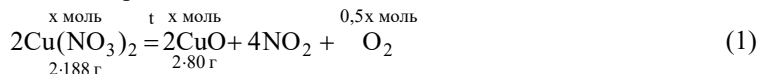


**3.2 (8-1993).** 1. Припустимо, що вихідна маса суміші становить 100 г, а кількість  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  у вихідній суміші —  $x$  моль; аналогічно кількість  $\text{Cu}$  -  $y$  моль.

2. Рівняння реакцій:



3. Варіант 1.  $x > y$  (вся мідь вихідної суміші переходить в купрум(II) оксид). Маса після прожарювання (купрум(II) оксиду):

$100 - 45,45 = 54,55$  (г). Тоді можемо скласти наступну систему рівнянь:

$$\begin{cases} 80x + 80y = 54,55 \\ 188x + 64y = 100 \end{cases}$$

В результаті розв'язку:

$$x = 0,4545; \quad y = 0,2274; \quad m[\text{Cu}(\text{NO}_3)_2] = 0,4545 \cdot 188 = 85,45 \text{ (г)};$$

$$W[\text{Cu}(\text{NO}_3)_2] = 85,45 \% ; \quad W(\text{Cu}) = 100 \% - 85,45 \% = 14,55 \%$$

4. Варіант 2.  $x < y$  (тільки частина міді вихідної суміші переходить в купрум (II) оксид. Тоді маса купрум(II) оксиду згідно з реакцією (1) рівна  $80x$  г, а маса купрум(II) оксиду згідно з реакцією (2) -  $80x$  г (в реакції (1) утворюється  $0,5x$  моль кисню з яким реагує  $x$  моль міді, утворюючи  $x$  моль купрум(II) оксиду), маса міді, яка не прореагувала, рівна  $64(y-x)$  г. На підставі цього складаємо систему рівнянь:

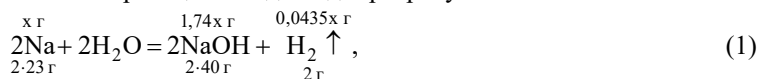
$$\begin{cases} 80x + 80x + 64(y - x) = 54,55 \\ 188x + 64y = 100. \end{cases}$$

$$\text{Звідки: } x = 0,494; \quad y = 0,11.$$

Значення  $x$  і  $y$  не відповідають умові ( $x < y$ ), тому цей варіант не має розв'язку.

**3.3 (8-1995).** 1. Введемо позначення:  $x$  - маса натрію у вихідній суміші, г;  $(2-x)$  - маса натрій оксиду, г.

2. Рівняння реакцій та відповідні розрахунки:





3. Масова частка натрій гідроксиду:

$$W(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{NaOH})}{m_p(\text{NaOH})} = \frac{m(\text{NaOH})}{m(\text{H}_2\text{O}) + m_c - m(\text{H}_2)};$$

$$0,054 = \frac{1,74x + 1,29(2-x)}{50 + 2 - 0,0435x}; \quad \text{Звідки: } x = 0,5; \quad m(\text{Na}) = 0,5 \text{ г.}$$

4. Склад суміші в масових частках:

$$W(\text{Na}) = \frac{0,5}{2} \cdot 100\% = 25\%; \quad W(\text{Na}_2\text{O}) = 100\% - 25\% = 75\%.$$

5. Максимальний об'єм  $\text{CO}_2$  поглинається в випадку утворення кислій солі:



6. Кількість Na та  $\text{Na}_2\text{O}$ :

$$\nu(\text{Na}) = \frac{0,5\text{г}}{23\text{г/моль}} = 0,022\text{моль}; \quad \nu(\text{Na}_2\text{O}) = \frac{1,5\text{г}}{62\text{г/моль}} = 0,024\text{моль}.$$

7. Згідно (1) і (2) сумарна кількість речовини NaOH:

$$\nu(\text{NaOH}) = 0,022 + 2 \cdot 0,024 = 0,07 \text{ (моль)}.$$

8. Згідно (3):  $\nu(\text{NaOH}) = \nu(\text{CO}_2) = 0,07$  моль;

$$V(\text{CO}_2) = \nu(\text{CO}_2) \cdot V_m = 0,07 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 1,568 \text{ л}.$$

**3.4 (8-1996).** 1. Маса CO після 5-хвилинної роботи двигуна:

$$m(\text{CO}) = 5 \cdot 80 = 400 \text{ (мг)}.$$

2. Об'єм гаража:  $V = Sh = 6 \cdot 2 = 12 \text{ (м}^3\text{)} = 12000 \text{ (л)}$ .

3. Концентрація CO:

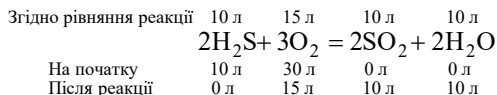
$$C(\text{CO}) = \frac{m(\text{CO})}{V} = \frac{400 \text{ мг}}{12000 \text{ л}} = 0,033 \text{ мг/л} = \frac{3,3 \cdot 10^{-5} \text{ г/л}}{28 \text{ г/моль}} = 1,18 \cdot 10^{-6} \text{ моль/л};$$

$$\varphi(\text{CO}) = \frac{V(\text{CO})}{V(\text{пов})} = \frac{\nu(\text{CO}) \cdot V_m}{V(\text{пов})} = \frac{m(\text{CO}) \cdot V_m}{V(\text{пов}) \cdot M(\text{CO})} =$$

$$= \frac{0,4 \cdot 22,4}{12000 \cdot 28} \approx 2,67 \cdot 10^{-5} \text{ (} 2,67 \cdot 10^{-3} \text{ об.}\% \text{)}; \quad W(\text{CO}) = \frac{m(\text{CO})}{m(\text{пов})} =$$

$$= \frac{m(\text{CO})}{\nu(\text{пов}) \cdot M(\text{пов})} = \frac{m(\text{CO}) \cdot V_m}{V(\text{пов}) \cdot M(\text{пов})} = \frac{0,4 \cdot 22,4}{12000 \cdot 29} = 2,57 \cdot 10^{-5} \text{ (} 2,57 \cdot 10^{-3} \text{ мас.}\% \text{)}$$

**3.5 (8-1996).** 1. Рівняння реакції та відповідні розрахунки на його основі:



Згідно умови та даного рівняння реакції прореагували 10 л сірководню та 15 л кисню. Після реакції залишилось газів: 10 л  $\text{SO}_2$  та 15 л  $\text{O}_2$  (всього 25 л).

2. Води утворилось в результаті реакції:  $\frac{10}{22,4} \cdot 18 \approx 8,04$  (г).

3. Масова частка сірчаної кислоти після дослідів:

$$W(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{m_p(\text{H}_2\text{SO}_4)} = \frac{100 \cdot 0,98}{100 + 8,04} = 0,907 \text{ (90,7 \%)}.$$

**3.6 (8-1996).** 1. Представимо умову задачі та отримані дані у формі такої схеми-таблиці:

| Суміш                       | Вихідні речовини |               |
|-----------------------------|------------------|---------------|
|                             | v, моль          | m, г          |
| m <sub>c</sub> =58,5 г      | x                | 58x           |
| M <sub>c</sub> =58,5 г/моль | 1-x              | 60(1-x)       |
| v <sub>c</sub> = 1 моль     | Σ 1              | 58x + 60(1-x) |

На основі проведеного аналізу, прийнятих позначень та вихідних даних складаємо рівняння:

$$58x + 60(1 - x) = 58,5$$

Звідки  $x = v(^{35}\text{Cl}) = 0,75$  (моль);  $v(^{37}\text{Cl}) = 0,25$  (моль).

2. Таким чином,

$$W(^{35}\text{Cl}) = \frac{m(^{35}\text{Cl})}{m(\text{NaCl})} = \frac{0,75 \cdot 35}{58,5} = 0,4487 \text{ (44,87 \%)}.$$

$$W(^{37}\text{Cl}) = \frac{m(^{37}\text{Cl})}{m(\text{NaCl})} = \frac{0,25 \cdot 37}{58,5} = 0,1581 \text{ (15,81 \%)}.$$

**3.7 (8-1996).** 1. Представимо умову задачі та отримані дані у формі такої схеми-таблиці:

| Суміш  | Вихідні речовини                     |           |                         |                |
|--|--------------------------------------|-----------|-------------------------|----------------|
|  | м, г                                 | м (Ba), г | м (H <sub>2</sub> O), г |                |
| $m_c = 100$ г<br>$m(\text{H}_2\text{O}) = 13,8$ г<br>$m(\text{Ba}) = 52,7$ г | BaCl <sub>2</sub> ·nH <sub>2</sub> O | x         | 137x/(208+18n)          | 18nx/(208+18n) |
|  | NaCl                                 | 100-x     | -                       | -              |
|  | Σ                                    | 100       | 52,7                    | 13,8           |

2. На основі проведеного аналізу, прийнятих позначень та вихідних даних складаємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{137x}{208+18n} = 52,7 \\ \frac{18nx}{208+18n} = 13,8 \end{cases}$$

В результаті розв'язування отримуємо:

$$n = 2 \Rightarrow \text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}; \quad x = 93,85; \quad W(\text{NaCl}) = 100\% - 93,85\% = 6,15\%.$$

**3.8 (8-1997).** 1. Вміст SO<sub>3</sub> в об'ємі газу, що подається за одну годину:

$$V(\text{SO}_3) = 0,1 \cdot 30500 \text{ м}^3 = 3050 \text{ м}^3.$$

2. Маса SO<sub>3</sub>, що абсорбується з врахуванням ступеню абсорбції ( $\eta = 40\%$ , або 0,4):

$$m(\text{SO}_3) = vM\eta = \frac{V}{V_m} M\eta = \frac{3050 \cdot 10^3 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} \cdot 80 \text{ г/моль} \cdot 0,4 = 4357,14 \text{ кг}.$$

3. Наступну частину розв'язку представимо у формі схеми-таблиці:

| Кінцевий розчин         | Вихідна система                                  |                     |                          |               |
|-------------------------|--|---------------------|--------------------------|---------------|
|                         | м, кг  | W(SO <sub>3</sub> ) | м (SO <sub>3</sub> ), кг |               |
| $W(\text{SO}_3) = 0,21$ | SO <sub>3</sub>                                  | 4357,14             | 1                        | 4357,14       |
|                         | SO <sub>3</sub> ·nH <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | x                   | 0,19                     | 0,19x         |
|                         | Σ  | 4357,14+x           |                          | 4357,14+0,19x |

$$W(\text{SO}_3) = \frac{m(\text{SO}_3)}{m(\text{SO}_3 + \text{олеум})} = \frac{4357,14 + 0,19x}{4357,14 + x} = 0,21.$$

Звідки  $x = 172107,3$  (кг/годину).

