

Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников по химии
2024-2025 учебный год
9 класс

Дорогой друг!

Мы очень рады, что Вы решили проявить себя в олимпиадном движении по химии. Это увлекательный путь к самосовершенствованию, развитию своего кругозора и лучшему пониманию мира, в котором мы живём.

Указания для решения задач:

Пишите разборчиво и будьте внимательны: учитывайте, что именно от вас требуется в вопросе; не забывайте о подтверждении расчетами, где это требуется. Будьте уверены, каждый из вас может решить какую-то часть задачи. При возникновении трудностей переходите к следующим заданиям – вернетесь в конце, если у вас останется время.

О муниципальном этапе:

Информация об олимпиаде, решениях и заданиях, а также видеоразбор задач будут доступны в официальной группе Ассоциации Наставников Олимпиадного Движения – команды тренеров сборной команды Республики Башкортостан: vk.com/anod_official. Используйте эту информацию для подготовки к показу работ и апелляции. Нормативные документы размещаются на сайте центра развития талантов “Аврора”: avrora-center.com.



О региональном этапе:

21, 22 января пройдет региональный этап Всероссийской олимпиады школьников: теоретический и экспериментальный этап. Для подготовки к нему проводится Зимняя химическая школа «Кристалл», которая пройдёт в Уфе в конце декабря. Школьники из Республики Башкортостан могут получить грант на бесплатное участие в программе. Заявки принимаются на сайте: anodrb.ru/winter.

Об олимпиадах:

Участие в олимпиадах позволяет получить приглашение на обучение в Образовательный центр "Сириус", поступить в вуз без экзаменов и получать стипендию до 100 000 рублей на первом курсе! Также победителям и призерам олимпиад назначается премия и стипендия Главы Республики Башкортостан. Ты стал участником муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников, что уже хороший результат. Не останавливайся на достигнутом – прими участие в олимпиадах Федерального перечня Министерства высшего образования и науки РФ, дающих льготы при поступлении в вузы. Информацию об олимпиадах можно найти в региональной группе олимпиад по химии vk.com/anod_official.

Желаем вам интересной олимпиады и плодотворного участия!



Задача 1. Полезный синтез

Вещество **X** применяется в разных сферах: как пищевая добавка для консервирования овощей, фруктов и при ферментации молочных продуктов (например, в производстве творога и сыра); как лекарственное средство, восполняющее дефицит кальция; как противогололедный реагент для посыпки дорог. В лабораториях гигроскопичный **X** используют как осушитель.

