VI Всеукраїнська дистанційна олімпіада з хімії

Завдання та розв’язки

2024

VI Всеукраїнська дистанційна олімпіада з хімії, 2024

Таблиця періодичної системи елементів

1																	18
1 H 1.008	2											13	14	15	16	17	2 He 4.003
3 Li 6.941	4 Be 9.012											5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18
11 Na 22.99	12 Mg 24.31	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.07	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.87	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.64	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.90	36 Kr 83.80
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.96	43 Tc [98]	44 Ru 101.07	45 Rh 102.91	46 Pd 106.42	47 Ag 107.87	48 Cd 112.41	49 In 114.82	50 Sn 118.71	51 Sb 121.76	52 Te 127.60	53 I 126.90	54 Xe 131.29
55 Cs 132.91	56 Ba 137.33	57 La 138.91	72 Hf 178.49	73 Ta 180.95	74 W 183.84	75 Re 186.21	76 Os 190.23	77 Ir 192.22	78 Pt 195.08	79 Au 196.97	80 Hg 200.59	81 Tl 204.38	82 Pb 207.2	83 Bi 208.98	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)
87 Fr (223)	88 Ra 226.0	89 Ac (227)	104 Rf (261)	105 Ha (262)													

	58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm (145)	62 Sm 150.36	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.93	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.05	71 Lu 174.97
	90 Th 232.04	91 Pa 231.04	92 U 238.03	93 Np 237.05	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (254)	100 Fm (257)	101 Md (256)	102 No (254)	103 Lr (257)

I тур

8 клас

Завдання 8.1. Задушливі речовини (*Автор: Копа Іван*)

Питання	1	2	3	4	5	6	Сума
Перевірка	**1,8**	**0,5**	**2,4**	**1,8**	**0,5**	**3**	**10**

Складні речовини **A**, **B**, **C** утворюються при взаємодії двох простих речовин **X** і **Y** при різних температурах та співвідношеннях узятих реагентів. Речовина **D**, окрім **X** і **Y**, містить ще Оксиген.

Для отримання зазначених речовин використовували однакові наважки сполуки **X**, які складали 0,64 г. У таблиці нижче наведені фізичні властивості та очікувані (з виходом 100%) після завершення експериментів маси продуктів. Речовину **D** можна отримати шляхом реакції речовини **B** з киснем.

Речовина	**A**	**B**	**C**	**D**
Фізичні властивості	маслянista рідина за н.у.	темно-червона рідина за н.у.	блідо-жовті кристали при -35°C	безбарвна рідина за н.у.
Маса продукту, г	1,35	2,06	3,48	2,38

8.1.1. <u>Визначте</u> невідомі прості речовини **X**-**Y** та їх сполуки **A**-**D**

Фізичні властивості речовин **A**, **B** та **D** вказують на їхню молекулярну будову. Судячи з способу отримання **D** окисненням **B**, молекули речовини **D** відрізняються від **B** тільки тим, що містять на один або кілька атомів Оксигену більше. Таке припущення дозволяє оцінити кількість кожної з речовин (n), оскільки для експериментів були використані однакові наважки **X**.

$$n = \frac{m(\boldsymbol{D}) - m(\boldsymbol{B})}{16k} = \frac{2{,}38 - 2{,}06}{16k} = \frac{0{,}02}{k}$$

Де k – кількість атомів Оксигену в **D**. Для визначення атомної маси елемента **Y** обчислимо різницю мас наважок **A** і **B** та поділимо отриману різницю на кількість n. Якщо вміст елемента **Y** в описуваних речовинах є цілим, то отримане значення буде кратно атомній масі елемента **Y**. Аналогічно можна вчинити з різницею мас наважок **C** і **B** (**C** і **A**):

Речовина	m(**C**)-m(**B**)	m(**C**)-m(**A**)	m(**B**)-m(**A**)
Δm, г	1,42	2,13	0,71
M(**Y**), г/моль	71k	106,5k	35,5k

За різницею мас **C** і **B** та **A** і **B** розуміємо, що **Y** - Cl (Хлор), тоді k = 1. Знайдемо тепер речовину **X**. Розрахуємо можливу молярну масу **A** та знайдемо з неї молярну масу **X**:

$$M(\boldsymbol{A}) = \frac{m(\boldsymbol{A})}{n} = \frac{1{,}35}{0{,}02} = 67{,}5 \text{ г/моль}$$

Тоді M(**X**) = 67,5 – 35,5 = 32 г/моль, це Сульфур (S) – що також узгоджується з фактом, що **D** містить однакову масу **X** та Оксигену.

За розрахунками формула **A** - SCl, але такої речовини не існує, тобто це - димер S_2Cl_2. Формули речовин **B**, **C** та **D** знаходяться з їх мас: **B** - SCl_2, **C** - SCl_4, **D** - $SOCl_2$

X	**Y**	**A**	**B**	**C**	**D**
S	Cl_2	S_2Cl_2	SCl_2	SCl_4	$SOCl_2$

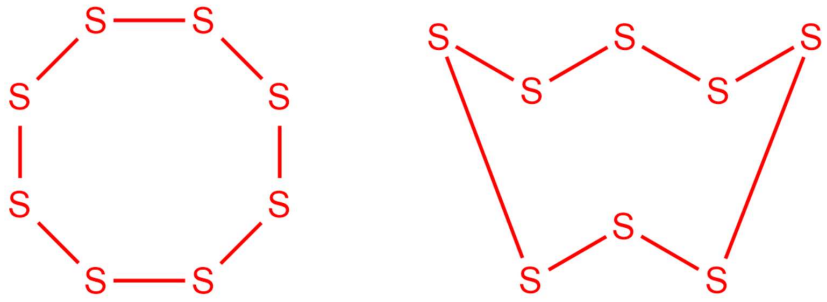
1,8 бали = 6 речовин по 0,3 бали

8.1.2. Відомо, що взята наважка простої речовини **X** містить $1{,}505 \cdot 10^{21}$ молекул. За допомогою цих даних, **запропонуйте** структуру молекул **X**.

