

ГРУПА 1 (легкі задачі, 40 балів)

Завдання 11.1.

Питання	1.1	Сума
Оцінка	10	10

1.1. Запишіть рівняння хімічних реакцій. Якщо реакція між сполуками не відбувається, зазначте це словами.

1	$\text{Na}_3\text{PO}_4 + 3\text{AgNO}_3 = 3\text{NaNO}_3 + \text{Ag}_3\text{PO}_4\downarrow$
2	$\text{Cu} + 4\text{HNO}_3(\text{конц.}) = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
3	$\text{NH}_4\text{NO}_2 \xrightarrow{t^0} \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
4	$\text{Zn} + 2\text{KOH} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{K}_2\text{Zn}(\text{OH})_4 + \text{H}_2$
5	$2\text{FeCl}_3 + \text{Sn} = 2\text{FeCl}_2 + \text{SnCl}_2$
6	$4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 = 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2$
7	$8\text{KMnO}_4 + 5\text{K}_2\text{S} + 12\text{H}_2\text{SO}_4 = 8\text{MnSO}_4 + 9\text{K}_2\text{SO}_4 + 12\text{H}_2\text{O}$ $2\text{KMnO}_4 + 5\text{K}_2\text{S} + 8\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{MnSO}_4 + 5\text{S} + 6\text{K}_2\text{SO}_4 + 8\text{H}_2\text{O}$ приймається за повний бал
8	$2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{I}_2 = \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6 + 2\text{NaI}$
9	$3\text{Si} + 4\text{HNO}_3 + 18\text{HF} = 3\text{H}_2\text{SiF}_6 + 4\text{NO} + 8\text{H}_2\text{O}$
10	$\text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{NaOH} = \text{реакція між сполуками не відбувається}$

Правильно записані продукти реакції оцінюються у 0,5 бали

Правильно розставлені коефіцієнти у реакції – 0,5 бали

Завдання 11.2.

Питання	2.1	Сума
Оцінка	10	10

Формули мінералів можна записувати у вигляді комбінації оксидів. Мінерал А містить три оксиди: кальцій оксид, сульфур оксид і водень оксид. Вміст у мінералі кальцій оксиду становить 38,63%, вміст водень оксиду - 6,21%. Вміст Сульфуру в мінералі – 22,09 %.

2.1. Визначте формулу цього мінералу.

Нехай формула мінералу $x\text{CaO} \cdot y\text{SO}_n \cdot z\text{H}_2\text{O}$. Визначимо спершу формулу сульфур оксиду: Масова частка Оксигену у сульфур оксиді становитиме: $100 - 38,63 - 6,21 - 22,09 = 33,07\%$, тоді $1:n = 22,09/32 : 33,07/16 = 1:3$, тобто мінерал містить SO_3 з масовою часткою 55,16%, Тоді $x:y:z = 38,63/56 : 55,16/80 : 6,21/18 = 0,69:0,69:0,345 = 2:2:1$, формулу мінералу можна представити у вигляді $2\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$
$2\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ чи $2\text{CaO} \cdot 2\text{SO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$

Вірна відповідь – 5 балів

Наявність розрахунку – 5 балів

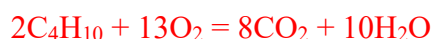
Завдання 11.3.

Питання	3.1	3.2	3.3	Сума
Оцінка	4	3	3	10

Для приготування їжі в умовах воєнного стану та морозної української зими можуть стати у нагоді портативні газові пальники, балони до яких заповнюються зрідженою сумішшю пропану і бутану. У процесі її аналізу було виявлено, що при спалюванні у кисні 1,00 л (н.у.) суміші утворюється 3,20 л (н. у.) вуглекислого газу.

3.1. Запишіть рівняння реакцій повного згоряння для пропану та бутану.

$\text{C}_3\text{H}_8 + 5\text{O}_2 = 3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$



3.2. Визначте об'ємну частку пропану в суміші.

Нехай $V(\text{пропану}) = x$ л, тоді $V(\text{бутану}) = (1-x)$ л.

Відповідно до об'ємних співвідношень $V(\text{CO}_2) = 3x + 4(1-x)$

$$3x + 4(1-x) = 3,2$$

$$x = 0,8$$

Таким чином об'ємна частка пропану складає 80%

3.3. Розрахуйте густину суміші за н.у.

$$M(\text{суміші}) = m(\text{сум})/V(\text{сум}) = (V(\text{бутану}) \cdot \rho(\text{бутану}) \cdot M(\text{бутану}) + V(\text{пропану}) \cdot \rho(\text{пропану}) \cdot M(\text{пропану})) / (V(\text{сум}) \cdot V_m) = 2,09 \text{ г/л}$$

Завдання 11.4.

