

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

Задача 1.

1. Уравнение диссоциации: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 = 2 \text{Al}^{3+} + 3\text{SO}_4^{2-}$

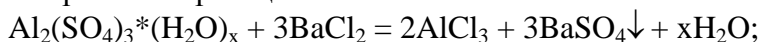
$$n(\text{Al}^{3+}) = N/N_A = 1,5 \cdot 10^{19} / 6 \cdot 10^{23} = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ моль}$$

Количество вещества сульфата алюминия с учетом объема раствора:

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

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

2. Уравнение реакции:



В расчете на 1 моль кристаллогидрата

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

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

Масса кристаллогидрата для приготовления раствора:

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

10 баллов

Задача 2.

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

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

Молярная масса смеси газов зависит от ее состава

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

где φ – объемные доли компонентов

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

$$0,5M(\text{A}) + 0,5M(\text{B}) = 36$$

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

$$0,25M(\text{A}) + 0,75M(\text{B}) = 40$$

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

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

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

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

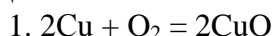
Найденные значения позволяют определить, что X – это углерод, Y – кислород,

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

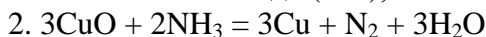
10 баллов

Задача 3.

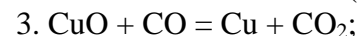
Реакцию простого вещества с кислородом можно истолковать как получение оксида, а реакции полученного оксида с аммиаком и оксидом углерода(II) как восстановление этого оксида с образованием простого вещества. Розовый цвет этого вещества (и черный цвет оксида) позволяют предположить, что этим простым веществом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



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

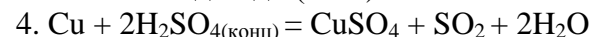


восстановитель: аммиак (N⁻³), окислитель: оксид меди (Cu⁺²)



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

окислитель: оксид меди (Cu⁺²)

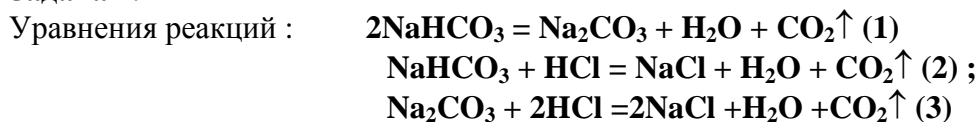


Раствор, полученный в ходе последней реакции, будет иметь синий (голубой) цвет.

10 баллов



Задача 4.



Приведем объемы газов к н.у. ($p = 760$ мм рт.ст. = 101325 Па, $T_0 = 273\text{K}$)

Закон Гей-Люссака:

$$\frac{V_0}{T_0} = \frac{V_1}{T_1}; \quad V_0 = \frac{V_1 * T_0}{T_1}$$

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

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

По уравнению 1: $n(\text{NaHCO}_3) = 2n(1) = 0,06$ моль;

По уравнению 2: $n(\text{CO}_2)_2 = n(\text{NaHCO}_3) = 0,06$ моль;

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

По уравнению 3: $n(\text{Na}_2\text{CO}_3)_3 = n(\text{CO}_2)_3 = 0,015$ моль

Массы солей: $m(\text{NaHCO}_3) = 84 * 0,06 = 5,04$ г, $m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106 * 0,015 = 1,59$ г,

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

Массовые доли в исходной смеси: $w(\text{NaHCO}_3) = 5,04 / 8 = 0,63 = 63\%$,

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

Состав раствора:

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

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

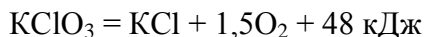
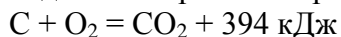
Общая масса $m(\text{NaCl})_{\text{общ}} = 1,37 + 5,265 = 6,635$ г.

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

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

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

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

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 KClO_3 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