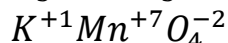
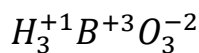
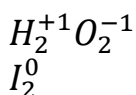


Большая олимпиада Росхим по химии и химической технологии

2024-2025 учебный год
Решения заключительного этапа
9 класс

Задача 1. Карболовая кислота

1. Степени окисления для каждого элемента:



2. Исходя из структуры, приведенной на картинке в условии, можно посчитать количество атомов углерода, водорода и кислорода. Брутто-формула карболовой кислоты – C_6H_5OH или C_6H_6O .

Массовые доли элементов:

$$\omega(C) = \frac{M(C) \cdot 6}{M(C) \cdot 6 + M(H) \cdot 6 + M(O)} = \frac{12 \cdot 6}{12 \cdot 6 + 1 \cdot 6 + 16} = 0,766 \text{ или } 76,6\%$$

$$\omega(H) = \frac{M(H) \cdot 6}{M(C) \cdot 6 + M(H) \cdot 6 + M(O)} = \frac{1 \cdot 6}{12 \cdot 6 + 1 \cdot 6 + 16} = 0,064 \text{ или } 6,4\%$$

$$\omega(O) = \frac{M(O)}{M(C) \cdot 6 + M(H) \cdot 6 + M(O)} = \frac{16}{12 \cdot 6 + 1 \cdot 6 + 16} = 0,17 \text{ или } 17\%$$

3. Для приготовления антисептического раствора растворяют 6 грамм карболовой кислоты в 100 граммах воды, откуда ее массовая доля:

$$\omega(\text{кислоты}) = \frac{m(\text{к-ты})}{m(\text{р-ора})} = \frac{6}{100+6} = 0,0566 \text{ или } 5,66\%$$

Нам необходимо приготовить 600 грамм такого раствора, значит необходимо взять:

$$m(\text{к-ты}) = m(\text{р-ора}) \cdot \omega(\text{к-ты}) = 600 \cdot 0,0566 = 33,96 \text{ грамма кислоты}$$

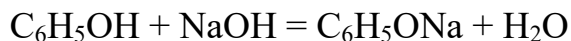
4. Исходя из массовой доли натрия, можно рассчитать молярную массу образовавшегося продукта.

Если допустить, что в продукте содержится один атом натрия, тогда молярная масса будет равна:

$$M(\text{продукта}) = \frac{M(\text{Na})}{\omega(\text{Na})} = \frac{23}{0,1983} = 116 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

Вычитая молярную массу натрия, получим значение равное 93 г/моль, что будет соответствовать остатку $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}$. Тогда формула продукта – $\text{C}_6\text{H}_5\text{ONa}$.

5. Уравнение реакции:



Система оценивания:

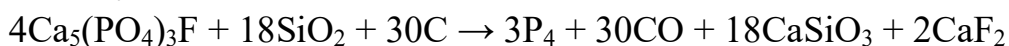
1. Степени окисления в каждом веществе <i>по 2 балла</i>	8 баллов
2. Брутто-формула <i>1 балл</i> Массовые доли элементов <i>по 1 баллу</i>	4 балла
3. Масса кислоты	3 балла
4. Формула продукта	3 балла
5. Уравнение реакции	2 балла
ИТОГО	20 баллов

Задача 2. «В составе Кока-Колы»

1. Определить зашифрованные вещества можно, опираясь на подсказки, данные в задаче. Фторапатит содержит в себе, согласно продуктам реакций с ним, кальций, фтор и элемент, образующий простое вещество **Е**, скорее всего в виде кислородсодержащего кислотного остатка. Мягкое белое простое вещество **Е**, способное возгоняться и светящееся на воздухе – определенно фосфор P_4 . Тогда, кислотный остаток, содержащий фосфор – остаток фосфорной кислоты, а формула фторапатита, или же вещества **Д** – $Ca_5(PO_4)_3F$.

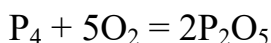
После получения фосфора, его сжигают в кислороде, получая его высший оксид, который после растворения в воде образует ортофосфорную кислоту H_3PO_4 , вещество **В**.