Питання	4.1	4.2	Сума
Оцінка	5	5	10

Для весняної обробки дерев Ярилу Бальдровичу потрібно приготувати 100 л 2% розчину купрум(II) сульфату. Густину розчину прийміть рівною одиниці.

4.1. Яку масу безводного купрум(II) сульфату має замовити Ярило Бальдрович?

$$m(\text{CuSO}_4) = V \cdot \rho \cdot W = 2000 \text{ г}$$

Вірна відповідь – 5 балів

Оскільки на складі не знайшлося безводного купрум(II) сульфату, довелося замовляти мідний купорос.

4.2. Розрахуйте масу мідного купоросу, необхідну для приготування розчину.

$$n(\text{CuSO}_4) = 12,53 \text{ моль, тоді } n(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 12,53 \text{ моль, тоді } m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 3128 \text{ г}$$

Вірна відповідь – 2,5 бали

Наявність розрахунку – 2,5 бали

ГРУПА 2 (середні задачі, 30 балів)

Завдання 11.5.

Питання	5.1	5.2	Сума
Оцінка	5	5	10

До 2 л розчину CH_3COOH з густиною 1,03 г/мл і масовою часткою 20% додали 30 г CH_3COOH .

5.1. Розрахуйте масову частку (%) CH_3COOH в утвореному розчині.

$$\text{Знайдемо масу 20\% розчину: } 2000 \cdot 1,03 = 2060 \text{ г}$$

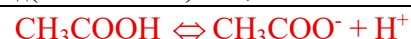
$$\text{Знайдемо масу кислоти в розчині: } 2060 \cdot 0,2 = 412 \text{ г}$$

$$\text{Знайдемо загальну масу кислоти в розчині: } 412 + 30 = 442 \text{ г}$$

$$\text{Знайдемо масу утвореного розчину: } 2060 + 30 = 2090 \text{ г}$$

$$\text{Знайдемо масову частку в утвореному розчині: } W = 442/2090 = 0,21 \text{ (21\%)}$$

5.2. Розрахуйте рН утвореного розчину, якщо об'єм розчину не змінився, а $K_d(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,8 \cdot 10^{-5}$.



$$K_d = [\text{H}^+]^2 / [\text{CH}_3\text{COOH}]$$

$$C(\text{CH}_3\text{COOH}) = (412 + 30) / (60 \cdot 2) = 3,68 \text{ (моль/л)}$$

$$[\text{H}^+] = [K_d \cdot C(\text{CH}_3\text{COOH})]^{0,5} = [1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 3,68]^{0,5} = 8,14 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{pH} = 2,09$$

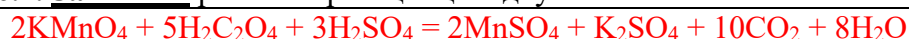
Завдання 11.6.

Питання	6.1	6.2	6.3	6.4	Сума
Оцінка	1	4	1	4	10

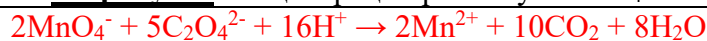
Кількісне визначення нітритів можна здійснити методом перманганатометрії, у якій як титрант застосовують розчин калій перманганату. Однак через нестабільність цього розчину під дією світла перед використанням його необхідно стандартизувати.

Наважку дигідрату щавлевої кислоти ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) масою 2,3601 г розчинили у воді та перенесли до мірної колби об'ємом 200,00 мл. Із мірної колби відібрали аліквоту об'ємом 10,00 мл і після додавання сульфатної кислоти відтитрували розчином KMnO_4 . Використали 15,45 мл титранту.

6.1. Запишіть рівняння реакції що відбулась.



6.2. Розрахуйте концентрацію розчину KMnO_4 .



