирование современной политической карты мира. Политическая география. Изменения на политической карте мира в конце XX – начале XXI в.

Объекты политической карты мира. Независимые государства. Основные черты независимых государств. Монархии и республики. Унитарные государства и федерации. Конфедерации. Непризнанные и самопровозглашённые государства, причины их появления, географическое положение. Международные территории и акватории. Территории с неопределённым статусом (нейтральные, арендованные, оккупированные).

Колониальный раздел мира и деколонизация. Виды колониальной зависимости (колония, протекторат, кондоминиум, подмандатные и подопечные территории, доминионы). Деколонизация. Колониальный список ООН. Межгосударственные политические организации. Организация Объединённых Наций: история создания, значение в современном мире. Генеральная Ассамблея, Совет Безопасности, Экономический и Социальный Совет, Совет по опеке, Международный суд, Секретариат ООН. Миссии ООН по поддержанию мира.

Основные направления исторической географии. Историческая периодизация развития географических идей.

ТЕМА 13. ГЕОГРАФИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ РОССИИ И МИРА. ОСНОВЫ ГЕОЭКОЛОГИИ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ. ГЛОБАЛЬНЫЕ И РЕГИОНАЛЬНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

Окружающая среда и природопользование. Природная, природно-антропогенная и антропогенная среды. Особенности природопользования на глобальном и региональном уровне. Деление отраслей экономики на группы по степени и характеру зависимости от природы. Природные ресурсы. Классификация природных ресурсов (по природному происхождению, по хозяйственному использованию, по исчерпаемости и возобновляемости, по возможности замены одних на другие). Природно-ресурсный потенциал. Экономическая оценка природных ресурсов. Ресурсосбережение. Минеральные ресурсы. Энергоресурсы. Потребление энергоресурсов. Земельные ресурсы. Лесные ресурсы. Водные ресурсы.

Влияние природных условий на жизнь и здоровье человека. Ландшафты как фактор здоровья. Экология и здоровье человека. Уровень здоровья людей. Благоприятные условия для жизни и деятельности людей. Освоение территорий с экстремальными условиями. Стихийные природные явления и их причины. География стихийных явлений. Меры

борьбы со стихийными природными явлениями. Влияние деятельности человека на природные комплексы. Антропогенные ландшафты. Рациональное природопользование. Охрана природы. Значение географического прогноза. Россия на экологической карте мира. Источники экологической опасности. Контроль состояния природной среды. История взаимоотношений между человеком и географической средой. Научно-техническая революция: благо или причины экологического кризиса.

Геоэкология как направление о взаимодействии природы и общества. Окружающая среда как геосистема. Свойства геосистем. Экономическое развитие и изменение природной среды. Периоды развития взаимодействия человека и окружающей его природы. Экологическая проблема в фокусе современного мирового развития. Экологический кризис. Главные факторы возникновения экологических проблем. Типы загрязнения окружающей среды. Классификация типов загрязнения окружающей среды. Природное и антропогенное загрязнение. Виды загрязняющих агентов. Масштабы загрязнения.

Экологические проблемы атмосферы. Глобальное изменение климата. Причины и последствия глобального потепления. Глобальное потепление или глобальное похолодание. Кислотные осадки. Глобальные и региональные экологические проблемы гидросферы. Проблема неустойчивого водного снабжения. Пересыхание водоёмов в результате орошения. Загрязнение рек. Эвтрофикация водоёмов. Загрязнение Мирового океана нефтью и нефтепродуктами. Деградация почв – угроза глобальной продовольственной безопасности. Причины деградации почв. Эрозия почв. Загрязнение почв. Опустынивание. Засоление, заболачивание. Роль географии в решении экологических проблем. Биоразнообразие – фундамент жизни на планете. Проблема уменьшения биоразнообразия. Особо охраняемые природные территории (ООПТ) как центры сохранения биологического разнообразия. Виды охраняемых территорий.

Пути решения экологических и сырьевых проблем: экстенсивный, интенсивный; их особенности. Мониторинг природной среды.

Экологическая ситуация в различных регионах и странах мира: доля нарушенных земель и ландшафтов, уровень загрязнения атмосферы и пр. Концепция устойчивого развития. Международные экологические соглашения (Конвенция по изменению климата, Киотский протокол, Парижское соглашение по климату, Конвенция по биоразнообразию и др.).

ТЕМА 14. ГЕОГРАФИЯ НАСЕЛЕНИЯ МИРА И РОССИИ

География населения в структуре общественной географии. Французская научная школа «географии человека» (Видадь де ла Блаш). Гипотезы появления человека. Восточная Африка – предполагаемая родина человечества. Расселение людей по планете Земля. Численность, воспроизводство, динамика изменения численности населения. Демографический переход. Страны и территории с наибольшей и наименьшей численностью населения. Районы с высокой и низкой плотностью населения (по регионам мира). Демографическая политика. Демографические кризисы. Размещение и плотность населения. Факторы, влияющие на размещение и плотность населения. Состав и структура населения (половозрастной, этнический, религиозный составы, городское и сельское население). Геоурбанистика. Экономические и политические причины миграций (экономические мигранты, экологические и политические беженцы). Динамика роста миграционных потоков и их влияние на экономику, политику, общественную жизнь в странах-донорах и странах-реципиентах. Демографические прогнозы. Демографические

пирамиды: источники информации, правила построения. Взаимосвязь формы демографической пирамиды и уровня социально-экономического развития страны. Прогнозы численности населения. География религий. Этногеография. Основные очаги этнических и конфессиональных конфликтов. Миграции населения. География рынка труда и занятости. Особенности переписей населения в более развитых и менее развитых регионах.

Население России. Исторические особенности заселения и освоения территории России. Главные ареалы расселения восточных славян. Основные направления колонизации Московского государства. Формирование и заселение территории Русского и Российского государства в XVI-XIX вв. Динамика численности населения России. Переписи населения в России. Особенности естественного движения населения в России. Динамика рождаемости и смертности в России. Факторы, влияющие на динамику численности населения. Прогнозы изменения численности населения России. Половой и возрастной состав населения. Соотношение мужчин и женщин в России. Возрастно-половая (демографическая) пирамида. Возрастной состав населения России и определяющие его факторы. Ожидаемая продолжительность жизни мужского и женского населения России. Соотношение возрастных групп населения России. Народы, языки и религии России. Россия – многонациональное государство. Крупнейшие и малочисленные народы России. Языковые семьи народов России. Классификация народов России по языковому признаку. Наиболее многонациональные районы страны. Религии, исповедуемые в России. Основные районы распространения разных религий. Городское и сельское население. Городские поселения. Города и поселки городского типа. Различия городов по численности населения и функциям. Урбанизация. Размещение городов по территории страны. Крупнейшие города России. Городские агломерации. Понятие человеческого капитал, методы его оценки. Индекс человеческого развития. Трудоспособное население. Занятость населения. Безработные и безработица. Сферы занятости населения. Территориальные различия в уровне занятости населения. Перспективы развития рынка труда.

Миграции населения. Понятие о миграциях и мигрантах. Механическое движение населения. Виды миграций. Причины миграций. Продолжительность миграций. Направленность миграций в России, их влияние на жизнь страны. Размещение населения России. Средняя плотность населения в России. Факторы, определяющие уровень заселенности. Зоны расселения. Основная зона расселения. Размещение населения в зоне Севера.

ТЕМА 15. ГЕОГРАФИЯ ОТРАСЛЕЙ ХОЗЯЙСТВА РОССИИ И МИРА

Динамика отраслевой и территориальной структуры мирового хозяйства. География мирового хозяйства: изучение принципов размещения и региональных различий в функционировании отраслей. Структура (экономическая, отраслевая и территориальная) мирового хозяйства. Географическое разделение труда. Развитие географического разделения труда. География основных отраслей производственной и непроизводственной сфер. Факторы размещения производства. Изменение отраслевой структуры. Снижение доли сельского хозяйства и рост сферы услуг в ВВП и числе занятых. Динамика территориальной структуры хозяйства в исторической ретроспективе. Глобализация и её проявление. Транснациональные корпорации: география штаб-квартир и масштабы деятельности. Российские ТНК в мировом рейтинге крупнейших ТНК мира.

Экономический рост и загрязнение окружающей среды. «Зелёная» экономика. Динамика географической и товарной структуры мировой торговли. Основные торговые пути древности и современности.

Природная основа географических различий в сельском хозяйстве. Ограничители развития животноводства и земледелия. Социально-экономические факторы эффективности сельскохозяйственного производства. Обеспеченность земельными ресурсами. Средние размеры хозяйств, латифундии и минифундии. Конфигурация земельных владений. Земельный кадастр. Механизация и химизация сельского хозяйства (региональные различия). Сельское хозяйство и окружающая среда. Гипотезы происхождения сельского хозяйства. Центры происхождения культурных растений и современные ареалы выращивания.

Факторы размещения промышленности: общественные и природные. Условия создания промышленных предприятий. Ресурсы, особенности предпринимательского климата. Модели размещения промышленности. Торговые войны и размещение промышленности. Современные тенденции развития и размещения промышленности мира. Сдвиг производства в страны Азии. Экологические последствия развития промышленности.

Структура сферы услуг. Динамика места сферы услуг в мировой экономике. Роль сферы услуг в странах различных социально-экономических типов. Мировая транспортная система. Грузовой и пассажирский транспорт. Главные транспортные магистрали мира, крупнейшие порты и аэропорты. Статистические показатели развития транспорта. Мировые центры телекоммуникаций, рекламы, финансов. География крупнейших банков мира. ТНК в торговле и сфере услуг. Офшорные зоны мира. Современные тенденции развития туризма в регионах мира. Влияние туризма на экономику.

География внешнеэкономических связей. Международные экономические отношения. Мировой рынок товаров и услуг. Особые экономические зоны. Международные организации (интеграционные экономические союзы). Транснациональные корпорации. Географические аспекты глобализации.

География транспорта. Основные преимущества различных видов транспорта. Транспортная инфраструктура. Мировая транспортная система. Транспорт и окружающая среда.

География мировой торговли. Пространственная структура мировой торговли. Основные направления оборота наиболее важных товаров и услуг.

Региональная экономическая география. Определение специализации отдельных стран и районов. Комплексная географическая характеристика крупнейших стран и регионов мира. Особенности экономико-географического положения, природно-ресурсного потенциала, населения, хозяйства, инфраструктуры, культуры, современных проблем развития крупных регионов и стран Европы, Азии, Северной и Южной Америки, Австралии и Африки. Международная специализация крупнейших стран и регионов мира. Ведущие страны-экспортеры основных видов продукции.

Хозяйство России.

Общая характеристика хозяйства. Географическое районирование. Экономическая и социальная география в жизни современного общества. Понятие хозяйства. Отраслевая структура хозяйства. Сферы хозяйства. Этапы развития хозяйства. Этапы развития экономики России. Географическое районирование. Административно-территориальное устройство Российской Федерации.

Главные отрасли и межотраслевые комплексы. Сельское хозяйство. Отраслевой состав сельского хозяйства. Растениеводство. Животноводство. Отраслевой состав животноводства. География животноводства. Агропромышленный комплекс. Состав АПК. Пищевая и легкая промышленность. Лесной комплекс. Состав комплекса. Основные места лесозаготовок. Целлюлозно-бумажная промышленность. Топливо-энергетический комплекс. Топливо-энергетический комплекс. Угольная промышленность. Нефтяная и газовая промышленность. Электроэнергетика. Типы электростанций. Особенности размещения электростанция. Единая энергосистема страны. Перспективы развития. Metallургический комплекс. Черная и цветная металлургия. Особенности размещения. Проблемы и перспективы развития отрасли. Машиностроительный комплекс. Специализация. Кооперирование. Связи с другими отраслями. Особенности размещения. ВПК. Отраслевые особенности военно-промышленного комплекса. Химическая промышленность. Состав отрасли. Особенности размещения. Перспективы развития. Транспорт. Виды транспорта. Значение для хозяйства. Транспортная сеть. Проблемы транспортного комплекса. Информационная инфраструктура. Информация и общество в современном мире. Типы телекоммуникационных сетей. Сфера обслуживания. Рекреационное хозяйство. Территориальное (географическое) разделение труда.

ТЕМА 16. КУЛЬТУРНАЯ ГЕОГРАФИЯ И ГЕОГРАФИЯ ТУРИЗМА РОССИИ И МИРА

Основные понятия культурной географии, культурный ландшафт, этнические группы, как основа этнокультурного подхода к исследованию культурного ландшафта, этнокультурное разнообразие, география народов, языков и конфессий, культурно-географическое районирование России и мира.

География туризма в историческом контексте, рекреационное районирование и туризм. Факторы развития и география туристского спроса. География видов туризма. Лечебно-оздоровительный туризм. Спортивно-оздоровительный туризм. Познавательный и развлекательный туризм. Событийный туризм. Религиозный туризм. Круизный туризм. Деловой туризм. Экологический туризм. Туристское страноведение. Особенности развития туризма в России и мире.

Всемирные объекты природного и культурного наследия ЮНЕСКО России и мира.

ТЕМА 17. ГЛОБАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

Понятие о глобальных проблемах. Классификация глобальных проблем современности: политические, экономические, социальные. Тесная взаимосвязь и взаимообусловленность глобальных проблем. Возникновение и суть сырьевых проблем.

Критерии выделения глобальных проблем. Проблема сохранения мира на планете. Проблема деградации глобальной экологической системы. Проблемы народонаселения.

Продовольственная проблема. Ресурсная проблема. Проблема преодоления социально-экономической отсталости развивающихся стран. Цели Устойчивого Развития ООН (SDG). География «зелёной революции» и распространение генетически модифицированных культур. Международное и национальное регулирование сельскохозяйственного производства в рамках Всемирной торговой организации. ТНК агробизнеса. Новые тенденции развития сельского хозяйства (органическое сельское хозяйство, беспашенное земледелие, агротуризм, субсидирование). География аграрных реформ. Проблемы устойчивости экономического развития (энергетическая, сырьевая, экологическая) и проблема устойчивости общественного развития (демографическая, продовольственная, мира и разоружения и др.).

ТЕМА 18. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ РАЙОНЫ РОССИИ. РЕГИОНЫ РОССИИ

Районирование – важнейший метод географии. Виды районирования. Географические районы и географическое (территориальное) разделение труда. Специализация территорий на производстве продукции (услуг). Отрасли специализации районов. Западная и восточная части России. Экономические районы.

Европейская часть России. Центральная Россия: особенности формирования территории, ЭГП, природно-ресурсный потенциал, особенности населения, географический фактор в расселении, народные промыслы. Этапы развития хозяйства Центрального района. Хозяйство Центрального района. Специализация хозяйства. География важнейших отраслей хозяйства.

Города Центрального района. Древние города, промышленные и научные центры. Функциональное значение городов. Москва – столица Российской Федерации.

Центрально-Черноземный район: особенности ЭГП, природно-ресурсный потенциал, население и характеристика хозяйства. Особенности территориальной структуры хозяйства, специализация района. География важнейших отраслей хозяйства.

Волго-Вятский район: особенности ЭГП, природно-ресурсный потенциал, население и характеристика хозяйства. Особенности территориальной структуры хозяйства, специализация района. География важнейших отраслей хозяйства.

Северо-Западный район: особенности ЭГП, природно-ресурсный потенциал, население, древние города района и характеристика хозяйства. Особенности территориальной структуры хозяйства, специализация района. География важнейших отраслей хозяйства.

Калининградская область: особенности ЭГП, природно-ресурсный потенциал, население и характеристика хозяйства. Рекреационное хозяйство района. Особенности территориальной структуры хозяйства, специализация. География важнейших отраслей хозяйства.

Моря Атлантического океана, омывающие Россию: транспортное значение, ресурсы.

Европейский Север: история освоения, особенности ЭГП, природно-ресурсный потенциал, население и характеристика хозяйства. Особенности территориальной структуры хозяйства, специализация района. География важнейших отраслей хозяйства.

Поволжье: особенности ЭГП, природно-ресурсный потенциал, население и характеристика хозяйства. Особенности территориальной структуры хозяйства, специализация района. География важнейших отраслей хозяйства.

Крым: особенности ЭГП, природно-ресурсный потенциал, население и характеристика хозяйства. Рекреационное хозяйство. Особенности территориальной структуры хозяйства, специализация. География важнейших отраслей хозяйства.

Северный Кавказ: особенности ЭГП, природно-ресурсный потенциал, население и характеристика хозяйства. Рекреационное хозяйство. Особенности территориальной структуры хозяйства, специализация. География важнейших отраслей хозяйства.

Южные моря России: транспортное значение, ресурсы.

Уральский район: особенности ЭГП, природно-ресурсный потенциал, этапы освоения, население и характеристика хозяйства. Особенности территориальной структуры хозяйства, специализация района. География важнейших отраслей хозяйства.

Азиатская часть России.

Западная Сибирь: особенности ЭГП, природно-ресурсный потенциал, этапы и проблемы освоения, население и характеристика хозяйства. Особенности территориальной структуры хозяйства, специализация района. География важнейших отраслей хозяйства.

Моря Северного Ледовитого океана: транспортное значение, ресурсы.

Восточная Сибирь: особенности ЭГП, природно-ресурсный потенциал, этапы и проблемы освоения, население и характеристика хозяйства. Особенности территориальной структуры хозяйства, специализация района. География важнейших отраслей хозяйства.

Моря Тихого океана: транспортное значение, ресурсы.

Дальний Восток: формирование территории, этапы и проблемы освоения, особенности ЭГП, природно-ресурсный потенциал, население и характеристика хозяйства. Особенности территориальной структуры хозяйства, специализация района. Роль территории Дальнего Востока в социально-экономическом развитии РФ. География важнейших отраслей хозяйства.

ТЕМА 19. СТРАНОВЕДЕНИЕ

Африка. Население Африки, политическая карта.

Особенности стран Северной Африки (регион высоких гор, сурового климата, пустынь и оазисов, а также родина древних цивилизаций, современный район добычи нефти и газа).

Особенности стран Западной и Центральной Африки (регион саванн и непроходимых гилей, с развитой охотой на диких животных, эксплуатация местного населения на плантациях и при добыче полезных ископаемых).

Особенности стран Восточной Африки (регион вулканов и разломов, национальных парков, центр происхождения культурных растений и древних государств).

Особенности стран Южной Африки (регион гор причудливой формы и пустынь, с развитой мировой добычей алмазов и самой богатой страной континента (ЮАР)).

Австралия и Океания. Австралийский Союз (географический уникам – страна-материк; самый маленький материк, но одна из крупнейших по территории стран мира; выделение особого культурного типа австралийско-новозеландского города, отсутствие соседства отсталых и развитых территорий, слабо связанных друг с другом; высокоразвитая экономика страны основывается на своих ресурсах). Океания.

Южная Америка. Население Южной Америки (влияние испанской и португальской колонизации на жизнь коренного населения). Страны востока и запада материка (особенности образа жизни населения и хозяйственной деятельности).

Северная Америка. Особенности населения (коренное население и потомки переселенцев).

Характеристика двух стран материка: Канады и Мексики. Описание США – как одной из ведущих стран современного мира.

Евразия.

Зарубежная Европа. Страны Северной Европы (население, образ жизни и культура региона, влияние моря и теплого течения на жизнь и хозяйственную деятельность людей).

Страны Средней Европы (население, образ жизни и культура региона, высокое развитие стран региона, один из главных центров мировой экономики).

Страны Восточной Европы (население, образ жизни и культура региона, благоприятные условия для развития хозяйства, поставщики сырья, сельскохозяйственной продукции и продовольствия в более развитые европейские страны).

Страны Южной Европы (население, образ жизни и культура региона, влияние южного прибрежного положения на жизнь и хозяйственную деятельность людей (международный туризм, экспорт субтропических культур (цитрусовых, маслин)), продуктов их переработки (оливковое масло, консервы, соки), вывоз продукции легкой промышленности (одежды, обуви)).

Зарубежная Азия. Страны Юго-Западной Азии (особенности положения региона (на границе трех частей света), население, образ жизни и культура региона (центр возникновения двух мировых религий), специфичность природных условий и ресурсов и их отражение на жизни людей (наличие пустынь, оазисов, нефти и газа), горячая точка планеты).

Страны Центральной Азии (влияние большой площади территории, имеющей различные природные условия, на население (его неоднородность), образ жизни (постсоветское экономическое наследие, сложная политическая ситуация) и культуру региона).

Страны Восточной Азии (население (большая численность населения), образ жизни (влияние колониального и полуколониального прошлого, глубоких феодальных корней, периода длительной самоизоляции Японии и Китая) и культура региона (многообразие и

тесное переплетение религий: даосизм и конфуцианство, буддизм и ламаизм, синтоизм, католицизм).

Страны Южной Азии (влияние рельефа на расселение людей (концентрация населения в плодородных речных долинах), население (большая численность и «молодость»), образ жизни (распространение сельского образа жизни (даже в городах) и культура региона (центр возникновения древних религий – буддизма и индуизма; одна из самых «бедных и голодных территорий мира»).

Страны Юго-Восточной Азии (использование выгодности положения в развитии стран региона (например, в Сингапуре расположены одни из самых крупных аэропортов и портов мира), население (главный очаг мировой эмиграции), образ жизни (характерны резкие различия в уровне жизни населения – от минимального в Мьянме до самого высокого в Сингапуре) и культура региона (влияние соседей на регион – двух мощных центров цивилизаций – Индии и Китая).

ТЕМА 20. ТОПОНИМИКА И МЕСТНЫЕ ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ТЕРМИНЫ

Ономастика как наука о собственных именах и совокупность имён собственных. Топонимика как наука, и раздел ономастики. Разделы топонимики. Связь топонимики с другими дисциплинами. Объединение топонимов по группам. Оронимы. Спелеонимы. Гидронимы. Гляционимы. Дримонимы. Хоронимы. Несонимы. Ойконимы. Урбанонимы. Дромонимы. Общегеографические термины и местные географические термины. Этническое происхождение топонимов.

Местные географические термины и понятия.

ЛИТЕРАТУРА

Рекомендуемый перечень учебников для подготовки

1. Гладкий Ю.Н. География. 10 класс: учеб. для общеобразоват. организаций: базовый и углуб. уровни / Ю.Н. Гладкий, В.В. Николина. – М.: Просвещение, 2019. – 271 с.
2. Холина В.Н. География. 10 класс. Углубленный уровень. Учебник. Вертикаль. ФГОС / В.Н. Холина. – 3-е изд., испр. – М.: Дрофа, 2019. – 336 с.
3. Бахчиева О.А. География. Экономическая и социальная география мира: 10-11 классы: базовый и углубленный уровни: учебник / О.А. Бахчиева; под ред. В.П. Дронова. – 9-е изд., стереотип. – М.: Вентана-Граф, 2019. – 400 с.
4. Домогацких Е.М., Алексеевский Н.И. География: экономическая и социальная география мира: в 2 ч. Ч. 1. Общая характеристика мира: учебник для 10-11 классов общеобразовательных организаций. Базовый уровень / Е.М. Домогацких, Н.И. Алексеевский. – 7-е изд. – М.: ООО «Русское слово - учебник», 2019. – 200 с.
5. Домогацких Е.М., Алексеевский Н.И. География: экономическая и социальная география мира: в 2 ч. Ч. 2. Региональная характеристика мира: учебник для 10-11 классов общеобразовательных организаций. Базовый уровень / Е.М. Домогацких, Н.И. Алексеевский. – 7-е изд. – М.: ООО «Русское слово - учебник», 2019. – 200 с.

6. Кузнецов А.П. География. 10-11 классы. Базовый уровень: учебник / А.П. Кузнецов, Э.В. Ким. – 6-е изд., пересмотр. – М.: Дрофа, 2017. – 367, [1] с.
7. Лопатников Д.Л. География. 10-11 классы: учеб. пособие для общеобразоват. организаций: базовый уровень / Д.Л. Лопатников. – М.: Просвещение, 2018. – 175, [1] с.
8. Максаковский В.П. География. 10-11 классы: учеб. для общеобразоват. организаций: базовый уровень / В.П. Максаковский. – 29-е изд., перераб. – М.: Просвещение, 2019. – 416 с.
9. Миркин Б.М. Экология: 10-11 классы: базовый уровень: учебник / Б. М. Миркин, Л.Г. Наумова, С.В. Суматохин. – 5-е изд. испр. – М.: Вентана-Граф, 2019. – 400 с.
10. Гладкий Ю.Н. География. 11 класс: учеб. для общеобразоват. организаций: базовый уровень / Ю.Н. Гладкий, В.В. Николина. – 5-е изд. - М.: Просвещение, 2018. – 160 с.11.
11. Холина В.Н. География. 11 класс. Углубленный уровень. Учебник. Вертикаль. ФГОС / В.Н. Холина. – 3-е изд., испр. – М.: Дрофа, 2019. – 496 с.
12. Подольская Н. В. Словарь русской ономастической терминологии. Академия Наук СССР. Институт языкознания. 2-е изд., перераб. и доп. М Наука. 1988г.

Рекомендуемый перечень атласов для подготовки

1. Бахчиева О.А. Экономическая и социальная география мира:10-11 классы. Атлас. 6-е изд., испр. М.: Вентана-Граф. – 2018. – 64 с.
2. Экономическая и социальная география мира. 10 класс. Атлас с комплектом контурных карт. ФГОС. Омск.: Омская картографическая фабрика. – 2018. – 76 с.
3. Экономическая и социальная география мира. 10-11 классы. Атлас с контурными картами и заданиями. ФГОС. М.: АСТ-ПРЕСС. – 2019 – 80 с.
4. География. 10-11 класс. Атлас. Базовый уровень. Серия «Сферы». М.: Просвещение. – 2019. – 64 с.

Дополнительная литература

1. Новая географическая картина мира : учебное пособие / [М. М. Агафошин, В. Л. Бабурин, С. А. Горохов и др.] ; под редакцией В. А. Колосова, Д. В. Зайца. - 2-е изд., стер. - Москва : Просвещение, 2021.
2. Географическая культура [Текст] : Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по геогр. спец. / В. П. Максаковский. - Москва : ВЛАДОС, 1998. - 414 с.
3. Историческая география мира [Текст] : [учебное пособие] : для студентов высших учебных заведений / В. П. Максаковский. - Изд. 2-е, испр. - Москва : URSS, 2016 (cop. 2015). - 622 с.
4. История географии : учебное пособие для вузов / В. Т. Богучарсков. - Москва : Акад. Проект, 2006. – 558 с.
5. Теория и методология географической науки : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 012500 "География" / М. М. Голубчик [и др.]. - Москва : ВЛАДОС, 2005. - 463 с.

Дополнительные электронные онлайн ресурсы

1. География. Современная иллюстрированная энциклопедия. — М.: Росмэн. 2006. Под редакцией проф. А. П. Горкина. [Электронный ресурс]. URL: <https://rus-geo-enc.slovaronline.com>
2. Большая Российская энциклопедия – электронная версия. [Электронный ресурс]. URL: <https://bigenc.ru/>

3. Национальный атлас России – электронная версия. [Электронный ресурс]. URL: <https://национальныйатлас.рф/>

11 класс

ТЕМА 1. ГЕОГРАФИЯ КАК НАУКА. ИСТОРИЯ ГЕОГРАФИИ. ИСТОРИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ОТКРЫТИЙ

География в системе естественно-научных и гуманитарных знаний. История географии как науки. Основные теории и концепции современной географии. Значение географической науки для современного общества. Методы географической науки (описательный, сравнительно-географический, картографический, статистический, полевой, математический, моделирования, районирования, аэрокосмический, геоинформационный). Целостность географического пространства. Географические оболочки. Ноосфера. Географическая картина мира. Пространственная дифференциация объектов и явлений. Основные подходы к районированию территории. Территориальные системы. Иерархия природно-хозяйственных систем. Пространственные модели в географии. Геоинформационные системы. Географические прогнозы. Географические аспекты глобальных проблем человечества. Роль географии в решении глобальных проблем современности. Международное сотрудничество как инструмент решения глобальных проблем.

ТЕМА 2. ОСНОВЫ КАРТОГРАФИИ И ТОПОГРАФИИ. ГЕОИНФОРМАТИКА И КОСМИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ

Виды изображения земной поверхности: план местности, глобус, географическая карта, аэрофото- и аэрокосмические снимки. Масштаб. Стороны горизонта. Азимут. Ориентирование на местности: определение сторон горизонта по компасу и местным признакам, определение азимута. Особенности ориентирования в мегаполисе и в природе. План местности. Условные знаки. Составление плана местности. Составление простейшего плана местности/учебного кабинета/комнаты. Географическая карта – особый источник информации. Содержание и значение карт. Топографические карты. Масштаб и условные знаки на карте. Градусная сеть: параллели и меридианы. Географические координаты: географическая широта. Географические координаты: географическая долгота. Определение географических координат различных объектов, направлений, расстояний, абсолютных высот по карте. Изображения Земли из космоса и данные дистанционного зондирования Земли как источники географической информации. Чтение и дешифровка изображений Земли из космоса. Геоинформационные системы, системы спутникового позиционирования, спутниковые веб-сервисы Google Maps и Google Earth, космический мониторинг Земли, Big Data.

ТЕМА 3. ЗЕМЛЯ КАК ПЛАНЕТА

Земля – часть Солнечной системы. Земля и Луна. Влияние космоса на нашу планету и жизнь людей. Форма и размеры Земли. Наклон земной оси к плоскости орбиты. Виды движения Земли и их географические следствия. Движение Земли вокруг Солнца. Смена времен года. Тропики и полярные круги. Пояса освещенности. Календарь – как система измерения больших промежутков времени, основанная на периодичности таких явлений природы, как смена дня и ночи, смена фаз Луны, смена времен года. Осевое вращение Земли. Смена дня и ночи, сутки, календарный год.

ТЕМА 4. ГЕОЛОГИЯ С ОСНОВАМИ ГЕОМОРФОЛОГИИ

История Земли как планеты. Геология – наука о строении Земли, ее сущность, структура, источники информации. Состав и строение Земли и земной коры. Геологические объекты и процессы. Развитие земной коры во времени. Этапы геологической истории земной коры. Геологическая хронология. Тектоника литосферных плит. Влияние строения земной коры на облик Земли. Свойства литосферы: ресурсные, геодинамические, геохимические, геофизические, экологические. Геологическая среда как часть окружающей человека среды. Обоснование практического значения геологических знаний для обеспечения человечества минерально-сырьевыми ресурсами; для инженерно-хозяйственной деятельности. Изучение изменения геологической среды в результате деятельности человека. Формирование современного рельефа Земли. Эндогенные и экзогенные процессы и рельеф. Антропогенный фактор рельефообразования.

ТЕМА 5. МЕТЕОРОЛОГИЯ И КЛИМАТОЛОГИЯ

Строение воздушной оболочки Земли. Температура воздуха. Нагревание воздуха. Суточный и годовой ход температур и его графическое отображение. Среднесуточная, среднемесячная, среднегодовая температура. Зависимость температуры от географической широты. Тепловые пояса. Вода в атмосфере. Облака и атмосферные осадки. Атмосферное давление. Ветер. Постоянные и переменные ветра. Графическое отображение направления ветра. Роза ветров. Циркуляция атмосферы. Влажность воздуха. Понятие погоды. Наблюдения и прогноз погоды. Метеостанция/метеоприборы (проведение наблюдений и измерений, фиксация результатов наблюдений, обработка результатов наблюдений). Понятие климата. Погода и климат. Распределение температуры, осадков, поясов атмосферного давления на Земле и их отражение на климатических картах. Разнообразие климата на Земле. Климатообразующие факторы. Характеристика воздушных масс Земли. Характеристика основных и переходных климатических поясов Земли. Зависимость климата от абсолютной высоты местности. Влияние климатических условий на жизнь людей. Влияние современной хозяйственной деятельности людей на климат Земли. Расчет угла падения солнечных лучей в зависимости от географической широты, абсолютной высоты местности по разности атмосферного давления, расчет температуры воздуха тропосферы на заданной высоте, расчет средних значений (температуры воздуха, амплитуды и др. показателей). Влияние климата на здоровье людей. Человек и атмосфера.

ТЕМА 6. ГИДРОЛОГИЯ СУШИ И ОКЕАНОЛОГИЯ

Строение гидросферы. Особенности Мирового круговорота воды. Мировой океан и его части. Этапы изучения Мирового океана. Свойства вод Мирового океана – температура и соленость. Движение воды в океане – волны, течения. Система океанических течений. Тихий океан. Характерные черты природы океана и его отличительные особенности. Атлантический океан. Характерные черты природы океана и его отличительные особенности. Северный Ледовитый океан. Характерные черты природы океана и его отличительные особенности. Индийский океан. Характерные черты природы океана и его отличительные особенности. Воды суши. Реки на географической карте и в природе: основные части речной системы, характер, питание и режим рек. Озера и их происхождение. Ледники. Горное и покровное оледенение, многолетняя мерзлота.

Подземные воды. Межпластовые и грунтовые воды. Болота. Каналы. Водохранилища. Человек и гидросфера.

ТЕМА 7. ОСНОВЫ ПОЧВОВЕДЕНИЯ И ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ

Почвенный покров. Почва как особое природное образование. Почвообразующие факторы, условия формирования почв различных типов и закономерности распространения почв. Плодородие почв. Изменения почвенного покрова. Земельные и почвенные ресурсы России и мира. Описание почв на местности и по карте России и мира. Рекультивация почвы. Значение рационального использования и охраны почв.

ТЕМА 8. БИОГЕОГРАФИЯ. ПРИРОДНЫЕ ЗОНЫ И ВЫСОТНАЯ ПОЯСНОСТЬ

Экосистемная организация живой природы. Экосистема, ее основные компоненты. Естественная экосистема (биогеоценоз). Агроэкосистема (агроценоз) как искусственное сообщество организмов. Круговойорот веществ и поток энергии в биогеоценозах. Биосфера – глобальная экосистема. В. И. Вернадский – основоположник учения о биосфере. Структура биосферы. Распространение и роль живого вещества в биосфере.

Биогеография как часть физической географии. Понятие о географической оболочке. Взаимодействие оболочек Земли. Свойства и особенности строения географической оболочки. Понятие о природном комплексе. Глобальные, региональные и локальные природные комплексы. Природные комплексы своей местности. Закономерности географической оболочки: географическая зональность и высотная поясность. Природные зоны Земли.

ТЕМА 9. ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ МАТЕРИКОВ И ОКЕАНОВ

Южные материки. Особенности южных материков Земли. Африка. Географическое положение Африки и история исследования. Рельеф и полезные ископаемые. Климат и внутренние воды. Характеристика и оценка климата отдельных территорий Африки для жизни людей. Природные зоны Африки. Эндемики. Определение причин природного разнообразия материка.

Особенности стран Северной Африки (регион высоких гор, сурового климата, пустынь и оазисов, а также родина древних цивилизаций, современный район добычи нефти и газа).

Особенности стран Западной и Центральной Африки (регион саванн и непроходимых гилей, с развитой охотой на диких животных, эксплуатация местного населения на плантациях и при добыче полезных ископаемых).

Особенности стран Восточной Африки (регион вулканов и разломов, национальных парков, центр происхождения культурных растений).

Особенности стран Южной Африки (регион гор причудливой формы и пустынь, с развитой мировой добычей).

Австралия и Океания. Географическое положение, история исследования, особенности природы материка. Эндемики.

Океания (уникальное природное образование – крупнейшее в мире скопление островов; специфические особенности трех островных групп: Меланезия – «черные острова», Микронезия и Полинезия – «маленькие» и «многочисленные острова»).

Южная Америка. Географическое положение, история исследования и особенности рельефа материка. Климат и внутренние воды. Южная Америка – самый влажный материк. Природные зоны. Высотная поясность Анд. Эндемики. Изменение природы.

Антарктида. Антарктида – уникальный материк на Земле (самый холодный и удаленный, с шельфовыми ледниками и антарктическими оазисами). Освоение человеком Антарктиды. Цели международных исследований материка в 20-21 веке. Современные исследования и разработки в Антарктиде.

Северные материки. Особенности северных материков Земли.

Северная Америка. Географическое положение, история открытия и исследования Северной Америки (Новый Свет). Особенности рельефа и полезные ископаемые. Климат, внутренние воды. Природные зоны. Меридиональное расположение природных зон на территории Северной Америки. Изменения природы под влиянием деятельности человека. Эндемики. Особенности природы материка.

Евразия. Географическое положение, история исследования материка. Рельеф и полезные ископаемые Евразии. Климатические особенности материка. Влияние климата на хозяйственную деятельность людей. Реки, озера материка. Многолетняя мерзлота, современное оледенение. Природные зоны материка. Эндемики.

ТЕМА 10. ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ РОССИИ. АДМИНИСТРАТИВНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО РОССИИ

Территория России на карте мира. Характеристика географического положения России. Водные пространства, омывающие территорию России. Государственные границы территории России. Россия на карте часовых поясов. Часовые зоны России. Местное, поясное время, его роль в хозяйстве и жизни людей. История освоения и заселения территории России в XI – XVI вв. История освоения и заселения территории России в XVII – XVIII вв. История освоения и заселения территории России в XIX – XXI вв. Административно-территориальное устройство Российской Федерации.

ТЕМА 11. ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ РОССИИ. ПРИРОДНЫЕ РАЙОНЫ РОССИИ

Общая характеристика природы России.

Рельеф и полезные ископаемые России. Геологическое строение территории России. Геохронологическая таблица. Тектоническое строение территории России. Основные формы рельефа России, взаимосвязь с тектоническими структурами. Факторы образования современного рельефа. Закономерности размещения полезных ископаемых на территории России. Изображение рельефа на картах разного масштаба. Построение профиля рельефа.

Климат России. Характерные особенности климата России и климатообразующие факторы. Закономерности циркуляции воздушных масс на территории России (циклон, антициклон, атмосферный фронт). Закономерности распределения основных элементов климата на

территории России. Суммарная солнечная радиация. Определение величин суммарной солнечной радиации на разных территориях России. Климатические пояса и типы климата России. Человек и климат. Неблагоприятные и опасные климатические явления. Прогноз и прогнозирование. Значение прогнозирования погоды. Работа с климатическими и синоптическими картами, картодиаграммами. Определение зенитального положения Солнца.

Внутренние воды России. Разнообразие внутренних вод России. Особенности российских рек. Разнообразие рек России. Режим рек. Озера. Классификация озер. Подземные воды, болота, многолетняя мерзлота, ледники, каналы и крупные водохранилища. Водные ресурсы в жизни человека.

Почвы России. Образование почв и их разнообразие на территории России. Почвообразующие факторы и закономерности распространения почв. Земельные и почвенные ресурсы России. Значение рационального использования и охраны почв.

Растительный и животный мир России. Разнообразие растительного и животного мира России. Охрана растительного и животного мира. Биологические ресурсы России.

Природно-территориальные комплексы России.

Природное районирование. Природно-территориальные комплексы (ПТК): природные, природно-антропогенные и антропогенные. Природное районирование территории России. Природные зоны России. Зона арктических пустынь, тундры и лесотундры. Разнообразие лесов России: тайга, смешанные и широколиственные леса. Лесостепи, степи и полупустыни. Высотная поясность.

Крупные природные комплексы России. Русская равнина (одна из крупнейших по площади равнин мира, древняя равнина; разнообразие рельефа; благоприятный климат; влияние западного переноса на увлажнение территории; разнообразие внутренних вод и ландшафтов).

Север Русской равнины (пологая равнина, богатая полезными ископаемыми; влияние теплого течения на жизнь портовых городов; полярные ночь и день; особенности расселения населения (к речным долинам: переувлажненность, плодородие почв на заливных лугах, транспортные пути, рыбные ресурсы)).

Центр Русской равнины (всхолмленная равнина с возвышенностями; центр Русского государства, особенности ГП: на водоразделе (между бассейнами Черного, Балтийского, Белого и Каспийского морей)).

Юг Русской равнины (равнина с оврагами и балками, на формирование которых повлияли и природные факторы (всхолмленность рельефа, легкоразмываемые грунты), и социально-экономические (чрезмерная вырубка лесов, распашка лугов); богатство почвенными (черноземы) и минеральными (железные руды) ресурсами и их влияние на природу, и жизнь людей).

Южные моря России: история освоения, особенности природы морей, ресурсы, значение.

Крым (географическое положение, история освоения полуострова, особенности природы (равнинная, предгорная и горная части; особенности климата; природные отличия территории полуострова; уникальность природы)).

Кавказ (предгорная и горная части; молодые горы с самой высокой точкой страны; особенности климата в западных и восточных частях; высотная поясность; природные отличия территории; уникальность природы Черноморского побережья).

Урал (особенности географического положения; район древнего горообразования; богатство полезными ископаемыми; суровость климата на севере и влияние континентальности на юге; высотная поясность и широтная зональность).

Урал (изменение природных особенностей с запада на восток, с севера на юг).

Обобщение знаний по особенностям природы европейской части России.

Моря Северного Ледовитого океана: история освоения, особенности природы морей, ресурсы, значение. Северный морской путь.

Западная Сибирь (крупнейшая равнина мира; преобладающая высота рельефа; зависимость размещения внутренних вод от рельефа и от зонального соотношения тепла и влаги; природные зоны – размещение, влияние рельефа, наибольшая по площади, изменения в составе природных зон, сравнение состава природных зон с Русской равниной).

Западная Сибирь: природные ресурсы, проблемы рационального использования и экологические проблемы.

Средняя Сибирь (сложность и многообразие геологического строения, развитие физико-географических процессов (речные долины с хорошо выраженными террасами и многочисленные мелкие долины), климат резко континентальный, многолетняя мерзлота, характер полезных ископаемых и формирование природных комплексов).

Северо-Восточная Сибирь (разнообразие и контрастность рельефа (котловинность рельефа, горные хребты, переходящие в северные низменности; суровость климата; многолетняя мерзлота; реки и озера; влияние климата на природу; особенности природы).

Горы Южной Сибири (географическое положение, контрастный горный рельеф, континентальный климат и их влияние на особенности формирования природы района).

Алтай, Саяны, Прибайкалье, Забайкалье (особенности положения, геологическое строение и история развития, климат и внутренние воды, характерные типы почв, особенности природы).

Байкал. Уникальное творение природы. Особенности природы. Образование котловины. Байкал – как объект Всемирного природного наследия (уникальность, современные экологические проблемы и пути решения).

Дальний Восток (положение на Тихоокеанском побережье; сочетание горных хребтов и межгорных равнин; преобладание муссонного климата на юге и муссонообразного и

морского на севере, распространение равнинных, лесных и тундровых, горно-лесных и гольцовых ландшафтов).

Чукотка, Приамурье, Приморье (географическое положение, история исследования, особенности природы).

Камчатка, Сахалин, Курильские острова (географическое положение, история исследования, особенности природы).

ТЕМА 12. ПОЛИТИЧЕСКАЯ КАРТА МИРА. КЛАССИФИКАЦИЯ СТРАН. ФОРМИРОВАНИЕ ПОЛИТИЧЕСКОЙ КАРТЫ МИРА. ИСТОРИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ

Формирование современной политической карты мира. Политическая география. Изменения на политической карте мира в конце XX – начале XXI в.

Объекты политической карты мира. Независимые государства. Основные черты независимых государств. Монархии и республики. Унитарные государства и федерации. Конфедерации. Непризнанные и самопровозглашённые государства, причины их появления, географическое положение. Международные территории и акватории. Территории с неопределённым статусом (нейтральные, арендованные, оккупированные).

Колониальный раздел мира и деколонизация. Виды колониальной зависимости (колония, протекторат, кондоминиум, подмандатные и подопечные территории, доминионы). Деколонизация. Колониальный список ООН. Межгосударственные политические организации. Организация Объединённых Наций: история создания, значение в современном мире. Генеральная Ассамблея, Совет Безопасности, Экономический и Социальный Совет, Совет по опеке, Международный суд, Секретариат ООН. Миссии ООН по поддержанию мира.

Основные направления исторической географии. Историческая периодизация развития географических идей.

ТЕМА 13. ГЕОГРАФИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ РОССИИ И МИРА. ОСНОВЫ ГЕОЭКОЛОГИИ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ. ГЛОБАЛЬНЫЕ И РЕГИОНАЛЬНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

Окружающая среда и природопользование. Природная, природно-антропогенная и антропогенная среды. Особенности природопользования на глобальном и региональном уровне. Деление отраслей экономики на группы по степени и характеру зависимости от природы. Природные ресурсы. Классификация природных ресурсов (по природному происхождению, по хозяйственному использованию, по исчерпаемости и возобновляемости, по возможности замены одних на другие). Природно-ресурсный потенциал. Экономическая оценка природных ресурсов. Ресурсосбережение. Минеральные ресурсы. Энергоресурсы. Потребление энергоресурсов. Земельные ресурсы. Лесные ресурсы. Водные ресурсы.

Влияние природных условий на жизнь и здоровье человека. Ландшафты как фактор здоровья. Экология и здоровье человека. Уровень здоровья людей. Благоприятные условия для жизни и деятельности людей. Освоение территорий с экстремальными условиями. Стихийные природные явления и их причины. География стихийных явлений. Меры

борьбы со стихийными природными явлениями. Влияние деятельности человека на природные комплексы. Антропогенные ландшафты. Рациональное природопользование. Охрана природы. Значение географического прогноза. Россия на экологической карте мира. Источники экологической опасности. Контроль состояния природной среды. История взаимоотношений между человеком и географической средой. Научно-техническая революция: благо или причины экологического кризиса.

Геоэкология как направление о взаимодействии природы и общества. Окружающая среда как геосистема. Свойства геосистем. Экономическое развитие и изменение природной среды. Периоды развития взаимодействия человека и окружающей его природы. Экологическая проблема в фокусе современного мирового развития. Экологический кризис. Главные факторы возникновения экологических проблем. Типы загрязнения окружающей среды. Классификация типов загрязнения окружающей среды. Природное и антропогенное загрязнение. Виды загрязняющих агентов. Масштабы загрязнения.

Экологические проблемы атмосферы. Глобальное изменение климата. Причины и последствия глобального потепления. Глобальное потепление или глобальное похолодание? Кислотные осадки. Глобальные и региональные экологические проблемы гидросферы. Проблема неустойчивого водного снабжения. Пересыхание водоёмов в результате орошения. Загрязнение рек. Эвтрофикация водоёмов. Загрязнение Мирового океана нефтью и нефтепродуктами. Деграция почв – угроза глобальной продовольственной безопасности. Причины деграции почв. Эрозия почв. Загрязнение почв. Опустынивание. Засоление, заболачивание. Роль географии в решении экологических проблем. Биоразнообразие – фундамент жизни на планете. Проблема уменьшения биоразнообразия. Особо охраняемые природные территории (ООПТ) как центры сохранения биологического разнообразия. Виды охраняемых территорий.

