



**Высшая
проба**
ВСЕРОССИЙСКАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ УЧАСТНИКОВ

**Всероссийской олимпиады школьников «Высшая проба»
по профилю «Химия» для 9, 10, 11 класса**

2024/2025 уч. г.



ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Рекомендации для участников олимпиады «Высшая проба» по профилю «Химия»

1. Аннотация профиля

Всероссийская олимпиада «Высшая проба» по химии проводится для школьников 9-11 классов. Олимпиада призвана развивать способности к творческому и нестандартному мышлению, привить интерес к химии и привлечь в современную фундаментальную науку.

Тематика заданий охватывает программные разделы школьного курса химии, однако предполагается, что участники знакомы с ними более углубленно. Перечень тем заданий приведен в Разделе №3 настоящих Рекомендаций.

Для успешного решения заданий также необходимы знания по математике, элементарной физике в пределах школьной программы, необходимых для понимания химических процессов и расчетов их энергии, скорости и количественных параметров реакций.

Олимпиада проводится в два этапа. Первый этап проходит заочно, в ноябре. Принять участие в состязании можно в один из двух дней на выбор участника, даты проведения указываются в расписании по адресу <https://olymp.hse.ru/mmo/timetable>. Второй этап проводится очно январе-феврале в НИУ ВШЭ и на нескольких десятках площадок вузов-партнеров.

2. Структура вариантов и типы олимпиадных заданий

Принципы составления и решения олимпиадных задач, которыми руководствуется методическая комиссия:

Олимпиадная задача – это прежде всего тренировка логического мышления. Не будет задач, в которых нужно кропотливо и долго считать количественные данные очевидных химических реакций. Не будет задач, в которых нужно знать существенно выходящие за необходимую эрудицию химию борсодержащих гетероциклов или ответить на вопрос, как синтезировать ауриновый краситель из резорцина.

А, например, будут задачи, в которых очевидные процессы в описанных в задаче условиях становятся не настолько очевидными – просто не учтены побочные реакции или невнимательно прочтено условие задачи; в которых необходимо найти формулу соединения (в том числе и не описанного в школьном учебнике) на основе школьных знаний. Уравнять окислительно-восстановительные реакции с неизвестными продуктами так, чтоб эти «неизвестные продукты» не были одновременно кислотой и щелочью (или кислой и основной солью), или не получался в результате натрий в водном растворе. Не приветствуется селективное получение хлорметана хлорированием метана на свету (см. школьный учебник) или, например, получение K_2O сжиганием калия в кислороде. Совсем плохо отнесемся к пятивалентному углероду (в обычных условиях – но если есть внятное объяснение этому, прочитаем с удовольствием).

Задачи по химии обычно делят на количественные и качественные. Постулируется, что для решения первых надо уметь считать, для вторых – знать химию. В корне неверно, химия и там, и там, и такое разделение очень поверхностно. В олимпиадных «количественных» всегда есть реакции, без написания которых никакие расчеты не сделать, а в «качественных» - задачи, ключиком к решению которых задан предварительный расчет, и без него никак.

В качественных задачах может также потребоваться: объяснение экспериментальных фактов, описанных в условии; распознавание веществ по их физическим или химическим свойствам, разделение смесей веществ; написать схему получения новых соединений (например, получения органических веществ из неорганических), предсказание химических свойств простых веществ и их соединений. Например, предсказать на основе Периодической системы свойства селена и его соединений. Ну и что, что он не изучается в школьной программе? Ведь прогнозирование свойств на основе периодичности не требует изначальных знаний о данном элементе, а требует только логики и знания химии серы.

Резюмируя, можно расписать классы 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, изотопные или спектральные 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)

Рекомендуется ознакомиться с демонстрационными версиями заданий: <https://olymp.hse.ru/mmo/materials-chemistry> и задачами прошлых лет (там же) – как данной олимпиады, так и других олимпиад, вплоть до международных 70-80-х.

Первый этап длится 3 ч, участникам предлагается 10 заданий, каждое оценивается отдельно, в зависимости от уровня сложности, а максимальная сумма баллов 100. Этап позволяет школьнику понять, какие направления собственной эрудиции необходимо подтянуть, почитать книги с расширенным (не количеством фактов, а расширенными пояснениями) материалом.

Одно из заданий в каждом из классов – эссе. Постарайтесь не растекаться мыслью по древу, и писать самое важное, то, что необходимо и достаточно для решения-объяснения.

Второй этап рассчитан на 4 ч работы и включает 6 заданий. Максимальная сумма баллов – 100.

Вся методкомиссия олимпиады по химии состоит из сотрудников Российской академии наук, их главная цель – пополнение научных школ фундаментальной химии. Из чего следует *основное отличие второго этапа*: большинство заданий содержат в том или ином виде описания научных экспериментов, а задача – либо на основе этих данных построить собственную теорию происходящих процессов, либо рассчитать требуемые параметры. Ничего выходящего за пределы здравого смысла и математики в объеме программы для младших классов там нет, а данные (даже если их нет в школьном учебнике) приводятся в достаточном количестве, чтоб сформировать свое представление об описанном процессе, и сделать необходимые выводы. Работая в институтах РАН, мы стремимся прогрессировать сами, чтоб соответствовать научному уровню современной химической науки, и поэтому в составлении (и решении) задач больше ценим как раз научную составляющую. Поэтому победители «Высшей пробы» приходят на факультет химии НИУ ВШЭ без вступительных экзаменов, чтоб с 1 курса реально включиться в научную работу в лабораториях РАН.

3. Темы олимпиадных заданий и список литературы

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.

Причины периодичности свойств химических элементов. Структура атома, предельное количество элементов в периодах периодической системы. Изотопы. Стабильность изотопов. Ядерные реакции. Группы, подгруппы, s-, p-, d-, f-элементах Периодическое изменение радиусов атомов в периодах и группах. История Периодического закона и Периодической системы 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.

Атомы и химическая связь.

Представления о электронном строении атома, атомных орбиталях, s-, p-, d-орбитали. Энергия ионизации, сродства к электрону. Электроотрицательность. Теория валентности. Валентность и степень окисления – различия, в частности, в органических соединениях. Представление об орбиталях, форма атомных орбиталей, способы перекрывания атомных орбиталей при образовании химической связи. Метод валентных связей. Метод Гиллеспи

Ионная связь. Соединения со сложными катионами и анионами.

Понятие валентности. 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 разрыва химической связи. Расчет тепловых эффектов реакций по теплотам сгорания, образования и энергиям разрыва связи. Закон Гесса и термохимия. Теплоемкость. Теплоты кипения и плавления, зависимость от межмолекулярных взаимодействий.

Второй закон термодинамики. Обратимые и необратимые процессы.

Обратимость химических реакций. Химическое равновесие. Константа равновесия. Факторы, влияющие на величину константы равновесия. Смещение положения равновесия. Принцип Ле Шателье-Брауна.

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. Малорастворимые соли. Произведение растворимости. Способы понижения и повышения растворимости.

Теории кислот и оснований. Сильные и слабые кислоты. Факторы, определяющие силу кислот и оснований. Концентрация ионов водорода. 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. Закон действующих масс. Константа скорости.

Зависимость скорости реакции от температуры.

Цепные реакции. Катализ. Катализаторы. Гетерогенный и гомогенный катализ.

Электрохимия

Основные понятия электрохимии. Электропроводность растворов. Активность электролитов. Изотонический коэффициент. Гальванический элемент. Электродные потенциалы. Уравнение Нернста.

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. В.В.Загорский. 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.

Распределение электронов в молекулах; степени окисления атомов. Закономерности строения и поведения соединений с одинарными ковалентными связями.

Химия неметаллов

Водород, строение атома, изотопный состав. Гидриды, свойства. Вода, строение, свойства.

Элементы III группы. 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. Сравнение строения и свойств простых веществ и соединений:

а) радиусы атомов, проявляемые степени окисления;

б) простые вещества, строение молекул, физические и химические свойства, способы получения;

в) кислородные соединения элементов IV группы. Оксид углерода (II), строение, свойства, получение. Соединения Si(IV), строение оксида и силикатов. Галогениды элементов IV группы.

Элементы V группы. Сравнение строения и свойств простых веществ и соединений: а) проявляемые степени окисления; б) простые вещества, строение молекул, физические и химические свойства, способы получения; в) водородные соединения, строение молекул, физические свойства, химические свойства, получение; г) кислородные соединения элементов. 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. Кислород. Халькогены. Сравнение строения и свойств простых веществ и соединений: а) проявляемые степени окисления; б) простые вещества, строение молекул, физические и химические свойства, способы получения; в) водородные соединения, строение молекул и физические свойства, химические свойства, получение; г) оксиды ЭО₂ строение молекул, физические свойства, химические свойства, получение; д) кислородные соединения халькогенов. Аномальные свойства воды (температура плавления и кипения); водородная связь. Соединения с водородной связью. Протонные и апротонные растворители. неполярные растворители. Соединения серы со связью S—S: S₂O₃²⁻, S₄O₆²⁻. Оксид серы (VI), серная кислота, сульфаты.

Элементы VII группы. Галогены. Сравнение строения и свойств простых веществ и соединений: а) проявляемые степени окисления; б) простые вещества, строение молекул, физические и химические свойства молекул галогенов, способы получения; в) галогеноводороды, строение молекул, физические свойства, химические свойства, получение; г) кислородные соединения галогенов.