Используя массу фторапатита и массу продукта, можно подтвердить нашу догадку:



$$n(\text{фторапатит}) = \frac{10,08}{504,3} \approx 0,02 \text{ моль}$$

$$n(P_4) = \frac{n(\text{фторапатит})}{4} \cdot 3 = 0,015 \text{ моль}$$



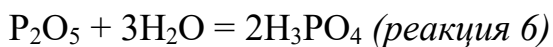
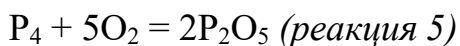
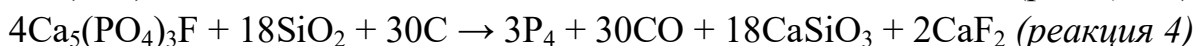
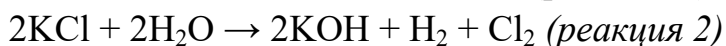
$$n(H_3PO_4) = 4n(P_4) = 0,015 \cdot 4 = 0,06 \text{ моль}$$

$$m(H_3PO_4) = 0,06 \cdot 98 = 5,88 \text{ г, что соответствует условию задачи.}$$

Вещество **Б** получают электролизом соли **Г**, которая скорее всего представляет собой хлорид щелочного металла. Тогда, используя массовую долю хлора в соли **Г**, можно найти атомную массу металла:

$$A(\text{металла}) = \frac{35,5}{47,29} \cdot 100 - 35,5 = 39,5, \text{ что приблизительно равно атомной массе калия. Тогда, вещество } \Gamma - \text{ хлорид калия } KCl, \text{ вещество } \text{Б} - \text{ гидроксид калия } KOH, \text{ а вещество } \text{А} - \text{ ортофосфат калия } K_3PO_4.$$

2. Уравнения реакций:



Система оценивания:

1. Вещества А-Е по 2 балла	12 баллов
2. Уравнения реакций 1, 2, 5, 6 по 1 баллу Уравнения реакций 3 и 4 по 2 балла	8 баллов
ИТОГО	20 баллов

Задача 3. Минералы двух металлов

1. По данным электролиза можно найти зависимости молярных масс от количества принимаемых электронов, начнём с первого:

$$M = \frac{m \cdot z \cdot F}{I \cdot t}$$

$$M_1 = \frac{m \cdot z \cdot 96485}{0.2 \cdot (17 \cdot 60)}$$

$$M_1 = \frac{0.57 \cdot z \cdot 96485}{0.2 \cdot (17 \cdot 60)} = 269.6z$$

$$\text{или } M_1 = \frac{0.12 \cdot z \cdot 96485}{0.2 \cdot (17 \cdot 60)} = 56.8z$$

Под первый случай, очевидно, ничего не подходит.

Для второго при $z = 1$ $M_1 = 56.8$ г/моль, но для металлов с близкой к этой молярной массе степень окисления +1 не представляется возможной для нахождения в минералах. Тогда при $z = 2$ $M_1 = 113.6$ г/моль, что хорошо подходит под Cd. При дальнейшем переборе подходящих вариантов большей молярной массы не будет, также не забываем о нахождении обоих металлов в одной группе, это послужит проверкой для этой гипотезы.

Для второго металла $m = 0.57$ г, время для его электролиза находим, вычитая из общего времени время для выделения первого металла

$$M_1 = \frac{0.57 \cdot z \cdot 96485}{0.2 \cdot (2 \cdot 3600 + (38 - 17) \cdot 60)} = 32.5z$$

Для $z = 1$ $M_1 = 32.5$ г/моль заметно не подходит. Для $z = 2$ $M_1 = 65$ г/моль, что идеально подходит под Zn. Дальнейший перебор не приведёт к металлам, находящимся в одной группе с кадмием.

X – Zn, Y – Cd

2. Минералы можно представить в виде ZnA и CdA (так как отличаются они только металлом), тогда:

$$1.28 = m(\text{ZnA}) + m(\text{CdA}) = n(\text{ZnA}) \cdot M(\text{ZnA}) + n(\text{CdA}) \cdot M(\text{CdA})$$

$$1.28 = \frac{0.57}{65} \cdot (65 + M(A)) + \frac{0.12}{112} \cdot (112 + M(A))$$

(количества можно посчитать и из электролиза)

Откуда $M(A) = 60$ г/моль, под эту молярную массу из анионов, которые встречаются в минералах, подходит только карбонат.

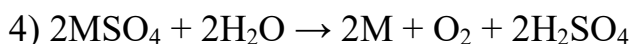
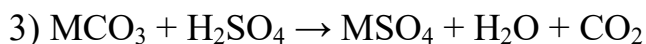
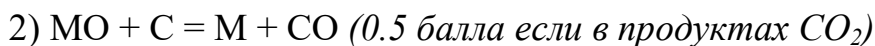
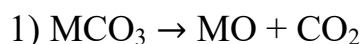
$$m(\text{ZnCO}_3) = \frac{0.57}{65} \cdot (65 + 60) = 1.1 \text{ г}$$

$$\omega(\text{ZnCO}_3) = \frac{1.1}{1.28} = 86\%$$

$$\omega(\text{CdCO}_3) = 100\% - 86\% = 14\%$$

Формулы минералов: ZnCO_3 и CdCO_3 . Их массовое содержание равно 86% и 14% соответственно.

