

**III етап Всеукраїнської учнівської хімічної олімпіади,
Харківська область, 2019/2020 навчальний рік**

11 клас, завдання та розв'язки

1. Суміш. Наважку суміші оксидів алюмінію та міді масою 7.955 г розчинили в стехіометричній кількості водного розчину хлоридної кислоти. Одержаний розчин розвели до об'єму 100 мл та занурили в нього залізну пластинку масою 5.000 г. Після закінчення реакції її маса збільшилася на 0.308 г.

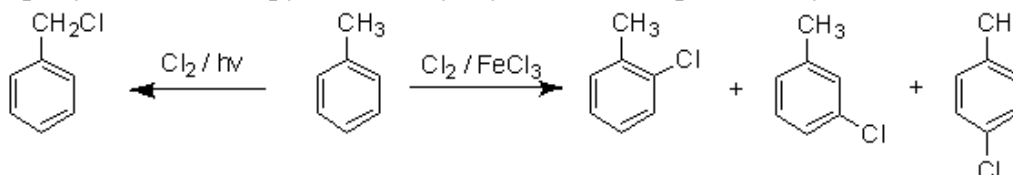
1. Запишіть рівняння хімічних реакцій, які згадано в умові задачі.
2. Розрахуйте склад вихідної суміші оксидів (в мас. %).
3. Розрахуйте молярну концентрацію всіх катіонів у розчині, вважаючи його об'єм незмінним протягом усіх перетворень.
4. Запишіть рівняння реакцій хлоридів з кінцевого розчину з розчином натрій гідроксиду.

2. Хлорування. Відомо, що хлорування ароматичних вуглеводнів може проходити двома шляхами, в залежності від умов реакції. Нижче наведено кількість моноклорпохідних, що можуть утворитися при хлоруванні чотирьох ізомерних аренів бензенового ряду **A-Г** ($w(C) = 90.0\%$) за обома варіантами умов.

Вуглеводень	A	B	B	Г
$Cl_2 / FeCl_3$	2	1	3	3
$Cl_2 / h\nu$ (освітлення)	2	1	3	1

1. Наведіть структури **A-Г** та продуктів їх моноклорування за згаданих умов, якщо ці вуглеводні не містять вторинних атомів карбону у бічних ланцюгах.
2. Скільки ще існує ароматичних вуглеводнів, ізомерних **A-Г**? Наведіть їх структури.

Підказка. Продукти моноклорування толуєну за обома варіантами умов наведені на схемі:



3. Алотропна термодинаміка. Відомі наступні термодинамічні величини:

Речовина	Ентальпія утворення (298 К, 100 кПа), кДж/моль	Стандартна ентропія (298 К, 100 кПа), Дж/моль·К
Алмаз	1.897	2.38
Графіт	0	5.74
O_2	0	205.0
CO_2	-393.51	213.7
CO	-110.52	197.5

1. Виходячи з даних таблиці, розрахуйте зміну ентальпії, ентропії, внутрішньої енергії, а також вільних енергій Гіббса та Гельмгольца для реакцій згоряння алмазу та графіту до CO та CO_2 , а також для переходу графіту в алмаз при температурі 298 К та тиску 100 кПа.

2. На основі одержаних значень визначте, яка з алотропних модифікацій вуглецю більш стабільна за температури 298 К та тиску 100 кПа.

3. Розрахуйте температуру, за якої при тиску 100 кПа графіт та алмаз будуть однаково стабільні термодинамічно.

4. Густина графіту та алмазу дорівнюють 2.2 та 3.5 г/см³, відповідно. Розрахуйте зміну молярного об'єму для реакції переходу графіту в алмаз.

5. Розрахуйте тиск, за якого при температурі 298 К графіт та алмаз будуть однаково стабільні термодинамічно.

