

Центр олимпиадной подготовки
Итоговое испытание по материалам олимпиад прошлых лет
(решение заданий)

Задача 1.

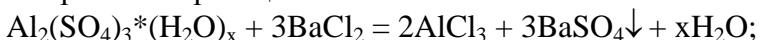
1. Уравнение диссоциации: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 = 2 \text{Al}^{3+} + 3\text{SO}_4^{2-}$
 $n(\text{Al}^{3+}) = N/N_A = 1,5 \cdot 10^{19} / 6 \cdot 10^{23} = 2,5 \cdot 10^{-5}$ моль

Количество вещества сульфата алюминия с учетом объема раствора:

$$n(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = (n(\text{Al}^{3+})/2) \cdot 200 = 2,5 \cdot 10^{-3}$$
 моль

$$m(n(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = M \cdot n = 342 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3} = 0,855 \text{ г}$$

2. Уравнение реакции:



В расчете на 1 моль кристаллогидрата

$$3M(\text{BaSO}_4) = 1,05M(\text{кр-г}); M(\text{кр-г}) = 3 \cdot 233 / 1,05 = 666 \text{ г/моль}$$

$$x \cdot M(\text{H}_2\text{O}) = 666 - 342 = 324; x = 18; \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot (\text{H}_2\text{O})_{18}$$

Масса кристаллогидрата для приготовления раствора:

$$m(\text{кр-г}) = M \cdot n = 666 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3} = 1,665 \text{ г}$$

10 баллов

Задача 2.

Найдем молярные массы смесей газов $M = D_{\text{H}_2} \cdot M(\text{H}_2)$:

$$M(\text{смесь 1}) = 18 \cdot 2 = 36 \text{ г/моль}; M(\text{смесь 2}) = 20 \cdot 2 = 40 \text{ г/моль};$$

Молярная масса смеси газов зависит от ее состава

$$M(\text{см}) = M(A)\varphi(A) + M(B)\varphi(B)$$

где φ – объемные доли компонентов

$$\text{Смесь 1: } \varphi(A) = \varphi(B) = 0,5 \quad 0,5M(A) + 0,5M(B) = 36$$

$$\text{Смесь 2: } \varphi(A) = 0,25 \quad \varphi(B) = 0,75 \quad 0,25M(A) + 0,75M(B) = 40$$

$$\text{Решая эту систему уравнений получаем: } M(A) = 28; M(B) = 44$$

Найдем содержание элементов X и Y в 1 моль этих газах:

$$\text{Смесь 1: } m(X) = 28 \cdot 0,429 = 12 \text{ г; } m(Y) = 16 \text{ г,}$$

$$\text{Смесь 2: } m(X) = 44 \cdot 0,273 = 12 \text{ г; } m(Y) = 32 \text{ г,}$$

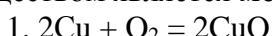
Найденные значения позволяют определить, что X – это углерод, Y – кислород,

A – оксид углерода(II), CO; B - оксид углерода(IV), CO₂ (углекислый газ).

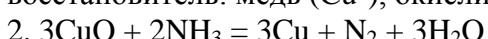
10 баллов

Задача 3.

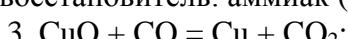
Реакцию простого вещества с кислородом можно истолковать как получение оксида, а реакции полученного оксида с аммиаком и оксидом углерода(II) как восстановление этого оксида с образованием простого вещества. Розовый цвет этого вещества (и черный цвет оксида) позволяют предположить, что этим простым веществом является **медь**.



восстановитель: медь (Cu⁰), окислитель: кислород (O⁰).