3. Уравнения реакций, где М – Zn или Cd:



4. Кадмий обладает более низкой температурой кипения. За счёт этого кадмий при получении улетучивается, отделяясь от цинка.

5. Соединения представим как $\text{Cd}_x\text{Э}_y$:

$$M(\text{Cd}_x\text{Э}_y) = \frac{M(\text{Cd}) \cdot x}{\omega(\text{Cd})}$$

$$M(\text{Э}) = \frac{M(\text{Cd}_x\text{Э}_y) - x \cdot M(\text{Cd})}{y}$$

Перебирая распространённые соотношения (1:1, 1:2, 2:1, 3:2), только при соотношении 1:1 получим, имеющие смысл варианты и находящиеся в одной группе элементы.

$$M(\text{Э}_A) = \frac{\frac{112}{0.78} - 112}{1} = 31.6 \approx 32 = M(\text{S})$$

$$M(\text{Э}_B) = \frac{\frac{112}{0.59} - 112}{1} = 77.8 \approx 78 \approx M(\text{Se})$$

A – CdS , **B** – CdSe

Частицы – квантовые точки, за открытие и синтез которых в 2023 году была присуждена Нобелевская премия по химии М. Бавенди, Л. Брюсу и А. Екимову.

Система оценивания:

1. Определение металлов <i>по 2,5 балла</i>	5 баллов
2. Формулы минералов <i>по 3,5 балла</i>	7 баллов
3. Уравнения реакций <i>по 1 баллу</i>	4 балла
4. Указание на свойство	1 балл
5. Определение соединений <i>по 1 баллу</i> Название частиц <i>1 балл</i>	3 балла
ИТОГО 20 баллов	

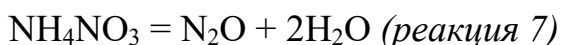
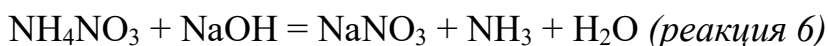
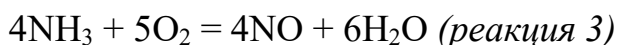
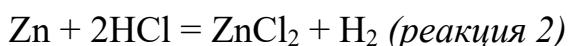
Задача 4. Общие элементы

1. Так как простое вещество **А** является основным компонентом воздуха – можно смело предположить, что это азот N_2 . Простое вещество **Б** образуется при взаимодействии цинка и соляной кислоты и взрывоопасно, что явно указывает на водород H_2 . Взаимодействие водорода и азота приводит к образованию аммиака NH_3 – вещества **Х**. Так как вещество **З** тоже содержит азот и водород и является кислотой, можно предположить, что это азотная кислота. Тогда, вещество **У**, которое образуется при взаимодействии азотной кислоты и аммиака, это нитрат аммония – NH_4NO_3 . Вещество **В** – оксид азота (II). Вещество **Г** – оксид азота (IV) NO_2 . По массовой доле азота в веществе **Д**, мы можем понять, что это N_2O .

Таким образом, вещества, зашифрованные в задаче:

Х	NH_3
У	NH_4NO_3
З	HNO_3
А	N_2
Б	H_2
В	NO
Г	NO_2
Д	N_2O

2. Уравнения реакций:



3. Рассчитаем количество вещества аммиака:

$$n(NH_3) = \frac{m(NH_3)}{M(NH_3)} = \frac{1000000 \text{ г}}{17 \text{ г/моль}} = 58823,53 \text{ моль}$$

Количество образовавшегося NO с учётом выхода:

$$n(\text{NO}) = n(\text{NH}_3) = 58823,53 \cdot 0,65 = 38235,29 \text{ моль}$$

Количество образовавшегося NO₂ с учётом выхода:

$$n(\text{NO}_2) = n(\text{NO}) = 38235,29 \cdot 0,65 = 24853,94 \text{ моль}$$

Количество вещества азотной кислоты с учётом выхода:

$$n(\text{HNO}_3) = \frac{2}{3} n(\text{NO}_2) = \frac{2}{3} \cdot 24853,94 \cdot 0,65 = 10769,61 \text{ моль}$$

Масса азотной кислоты:

$$m(\text{HNO}_3) = 10769,61 \cdot 63 = 678485,22 \text{ г}$$

Масса раствора с концентрацией 30 %:

$$m(\text{раствора}) = \frac{678485,22}{0,3} = 2261617,404 \text{ г}$$

Переведем граммы в тонны и получим ответ: 2,26 тонн раствора.