4. Озон. Для знезараження питної води та очищення стічних вод широко застосовується технологія озонування. Дезінфікуюча і окислювальна ефективність озону в воді залежить від його концентрації, яка, в свою чергу, визначається швидкістю саморозкладу. Відомо, що в інтервалі рН від 4 до 8 кінетика розкладу озону в воді описується рівнянням реакції другого порядку. Було експериментально встановлено, що при 19 °С в даному діапазоні рН залежність величини $lg k$ (k – константа швидкості реакції) від величини рН носить лінійний характер і описується рівнянням:

$$lg k_{(pH)} = lg k_{(pH=4)} + 0.49(pH - 4).$$

Також відомо, що енергія активації реакції розкладу озону в воді становить 76 кДж/моль.

1. Розрахуйте середнє значення k (19 °С) при рН = 6, якщо за результатами експерименту були одержані такі дані:

$\tau_{1/2}$, с	190	330	600
$C_0(O_3)$, ммоль/дм ³	2.76	1.59	0.87

де $\tau_{1/2}$ – час зниження концентрації озону в два рази при його розкладі, а $C_0(O_3)$ – вихідна концентрація озону в воді.

2. Через який проміжок часу прореагує 25% озону при рН = 7 (19 °С)?

3. У скільки разів зміниться швидкість реакції розкладу озону в воді при рН = 7, якщо збільшити температуру з 19 °С до 35 °С?

5. Ортодоксально! Речовина **A** ($w(C)=59.26\%$, $w(H)=11.11\%$, $w(O)=29.63\%$) використовується в органічному синтезі та є дуже реакційноздатною. Навіть в слабкокислих водних розчинах вона перетворюється на речовину **B**, що використовується в органічному синтезі як розчинник ($w(C)=54.55\%$). При подальшому гідролізі (дія сульфатної кислоти при нагріванні) речовина **B** перетворюється на кислоту **B**, розчини якої знаходять використання у кулінарії. Хімічні властивості речовини **A** можна показати на прикладі трьох наступних реакцій: при реакції **A** з бутилмагнійбромідом отримують речовину **G** ($w(C)=68.97\%$), що при кислому гідролізі перетворюється на кетон **D** ($w(C)=72.00\%$). При дії динітрометану на **A** в присутності основи можна отримати речовину **E** ($w(C)=34.09\%$), що при кислому гідролізі перетворюється на кетон **C** ($w(C)=24.32\%$). Продуктом реакції **A** з аніліном у лужному середовищі є речовина **Ж** ($w(C)=73.62\%$).

1. Розшифруйте речовини **A-Ж**, наведіть їх структурні формули.

2. Назвіть причину такої реакційної здатності речовини **A**.

3. Запропонуйте схему одержання **A**, виходячи з неорганічних речовин.

6. Колумбій. Оксид **B** невідомого металу **A** був уперше виділений у 1801 р. англійським хіміком Чарльзом Гатчетом із мінералу колумбіту. Оксид **B** – термічно стійкі білі кристали, які не розчиняються у воді, але здатні розчинитися у кислоті **I** ($\omega(X) = 0.9500$) з утворенням сполук **E** та **F** ($\omega(X) = 0.4613$). Метал **A** хімічно інертний. Він не розчиняється в більшості кислот, але здатен реагувати із важкою простою речовиною **J** з формуванням червоних кристалів речовини **C**. В реакції **A** із 42.347 г **J** утворюється 52.195 г **C**. Сполука **C**, що має два двохелектронні трьохцентрові зв'язки, в свою чергу, дуже хімічно активна і реагує з вологою повітря з утворенням жовтих кристалів **D**. Якщо ж цю реакцію проводити при нагріванні, то замість речовини **D** утворюється оксид **B**.

1. Розшифруйте усі невідомі сполуки. Зобразіть просторову будову сполуки **C**.

Оксид **B** здатен утворювати дуже дивні, на перший погляд, сполуки. Так, спіканням оксиду **B** із оксидом заліза (III) можна одержати сполуку **G** з масовою часткою металу **A** 69.06%.

2. Розшифруйте сполуку **G**, якщо $M(G) = 6592$ г/моль.