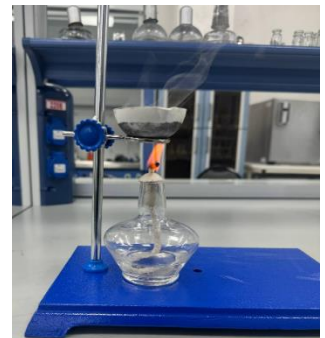
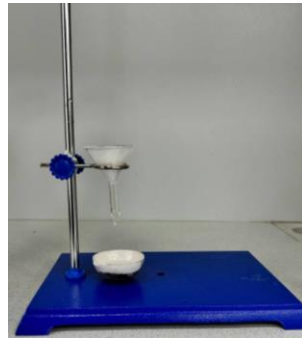
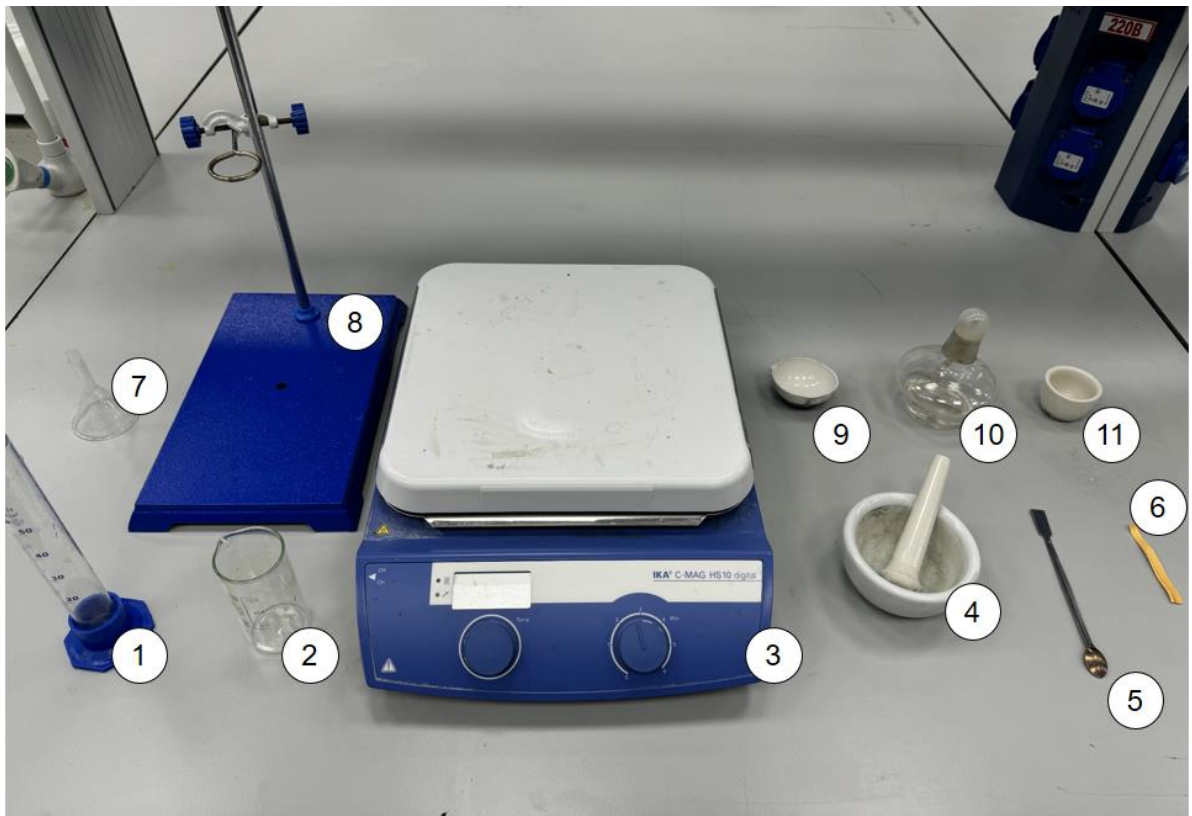
Юный химик Ильшат решил синтезировать **X**. Для этого он сначала приготовил всё необходимое (см. рисунок на следующей странице). С помощью **1** Ильшат приготовил 30 мл 15 % раствора соляной кислоты (плотность 1,07 г/мл) и поместил его в **2**. Ильшат также бросил туда магнитный якорь для перемешивания и, накрыв **2** часовым стеклом, поместил его на **3**. Далее он измельчил небольшое количество карбоната кальция с помощью **4**, взвесил на бумажке навеску $\approx 7,5$ г. Ильшат включил перемешивание и, периодически снимая часовое стекло, стал прибавлять карбонат кальция к раствору небольшими порциями с помощью **5**. Каждую следующую порцию он добавлял только после того, как прекратится бурное вспенивание. Ильшат присыпал карбонат кальция до тех пор, пока рН раствора не стал равным **5**, контролируя с помощью **6**.

Полученный раствор юный химик профильтровал, используя установку для фильтрования (**7-9**). Фильтрат он медленно упаривал, перемешивая стеклянной палочкой, чтобы не допустить кипения, пока его объем не уменьшился втрое (**8-10**). Охладив упаренный раствор, Ильшат наблюдал выпадение бесцветных кристаллов. Он отделил их от раствора декантацией (слив жидкость с осадка), просушил полученную массу между листами фильтровальной бумаги и взвесил, его масса составила 8,12 г.

1. Подпишите используемые химиком элементы посуды, оборудования и расходных материалов, обозначенные на рисунке цифрами **1-11**. Перепишите в бланк в формате «номер – слово».
2. Рассчитайте, какой объем товарной концентрированной (36 % по массе) соляной кислоты (плотностью 1,18 г/мл) Ильшату потребовалось разбавить водой, чтобы получить исходный раствор.
3. Напишите уравнение осуществленной химиком реакции.
4. Рассчитайте теоретическую массу продукта, г.

Масса продукта оказалась больше ожидаемой, но, немного подумав, Ильшат понял причину. Поместив продукт в **11**, он прокалил его на электроплитке. Масса полученного белого порошка составила 6,13 г.

5. Определите состав исходных кристаллов и напишите уравнение второй проведенной реакции.
6. Рассчитайте выход синтеза Ильшата, %.
7. Для хранения **X** и подобных ему веществ в лаборатории используют особый сосуд. Как он называется?



Задача 2. На пятёрку

С такими-то двумя-тремя химиками, не умеющими отличить кислорода от А, но исполненными отрицания и самоуважения, да с великим Елисевичем Ситников, тоже готовящийся быть великим, толчется в Петербурге и, по его уверениям, продолжает «дело» Базарова.
И.С. Тургенев. *Отцы и дети*

На прошедшем уроке химии учитель прочитал лекцию своим юным ученикам, начинающим химикам, посвящённую элементу А. Тимур, один из его учеников, запомнил, что простое вещество, образуемое элементом А, является основным компонентом воздуха — бесцветным малоактивным газом с прочной внутримолекулярной связью. На уроке ученики рассмотрели физические свойства бинарных (то есть двухэлементных) соединений элемента А с кислородом — вещества **В₁-В₅**). Вот, что Тимур отметил в своём конспекте:

Вещество **В₁** — газ при комнатной температуре с приятным сладковатым запахом и привкусом. Способен возбуждать нервную систему человека и вызывать смех, за что и получил своё тривиальное название «веселящий газ». Вещество **В₂** — бесцветный газ при комнатной температуре, растворимый в воде, но не реагирующий с ней. Вещество в больших объёмах обладает удушающим и токсическим действиями, однако играет важную роль в межклеточной и внутриклеточной передаче сигналов у позвоночных и, как следствие, во множестве биологических процессов.

Вещество **В₃** — неустойчивое ярко-синее вещество, существующее только в твёрдом или жидком виде при температурах ниже -30 °С. Может быть получено взаимодействием веществ **В₂** и **В₄**.

Вещество **В₄** — окрашенный в бурый цвет газ, тривиальное название — «лисий хвост». Токсичен, является одним из опасных неорганических ядов.

Вещество **В₅** — бесцветные летучие кристаллы, которые разлагаются при комнатной температуре и стабильны ниже 10 °С. Является ангидридом важной кислоты, широко используемой в промышленности.

Также Тимур запомнил, что в ряду веществ **В₁-В₅** атомная доля элемента А монотонно уменьшается, а степень окисления увеличивается.

Примечание: атомной долей элемента называется отношение числа атомов этого элемента к общему числу атомов в молекуле.

1. Определите элемент А. Каким одним словом называется группа неорганических веществ, к которой можно отнести вещества **В₁-В₅**?
2. Определите формулы веществ **В₁-В₅**, укажите степень окисления элемента А в каждом из этих веществ.
3. Среди веществ **В₁-В₅** можно выделить кислотные и несолеобразующие. Отнесите *каждое* из этих веществ к одной из этих двух групп.

Во время урока учитель на доске записал ряд уравнений реакций, в которых участвуют вещества **В₁-В₅**. Вернувшись домой, Тимур расстроился, увидев, что листок в его тетради промок, видимо, под дождём, пока он добирался до дома. Поэтому, часть веществ в его записях стала размытой и невозможной для прочтения:

- 1) $\text{B}_1 \rightarrow \text{B}_1 + 2\text{H}_2\text{O}$ (термическое разложение)
 - 2) $6\text{FeSO}_4 + 2\text{B}_2 + 4\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 3\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 4\text{B}_3 + 2\text{B}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4$
 - 3) $\text{B}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{B}_4$
 - 4) $\text{Cu} + 4\text{B}_5 \rightarrow \text{B}_6 + 2\text{B}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
 - 5) $4\text{B}_7 + 2\text{P}_2\text{O}_5 \rightarrow 2\text{B}_8 + 4\text{HPO}_3$
4. Тимур обратился за помощью к вам: помогите ему восстановить уравнения реакций, записав вместо «пятнышек» (●) необходимые для этого вещества. Одно «пятнышко» обозначает одно вещество, но разные «пятнышки» могут обозначать разные соединения даже в рамках одной реакции.

Задача 3. Об углекислом газе

Содержание углекислого газа в воздухе — важный показатель. Диоксид углерода образуется в результате дыхания человека и животных, процессов горения, гниения, брожения, а поглощается в процессе фотосинтеза.

Превышение концентрации углекислого газа нарушает окислительно-восстановительные процессы в организме человека. Небольшое превышение приводит к слабости, сонливости, снижению концентрации внимания. При дальнейшем росте концентрации наблюдается одышка, головная боль, шум в ушах, повышенное артериальное давление, а содержание в 8-10 % в воздухе приводит к быстрой потере сознания и смерти. Не забывайте проветривать!

1. Рассчитайте плотность углекислого газа (г/л) при н.у. Будет ли он скапливаться на потолке или на полу комнаты? Обоснуйте свой ответ, приняв молярную массу воздуха равной 29 г/моль.
2. В среднем за 1 час человек вырабатывает около 20 л углекислого газа. Рассчитайте объёмную долю CO_2 (%) в учебном кабинете длиной 6 м, шириной 9 м и высотой 3 м после проведения 1 урока (40 мин), если в классе присутствует 20 школьников и учитель, а двери и окна закрыты. Сравните со значением предельной допустимой концентрации CO_2 в школьных помещениях — 0,1 %.

Справочная информация: 1 л = 0,001 м³.

3. Сколько молекул CO_2 содержит 1 л воздуха в учебном кабинете (при н.у)?
4. Рассчитайте массовую долю CO_2 (%) в 1 л (при н.у) воздуха из кабинета.

Углекислый газ играет важную роль в тепловом балансе и изменении климата Земли. Выбросы в атмосферу пагубно влияют на экосистемы и усиливают распространение глобального потепления: за последние 10 лет на планете стало теплее на 0,25 градуса. Последствия этого — жара, наводнения, засуха, смерчи, таяние полярных льдов и вечной мерзлоты. Для решения этой проблемы и разработке проектов по декарбонизации экономики в 2021 году в Башкирии создали карбоновый полигон. На 7 участках полигона учёные ведут исследования в лесной зоне, на пахотных и залежных землях, в болотной экосистеме и ковыльной степи.

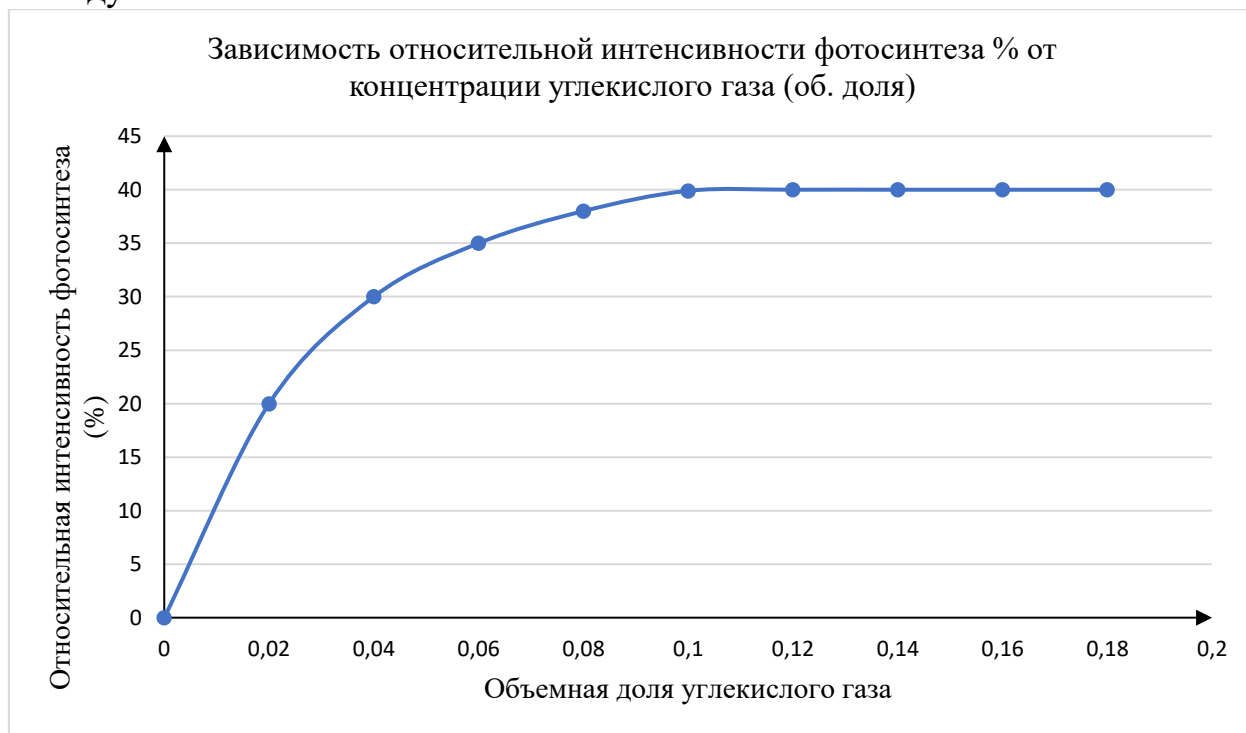
5. Почему углекислый газ влияет на увеличение температуры Земли?

Для определения концентрации CO_2 в воздухе разработано несколько методов, в санитарной практике наиболее широкое применение нашел портативный экспрессный метод Лунге-Цеккендорфа в модификации Д.В. Прохорова. Перед анализом воздуха готовят раствор карбоната натрия с концентрацией 0,1 моль/л, добавляют к нему фенолфталеин и 20 мл раствора помещают в шприц объемом 150 мл. В шприц, держа его вертикально, набирают порцию исследуемого воздуха. Затем энергичным встряхиванием (7-8 раз) воздух приводят в контакт с поглотителем, после чего воздух выталкивается и вместо него набирается одна за другой порции исследуемого воздуха до изменения окраски раствора в шприце.

6. Напишите уравнение происходящей реакции. Какова роль фенолфталеина и как изменяется окраска раствора?

7. Рассчитайте объёмную концентрацию CO_2 в воздухе, если в ходе опыта в шприц было набрано 3 порции воздуха (360 мл в расчёте на н.у.). Ответ выразите в миллионных долях (ppm, англ. *parts per million* — «частей на миллион»).

Интенсивность фотосинтеза сильно зависит от концентрации CO_2 в воздухе:



Это часто используется в агропромышленности, а также эффективно применяется в теплицах: в некоторых из них даже используются генераторы углекислого газа.

8. После каких значений концентрации углекислого газа уже не имеет увеличивать его содержание в воздухе для эффективного фотосинтеза? Какое неорганическое соединение необходимо для фотосинтеза кроме CO_2 ?

Задача 4. О Металле

Соединения металла **М** были известны древним алхимикам задолго до открытия самого металла. Ещё в Древнем Египте стёкла окрашивали в фиолетовый цвет добавлением одного из минералов металла **М**. Впервые в чистом виде металл **М** был выделен в 1774 году учёными К. Шееле и Дж. Г. Ганном нагреванием его оксида **А** с углём (*реакция 1*). В настоящее время **М** широко применяется в металлургии в качестве добавки к стали, повышая её прочность и твёрдость. Его соединения используются в производстве микроудобрений и катализаторов, красок и цветных стекол.

