

Всероссийская олимпиада школьников по химии

Муниципальный этап, Московская область

2025 – 2026 уч. г.

11 класс

Задача 1.

О некотором важном соединении...

Не выучил свойства X? Что же ты будешь делать на региональном этапе?!

Вещество **X**, поступающее в продажу в виде пентагидрата (доля кристаллизационной воды 36,29%), имеет интересную область применения:

- В начале XX века маски, пропитанные раствором **X**, пытались использовать для защиты от химического оружия. Тогда же **X** получил название «антихлор». Попытка защиты оказалась неудачной, и маски не смогли защитить человека от отравления.
- Водный раствор **X** использовали для удаления остатков неразложившегося бромида серебра при получении фотоматериалов. Вещество **X** также отлично растворяет практически нерастворимый в воде AgCl. Причем при недостатке **X** образуется вещество **A** (26,91 мас. % серебра), а при избытке – вещество **B** (19,30 мас. % серебра).
- Водный раствор **X** часто необходим в аналитической химии для количественного обнаружения йода.
- **X** используют для извлечения серебра из руд.
- **X** зарегистрирован в качестве пищевой добавки.
- **X** используют в аквариумистике для подготовки водопроводной воды к содержанию рыб, благодаря его способностям прочно связывать многие металлы и удалять хлор.

Вопросы:

1. Установите формулу вещества **X**. Приведите не менее двух способов его получения. Изобразите его структурную формулу.
2. Напишите уравнение реакции **X** с избытком и недостатком хлора. Почему маски с раствором **X** не смогли защитить людей от отравления хлором? Можно ли успешно защититься от хлора маской, пропитанной раствором соды? Аргументируйте свой ответ, напишите уравнение реакции.
3. Установите вещества **A** и **B**. Напишите уравнения растворения хлорида серебра в избытке и недостатке **X**.

4. Запишите уравнение реакции происходящей при титровании раствором **X** йода. Назовите серосодержащий продукт реакции.
5. Почему титрование йода раствором **X** следует проводить в слабокислой среде? Какие побочные процессы могут происходить при титровании йода в сильнокислой и в щелочной средах? Ответ подтвердите уравнениями реакций.
6. Назовите не менее двух причин, которые приводят к изменению концентрации раствора **X** при хранении. Где возможно, ответ подтвердите уравнениями реакций.
7. Напишите уравнение взаимодействия **X** с водными растворами брома и серной кислоты.

Задача 2.

К чему снится **X₁?**

*Снится **X₁** — тебя ожидают перемены в личной жизни.*

*Во сне **X₁** означает, что в скором времени в вашей жизни появится человек, связь с которым принесет вам немало счастливых минут и наполнит вашу жизнь новым смыслом.*

Соединение **X₅**, имеющее интересное строение, можно встретить как пищевую добавку и консервант: при нагреве разрушается до эквимолярной смеси **X₄** и **X₂** (*реакция 1*). Интересно, что из **X₂** можно получить **X₄** пропусканием его через избыток гидроксид калия (*реакция 2*). **X₂** в присутствии камфоры или активированного угля реагирует с простым веществом **Y₁** в соотношении 1:1 с образованием как раз **X₁** (*реакция 3*). Помимо него есть **X₃**, имеющий такой же качественный состав, но отличающийся на 1 атом; получить его можно пропусканием **X₂** через высший галогенид фосфора **Y₂** (*реакция 4*).

Бутадиен способен реагировать и с **X₂**, и с **Y₁**: в одном случае он даёт один циклический продукт (*реакция 5*), в другом два изомера (*реакции 6 и 7*). Но если последовательно добавлять к бутадиену сначала **X₂**, а потом **Y₁**, при нагреве получится вещество **Y₃**.

1. Определите вещества и напишите все реакции, имея следующие данные:

- соединения **X_i** содержит элемент **X**, а **Y_i** – **Y**;
- **Y₁** – желто-зелёный газ;
- плотность по водороду до и после *реакции 3* – 33.75 и 67.5, соответственно;
- массовая доля в **Y₃**: $\omega(C) = 25,4\%$.

2. Изобразите структуры веществ: **X₁**, **X₃**, **X₅**, **Y₂**.

3. Приведите 3 вещества имеющих такой же качественный состав как **X₅**, но иной количественный.

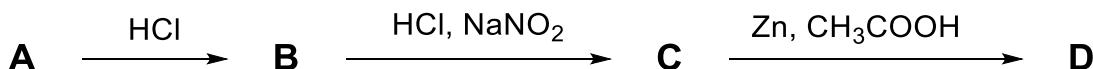
4. С чем связана вариативность получения изомеров в *реакциях 6 и 7*?

Задача 3.

Химические омонимы

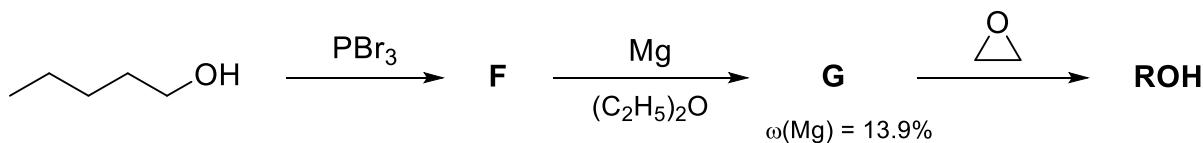
Иногда, услышав в разговоре двух химиков названия соединений без контекста, можно не сразу понять о каких именно веществах идёт речь. Примером такой путаницы может стать соединение **D**, тривиальное название которого совпадает с названием углеводородного радикала **R**.