Пути решения экологических и сырьевых проблем: экстенсивный, интенсивный; их особенности. Мониторинг природной среды.

Экологическая ситуация в различных регионах и странах мира: доля нарушенных земель и ландшафтов, уровень загрязнения атмосферы и пр. Концепция устойчивого развития. Международные экологические соглашения (Конвенция по изменению климата, Киотский протокол, Парижское соглашение по климату, Конвенция по биоразнообразию и др.).

ТЕМА 14. ГЕОГРАФИЯ НАСЕЛЕНИЯ МИРА И РОССИИ

География населения в структуре общественной географии. Французская научная школа «географии человека» (Видадь де ла Блаш). Гипотезы появления человека. Восточная Африка – предполагаемая родина человечества. Расселение людей по планете Земля. Численность, воспроизводство, динамика изменения численности населения. Демографический переход. Страны и территории с наибольшей и наименьшей численностью населения. Районы с высокой и низкой плотностью населения (по регионам мира). Демографическая политика. Демографические кризисы. Размещение и плотность населения. Факторы, влияющие на размещение и плотность населения. Состав и структура населения (половозрастной, этнический, религиозный составы, городское и сельское население). Геоурбанистика. Экономические и политические причины миграций (экономические мигранты, экологические и политические беженцы). Динамика роста миграционных потоков и их влияние на экономику, политику, общественную жизнь в странах-донорах и странах-реципиентах. Демографические прогнозы. Демографические

пирамиды: источники информации, правила построения. Взаимосвязь формы демографической пирамиды и уровня социально-экономического развития страны. Прогнозы численности населения. География религий. Этногеография. Основные очаги этнических и конфессиональных конфликтов. Миграции населения. География рынка труда и занятости. Особенности переписей населения в более развитых и менее развитых регионах.

Население России. Исторические особенности заселения и освоения территории России. Главные ареалы расселения восточных славян. Основные направления колонизации Московского государства. Формирование и заселение территории Русского и Российского государства в XVI-XIX вв. Динамика численности населения России. Переписи населения в России. Особенности естественного движения населения в России. Динамика рождаемости и смертности в России. Факторы, влияющие на динамику численности населения. Прогнозы изменения численности населения России. Половой и возрастной состав населения. Соотношение мужчин и женщин в России. Возрастно-половая (демографическая) пирамида. Возрастной состав населения России и определяющие его факторы. Ожидаемая продолжительность жизни мужского и женского населения России. Соотношение возрастных групп населения России. Народы, языки и религии России. Россия – многонациональное государство. Крупнейшие и малочисленные народы России. Языковые семьи народов России. Классификация народов России по языковому признаку. Наиболее многонациональные районы страны. Религии, исповедуемые в России. Основные районы распространения разных религий. Городское и сельское население. Городские поселения. Города и поселки городского типа. Различия городов по численности населения и функциям. Урбанизация. Размещение городов по территории страны. Крупнейшие города России. Городские агломерации. Понятие человеческого капитал, методы его оценки. Индекс человеческого развития. Трудоспособное население. Занятость населения. Безработные и безработица. Сферы занятости населения. Территориальные различия в уровне занятости населения. Перспективы развития рынка труда.

Миграции населения. Понятие о миграциях и мигрантах. Механическое движение населения. Виды миграций. Причины миграций. Продолжительность миграций. Направленность миграций в России, их влияние на жизнь страны. Размещение населения России. Средняя плотность населения в России. Факторы, определяющие уровень заселенности. Зоны расселения. Основная зона расселения. Размещение населения в зоне Севера.

ТЕМА 15. ГЕОГРАФИЯ ОТРАСЛЕЙ ХОЗЯЙСТВА РОССИИ И МИРА

Динамика отраслевой и территориальной структуры мирового хозяйства. География мирового хозяйства: изучение принципов размещения и региональных различий в функционировании отраслей. Структура (экономическая, отраслевая и территориальная) мирового хозяйства. Географическое разделение труда. Развитие географического разделения труда. География основных отраслей производственной и непроизводственной сфер. Факторы размещения производства. Изменение отраслевой структуры. Снижение доли сельского хозяйства и рост сферы услуг в ВВП и числе занятых. Динамика территориальной структуры хозяйства в исторической ретроспективе. Глобализация и её проявление. Транснациональные корпорации: география штаб-квартир и масштабы деятельности. Российские ТНК в мировом рейтинге крупнейших ТНК мира.

Экономический рост и загрязнение окружающей среды. «Зелёная» экономика. Динамика географической и товарной структуры мировой торговли. Основные торговые пути древности и современности.

Природная основа географических различий в сельском хозяйстве. Ограничители развития животноводства и земледелия. Социально-экономические факторы эффективности сельскохозяйственного производства. Обеспеченность земельными ресурсами. Средние размеры хозяйств, латифундии и минифундии. Конфигурация земельных владений. Земельный кадастр. Механизация и химизация сельского хозяйства (региональные различия). Сельское хозяйство и окружающая среда. Гипотезы происхождения сельского хозяйства. Центры происхождения культурных растений и современные ареалы выращивания.

Факторы размещения промышленности: общественные и природные. Условия создания промышленных предприятий. Ресурсы, особенности предпринимательского климата. Модели размещения промышленности. Торговые войны и размещение промышленности. Современные тенденции развития и размещения промышленности мира. Сдвиг производства в страны Азии. Экологические последствия развития промышленности.

Структура сферы услуг. Динамика места сферы услуг в мировой экономике. Роль сферы услуг в странах различных социально-экономических типов. Мировая транспортная система. Грузовой и пассажирский транспорт. Главные транспортные магистрали мира, крупнейшие порты и аэропорты. Статистические показатели развития транспорта. Мировые центры телекоммуникаций, рекламы, финансов. География крупнейших банков мира. ТНК в торговле и сфере услуг. Офшорные зоны мира. Современные тенденции развития туризма в регионах мира. Влияние туризма на экономику.

География внешнеэкономических связей. Международные экономические отношения. Мировой рынок товаров и услуг. Особые экономические зоны. Международные организации (интеграционные экономические союзы). Транснациональные корпорации. Географические аспекты глобализации.

География транспорта. Основные преимущества различных видов транспорта. Транспортная инфраструктура. Мировая транспортная система. Транспорт и окружающая среда.

География мировой торговли. Пространственная структура мировой торговли. Основные направления оборота наиболее важных товаров и услуг.

Региональная экономическая география. Определение специализации отдельных стран и районов. Комплексная географическая характеристика крупнейших стран и регионов мира. Особенности экономико-географического положения, природно-ресурсного потенциала, населения, хозяйства, инфраструктуры, культуры, современных проблем развития крупных регионов и стран Европы, Азии, Северной и Южной Америки, Австралии и Африки. Международная специализация крупнейших стран и регионов мира. Ведущие страны-экспортеры основных видов продукции.

Хозяйство России.

Общая характеристика хозяйства. Географическое районирование. Экономическая и социальная география в жизни современного общества. Понятие хозяйства. Отраслевая структура хозяйства. Сферы хозяйства. Этапы развития хозяйства. Этапы развития экономики России. Географическое районирование. Административно-территориальное устройство Российской Федерации.

Главные отрасли и межотраслевые комплексы. Сельское хозяйство. Отраслевой состав сельского хозяйства. Растениеводство. Животноводство. Отраслевой состав животноводства. География животноводства. Агропромышленный комплекс. Состав АПК. Пищевая и легкая промышленность. Лесной комплекс. Состав комплекса. Основные места лесозаготовок. Целлюлозно-бумажная промышленность. Топливо-энергетический комплекс. Топливо-энергетический комплекс. Угольная промышленность. Нефтяная и газовая промышленность. Электроэнергетика. Типы электростанций. Особенности размещения электростанция. Единая энергосистема страны. Перспективы развития. Metallургический комплекс. Черная и цветная металлургия. Особенности размещения. Проблемы и перспективы развития отрасли. Машиностроительный комплекс. Специализация. Кооперирование. Связи с другими отраслями. Особенности размещения. ВПК. Отраслевые особенности военно-промышленного комплекса. Химическая промышленность. Состав отрасли. Особенности размещения. Перспективы развития. Транспорт. Виды транспорта. Значение для хозяйства. Транспортная сеть. Проблемы транспортного комплекса. Информационная инфраструктура. Информация и общество в современном мире. Типы телекоммуникационных сетей. Сфера обслуживания. Рекреационное хозяйство. Территориальное (географическое) разделение труда.

ТЕМА 16. КУЛЬТУРНАЯ ГЕОГРАФИЯ И ГЕОГРАФИЯ ТУРИЗМА РОССИИ И МИРА

Основные понятия культурной географии, культурный ландшафт, этнические группы, как основа этнокультурного подхода к исследованию культурного ландшафта, этнокультурное разнообразие, география народов, языков и конфессий, культурно-географическое районирование России и мира.

География туризма в историческом контексте, рекреационное районирование и туризм. Факторы развития и география туристского спроса. География видов туризма. Лечебно-оздоровительный туризм. Спортивно-оздоровительный туризм. Познавательный и развлекательный туризм. Событийный туризм. Религиозный туризм. Круизный туризм. Деловой туризм. Экологический туризм. Туристское страноведение. Особенности развития туризма в России и мире.

Всемирные объекты природного и культурного наследия ЮНЕСКО России и мира.

ТЕМА 17. ГЛОБАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

Понятие о глобальных проблемах. Классификация глобальных проблем современности: политические, экономические, социальные. Тесная взаимосвязь и взаимообусловленность глобальных проблем. Возникновение и суть сырьевых проблем.

Критерии выделения глобальных проблем. Проблема сохранения мира на планете. Проблема деградации глобальной экологической системы. Проблемы народонаселения.

Продовольственная проблема. Ресурсная проблема. Проблема преодоления социально-экономической отсталости развивающихся стран. Цели Устойчивого Развития ООН (SDG). География «зелёной революции» и распространение генетически модифицированных культур. Международное и национальное регулирование сельскохозяйственного производства в рамках Всемирной торговой организации. ТНК агробизнеса. Новые тенденции развития сельского хозяйства (органическое сельское хозяйство, беспашенное земледелие, агротуризм, субсидирование). География аграрных реформ. Проблемы устойчивости экономического развития (энергетическая, сырьевая, экологическая) и проблема устойчивости общественного развития (демографическая, продовольственная, мира и разоружения и др.).

ТЕМА 18. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ РАЙОНЫ РОССИИ. РЕГИОНЫ РОССИИ

Районирование – важнейший метод географии. Виды районирования. Географические районы и географическое (территориальное) разделение труда. Специализация территорий на производстве продукции (услуг). Отрасли специализации районов. Западная и восточная части России. Экономические районы.

Европейская часть России. Центральная Россия: особенности формирования территории, ЭГП, природно-ресурсный потенциал, особенности населения, географический фактор в расселении, народные промыслы. Этапы развития хозяйства Центрального района. Хозяйство Центрального района. Специализация хозяйства. География важнейших отраслей хозяйства.

Города Центрального района. Древние города, промышленные и научные центры. Функциональное значение городов. Москва – столица Российской Федерации.

Центрально-Черноземный район: особенности ЭГП, природно-ресурсный потенциал, население и характеристика хозяйства. Особенности территориальной структуры хозяйства, специализация района. География важнейших отраслей хозяйства.

Волго-Вятский район: особенности ЭГП, природно-ресурсный потенциал, население и характеристика хозяйства. Особенности территориальной структуры хозяйства, специализация района. География важнейших отраслей хозяйства.

Северо-Западный район: особенности ЭГП, природно-ресурсный потенциал, население, древние города района и характеристика хозяйства. Особенности территориальной структуры хозяйства, специализация района. География важнейших отраслей хозяйства.

Калининградская область: особенности ЭГП, природно-ресурсный потенциал, население и характеристика хозяйства. Рекреационное хозяйство района. Особенности территориальной структуры хозяйства, специализация. География важнейших отраслей хозяйства.

Моря Атлантического океана, омывающие Россию: транспортное значение, ресурсы.

Европейский Север: история освоения, особенности ЭГП, природно-ресурсный потенциал, население и характеристика хозяйства. Особенности территориальной структуры хозяйства, специализация района. География важнейших отраслей хозяйства.

Поволжье: особенности ЭГП, природно-ресурсный потенциал, население и характеристика хозяйства. Особенности территориальной структуры хозяйства, специализация района. География важнейших отраслей хозяйства.

Крым: особенности ЭГП, природно-ресурсный потенциал, население и характеристика хозяйства. Рекреационное хозяйство. Особенности территориальной структуры хозяйства, специализация. География важнейших отраслей хозяйства.

Северный Кавказ: особенности ЭГП, природно-ресурсный потенциал, население и характеристика хозяйства. Рекреационное хозяйство. Особенности территориальной структуры хозяйства, специализация. География важнейших отраслей хозяйства.

Южные моря России: транспортное значение, ресурсы.

Уральский район: особенности ЭГП, природно-ресурсный потенциал, этапы освоения, население и характеристика хозяйства. Особенности территориальной структуры хозяйства, специализация района. География важнейших отраслей хозяйства.

Азиатская часть России.

Западная Сибирь: особенности ЭГП, природно-ресурсный потенциал, этапы и проблемы освоения, население и характеристика хозяйства. Особенности территориальной структуры хозяйства, специализация района. География важнейших отраслей хозяйства.

Моря Северного Ледовитого океана: транспортное значение, ресурсы.

Восточная Сибирь: особенности ЭГП, природно-ресурсный потенциал, этапы и проблемы освоения, население и характеристика хозяйства. Особенности территориальной структуры хозяйства, специализация района. География важнейших отраслей хозяйства.

Моря Тихого океана: транспортное значение, ресурсы.

Дальний Восток: формирование территории, этапы и проблемы освоения, особенности ЭГП, природно-ресурсный потенциал, население и характеристика хозяйства. Особенности территориальной структуры хозяйства, специализация района. Роль территории Дальнего Востока в социально-экономическом развитии РФ. География важнейших отраслей хозяйства.

ТЕМА 19. СТРАНОВЕДЕНИЕ

Региональная география. Определение специализации отдельных стран и районов. Комплексная географическая характеристика крупнейших стран и регионов мира. Особенности экономико-географического положения, природно-ресурсного потенциала, населения, хозяйства, инфраструктуры, культуры, современных проблем развития крупных регионов и стран Европы, Азии, Северной и Южной Америки, Австралии и Африки. Международная специализация крупнейших стран и регионов мира. Ведущие страны-экспортеры основных видов продукции.

Зарубежная Европа. Общая характеристика зарубежной Европы: природные условия и ресурсы, население и хозяйство, отраслевой состав, охрана окружающей среды и проблемы

региона. Географический рисунок расселения и хозяйства Европы. «Европейский союз» и модели европейской интеграции.

Природные, политические, этнические и экономические внутренние различия регионов Европы (Северная, Западная, Южная и Восточная Европа). Страны Европы (Франция, Германия, Великобритания, страны Балтии).

Зарубежная Азия. Азиатский регион. Культурное наследие и религиозно-этнические основы. Природно-ресурсный потенциал. «Азиатский» тип расселения и размещения населения. Хозяйство и развитие отдельных отраслей. Новые индустриальные страны. Основные типы сельского хозяйства. Интеграционные группировки стран зарубежной Азии. Современные проблемы субрегионов: Юго-Западная, Южная, Юго-Восточная, Восточная, Центральная Азия. Страны Азии — бывшие республики СССР: направления развития. Страны Азии (Китай, Япония, Индия, Казахстан).

Северная Америка. Америка — два материка, одна часть света. Понятие «Новый Свет». Соединенные Штаты Америки. Историко-географические особенности формирования государства и их экономико- и социально-географические последствия. Оценка географического положения. Население страны: этнический состав, значение миграций, структура занятости и размещение. Крупнейшие агломерации и мегалополисы. Природно-ресурсный потенциал. Особенности отраслевой и территориальной структуры хозяйства. Экономические районы США: Север, Юг, Запад. Перспективы и проблемы развития. Канада, ее место в мировом хозяйстве. Интеграционная группировка НАФТА.

Латинская Америка. Принципы выделения региона, его состав. Историко-географические особенности формирования региона. Основные черты расселения населения и географии промышленности, сельского хозяйства и транспорта. Субрегионы Латинской Америки: Мезоамерика, Южная Америка: Андские и Приатлантические страны. Общая характеристика и внутренние различия. Страны Латинской Америки (Бразилия, Мексика).

Австралия и Океания. Географическое положение. Географические следствия изолированности региона. Природные условия и ресурсы. Население. Хозяйство. Динамика развития, характеристика отраслей хозяйства. Внутрирегиональные контрасты. Перспективы развития.

Африка. Африканские страны в современном мире. Однобокость развития как следствие колониального прошлого. Природные условия и ресурсы. Общая характеристика населения, хозяйства африканских стран. Субрегионы: Северная, Западная, Восточная и Южная Африка. Изучение стран Африки: Египет, Нигерия, ЮАР. Проблемы преодоления отсталости развивающихся стран. Географические аспекты качества жизни. Проблема отсталости. Ее географические аспекты. Долговой кризис.

ТЕМА 20. ТОПОНИМИКА И МЕСТНЫЕ ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ТЕРМИНЫ

Ономастика как наука о собственных именах и совокупность имён собственных. Топонимика как наука, и раздел ономастики. Разделы топонимики. Связь топонимики с другими дисциплинами. Объединение топонимов по группам. Оронимы. Спелеонимы. Гидронимы. Гляционимы. Дримонимы. Хоронимы. Несонимы. Ойконимы. Урбанонимы.

Дромонимы. Общегеографические термины и местные географические термины. Этническое происхождение топонимов.

Местные географические термины и понятия.

ЛИТЕРАТУРА

Рекомендуемый перечень учебников для подготовки

1. Гладкий Ю.Н. География. 10 класс: учеб. для общеобразоват. организаций: базовый и углуб. уровни / Ю.Н. Гладкий, В.В. Николина. – М.: Просвещение, 2019. – 271 с.
2. Холина В.Н. География. 10 класс. Углубленный уровень. Учебник. Вертикаль. ФГОС / В.Н. Холина. – 3-е изд., испр. – М.: Дрофа, 2019. – 336 с.
3. Бахчиева О.А. География. Экономическая и социальная география мира: 10-11 классы: базовый и углубленный уровни: учебник / О.А. Бахчиева; под ред. В.П. Дронова. – 9-е изд., стереотип. – М.: Вентана-Граф, 2019. – 400 с.
4. Домогацких Е.М., Алексеевский Н.И. География: экономическая и социальная география мира: в 2 ч. Ч. 1. Общая характеристика мира: учебник для 10-11 классов общеобразовательных организаций. Базовый уровень / Е.М. Домогацких, Н.И. Алексеевский. – 7-е изд. – М.: ООО «Русское слово - учебник», 2019. – 200 с.
5. Домогацких Е.М., Алексеевский Н.И. География: экономическая и социальная география мира: в 2 ч. Ч. 2. Региональная характеристика мира: учебник для 10-11 классов общеобразовательных организаций. Базовый уровень / Е.М. Домогацких, Н.И. Алексеевский. – 7-е изд. – М.: ООО «Русское слово - учебник», 2019. – 200 с.
6. Кузнецов А.П. География. 10-11 классы. Базовый уровень: учебник / А.П. Кузнецов, Э.В. Ким. – 6-е изд., пересмотр. – М.: Дрофа, 2017. – 367, [1] с.
7. Лопатников Д.Л. География. 10-11 классы: учеб. пособие для общеобразоват. организаций: базовый уровень / Д.Л. Лопатников. – М.: Просвещение, 2018. – 175, [1] с.
8. Максаковский В.П. География. 10-11 классы: учеб. для общеобразоват. организаций: базовый уровень / В.П. Максаковский. – 29-е изд., перераб. – М.: Просвещение, 2019. – 416 с.
9. Миркин Б.М. Экология: 10-11 классы: базовый уровень: учебник / Б. М. Миркин, Л.Г. Наумова, С.В. Суматохин. – 5-е изд. испр. – М.: Вентана-Граф, 2019. – 400 с.
10. Гладкий Ю.Н. География. 11 класс: учеб. для общеобразоват. организаций: базовый уровень / Ю.Н. Гладкий, В.В. Николина. – 5-е изд. - М.: Просвещение, 2018. – 160 с.11.
11. Холина В.Н. География. 11 класс. Углубленный уровень. Учебник. Вертикаль. ФГОС / В.Н. Холина. – 3-е изд., испр. – М.: Дрофа, 2019. – 496 с.
12. Подольская Н. В. Словарь русской ономастической терминологии. Академия Наук СССР. Институт языкознания. 2-е изд., перераб. и доп. М Наука. 1988г.

Рекомендуемый перечень атласов для подготовки

1. Бахчиева О.А. Экономическая и социальная география мира:10-11 классы. Атлас. 6-е изд., испр. М.: Вентана-Граф. – 2018. – 64 с.
2. Экономическая и социальная география мира. 10 класс. Атлас с комплектом контурных карт. ФГОС. Омск.: Омская картографическая фабрика. – 2018. – 76 с.
3. Экономическая и социальная география мира. 10-11 классы. Атлас с контурными картами и заданиями. ФГОС. М.: АСТ-ПРЕСС. – 2019 – 80 с.

4. География. 10-11 класс. Атлас. Базовый уровень. Серия «Сферы». М.: Просвещение. – 2019. – 64 с.

Дополнительная литература

1. Новая географическая картина мира : учебное пособие / [М. М. Агафшин, В. Л. Бабурин, С. А. Горохов и др.] ; под редакцией В. А. Колосова, Д. В. Зайца. - 2-е изд., стер. - Москва : Просвещение, 2021.
2. Географическая культура [Текст] : Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по геогр. спец. / В. П. Максаковский. - Москва : ВЛАДОС, 1998. - 414 с.
3. Историческая география мира [Текст] : [учебное пособие] : для студентов высших учебных заведений / В. П. Максаковский. - Изд. 2-е, испр. - Москва : URSS, 2016 (cop. 2015). - 622 с.
4. История географии : учебное пособие для вузов / В. Т. Богучарсков. - Москва : Акад. Проект, 2006. – 558 с.
5. Теория и методология географической науки : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 012500 "География" / М. М. Голубчик [и др.]. - Москва : ВЛАДОС, 2005. - 463 с.

Дополнительные электронные онлайн ресурсы

1. География. Современная иллюстрированная энциклопедия. — М.: Росмэн. 2006. Под редакцией проф. А. П. Горкина. [Электронный ресурс]. URL: <https://rus-geo-enc.slovaronline.com>
2. Большая Российская энциклопедия – электронная версия. [Электронный ресурс]. URL: <https://bigenc.ru/>
3. Национальный атлас России – электронная версия. [Электронный ресурс]. URL: <https://национальныйатлас.рф/>

**Задания заключительного этапа Всероссийской олимпиады
школьников «Высшая проба» по профилю «География»**

2020-2021 учебный год
Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба», 2 этап,
профиль «География», 9 класс

Задание 1 (15 баллов).

Прочитайте фрагменты текстов, посвященных опасным метеорологическим явлениям, и ответьте на вопросы.

1. «...Опасные метеорологические явления объединяют метеорологические, а часто и вызванные ими гидрологические явления, которые своей интенсивностью и продолжительностью представляют угрозу безопасности людей, а также могут нанести значительный ущерб отраслям экономики или природе. К ним относятся ураганные ветры, тропические циклоны, смерчи (торнадо), шквалы, град, гололёд и изморозь, гололедица, метели, ливни, продолжительные дожди, снегопады, туманы, грозы, пыльные бури, аномальная жара...»

Определите, какие из опасных метеоявлений, о которых идет речь в тексте, изображены на рисунках А-Г. Для метеоявления А укажите два города, в честь которых были названы типы этого явления. Какой вид нерационального природопользования при разработке топливного полезного ископаемого привел к возникновению метеоявления А в городе с географическими координатами $55^{\circ}45' \text{с. ш.}, 37^{\circ}37' \text{в. д.}$, летом 2010 года?



Б	
В	
Г	

2. Заполните пропуски в тексте, заменив числа **1-3** словами или выберите верный ответ из предложенных вариантов, подчеркнув верный вариант в бланке ответов.

«**(1)** — это быстро вращающийся вихрь, возникающий в тропических широтах над поверхностью океанов, из которых он получает энергию для развития. В центре **(1)** образуется область (**низкого/высокого**) давления с облаками, которые двигаются по спирали по направлению к «стене глаза», окружающей сам «глаз» — центральную часть системы с преимущественно спокойной погодой и чистым небом. <...> **(1)** вызывают очень сильные ветры, ливневые дожди, высокие волны, а в некоторых случаях разрушительные штормовые нагоны и наводнения в прибрежных районах. В (**Северном/Южном**) полушарии ветры закручиваются против часовой стрелки, а в (**Северном/Южном**) — по часовой стрелке. В интересах общественной безопасности сильным **(1)** присваиваются личные имена. Так, ураган **(2)** — один из наиболее разрушительных в истории США. Наиболее крупный ущерб от

урагана (2) был причинён городу (3) в Луизиане, где под водой оказалось около 80 % площади города, а своих домов лишились примерно 700 000 человек. Стихийное бедствие сопровождалось техногенными авариями, разливами нефти, а также — ростом преступности...».

В зависимости от места образования такое опасное метеорологическое явление называется по-разному: в Карибском море, Мексиканском заливе, северной части Атлантического океана, восточном и центральном районах северной части Тихого океана его называют «ураганом». Как данное метеоявление в северо-западной части Тихого океана называют жители Восточной Азии?

3. «Это определенный тип ветров, которые регулярно наблюдаются в нескольких регионах нашей планеты. В каждом из них есть невысокий горный хребет, вытянутый вдоль побережья моря или крупного озера. В районе Новороссийска это Маркотхский хребет, максимальная высота которого — 717 метров. Хребет выступает барьером для ветрового потока, который движется с суши в сторону водоема. Если препятствие не слишком высокое (выс. до 1000 м), а скорость потока на момент приближения к хребту достаточно велика (от 7 м/с), то ветровой поток поднимается вверх по горному склону, и, перевалив хребет, обрушивается в сторону моря, набирая скорость под действием силы тяжести... и в результате развития волновых процессов (внутренних гравитационных волн), связанных с обтеканием потоком препятствия...».

Определите:

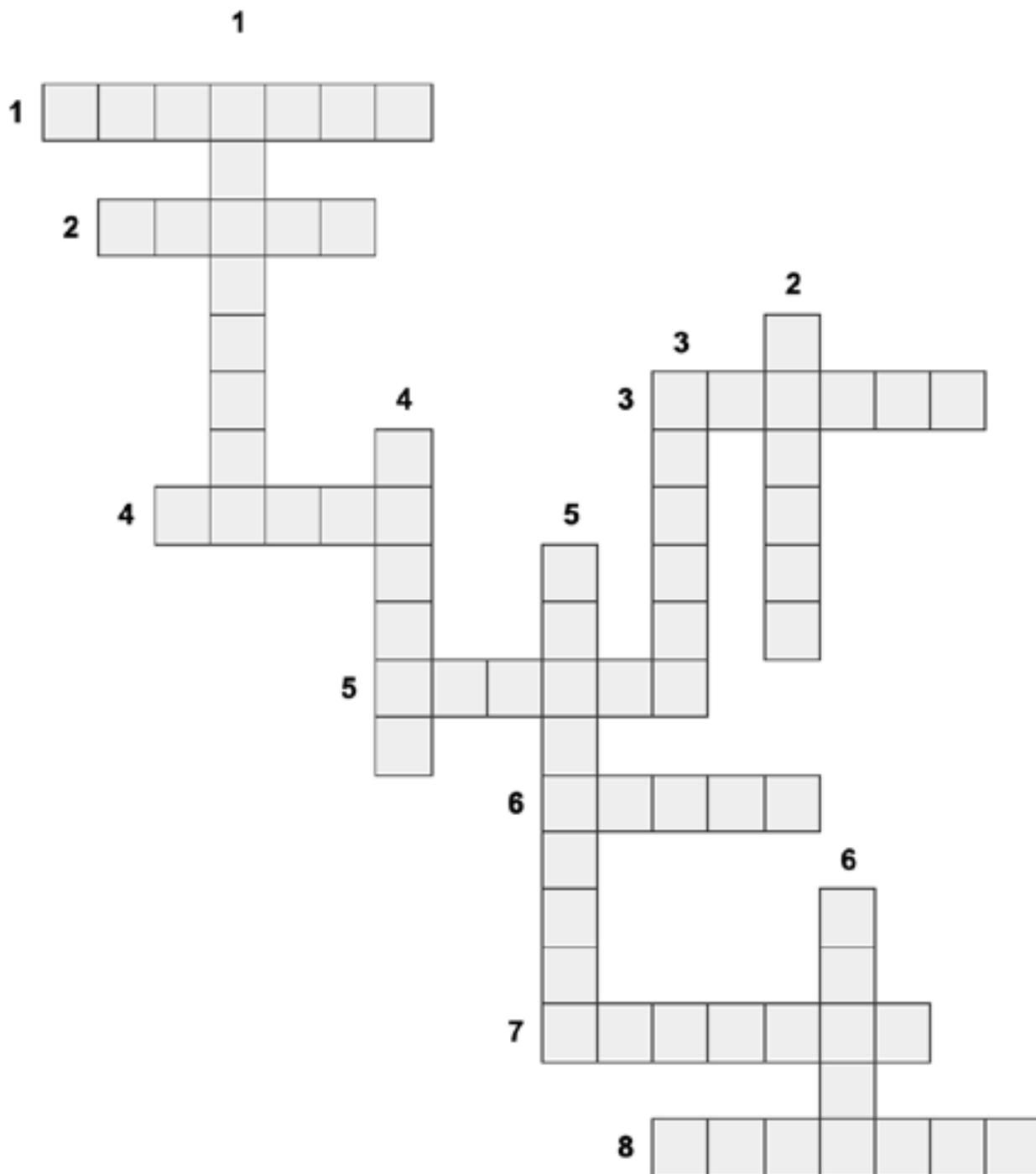
А. Местный ветер, описанный в текстовом фрагменте;

Б. Неблагоприятное метеорологическое явление, связанное с этим ветром, которое угрожает судам в порте Новороссийска;

В. Местный ветер-аналог описанного в статье ветра, который действует в столице одного из государств бывшего СССР.

Задание 2 (15 баллов).

Разгадайте кроссворд. Определите материк, которому посвящена тема кроссворда. Продублируйте Ваши ответы в таблице бланка ответов.



По горизонтали:

1. Одомашненные мозолоногие горные животные семейства верблюдовые, которых выращивают с целью обработки их качественной шерсти.
2. Плотный морозящий туман, характерный для пустынных океанических побережий южной части самого теплого океана Земли.
3. Этнические (часто этнорасовые) общности смешанного происхождения (потомки первых европейских переселенцев в регион, также так называли потомков рабов-африканцев), в которых говорят на языке, сформировавшемся в колониальный период.

4. Местное название высокогорных тропических злаковых степей в самых протяженных горах на Земле.
5. Высокотравная злаковая саванна равнинных территорий.
6. Потомки смешанных браков представителей монголоидной и негроидной рас.
7. Этот географический объект известен рекордным значением влажности воздуха и крупнейшим доисторическим антропоморфным геоглифом в мире.
8. Тип горного массива, которым является гора Пан-ди-Асукар, или Сахарная Голова.

По вертикали:

1. Местное название аномально высокой приливной волны в устье крупнейшей реки материка, которое с языка местных жителей переводится как «гремучая вода».
2. Местное название влажных экваториальных лесов региона.
3. Саванны, распространенные на одноименном с крупнейшей страной материка плоскогорье.
4. Трущобы в пятой по площади стране мира, появление которых связано с процессом ложной урбанизации.
5. Страна, название которой было дано мореплавателем из-за сходства ее прибрежных построек с одним из итальянских городов.
6. Местное название коренной травяной растительности субтропических равнин.

Задание 3 (20 баллов).

Прочитайте все части задачи, посвященной одной из крупнейших железнодорожных магистралей России.

1. Замените числа (1-3) названиями географических объектов. Определите каким цветом на рисунке 1 изображена железнодорожная магистраль, строительство которой было завершено в 2003 году?
(1) - железнодорожная магистраль, длиной 4287 км, строилась с 1926 по 2003 гг. Начальным пунктом этой железнодорожной магистрали является город (2) - районный центр, через который также проходит (3) железнодорожная магистраль, построенная в конце XIX века.



Рис. 1

2. Установите соответствия между изображениями и текстовыми описаниями в таблице 1 и подберите к ним географический объект, выбрав его из предложенного списка. Используя информацию из таблицы № 1 и рис. 1, ответьте на дополнительные вопросы.

Таблица 1

Изображение	Описание
-------------	----------

1



А Крупный транспортный узел – пересечение крупных железнодорожных и речных путей сообщения; в городе расположен речной порт Осетрово, один из крупнейших в России, его также называют «воротами на Север».

2



Б Населенный пункт - крупный промышленный центр на Дальнем Востоке, расположенный на реке с дождевым типом питания.

3



Г Населенный пункт, расположенный на берегу пролива. Является конечной точкой рассматриваемой железнодорожной магистрали, морской порт.

4



Д Крупное озеро, сформировавшееся более 20 млн лет назад.

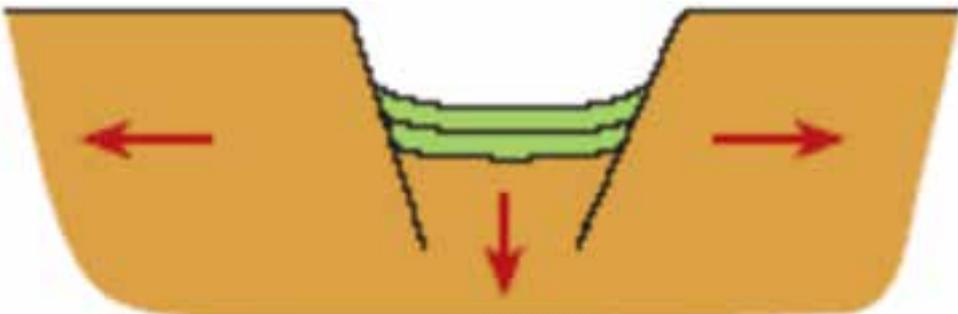
5



Е Объект, расположенный в Забайкальском крае, незакрепленный песчаный массив, окруженный лиственничной тайгой и болотами.

Географические объекты: Владивосток, Ханка, Усть-Кут, Тайшет, Аралкум, Байкал, Комсомольск-на-Амуре, Николаевск-на-Амуре, Ростов-на-Дону, Ерофей Павлович, Советская Гавань, Чарские пески, Улан-Удэ, Саратов.

Дополнительные задания.

№	Определите
1	Реку, на которой расположен один из крупнейших речных портов России.
2	<p>Озерный остров на <i>изображении 1</i> в таблице 1, максимальную глубину этого озера, название процесса, изображенного на представленной схеме.</p> 
3	<p>Каким местным географическим термином называют объекты, о которых говорится в <i>описании Д</i>, в Якутии и как называется форма рельефа, изображенная на следующей фотографии.</p> 
4	Отрасль машиностроения города на <i>изображении 3</i> в таблице 1, тип климата, в котором расположен этот город.
5	Пролив и остров на <i>изображении 4</i> в таблице 1.

Задание 4 (15 баллов).

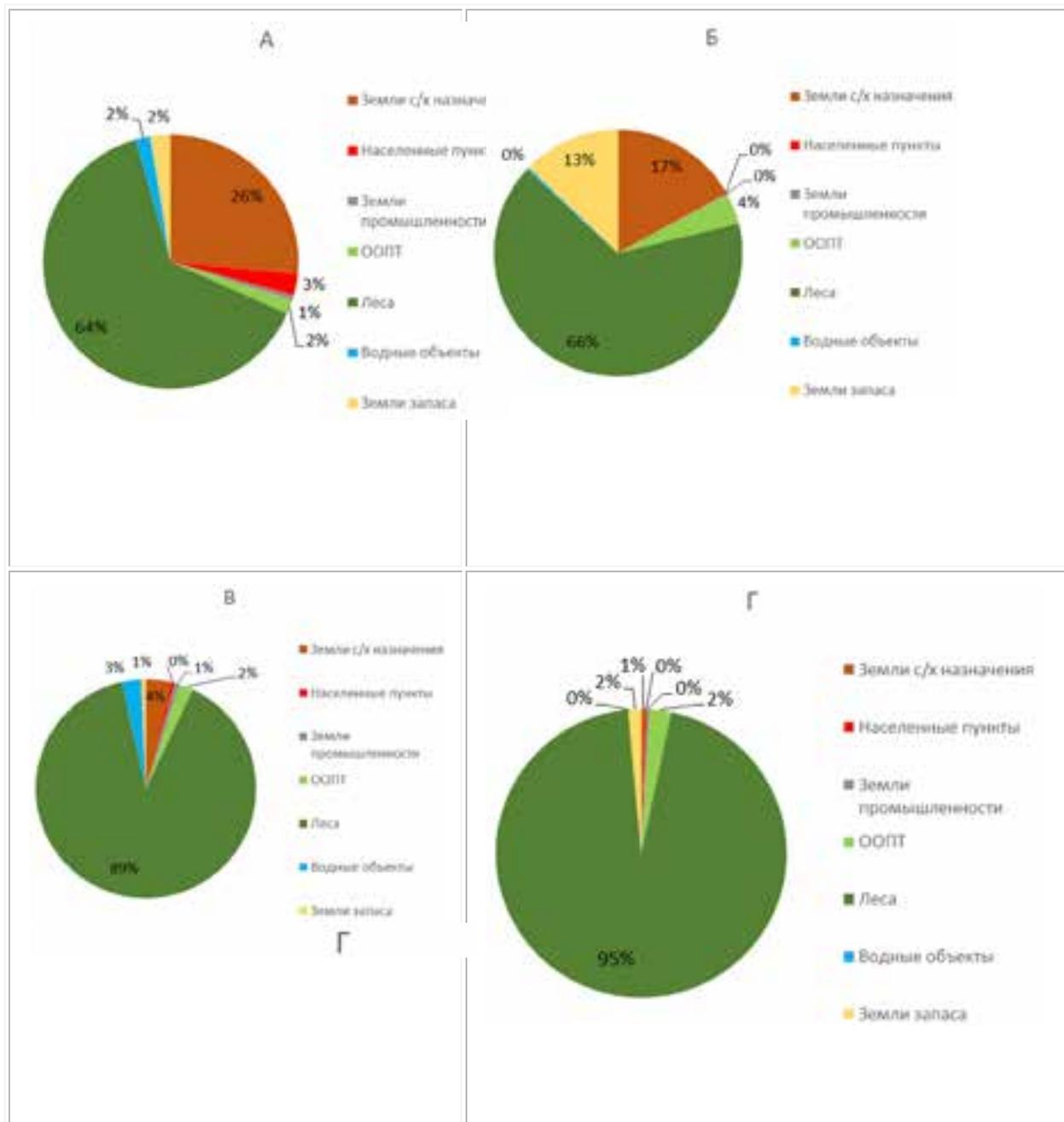
Выполните задания на основе текста и данных диаграмм.

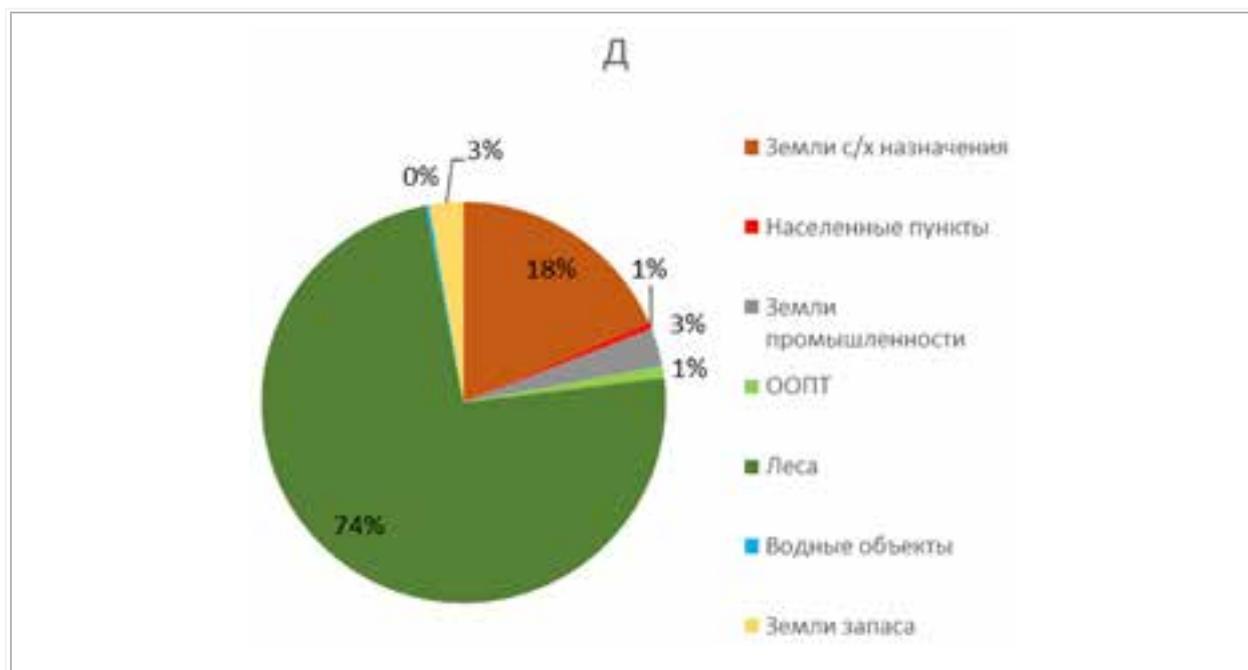
13 мая 2020 года был подписан меморандум о намерении объединения двух субъектов РФ: Архангельской области и Ненецкого автономного округа. В истории развития федеративной системы Российской Федерации и ранее были случаи объединения субъектов. Целый ряд субъектов по результатам референдумов вошли в состав других. На данный момент «бывшие субъекты» имеют статус административно-территориальных единиц с особым статусом, дающий особые права данным территориям.

В таблице в бланке ответов перечислены административные центры этих единиц. Заполните таблицу, указав название административно-территориальных единиц из перечня. Укажите субъект РФ, в котором расположены эти центры.

Названия АТЕ с особым статусом: *Коми-Пермяцкий округ; Агинский Бурятский округ; Корякский округ; Эвенкийский район; Усть-Ордынский Бурятский округ.*

Проанализируйте диаграммы А-Д, отображающие структуру земельного фонда субъектов РФ, в состав которых входят перечисленные административно-территориальные единицы, и сопоставьте их с их названием. Ваши ответы занесите в бланк ответов в соответствующую строчку.





Задание 5 (15 баллов).

Выполните задание на основе представленных статистических данных.

Таблица 1 содержит данные о размере валового регионального продукта (ВРП) по субъектам Южного федерального округа за 2015 год (в млн Р).

Таблица 1

ВРП по субъектам Южного ФО

Субъекты	ВРП, млн Р
Республика Адыгея	84306,0
Республика Калмыкия	51958,5
Республика Крым	265970,6
Краснодарский край	1933512,1
Астраханская область	322303,0
Волгоградская область	740458,0
Ростовская область	1189144,0
г. Севастополь	48663,3

В таблице 2 представлены значения *индекса физического объёма* (ИФО) ВРП по субъектам Южного федерального округа за 2016—2018 гг. (в %).

Таблица 2

ИФО ВРП по субъектам Южного ФО (%)

Субъекты	2016	2017	2018
----------	------	------	------

Республика Адыгея	101,9	103,1	103,3
Республика Калмыкия	98,1	101,7	100,2
Республика Крым	106,0	104,0	105,1
Краснодарский край	100,1	102,8	100,4
Астраханская область	102,8	112,3	104,9
Волгоградская область	98,6	99,9	99,2
Ростовская область	103,2	102,4	102,0
г. Севастополь	107,7	102,2	102,0

Индекс физического объёма представляет собой отношение суммарной стоимости произведённых в $n+1$ -м году товаров и услуг к суммарной стоимости товаров и услуг, произведённых в n -м году, в постоянных ценах (то есть отношение собственно валовых продуктов). Использование ИФО позволяет рассчитать значения ВРП за разные годы в постоянных ценах, т. е. с учётом годовой инфляции:

$$\text{ВРП}_{n+1} = \text{ВРП}_n \times \text{ИФО}_{n+1}, \quad (1)$$

где ВРП_n — ВРП в n -м году, ВРП_{n+1} — ВРП в $n+1$ -м году (в ценах n -го года), ИФО_{n+1} — индекс физического объёма в $n+1$ -м году. Соответственно,

$$\text{ВРП}_{n+k} = \text{ВРП}_n \times \text{ИФО}_{n+1} \times \text{ИФО}_{n+2} \times \dots \times \text{ИФО}_{n+k}. \quad (2)$$

1. Пользуясь данными таблиц 1 и 2, а также формулой (2), выполните расчёты.

1.1. Заполните таблицу 3 значениями ВРП в постоянных ценах 2015 года по всем субъектам Южного ФО.

Таблица 3.

ВРП по субъектам Южного ФО (млн Р, в ценах 2015 г.)

Субъекты	2016	2017	2018
Республика Адыгея			
Республика Калмыкия			
Республика Крым			
Краснодарский край			
Астраханская область			
Волгоградская область			
Ростовская область			
г. Севастополь			

1.2. На основе полученных данных рассчитайте значения ВРП Южного федерального округа за 2016—2018 гг. в постоянных ценах 2015 г. и вычислите ИФО по Южному федеральному округу за 2016—2018 гг., заполнив таблицу 4.

Таблица 4.

ВРП и ИФО ВРП по Южному ФО (в ценах 2015 г.)

