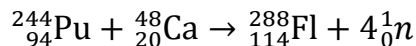


Решение задания заключительного тура олимпиады «Ломоносов»

по химии

10-11 классы

Задание 1 (10 баллов)



Для получения сверхтяжелого ядра бомбардирующая частица должна иметь большую кинетическую энергию (скорость). До высоких скоростей разгоняют именно ионы, поскольку заряженные частицы реагируют на приложенное электрическое и магнитное поле, изменяя траекторию и скорость движения.

Задание 2 (10 баллов)

Рассчитаем количества ионов:

$$\begin{aligned} \nu(\text{Sr}^{2+}) &= 0.005 \cdot 0.2 = 0.001 \text{ моль,} \\ \nu(\text{CO}_3^{2-}) &= 0.005 \cdot 0.25 = 0.00125 \text{ моль.} \end{aligned}$$

Концентрации этих ионов в конечном растворе (объемом 450 мл) составляют

$$\begin{aligned} c(\text{Sr}^{2+}) &= \frac{0.001}{0.45} = 0.0022 \text{ моль/л,} \\ c(\text{CO}_3^{2-}) &= \frac{0.00125}{0.45} = 0.0028 \text{ моль/л.} \end{aligned}$$

Рассчитаем произведение концентраций:

$$c(\text{Sr}^{2+}) \cdot c(\text{CO}_3^{2-}) = 6.2 \cdot 10^{-6} > 1.1 \cdot 10^{-10}$$

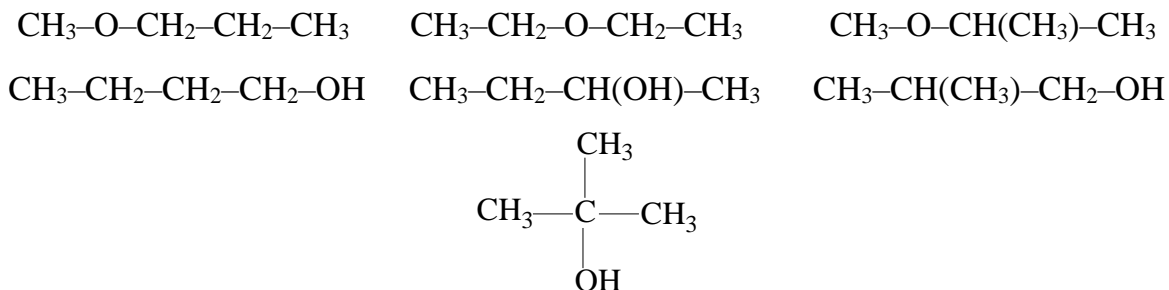
Поскольку произведение концентраций больше, чем ПР соли, осадок выпадет.

Ответ: осадок выпадет.

Задание 3 (15 баллов)

В любом гомологическом ряду ближайшие соседи различаются на гомологическую разность CH_2 , фрагмент, включающий $6 + 2 = 8$ электронов. Первый член данного гомологического ряда содержит $42 - 8 \cdot 2 = 26$ электронов. Молекула

содержит как минимум один атом кислорода (8 электронов). Подходит C_2H_6O , но это не этанол, а диметилвый эфир (поскольку должен быть первый член ряда). Итак, это гомологический ряд простых эфиров с общей формулой $C_nH_{2n+2}O$. Третий член ряда – простой эфир $C_4H_{10}O$. Формулы его семи структурных изомеров:

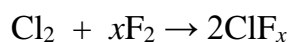


Ответ: простые эфиры $C_nH_{2n+2}O$; $C_4H_{10}O$, 7 изомеров.

Примечание: члены жюри внимательно рассматривали все варианты ответов участников олимпиады на вопросы задания и положительно оценивали разумные рассуждения и попытки построения гомологического ряда.