**3.9 (8-1998).** 1. Якщо прийємо кількість речовини суміші ізотопів Гідрогену рівну 1 моль, а використавши значення  $M(H)=1,008$  г/моль, то маса такої суміші рівна  $m(H) = \nu(H) \cdot M(H) = 1 \cdot 1,008 = 1,008$  (г). Представимо умову задачі та отримані дані у формі такої схеми-таблиці:

| Суміш ізотопів       |   | Вихідні ізотопи |            |
|----------------------|---|-----------------|------------|
|                      |   | $\nu$ , моль    | m, г       |
| $m_c = 1,008$ г      | } | $^1H$           | x          |
| $M_c = 1,008$ г/моль |   | $^2H$           | 1-x        |
| $\nu_c = 1$ моль     |   |                 | 2(1-x)     |
|                      |   | $\Sigma$        | 1          |
|                      |   |                 | x + 2(1-x) |

На основі проведеного аналізу, прийнятих позначень та вихідних даних складаємо рівняння:

$$x + 2(1 - x) = 1,008$$

Звідки  $x = \nu(^1H) = 0,992$  (моль);  $\nu(^2H) = 0,008$  (моль). Таким чином, формула води ( $^1H_{0,992}^2H_{0,008}O$ ) або ( $H_{0,992}D_{0,008}O$ ).

2. Поскільки  $\nu(H_2O) = 0,5 \nu(H)$ , то прийнятий нами на початку 1 моль Гідрогену утворить 0,5 моль води ( $H_{0,992}D_{0,008}O$ ), до складу якої входить 0,992x2 моль H, 0,008x2 моль D, решта Оксиген. Маса цієї води:

$$m[(H_{0,992}D_{0,008}O)] = \nu M = 0,5 \text{ моль} \cdot 18,016 \text{ г/моль} = 9,008 \text{ г.}$$

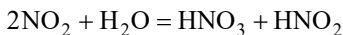
3. Маса Дейтерію:

$$m(D) = \nu M = 0,008 \text{ моль} \cdot 2 \text{ г/моль} = 0,016 \text{ г.}$$

4. Масова частка Дейтерію в такій воді:

$$W(D) = \frac{m(D)}{m(H_{0,992}D_{0,008}O)} = \frac{0,016}{9,008} = 0,00178, \text{ або } 0,178 \%$$

**3.10 (8-1999).** 1. Рівняння реакцій:



$$2. \quad \nu(HNO_3) = \frac{17 \cdot 10^3}{63} \approx 0,27 \cdot 10^3 \text{ (моль).}$$

$$\nu(HNO_2) = \nu(HNO_3) = 0,27 \cdot 10^3 \text{ моль.}$$

$$m(HNO_2) = 0,27 \cdot 10^3 \cdot 47 = 12,7 \cdot 10^3 \text{ (г).}$$

$$3. \quad \nu(N) = \nu(HNO_3) + \nu(HNO_2) = 0,54 \cdot 10^3 \text{ (моль).}$$

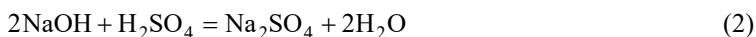
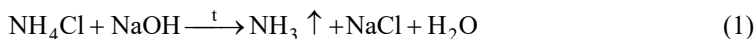
$$4. \quad v(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 0,5v(\text{N}) = 0,27 \cdot 10^3 \text{ (моль)}.$$

$$m(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 0,27 \cdot 10^3 \text{ моль} \cdot 80 \text{ г/моль} = 21,6 \cdot 10^3 \text{ г}.$$

$$5. \quad v[\text{CO}(\text{NH}_2)_2] = 0,5v(\text{N}) = 0,27 \cdot 10^3 \text{ (моль)}.$$

$$m[\text{CO}(\text{NH}_2)_2] = 0,27 \cdot 10^3 \text{ моль} \cdot 60 \text{ г/моль} = 16,2 \cdot 10^3 \text{ г}.$$

**3.11 (8-1999).** 1. Рівняння реакцій:



2. Знаходимо вихідну кількість речовини NaOH:

$$v(\text{NaOH}) = 1 \text{ моль/л} \cdot 0,1 \text{ л} = 0,1 \text{ моль}.$$

$$3. \quad v(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,25 \text{ моль/л} \cdot 0,05 \text{ л} = 0,0125 \text{ моль}.$$

Згідно рівняння реакції (2):  $v(\text{NaOH}) = 2v(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,025 \text{ (моль)}$ .

4. Кількість речовини NaOH, що прореагувала згідно реакції (1):

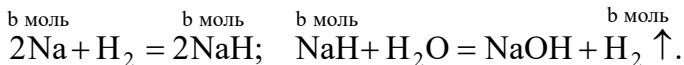
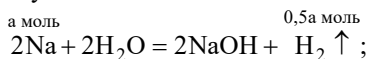
$$v(\text{NaOH}) = 0,1 - 0,025 = 0,075 \text{ (моль)}.$$

Отже, згідно реакції (1):  $v(\text{NH}_3) = v(\text{NaOH}) = 0,075 \text{ (моль)}$ .

5. Маса амоній хлориду в досліджуваному зразку:

$$m(\text{NH}_4\text{Cl}) = 0,075 \cdot 53,5 = 4,0125 \text{ (г)}.$$

**3.12 (8-2000).** 1. Введемо позначення: кількість речовини натрію, що прореагував з утворенням натрій гідроксиду (1) та гідриду (2) відповідно:  $v_1(\text{Na}) = a$ ;  $v_2(\text{Na}) = b$ . Рівняння реакцій та відповідні розрахунки на їх основі:



$$\begin{cases} \frac{b}{a+b} = 0,9 \\ 0,5a + b = \frac{1}{22,4} \end{cases} \Rightarrow 9,5a = \frac{1}{22,4}.$$

$$a=0,0047; b=0,0423$$

$$m(\text{суміші})=0,0047 \cdot 23 + 0,0423 \cdot 24 = 1,1233 \text{ (г)}.$$

**3.13 (8-2001).** 1. Нехай маса суміші дорівнює 1 г. Позначимо масові частки елементів: в  $\text{KNO}_3$  -  $W_0$ , в  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  -  $W_1$ .

2. Масові частки елементів:

$$W_0(K) = M(K)/M(KNO_3) = 39/101 = 0,386;$$

$$W_0(N) = M(N)/M(KNO_3) = 14/101 = 0,139;$$

$$W_1(N) = 2M(N)/M[CO(NH_2)_2] = 2 \cdot 14/60 = 0,467.$$

3. Масова частка Калію в суміші:

$$W(K) = W_0(K) \cdot m(KNO_3)/m(\text{суміші}) = 0,386 \cdot m(KNO_3)/1 = 0,25, \text{ звідки } m(KNO_3) = 0,648 \text{ г, } m(CO(NH_2)_2) = 0,352 \text{ г.}$$

4. Масова частка Нітрогену в суміші:

$$W(N) = [W_0(N) \cdot m(KNO_3) + W_1(N) \cdot m(CO(NH_2)_2)] / m(\text{суміші}) = 0,139 \cdot 0,648 + 0,467 \cdot 0,352 = 0,254.$$

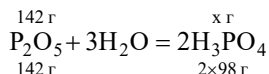
5. Молярне співвідношення речовин:

$$\nu(KNO_3) : \nu(CO(NH_2)_2) = \frac{m(KNO_3)}{M(KNO_3)} : \frac{m(CO(NH_2)_2)}{M(CO(NH_2)_2)} = \frac{0,648}{101} : \frac{0,352}{60} = 1,09$$

**3.14 (8-2000, 9-1992).** 1. Маса кислоти у вихідному розчині

$$m(H_3PO_4) = W(H_3PO_4) \cdot m_p(H_3PO_4) = 0,2372 \cdot 500 = 118,6 \text{ (г)}$$

2. Маса кислоти, що утвориться при розчиненні фосфор(V) оксиду у воді згідно рівняння реакції  $x=196$  г:



3. Масова частка кислоти у кінцевому розчині:

$$W(H_3PO_4) = \frac{m(H_3PO_4)}{m_p(H_3PO_4)} = \frac{118,6 + 196}{500 + 142} = \frac{314,6}{642} = 0,49.$$

