

Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников по химии
2025-2026 учебный год
11 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 будут доступны в официальной группе Ассоциации Наставников Олимпиадного Движения – команды тренеров сборной команды Республики Башкортостан: vk.com/anod_official. Видеоразбор заданий будет доступен после олимпиады по ссылке: vk.cc/cRi926. Используйте эту информацию для подготовки к показу работ и апелляции. Нормативные документы размещаются на сайте центра развития талантов “Аврора”: avroracenter.com.

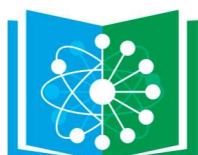


О региональном этапе:

22, 23 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 группе олимпиад по химии vk.com/anod_official. Желаем вам интересной олимпиады и плодотворного участия!



Задача 1. Такие похожие минералы (20 баллов)

Вещество **X** очень ценится в ювелирном деле благодаря своей ярко-зелёной окраске. Основным местом добычи минерала, образованным веществом **X**, являются Уральские горы. Иногда **X** образуется на поверхности некоторых металлических статуй под влиянием углекислого газа, воздуха и влаги (*реакция 1*). Для определения состава вещества **X** была взята навеска минерала массой 15,00 г, содержащая 7% инертных примесей. После прокаливания (*реакция 2*) твердый остаток черного цвета (вещество **A**) взвесили, масса составила 10,05 г. Полученный твердый остаток может быть легко растворен в азотной кислоте (*реакция 3*) с образованием раствора вещества **B** синего цвета. При нагревании же **A** в атмосфере водорода (*реакция 4*) можно получить оранжево-розовый металл **B** массой 8,04 г. Тонкий слой **B** покрывает железную пластину, если поместить её в раствор **B** (*реакция 5*).

1. Определите вещества **X**, **A**-**B**. Напишите уравнения реакций 1-5.

2. Какое название имеет минерал **X**? Предложите еще одну реакцию получения **X**.

В природе также встречается минерал такого же качественного состава, как и **X** – азурит. При полном разложении его навески массой 20,00 г и охлаждении полученной газовой смеси можно получить 1,04 мл бесцветной жидкости и 2,59 л (н.у.) бесцветного газа без запаха тяжелее воздуха (газ **Г**). При растворении такой же навески азурита в серной кислоте (*реакция 5*) образуется синий раствор вещества **Д**, при упаривании которого можно получить кристаллы **Е** массой 43,35 г. При смешивании раствора **Д** с цианидом калия (*реакция 6*) наблюдалось выделение белого осадка **Ж** и газа **З** с неприятным запахом. Известно, что образец вещества **З** массой 8,5 г при комнатной температуре (25 °С) и атмосферном давлении занимает объем 4 литра.

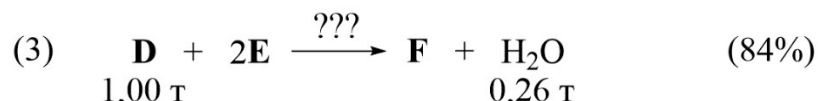
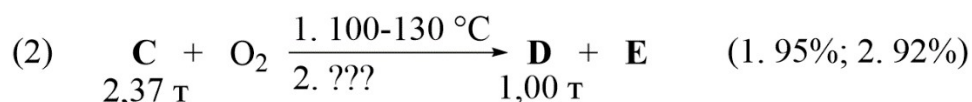
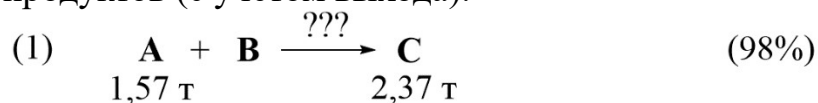
3. Определите состав азурита и веществ **Г**-**З**.

4. Напишите уравнения реакций 5-6.

Задача 2. Уфимская органика (20 баллов)

«Уфаоргсинтез» – крупнейший производитель продукции органического синтеза. Вместе с «Казаньоргсинтезом» они являются единственными российскими производителями вещества **Г** – мономера для производства поликарбонатов. Исходным сырьём для его производства являются углеводороды **A** и **В**, причём промежуточные продукты также являются промышленно важными соединениями: это распространенный растворитель **Д** и вещество **Е** – сырье для получения смол, красителей, пестицидов и даже лекарственных препаратов.

При анализе материального баланса предприятия рассчитали выходы на каждой стадии производства. Вашему вниманию представлены **уравнения** реакций, происходящих при синтезе с указанием выходов каждой стадии и массы продуктов (с учётом выхода):



1. Рассчитайте, какими бы оказались массы продуктов (для которых они указаны) на каждой стадии, если бы выходы составили 100%. При расчёте учитывайте выход только стадии образования продукта.
2. Рассчитайте молярные массы соединений **A – D**.
3. Определите брутто-формулы всех соединений.
4. Изобразите структурные формулы соединений **A – F**, если известно, что **F** содержит гидроксильные (–OH) группы и 6 различных типов атомов углерода.
5. Укажите неизвестные условия протекания реакций.
6. Годовая мощность «Уфаоргсинтеза» по веществу составляет **F** 60 тысяч тонн. Рассчитайте минимальные массы **A** и **B**, необходимые для производства этого количества **F**.
7. Изобразите структуру звена поликарбоната, получаемого при реакции **F** с фосгеном в щелочной среде.

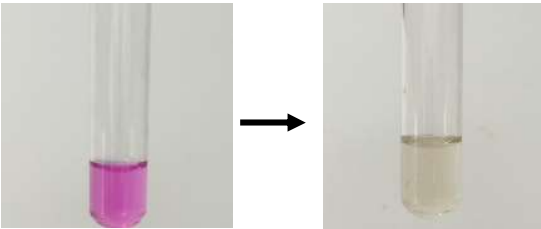
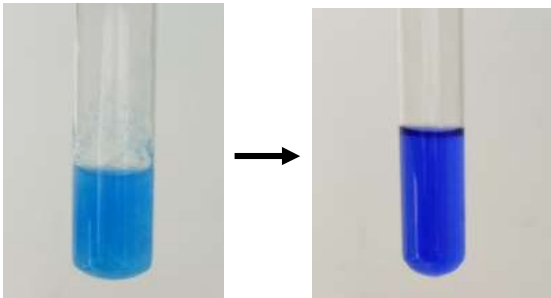
Задача 3. 7 реакций (20 баллов)

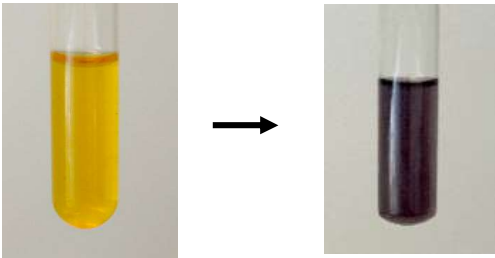
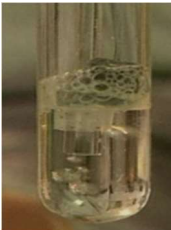
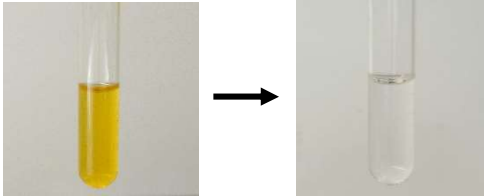
Качественный анализ в органической химии – это метод, позволяющий обнаружить/идентифицировать вещества в образце по аналитическим реакциям, которые сопровождаются визуальными эффектами – изменением окраски, выпадением осадка или выделением газа. Он находит применение в фармакопейном анализе, токсикологии и судебно-медицинской экспертизе, пищевой промышленности и экологическом мониторинге.

В таблице представлены 6 распространённых реагентов (**X₁–X₆**) и их использование в аналитических реакциях для идентификации различных классов органических соединений.

1. Отгадайте вещества **X₁–X₆**, где нужно подтвердите расчетами.
2. Предложите классы соединений **A–G**, для анализа которых используют реагенты **X₁–X₆**.
3. Приведите схемы 7 реакций, описанных в таблице. В качестве органического вещества допускается рассмотреть любой представитель любого из классов соединений, указанных в строке таблицы.
4. Приведите тривиальное название реагента **X₂**.

Таблица к задаче 3.

