

10 класс

Авторы задач – Носов В. (№ 1), Пошехонов И.С. (№ 2), Макаров И.А. (№ 3), Ростовский Н.В. (№№ 4,5), Миссюль Б.В. (№ 6), Давыдов Н.А. (№ 7)

1. Минерал **X** состоит из трёх элементов и назван в честь пряности красного цвета. Из этого минерала впоследствии был выделен элемент **A**, названный «цветным». Сегодня простое вещество **A** – продукт многотоннажного производства, в основном использующийся для получения нержавеющей сплавов. **X** раньше использовался в качестве компонента жёлтых красок, однако сегодня его применение запретили из-за ядовитости переходного металла **B**, одного из семи металлов древности, также входящего в состав **X**. Сегодня металл **B** используется в гальванических элементах и ядерных реакторах. Третьим элементом в составе минерала **X** является кислород, причём его атомы составляют две трети всех атомов, входящих в состав минерала.

1) Определите элементы **A** и **B**, если их мольные доли в составе **X** равны. Будут ли соответствующие им простые вещества растворяться в разбавленной соляной кислоте? Ответ поясните.

2) Определите минерал, если известно, что при нагревании 1 г **X** с соляной кислотой выделяется примерно 114 мл жёлто-зелёного газа (стандартные условия). Ответ подтвердите расчётом. Напишите уравнение протекающей реакции.

3) Известно, что токсичность металла **B** связана с его сродством к некоторому элементу **Y**. Назовите этот элемент и напишите реакцию взаимодействия соответствующего ему простого вещества с металлом **B**.

2. При реакции паров вещества **A** с пентаоксидом фосфора (*реакция 1*) образуются летучие бесцветные кристаллы **B**, разлагающиеся в течение нескольких часов на **C** и **D** (*реакция 2*). Альтернативным методом получения вещества **B** является взаимодействие **C** с озоном (*реакция 3*). В твёрдом виде вещество **B** имеет ионное строение.

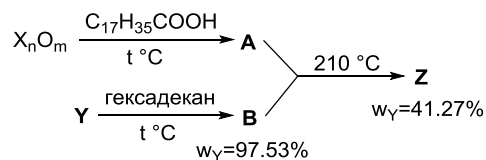
1) Определите вещества **A** – **D**, если плотность газа **C** составляет 1.41 г/л (120 °С, 100 кПа). Ответ подтвердите расчётом.

2) Напишите уравнения *реакций 1 – 3*, а также приведите структуры ионов, образующих **B**.

3) Разложение вещества **X** в газовой фазе – реакция первого порядка. Через какое время концентрация **X** уменьшится в 2.5 раза, если константа скорости составляет 0.07 мин⁻¹?

Примечание: зависимость концентрации от времени для реакции первого порядка $c = c_0 \cdot e^{-kt}$.

3. Квантовые точки – это наночастицы полупроводниковых материалов, представляющих собой, как правило, бинарные соединения. От формы и размеров этих частиц зависят их оптоэлектрические характеристики. Справа приведена схема синтеза квантовых точек состава **Z**.



1) Определите элементы **X**, **Y** и вещества **A**, **B** и **Z**.

2) Напишите уравнения реакций, приведенных на схеме.

3) Известно, что название элемента **Y** связано с тем, что в природе он является спутником химически сходного с ним элемента **C**. Назовите элемент **C** и поясните происхождение названия элемента **Y**.

4) Одной из оптоэлектрических характеристик полупроводников является ширина запрещенной зоны $E_g = \frac{hc}{\lambda}$, где λ – длина волны (нм), при воздействии которой наблюдается первый спектр возбуждения квантовых точек. Связь размера квантовой точки D и длины волны λ определяется следующим уравнением: $D = (1.6122 \cdot 10^{-9})\lambda^4 - (2.6575 \cdot 10^{-6})\lambda^3 + (1.6242 \cdot 10^{-3})\lambda^2 - 0.4277\lambda + 41.57$. Зная ширину запрещенной зоны полученных в ходе синтеза квантовых точек $E_g = 3.4 \cdot 10^{-19}$ Дж, вычислите λ и D . Ответы выразите в нм.

Для справки: постоянная Планка $h = 6.626 \cdot 10^{-34}$ Дж·с; скорость света в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

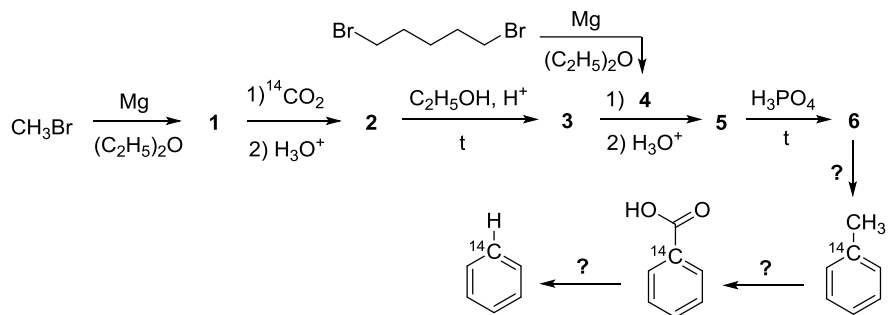
4. Газообразный углеводород **A** реагирует с галогеноводородом, при этом образуется продукт **B**, молярная масса которого в четыре раза больше молярной массы углеводорода **A**. Если углеводород **A** пропускать в аммиачный раствор оксида серебра, то выпадает белый осадок вещества **C**. При нагревании углеводорода **A** с хлоридом меди(I) в присутствии основания и кислорода образуется жидкий углеводород **D**, имеющий симметричное строение.