Тоді: $2n(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}, \text{аліквота})/5 = n(\text{MnO}_4^-)$

$$n(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) = m(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})/M(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 2,3601 \text{ г}/126,065 \text{ г моль}^{-1} = 0,0187 \text{ моль}$$

$$n(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}, \text{аліквота}) = n(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})/20 = 9,35 \times 10^{-4} \text{ моль}$$

$$n(\text{MnO}_4^-) = 2 \times 9,35 \times 10^{-4} \text{ моль} / 5 = 3,74 \times 10^{-3} \text{ моль}$$

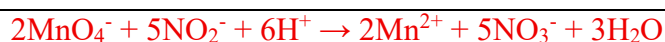
$$C(\text{MnO}_4^-) = n(\text{MnO}_4^-) / V(\text{MnO}_4^-) = 3,74 \times 10^{-3} \text{ моль} / 0,01545 \text{ л} = 0,242 \text{ М}$$

Зразок суміші нітриту та нітрату натрію масою 12,00 г розчинили у мірній колбі об'ємом 200,0 мл і довели об'єм водою до мітки. Отриманий розчин перелили в бюретку для титрування. Аліквоту попередньо стандартизованого (пункт 6.2.) розчину KMnO_4 об'ємом 50,00 мл перенесли до колби для титрування, додали 15 мл сульфатної кислоти, після чого розчин нагріли та відтитрували розчином, що містить NaNO_2 з невідомою концентрацією. На титрування було витрачено 18,21 мл цього розчину.

6.3. Запишіть рівняння реакції що відбулась.



6.4. Розрахуйте масову частку (%) NaNO_2 у зразку.



$$\text{Тоді: } n(\text{NO}_2^-, \text{титрування}) = 5n(\text{MnO}_4^-)/2 = 5C(\text{MnO}_4^-) \times V(\text{MnO}_4^-)/2 =$$

$$= 5/2 \times 0,242 \text{ М} \times 0,05000 \text{ л} = 0,00303 \text{ моль}$$

$$n(\text{NO}_2^-, \text{зразок}) = n(\text{NO}_2^-, \text{титрування}) \times (V(\text{мірна колба}) / V(\text{NO}_2^-, \text{титрування})) =$$

$$= 0,00303 \text{ моль} \times (200,00 \text{ мл} / 18,21 \text{ мл}) = 0,0332 \text{ моль}$$

$$m(\text{NaNO}_2, \text{зразок}) = n(\text{NO}_2^-, \text{зразок}) \times M(\text{NaNO}_2) = 0,0332 \text{ моль} \times 69,00 \text{ г моль}^{-1} =$$

$$= 2,291 \text{ г}$$

$$w(\text{NaNO}_2, \text{зразок}) = m(\text{зразок}) / (m(\text{зразок}) + m(\text{NaNO}_2, \text{зразок})) = 2,291 \text{ г} / 12,0000 \text{ г} = 0,1909$$

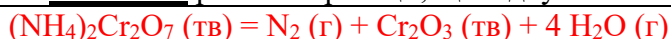
$$w(\text{NaNO}_2, \text{зразок}) = 19,09 \%$$

Завдання 11.7.

Питання	7.1	7.2	7.3	Сума
Оцінка	2	1+1+2	4	10

Серед яскравих і незабутніх хімічних дослідів особливе місце посідає термічний розклад амоній біхромату. Невелика гірка помаранчевого кристалічного порошку, щойно запалена, раптово «оживає»: вона розсипається, здіймаючи клуби газів і залишаючи після себе пористий темно-зелений «попіл» — хром(III) оксид. За дивовижну схожість цього процесу з природним виверженням вулкану дослід і отримав свою загальновідому назву — «хімічний вулкан».

7.1. **Запишіть** рівняння реакції, що відбувається.



7.2. **Розрахуйте** зміну ентальпії в ході реакції на 1 моль амоній біхромату, використовуючи наведені дані.

$\Delta_f H^0$	$N_2 (г)$	$Cr_2O_3 (тв)$	$H_2O (г)$	$(NH_4)_2Cr_2O_7 (тв)$
кДж/моль	0	-1128	-242	-1795

Сума ентальпії утворення продуктів: $4 \times \Delta_f H^0(H_2O) + \Delta_f H^0(Cr_2O_3) + \Delta_f H^0(N_2) = 4 \times (-242) + (-1128) + 0 = -2096$ кДж/моль

Сума ентальпії утворення реагентів: $\Delta_f H^0((NH_4)_2Cr_2O_7) = -1795$ кДж/моль

Зміна ентальпії в ході реакції: $-2096 - (-1795) = -301$ кДж/моль

7.3. **Розрахуйте**, скільки енергії (кДж) виділяється при розкладі 10 г амоній біхромату.

$n((NH_4)_2Cr_2O_7) = 0,04$ моль, тоді $Q = 0,04$ моль $\times 301$ кДж/моль = 11,94 кДж

ГРУПА 3 (складні задачі, 30 балів)

Завдання 11.8.