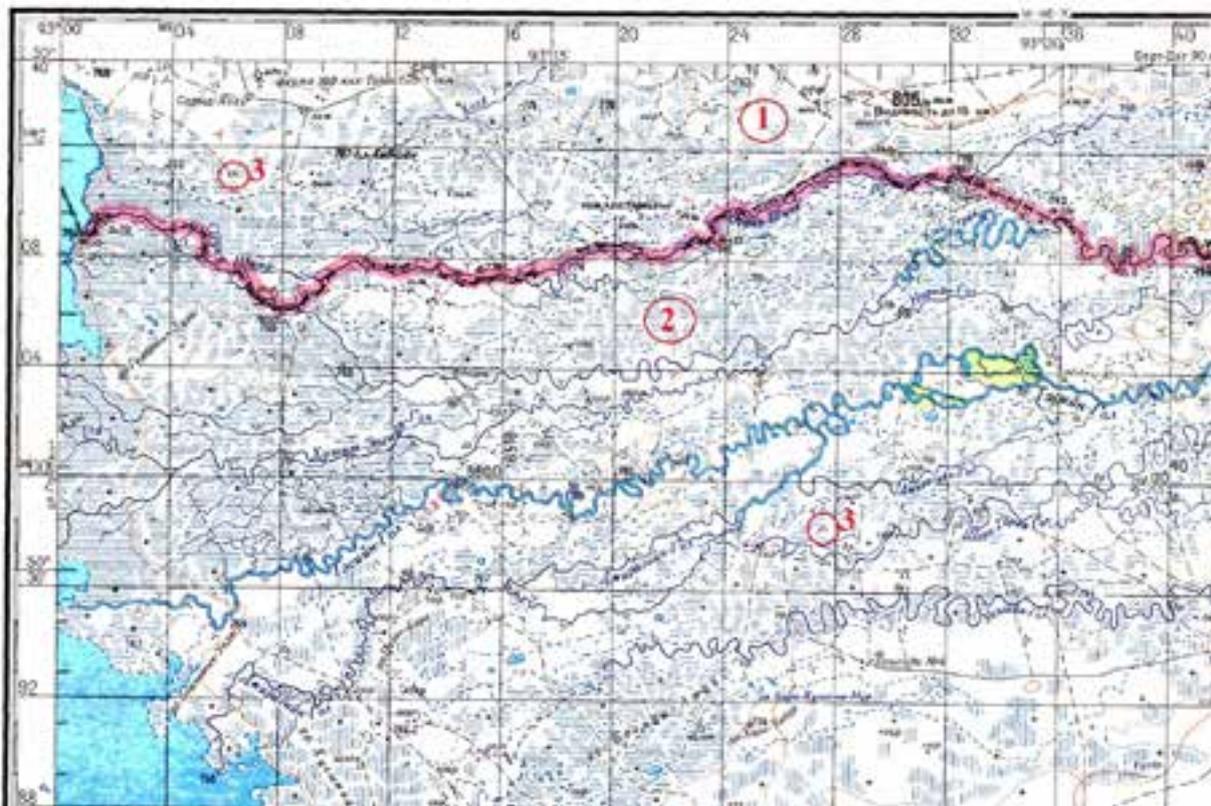
Показатель	2016	2017	2018
ВРП, млн ₽			
ИФО ВРП, %			

2. На основе статистических данных, приведённых выше, назовите субъект Южного ФО, экономическое положение которого можно охарактеризовать как наименее благополучное.

3. Согласно данным таблицы 2, в 2017 году рост ВРП Астраханской области составил 112,3%. В первую очередь такой высокий показатель роста обусловлен ростом промышленного производства (в 2017 году индекс промышленного производства в области составил 137,2% к 2016 году). Основная часть вклада в этот бурный рост приходится на две отрасли производства, одна из которых относится к добывающей промышленности, а другая — к машиностроительной. Определите эти отрасли добывающей промышленности и машиностроения.

Задание 6 (20 баллов).

Выполните задания, используя фрагмент топографической карты.



Впишите свои ответы в бланк (в скобках указаны пункты в бланке ответа).

1. Перед вами карта территории, на которой находится особо охраняемая природная территория международного значения. Определите названия этого Объекта Всемирного природного наследия ЮНЕСКО (1.1).
2. Назовите государства, обозначенные на карте цифрами 1-2 (2.1 и 2.2).
3. Рассчитайте максимальное падение рек на этой территории по указанным на карте данным (3.1).
4. По индексу карты определите её масштаб. Напишите численный (4.1) и именованный масштабы (4.2).
5. Определите индекс карты (5.1), если известно, что индекс листа, лежащего севернее: М-46-10, а для того, чтобы получить карты этого масштаба, лист «миллионной» карты делят на 36 частей.
6. Определите с точностью до минуты координаты (широту - 6.1 и долготу - 6.2) высшей точки этой территории. Можно ли с этой точки увидеть озеро, давшее название котловине (6.3)? Свой ответ кратко аргументируйте (6.4).
7. Назовите, какой объект обозначен цифрой 3 (7.1).
8. Перечислите типы растительности и грунты, обозначенные на данной территории условными знаками (8.1).

2020-2021 учебный год
Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба», 2 этап,
профиль «География», 11 класс

Задание 1 (15 баллов).

Прочитайте фрагменты текстов, посвященные землетрясениям, и ответьте на вопросы.

1. Выберите верный из предложенных вариантов, подчеркнув верный ответ в бланке ответа.

«Землетрясения – это подземные толчки и колебания земной поверхности, возникающие в результате внезапных смещений и разрывов в земной коре или верхней мантии и передающиеся на большие расстояния в виде упругих колебаний. Точку в земной коре, из которой расходятся сейсмические волны, называют (**эпицентром/гипоцентром**) землетрясения. Место на земной поверхности над ним по кратчайшему расстоянию называют (**эпицентром/гипоцентром**).

Для оценки интенсивности землетрясений существует несколько разных шкал:

- двенадцатибалльные: MSK-64, Европейская макросейсмическая шкала, шкала Меркалли;
- семибалльная: шкала Японского метеорологического агентства.»

Назовите:

1.1. Параметры, которые используются для определения интенсивности землетрясения по шкалам, приведенным в тексте;

1.2. Показатель, который лежит в основе шкалы Рихтера, измеряемый в условных единицах от 1 до 9,5.

2. Заполните пропуски (1-2) в схеме классификации землетрясений по происхождению.



3. Прочитайте текст. Как называются землетрясения, описанные в тексте? Приведите их второе название. Какая шкала была применена в оценке землетрясения в районе водохранилища Койна?

«...Примерами такой сейсмической деятельности является разработка полезных ископаемых, создание крупных водохранилищ, эксплуатация подземных хранилищ нефти и газа и др. Если землетрясения, происходящие в результате природных процессов, в основном приурочены к активным тектоническим структурам, то индуцированная сейсмичность происходит в областях активной эксплуатации земных недр человеком и напрямую связаны с ведением экономической деятельности... При этом эксплуатация водохранилищ считается причиной повышения сейсмической активности в 23% случаев, уступая по количеству упоминаний только объектам горной промышленности.

К примеру, полвека назад в асейсмичном районе западной Индии была построена крупная плотина, работу которой должно было обеспечить специально созданное водохранилище Койна. После его заполнения произошло крупнейшее в мире индуцированное землетрясение $M=6.3$, унесшее жизни около 200 человек. Серьезному ущербу подверглись жилые дома и сооружения, общее количество пострадавших и раненых превысило 2 тысячи человек.

С этого землетрясения началась сейсмическая история данного региона. За прошедшие 50 лет здесь произошло более 20 землетрясений с магнитудой более 5 и тысячи относительно небольших событий.»

4. Прочитайте следующий фрагмент текста и выполните задания.

«В августе 1975 г. жители городка Оровилл в Северной Калифорнии испытали 7-балльное землетрясение (магнитуда 6,0). Многие сейсмологи были обеспокоены этим событием, хотя ежегодно в Калифорнии происходит до 300 землетрясений. Дело в том, что за 7 лет до этого вблизи городка была возведена самая высокая в США плотина (235 м), образовавшая водохранилище объемом 4,4 млрд куб. м <...> Слабые толчки начались сразу после начала заполнения водохранилища.

В 1935 г. в США было закончено сооружение крупнейшей по тем временам плотины на р. Колорадо. Началось заполнение водохранилища. Через год, когда уровень воды поднялся на 100 м, начались сейсмические толчки. Насколько они были неожиданными, показывает тот факт, что установка сейсмографов здесь не предусматривалась. Количество слабых землетрясений в радиусе до 25 км с гипоцентром на глубине до 8 км измерялось тысячами в год. К 1939 г. водохранилище было заполнено до объема более 30 млрд куб. м. Вслед за этим произошло сильное землетрясение с магнитудой 5, выделившее столько энергии, сколько все остальные вместе взятые. Последующие исследования установили тесную корреляцию между количеством выделяемой энергии и пиками водной нагрузки.»

Напишите название плотины на р. Колорадо, о которой идет речь в тексте. Используя фрагмент статьи, проанализируйте причины землетрясений и выберите из списка период, когда возникновение землетрясений наиболее вероятно:

- А. период строительства;
- Б. период заполнения;
- В. период максимальной заполненности;
- Г. период наименьшей заполненности.

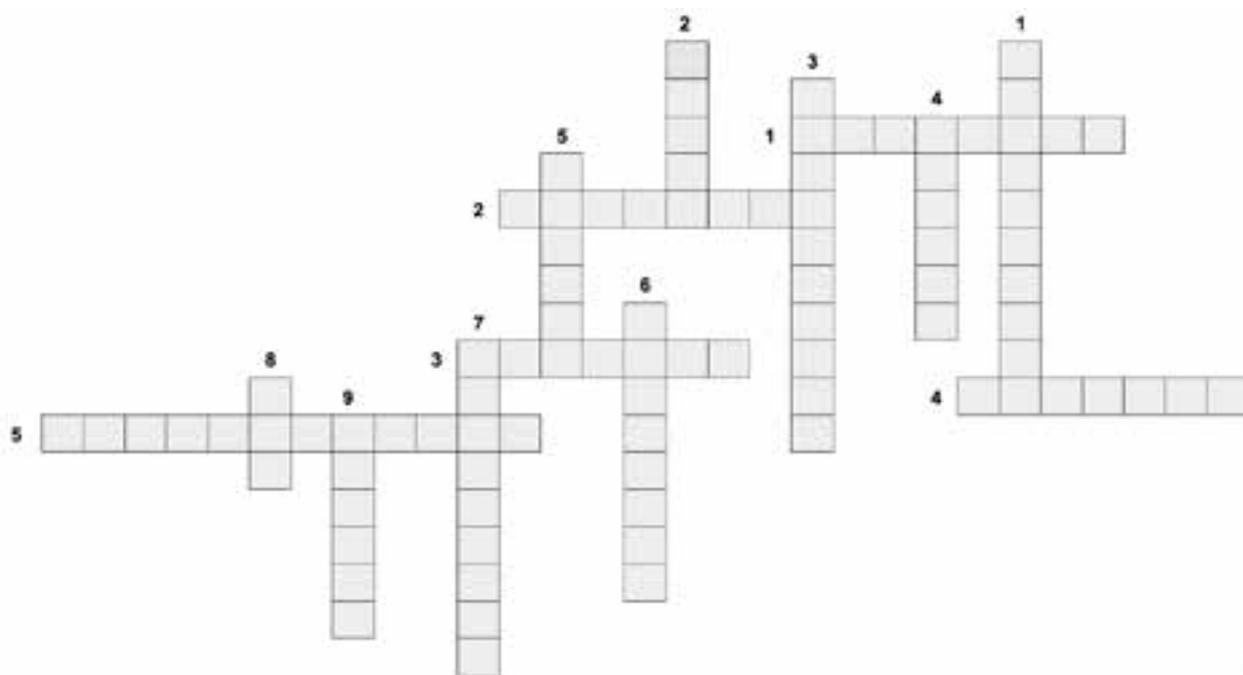
5. Установите соответствие между наиболее мощными ГЭС мира, реками, на которых они установлены и странами, в которых они расположены.

ГЭС		Река		Страна	
А	«Три ущелья»	1	Парана	І	Венесуэла
Б	Итайпу	2	Шингу	ІІ	Бразилия
В	Гури	3	Колумбия	ІІІ	Китай
Г	Гранд-Кули	4	Янцзы	ІV	Бразилия, Парагвай
Д	Белу-Монти	5	Карони	V	США

Назовите море, к бассейну которого относится река, на которой стоит крупнейшая ГЭС России.

Задание 2 (15 баллов).

Разгадайте кроссворд. Определите какой стране посвящена тема кроссворда. Продублируйте Ваши ответы в таблице бланка ответов.



По горизонтали:

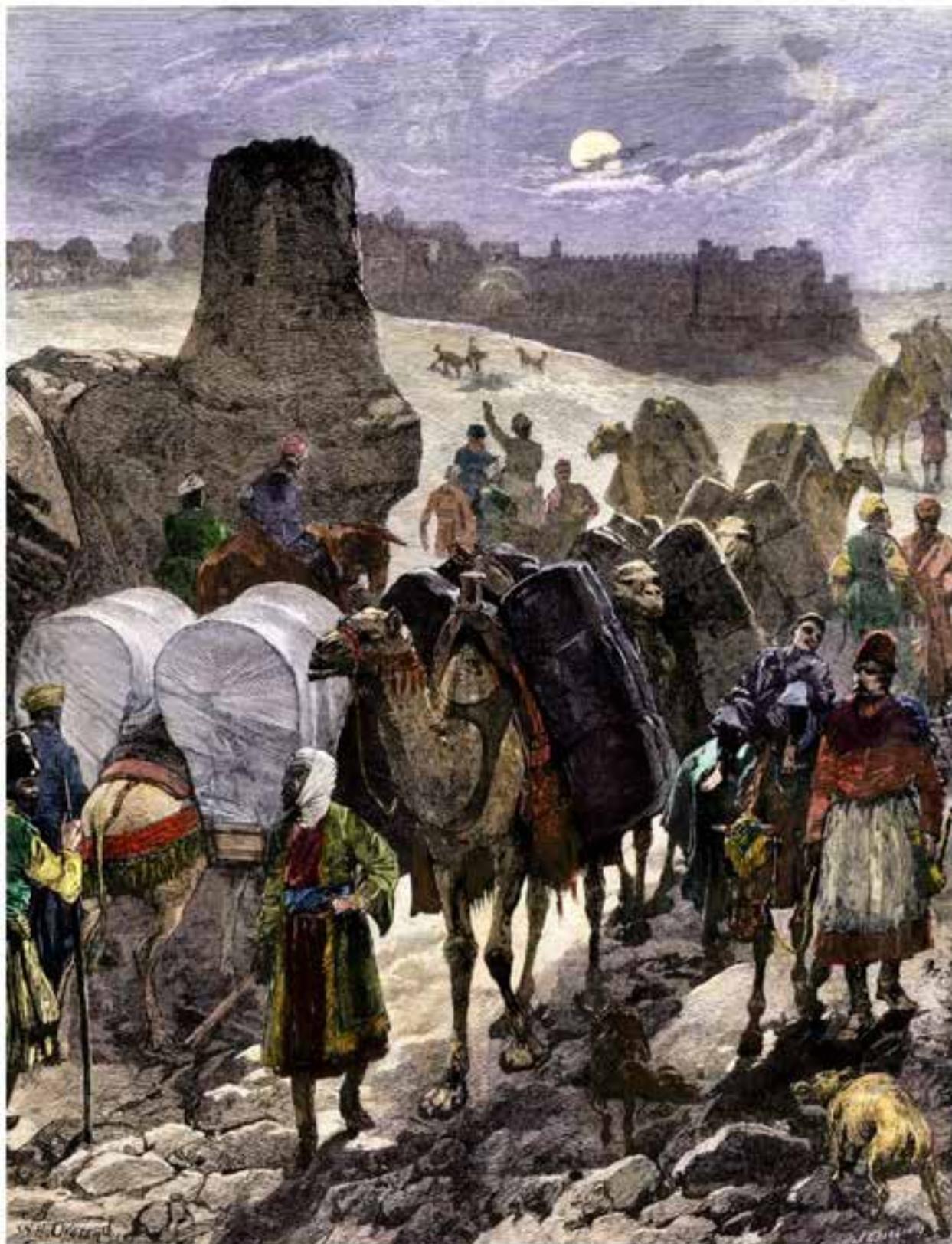
1. Метрополия, колонией которой являлась страна до 1919 года.
2. Автономия, расположенная на одноименном архипелаге, который состоит из трех крупных и 72 мелких островов. На территории автономии в 1946 году родился лидер группы Queen.
3. Один из официальных языков страны, относящийся к языкам группы народов банту.
4. Природная зона, в которой доминируют травянистые растительные сообщества с отдельно стоящими деревьями.
5. Крупнейший изолированный вулканический массив, высшая точка материка.

По вертикали:

1. Название страны до объединения с островным государством в 1964 году.
2. Основное традиционное занятие этого народа – полукочевое скотоводство, численность до 1 миллиона человек, около 500 тысяч человек из которых проживает на территории страны, которой посвящен кроссворд.
3. Биосферный резерват, расположенный в пределах одноименной кальдеры. Входит в список Всемирного природного наследия ЮНЕСКО.
4. Полулистопадные редколесья, произрастающие на Восточно-Африканском плоскогорье в условиях субэкваториального климата.
5. Река, которую принято считать истоком р. Нил.
6. Озеро на северо-западе страны, названное в честь одного из монархов Великобритании.
7. Национальный парк, в котором происходит масштабная сезонная миграция копытных животных. Входит в список Всемирного природного наследия ЮНЕСКО.
8. Одна из основных плантационных культур в стране, по экспорту которой государство занимает 3 место в мире (данные на 2018 г.).
9. Город, получивший столичный статус в 1996 году, численность населения которого свыше 400000 человек.

Задание 3 (20 баллов).

Выполните задания, посвященные одному из важнейших торговых маршрутов Античности и Средневековья.



1. Назовите торговый маршрут, которому посвящен рисунок 1, определите товар №1, материал №2, государство X, производственные центры, если известно, что:

- перевозка товара (№1) определила его название;
- изделия из материала (№2), в основе которого лежит глина, также доставлялись из государства X в Европу;
- два центра современного производства изделий из материала (№2), расположенных в Московской области.

2. Выберите верное утверждение, характеризующее данный торговый маршрут:

- А) способствовал развитию водных путей в регионе и описывался в сагах;
- Б) брал свое начало в современных пределах страны, расположенной в нескольких часовых поясах, но использующей единое время для всей территории государства, и шел к морю, которое омывает берега трех частей света;
- В) полностью проходил в одном климатическом поясе, но через географические объекты, создавшиеся в разные периоды горообразования;
- Г) в результате развития торговли по данному маршруту, в страну X были завезены «четыре великих изобретения» и различные технологии того времени.

3. Замените пропуски 1-5 в тексте, выбрав правильные варианты ответов из списка.

Данный торговый маршрут имел два основных направления следования после преодоления его города-ворот: северное и южное направление. Северная дорога проходила через город-оазис, одноименный с (1) котловиной. Для (1) впадины характерны несколько “рекордов”: это самое сухое и жаркое место страны X, а также самая низкая точка Восточной Азии. Город-оазис известен уникальной системой орошения, имеющей свое название. Далее дорога пересекала горную страну (2), высочайшей вершиной которой является пик Конгур. В горах (2) расположена высшая точка бывшего СССР. После пересечения (2) дорога следовала в (3) – область с одним из наиболее высоких показателей плотности населения в современной Центральной Азии. Это также крупный район выращивания культуры, которая дала название данному торговому маршруту. Южная часть дороги проходила мимо озера (4) по Кашгарской равнине, в центре которой располагается пустыня (5) – одно из крупнейших в мире образований такого типа. Далее дорога снова шла по направлению к (2), вела в Бактрию, а оттуда — в Парфию и далее по маршруту следования в район Леванта.

Географические объекты: *Убсунурская, Гималаи, Алашань, Таримская, Памир, Туранская, Гоби, Такла-Макан, Копетдаг, Алашань, Турфанская, Ферганская, Алтай, Тар, Лобнор, Иссык-Куль, Джунгарская.*

Назовите:

- А) систему орошения, представляющую из себя подземный канал;
- Б) высшую точку бывшего СССР (укажите прошлое и современное названия);
- В) пустыню какого типа представляет из себя объект №5.

4. Рассмотрите таблицу, заполните строку “Географические объекты” названиями из верно определенных объектов 1-5 из пункта 3.

Географический объект страны					
Китай	+	+	+	+	
Киргизия				+	+
Афганистан				+	
Таджикистан				+	+
Узбекистан					+

5. Определите гидротехническое сооружение, которое упоминается в тексте.

Данный торговый маршрут интересен тем, что в современное время испытывает второе рождение. Страна X разработала проект восстановления в рамках программы «Один пояс – один путь». Транспортный маршрут включает трансконтинентальную железную дорогу — Транссибирскую магистраль, которая проходит через территорию России и второй Евразийский континентальный мост на территории Казахстана. Поезда по этому самому длинному в мире грузовому железнодорожному маршруту из страны X в Германию будут идти 15 дней, что в 2 раза быстрее, чем по морскому маршруту через гидротехническое сооружение, открытое для судоходства в 1869 году.

Задание 4 (15 баллов).

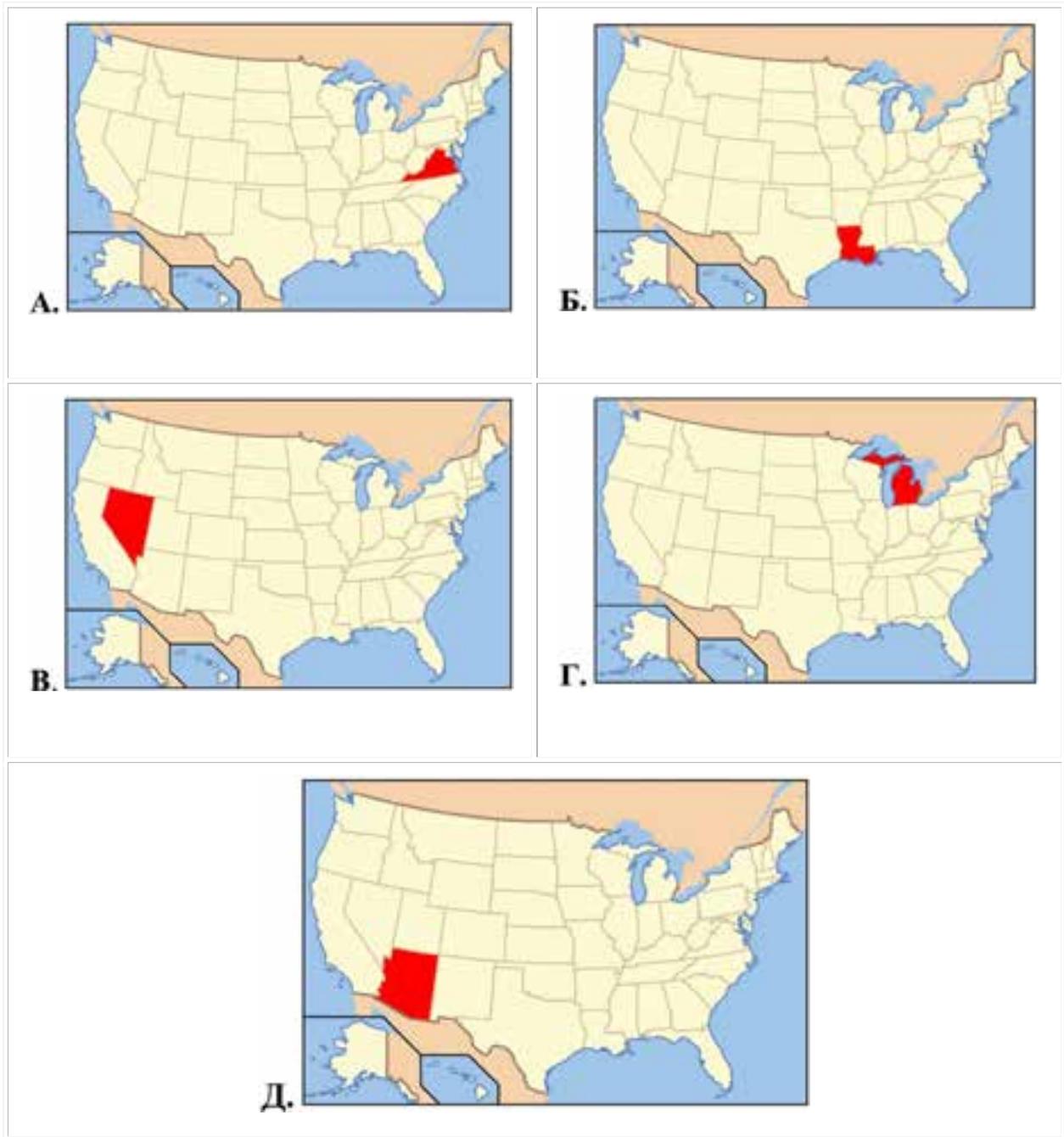
Прочитайте текст и выполните задание.

Соединенные Штаты Америки – одно из старейших федеративных государств мира. Штаты-государства, составляющие основу его федеративной структуры, чрезвычайно разнообразны. Даже названия штатов отражают сложную историю их развития – они пришли из более дюжины различных языков.

Помимо собственно наименования, у каждого штата есть и другие важные символы самостоятельности. Кроме «привычных» флага или гимна, штаты обладают и собственными прозвищами – описательными названиями, отражающими исторические или географические особенности. Прозвища могут утверждаться официально и обычно носят рекламный характер. Некоторые из них приведены в перечне ниже.

Прозвища: *Штат пеликана; Горнопромышленный штат; Штат Большого Каньона; Старый Доминион; Автомобильный штат.*

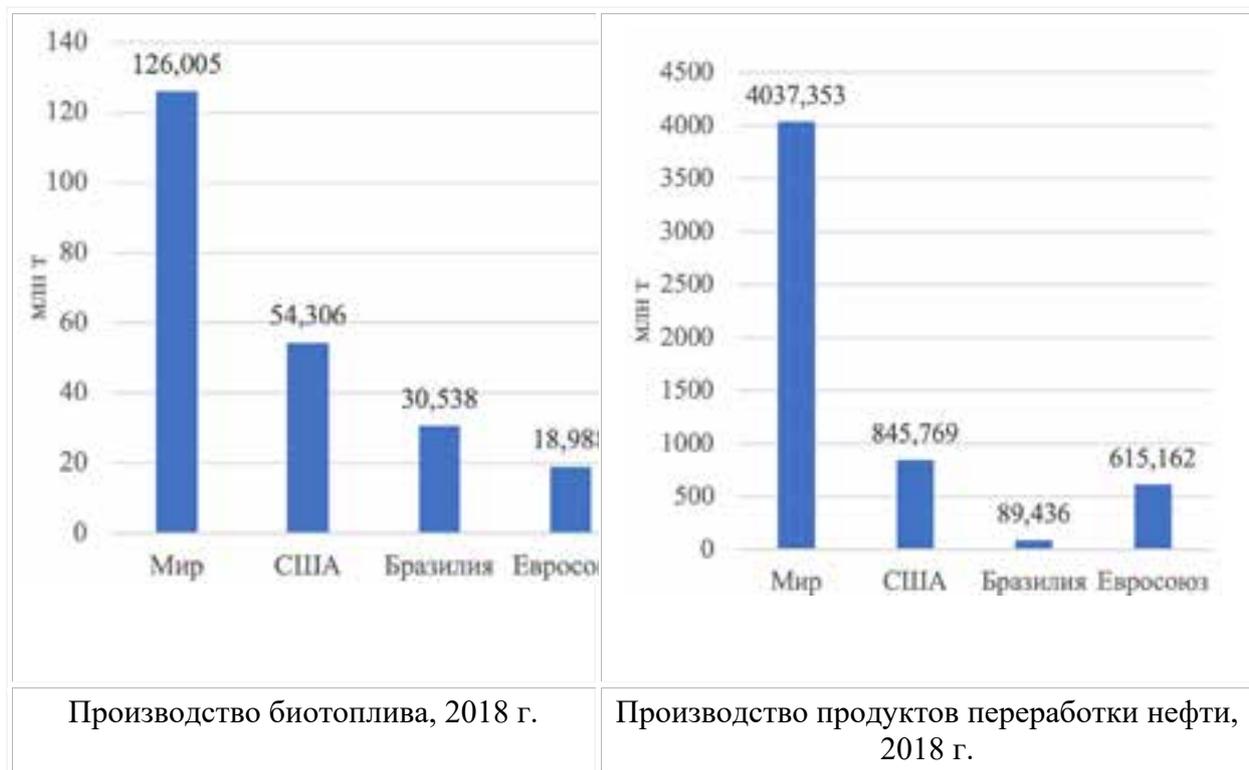
В таблице бланка ответов указаны значения названий некоторых американских штатов, а также язык, из которого были заимствованы эти названия. Заполните таблицу, сопоставив значения названий с официальным прозвищем штатов из приведённого выше перечня, укажите названия этих штатов на русском языке, а также сопоставьте рисунки А-Д и отмеченные на них штаты.



Задание 5 (15 баллов).

Познакомьтесь с диаграммами производства биотоплива и продуктов переработки нефти и ответьте на вопросы задания.

Рис. 1. Производство биотоплива (слева) и продуктов переработки нефти (справа), 2018 г.



1. Сопоставьте территорию и основное сырье, которое используется там для производства биотоплива:

А. США	1. Пшеница
Б. Бразилия	2. Водоросли
В. Евросоюз	3. Кукуруза
	4. Рапс
	5. Сахарная свёкла
	6. Пальмовое масло
	7. Рис
	8. Сахарный тростник
	9. Целлюлоза
	10. Картофель

2. Используя информацию на рисунке 1, определите, где выше индекс уровня специализации на производстве биотоплива, и напишите значение этого индекса (приведите расчет, если исходить из того, что представленные страны производят только биотопливо и продукты переработки нефти):

- А) США
- Б) Бразилия
- В) Евросоюз

3. Используя информацию на рисунке 1, определите, где выше коэффициент локализации производства продуктов переработки нефти, и напишите значение этого коэффициента (приведите расчет, если исходить из того, что представленные страны производят только биотопливо и продукты переработки нефти):

- А) США
- Б) Бразилия
- В) Евросоюз

Задание 6 (20 баллов).

Выполните задания, используя фрагмент топографической карты.



1. Определите название острова **(1.1)**, изображённого на карте, и напишите его статус **(1.2)**.
2. Напишите, в состав какого архипелага входит этот остров **(2.1)**. Назовите часть океана, в акватории которого находится данный архипелаг **(2.2)**.
3. Какое происхождение у этого архипелага и острова **(3)**?
4. Определите с точностью до минут долготу **(4.1)** и широту **(4.2)** вершины горы, ближайшей к административному центру территории. Как она называется **(4.3)**.
5. Определите примерное расстояние (в км) от этой вершины до наивысшей точки территории **(5.1)**. Рассчитайте её относительную высоту **(5.2)**.

6. Определите индекс карты, если известно, что индекс листа, лежащего севернее: SD-38-04 (другой вариант обозначения номенклатуры карты - D-38-04), а для того, чтобы получить карты этого масштаба, лист «миллионной» карты делят на 36 частей **(6)**.
7. По индексу карты определите её масштаб. Напишите численный **(7.1)** и именованный **(7.2)** масштабы.
8. Назовите, какой надводный объект обозначен цифрой 1 **(8)**.
9. Назовите типы растительности, обозначенные условными знаками под цифрами 2 **(9.1)** и 3 **(9.2)**.

2021-2022 учебный год

**Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба», 2 этап,
профиль «География», 9-10 классы**

Часть 1. Прочитайте легенду, повествующую о происхождении вулканов, и выполните следующие 12 заданий.

Название спящего вулкана Истаксиуатль можно перевести как «Белая» или «Спящая женщина», потому что очертания горы напоминают женщину, спящую на спине, и потому, что она часто покрыта снегом. В обиходе гору называют просто Иста. Это высочайшая из гор, окружающих долину Мехико; рядом с нею стоит Попо (Задание 1.1.) – «Дымящаяся гора». Издавна местные жители наделяли эти вулканы человеческими чертами и складывали легенды об их происхождении:

«Истлаксихуатль, прекрасная дочь могущественного правителя ацтеков, была единственной наследницей его трона и славы. Когда ее отец стал стар и слаб, враги пошли на него войной. Правитель призвал на помощь самых храбрых молодых воинов из подвластных ему племен и предложил свой трон и руку дочери тому из них, кто победит врагов. Самым бесстрашным воином был Попо. Иста и Попо уже давно любили друг друга. Так и решили: как вернется победитель с войны, так и сыграют влюбленные свадьбу.

Война была долгой, жестокой, кровопролитной, а когда она уже подходила к концу и Попо вот-вот должен был вернуться с победой и получить награду, его соперники послали весть, будто он убит. Подкупленный гонец сообщил страшную новость молодой невесте. Услышав это, Иста схватилась рукой за сердце, вскрикнула и упала замертво... Но не успели ее похоронить, как вернулся наперекор судьбе, с победой, бесстрашный воин Попо.

Убитый горем Попо не находил себе места и, наконец, решил, что он не расстанется со своей любовью. Из золота, что он принёс в качестве военной добычи, он построил высоченную пирамиду-гробницу, на вершину которой он возложил тело Исты. Затем он построил рядом пирамиду и для себя. Попо взобрался на вершину своей пирамиды, держа в руке горящий факел, и остался там, чтобы охранять вечный сон своей возлюбленной.

Прошли годы, снега засыпали принцессу и отважного воина, они сами превратились в горы, но не погас пылающий факел. Он горит и сегодня, жаркий и неугасимый, как любовь Попо к прекрасной Исте.

А что же стало с тем подлым гонцом, который столь коварно обманул принцессу Исту вестью о гибели Попо? Боги превратили его в вулкан (Задание 1.2.), который издали наблюдает за бездыханной Истой и безутешным Попо...».

Часть 1. Задание 1 (3 балла).

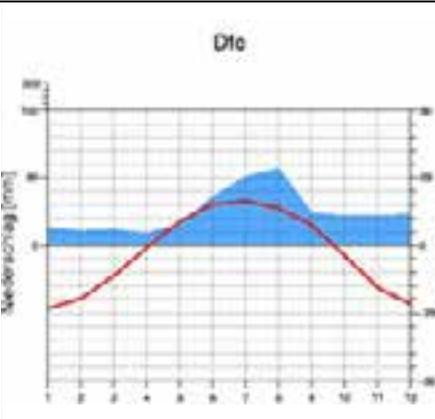
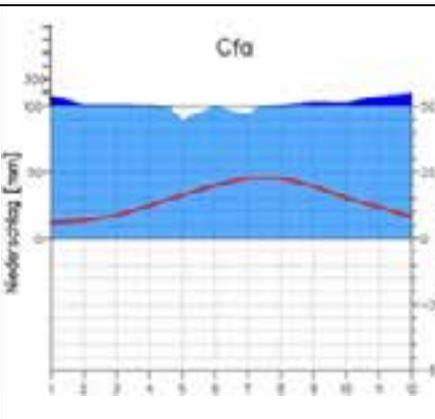
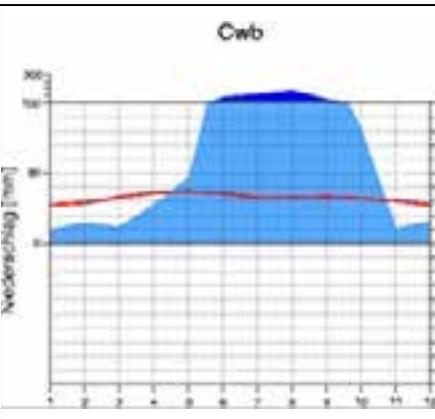
Назовите:

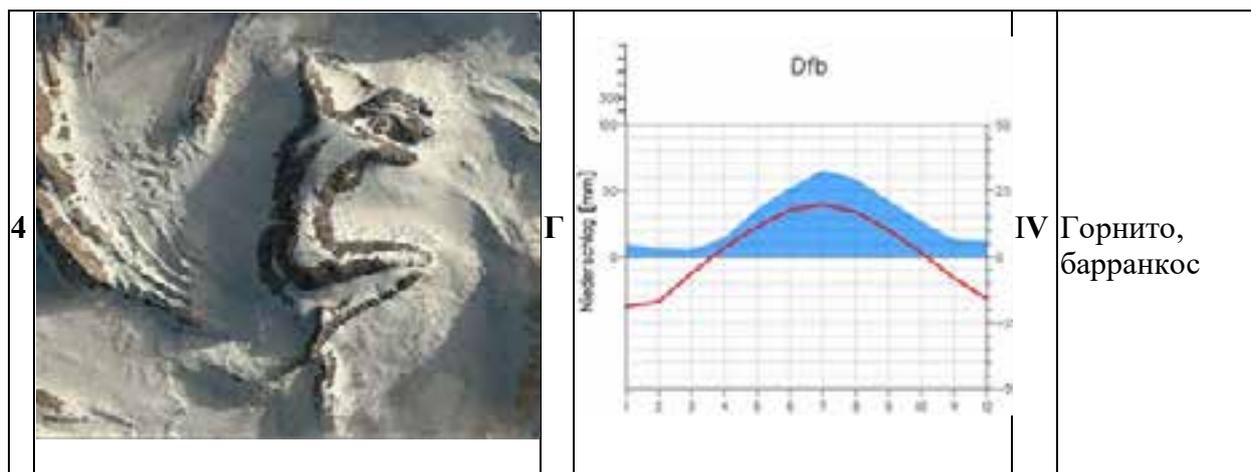
1. Полное название вулкана, которым, по легенде, стал бесстрашный воин-жених прекрасной Исты.
2. Название вулкана, в которого, по легенде, боги превратили подкупленного гонца, если известно, что этот вулкан – самый высокий на своем континенте.
3. Группу процессов рельефообразования, в результате действия которых на самом деле возникли вулканы, которым посвящена легенда.

Часть 1. Задание 2 (2 балла).

Из представленных географических описаний: фотографий (1-4), климатограмм (А-Г), форм рельефа (I-IV), выберите по 1 элементу, наиболее подходящих для описания вулкана Истаксиуатль.

Запишите получившуюся последовательность через запятую с пробелом (например, 1, А, I)

	Фотография	Климатограмма	Формы рельефа
1		<p>А</p> 	<p>I</p> <p>Плакор, куэсты</p>
2		<p>Б</p> 	<p>II</p> <p>Лавинный лоток, трог</p>
3		<p>В</p> 	<p>III</p> <p>Цирк, курумы</p>



Часть 1. Задание 3 (7 баллов).

Заполните пропуски в схеме «Основные виды вулканов», если известно, что:

- вулканы из легенды имеют форму 3.1;
- тип извержения 3.2. характерен для двух известных вулканов, расположенных на архипелаге в более чем 6200 км к западу от описываемых территорий. Название одного из них переводится как «Белая гора», а второго – «Длинная гора».

Запишите названия этих вулканов, а также заполните все остальные пункты.



- 3.1. Форма вулканов: _____
3.2. Тип извержения: _____
3.2.1. Название «Длинной горы»: _____
3.2.2. Название «Белой горы»: _____
3.3 – 3.5 Виды активности вулканов (укажите три прилагательных): _____,
_____, _____.

Часть 1. Задание 4 (1 балл).

«Белая гора» считается географическим объектом-рекордсменом по одной из характеристик рельефа. Укажите, как называется эта характеристика.

Часть 1. Задание 5 (2 балла).

Ежедневно по всей Земле извергаются вулканы. Чаще всего постоянная активность вулканов не наносит значительного ущерба жителям окрестных территорий. Напротив, деятельность вулканов, которые извергаются реже – более опасна. С сентября 2021 года на острове Пальма происходило длительное и мощное извержение вулкана Кумбре-Вьеха.

Укажите название архипелага (1), в состав которого входит остров Пальма, и государство (2), которому он принадлежит.

Часть 2. Задание 1 (15 баллов).

Разгадайте чайнворд и определите, какой стране он посвящен.

Чайнворд – это такой вид кроссворда, в котором слова идут последовательно по цепочке, причем последняя буква слова является первой буквой следующего.

Вопросы:

- 1 – Природный объект. Объект гидросферы, к которому относится географический объект «Перито-Морено».
- 2 – Путешественник. Дал название стране, ожидая обнаружить в ней крупные залежи полезного ископаемого, сын известного мореплавателя.
- 3 – Спортивная должность. В этой должности работал футболист Диего Марадона, известный в том числе как автор гола, который в истории называется «Рука Бога».
- 4 – Река. «Черная река», по направлению течения которой фактически проходит граница полупустынь умеренного и субтропического поясов.
- 5 – Представитель семейства кошачьих. Этот вид отличается окрасом с темными кольцами. Особь этого вида была домашним животным Сальвадора Дали.
- 6 – Танец. Парный эмоциональный танец, возникший на рубеже XIX–XX вв. в результате смешения музыки, движений, особенностей культурных традиций народов разных стран.
- 7 – Отрасль сельского хозяйства. Страна является одним из лидеров по поголовью этих животных, а также занимает высокие позиции в рейтинге стран-производителей шерсти.
- 8 – Вулкан. Самый высокий вулкан планеты, при этом он не является высшей точкой рассматриваемого государства.
- 9 – Часть топонима. Данное прилагательное в названии острова дала вовсе не его вулканическая активность, а обилие костров, горевших на его территории во время его открытия европейцами.

10 – Страна. В песне екатеринбургской рок-группы – это островное государство в одном из спортивных соревнований с крупным счетом проиграло стране, которой посвящён чайнворд.

11 – Гора. Наивысшая точка государства и части света, в которой она расположена.

12 – Острова. Географическое понятие, которым называют группу остров, например, спорные территории между страной и одной из конституционных монархий мира.

13 – Историческая личность. Уроженец рассматриваемого государства, хотя прославился своей революционной политической деятельностью в других испаноязычных странах.

14 – Дерево. Вечнозеленое хвойное дерево, которое произрастает на западных окраинах страны.

15 – Страна, которой посвящен чайнворд.

							4		
		3							
				11		9	-		-
2									
	13							8	
		12							
				10			-		5
1									
		7				6			
	14								

Часть 3. Задание 0 (4 балла).

Определите полуостров, находящийся на территории Российской Федерации, который омывается водами только одного моря, и выполните задания 1-4, посвящённые этому географическому объекту (ниже).

Укажите название полуострова.



Рис. 1

Часть 3. Задание 1 (10 баллов).

Назовите географические объекты, указанные на исторической карте (рис. 1), и запишите их названия, если известно, что А и Б – заливы; В – река; Г – архипелаг; Д – горная система. Выполните дополнительные задания, связанные с объектами А – Д.

Дополнительные задания к объектам А – Д.

А) Назовите крупнейший город в бассейне наиболее полноводной реки, впадающей в залив.

Б) Назовите возвышенность, на которой берет начало наиболее полноводная река, впадающая в залив.

В) Назовите крупнейшее по площади зеркала водохранилище, расположенное в бассейне реки.

Г) Назовите пролив между двумя крупнейшими островами архипелага.

Д) Назовите эпоху складчатости, в которую сформировалась горная система.

Часть 3. Задание 2 (2 балла).

Выберите верные утверждения о полуострове.

- а. Полуостров относится к зоне сплошного распространения многолетней мерзлоты.
- б. На шельфе моря, омывающего полуостров, сосредоточены значительные запасы природного газа.

- с. Субъект РФ, в котором находится полуостров, специализируется в первую очередь на добыче нефти.
- d. С языка ительменов название полуострова можно перевести как «Конец земли».
- е. Субъект РФ, в котором расположен полуостров, граничит с двумя автономными округами.
- f. Административный центр является лишь третьим по численности населения городом в субъекте РФ, в котором расположен полуостров.
- g. На полуострове построен первый в России порт с заводом СПГ.
- h. Полуостров не имеет железнодорожной связи с остальной территорией России.

Часть 3. Задание 3 (2 балла).

Ареал расселения какого народа, проживающего в том числе и на территории полуострова, изображен на картосхеме (рис.2)? Запишите в бланк ответов название народа.

Муниципальные образования, в которых доля народа составляет более 1 %

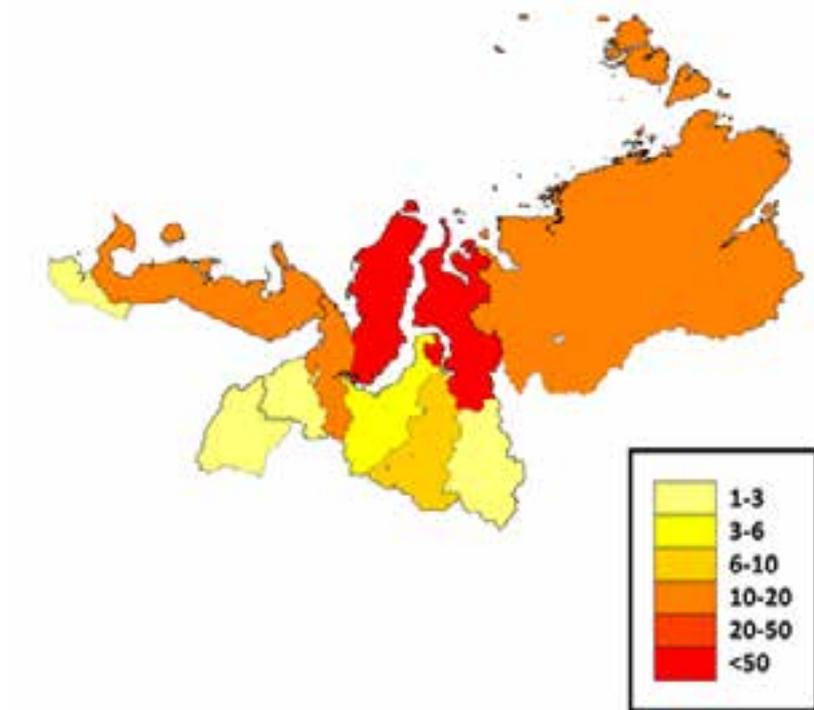


Рис. 2

Часть 3. Задание 4 (2 балла).

Выберите из списка формы рельефа, которые могут наблюдаться на территории полуострова, которая изображена космическом снимке (рис.3)?



Рис. 3

- а. столбы выветривания
- б. поля
- в. булгунняхы
- г. аласы
- д. курумы
- е. полигональные ландшафты
- ж. солифлюкционные террасы
- з. искорь

Часть 4. Задание 1 (6 баллов).

Определите народы А–Е, если известно, что все они относятся к одной языковой семье, некоторые из них являются титульными в нескольких республиках России, а другие имеют свои государственные образования. Контуры территорий субъектов РФ и стран, где проживают эти народы, представлены на рисунках. Напишите названия народов (во множественном числе) под соответствующей буквой.



Часть 4. Задание 2 (9 баллов).

Определите, какие характеристики и географические объекты будут относиться к соответствующим народам и территориям А–Е (по три характеристики для каждого народа). Характеристики необходимо вписать в столбец таблицы.