Визначимо кількість речовини **X** за числом Авогадро:

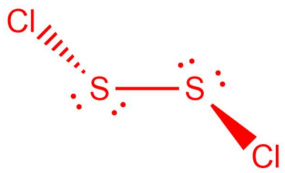
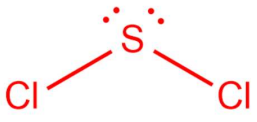
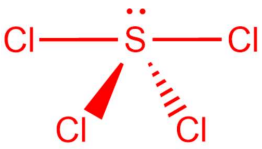
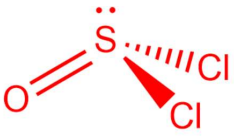
$$n(\boldsymbol{X}) = \frac{1{,}505 \cdot 10^{21}}{6{,}02 \cdot 10^{23}} = 0{,}0025 \text{ моль}$$

За розрахунками у пункті 1 кількість речовини речовини **B** та **C** складали 0,02 моль, виходить у 8 разів більше, ніж знайдене число. Це відповідає формулі S_8. Можливі стуктури (ромбічної та моноклінної сірки) наведені нижче:



0,5 бали = 1 структура

8.1.3. **Зобразіть** структури усіх сполук **A-D**. **Вкажіть** валентність та ступінь окиснення атому **X** в кожній сполуці.

A	B	C	D
			
II	II	IV	IV
+1	+2	+4	+4

2,4 бали = 4 структури по 0,3 бали + 4 валентності та 4 ступені окиснення по 0,15 балів

Рідина **E** має такий самий якісний склад, що й сполука **D**. Обидві речовини гідролізуються водою: сполука **E** з утворенням суміші двох сильних кислот **F** та **G** у співвідношенні 1 : 2, а при гідролізі **D** виділяється газ **H** та кислота **G**

8.1.4. **Визначте** зашифровані сполуки **E-H**. **Напишіть** рівняння гідролізу **D** та **E**. *Якщо ви не визначили сполуки **D** та **E**, то напишіть рівняння гідролізу для PBr_3 та $POBr_3$.*

E	**F**	**G**	**H**
SO_2Cl_2	H_2SO_4	HCl	SO_2
$SO_2Cl_2 + 2H_2O = H_2SO_4 + 2HCl$			
$SOCl_2 + H_2O = SO_2 + 2HCl$			

1,8 бали = 4 структури + 2 реакції (все по 0,3 бали)

8.1.5. **Яка** з речовин (**D** чи **E**) більш чутлива до води? **Поясніть** чому. *Якщо ви не визначили сполуки **D** та **E**, то дайте відповідь щодо PBr_3 та $POBr_3$*

Більш чутливою до води є сполука **D**, бо у даній речовині атом сульфуру має вільну електронну пару та може бути атакований іонами гідрогену з більшою ймовірністю, ніж у молекулі Е, де усі sp^3-орбіталі атому Сульфуру зайняті та «захищені» атомами Оксигену та Хлору.

0,5 бали = пояснення

3 г суміші речовин **D** та **E** (мольне співвідношення 3 : 4 відповідно) розчинили у 150 мл розчину NaOH з масовою часткою 32 % (густина дорівнює 1,25 г/см^3).

8.1.6. **Визначте** масові частки усіх речовин в утвореному розчині. **Напишіть** усі рівняння реакцій. *Якщо ви не визначили сполуки **D** та **E**, то визначте масові частки усіх речовин у розчині, що утворився після додавання 3 г суміші речовин PBr_3 та $POBr_3$ (мольне співвідношення 3 : 4 відповідно) до 150 мл розчину NaOH з масовою часткою 32 % та напишіть усі рівняння*

Рівняння реакцій, що відбуваються:

$SO_2Cl_2 + 4NaOH = Na_2SO_4 + 2NaCl + 2H_2O$

$SOCl_2 + 4NaOH = Na_2SO_3 + 2NaCl + 2H_2O$

Кількість речовини NaOH:

$$n(NaOH) = \frac{150 \cdot 1{,}25 \cdot 0{,}32}{40} = 1{,}5 \text{ моль}$$

Кількість речовин $SOCl_2$ та SO_2Cl_2: нехай $n(SOCl_2) = 3x$, $n(SO_2Cl_2) = 4x$. Тоді $m(SOCl_2) = 357x$, а $m(SO_2Cl_2) = 540x$, що в сумі дає 3 г. Звідки $x = 0{,}033$ моль. Відповідно $n(SOCl_2) = 0{,}01$ моль, $n(SO_2Cl_2) = 0{,}0134$ моль.

Загальна кількість NaOH на реакції з $SOCl_2$ та SO_2Cl_2 становить $4 \cdot (0{,}10+0{,}134) = 0{,}0936$ моль. Отже залишиться 1,5 - 0,0936 = 1,406 моль NaOH.