Питання	8.1	8.2	8.3	Сума
Оцінка	4*0,5+3*0,5	1+1+1+1	1+1+0,5	10

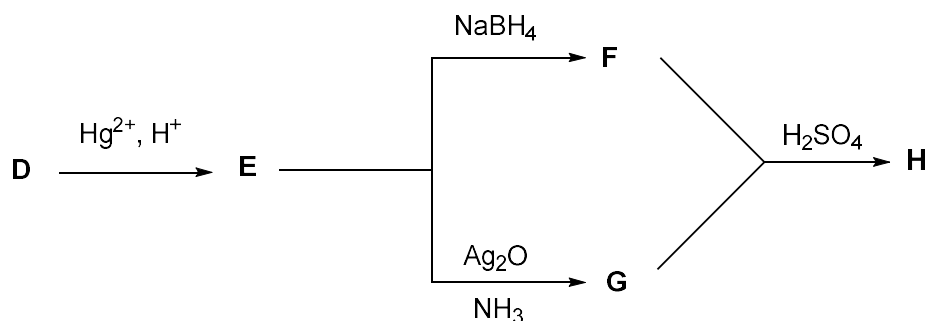
Бінарні речовини **A** та **B**, масові частки Карбону в яких складають 25,0 та 37,5 % відповідно, використовуються для лабораторного одержання вуглеводнів **C** та **D**. Відомо, що при піролізі газу **C** за температури 1500 °C утворюється газ **D**.

8.1. **Визначте** речовини **A-D** та **запишіть** згадані вище рівняння реакцій.

Для лабораторного одержання вуглеводнів використовуються карбіди, причому **D** утворюється піролізом **C** за температури 1500 °C, що наштовшує на думку, що **D** = C_2H_2 , а **C** = CH_4 . Таким чином можна припустити, що **A** = Al_4C_3 , **B** = CaC_2 , що підтверджується вмістом Карбону

A	Al_4C_3	B	CaC_2	C	CH_4	D	C_2H_2
$Al_4C_3 + 12H_2O = 4Al(OH)_3 + 3CH_4$							
$CaC_2 + 2H_2O = Ca(OH)_2 + C_2H_2$							
$2CH_4 = C_2H_2 + 3H_2$							

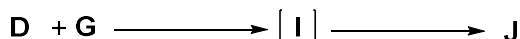
Газ **D** цікавий своєю реакційною здатністю, що дозволяє отримувати низку похідних. Наприклад, при взаємодії з водою за наявності солей Hg^{2+} можна одержати речовину **E**, з якої простими перетвореннями можна синтезувати речовину **H**, яка є відомим розчинником в органічному синтезі.



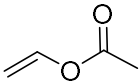
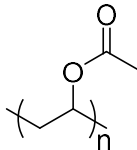
8.2. **Зобразіть** структурні формули речовин **E-H**

E	CH_3CHO	F	C_2H_5OH	G	CH_3COOH	H	$CH_3COOC_2H_5$
----------	-----------	----------	------------	----------	------------	----------	-----------------

Іншою цікавою особливістю вуглеводню **D** є взаємодія з **G** з утворенням нестійкої речовини **I**, яка полімеризується з утворенням речовини **J**.



8.3. Зобразіть структурні формули речовин **I** та **J**. Яка назва речовини **J**?

I		J	
Полівінілацетат			

Завдання 11.9.

Питання	9.1	9.2	9.3	9.4	Сума
Оцінка	2	1	3	1+1+4*0,5	10

Атмосферна хімія. Одним з парникових газів у земній атмосфері є елегаз (SF₆), об'ємна частка котрого складає 12 трильйонних часток (12 літрів на 10¹² літрів повітря). Практично весь сульфур гексафторид має антропогенне походження. Елегаз є надзвичайно інертною речовиною, тож накопичується в повітрі, де може існувати сотні років.

Маса земної атмосфери складає 5,15×10¹⁸ кг, середня «молярна маса» повітря – 29 г/моль.

9.1. Оцініть масу SF₆, випущеного людством в атмосферу.

Загальна кількість газів у земній атмосфері: $n = 5.15 \times 10^{18} \cdot 1000 / 29 = 1.78 \times 10^{20}$ моль Кількість SF ₆ : $1.78 \times 10^{20} \cdot 12 \times 10^{-12} = 2.13 \times 10^9$ моль Маса SF ₆ : $2.13 \times 10^9 \cdot 146.06 = 3.11 \times 10^{11}$ г = 3.11×10^8 кг = 3.11×10^5 т m = 311000 тонн
--

9.2. Запишіть рівняння реакції одержання SF₆ з простих речовин.

