

Всероссийская олимпиада школьников по химии

Муниципальный этап

2023 – 2024 уч. г.

11 класс

В итоговую оценку из 6 задач засчитываются 5 решений, за которые участник набрал наибольшие баллы, то есть одна из задач с наименьшим баллом не учитывается.

Задача 1

Два соединения **A** и **B** состоят из калия, углерода, азота и некоторого элемента **C**. Соединение **A** содержит 35.64% калия, 21.88% углерода и 25.51% азота, а соединение **B** – 42.39%, 19.57% и 22.83% соответственно.

Элемент **C** образует два хлорида **D** и **E** с содержанием **C** 44.06% и 34.43% соответственно. При сливании растворов хлорида **D** и соединения **A** образуется синий осадок **F** с содержанием элемента **C** 36.41% (*реакция 1*). Такой же синий осадок образуется при взаимодействии растворов хлорида **E** и соединения **B** (*реакция 2*).

При взаимодействии соединения **A** с пероксидом водорода в щелочной среде образуется соединение **B** (*реакция 3*). Если к раствору хлорида **E** добавить йодид калия, то выпадет бурый осадок (*реакция 4*).

1. Определите элемент **C** и формулы соединений **A** и **B**, ответ подтвердите расчетами.
2. Приведите исторические названия соединений **A** и **B**.
3. Приведите формулы и названия веществ **D** и **E**, ответ подтвердите расчетами.
4. Определите вещество **F**, приведите уравнения упомянутых реакций.
5. Как получить вещества **D** и **E** из элемента **C**? Приведите уравнения реакций.
6. Приведите уравнения упомянутых реакций.

Задача 2 «Галоген?»

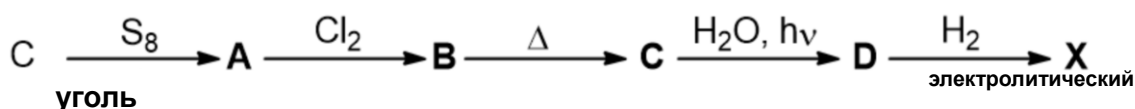
Сажу, находящуюся в атмосфере газа **A**, сожгли в электрической дуге (**Реакция 1**). При этом образовался газ **B**, способный гореть на воздухе (**Реакция 2**). Название газа **B** созвучно с именем итальянского живописца эпохи Возрождения Тициана Вечеллио. Полученный газ поглотили водным раствором аммиака (**Реакция 3**). Из образованного раствора можно выделить соединения **B** и **Г**. Вещество **B** взаимодействует с серой при нагревании с образованием соли **Д** (**Реакция 4**), которая используется в качестве закрепителя в фотографии и в

аналитической химии, давая ярко-красное окрашивание с ионами железа (III) (**Реакция 5**).
Соединение Г при слабом нагревании превращается в мочевины ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) (**Реакция 6**).

Напишите формулы и названия упомянутых веществ А-Д, а также уравнения реакций 1-6.

Задача 3. Пепел апельсинового дерева

В начале развития органической химии стоял вопрос о том, можно ли органические вещества выделять лишь из живущих организмов, или же возможно их получение из неорганических веществ. Для того, чтобы показать тяжело различимую границу между органической и неорганической химией, Герман Кольбе в 1845 г. провёл синтез широко известного вещества **X**, которое зачастую можно получить найти на кухне. Для этого, был взят углерод в качестве реагента и с помощью следующей схемы получено вещество **X**:

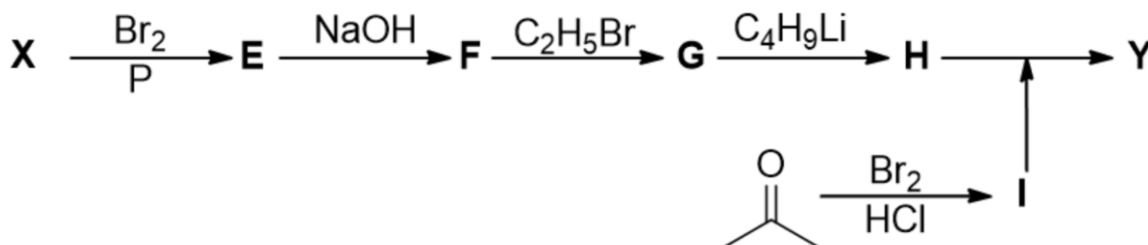


Дополнительно известно, что:

- а) массовая доля хлора в соединении **C** составляет 85,54%
- б) массовая доля углерода в соединении **X** составляет 40,00%
- б) в реакции **C** в **D** наблюдается миграция атома хлора, в соединении **D** содержится карбоновая группа
- в) во всех указанных соединениях углерод обладает валентностью 4

1. Расшифруйте вещества **X, A-D**.