Впервые бесцветная, высокотоксичная жидкость **D** была получена Эмилем Фишером путём восстановления соединения **C** цинком в кипящей уксусной кислоте. Соединение **C** получают следующим способом. Сначала через раствор соляной кислоты пропускают газ **A** (имеет неприятный запах и плотность по воздуху 1.55), получая соль **B**. Затем **B** растворяют при нагревании в HCl , и по каплям добавляют раствор нитрита натрия:



Соединение **D** нашло применение в качестве ракетного топлива, где его используют в смеси с «амилом». Как и в случае с **D**, «амил» обозначает не углеводородный радикал («амилом» раньше называли *n*-пентил), а бесцветное бинарное соединение **E** ($\omega(\text{O}) = 69.5\%$), выступающее в роли окислителя и по своей природе **не являющееся** радикалом.

Дополнительно известно, что **ROH** можно получить по схеме ниже из амилового спирта:



Вопросы:

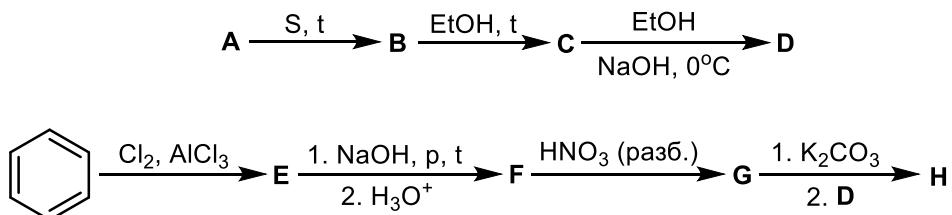
- Установите структуру соединений **A–G**.
- Укажите название радикала **R**, которое носит соединение **D**.
- Напишите уравнение реакции взаимодействия **D** с **E**.

Задача 4.

Для проведения синтеза химику-органику потребовался газ **X**, но у него под рукой не было удобных источников этого газа. Поискав в интернете, химик нашел, что удобный прекурсор **Y** для получения газа **X** имеется в составе отравы для крыс. Недолго думая, он купил отраву, и начал проводить синтез.

1. Определите прекурсор **Y** и газ **X**, если известно, что **X** обладает запахом гниющей рыбы и выделяется при гидролизе **Y**. **Y** – бинарное соединение, массовая доля элемента **Z** нем равна 24,12%.

После проведения синтеза химик решил почитать подробнее про соединения элемента **Z**, и узнал, что неорганические соединения данного элемента часто применяются в сельскохозяйственной промышленности как удобрения, а органические – могут применяться как яд для птиц. Одним из таких является паратион **H**, синтез которого представлен на схеме ниже:



2. Изобразите структурные формулы веществ **A-H**, если известно следующее:

- **A** получается при хлорировании в недостатке хлора наиболее устойчивой аллотропной модификации элемента **Z**;
- массовая доля серы в соединении **D** равна 16.98% ($\text{Et} - \text{C}_2\text{H}_5$);
- по данным ^1H ЯМР вещество **G** имеет три типа атомов водорода.

3. Поясните, почему в реакции получения **G** не стоит использовать концентрированную азотную кислоту.

Задача 5.

Юный алхимик Аль-Бируни изучал реакции разложения йодистого водорода до простых веществ (I) и диссоциации фосфина в газовой фазе до белого фосфора (P_4) (II). Особенno сильно его интересовали значения энергии активации данных процессов, иными словами, он искал ответ на вопрос: «Сколько энергии необходимо затратить для преодоления энергетического барьера каждой из реакций?».

Для (I) Аль-Бируни экспериментально удалось получить значения констант скорости при $T_1 = 356^\circ\text{C}$ и $T_2 = 389^\circ\text{C}$.

$$k_{356} = 8,09 \cdot 10^{-5};$$

$$k_{389} = 5,88 \cdot 10^{-4}.$$

Для (II) юным алхимиком была получена следующая зависимость константы скорости реакции от температуры:

$$\lg k = 12,1 - \frac{18960}{T} + 2\lg T.$$

Существует некая универсальная математическая модель, описывающая зависимость константы скорости от температуры, которая носит название уравнения Аррениуса и подходит для использования практически в любых процессах:

$$k(T) = A \times \exp\left(-\frac{E_A}{RT}\right),$$

где A – предэкспоненциальный коэффициент (постоянная величина), E_A – энергия активации, k – константа скорости, R – универсальная газовая постоянная, T – температура и exp – экспонента (число е в степени).

Вопросы:

1. Запишите уравнения процессов (I) и (II);
2. Помогите юному алхимику Аль-Бируни вычислить энергию активации реакции разложения йодистого водорода и константу скорости при T = 374°C;
3. Найдите значение энергии активации реакции диссоциации фосфина в газовой фазе в интервале температур 972-974К.