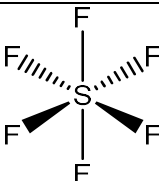
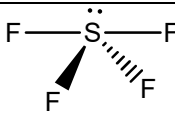
$S + 3 F_2 = SF_6$ або $S_8 + 24 F_2 = 8 SF_6$

9.3. Оцініть енергію зв'язку S-F в елегазі, якщо в процесі синтезу одного моля SF₆ виділяється 1206 кДж теплоти, енергія зв'язку F-F становить 158 кДж/моль, а S-S в молекулі S₈ – 240 кДж/моль.

$E(S-S) + 3E(F-F) + 1206 = 6E(S-F)$ $E(S-F) = (E(S-S) + 3E(F-F) + 1206) / 6 = 320$ кДж/моль
$E(S-F) = 320$ кДж/моль

9.4. Для SF₆ та SF₄ **наведіть** просторову будову молекул та **зазначте** гібридизацію центрального атома.

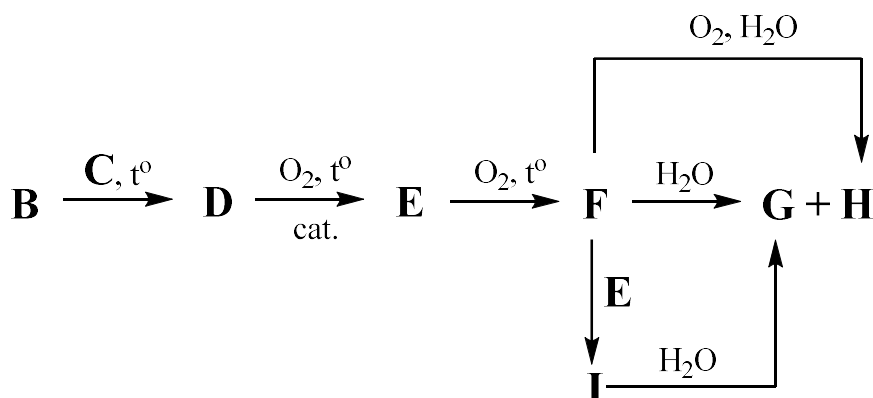
Параметр	SF ₆	SF ₄
----------	-----------------	-----------------

Просторова будова		
Геометрія молекули	Октаедр	Бісфеноїд (гойдалка, козли) чи тригональна біпіраміда з неподіленою електронною парою в екваторіальному положенні
Гібридизація	sp^3d^2	sp^3d

Завдання 11.10.

Питання	10.1	10.2	10.3	10.4	Сума
Оцінка	9*0,5	7*0,5	1	0,5+0,5	10

Такий знайомий неметал. Проста речовина **B**, що складається з неметалу **A**, вступає в реакцію з газом **C**, що має найменшу густину, даючи бінарну речовину **D** ($W(A) = 82,35\%$), що забарвлює вологий лакмусовий папірець у синій колір. При взаємодії **D** з киснем за наявності каталізатора утворюється безбарвний бінарний газ **E**, який під дією кисню повітря окиснюється до бурого газу **F**, котрий, у свою чергу, розчиняється у воді з утворенням двох кислот **G** та **H**. Якщо **F** взаємодіятиме з водою у присутності кисню, утвориться лише кислота **H**. Кислоту **G** можна одержати з оксиду **I**, в якому масова частка **A** становить 36,84 %. Оксид **I** утворюється при взаємодії оксидів **F** та **E**.



10.1. Визначте речовини B – I та неметал A.

З умови зрозуміло, що **C** = H_2 , тоді **D** має формулу AH_n . Відповідно до значення масової частки встановлюємо, що $n = 3$, а **A** = **N**.

A	B	C	D	E
N	N_2	H_2	NH_3	NO
F	G	H	I	
NO_2	HNO_2	HNO_3	N_2O_3	

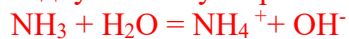
10.2. Запишіть рівняння наведених на схемі реакцій.

1	$\text{N}_2 + 3\text{H}_2 = 2\text{NH}_3$
2	$4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 = 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$ (за наявності каталізатора)

3	$2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$
4	$2\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HNO}_2 + \text{HNO}_3$
5	$4\text{NO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{HNO}_3$
6	$\text{NO} + \text{NO}_2 = \text{N}_2\text{O}_3$
7	$\text{N}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{HNO}_2$

10.3. Поясніть, чому газ **D** забарвлює вологий лакмусовий папірець у синій колір.

Відбувається утворення амоній гідроксиду:



10.4. Чи зміняться продукти взаємодії **D** з киснем за відсутності каталізатора? Якщо так, **запишіть** відповідне рівняння реакції.