Территория	Характеристики
А	
Б	
В	
Г	
Д	
Е	

Характеристики:

- Кумертау
- буддизм
- Бухарский эмират
- Памуккале
- Ван
- Мирный

- Верхоянский хребет
- географический центр Азии
- Фергана
- Белая
- Нахичевань
- Апшеронский полуостров
- хромитовые руды
- Салават Юлаев
- шиизм
- асбест
- Ысыях
- устье Амударьи

Часть 5. Задание 1 (6 баллов).

Энергия, затрачиваемая на отопление, резко возрастает в холодное время года. Ее количество зависит от температурного режима в период отопительного сезона. Для оценки затрат топлива и, соответственно, выбросов парниковых газов используется **Индекс потребления топлива (ИП)** в градусо-сутках, представляющий собой сумму температур за весь отопительный период, на которые нужно нагреть воздух в помещении чтобы достичь отметки +18 °С. Глобальные изменения климата приводят к изменению продолжительности отопительного сезона и средней температуры за этот период, что ставит задачу оценки изменений затрат топлива и выбросов в атмосферу. Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) собирает данные долгосрочных прогнозов изменения климата, полученные в разных странах с помощью моделирования атмосферы, океана и других сфер нашей планеты. Используя данные моделирования, можно оценить возможные изменения температурного режима в будущем и подготовить стратегические решения по оптимизации энергетического комплекса.

Определите два города России.

Город 1. Город дал название региону, в котором он является административным центром. Расположен в 120 км от одного моря и в 140 км от другого, одно из этих морей является самым тёплым среди российских морей. В субъекте РФ, в котором находится этот город, развито сельское хозяйство и ощущается нехватка воды.

Город 2. Город расположен за полярным кругом. Часть населения города представлено титульным народом субъекта РФ, в котором он расположен. Город страдает от сильного оттока населения с 90-х годов, по причине экономического упадка градообразующего предприятия, которое специализируется на добыче горючих ископаемых.

Часть 5. Задание 2 (5 баллов).

По данным наблюдений продолжительность отопительного периода в **городе 1** в настоящее время составляет 145 дней. Средняя температура воздуха в этот период составляет +2 °С. То есть, потребление топлива характеризуется $ИП = 16 \cdot 145 = 2320$ градусо-дней. Глобальное изменение климата по данным МГЭИК приведет к 2080 году в данном регионе к уменьшению отопительного периода примерно на 20% и увеличению средней температуры за этот период на 2 °С.

В *городе 2*, по данным наблюдений продолжительность отопительного периода в настоящее время составляет 300 дней. Средняя температура в этот период составляет -10°C . То есть, потребление топлива характеризуется ИП = $28 \cdot 300 = 8400$ градусо-дней. Глобальное изменение климата по данным МГЭИК приведет к 2080 году в данном регионе к уменьшению отопительного периода примерно на 20% и увеличению средней температуры за этот период на 6°C .

Сколько дней будет составлять продолжительность отопительного сезона к 2080 году в городах 1 и 2? *Как изменятся* в многолетнем плане затраты на топливо, выраженные через индекс топлива. *Укажите изменение ИП* в % от современного значения для каждого города. В каком городе будет достигнута большая экономия топлива (*напишите название города*)?

Используя данные из текста, вам необходимо заполнить таблицу ниже. Данные (округленные до целых) для таблицы нужно вписать без единиц измерения.

Параметры отопительного сезона в 2080 г (*округлить до целых*)

Период	Продолжительность отопительного сезона в 2080 г, дней	Индекс потребления топлива в 2080 г, градусо-дней	Изменение ИП в %
<i>Город 1</i>			
<i>Город 2</i>			

Часть 5. Задание 3 (4 балла).

Какие методы снижения выбросов парниковых газов вы можете предложить для снижения глобального потепления климата (*приведите 2 примера*)?

Часть 6. Изучите карту ниже и выполните задания

Часть 6. Задание 1.1 (1 балл).

Определите масштаб топографической карты, если известно, что сторона квадрата километровой сетки составляет 2 см. Приведите расчет.

Часть 6. Задание 1.2 (1 балл).

Определите масштаб топографической карты, если известно, что сторона квадрата километровой сетки составляет 2 см. Запишите численный масштаб.

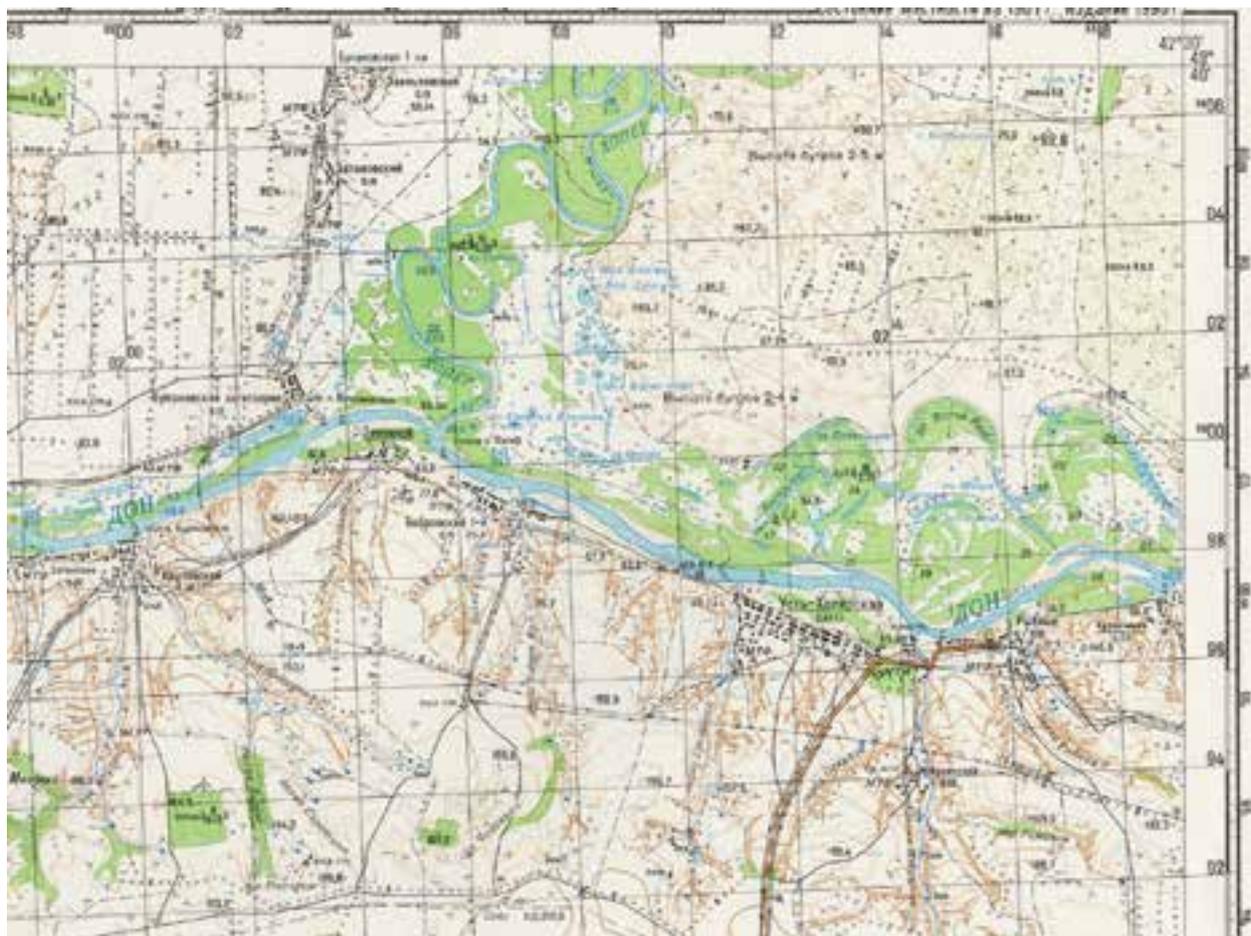
Часть 6. Задание 2 (3 балла).

Укажите значения северной широты и восточной долготы для самой высокой точки на представленном фрагменте местности на топографической карте.

Напишите *букву* варианта ответа и *числом* значение абсолютной высоты данной точки в соответствии с таблицей ниже.

А) $49^{\circ}33'40''$; Б) $42^{\circ}33'40''$; В) $49^{\circ}19'40''$; Г) $42^{\circ}19'40''$; Д) $42^{\circ}40'19''$; Е) $49^{\circ}40'33''$.

Северная широта	
Восточная долгота	
Абсолютная высота (м)	



Часть 6. Задание 3 (2 балла).

Определите сечение рельефа (между сплошными изогипсами) на топографической карте. Рассчитайте максимальный перепад высот на данном участке местности, учитывая подписанные абсолютные высоты на топографической карте (напишите ответы **числом без единиц измерения** в соответствии с таблицей).

Высота сечения рельефа (м)	
Максимальный перепад высот (м)	

Часть 6. Задание 4 (5 баллов).

Какая река является главной и какое её генеральное направление течения на данном участке местности? Дайте характеристику главной реки для створа, который расположен ближе всего к устью её крупного левого притока, обозначенного на данном фрагменте топографической карты. Укажите: характер грунта дна, глубину (в метрах), ширину (в метрах).

Напишите ответы **числом без единиц измерения** в соответствии с таблицей.

Название главной реки	
Направление течения	
Характер грунта дна	
Глубина (м)	
Ширина (м)	

Часть 6. Задание 5 (1 балл).

Каково происхождение озёрных котловин, расположенных на левобережье главной реки на данном участке местности?

Часть 6. Задание 6.1 (2 балла).

Какие две формы рельефа характерны для правобережья главной реки?

Часть 6. Задание 6.2 (1 балл).

В чем заключается принципиальная разница между этими формами рельефа?

Часть 6. Задание 7.1 (1 балл).

Какая горная порода слагает бугры, распространённые в северо-восточном участке территории?

Часть 6. Задание 7.2 (1 балл).

Какая древесная порода является преобладающей на северо-восточном участке территории?

Часть 6. Задание 8 (2 балла).

В каком субъекте РФ расположена местность, изображённая на топографической карте?

2021-2022 учебный год

**Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба», 2 этап,
профиль «География», 11 класс**

Информация. Часть 1

Прочитайте фрагмент заметки «Золотое кольцо России», опубликованной на интернет-портале «Пути-Дороги», и выполните задания, посвященные этому туристскому маршруту.

«“Золотому кольцу” - популярному и самому известному сегодня бренду российского туризма без малого 50 лет. Маршрут с таким названием был создан в конце 1960-х гг., прежде всего, для приезжающих в СССР иностранных туристов. <...> Само название “Золотое кольцо” впервые было употреблено художником и искусствоведом Юрием Александровичем Бычковым. <...> Собирая материал для будущих текстов, Ю.А. Бычков самостоятельно разработал кольцевой маршрут из Москвы через Владимир в Суздаль, а далее на Иваново и Кострому с возвращением в столицу по Ярославской дороге. Все расстояния между городами можно было легко проехать за день на машине, что было очень удобно. А выбранные им города исторически входили в состав Владимирской Руси. <...>

Сегодня не существует единого мнения по поводу того, какие именно города и менее крупные населенные пункты должны быть включены в знаменитое “Золотое кольцо”. <...> По мнению большого числа историков, краеведов и искусствоведов, «Золотое кольцо» состоит из восьми городов: Сергиева Посада, Переславля-Залесского, Ростова Великого, Ярославля, Костромы, Иваново, Суздаля и Владимира. <...> К “дискуссионным” городам чаще всего относят Александров, Плес, Юрьев-Польский и Тутаев. <...> Поэтому часто, подразумевая более мелкие населенные пункты, говорят о Большом и Малом Золотом кольце. <...>

Чем примечательны поездки по “Золотому кольцу”? Во-первых, по старинным городам можно путешествовать круглогодично. <...> Во-вторых, “Золотое кольцо” очень насыщено историческими достопримечательностями. <...> В-третьих, знакомство с “Золотым кольцом” – это познание основ русского искусства и возможность понять его корни. <...> Здесь также можно увидеть самые лучшие образцы российского декоративно-прикладного творчества – великолепные работы ткачей, вышивальщиц, резчиков по дереву и кости, художников по эмали, а также мастеров лаковой миниатюры и ювелирного искусства. <...>

Маршруты по “Золотому кольцу” прокладывают по-разному. <...> Большинство путешественников предпочитают это делать самостоятельно. Но многие пользуются услугами туристических фирм, которые предлагают туры на полный круг, выборочные путешествия по “полукольцу” и отдельные экскурсии в города “Золотого Кольца”. <...> Большинство городов “Золотого кольца” имеет развитую туристскую инфраструктуру. В каждом из них можно поселиться в отеле, декорированном в старорусском стиле, с рестораном, подающим блюда русской национальной кухни.»

Часть 1. Задание 1 (1 балл)

Используя информацию из текста, укажите все верные характеристики туристского маршрута «Золотое кольцо России».

Используя информацию из текста, укажите все верные характеристики туристского маршрута «Золотое кольцо России».

- a. Все города маршрута исторически входили в Киевскую Русь.
- b. Самым посещаемым городом маршрута является Ярославль.
- c. Главный акцент маршрута сделан на экологическом туризме.
- d. Все города маршрута имеют развитую туристскую инфраструктуру.
- e. Маршрут проходит по территории только одного федерального округа
- f. Маршрут был ориентирован на иностранных туристов.
- g. К Малому Золотому Кольцу относят пять городов.

Часть 1. Задание 2 (2 балла)

Укажите (в алфавитном порядке через запятую и пробел после нее), какие три города, упомянутые в тексте, являются крупнейшими по численности населения.

Часть 1. Задание 3 (2 балла)

В тексте упоминается возможность увидеть образцы декоративно-прикладного творчества. Какие из указанных русских народных промыслов не имеют отношения к субъектам РФ, в пределах которых пролегает «Золотое кольцо России»?

- a. Каслинское литье
- b. Волховская роспись
- c. Гжель
- d. Павловопосадские набивные платки
- e. Палехская миниатюра
- f. Холуйская миниатюра
- g. Елецкое кружево
- h. Жостовская роспись
- i. Крестецкая строчка
- j. Богородская резьба

Часть 1. Задание 4.1 (2 балла)

Установите соответствие между туристскими объектами и областями России, в которых они находятся.

Исторический центр города Гороховец

Ансамбль Свято-Троицкого Ипатьевского монастыря

Историко-культурный комплекс «Вятское»

Исторический центр города Юрьевец

Архитектурный ансамбль Троице-Сергиевой лавры

Варианты ответов:

Ивановская; Московская; Костромская; Ярославская; Владимирская

Часть 1. Задание 4.2 (1 балл)

Из числа представленных туристских объектов (таблица 1) только один был включен в список объектов Всемирного наследия ЮНЕСКО. Укажите этот объект.

- a. Исторический центр города Гороховец
- b. Ансамбль Свято-Троицкого Ипатьевского монастыря
- c. Архитектурный ансамбль Троице-Сергиевой лавры
- d. Историко-культурный комплекс «Вятское»
- e. Исторический центр города Юрьевец

Часть 1. Задание 4.3а (1 балл)

В каком городе "Золотого кольца" находится представленный на фотографии объект Всемирного наследия ЮНЕСКО?



Часть 1. Задание 4.3б (1 балл)

В каком городе "Золотого кольца" находится представленный на фотографии объект Всемирного наследия ЮНЕСКО?



Информация. Часть 1. Задание 5.

Используя данные таблицы 2, выполните задания 5.1 – 5.3 (ниже).

Таблица 2

Показатели развития туризма в субъектах Золотого кольца России, 2019 г.

Субъект	Число турфирм	Численность туристов, отправленных в туры по РФ, тыс. чел.	Число коллективных средств размещения	Численность размещенных лиц, тыс. чел.
Владимирская область	157	32,2	246	704
Ивановская область	121	14,8	111	263
Костромская область	81	13,2	108	301
Московская область	548	117,9	713	5025
Ярославская область	157	67,1	228	861
ЦФО	2703	1883,0	4921	27093

Часть 1. Задание 5.1 (1 балл)

Из числа представленных субъектов РФ только один отличается тем, что на него приходится не менее 5 % от общего значения по ЦФО по каждому из показателей. Укажите этот субъект.

Часть 1. Задание 5.2 (2 балла)

Какое количество человек в среднем принимает одно средство размещения в субъектах "Золотого кольца" России за год? Ответьте с точностью до тысячи человек (впишите только число).

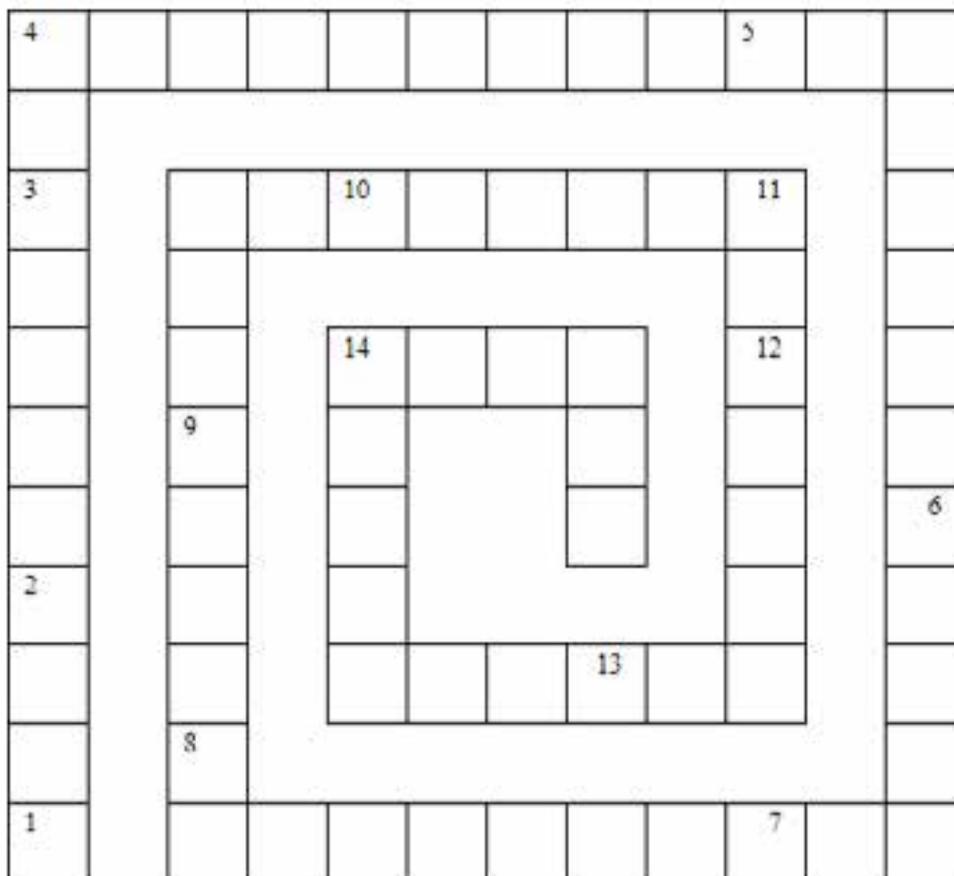
Часть 1. Задание 5.3 (1 балл)

Какая доля жителей Московской области приобрела турпутевки в 2019 году? Ответьте с точностью до целого процента.

Информация. Часть. 2

Разгадайте чайнворд и определите, какой стране он посвящен.

Чайнворд – это такой вид кроссворда, в котором слова идут последовательно по цепочке, причем последняя буква слова является первой буквой следующего.



Часть 2. Задание 1 (1 балл)

1 – Продукция металлургии. По производству этого рафинированного металла страна занимает одно из ведущих мест в мире.

Часть 2. Задание 2 (1 балл)

2 – Химическая продукция. По экспорту этого важного синтетического полимера страна занимает первое место в мире.

Часть 2. Задание 3 (1 балл)

3 – Марка автомобиля. Это одна из крупнейших автомобилестроительных компаний в стране и в мире.

Часть 2. Задание 4 (1 балл)

4 – Атмосферный вихрь. Зимнее выхолаживающее воздействие этого вихря стало причиной того, что только юг страны относится к субтропическому климатическому поясу.

Часть 2. Задание 5 (1 балл)

5 – Сооружение. По числу зданий этого типа столица страны нередко называется первой среди всех мировых столиц.

Часть 2. Задание 6 (1 балл)

6 – Представитель религии. Эта традиционная для страны конфессия сейчас является только второй по распространенности.

Часть 2. Задание 7 (1 балл)

7 – Вид спорта. Это боевое искусство окончательно оформилось в XX веке и стало одним из национальных символов страны.

Часть 2. Задание 8 (1 балл)

8 – Элемент кухни. Эта еда подается ко многим блюдам или является их частью и составляет основу рациона в стране.

Часть 2. Задание 9 (1 балл)

9 – Лингвистическая характеристика. Это название подходит для официального языка страны из-за того, что он не входит ни в одну языковую семью.

Часть 2. Задание 10 (1 балл)

10 – Продукция машиностроения. Производство этих судов позволяет стране удерживать лидирующие позиции в мировом судостроении.

Часть 2. Задание 11 (1 балл)

11 – Сельскохозяйственная культура. Этот злак является самым распространенным на территории страны и активно потребляется в пищу.

Часть 2. Задание 12 (1 балл)

12 – Компания. Этот бренд является крупнейшим в стране и одним из наиболее узнаваемых за рубежом благодаря специализации на смартфонах.

Часть 2. Задание 13 (1 балл)

13 – Растение. Этот цветок является национальным символом страны и встречается на ее гербе и других официальных эмблемах.

Часть 2. Задание 14 (1 балл)

14 – Животное. Эти млекопитающие традиционно держались в стране для получения мяса и сейчас все еще потребляются в пищу частью населения.

Часть 2. Задание 15 (1 балл)

Страна, которой посвящен чайнворд:

Часть 3 Задание 0 (2 балла)

Определите полуостров _____ находящийся на территории Российской Федерации, который омывается водами двух морей, и выполните задания 1-4 (ниже), посвящённые этому географическому объекту.

Часть 3. Задание 1 (2 балла)

Заполните пропуски, выбрав варианты ответов из предложенного списка, и запишите числа ответов, соответствующие каждой букве пропуска.

«В рельефе полуострова на севере выделяются - узкая полоса низменной равнины вдоль побережья, в центре – горная система высотой до 1125 м, на юге – _____. Полуостров расположен в _____ и в субарктических климатических поясах, что определяет суровость местного климата, характеризующегося холодной продолжительной (до 10 месяцев) зимой и коротким прохладным летом. Ландшафты арктической пустыни сменяются в центральной части ландшафтами моховой (осоковой, пушицевой) и кустарничковой тундры; на юге – лесотундра из ольховника и березняка с огромными площадями ягеля. Много _____ озёр и болот»

Варианты ответов:

Северо-Сибирская низменность / арктический / термокарстовые / умеренный / Среднесибирское плоскогорье / тектонические / ледниковые / Яно-Индибирская низменность / муссонный

Часть 3. Задание 2 (2 балла)

Выберите верные утверждения о полуострове

- a. В субъекте РФ, в котором находится полуостров, произрастает самый северный массив леса на Земле.
- b. Ни один расположенный на полуострове морской порт не находится в составе Северного морского пути.
- c. На полуострове находится единственный в РФ морской (преимущественной морской) заповедник.
- d. Полуостров является самым большим по площади в нашей стране.
- e. Одна из крайних точек полуострова и всего материка, как и известный пароход ледокольного класса, раздавленный льдами, названы в честь российского полярного исследователя и мореплавателя.
- f. На полуострове нет ни одного города.
- g. На полуострове расположена самая северная АЭС в России.
- h. Один из населенных пунктов, расположенных на полуострове, является самым северным поселением на земном шаре.

Часть 3. Задание 3 (2 балла)

Ареал расселения какого народа, проживающего в том числе и на территории полуострова, изображен на картосхеме (рис.1)? Запишите в бланк ответов название народа.



(рис.1)

Часть 3. Задание 4 (12 баллов)

Определите географические объекты, указанные на исторической карте (рис.2) полуострова, составленной немецким картографом и географом А. Петерманом, и запишите их названия, если известно, что

А – горная система;

Б – озеро;

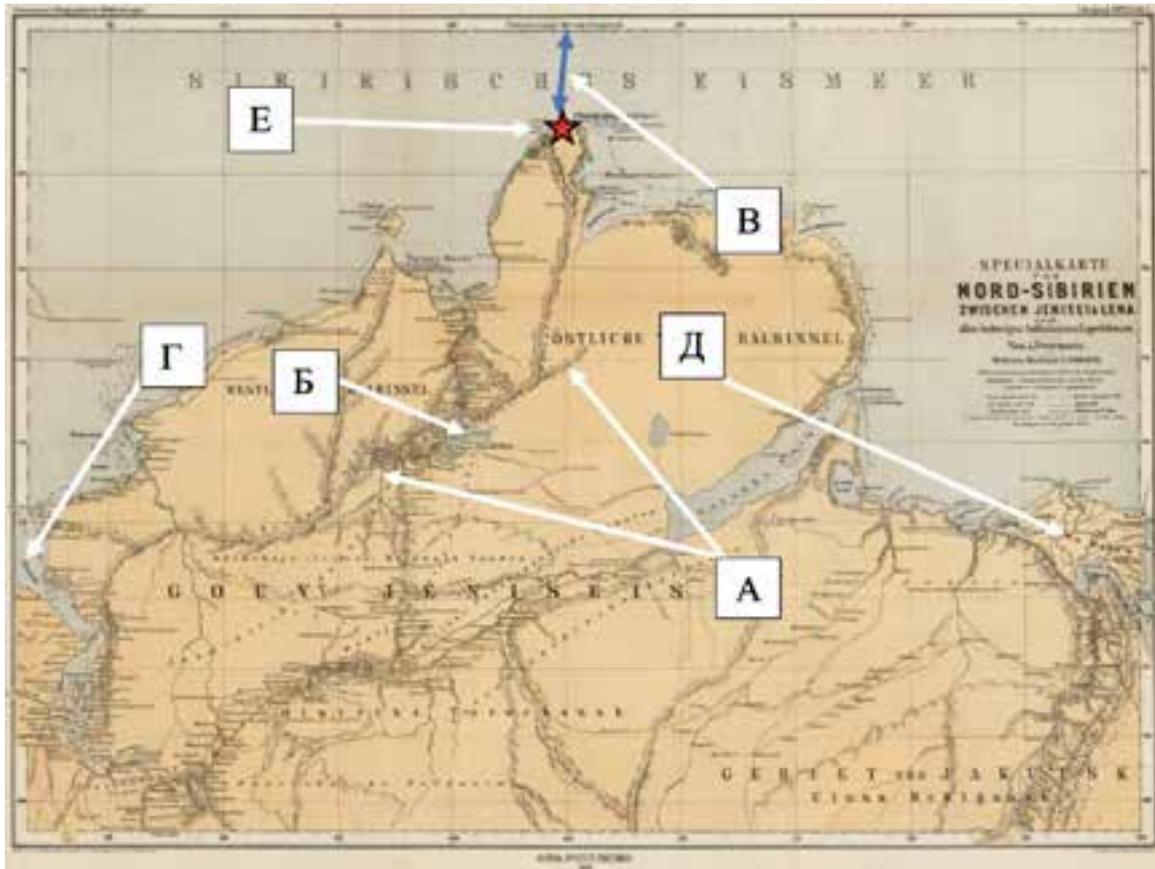
В – пролив;

Г – залив;

Д – река;

Е - мыс.

Выполните дополнительные задания, связанные с объектами А -Е.



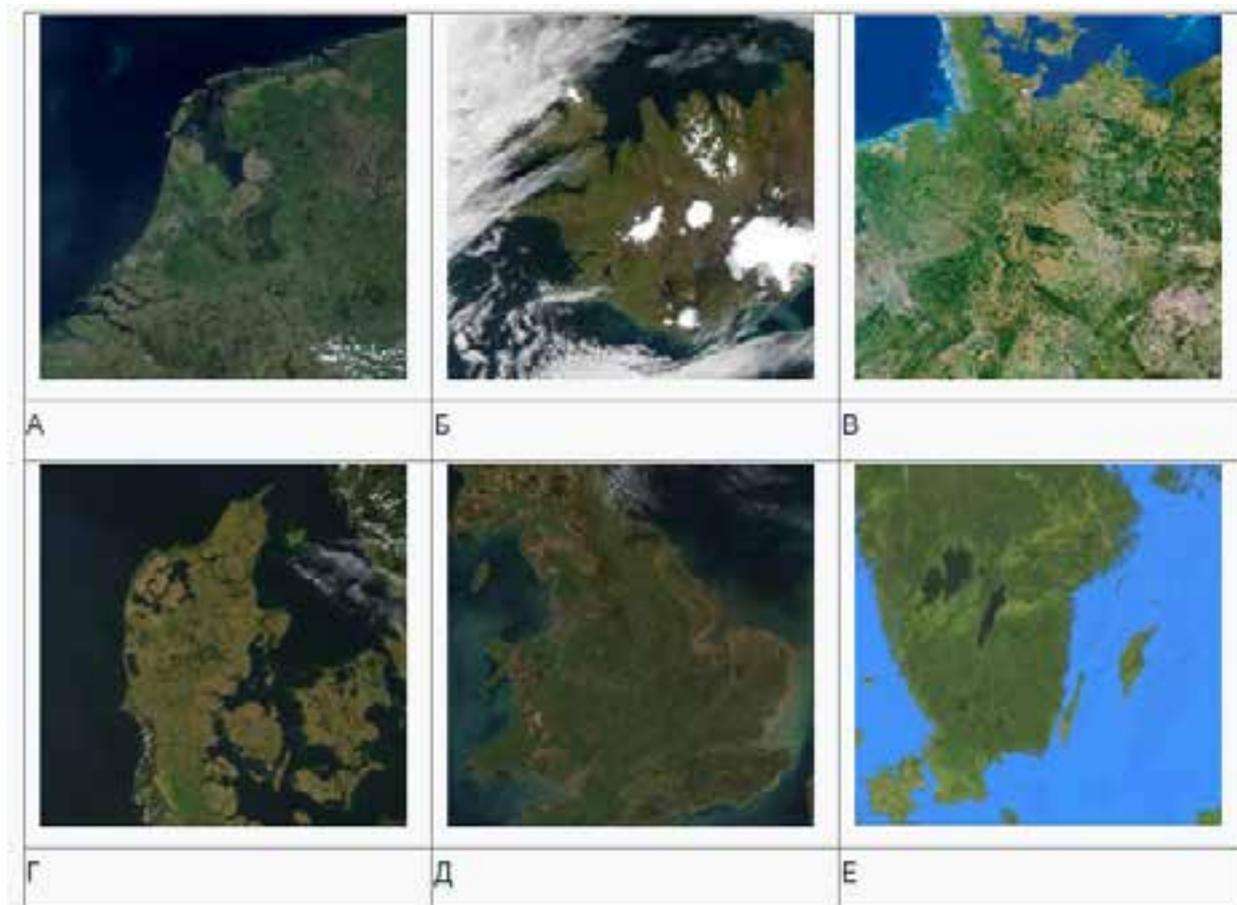
(рис.2)

Дополнительные задания к объектам А - Е

- А) Назовите эпоху складчатости, которой соответствует горная система.
- Б) Укажите название реки, которая вытекает из озера.
- В) Укажите название острова, отделяемого от континента проливом.
- Г) Укажите тип устья реки, давшей название заливу.
- Д) Назовите заповедник, который расположен в пределах дельты реки.
- Е) Укажите название экспедиции, во время которой был открыт мыс.

Часть 4. Задание 1 (6 баллов)

Определите народы А–Е, если известно, что все они относятся к одной языковой группе и имеют свои государственные образования. Спутниковые снимки стран, где проживают эти народы, представлены на рисунках. Напишите названия народов (во множественном числе) под соответствующей буквой.



Часть 4. Задание 2 (9 баллов)

Определите, какие характеристики и географические объекты будут относиться к соответствующим народам и территориям А–Е (по три характеристики для каждого народа). Характеристики необходимо перетащить в столбец таблицы.

Территория	Номера характеристик
А	
Б	
В	
Г	
Д	

Е	
----------	--

Характеристики:

- Венерн
- LEGO
- Тундра
- Мартин Лютер
- Утрехт
- Устье Рейна
- Вулканизм
- Нобелевская премия
- Пеннины
- Зеландия
- Йоукюльх
- Винсент Ван Гог
- Федерализм
- Любек
- Пудинг
- Ольборг
- Мальмё
- Кентерберийский собор

Информация. Часть 5

Наблюдаемое потепление приводит к изменениям компонентов гидрологического цикла, прежде всего – его главных составляющих – атмосферных осадков и испарения. Известно, что в многолетнем плане речной сток – это, именно, разница осадков и испарения. Таким образом, глобальные изменения климата приводят к изменению речного стока, что ставит новые задачи перед водохозяйственным комплексом. Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) собирает данные долгосрочных прогнозов изменения климата, полученные в разных странах с помощью моделирования атмосферы, океана и других сфер нашей планеты. Используя данные моделирования, можно оценить возможные изменения речного стока в будущем и подготовить стратегические решения по развитию водного хозяйства, так как даже небольшие изменения климата могут привести к серьезным негативным последствиям для водного хозяйства.

Определите регионы страны, испытывающие нехватку воды по их кратким описаниям (ответы впишите в поля для ответов ниже, один регион – одно поле, в соответствии с указанным вопросом).

Субъект РФ 1. Здесь находится крупный курортный кластер, возникший на ресурсах минеральных вод, субъект РФ специализируется на выращивании зерна и подсолнечника.

Субъект РФ 2. Административный центр является городом-миллионером и центром Федерального округа, в регионе протекает крупная река, впадающая в самое мелкое море на планете, омывающее берега данного субъекта РФ

Часть 5. Задание 1.1 (3 балла)

Укажите Субъект РФ 1

Часть 5. Задание 1.2 (3 балла)

Укажите Субъект РФ 2

Информация. Часть 5. Задание 2

По данным наблюдений осадки в *субъекте РФ 1* в среднем составляют 670 мм, испарение 584 мм. Глобальное изменение климата по данным МГЭИК приведет к 2080 году в данном регионе к уменьшению годовой суммы осадков примерно на 3% и увеличению испарения на 8%. В *субъекте РФ 2* по данным наблюдений осадки в среднем составляют 570 мм, испарение 543 мм. В связи с изменением климата по данным МГЭИК годовой сумма осадков уменьшится примерно на 2%, а испарение увеличится на 1,5%.

Как изменятся в многолетнем плане запасы водных ресурсов (речной сток) для данных территорий? **Рассчитайте и заполните таблицу в бланке ответов**, указав изменения речного стока в процентах (*только целые %*). Напишите название субъекта РФ, в котором прогнозируются большие изменения речного стока (*ниже*).

Используя данные из текста, вам необходимо заполнить таблицу ниже. Данные (округленные до целых) для таблицы нужно вписать в поля ответов после таблицы ниже (без единиц измерения).

Параметры гидрологического цикла в 2080 г (*округлить до целых*)

	Испарение, мм	Осадки, мм	Речной сток, мм	Изменение речного стока к 2080 г относительно современного, %
<i>Субъект РФ 1</i>				
<i>Субъект РФ 2</i>				

Часть 5. Задание 2.1 (0,5 балла)

Укажите Испарение, мм для Субъекта РФ 1

Часть 5. Задание 2.2 (0,5 балла)

Укажите Осадки, мм для Субъекта РФ 1

Часть 5. Задание 2.3 (0,5 балла)

Укажите Речной сток, мм для Субъекта РФ 1

Часть 5. Задание 2.4 (0,5 балла)

Укажите Изменение речного стока к 2080 г относительно современного, % для Субъекта РФ 1

Часть 5. Задание 2.5 (0,5 балла)

Укажите Испарение, мм для Субъекта РФ 2

Часть 5. Задание 2.6 (0,5 балла)

Укажите Осадки, мм для Субъекта РФ 2

Часть 5. Задание 2.7 (0,5 балла)

Укажите Речной сток, мм для Субъекта РФ 2

Часть 5. Задание 2.8 (0,5 балла)

Укажите Изменение речного стока к 2080 г относительно современного, % для Субъекта РФ 2

Часть 5. Задание 2.9 (1 балл)

Название субъекта РФ:

Часть 5. Задание 3 (4 балла)

Какие методы борьбы с дефицитом воды в регионе вы можете предложить? **Приведите 2 примера** мероприятий, которые можно применить для экономии воды в промышленности, сельском хозяйстве, коммунальном использовании воды.

Информация. Часть 6 (20 баллов)



Часть 6. Задание 1.1 (1 балл)

Определите масштаб топографической карты, если известно, что сторона квадрата километровой сетки составляет 2 см. Приведите расчет

Часть 6. Задание 1.2 (1 балл)

Определите масштаб топографической карты, если известно, что сторона квадрата километровой сетки составляет 2 см. Запишите численный масштаб в поле ответа (без пробелов).

Часть 6. Задание 2 (1 балл)

Укажите значения северной широты и восточной долготы для самой высокой точки самого большого по площади острова, представленном на фрагменте топографической карты. Напишите *букву* варианта ответа и *числом* значение абсолютной высоты данной точки в соответствии с таблицей ниже (*в поля для вопросов ниже*).

А) 28°47'40''; Б) 60°29'48''; В) 60°29'40''; Г) 27°42'40''; Д) 27°48'07''; Е) 60°29'08''.

Северная широта	
Восточная долгота	
Абсолютная высота (м)	

Часть 6. Задание 2.1 (1 балл)

Северная широта (буква)

Часть 6. Задание 2.2 (1 балл)

Восточная долгота (буква)

Часть 6. Задание 2.3 (1 балл)

Абсолютная высота (м) (число)

Часть 6. Задание 3 (1 балл)

Рассчитайте максимальный перепад высот на данном участке местности, учитывая подписанные абсолютные высоты на топографической карте.

Часть 6. Задание 4.1 (1 балл)

Как называется залив, омывающий территорию, представленную на фрагменте топографической карты?

Часть 6. Задание 4.2 (1 балл)

Как называется тип его берегов на данном участке местности?

Часть 6. Задание 5.1 (1 балл)

Каково происхождение озёрных котловин и форм рельефа, представленных на данном фрагменте топографической карты?

Часть 6. Задание 5.2 (3 балла)

Приведите примеры трёх положительных форм рельефа данного происхождения [озёрных котловин и форм рельефа, см. предыдущий вопрос], имеющих наиболее широкое распространение на представленном фрагменте топографической карты.

(перечислите три формы через запятую и пробел)

Часть 6. Задание 6 (1 балл)

Какое горючее полезное ископаемое распространено на данном участке местности?

Часть 6. Задание 7.1 (1 балл)

Каково примерное расстояние (в км) по шоссе от крупнейшего населенного пункта, носящего название полезного ископаемого, до ближайшего города РФ с численностью населения более 50 тыс. чел?

Часть 6. Задание 7.2 (1 балл)

Как называется этот город?

Часть 6. Задание 7.3 (2 балла)

В каком субъекте РФ он расположен?

Информация. Часть 6. Задание 8

Дайте характеристику этого шоссе, указав: ширину всей дороги, ширину покрытой части и материал покрытия.

В соответствии с таблицей ниже дайте ответы в поле в отдельных вопросах ниже.

Ширина всей дороги (м)	
Ширина покрытой части (м)	
Материал покрытия	

Часть 6. Задание 8.1 (1 балл)

Ширина всей дороги (м). Впишите только число.

Часть 6. Задание 8.2 (1 балл)

Ширина покрытой части (м). Впишите только число.

Часть 6. Задание 8.3 (1 балл)

Материал покрытия

2022-2023 учебный год

**Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба», 2 этап,
профиль «География», 9 класс**

Часть 1. (15 баллов)

Прочитайте заметку «Плавучие атомные электростанции», опубликованную на интернет-портале «Концерн Росэнергоатом», и выполните задания, посвященные этому типу электростанций.

«Плавучий энергетический блок (ПЭБ) “Академик Ломоносов” проекта 20870 – это головной проект серии мобильных транспортабельных энергоблоков малой мощности. Он предназначен для работы в составе плавучей атомной теплоэлектростанции (ПАТЭС) и представляет собой новый класс энергоисточников на базе российских технологий атомного судостроения. Строительство плавучего энергоблока (ПЭБ) велось с 2008 г. на ООО “Балтийский завод – Судостроение” (Санкт-Петербург) по заказу эксплуатирующего все АЭС России АО “Концерн Росэнергоатом”.

Плавучий энергоблок, предлагаемый для энергообеспечения крупных промышленных предприятий, портовых городов, комплексов по добыче и переработке нефти и газа на шельфе морей, создается на основе серийной энергетической установки атомных ледоколов, проверенной в течение их длительной эксплуатации в Арктике. Энергоустановка ПАТЭС имеет максимальную электрическую мощность 80 мегаватт и включает две реакторные установки КЛТ-40С.

Проект предназначен для надежного круглогодичного тепло- и электроснабжения удаленных районов Арктики и Дальнего Востока. ПАТЭС решает две задачи: первая – это замещение выбывающих мощностей Билибинской АЭС, действующей с 1974 г., и Чаунской ТЭЦ, которой уже более 70 лет. Сроки остановки 1-го блока БлБАЭС в 2019 г. будут синхронизированы с вводом ПАТЭС в Певеке; вторая – это обеспечение энергией основных горнодобывающих компаний, расположенных на западной Чукотке в Чаун-Билибинском энергоузле: это большой рудно-металлический кластер, в том числе золотодобывающие компании и проекты, связанные с развитием Баймской рудной зоны.

Это уникальный проект, не имеющий аналогов в мире, и Россия выступает пионером в его реализации. Поэтому к объекту сейчас приковано особое внимание. Сегодня к ПАТЭС проявляют интерес множество стран, в их числе: страны Юго-Восточной Азии (Малайзия, Индонезия, Таиланд) и Ближнего Востока (Саудовская Аравия, Объединенные Арабские Эмираты, Катар).

Напомним, спуск ПЭБ на воду состоялся 30 июня 2010 г. В 2011 г. была полностью завершена поставка на завод-строитель энергетического оборудования ПЭБ. 7 декабря 2012 г. АО “Концерн Росэнергоатом” и ООО “Балтийский завод – Судостроение” подписали договор на достройку головного атомного плавучего энергоблока “Академик Ломоносов”. А 28 апреля 2018 г. ПЭБ успешно покинул территорию Балтийского завода, а далее успешно пришвартовался в Мурманске, на площадке ФГУП “Атомфлот”. 19 декабря 2019 г. ПАТЭС выдала первую электроэнергию в изолированную сеть Чаун-Билибинского узла Чукотского АО. 22 мая 2020 г. плавучая атомная теплоэлектростанция была сдана в эксплуатацию.»

Часть 1. Задание 1.

Используя информацию из текста, укажите верные характеристики плавучей атомной электростанции «Академик Ломоносов».

- А. Введение ПАТЭС в эксплуатацию состоялось в 2018 году.
- Б. Выработанная на ПАТЭС электроэнергия была подана в изолированную энергосистему.
- В. Задачей строительства ПАТЭС стало снабжение энергией компаний на востоке региона.
- Г. Основой проекта ПАТЭС послужила энергетическая установка атомного ледокола.
- Д. Проект ПАТЭС не вызвал международного интереса.
- Е. ПАТЭС «сглаживает» пики нагрузки в регионах Арктики и Дальнего Востока.
- Ж. Строительство ПАТЭС было заказано компанией «Балтийский завод – Судостроение».

Часть 1. Задание 2.

Напишите названия субъектов РФ, в которых расположены города, упомянутые в тексте.

Часть 1. Задание 3.

В тексте упоминается возможность снабжения энергией горнодобывающих компаний региона. По запасам каких из указанных металлов регион входит в десятку крупнейших в России?

- А) алюминий; Б) вольфрам; В) золото; Г) марганец; Д) молибден; Е) никель; Ж) олово;
- З) свинец; И) титан; К) цинк

Часть 1. Задание 4.

Установите соответствие между электростанциями и их фотографиями.

Таблица 1

Электростанция		Фотография	
А	Академик Ломоносов	1	2
Б	Анадырская		
В	Билибинская	3	4
Г	Чаунская		

Часть 1. Задание 5.

Используя таблицу 2, выполните задания 5.1 – 5.2.

Таблица 2

АЭС России

АЭС	Электрическая мощность, МВт	Федеральный округ
Академик Ломоносов	70	Дальневосточный
Балаковская	3 800	Приволжский
Белоярская	1 485	Уральский
Билибинская	35	Дальневосточный
Калининская	4 000	Центральный
Кольская	1 840	Северо-Западный
Курская	3 000	Центральный
Ленинградская	4 385	Северо-Западный
Нововоронежская	3 780	Центральный
Ростовская	4 070	Южный
Смоленская	3 000	Центральный

Часть 1. Задание 5.1.

Из числа представленных федеральных округов только один отличается тем, что в нем нет АЭС, аккумулирующей более половины производимой ядерной энергии. Укажите этот федеральный округ.

Часть 1. Задание 5.2.

Какая доля производимой в России ядерной энергии приходится на ПАТЭС? Ответьте с точностью до десятой доли процента.

Часть 2. (15 баллов)

Внимательно прочитайте условия и правила решения задачи и выполните задание. Перед Вами географический филворд. Внутри буквенной матрицы находится 24 термина, связанных с географией. Среди них – 14 терминов, которые Вам необходимо **написать** по определениям в бланке ответов, **найти** их в филворде (см. пример).

Пятнадцатое слово – название науки, которая объединяет найденные Вами термины, состоит из выделенных в матрице букв. Составьте название науки и напишите его в бланк ответов.

Внимание! Слова могут иметь произвольную форму, «ломаясь» только под прямым углом. Слова не расположены по диагонали. Слова не пересекаются между собой.

Пример.

Наука, изучающая особенности и изменения в пространстве и времени поверхности Земли.

о	е	г	с
г	я	к	п
р	и	и	у
а	ф	н	т



о	е	г	с
г	я	к	п
р	и	и	у
а	ф	н	т

Часть 2. Задание 1.