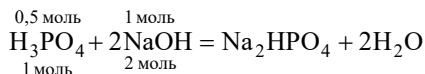
4. Кількість речовини луку:

$$\nu(NaOH) = \frac{m(NaOH)}{M(NaOH)} = \frac{W(NaOH) \cdot \rho(NaOH) \cdot V_p(NaOH)}{M(NaOH)} = \frac{0,12 \cdot 1,14 \text{ г/мл} \cdot 292,4 \text{ мл}}{40 \text{ г/моль}} = 1 \text{ моль.}$$

5. Кількість речовини  $H_3PO_4$ :

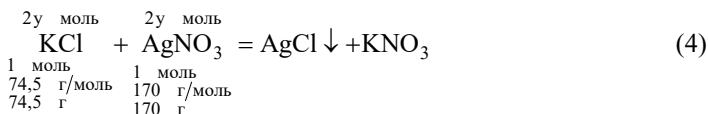
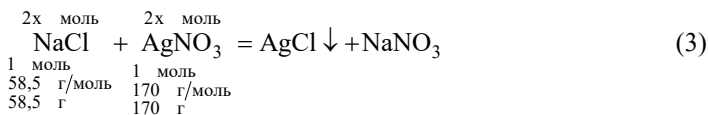
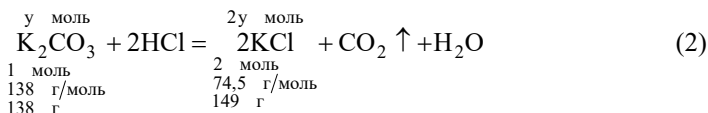
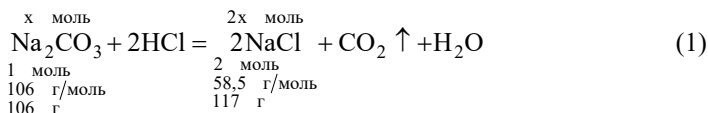
$$\nu(H_3PO_4) = \frac{W(H_3PO_4) \cdot m_p(H_3PO_4)}{M(H_3PO_4)} = \frac{0,49 \cdot 100 \text{ г}}{98 \text{ г/моль}} = 0,5 \text{ моль.}$$

При такому співвідношенні реагуючих речовин утвориться натрій гідрогенфосфат:



### 3.15 (9-1992, 10-2001).

1. Введемо позначення  $\nu(\text{Na}_2\text{CO}_3) = x$  моль,  $\nu(\text{K}_2\text{CO}_3) = y$  моль,  $\nu(\text{SiO}_2) = z$  моль і запишемо рівняння реакцій:



2. Маса вихідної суміші з врахуванням введених позначень:

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = M(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot \nu(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106x \text{ г},$$

$$m(\text{K}_2\text{CO}_3) = M(\text{K}_2\text{CO}_3) \cdot \nu(\text{K}_2\text{CO}_3) = 138y \text{ г},$$

$$m(\text{SiO}_2) = M(\text{SiO}_2) \cdot \nu(\text{SiO}_2) = 60z \text{ г},$$

$$106x + 138y + 60z = 0,1250$$

3. Згідно рівнянь (1), (2) загальна маса хлоридів

$$m(\text{NaCl}) + m(\text{KCl}) = 2x \cdot M(\text{NaCl}) + 2y \cdot M(\text{KCl}) =$$

$$= 2x \cdot 58,5 + 2y \cdot 78,5 = 0,1282$$

4. Визначимо кількість речовини аргентум(I) нітрату:

$$\nu(\text{AgNO}_3) = C(\text{AgNO}_3) \cdot V(\text{AgNO}_3) =$$

$$= 0,100 \text{ моль/л} \times 19,7 \cdot 10^{-3} \text{ л} = 1,97 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

В такому випадку згідно рівнянь (3), (4)

$$2x + 2y = 1,97 \cdot 10^{-3} \text{ моль}.$$

5. Запишемо остаточну систему рівнянь

$$\begin{cases} 106x + 138y + 60z = 0,125 \\ 2x \cdot 58,5 + 2y \cdot 78,5 = 0,1282 \\ 2x + 2y = 1,97 \cdot 10^{-3} \end{cases}$$



В результаті розв'язку:  $x = 5,66 \cdot 10^{-4}$  моль; або

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106 \text{ г/моль} \times 5,66 \cdot 10^{-4} \text{ моль} \approx 0,06 \text{ г},$$

$W(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 48,0 \%$ . В результаті подальших обчислень:

$$m(\text{K}_2\text{CO}_3) = 0,054 \text{ г}; \quad W(\text{K}_2\text{CO}_3) = 43,2 \%; \quad W(\text{SiO}_2) = 8,8 \%.$$

**3.16 (9-1993).** 1. Знаходимо кількість речовини  $\alpha$ -частинок:

$$v(\alpha) = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} = \frac{p \cdot V \cdot T_0}{p_0 \cdot V_m \cdot T} = \frac{0,655 \text{ атм} \cdot 0,02 \text{ л} \cdot 273 \text{ К}}{1 \text{ атм} \cdot 22,4 \text{ л/ммоль} \cdot 298 \text{ К}} = 5,44 \cdot 10^{-4} \text{ моль}.$$

$$\text{З іншого боку,} \quad v(\alpha) = \frac{N(\alpha)}{N_A} = \frac{m(\alpha)}{m_0(\alpha) \cdot N_A},$$

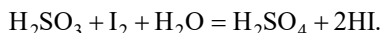
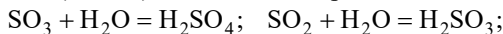
де  $N(\alpha)$  - число  $\alpha$ -частинок;  $N_A$  - число Авогадро;  $m(\alpha)$  - маса  $\alpha$ -частинок;  $m_0(\alpha)$  - маса  $\alpha$ -частинки.

2. Маса  $\alpha$ -частинок:  $m(\alpha) = 12,93 - 10,70 = 2,23$  (мг).

3. Значення числа Авогадро:

$$N_A = \frac{m(\alpha)}{m_0(\alpha) \cdot v(\alpha)} = \frac{2,23 \cdot 10^{-3} \text{ г}}{6,664 \cdot 10^{-24} \text{ г} \cdot 5,44 \cdot 10^{-4} \text{ моль}} = 6,17 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

**3.17 (9-1993).** 1. Рівняння реакцій:



$$M(\text{SO}_3) = 80 \text{ г/моль}; \quad M(\text{SO}_2) = 64 \text{ г/моль}; \quad M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98 \text{ г/моль}.$$

2. Використаємо кількісне співвідношення, що випливає із закону еквівалентів:  $N_1 V_1 = N_2 V_2$ , де  $N_1$  - еквівалентна концентрація розчину  $\text{H}_2\text{SO}_3$ , моль/л;  $V_1$  — об'єм розчину  $\text{H}_2\text{SO}_3$ , л;  $N_2$  — еквівалентна концентрація розчину  $\text{I}_2$ , моль/л;  $V_2$  — об'єм розчину  $\text{I}_2$ , л.

$$N_1 = \frac{0,101 \text{ моль/л} \cdot 1,85 \cdot 10^{-3} \text{ л}}{100 \cdot 10^{-3} \text{ л}} = 1,87 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}$$

3. У 500 мл розчину містилось :

$$v_{\text{E}}(\text{H}_2\text{SO}_3) = \frac{1,87 \cdot 10^{-3}}{2} = 0,935 \cdot 10^{-3} \text{ (моль)},$$

$$v(\text{H}_2\text{SO}_3) = \frac{v_{\text{E}}(\text{H}_2\text{SO}_3)}{2} = \frac{0,935}{2} = 0,4675 \cdot 10^{-3} \text{ (моль)};$$

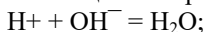
$$v(\text{H}_2\text{SO}_3) = v(\text{SO}_2) = 0,4675 \cdot 10^{-3} \text{ моль}.$$

4. Маса та масова частка  $\text{SO}_2$ :

$$m(\text{SO}_2) = v(\text{SO}_2) \cdot M(\text{SO}_2) = 0,4675 \cdot 10^{-3} \text{ моль} \cdot 64 \text{ г/моль} = 0,03 \text{ г};$$

$$W(\text{SO}_2) = \frac{m(\text{SO}_2)}{m(\text{олеум})} \cdot 100\% = \frac{0,03}{2} \cdot 100\% = 1,5\%$$

5. Реакцію нейтралізації можна записати в йонній формі:



$$v(\text{OH}^-) = V_p(\text{OH}^-) \cdot C(\text{OH}^-) = 42,4 \cdot 10^{-3} \text{ л} \cdot 0,1 \text{ моль/л} = 42,4 \cdot 10^{-4} \text{ моль.}$$

$$v(\text{H}^+) = v(\text{OH}^-) = 42,4 \cdot 10^{-4} \text{ моль.}$$

$$v(\text{кислот}) = \frac{v(\text{H}^+)}{2} = \frac{42,4 \cdot 10^{-4} \text{ моль}}{2} = 21,2 \cdot 10^{-4} \text{ моль.}$$

Така кількість сірчаної та сірчистої кислот кислот міститься в 50 мл розчину, а відповідно в 500 мл:  $2,12 \cdot 10^{-2}$  моль.

6. Вище (п3) знайдено, що в 500 мл розчину містилось

$$v(\text{H}_2\text{SO}_3) = 0,4675 \cdot 10^{-3} \text{ моль. Тоді}$$

$$v(\text{H}_2\text{SO}_4) = v(\text{кислот}) - v(\text{H}_2\text{SO}_3) = 2,12 \cdot 10^{-2} - 4,675 \cdot 10^{-4} = 2,07 \cdot 10^{-2} \text{ (моль)}$$

7. Маси  $\text{SO}_3$  і  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , що входять до складу олеуму:

$$m(\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4) = 2 - 0,03 = 1,97 \text{ (г).}$$

8. Введемо позначення: кількість речовини  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в олеумі –  $x$  моль; кількість речовини  $\text{SO}_3$  в олеумі –  $(2,07 \cdot 10^{-2} - x)$  моль.