3. Наведіть рівняння усіх згаданих реакцій (усього 5 реакцій).

4. Розрахуйте густину металу **A**, якщо він утворює об'ємноцентровану кубічну кристалічну ґратку з параметром $a = 3.301$ Å.

7. Завдання експериментального туру. В семи пробірках знаходиться розчин середньої солі деякого металу X (масова частка металу X у цій солі складає 38.02%). До кожної пробірки додають певні речовини або водні розчини. Зміни, що спостерігаються при цьому, описані в таблиці.

№ пробірки	Речовина/розчин	Видимі зміни
1	BaCl ₂ (р)	білий осад, нерозчинний у кислотах
2	NaOH (конц.)	синій осад
3	1) NaOH (конц.); 2) H ₂ O ₂ (конц.)	синій осад, що переходить у коричневий осад
4	HCl (конц.)	синій розчин
5	NH ₃ (конц.)	синій осад, що розчиняється з утворенням жовто-коричневого розчину
6	Na ₂ CO ₃ (тв.)	бузковий осад
7	H ₂ C ₂ O ₄ (тв.)	осад тілесного кольору

1. Визначте вихідну сіль та сполуки, що утворились у кожній з пробірок, якщо у пробірках № 2, 4, 5 та 7 утворювались координаційні сполуки з масовими частками X 35.71%, 29.07%, 22.91% та 32.20%, відповідно.

2. Напишіть рівняння усіх хімічних реакцій (усього 8 реакцій).

Довідкові матеріали

Опис	Значення константи/Формула
Константа автопротолізу води (за с.у.)	$K_w = 1,0 \cdot 10^{-14}$
Стала Авогадро	$N_A = 6,0221 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
Універсальна газова стала	$R = 8,314 \text{ Дж} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1} = 0,08205 \text{ атм} \cdot \text{л} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$
Рівняння стану ідеального газу	$PV = nRT$
Стала Планка	$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$
Швидкість світла у вакуумі	$c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$
Нуль за шкалою Цельсія	$273,15 \text{ K}$
Вільна енергія Гіббса	$G = H - TS$
Нормальні умови (н.у.)	$T = 0 \text{ }^\circ\text{C} = 273,15 \text{ K};$ $P = 1 \text{ атм} = 760 \text{ Торр} = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ Па}$
Стандартні умови (с.у.)	$T = 25 \text{ }^\circ\text{C} = 298 \text{ K};$ $P = 1 \text{ Бар} = 10^5 \text{ Па}$
Рівняння Клапейрона-Клаузіуса (інтегральна форма)	$\ln p = -\frac{\Delta H^0}{RT} + const$
Рівняння Арреніуса	$k = A \cdot e^{-\frac{E_a}{RT}}$
Залежність між вільною енергією Гіббса, константою рівноваги та потенціалом	$\Delta_r G^0 = -RT \ln K = -nF \Delta E^0_{\text{комірки}}$
Зв'язок між ентальпією та внутрішньою енергією	$\Delta H = \Delta U + p\Delta V$ (кількість речовини $n = const$)

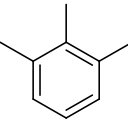
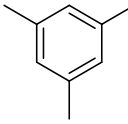
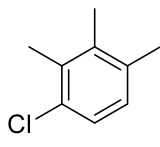
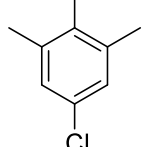
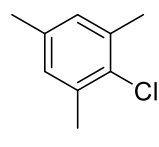
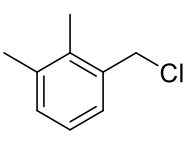
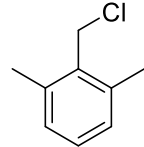
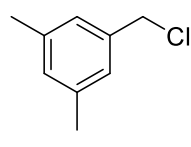
Розв'язки-11