Элементы VIII группы. 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:

- а) простые вещества, физические и химические свойства, способы получения;
 - б) гидроксиды. Растворимость солей. Причины сходства свойств соединений Li-Mg, Be-Al.
- Особенности свойств d-элементов и их соединений.

d-Элементы I и II групп. Сравнение строения и свойств простых веществ и соединений, степени окисления.

d-Элементы VI группы. Сравнение строения и свойств простых веществ и соединений, проявляемые степени окисления.

d-Элементы VII группы. Сравнение строения и свойств простых веществ и соединений, проявляемые степени окисления. Окислительно-восстановительные реакции в воде.

d-Элементы VIII группы (железо, кобальт, никель) Сравнение строения и свойств простых веществ и соединений, степень окисления.

Элементы d-блока. Обзор ключевых физических и химических свойств.

Сопоставление свойств элементов главных и побочных подгрупп.

Комплексные соединения, координационное число.

Окислительно-восстановительные процессы и степень окисления. Сопряженные окислительно-восстановительные процессы в растворах. «Ряды напряжений» (стандартные электродные потенциалы). Зависимость состава продуктов окислительно-восстановительных реакций от силы окислителя или восстановителя. Влияние pH. Методы уравнивания окислительно-восстановительных реакций. Степени окисления и уравнивание окислительно-восстановительных реакций в органической химии.

Источники тока. Гальванические элементы.

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. sp -, sp^2 -, sp^3 - атомные орбитали.

Принципы номенклатуры органических соединений. Изомеры, виды изомеризации.

Алканы. Строение и получение. Замещение водорода галогенами, соединение и расщепление углеродных цепей. Окисление sp^3 -атома углерода.

Алкены. Строение, отличия sp^2 -гибридизованного атома, получение, стереохимия. Реакции двойной углерод-углеродной связи.

Алкены и диены. Реакции тройной связи: замещение и присоединение при sp -гибридизованном атоме углерода. Сопряженные связи. Степень двоевязности одинарной связи между двойными связями. Реакции сопряженных кратных связей. Каучуки, получение и свойства.

Циклические алифатические углеводороды. Сходство и различие химических свойств с алканами. Стереохимия насыщенных циклов. Химические свойства. Гетероциклические соединения.

Полное сопряжение связей. Ароматические углеводороды, бензол. Ароматичность, ее признаки. Гомологи бензола, гетероатомные аналоги бензола. Электрофильное замещение в ароматическом ряду. Химические свойства производных бензола.

Алkil- и арилгалогениды, методы получения и свойства.

Спирты, одноатомные и многоатомные. 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.

Окислительно-восстановительные процессы в органической химии.

Методы получения органических веществ из неорганических. Реакции оксида углерода (II). Способы удлинения углеродной цепи.

Литература:

3. Новошинский И. И. Органическая химия. Углубленный уровень. 11(10) класс. М.,: Русское слово. 2018.
4. Моррисон Р., Бойд Р. Органическая химия. М., Мир, 1974.
5. Терней А., Современная органическая химия, пер. с англ., т. 1-12, М., 1981.

6. Органическая химия. Интерактивный мультимедиа учебник. <http://orgchem.ru/>
7. Березин Д., Березин Б. Органическая химия. Учебное пособие. М., 2014.

Последний (но не по важности) пункт: Как упомянуто выше, в условиях задач может быть приведена информация о химических процессах и явлениях, не описанная в школьном учебнике. Но объема этой информации достаточно, чтобы на основании школьных знаний и элементарной логики решить такую задачу.

Литература по всему курсу химии:

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. Смит В. А., Дильман А. Д. Основы современного органического синтеза. М.: БИНОМ, 2012. *Учебник написан сотрудниками Института органической химии РАН.*
4. Н.Я. Турова. Неорганическая химия в таблицах. Изд-во Высшего химического колледжа РАН, 2007. *В свободном доступе на сайте НИУ ВШЭ: <https://olymp.hse.ru/mmo/materials-chemistry>. Практически вся неорганическая химия в структурированных таблицах. Издано на 4 языках, неорганики всего мира пользуются этими таблицами как справочником.*
5. Турова Н.Я. Таблицы-схемы по неорганической химии. М., МЦНМО, 2009. *Упрощенный (для школьника) вариант.*

Рекомендуемая литература по решению задач:

1. Сорокин В.В., Загорский В.В., Свитанько И.В. Задачи химических олимпиад. М., МГУ, 1989. *В свободном доступе на сайте химфака МГУ, <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. *Выходил позже под другой обложкой: Те же авторы, Химия. Сборник задач с решениями и ответами. Школьный задачник (это издательство так пошутило), 10–11 классы. М., «Астрель», 2004.*
3. Лисицын А.З., Зейфман А.А. Очень нестандартные задачи по химии. М., МЦНМО, 2015. *Авторы весьма сложного задачника – великий учитель, много лет выпускавший победителей олимпиад всех уровней; и его ученик, единственный в СССР и России дважды золотой медалист международных химических олимпиад.*
4. Свитанько И.В., Кисин В.В., Чуранов С.С. Олимпиадные задачи по химии: учебное пособие. ИОХ РАН, 2017 г. *В свободном доступе на сайте НИУ ВШЭ: <https://olymp.hse.ru/mmo/materials-chemistry>*
5. 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.