

Решения

Задание 1

Простое вещество А красного цвета сплавили с простым веществом Б желтого цвета, в каждом из атомов которого общий заряд электронов равен $-25,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ и получили 48 г вещества В иссиня-черного цвета, массовая доля атомов А в котором 80%.

Вещество В растворили в концентрированной серной кислоте, в результате реакции выделился газ с резким запахом Г, а в образовавшемся синем растворе осталось вещество Д, в котором массовая доля атомов А составляет 40%.

Газ Г полностью поглотили избытком бромной воды, при этом в растворе образовались вещества Е и Ж, причем количество Ж в два раза больше, чем Е.

Задание:

- 1) Определите вещества А, Б, В, Г, Д, Е, Ж.
- 2) Составьте уравнения всех описанных реакций.
- 3) Рассчитайте массу карбоната натрия, необходимую для полной нейтрализации раствора, содержащего вещества Е и Ж.

Выход всех реакций считать 100%-ным.

Решение

По общему заряду электронов можно определить число электронов в атомах А (т.е. его порядковый номер в ПСХЭ): $N_e(B) = \frac{-25,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}}{-1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}} = 16 \Rightarrow$ это S.

Очевидно, что образующееся при сплавлении вещество В является сульфидом. Следовательно, массовая доля атомов серы в нем равна 20%.

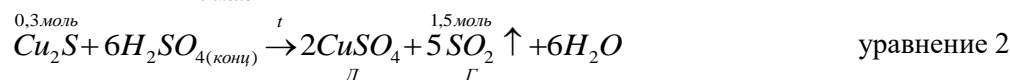
$$0,2 = \frac{32}{32+x}, x = 128$$

Если $\nu(am.A) = \nu(am.S)$, то $Ar(A) = 128$, это может быть Те, однако, простое вещество теллур не является красным.

Тогда берем $\nu(am.A) = 2\nu(am.S)$, тогда $Ar(A) = 64 \Rightarrow$ Си, подходит. Значит, соединение В – это Cu_2S .

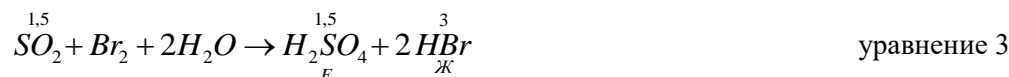


$$\nu(\text{Cu}_2\text{S}) = \frac{48\text{г}}{160 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0,3 \text{ моль}$$



$$\omega(am.Cu) = \frac{M(Cu)}{M(\text{CuSO}_4)} = \frac{64}{160} = 0,4 \text{ или } 40\%, \text{ что соответствует условию задачи.}$$

$$\nu(\text{SO}_2) = 5\nu(\text{Cu}_2\text{S}) = 1,5 \text{ моль}$$



$$\nu_{\text{общ}}(\text{H}^+) = 2\nu(\text{H}_2\text{SO}_4) + \nu(\text{HBr}) = 6 \text{ моль}$$



$$\nu(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \nu(\text{CO}_3^{2-}) = \frac{1}{2}\nu(\text{H}^+) = 3 \text{ моль}$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 3 \cdot 106 = 318 \text{ г}$$

Система оценивания:

- | | |
|--|---------|
| 1. Определение веществ А, Б, В по 1 баллу | 3 балла |
| 2. Определение веществ Г, Д, Е, Ж по 0,5 балла | 2 балла |
| 3. Написание уравнений 4-х реакций по 1 баллу | 4 балла |
| 4. Расчет массы карбоната натрия | 1 балл |

Всего 10 баллов

Задание 2

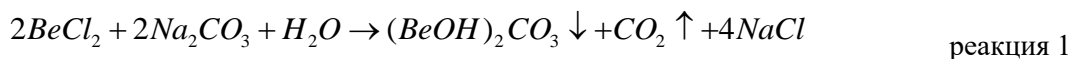
При взаимодействии эквимольных растворов карбоната натрия и хлорида неизвестного металла выпал белый осадок (реакция 1). Его отделили и прокалили при 200°C (реакция 2). После прокаливания масса осадка составила 2,5 г.

Масса исходного раствора хлорида металла составляла 160 г, массовая доля соли 5%.

Задание:

- 1) Определите неизвестный металл.
- 2) Напишите уравнения реакций 1 и 2.
- 3) Из предложенного списка веществ выберите те, с которыми при определенных условиях может реагировать вещество, полученное в результате прокаливания, напишите уравнения реакций и укажите условия их протекания:
 $H_2O; K_2CO_3; CO_2; NaOH; Na_2S; Mg; Fe; C; Al(OH)_3; NH_3 \cdot H_2O; CuO$.

Решение



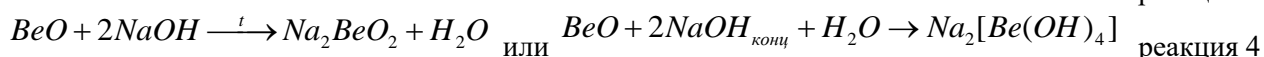
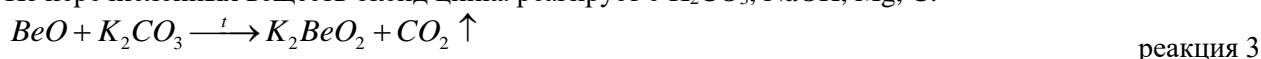
Обозначим условную формулу хлорида как $MeCl_n$, а формулу оксида Me_2O_n .

$$m(MeCl_n) = 160 \cdot 0,05 = 8g$$

Молярную массу металла обозначим Me , тогда

$$\begin{aligned} 2Me + 35,5 \cdot 2n - 2Me + 16n & \Rightarrow Me = 4,5n \\ 8 - 2,5 & \text{ при } n = 2 \Rightarrow Me = 9 \Rightarrow \text{металл Be} \end{aligned}$$

Из перечисленных веществ оксид цинка реагирует с K_2CO_3 , $NaOH$, Mg , C :



Система оценивания:

- | | |
|--|----------|
| 1. Определение неизвестного металла | 3 балла |
| 2. За составление уравнения 1 | 2 балла |
| 3. За составление уравнений 2-6 по 1 баллу | 5 баллов |

Всего 10 баллов

Задание 3

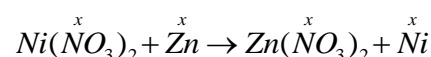
В приготовленный при 40°C водный раствор нитрата никеля (II) массой 160 г опустили цинковую пластину.

После того, как исходная зеленая окраска раствора исчезла, пластину вынули, а оставшийся раствор охладили до 20 °C. При этом из него выпало 29,7 г гексагидрата нитрата цинка.

Определите массовую долю нитрата никеля (II) в исходном растворе при 40°C, если известно, что при 20 °C растворимость нитрата цинка составляет 131 г на 100 г воды.

Молярную массу цинка принять за 65 г/моль, никеля – 59 г/моль.

Решение



Количества реагирующих и образующихся веществ обозначим как x моль.

$$S_{20^{\circ}C}(Zn(NO_3)_2) = \frac{131}{100}, \text{ следовательно, массовая доля соли в насыщенном при } 20^{\circ}C \text{ растворе}$$

$$\text{составляет: } \omega_{20^{\circ}C}(Zn(NO_3)_2) = \frac{131}{230} = 0,5671$$

$$\text{Пусть } m_{\text{исх}}(Zn(NO_3)_2) = 189x \text{ (г)}$$

$$\omega(\% Zn(NO_3)_2 \text{ в } Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O) = \frac{M(Zn(NO_3)_2)}{M(Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O)} = \frac{189}{297} = 0,6363$$

$$m(\% \text{Zn(NO}_3)_2 \text{ в Zn(NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 0,6363 \cdot 29,7 = 18,9 \text{ (г)}$$

$$m(\text{Zn(NO}_3)_2 \text{ в } p\text{-ре после вып. осадка}) = 189x - 18,9 \text{ (г)}$$

$$m_{40^\circ\text{C}}(p\text{-ра после удаления пластины}) = 160 + m(\text{Zn}) - m(\text{Ni}) = 160 + 65x - 59x$$

или

$$m_{40^\circ\text{C}}(p\text{-ра после удаления пластины}) = 160 + 6x$$

$$m_{20^\circ\text{C}}(p\text{-ра после выпадения кристаллогидрата}) = 160 + 6x - 29,7$$

или

$$m_{20^\circ\text{C}}(p\text{-ра после выпадения кристаллогидрата}) = 130,3 + 6x$$

