7-8 КЛАСС

(продолжительность – 3 часа; общее количество баллов 75)

Задача 1

Решение.

1. Определим атомную массу элемента X. Запишем формулу соединения элемента X с водородом в общем виде как XH_n (где n – число атомов H, равное валентности элемента X (т.к. водород всегда одновалентен)). Отсюда, молекулярная масса XH_n равна:

$$M(XH_n) = A(X) + n \cdot A(H).$$

Составим пропорцию и находим (полагая, что A(H)=1 г/моль):

$$M(XH_n) – 100\ \%;$$

$$n \cdot A(H) – 21.43\ \%.$$

$$M(XH_n) = A(X) + n \cdot A(H) = (n \cdot A(H) \cdot 100\%)/21.43\ \% = 4.67 \cdot n \text{ г/моль}.$$

Отсюда, $A(X) = 4.67 \cdot n – n = 3.67 \cdot n$. Условию задачи удовлетворяет случай при n=3. A(X)=11 г/моль. Элемент X – бор (B), элемент второго периода.

2. Определим атомную массу элемента Y. Запишем формулу соединения элемента Y с водородом в общем виде как YH_n (где n – число атомов H, равное валентности элемента Y (т.к. водород всегда одновалентен)). Отсюда, молекулярная масса YH_n равна:

$$M(YH_n) = A(Y) + n \cdot A(H).$$

Составим пропорцию и находим (полагая, что A(H)=1 г/моль):

$$M(YH_n) – 100\ \%;$$

$$n \cdot A(H) – 17.65\ \%.$$

$$M(YH_n) = A(Y) + n \cdot A(H) = (n \cdot A(H) \cdot 100\%)/17.65\ \% = 5.67 \cdot n \text{ г/моль}.$$

Отсюда, $A(Y) = 5.67 \cdot n – n = 4.67 \cdot n$. Условию задачи удовлетворяет случай при n=3. A(Y)=14 г/моль. Элемент Y – азот (N), элемент второго периода.

Итак, вещество XY – нитрид бора BN.

3. Охарактеризуем нитрид бора:

Нитрид бора (BN) образуется при взаимодействии при высокой температуре бора с азотом, а также бора или B_2O_3 с аммиаком (***гексагональна графитоподобнаяя модификация***). Это кристаллическое соединение, весьма инертное и термостойкое. Существует в виде полимера, его кристаллическая решетка состоит из слоёв, образованных из шестичленных колец, в которых чередуются поляризованные атомы B и N (рис.1(а)). Показанные на рис.1(а) двойные связи приведены условно, поскольку в действительности π-связи здесь как и в бензоле делокализованы. Элементы B и N расположены в периодической системе по обе стороны от C, поэтому соединение BN можно рассматривать как гетероатомный аналог графита. Как и графит, он легко разделяется на чешуйки, жирный на ощупь, но, в отличие от графита, бесцветен и неэлектропроводен.

В условиях высоких давления и температуры (6.0-8.5 ГПа, 1500-1800 ºС) гексагональный нитрид бора переходит в ***кубическую алмазоподобную модификацию*** (рис.1(б)), которая имеет несколько технических названий (эльбор, кубонит, боразон). Это бес-

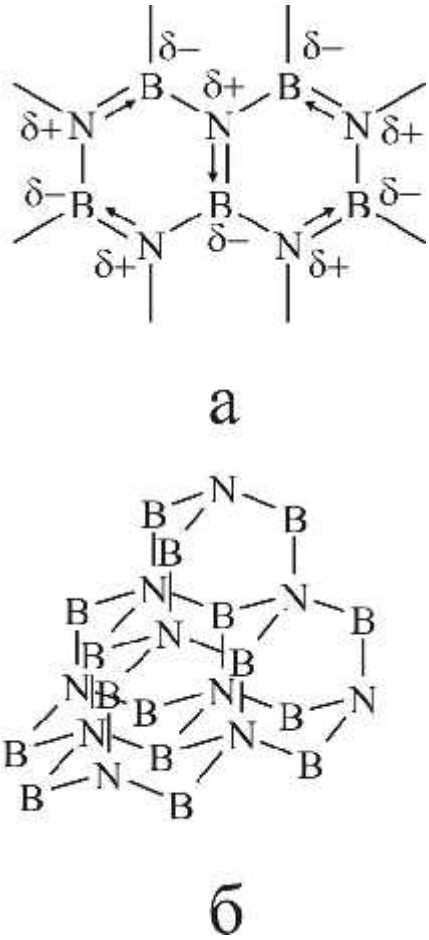

Рис.1. Гексагональная графитоподобная (а) и кубическая алмазоподобная (б) модификации нитрида бора.

