

Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников по химии
2024-2025 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, 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:

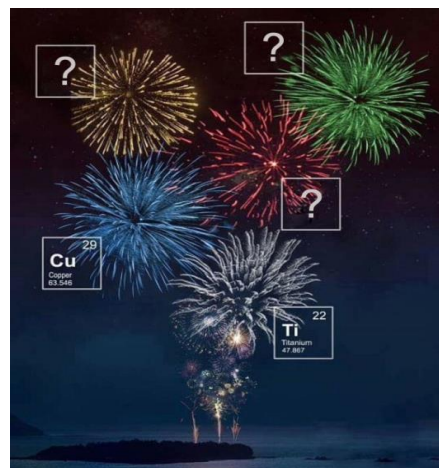
Участие в олимпиадах позволяет получить приглашение на обучение в Образовательный центр "Сириус", поступить в вуз без экзаменов и получать стипендию до 100 000 рублей на первом курсе! Также победителям и призерам олимпиад назначается премия и стипендия Главы Республики Башкортостан. Ты стал участником 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. Гори всё синим пламенем

В состав современных фейерверков входит множество различных веществ, определяющих скорость горения, яркость, цвет и даже громкость взрыва.

Для придания салюту определённого цвета используют соли металлов, для создания наиболее яркого синего цвета используется хлорид меди (I). Для его синтеза можно использовать лабораторный способ: пропускание сернистого газа через раствор хлорида меди (II) (*реакция 1*).

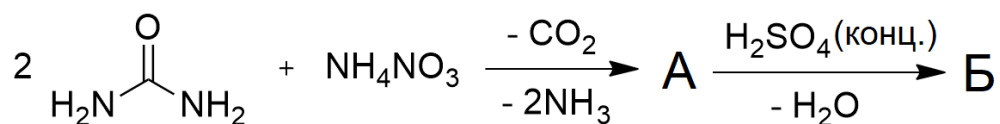


Для усиления грохота салюта используется сульфид сурьмы (III), который в лаборатории можно получить пропусканием сероводорода через раствор хлорида сурьмы (III) (*реакция 2*).

В качестве топлива в фейерверках часто используется цинк, но для его горения необходим сильный окислитель, который при этом не будет влиять на цвет пламени, например, перхлорат аммония. Он разлагается с выделением кислорода и не оставляет твердого остатка (*реакция 3*).

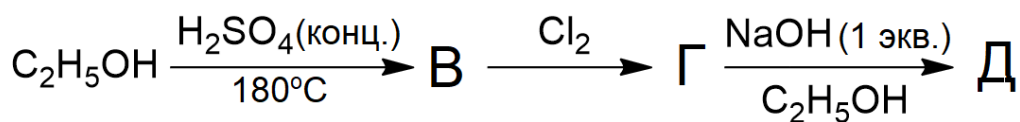
1. Напишите уравнения *реакций 1-3*.
2. Среди щелочных и щелочноземельных металлов приведите те, соли которых придают пламени жёлтый, красный и зелёный цвет (по одному примеру).

В качестве топлива и взрывчатого материала себя зарекомендовало и чрезвычайно нечувствительное к ударам, но мощно взрывающееся соединение **Б**. На первой стадии одного из возможных синтезов соединения **Б** 2 экв. мочевины реагирует с 1 экв. нитратом аммония в расплаве с образованием 1 экв. соли **А**, 2 экв. аммиака и 1 экв. углекислого газа. Далее соль **А** обрабатывают концентрированной серной кислотой при низкой температуре, благодаря чему происходит отщепление 1 экв. воды и образование соединения **Б**.



3. Приведите брутто-формулу соединения **Б** и реакцию его разложения без доступа к воздуху (*реакция 4*). Приведите структурные формулы веществ **А-Б**.

Пиротехническую смесь помещают в салют в виде небольших шариков — пиротехнических звёзд. Для преобразования смеси порошков в пиротехническую звезду используют связующее, в пиротехнике часто применяют смолу, например, красную камедь. Но могут использоваться и синтетические полимеры. В лабораторных условиях мономер **Д**, содержащий хлор, может быть получен по следующей схеме.



4. Приведите структурные формулы веществ В-Д.
5. Если обработать Г избытком щелочи образуется другой продукт – соединение Е. Приведите его структурную формулу.
6. Напишите название полимера, который получают из мономера Д.