Реагент	Класс соединений	Визуальный эффект	Иллюстрация	Дополнительная информация
X ₁	А и В	Обесцвечивание розового раствора		X ₁ — неорганическая соль, сильный окислитель, используется в качестве антисептика, ее можно купить в садоводческих магазинах.
X ₂	В	Выпадение серого осадка, при соблюдении условий – в виде тонкого слоя на стенках сосуда		X ₂ — комплекс металла, массовые доли элементов в котором равны: ω(Me)=67,86%; ω(N)=17,63%; ω(O)=10,06%.
X ₃	С	Растворение осадка и образование васильково-синего раствора		X ₃ можно получить реакцией щелочи с достаточно популярной в лабораторной практике соли, являющейся пентагидратом.

X₄	D	Появление фиолетового окрашивания раствора		X ₄ — бинарное вещество, содержащее 65,54% галогена по массе
X₅	E	Бурное выделение газа		Вещество X ₅ окрашивает пламя в желтый цвет; 0,85 г данной соли разлагается с выделением газа, который при пропускании через насыщенный раствор гидроксида кальция образует 0,51 г белого осадка.
X₆	D	Выпадение белого осадка		X ₆ — раствор простого вещества в четыреххлористом углероде CCl ₄ с резким запахом
	A и B	Обесцвечивание желтого раствора		

Задача 4. Столетию «УМПО» посвящается (20 баллов)

«Уфимское моторостроительное производственное объединение» в этом году отмечает вековой юбилей. Его история началась с производства комбайновых моторов, а сейчас УМПО создаёт двигатели для отечественных истребителей.

Важнейшую роль в производстве реактивных двигателей имеет использование жаропрочных сплавов, способных выдерживать температуры свыше 1000 °С на протяжении сотен часов.

Первый такой сплав – высоколегированная сталь «тинидур». Исходную сталь получают нагреванием концентрата (основной компонент – оксидный минерал магнетит, содержащий 72,4 % масс. железа) с коксом в доменных печах при температуре 2000 °С в потоке воздуха. В условиях недостатка кислорода кокс окисляется до газа А (реакция 1), который далее восстанавливает железо, превращаясь в углекислый газ (реакция 2) (карботермия).

1. Определите формулу магнетита и газа А. Напишите уравнения реакций 1-2.
2. Для получения концентрата руду обогащают, повышая содержание железа. Укажите, какой физический метод можно использовать для этого.

Прочность, коррозионную стойкость и стабильность тинидура повышают введением легирующих металлов – хрома, титана и Х.

Основное сырьё производства титана – минерал рутил (оксид титана (IV)). Его спекают с коксом в присутствии хлора (реакция 3), образующееся бинарное соединение далее восстанавливают магнием, получая губчатый титан (реакция 4).

Хром же получают в несколько стадий из хромистого железняка (FeCr_2O_4):

- 1) Окислительная плавка с карбонатом натрия на воздухе (реакция 5);
- 2) Выщелачивание спека водой с последующей фильтрацией от гидроксида железа, образующегося при гидролизе одного из продуктов первой стадии (реакция 6);
- 3) Подкисление образовавшегося жёлтого раствора серной кислотой (реакция 7);
- 4) Кристаллизация из раствора оранжевых хлопьев полученной соли и её восстановление углём до оксида хрома (реакция 8), который подвергают алюмотермии (реакция 9).

3. Напишите уравнения реакций 3-9.

Х производят обжигом сульфидной руды (реакция 10) с последующей карботермией (реакция 11), при этом из 1,21 кг сульфида, содержащего 9,1 %



примесей, можно получить 0,64 кг металла (выход 90.0 %). Полученный металл очищают следующим способом: порошок металла нагревают с газом **A**, в результате чего образуется единственный продукт – ядовитая жидкость **B**, содержащая 34,4 % масс. **X** (реакция 12). Пары **B** отделяют от примесей и далее разлагают при нагревании.

4. Определите металл **X**, если известно, что он содержит чётное число электронов. Напишите уравнения реакций 10-12.

Сталь содержит 2 % титана по массе, причём весь он связан в интерметаллиде с **X**. Оказалось, что высокотемпературная прочность титидура обеспечивается именно высоким содержанием интерметаллида (9,4 % масс.)

5. Определите формулу интерметаллида. Рассчитайте содержание **X** в сплаве, если известно, что интерметаллид связывает только 24,6 % общего количества **X**.

6. Попробуйте предположить происхождение названия стали.