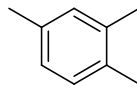
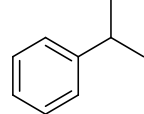
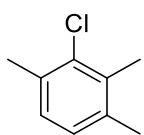
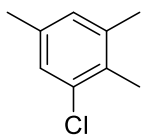
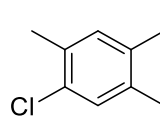
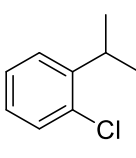
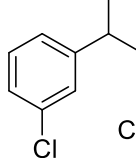
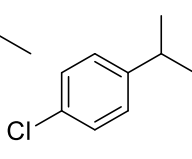
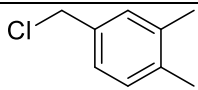
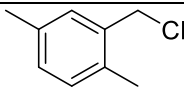
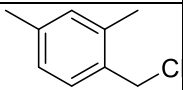
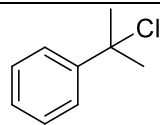
1. Суміш

- $\text{Al}_2\text{O}_3 + 6\text{HCl} = 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$; $\text{CuO} + 2\text{HCl} = \text{CuCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$; $\text{Fe} + \text{CuCl}_2 = \text{FeCl}_2 + \text{Cu}$.
- При витісненні залізом 1 моль міді маса пластинки має збільшитися на 7.70 г. Отже, в суміші оксидів було 0.04 моль CuO , що відповідає 3.182 г. Тоді Al_2O_3 у початковій суміші було 4.773 г. Склад суміші: 40.0 % CuO , 60.0 % Al_2O_3 .
- $n(\text{Al}_2\text{O}_3) = 0.0468$ моль. Отже, в кінцевому розчині буде 0.0936 моль Al^{3+} та 0.04 моль Fe^{2+} , а його об'єм складе 100 мл. Тобто $c(\text{Al}^{3+}) = 0.936$ М, $c(\text{Fe}^{2+}) = 0.400$ М.
- $2\text{NaOH} + \text{FeCl}_2 = \text{Fe}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{NaCl}$;
 $3\text{NaOH} + \text{AlCl}_3 = \text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{NaCl}$;
 $\text{NaOH} + \text{Al}(\text{OH})_3 = \text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ (або $3\text{NaOH} + \text{Al}(\text{OH})_3 = \text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$).

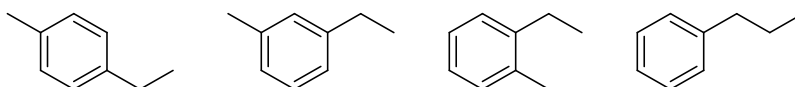
2. Хлорування

1.

	А	Б
		
$\text{Cl}_2, \text{FeCl}_3$	 	
$\text{Cl}_2, h\nu$	 	

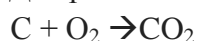
	В	Г
		
$\text{Cl}_2, \text{FeCl}_3$	  	  
$\text{Cl}_2, h\nu$	  	

2.



3. Алотропна термодинаміка

- 1) Для реакції згоряння алмазу до вуглекислого газу:



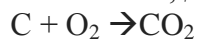
$$\Delta H = H_f(\text{CO}_2) - H_f(\text{ алмаз }) - H_f(\text{O}_2) = -395,41 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta S^\circ = S^\circ(\text{CO}_2) - S^\circ(\text{ алмаз }) - S^\circ(\text{O}_2) = 6,32 \text{ Дж/моль} \cdot \text{K}$$

$$\Delta G^\circ = \Delta H - T\Delta S = -395,59 \text{ кДж/моль}$$

Оскільки реакція протікає майже без зміни об'єму, можна сказати, що $\Delta F^\circ = \Delta G^\circ$, а також що $\Delta U = \Delta H$

Аналогічно, для реакції згоряння графіту до вуглекислого газу:



$$\Delta H = H_f(\text{CO}_2) = -393,51 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta S^\circ = S^\circ(\text{CO}_2) - S^\circ(\text{графіт}) - S^\circ(\text{O}_2) = 2,96 \text{ Дж/моль} \cdot \text{K}$$

$$\Delta G^\circ = \Delta H - T\Delta S = -394,39 \text{ кДж/моль}$$

Оскільки реакція протікає майже без зміни об'єму, можна сказати, що $\Delta F^\circ = \Delta G^\circ$, а також що $\Delta U = \Delta H$