цветное неэлектропроводящее кристаллическое вещество, обладающее сверхвысокой твёрдостью. По твёрдости оно лишь немного уступает алмазу, но значительно превосходит его по термостойкости, выдерживает нагревание на воздухе до 2000 ºС (алмаз, например, сгорает уже при 800 ºС). В кубическом BN, как и в алмазе, окружение атомов тетраэдрическое (sp^3-гибридизация). Одна из связей в кубическом BN донорно-акцепторная, она образуется за счет неподелённой электронной пары атома азота и свободной атомной орбитали бора.

Ответ: нитрид бора BN.

Разбалловка: (20 баллов)

За определение элементов (по 7 баллов за элемент) – 14 баллов;

За описание свойств BN – 6 баллов.

Задача 2

Решение.

1. Максимальная концентрация при смешении исходных растворов может получиться, если взять 100 г раствора кислоты с массовой долей 65%, 100 г 55%-ного раствора и 50 г 20%-ного раствора:

$$\omega_{max} = \frac{m_1 + m_2 + m_3}{250} = \frac{65 + 55 + 10}{250} = 0.52 \text{ или } 52\%$$

2. Минимальная концентрация при смешении исходных растворов может получиться, если взять 50 г раствора кислоты с массовой долей 65%, 100 г 55%-ного раствора и 100 г 20%-ного раствора:

$$\omega_{min} = \frac{m_1 + m_2 + m_3}{250} = \frac{32.5 + 55 + 20}{250} = 0.43 \text{ или } 43\%$$

3. Вариантов приготовления 250 г 50%-ного раствора может быть множество (если школьник предложил правильный расчет, отличный от предлагаемого его следует засчитать). Предлагаем 2 самых простых, на наш взгляд, варианта:

А) первый раствор (65%) взять полностью (m_1 = 100 г), а массы 2 и 3 растворов рассчитать из системы

$$\begin{cases} m_1 + m_2 + m_3 = 250 \\ 0.65m_1 + 0.55m_2 + 0.2m_3 = 125 \end{cases}$$

$$\begin{cases} m_2 + m_3 = 150 \\ 0.55m_2 + 0.2m_3 = 60 \end{cases}$$

Получаем, m_2 = 85.7 г; m_3 = 64.3 г.

Б) второй раствор (55%) взять полностью (m_2 = 100 г), а массы 1 и 3 растворов рассчитать из системы

$$\begin{cases} m_1 + m_3 = 150 \\ 0.65m_1 + 0.2m_3 = 70 \end{cases}$$

Получаем, m_1 = 88.9 г; m_3 = 61.1 г.

Ответ: μ_{max}=52%; μ_{min}=43%; 1-й способ: m_1 = 100 г, m_2 = 85.7 г, m_3 = 64.3 г; 2-й способ: m_1 = 88.9 г; m_2 = 100 г, m_3 = 61.1 г.

Разбалловка: (15 баллов)

За расчет минимальной и максимальной концентрации растворов (по 4 балла за каждое вычисление) – 8 баллов,

За получение 250 г 50%-ного раствора из исходных растворов (по 3.5 балла на каждый способ) – 7 баллов.

Задача 3

Решение.

Начнем решение задачи с Cl^--ионов, т.к. их концентрация в растворе наименьшая. Они могут

образовать две соли:

1. Хлорид-ион образует соль с ионами натрия, тогда в исходной смеси содержалось 0.1 моль NaCl. Соответственно в растворе остается по 0.4 моль ионов K^+, Na^+ и SO_4^{2-}, которые образуют по 0.2 моль K_2SO_4 и Na_2SO_4. Таким образом, состав исходной смеси – 0.1 моль NaCl, 0.2 моль K_2SO_4 и 0.2 моль Na_2SO_4.

2. Хлорид-ион образует соль с ионами калия, тогда в исходной смеси содержалось 0.1 моль KCl. Соответственно в растворе остается по 0.3 моль ионов K^+, 0.5 моль ионов Na^+ и 0.4 моль SO_4^{2-}, которые образуют по 0.15 моль K_2SO_4 и 0.25 моль Na_2SO_4. Таким образом, состав исходной смеси – 0.1 моль KCl, 0.15 моль K_2SO_4 и 0.25 моль Na_2SO_4.

Ответ: 1) 0.1 моль NaCl, 0.2 моль K_2SO_4 и 0.2 моль Na_2SO_4; 0.1 моль KCl, 0.15 моль K_2SO_4 и 0.25 моль Na_2SO_4.

Разбалловка: (10 баллов)

За общий план решения – 2 балла;

За расчет первого состава солей – 4 балла;

За расчет второго состава солей – 4 балла.