Отметим, что сейчас для производства различных компонентов двигателя используют самые разнообразные материалы. Вентилятор – титановые сплавы или полимерные композиты, камера сгорания – сплавы на основе **X**, лопасти и диски турбины, на которые оказывается чудовищная центробежная нагрузка – монокристаллические суперсплавы **X**. А получение новых ещё более стойких материалов за нами – химиками!

Задача 5. Дар для души и тела (20 баллов)

Кумыс – распространенный кисломолочный напиток кухонь народов многих регионов России, в число которых входит и наша республика. Анализ археологических данных указывает на употребление кумыса уже около 5500 лет назад. Кумыс получают из кобыльего молока в результате спиртового и молочнокислого брожения, для чего в молоко добавляют болгарские палочки и молочнокислые дрожжи.

Брожение – биохимический процесс, основанный на окислительно-восстановительных превращениях органических соединений в анаэробных (без участия кислорода) условиях. В ходе спиртового брожения углеводы, например, глюкоза ($C_6H_{12}O_6$), превращаются в этанол и углекислый газ, а в ходе молочнокислого брожения единственным продуктом является молочная кислота.

1. Напишите уравнения реакций спиртового и молочнокислого брожения глюкозы, если известно, что молочная содержит три атома углерода.

2. Приведите примеры пищевых продуктов, в получении которых также используются реакции брожения.

Брожение – процесс небыстрый: время «созревания» кумыса после добавления в молоко закваски варьируется от 5 часов до 3 суток в зависимости от желаемой крепости (содержания спирта) напитка. Скорость процесса брожения, которую можно описать с помощью законов химической кинетики,

сильно зависит от температуры. Контроль этого параметра крайне важен для получения качественного напитка.

Эмпирическое правило Вант-Гоффа позволяет оценить влияние температуры на скорость химической реакции в небольшом диапазоне (от 0 °C до 100 °C):

$$r_1 = r_0 \cdot \gamma^{\frac{T_1 - T_0}{10}},$$

где r_1 и r_0 – конечная и начальная скорости реакции, γ – температурный коэффициент, T_1 и T_0 – конечная и начальная температуры, °C.

Чтобы оценить влияние температуры на брожение, измерили время, которое должно пройти с момента добавления закваски до достижения содержания спирта в смеси 2 % по массе. Известно, что при 10 °C этот процесс занял 24,5 часа, в то время как при 30 °C – всего 2 часа.

3. Определите температурный коэффициент реакции брожения. Считайте скорость этой реакции обратно пропорциональной времени. Сколько времени займет процесс при комнатной температуре (25 °C)?

Допустим, мы готовим кумыс в бутылке объёмом 1,5 л, плотно закрытой крышкой. Молоко занимает 90% от этого объёма.

4. Считая плотность молока равной плотности воды (1 г/см³), определите количество (в молях) выделившегося при получении кумыса углекислого газа (содержание этанола в кумысе 2 %). *Если вы не смогли написать уравнение реакции, считайте, что спирт и углекислый газ выделяются в мольном соотношении 1:1.*

5. Рассчитайте гипотетическое давление, которое создаст углекислый газ в этой бутылке при температуре 10 °C. Учтите, что газ занимает только свободное пространство в бутылке, а объём жидкости за время брожения не изменился. Растворением углекислого газа пренебrecь.

Создаваемое давление чрезвычайно высоко для обычной бутылки, поэтому во избежание «взрывных» последствий избыток газа выпускают.

Приятная шипучесть и пена кумыса, за которые его так ценят, возникают благодаря углекислому газу. При открытии бутылки давление падает, и растворённый CO₂ начинает активно выделяться в виде пузырьков, что делает кумыс таким освежающим.

Для количественного описания растворения газов в жидкости используют закон Генри:

$$C = k \cdot p,$$

где C – молярная концентрация газа в растворе (моль/л), k – константа Генри (моль/(л*атм)), p – парциальное давление газа над раствором (атм).

При температуре 10 °C константа Генри для CO₂ составляет $2,4 \cdot 10^{-7}$ моль/(л*Па).

6. Рассчитайте концентрацию растворённого углекислого газа в кумысе, если фактически достигнутое давление газа в бутылке составляет 2,5 атмосферы. Какая доля CO₂ в бутылке растворилась?