Маса нового розчину буде складати: $150 \cdot 1{,}25 + 3 = 190{,}5$ г

Розрахуємо маси та масові частки усіх речовин в утвореному розчині:

$m(NaOH) = 40 \cdot 1{,}406 = 56{,}24$ г та $w(NaOH) = 29{,}52$ %

$m(Na_2SO_4) = 142 \cdot 0{,}0134 = 1{,}903$ г та $w(Na_2SO_4) = 0{,}99$ %

$m(Na_2SO_3) = 126 \cdot 0{,}01 = 1{,}260$ г та $w(Na_2SO_3) = 0{,}66$ %

$m(NaCl) = 58{,}5 \cdot 2 \cdot (0{,}010+0{,}0134) = 2{,}738$ г та $w(NaCl) = 1{,}44$ %

$SO_2Cl_2 + 4NaOH = Na_2SO_4 + 2NaCl + 2H_2O$

$SOCl_2 + 4NaOH = Na_2SO_3 + 2NaCl + 2H_2O$

3 бали = 2 реакції по 0,3 бали, розрахунок кількості NaOH 0,3 бали, розрахунок кількості початкових речовин у 3 грамах суміші - 0,5 балів, розрахунок кількості речовин після реакції (4 речовини по 0,3 бали), масові частки - по 0,1 балу

Завдання 8.2. (*Автор: Пашко Михайло*)

Питання	1	2	3	4	5	Сума
Перевірка	**3**	**1**	**2**	**2**	**2**	**10**

Газова суміш містить три гази – водень, кисень та неон. Об'єм суміші 20 л при 20°С.Після повного проходження реакції горіння водню об'єм суміші газів зменшився до 15,06 лпри 80°С. Відомо що тиск був однаковий до та після проходження реакції та складав 2 атмосфери, а молярна маса суміші газів після проходження реакції складала 22,4 г/моль.

8.2.1. Розрахуйте мольні частки компонентів суміші до проходження реакції.

*(1 бал за кожну знайдену масову частку. **всього 3 бали**)*

молярна маса суміші газів після реакції склала 22,4 г/моль що більше атомної маси неону, отже у суміші неон та кисень.
$20x + 32(1-x) = 22,4$
$x = 0.8$
$\phi(Ne)_2 = 0.8$ $\phi(O_2)_2 = 0.2$ (частки після реакції)
$n_2 = 1.04$ моль (кількість газів після реакції)
$n(Ne) = 0.83$ моль
$n_2(O_2) = 0.21$ моль
$n_1 = 1.66$ моль (кількість газів до реакції)
$n_1(O_2) + n_1(H_2) = 0.83$ моль
кількість O_2 та H_2 що реагували = 0,83 – 0,21 = 0,62
оскільки для газів що реагували $n(O_2) = 2n(H_2)$ то
$n_{загальне}(O_2) = 0,417$ моль $n_{загальне}(H_2) = 0,413$ моль

$\chi(O_2) = 25\%$ $\chi(H_2) = 25\%$ $\chi(Ne) = 50\%$

8.2.2. Розрахуйте парціальні тиски в атмосферах компонентів суміші до проходження реакції. *Якщо ви не визначили мольні частки в пункті 1, використовуйте наступні значення: χ(O2) = 30%, χ(H2) = 30%, χ(Ne) = 40%.*

*(1/3 балу за кожен знайдений парціальний тиск, **всього 1 бал**)*

$p_i = \phi_i * P$

$p(O_2) = 0,5$ $p(H_2) = 0,5$ $p(Ne) = 1$

8.2.3. Розрахуйте об'єм суміші після повного проходження. *Якщо ви не визначили мольні частки в пункті 1, використовуйте наступні значення: $\chi(O_2) = 30\%$, $\chi(H_2) = 30\%$, $\chi(Ne) = 40\%$.*

*(2 бал за порахований об'єм з урахуванням того, що утворена вода газоподібна. 0,5 бал за порахований об'єм без урахування того, що утворена вода газоподібна. **Всього 2 бали**)*

Після проходження реакції у суміші 0,83 моль неону, 0,21 моль кисню та 0,42 моль води. Всі ці речовини є газами за даних умов, тому загальна кількість газів 1,465 моль
$V = nRT/P$

$V = 28.25$ л

8.2.4. Яким буде тиск після проходження реакції за температури 80°С, якщо об'єм не змінюється (ізохорна система). *Якщо ви не визначили мольні частки в пункті 1, використовуйте наступні значення: $\chi(O_2) = 30\%$, $\chi(H_2) = 30\%$, $\chi(Ne) = 40\%$.* *(2 бали за порахований тиск. **Всього 2 бали**)*

V = 20 л
n = 1.04 моль
P = nRT/V
P = 1,51

До газової суміші додали 6 л (при 80°С та 2 атм) невідомого газу **X** який не вступає в реакцію. Після проходження реакції горіння молярна маса суміші склала 29,4 г/моль. **Визначте** невідомий газ **X**

8.2.5. Визначте невідомий газ **X**.

*(2 бали за розраховану молярну масу речовини **X** та написання її формули. **Всього 2 бали**)*

n(Ne) = 0.83 моль ϕ = 0,539
n(O_2) = 0.21 моль ϕ = 0,136
n(X) = 0.5 моль ϕ = 0,325
20ϕ(Ne) + 32 ϕ(O_2) + xϕ(X) = 29,4
X = 44

X – CO_2

Завдання 8.3. Бінарні сполуки (*Автор: Пашко Микола*)

Питання	1	2	3	4	5	Сума
Перевірка	3	2	3	1	1	10

Кристалічна за кімнатної температури бінарна сполука **A** може бути отримана з простих речовин **X** (тверда за н.у.) та **Y** (газ за н.у.) при 600 ºС. Речовина **A** бурхливо реагує з водою з утворенням розчину речовини **B**, при цьому виділяється газ **Y**. З 10 г речовини **A** утворюється 28 л газу **Y** (за н.у.), якщо до утвореного розчину (*розчин 1*) додати фенолфталеїн, то його забарвлення змінюється на червоно-фіолетове. При взаємодії речовини **A** з хлором утворюється тверда речовина **C** та газ (за н.у.) **D**. При взаємодії 28 л газу **Y** (за н.у.) з хлором утворюється 91,25 г речовини **D**; після подальшого пропускання утвореного газу **D** через *розчин 1* в розчині залишаються речовини **C** та **D**, а при додаванніметилоранжу забарвлення змінюється на червоне.