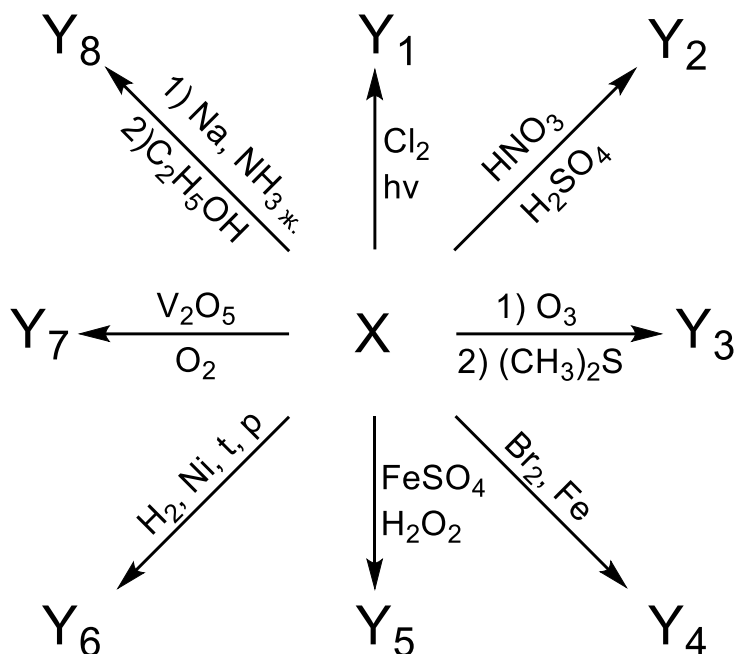
Используя вещество **X**, школьница Аня решила провести синтез вещества **Y**, который активно используется в качестве реагента для синтеза других органических веществ.



2. Расшифруйте вещества **Y, E-I**.

Задача 4

Соединение X ($\omega(C) = 92,3\%$), несмотря на наличие в его структуре кратных связей, не обесцвечивает бромную воду и не окисляется раствором перманганата калия, однако в особых условиях данное вещество можно не только окислить, но и восстановить. Примеры подобных реакций приведены на схеме ниже:



Дополнительно известно, что соединение Y₁ ($\omega(Cl) = 73,1\%$) применяется в сельском хозяйстве в качестве инсектицида, соединение Y₇ может вступать в реакцию Дильса-Альдера, а соединение Y₈ не может. Соединение Y₅ окрашивается в фиолетовый цвет при взаимодействии с хлоридом железа(III). Соединения Y₈ и Y₃ обесцвечивают раствор перманганата калия, причем соединение Y₃ вступает в реакцию «серебряного зеркала» с аммиачным раствором оксида серебра. Натрий в жидком аммиаке используется для восстановления соединений того же класса, что и X.

1. Определите неизвестное соединение X, укажите его название
2. Напишите структурные формулы соединений Y₁ – Y₈

Задача 5. Кинетика на мороженом

В химии много интересных разделов. В этой же задаче мы углубимся в физхимию, а конкретно в кинетику. Чем занимается кинетика? Она изучает скорости реакций, их механизмы, но давайте обсудим не какую-то химическую реакцию, а бытовой случай – поедание моро-

женого. Согласитесь, первые несколько ложек мы съедаем гораздо быстрее, чем последующие. Так, поедание мороженого можно описать кинетическим уравнением реакции первого порядка**:

$$m = m_0 \cdot e^{-k \cdot t}$$

m_0 – начальная масса мороженого, m – масса оставшегося мороженого в момент времени t , k – константа скорости, примите ее равной $7,5 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$, t – время.

1. Определите, за какое время по этому уравнению можно съесть 200 гр мороженого, если начальная масса – 1 кг. Ответ подтвердите расчетом.
2. Определите, за какое время будет съедено 50% всего мороженого? Одна треть? Ответ подтвердите расчетом.