Для реакції горіння алмазу до СО



$$\Delta H = H_f(\text{CO}) - H_f(\text{ алмаз }) - 0,5H_f(\text{O}_2) = -112,4 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta S^\circ = S^\circ(\text{CO}) - S^\circ(\text{ алмаз }) - 0,5S^\circ(\text{O}_2) = 92,62 \text{ Дж/моль} \cdot \text{K}$$

$$\Delta G^\circ = \Delta H - T\Delta S = -140,00 \text{ кДж/моль}$$

У наближенні можна вважати, що зміна об'єму визначається лише газами. При протіканні 1 моль елементарних реакцій виділяється 0,5 моль газу, вважаючи газ ідеальним, за 298 К,

$$\Delta V_m = \Delta nRT/p, \quad p\Delta V_m = \Delta nRT = 0,5RT = 1,234 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta F^\circ = \Delta G^\circ - p\Delta V_m = -141,24 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta U = \Delta H - p\Delta V_m = 113,63 \text{ кДж/моль}$$

Для реакції горіння графіту до СО



$$\Delta H = H_f(\text{CO}) = -110,52 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta S^\circ = S^\circ(\text{CO}) - S^\circ(\text{графіт}) - 0,5S^\circ(\text{O}_2) = 89,26 \text{ Дж/моль} \cdot \text{K}$$

$$\Delta G^\circ = \Delta H - T\Delta S = -137,12 \text{ кДж/моль}$$

Аналогічно з попереднім пунктом, $p\Delta V_m = \Delta nRT = 0,5RT = 1,234 \text{ кДж/моль}$

$$\Delta F^\circ = \Delta G^\circ - p\Delta V_m = -137,12 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta U = \Delta H - p\Delta V_m = 111,75 \text{ кДж/моль}$$

Нарешті для фазового переходу $\Delta H = H_f(\text{ алмаз }) = 1,897 \text{ кДж/моль}$

$$\Delta S^\circ = -3,36 \text{ Дж/моль} \cdot \text{K}$$

$$\Delta G^\circ = \Delta H - T\Delta S = 2,897 \text{ кДж/моль}$$

Нехтуючи об'ємом конденсованих фаз $\Delta F^\circ = \Delta G^\circ$, та $\Delta U = \Delta H$.

Рішення, де об'єм конденсованих фаз враховується, теж приймаються.

- 2) Оскільки зміна енергії Гіббса для переходу графіту в алмаз додатна, робимо висновок, що графіт стабільніший за алмаз.
- 3) Такої температури не існує, оскільки для цього переходу $\Delta H > 0$, $\Delta S^\circ < 0$, тому за будь-якої додатної температури: $\Delta G^\circ = \Delta H - T\Delta S > 0$.
- 4) Молярний об'єм дорівнює $V_m = M/d$, де M – молярна маса та d – густина. Тому для графіту $V_m = 5,45 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{моль}$, а для алмазу $V_m = 3,43 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{моль}$. Зміна молярного об'єму дорівнює $-2,02 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{моль}$.
- 5) За рівнянням Клазіуса, рівноважні температура і тиск фазового переходу (T, p) задовольняють рівнянню $dT/dp = \Delta V_m/\Delta S$. Хоча у пункті 3) було визначено, що для 100кПа рівноважної температури не існує, формально вона дорівнює $\Delta H/\Delta S^\circ = -564,6 \text{ К}$. Різниця між двома температурами – 862,6 К, тому $\Delta p = \Delta T \Delta S / \Delta V_m = 1,43 \text{ ГПа}$. Тому сам рівноважний тиск за 298 К буде дорівнювати $1,43 \text{ ГПа} + 100 \text{ кПа} = 1,43 \text{ ГПа}$.

