

Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников по химии
2024-2025 учебный год
10 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. Железная сила фармакопеи XIX века

Фармакопея — это собрание нормативных документов, регламентирующих требования к качеству лекарственных средств. В России первая фармакопея была издана в 1778 году на латинском языке и затем переведена на русский язык в 1802 году, по ней изготавливали и проверяли лекарства в аптеках. В Российской фармакопее XIX века в качестве лекарств использовались травяные вытяжки, минералы, а некоторые синтезировались в аптеках, как, например, раствор хлорида железа (III). Вату, пропитанную этим раствором, использовали для остановки кровотечений.



Российская фармакопея 1891 года описывает процесс приготовления раствора хлорида железа (III) (*Ferrum sesquidilوراتum solutum*) следующим образом: сначала «железо (напр. тонкую проволоку) медленно нагревают, в объемистой колбе, с 45 частями соляной кислоты (*acidi hydrochlorati puri*), до прекращения выделения газа» (*реакция 1*). Затем к раствору хлористого железа прибавляют 4 части воды, жидкость фильтруют. Эту жидкость понемногу вливают, при постоянном помешивании, в объемистую чашку, содержащую 7 частей азотной кислоты (*acidi nitrici puri*) (*реакция 2*), и нагревание продолжают до тех пор, пока проба раствора, по разбавлении водою, от прибавления раствора красной кровяной соли, больше не будет синеть (*реакция 3*). В противном случае раствор хлорного железа насыщают промытым хлорным газом (*реакция 4*)».

1. Напишите уравнения *реакций 1-4*. Учтите, что роль азотной кислоты заключается в окислении ионов Fe^{2+} , реакция пробы раствора с красной кровяной солью подтверждает их отсутствие, а хлор используется для полного окисления ионов Fe^{2+} .

Для получения аптечного препарата «жидкость выпаривают в предварительно взвешанной чашке, в водяной бане, до тех пор, пока не получится 483 части раствора на каждые 100 частей содержащегося в нем железа. Наконец, к теплой жидкости прибавляют столько воды, чтобы весь получаемого раствора составлял в 10 раз больше, чем растворенное в нем железо».

2. Подсчитайте молярную концентрацию (моль/л) хлорида железа в растворе с массой 483 г., где содержится 100 г. железа, если известно, что плотность раствора составляет 1,67 г/мл. В ходе решения вычислите количество (моль) железа и объем раствора (мл).
3. Вычислите, какой объем воды (мл) необходимо добавить к 100 мл данного раствора для получения аптечного раствора с массовой долей железа 10 %. В ходе решения также вычислите массу конечного раствора и массу железа в нем.

После получения препарата важно было убедиться в его чистоте. Для того, чтобы проверить отсутствие в растворе соляной кислоты «капель 10

испытуемого раствора распределяют на стеклянной пластинке и к ней подносят палочку, смоченную аммиаком, при чем не должны выделяться белые пары» (реакция 5). А «кусочек бумаги, смоченной раствором крахмала с иодистым калием, не должен синеть» (реакция 6) – так подтверждали отсутствие хлора.

4. Напишите уравнения реакций 5-6.

Задача 2. Красные пигменты

Пещера Шульган Таш, расположенная в Бурзянском районе Республики Башкортостан, насчитывает более 200 рисунков, первые из которых были написаны около 19,6 тысяч лет назад. Основным пигментом большинства рисунков является минерал гематит. Однако в окрестностях пещеры месторождения гематита пока не



обнаружены и можно предположить, что для получения пигмента использовались более бедные темно-коричневые руды, которые прокаливались и приобретали красно-коричневый цвет. Это можно считать одним из древнейших получением пигмента для рисования.

В эпоху Возрождения из гематита получали «Венецианский красный», который считался самым дорогим и лучшим красным пигментом в Европе и состоял из природного оксида железа (Fe_2O_3 , частично гидратированного). В современности данный пигмент изготавливают разложением кристаллогидрата сульфата железа (II) $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (реакция 1) в смеси с карбонатом кальция, который при данных условиях также разлагается (реакция 2). В производственной печи продукты разложения кристаллогидрата сульфата железа (II) и карбоната кальция реагируют между собой (реакция 3) с образованием соединения, не растворяющегося в кислотах.

1. Напишите уравнения реакций 1-3.

Красным пигментом для знаменитого «китайского красного», является киноварь – сульфид ртути (II), получаемый прямым взаимодействием ртути с серой (реакция 4). Позже для очистки кристаллов киновари от серы их стали обрабатывать концентрированной щелочью, например, NaOH с диспропорционированием серы и образованием двух её солей (реакция 5). Интересно, что пигмент до сих пор производится практически тем же способом.

2. Напишите уравнения реакций 4-5.