На скорость поедания влияет и температура окружающей среды. Так, в жару скорость поедания выше, чем в мороз. Так эту зависимость на опытах описал Вант-Гофф, она имеет следующую формулу:

$$\frac{r(T_1)}{r(T_2)} = \gamma^{\frac{T_1 - T_2}{10}}$$

$r(T_1)$ – скорость при температуре T_1 , $r(T_2)$ – скорость при температуре T_2

γ – температурный коэффициент хотения мороженого, примите равным **2,3**.

3. Определите, во сколько раз скорость поедания мороженого при 25°C больше, чем при -5°C ? Ответ подтвердите расчетом.

Так как скорость реакции прямо пропорциональна константе поедания, уравнение Вант-Гоффа справедливо и для констант.

4. Посчитайте, за какое время будет съедено 30% от начальной массы мороженого при 40°C , если константа при 20°C равна $7,5 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$. Ответ подтвердите расчетом.

Примечание: не перепутайте массу оставшегося мороженого с массой съеденного!

**Если калькулятор не умеет считать логарифмы, то напишите выражение для параметра, подставив туда все числа.

Задача 6. Экстракция иода

Жидкостная экстракция – процесс перераспределения растворенного вещества между двумя несмешивающимися жидкостями, например, водой и органическим растворителем.

Основной характеристикой экстракционной системы является *коэффициент распределения* D , равный отношению *равновесных концентраций* в органической и водной фазах: $D = \frac{c_{\text{орг}}}{c_{\text{водн}}}$,

где $c_{\text{орг}}$ и $c_{\text{водн}}$ – значения концентраций в органической и водной фазах соответственно *после установления экстракционного равновесия*. В расчетах можно использовать любые способы выражения объемной концентрации – моль/л, г/л, мг/мл. Определив коэффициент распределения можно планировать действия с растворами. Доля извлеченного вещества называется *фактором извлечения* $R = \frac{v_{\text{орг}}}{v_{\text{водн}}} = \frac{m_{\text{орг}}}{m_{\text{водн}}}$, где v и m – количество и масса экстрагируемого вещества соответственно по отношению к исходному количеству.

Для расчетов удобно использовать долю вещества, оставшегося в водной фазе при однократной экстракции:

$$\alpha_{\text{водн}} = \frac{c_{\text{водн}}}{c_{0\text{водн}}} \quad (\text{где } c_{0\text{водн}} \text{ – концентрация в водной фазе до экстракции}).$$

Задача. В школьной лабораторной работе учащиеся определяли коэффициент распределения йода в системе вода – тетрахлорид углерода CCl_4 . Для этого к 1,00 л водного раствора йода добавили 20,0 мл CCl_4 и энергично перемешивали до достижения экстракционного равновесия. Концентрацию йода до экстракции и после экстракции в водной фазе определяли методом титрования раствором тиосульфата натрия концентрации 0,002 моль/л. На титрование аликвоты 10,0 мл исходного водного раствора йода было израсходовано 9,75 мл раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, а на титрование аликвоты 10,0 мл водного раствора после экстракции – 3,75 мл.

Задания.

1) Напишите уравнение реакции взаимодействия йода с $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ в водном растворе. Как определить конечную точку титрования? Рассчитайте начальную ($c_{0\text{водн}}$) и конечную (по окончании экстракции, $c_{\text{водн}}$) концентрации йода в воде.

2) Рассчитайте фактор извлечения R при однократной экстракции.

3) Рассчитайте фактор извлечения при пятикратной экстракции из 1,00 л исходного водного раствора порциями CCl_4 по 4 мл. Во сколько раз увеличится R при пятикратной экстракции по сравнению с однократной?

4) Сколько раз надо повторить экстракцию, чтобы извлечь не менее 97 % йода из 1 л водного раствора порциями 20 мл CCl_4 ? Какой объем CCl_4 необходимо использовать, чтобы извлечь не менее 97 % йода при однократной экстракции?

5) Рассчитайте равновесные концентрации в воде и CCl_4 , если к 100 мл раствора йода в воде концентрации 0,1 мг/мл добавили 5 мл раствора йода в CCl_4 концентрации 20 мг/мл.

6) Что произойдет, если к 50 мл раствора NaOH концентрации 0,15 моль/л добавить 60 мл раствора йода в CCl_4 концентрации 12,7 мг/мл? Рассчитайте молярные концентрации веществ в обеих фазах (изменением объема фаз можно пренебречь)