Запишемо рівняння:

$$98x + 80(2,07 \cdot 10^{-2} - x) = 1,97, \text{ звідки: } x = 1,72 \cdot 10^{-2} \text{ моль.}$$

Тоді:

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = v(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,72 \cdot 10^{-2} \text{ моль} \cdot 98 \text{ г/моль} = 1,69 \text{ г;}$$

$$m(\text{SO}_3) = 1,97 \text{ г} - 1,69 \text{ г} = 0,28 \text{ г;}$$

$$W(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{m(\text{олеум})} \cdot 100\% = \frac{1,69}{2} \cdot 100\% = 84,5\%;$$

$$W(\text{SO}_3) = \frac{m(\text{SO}_3)}{m(\text{олеум})} \cdot 100\% = \frac{0,28}{2} \cdot 100\% = 14,0\%.$$

### 3.18 (9-1994).

1. Знаходимо масу Гідрогену, що входив до складу вугілля:

$$v(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{1,8 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 0,1 \text{ моль; } v(\text{H}) = 2v(\text{H}_2\text{O}) = 0,2 \text{ моль.}$$

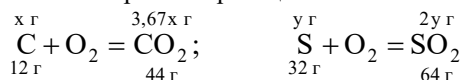
$$m(\text{H}) = v(\text{H}) \cdot M(\text{H}) = 0,2 \text{ моль} \cdot 1 \text{ г/моль} = 0,2 \text{ г.}$$

2. Знаходимо сумарну масу Карбону та Сульфуру:

$$m(\text{C+S}) = 10 \text{ г} - 2,5 \text{ г} - 0,2 \text{ г} = 7,3 \text{ г.}$$

3. Введемо позначення: маса  $m(\text{C}) = x$  г;  $m(\text{S}) = y$  г.

На основі рівнянь реакцій:



Можемо скласти систему рівнянь

$$\begin{cases} x + y = 7,3 \\ 3,67x + 2y = 26,2 \end{cases} \quad \text{Розв'язавши дану систему, маємо } y = 0,35.$$

Тоді:

$$W(S) = \frac{m(S) \cdot 100 \%}{m(\text{вугілля})} = \frac{0,35}{10} \cdot 100 \% = 3,5 \%$$

### 3.19 (9-1994).

1. Введемо позначення: кристалогідрат -  $\text{KtAn} \cdot x\text{H}_2\text{O}$  ;

маса утвореного розчину -  $m_p(\text{KtAn}) = (n + m)$  г;

2. Масова частка солі  $\text{KtAn}$  в кристалогідраті:

$$W(\text{KtAn}) = \frac{M(\text{KtAn})}{M\text{KtAn} \cdot x\text{H}_2\text{O}} = \frac{M}{M + 18x},$$

де  $x$  - число молекул води в формульній масі кристалогідрату.

3. Маса розчиненої солі (або солі, що міститься в кристалогідраті):

$$m(\text{KtAn}) = \frac{M \cdot n}{M + 18x}.$$

4. Масова частка солі в розчині:

$$W(\text{KtAn}) = \frac{m(\text{KtAn})}{m_p(\text{KtAn})} = \frac{M \cdot n}{(M + 18x)(m + n)} = a \quad (1)$$

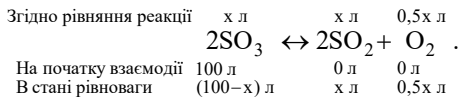
Рівняння (1) можна скласти і на основі пропорції:

в  $(M + 18x)$  г кристалогідрату міститься -  $M$  г солі,

а в  $n$  г кристалогідрату міститься -  $a(n+m)$  г.

$$\text{Розв'язавши рівняння (1), матимемо: } x = \frac{M(n - am - an)}{18a(m + n)}.$$

**3.20 (9-1994).** 1. Припустимо, що на початку реакції було 100 л  $\text{SO}_3$ , з яких  $x$  л піддали термічному розкладу:



2. Тоді в стані рівноваги об'єм утвореної суміші:

$$V(c) = (100 + 0,5x) \text{ л.}$$

3. Молярна маса утвореної суміші:

$$M(c) = D(\text{H}_2) \cdot M(\text{H}_2) = 36 \cdot 2 \text{ г/моль} = 72 \text{ г/моль.}$$

4. На основі знайдених результатів і відомих значень молярних мас ( $M(\text{SO}_3) = 80$  г/моль;  $M(\text{SO}_2) = 64$  г/моль;  $M(\text{O}_2) = 32$  г/моль) можемо записати таке рівняння:

$$\frac{(100-x) \cdot 80}{100+0,5x} + \frac{64x}{100+0,5x} + \frac{32 \cdot 0,5x}{100+0,5x} = 72.$$

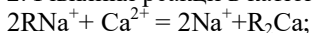
Розв'язком цього рівняння є  $x = 22,2$ .

5. Таким чином, ступінь розкладу  $\text{SO}_3$  дорівнює:

$$\eta(\text{SO}_3) = \frac{22,2}{100} \cdot 100\% = 22,2\%.$$

**3.21 (9-1996).** 1. Карбонатна твердість зумовлена речовинами:  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ;  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ . Загальна твердість зумовлена гідрогенкарбонатами й іншими розчинними солями кальцію та магнію. Без використання хімічних реагентів позбавитися карбонатної твердості можна звичайним кип'ятінням розчину.

2. Рівняння реакції в катіонообмінній колонці:



1 г катіоніту зв'язує 0,1 г  $\text{Ca}^{2+}$ , а 5 кг відповідно – 500 г  $\text{Ca}^{2+}$ .

Об'єм води, який можна очистити рівний  $\frac{500 \text{ г}}{60 \text{ г/м}^3} \approx 8,33 \text{ м}^3$ .

**3.22 (9-1996).** 1. Маса розчину  $m_p = \rho V = 1,01 \cdot 1000 = 1010$  (г).

2. Маса речовини X у розчині:

$$m(X) = W(X) \cdot m_p(X) = 0,1 \cdot 1010 = 101$$
 (г).

3. Маса води  $m(\text{H}_2\text{O}) = m_p(X) - m(X) = 1010 - 101 = 909$  (г).

4. Кількість речовини X  $v(X) = m/M \approx 1$  (моль).

5. Маса води, яка не входить до гідратної оболонки:

$$\frac{16,1}{18,83} \cdot 1000 = 855$$
 (г). Тоді маса гідратної води  $909 - 855 = 54$  (г), що

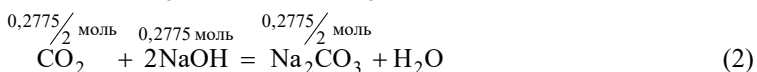
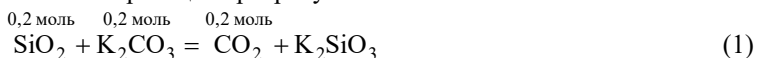
складає 3 моль  $\text{H}_2\text{O}$ .

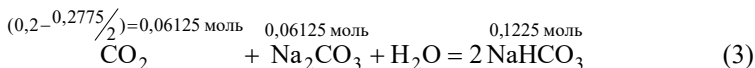
**3.23 (9-1996).** 1. Вихідні кількості речовин  $\text{SiO}_2$  та  $\text{NaOH}$ :

$$v(\text{SiO}_2) = \frac{m(\text{SiO}_2)}{M(\text{SiO}_2)} = \frac{12}{60} = 0,2$$
 (моль);  $v(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{NaOH})}{M(\text{NaOH})} =$

$$= \frac{V_p(\text{NaOH}) \cdot \rho_p(\text{NaOH}) \cdot W(\text{NaOH})}{M(\text{NaOH})} = \frac{100 \cdot 1,11 \cdot 0,1}{40} = 0,2775$$
 (моль)

2. Рівняння реакцій з розрахунками на їх основі:

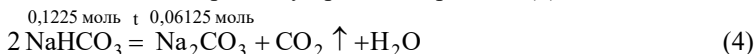




3. Після пропускання вуглекислого газу утворюються:

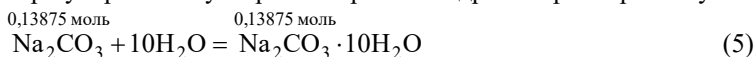
$$v(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{0,2775}{2} - 0,06125 = 0,0775 \text{ (моль)}; v(\text{NaHCO}_3) = 0,1225 \text{ (моль)}.$$

4. Після кип'ятіння розчину проходить реакція (4)



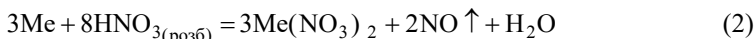
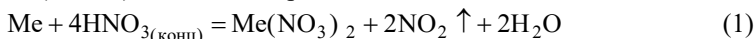
і кінцевий розчин містить  $v(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,0775 + 0,06125 \text{ (моль)}$ .

5. При упарюванні утвориться кристалогідрат натрій карбонату



$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = v \cdot M = 0,13875 \cdot 286 \approx 39,68 \text{ (г)}.$$

**3.24 (9-1997).** 1. Можливі реакції:



(Me – Cu, Pb).

2. Об'єм газу, що виділяється із концентрованої азотної кислоти (1), має бути удвічі більшим згідно (1), (2), проте за умови задачі – лише у 1,3 рази перевищує об'єм газу, виділеного з розведеної кислоти. Значить, в досліді першого студента була помірно розбавлена кислота і з неї виділилось і  $\text{NO}_2$ , і  $\text{NO}$  (це могло статися і внаслідок поступового зменшення концентрації кислоти з її витратою на реакцію).