Самым же популярным красным пигментом прошлого был свинцовый сурик Pb_3O_4 . Один из методов его синтеза состоял в отжиге на воздухе свинцовых белил (реакция 6), представляющих из себя основной карбонат свинца $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$. Для получения свинцовых белил свинец сначала

прокаливали на воздухе (*реакция 7*). После к образовавшемуся соединению добавляли уксусную кислоту с получением раствора гидроксид-ацетата свинца (II) $Pb(CH_3COO)_2 \cdot 2Pb(OH)_2$ (*реакция 8*). Через его раствор пропускали углекислый газ с формированием осадка свинцовых белил (*реакция 9*).

3. Напишите уравнения *реакций 6-9*.

Задача 3. Запах старых книг

*Шоколадный запах старых книг —
Желтоватой, выцветшей бумаги,
Он мне в душу с мудростью проник,
С романтизмом рыцарской отваги,*

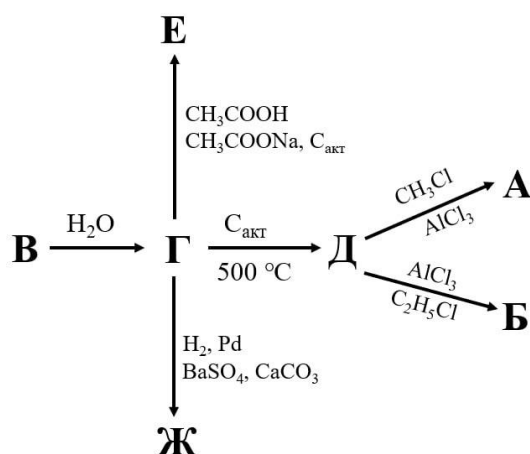
*С ароматом пряным дальних стран,
С воздухом солёных океанов...
Захожу в литературный храм
И вдыхаю книжный запах пьяный...*

Андрей Коробейников

Всем известно, что каждая книга пахнет по-разному. И у старых, и у новых книг есть характерные запахи, которые обусловлены наличием летучих органических соединений. При хранении книг происходит медленное разрушение целлюлозы, входящей в состав бумаги. Запах старой книги зависит от её возраста — чем старше книга, тем больше новых органических соединений образуется.

Сладкий запах старых книг обеспечивается двумя гомологами — углеводородами **А** и **Б**, причем **А** имеет меньшую молярную массу.

Исходное вещество **В** — неорганическое, но при этом содержит углерод ($\omega(C) = 37,5\%$). Вещество **Г** переходит в **Д** под действием температуры и давления в присутствии активированного угля.



1. Определите вещества **А** — **Д**. Приведите структурные формулы **А**, **Б**, **Г** и **Д**. Напишите уравнения реакции (*3 реакции*).

Запах новых книг очень сильно отличается от запаха старых. На него оказывают влияние состав чернил и клеевых композиций, а также способ отбеливания бумаги. Наиболее распространённым типографским клеем сейчас является сополимер веществ **Ж** и **Е**. Вещество **Ж** можно получить из вещества **Г** гидрированием с использованием катализатора Линдлара. Вещество **Е** можно получать также из **Г** взаимодействием с уксусной кислотой.

2. Определите вещества **Ж** и **Е**. Напишите уравнения реакций образования **Ж** и **Е**. Какое название у сополимера **Ж** и **Е**?

Задача 4. Вода Белой

Анализ воды является важной задачей современной химии, в частности для экологического мониторинга и контроля качества в пищевой промышленности. Свойства и состав воды, удовлетворяющие гигиеническим требованиям, обеспечивают безвредность и безопасность ее потребления для питьевых и бытовых нужд человека. Допустимость присутствия загрязнителя характеризуется предельно допустимой концентрацией (ПДК).

Высокая концентрация хлорид-ионов делает воду непригодной для орошения сельскохозяйственных полей. Употребление такой воды может привести к дисбалансу водно-солевого обмена, снижению работоспособности внутренних органов и повышению артериального давления.

Количественный анализ можно проводить с помощью титрования. Титрование (титриметрия) представляет собой процесс определения объема раствора реагента с известной концентрацией (титранта), который потребуется для реакции с точно отмеренным объемом (аликвотой) анализируемого раствора неизвестной концентрации. Этот метод часто используется благодаря простоте исполнения и малой стоимости оборудования.

1. На рисунке (см. рисунок 1) приведена посуда, необходимая осуществления титрования. Подпишите элементы 1-9, указав названия каждого элемента в формате «номер – слово».

Для определения содержания хлорид-ионов можно использовать метод Мора – титрование образца раствором нитрата серебра известной концентрации (его ещё называют аргентометрией). Для определения момента, когда все хлорид-ионы в растворе израсходованы, к аликвоте добавляют раствор хромата калия. Пока в растворе присутствуют хлорид-ионы, прибавляемый по каплям раствор нитрата серебра приводит к выпадению белого осадка (*реакция 1*). Образование же красного осадка, имеющего бóльшую растворимость, начинается только после израсходования всех хлорид-ионов (*реакция 2*).

2. Рассчитайте массу нитрата серебра, которую необходимо перенести в мерную колбу для приготовления 250 мл раствора с концентрацией 0,01 моль/л.
3. Приведите уравнения реакций 1,2.

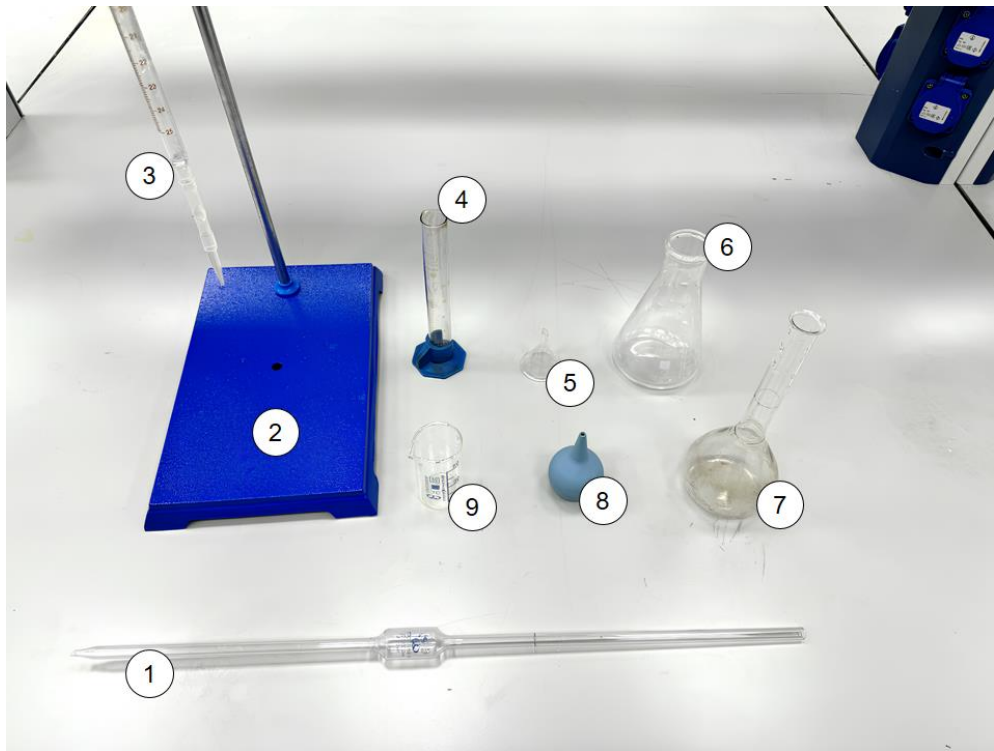
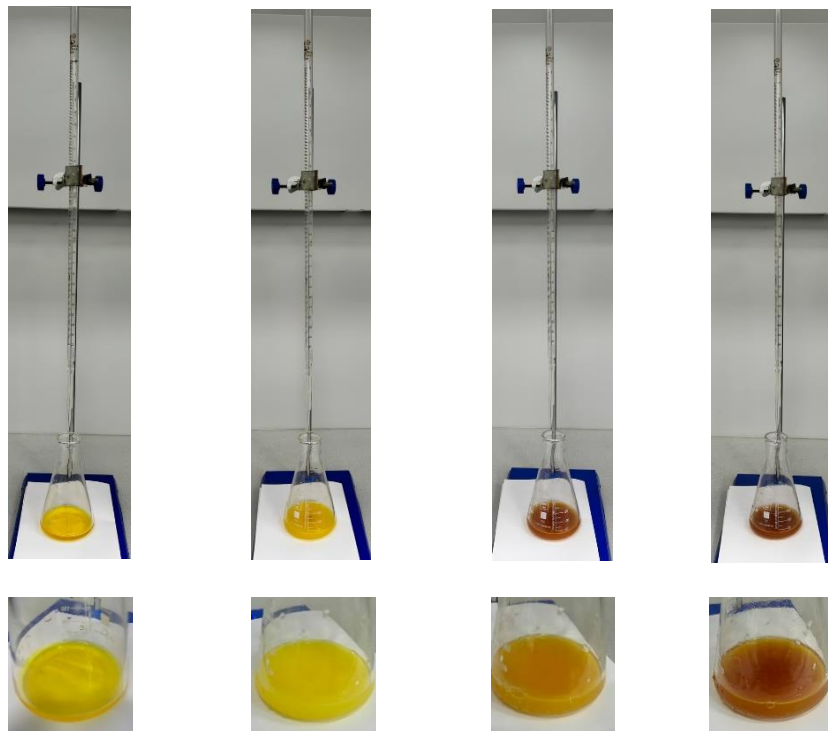