к	г	о	г	р	о	з	с	т	о	к	в
о	е	с	о	л	т	а	и	л	х	р	е
т	р	ё	р	о	ц	е	н	в	о	а	в
с	л	д	о	к	ч	и	я	о	д	к	о
а	ь	в	о	в	и	з	и	р	у	о	д
с	э	д	а	б	р	а	о	л	с	с	п
с	с	а	р	ж	е	м	г	и	о	б	о
и	т	у	и	е	я	и	ф	н	р	о	л
м	о	с	й	н	ь	л	р	а	я	в	о
и	к	т	р	е	ж	ь	т	ц	и	а	д
л	я	е	м	и	е	н	ь	ф	о	р	ь
и	ц	а	к	о	в	а	п	а	л	о	е
я	д	н	к	д	о	о	г	р	ф	с	т
и	л	р	а	а	г	р	а	ц	и	р	а
н	и	о	е	р	и	д	р	а	з	д	е
г	б	с	ф	в	о	д	о	э	р	а	л

Термины, спрятанные в филворде:

1. Движение воды по поверхности земли (поверхностный), по речной сети (речной), а также в толще почв и горных пород (почвенный) в процессе круговорота ее в природе.
2. Скопление наносов в русле реки не покрытое растительностью, которое во время высокого уровня воды затапливается, образуя мель.
3. Автор классификации климатических типов рек, в которой за основу взяты источники питания и водный режим рек.
4. Линия наибольших глубин и наибольших скоростей течения реки.
5. Фаза водного режима реки, с интенсивным кратковременным увеличением расхода и уровня воды, который вызван обильными дождями или снеготаянием во время оттепелей.
6. График изменения во времени расходов воды в реке.
7. Участок прежнего русла реки, образованный при спрямлении меандрирующего русла, который со временем превратился в отдельный бессточный водоём.
8. Фаза водного режима реки, ежегодно повторяющаяся в один и тот же сезон года, для которой характерны подъём уровня воды и затопление поймы.
9. Нагромождение льдин в русле во время весеннего ледохода.
10. Фаза водного режима реки, ежегодно повторяющаяся в одни и те же сезоны, характеризующаяся малой водностью.
11. Временные сезонные скопления подземных вод, не имеющие сплошного распространения и образующиеся на первом от поверхности земли водоупорном пласте.

12. Часть земной поверхности и толща почв и горных пород, откуда вода поступает к водному объекту.
13. Выработанное водотоком ложе, по которому постоянно или периодически происходит движение воды.
14. Крутой поворот русла реки, имеющий петлеобразную форму.

Часть 2. Задание 2.

Пятнадцатое слово – название науки, которая объединяет найденные Вами термины, состоит из выделенных в матрице букв. Составьте название науки и напишите его в бланк ответов.

Часть 3. (20 баллов)

Определите субъект Российской Федерации, граничащий с 7 другими субъектами РФ и имеющий выход к мировому океану. Территория субъекта РФ изображена на космическом снимке (рис.1).



Рис. 1. Территория субъекта РФ

Часть 3. Задание 1.

Заполните пропуски в предложениях и запишите в бланк ответов получившуюся последовательность букв через запятую:

- 1) Субъект РФ расположен в пределах _____.
А) древней платформы и складчатого пояса; Б) молодой плиты и складчатого пояса;
В) складчатого пояса; Г) аккумулятивной морской низменности
- 2) На территории региона расположена два щита - _____.
А) Трансваальский и Деканский; Б) Ахагарский и Регибатский;
В) Балтийский и Украинский; Г) Алданский и Анабарский
- 3) Субъект РФ расположен в _____ климатическом (их) поясе (ах).
А) умеренный; Б) умеренный и субарктический; В) умеренный, субарктический и арктический; Г) субарктический и арктический.

4) В регионе находится полюс холода Северного полушария, в двух населенных пунктах была зафиксирована температура _____.
А) $-89\text{ }^{\circ}\text{C}$; Б) $-68\text{ }^{\circ}\text{C}$; В) $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$; Г) $-83\text{ }^{\circ}\text{C}$.

5) Большие площади на юге и юго-западе субъекта РФ находятся в лесной зоне, преимущественно в зоне средней тайги. В лесах региона можно встретить _____.
А) лиственница, ель, береза, сосна; Б) ель, кедр, пихта; В) ель, сосна, дуб, граб;
Г) сосна, кедр, береза, клен.

Часть 3. Задание 2.

Назовите языки, загаданные в описаниях, и выберите ареалы (указаны числами) народов на карте, соответствующие этим языкам (рисунок 2):

А: Язык коренного народа субъекта РФ. Язык относится к относительно малочисленной семье родственных языков, носители которых живут на территории трех государств. Устаревшее название народа – тунгусы, нынешнее название народа сходно с названием другого родственного ему народа региона. Хозяйство представлено в первую очередь охотой и оленеводством, рыболовство и скотоводство являются сопутствующими видами хозяйствования. До 2007 года, когда был упразднен автономный округ в составе граничащего с загаданным регионом субъектом РФ, народ имел статус титульного.

Б: Один из официальных языков субъекта РФ и национальный язык титульного народа. Относится к языковой группе, численность носителей которой составляет около 170 млн человек. Хозяйство и быт титульного народа имеют много сходных черт с культурой скотоводов Центральной Азии, но при этом адаптированы к суровым природным условиям – сочетание скотоводства с таежными промыслами: рыболовством и охотой. Также на севере расселения народа распространено уникальное упряжное оленеводство.

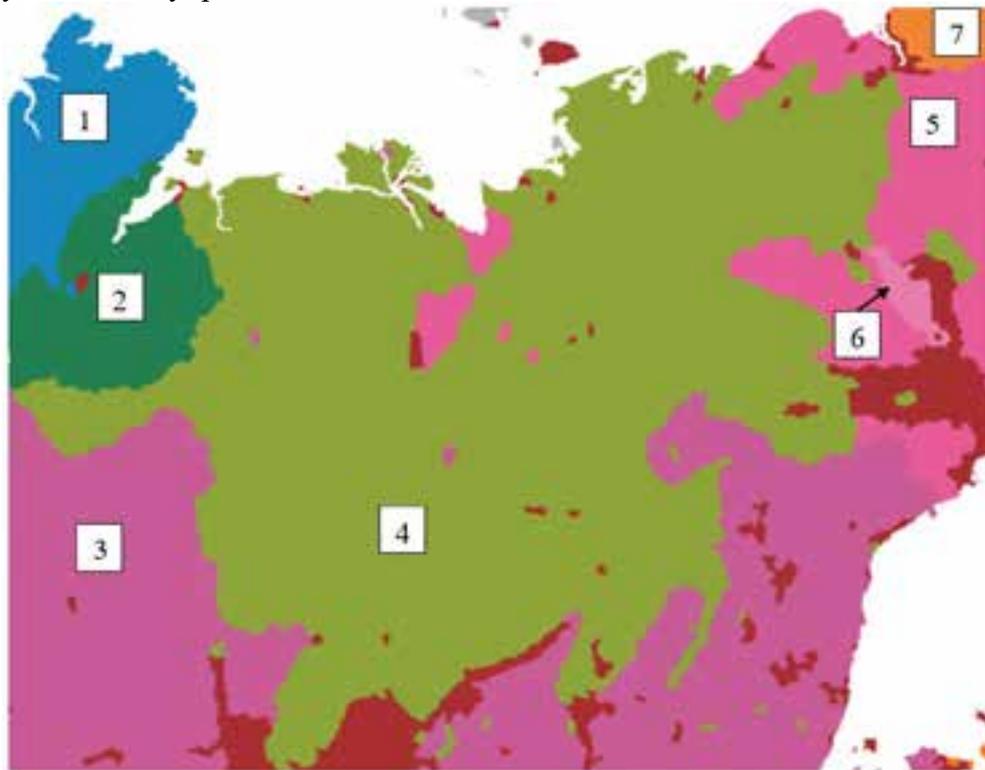


Рисунок 2. Карта народов субъекта РФ и граничащих с ним регионов.

Часть 3. Задание 3.

Выберите верные утверждения из списка и запишите в бланк ответов получившуюся последовательность букв через запятую.

- А. В субъекте РФ в структуре населения преобладают русские.
- Б. В регионе добывается свыше 90% российских алмазов.
- В. Свыше 95% представителей титульного народа региона являются буддистами ламаистского толка.
- Г. Большую часть электроэнергии в регионе вырабатывают тепловые электростанции.
- Д. Субъект РФ относится к Сибирскому федеральному округу.
- Е. В списке всемирного наследия ЮНЕСКО регион представлен шедевром нематериального культурного наследия (эпос) и объектом природного наследия.
- Ж. Административный центр региона является самым крупным городом в мире, расположенным в зоне распространения многолетней мерзлоты.
- З. Средняя плотность населения в регионе является самой низкой в России.
- И. В субъекте РФ расположен самый северный город России
- К. Вся территория субъекта относится к бассейну только одного океана.

Часть 3. Задание 4.

Назовите термин, обозначающий форму рельефа, изображенную на фотографии (рис. 3), по описанию:

Форма рельефа, представляющая собой пологое замкнутое понижение, часто с одним или несколькими озерами в центральной части. Образуется при вытаивании многолетнемерзлых пород. В зоне распространения многолетней мерзлоты такие формы рельефа образуются как в тундре, так и в тайге. Само название таких понижений в рельефе имеет происхождение из языка титульного народа региона. Эти формы рельефа в регионе имеют важное хозяйственное значение, так как в этих понижениях располагаются наиболее продуктивные пастбища, где население занимается скотоводством.



Рисунок 3. Форма рельефа

Часть 3. Задание 5.

Определите субъект Российской Федерации, о котором шла речь выше.

Часть 4. (15 баллов)

Установите соответствие между субъектами России (контуры в таблицы), гербами их административных центров и характерными для них отраслями специализации сельского хозяйства. В бланке ответов укажите название субъекта РФ и соответствующие им буквы гербов и отраслей специализации сельского хозяйства.

Субъект РФ		Герб административного центра		Отрасли специализации сельского хозяйства	
1		А		а	Мясомолочное скотоводство, овцеводство, козоводство, разведение яков, оленей-маралов, пятнистых оленей, верблюдов, табунное коневодство и пчеловодство, выращивание кормовых культур.
2		Б		б	Выращивание пшеницы, кукурузы, сахарной свёклы, подсолнечника, эфирно-масличных культур, плодоводство, виноградарство и бахчеводство. Мясомолочное скотоводство.
3		В		в	Тепличное овощеводство, выращивание картофеля. Молочно-мясное скотоводство, птицеводство, оленеводство, клеточное звероводство.

4		Г		г Молочное скотоводство, свиноводство, птицеводство. Выращивание зерновых (ячмень, овёс), кормовые культуры, лён-долгунец, картофель, овощи.
5		Д		д Оленеводство (крупнейшее поголовье северных оленей), звероводство. Очаговое выращивание картофеля и овощей, разведение крупного рогатого скота.

Часть 5. (15 баллов)

Прочитайте текст и выполните задания.

Для возникновения лесного пожара необходимым условием является длительная жаркая и сухая погода. Эти условия характеризуются комплексом метеорологических характеристик: температура воздуха, продолжительность периода без выпадения дождя, влажность воздуха, а также характеристиками горимости лесной подстилки, которые тоже в значительной мере зависят от метеорологических условий. Метеорологическая опасность возгорания леса ежедневно определяется по индексу В.Г. Нестерова и подразделяется по классам горимости леса. Значение индекса Нестерова более 1000 (средняя горимость) является критерием, при котором обычно возникают лесные пожары, при наличии других необходимых условий для возгорания (наличие горючего лесного материала и источника огня). Лесную пожароопасность всего теплого сезона года удобно оценивать числом дней в году с индексом Нестерова более 1000. Эту характеристику можно и прогнозировать учитывая будущие изменения климатических условий. Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) собирает данные долгосрочных прогнозов изменения климата, полученные в разных странах с помощью моделирования атмосферы, океана и других сфер нашей планеты. Используя данные моделирования, можно оценить возможные изменения климата в будущем и подготовить стратегические решения по оптимизации лесного хозяйства.

Часть 5. Задание 1.

Определите города по описанию:

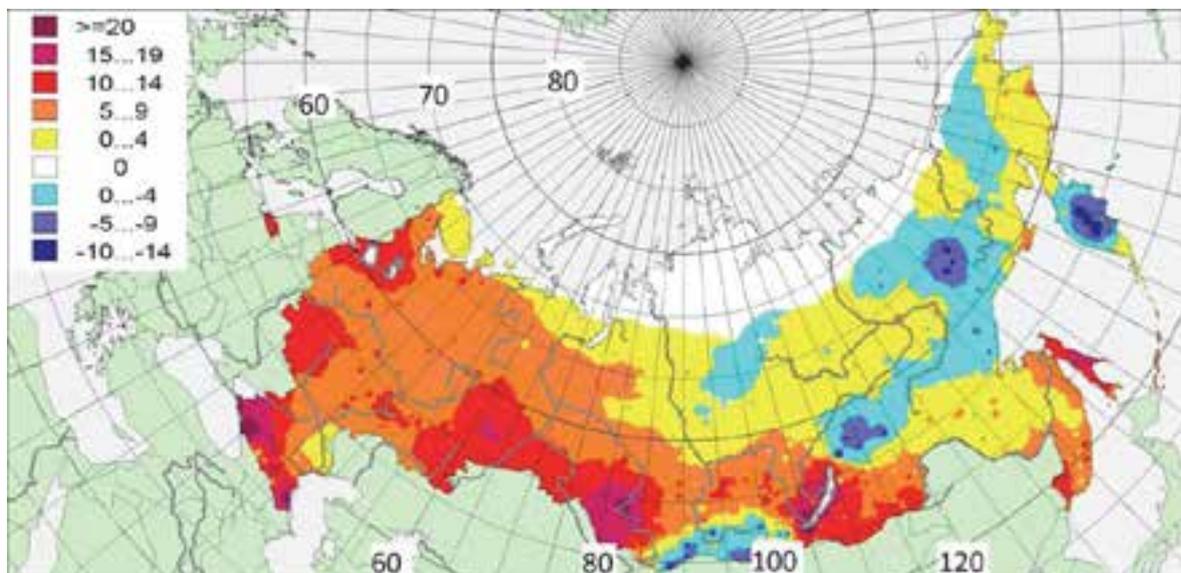
Город 1. Республиканский центр на крупной реке, находящийся в резко-континентальном климате. Название города созвучно с титульной нацией республики.

Город 2. Республиканский центр на крупной реке, имеет титул «Третья столица России».

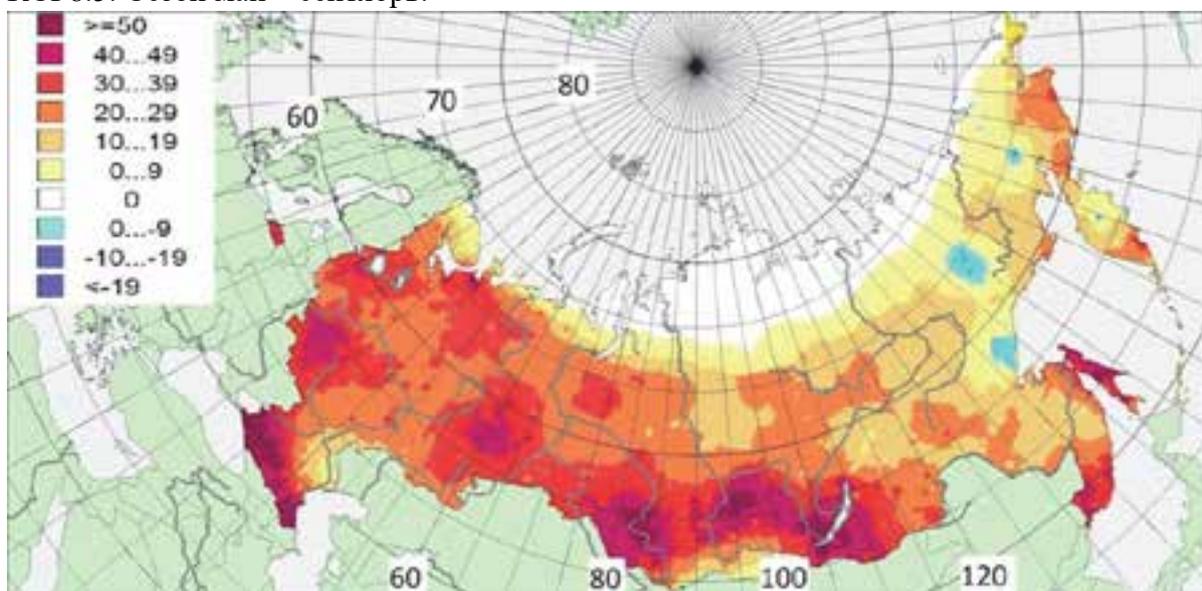
Часть 5. Задание 2.

На рисунке ниже указано относительное изменение количества дней с повышенной пожароопасностью (с индексом Нестерова $G > 1000$) в будущих периодах, по сравнению с базовым периодом 1981-2000. Определите изменение числа дней с повышенной пожароопасностью в рассматриваемых городах для двух прогнозных периодов.

При работе с картой берите среднее значение для цветового диапазона.



Прогноз на 2011-2030 гг. изменения числа дней с индексом Нестерова $G > 1000$, по сравнению с нормой за 1981-2000 гг. Мульти모델ный прогноз климата, сценарий RCP8.5. Сезон май – сентябрь.



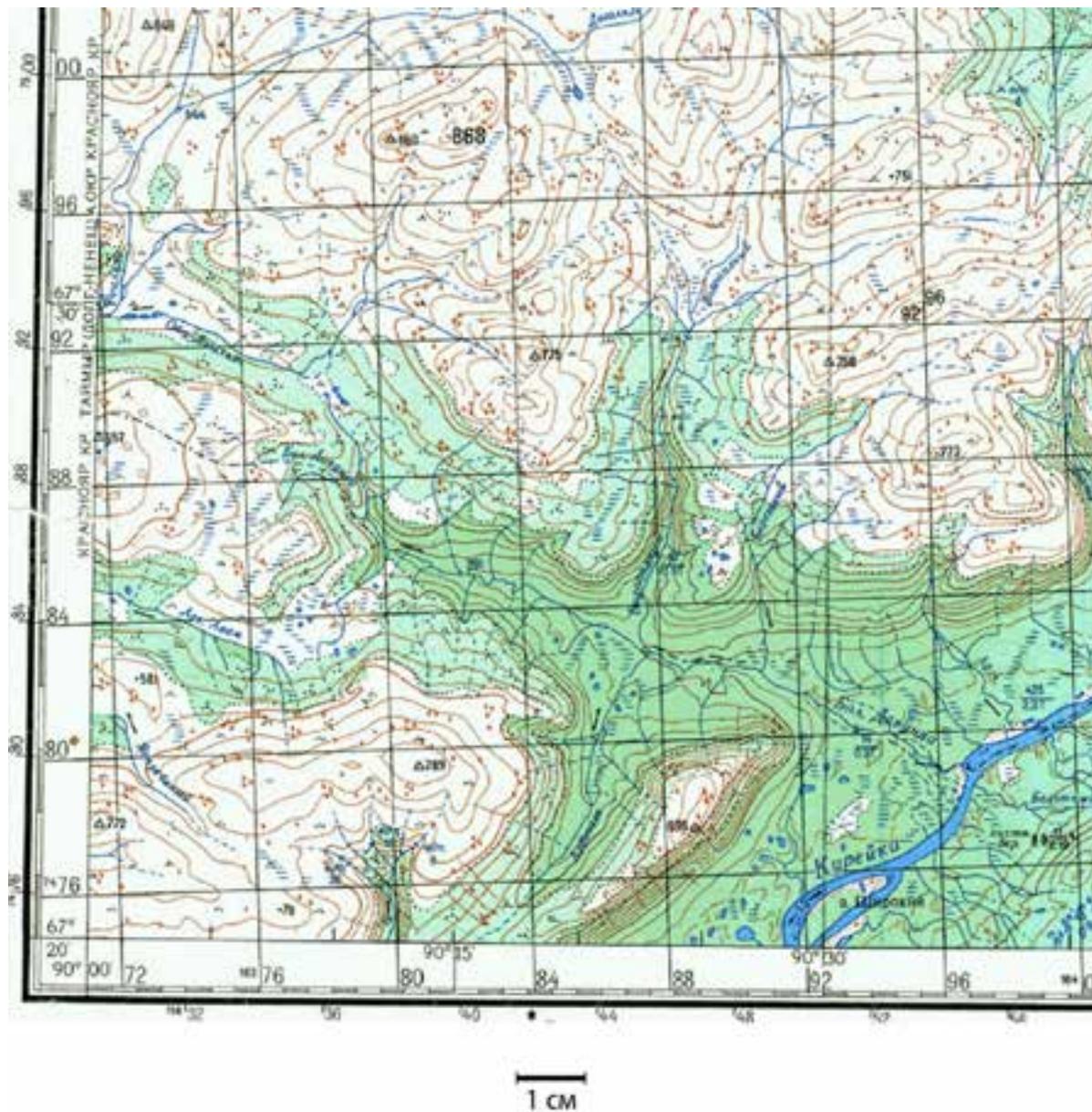
Прогноз на 2041-2060 гг. изменения числа дней с индексом Нестерова $G > 1000$, по сравнению с нормой за 1981-2000 г. Мульти모델ный прогноз климата, сценарий RCP8.5. Сезон май – сентябрь.

Используя данные из текста, вам необходимо заполнить таблицу в бланке ответов. Данные (округленные до целого) для таблицы нужно вписать без единиц измерения.

Часть 5. Задание 3.

Назовите различные виды вредного воздействия лесных пожаров.

Часть 6. Изучите фрагмент карты и решите задания. (20 баллов)



Внимание! Следует корректно производить измерения, учитывая приведенный условный масштабный отрезок внизу карты.

Часть 6. Задание 1.

Определите сечение рельефа (разницу высот между соседними изогипсами) карты.

Часть 6. Задание 2. Найдите истинный азимут от точки с максимальной высотой на самый восточный из водопадов в южной части карты. Определите географические координаты этого водопада с точностью до 30', используя рамку карты.

Часть 6. Задание 3.

Определите направления течения реки Курейка и её скорость.

Часть 6. Задание 4.

Дайте характеристику смешанному лесу к востоку от реки Курейка. Определите его доминирующие древесные породы, среднюю высоту деревьев, средний диаметр их стволов и среднее расстояние между ними. Исходя из этой характеристики определите природную зону, в которой располагается территория.

Часть 6. Задание 5.

Определите крупную форму рельефа, в пределах которой располагается данная местность, если известно, что одноимённый с ней заповедник является одним из объектов Природного наследия ЮНЕСКО. Какое происхождение имеет эта форма рельефа и какой породой она преимущественно сложена?

Часть 6. Задание 6.

Какой коренной народ России — наиболее многочисленный для этой территории?

К какой языковой группе он относится?

Как назывался регион России, переставший существовать в 2007 году, для которого этот народ был титульным?

2022-2023 учебный год

**Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба», 2 этап,
профиль «География», 10 класс**

Часть 1. (15 баллов)

Прочитайте фрагмент статьи «Роль Евразийского экономического союза в формировании Большой Евразии», опубликованной в научном журнале «Мировая экономика и международные отношения», и выполните задания, посвященные этой международной организации.

«Евразийский экономический союз начал полноценную работу с 1 января 2015 года. В его состав входит пять государств: Россия, Казахстан, Белоруссия, Армения и Киргизия. История интеграции ЕАЭС насчитывает уже более 20 лет – первые инициативы о формировании экономического объединения постсоветских государств появились еще в середине 90-х годов. Современный ЕАЭС представляет собой международное интеграционное объединение, в рамках которого действует Единое экономическое пространство, обеспечивающее свободное движение товаров, услуг, капитала и рабочей силы, а также функционирует таможенный союз.

На территории ЕАЭС проживает 5,5 % населения планеты, экономически активны свыше 90 млн человек. Территория государств ЕАЭС остается самой большой в мире экономически интегрированной областью площадью более 20 млн кв. км на пространстве Евразии. По совокупности экономических показателей ЕАЭС является вторым в мире интеграционным объединением после Европейского союза. На долю стран ЕАЭС приходится около 4 % мирового ВВП и промышленного производства, однако страны, входящие в ЕАЭС, отличаются по уровню макроэкономического развития, темпам роста ВВП, показателю ВВП на душу населения и структуре экономики. <...>

Экономический уклад и принципы макроэкономического регулирования на пространстве ЕАЭС остаются схожими. В регионе исторически сложились прочные экономические, логистические, культурные, социальные и политические связи, был создан и продолжает развиваться единый народнохозяйственный комплекс. Важно отметить, что, несмотря на разницу масштабов, отраслевая структура экономик стран ЕАЭС, таких как Российская Федерация, Белоруссия и Казахстан, остается в целом схожей – в Армении и Киргизии более высока доля сельского хозяйства в структуре ВВП. <...>

К моменту образования ЕАЭС в 2015 году к числу особых вызовов, стоящих перед государствами Союза, относились недостаточная конкурентоспособность их экономик, высокая зависимость от энергетического сектора, а также от импорта высокотехнологичных товаров, необходимость противостоять кризисным явлениям в мировой экономике. Структура промышленного производства таких государств ЕАЭС, как Россия и Казахстан, имеет очевидное смещение в сторону ресурсодобывающих секторов. Республика Беларусь при этом обладает самой высокой долей обрабатывающей промышленности (более 86 %) в общей структуре промышленного производства.»

Часть 1. Задание 1.

Используя информацию из текста, укажите верные характеристики ЕАЭС.

А. В странах ЕАЭС 86 % производства приходится на обрабатывающую промышленность. (Ответ дайте заглавными буквами, через запятую).

Б. ЕАЭС был создан в 1990-е годы.

В. ЕАЭС является крупнейшим в мире интеграционным объединением по объему ВВП.

Г. Интеграцию ЕАЭС осложняет отсутствие прочных социальных связей.

Д. Между странами ЕАЭС разрешено свободное движение товаров и услуг.

Е. Страны ЕАЭС имеют схожую структуру хозяйства.

Ж. Страны ЕАЭС не отличаются высокой конкурентоспособностью экономик.

Часть 1. Задание 2.

Напишите столицы унитарных стран, упомянутых в тексте.

Часть 1. Задание 3.

В тексте говорится о крайне важной роли ресурсодобывающих секторов для стран ЕАЭС. По добыче каких из указанных полезных ископаемых ЕАЭС занимает первое место в мире? (Ответ дайте заглавными буквами, через запятую).

А) алмазы; Б) бокситы; В) железная руда; Г) медная руда; Д) нефть; Е) свинцовые руды; Ж) уголь; З) урановые руды; И) фосфаты; К) цинковые руды

Часть 1. Задание 4.

Используя таблицу 1, установите соответствие между странами ЕАЭС и их характеристиками экспорта.

Таблица 1

Страна		Статьи экспорта		Отношение экспорта к импорту	
1	Армения	А	Золото, сушеные бобовые, нефтепродукты	а	0,3
2	Белоруссия	В	Медные руды, золото, табак	б	0,6
3	Казахстан	С	Нефтепродукты, калийные удобрения, сыр	в	0,9
4	Киргизия	Д	Нефть, нефтепродукты, природный газ	г	1,5
5	Россия	Е	Нефть, нефтяной газ, медь	д	1,8

Часть 1. Задание 5.

Используя таблицу 2, выполните задания 5.1 – 5.2.

Таблица 2

Важнейшие показатели стран ЕАЭС на 01.01.2022

Страна	ВВП, млрд долларов	Население, млн человек	Территория, тысяч км ²
Армения	18	3,0	30
Белоруссия	81	9,3	208
Казахстан	226	19,4	2 725
Киргизия	10	6,8	200
Россия	2 149	145,5	17 125

Часть 1. Задание 5.1.

Из числа представленных стран только одна отличается тем, что по всем важнейшим показателям на нее приходится менее 2 % от общего по ЕАЭС. Укажите эту страну.

Часть 1. Задание 5.2.

Рассчитайте показатель ВВП на душу населения для ЕАЭС.

Часть 2. (15 баллов)

Внимательно прочитайте условия и правила решения задачи и выполните задание.

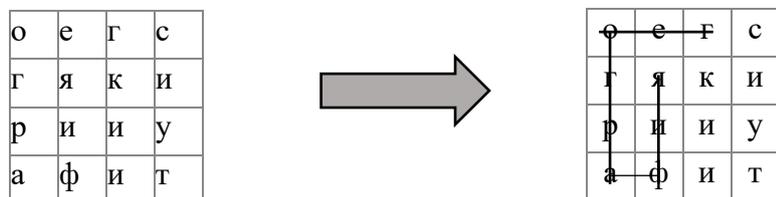
Перед Вами географический филворд. Внутри буквенной матрицы находится 24 термина, связанных с географией. Среди них – 14 терминов, которые Вам необходимо **написать** по определениям в бланке ответов, **найти** их в филворде (см. пример).

Пятнадцатое слово – название науки, которая объединяет найденные Вами термины, состоит из выделенных в матрице букв. Составьте название науки и напишите его в бланках ответов.

Внимание! Слова могут иметь произвольную форму, «ломаясь» только под прямым углом. Слова не расположены по диагонали. Слова не пересекаются между собой.

Пример.

Наука, изучающая особенности и изменения в пространстве и времени поверхности Земли.



Часть 2. Задание 1.

а	к	к	л	о	н	т	р	о	п	о	с	ф	е	р	а	а	г
р	л	и	ь	л	а	с	с	а	с	т	к	о	р	р	а	е	л
л	а	ц	с	а	в	о	и	б	а	е	н	о	с	ф	з	я	о
и	е	р	л	а	а	н	н	а	у	р	о	м	т	е	и	и	м
н	г	а	г	х	р	г	о	г	н	и	ч	е	с	р	я	ц	е
г	я	и	р	а	э	р	т	н	и	п	и	щ	р	а	и	а	р
о	л	ц	к	у	д	о	о	а	в	о	д	о	а	л	и	ф	ф
е	с	к	р	т	р	я	й	л	н	а	р	х	к	к	а	б	р
р	п	г	о	р	ш	у	и	л	и	ф	о	а	т	и	н	г	а
о	у	н	а	а	г	г	щ	я	н	ё	к	а	л	о	с	а	з
ф	и	т	ы	а	м	а	е	б	а	р	р	а	н	к	о	я	и

Термины, спрятанные в филворде:

1. Грязевой поток, возникающий на склоне вулкана при смешении вулканического материала с водами кратерных озёр, водотоков, дождевой или талой ледниковой водой.
2. Глубоководная зона Мирового океана (с глубинами свыше 2000 м).
3. Связанная с деятельностью воды совокупность процессов, которые создают пустоты в растворимых породах.
4. Глубокие овраги на склонах вулканов.
5. Малая эрозионная форма рельефа, имеющая пологие и покатые задернованные склоны, часто с временным водотоком.
6. Платообразные вершины в горах Крыма, используемые в качестве летних горных пастбищ.
7. Процесс обтачиваяния обломочным материалом, перемещаемым водой, ветром, льдом и т.д.
8. Бугор пучения.
9. Процесс разрушения берега и подводного берегового склона под воздействием волн и прилива.
10. Горная вершина пирамидальной, часто трёхгранной формы. Образуется при пересечении задних стенок нескольких каров, врезавшихся в вершину с разных сторон.
11. Кратер взрыва с жерлом без конуса, но окруженный невысоким валом из рыхлых продуктов извержения.
12. Береговой отвесный обрыв, образование которого связано с деятельностью прибойной волны.
13. Региональное название песчаных пустынь.
14. Корытообразная, преобразованная ледником эрозионная долина в горах, имеющих современные ледники или подвергшихся древнему оледенению.

Часть 2. Задание 2.

Пятнадцатое слово – название науки, которая объединяет найденные Вами термины, состоит из выделенных в матрице букв. Составьте название науки и напишите его в бланк ответов.

Часть 3. (20 баллов)

Внимательно прочитайте задания и определите государство X, последовательно отвечая на вопросы в задаче. Территория государства изображена на спутниковом снимке (рисунок 1).



Рисунок 1. Территория государства X.

Часть 3. Задание 1.

Найдите ошибки в тексте среди выделенных слов и запишите в бланк ответов получившуюся последовательность букв через запятую.

«Страна расположена на южной оконечности А) второго по площади материка Земли. По характеру рельефа территория страны напоминает гигантский амфитеатр – Б) горы и плато находятся на севере страны, а на юге равнины плавно спускаются к океану. Высшая точка страны расположена в горной системе В) Руvenzори. Горные территории и возвышенные плато - Г) в геологическом отношении молодые и были сформированы в альпийскую складчатость. Страна расположена в двух климатических поясах – Д) в субтропическом и умеренном. Им соответствуют пояса растительности – Е) саванны в глубине страны и жестколистные леса и кустарники в прибрежной части. Экосистемы жестколистных лесов и кустарников получили региональное название – Ж) Маквис, и принадлежат З) к самому маленькому по площади флористическому царству Земли. С целью охраны уникального биоразнообразия создана развитая сеть природных резерватов, в том числе в этой стране расположен И) самый старый национальный парк континента».

Часть 3. Задание 2.

Назовите языки, загаданные в описаниях, и сопоставьте с номером контура на карте, где показываються ареалы распространения крупнейших языков страны (рисунок 2):

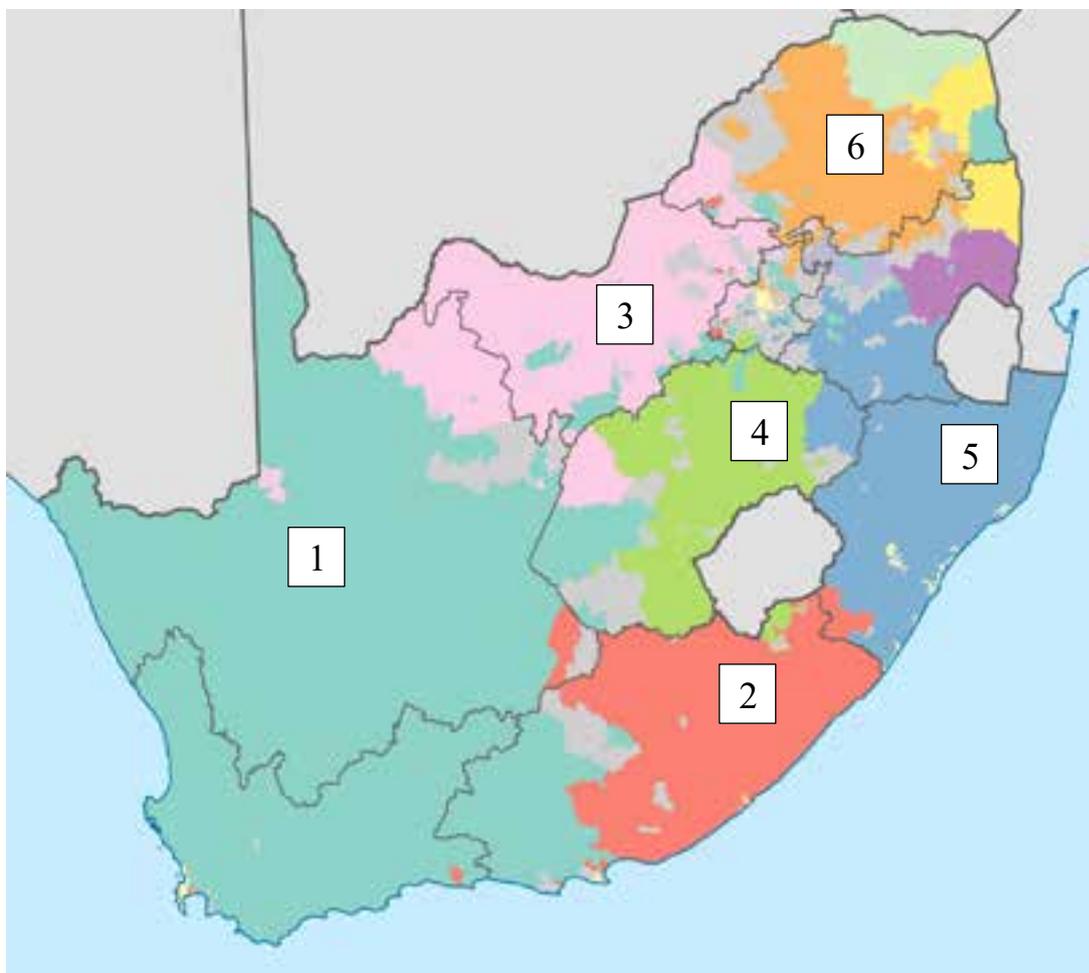


Рисунок 2. Распространение крупнейших по числу носителей языков страны.

А) Официальный язык страны. Относится к индоевропейской языковой семье, и произошел от языка фермеров-переселенцев. Численность носителей составляет 6-7 млн человек. Один из главных центров проживания носителей языка является город, который на этом языке называется Kaapstad. Его название связано с нахождением в городской черте нескольких известных мысов. В городе располагается одна из ветвей государственной власти, таким образом, он обладает столичным статусом наравне с двумя другими городами страны.

Б) Официальный язык страны. Является самым распространенным, на нем говорят свыше 10 млн человек (24% населения страны), а понимают более половины населения страны. Относится к группе языков банту. Носители языка проживают довольно компактно в одной из самых высокогорных провинций страны, имеющей выход к государственной границе и омываемой водами третьего по площади океана Земли.

Часть 3. Задание 3.

Заполните пропуски в предложениях и запишите в бланк ответов буквы выбранных вариантов под соответствующим номером:

1. Крупнейшим по численности городом страны является _____

А) Сантьяго; **Б)** Кейптаун; **В)** Сидней; **Г)** Йоханнесбург; **Д)** Претория; **Е)** Лусака; **Ж)** Мапуту.

2. _____ - потомки колонистов преимущественно из Нидерландов и Германии, которые затем смешались с аборигенным населением и образовали субэтнос. Их современная численность на территории страны достигает 1,5 млн человек.

А) креолы; **Б)** шорцы; **В)** метисы; **Г)** буры; **Д)** падру; **Е)** ерберы, **Ж)** шона.

3. Длина границы между _____ и загаданным государством составляет 430 км.

А) Замбия; **Б)** Малави; **В)** Ботсвана; **Г)** ДР Конго; **Д)** Эсватини; **Е)** Камерун; **Ж)** Ангола.

4. В стране сосредоточены свыше 80% мировых запасов этих полезных ископаемых. Ответ запишите заглавной буквой.

А) бокситы; **Б)** платина; **В)** уголь; **Г)** железная руда; **Д)** калийная соль; **Е)** сланцевый газ; **Ж)** битуминозный песок.

5. _____ - национальная валюта загаданного государства. По Многостороннему валютному соглашению является общей валютой для большинства стран, граничащих с загаданным государством.

А) фунт стерлингов; **Б)** доллар; **В)** франк; **Г)** эскудо; **Д)** динар; **Е)** шиллинг; **Ж)** ранд / рэнд

Часть 3. Задание 4.

Определите термин, обозначающий объект, изображенный на схеме (рисунок 3), по описанию:

Вертикальное геологическое тело, которое образуется при стремительном, взрывообразном прорыве магмы сквозь континентальную земную кору. Считается, что такие геологические тела являются древними сильно разрушенными вулканами. На Земле обнаружено свыше 1500 таких объектов, однако только 3-4% из них представляют хозяйственную ценность для человека. Они являются месторождениями ценного минерала – кубической аллотропной формы углерода. Описываемые геологические образования получили название в честь города, расположенного в центральной части страны, около которого было открыто крупное месторождение.

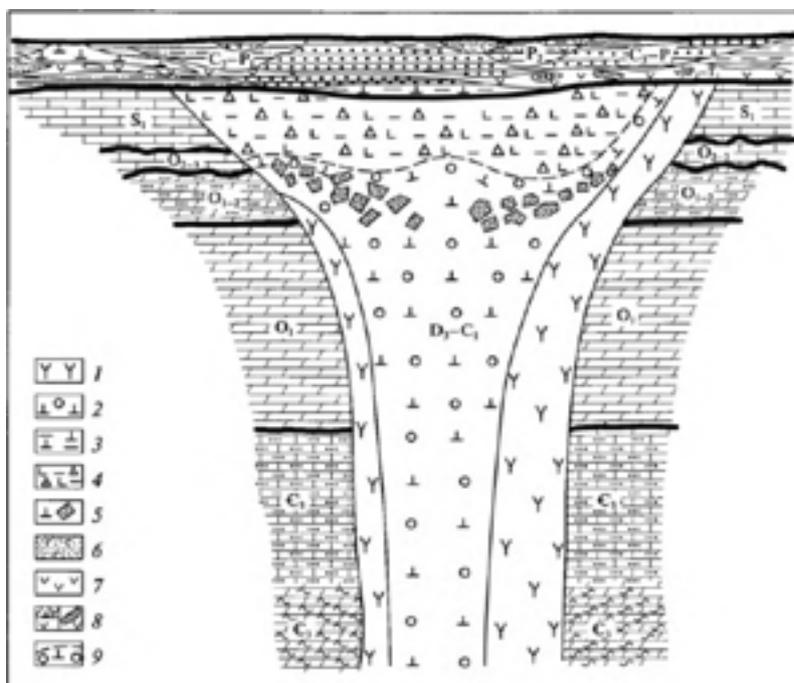


Рисунок 3. Схема геологического объекта.

Часть 3. Задание 5.

Определите государство X.

Часть 4. (15 баллов)

Установите соответствие между субъектами России (контуры в таблице), гербами их административных центров и характерными для них отраслями специализации сельского хозяйства. В бланке ответов укажите название субъекта РФ и соответствующие им буквы гербов и отраслей специализации сельского хозяйства.

Субъект РФ		Герб административного центра		Отрасли специализации сельского хозяйства	
1		А		а	Мясное скотоводство, тонкорунное и полутонкорунное овцеводство, козоводство, коневодство, яководство. Зерновые и кормовые культуры.
2		Б		б	Молочное и мясомолочное скотоводство, свиноводство, птицеводство. Кормовые и зерновые (рожь, пшеница, ячмень, овёс) культуры, лён-долгунец, картофель, овощи.
3		В		в	Оленеводство. Выращивание картофеля и овощей в парниково-тепличных хозяйствах.
4		Г		г	Выращивание зерновых (пшеница, кукуруза) и технических (подсолнечник, сахарная свёкла, рапс) культур. Плодоводство и виноградарство. Тонкорунное овцеводство, молочно-мясное скотоводство, свиноводство, птицеводство, пчеловодство.
5		Д		д	Отгонно-пастбищное мясное скотоводство, тонкорунное овцеводство, коневодство, верблюдоводство. Выращивание пшеницы, подсолнечника, кормовых культур, картофеля, овощей и бахчевых.

Часть 5. (15 баллов)

Прочитайте текст и выполните задания.

Возобновляемые источники энергии (ВИЭ), в том числе гелиоэнергетика, являются одной из основных альтернатив ископаемому топливу для реализации целей сокращения выбросов парниковых газов в секторе энергетики. Для России их развитие рассматривается в качестве меры по предотвращению климатических изменений и охраны окружающей среды, а также в рамках обеспечения энергоснабжения в удаленных и труднодоступных районах. Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) собирает данные долгосрочных прогнозов изменения климата, полученные в разных странах с помощью моделирования атмосферы, океана и других сфер нашей планеты. Используя данные моделирования, можно оценить возможные изменения климата в будущем и подготовить стратегические решения по оптимизации энергетического комплекса.

Часть 5. Задание 1.

Определите города по описанию:

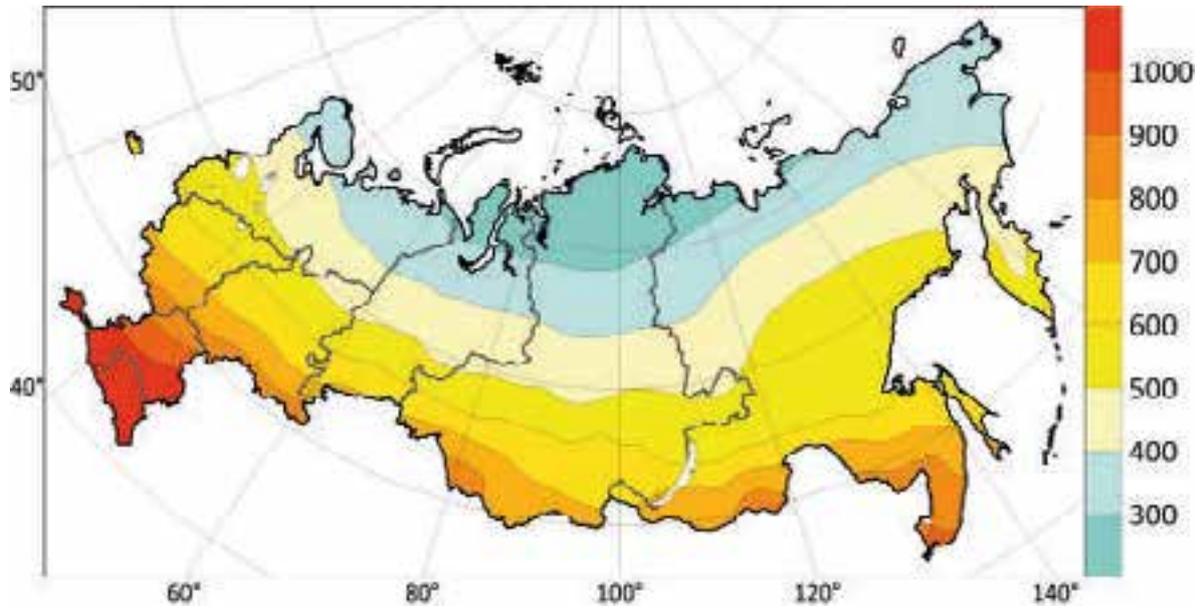
Город 1. Город расположен на высоком берегу крупной реки, которая на большей части своей длины является трансграничной. Крупный транспортный узел. Население города около 600 т., но это самый крупный город в этом федеральном округе. Есть своя футбольная команда, выступающая в Футбольной Национальной Лиге.

Город 2. Один из древнейших городов России, входивший в Ганзейский союз. Во время Великой Отечественной войны город был занят немцами и почти полностью разрушен. После освобождения стал областным центром, был отстроен заново, многие исторические здания были восстановлены. Ведущей отраслью сельского хозяйства в области является животноводство. Основные направления— молочное и мясное скотоводство, свиноводство и птицеводство.