3. Розрахунок необхідно вести за даними другого студента:

$$v(\text{NO}) = \frac{V}{V_m} = 0,56/22,4 = 0,025 \text{ (моль)}; v(\text{HNO}_3) = 4 v(\text{NO}) = 0,1 \text{ (моль)}.$$

$$C(\text{HNO}_3) = \frac{v(\text{HNO}_3)}{V(\text{розчину})} = \frac{0,1 \text{ моль}}{0,01 \text{ л}} = 10,0 \text{ моль/л}.$$

**3.25 (9-1998).** 1. Прийемо кількість речовини суміші ізотопів Гідрогену рівну 1 моль і представимо умову задачі та отримані дані у формі такої схеми-таблиці:

| Суміш ізотопів  |   | Вихідні ізотопи |           |        |
|---|---|-----------------|-----------|--------|
|   |   | ν, моль         | М, г/моль | m, г   |
| $m_c = 1,228 \text{ г}$<br>$M_c = 1,228 \text{ г/моль}$<br>$\nu_c = 1 \text{ моль}$ | $\left. \begin{array}{c} \text{}^1\text{H} \\ \text{}^2\text{H} \end{array} \right\}$ | x               | 1,008     | 1x     |
|   |   | 1-x             | 2,014     | 2(1-x) |
|   | Σ   |                 | 1         |        |

2. На основі проведеного аналізу, прийнятих позначень та вихідних даних складаємо рівняння:

$$1,008x + 2,014(1 - x) = 1,228 .$$

В результаті розв'язку отримуємо:

$$x = \nu(^1\text{H}) = 0,781 \text{ (моль)}; \chi(^1\text{H}) = 0,781; \nu(^2\text{H}) = 0,219 \text{ (моль)}; \chi(^2\text{H}) = 0,219.$$

3. Поскільки  $\nu(\text{H}_2\text{O}) = 0,5 \nu(\text{H})$ , то

$$m(^1\text{H}_2\text{O}) = \frac{0,781}{2} \text{ (моль)} \cdot 18,016 \text{ (г/моль)} \approx 7,035 \text{ г}.$$

$$m(^2\text{H}_2\text{O}) = \frac{0,219}{2} \text{ (моль)} \cdot 20,028 \text{ (г/моль)} \approx 2,194 \text{ г}.$$

4. Маса Дейтерію:  $m(^2\text{H}) = 0,219 \text{ (моль)} \cdot 2,014 \text{ (г/моль)} \approx 0,441 \text{ г}.$

5. Масова частка Дейтерію:

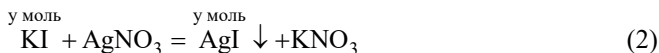
$$W(^2\text{H}) = \frac{m(^2\text{H}_2\text{O})}{m(^1\text{H}_2\text{O}) + m(^2\text{H}_2\text{O})} = \frac{0,441}{7,035 + 2,194} = 0,0478, \text{ або } 4,78 \%$$

6. Маса Дейтерію у воді масою 100 г:

$$m(^2\text{H}) = W(^2\text{H}) \cdot m(\text{H}_2\text{O}) = 0,0478 \cdot 100 \text{ г} = 4,78 \text{ г}.$$

**3.26 (9-1999).** 1. Введемо позначення:  $\nu(\text{KBr}) = x \text{ моль};$

$\nu(\text{KI}) = y \text{ моль}.$  Рівняння реакцій:



Згідно рівнянь реакцій (1), (2) і введених позначень:

$$\nu(\text{AgBr}) = \nu(\text{KBr}) = x \text{ моль}; \quad m(\text{AgBr}) = M\nu = 188x \text{ г}.$$

$$v(\text{AgI}) = v(\text{KI}) = y \text{ моль}; \quad m(\text{AgI}) = Mv = 235y \text{ г.}$$

2. Аналогічно міркуємо при аналізі рівнянь реакцій (3), (4):

$$v(\text{Ag}) = v(\text{AgBr}) + v(\text{AgI}) = (x + y) \text{ моль.} \quad m(\text{Ag}) = Mv = 108(x + y) \text{ г.}$$

Складаємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} 108(x + y) = 0,2160 \\ 188x + 235y = 0,4230 \end{cases}$$

В результаті розв'язку отримуємо:  $x=0,001$  моль;  $y=0,001$  моль.

$$3. \quad m(\text{KBr}) = Mv = 119 \text{ г / моль} \cdot 0,001 \text{ моль} = 0,119 \text{ г.}$$

$$4. \quad m(\text{KI}) = Mv = 166 \text{ г / моль} \cdot 0,001 \text{ моль} = 0,166 \text{ г.} \quad \text{Звідки}$$

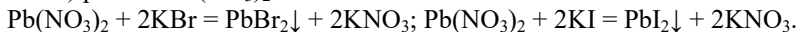
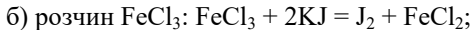
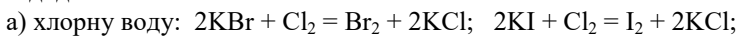
$$m(\text{NaNO}_3) = m(\text{суміші}) - [m(\text{KBr}) + m(\text{KI})] = 0,3850 - (0,119 + 0,166) = 0,1 \text{ г.}$$

$$5. \quad W(\text{KBr}) = \frac{0,119}{0,3850} = 0,3091 \text{ (30,91 \%);}$$

$$W(\text{KI}) = \frac{0,166}{0,3850} = 0,4312 \text{ (43,12 \%);}$$

$$W(\text{NaNO}_3) = \frac{0,1}{0,3850} = 0,2597 \text{ (25,97 \%)}.$$

6. Рівняння реакцій, якщо до водного розчину вихідної суміші солей додати

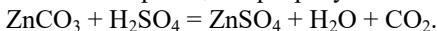


**3.27 (9-2000).** 1. Знаходимо кількість речовини  $\text{H}_2\text{SO}_4$ :

$$m(\text{розчину } \text{H}_2\text{SO}_4) = 80 \cdot 1,22 = 97,6 \text{ (г)}.$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,3 \cdot 97,6 = 29,28 \text{ (г)}. \quad v(\text{H}_2\text{SO}_4) = 29,28 : 98 \approx 0,30 \text{ (моль)}.$$

2. Рівняння реакції та розрахунки на його основі:



$$M(\text{ZnSO}_4) = 161 \text{ г/моль}; \quad M(\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 287 \text{ г/моль}.$$

У результаті реакції утворилося 0,3 моль, або  $0,3 \cdot 161 = 48,3$  (г)  $\text{ZnSO}_4$ , а розчинили в кислоті  $0,3 \cdot 125 = 37,5$  (г)  $\text{ZnCO}_3$ , при цьому виділилось  $0,3 \cdot 44 = 13,2$  (г)  $\text{CO}_2$ .

$$3. \quad \text{Маса кінцевої суміші: } 97,6 + 37,5 - 13,2 = 121,9 \text{ (г)}.$$

3. Масова частка  $\text{ZnSO}_4$  в кристалогідраті  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  рівна  $161/287=0,557$

4. Представимо умову задачі та отримані дані у формі такої схеми-таблиці:

|                                      | Кінцева система |                       |                         |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------------|-------------------------|
|                                      | m, г            | W(ZnSO <sub>4</sub> ) | m(ZnSO <sub>4</sub> ) г |
| розчин ZnSO <sub>4</sub>             | x               | 0,294                 | 0,294x                  |
| ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O | y               | 0,557                 | 0,557y                  |
| Σ                                    | 121,9           |                       | 48,3                    |

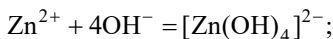
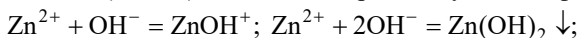
5. На основі представлених результатів складаємо систему рівнянь

$$\begin{cases} x + y = 121,9 \\ 0,294x + 0,557y = 48,3 \end{cases}$$

В результаті розв'язку отримуємо  $y = 47,38$  г.

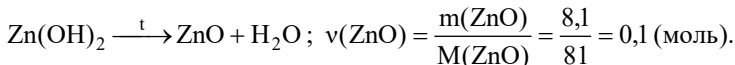
Таким чином, в осад випаде (закристалізується) 47,38 г ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O.

**3.28 (9-2001).** 1. Рівняння реакцій у йонній формі:



$$\begin{aligned} 2. \quad v(\text{Zn}^{2+}) = v(\text{ZnCl}_2) &= \frac{m(\text{ZnCl}_2)}{M(\text{ZnCl}_2)} = \frac{m_{\text{р-ну}}(\text{ZnCl}_2) \cdot W(\text{ZnCl}_2)}{M(\text{ZnCl}_2)} = \\ &= \frac{500 \cdot 0,0544}{136} = 0,2 \text{ (моль)} \end{aligned}$$

3. При прожарюванні осаду утворюється цинк оксид:



4. Згідно приведених рівнянь реакцій та отриманих результатів з 0,2 моль Zn<sup>2+</sup> в осад переходить 0,1 моль, на що витрачається 0,2 моль луку.