Составляем уравнение:

$$0,5671 = \frac{189x - 18,9}{130,3 + 6x}; \quad x = 0,5$$

$$m(\text{Ni(NO}_3)_2) = \nu M = 0,5 \cdot 183 = 91,5 \text{ (г)}$$

$$\omega(\text{Ni(NO}_3)_2) = \frac{91,5}{160} = 0,572 \text{ или } 57,2\%$$

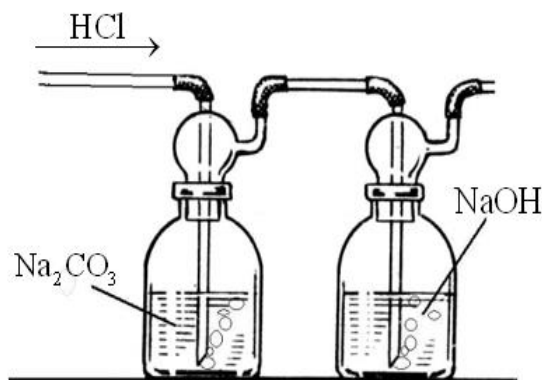
Система оценивания

- | | |
|--|---------|
| 1. Уравнение реакции | 1 балл |
| 2. Определение массовой доли $\text{Zn(NO}_3)_2$ в нас. При 20°C p-ре | 2 балла |
| 3. $m(\text{Zn(NO}_3)_2 \text{ в } p\text{-ре после вып. осадка}) = 189x - 18,9$ | 3 балла |
| 4. $m_{20^\circ\text{C}}(p\text{-ра после выпадения кристаллогидрата}) = 130,3 + 6x$ | 2 балла |
| 5. Составление и решение уравнения | 1 балл |
| 6. Определение массовой доли нитрата никеля в исх.p-ре | 1 балл |

Правильное решение другим способом, например, с использованием массы воды, а не массы раствора, также оценивается в полный балл.

Всего 10 баллов

Задание 4



Через две последовательно соединенные промывные склянки пропустили 14,758 л (н.у.) газообразного хлороводорода.

В первой склянке находилось 395 г раствора карбоната натрия, во второй – 120 г раствора гидроксида натрия.

После прохождения всех реакций оказалось, что в первой склянке равны между собой массовые доли образовавшихся солей, а во второй – молярные концентрации солей.

Задание:

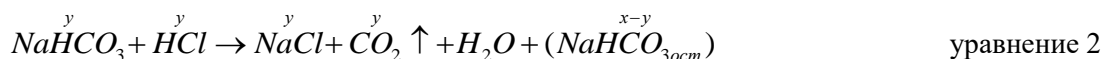
1. Определите массовые доли веществ в исходных растворах в первой и второй склянке.
2. Определите массовые доли веществ в конечном растворе во второй склянке.

Растворимостью хлороводорода в воде пренебречь.

Решение

$$\nu(\text{HCl}) = \frac{14,758}{22,4} = 0,6588 \text{ моль}$$

Первая склянка



$$\nu(\text{NaCl}) = x + y \quad \nu_{\text{общ}}(\text{HCl}) = x + y = 0,6588 \text{ моль} \quad \nu(\text{NaHCO}_3) = x - y$$

По условию массовые доли солей в первой склянке равны, значит, и массы солей равны:

$$m(\text{NaCl}) = m(\text{NaHCO}_3) \Rightarrow 58,5(x + y) = 84(x - y)$$

Составляем и решаем систему уравнений:

$$\left. \begin{array}{l} 58,5(x+y) = 84(x-y) \\ x+y = 0,6588 \end{array} \right\} \begin{array}{l} x = 0,5588 \\ y = 0,1 \end{array}$$

Проверка: $58,5(0,5588+0,1) = 84(0,5588-0,1)$
 $38,54 = 38,54$

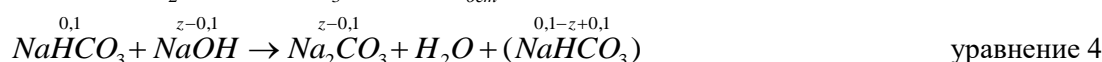
$m(\text{Na}_2\text{CO}_3)$ в исх. $p-pe = 106x = 59,23$

$\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{59,23}{395} \approx 0,15$ или **15%**

Вторая склянка

По условию, молярные концентрации солей в оставшемся растворе равны, значит, и количества солей равны: $\nu(\text{NaHCO}_3) = \nu(\text{Na}_2\text{CO}_3)$

Из предыдущего пункта: $\nu(\text{CO}_2) = y = 0,1$ моль



Если по условию $\nu(\text{NaHCO}_3) = \nu(\text{Na}_2\text{CO}_3)$, значит, $2z = 0,3$, тогда $z = 0,15$

$m(\text{NaOH})$ в исх. $p-pe = 0,15 \cdot 40 = 6g$

$\omega(\text{NaOH})$ в исх. $p-pe = \frac{6}{120} = 0,05$ или **5%**

$m(\text{конеч.} p-ra \text{ во 2 склянке}) = 120 + m(\text{CO}_2) = 120 + 0,1 \cdot 44 = 124,4g$

$\omega(\text{NaHCO}_3) = \frac{0,05 \cdot 84}{124,4} = 0,0337$ или **3,37%**

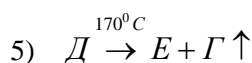
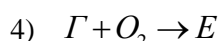
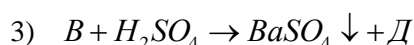
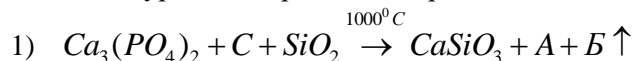
$\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{0,05 \cdot 106}{124,4} = 0,0426$ или **4,26%**

Система оценивания:

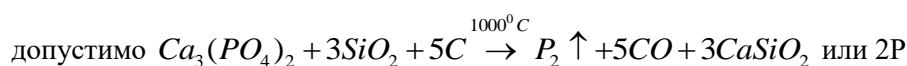
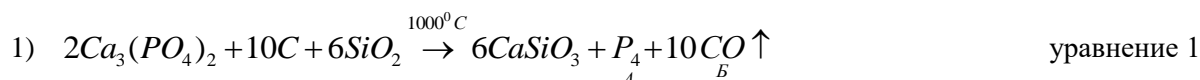
- | | |
|---|-----------|
| 1. Определение количества хлороводорода | 0,5 балла |
| 2. Определение состава каждого из конечных растворов в каждой склянке по 1 баллу (в первой склянке NaHCO_3 и NaCl , во второй NaHCO_3 и Na_2CO_3) | 2 балла |
| 3. Составление каждого из 4х уравнений | 0,5 балла |
| 4. Определение количеств веществ в первой склянке (По 1 за NaHCO_3 , NaCl и 0,5 Na_2CO_3 исх) | 2,5 балла |
| 5. Определение количеств веществ во второй склянке (по 0,5 за NaHCO_3 , Na_2CO_3 и NaOH) | 1,5 балла |
| 6. Расчет массовых долей во второй склянке (по 0,5 за каждое вещество) | 1,5 балла |
| Всего 10 баллов | |

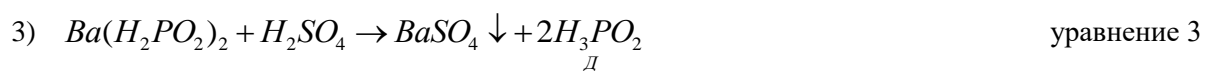
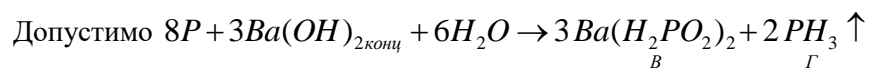
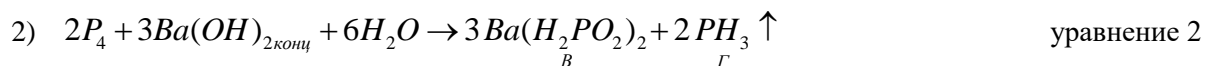
Задание 5

Составьте уравнения реакций, определите вещества А, Б, В, Г, Д, Е.



Решение





Ответы: А – P₄ (или P₂, или P), Б – CO; В – Ba(H₂PO₂)₂; Г – PH₃; Д – H₃PO₂; Е – H₃PO₄.

Система оценивания:

- | | |
|---|---------|
| 1. За уравнения 1,2,3 и 4 по 1 балла | 4 балла |
| 2. За уравнение 5 | 2 балла |
| 3. За определение веществ А, Б, Г, Е по 0,5 балла | 2 балла |
| 4. За определение веществ В и Д по 1 баллу | 2 балла |
| Всего 10 баллов | |