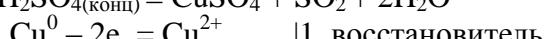
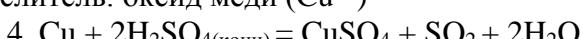


восстановитель: аммиак (N⁻³), окислитель: оксид меди (Cu⁺²)



восстановитель: оксид углерода(II) (C⁺²),

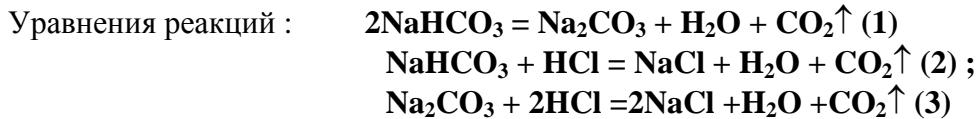
окислитель: оксид меди (Cu⁺²)



Раствор, полученный в ходе последней реакции, будет иметь синий (голубой) цвет.

10 баллов



Задача 4.

Приведем объемы газов к н.у. (р = 760 мм рт.ст. = 101325 Па, Т₀ = 273К)

Закон Гей-Люссака: $\frac{V_0}{T_0} = \frac{V_1}{T_1}$; $V_0 = \frac{V_1 * T_0}{T_1}$

$$V_0(1) = 742 * 273 / 298 = 680 \text{ мл}; V_0(2) = 1834 * 273 / 298 = 1680 \text{ мл}$$

Количества вещества газов: n(1) = 0,68/22,4 = 0,03 моль; n(2) = 1,68/22,4 = 0,075 моль

По уравнению 1: n(NaHCO₃) = 2n(1) = 0,06 моль;

По уравнению 2: n(CO₂)₂ = n(NaHCO₃) = 0,06 моль;

$$n(\text{CO}_2)_3 = 0,075 - 0,06 = 0,015 \text{ моль}$$

По уравнению 3: n(Na₂CO₃)₃ = n(CO₂)₃ = 0,015 моль

Массы солей: m(NaHCO₃) = 84 * 0,06 = 5,04 г, m(Na₂CO₃) = 106 * 0,015 = 1,59 г,

$$m(\text{NaCl}) = 8 - 5,04 - 1,59 = 1,37 \text{ г.}$$

Массовые доли в исходной смеси: w(NaHCO₃) = 5,04/8 = 0,63 = **63%**,

$$w(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 1,59/8 = 0,20 = **20%**; \quad w(\text{NaCl}) = 1,37/8 = 0,17 = **17%**$$

Состав раствора:

Хлорида натрия получено в реакциях 2 и 3: n(NaCl) = 0,06 + 2 * 0,015 = 0,09 моль

$$m(\text{NaCl}) = 58,5 * 0,09 = 5,265 \text{ г.}$$

$$\text{Общая масса } m(\text{NaCl})_{\text{общ}} = 1,37 + 5,265 = 6,635 \text{ г.}$$

$$\text{Массовая доля: } w(\text{NaCl})_{\text{р-р}} = 6,635/84 = 0,079 = **7,9%**$$

Раствор содержит также некоторое количество соляной кислоты (добавлена в избытке).

10 баллов

Задача 5. Уравнения реакций:

Пусть для приготовления смеси взяли x моль угля и y моль хлората калия. Тогда масса смеси будет равна 12x + 122,5y г, а количество выделяющейся теплоты 394x + 48y кДж.

Получаем систему уравнений

$$12x + 122,5y = 100$$

$$(394x + 48y)/100 = 1,5 \text{ (2 балла)}$$

Решая ее получаем: x = 0,285 моль; y = 0,788 моль, массы веществ, соответственно равны 3,4 г и 96,6 г. (2балла)

При разложении 0,788 моль хлората калия выделится 1,18 моль кислорода, что с большим избытком хватит для сгорания угля.

Максимальное количество угля определяется количеством кислорода, необходимого для его сгорания. На x моль KClO₃ выделяется 1,5x моль кислорода, что достаточно для сгорания 1,5x моль угля, массой 1,5 * 12x = 18x г. Учтя, что масса смеси должна быть равна 100 г получаем уравнение 18x + 122,5x = 100, откуда x=0,712 и масса угля 12,8 г.

10 баллов