Задача 2. 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.

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	№4
Затраченный объём раствора нитрата серебра, мл	17,0	15,2	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 расчетом.

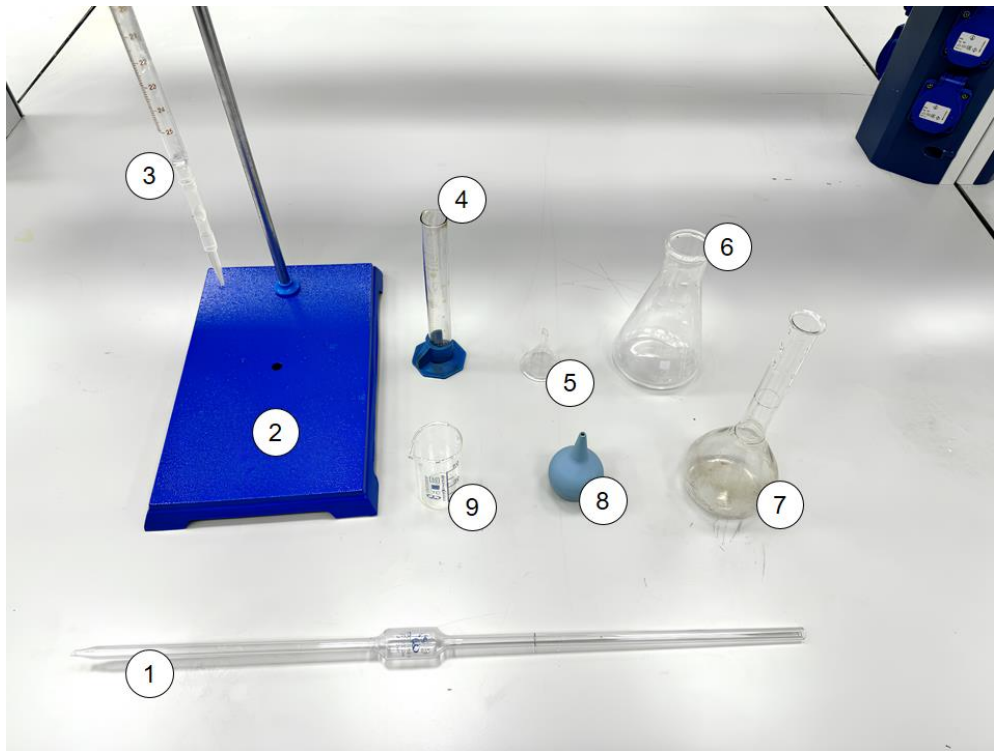
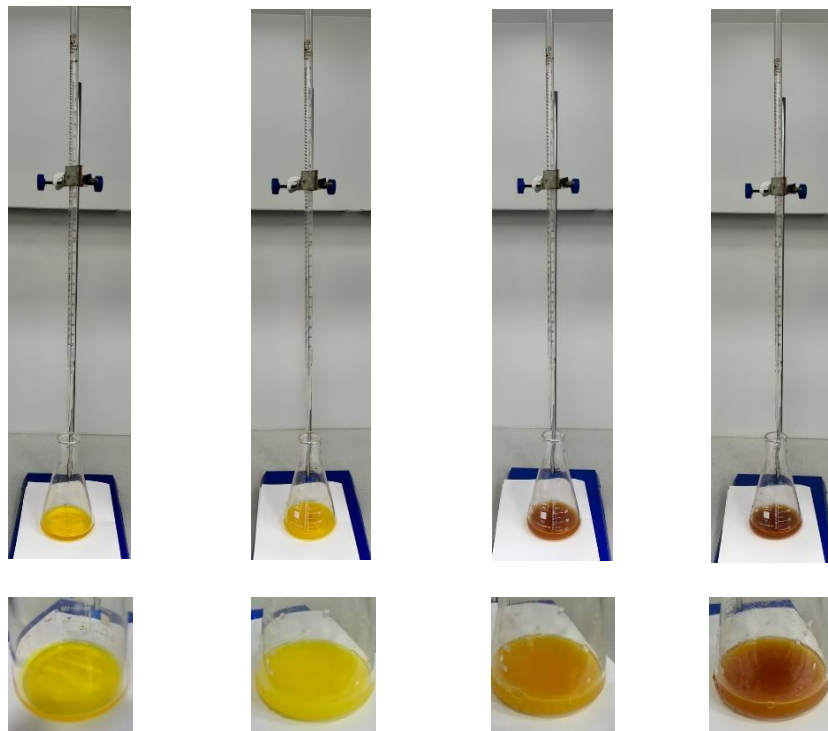