4. Озон

1. Враховуючи, що кінетика розкладання озону описується рівнянням реакції другого порядку маємо залежність $\tau_{0,5}$ від C_0 :

$$\tau_{0,5} = \frac{1}{C_0 k}$$

Відповідно:

$$k = \frac{1}{\tau_{0,5} C_0}$$

Підставляючи дані з таблиці отримуємо (величини концентрації переводимо в [моль/дм³]):

$$k_{1(19^\circ\text{C})} = \frac{1}{190 \times 0,00276} \approx 1,907 \frac{\text{дм}^3}{\text{моль} \times \text{с}}$$

$$k_{2(19^\circ\text{C})} = \frac{1}{330 \times 0,00159} \approx 1,906 \frac{\text{дм}^3}{\text{моль} \times \text{с}}$$

$$k_{3(19^\circ\text{C})} = \frac{1}{600 \times 0,00087} \approx 1,916 \frac{\text{дм}^3}{\text{моль} \times \text{с}}$$

Середнє значення $k_{19^\circ\text{C}}$ дорівнює:

$$k_{19^\circ\text{C}} = \frac{1,907 + 1,906 + 1,916}{3} \approx 1,910 \frac{\text{дм}^3}{\text{моль} \times \text{с}} = 1,91 \frac{\text{дм}^3}{\text{моль} \times \text{с}}$$

2. Враховуючи, що при рН = 6: $k_{19^\circ\text{C}} = 1,91 \frac{\text{дм}^3}{\text{моль} \times \text{с}}$, а також маючи залежність величини $\lg k$ від величини рН, маємо:

$$\lg k = \lg(1,91) \approx 0,28$$

$$\lg k_{(\text{pH})} = \lg k_{(\text{pH} 4)} + 0,49 (\text{pH} - 4)$$

$$0,28 = \lg k_{(\text{pH} 4)} + 0,49 (6 - 4)$$

$$\lg k_{(\text{pH} 4)} = 0,28 - 0,49 \times 2$$

$$\lg k_{(\text{pH} 4)} = -0,7$$

Відповідно:

$$\lg k_{(\text{pH} 7)} = -0,7 + 0,49 (7 - 4)$$

$$\lg k_{(\text{pH} 7)} = 0,77$$

$$k_{(\text{pH} 7)} = 10^{0,77} = 5,89 \frac{\text{дм}^3}{\text{моль} \times \text{с}}$$

Знаючи, що в даній реакції кінетична залежність має вигляд:

$$k = \frac{1}{t} \times \frac{x}{a(a-x)}$$

де a – це початкова концентрація речовини,

а x – це величина зменшення концентрації речовини, на момент часу t ,

маємо:

$$t = \frac{1}{k} \times \frac{x}{a(a-x)}$$

Нехай на момент початку реакції, мали концентрацію речовини $a = 1$ моль/дм³, відповідно за умови, що прореагувало 25% речовини на момент початку часу t , маємо $x = 0,25$ моль/дм³ (за умовою постійного об'єму реакційної системи), тоді:

$$t = \frac{1}{5,89} \times \frac{0,25}{1(1-0,25)}$$

$$t = \frac{1}{3 \times 5,89}$$

$$t \approx 0,057 \text{ с}$$

3. Величину зміни швидкості реакції в залежності від температури описують правило Вант-Гоффа та рівняння Ареніуса, але оскільки, в умовах задачі не надано величину температурного коефіцієнту реакції, але надано енергію активації, для рішення використаємо рівняння Ареніуса:

$$k = Ae^{\frac{E_a}{RT}}$$

Відтак зміну швидкості реакції при збільшенні температури буде описувати величина:

$$\frac{k_{35^\circ\text{C}}}{k_{19^\circ\text{C}}} = \frac{k_{308\text{K}}}{k_{292\text{K}}}$$