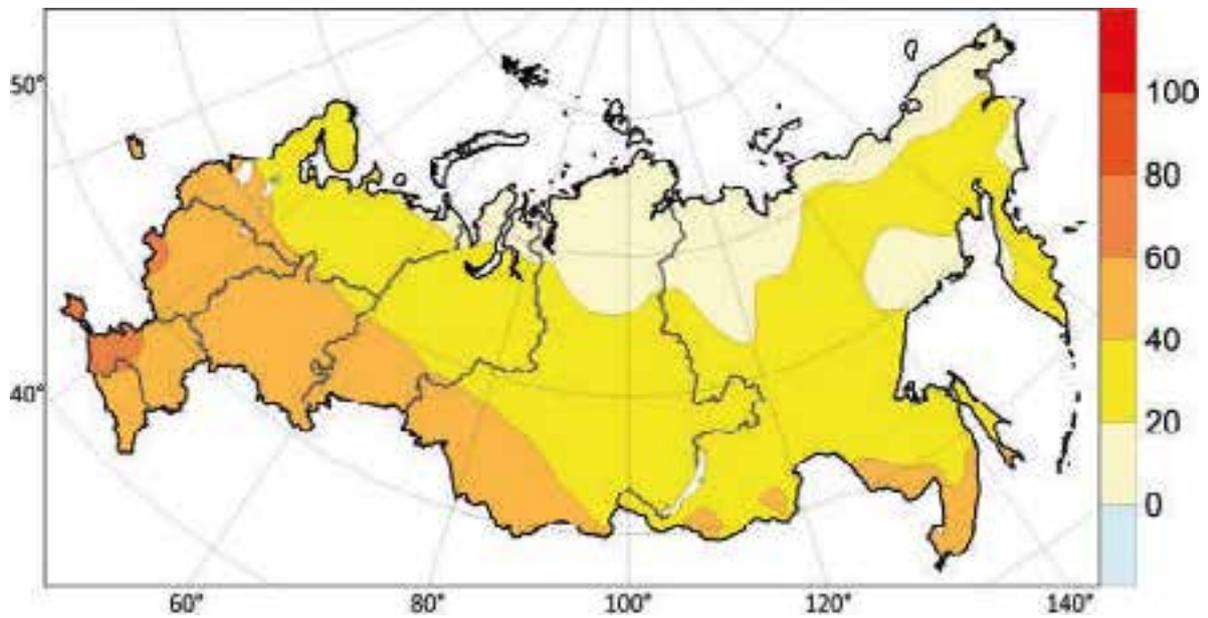
Часть 5. Задание 2.

На рисунке ниже указана удельная годовая выработка тепловой энергии плоским солнечным коллектором за базовый период 1991-2010 гг. ($\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$) (а). Рисунки б, в, г показывают на сколько $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ увеличится выработка для периодов 2021-2040 гг. (б), 2041-2060 гг. (в) и 2080-2099 гг. (г) по отношению к базовому периоду, рассчитанные по ансамблю моделей CMIP6 в условиях сценария SSP2-4.5. Определите по картам сколько составит удельная годовая выработка тепловой энергии плоским солнечным коллектором в рассматриваемых городах в базовом и прогнозных периодах.

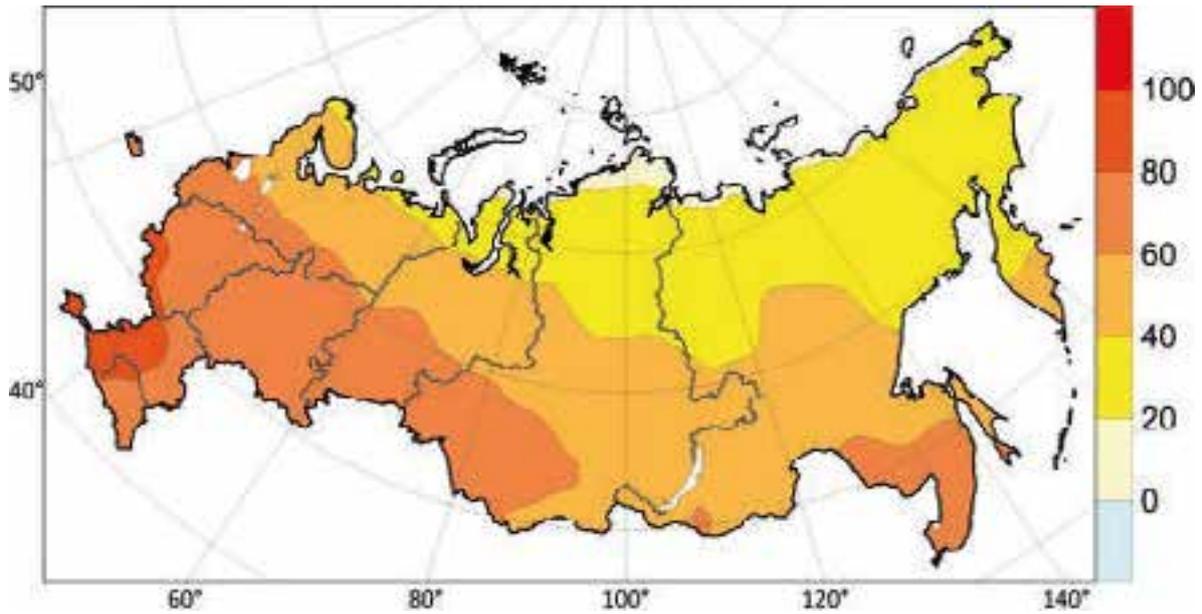
а



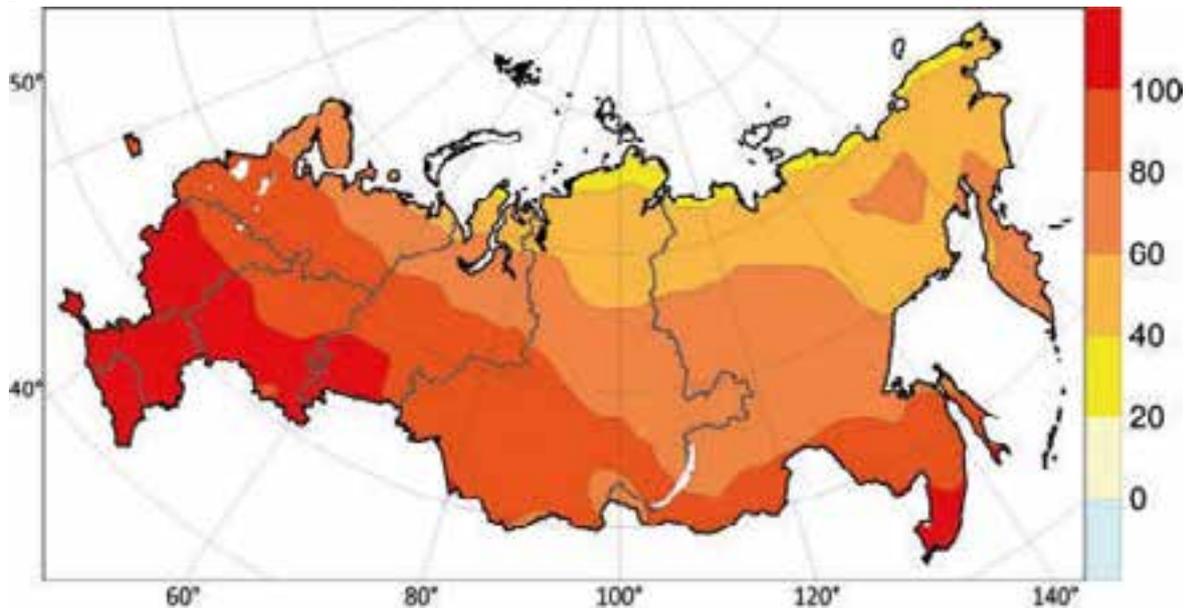
б



В



Г



Удельная годовая выработка тепловой энергии плоским солнечным коллектором за базовый период 1991-2010 гг. ($\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$) (а). Рисунки б, в, г показывают на сколько $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ увеличится выработка для периодов 2021-2040 гг. (б), 2041-2060 гг. (в) и 2080-2099 гг. (г) по отношению к базовому периоду, рассчитанные по ансамблю моделей CMIP6 в условиях сценария SSP2-4.5

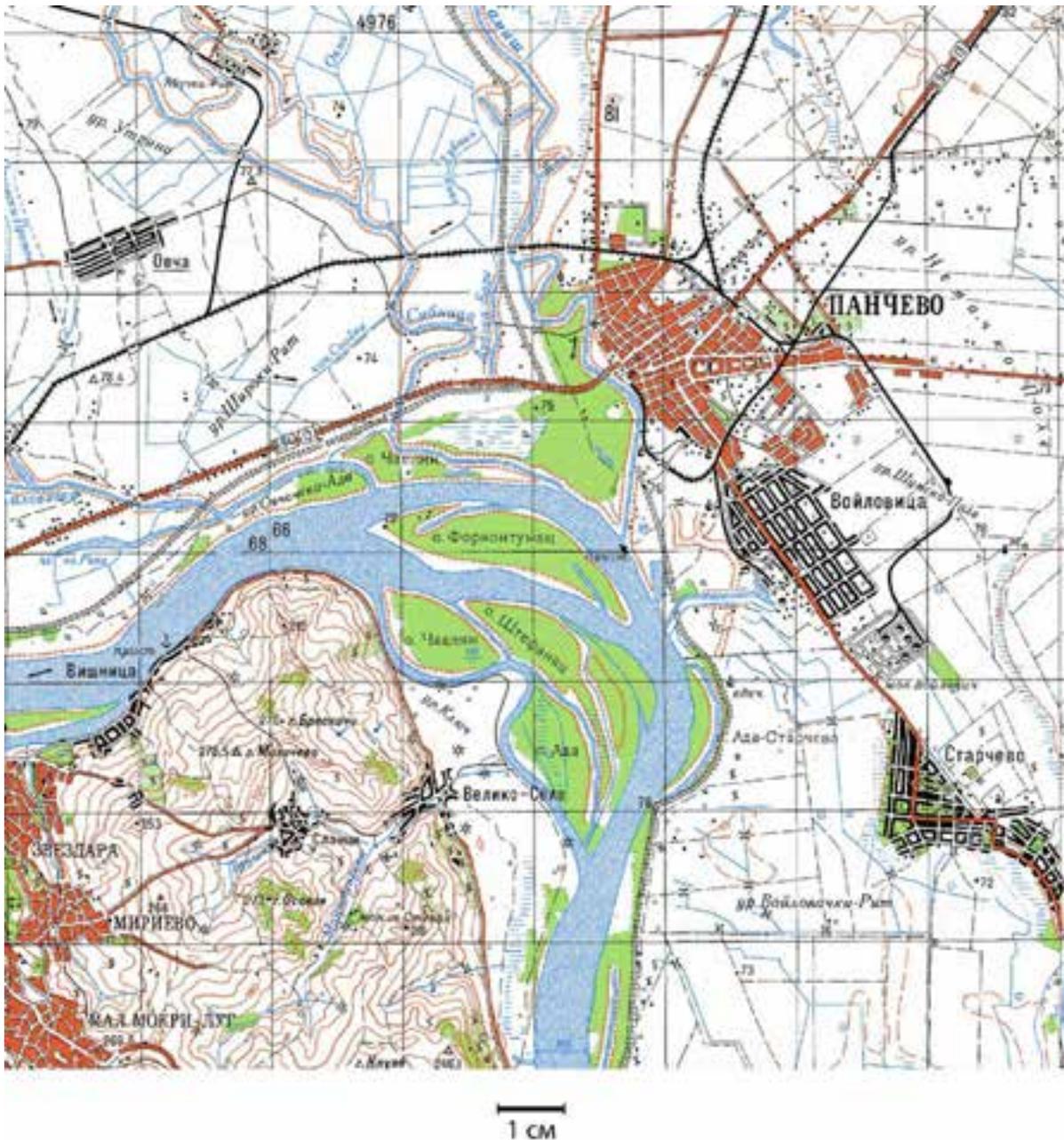
Используя данные из текста, вам необходимо заполнить таблицу в бланке ответов. Данные (округленные до десятков) для таблицы нужно вписать без единиц измерения.

При работе с картой берите среднее значение для цветового диапазона.

Часть 5. Задание 3.

Какие территории России будут наиболее перспективны в гелиоэнергетике в 21 веке (приведите 2 примера, обоснуйте свой выбор)?

Часть 6. Изучите фрагмент карты и решите задания. (20 баллов)



Внимание! Следует корректно производить измерения, учитывая приведенный условный масштабный отрезок внизу карты.

Часть 6. Задание 1.

Определите сечение рельефа (разницу высот между соседними изогипсами) карты, а также наименование точки с максимальной высотой.

Часть 6. Задание 2.

Определите магнитный азимут от горы Осовле на западную оконечность острова Форконтумац, если магнитное склонение в районе этой местности восточное и равняется $3^{\circ} 45'$.

Часть 6. Задание 3.

На карте можно встретить 4 типа условных знаков с точечной локализацией, относящихся к гидрографии. Перечислите их.

Определите ширину крупнейшей реки территории в измеренном месте, а также укажите ориентировку (правый / левый) её более высокого берега.

Часть 6. Задание 4.

Изображённый на карте город Панчево расположен в пределах крупной административно-территориальной единицы своей страны — автономном крае Воеводина. При этом высокий берег изображённой на карте реки уже относится к столичной административно-территориальной единице. Назовите страну, её столицу, а также административный центр автономного края Воеводина. Также определите, к какой языковой семье и какой языковой группе относится язык титульной нации страны, о которой идёт речь.

Часть 6. Задание 5.

Известно, что ещё 40 лет назад эта страна была частью более крупного государства, которое в течение нескольких лет распалось на несколько независимых. Назовите, в какой стране из образовавшихся наибольший среди прочих процент мусульман, а в какой — наибольший процент католиков.

Часть 6. Задание 6.

Какое место по длине изображённая на карте река занимает в Европе? Перечислите 3 страны, через столицы которых эта река протекает (исключая ту, территория которой изображена на карте), а также назовите три её крупнейших по длине притока.

2022-2023 учебный год
Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба», 2 этап,
профиль «География», 11 класс

Часть 1. (15 баллов)

Прочитайте фрагмент статьи «ЮНЕСКО и российский опыт сохранения нематериального культурного наследия на современном этапе», опубликованной в научном журнале «Альманах современной науки и образования» и выполните пять заданий, посвященных этой проблеме.

«Согласно “Международной конвенции об охране нематериального культурного наследия”, принятой ЮНЕСКО 17 октября 2003 г., понятие “нематериальное культурное наследие” (НКН) включает в себя “обычаи, формы представления и выражения, знания и навыки, а также связанные с ними инструменты, предметы, артефакты и культурные пространства, признанные сообществами, группами и, в некоторых случаях, отдельными лицами в качестве части их культурного наследия”. Конвенция 2003 г. вступила в силу 20 апреля 2006 г. и, по данным 2014 г., к ней присоединилось уже 161 государство. Однако Российская Федерация не ратифицировала эту конвенцию, хотя проблемам сохранения НКН в стране уделяется немало внимания. <...>

Важным результатом совместного сотрудничества российских организаций по сохранению НКН и ЮНЕСКО стало включение в Список ЮНЕСКО “Шедевры нематериального культурного наследия” двух российских объектов: старообрядческой традиционной культуры семейских Забайкалья (2001 г.) и якутского героического эпоса “Олонхо” (2005 г.). В дальнейшем Бюро ЮНЕСКО в Москве в рамках меморандума о сотрудничестве между Министерством образования Республики Саха и Министерством культуры и духовного развития Республики Саха поддержало инициативу по созданию многоязычного интернет-портала “Куйаар – обсерватория культурного разнообразия. Традиции и творчество народов Республики Саха (Якутия)”, целью которого стало “содействие сохранению и возрождению культурного наследия Якутии, расширение знаний о культуре ее народов и содействие интеграции культурного наследия Якутии во всемирное культурное пространство”. <...>

Необходимо отметить, что проблеме сохранения НКН в РФ с самого начала был придан комплексный характер и государственный статус. <...> Например, концепции и программы сохранения НКН были приняты в Новосибирской, Оренбургской, Волгоградской, Белгородской областях, Алтайском крае, Республике Саха (Якутия) и других регионах. Последнее можно расценивать как позитивный сдвиг в деле сохранения объектов НКН в регионах РФ, хотя анализ этих программ показал, что в их основе лежит поддержка фестивалей художественной самодеятельности, а не проектов, связанных с традиционной народной культурой. В целом, специфика ситуации, сложившейся в этой сфере, заключается в том, что некоторые субъекты РФ, такие как Республика Алтай и Республика Тыва, проявляют весьма активную законодательную инициативу в области сохранения НКН. При этом региональное законодательство в области нематериального наследия опережает федеральное.»

Часть 1. Задание 1. Используя информацию из текста, укажите верные утверждения об охране НКН (Ответ дайте заглавными буквами, через запятую).

- А. В списке объектов НКН ЮНЕСКО Россия представлена двумя наименованиями
- Б. Конвенция ЮНЕСКО по охране НКН вступила в силу в 2014 году
- В. Предметы и артефакты могут охраняться ЮНЕСКО как часть НКН
- Г. Примером сотрудничества России и ЮНЕСКО стало создание интернет-портала «Олонхо»
- Д. Программы сохранения НКН были приняты только в шести субъектах России
- Е. Россия ратифицировала, но не подписала Конвенцию ЮНЕСКО по охране НКН
- Ж. В России федеральное законодательство в области НКН прогрессивнее регионального

Часть 1. Задание 2. Из субъектов РФ, упомянутых в тексте, укажите три с наименьшей долей русских.

Часть 1. Задание 3. Для каких из указанных народов основным регионом расселения являются субъекты РФ, упомянутые в тексте? (Ответ дайте заглавными буквами, через запятую).

- А) аварцы; Б) кумыки; В) нагайбаки; Г) ногайцы; Д) сойоты; Е) табасараны; Ж) теленгиты; З) шорцы; И) эвенки; К) эвены

Часть 1. Задание 4.

Установите соответствие между объектами НКН из списка Министерства культуры РФ и характеристиками народа, к которым отнесен этот объект.

Таблица 1

Объект НКН		Языковая семья		Вероисповедание	
1	Кубачинская ювелирная насечка: техника инкрустации цветными металлами по металлу, кости, рогу	А	Алтайская	а	анимизм, шаманизм
2	Личные песни таймырских ненцев в поселке Носок Таймырского района Красноярского края	В	Индоевропейская	б	буддизм
3	Творческое наследие Рэгзэна Эрдынеевича Эрдынеева из села Усть-Эгита Еравнинского района Республики Бурятия	С	Нахско-дагестанская	в	старообрядчество
4	«Хитные» песни казаков-некрасовцев Левокумского района Ставропольского края	Д	Уральская	г	суннизм

Часть 1. Задание 5. Используя таблицу 2, выполните задания 5.1 – 5.3.

Таблица 2

Народ	Численность, тыс. чел.	Доля от всего населения, %	Прирост численности с 2002г., тыс. чел.
Русские	111 017	77,7	– 4 872
Татары	5 311	3,7	– 243
Украинцы	1 928	1,4	– 1 015
Башкиры	1 585	1,1	– 89
Чуваши	1 436	1,0	– 201
Чеченцы	1 431	1,0	71
Армяне	1 182	0,8	52
Аварцы	912	0,6	98
Народ «Х»	744	0,5	– 99
Казахи	648	0,5	– 6

Часть 1. Задание 5.1.

Из числа представленных народов только один отличается тем, что его численность с 2002 по 2010 гг. сократилась более чем на 20 %. Укажите этот народ.

Часть 1. Задание 5.2.

На сколько сократилась совокупная численность тех крупнейших народов, для которых Россия не является основным регионом расселения? Напишите число.

Часть 1. Задание 5.3.

а) Назовите народ «Х»; б) Назовите крупнейший субэтнос народа «Х».

Часть 2. (15 баллов)

Внимательно прочитайте условия и правила решения задачи и выполните задание.

Перед Вами географический филворд. Внутри буквенной матрицы находится 24 термина, связанных с географией. Среди них – 14 терминов, которые Вам необходимо **написать** по определениям в таблицу в бланке ответов, **найти** их в филворде (см. пример).

Внимание! Слова могут иметь произвольную форму, «ломаясь» только под прямым углом. Слова не расположены по диагонали. Слова не пересекаются между собой.

Пример:

Наука, изучающая особенности и изменения в пространстве и времени поверхности Земли.

о	е	г	с
г	я	к	п
р	и	и	у
а	ф	н	т



о	е	г	с
г	я	к	п
р	и	и	у
а	ф	н	т

Часть 2. Задание 1.

а	р	о	б	я	и	ц	з	о	и	б	н	о
и	т	м	о	п	о	я	и	м	б	т	е	б
з	и	з	м	о	л	л	у	и	с	с	е	и
а	п	о	с	ф	и	т	п	г	н	и	н	о
р	а	к	л	и	ц	а	о	п	в	ы	т	г
я	с	т	о	л	о	о	г	з	а	п	о	и
и	р	б	а	ь	б	м	у	и	и	т	а	д
з	а	р	и	д	к	о	н	я	м	б	о	р
и	р	в	э	т	л	т	с	у	у	и	о	н
б	п	е	т	я	и	н	е	м	м	г	ы	т
и	т	ы	р	с	ы	р	э	ф	в	е	р	н
о	н	ф	о	у	я	е	м	е	о	и	б	а
ы	т	и	ц	к	и	и	ф	о	ц	й	и	д
и	п	э	е	с	с	т	я	л	е	н	к	с
ф	и	т	ы	д	о	ы	и	а	г	о	з	а
т	н	е	ц	у	р	п	ц	а	т	п	а	д

Термины, спрятанные в филворде:

1. Вид, который распространен по всему миру и встречается на всех континентах.
2. Процесс проникновения новых видов на территории, где они ранее отсутствовали, который происходит без сознательного участия человека.
3. Исторически сложившаяся совокупность живых организмов, связанных между собой, которые длительное время населяют определённый участок суши или акватории.
4. Русский ученый, автор научной концепции о живой оболочке Земли.
5. Процесс постепенной, необратимой смены одних биоценозов другими на одной и той же территории под влиянием природных факторов или от воздействия человека.
6. Процесс приспособления живых организмов к условиям окружающей среды.
7. Растения, способные переносить сильное засоление почвы.
8. Взаимоотношение двух различных видов существ, которые приносят пользу обоим видам или хотя бы одному из них.
9. Организм, потребляющий готовые органические вещества, создаваемые автотрофами (в единственном числе).
10. Однолетние травянистые растения с очень коротким вегетационным периодом; полный жизненный цикл некоторые представители заканчивают за считанные недели.
11. Наиболее благоприятное для организма сочетание экологических факторов.
12. Форма отношений между видами, при котором один из них использует другого в качестве источника пищи и среды обитания.
13. Растения, растущие на частях деревьев, которые используются ими только в качестве опоры.

14. Организмы, способные существовать в широком диапазоне природных условий окружающей среды и выдерживать их значительные изменения.

Часть 2. Задание 2.

Пятнадцатое слово – название науки, которая объединяет найденные Вами термины, состоит из выделенных в матрице букв. Составьте название науки и напишите его в бланк ответов.

Часть 3. (20 баллов). Выполните задания, посвященные географии одной из стран мира.

Часть 3. Задание 1.

Внимательно прочитайте кейсы задачи и определите страну X, последовательно отвечая на вопросы в задаче.

Часть 3. Задание 1.1.

Территория страны X «окружена» известными «людьми», имена которых знает каждый географ. Определите фамилии этих исследователей и первопроходцев в столбце Б, а также определите значения для столбца Г, выбрав верные описания из списка. В бланке ответов запишите ответ по образцу: № строки таблицы, фамилия, № описания.

№	А Тип водного объекта	Б В честь кого назван водный объект (фамилия)	В Личность исследователя или первопроходца	Г Заслуги исследователя или первопроходца (№ описания)
1	Залив		английский мореплаватель XVII века	
2	Пролив		английский мореплаватель XVI века, пират, китобой	
3	Море		британский военный гидрограф, картограф	
4	Залив		шотландский торговец пушниной, путешественник XVIII- XIX века	
5	Пролив		норвежский полярный путешественник-исследователь	
6	Море		английский мореплаватель XVI-XVII века	

Список описаний заслуг первопроходцев и исследователей:

- Один из мореходов, изучавших Северо-Западный проход, в честь него названы море и остров, крупнейший в стране и пятый по площади в мире.
- Первый путешественник, который побывал на Южном и Северном полюсах Земли.
- Один из исследователей Северо-Западного прохода, в честь него назван крупный залив, по своим гидрологическим характеристикам напоминающий внутреннее море.
- Автор шкалы оценки скорости ветра.

5. Первым совершил трансконтинентальный переход по территории Северной Америки.
6. Первый после викингов мореход, открывший Гренландию. Также ему принадлежит открытие Фолклендских островов.

Часть 3. Задание 1.2.

Кроме путешественников страну X окружают разные «монаршие особы». Выберите те географические объекты, которые не входят в состав государства X. (Ответ дайте заглавными буквами).

А) остров Петра I; Б) остров Кинг-Уильям; В) остров Принца Эдуарда; Г) земля Королевы Мэри; Д) острова Королевы Шарлотты; Е) остров Земля принца Карла.



А) остров Петра I Б) остров Кинг-Уильям В) остров Принца Эдуарда



Г) земля Королевы Мэри Д) острова Королевы Шарлотты Е) остров Земля принца Карла

Часть 3. Задание 2.

Страна X входит в число стран, наиболее обеспеченных ресурсами речного стока на душу населения. Прочитайте тексты А-В и определите, о каких реках, относящихся к бассейнам трех океанов, в них говорится. Ответьте на дополнительные вопросы 2.1. – 2.3.

А. Эта река одна из наиболее протяженных в своем регионе, самая длинная в пределах страны. Река образует обширную дельту, с большим количеством мерзлотных форм рельефа. На морском шельфе в акватории дельты были обнаружены крупные залежи природного газа и нефти.

Б. В дельте этой реки располагается город, к которому в 2010 году, зимой, было приковано внимание всего мира. Также в городе создан Классический китайский сад Сунь-Ятсена, первый подобного рода сад, созданный за пределами Китая, целью создания которого является улучшение взаимопонимания между культурами Запада и Китая. Река же имеет важное рыбопромысловое значение по добыче лосося.

В. На реке стоит второй по людности город страны, а столица находится на берегах крупнейшего левого притока реки. Известно, что название заливу, а затем самой реке (и не только!), дал пират Жак Картье.

Часть 3. Задание 2.1.

Приведите местный географический термин, которым в пределах страны X называют криогенную форму рельефа – бугор пучения.

Часть 3. Задание 2.2.

Город, расположенный в дельте реки Б.

Часть 3. Задание 2.3.

Второй по численности населения город страны X.

Часть 3. Задание 3.

В бланке ответов напишите пропуски 3.1 - 3.4 в таблице, используя список слов. Для пунктов (1) и (2) пропуски заполните самостоятельно (в бланке ответов). В бланке ответов пронумеруйте ответы в соответствии с номерами

«Территория страны X довольно обширна. В административно-территориальном отношении она делится 13 единиц, из которых 3 представляют (1), а остальные – (2). (3.1) отличается наибольшей долей коренного населения – инуитов среди остальных единиц АДТ страны. Инуиты составляют более 80% населения региона, хотя всего здесь проживает порядка 36 тысяч человек. (3.2) – регион, который прославился своими запасами нетрадиционной нефти, а именно битуминозных песков. За счет этого полезного ископаемого страна X входит в топ-5 стран по запасам нефтяных ресурсов. (3.3) – один из регионов, также богатый полезными ископаемыми, например, свинцом, цинком, серебром, медью. Однако более известен он своими золотыми запасами. От золотой лихорадки в этой местности стало нарицательным слово «клондайк». А регион (3.4) богат в лингвистическом отношении. Это единственный регион типа (2), где оба государственных языка являются официальными, притом, что англофоны преобладают в структуре населения над франкофонами, но билингвами являются около трети населения».

Список слов:

Альберта, Британская Колумбия, Квебек, Манитоба, Новая Шотландия, Нунавут, Ньюфаундленд и Лабрадор, Нью-Брансуик, Онтарио, Остров принца Эдуарда, Саскачеван, Северо-Западные территории, Юкон.

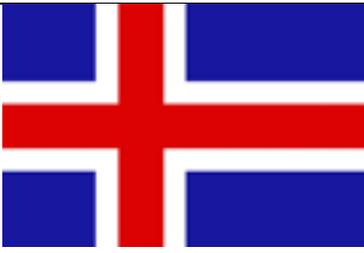
Часть 3. Задание 4.

Определите страну X.

Часть 4. (15 баллов)

Задание 1.

Установите соответствие между флагами островных стран, расположенных в разных частях света, монетами, выпущенными в этих странах и характерными для них отраслями специализации сельского хозяйства. В бланке ответов укажите название стран и соответствующие им буквы-обозначения монет и буквы-обозначения сельскохозяйственной продукции.

	Флаг	Монеты	Сельскохозяйственная продукция
1			а Сахарный тростник, табак, кофе, цитрусовые
2			б Рис, сахарный тростник, маниока, сладкий картофель, молоко, овощи, бананы, манго/гуава, тропические фрукты, картофель
3			в Рис, кокосы, сахарный тростник, бананы, молоко, чай, маниока, кукуруза, домашняя птица, кокосовая койра
4			г Молоко, говядина, киви, яблоки, картофель, баранина, виноград, пшеница, ячмень, зеленый лук/шалот
5			д Молоко, баранина, птица, картофель, ячмень, свинина, яйца, говядина, овечьи шкуры

Часть 5. (15 баллов)

Прочитайте текст и выполните задания.

Среднегодовое количество осадков является основной характеристикой водообеспеченности и гидроэнергетического потенциала территорий. Происходящие изменения климата значительно влияют на эту характеристику. Анализируя многолетние наблюдения за стоком рек, ученые гидрологи выявили происходящие изменения на территории России (рис.1) в современный период по сравнению с предыдущими годами. Для каждого бассейна анализировали изменения значений речного стока за весь период наблюдений и определяли год, когда изменения стока стали ярко заметны, эта граница и отделяла современный период от предыдущего (до климатических изменений).

Часть 5. Задание 1.

Определите города по описанию:

Город 1. Областной центр, расположенный на берегу крупной реки в степной зоне. В городе работает ГЭС и тракторный завод (первый в стране). В городе начинается важная рукотворная артерия водного транспорта.

Город 2. Областной центр в лесостепной зоне. Город стоит на реке, которая начинается в России и продолжается за ее пределами. Также в городе развита газодобывающая и газоперерабатывающая отрасли. Город славится народными промыслами.

Часть 5. Задание 2.

На рисунке 1 показана поверхностная составляющая речного стока в мм слоя стока. Слой стока – это характеристика, которая показывает, какой слой воды стекает с территорий за год. Эта карта (по большей части) характеризует сток до начала ярких климатических изменений. На рисунке 2 ниже указано относительное изменение среднегодового стока рек РФ в современный период по отношению к предшествующему периоду. Определите слой стока в городах из первой части вопроса и рассчитайте, как поменялся сток рек в рассматриваемых городах (в мм) и заполните таблицу в бланке ответов (округлите значения до целого).

При работе с картой берите значение изолинии или среднее значение для цветового диапазона.



Рисунок 1. Поверхностная составляющая речного стока до периода климатических изменений, мм.

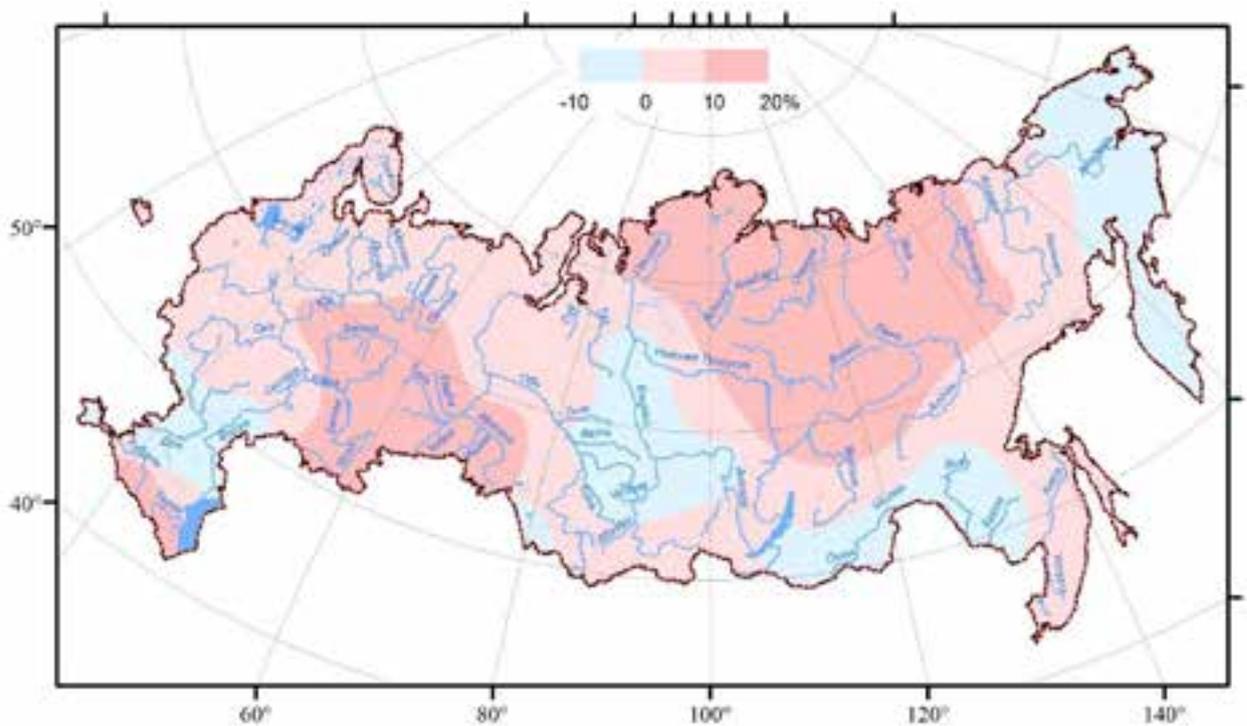


Рисунок 2. Карта-схема изменения (%) среднегодового стока рек РФ в современный период по отношению к предшествующему

Рассчитайте, какой по нему магнитный азимут нужно взять, чтобы попасть от точки с максимальной высотой на аэродром Серонделлас, если учитывать, что магнитное склонение восточное и равняется $5^{\circ} 30'$.

Найдите также географические координаты обеих точек (вышей точки и аэродрома) с точностью до $10''$.

Часть 6. Задание 3.

Охватываемая картой территория включает 4 государства, границы которых сходятся на мосту через крупную реку. Известно, что эта река — четвёртая по протяжённости на материке, а в 30 км ниже по её течению относительно восточной границы карты расположен объект Природного наследия ЮНЕСКО, названный в честь королевы Великобритании и открытый шотландским исследователем в середине XIX века.

Напишите названия

- всех 4 государств,
- реки, через которую проложен мост,
- объекта наследия ЮНЕСКО,
- а также имя исследователя, открывшего его.

Часть 6. Задание 4.

Часть 6. Задание 4.1.

Изображённый на карте Национальный парк Чобе с 2011 года включён в состав более крупного трансграничного парка, охватившего участки территорий всех 4 государств, представленных на карте.

К какой природной зоне относится этот трансграничный парк?

Часть 6. Задание 4.2.

Определите верную для данной природной зоны комбинацию «тип почв – растение – животное».

- А) красно-бурые – зонтичная акация – зебра
- Б) бурые полупустынные – баобаб – шимпанзе
- В) серозёмы – вельвичия – африканский лев
- Г) красно-жёлтые ферралитные – бересклет – тушканчик

Часть 6. Задание 4.3.

Назовите также крупнейший по площади национальный парк данного материка, относящийся к той же природной зоне.

**Решения и критерии оценивания заключительного этапа
Всероссийской олимпиады школьников «Высшая проба»
по профилю «География»**

2020-2021 учебный год
Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба», 2 этап,
профиль «География», 9-10 классы

Максимальное количество баллов — 100.

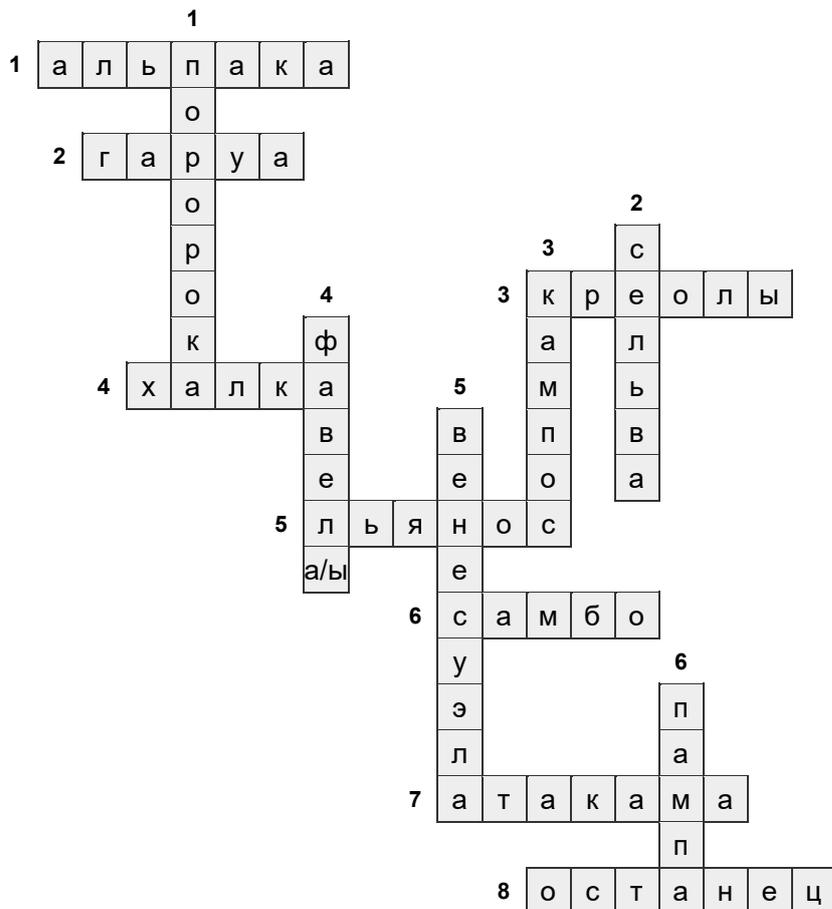
Время выполнения – 240 минут (дистанционно с прокторингом).

Задание 1 (15 баллов).

ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

№	Ответ		Критерии
1	А	Смог	2 балла при 4 верных ответах, 1 балл при 2-3 верных ответах
	Б	Пыльная буря	
	В	Изморозь	
	Г	Гололед, гололедица, ледяной дождь	
	Два города		Лос-Анджелес, Лондон
Тип нерационального природопользования		Осушение торфяников // осушение болот	1 балл
2	1	Тропический циклон // циклон	1 балл
	2	Катрина	1 балл
	3	Новый Орлеан	1 балл
	<u>Низкого</u>		1 балл
	<u>Северном</u>		1 балл
	<u>Южном</u>		1 балл
	Название метеоявления, формирующегося на северо-западе Тихого океана		Тайфун
3	А	Бора // новороссийская бора	1 балл
	Б	обледенение // оледенение и другие формулировки, не искажающие ответа	1 балл
	В	Норд // Бакинский норд // Хазри	1 балл
Максимальный балл			15 баллов

ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ



Каждый верный ответ в кроссворде оценивается в **1 балл**, **максимальный балл – 14**.

По горизонтали	По вертикали
1. Альпака	1. Поророка
2. Гаруа	2. Сельва
3. Креолы	3. Кампос
4. Халка	4. Фавела/ы
5. Льянос	5. Венесуэла
6. Самбо	6. Пампа
7. Атакама	
8. Останец	

Название материка – Южная Америка – 1 балл

Максимальный балл за задание = 15 баллов

ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

№	Ответ		Критерии	
1	1	<i>БАМ // Байкало-Амурская магистраль</i>	1 балл	
	2	<i>Тайшет</i>	1 балл	
	3	<i>Транссибирская магистраль // Транссиб</i>	1 балл	
	Цвет на картосхеме	<i>зелёный</i>	2 балла	
2	№ изображения	Буква описания	Географический объект из списка	Оценивается полное соответствие: изображение - буква - объект
	1	<i>Д</i>	<i>Байкал</i>	1 балл
	2	<i>Е</i>	<i>Чарские пески</i>	1 балл
	3	<i>Б</i>	<i>Комсомольск-на-Амуре</i>	1 балл
	4	<i>Г</i>	<i>Советская Гавань</i>	1 балл
	5	<i>А</i>	<i>Усть-Кут</i>	1 балл
Дополнительные задания				
1	Река	<i>Лена</i>	1 балл	
2	Остров	<i>Ольхон</i>	1 балл	
	Глубина (м)	<i>1637 // 1642</i>	1 балл	
	Процесс	<i>Рифтогенез // континентальный рифтогенез, тектонический разлом, рифт, расхождение литосферных плит, спрединг</i>	1 балл	
3	Местный термин	<i>тукулан</i>	1 балл	
	Форма рельефа	<i>Суффузионная воронка, термокарстовая воронка, карстово-суффузионная воронка, карстовая воронка</i>	1 балл	
4	Отрасль машиностроения	<i>Авиационная промышленность // авиастроение</i>	1 балл	
	Тип климата	<i>Муссонный // умеренный муссонный</i>	1 балл	
5	Пролив	<i>Татарский</i>	1 балл	
	Остров	<i>Сахалин</i>	1 балл	
Максимальный балл			20 баллов	

Профиль «География». Решения и критерии оценки. 9-10 классы. 2020-2021 учебный год
Задание 4 (15 баллов).

ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

Административный центр	Административно-территориальная единица с особым статусом	Субъект РФ	Диаграмма
п. Усть-Ордынский	<i>Усть-Ордынский Бурятский округ</i>	<i>Иркутская область</i>	<i>В</i>
с. Агинское	<i>Агинский Бурятский округ</i>	<i>Забайкальский край</i>	<i>Д</i>
пгт. Палана	<i>Корякский округ</i>	<i>Камчатский край</i>	<i>Г</i>
п. Тура	<i>Эвенкийский район</i>	<i>Красноярский край</i>	<i>Б</i>
г. Кудымкар	<i>Коми-Пермяцкий округ</i>	<i>Пермский край</i>	<i>А</i>

*По 1 баллу за каждую, верно заполненную ячейку.
Максимальный балл - 15 баллов.*

ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

1.

1.1. По **3 балла** за каждый из столбцов таблицы, если **все восемь** значений в строке отличаются от указанных ниже не более, чем на 0,5% (**всего 9 баллов**). При наличии **1—2 ошибок в столбце — 2 балла, 3—4 ошибок — 1 балл, 5 и более ошибок — 0 баллов**.

Субъект	2016	2017	2018
Республика Адыгея	85907,8	88571,0	91493,8
Республика Калмыкия	50971,3	51837,8	51941,5
Республика Крым	281928,8	293206,0	308159,5
Краснодарский край	1935445,6	1989638,1	1997596,6
Астраханская область	331327,5	372080,8	390312,7
Волгоградская область	730091,6	729361,5	723526,6
Ростовская область	1227196,6	1256649,3	1281782,3
г. Севастополь	52410,4	53563,4	54634,7

1.2. По **1 баллу** за каждый из столбцов таблицы, если **оба** значения в столбце отличаются от указанных ниже не более, чем на 0,5% (**всего 3 балла**).

	2016	2017	2018
ВРП, млн Р	4695279,6	4834907,8	4899447,7
ИФО ВРП, %	101,3%	103,0%	101,4%

2. Волгоградская область (**1 балл**)

3. **Отрасль добывающей промышленности:** нефтегазовая промышленность (зачёт: газовая промышленность, нефтяная промышленность; **1 балл**)

Отрасль машиностроительной промышленности: судостроение (**1 балл**)

Задание 6 (20 баллов).

№	Ответы
1.1	Бассейн Озера Убсу-Нур / Убсунурская Котловина (1 балл)
2.1	Россия (1 балл)
2.2	Монголия (1 балл)
3.1	$794\text{м} - 758\text{м} = 36\text{ м}$ (1 балл)
4.1	1:200000 (1 балл)
4.2	в 1см – 2 км (1 балл)
5.1	М-46-16 (1 балл)
6.1	50°39' СШ (2 балла)
6.2	93°26' ВД (2 балла)
6.3	Увидеть озеро нельзя (1 балл)
6.4	Так как максимальная видимость с вершины до 15 км, а расстояние до озера больше 28 км (1 балл)
7.1	№3 – места постоянных стоянок юрт (1 балл)
8.1	луговая растительность (1 балл) кустарники (1 балл) редколесье (1 балл) камышовая и тростниковая растительность (1 балл) болота (1 балл) солончаки (1 балл) Допускаются ответы с обозначением переходных типов растительности

Максимальный балл - 20 баллов.