Рисунок 1



Добавление титранта

Рисунок 2

При хранении нитрат серебра может разлагаться, поэтому необходимо установить точную концентрацию приготовленного раствора (провести стандартизацию). Для этого в аргентометрии используют химически чистый хлорид натрия – поскольку он устойчив при хранении и его состав строго отвечает химической формуле. Навеску хлорида натрия растворяют в 20-25 мл дистиллированной воды, добавляют 1 мл 5 % раствора хромата калия и титруют раствором нитрата серебра, энергично перемешивая. Титрование прекращают, когда желтый цвет жидкости сменяется на грязноватый красно-бурый (см. рисунок 2).

4. Рассчитайте точную концентрацию раствора нитрата серебра, используя результаты анализа:

Опыт	№1	№2	№3
Масса навески хлорида натрия, г	0,0110	0,0092	0,0100
Затраченный объём раствора нитрата серебра, мл	20,1	16,8	18,3

На содержание хлорид-ионов влияют различные природные и антропогенные факторы: осадки, сброс сточных вод, природоохранные мероприятия. Для определения концентрации хлорид-ионов отобрали пробу из реки Белой (1 л). К аликвоте 50,0 мл речной воды прилили 50 мл дистиллированной воды, добавили 5 мл 5 % раствора хромата калия и при непрерывном перемешивании оттитровали раствором нитрата серебра, имеющим концентрацию 0,021 моль/л.

5. Рассчитайте концентрацию хлорид-ионов (моль/л) в речной воде, используя результаты анализа:

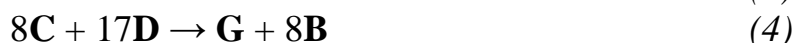
Опыт	№1	№2	№3
Затраченный объём раствора нитрата серебра, мл	17,0	17,1	17,0

6. Превышает ли содержание хлорид-ионов предельно допустимую концентрацию (для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового использования составляет 350 г/м³)? Подтвердите расчётом.

Задача 5. Синтетическая нефть

Наша республика — один из старейших нефтедобывающих и нефтеперерабатывающих регионов России, однако запасы этого ресурса ограничены. В 20-х годах XX века был разработан процесс, позволяющий получать синтетические масла и топлива из угля. Сейчас же он становится все более перспективным для использования в качестве сырья биомассы и природного газа.

Ниже приведены уравнения реакций (с коэффициентами), которые протекают в ходе этого процесса в присутствии кобальтовых катализаторов при температуре 200-250 °С и давлении 50-60 атм. Его продуктом является **G** — компонент моторного топлива, один из изомеров которого дал название важному показателю топлива для двигателей внутреннего сгорания.



Источником исходной смеси **C** и **D** также может выступать конверсия газов **E** и **F** (*реакция 5*), при этом относительная плотность образующейся смеси по неону составляет 0,75. Повышенное внимание к этому методу связано с тем, что он позволяет получать синтетические жидкие топлива из двух парниковых газов (**E** и **F**) в процессе переработки природного газа (технология GTL (*gas-to-liquid* — «газ в жидкость»)).

1. Рассчитайте плотность (г/л) упомянутой смеси **C** и **D**, получаемой из **E** и **F**, в условиях процесса (200 °С, 50 атм).

Указание: для решения воспользуйтесь уравнением Клапейрона-Менделеева: $PV = nRT$, где P — давление, кПа, V — объём, л, n — количество вещества, моль, R — универсальная газовая постоянная, 8,314 Дж/моль · К, T — температура, К. Помните, что 1 атм = 101,325 кПа.

2. Напишите уравнение *реакции 5* используя буквенные обозначения.
3. Определите формулы веществ **A-G**.
4. Укажите название упомянутого показателя топлива.

Последними стадиями процесса являются *реакции 2, 4* и подобные им. В целях получения высококачественного продукта необходимо контролировать количества синтезируемых в ходе этих реакций веществ. Для этого нужно регулировать соотношение количеств **C** и **D**, для чего осуществляют параллельные реакции. Самой важной из них является реакция, протекающая между **C** и **B** (*реакция 6*).

5. Напишите уравнение *реакции 6*.
6. Считая, что конечным продуктом является только вещество **G**, определите его максимальный выход (%) относительно **A**. Если для получения **C** и **D** используется *реакция 1*, а для регулирования соотношения — *реакция 6* (остальные реакции не протекают). Вещество **B** находится в избытке.
7. У рассматриваемого в этой задаче процесса есть собственное название. Укажите его.