

**ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП 2023**

9 класс

Задания и критерии ответов к заданиям

Задача 1. Для приготовления 8 %-ного (по массе) раствора сульфата железа (II) необходимо рассчитать количество воды для растворения 27,8 г $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. При увеличении концентрации полученного раствора до 15% (по массе) какое количество граммов $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ следует добавить к этому раствору, чтобы процентное содержание FeSO_4 возросло (20 баллов)?

Ответ:

Найдем количество сульфата железа ($M=152$ г/моль) в кристаллогидрате сульфата железа ($M=278$ г/моль):

$$m = 27,8 * 152 / 278 = 15,2 \text{ г или } \nu = 0,1 \text{ моль (27,8/278), значит}$$

$$m = 0,1 * 152 = 15,2 \text{ г (3 балла)}$$

Преобразуем уравнение $\omega = m_{\text{р.в}}/m_{\text{р-ра}} * 100\%$, где $m_{\text{р-ра}} = 27,8 + x$ (2 балла)

x – масса воды

$$x = m_{\text{р.в}} * 100 / \omega - m(\text{кристаллогидрата})$$

$$x = 15,2 * 100 / 8 - 27,8 = 162,2 \text{ г воды (4 балла)}$$

Если в полученный раствор внести y г, т.е. $y/278$ моль $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (2 балла), то масса раствора станет равной $27,8+162,2+y$ (2 балла), а масса растворенного FeSO_4 в этом растворе будет равна $152y/278 = 0,547y$ г (2 балла).

$$\omega_2 = 15\% = (15,2+0,547y)/(27,8+162,2+y) * 100\%$$

$$0,15(27,8+162,2+y)=1,2+0,547y$$

$$13,3=0,397y$$

$$y = 33,5 \text{ г. (5 баллов)}$$

Итого – 20 баллов

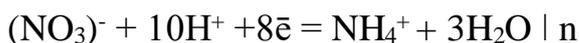
Задача 2. Установите, какой металл был растворен в азотной кислоте, если известно, что металл массой 13 г растворили в очень разбавленном растворе азотной кислоты. При взаимодействии полученного раствора с избытком раствора щелочи и кипячении выделилось 1,12 л газа (при н.у). Напишите уравнения реакций (20 баллов).

Ответ: По выделившемуся газу (NH_3) 2 реакции определяем образующуюся в 1 реакции соль – NH_4NO_3 , что характерно для реакций с активными металлами и очень разбавленной азотной кислотой (3 балла).

Получим схему уравнения реакции:



Составим баланс:





(3 балла)

2 реакция (кратко ионное уравнение): $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- = \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ (2 балла)

Согласно уравнениям 1 и 2: 8 моль металла дают n моль аммиака, т.е. $v_{\text{Me}} = 8v_{\text{NH}_3}/n$ (2 балла)

$$v_{\text{NH}_3} = 1,12/22,4 = 0,05 \text{ моль (1 балл)}$$

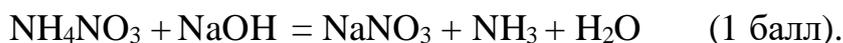
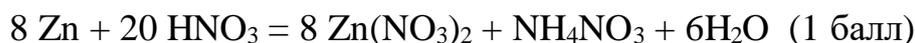
$$v_{\text{Me}} = 8 \cdot 0,05/n = 0,4/n \text{ моль (1 балл)}$$

$$M_{\text{Me}} = 13n/0,4 = 32,5n \text{ г/моль (1 балл)}$$

Возможные молекулярные массы при:

$n = 1$ (32,5 нет Me), $n = 2$ (65 – Zn), $n = 3$ (97,5 нет Me), $n = 4$ (130 нет Me)

Искомый металл – Zn (цинк) (2 балла).



Итого – 20 баллов

Задача 3. Элементы А и В, расположенные в одном периоде системы элементов Д.И. Менделеева, образуют между собой соединение, содержащие 79,77% элемента В (по массе). При гидролизе выделяется газ имеющий 97,26 % вещества В и 2,74% водорода (по массе). Определите молекулярную формулу соединения и напишите реакцию гидролиза (20 баллов)

Ответ:

Гидролиз неизвестного бинарного соединения A_xB_y с образованием кислоты H_xB происходит по уравнению:



Массовая доля элемента В в соединении A_xB_y равна

$$\eta_{\text{B}} = M_{\text{By}} / M_{\text{Ax}} + M_{\text{By}} = 0,7977 \text{ (1 балл)}$$