Дана величина відповідно буде дорівнювати:

$$\frac{k_{308\text{K}}}{k_{292\text{K}}} = \frac{Ae^{\frac{E_a}{308R}}}{Ae^{\frac{E_a}{292R}}} = \frac{e^{\frac{E_a}{308R}}}{e^{\frac{E_a}{292R}}}$$

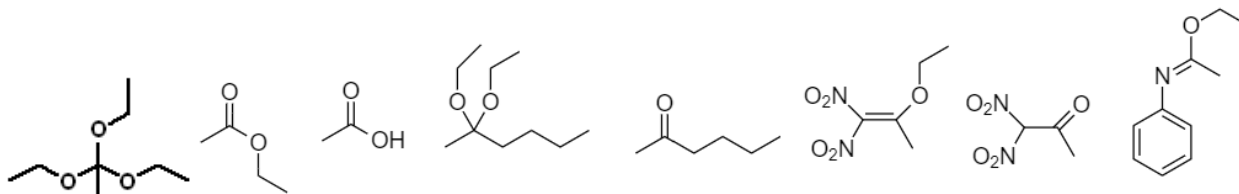
Підставивши величини $R = 8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}\cdot\text{К}}$ та $E_a = 76000 \text{ Дж/моль}$, отримуємо:

$$\frac{k_{308\text{K}}}{k_{292\text{K}}} = \frac{2,72^{\frac{76000}{308 \times 8,314}}}{2,72^{\frac{76000}{292 \times 8,314}}} \approx 5,089 \approx 5$$

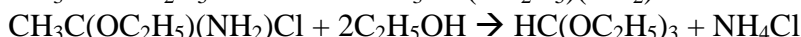
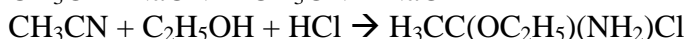
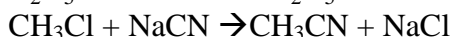
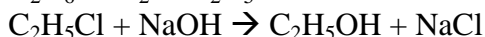
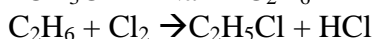
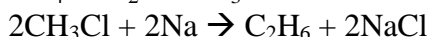
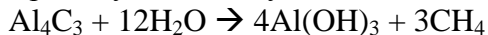
Відповідно швидкість реакції зросте у 5 разів.

5. Ортодоксально!

- 1) З підказок про те, що Б – розчинник, а В – використовується у куліранії, можна припустити, що Б – етилацетат, а В – оцтова(етанова) кислота, що задовільнює умовам на мольні доли. З даних про реакційну здатність припускаємо, що А – триетилортоацетат, далі з його властивостей, Г – 1,2 – диетоксігексан, Д – бутилметилкетон, Е – 1,1-дінитро-2-етоксіпропен, Є – (дінитрометил)метилкетон, та Ж – етил N-ацетімідат. Далі – структури речовин у алфавітному порядку.



- 2) Це обумовлено тим, що три етоксигрупи, що мають неподілені електронні пари, знаходяться занадто близько одна до одної.
3) Пропонується наступна схема, але приймаються також інші правильні:



6. Колумбій

I. Определим кислоту I

Исходя из массовой доли элемента X можно предположить, что кислота имеет формулу H_nX

$$\omega(H)=0.05 \quad M(X) = \frac{n}{0.05} - n$$

n	M(X)	Формула
1	19	HF
2	38	-

Значит, I – HF

Как известно, при растворении металлов в HF:

(1) Не происходит изменения степени окисления металла, то есть С.О. металла в E и F такое же, как и в B.

(2) Возможно формирование как фторидных комплексов катион-металла, так и фторидных комплексов оксокатион-металла

Исходя из известных фактов, определим возможные формулы комплекса F.