Задание 4 (15 баллов)

Уравнение реакции образования межгалогенного соединения:



Исходные количества, моль 0.125 0.675 0 всего 0.8 моль

Прореагировало $0.125 \cdot 0.8 = 0.1$ a

Осталось 0.025 $0.675 - a$ 0.2 всего $(0.9 - a)$ моль

Выход реакции рассчитывается по количеству хлора (фтор в исходной смеси находился в избытке, а соединения ClF_7 не существует):

$$v(ClF_x) = 0.125 \cdot 2 \cdot 0.8 = 0.2 \text{ моль.}$$

По условию, $p_1 = p_2$, тогда, из уравнения Менделеева-Клапейрона при постоянном V

$$v_1 T_1 = v_2 T_2,$$

$$0.8 \cdot 293 = (0.9 - a) \cdot 586,$$

$$a = 0.5 \text{ (моль),}$$

$$x = 0.5 / 0.1 = 5.$$

Итак, состав межгалогенного соединения – ClF_5 , его реакция со щелочью:



$$0.2 \quad 1.2$$

Определяем необходимый объем щелочи:

$$V(p\text{-ра } KOH) = v / c = 1.2 / 2 = 0.6 \text{ л.}$$

Ответ: 0.2 моль ClF_5 ; 0.6 л.

Задание 5 (25 баллов)

1) Реакция бромирования **C** с получением монобромпроизводного:



Газ, выделившийся при бромировании углеводорода **C**, это бромоводород, а раствор **E** – бромоводородная кислота. Бромоводородная кислота – сильная (сильный электролит), она полностью диссоциирует в водном растворе, поэтому

$$c(HBr) = [H^+],$$

$$[H^+] = 10^{-pH} = 10^{-1} = 0.1 \text{ моль/л},$$

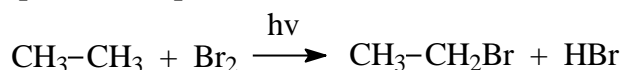
$$v(HBr) = 0.1 \cdot 0.8 = 0.08 \text{ моль}.$$

Поскольку реакция галогенирования прошла с выходом 80%, то

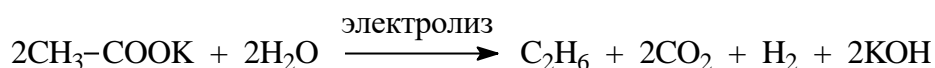
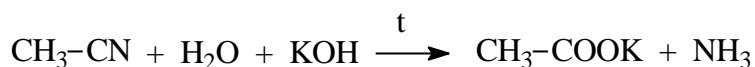
$$v(C_xH_y) = 0.08 / 0.64 = 0.125 \text{ моль},$$

$$M(C_xH_y) = 3.75 / 0.125 = 30 \text{ г/моль}.$$

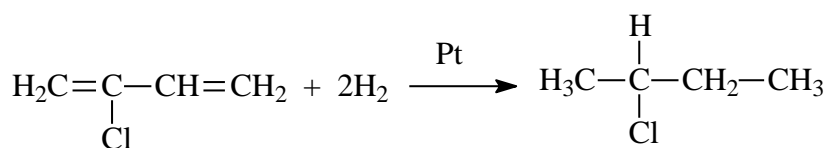
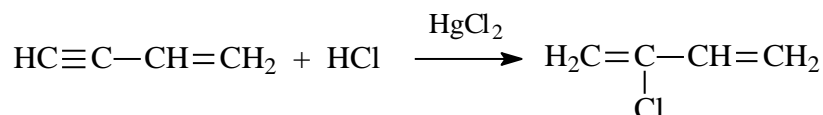
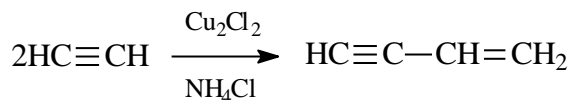
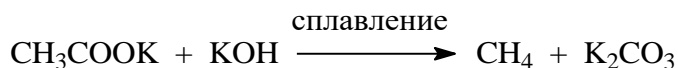
Углеводород с массой 30 г/моль — это этан C_2H_6 (**C**). Бромирование этана – радикальная реакция, протекает при освещении:



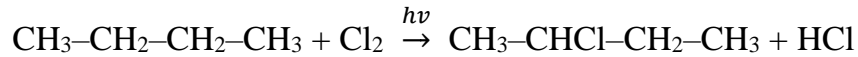
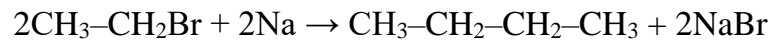
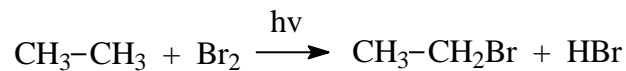
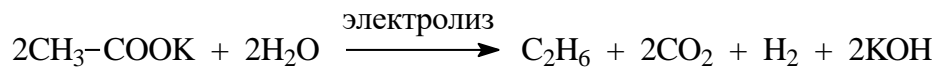
Этан образовался при электролизе ацетата калия **B**, который, в свою очередь, был получен при щелочном гидролизе нитрила **A**:



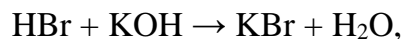
2) Вариант синтеза 2-хлорпропана из ацетата калия:



Другой вариант синтеза:



3) При добавлении раствора KOH к бромоводородной кислоте (соединение E) сначала происходит реакция нейтрализации:



$$v(\text{HBr}) = 0.08 \text{ моль},$$

затем добавление избыточного количества щёлочи создаёт щелочную среду. Пусть в сумме необходимо добавить x л раствора щелочи, тогда

$$v(\text{KOH}) = 0.5x \text{ моль}.$$

Концентрация гидроксид-ионов в конечном растворе составляет

$$[\text{OH}^-] = K_w / [\text{H}^+] = 10^{-14} / [\text{H}^+] = 10^{-1} \text{ (моль/л)}$$

$$10^{-1} = (0.5x - 0.08) / (0.8 + x),$$

$$x = 0.4 \text{ л} = 400 \text{ мл}.$$

Ответ: **A** – ацетонитрил, **B** – ацетат калия, **C** – этан, **D** – бромэтан, **E** – бромоводородная кислота; радикальное бромирование (на свету); 400 мл.

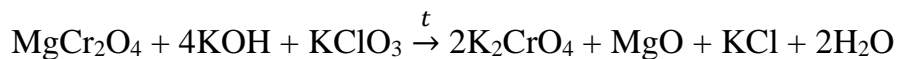
Задание 6 (25 баллов)

Магний – это элемент **X** в составе шпинели, так как в соединениях он проявляет степень окисления +2. Элемент **Z** – это **Y**, поэтому формула соединения **A** может быть представлена как MgZ_2O_4 .

$$\omega(\text{Z}) = 2M(\text{Z}) / (2M(\text{Z}) + 24 + 64) = 0.5417,$$

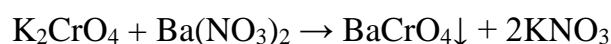
$$M(\text{Z}) = 52 \text{ г/моль}.$$

Таким образом, **Z** – это Cr, соединение **A** – шпинель MgCr_2O_4 (природный минерал магнезиохромит).

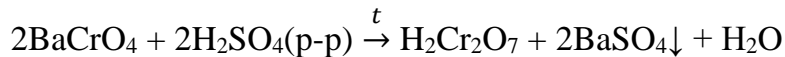


Вещество **B** – хромат калия K_2CrO_4 . После добавления воды к расплаву образуется желтый из-за присутствия в нем K_2CrO_4 раствор. Оксид магния с водой реагирует медленно, образуя плохо растворимый гидроксид, поэтому в раствор не переходит.

При добавлении раствора нитрата бария к полученному раствору происходит выпадение желтого осадка BaCrO_4 (вещество **C**):



Нагревание осадка хромата бария с раствором серной кислоты приводит к образованию оранжевого раствора дихромовой кислоты (вещество **D**) и белого осадка сульфата бария:



Взаимодействие полученного оранжевого раствора со щавелевой кислотой и оксалатом калия приводит к образованию серо-синего раствора комплексной соли, из которого при охлаждении выпадают почти черные кристаллы комплексной соли (тригидрата), состав которой можно представить следующим образом



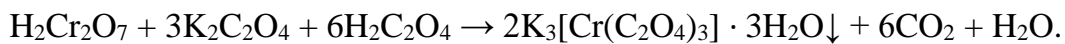
где x – число оксалат-ионов в комплексном анионе. По условию,

$$\omega(\text{Cr}) = 52 / (39(2x - 3) + 52 + 88x + 18 \cdot 3) = 0.1068,$$

$$x = 3.$$

Значит, **E** – это тригидрат триоксалатохромата(III) калия, $\text{K}_3[\text{Cr}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$.

Уравнение реакции его образования (при последующем охлаждении раствора):



Ответ: **Z** – Cr, **A** – MgCr_2O_4 (минерал магнезиохромит), **B** – K_2CrO_4 , **C** – BaCrO_4 , **D** – $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, **E** – $\text{K}_3[\text{Cr}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$.