8.3.1. Визначте речовини **A-D**, **X**, **Y**. *(кожна речовина – 0,5 бали, **всього 3 бали**)*

З умови задачі очевидно, що **D** – бінарна речовина, яка містить Хлор та елемент, з якого складається газ **Y.** Знайдемо кількість речовини **Y**: n (**Y**) = 28/22.4 = 125 моль тоді M(**D**) = 91.25/(1.25*n), де n – співвідношення речовин **Y** і **D** у реакції при n = 2, M(**D**) = 36.5, отже **Y** – Cl, **D** – HCl Оскільки з 10 грам речовини **A** утворюється 28 л газу **Y** (1.25 моль), враховуючи, що валентність Гідрогену 1, можемо знайти молярну масу **A**: M(**A**) = n*10/1.25, де n – валентність **X** при n = 1, **X** – Li, **A** – LiH, тоді **B** – LiOH, **C** – LiCl		
A – LiH	**A** – LiH	**A** – LiH
B – LiOH	**B** – LiOH	**B** – LiOH

8.3.2. <u>Напишіть</u> рівняння реакцій, які описані в умові. *(кожне рівняння з коефіцієнтами– 0,4 бали, без коефіцієнтів – 0,2 бали, **всього 2 бали**)*

X + **Y** = **A**	$Li + H_2 = LiH$
A + H_2O =	$LiH + H_2O = LiOH + H_2$
A + Cl_2 =	$LiH + Cl_2 = LiCl + HCl$
Y + Cl_2 =	$H2 + Cl_2 = 2HCl$
B + **D** =	$LiOH + HCl = LiCl + H_2O$

Речовина **A** також може бути отримана взаємодією бінарної сполуки **E** з **Y** при 300 ºC, при цьому ще утворюється газ (за н.у.) **F**. Речовина **E** також бурхливо взаємодіє з водою, утворюючи розчин речовин **B** та **F**. При взаємодії 4,48 л (н.у.) газу **F** з надлишком газу **D** утворюється 10,7 г твердої речовини **G**.

8.3.3. <u>Визначте</u> речовини **E-G** та напишіть рівняння описаних реакцій. *(кожна речовина – 0,5 бали, кожне рівняння з коефіцієнтами – 0,5 бали, без коефіцієнтів – 0,2 бали, **всього 3 бали**)*

n (**F**) = 4.48/22.4 = 0.2 моль Якщо припустити, що **F** взаємодіє з **D** у співвідношенні один до одного, то M(**G**) = 10.7/0.2 = 53.5 г/моль Тоді тверда речовина **G** - NH_4Cl, а **F** – NH_3, **E** – Li_3N		
E – Li_3N	**E** – Li_3N	**E** – Li_3N
E + **Y** =	$Li_3N + 3H_2 = 3LiH + NH_3$	

E + H_2O =	$Li_3N + 3H_2O = 3LiOH + NH_3$
F + **D** =	$NH_3 + HCl = NH_4Cl$

A1 є речовиною **A** з нетиповим ізотопним складом (містить ізотопи **X1** та **Y1**) і використовується в якості палива в одному з видів зброї масового ураження. При взаємодії 10 г **A1** з водою утворюється 28 л (н.у.) **Y**, після подальшого випаровування розчину залишається 51,25 г моногідрату речовини **B**. Зауважте, що ізотопний склад **Y** та **B** може бути нетиповим.

8.3.4. Визначте ізотопи **X1** та **Y1**. *(кожна речовина – 0,5 бали, **всього 1 бал**)*

n (**A1**) = 28/22.4 = 1,25 моль, M(**A1**) = 10/1.25 = 8 г/моль n (**A1**) = n (**B***H_2O), M(**B***H_2O) = 51.25/1.25 = 41 г/моль **B***H_2O – $^{x}LiOH*H_2O$, знайдемо атомну масу ^{x}Li: M(^{x}Li) = 41 – 18 -17 = 6 Тоді M(**Y1**) = 8 - 6 = 2 Отже **X1** – ^{6}Li, **Y1** – ^{2}H	
X1 – ^{6}Li	**Y1** – ^{2}H

Використання речовини **A1** обумовлене тим, що при опроміненні ядер **X1** нейтронами утворюються ядра **Y2**, які реагують з ядрами **Y1**, що супроводжується виділенням великої кількості енергії.

8.3.5. Напишіть рівняння двох описаних ядерних реакцій, якщо в обох випадках утворюється альфа-частинка (ядро атома гелію). *(кожне рівняння – 0,5 бали, **всього 1 бал**)*

$^{6}_{3}Li + {}^{1}_{0}n = {}^{3}_{1}H + {}^{4}_{2}He$
$^{3}_{1}H + {}^{2}_{1}H = {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n$

Завдання 8.4. Діагональна періодичність (*Автор: Друженко Тетяна*)

Деякі елементи Періодичної Системи більше схожі на своїх сусідів по діагоналі, ніжпо групі. Наприклад, літій і магній, берилій і алюміній, бор і силіцій…

8.4.1. Оберіть правильні твердження, позначивши їх знаком «X». Причинами так званої «діагональної періодичності» є те, що елементи, розташовані по діагоналі, мають:

Близькі атомні маси	
Близьку поверхневу густину заряду (відношення заряду до площі поверхні) відповідних йонів	X
Однакову кількість стабільних ізотопів	
Близьку електронегативність	X
Близьке співвідношення кількості протонів і нейтронів у відповідних ядрах	

Обидві правильні відповіді – 1 бал, одна правильна або 2 правильні + 1 зайва – 0.5 б.