5. В розчині знаходиться:

а) 0,1 моль ZnOH<sup>+</sup>; загальна кількість і концентрація луку –

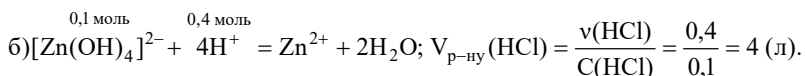
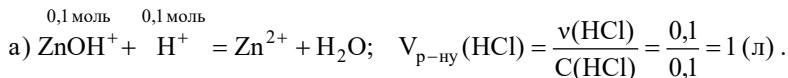
$$v(\text{OH}^-) = 0,2 + 0,1 = 0,3 \text{ (моль)}; \quad C(\text{NaOH}) = \frac{v(\text{NaOH})}{V_{\text{р-ну}}(\text{NaOH})} = \frac{0,3}{0,3} = 1 \text{ (моль/л)}.$$

б) 0,1 моль [Zn(OH)<sub>4</sub>]<sup>2-</sup>; загальна кількість і концентрація луку –

$$v(\text{OH}^-) = 0,2 + 0,4 = 0,6 \text{ (моль)}; \quad C(\text{NaOH}) = \frac{v(\text{NaOH})}{V_{\text{р-ну}}(\text{NaOH})} = \frac{0,6}{0,3} = 2 \text{ (моль/л)}.$$

6. Об'єм 0,1 моль/л розчину HCl, потрібний для переведу вмісту маточного розчин в ZnCl<sub>2</sub>:



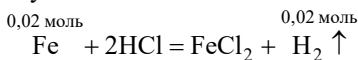


### 3.29 (10-1994).

1. Маса та кількість речовини заліза, що міститься в суміші:

$$m(\text{Fe}) = 0,07 \cdot 16 \text{ г} = 1,12 \text{ г}; \quad v(\text{Fe}) = \frac{m(\text{Fe})}{M(\text{Fe})} = \frac{1,12 \text{ г}}{56 \text{ г/моль}} = 0,02 \text{ моль}.$$

2. Рівняння реакції взаємодії заліза з соляною кислотою та розрахунки на його основі:



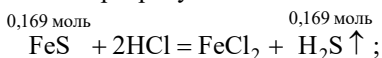
$$v(\text{H}_2) = v(\text{Fe}) = 0,02 \text{ моль};$$

$$V(\text{H}_2) = v(\text{H}_2) \cdot V_m = 0,02 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 0,448 \text{ л}.$$

$$3. \quad m(\text{FeS}) = 16 - 1,12 = 14,88 \text{ (г)}.$$

$$4. \quad v(\text{FeS}) = \frac{m(\text{FeS})}{M(\text{FeS})} = \frac{14,88}{88} = 0,169 \text{ (моль)}.$$

5. Рівняння реакції взаємодії ферум(II) сульфідом з соляною кислотою та розрахунки на його основі:



$$v(\text{H}_2\text{S}) = v(\text{FeS}) = 0,169 \text{ моль};$$

$$V(\text{H}_2\text{S}) = v(\text{H}_2\text{S}) \cdot V_m = 0,169 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 3,79 \text{ л}.$$

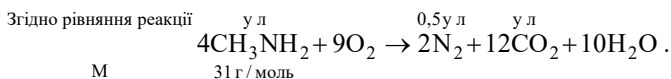
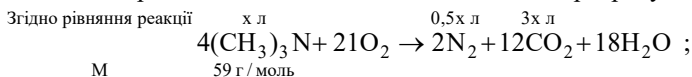
6. Об'єм і склад утвореної газової суміші:

$$V(\text{c}) = V(\text{H}_2\text{S}) + V(\text{H}_2) = 3,79 + 0,448 = 4,238 \text{ (л)}$$

$$\varphi(\text{H}_2\text{S}) = 3,79/4,238 = 0,8943; \quad \varphi(\text{H}_2) = 0,1057.$$

### 3.30 (10-1994).

1. Рівняння реакцій з введеними позначеннями та розрахунками:



2. На основі представлених даних і рівнянь реакцій можемо записати таке рівняння:  $\frac{3x + y}{0,5x + 0,5y} = 4,4$ . Звідки  $x = 1,5y$ .

Тоді загальний об'єм утвореної газової суміші:  
 $x + y = 1,5y + y = 2,5y$  (л).

3. Визначимо об'ємні частки метиламіну та триметиламіну:

$$\varphi(\text{CH}_3\text{NH}_2) = \frac{y}{2,5y} = 0,4; \quad \varphi(\text{CH}_3)_3\text{N} = \frac{1,5y}{2,5y} = 0,6.$$

4. Щоб знайти масові частки компонентів, візьмемо 1 моль їх газової суміші. Тоді

$$m(\text{CH}_3\text{NH}_2) = \nu(\text{CH}_3\text{NH}_2) \cdot M(\text{CH}_3\text{NH}_2) = 0,4 \cdot 31 = 12,4 \text{ (г)};$$

$$m[(\text{CH}_3)_3\text{N}] = \nu[(\text{CH}_3)_3\text{N}] \cdot M[(\text{CH}_3)_3\text{N}] = 0,6 \cdot 59 = 35,4 \text{ (г)};$$

$$m(c) = m(\text{CH}_3\text{NH}_2) + m[(\text{CH}_3)_3\text{N}] = 35,4 + 12,4 = 47,8 \text{ (г)};$$

$$W(\text{CH}_3\text{NH}_2) = \frac{m(\text{CH}_3\text{NH}_2)}{m(c)} = \frac{12,4}{47,8} = 0,259 \text{ (25,9 \%)};$$

$$W[(\text{CH}_3)_3\text{N}] = 0,741 \text{ (71,4 \%)}.$$

**3.31 (10-1995).** 1. Парціальний тиск газів **1** і **2** у суміші **A**:

$$p_A(1) = \frac{\nu_A(1)RT}{V} = 80 \text{ кПа}; \quad p_A(2) = \frac{\nu_A(2)RT}{V} = 120 \text{ кПа}.$$

2. Парціальний тиск газів **1** і **2** у суміші **B**:

$$p_B(1) = \frac{\nu_B(1)RT}{2V} = 40 \text{ кПа}; \quad p_B(2) = \frac{\nu_B(2)RT}{2V} = 160 \text{ кПа}.$$

3. Утворилась суміш **C**, загальний тиск в якій складається із парціальних тисків газів **1** і **2**:  $p_C = p_C(1) + p_C(2)$ .

4. Загальний об'єм утвореної суміші дорівнює:

$$V_C = V_A + V_B = V + 2V = 3V.$$

5. Знайдемо парціальні тиски газів у суміші **C**:

$$p_C(1) = \frac{\nu_C(1)RT}{3V} = \frac{[\nu_A(1) + \nu_B(1)]RT}{3V} = \frac{\left(\frac{80V}{RT} + \frac{80V}{RT}\right)RT}{3V} = \frac{160}{3} = 53,33 \text{ (кПа)}.$$

$$p_C(2) = \frac{\nu_C(2)RT}{3V} = \frac{[\nu_A(2) + \nu_B(2)]RT}{3V} = \frac{\left(\frac{120V}{RT} + \frac{320V}{RT}\right)RT}{3V} = \frac{440}{3} = 146,67 \text{ (кПа)}.$$

$$p_C = p_C(1) + p_C(2) = 53,3 + 146,67 = 200 \text{ (кПа)}.$$

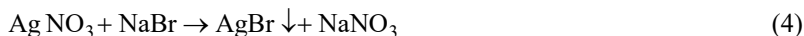
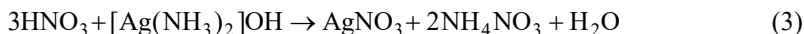
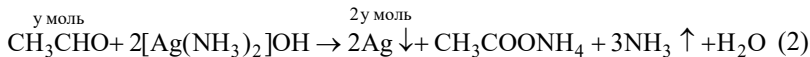
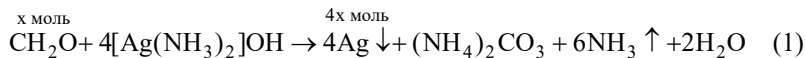
6. Отже, після видалення перегородки тиск не змінився.

**3.32 (10-1997).** 1. Введемо позначення:

$v(\text{CH}_2\text{O}) = x$  моль;  $v(\text{CH}_3\text{CHO}) = y$  моль.

$m(\text{CH}_2\text{O}) = 30x$  г;  $m(\text{CH}_3\text{CHO}) = 44y$  г.

Рівняння реакцій:



2. Вихідна кількість речовини  $\text{AgNO}_3$ :

$$v(\text{AgNO}_3) = \frac{m_{\text{р-ну}}(\text{AgNO}_3) \cdot W(\text{AgNO}_3)}{M(\text{AgNO}_3)} = \frac{500 \cdot 0,272}{170} = 0,8 \text{ (моль)}.$$

3. Кількість речовини  $\text{NaBr}$ , що прореагувала з надлишком  $\text{AgNO}_3$  і кількість речовини  $\text{AgBr}$ , що при цьому утворилось:

$$v(\text{AgBr}) = v(\text{NaBr}) = \frac{m_{\text{р-ну}}(\text{NaBr}) \cdot W(\text{NaBr})}{M(\text{NaBr})} = \frac{200 \cdot 0,103}{103} = 0,2 \text{ (моль)}.$$

4. Кількість речовини  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ , що прореагувала з альдегідами рівна кількості речовини  $\text{AgNO}_3$ , а та в свою чергу  $(0,8 - 0,2) = 0,6$  (моль).

5. На основі отриманих даних складаємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} 30x + 44y = 7,4 \\ 2x + y = 0,6 \end{cases}$$

В результаті розв'язку отримуємо:  $x=0,1$  моль;  $y=0,1$  моль.