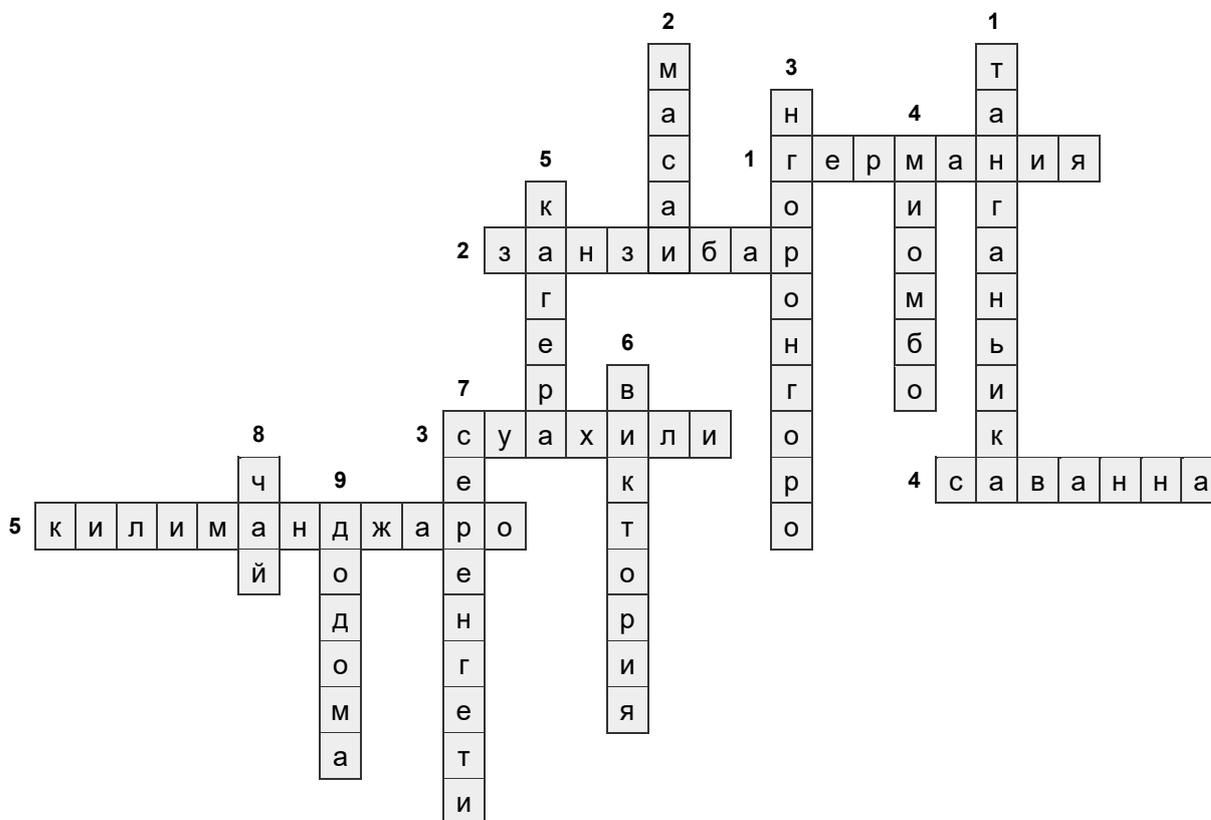
2020-2021 учебный год
Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба», 2 этап,
профиль «География», 11 класс

Задание 1 (15 баллов).

ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

№	Ответ			Критерии
1	<u>Гипоцентр</u>			1 балл
	<u>Эпицентр</u>			1 балл
	1.1	по внешним признакам // на основе данных о разрушениях// на ощущениях человека		1 балл
	1.2	Магнитуда / Логарифм отклонения иглы сейсмографа		1 балл
2	1	Тектонические		1 балл
	2	Техногенные // антропогенные		1 балл
3	Наведенные, техногенные, антропогенные			1 балл
	Шкала Рихтера			1 балл
4	Гувера			1 балл
	Б			1 балл
5	А	4	<i>III</i>	4 балла за полностью верный ответ, 3 балла за одну неверную строчку, 2 балл за две-три неверных строчки, 1 балл за четыре неверных строчки
	Б	1	<i>IV</i>	
	В	5	<i>I</i>	
	Г	3	<i>V</i>	
	Д	2	<i>II</i>	
Карское море				1 балл
Максимальный балл				15 баллов

ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ



Каждый верный ответ в кроссворде оценивается в **1 балл**, максимальный балл – **14**.

По горизонтали		По вертикали	
1	Германия	1	Танганьика
2	Занзибар	2	Масаи
3	Суахили	3	Нгоронгоро
4	Саванна	4	Миомбо
5	Килиманджаро	5	Кагера
		6	Виктория
		7	Серенгети
		8	Чай
		9	Додома

Страна, которой посвящен кроссворд — **Танзания //Объединенная республика Танзания - 1 балл**

Максимальный балл за задание = 15 баллов

ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

№	Ответ	Критерии					
1	Великий Шелковый путь // Шелковый путь	1 балл					
	Шелк	1 балл					
	Фарфор	1 балл					
	Китай // КНР // Китайская Народная Республика	1 балл					
	Вербилки, Ликино-Дулево, Гжель, Кузьево, Раменское	2 балла за любые два верных ответа					
2	Б	1 балл					
3	1 – Турфанская	1 балл					
	2 – Памир	1 балл					
	3 – Ферганская	1 балл					
	4 – Лобнор	1 балл					
	5 – Такла-Макан	1 балл					
	А – кяриз // кариз // кахриз // канат	1 балл					
	Б – пик Коммунизма, пик Исмаила Самани (Исмоила Сомони)	2 балла, по 1 баллу за каждый верный ответ					
	В – песчаная	1 балл					
4	Географический объект страны	Такла-Макан // 5	Лобнор // 4	Турфанская // 1	Памир // 2	Ферганская // 3	3 балла за все верно названные объекты, 2 балла за три верно названных объекта, 1 балл за два верно названных объекта. Расположение в таблице объектов 1, 4, и 5 не имеет значения
	Китай	+	+	+	+		
	Киргизия				+	+	
	Афганистан				+		
	Таджикистан				+	+	
	Узбекистан					+	
5	Гидротехническое сооружение	Суэцкий канал				1 балл	
	Максимальный балл					20 баллов	

Профиль «География». Решения и критерии оценки. 11 класс. 2020-2021 учебный год
Задание 4 (15 баллов).

ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

Значение названия штата	Название штата	Прозвище штата	Рисунок
«Большая вода» (оджибве)	<i>Мичиган</i>	<i>Автомобильный штат</i>	<i>Г</i>
«Заснеженная» (испанский)	<i>Невада</i>	<i>Горнопромышленный штат</i>	<i>В</i>
В честь короля Людовика XIV (французский)	<i>Луизиана</i>	<i>Штат пеликана</i>	<i>Б</i>
В честь Елизаветы I (латинский)	<i>Виргиния/Вирджиния</i>	<i>Старый Доминион</i>	<i>А</i>
«Имеющий маленький ручей» (оодхам)	<i>Аризона</i>	<i>Штат Большого Каньона</i>	<i>Д</i>

*По 1 баллу за каждую верно заполненную ячейку.
Максимальный балл - 15 баллов.*

Профиль «География». Решения и критерии оценки. 11 класс. 2020-2021 учебный год
 Задание 5 (15 баллов).

ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

№	Ответы	Баллы
1	А – 3 (кукуруза)	1 балл
	Б – 8 (сахарный тростник)	1 балл
	В – 4 (рапс)	1 балл
2	Б	2 балла
	$УС = (30,538 / 126,005) / ((30,538 + 89,436) / (126,005 + 4037,353)) = 8,4$	4 балла за полный ответ, за расчет – 2 балла, за результат расчета 2 балла
3	В	2 балла
	$КЛ = ((615,162 / (615,162 + 18,988)) / ((4037,353) / (4037,353 + 126,005))) = 1,0$	4 балла за полный ответ, за расчет – 2 балла, за результат расчета 2 балла

Максимальный балл – 15 баллов

Профиль «География». Решения и критерии оценки. 11 класс. 2020-2021 учебный год
Задание 6 (20 баллов).

№	Ответы
1.1	остров Майотта – 1 балл
1.2	заморский департамент Франции – 1 балл
2.1	Коморские острова – 1 балл
2.2	Мозамбикский пролив – 1 балл
3	вулканическое – 1 балл
4.1	г. Мсапере – 1 балл
4.2	12°46' ЮШ – 2 балла
4.3	45°11' ВД – 2 балла
5.1	13 км – 1 балл
5.2	- 88 м – 2 балла
6	SD-38-10 или D-38-10 – 2 балла
7.1	1:200000 – 1 балл
7.2	в 1 см – 2 км – 1 балл
8	коралловый риф – 1 балл
9.1	мангровая растительность – 1 балл
9.2	пальмовые рощи – 1 балл

Максимальный балл – 20 баллов

2021-2022 учебный год

Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба», 2 этап,

профиль «География», 9-10 классы

Задание 1.

Прочитайте легенду, повествующую о происхождении вулканов, и выполните задания.

1. *Название спящего вулкана Истаксиуатль можно перевести как «Белая» или «Спящая женщина», потому что очертания горы напоминают женщину, спящую на спине, и потому, что она часто покрыта снегом. В обиходе гору называют просто Иста. Это высочайшая из гор, окружающих долину Мехико; рядом с ней стоит Попо (1.1) - «Дымящаяся гора». Издавна местные жители наделяли эти вулканы человеческими чертами и складывали легенды об их происхождении:*

«Истлаксихуатль, прекрасная дочь могущественного правителя ацтеков, была единственной наследницей его трона и славы. Когда ее отец стал стар и слаб, враги пошли на него войной. Правитель призвал на помощь самых храбрых молодых воинов из подвластных ему племен и предложил свой трон и руку дочери тому из них, кто победит врагов. Самым бесстрашным воином был Попо. Иста и Попо уже давно любили друг друга. Так и решили: как вернется победитель с войны, так и сыграют влюбленные свадьбу.

Война была долгой, жестокой, кровопролитной, а когда она уже подходила к концу и Попо вот-вот должен был вернуться с победой и получить награду, его соперники послали весть, будто он убит. Подкупленный гонец сообщил страшную новость молодой невесте. Услышав это, Иста схватилась рукой за сердце, вскрикнула и упала замертво.... Но не успели ее похоронить, как вернулся наперекор судьбе, с победой, бесстрашный воин Попо.

Убитый горем Попо не находил себе места и, наконец, решил, что он не расстанется со своей любовью. Из золота, что он принёс в качестве военной добычи, он построил высоченную пирамиду-гробницу, на вершину которой он возложил тело Исты. Затем он построил рядом пирамиду и для себя. Попо взобрался на вершину своей пирамиды, держа в руке горящий факел, и остался там, чтобы охранять вечный сон своей возлюбленной.

Прошли годы, снега засыпали принцессу и отважного воина, они сами превратились в горы, но не погас пылающий факел. Он горит и сегодня, жаркий и неугасимый, как любовь Попо к прекрасной Исте.

А что же стало с тем подлым гонцом, который столь коварно обманул принцессу Исту вестью о гибели Попо? Боги превратили его в вулкан (1.2), который издали наблюдает за бездыханной Истой и безутешным Попо...».

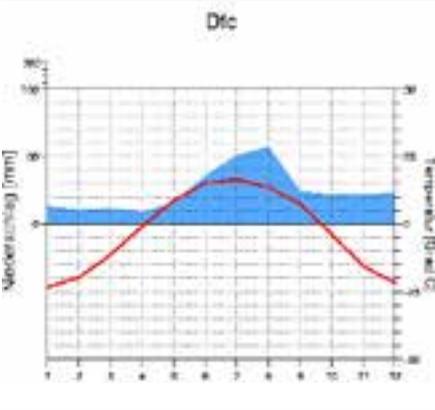
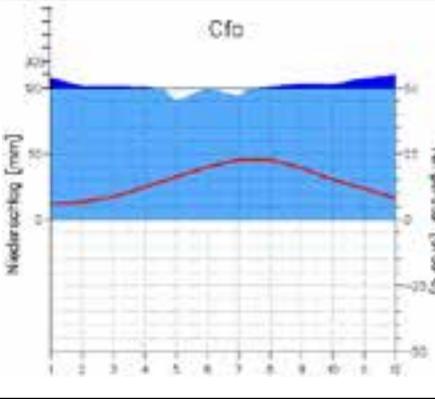
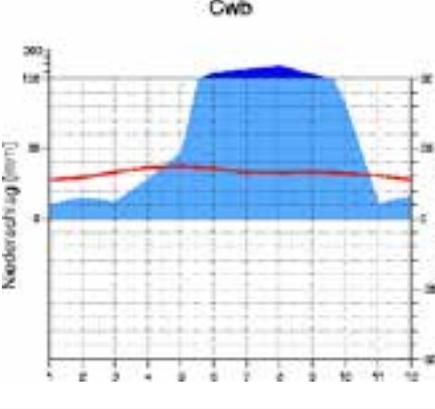
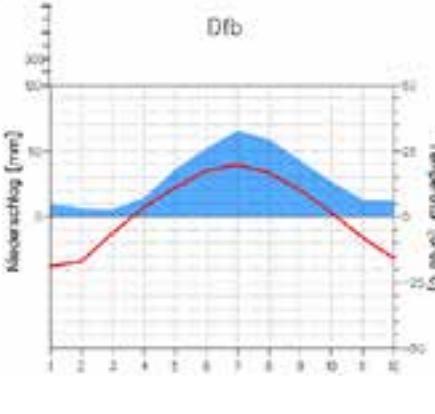
Назовите:

1.1. Полное название вулкана, которым, по легенде, стал бесстрашный воин-жених прекрасной Исты?

1.2. Название вулкана, в которого, по легенде, боги превратили подкупленного гонца, если известно, что этот вулкан – самый высокий на своем континенте.

1.3. Группу процессов рельефообразования, в результате действия которых на самом деле возникли вулканы, которым посвящена легенда.

2. Из представленных географических описаний: фотографий (1-4), климатограмм (А-Г), форм рельефа (I-IV), выберите по 1 элементу, наиболее подходящих для описания вулкана Истаксиуатль. Запишите получившуюся последовательность в бланк ответов.

Фотография		Климатограмма		Формы рельефа	
1		А		I	Плакор, куэсты
2		Б		II	Лавинный лоток, трог
3		В		III	Цирк, курумы
4		Г		IV	Горнито, барранкос

3. Заполните пропуски в схеме «Основные виды вулканов», если известно, что:

- вулканы из легенды имеют форму **3.1**;
- тип извержения **3.2** характерен для двух известных вулканов, расположенных на архипелаге в более чем 6200 км к западу от описываемых территорий. Название одного из них переводится как «Белая гора», а второго – «Длинная гора». В бланке ответов запишите названия этих вулканов.



4. «Белая гора» считается географическим объектом-рекордсменом по одной из характеристик рельефа. Укажите, как называется эта характеристика.

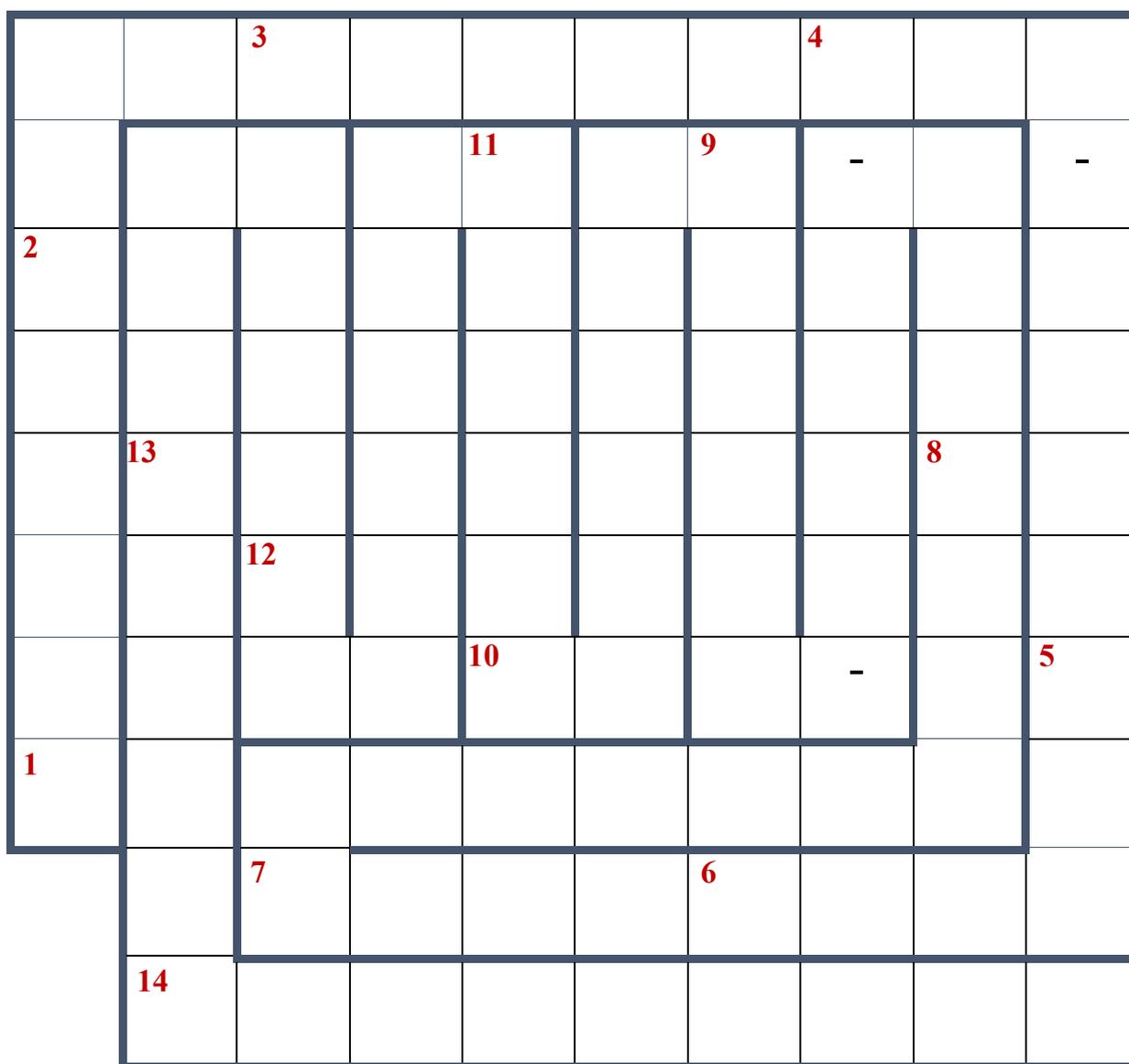
5. Ежедневно по всей Земле извергаются вулканы. Чаще всего постоянная активность вулканов не наносит значительного ущерба жителям окрестных территорий. Напротив, деятельность вулканов, которые извергаются реже – более опасна. С сентября 2021 года на острове Пальма происходило длительное и мощное извержение вулкана Кумбре-Вьеха. В бланке ответов укажите название архипелага **(5.1)**, в состав которого входит остров Пальма, и государство **(5.2)**, которому он принадлежит.

ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

№	Ответ		Критерии
1	1.1	Попокатепетль	1 балл
	1.2	Орисаба	2 балла
	1.3	эндогенные // внутренние // магматические // вулканические // эффузивный магматизм // эффузивные	1 балл
2	1, B, IV		2 балла за 3 верно определенных элемента
3	3.1	стратовулкан	1 балл
	3.2.	гавайский	1 балл
	Мауна-Лоа		1 балл
	Мауна-Кеа		1 балл
	3.3-3.5	действующий, спящий, потухший <i>(последовательность не имеет значения)</i>	По 1 баллу , всего 3 балла
4	относительная высота // превышение		1 балл
5	5.1	Канарские острова	1 балл
	5.2	Испания	1 балл

Разгадайте чайнворд и определите, какой стране он посвящен.

Чайнворд – это такой вид кроссворда, в котором слова идут последовательно по цепочке, причем последняя буква слова является первой буквой следующего.



Профиль «География». Решения и критерии оценки. 9-10 классы. 2021-2022 учебный год

1 – Природный объект. Объект гидросферы, к которому относится географический объект «Перито-Морено».

2 – Путешественник. Дал название стране, ожидая обнаружить в ней крупные залежи полезного ископаемого, сын известного мореплавателя.

3 – Спортивная должность. В этой должности работал футболист Диего Марадона, известный в том числе как автор гола, который в истории называется «Рука Бога».

4 – Река. «Черная река», по направлению течения которой фактически проходит граница полупустынь умеренного и субтропического поясов.

5 – Представитель семейства кошачьих. Этот вид отличается окрасом с темными кольцами. Особь этого вида была домашним животным Сальвадора Дали.

6 – Танец. Парный эмоциональный танец, возникший на рубеже XIX–XX вв. в результате смешения музыки, движений, особенностей культурных традиций народов разных стран.

7 – Отрасль сельского хозяйства. Страна является одним из лидеров по поголовью этих животных, а также занимает высокие позиции в рейтинге стран-производителей шерсти.

8 – Вулкан. Самый высокий вулкан планеты, при этом он не является высшей точкой рассматриваемого государства.

9 – Часть топонима. Данное прилагательное в названии острова дала вовсе не его вулканическая активность, а обилие костров, горевших на его территории во время его открытия европейцами.

10 – Страна. В песне екатеринбургской рок-группы это островное государство в одном из спортивных соревнований, с крупным счетом проиграло стране, которой посвящён чайнворд.

11 – Гора. Наивысшая точка государства и части света, в которой она расположена.

12 – Острова. Географическое понятие, которым называют группу остров, например, спорные территории между страной и одной из конституционных монархий мира.

13 – Историческая личность. Уроженец рассматриваемого государства, хотя прославился своей революционной политической деятельностью в других испаноязычных странах.

14 – Дерево. Вечнозеленое хвойное дерево, которое произрастает на западных окраинах страны.

Страна, которой посвящен чайнворд: _____

ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

Б	О	³ Т	Р	Е	Н	Е	⁴ Р	И	О
А	Е	П	К	¹¹ А	Г	⁹ О	-	С	-
² К	Л	И	О	К	Н	Д	Д	О	Н
И	А	Х	Н	Й	Е	А	Е	Х	Е
Н	¹³ Г	Р	К	А	Н	Л	Л	⁸ О	Г
Д	Е	¹² А	А	М	Н	А	Ь	В	Р
Е	В	У	Г	¹⁰ Я	А	С	-	Т	⁵ О
¹ Л	А	В	Ц	Е	В	О	Д	С	Ц
	Р	⁷ О	Г	Н	А	⁶ Т	О	Л	Е
	¹⁴ А	Р	А	У	К	А	Р	И	Я

Каждый верный ответ в чайнворде оценивается в 1 балл, максимальный балл – 14.

1	ледник	8	Охос-дель-Саладо
2	Кабот	9	Огненная
3	тренер	10	Ямайка
4	Рио-Негро	11	Аконкагуа
5	оцелот	12	архипелаг
6	танго	13	Гевара
7	овцеводство	14	араукария

Страна, которой посвящен чайнворд — Аргентина – 1 балл

Максимальный балл за задание = 15 баллов

Задание 3.

Определите полуостров, находящийся на территории Российской Федерации, который омывается водами только одного моря, и выполните задания, посвящённые этому географическому объекту.

1. Назовите географические объекты, указанные на исторической карте (рис.1), и запишите их названия, если известно, что А и Б – заливы; В – река; Г – архипелаг; Д – горная система. Выполните **дополнительные задания**, связанные с объектами А - Д.

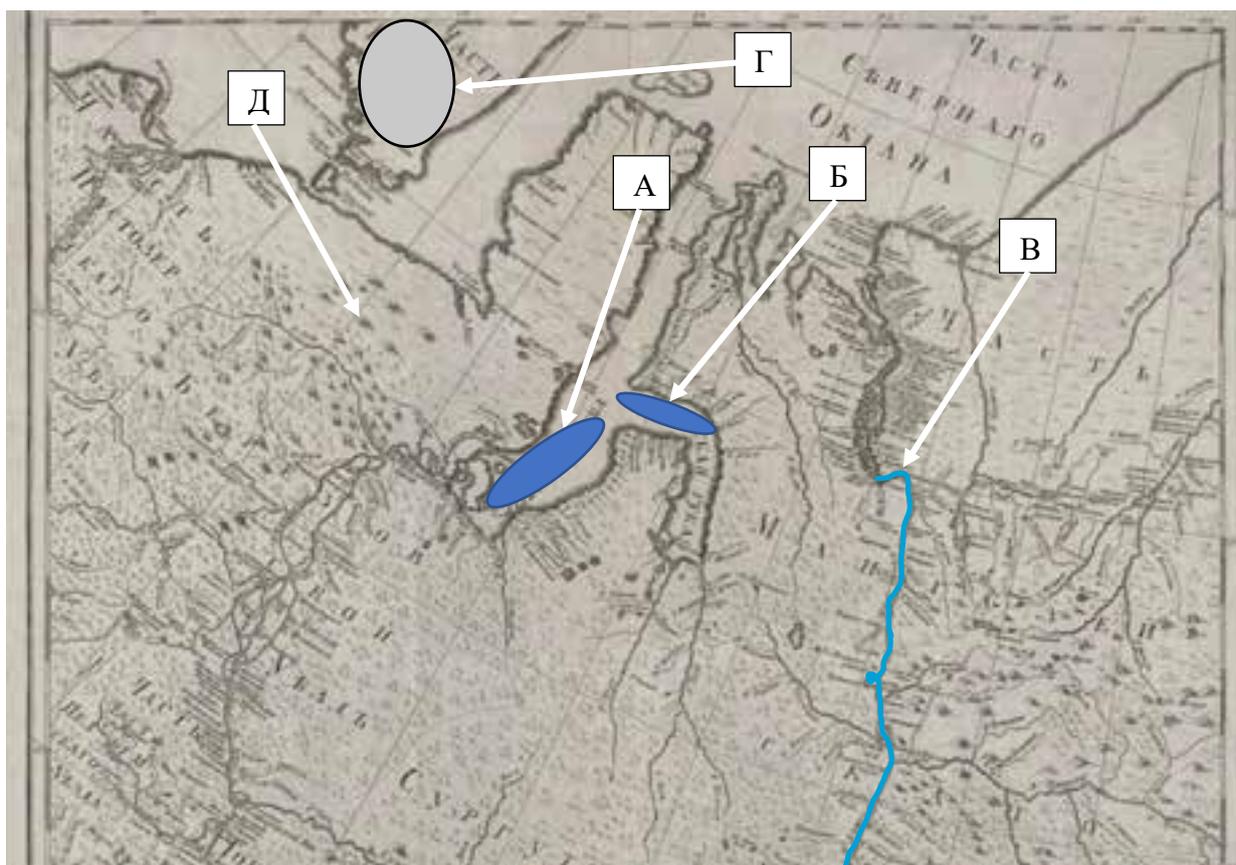


Рис. 1

Дополнительные задания к объектам А – Д.

А) Назовите крупнейший город в бассейне наиболее полноводной реки, впадающей в залив.

Б) Назовите возвышенность, на которой берет начало наиболее полноводная река, впадающая в залив.

В) Назовите крупнейшее по площади зеркала водохранилище, расположенное в бассейне реки.

Г) Назовите пролив между двумя крупнейшими островами архипелага.

Д) Назовите эпоху складчатости, в которую сформировалась горная система.

2. Выберите **верные утверждения** о полуострове и запишите их литеры в поле ответа через запятую.

А) Субъект РФ, в котором находится полуостров, специализируется в первую очередь на добыче нефти.

Б) Полуостров относится к зоне сплошного распространения многолетней мерзлоты.

В) На полуострове построен первый в России порт с заводом СПГ.

Г) Субъект РФ, в котором расположен полуостров, граничит с двумя автономными округами.

Д) С языка ительменов название полуострова можно перевести как «Конец земли».

Е) Полуостров не имеет железнодорожной связи с остальной территорией России.

Ж) На шельфе моря, омывающего полуостров, сосредоточены значительные запасы природного газа.

З) Административный центр является лишь третьим по численности населения городом в субъекте РФ, в котором расположен полуостров.

3. Ареал расселения какого народа, проживающего в том числе и на территории полуострова, изображен на картосхеме (рис.2)? Запишите в бланк ответов название народа.

Муниципальные образования, в которых доля народа составляет более 1 %

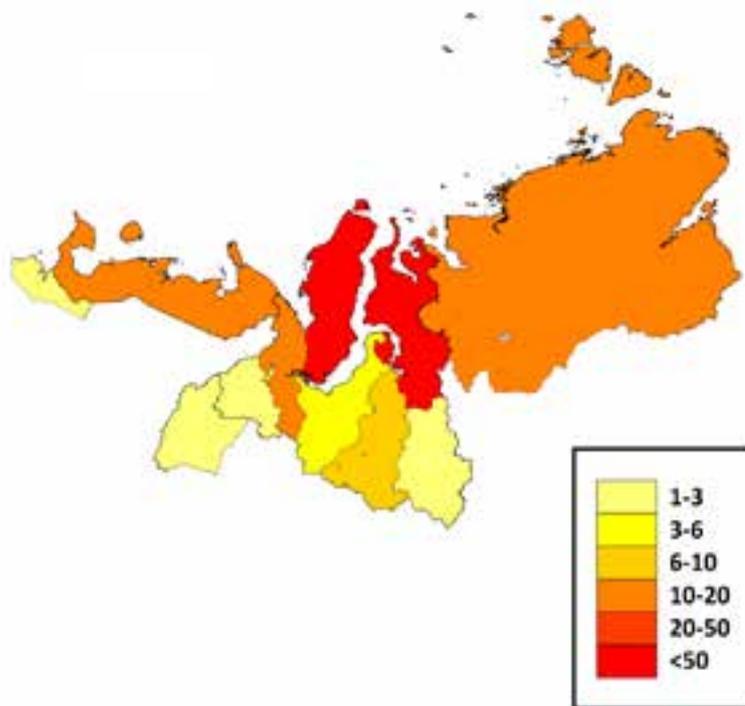


Рис. 2

4) Выберите из списка формы рельефа, которые могут наблюдаться на территории полуострова, которая изображена космическом снимке (рис.3)? Запишите литеры ответов через запятую.

Список форм рельефа: А) курумы; Б) искорь; В) аласы; Г) солифлюкционные террасы; Д) поля; Е) булгунняхи; Ж) столбы выветривания; З) полигональные ландшафты.



Рис. 3

ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

№	Ответы	Баллы
Ямал		4 балла
1	А) Обская губа • Новосибирск Б) Тазовская губа • Сибирские Увалы В) Енисей • Братское водохранилище Г) Новая Земля • Маточкин Шар Д) Урал / Уральские • герцинская / позднепалеозойская / древняя	А) 1 балл • 1 балл (если написано название объекта) Б) 1 балл • 1 балл (если написано название объекта) В) 1 балл • 1 балл (если есть написано название объекта) Г) 1 балл • 1 балл (если написано название объекта) Д) 1 балл • 1 балл (если написано название объекта) Всего 10 баллов
2	Б, Г, Ж, З	2 балла за полностью верный ответ. <i>Этот блок не проверяется, если полуостров определен неверно, т.е. 0 баллов</i>
3	ненцы	2 балла
4	В, Г, Е, З	2 балла за полностью верный ответ.
Максимальный балл		20 баллов

1) Определите народы А–Е, если известно, что все они относятся к одной языковой семье, некоторые из них являются титульными в нескольких республиках России, а другие имеют свои государственные образования. Контуры территорий субъектов РФ и стран, где проживают эти народы, представлены на рисунках. Напишите названия народов под соответствующей буквой.

		
А	Б	В
		
Г	Д	Е

2) Определите, какие характеристики и географические объекты будут относиться к соответствующим народам и территориям А–Е (по три характеристики для каждого народа).

- 1) Фергана; 2) буддизм; 3) асбест; 4) Салават Юлаев; 5) Апшеронский полуостров; 6) Ысыях; 7) Белая; 8) географический центр Азии; 9) Памуккале; 10) хромитовые руды; 11) Нахичевань; 12) Кумертау; 13) шиизм; 14) Верхоянский хребет; 15) Ван; 16) Бухарский эмират; 17) устье Амударьи; 18) Мирный.

ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

Территория	Название народа	Номера характеристик
	1 балл за верный ответ	По 0,5 за каждый верный ответ (1,5 в ячейке). В случае, если народ определен не верно, ответы не проверяются (0 баллов за строку)
А	азербайджанцы	5, 11, 13
Б	якуты	6, 14, 18
В	тувинцы // тыва	2, 3, 8
Г	узбеки	1, 16, 17
Д	турки	9, 10, 15
Е	башкиры	4, 7, 12

Энергия, затрачиваемая на отопление, резко возрастает в холодное время года. Ее количество зависит от температурного режима в период отопительного сезона. Для оценки затрат топлива и, соответственно, выбросов парниковых газов используется Индекс потребления топлива (ИП) в градусо-сутках, представляющий собой сумму температур за весь отопительный период, на которые нужно нагреть воздух в помещении чтобы достичь отметки +18 °С. Глобальные изменения климата приводят к изменению продолжительности отопительного сезона и средней температуры за этот период, что ставит задачу оценки изменений затрат топлива и выбросов в атмосферу. Межправительственная группа экспертов по изменению климата собирает данные долгосрочных прогнозов изменения климата, полученные в разных странах с помощью моделирования атмосферы, океана и других сфер нашей планеты. Используя данные моделирования, можно оценить возможные изменения температурного режима в будущем и подготовить стратегические решения по оптимизации энергетического комплекса.

1. Определите два города России.

Город 1. Город дал название региону, в котором он является административным центром. Расположен в 120 км от одного моря и в 140 км от другого, одно из этих морей является самым тёплым среди российских морей. В субъекте РФ, в котором находится этот город, развито сельское хозяйство и ощущается нехватка воды.

Город 2. Город расположен за полярным кругом. Часть населения города представлено титульным народом субъекта РФ, в котором он расположен. Город страдает от сильного оттока населения с 90-х годов, по причине экономического упадка градообразующего предприятия, которое специализируется на добыче горючих ископаемых.

2. По данным наблюдений продолжительность отопительного периода в *городе 1* в настоящее время составляет - 145 дней. Средняя температура воздуха в этот период составляет +2 °С. То есть, потребление топлива характеризуется $ИП = 16 \cdot 145 = 2320$ градус-дней. Глобальное изменение климата по данным МГЭИК приведет к 2080 году в данном регионе к уменьшению отопительного периода примерно на 20% и увеличению средней температуры за этот период на 2 °С.

В *городе 2*, по данным наблюдений продолжительность отопительного периода в настоящее время составляет 300 дней. Средняя температура в этот период составляет -10 °С. То есть, потребление топлива характеризуется $ИП = 28 \cdot 300 = 8400$ градус-дней. Глобальное изменение климата по данным МГЭИК приведет к 2080 году в данном регионе к уменьшению

Профиль «География». Решения и критерии оценки. 9-10 классы. 2021-2022 учебный год
 отопительного периода примерно на 20% и увеличению средней температуры за этот период на 6 °С.

Сколько дней будет составлять продолжительность отопительного сезона к 2080 году в городах 1 и 2? *Как изменятся* в многолетнем плане затраты на топливо, выраженные через индекс топлива. *Укажите изменение ИП* в % от современного значения для каждого города. В каком городе будет достигнута большая экономия топлива (*напишите название города*)?

3. Какие методы снижения выбросов парниковых газов вы можете предложить для снижения глобального потепления климата (*приведите 2 примера*)?

ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

Часть 1 (максимальный балл = 6)

Элемент ответа	Ответ	баллы
<i>Город 1</i>	Краснодар	3 балла
<i>Город 2</i>	Воркута	3 балла

Часть 2 (максимальный балл = 5)

Часть 2 Параметры отопительного сезона в 2080 г (округлить до целых)

Период	Продолжительность отопительного сезона в 2080 г, дней.	Индекс потребления топлива в 2080 г, градусо-дней.	Изменение ИП в %
<i>Город 1</i>	116	1624	30
<i>Город 2</i>	240	5280	38

4 балла за полностью правильные ответы в ячейках.

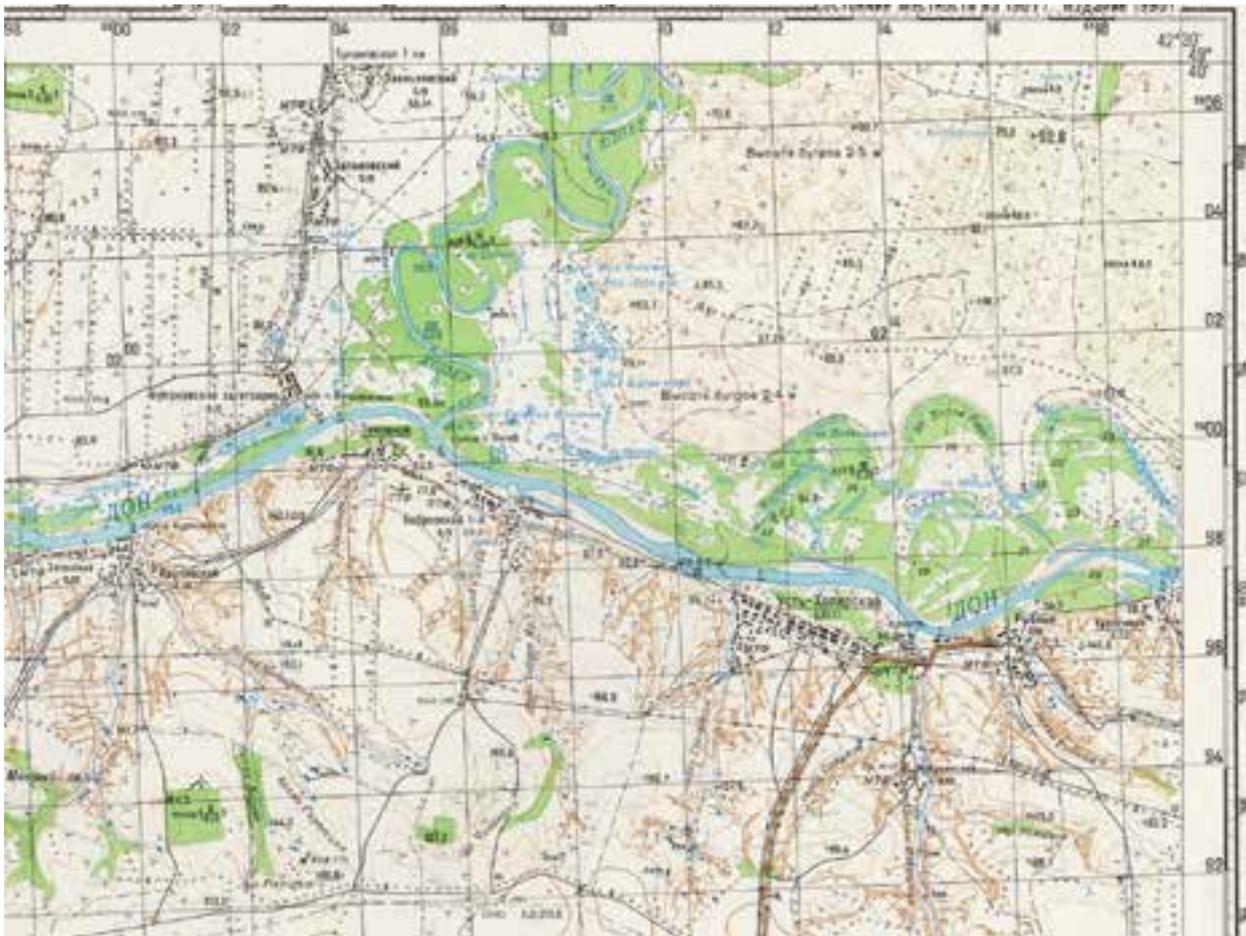
Город, в котором будет достигнута большая экономия топлива: *Воркута - 1 балл*

Часть 3 (максимальный балл = 4)

Элемент ответа	Ответ	Баллы
Какие методы снижения выбросов парниковых газов вы можете предложить для снижения глобального потепления климата	<i>Переход альтернативные источники энергии, электротранспорт, снижение потребления продовольственных товаров, особенно мяса, экономия ресурсов – энергии, воды, и т.д., инженерные способы улавливания углерода</i>	4 балла за 2 верных утверждения, 2 балла за одно верное утверждение

Максимальный балл = 15 баллов

Задание 6.



- 1) Определите масштаб топографической карты, если известно, что сторона квадрата километровой сетки составляет 2 см. Приведите расчет и запишите численный масштаб в поле ответа.
- 2) Укажите значения северной широты и восточной долготы для самой высокой точки на представленном фрагменте местности на топографической карте. Напишите букву варианта ответа и число значение абсолютной высоты данной точки.
А) $49^{\circ}33'40''$; Б) $42^{\circ}33'40''$; В) $49^{\circ}19'40''$; Г) $42^{\circ}19'40''$; Д) $42^{\circ}40'19''$; Е) $49^{\circ}40'33''$.
- 3) Определите сечение рельефа (между сплошными изогипсами) на топографической карте. Рассчитайте максимальный перепад высот на данном участке местности, учитывая подписанные абсолютные высоты на топографической карте.
- 4) Какая река является главной и какое её генеральное направление течения на данном участке местности? Дайте характеристику главной реки для створа, который расположен ближе всего к устью её крупного левого притока, обозначенного на данном фрагменте топографической карты. Укажите: характер грунта дна, глубину (в метрах), ширину (в метрах).
- 5) Каково происхождение озёрных котловин, расположенных на левобережье главной реки на данном участке местности?
- 6) Какие две формы рельефа характерны для правобережья главной реки? В чем заключается принципиальная разница между этими формами рельефа?
- 7) Какая горная порода слагает бугры, распространённые в северо-восточном участке территории и какая древесная порода являются преобладающей на этой территории?
- 8) В каком субъекте РФ расположена местность, изображённая на топографической карте?

ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

№	Элемент задания	Ответ	Баллы
1	Расчет	$2 : 2 = 1$	1 балл
	Численный масштаб	1 : 100 000	1 балл
2	Северная широта	А	1 балл
	Восточная долгота	Г	1 балл
	Абсолютная высота (м)	212,6	1 балл
3	Высота сечения рельефа (м)	20	1 балл
	Максимальный перепад высот (м)	164,4	1 балл
4	Название главной реки	Дон	1 балл
	Направление течения	с запада на восток // на восток // восточное	1 балл
	Характер грунта дна	песок	1 балл
	Глубина (м)	3,5	1 балл
	Ширина (м)	243	1 балл
5	Происхождение озёрных котловин	старицы // старичные	1 балл
6	Две формы рельефа	овраг, балка // балка, овраг	2 балл: 1 балл за каждый верный ответ
	Разница между указанными формами рельефа	Борта балки закреплены растительностью ИЛИ иные ответы, не искажающие смысл	1 балл
7	Горная порода	песок	1 балл
	Древесная порода	сосна	1 балл
8	Субъект РФ	Волгоградская область	2 балла

Максимальный балл = 20

2021-2022 учебный год

**Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба», 2 этап,
профиль «География», 11 класс**

Задание 1.

Прочитайте фрагмент заметки «Золотое кольцо России», опубликованной на интернет-портале «Пути-Дороги», и выполните задания, посвященные этому туристскому маршруту.

«“Золотому кольцу” - популярному и самому известному сегодня бренду российского туризма без малого 50 лет. Маршрут с таким названием был создан в конце 1960-х гг., прежде всего, для приезжающих в СССР иностранных туристов. <...> Само название “Золотое кольцо” впервые было употреблено художником и искусствоведом Юрием Александровичем Бычковым. <...> Собирая материал для будущих текстов, Ю.А. Бычков самостоятельно разработал кольцевой маршрут из Москвы через Владимир в Суздаль, а далее на Иваново и Кострому с возвращением в столицу по Ярославской дороге. Все расстояния между городами можно было легко проехать за день на машине, что было очень удобно. А выбранные им города исторически входили в состав Владимирской Руси. <...>

Сегодня не существует единого мнения по поводу того, какие именно города и менее крупные населенные пункты должны быть включены в знаменитое “Золотое кольцо”. <...> По мнению большого числа историков, краеведов и искусствоведов, «Золотое кольцо» состоит из восьми городов: Сергиева Посада, Переславля-Залесского, Ростова Великого, Ярославля, Костромы, Иваново, Суздаля и Владимира. <...> К “дискуссионным” городам чаще всего относят Александров, Плес, Юрьев-Польский и Тутаев. <...> Поэтому часто, подразумевая более мелкие населенные пункты, говорят о Большом и Малом Золотом кольце. <...>

Чем примечательны поездки по “Золотому кольцу”? Во-первых, по старинным городам можно путешествовать круглогодично. <...> Во-вторых, “Золотое кольцо” очень насыщено историческими достопримечательностями. <...> В-третьих, знакомство “Золотым кольцом” – это познание основ русского искусства и возможность понять его корни. <...> Здесь также можно увидеть самые лучшие образцы российского декоративно-прикладного творчества – великолепные работы ткачей, вышивальщиц, резчиков по дереву и кости, художников по эмали, а также мастеров лаковой миниатюры и ювелирного искусства. <...>

Маршруты по “Золотому кольцу” прокладывают по-разному. <...> Большинство путешественников предпочитают это делать самостоятельно. Но многие пользуются услугами туристических фирм, которые предлагают туры на полный круг, выборочные путешествия по “полукольцу” и отдельные экскурсии в города “Золотого Кольца”. <...> Большинство городов “Золотого кольца” имеет развитую туристскую инфраструктуру. В каждом из них можно поселиться в отеле, декорированном в старорусском стиле, с рестораном, подающим блюда русской национальной кухни.»

1. Используя информацию из текста, укажите все верные характеристики туристского маршрута «Золотое кольцо России».

- А. К Малому Золотому Кольцу относят пять городов.
- Б. Все города маршрута имеют развитую туристскую инфраструктуру.
- В. Все города маршрута исторически входили в Киевскую Русь.
- Г. Самым посещаемым городом маршрута является Ярославль.
- Д. Главный акцент маршрута сделан на экологическом туризме.
- Е. Маршрут был ориентирован на иностранных туристов.
- Ж. Маршрут проходит по территории только одного федерального округа.

2. Укажите, какие из трех городов, упомянутых в тексте, являются крупнейшими по численности населения.

3. В тексте упоминается возможность увидеть образцы декоративно-прикладного творчества. Какие из указанных русских народных промыслов не имеют отношения к субъектам РФ, в пределах которых пролегает «Золотое кольцо России»?

- А. Богородская резьба; Б. Волховская роспись; В. Гжель; Г. Елецкое кружево; Д. Жостовская роспись; Е. Каслинское литье; Ж. Крестецкая строчка; З. Павловопосадские набивные платки; И. Палехская миниатюра; К. Холуйская миниатюра.

4. Используя данные таблицы 1, выполните задания 4.1 – 4.3.

4.1. Установите соответствие между туристскими объектами и областями России, в которых они находятся.

Таблица 1

Туристский объект		Область	
А	Исторический центр города Гороховец	1	Владимирская
Б	Архитектурный ансамбль Троице-Сергиевой лавры	2	Ивановская
В	Историко-культурный комплекс «Вятское»	3	Костромская
Г	Исторический центр города Юрьевец	4	Московская
Д	Ансамбль Свято-Троицкого Ипатьевского монастыря	5	Ярославская

4.2. Из числа представленных туристских объектов только один был включен в список объектов Всемирного наследия ЮНЕСКО. Укажите этот объект.

4.3. В каких городах находятся представленные на фотографиях объекты Всемирного наследия ЮНЕСКО?



а)



б)

5. Используя данные таблицы 2, выполните задания 5.1 – 5.3.

Таблица 2

Показатели развития туризма в субъектах Золотого кольца России, 2019 г.

Субъект	Число турфирм	Численность туристов, отправленных в туры по РФ, тыс. чел.	Число коллективных средств размещения	Численность размещенных лиц, тыс. чел.
Владимирская область	157	32,2	246	704
Ивановская область	121	14,8	111	263
Костромская область	81	13,2	108	301
Московская область	548	117,9	713	5025
Ярославская область	157	67,1	228	861
ЦФО	2703	1883,0	4921	27093

5.1. Из числа представленных субъектов только один отличается тем, что на него приходится не менее 5 % от общего значения по ЦФО по каждому из показателей. Укажите этот субъект.