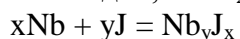
Формулу F можно записать в виде $H_n[MetO_mF_x]$

$$M(Met) = \frac{19x}{0.4613} - 19x - 16m - n$$

x	n	m	M(Met)	Met	Комплекс	Комментарий
2	1	0	81.38	Kr	$H[KrF_2]$	Не подходит
3	1	0	65.56	Zn	$H[ZnF_2]$	Не существует
4	2	0	86.75			
4	2	1	70.75			
5	1	0	109.9			
5	2	0	108.9			
5	1	1	93.94			
5	2	1	92.94	Nb	$H_2[NbOF_5]$	Существует
6	1	0	132.1			
6	2	0	131.1	Xe	$H_2[XeF_6]$	Не подходит
6	2	1	116.1			
7	1	0	154.3			
7	2	0	153.3			

*Как известно, только металлы в высших степенях окисления с КЧ 5-7 способны формировать оксокатионы, поэтому можно начинать расчет с X = 5

Как видно, F - $H_2[NbOF_5]$, тогда, исходя из (2) E - $H_2[NbF_7]$, исходя из (1) B - Nb_2O_5



$$m(Nb) = 52.195 - 42.347 = 9.848(g)$$

$$w(Nb) = \frac{9.848}{51.195} = 0.19236$$

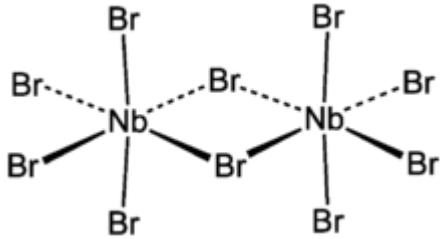
$$M(J) = \frac{92.9x}{0.19236} - 92.9x$$

x	y	M(J)	J
1	2	195	

1	3	130	
1	5	78	Br

Теоретическая формула – NbBr_5 . Зная, что молекула содержит две двухэлектронные трехцентровые связи, становится очевидно, что **C** – димер $\text{Nb}_2\text{Br}_{10}$

Зная, что ниобий способен формировать оксо-катионы, разумно будет утверждать, что **D** – NbOBr_3



2. Запишем реакцию: $\text{Nb}_2\text{O}_5 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = \text{FeNb}_x\text{O}_y$

$$x = \frac{6592 * 0.6906}{92.91} = 49$$

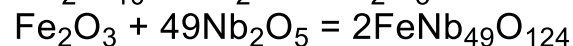
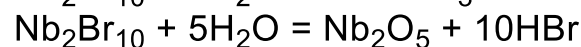
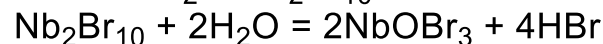
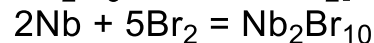
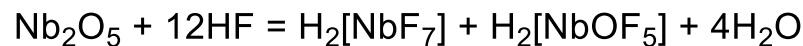
Сделаем предположение, что в формуле содержится 1 атом железа, тогда:

$$y = \frac{6592 - 49 * 92.91 - 55.85}{16} = 124$$

Заряд аниона $[\text{Nb}_{49}\text{O}_{124}]^{n-}$ равняется $5*49 - 2*124 = -3$

Так как это значение согласуется с зарядом атома железа, то анион определен правильно то есть **G** – $\text{FeNb}_{49}\text{O}_{124}$

3.



4.

$$d = \frac{mH * M(\text{Nb}) * N}{a^3} = \frac{1.66e-27 * 92.9 * 2 * 1000}{(3.301e-8)^3} = 8.57(\text{g}/\text{sm}^3)$$

7. Завдання експериментального туру

1. Вихідна сіль – CoSO_4 . Утворені сполуки:

1 – BaSO_4 ; 2 – $[\text{Co}(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O})_4]$; 3 – Co_2O_3 (або $\text{CoO}(\text{OH})$); 4 – $\text{H}_2[\text{CoCl}_4]$; 5 – $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{SO}_4$;
6 – CoCO_3 ; 7 – $[\text{Co}(\text{C}_2\text{O}_4)(\text{H}_2\text{O})_2]$.

2. $\text{CoSO}_4 + \text{BaCl}_2 = \text{BaSO}_4 + \text{CoCl}_2$;

