

Розв'язки завдань
I етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади
з хімії у 2025-2026 навчальному році
(9 клас)

Дата проведення: 1 листопада 2025 року

Час виконання: 3 години

Максимальна кількість балів: 50 балів

1. Шляхом змішування 2 л 10%-ного розчину калій гідроксиду густиною $1,08 \text{ г/см}^3$, 1 л 3 М розчину калій гідроксиду й розчину КОН, отриманого розчиненням деякої кількості твердого луку, приготували 4 л розчину. Для нейтралізації проби цього розчину об'ємом 10 мл було використано 24 мл 1 н. НСІ.

Обчисліть нормальну концентрацію отриманого розчину й встановіть, яка кількість твердого калій гідроксиду була додана в процесі його приготування. (10 балів)

Розв'язок

Визначення нормальної концентрації кінцевого розчину: (2 бали)

$$C_{\text{н}}(\text{KOH}) \cdot V(\text{KOH})_{\text{проба}} = C_{\text{н}}(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl})$$

$$C_{\text{н}}(\text{KOH}) = \frac{C_{\text{н}}(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl})}{V(\text{KOH})_{\text{проба}}} = \frac{1 \text{ н} \cdot 24 \text{ мл}}{10 \text{ мл}} = 2,4 \text{ н}$$

Розрахунок кількості КОН в розчинах.

Загальна кількість еквівалентів КОН у кінцевому розчині: (1 бал)

$$\nu_{\text{екв}}(\text{KOH})_{\text{заг}} = C_{\text{н}}(\text{KOH}) \cdot V_{\text{заг}} = 2,4 \text{ н} \cdot 4 \text{ л} = 9,6 \text{ моль-екв}$$

Перший розчин (3 бали)

Маса розчину	$m_{\text{розч. 1}} = V_1 \cdot \rho_1 = 2000 \text{ см}^3 \cdot 1,08 \text{ г/см}^3 = 2160 \text{ г}$
--------------	--

Маса КОН	$m(\text{KOH})_1 = m_{\text{розч. 1}} \cdot \omega_1 = 2160 \text{ г} \cdot 0,10 = 216 \text{ г}$
----------	---

Кількість КОН	$\nu(\text{KOH})_1 = \frac{216 \text{ г}}{56 \text{ г/моль}} \approx 3,857 \text{ моль}$
---------------	--

Другий розчин (1 бал)

$$\text{Кількість КОН} \quad \nu(\text{KOH})_2 = C_{\text{м},2} \cdot V_2 = 3 \text{ моль/л} \cdot 1 \text{ л} = \mathbf{3,0 \text{ моль}}$$

Розрахунок кількості доданого твердого КОН:

Кількість КОН, що була додана у вигляді твердого луку, дорівнює різниці між загальною кількістю КОН у кінцевому розчині та сумою КОН у перших двох розчинах:

Кількість молів КОН: **(1 бал)**

$$\nu(\text{KOH})_{\text{ТВ}} = \nu(\text{KOH})_{\text{заг}} - \nu(\text{KOH})_1 - \nu(\text{KOH})_2$$

$$\nu(\text{KOH})_{\text{ТВ}} = 9,6 \text{ моль} - 3,857 \text{ моль} - 3,0 \text{ моль} = 2,743 \text{ моль}$$

Маса КОН: **(2 бали)**

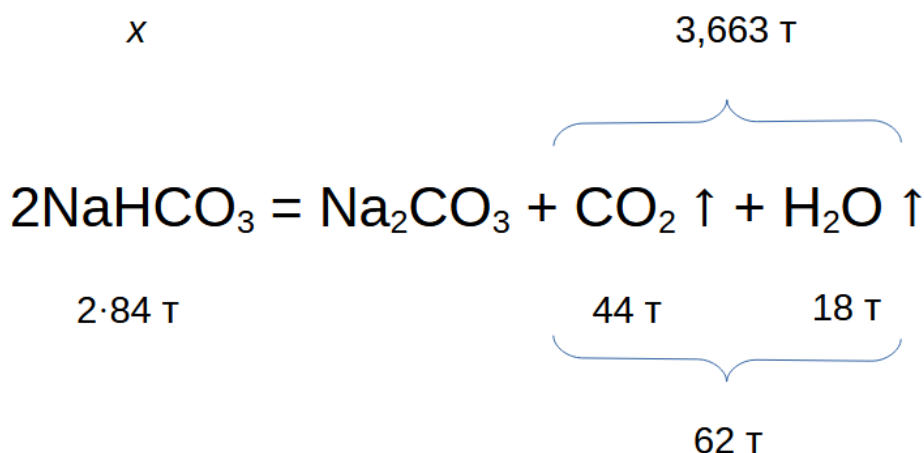
$$m(\text{KOH})_{\text{ТВ}} = \nu(\text{KOH})_{\text{ТВ}} \cdot M(\text{KOH})_{\text{ТВ}} = 2,743 \text{ моль} \cdot 56 \text{ г/моль} = 153,6 \text{ г}$$

2. На виробництві кальцинованої соди після прожарювання 10 т технічного натрій гідрокарбонату було одержано 6,337 т продукту. Розрахуйте вміст домішок у вихідній соді та у кальцинованій, вважаючи їх нелеткими. Що є основною домішкою при виробництві соди й чому? (10 балів)

Прожарювання технічного натрій гідрокарбонату є однією із стадій виробництва кальцинованої соди. Втрата маси при прожарюванні NaHCO_3 зумовлена виділенням у газову фазу вуглекислого газу та води.

$$\Delta m = 10 \text{ т} - 6,337 \text{ т} = 3,663 \text{ т} \quad \mathbf{(1 \text{ бал})}$$

Для розрахунку кількостей вихідного натрій гідрокарбонату та кальцинованої соди складаємо пропорції: **(3 бала)**



З яких знаходимо:

$$x = \frac{2 \cdot 84 \text{ м} \cdot 3,663 \text{ м}}{62 \text{ м}} = 9,926 \text{ м NaHCO}_3 \text{ (1 бал)}$$

Вміст домішок у вихідному NaHCO_3 :

$$\omega_{\text{домішок. поч.}} = \frac{10 \text{ м} - 9,926 \text{ м}}{10 \text{ м}} = 0,74 \% \text{ (1 бал)}$$

Маса домішок:

$$m_{\text{домішок}} = 10 \text{ м} - 9,926 \text{ м} = 0,074 \text{ м} \text{ (1 бал)}$$

Домішки залишаються в кінцевому продукті, тому вміст домішок у Na_2CO_3

$$\omega_{\text{домішок. кінц.}} = \frac{0,074 \text{ м}}{6,337 \text{ м}} = 1,17 \% \text{ (1 бал)}$$

Основна домішка: Натрій хлорид (NaCl) (1 бал), так як соду виробляють із кам'яної солі, й незначна її частина потрапляє в кінцевий продукт (1 бал).

3. Стічні води хімічного комбінату цілком відповідають санітарним нормам за вмістом нітратної кислоти (30 мг/л). Об'єм промислових стоків, що містять нітратну кислоту, складає щодобово 75 м³. Розрахуйте масову частку та молярну концентрацію нітратної кислоти у цих стоках. Який рН цих стоків? Скільки нітратної кислоти втрачається зі стоками щодобово? Яка маса вапняку щодобово потрібна для повної нейтралізації нітратної кислоти в стоках? (10 балів)

Розв'язок

Розрахунок масової частки нітратної кислоти:

Так як концентрація нітратної кислоти дуже мала, вона не вплине на густину розчину, приймемо $\rho = 1000 \text{ г/л}$.

$$\gamma(\text{HNO}_3) = 30 \text{ мг/л} = 0,03 \text{ г/л.}$$

$$\omega(\text{HNO}_3) = \frac{m(\text{HNO}_3)}{m_{\text{розчину}}} \cdot 100 \% = \frac{0,03 \text{ г}}{1000 \text{ г}} \cdot 100 \% = 0,003 \% \text{ (1 бал)}$$

Розрахунок молярної концентрації нітратної кислоти: (1 бал)

$$C_{\text{м}}(\text{HNO}_3) = \frac{\gamma(\text{HNO}_3)}{M(\text{HNO}_3)} = \frac{0,03 \text{ г/л}}{63 \text{ г/моль}} \approx 4,76 \cdot 10^{-4} \text{ М}$$

Розрахунок рН стоків (3 бали)

Нітратна кислота є сильною кислотою, тому концентрація іонів H^+ дорівнює молярній концентрації кислоти: $[\text{H}^+] = C_{\text{м}}(\text{HNO}_3)$.

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg(4,76 \cdot 10^{-4}) \quad \text{pH} \approx \mathbf{3,32}$$

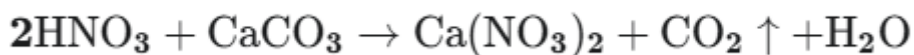
Розрахунок щодобової втрати нітратної кислоти **(1 бал)**

Об'єм стоків $V_{\text{доб.}} = 75 \text{ м}^3 = 75000 \text{ л}$.

$$m_{\text{втрати}} = 75000 \text{ л} \cdot 0,03 \text{ г/л} = 2250 \text{ г} = \mathbf{2,25 \text{ кг}}$$

Розрахунок маси вапняку для нейтралізації

Рівняння реакції нейтралізації **(2 бали)**



Розрахунок маси: **(2 бали)**

$$\nu(\text{HNO}_3)_{\text{доб.}} = \frac{m_{\text{втрати}}}{M(\text{HNO}_3)} = \frac{2250 \text{ г}}{63 \text{ г/моль}} \approx 35,71 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{CaCO}_3) = \frac{1}{2} \cdot \nu(\text{HNO}_3) = \frac{35,71 \text{ моль}}{2} \approx 17,86 \text{ моль}$$

$$m(\text{CaCO}_3) = \nu(\text{CaCO}_3) \cdot M(\text{CaCO}_3)$$

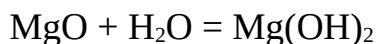
$$m(\text{CaCO}_3) = 17,86 \text{ моль} \cdot 100 \text{ г/моль} \approx 1786 \text{ г} = \mathbf{1,79 \text{ кг}}$$

4. Порошок магній оксиду масою 8 г ретельно перемішали з водою, до утвореного «молока» додавали розчин сульфатної кислоти доки весь MgO не розчинився й суміш не стала прозорою. З утвореного розчину випарили частину води, розчин масою 74 г залишили охолоджуватись. При 45°C у

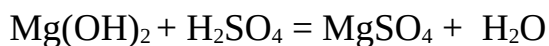
розчині почали з'являтися дрібні ромбічні кристали $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Розчин охолодили до 10°C , кристалічний осад відфільтрували. Чому MgO утворює молоко при змішуванні з водою? Що трапилось із розчином при 45°C і чому? Розрахуйте коефіцієнт розчинності MgSO_4 при цій температурі. Визначте масу утвореного осаду при 10°C , якщо коефіцієнт розчинності магній сульфату при 10°C становить 30 г на 100 г води. Для чого застосовується магній оксид та $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ в медицині? (10 балів)

Розв'язок

Магній оксид при перемішуванні з водою утворює дрібні часточки магній гідроксиду, тому його суспензія виглядає як молоко: **(1 бал)**



Магній гідроксид взаємодіє з сульфатною кислотою, утворюючи розчинний магній сульфат, тому розчин стає прозорим: **(1 бал)**



Розрахуємо масу утвореного MgSO_4 , враховуючи, що весь MgO переходить у MgSO_4 :



$$x = \frac{8 \text{ г} \cdot 120 \text{ г}}{40 \text{ г}} = 24 \text{ г } \text{MgSO}_4 \text{ **(1 бал)**}$$

Після випарювання надлишку води в 74 г розчину міститься 24 г MgSO_4 та $74 \text{ г} - 24 \text{ г} = 50 \text{ г}$ води. **(1 бал)**

При охолодженні до 45°C почали виділятися кристали, це означає, що розчин за цієї температури став насиченим, а розчинність MgSO_4 зменшується зі зменшенням температури. **(1 бал)**

Коефіцієнт розчинності MgSO_4 при 45°C становить, виходячи з пропорції:

24 г MgSO_4 -- 50 г води

$y = 48$ г MgSO_4 -- 100 г води.

48 г на 100 г води.

При охолодженні до 10°C в осад випадає кристалогідрат $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

Масова частка безводної солі в кристалогідраті становить:

$$\omega(\text{MgSO}_4) = \frac{M(\text{MgSO}_4)}{M(\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})} = \frac{120 \text{ г/моль}}{246 \text{ г/моль}} = 0.487$$

Масова частка води в кристалогідраті становить:

$$\omega(\text{H}_2\text{O}) = \frac{n \cdot M(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})} = \frac{7 \cdot 18 \text{ г/моль}}{246 \text{ г/моль}} = 0.513$$

При виділенні кристалогідрату в осад маса води в маточному розчині зменшується пропорційно масі кристалогідрату

Співвідношення солі до води в осаді:

$$R(\text{осад}) = \frac{m(\text{MgSO}_4, \text{осад})}{m(\text{H}_2\text{O}, \text{осад})} = \frac{M(\text{MgSO}_4)}{n \cdot M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{120 \text{ г/моль}}{7 \cdot 18 \text{ г/моль}} = 0.952$$

Співвідношення солі до води в маточному розчині:

Підставляємо значення ($m_{\text{А, крист}}$ — маса безводної солі, що випала в осад):

$$0,3 = \frac{24 - m_{\text{А, крист}}}{50 - \frac{m_{\text{А, крист}}}{0,9524}}$$

$$0,3 \cdot (50 - 1,05 \cdot m_{\text{А, крист}}) = 24 - m_{\text{А, крист}}$$

$$15 - 0,315 \cdot m_{\text{А, крист}} = 24 - m_{\text{А, крист}}$$

Переносимо члени:

$$m_{\text{А, крист}} - 0,315 \cdot m_{\text{А, крист}} = 24 - 15$$

$$0,685 \cdot m_{\text{А, крист}} = 9$$

$$m_{\text{А, крист}} = \frac{9}{0,685} \approx 13,139 \text{ г}$$

Розрахунок маси кристалогідрату: **(3 бали, одержана відповідь)**

$$m_{\text{осад}} = \frac{m_{\text{А, крист}}}{\omega_{\text{крист}}} = \frac{13,139 \text{ г}}{0,4878} \approx \mathbf{26,93 \text{ г}}$$

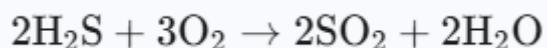
Магній Оксид використовується як антацидний засіб для нейтралізації надлишкової соляної кислоти у шлунку та лікування печії **(1 бал)**

MgSO₄ 7H₂O використовується як проносний засіб **(1 бал)**

5. Суміш, що складається з азоту та сірководню, має загальний об'єм 15 л (н.у.). При спалюванні цієї суміші в надлишку кисню утворилося 10 л (н.у.) сірчистого газу. Напишіть рівняння реакції горіння сірководню. Визначте об'ємну частку азоту та сірководню у вихідній суміші. Розрахуйте масову частку азоту у вихідній суміші. Який загальний об'єм кисню було витрачено? **(10 балів)**

Розв'язок

Рівняння реакції горіння: **(1 бал)**



Об'ємні частки:

За рівнянням, об'ємне співвідношення H₂S : SO₂ = 2:2 = 1:1.

Об'єм V(H₂S) = V(SO₂) = 10 л. **(1 бал)**

Об'єм N₂. Азот не вступає в реакцію горіння.

Його об'єм: V(N₂) = V(заг) - V(H₂S) = 15 л - 10 л = 5 л. **(1 бал)**

Об'ємні частки

φ(H₂S) = 10 л / 15 л = 66,67% **(1 бал)**

φ(N₂) = 5 л / 15 л = 33,33% **(1 бал)**

Маса азоту:

m(N₂) = 5 л · 28 г/моль / 22,4 л/моль = 6,25 г **(1 бал)**

Маса сірководню:

$$m(\text{H}_2\text{S}) = 10 \text{ л} \cdot 34 \text{ г/моль} / 22,4 \text{ л/моль} = 15,18 \text{ г} \text{ (1 бал)}$$

Масова частка азоту

$$\omega(\text{N}_2) = 6,25 \text{ г} / (6,25 \text{ г} + 15,18 \text{ г}) \cdot 100\% = 29\% \text{ (1 бал)}$$

Об'єм витраченого кисню **(2 бали)**

За рівнянням, об'ємне співвідношення $\text{H}_2\text{S} : \text{O}_2 = 2:3$.

$$V(\text{O}_2) = V(\text{H}_2\text{S}) \cdot 3/2 \quad V(\text{O}_2) = 10 \text{ л} \cdot 1,5 = 15 \text{ л}.$$