Министерство образования и науки Нижегородской области
Нижегородский государственный университет им. Н.И.Лобачевского
Всероссийская олимпиада школьников по химии
Муниципальный (районный) этап
15 ноября 2016 года
9 класс
Решение задач

Задание 1.

1.1. Заполненная таблица.

Реагенты	NaOH	KI	Na_2CO_3	Na_2S	Na_3PO_4
$CuSO_4$	Голубой	Бурый	Зеленый	Черный	Голубовато-зеленый
$AgNO_3$	Коричневый	Желтый	Белый	Черный	Коричневый

1.2. Уравнения реакций.

$CuSO_4 + 2NaOH \rightarrow Cu(OH)_2\downarrow$ (голубой) $+ Na_2SO_4$
$2CuSO_4 + 4KI \rightarrow 2CuI\downarrow + I_2\downarrow$ (бурая смесь) $+ 2K_2SO_4$
$2CuSO_4 + 2Na_2CO_3 + H_2O \rightarrow (CuOH)_2CO_3\downarrow$ (зеленый)$+ 2Na_2SO_4 + CO_2$
$CuSO_4 + Na_2S \rightarrow CuS\downarrow$ (черный) $+ Na_2SO_4$
$CuSO_4 + Na_3PO_4 \rightarrow Cu_3(PO_4)_2\downarrow$ (голубовато-зеленый)$+ Na_2SO_4$

$2AgNO_3 + 2NaOH \rightarrow Ag_2O\downarrow$ (коричневый) $+ 2NaNO_3 + H_2O$
$AgNO_3 + KI \rightarrow AgI\downarrow$ (желтый) $+ KNO_3$
$2AgNO_3 + Na_2CO_3 \rightarrow Ag_2CO_3\downarrow$ (белый) $+ 2NaNO_3$
$2AgNO_3 + Na_2S \rightarrow Ag_2S\downarrow$ (черный) $+ 2NaNO_3$
$2AgNO_3 + 2Na_3PO_4 + H_2O \rightarrow Ag_2O\downarrow$ (коричневый) $+ 2Na_2HPO_4 + 2NaNO_3$

Задание 2.

Уравнение взаимодействия азота и водорода

$$N_2 + 3H_2 \rightleftarrows 2NH_3$$

Эквимолярные количества означает равенство количества вещества водорода и азота и равенство объемов этих газов. На основании уравнения реакции определяем, что водород взят в недостатке, а азот – в избытке.

Поскольку реакция является обратимой, то пусть к моменту наступления равновесия прореагировало x л водорода. Составим таблицу, выразив в литрах текущие значения объемов.

	N_2	H_2	NH_3
Было	5	5	0
Реагировало	$-1/3x$	$-x$	$+2x/3$
Стало	$5 - 1/3x$	$5 - x$	$2x/3$

Объем конечной смеси будет равен $5 - 1/3x + 5 - x + 2x/3 = 8$ л, откуда $x = 3$ л. Фактически полученный объем аммиака равен $2/3 \cdot 3$ л $= 2$ л.

Выход определяется как отношение фактического объема полученного аммиака к теоретически возможному объему.

Теоретически возможный объем аммиака рассчитывается из условия, если весь исходный водород прореагирует. При этом образуется 10/3 л аммиака. Выход продукта будет равен

$$\eta = \frac{V_{\text{факт}}}{V_{\text{теор}}} 100\%$$

$$\eta = \frac{2\ \text{л}}{\frac{10}{3}\ \text{л}} 100\% = 60\%$$

Задание 3.