4. Тривиальное название нитрата аммония – аммиачная селитра.
5. Для смещения равновесия *реакции 1* в сторону образования аммиака можно:
 - выводить из реакционной смеси образовавший аммиак и увеличивать концентрации азота и водорода.
 - так как реакция экзотермическая, отводить тепло, т.е. охлаждать реакционную смесь.
 - увеличивать давление, так как справа образуется меньший объём газов

Система оценивания:

1. Формулы X-Z, A-Д по 1 баллу	8 баллов
2. Уравнения реакций по 0,5 балла	3,5 балла
3. Расчёт массы раствора	5 баллов
4. Тривиальное название	0,5 балла
5. Три способа смещения равновесия по 1 баллу	3 балла
ИТОГО	20 баллов

Задача 5. Известный полимер

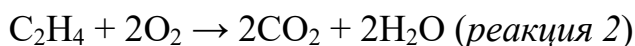
1. Учитывая тему задачи, очевидно, что газ Г, вызывающий помутнение известковой воды – CO_2 . Жидкость Ж – вода H_2O , так как сжиганию подвергается углеводород.

Сначала найдем количество моль воды и углекислого газа:

$$n_{\text{CO}_2} = \frac{V_{\text{CO}_2}}{V_m} = \frac{13,44}{22,4} = 0,6 \text{ моль}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{10,8}{18} = 0,6 \text{ моль}$$

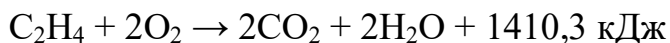
Значит, отношение воды к углекислому газу – 1:1. Для полимеризации нам нужен углеводород, состоящий хотя бы из двух атомов углерода, тогда простейшим соединением, с которым мы сможем составить реакцию, где М, вода и углекислый газ относятся друг к другу как 1:1:2, является этилен C_2H_4 , а полимер, получаемый из него – полиэтилен $(\text{C}_2\text{H}_4)_n$.



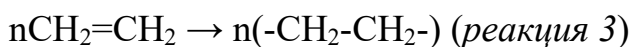
2. Чтобы найти искомую величину теплоты сгорания этилена, необходимо из суммы теплот образования продуктов вычесть сумму теплот образования реагентов:

$$Q = \sum Q_{f^0 298}(\text{реак}) - \sum Q_{f^0 298}(\text{прод}) = 393,5 \cdot 2 + 285,5 \cdot 2 - (-52,3) = 1410,3 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

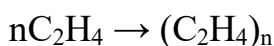
Значит, термохимическое уравнение выглядит так:



3. Реакция полимеризации этилена:



или



В данной реакции образуются две связи C-C и разрывается одна связь C=C.

Значит теплота образования одного такого фрагмента:

$$Q = \sum E_{\text{св (обр)}} - \sum E_{\text{св (разр)}} = 332 \cdot 2 - 588 = 76 \text{ кДж}$$

4. Скажем, что n – количество мономеров. Тогда для того, чтобы найти количество мономеров, участвующих в реакции, поделим общую теплоту на теплоту одной реакции:

$$n = \frac{271396 \text{ кДж}}{76 \text{ кДж}} = 3571$$

Значит степень полимеризации равна 3571.

Молярная масса:

$$3571 \cdot 28 = 99988 \text{ г/моль.}$$

Пренебрегаем мы концевыми связями, но это не делает погрешность расчёта значительной из-за высокой степени полимеризации.

5. Любые 3 разумных ответа, к примеру капрон, нейлон, полипропилен, полиметилакрилат, полистирол и прочее.

Система оценивания:

1. Формулы П, М, Г и Ж по 1 баллу Уравнения реакций по 1 баллу	6 баллов
2. Количество выделяющейся теплоты 3 балла Термохимическое уравнение реакции 1 балл	4 балла
3. Уравнение реакции 1 балл Расчёт теплоты образования фрагмента 3 балла	4 балла
4. Расчёт степени полимеризации и молярной массы 2 балла Указание на пренебрежение концевыми связями 1 балл	3 балла
5. Три примера полимеров по 1 баллу	3 балла
ИТОГО	20 баллов