1) Определите брутто-формулу углеводорода **A** и изобразите все его возможные изомеры.

2) Приведите структурные формулы соединений **A – D**.

5. В 1912 г. Нобелевская премия по химии была вручена В. Гриньяру за открытие магнийорганических соединений (реактивов Гриньяра), активно используемых в органическом синтезе.

Ниже представлена схема синтеза меченых углеродом ^{14}C толуола, бензойной кислоты и бензола, в которой дважды используются реактивы Гриньяра:



1) Расшифруйте

структурные формулы соединений **1 – 6**

2) Предложите реагенты и условия, обозначенные знаками вопроса.

3) Предложите не менее двух сфер применения меченых изотопами соединений.

Примечание: «мечеными» соединениями называются химические соединения, изотопный состав которых отличается от основного природного.

6. В середине XIX века профессор химии У.К. Цейзе сообщил о своем исследовании взаимодействия ацетона с P_4S_{10} , в результате которого было получено несколько продуктов, один из которых оказался жидким. Этот продукт был настолько зловонным (запах, напоминающий кошачью мочу), что провонял весь дом, в котором Цейзе снимал квартиру. По мнению более поздних исследователей, этот продукт был тиоацетоном $(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{S}$, но

только в 1967 году была установлена истинная структура этого соединения. Тем не менее, полученные Цейзе данные позволили бы еще в середине XIX века предложить правильную структуру.

а) Элементный состав соединения: $\omega(\text{C})$ 54.5%, $\omega(\text{H})$ 9.1%, $\omega(\text{S})$ 24.2%.

б) При обработке спиртового раствора соединения концентрированным раствором сулемы (HgCl_2) выпадает характерный белый осадок.

в) Взаимодействие вещества с иодом и раствором гидроксида натрия приводит к образованию желтого кристаллического продукта с характерным запахом.

г) Приведенные данные не позволяют абсолютно строго установить строение соединения. Позднее с помощью спектров ЯМР было показано, что его молекула содержит 3 метильные группы.

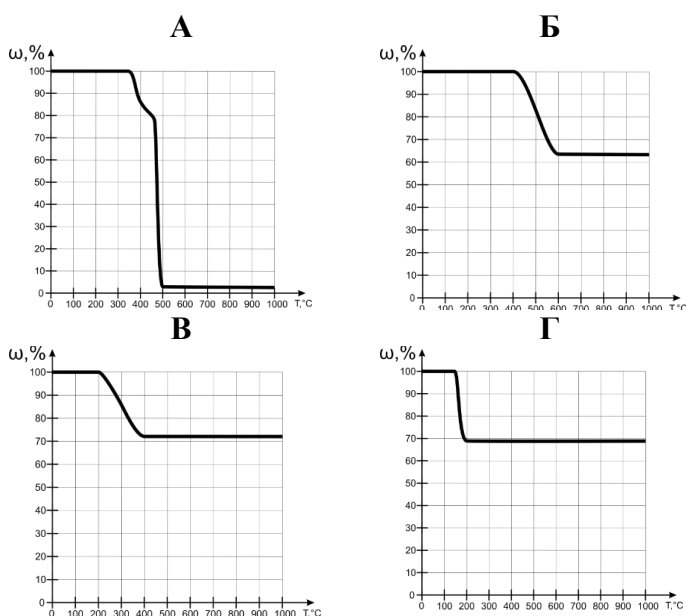
1) Установите строение неизвестного продукта.

2) Напишите схемы реакций, описанных в пунктах б) и в).

3) Являются ли метильные группы в этом соединении эквивалентными?

7. Термогравиметрия – метод анализа, заключающийся в регистрации изменения массы образца при изменении его температуры. Справа представлены четыре термогравиметрические кривые А – Г для нитрата серебра, сульфата аммония, гидрокарбоната калия и малахита. Данные кривые получены при нагревании указанных веществ в атмосфере кислорода. По оси абсцисс отложена температура, а по оси ординат – остаточная масса образца (в %).

Установите соответствие между термогравиметрическими кривыми и веществами, к которым эти кривые относятся. В каждом случае ответ подтвердите расчётом и уравнениями реакций.



Примечание: на графике А величина w в диапазоне 500 – 1000 °С составляет 0 %.