

Муниципальный этап ВсОШ, 2023-24 год, Липецкая область

10 класс

Задача 10-1 (12 баллов).

Всё — яд, всё — лекарство

"Всё — яд, всё — лекарство;
то и другое определяет доза".
(Парацельс)

Химический элемент X встречается в природе главным образом в виде минералов, содержащих также серу (как бинарных, так и более сложного состава). Примерами таких минералов являются А, Б, В, Г, Д, данные о составе которых приведены в таблице:

Минерал	А	Б	В	Г	Д
$\omega(X)$, %	61,0	70,1	46,0	45,2	45,2
$\omega(S)$, %	39,0	29,9	19,6	19,3	19,3

1. Основываясь на данных о составе минералов, определите элемент X.
2. Определите химические формулы А-Д, если дополнительно известно, что Б имеет молекулярное строение и при нагревании возгоняется с образованием паров, которые почти в 15 раз тяжелее воздуха, а при растворении В,Г,Д в азотной кислоте раствор приобретает жёлтую, розовую и зелёную окраску соответственно.
3. Напишите уравнения реакций А-Д с избытком концентрированной азотной кислоты при нагревании.
4. Соединения элемента X ядовиты, смертельная доза составляет 1,4 мг X на килограмм массы тела. Тем не менее, в ультрамикрочастицах он, по-видимому, необходим организму. Его соединения содержатся в некоторых природных минеральных водах. Например, в абхазской минеральной воде «Ауадхара» содержится элемент X в виде аниона кислой соли, в которой этот элемент проявляет промежуточную степень окисления. Концентрация этого иона может достигать $4 \cdot 10^{-5}$ моль/л.

Оцените объём этой минеральной воды, в котором содержится количество X, смертельное для человека массой 70 кг.

Задача 10-2 (14 баллов)

Квантовые точки

5 октября 2023 года Шведская королевская академия наук присудил Нобелевскую премию по химии Алексею Екимову, Луису Брюсу и Мунги Бавенди за открытие и синтез квантовых точек – полупроводниковых нанокристаллов. Особенностью таких частиц является зависимость их свойств от размера. Это позволяет, меняя способ получения квантовых точек, управлять их характеристиками.

Впервые квантовые точки были получены Екимовым. Они представляли собой наночастицы $CuCl$ в стекле. Было обнаружено, что их спектр поглощения зависит от радиуса квантовых точек, при этом смещение энергии поглощаемого фотона, вызванное квантовыми эффектами, определяется по следующей формуле:

$$\Delta E = \frac{\hbar^2 \pi^2}{2ma^2},$$

где \hbar с чертой - приведённая постоянная Планка, равная $\hbar/2\pi = 1,055 \cdot 10^{-34}$ Дж·с; h - постоянная Планка, $6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с; m - эффективная масса электрона, $1,093 \cdot 10^{-30}$ кг; a - радиус квантовой точки, м.

1. Выведите формулу для разницы $\Delta\lambda$ между пиками поглощения для частиц с радиусами a_1 и a_2 , если известно, что энергия фотона связана с его длиной волны следующим образом:

$$E = \frac{hc}{\lambda},$$

где h - постоянная Планка, $6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, c - скорость света в вакууме, $3 \cdot 10^8$ м/с.

Частицы CuCl образовывались в результате высокотемпературного прогрева стёкол, содержащих медь- и хлорсодержащие соединения, при этом средний радиус образующихся квантовых точек пропорционален кубическому корню из времени прогрева:

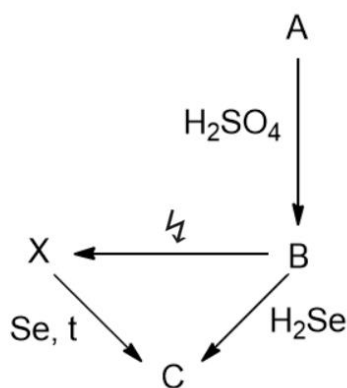
$$a = k\sqrt[3]{t},$$

где k - некий коэффициент.

2. Выведите зависимость смещения пика поглощения квантовых точек от времени прогрева стекла.

В 1983 году Брюс смешал водные растворы сульфида аммония и хлорида металла X в присутствии органических коагулянтов. В результате впервые был получен коллоидный раствор квантовых точек (они состояли из вещества A).

3. Определите металл X и вещество A, если массовая доля X в A равна 77,78%, напишите уравнение реакции его образования.
4. Другое соединение X, из которого часто делают квантовые точки - C. Ниже приведена схема его получения.



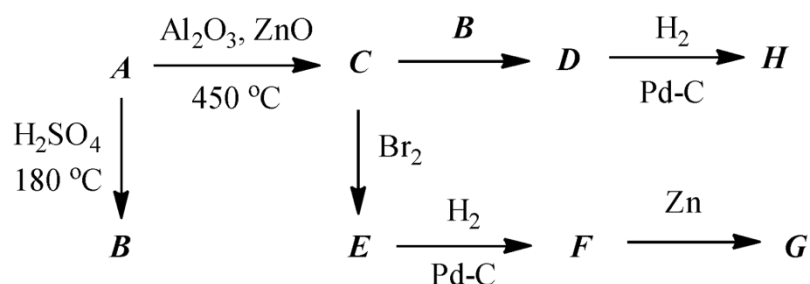
Определите вещества B и C, напишите уравнения всех реакций, приведённых на схеме.

Задача 10-3 (11 баллов)

Синтез циклоалканов

Расшифруйте схему синтеза циклоалканов G и H, если известно, что молярная масса H в 1,5 раза больше молярной массы G, вещество A содержит 52,14% углерода, 13,13%

водорода и ещё один элемент, а реакцию С с бромом проводят при повышенной температуре и недостатке брома.



Назовите все зашифрованные вещества.

Задача 10-4 (16 баллов)

О сущности ароматичности бензола и не только

Используя приведённые в таблице средние энергии связей, а также энтальпию испарения воды (44,0 кДж/моль) и стандартную энтальпию сгорания газообразного бензола (−3300,0 кДж/моль), оцените:

- 1) энтальпию образования газообразной воды;
- 2) энтальпию образования жидкой воды;
- 3) стандартную энтальпию сгорания газообразного циклогексана (с образованием газообразной воды);
- 4) энтальпию реакции гидрирования бензола до циклогексана в допущении трёх изолированных двойных связей в молекуле бензола;
- 5) энергию стабилизации ароматического кольца бензола за счёт сопряжения связей;
- 6) энтальпию гидрирования 1,4-дигидронафталина.

Связь	H–H	O=O	C–C	C=C	O–H	C–H	C=O (в CO ₂)
E, кДж/моль	436	497	348	612	463	412	803