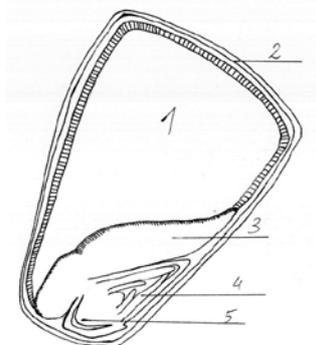


**Ответы и критерии оценок к заданиям второго этапа олимпиады "Высшая проба" по биологии.****10 класс, 2019****Максимальное количество баллов — 100.****Раздел №1.**

**Задание 1 (6 баллов).** Нарисуйте схему строения плода кукурузы и подпишите его части. К какому типу плодов он относится?

**Ответ.** Плод кукурузы - зерновка. На рисунке должны быть указаны следующие части зерновки кукурузы: эндосперм (1), околоплодник, сросшийся с семенной кожурой (2), одна семядоля (щиток) (3), зародышевый побег (почечка, зародышевая почка) (4), зародышевый корешок (5).



**Критерий оценки.** 1 б. за правильно названный тип плода (зерновка), по 1 б. за каждую правильно изображенную, отмеченную и названную часть плода (в том числе, по 1 б. за указание околоплодника и семенной кожуры), но не более 6 б. в сумме. Допустимы синонимы названий. В ответе они указаны в скобках. В случае, если указан только зародыш, ставился 1 б., если отдельно были указаны почечка и корешок – 2 б.; засчитывался только вариант «семенная кожура», но не просто «кожура».

**Задание 2 (6 баллов).** Какие типы специализированных органов газообмена встречаются у животных? Для каждого типа органов приведите по два примера классов животных, для взрослых представителей которых характерны эти органы.

**Ответ.** Специализированными органами газообмена животных являются **жабры, лёгкие и трахеи**. Возможно дыхание без участия специализированных органов (например, через покровы тела) - такие ответы не засчитываются, т.к. не соответствуют условию задачи. Также не оценивается указание частей дыхательных систем, в которых газообмен не происходит (например, компонентов дыхательных путей позвоночных животных).

**Жабры** характерны для многощетинковых червей, головоногих моллюсков, двустворчатых моллюсков, брюхоногих моллюсков, ракообразных, а также хрящевых и костных рыб.

**Лёгкие** характерны для брюхоногих моллюсков, паукообразных, земноводных, пресмыкающихся, птиц и млекопитающих.

**Трахеи** характерны для насекомых, паукообразных и многоножек.

Мы привели примеры классов животных из школьной программы, но участники, конечно, не обязаны ими ограничиваться.

**Критерий оценки.** По 1 б. за каждую верную пару “тип органа газообмена - класс животных”, но не более 6 б.

Обсудим **наиболее распространённые ошибки в ответах.**

*Кожа не является специализированным органом газообмена.* Специализация подразумевает приспособление к выполнению одной функции. Кожа совмещает в себе сразу много функций.

*Жаберные щели не являются органом газообмена.* Эти отверстия в глотке – общий признак всех хордовых. Да, при наличии жабр вода к ним может поступать через жаберные щели, но само отверстие не осуществляет газообмен и к дыханию отношения не имеет. Асцидии и ланцетники, например, фильтруют через них воду для добывания пищи.

*Воздушные мешки у птиц* служат для уменьшения массы птицы и помогают увеличить эффективность дыхания за счёт изменения пути воздуха через дыхательную систему, но не являются органом газообмена.

*Кожное (и, тем более, жаберное) дыхание у рептилий.* Рептилии – группа, старательно приспособившаяся к жизни на суше, вдали от воды. На данный момент это одни из самых независимых от воды позвоночных. Кожное же дыхание означает постоянные потери воды и требует влажной тонкой кожи.

*Мантия – орган газообмена моллюсков.* Да, органы газообмена моллюсков расположены в мантийной полости, но там есть не только они.

*Жаберное дыхание у амфибий* есть только у личинок. Как и у насекомых.

*Трахеиды* – это элемент проводящей системы растений. У животных – трахеи.

**Задание 3 (6 баллов).** Опишите рефлекторную дугу коленного рефлекса, указав, в каких анатомических структурах расположены тела нейронов. Рисунок приводить не нужно.

**Ответ.** В ответе на этот вопрос необходимо привести следующую последовательность:

1. Рецептор растяжения четырёхглавой мышцы бедра (рецептор растяжения мышцы, мышечные веретена).

2. Чувствительный (афферентный) нейрон. Тело лежит в спинномозговом узле (спинальном ганглии).
3. Двигательный (моторный, эфферентный) нейрон. Тело находится в передних рогах спинного мозга (ответ “в спинном мозге” также засчитывается).
4. Четырёхглавая мышца бедра (мышца ноги).

**Критерий оценки.** По 1 б. за указание каждой части пути нервного импульса, расположенной в правильном контексте. Всего 4 б. По 1 б. за правильное указание расположения тел чувствительного и двигательного нейрона. Всего 2 б. Варианты ответа, указанные в скобках, считаются равнозначными, как и иные формулировки, не искажающие смысла.

**Задание 4 (6 баллов).** Назовите стадии деления эукариотической клетки с сохранением ее плоидности и опишите их. Как называется такой тип деления?

**Ответ.** Тип деления, при котором плоидность (количество наборов хромосом) может оставаться неизменной, называется митоз.

Митоз включает следующие стадии:

- Профаза - конденсируются хромосомы, исчезают ядрышки (не у всех клеток), начинают формироваться микротрубочки веретена деления. Иногда выделяют стадию прометафазы - разрушение ядерной оболочки, движение хромосом по направлению к экватору клетки.
- Метафаза - хромосомы выстроены на экваторе клетки - образуется т.н. метафазная пластинка.
- Анафаза - сестринские хроматиды разделяются и движутся к полюсам клетки.
- Телофаза - хроматиды у полюсов, хроматин деконденсируется, формируется ядерная оболочка, микротрубочки веретена деления разбираются.

Чтобы после митоза получились клетки с таким же набором хромосом, как исходная, должно произойти разделение цитоплазмы (цитокinesis). В противном случае происходит полиплоидизация.

**Критерий оценки.** 1 б. за правильно названный процесс - митоз, по 1 б. за каждую стадию митоза с верным описанием. В случае неточностей в описании оно могло быть зачтено при наличии правильного разъясняющего рисунка. 1 б. за описание цитокinesis.

**Раздел №2. Расчетные задачи.**

**Оценивались только подробные решения. Оценка за верный ответ без решения составляет 0б.**

**Задание 5 (11 баллов).** Двигатель внутреннего сгорания автомобиля выделяет немало вредных веществ, в том числе крайне ядовитый для человека угарный газ. Зимой часто возникают случаи отравления, когда люди пытаются согреться в закрытом гараже при помощи включенного мотора. Такое решение может привести к потере сознания и даже смерти.

Рассчитайте, через сколько минут человек потеряет сознание от отравления угарным газом, если длина гаража 5,5 м, ширина 3 м, высота 2 м, а при повышении концентрации СО до 0,32 % возникает паралич и потеря сознания (смерть наступает через 30 минут). При решении считайте, что общий объем газов в гараже не изменяется. Ответ округлите в сторону меньшего целого числа.

*Справочные данные:*

Исправный двигатель на холостом ходу потребляет 3,5 граммов воздуха в секунду. Потребление на холостом ходу - 1 л бензина в час.

Масса 1 л бензина - 0,78 кг.

1 кг сжигаемого бензина приводит к образованию 16 кг смеси различных газов.

В выхлопном газе 5% СО.

Масса 1 м<sup>3</sup> воздуха при стандартных атмосферных условиях (барометрическое давление 760 мм.рт.ст., t=+15°C) равна 1,225 кг.

В случае необходимости применения газовых законов (таких как закон Авогадро или закон Гей-Люссака) несоответствием условий стандартным пренебречь.

Концентрация СО в атмосферном воздухе очень мала, примите её равной нулю.

Молекулярные массы: С - 12, О - 16, Н - 1, N - 14, S - 32

**Решение.** Эту задачу можно решать несколькими способами, похожими друг на друга. В решении есть два ключевых момента: расчет скорости образования СО (в любых единицах измерения) и определение предельно допустимой концентрации СО в гараже (в любых единицах измерения). Приведем наиболее распространенный способ решения:

рассчитаем, сколько угарного газа производит автомобиль за секунду работы двигателя.

Если при сжигании килограмма бензина выделяется 16 кг газов, то при сжигании 0,78 кг (1 литра):  $0,78 \times 16 = 12,48$  кг газов

В 1 часе - 3600 секунд. Вычислим скорость образования выхлопных газов:

$$12,48/3600 = 0,0035 \text{ кг/с} = 3,5 \text{ г/с}$$

Концентрация СО в этом газе - 5%. Значит  $3,5 \times 0,05 = 0,175$  г СО за секунду вырабатывает двигатель на холостом ходу.

Рассчитаем предельно допустимую концентрацию СО в этом гараже. Объем гаража:  $5,5 \times 3 \times 2 = 33$  кубических метра.

Масса 1-го кубического метра воздуха равна 1,225 кг или 1225 г.

В 33 кубических метрах  $1225 \times 33 = 40425$  г воздуха.

Предельно допустимая концентрация CO составляет 0,32 % от массы воздуха в гараже:  
 $40425 \times 0,32 = 129,36$ г.

Теперь рассчитаем, за сколько секунд двигатель выработает такое количество CO:

$$129,36 \text{ г} / 0,175 \text{ г/сек} = 739,2 \text{ секунд.}$$

Переведем эти секунды в минуты:

$$739,2 / 60 = 12,32 \text{ минуты. После округления получаем 12 минут.}$$

**Ответ:** через 12 минут.

**Критерий оценки.** 4б. за скорость образования CO (в любых единицах измерения). 4б. за предельно допустимую концентрацию CO в гараже (в любых единицах измерения). 3б. за правильный расчет времени.

**Задание 6 (11 баллов).** Бомбейский феномен - это случай нетипичного наследования групп крови системы АВ0. Он обнаруживается у рецессивных гомозигот по гену *H* и состоит в том, что у таких людей не синтезируются агглютиногены на поверхности эритроцитов. Фенотипически такие люди имеют первую группу крови. Ген *H* наследуется независимо от гена *I*, определяющего группу крови по системе АВ0.

Доля людей с Бомбейским феноменом составляет 0,0004% населения Земли, но в некоторых популяциях она значительно выше. Например, в индийском городе Мумбаи (ранее Бомбей), доля людей с проявлением Бомбейского феномена достигает 0,01%.

Определите, какие группы крови по системе АВ0 и в каком соотношении будут иметь дети от брака мужчины и женщины, которые оба имеют IV группу крови и гетерозиготны по гену *H*.

Людам какой группы (или групп) крови можно переливать кровь людей с Бомбейским феноменом? Почему?

Считая население Мумбаи равновесной популяцией, определите долю (в %) гетерозигот по гену *H* среди жителей города.

**Решение.**

1. Люди с IV группой крови имеет генотип АВ, гетерозиготы по гену Бомбейского феномена — Нh. Таким образом, генотип родителей АВНh, каждый из них дает 4 типа гамет. Напишем для них решетку Пеннета.

$$P: \text{♀ } АВНh \times \text{♂ } АВНh$$

	АН	Ah	ВН	Bh
АН	ААНН (II группа)	ААНh (II группа)	АВНН (IV группа)	АВНh (IV группа)
Ah	ААНh (II группа)	ААhh (I группа)	АВНh (IV группа)	АВhh (I группа)
ВН	АВНН (IV группа)	АВНh (IV группа)	ВВНН (III группа)	ВВНh (III группа)
Bh	АВНh (IV группа)	АВhh (I группа)	ВВНh (III группа)	ВВhh (I группа)

Посчитаем итоговое соотношение по группам крови:

4 (I группа) : 3 (II группа) : 3 (III группа) : 6 (IV группа).

2. Кровь людей с Бомбейским феноменом можно переливать людям с любой группой крови, потому что у них отсутствуют агглютиногены на поверхности эритроцитов и такие эритроциты не могут быть агглютинированы антителами реципиента.

