

Из предложенных шести задач оцениваются пять с наибольшим баллом!

Указание: - при расчетах значения атомных масс следует округлять до целых, кроме хлора ($A_r(\text{Cl}) = 35,5$)
- в решении задачи обязательно нужно привести необходимые расчеты и рассуждения, ответ без доказательств может быть оценен в 0 баллов

Задача 1. Ядерная физика для химиков

Альфа-распад является одним из наиболее распространённых вариантов радиоактивных превращений. Именно с его помощью из ядра **X** можно получить другое – **Y**. Известно, что водородное соединение, образованное атомом с ядром **Y**, содержит 99,09% более тяжёлого элемента по массе. Простое вещество, соответствующее **X**, представляет собой бесцветный газ, накапливающийся преимущественно в подвальных помещениях. Массы ядер, выраженные в а.е.м., приведены в таблице:

Ядро	Масса, а.е.м.
X	222,0175738
Y	218,0089690
α	4,0026033

1. Установите ядра **X** и **Y**, запишите уравнение описанного радиоактивного превращения.
2. Какая энергия выделяется в результате этого радиоактивного превращения? Ответ выразите в МэВ и Дж/моль.
3. С какой максимальной скоростью из ядра **X** может вылететь α -частица? Считайте, что **Y** и **α** разлетаются вдоль одной прямой, вся энергия распада превращается в кинетическую, а в системе выполняются механические законы сохранения.

Справочные данные

$$E_{\text{распада}} = \Delta m \cdot c^2, 1 \text{ МэВ} = 1,602 \cdot 10^{-13} \text{ Дж}, c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}, 1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

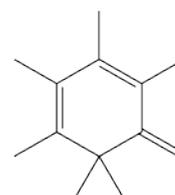
Задача 2. Тайна бинарного вещества

Бинарное соединение **X**, состоящее из атомов элементов одной группы периодической системы, представляет собой рубиново-красные кристаллы. Образец этого вещества массой 40,59 г необратимо гидролизуется с образованием тёмно-фиолетовых кристаллов простого вещества массой 25,38 г и бесцветного раствора (*реакция 1*), который впоследствии нейтрализовали стехиометрическим количеством гидроксида натрия. При добавлении к полученному после нейтрализации раствору твёрдого нитрата серебра образуется белый осадок массой 49,97 г (*реакции 2-3*). Его прокаливание выше 200°C сопровождается изменением цвета на желтоватый (*реакция 4*) и потерей массы в 4,805%. Обработка полученного порошка концентрированным водным раствором аммиака приводит к образованию жёлтого осадка массой 11,74 г (*реакция 5*).

1. Определите состав вещества **X**.
2. Напишите уравнения *реакций 1-5*.

Задача 3. Сделали как в учебнике и... ничего не получилось

Реакция взаимодействия соединений **A** и **B** настолько известна, что её можно встретить в каждом учебнике по органической химии в параграфе, посвящённом ароматическим соединениям. Для её осуществления на практике юный исследователь А. взял образец **A** (углеводород, бесцветная жидкость, $T_{\text{кип}} = 80,1^\circ\text{C}$). Затем он добавил к ней катализатор – бинарное неорганическое соединение **C**, содержащее 79,77% хлора по массе. При пропускании через полученную суспензию второго реагента – газообразного вещества **B**, – вместо ожидаемого продукта **D** (углеводород, бесцветная жидкость, $T_{\text{кип}} = 110,6^\circ\text{C}$) он получил зелёные кристаллы ионного соединения **E**, содержащего в себе атомы четырёх элементов ($\omega(\text{C})=45,10\%$,



$\omega(\text{Cl})=40,97\%$). Незначительное нагревание **Е** приводит к образованию смеси изомерных веществ **Х** и **У**. Структурная формула вещества **Х** изображена на рисунке. При проведении расчётов используйте молярную массу элементов с точностью до сотых.