Рисунок 1



Добавление титранта

Рисунок 2

Задача 3. Клещ Валера

«Я просто, как и ты,
Хочу жить!» — клещ Валера



В центре Уфы в 2020 году установили необычный памятник клещу Валере. Этот увлекательный экспонат выделяется не только оригинальностью своей тематики, но ещё и его химической составляющей. Сделан он сплава, основным компонентом которого является благородного металла **А**, который используется людьми от медицины до ювелирного дела. Украшения, сделанные из него, со временем темнеют из-за реакции поверхности изделий с газом, плотность которого равна $1,518 \frac{\text{г}}{\text{л}}$ (при н.у.) (*реакция 1*). Про металл известно достаточно много, например, он хорошо реагирует с концентрированной азотной кислотой, образуя соль **Б** (*реакция 2*). Соль **К**, содержащая 39,32 % масс. натрия, образует белый творожистый осадок при добавлении к раствору **Б** (*реакция 3*). Данная реакция используется для качественного обнаружения катиона металла **А**. Если же на **Б** подействовать гидрофосфатом натрия, то выпадает жёлтый осадок средней соли **В** (*реакция 4*). При смешивании раствора щёлочи (NaOH) с **Б** образуется осадок **Г**, содержащий 93,10 % масс. **А** (*реакция 5*).

1. Определите металл **А**, а также вещества **К** и **Б**, напишите уравнения реакций 1-5. Подтвердите расчетом.

Если Вам когда-нибудь удастся заполучить кусочек этого памятника, то Вы можете растворить его в концентрированной азотной кислоте с получением окрашенного раствора двух солей **Б** и **Д** (*реакция 6*). Если к полученному раствору прибавить соляную кислоту, выпадет осадок соли **К**. Действуя на оставшийся раствор гидроксидом натрия, можно получить сначала зеленый осадок **Е** (*реакция 7*), затем осадок **Ж** голубого цвета (*реакция 8*), который растворяется в избытке щелочи, образуя окрашенный раствор **З** (*реакция 9*). **Ж** реагирует с водным раствором газа, окрашивающим лакмусовую бумагу в синий цвет, с образованием темно-синего раствора вещества **И** (*реакция 10*).

Дополнительно известно:

Е состоит из четырех элементов;

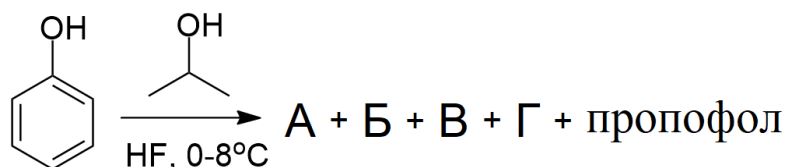
$\omega(\text{H}) = 0,699 \%$, $\omega(\text{O}) = 44,76 \%$

2. Определите металл **М**, вещества **Д** — **И**, формулу **Е** подтвердите расчётами, используя массовые доли элементов. Напишите уравнения реакций 6-10.

Задача 4. Бесчувственный пропофол

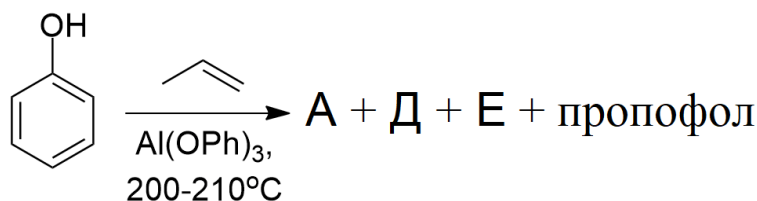
Пропофол — 2,6-диизопропилфенол — короткодействующее, предназначенное для внутривенного введения, снотворное средство. Используется для введения в общую анестезию и в качестве седативного средства при искусственной вентиляции легких.