Одно из самых известных соединений металла **М** — соль **Б**, которую можно найти практически в каждой школьной лаборатории. Она используется как антисептик в медицине и окислитель в органическом и неорганическом синтезе. Раствор **Б** имеет хорошо узнаваемую розовую (в разбавленном растворе) или тёмно-фиолетовую (в концентрированном растворе) окраску. В промышленности её синтезируют в несколько этапов из оксида **А**, сплавляя его с калиевой щёлочи в присутствии кислорода (*реакция 2*). Получаемую при этом соль **В** тёмно-зелёного цвета окисляют хлором (*реакция 3*), в результате чего образуется **Б** и хлорид калия.

1. Определите металл **М**, название и формулу его оксида **А**, если известно, что для полного восстановления 1,000 г оксида **А** требуется 0,276 г углерода. Напишите уравнение *реакции 1*.
2. Определите названия и формулы солей **Б** и **В**. Дополнительно известно, что массовая доля металла **М** в соли **В** составляет 27,92 %. Напишите уравнения *реакций 2* и *3*.

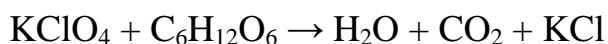
Интересно, что соль **Б** является сильным окислителем, однако проявляет различные химические свойства в реакциях в зависимости от среды раствора. Например, при взаимодействии с сульфитом калия можно наблюдать следующие визуальные признаки: в среде серной кислоты раствор обесцветится (*реакция 4*), в нейтральной выпадет бурый осадок (*реакция 5*), а в растворе концентрированного гидроксида калия цвет раствора сменится на тёмно-зелёный (*реакция 6*).

3. Напишите уравнения *реакций 4-6*. Объясните наблюдаемые аналитические эффекты.

Задача 5. Термитная смесь

Термитная смесь — порошкообразная смесь некоторого металла с оксидом другого металла. При поджигании в ней протекает реакция, выделяющая большое количество тепла, вследствие термитные смеси находят широкое применение: в производстве зажигательных снарядов, сварке и пиротехнике.

Для инициирования реакции горения термита требуется чрезвычайно высокая температура. Окислительно-восстановительной реакцией, способной запустить процесс горения термита, является взаимодействие перхлората калия с глюкозой:



1. **Расставьте коэффициенты** в приведённой схеме и запишите получившееся уравнение реакции.
2. Как называются реакции, в ходе которых выделяется тепло?
3. Какие массы реагентов необходимо использовать для получения 1000,0 кДж тепла, если известно, что протекающая реакция выделяет 2815,3 кДж тепла на 1 моль глюкозы?

Рассмотрим следующие термитные смеси: Mg и Fe₂O₃, Ti и Fe₂O₃, MnO₂ и Mg, Al и Fe₂O₃. В реакции горения термитов считайте, что исходный оксид восстанавливается до простого вещества, а металл окисляется до высшего оксида.

4. Запишите уравнения реакций горения перечисленных термитных смесей (4 уравнения реакций).
5. Исходя из приведенных ниже данных, рассчитайте стандартную теплоту реакции ΔQ_r^o , кДж/моль, для каждой из представленных смесей.

Указание:

Стандартной теплотой образования вещества при заданной температуре называют теплоту реакции образования 1 моль вещества из простых веществ в стандартных состояниях (состояние чистого вещества при стандартных условиях).

Для решения воспользуйтесь следствием из закона Гесса:

Тепловой эффект реакции равен разности сумм теплот образования продуктов и реагентов с учётом их стехиометрических коэффициентов: $\Delta Q_r^o = \sum \Delta Q_{\text{обр}}^o(\text{продукты реакции}) - \sum \Delta Q_{\text{обр}}^o(\text{реагенты})$.

Оксид	Fe ₂ O _{3(ТВ)}	MgO _(ТВ)	TiO _{2(ТВ)}	MnO _{2(ТВ)}	Al ₂ O _{3(ТВ)}
Теплота образования, кДж/моль	822,0	601,5	943,9	521,5	1675,7

6. Для термитных смесей перечисленных составов рассчитайте количество тепла (в кДж), которое выделяется при сгорании 1 г. стехиометрической смеси (смеси, соответствующей уравнению реакции).
7. Какая термитная смесь из перечисленных является самой эффективной? А какая смесь является наиболее популярной и почему?