1. Установите состав веществ **А-Е** и **У**, если известно, что отношение молярных масс **Е** и **А** равно 4,44. Для органических соединений приведите структурные формулы.
2. Напишите название реакции взаимодействия **А** и **В** в присутствии **С**.

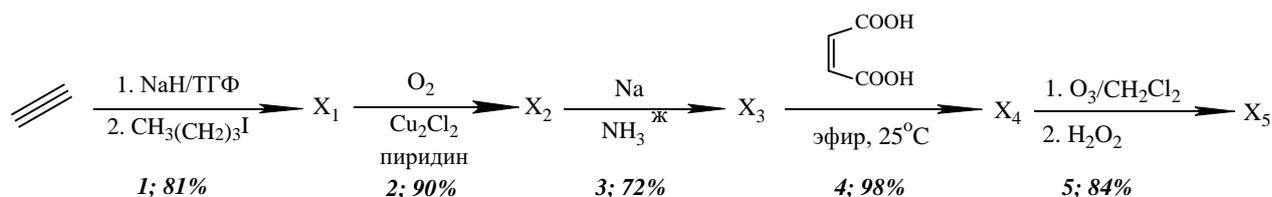
Задача 4. Настоящая палитра красок

Воздействие раствора гидроксида натрия на бледно-фиолетовые кристаллы наонагидрата нитрата **А** приводит к образованию буро-коричневого осадка **В** (реакция 1), практически не растворяющегося в разбавленных щелочах. При его окислении хлором в водном растворе едкого кали образуется малиново-красное вещество **С** (реакция 2), являющееся очень сильным окислителем. Его восстановление с помощью цинка в серной кислоте приводит к образованию бледно-зелёной соли **Д** (реакция 3). При действии на неё натриевой щёлочью образуется белый осадок **Е** (реакция 4), постепенно буреющий на влажном воздухе с образованием **В** (реакция 5).

1. Установите состав соединений **А-Е**
2. Напишите уравнения реакций 1-5

Задача 5. Небольшой органический синтез

Для получения органической тетракарбонной кислоты **Х₅** ($\text{C}_{16}\text{H}_{26}\text{O}_8$) в лаборатории была предложена следующая схема пятистадийного синтеза с указанием выходов реакций, исходя из коммерчески доступного ацетилен:



Дополнительно известно, что **Х₂** содержит 11,1% водорода по массе, а в **Х₃** двойные связи обладают транс-конфигурацией.

1. Установите структурные формулы соединений **Х₁ – Х₅** и рассчитайте общий выход представленного синтеза. Имена каких двух выдающихся немецких химиков носит реакция 4?
2. Какую массу ацетилен нужно взять для получения такого количества **Х₅**, при сгорании которого образуется 2,24 л воды (н.у.)?

Задача 6. Немного об осмотическом давлении

Традиционно считается, что серная кислота является сильной и полностью диссоциирует по обеим ступеням. Однако, это не совсем так. Для подтверждения этого юный экспериментатор взял U-образную трубку с тонкими коленями, разделённую на 2 части мембраной, проницаемой лишь для воды. В её левое колено он поместил 0,001 М раствор серной кислоты, а в правое – такой же объём чистой дистиллированной воды. В результате высота жидкости в левой части прибора оказался на 72,4 см выше.

1. Рассчитайте осмотическое давление, создаваемое серной кислотой в растворе. Плотность раствора примите равным 1000 кг/м^3 , ускорение свободного падения $g = 9,81 \text{ М/с}^2$.
2. Определите степень диссоциации и константу диссоциации кислоты по второй ступени. Температуру эксперимента считайте равной 25°C
3. Рассчитайте рН взятого раствора серной кислоты.

Справочные данные

$$\pi = CRT,$$

где π – осмотическое давление, C – концентрация частиц (молекул и ионов) растворённого вещества в растворе, $R = 8,314 \text{ Дж/К} \cdot \text{моль}$, T – температура.