Літій поводить себе подібно до магнію, а не до натрію в реакціях горіння, розкладугідроксидів та розкладу нітратів.

8.4.2. **Запишіть** рівняння відповідних реакцій (наведені у листах відповідей). Якщо реакція не відбувається, позначте це знаком ≠.

Горіння в атмосфері кисню
$4\ Li + O_2 = 2\ Li_2O$
$2\ Mg + O_2 = 2\ MgO$
$2\ Na + O_2 = Na_2O_2$
Термічний розклад гідроксидів
$2\ LiOH = Li_2O + H_2O$
$Mg(OH)_2 = MgO + H_2O$
$NaOH \neq$
Термічний розклад нітратів
$4\ LiNO_3 = 2\ Li_2O + 4\ NO_2 + O_2$
$2\ Mg(NO_3)_2 = 2\ MgO + 4\ NO_2 + O_2$
$2\ NaNO_3 = 2\ NaNO_2 + O_2$

4.5 б (9 рівнянь по 0.5 б.); розклад літій нітрату до нітриту може відбуватися за певних умов, тож оцінювався в 0.25 б.; натрій оксид при горінні натрію в атмосфері кисню НЕ утворюється – його добувають обхідними шляхами.

Петро Манісович одержав для аналізу два зразки (зразки №1 і №2), в одному з яких була суміш магній та літій нітратів, а в іншому – суміш магній та натрій нітратів. ПанПетро відібрав по 1.000 г кожного зразка, прожарив їх у муфельній печі, і швиденько зважив. Результати експерименту наведено в таблиці.

8.4.3. **Встановіть** склад кожного зі зразків і заповніть таблицю.

Зразок	№1	№2
Маса до прожарювання, г	1.000	1.000
Маса після прожарювання, г	0.244	0.677
$m(LiNO_3)$, г	0.500	0
$m(Mg(NO_3)_2)$, г	0.500	0.250
$m(NaNO_3)$, г	0	0.750

Маса залишку після розкладання $LiNO_3$ складає 21,67% початкової маси; $Mg(NO_3)_2$ 27,17%; $NaNO_3$ складає 81,17%.
Отже, до складу суміші №1 входять нітрати літію та магнію; а до суміші №2 – магнію та натрію.
Знаходження кількісного складу суміші №1 шляхом складання системи двох рівнянь з двома невідомими:
$m(LiNO_3) + m(Mg(NO_3)_2) = 1.000$
$0.2167m(LiNO_3) + 0.2717m(Mg(NO_3)_2) = 0.244$, звідки $m(LiNO_3) = 0.500$ г,
$m(Mg(NO_3)_2) = 0.500$ г
Склад суміші №2 знаходимо аналогічно

1.5 б.

8.4.4. Петро Манісович лишив прожарені зразки на повітрі й пішов обідати. Повернувшись, він вирішив перевірити результати експерименту і здивувався, що маса обох зразків дещо збільшилася. **Напишіть** рівняння реакцій, з якими пов'язане зростання маси зразків.

$Li_2O + H_2O = 2LiOH$
$Li_2O + CO_2 = Li_2CO_3$ (утворення гідрогенкарбонату також зараховується)
$MgO + H_2O + CO_2 = Mg(OH)_2CO_3$
MgO є гігроскопічним за кімнатної температури, однак реагує з водою з утворенням $Mg(OH)_2$ лише при нагріванні.

1 б. за наявності хоча б однієї коректної реакції. За некоректні реакції бали не знімалися, але натрій нітрит НЕ окиснюється киснем за звичайних умов.

8.4.5. Реакції з металічним літієм проводять в атмосфері дорожчого аргону. **Чому**? **Наведіть** рівняння відповідної реакції.

Азот реагує з літієм.
$6Li + N_2 = 2Li_3N$

1 б.

8.4.6. Лужні метали, такі як натрій (ρ = 0.97 г/см^3) або калій (ρ = 0.86 г/см^3), зберігають під шаром гасу (ρ = 0.80 г/см^3). **Які** труднощі виникають при зберіганні літію під шаром гасу? **Запропонуйте** альтернативні методи його зберігання.

Літій легший за гас, тож спливатиме на поверхню. Його можна зберігати у легших нафтопродуктах (петролейний етер, газолін, $\rho \approx 0.65$ г/см^3), які все одно є дещо важчими за літій (ρ = 0.53 г/см^3).
Також літій зберігають у запаяних ампулах. Цей метод є найбезпечнішим, однак вміст ампули потрібно використати за один раз.

1 б.

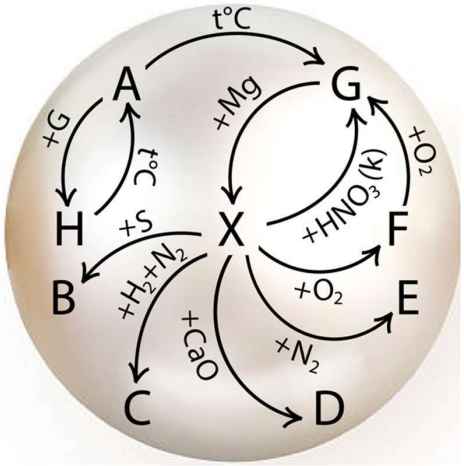
Завдання 8.5. Хімія перлів (*Автор: Камалова Еліна*)

Питання	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	Сума
Розбаловка	3.2	1.1	1.8	3.2	0.7	10
Перевірка						



«Дівчина з перлинною сережкою», яку часто називають голландською Моною Лізою, стала найвідомішим полотном Яна Вермеєра. Аналіз картини за допомогою методу порошкової дифракції виявив, що один з її шарів складає середня сіль **A**. Нижче наведена схема перетворень за участю даної сполуки.

Відомо, що при нагріванні сполука **A** розкладається на газоподібну речовину **G**, яка, в свою чергу, здатна утворюватисяз простої речовини **X**. Масова частка Сульфуру в сполуці **B** складає 84,2%, а в сполуці **E** співвідношення кількостей атомів становить 1:1, також сполука E є псевдогалогеном та має лінійнубудову.



8.5.1. **Розшифруйте** всі невідомі сполуки, відповідь **підтвердіть розрахунком**. *(кожна правильна сполука – 0,3 бали, розрахунок – 0,5 балів.* ***Всього: 3.2 бали.*** *Для речовин A та H відповіді Na_2CO_3, $PbCO_3$ та $NaHCO_3$, $Pb(HCO_3)_2$ оцінювались повним балом)*

Нехай B – сульфід, тоді $M_{екв}(X) = \frac{16,03}{0,842} - 16,03 = 3,01$ г/моль $\Longrightarrow$ X – Карбон.

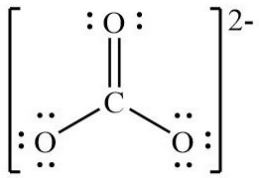
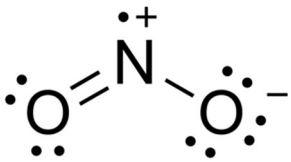
X	A	B	C	D
C	$CaCO_3$	CS_2	HCN	CaC_2
E	**F**	**G**	**H**	
C_2N_2	CO	CO_2	$Ca(HCO_3)_2$	

8.5.2. **Запишіть** відповідні рівняння реакцій, згаданих у схемі. *(кожне рівняння з коефіцієнтами – 0,1 бал, без коефіцієнтів – 0,05 б.,* ***всього: 1.1 б.****)*

A → G	$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$
A + G → H	$CaCO_3 + CO_2 + H_2O \rightarrow Ca(HCO_3)_2$
H → A	$Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CaCO_3 + CO_2 + H_2O$
X + HNO_3 (конц.) → G	$C + 4HNO_3 \rightarrow CO_2 + 4NO_2 + 2H_2O$

G + Mg → X	$CO_2 + 2Mg \rightarrow C + 2MgO$
X + O_2 → F	$2C + O_2 \rightarrow 2CO$
F + O_2 → G	$2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2$
X + S → B	$C + 2S \rightarrow CS_2$
X + H_2 + N_2 → C	$2C + H_2 + N_2 \rightarrow 2HCN$
X + CaO → D	$3C + CaO \rightarrow CaC_2 + CO$
X + N_2 → E	$2C + N_2 \rightarrow C_2N_2$

8.5.3. **Зобразіть** структури Льюїса молекули **E**, аніону сполуки **A**, та нітрогеновмісного продукту реакції **X→G**, **вкажіть** ступінь окиснення та валентність центрального атома. *(кожна правильна структура – 0,4 бали, с.о. та валентність – по 0,1 б., **всього: 1,8 б.**)*

E	**A**	**Продукт X→G**
		
+3	+4	+4
IV	IV	III

8.5.4. **Розподіліть** складні речовини зі схеми відповідно до наявного в них типу хімічного зв'язку. *(по 0,4 б. для кожної речовини, **всього: 3.2 бали**)*

Ковалентний	**Йонний**	**Металічний**
CS_2, HCN, C_2N_2, CO, CO_2, $CaCO_3$, $Ca(HCO_3)_2$, CaC_2	$CaCO_3$, $Ca(HCO_3)_2$, CaC_2	–

8.5.5. **Запишіть** назви мінералів, основним компонентом яких є сполука **A**. ***(0,7 б.)***

Мармур, вапняк, кальцит.

Завдання 8.6. Мінерал (*Автор: Іваниця Микита*)

Деякий мінерал складається зі сполуки **A**, яка є оксидом металу **M**. Цей мінерал відомий тим, що на основі його реакції з хлоридною кислотою було налагоджене перше промислове виробництво хлору за допомогою взаємодії речовини **A** з хлоридною кислотою.

Інакше відбувається реакція з сульфатною кислотою. Так, при кип'ятінні 10 г речовини **A** з надлишком концентрованої сульфатної кислоти виділяється кисень і утворюється сполука **B**, яка окрім металу **M** містить атоми ще двох елементів. Утворений розчин нейтралізували розчином натрій карбонату, при цьому утворилось 13,22 г осаду речовини **C**. Відомо, що для осадження речовини **C** використали 57,5 мл 2М розчину Na_2CO_3.