а массовая доля водорода в кислоте H_xB составляет

$$\eta_{\text{H}} = x / x + M_{\text{B}} = 0,0274 \text{ (1 балл)}$$

$$x = (x + M_{\text{B}}) \cdot 0,0274$$

$$0,0274 \cdot M_{\text{B}} = x - 0,0274x$$

$$M_{\text{B}} = x - 0,0274x / 0,0274$$

$$M_{\text{B}} = 35,5x \text{ (5 баллов)}$$

$$0,7977 = M_{\text{B}} \cdot y / M_{\text{Ax}} + M_{\text{By}}$$

$$0,7977 = 35,5x \cdot y / M_{\text{Ax}} + 35,5xy$$

$$0,7977 = 35,5y / M_{\text{A}} + 35,5y$$

$$0,7977 \cdot M_{\text{A}} + 0,7977 \cdot 35,5y = 35,5y$$

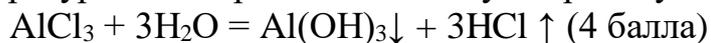
$$0,7977 \cdot M_{\text{A}} = 35,5y \cdot (1 - 0,7977)$$

$$M_{\text{A}} = 35,5y \cdot (1 - 0,7977) / 0,7977$$

$$M_{\text{A}} = 9y \text{ (5 баллов)}$$

Находим $M_B = 35,5x$; $M_A = 9,0y$, подбираем элементы согласно условиям задачи: если $x=1$, то элемент хлор ($M=35,5$ г/моль), тогда $y = 3$, элемент алюминий ($M = 3 \cdot 9 = 27$ г/моль) (3 балла)

Формула бинарного соединения – $AlCl_3$, который при высоких температурах подвергается полному гидролизу:



Итого – 20 баллов

Задача 4. Степень превращения диоксида углерода в реакции его восстановления углем равна 5%. Вычислите объемную долю компонентов полученной газовой смеси (20 баллов).

Ответ: Восстановление CO_2 углем является обратимым процессом:



Для решения задачи берем 1 объем CO_2 , тогда полученная смесь содержит $2 \cdot 0,05 = 0,1$ объема CO и $1 - 0,05 = 0,95$ объема CO_2 (5 баллов)

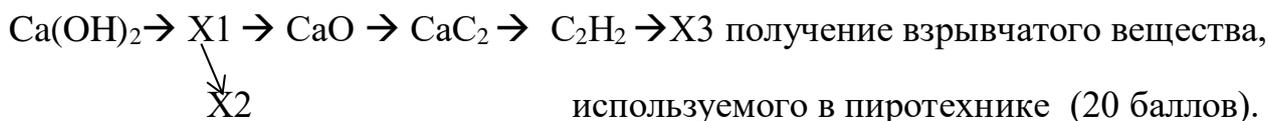
Объемные доли компонентов полученной смеси составляют:

$$\varphi \% (CO) = 0,1 / (0,1 + 0,95) \cdot 100\% = 9,5\% \quad (5 \text{ баллов})$$

$$\varphi \% (CO_2) = 0,95 / (0,1 + 0,95) \cdot 100\% = 90,5\% \quad (5 \text{ баллов})$$

Итого – 20 баллов

Задача 5. Если пропускать выдыхаемый человеком воздух через раствор $Ca(OH)_2$, то образуется осадок, который при продолжении опыта через некоторое время исчезает. Дайте объяснение этому явлению и проведите ряд предложенных химических реакций. Определите, какие реагенты принимают участие; напишите уравнения реакций и дайте названия продуктам:



Ответ:

1. $Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 \downarrow (X1) + H_2O$ (выпадение осадка) (2 балла)
2. $CaCO_3 + CO_2 = Ca(HCO_3)_2 (X2)$ (растворение осадка) (2 балла)
3. $CaCO_3 = CaO + CO_2$ (нагревание $800^\circ C$) (3 балла)
4. $CaO + 3C = CaC_2 + CO$ (нагревание $2500^\circ C$) (4 балла)
5. $CaC_2 + H_2O = C_2H_2 + Ca(OH)_2$ (выделение газа) (4 балла)
6. $HC \equiv CH + 2Ag(NH_3)_2OH \rightarrow AgC \equiv CAg \downarrow (X3) + 4NH_3 + 2H_2O$ (5 баллов)

Итого – 20 баллов