6. Масові частки альдегідів:

$$W(\text{CH}_2\text{O}) = \frac{m(\text{CH}_2\text{O})}{m(\text{суміші})} = \frac{v(\text{CH}_2\text{O}) \cdot M(\text{CH}_2\text{O})}{m(\text{суміші})} = \frac{0,1 \cdot 30}{7,4} = 0,4054;$$

$$W(\text{CH}_3\text{CHO}) = \frac{m(\text{CH}_3\text{CHO})}{m(\text{суміші})} = \frac{v(\text{CH}_3\text{CHO}) \cdot M(\text{CH}_3\text{CHO})}{m(\text{суміші})} = \frac{0,1 \cdot 44}{7,4} = 0,5946.$$

**3.33 (10-2000).** 1. Рівняння констант дисоціації сірководню:

$$K_{\mathcal{D}_1}(\text{H}_2\text{S}) = \frac{[\text{H}^+][\text{HS}^-]}{[\text{H}_2\text{S}]}; \quad K_{\mathcal{D}_2}(\text{H}_2\text{S}) = \frac{[\text{H}^+][\text{S}^{2-}]}{[\text{HS}^-]};$$

$$\frac{[\text{H}^+][\text{HS}^-]}{[\text{H}_2\text{S}]} = K_{\mathcal{D}_1} \cdot K_{\mathcal{D}_2} = 1,16 \cdot 10^{-20} \text{ (моль/л)}^2.$$

2. Знайдемо  $[\text{H}^+]$ , за якої практично повне осадження  $\text{Zn}^{2+}$ :

$$([\text{Zn}^{2+}] = 10^{-6} \text{ моль/л}) : [\text{S}^{2-}] = K_{S_0}(\text{ZnS}) : [\text{Zn}^{2+}] = 1,6 \cdot 10^{-18} \text{ моль/л.}$$

3. Знайдену величину підставляємо у формулу для  $[\text{H}^+]$ , вважаючи, що  $[\text{H}_2\text{S}]$  дорівнює розчинності  $\text{H}_2\text{S}$  (0,10 моль/л):

$$[\text{H}^+] = \sqrt{1,16 \cdot 10^{-20} \cdot \frac{0,1}{1,6 \cdot 10^{-18}}} = 0,027 \text{ (моль/л); } \text{pH} = -\lg [\text{H}^+] = 1,57.$$

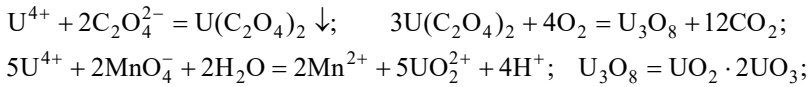
4. Обчислимо  $[\text{H}^+]$ , за якої осадження  $\text{Fe}^{2+}$  не відбувається ( $[\text{Fe}^{2+}] = 0,01$  моль/л). За цих умов  $[\text{Fe}^{2+}][\text{S}^{2-}] < K_{S_0}(\text{FeS})$ .

Звідси  $[\text{S}^{2-}] < K_{S_0} : [\text{Fe}^{2+}] < 5,0 \cdot 10^{-16}$  моль/л. Відповідно:

$$[\text{H}^+] > \sqrt{1,16 \cdot 10^{-20} \cdot \frac{0,1}{5,0 \cdot 10^{-16}}} > 1,52 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л; } \text{pH} < 2,8.$$

Отже, шуканий інтервал pH:  $1,57 < \text{pH} < 2,8$ .

**3.35 (10-2001).** 1. Рівняння реакцій:



2. Масова частка Урану в руді за даними двох аналізів:

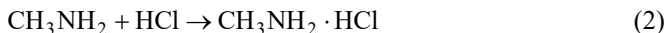
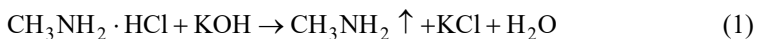
$$\begin{aligned} W_1(\text{U}) &= \frac{m(\text{U})}{m(\text{руді})} = \frac{W_0(\text{U}) \cdot m(\text{U}_3\text{O}_8)}{m(\text{руді})} = \frac{3A_r(\text{U}) / M(\text{U}_3\text{O}_8) \cdot m(\text{U}_3\text{O}_8)}{m(\text{руді})} = \\ &= \frac{714 \cdot 0,3522}{842 \cdot 0,4978} = 0,6. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_1(\text{U}) &= \frac{m(\text{U})}{m(\text{руді})} = \frac{v(\text{U}^{4+}) \cdot M(\text{U})}{m(\text{руді})} = \frac{5/2 v(\text{Mn}^{2+}) \cdot M(\text{U})}{m(\text{руді})} = \\ &= \frac{5/2 C(\text{Mn}^{2+}) \cdot V_p(\text{Mn}^{2+}) \cdot M(\text{U})}{m(\text{руді})} = \frac{5 \cdot 0,02 \text{ моль/л} \cdot 0,025 \text{ л} \cdot 238 \text{ г/моль}}{2 \cdot 0,4958 \text{ г}} = 0,6 \end{aligned}$$

3. Маса руди, яку слід переробити, щоб добути 0,2 г радію:

$$\begin{aligned} \frac{m(\text{Ra})}{m(\text{U})} &= \frac{3,4}{10000000}; & m(\text{U}) &= m(\text{Ra}) \cdot \frac{10000000}{3,4}; & W_1(\text{U}) &= \frac{m(\text{U})}{m(\text{руді})}; \\ m(\text{руді}) &= \frac{m(\text{Ra}) \cdot \frac{10000000}{3,4}}{W_1(\text{U})} = \frac{0,2 \cdot 10000000}{0,6 \cdot 3,4} \approx 1,0 \cdot 10^6 \text{ (г)} = 1 \text{ (т)}. \end{aligned}$$

**3.36 (11-1992).** Рівняння реакцій із результатами, проведених нижче розрахунків:



1. Вихідна кількість речовини HCl:

$$v(\text{HCl}) = C(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}) = 0,5 \cdot 0,02 = 0,01 \text{ (моль)}$$

2. Кількість речовини луку, що витратили на титрування надлишку кислоти:

$$v(\text{NaOH}) = C(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH}) = 0,5 \cdot 0,0103 = 0,00515 \text{ (моль)}$$

3. Кількість речовини HCl, що прореагувала з метиламіном:

$$v(\text{HCl}) = 0,01 - 0,00515 = 0,00485 \text{ (моль)}$$

4. Згідно рівнянь реакцій (1), (2)

$$v(\text{CH}_3\text{NH}_2) = v(\text{HCl}) = v(\text{CH}_3\text{NH}_2 \cdot \text{HCl}) = 0,00485 \text{ (моль)}$$

5. Маса солянокислого метиламіну

$$m(\text{CH}_3\text{NH}_2 \cdot \text{HCl}) = v(\text{CH}_3\text{NH}_2 \cdot \text{HCl}) \cdot M(\text{CH}_3\text{NH}_2 \cdot \text{HCl}) = \\ = 0,00485 \text{ моль} \cdot 67,5 \text{ г/моль} = 0,3274 \text{ г}$$

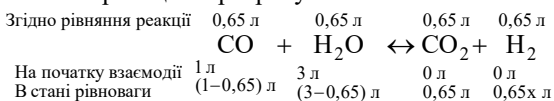
6. Масова частка солянокислого метиламіну в технічному продукті  
рівна  $W(\text{CH}_3\text{NH}_2 \cdot \text{HCl}) = 0,3274/0,3765 \approx 0,87$ .

### 3.37 (11-1994).

1. Введемо позначення:  $V(\text{CO}_2) = 1 \text{ л}$ ;  $V(\text{H}_2\text{O}) = 3 \text{ л}$ .

2. Прореагувало карбон(II) оксиду 65 %, або 0,65 л:

Рівняння реакції та розрахунки на його основі:



3. Об'єм суміші в стані рівноваги

$$V(c) = 0,35 + 2,3 + 0,65 + 0,65 = 4,00 \text{ (л)}$$

4. Об'ємні частки газів у рівноважній суміші

$$\varphi(\text{CO}) = 0,35 / 4,00 = 0,0875; \quad \varphi(\text{H}_2\text{O}) = 2,35 / 4,00 = 0,5875;$$

$$\varphi(\text{H}_2) = \varphi(\text{CO}_2) = 0,65 / 4,00 = 0,1625.$$

5. Знаходимо масу одного моля рівноважної газової суміші:

$$m(c) = m(\text{CO}) + m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{H}_2) + m(\text{CO}_2);$$

$$m(\text{CO}) = v(\text{CO}) \cdot M(\text{CO}) = 0,0875 \text{ моль} \cdot 28 \text{ г/моль} = 2,45 \text{ г};$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = v(\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{H}_2\text{O}) = 0,5875 \text{ моль} \cdot 18 \text{ г/моль} = 10,575 \text{ г};$$

$$m(\text{H}_2) = v(\text{H}_2) \cdot M(\text{H}_2) = 0,1625 \text{ моль} \cdot 2 \text{ г/моль} = 0,325 \text{ г};$$

$$m(\text{CO}_2) = v(\text{CO}_2) \cdot M(\text{CO}_2) = 0,1625 \text{ моль} \cdot 44 \text{ г/моль} = 7,15 \text{ г};$$

$$m(c) = 2,45 + 10,575 + 0,325 + 7,17 = 20,5 \text{ (г)}.$$

6. Масові частки газів у рівноважній суміші:

$$W(\text{CO}) = 2,45/20,5 = 0,120; \quad W(\text{CO}_2) = 7,15/20,5 = 0,349;$$

$$W(\text{H}_2\text{O}) = 10,575/20,5 = 0,516; \quad W(\text{H}_2) = 0,325/20,5 = 0,015.$$

### 3.38 (11-1994).

1. Знаходимо масові частки Нітрогену в моно-, ди- та тринітроцелюлозі:

$$W_1(\text{N}) = \frac{A_r(\text{N})}{M_r[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{OH})_2\text{ONO}_2]} = \frac{14}{207} = 0,0676;$$

$$W_2(\text{N}) = \frac{2A_r(\text{N})}{M_r[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{OH})(\text{ONO}_2)_2]} = \frac{2 \cdot 14}{252} = 0,1111;$$

$$W_3(\text{N}) = \frac{3 \cdot A_r(\text{N})}{M_r[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{ONO}_2)_3]} = \frac{3 \cdot 14}{297} = 0,1414.$$

Таким чином, на основі аналізу отриманих результатів та умови задачі, можна зазначити, що утворений полімер складається з елементарних ланок моно- та динітроцелюлози.