8.6.1. Визначте метал **M** та його вміст у сполуці **A**. (2x0,5 б)

З умови задачі можна припустити, що C – це карбонат. Відповідно, $M(\text{металу}) = (\frac{z}{2})(\frac{13,22}{2\cdot 0,0575}) - \frac{60z}{2}$, де z – заряд катіону металу. При z=2 $M(\text{металу}) = 54,85$, а значить M = Mn. Таким чином, в 10 г A знаходиться $2\cdot 0,0575\cdot 54,85 = 6,3$ г металу. Відповідно, масова частка M в A складає $\frac{6,3}{10} = 0.63$.	
M - Mn	Вміст **M** в **A**: 63%

8.6.2. Визначте сполуки **A**, **B**, **C** та **запишіть** рівняння реакцій, що відбуваються. (5x0,75 б)

Таким чином, C – $MnCO_3$. Оскільки A – це MnO_x за умовою задачі, то за означенням масової частки Оксигену в оксиді $\frac{x\cdot 15,99}{54,85+x15,99} = 1 - 0,63$, то x = 2. Таким чином A – MnO_2. Логічно припустити, що після кип'ятіння оксиду з сульфатною кислотою утворюється сульфат, який вже не змінює ступеню окиснення металу після взаємодії з розчином карбонату. Таким чином, B – $MnSO_4$.		
A - MnO_2	**B** - $MnSO_4$	**C** - $MnCO_3$
Рівняння реакцій: $2\ MnO_2 + 2\ H_2SO_4 \rightarrow 2\ MnSO_4 + O_2 + 2\ H_2O$ $MnSO_4 + Na_2CO_3 \rightarrow MnCO_3 + Na_2SO_4$		

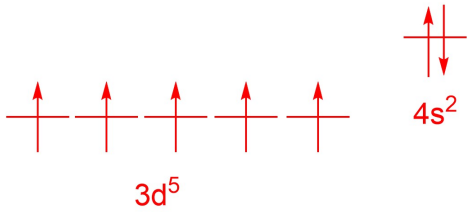
8.6.3. Запишіть рівняння реакції взаємодії **A** з HCl. **Який** об'єм хлору за н.у. можна одержати з 10 г A? **Чи буде** цей об'єм відрізнятись від об'єму кисню, який виділився при взаємодії такої ж маси **A** з сульфатною кислотою? **Підтвердіть** розрахунком. (3x0,75 б)

Рівняння реакції: $MnO_2 + 4\ HCl \rightarrow MnCl_2 + Cl_2 + 2\ H_2O$
$N(MnO_2) = n\ (Cl_2) = 0,0575\cdot 2$ моль = 0,115 моль; $M(Cl_2) = 0,115\cdot 22,4 = 2,576$ л $N(MnO_2) = 2\ n(O_2) = 2n(Cl_2)$; $n(O_2) = 0,0575$ моль; $V(O_2) = 1,288$ л Об'єм хлору: 2,576 л
Чи відрізняється об'єм хлору від об'єму кисню? _____так_____

8.6.4. Метал **M** можна одержати шляхом взаємодії речовини **A** з залізними ошурками за високих температур. Деякі метали, наприклад, залізо, здатні взаємодіяти з магнітним полем. **Наведіть** електронну конфігурацію металу **M**, **вкажіть** чи притягується даний метал магнітом. *Якщо ви не визначили метал **M**, тоді наведіть електронну конфігурацію для нікелю, та вкажіть чи притягується даний метал*

магнітом.

(2x0,75 б)

Електронна будова **M**:	Чи притягується **M** магнітом?
	Ні, оскільки манган є парамагнітним за кімнатної темератури, а не ферромагнітним, а за низьких температур манган взагалі є антиферромагнетиком.

8.6.5. Сполуку **A** в школі раніше використовували для демонстрації одержання кисню. Так до дрібки сполуки **A** наливали розчин H_2O_2. **Яка** реакція відбувалась? **Яка** роль речовини **A** в цій реакції? (2x0,75 б)

Рівняння реакції: $2\ H_2O_2 \rightarrow 2\ H_2O + O_2$
Роль **A**: MnO_2 виступає каталізатором даної реакції

9 клас

Завдання 1. От таке воно дослідництво (*Автор: Комарницький Олег*)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	**1.1**	**1.2**	**1.3**	**1.4**	**1.5**	**Сума**
Розбаловка	**3**	**2**	**2**	**2**	**1**	**10**
Перевірка						



Фосфатно-сольовий розчин (PBS) — це буферний розчин, який широко використовується в біологічних і біохімічних дослідженнях. Його основна роль полягає в підтримці стабільного pH та ізотонічного середовища під час експериментів. PBS зазвичай підтримує pH приблизно від 7,2 до 7,6, що близько до фізіологічного pH людського тіла. Це робить його придатним для різноманітних біологічних і біохімічних застосувань. Класична версія цього буфера складається з Na_2HPO_4, NaH_2PO_4, KCl та NaCl

Один дослідник, який працював у біотехнологічній компанії, тинявся без діла. Побачивши це, керівник дав йому відповідальну задачу – приготувати для всієї лабораторії PBS

9.1.1. **<u>Розрахуйте</u>** масу солей та їх концентрацію, яка необхідна для 4,5 літрів буфера з pH= 7,35. Врахуйте, що сумарна концентрація фосфатних солей дорівнює 15 mM і W(KCl)=0,02%, W(NaCl)=0,8% і густина 1г/мл ($K_{a1}(H_3PO_4)$=2,15, $pK_{a2}(H_3PO_4)$=7,09, $pK_{a3}(H_3PO_4)$=12,32)

C(NaCl)=$\frac{W(NaCl)*m(\text{р-ну})}{M(NaCl)*V(\text{р-ну})}$=0,137M; m(NaCl) = $W(NaCl) * V(NaCl) = 36$ г
C(KCl)=$\frac{(KCl)*m(\text{р-ну})}{M(KCl)*V(\text{р-ну})}$=2,68mM; ; m(KCl) = $W(KCl) * V(KCl) = 0{,}9$ г
Формула буфера: $pH = pKa - \log_{10}(\frac{\text{кислоти}}{\text{основи}})$
Нехай х – c(NaH_2PO_4), тоді c(Na_2HPO_4)=0,015-x
$pH = pKa2 - \log_{10}(\frac{x}{0{,}015-x}) = 7{,}35$
Звідси c(NaH_2PO_4)=5,3 mM, а c(Na_2HPO_4)=9,7mM
$m(\text{солі}) = M(\text{солі}) * V(\text{р} - \text{ну}) * c(\text{солі})$
m(NaH_2PO_4)=2,862; m(Na_2HPO_4)=6,198



Розрахувавши все дослідник приступив до роботи. Після отримання фінального розчину він вирішив перевірити pH, щоб переконатися у своєму результаті. Побачивши число 12 на pH-метрі, він усвідомив помилку в своїх діях.