Обратите внимание, что в крови людей с Бомбейским феноменом есть антитела ко всем агглютиногенам системы АВО, однако при переливании крови (300-500 мл) концентрация этих антител в итоговом объеме крови реципиента (4-5 литров) будет невелика, поэтому антитела в крови доноров не учитывают при составлении карт переливания крови.

3. Поскольку речь идет о равновесной популяции, то к ней можно применить закон Харди-Вайнберга:

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1,$$

где  $p^2$  — доля гомозигот по одному из аллелей;  $p$  — частота этого аллеля;  $q^2$  — доля гомозигот по второму аллелю;  $q$  — частота соответствующего аллеля;  $2pq$  — доля гетерозигот.

Введем обозначения:  $H$  – доминантный обычный аллель с частотой  $p$ ,  $h$  – рецессивный аллель с поврежденным геном агглютиногена и его частота  $q$ . Люди с генотипом  $Hh$  имеют обычные группы крови и их количество – это  $2pq$ .

Таким образом, люди, имеющие обычные группы крови, имеют генотип  $HH$  или  $Hh$ , в то время как генотип  $hh$  – только у людей с Бомбейским феноменом. Поэтому их приведенная в условии задачи доля в популяции 0,0001- это именно доля гомозигот  $hh$ , т.е.  $q^2$ . Исходя из этого, мы можем посчитать частоту аллеля  $h$ , обозначаемую  $q$ .

Итак,  $q = \sqrt{0,001} = 0,01$ .

Отсюда мы можем рассчитать  $p$ , т.к.  $q+p = 1$ . Итак,  $p = 1 - 0,01 = 0,99$ .

Посчитаем долю гетерозиготных носителей с генотипом  $Hh$ . Их количество по закону Харди-Вайнберга составляет  $2pq$ .

$2pq = 2 \times 0,99 \times 0,01 = 0,02$ . Если выразить в процентах, то это - 2% жителей Мумбаи.

**Ответ:** 4 (I группа) : 3 (II группа) : 3 (III группа) : 6 (IV группа). Кровь людей с Бомбейским феноменом можно переливать людям с любой группой крови, потому что у них отсутствуют агглютиногены на поверхности эритроцитов и такие эритроциты не могут быть агглютинированы антителами реципиента.

Доля гетерозигот по гену  $H$  среди жителей города составляет 2%.

**Критерий оценки:** 4 б. за правильное соотношение групп крови у детей (при этом 1 б за правильные генотипы родителей и 1 б за построение решетки Пеннета), 2 б. – за правильный ответ про переливание крови с верным объяснением, 1 б. – за применение закона Харди-Вайнберга, 4 б. – за правильно рассчитанную долю гетерозиготных носителей гена  $h$ .

### Раздел №3. Научные и творческие задачи.

**Задание 7 (18 баллов).** На регулярном медосмотре врач обнаружил на теле пациента вздутие. В чем может заключаться причина его возникновения? Приведите как можно больше вариантов ответа. Никаких ограничений на размер и форму опухшего участка не налагается.

**Ответ.** Вздутие (припухлость), обнаруженное врачом на теле пациента при регулярном медицинском осмотре, может образоваться в результате воздействия многих факторов. Разделим их на несколько групп.

#### I. Воспалительные реакции

Очень часто разнообразные неблагоприятные факторы, воздействующие на организм, запускают один и тот же универсальный механизм защитной реакции - воспаление. Воспаление имеет характерные признаки: отек (который может выглядеть как припухлость (вздутие)), покраснение, повышение температуры, боль и нарушение функции. Отек возникает за счет экссудации (накопления жидкости). Перечислим основные причины возникновения воспаления и, следовательно, отека, разделив их на группы.

А. Воздействие различных физических и химических факторов, что приводит к возникновению: термических и химических ожогов, механических травм, отморожений, пролежней и т.д. Сюда же можно отнести припухлости на месте инъекций ("уколов").

Б. Воздействие различных биологических агентов: змей, насекомых, простейших, бактерий, вирусов и т.п. Причем действующим началом является как само наличие

паразитов и проч. - в качестве инородных тел - так и присутствие в организме продуктов их жизнедеятельности и распада (различные токсины). Приведем некоторые из множества возможных примеров: вздутия от укусов насекомых, например, комаров и ос; "ожоги" крапивой; инвазии подкожных паразитов; увеличение лимфатических узлов в результате инфекционных заболеваний (корь, краснуха, мононуклеоз, вирусные гепатиты, токсоплазмоз, болезнь кошачьей царапины и т.д.), опухание век при конъюнктивитах. Сыпь при некоторых инфекционных заболеваниях, например, ветрянке, также может выглядеть как небольшие вздутия.

Помимо отека, воспалительный процесс может сопровождаться накоплением гноя, который собирается под поверхностью кожи, образуя вздутия (абсцессы, фурункулы, флегмоны, акне и т. д.).

К описанным в пунктах А и Б процессам могут присоединяться аллергические реакции. Это чрезмерные воспалительные реакции на самый широкий спектр воздействий на фоне сенсibilизации (повышения чувствительности) организма. В результате, симптомы, в частности отеки (вздутия) могут становиться более выраженными и длительными.

В. Аутоиммунные заболевания. Это группа заболеваний, при которых иммунная система атакует ткани собственного организма. В результате возникает воспаление. Одним из следствий таких заболеваний (помимо неспецифических отеков) может быть увеличение какого-либо органа. Например, щитовидной железы при Базедовой болезни или суставов при ревматоидном артрите.

## II. Воздействие механических факторов

Припухлости (отеки) могут возникать и в отсутствие воспаления из-за различных механических факторов. Однако часто вскоре к ним присоединяется воспаление.

А. Закупорка лимфатических сосудов, приводящая к застою лимфы. Например, лимфатический сосуд может быть поврежден при травме, операции или хирургически удален; ток лимфы может быть нарушен из-за опухоли лимфатических узлов (лимфомы).

Б. Закупорка кровеносных сосудов и нарушение оттока крови, например, из-за перекрытия вены тромбом.

В. Трение. Например, при ношении неудобной обуви возникают вздутия - т.н. "водяные мозоли".

Вообще, отеки часто имеют комплексный механизм возникновения. Так, при ряде заболеваний возможно накопление жидкости в брюшной полости (асцит), которое приводит к видимому вздутию живота. Перечислим некоторые возможные причины: нарушение оттока лимфы, воспалительный процесс в брюшной полости, нехватка белков в крови из-за голодания или болезней почек и т.д. Важно, что бытовое понятие "вздутие живота" связано с повышением давления в кишечнике и обычно не проявляется, как вздутие, видимое со стороны.

III. Опухоли мягких тканей.

Доброкачественные и злокачественные опухоли могут проявляться как вздутия, если развиваются в мягких тканях. Это, например, опухоли жировой и соединительной ткани, молочных желёз.

IV. Проявления нормальных физиологических процессов

Врач, как и любой человек, умеет рассматривать разные возможности: вздутие на теле может быть не только патологией. Оно может быть проявлением некоторых нормальных физиологических процессов, например, беременности, роста молочных желез, а также представлять собой натренированную мускулатуру, появившуюся в промежутке между медосмотрами.

**Критерий оценки.** По 1 б. за каждую правильную версию. Всего не более 18 б.

**Задание 8 (18 баллов).** Какие приспособления водных организмов помогают им оставаться в толще воды? Перечислите как можно больше приспособлений и по возможности приведите по одному примеру животных, которые их используют.

**Ответ.** Приведём некоторые примеры таких приспособлений. Многие организмы используют полости, наполненные воздухом (например плавательный пузырь костных рыб, воздушные пузыри на талломе фукуса). Некоторые организмы повышают свою плавучесть с помощью накопления липидов (например, много липидов содержится в печени у акул или в плавающей икре; кашалоты могут регулировать свою плавучесть с помощью спермацетового органа). Поддержание тела в толще воды возможно с помощью движения хвоста и плавников (например, у акул). Некоторые организмы прикрепляются к другому объекту (например, двустворчатые моллюски, многие водоросли). Некоторые организмы могут помогать себе находиться в толще воды с помощью реактивного способа движения (например, медузы). Поддержанию плавучести может способствовать большая площадь поверхности по отношению к объёму (например, скаты, а также многие планктонные организмы, которые имеют выросты для увеличения площади поверхности).

Высокое содержание воды в организме приближает плотность организма к плотности воды, что позволяет почти не прикладывать усилий по удержанию в её толще (весь желетельный планктон: медузы, гребневики, сальпы, аппендикулярии).

**Критерий оценки.** По 2 б. за каждую правильную версию, включая не указанные здесь. Если версия сформулирована очень общим образом (например, «снижение плотности тела») или с неточностями/неверными дополнениями, за версию выставляется 1б. За правильное объяснение механизма работы приспособления – 1б. По 1 б. за верно приведенный пример к каждой версии, близкие виды засчитываются за один пример. Всего не более 18 б.

**Наиболее распространённые ошибки**

Самая распространённая ошибка – *недочитанный вопрос*. Перечисление приспособлений водных организмов, таких как обтекаемая форма, жаберное дыхание, покрытые слизью для уменьшения трения покровы, не засчитывалось.

Вторая распространённая ошибка – *перечисление приспособления для закрепления на дне*. Толща воды – это промежуток между дном и её поверхностью.

*Маленький вес и маленький размер* сами по себе не являются приспособлением к нахождению в толще воды. Для этого нужна плотность, примерно равная плотности воды, то есть совершенно определённое отношение веса к объёму.

**Задание 9 (18 баллов).** Как растения узнают, что им пора цвести? Придумайте как можно больше гипотез и предложите эксперименты, которые позволяют их проверить.

**Ответ.** В настоящее время известны следующие механизмы инициации цветения растений:

- инициация цветения изменением длины светового дня. Именно после изучения такой реакции было введено понятие фотопериодизма. Растения умеренного и холодного климата обычно начинают цвести при удлинении светового дня (длиннодневные растения), тропические растения могут зацвести при его укорочении (короткодневные).

- Реакция на температуру. Многие растения умеренного климата зацветают после длительного охлаждения (закончилась зима – значит, теперь долго будет тепло и можно цвести).

- Онтогенетическая регуляция цветения: указанные выше факторы не действуют на молодые растения или растения, не набравшие достаточно ресурсов для формирования цветков. У растений экваториального климата реакция на температуру и долготу дня может отсутствовать, и онтогенетическая регуляция для них окажется основным механизмом. Возможность накопления растением достаточного ресурса для цветения, в свою очередь, зависит от большого количества внешних факторов (интенсивности освещения, наличия достаточного количества воды и минеральных веществ в почве и т.д.).

- Некоторые растения начинают цвести при сильных повреждениях (например, если побег оторвать от корней) или при крайне неблагоприятных изменениях окружающей среды. Смысл такой реакции в том, что в такой ситуации ресурсов растения, скорее всего, не хватит на выживание, но может хватить на размножение.

Перечисленные пути взаимосвязаны, то есть реакция на один фактор, благоприятствующий цветению, может зависеть от сочетания остальных факторов.

Вероятно, некоторые растения могут реагировать и на другие, еще не изученные факторы. Как можно выяснить, какие стимулы заставляют цвести данный вид растений?

Во-первых, важно изучить, с какими изменениями условий окружающей среды регулярно совпадает время цветения данного вида растений в природе.

Нужно учесть, что характер изменения фактора может быть непостоянным – например, повышение температуры может подействовать только после предварительного охлаждения.

Дальше потребуется вырастить группу растений в искусственных условиях. Разделить эту группу на две – контрольную и опытную. Условия жизни первой группы не менять, а вторую подвергнуть изменению одного изучаемого фактора (увеличить продолжительность светового дня с помощью искусственного освещения, чаще поливать, изменить температуру и т.д.) Поскольку мы не знаем, насколько сильным должно быть воздействие, чтобы вызвать цветение, можно использовать не одну опытную группу, а несколько, условия жизни которых будут различаться интенсивностью действия одного изучаемого фактора.

**Критерий оценки.** По 1 б. за каждый указанный фактор, который может повлиять на переход растений к цветению и за каждый предложенный эксперимент. Элементы методики постановки эксперимента оценивались отдельно (наличие выборки, генетическая однородность растений, участвующих в эксперименте, использование контрольной группы и т.д.). Оценивались любые биологически корректные версии, а не только указанные в ответе.