5.2. Какое количество человек в среднем принимает одно средство размещения в субъектах Золотого кольца России за год? Ответьте с точностью до тысячи человек.

5.3. Какая доля жителей Московской области приобрела турпутевки в 2019 году? Ответьте с точностью до целого процента.

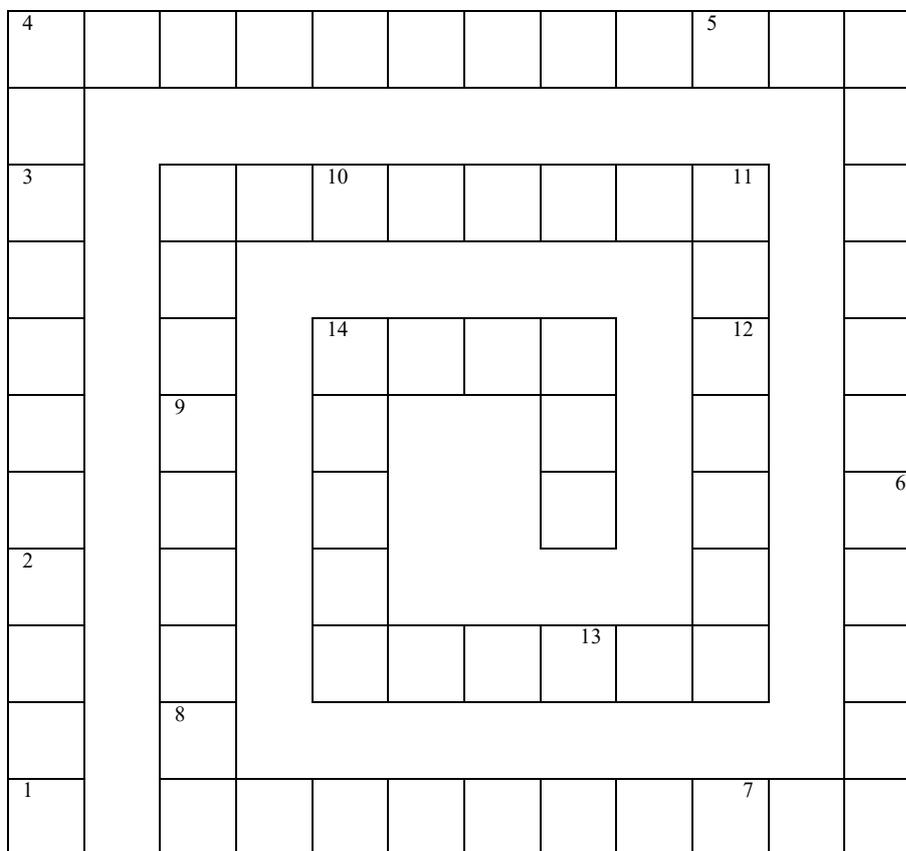
ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

№	Ответы	Баллы
1	Е, Ж	1 балл за полностью верный ответ
2	Москва, Ярославль, Иваново	3 верных ответа – 2 балла, 2 верных ответа – 1 балл
3	Б, Г, Е	3 верных ответа – 2 балла, 2 верных ответа – 1 балл
4	4.1. А – 1, Б – 4, В – 5, Г – 2, Д – 3	5 верных ответов – 2 балла, 3-4 верных ответов – 1 балл
	4.2. Архитектурный ансамбль Троице-Сергиевой лавры // Троице-Сергиева лавра // Б	1 балл
	4.3. а) Суздаль б) Ярославль	2 балла, по 1 баллу за каждый верный ответ
5	5.1. Московская область	1 балл
	5.2. 5 // 5000	2 балла
	5.3. 2	2 балла
Максимальный балл		15 баллов

Задание 2.

Разгадайте чайнворд и определите, какой стране он посвящен.

Чайнворд – это такой вид кроссворда, в котором слова идут последовательно по цепочке, причем последняя буква слова является первой буквой следующего.



1 – Продукция металлургии. По производству этого рафинированного металла страна занимает одно из ведущих мест в мире.

2 – Химическая продукция. По экспорту этого важного синтетического полимера страна занимает первое место в мире.

3 – Марка автомобиля. Это одна из крупнейших автомобилестроительных компаний в стране и в мире.

4 – Атмосферный вихрь. Зимнее выхолаживающее воздействие этого вихря стало причиной того, что только юг страны относится к субтропическому климатическому поясу.

5 – Сооружение. По числу зданий этого типа столица страны нередко называется первой среди всех мировых столиц.

6 – Представитель религии. Эта традиционная для страны конфессия сейчас является только второй по распространенности.

7 – Вид спорта. Это боевое искусство окончательно оформилось в XX веке и стало одним из национальных символов страны.

8 – Элемент кухни. Эта еда подается ко многим блюдам или является их частью и составляет основу рациона в стране.

9 – Лингвистическая характеристика. Это название подходит для официального языка страны из-за того, что он не входит ни в одну языковую семью.

10 – *Производство машиностроения.* Производство этих судов позволяет стране удерживать лидирующие позиции в мировом судостроении.

11 – *Сельскохозяйственная культура.* Этот злак является самым распространенным на территории страны и активно потребляется в пищу.

12 – *Компания.* Этот бренд является крупнейшим в стране и одним из наиболее узнаваемых за рубежом благодаря специализации на смартфонах.

13 – *Растение.* Этот цветок является национальным символом страны и встречается на ее гербе и других официальных эмблемах.

14 – *Животное.* Эти млекопитающие традиционно держались в стране для получения мяса и сейчас все еще потребляются в пищу частью населения.

ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

а	н	т	и	ц	и	к	л	о	н	е/ё	б
и											о
к											с
у											к
ч											р
у											е
а											б
к											у
н											д
и											д
ц											и

л	я	т	а	н	к	е	р				
о							и				
з	с	о	б	а			с				
и	у				к			а			
щ	к				а			м			
о	с							с			
в	и	б	и	г	н	у					
о											

Каждый верный ответ в чайнворде оценивается в 1 балл, максимальный балл – 14.

1	цинк	8	овоши
2	каучук	9	изолят
3	Киа	10	танкер
4	антициклон	11	рис
5	небоскреб // небоскрёб	12	Самсунг
6	буддист	13	гибискус
7	тхэквондо // Таэквондо // Тайквондо	14	собака

Страна, которой посвящен чайнворд — Республика Корея // Южная Корея – 1 балл

Максимальный балл за задание = 15 баллов

Задание 3.

Определите полуостров, находящийся на территории Российской Федерации, который омывается водами двух морей, и выполните задания, посвящённые этому географическому объекту.

1. Заполните пропуски, выбрав варианты ответов из предложенного списка, и запишите числа ответов, соответствующие каждой букве пропуска.

«В рельефе полуострова на севере выделяются - узкая полоса низменной равнины вдоль побережья, в центре – горная система высотой до 1125 м, на юге – А. Полуостров расположен в Б и в субарктических климатических поясах, что определяет суровость местного климата, характеризующегося холодной продолжительной (до 10 месяцев) зимой и коротким прохладным летом. Ландшафты арктической пустыни сменяются в центральной части ландшафтами моховой (осоковой, пушицевой) и кустарничковой тундры; на юге – лесотундра из ольховника и березняка с огромными площадями ягеля. Много В озёр и болот»

Список вариантов ответов: 1) арктический; 2) Северо-Сибирская низменность; 3) умеренный; 4) термокарстовые; 5) Среднесибирское плоскогорье; 6) тектонические; 7) ледниковые; 8) Яно-Индибирская низменность; 9) муссонный.

2. Выберите **верные утверждения** о полуострове и запишите их литеры в поле ответа через запятую.

А) В субъекте РФ, в котором находится полуостров, произрастает самый северный массив леса на Земле.

Б) Ни один расположенный на полуострове морской порт не находится в составе Северного морского пути.

В) Одна из крайних точек полуострова и всего материка, как и известный пароход ледокольного класса, раздавленный льдами, названы в честь российского полярного исследователя и мореплавателя.

Г) На полуострове находится единственный в РФ морской (преимущественной морской) заповедник.

Д) На полуострове нет ни одного города.

Е) На полуострове расположена самая северная АЭС в России.

Ж) Полуостров является самым большим по площади в нашей стране.

З) Один из населённых пунктов, расположенных на полуострове, является самым северным поселением на земном шаре.

3. Ареал расселения какого народа, проживающего в том числе и на территории полуострова, изображен на картосхеме (рис.1)? Запишите в бланк ответов название народа.



Рис.1

4) Определите географические объекты, указанные на исторической карте (рис.2) полуострова, составленной немецким картографом и географом А. Петерманом, и запишите их названия, если известно, что А – горная система; Б – озеро; В – пролив; Г – залив; Д – река; Е – мыс. Выполните **дополнительные задания**, связанные с объектами А -Е.

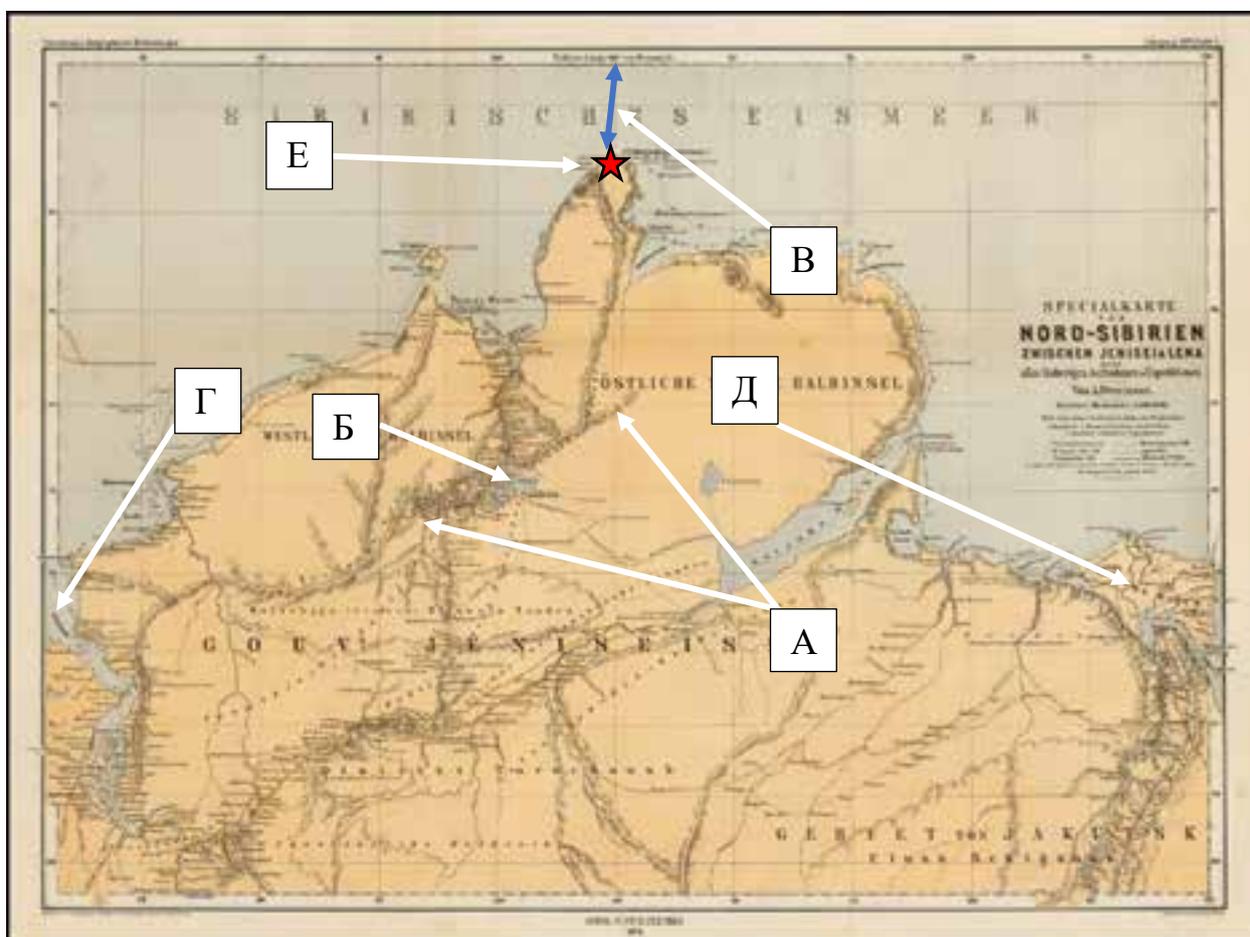


Рис.2

Дополнительные задания к объектам А - Е

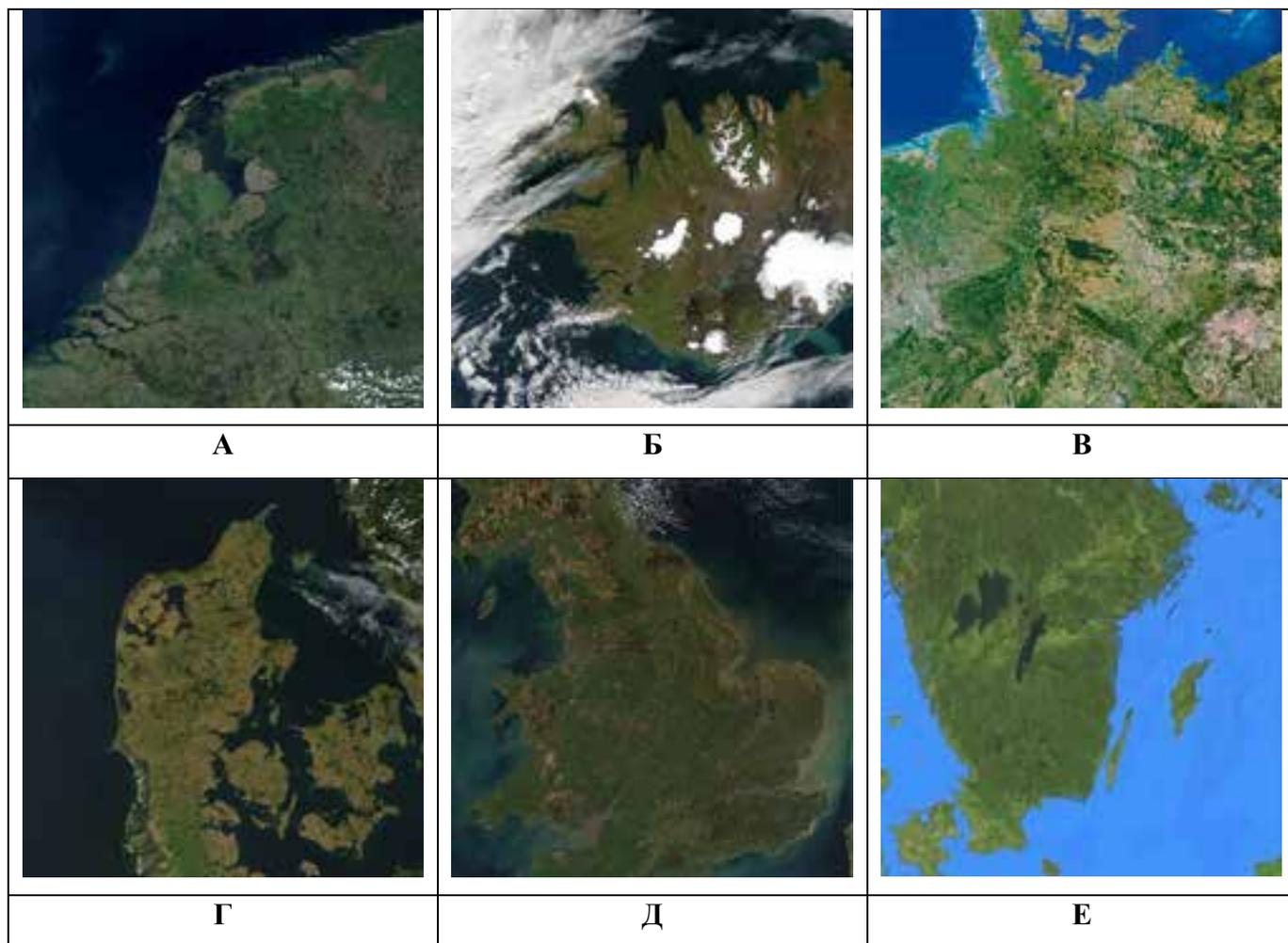
- А) Назовите эпоху складчатости, которой соответствует горная система.
- Б) Укажите название реки, которая вытекает из озера.
- В) Укажите название острова, отделяемого от континента проливом.
- Г) Укажите тип устья реки, давшей название заливу.
- Д) Назовите заповедник, который расположен в пределах дельты реки.
- Е) Укажите название экспедиции, во время которой был открыт мыс.

ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

№	Ответы	Баллы
	Таймыр	2 балла
1	А-2, Б-1, В-4	2 балла за полностью верный ответ, 1 балл за одну ошибку, более 2-х ошибок – 0 баллов
2	А, В, Д, Ж	2 балла за полностью верный ответ; 1 балл за одну ошибку, более 2-х ошибок – 0 баллов .
3	нганасаны	2 балла
4	А) Бырранга <ul style="list-style-type: none"> • байкальская / древнейшая Б) Таймыр <ul style="list-style-type: none"> • Нижняя Таймыра В) Вилькицкого <ul style="list-style-type: none"> • Большевик Г) Енисейский залив <ul style="list-style-type: none"> • эстуарий Д) Лена <ul style="list-style-type: none"> • Усть-Ленский Е) Челюскин <ul style="list-style-type: none"> • 2-я Камчатская / Вторая Камчатская / Великая Северная / Сибирско-Тихоокеанская / Сибирская 	А) 1 балл <ul style="list-style-type: none"> • 1 балл Б) 1 балл <ul style="list-style-type: none"> • 1 балл В) 1 балл <ul style="list-style-type: none"> • 1 балл Г) 1 балл <ul style="list-style-type: none"> • 1 балл Д) 1 балл <ul style="list-style-type: none"> • 1 балл Е) 1 балл <ul style="list-style-type: none"> • 1 балл <p>Всего 12 баллов</p>
Максимальный балл		20 баллов

Задание 4.

1) Определите народы А–Е, если известно, что все они относятся к одной языковой группе и имеют свои государственные образования. Спутниковые снимки стран, где проживают эти народы, представлены на рисунках. Напишите названия народов под соответствующей буквой.



2) Определите, какие характеристики и географические объекты будут относиться к соответствующим народам и территориям А–Е (по три характеристики для каждого народа).

1) Венерн; 2) LEGO; 3) тундра; 4) Мартин Лютер; 5) Утрехт; 6) устье Рейна; 7) вулканизм; 8) Нобелевская премия; 9) Пеннины; 10) Зеландия; 11) йоукюльхлёйп; 12) Винсент Ван Гог; 13) федерализм; 14) Любек; 15) пудинг; 16) Ольборг; 17) Мальмё; 18) Кентерберийский собор.

ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

Территория	Название народа	Номера характеристик
	1 балл за верный ответ	1,5 балла за каждый пункт
А	голландцы // нидерландцы	5, 6, 12
Б	исландцы	3, 7, 11
В	немцы	4, 13, 14
Г	датчане	2, 10, 16
Д	англичане	9, 15, 18
Е	шведы	1, 8, 17

Максимальный балл – 15

Задание 5.

Наблюдаемое потепление приводит к изменениям компонентов гидрологического цикла, прежде всего – его главных составляющих – атмосферных осадков и испарения. Известно, что в многолетнем плане речной сток это именно разница осадков и испарения. Таким образом, глобальные изменения климата приводят к изменению речного стока, что ставит новые задачи перед водохозяйственным комплексом. Межправительственная группа экспертов по изменению климата собирает данные долгосрочных прогнозов изменения климата, полученные в разных странах с помощью моделирования атмосферы, океана и других сфер нашей планеты. Используя данные моделирования, можно оценить возможные изменения речного стока в будущем и подготовить стратегические решения по развитию водного хозяйства, так как даже небольшие изменения климата могут привести к серьезным негативным последствиям для водного хозяйства.

1. **Определите регионы страны**, испытывающие нехватку воды по их кратким описаниям.

Субъект РФ 1. Здесь находится крупный курортный кластер, возникший на ресурсах минеральных вод, субъект РФ специализируется на выращивании зерна и подсолнечника.

Субъект РФ 2. Административный центр является городом-миллионером и центром Федерального округа, в регионе протекает крупная река, впадающая в самое мелкое море на планете, омывающее берега данного субъекта РФ.

2. По данным наблюдений осадки в **субъекте РФ 1** в среднем составляют 670 мм, испарение 584 мм. Глобальное изменение климата по данным МГЭИК приведет к 2080 году в данном регионе к уменьшению годовой суммы осадков примерно на 3% и увеличению испарения на 8%. В **субъекте РФ 2** по данным наблюдений осадки в среднем составляют 570 мм, испарение 543 мм. В связи с изменением климата по данным МГЭИК годовой сумма осадков уменьшится примерно на 2%, а испарение увеличится на 1,5%.

Как изменятся в многолетнем плане запасы водных ресурсов (речной сток) для данных территорий? **Рассчитайте и заполните таблицу в бланке ответов**, указав изменения речного стока в процентах (только целые %). Напишите название субъекта РФ, в котором прогнозируются большие изменения речного стока.

3. Какие методы борьбы с дефицитом воды в регионе вы можете предложить? **Приведите 2 примера** мероприятий, которые можно применить для экономии воды в промышленности, сельском хозяйстве, коммунальном использовании воды.

БЛАНК ОТВЕТОВ
Часть 1

Элемент ответа	Ответ
<i>Субъект РФ 1</i>	
<i>Субъект РФ 2</i>	

Часть 2

Параметры гидрологического цикла в 2080 г (округлить до целых)

	Испарение, мм	Осадки, мм	Речной сток, мм	Изменение речного стока к 2080 г относительно современного, %
<i>Субъект РФ 1</i>				
<i>Субъект РФ 2</i>				

Название субъекта РФ: _____

Часть 3

Элемент ответа	Ответ
<i>Мероприятия для экономии воды в промышленности, сельском хозяйстве, коммунальном использовании (2 примера)</i>	

ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

Часть 1 (максимальный балл = 6)

Элемент ответа	Ответ	Баллы
Субъект РФ 1	Ставропольский край	3 балла
Субъект РФ 2	Ростовская область	3 балла

Часть 2 (максимальный балл = 5)

Расчет параметров гидрологического цикла

Параметры гидрологического цикла в 2080 г.

	Испарение, мм	Осадки, мм	Речной сток, мм	Изменение речного стока к 2080 г относительно современного, %
Субъект РФ 1	631	650	19	78
Субъект РФ 2	551	559	8	70

0,5 балла за каждый верно рассчитанный параметр (всего 4 балла).

Субъект РФ: Ставропольский край - **1 балл**

Часть 3 (максимальный балл = 4)

Элемент ответа	Ответ	Баллы
Мероприятия для экономии воды в промышленности, сельском хозяйстве, коммунальном использовании (2 примера)	Переход на капельное орошение, обратное использование воды, устранение утечек из сети, просвещение населения о необходимости экономить воду, экономия электроэнергии.	4 балла за 2 верных утверждения, 2 балла за одно верное утверждение

Максимальный балл = 15 баллов

Задание 6.



- 1) Определите масштаб топографической карты, если известно, что сторона квадрата километровой сетки составляет 2 см. Приведите расчет и запишите численный масштаб в поле ответа.
- 2) Укажите значения северной широты и восточной долготы для самой высокой точки самого большого по площади острова, представленном на фрагменте топографической карты. Напишите букву варианта ответа и числом значение абсолютной высоты данной точки.
А) 28°47'40''; Б) 60°29'48''; В) 60°29'40''; Г) 27°42'40''; Д) 27°48'07''; Е) 60°29'08''.

- 3) Рассчитайте максимальный перепад высот на данном участке местности, учитывая подписанные абсолютные высоты на топографической карте.
- 4) Как называется залив, омывающий территорию, представленную на фрагменте топографической карты? Как называется тип его берегов на данном участке местности?
- 5) Каково происхождение озёрных котловин и форм рельефа, представленных на данном фрагменте топографической карты? Приведите примеры трёх положительных форм рельефа данного происхождения, имеющих наиболее широкое распространение на представленном фрагменте топографической карты
- 6) Какое горючее полезное ископаемое распространено на данном участке местности?
- 7) Каково примерное расстояние (в км) по шоссе от крупнейшего населенного пункта, носящего название полезного ископаемого, до ближайшего города РФ с численностью населения более 50 тыс. чел? Как называется этот город и в каком субъекте РФ он расположен?
- 8) Дайте характеристику этого шоссе, указав: ширину всей дороги, ширину покрытой части и материал покрытия.

ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

№	Элемент задания	Ответ	Баллы
1	Расчет	$2 : 2 = 1$	1 балл
	Численный масштаб	1 : 100 000	1 балл
2	Северная широта	Б	1 балл
	Восточная долгота	Д	1 балл
	Абсолютная высота (м)	26	1 балл
3	Максимальный перепад высот (м)	58,7	1 балл
4	Название залива	Финский	1 балл
	Тип берега	шхерный // шхеры	1 балл
5	Происхождение озёрных котловин и форм рельефа	ледниковое	1 балл
	Три формы рельефа	моренный холм, кам, друмлин	3 балла
6	Полезное ископаемое	торф	1 балл
7	Расстояние (км)	$52,5 \pm 2,5$	1 балл
	Город	Выборг	1 балл
	Субъект РФ	Ленинградская область	2 балла
8	Ширина всей дороги (м)	10	1 балл
	Ширина покрытой части (м)	7	1 балл
	Материал покрытия	асфальт	1 балл

Максимальный балл = 20

2022-2023 учебный год
Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба», 2 этап,
профиль «География», 9 класс

Часть 1. ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

№	Ответы	Баллы
1	Б, Г	1 балл за полностью верный ответ
2	Санкт-Петербург, Чукотский автономный округ // Чукотский АО // Чукотка, Мурманская область	3 верных ответа – 2 балла, 2 верных ответа – 1 балл
3	Б, В, Ж	3 верных ответа – 4 балла, 2 верных ответа – 2 балл
4	А – 2, Б – 4, В – 3, Г – 1	4 верных ответа – 4 балла, 2 верных ответа – 2 балла
5	5.1. Центральный // Центральный федеральный округ // ЦФО	2 балла
	5.2. 0,2	2 балла
Максимальный балл		15 баллов

Часть 2. Задание 1.

к	г	о	г	р	о	з	с	т	о	к	в
о	е	с	о	л	т	а	и	л	х	р	е
т	р	ё	р	о	ц	е	н	в	о	а	в
с	л	д	о	к	ч	и	я	о	д	к	о
а	ь	в	о	в	и	з	и	р	у	о	д
с	э	д	а	б	р	а	о	л	с	с	п
с	с	а	р	ж	е	м	г	и	о	б	о
и	т	у	и	е	я	и	ф	н	р	о	л
м	о	с	й	н	ь	л	р	а	я	в	о
и	к	т	р	е	ж	ь	т	ц	и	а	д
л	я	е	м	и	е	н	ь	ф	о	р	ь
и	ц	а	к	о	в	а	п	а	л	о	е
я	д	н	к	д	о	о	г	р	ф	с	т
и	л	р	а	а	г	р	а	ц	и	р	а
н	и	о	е	р	и	д	р	а	з	д	е
г	б	с	ф	в	о	д	о	э	р	а	л

Термины, спрятанные в филворде:

1. Движение воды по поверхности земли (поверхностный), по речной сети (речной), а также в толще почв и горных пород (почвенный) в процессе круговорота ее в природе.
2. Скопление наносов в русле реки не покрытое растительностью, которое во время высокого уровня воды затапливается, образуя мель.
3. Автор классификации климатических типов рек, в которой за основу взяты источники питания и водный режим рек.
4. Линия наибольших глубин и наибольших скоростей течения реки.
5. Фаза водного режима реки, с интенсивным кратковременным увеличением расхода и уровня воды, который вызван обильными дождями или снеготаянием во время оттепелей.
6. График изменения во времени расходов воды в реке.
7. Участок прежнего русла реки, образованный при спрямлении меандрирующего русла, который со временем превратился в отдельный бессточный водоём.
8. Фаза водного режима реки, ежегодно повторяющаяся в один и тот же сезон года, для которой характерны подъём уровня воды и затопление поймы.
9. Нагромождение льдин в русле во время весеннего ледохода.
10. Фаза водного режима реки, ежегодно повторяющаяся в одни и те же сезоны, характеризующаяся малой водностью.

11. Временные сезонные скопления подземных вод, не имеющие сплошного распространения и образующиеся на первом от поверхности земли водоупорном пласте.
12. Часть земной поверхности и толща почв и горных пород, откуда вода поступает к водному объекту.
13. Выработанное водотоком ложе, по которому постоянно или периодически происходит движение воды.
14. Крутой поворот русла реки, имеющий петлеобразную форму.

Часть 2. Задание 2.

Пятнадцатое слово – название науки, которая объединяет найденные Вами термины, состоит из выделенных в матрице букв. Составьте название науки и напишите его в бланк ответов.

Часть 2. ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

К	Г	О	А	Т	Ц	О	Ь	Т	С	У	В
О	С	С	З	О	Е	Л	Е	Л	Х	Р	С
Т	Р	Ё	Р	Р	Н	О	Г	В	О	А	В
С	Л	Д	О	К	Ч	И	Я	О	Д	К	О
А	В	В	О	В	И	З	И	Р	У	О	Д
С	Э	Д	А	Б	Р	А	О	Л	С	С	И
С	С	А	Р	Ж	Е	М	Г	И	О	Б	О
И	Т	У	И	Е	Я	И	Ф	Н	Р	О	Л
М	О	С	Й	Н	Ь	Л	Р	А	Я	В	О
И	Л	Т	Р	Е	Ж	Ь	Т	Ц	И	А	Д
Ц	Я	Е	М	И	С	Н	Ь	Ф	О	Р	Ь
И	Р	А	К	О	В	А	Н	А	Л	О	Е
Я	Д	Н	К	Д	О	О	Г	Р	Ф	Е	Т
И	Л	Р	А	А	Г	Р	А	Ц	И	Р	А
Н	И	О	Е	Р	И	Д	Р	А	З	Д	Е
Г	Б	С	Ф	В	О	Д	О	Э	Р	А	Л

1	Сток	8	Половодье
2	Осерёдок	9	Затор
3	Львович	10	Межень
4	Стрежень	11	Верховодка
5	Паводок	12	Водосбор
6	Гидрограф	13	Русло
7	Старица	14	Меандр

За написание термина в бланке ответа под соответствующим номером – 1 балл.

Название науки, объединяющей найденные термины: гидрология – 1 балл

Остальные термины в кроссворде: ассимиляция, карлинг, эстуарий, биосфера, абразия, голоцен, водораздел, эра, инфильтрация, флора, устье (не оцениваются)

Максимальный балл = 15 баллов

Часть 3. ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

№	Ответы	Баллы
1	1. А 2. Г 3. В 4. Б 5. А	1 балл за каждый верный ответ (всего 5 баллов)
2	А: контур – 3 название языка – эвенкийский	1 балл 2 балла (всего 3 балла)
	Б: контур – 4 название языка – якутский	1 балл 2 балла (всего 3 балла)
3	Б, Г, Е, Ж, К.	1 балл за каждый верный ответ (всего 5 баллов)
4	алас / хасырей	2 балла (1 балл) (всего 2 балла)
5	Название субъекта РФ: Якутия / Республика Якутия / Саха / Республика Саха	2 балла
Максимальный балл		20 баллов

Часть 4. ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

№ контура субъекта РФ	Название субъекта РФ	Буква герба административного центра	Буква списка отраслей специализации сельского хозяйства
1	Вологодская область	В	г
2	Республика Алтай	Д	а
3	Республика Адыгея	Г	б
4	Ямало-Ненецкий АО	Б	д
5	Камчатский край	А	в

Каждый верный ответ оценивается в 1 балл. Если субъект РФ определен неверно, дальнейшее соответствие не проверяется.

Максимальный балл = 15 баллов

Часть 5. ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

Часть 5. Задание 1.

Город 1. Якутск (3 балла). Город 2. Казань (3 балла).

Часть 5. Задание 2.

Таблица Относительное изменение количества дней с повышенной пожароопасностью (с индексом Нестерова $G > 1000$) в 21 веке, дней.

	2011-2030 гг	2041-2060 гг
Город 1	2 (1 балл)	14,5 (2 балла) (24,25 – 1 балл)
Город 2	7 (1 балл)	24,25 (1 балл)

Часть 5. Задание 3.

1 балл ставится за каждый упомянутый в ответе пункт:

- загрязнение атмосферы (выбросы CO₂ и других вредных веществ),
- гибель леса и живых существ,
- гибель почв,
- ущерб населению и хозяйству.

Максимальный балл = 15 баллов

Часть 6. ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

№	Элемент задачи	Ответ	Баллы
1	Сечение рельефа	40 м	3 балла
2	Истинный азимут	183°	2 балла
	Географические координаты	67° 20' 30'' с.ш., 90° 13' 30'' в.д.	2 балла
3	Направление течения реки	с северо-востока на юго-запад // на юго-запад // юго-западное	1 балл
	Скорость течения реки	1,3 м/с	1 балл
4	Доминирующие древесные породы	лиственница, берёза // берёза, лиственница	1 балл
	Средняя высота деревьев	11 м	1 балл
	Средний диаметр ствола	19 см // 0,19 м	1 балл
	Среднее расстояние между деревьями	4 м	1 балл
	Природная зона	Лесотундра	1 балл
5	Крупная форма рельефа	Плато Путорана	1 балл
	Происхождение	вулканическое // магматическое	1 балл
	Порода	базальт // сибирский трапп	1 балл
6	Коренной народ	эвенки	1 балл
	Языковая группа	тунгусо-маньчжурская	1 балл
	Регион	Эвенкийский АО // Эвенкийский автономный округ	1 балл

Максимальный балл = 20

2022-2023 учебный год
Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба», 2 этап,
профиль «География», 10 класс

Часть 1. ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

№	Ответы	Баллы
1	Д, Ж	1 балл за верный ответ
2	Астана, Минск, Ереван, Бишкек	4 верных ответа – 3 балла, 3 верных ответа – 2 балла, 2 верных ответа – 1 балл
3	А, Д, З	3 верных ответа – 2 балла, 2 верных ответа – 1 балл
4	1 – В - б, 2 – С - в, 3 – Е - г, 4 – А - а, 5 – D - д	10 верных ответов – 5 баллов, 8-9 верных ответов – 4 балла, 6-7 верных ответов – 3 балла, 4-5 верных ответов – 2 балла, 2-3 верных ответа – 1 балл
5	5.1. Армения	2 балла
	5.2. 13 500 (долларов // долларов на душу населения)	2 балла
Максимальный балл		15 баллов

Часть 3. ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

№	Ответы	Баллы
1	Б, В, Г, Д, Ж	1 балл за каждый верный ответ (всего 5 баллов)
2	А: контур – 1 название языка – африкаанс	1 балл 2 балла (всего 3 балла)
	Б: контур – 5 название языка – зулусский	1 балл 2 балла (всего 3 балла)
3	1. Г 2. Г 3. Д 4. Б 5. Ж	1 балл за каждый верный ответ (всего 5 баллов)
4	кимберлитовая трубка (трубка взрыва)	2 балла (1 балл) (всего 2 балла)
5	Название страны: ЮАР / Южно-Африканская республика	2 балла
Максимальный балл		20 баллов

Часть 4. ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

№ контура субъекта РФ	Название субъекта РФ	Буква герба административного центра	Буква списка отраслей специализации сельского хозяйства
1	Республика Калмыкия	Б	д
2	Чукотский АО	В	в
3	Ставропольский край	Г	г
4	Костромская область	А	б
5	Республика Тыва / Тува	Д	а

Каждый верный ответ оценивается в 1 балл. Если субъект РФ определен неверно, дальнейшее соответствие не проверяется.

Часть 5. ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

5.1 Город 1. Хабаровск (**3 балла**) Город 2. Великий Новгород (**3 балла**)

5.2

	<i>1991-2010</i>	<i>2021-2040</i>	<i>2041-2060</i>	<i>2080-2099</i>
	<i>гг.</i>	<i>гг.</i>	<i>гг.</i>	<i>гг.</i>
Город 1	850	900	920	940
Город 2	550	600	620	640

(5 баллов за полностью верный ответ)

5.3 **2 балла ставится за каждый упомянутый в ответе пункт.**

Наиболее перспективными районами для развития гелиоэнергетики станут:

1. Южная часть Дальневосточного региона,
2. Южная часть ЕТР.

Допускаются названия регионов или природных территорий.

Часть 6. ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

№	Элемент задачи	Ответ	Баллы
1	Сечение рельефа	20 м, г. Миличицево (278,5м)	1 балл
2	Магнитный азимут	10° 15' ± 30'	1 балл
3	Условные знаки	Колодец // родник // пристань // водокачка	2 правильных ответа- 1 балл, 4 правильных ответа - 2 балла
	Ширина реки	810	1 балл
	Ориентировка высокого берега	правый	1 балл
4	Страна	Сербия	1 балл
	Столица	Белград	1 балл
	Административный центр Воеводины	Нови-Сад	1 балл
	Языковая семья	Индоевропейская	1 балл
	Языковая группа	Южнославянская	1 балл
5	Страна с наибольшим процентом мусульман	Босния и Герцеговина	1 балл
	Страна с наибольшим процентом католиков	Хорватия	1 балл
6	Место реки по длине в Европе	2	1 балл
	Страны	Австрия, Словакия, Венгрия	1 балл за каждый верный ответ (максимально 3 балла)
	Притоки	Прут, Тиса, Сава	1 балл за каждый верный ответ (максимально 3 балла)

Максимальный балл = 20

2022-2023 учебный год
Всероссийская олимпиада школьников «Высшая проба», 2 этап,
профиль «География», 11 класс

Часть 1. ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

№	Ответы	Баллы
1	А, В	1 балл за полностью верный ответ
2	(Республика) Саха // Якутия, (Республика) Алтай // (Республика) Тыва	3 верных ответа – 2 балла, 2 верных ответа – 1 балл
3	Ж, И, К	3 верных ответа – 2 балла, 2 верных ответа – 1 балл При выборе ошибочных ответов (сверх правильных) начисляются штрафные баллы, но не более трёх.
4	1 – С - г, 2 – D - а, 3 – А - б, 4 – В - в	8 верных ответов – 4 балла, 6-7 верных ответов – 3 балла, 4-5 верных ответов – 2 балла, 2-3 верных ответа – 1 балл
5	5.1. Украинцы	2 балла
	5.2. (на) 969 тысяч (человек)	2 балла
	5.3. а) Мордва // мордвины // мордовцы б) Эрзяне // эрзя // мордва-эрзя	2 балла, по 1 баллу за каждый верный ответ
Максимальный балл		15 баллов

Часть 2. Задание 2.

Пятнадцатое слово – название науки, которая объединяет найденные Вами термины, состоит из выделенных в матрице букв. Составьте название науки и напишите его в бланк ответов.

Часть 2. ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

а	р	о	б	я	и	ц	з	о	н	б	н	о
н	т	м	о	п	о	я	и	м	б	г	е	б
з	н	з	м	о	л	л	у	н	с	с	е	и
а	п	о	е	ф	н	т	п	г	н	н	н	о
р	а	к	л	и	ц	а	о	п	в	ы	т	г
я	с	т	о	л	о	о	г	з	а	п	о	и
и	р	б	а	ь	б	м	у	ш	н	т	а	д
з	а	р	и	д	к	о	н	я	м	б	о	р
н	р	в	э	т	л	т	е	у	у	и	о	н
б	п	е	т	я	и	н	е	м	м	г	ы	т
ш	т	ы	р	е	ы	р	э	ф	в	е	р	н
о	н	ф	о	у	я	е	м	е	о	н	б	а
ы	т	и	ц	к	ш	н	ф	о	ц	й	н	д
н	н	э	е	е	е	т	я	л	е	н	к	е
ф	и	т	ы	д	о	ы	ц	а	г	о	з	а
т	н	е	ц	у	р	п	ц	а	т	н	а	д

1	Космополит	8	Симбиоз
2	Инвазия	9	Консумент
3	Биоценоз	10	Эфемеры
4	Вернадский	11	Оптимум
5	Сукцессия	12	Паразитизм
6	Адаптация	13	Эпифиты
7	Галофиты	14	Эврибионты

За написание термина в бланке ответа под соответствующим номером – 1 балл.

Название науки, объединяющей найденные термины: биогеография – 1 балл

Остальные термины в кроссворде: стенобионты, продуцент, петрофиты, миграция, абразия, гидробионты, столица, бора, ил, популяция, Гумбольдт (не оцениваются).

Максимальный балл = 15 баллов

Часть 3. ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

№	пункт	ОТВЕТЫ		КРИТЕРИИ	
		Б	Г		
1	1.1.	В честь кого назван водный объект (фамилия)	Заслуги исследователя или первопроходца (№ описания)		
		Гудзон	3	1 балл за верную пару	
		Дэвис / Дейвис / Дэйвис / Девис	6	1 балл за верную пару	
		Бофорт	4	1 балл за верную пару	
		Маккензи / Макензи	5	1 балл за верную пару	
		Амундсен	2	1 балл за верную пару	
	Баффин	1	1 балл за верную пару		
1.2.	АГЕ		1 балл		
2	А - Маккензи		Б - Фрейзер	В – Святого Лаврентия	По 1 баллу за каждый правильный ответ
	2.1.	пинго		1 балл	
	2.2.	Ванкувер		1 балл	
	2.3.	Монреаль		1 балл	
3	Единица АТД (Р) - территория		Единица АТД (Т) - провинция		1 балл Выставляется только за два правильных ответа
	3.1.	Нунавут		1 балл	
	3.2.	Атабаска		1 балл	
	3.3.	Юкон		1 балл	
	3.4.	Нью-Брансуик		1 балл	
Страна X			Канада	2 балла	
Максимальный балл				20 баллов	

Часть 4. ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

№ флага	Название страны	Буква монет	Буква сельскохозяйственной продукции
1	Куба	Д	а
2	Новая Зеландия	В	г
3	Исландия	А	д
4	Шри-Ланка	Б	в
5	Мадагаскар	Г	б

Каждый верный ответ оценивается в 1 балл. Если страна определена неверно, дальнейшее соответствие не проверяется.

Максимальный балл = 15 баллов

Часть 5. ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

Задание 1.

Город 1 – Волгоград (1 балл), город 2 – Оренбург (2 балла).

Задание 2.

	Сток в городах до начала климатических изменений, мм	Изменение стока, %	Изменение стока, мм	Современный сток, мм
Город 1	20	-5	-1	19
Город 2	50	15	8	58

За каждый верный ответ – 1 балл. Баллы выставляются только при верном определении городов в задании 1.

Задание 3.

Наводнения (1 балл) – регионы Южного Урала и Восточной Сибири, Кавказ (1 балл только в случае, если верно определено явление).

Засухи (1 балл) – регионы юга Европейской территории России (1 балл только в случае, если верно определено явление).

За ошибочные примеры регионов могут начисляться штрафные баллы, но не более двух.

Максимальный балл = 15 баллов

Часть 6. ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

№	Элемент задачи	Ответ	Баллы
1	Сечение рельефа	40 м	2 балла
2	Магнитный азимут	127° 30'	3 балла
	Географические координаты высшей точки	17° 53' 20'' ю.ш. ± 20'', 25° 13' 45'' в.д. ± 20''	2 балла
	Географические координаты аэропорта Серонделлас	17° 50' 20'' ю.ш. ± 10'', 25° 2' 00'' в.д. ± 20''	2 балла
3	Государство №1	Замбия // Ботсвана // Намибия // Зимбабве	1 балл
	Государство №2	Замбия // Ботсвана // Намибия // Зимбабве	1 балл
	Государство №3	Замбия // Ботсвана // Намибия // Зимбабве	1 балл
	Государство №4	Замбия // Ботсвана // Намибия // Зимбабве	1 балл
	Река	Замбези	1 балл
	Объект ЮНЕСКО	водопад Виктория	1 балл
	Исследователь	Дэвид Ливингстон	1 балл
4	Природная зона	саванна // африканская саванна	1 балл
	Комбинация «тип почв – растение – животное»	А	1 балл
	Крупнейший национальный парк	Лимпопо	2 балла

Максимальный балл = 20 баллам

Содержание

Профиль «Биология»	3
Перечень и содержание тем	5
Задания заключительного этапа 2020-2021	20
Задания заключительного этапа 2021-2022	32
Задания заключительного этапа 2022-2023	42
Решения и критерии оценивания заключительного этапа 2020-2021	55
Решения и критерии оценивания заключительного этапа 2021-2022	86
Решения и критерии оценивания заключительного этапа 2022-2023	116
Профиль «Химия»	159
Перечень и содержание тем	162
Задания и решения заключительного этапа 9 класс 2020-2023.....	174
Задания и решения заключительного этапа 10 класс 2020-2023	201
Задания и решения заключительного этапа 11 класс 2020-2023	219
Профиль «Физика»	263
Перечень и содержание тем	265
Задания заключительного этапа 2020-2021	281
Задания заключительного этапа 2021-2022	288
Задания заключительного этапа 2022-2023	295
Решения и критерии оценивания заданий заклучительного этапа 2020-2021	301
Решения и критерии оценивания заданий заклучительного этапа 2021-2022	322
Решения и критерии оценивания заданий заклучительного этапа 2022-2023	352
Профиль «Инженерные науки»	376
Перечень и содержание тем	378
Задания заключительного этапа 2020-2021	386
Задания заключительного этапа 2021-2022	401
Задания заключительного этапа 2022-2023	416
Решения и критерии заданий заключительного этапа 2020-2021	435
Решения и критерии заданий заключительного	

этапа 2021-2022	469
Решения и критерии заданий заключительного этапа 2022-2023	527
Профиль «География»	596
Перечень и содержание тем	599
Задания заключительного этапа 2020-2021	649
Задания заключительного этапа 2021-2022	675
Задания заключительного этапа 2022-2023	704
Решения и критерии заданий заключительного этапа 2020-2021	741
Решения и критерии заданий заключительного этапа 2021-2022	754
Решения и критерии заданий заключительного этапа 2022-2023	787