2. Нехай: маса полімеру – 100 г;  $x$  – кількість речовини елементарних ланок мононітроцелюлози;  $y$  – кількість речовини елементарних ланок динітроцелюлози.

Складаємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} 207x + 252y = 100 \\ 14x + 28y = 10,18 \end{cases} \quad \text{В результаті розв'язування: } y : x = 3 : 1. \text{ Отже,}$$

елементарна ланка утвореного полімеру складається з одного залишку моно- і трьох залишків динітроцелюлози.

3. Число ізомерних ланок такого полімеру дорівнює:

$$\frac{4!}{1!3!} = \frac{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4}{1 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 3} = 4.$$

### 3.39 (11-1995).

1. Запишемо рівняння реакцій з введеними позначеннями:



2. З умови задачі можна зробити висновок, що після спалювання залишились однозначно аміак і азот (кисень не може бути в надлишку, бо тоді не було б аміаку в кінцевій суміші).

3. Об'єм та кількість речовини утвореного азоту:

$$V(N_2) = V(c) - V(NH_3) = 5,152 - 4,48 = 0,672 \text{ (л)};$$

$$\nu(N_2) = \frac{V(N_2)}{V_m} = \frac{0,672 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,03 \text{ моль.}$$

4. Згідно з рівнянням (1)  $0,5x = 0,03$ ;  $x = 0,06$ . 0,06 моль аміаку прореагувало з киснем, а залишилось  $4,48/22,4 = 0,2$  (моль).

5. Кількість речовини  $NH_3$  у вихідній суміші  $\nu(NH_3) = 0,06 + 0,2 = 0,26$  (моль).

6. Під час спалювання з наступним зведенням суміші до нормальних умов маса газоподібної частини зменшилась на масу утвореної води (розчиненням  $NH_3$  у воді нехтуємо). На підставі рівнянь реакцій (1) і (2) можна скласти таке рівняння:  $1,5 \cdot 0,06 \cdot 18 + 18y = 2,07$ , звідки  $y = 0,025$ ;  $\nu(H_2) = 0,025$  моль.

7. Згідно з рівняннями реакцій (1) і (2)

$$\nu(O_2) = 0,075 \cdot 0,06 + 0,5 \cdot 0,025 = 0,0575 \text{ (моль).}$$

8. Склад вихідної суміші:

$$V(NH_3) = \nu(NH_3) \cdot V_m = 0,26 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 5,824 \text{ л.}$$

$$V(H_2) = \nu(H_2) \cdot V_m = 0,025 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 0,56 \text{ л.}$$

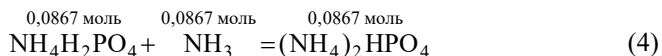
$$V(O_2) = \nu(O_2) \cdot V_m = 0,0575 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 1,288 \text{ л.}$$

9. В реакцію з фосфорною кислотою вступило 0,2 моль аміаку. Визначаємо кількість речовини  $H_3PO_4$ , склад і масу солей, які можна одержати при випарюванні розчину:

$$m_p(H_3PO_4) = \rho_p(H_3PO_4) \cdot V_p(H_3PO_4) = 1,11 \cdot 50 = 55,5 \text{ (г)};$$

$$m(H_3PO_4) = W(H_3PO_4) \cdot m_p(H_3PO_4) = 0,2 \cdot 55,5 = 11,1 \text{ (г)};$$

$$\nu(H_3PO_4) = \frac{m(H_3PO_4)}{M(H_3PO_4)} = \frac{11,1 \text{ г}}{98 \text{ г/моль}} = 0,1133 \text{ моль};$$



В залишку після випарювання розчину:

$$\nu(NH_4H_2PO_4) = 0,1133 - 0,0867 = 0,0266 \text{ (моль)};$$

$$\nu[(NH_4)_2HPO_4] = 0,0867 \text{ моль.}$$

$$m(NH_4H_2PO_4) = \nu(NH_4H_2PO_4) \cdot M(NH_4H_2PO_4) = 0,0266 \cdot 115 = 3,059 \text{ (г)} .$$

$$m[(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4] = \nu[(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4] \cdot M[(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4] = 0,0867 \cdot 132 = 11,444(\text{г})$$

### 3.40 (11-1995).

1. Введемо позначення:  $x$  – маса кристалічного цукру,  $y$  – маса 5 %-вого розчину цукру.

2. Наступну частину розв'язку представимо у формі схеми-таблиці:

| Кінцевий розчин | Вихідна система |          |             |             |
|-----------------|-----------------|----------|-------------|-------------|
|                 | м, г            | W(цукру) | m(цукру), г |             |
| W(цукру) = 0,6  | Розчин цукру    | $y$      | 0,05        | $0,05y$     |
|                 | Цукор           | $x$      | 1           | $x$         |
|                 | $\Sigma$        | $y + x$  |             | $0,05y + x$ |

3. Складаємо рівняння:

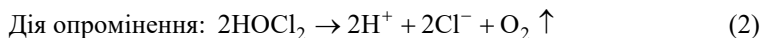
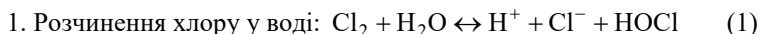
$$0,6 = \frac{x + 0,05y}{x + y}. \quad \text{В результаті його розв'язування дістанемо}$$

$$x : y = 11 : 8.$$

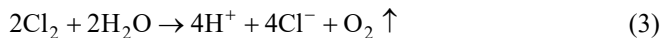
4. Методика виконання роботи наступна:

- зважити хімічний стакан;
- налити задану масу 5 %-вого розчину цукру (або довільну масу, а потім перерахувати на масу кристалічного цукру).
- додати до розчину відповідну масу кристалічного цукру.

### 3.41 (11-1997).



або сумарна реакція розчинення та наступного опромінення:



2. До опромінення згідно умови задачі та рівняння реакції (1):

$$[\text{H}^+] = [\text{Cl}^-] = [\text{HOCl}] = 10^{-1,5} = 0,032 \text{ (моль / л)}.$$

3. Після опромінення:  $[\text{H}^+] = [\text{Cl}^-] = 10^{-0,75} = 0,178 \text{ (моль / л)}.$

pH зростає за рахунок розкладу HOCl (2). Проходить зміщення рівноваги реакції (1) і залишковий хлор розчинюється згідно сумарної реакції (3).

4. Таким чином, згідно (3) всього розчинено хлору в 1 л розчину:  $\nu(\text{Cl}_2) = 0,5\nu(\text{H}^+) = 0,178 / 2 = 0,089 \text{ (моль)}.$

5. В стані рівноваги, що відповідає (1) перебувало хлору



$$[\text{Cl}_2] = 0,089 - 0,032 = 0,057 \text{ (моль / л)}.$$

6. Константа рівноваги:

$$K = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{Cl}^-] \cdot [\text{HOCl}]}{[\text{Cl}_2]} = \frac{0,032^3}{0,057} = 5,7 \cdot 10^{-4} \text{ (моль}^2 \text{ / л}^2\text{)}.$$

7. Розчинність хлору у воді рівна:

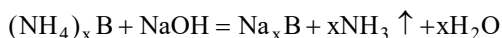
$$S(\text{Cl}_2) = v(\text{Cl}_2) \cdot V_m = 0,089 \cdot 22,4 = 1,9936 \approx 2,0 \text{ (л)}.$$

Тобто розчинність хлору досягає 2 об'єми хлору на один об'єм води при 25 °С.

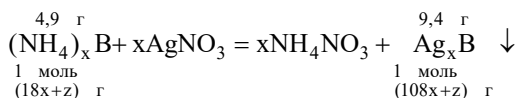
8. У молекулі O<sub>2</sub> два неспарених електрони містяться на двох π-розрихляючих орбіталях.

#### 4. ВСТАНОВЛЕННЯ СКЛАДУ РЕЧОВИН НА ОСНОВІ КІЛЬКІСНИХ РОЗРАХУНКІВ

**4.1 (8-1992).** 1. Позначимо невідому речовину A<sub>x</sub>B<sub>y</sub>. Оскільки при дії розчином луку NaOH виділяється газ з різким запахом, то ця речовина може містити амонійну групу. В такому випадку можлива формула (NH<sub>4</sub>)<sub>x</sub>B і зазначена взаємодія проходить згідно наступного рівняння:



2. Взаємодія (NH<sub>4</sub>)<sub>x</sub>B з аргентум(I) нітратом:



В результаті розв'язку рівняння

$$\frac{4,9}{18x+z} = \frac{9,4}{108x+z} \text{ при } x=1 \text{ отримуємо } z=80. \text{ Отже, невідомий}$$

елемент Бром, а формула речовини NH<sub>4</sub>Br амоній бромід.

**4.2 (8-1993).** 1. Введемо позначення: Me - невідомий метал; x - молярна маса невідомого металу. Рівняння реакції:

