## 9 класс
## Решение (вариант 1)

**Решение задачи 9.1:**

Кислота ***B***, при обычных условиях кристаллическое вещество белого цвета, присутствующее в каждой аптечке – борная кислота. Следовательно, простое вещество ***A*** – бор.

1. Реакция взаимодействия бора (вещества ***A***) с азотной кислотой:

$\boldsymbol{B} + 3HNO_{3(конц., гор.)} = \boldsymbol{H_3BO_3} + 3NO_2$

***A*** ***B***

$B^0 - 3\bar{e} = B^{+3}$ | 3 | 3 | 1

$N^{+5} + 1\bar{e} = N^{+4}$ | 1 | | 3

2. Реакция взаимодействия бора (вещества ***A***) с хлором:

$2\boldsymbol{B} + 3Cl_2 = 2\boldsymbol{BCl_3}$

***A*** ***C***

$B^0 - 3\bar{e} = B^{+3}$ | 3 | 6 | 2

$Cl_2 + 2\bar{e} = 2Cl^-$ | 2 | | 3

3. Растворение трихлорида бора (вещества ***C***) в воде:

$\boldsymbol{BCl_3} + H_2O = \boldsymbol{H_3BO_3} + \boldsymbol{HCl}$

***C*** ***B*** ***D***

4. Реакция взаимодействия борной кислоты (вещества ***B***) с раствором гидроксида натрия:

$4\boldsymbol{H_3BO_3} + 2NaOH + 3H_2O = \boldsymbol{Na_2B_4O_7 \cdot 7H_2O}$

***B*** ***E***

5. Реакция взаимодействия соляной кислоты (вещества ***D***) с нитратом серебра:

$\boldsymbol{HCl} + AgNO_3 = AgCl\downarrow + HNO_3$

***D***

Оценивание:

| | |
|---|---|
| Определение веществ A, B, E (по 2 балла) | 6 баллов |
| Определение веществ C и D (по 1 баллу) | 2 балла |
| Составление всех уравнений реакций (по 2 балла) | 10 баллов |
| Составление ОВР методом электронного баланса (уравнения реакций 1 и 2) (по 1 баллу) | 2 балла |
| Итого | 20 баллов |

**Решение задачи 9.2:**

Из условий задачи следует, что в состав сплава входит медь - водный раствор нитрата меди голубого цвета.

Второй неизвестный металл – это олово, процесс перехода из β-олова (белое олово) в α-олово (серое олово) называется «оловянной чумой». Олово при растворении в концентрированной азотной кислоте образует оловянную кислоту $SnO_2 \cdot nH_2O$ (упрощенная запись в виде оксида олова (IV)).

Записываем уравнения реакций:

$Pb + 4\,HNO_3 = Pb(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$

$Cu + 4\,HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$

$Sn + 4\,HNO_3 = SnO_2 + 4NO_2 + 2H_2O$

Обозначаем: n(Pb)– x; n(Cu) – y; n(Sn) – z.

Делаем предварительные расчеты:

$$n(NO_2) = \frac{V}{V_m} = \frac{13{,}89}{22{,}4} = 0{,}62\,моль$$

$$m(HNO_3) = \frac{V \cdot \rho \cdot \omega}{100\%} = \frac{86{,}6 \cdot 1{,}351 \cdot 56}{100} = 65{,}52\,г$$

$$n(HNO_3) = \frac{m}{M} = \frac{65{,}52}{63} = 1{,}04\,моль$$

Составляем систему уравнений:

$$\begin{cases} 207 \cdot x + 64 \cdot y + 119 \cdot z = 20{,}82 \\ 2 \cdot x + 2 \cdot y + 4 \cdot z = 0{,}62 \\ 4 \cdot x + 4 \cdot y + 4 \cdot z = 1{,}04 \end{cases}$$

Решая систему уравнений, получаем:

$$\begin{cases} x = 0{,}01 \\ y = 0{,}2 \\ z = 0{,}05 \end{cases}$$

Рассчитываем массу металлов в смеси:

$$m(Pb) = n \cdot M = 0{,}01 \cdot 207 = 2{,}07\,г$$

$$m(Cu) = 0{,}2 \cdot 64 = 12{,}8\,г$$

$$m(Sn) = 0{,}05 \cdot 119 = 5{,}95\,г$$

Рассчитываем массовые доли металлов в смеси:

$$\omega(Me) = \frac{m(Me)}{m(\text{смеси})} \cdot 100\%$$

$\omega(Pb) = 9{,}9\%;$

$\omega(Cu) = 61{,}5\%;$

$\omega(Sn) = 28{,}6\%.$

Рассчитываем массу выпавшего осадка ($SnO_2$):

$n(Sn) = n(SnO_2) = 0{,}05 моль$

$m(SnO_2) = n \cdot M = 0{,}05 \cdot 151 = 7{,}55 г$

Сплав олова, меди и свинца называется бронзой.

Оценивание:

| | |
|---|---|
| Запись уравнений реакций (по 1 баллу) | 3 балла |
| Определение состава сплава | 2 балла |
| Предварительные расчеты | 3 балла |
| Расчет массы компонентов смеси | 7 баллов |
| Расчет массовых долей компонентов смеси | 2 балла |
| Вычисление массы осадка | 2 балла |
| Название сплава | 1 балл |
| Итого | 20 баллов |

**Решение задачи 9.3:**

При электролизе раствора серной кислоты на катоде разряжаются ионы водорода с выделением водорода, на аноде разряжаются молекулы воды с выделением кислорода. Поэтому концентрация кислоты изменяется из-за уменьшения объема воды.

Уравнения протекающих процессов и общее уравнение электролиза:

A(+): $2H_2O$ — 4e = $O_2 + 4H^+$

K(-): $2H^+ + 2e = H_2$

$H_2SO_4 + 2H_2O$ (электролиз) → $H_2SO_4 + 2H_2\uparrow + O_2\uparrow$

Масса 10 л 4 %-ного раствора серной кислоты с плотностью 1,025 г/мл:

$$m(H_2SO_4) = \frac{V \cdot \rho \cdot \omega}{100\%} = \frac{10000 \cdot 1{,}025 \cdot 4}{100} = 410 г$$

Объем 2 М раствора серной кислоты, содержащий такую массу:

$$c = \frac{m}{M \cdot V}$$

$$V = \frac{m}{c \cdot M} = \frac{410}{2 \cdot 98} = 2{,}1 л$$

Объем и количество вещества воды, израсходованной в процессе электролиза:

$V(H_2O) = 10 - 2{,}1 = 7{,}9 л$

$$n(H_2O) = \frac{m}{M} = \frac{7900}{18} = 438{,}9 моль$$

Масса кислорода выделившегося в процессе электролиза:

$$n(O_2) = 1/2n(H_2O) = 438{,}9/2 = 219{,}45 моль$$

$$m(O_2) = n \cdot M = 219{,}45 \cdot 32 = 7022{,}4 г$$

Время необходимое для электролиза вычисляем по закону Фарадея:

$$m = \frac{M \cdot I \cdot t}{n_e \cdot F}$$

Время электролиза:

$$t = \frac{m \cdot n_e \cdot F}{M \cdot I} = \frac{7022{,}4 \cdot 4 \cdot 96500}{32 \cdot 5} = 1{,}69 \cdot 10^7 сек (196 сут)$$

Оценивание:

| | |
|---|---|
| Составление уравнений электролиза | 3 балла |
| Расчет объема 2М серной кислоты | 5 баллов |
| Расчет количества воды, израсходованной в процессе электролиза | 2 балла |
| Расчет массы кислорода | 2 балла |
| Расчет времени электролиза | 8 баллов |
| Итого | 20 баллов |

## Решение задачи 9.4:

1. Термохимическое уравнение реакции горения пентана

$$C_5H_{12(газ)} + 8\ O_{2(газ)} = 5CO_{2(газ)} + 6H_2O_{(жид)} + \Delta H_{реакции}$$

2. Закон Гесса гласит: тепловой эффект химической не зависит от пути проведения процесса, а определяется только состоянием исходных веществ и продуктов реакции при постоянной температуре.

Следствие из закона Гесса для решения данной задачи. Тепловой эффект химической реакции равен сумме теплот образования продуктов реакции за вычетом суммы теплот образования исходных веществ с учетом стехиометрических коэффициентов.

3. $\Delta H_{реакции} = (5\Delta H(CO_{2(газ)}) + 6\Delta H(H_2O_{(жид)})) - (\Delta H(C_5H_{12(газ)}) + 8\Delta H(O_{2(газ)}) = (5\cdot(-393{,}51) + 6\cdot(-285{,}83)) - ((-146{,}44) + 8\cdot(0)) =$

$-3536{,}09$ (кДж).

4. При сгорании 1 моль пентана выделилось 3536,09 кДж тепла, а при сгорании 0,2 моль 707,22 кДж.

Оценивание:

| | |
|---|---|
| За термохимическое уравнение<br>(Если не указаны агрегатные состояния веществ) | 8 баллов.<br>5 баллов |
| Формулировка закона Гесса и его следствий | 4 балла |
| Определение теплоты сгорания по уравнению | 4 балла |
| Определение теплоты сгорания 0,2 моль пентана | 4 балла |
| Итого | 20 баллов |

**Решение задачи 9.5:**

1. Описание способов определения содержимого каждой пробирки (возможно в виде таблицы) с указанием признаков реакций

| Вещества | $NaOH$ | $H_2SO_4$ | $Ba(NO_3)_2$ | $Zn(NO_3)$ | $Na_2CO_3$ |
|---|---|---|---|---|---|
| $NaOH$ | × | — | — | Белый осадок, растворяющийся в избытке щелочи | — |
| $H_2SO_4$ | — | × | Белый осадок | — | Бесцветный газ |
| $Ba(NO_3)_2$ | — | Белый осадок | × | — | Белый осадок |
| $Zn(NO_3)_2$ | Белый осадок, растворяющийся в избытке щелочи | — | — | × | Белый осадок Бесцветный газ |
| $Na_2CO_3$ | — | Бесцветный газ | Белый осадок | Белый осадок Бесцветный газ | × |

2. Уравнения химических реакций, подтверждающих результат определения

$Ba(NO_3)_2 + H_2SO_4 = BaSO_4\downarrow + 2HNO_3$

$Ba(NO_3)_2 + Na_2CO_3 = BaCO_3\downarrow + 2NaNO_3$

$Na_2CO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2O + CO_2\uparrow$

$Na_2CO_3 + Zn(NO_3)_2 + 2H_2O = Zn(OH)_2\downarrow + CO_2\uparrow + 2NaNO_3$

$Zn(NO_3)_2 + 2NaOH = Zn(OH)_2\downarrow + 2NaNO_3$

$Zn(OH)_2 + 2NaOH = Na_2[Zn(OH)_4]$

или

$Zn(NO_3)_2 + 4NaOH = Na_2[Zn(OH)_4] + 2NaNO_3$

Наличие осадка зависит от порядка сливания и избытка щелочи.

3. На весь анализ будет израсходовано больше гидроксида натрия, чем серной кислоты.

Исходя из уравнений протекающих реакций суммарно:

$NaOH$ – 4 моль,

$H_2SO_4$ – 2 моль.

Оценивание:

| | |
|---|---|
| Описание способов определения содержимого каждой пробирки (возможно в виде таблицы) | 2 балла |
| указание признаков реакций (за каждый признак – 0,5 балла): | 6 баллов |
| Уравнения химических реакций, подтверждающих результат определения (за каждое уравнение – 1 балл): | 6 баллов |
| Указание на вещество, расход которого больше | 3 балла |
| Обоснование | 3 балла |
| Итого | 20 баллов |