3.1. Поскольку при взаимодействии с калием образовался бинарный продукт, уравнение взаимодействия можно записать в общем виде

$$m\text{K} + n\text{X} \rightarrow \text{K}_m\text{X}_n$$

Количество вещества калия

$$n(K) = \frac{m(K)}{M(K)} = \frac{1.56\text{г}}{39\frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0.04\ \text{моль}$$

Количество вещества образовавшегося соединения

$$n(K_mX_n) = \frac{n(K)}{m} = \frac{0.04}{m}\ \text{моль}$$

Молярная масса образовавшегося соединения

$$M(K_mX_n) = \frac{m(K_mX_n)}{n(K_mX_n)} = \frac{2.32\ \text{г}}{\frac{0.04}{m}\text{моль}} = 58m\frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

Следовательно, на элемент X в формульной единице K_mX_n приходится $M(X_n) = M(K_mX_n) - M(K_m) = 58m - 39m = 19m$.

Случай $m = 1$ соответствует фтору $M(\text{X}) = 19$ г/моль. Формула соединения KF. Задавая другие натуральные m, мы выходим за рамки возможных атомных масс, начиная с $m > 13$, не встретив других вариантов элементов. Таким образом, **X** – это F_2, а **Y** – это KF.

Уравнение реакции $2\text{K} + \text{F}_2 \rightarrow 2\text{KF}$.

3.2. Объем фтора, участвующего в реакции

$$V(F_2) = n(F_2) \times V_m = \frac{1}{2}n(K) \times V_m = 0.02\ \text{моль} \times 22.4\frac{\text{л}}{\text{моль}} = 448\ \text{мл}.$$

Задание 4.

Уравнение взаимодействия

$$Ba(NO_3)_2 + Na_2SO_4 \rightarrow BaSO_4\downarrow + 2NaNO_3$$

Масса нитрата бария в исходном растворе равна $250 \cdot 0.25 = 62.5$ г.

Обозначим x г – массу раствора сульфата натрия. Тогда масса сульфата натрия в нем $0.1x$ г, а количество вещества $(0.1x)/142$ моль. Согласно химическому уравнению количество вещества нитрата бария, вступившего в реакцию, также равно $(0.1x)/142$ моль, а его масса $261 \cdot (0.1x)/142$ г. Масса нитрата бария, оставшегося в растворе, равна

$$62.5 - 261 \cdot (0.1x)/142.$$

В результате реакции образуется осадок, который не входит в массу раствора. Масса осадка сульфата бария определяется количеством вещества прореагировавшего сульфата натрия и составляет

$$233 \cdot (0.1x)/142 \text{ г.}$$

Масса конечного раствора равна сумме масс смешанных растворов за вычетом массы осадка, а именно,

$$250 + x - 233 \cdot (0.1x)/142 \text{ г.}$$

Получаем уравнение для массовой доли нитрата бария

$$\omega(Ba(NO_3)_2) = \frac{62.5 - 261\frac{0.1x}{142}}{250 + x - 233\frac{0.1x}{142}} = 0.2$$

из которого находим $x = 35.6$ г.

Рекомендации по оценке решения

Задача 1	
За указание окраски осадков (5 осадков) – по 1 баллу	5 баллов
За уравнения реакций (10 уравнений) – по 2 балла	20 баллов
Всего	25 баллов

Задача 2	
За уравнение реакции	2 балла
За вывод о недостатке водорода	3 балла
За расчет фактически полученного объема аммиака	10 баллов
За расчет теоретически возможного объема аммиака	5 баллов
За расчет выхода реакции	5 баллов
Всего	25 баллов

Задача 3	
За уравнение реакции в общем виде	4 балла
За расчет количества вещества калия	3 балла
За расчет молярной массы второго элемента	5 баллов
За вывод о фторе	5 баллов
За уравнение реакции образования фторида калия	3 балла
За расчет объема фтора	5 баллов
Всего	25 баллов

Задача 4	
За уравнение реакции образования осадка	3 балла
За расчет массы нитрата бария в исходном растворе	2 балла
За выражение массы нитрата бария, оставшегося в растворе	4 балла
За выражение массы осадка	4 балла
За выражение массы конечного раствора	4 балла
За выражение массовой доли нитрата бария	4 балла
За расчет необходимой массы раствора сульфата натрия	4 балла
Всего	25 баллов

Максимальная возможная оценка 100 баллов