

Комитет образования и науки Курской области
Задания для муниципального этапа всероссийской олимпиады
школьников по химии в 2018/2019 учебном году

Задание 9-1

Два простых вещества, образованные элементами А и В одной группы, реагируют друг с другом с образованием соединения, в молекуле которого число протонов в атоме элемента А в 2 раза больше, чем в атоме элемента В, а общее число протонов в атомах элемента А в 1,5 раза меньше общего числа протонов в атомах элемента В.

Установите формулы веществ, напишите уравнение реакции. (6 баллов)

Решение

Пусть элемент А содержит $2x$ протонов, тогда элемент В содержит x протонов.

В результате реакции образуется соединение A_mB_n , в котором $xn/2xm = 1.5$.
Отсюда $n = 3m$.

Формула соединения в общем виде AB_3 . 3 балла

Элемент А - S (16 протонов), элемент В - O (8 протонов) ,
формула соединения - SO_3 1 балла

Уравнение реакции: $S + O_3 \rightarrow SO_3$ 1 балл

Всего 5 баллов

Задание 9-2

В смеси нитрата и нитрита натрия массовая доля азота составляет 25%.
Найдите массовую долю кислорода в этой смеси.

Решение

1. Пусть количество нитрита натрия - x моль, а нитрата натрия - y моль.
Тогда $m(NaNO_2) = 69x$, а $m(NaNO_3) = 85y$. 1 балл

Массовая доля азота в смеси:

$$w(N) = \frac{m(N)}{m(\text{смеси})} = \frac{14x + 14y}{69x + 85y} = 0,25 \quad \text{1 балл}$$

Откуда $x = 2,23y$ 1 балл

2. Массовая доля кислорода в смеси:

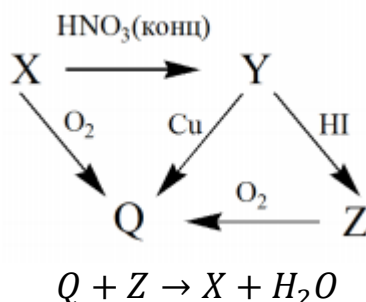
$$w(O) = \frac{m(O)}{m(\text{смеси})} = \frac{2 \times 16x + 3 \times 16y}{69x + 85y} = \frac{32x + 48y}{69x + 85y} = \frac{32 \times 2,23y + 48y}{69 \times 2,23y + 85y} \quad \text{1 балла}$$

Решая уравнение, получаем, что $w(O) = 0,4996 \approx 0,50$ (50,0%) 1 балл

Всего 5 баллов

Задание 9-3

Для приведенных ниже схем превращений определите вещества X, Y, Z и Q, если известно, что X - простое вещество, Y - кислота, на нейтрализацию 4,9 г которой требуется 100 мл раствора едкого натра с концентрацией 1 моль/л. Напишите уравнения реакций, соответствующие данным превращениям. Каждая стрелка соответствует одной реакции, дополнительные продукты реакций (кроме зашифрованных) на схеме не указаны.



Решение

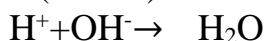
Вещества:

X - S, Y - H₂SO₄, Q - SO₂ и Z - H₂S

по 1 баллу (всего 4)

Количественное определение серной кислоты:

$$n(\text{NaOH}) = cV = 0,1 \text{ моль}$$



$$n(\text{H}^+) = n(\text{OH}^-) = 0,1 \text{ моль}$$

Если кислота одноосновная: $n(\text{к-ты}) = n(\text{H}^+) = 0,1 \text{ моль}$, тогда $\frac{4,9}{M} = 0,1$

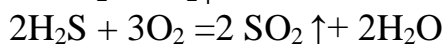
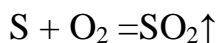
M=49 г/моль - не существует

Если кислота двухосновная: $n(\text{к-ты}) = 1/2n(\text{H}^+) = 0,05 \text{ моль}$, тогда $\frac{4,9}{M} = 0,05$

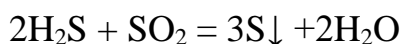
M=98 г/моль - это H₂SO₄

1 балл

Реакции:



1 балл за обе реакции



1 балл

Всего 10 баллов

Задание 9-4

Определите массу цинкового шарика, брошенного в 98,27 г 10%-го раствора соляной кислоты, если после прекращения выделения пузырьков газа

оказалось, что радиус шарика уменьшился в два раза относительно начального, а в растворе был обнаружен только хлорид цинка.

Решение

1. Найдем массу цинка, вступившего в реакцию с кислотой.



$$n(\text{HCl}) = \frac{m(\text{HCl})}{M(\text{HCl})} = \frac{m(\text{p-ра}) \times w(\text{HCl})}{M(\text{HCl})} = \frac{98,27 \times 0,1}{36,5} = 0,2692 \text{ моль} \quad 1 \text{ балл}$$

По уравнению реакции количество цинка, вступившего в реакцию, в два раза меньше, чем количество хлороводорода, т.е.

$$n(\text{Zn}) = \frac{n(\text{HCl})}{2} = \frac{0,2692}{2} = 0,1346 \text{ моль}$$

Тогда масса цинка равна

$$m(\text{Zn}) = M(\text{Zn}) \times n(\text{Zn}) = 65 \times 0,1346 = 8,749 \quad 1 \text{ балл}$$

2. Объем начального шарика:

$$V_1 = \frac{4}{3} \pi R^3 \quad 1 \text{ балл}$$

Масса начального шарика:

$$m_1 = V_1 \rho = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho, \text{ г} \quad 1 \text{ балл}$$

Аналогично объем и масса конечного шарика:

$$V_2 = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{R}{2}\right)^3 = \frac{1}{6} \pi R^3 \quad 1 \text{ балл}$$

$$m_2 = V_2 \rho = \frac{1}{6} \pi R^3 \rho, \text{ г} \quad 1 \text{ балл}$$

3. Зная массу начального и конечного шарика, найдем их разность

$$\Delta m = m_1 - m_2 = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho - \frac{1}{6} \pi R^3 \rho = \frac{7}{6} \pi R^3 \rho \quad 1 \text{ балл}$$

Эта разность соответствует массе цинка, прореагировавшего с кислотой:

$$\Delta m = m(\text{Zn})$$

$$\frac{7}{6} \pi R^3 \rho = 8,749$$

Отсюда

$$\pi R^3 \rho = \frac{8,749 \times 6}{7} \quad 1 \text{ балл}$$

Масса начального шарика

$$m_1 = \frac{4}{3} (\pi R^3 \rho) = \frac{4}{3} \frac{8,749 \times 6}{7} = 9,999 \approx 10 \text{ г} \quad 2 \text{ балла}$$

Всего 10 баллов

Задание 9-5

Смешали равные объемы оксида азота(II) и кислорода. После завершения реакции газовую смесь пропустили через раствор щелочи.

Как и насколько изменится объем газовой смеси: а) после смешивания оксида азота(II) и кислорода; б) после пропускания полученной смеси через раствор щелочи?

Решение

1. Составим уравнение первой реакции:
 $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$ (1) 1 балл
2. По закону объемных отношений объемы газов в реакции (1) относятся друг к другу как коэффициенты:
 $V(\text{NO}): V(\text{O}): V(\text{NO}_2) = 2:1:2$.
Пусть в исходной смеси было по 1 объему NO и O₂.
В реакцию с 1 объемом NO вступает 0,5 объема O₂;
образуется 1 объем NO₂,
остается 0,5 объема O₂. 1 балл
3. Таким образом, после смешивания объем газовой смеси уменьшился до 1,5 объемов. 1 балл
4. Напишем уравнение реакции NO₂ со щелочью в присутствии кислорода:
 $4\text{NO}_2 + 4\text{KOH} + \text{O}_2 = 4\text{KNO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$ (2) 1 балл
5. Найдем объем кислорода, вступившего в реакцию с 1 объемом NO₂ по уравнению (2):
 $V(\text{NO}_2):V(\text{O}_2)=4:1$
 $V(\text{O}_2) = 1/4 V(\text{NO}_2) = 0,25$ 1 балл
6. Таким образом, раствор щелочи поглощает 1 объем NO₂ и 0,25 объема O₂. Остается 0,25 объема O₂. Объем смеси газов еще больше уменьшается. 1 балл
- Ответ: а) объем смеси уменьшается с 2 до 1,5 объемов; б) объем смеси уменьшается до 0,25 объемов.