Задача 4

Решение.

Формула оксида будет имеет вид $Э_2O_7$. Запишем выражение для молярной массы оксида:

$$M(Э_2O_7) = 2A(Э) + 7A(O) = 2A_r(Э) + 112.$$

Массовая доля элемента в оксиде равна:

$$\omega(Э) = 100 - 61.2 = 38.8\ (\%).$$

Для определения атомной массы элемента составим пропорцию:

112 массовых частей составляют 61.2%

$2A$(Э) массовых частей составляют 38.8%

$$A(Э) = 112 \cdot 38.8 / (2 \cdot 61.2) = 35.5\ (г/моль).$$

Атомная масса 35.5 г/моль соответствует элементу хлору. Формула оксида – Cl_2O_7.

Ответ: Cl_2O_7.

Разбалловка: (8 баллов)

За установление общей формулы оксида – 2 балла;

За расчёт массовой доли элемента – 3 балла;

За расчёт атомной массы элемента – 3 балла.

Задача 5

Решение.

1) $2C + O_2 \xrightarrow{t>1000^oC} 2CO$;

$C + H_2O_{(пар)} \xrightarrow{800-1000^oC} CO + H_2$;

2) $2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2$;

$CO + H_2O_{(пар)} \xrightarrow{>230^oC,\ Fe_2O_3} CO_2 + H_2$;

3) $CO_2 + 2NaOH \rightarrow Na_2CO_3 + H_2O$;

$2CO_2 + 2Na_2O_2 \rightarrow 2Na_2CO_3 + O_2$;

4) $Na_2CO_3 + H_2O + CO_2 \rightarrow 2NaHCO_3$;

$Na_2CO_3 + HCl \rightarrow NaHCO_3 + NaCl$;

5) $NaHCO_3 + NaOH \rightarrow Na_2CO_3 + H_2O$;

$2NaHCO_3 \xrightarrow{250-300^oC} Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O$.

Разбалловка: (10 баллов)

За каждое превращение (уравнений реакций может быть несколько) по 2 балла – 10 баллов.

Задача 6

Решение.

1. Определим число атомов Ar в смеси:

$$V(\text{Ar}) = \varphi \cdot V_{\text{смеси}} = 0.2 \cdot 0.5 = 0.1 \text{ л},$$

$$n(\text{Ar}) = \frac{V(\text{Ar})}{V_m} = \frac{N(\text{Ar})}{N_\text{A}},$$

где N_A – число Авогадро ($6.02 \cdot 10^{23}$ моль$^{-1}$),

$$N(\text{Ar}) = \frac{V(\text{Ar}) \cdot N_\text{A}}{V_m} = \frac{0.1 \text{ л} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} \text{моль}^{-1}}{22.4 \text{л/моль}} = 268.75 \cdot 10^{19}.$$

2. Рассуждая аналогично для молекулярного азота (N_2) и метана (CH_4) получаем, что число молекул N_2 и CH_4 равно:

$$N(\text{N}_2) = \frac{V(\text{N}_2) \cdot N_\text{A}}{V_m} = \frac{(0.15 \cdot 0.5) \text{ л} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} \text{моль}^{-1}}{22.4 \text{л/моль}} = 201.56 \cdot 10^{19},$$

отсюда число атомов азота равно $N(\text{N}) = 2 \cdot N(\text{N}_2) = 403.13 \cdot 10^{19}$;

$$N(\text{CH}_4) = \frac{V(\text{CC}_4) \cdot N_\text{A}}{V_m} = \frac{(0.65 \cdot 0.5) \text{ л} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} \text{моль}^{-1}}{22.4 \text{л/моль}} = 873.44 \cdot 10^{19},$$

отсюда число атомов углерода и водорода равно $N(\text{C,H}) = 5 \cdot N(\text{CH}_4) = 436.72 \cdot 10^{20}$.

3. Определим общее число молей атомов в системе:

$$n(\text{Ar,N,C,H}) = \frac{N(\text{Ar}) + \text{N(N)} + \text{N(C,H)}}{N_\text{A}} = \frac{268.75 \cdot 10^{19} + 403.13 \cdot 10^{19} + 4367.2 \cdot 10^{19}}{6.02 \cdot 10^{23}} = 0.084 \text{ моль}$$

Ответ: $N(\text{Ar}) = 268.75 \cdot 10^{19}$; $N(\text{N}) = 403.13 \cdot 10^{19}$; $N(\text{C,H}) = 0.084$ моль.

Разбалловка: (12 баллов)

За определение числа атомов (за каждое вещество 3 балла) – 9 баллов;

За определение общего числа молей атомов в системе – 3 балла.