Для синтеза пропофола применяют реакцию алкилирования фенола. Однако, если алкилировать фенол напрямую, например, изопропиловым спиртом в присутствии фтороводородной кислоты, то реакция будет идти неселективно, и кроме пропофола будут образовываться монозамещённые соединения **A** и **Б**, дизамещённый изомер пропофола **В** и в подавляющем количестве тризамещённое соединение **Г**.

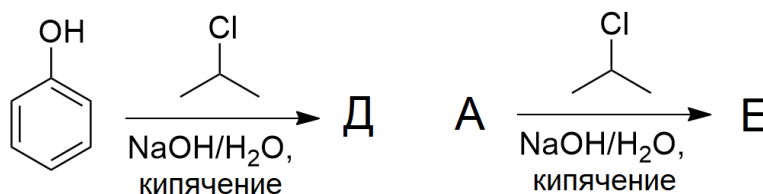


1. Напишите структурные формулы пропофола и соединений **A-Г**, если дополнительно известно, что в соединении **A** заместитель находится в *o*-положении.

Прямое алкилирование фенола с целью получить пропофол возможно с использованием пропена с фенилоксидом алюминия в качестве катализатора. Он позволяет селективно проалкилировать фенол в *o*-положение, однако в данном случае с большой конверсией будет образовываться соединение **A**, а также простые эфиры **Д** и **Е**.

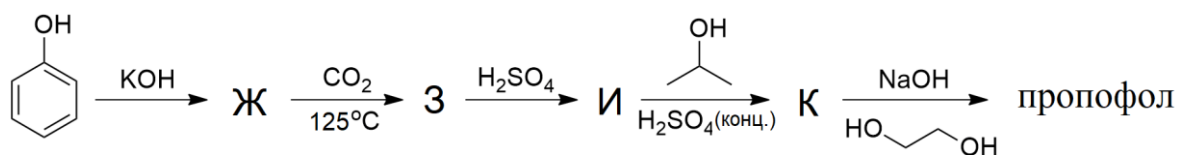


В лаборатории соединения **Д** и **Е** могут быть получены из фенола и **A** соответственно их кипячением с 2-хлорпропаном в воде при добавлении раствора NaOH.



2. Напишите структурные формулы соединений **Д** и **Е**.

Альтернативой прямому способу алкилирования фенола для получения пропофола является алкилирование 4-замещённых фенолов с последующим удалением заместителя в *п*-положении. Так, в качестве алкилируемого реагента может выступать карбоновая кислота **И**, которую можно получить в три стадии из фенола.



3. Напишите структурные формулы соединений **Ж-К**, если известно, что соединения **Ж** и **З** являются солями калия.
4. Использование на первой стадии гидроксида натрия вместо гидроксида калия приводит к образованию на третьей стадии вместо **И** соединения **Л**, являющимся его изомером. Напишите структурную формулу соединения **Л** и его название по ИЮПАК.

Задача 5. Изомеризация в лаборатории

На лабораторной работе по термохимии студент химфака Артур изучал геометрические изомеры. Он установил, что при гидрировании 5,2 г. *цис*-бутена-2 выделяется 11,10 кДж тепла, а при гидрировании 4,8 г. *транс*-изомера 9,85 кДж тепла.

1. Изобразите структурные формулы изомеров.
2. Рассчитайте тепловые эффекты гидрирования в расчете на 1 моль углеводородов. Запишите термохимические уравнения реакций. В каких условиях необходимо осуществлять процесс?
3. Какой из изомеров является более устойчивым и почему? Какой из изомеров имеет более высокую температуру кипения?

Далее Артур поместил в калориметр образец *цис*-бутена-2 объёмом 4,1 л (н.у.) и нагрел его в присутствии хлорида алюминия, выдержал до установления равновесия. Образовавшуюся смесь Артур подверг гидрированию, в результате которого выделилось 530 Дж тепла.

4. Установите состав равновесной смеси в мольных процентах и рассчитайте степень изомеризации *цис*-изомера.
5. Рассчитайте константу равновесия процесса изомеризации.
6. Как изменится степень превращения *цис*-изомера при увеличении температуры? А при увеличении давления? Свой ответ аргументируйте принципом Ле-Шателье.