Всего 6 баллов

Задание 9-6

В закрытый сосуд неизвестного объёма ввели 560 г азота и 16 г водорода. После нагревания до 500 °С в присутствии катализатора в реакцию вступило 75% водорода, и установилось равновесие при давлении 15 атм. Определите объём сосуда.

Решение

Реакция протекает по схеме $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$ (t, p, кат) 1 балл

1. До начала реакции в смеси было

$n(\text{N}_2)=560 \text{ г} / 28 \text{ г/моль} = 20 \text{ моль}$ и $n(\text{H}_2)=16 \text{ г} / 2 \text{ г/моль} = 8 \text{ моль}$. 1 балл

По условию в реакцию вступило 75% водорода, т. е. прореагировало 6 моль водорода, и по уравнению реакции втрое меньше азота (2 моль), аммиака образовалось 4 моль. 1 балл

Таким образом, после завершения реакции в сосуде находится 18 моль непрореагировавшего азота, 2 моль непрореагировавшего водорода и 4 моль образовавшегося аммиака, всего $\nu = 24$ моль молекул газов. 1 балл

2. Найдем объём V этой смеси при заданных условиях по уравнению Менделеева-Клапейрона. Учтём, что температура составляет $T = (500 + 273,15) \text{ К} = 773,15 \text{ К}$, а 1 атмосфера — это 101325 Па. В уравнение также входит универсальная газовая постоянная $R = 8,314 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$

$$pV = \nu RT, \text{ откуда } V = \nu RT / p = 24 \text{ моль} \cdot 8,314 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К}) \cdot 773,15 \text{ К} / 101325 \text{ Па} \approx 0,101503 \text{ м}^3 \approx 101,5 \text{ л} \quad 3 \text{ балла}$$

Всего 6 баллов

Задание 9-7

Мысленный эксперимент

В Вашем распоряжении смесь песка, цинка, хлорида калия и карбоната бария.

Реактивы: соляная и серная кислоты, растворы гидроксида натрия и сульфата натрия, лабораторное оборудование.

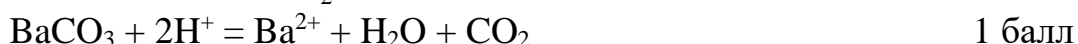
Предложите методику разделения этой смеси и получения отдельно песка, хлорида калия, нерастворимых соединений цинка и бария. Напишите уравнения реакций в молекулярном и ионном видах.

Решение

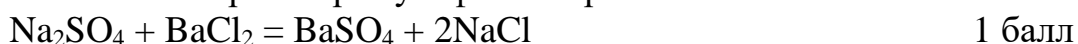
Смесь перенести в стаканчик, залить водой и перемешать, происходит растворение хлорида калия. Раствор хлорида калия отделить фильтрованием и поставить выпариваться, а остаток залить соляной кислотой. Протекают реакции:



В ионном виде:



Раствор солей отделить от песка фильтрованием, затем к раствору добавить избыток раствора сульфата натрия:



Осадок сульфата бария отделить фильтрованием, к раствору небольшими порциями добавлять раствор щелочи до выпадения осадка гидроксида цинка:



(Избытка щелочи надо избегать, так как он может привести к растворению осадка:



Осадок отфильтровать и промыть на фильтре.

Оценивание: За план выделения каждого вещества по 0,5 баллу (всего 2 балла). Уравнения реакций 8 баллов.

Всего 10 баллов

Максимальное количество баллов за всю работу - 52 балла

Список источников:

1. <http://turlom.olimpiada.ru>

2. <http://www.chem.msu.ru>

3. *Химия : учебно-методическое пособие / сост. Е.В. Никитина, Е.А. Никоненко, Д.А. Медведев, С.А. Евтюхов.— Екатеринбург : УрФУ, 2015.— 220 с*

4. http://sikorskaya-olja.ru/olivpiada/sbornik_himiya_new.pdf