9.1.2. **Розрахуйте**, яку кількість 37% HCl треба додати, щоб повернути до pH 7,4. Зміною об'єму розчину знехтуйте.

Формула буфера: $pH = pKa3 - \log_{10}(\frac{\text{c2(Na2HPO4)}}{\text{c(Na3PO4)}})$
c2(Na_2HPO_4)=10,14 mM ; c(Na_3PO_4)=4,86 mM
$n(HCl) = V(\text{р} - \text{ну}) * (\text{c(Na3PO4)} * 2 + (\text{c2(Na2HPO4)} - \text{c1}(Na_2HPO_4)))$= 0.04572
$V(HCl) = \frac{n(HCl)*M(HCl)}{W(HCl)}$=*4,51 мл*

Після завершення роботи, його не покидала думка, яким чином розчин мав pH=12. Перевіряючи банки, з яких він брав солі, науковець побачив, що етикетка стерта і він брав не NaCl, а NaOH.

9.1.3. **Розрахуйте**, яку масу NaOH було всипано

Виходячи з попереднього пункту:
$m(NaOH) = \frac{V(\text{р} - \text{ну}) * c(HCl) * M(NaOH)}{1} = 1{,}83$ г

9.1.4. **Розрахуйте** реальну концентрацію NaCl у буфері

$c(HCl) = c(NaCl) = 10{,}16$ mM

9.1.5. **Що таке** медичний ізотонічний розчин? **Наведіть** приклад.

Ізотонічний розчин - природні або штучно приготовані розчини з таким же осмотичним тиском, як і у вмісті тваринних і рослинних клітин, в крові і тканинних рідинах.
Приклад: 0,9% розчин натрій хлориду , 5% водний розчин глюкози.

Завдання 2. Антисептик по-неорганічному (*Автор: Комарницький Олег*)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	Сума
Розбаловка	3	2	3	1	1	10
Перевірка						

У 5 столітті до н.е. війська Олександра Македонського намагались вторгнутись до Індії. Але в той час на берегах річки Інд були поширенні шлунково-кишкові захворювання. Через це на певний час наступ зупинився. Обходячи всіх хворих, лікарі зрозуміли, що серед них немає жодного воєначальника. Це все було через те, що посуд воєначальників був зроблений з металу **X**, а посуд звичайних солдат із металу **Y**

Велику частину **X** добувають з мінералу **A** при спалюванні якого утворюється оксид **B** і газ **C**, який здатен реагувати з лугом. При дії на речовину **B** розбавленої HNO_3 утворюється розчин солі **D**. При додаванні до нього розчину Na_2SO_4, випадає білий осад **E**, який розчиняється при надлишку розчину амоніаку з утворенням **F**. Якщо ж до **F** додати H_2O_2, то випадає осад **X**

9.2.1. **Визначте** речовини X,Y,A-F, якщо з 3,34 г A утворюється 302 мл (н.у.) C і молекулярні маси металів співвідносяться як M(X):M(Y)=1:1,1

X	Y	A	B	C	D	E	F
Ag	Sn	Ag_2S	Ag_2O	SO_2	$AgNO_3$	Ag_2SO_4	$[Ag(NH_3)_2]_2SO_4$

Припустимо що C – SO_2. Тоді $n(SO_2)=0,0135$ моль. Враховуючи те, що крім оксиду і газу нічого немає, то можна зробити висновок, що мінерал бінарний. Тоді $m(X)=3,34-0,0135*32=2,908$ г. За законом еквівалентів: $\frac{m1}{M(екв)1} = \frac{m2}{M(екв)2}$ Тоді $M_{екв}(X)=58,5$ г/моль. Якщо ж в сполуці дві одиниці X, тоді M(X)=107,7 г/моль, що відповідає Ag. Тоді Y - Sn

9.2.2. **Напишіть** рівняння реакцій для речовин Y, A-F

$Ag_2O + 2HNO_3 \rightarrow 2AgNO_3 + H_2O$
$2Ag_2S + 3O_2 \xrightarrow{t°C} 2Ag_2O + 2SO_2$
$SO_2 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_3 + H_2O$
$2AgNO_3 + Na_2SO_4 \rightarrow Ag_2SO_4 + 2NaNO_3$
$Ag_2SO_4 + 4(NH_3 \cdot H_2O) \rightarrow [Ag(NH_3)_2]_2SO_4 + 4H_2O$
$[Ag(NH_3)_2]_2SO_4 + H_2O_2 = 2Ag + 2(NH_4)_2SO_4 + O_2$

Якщо ж чистий **X** занурити у розчин KCN і додати гідроген пероксид, то продуктами реакції будуть KOH та речовина **G**, яка при нагріванні розкладається на **X** і **H**. При кип'ятінні **G** з H_2SO_4 можна повернутись до сполуки **E**. Додавання ж до нього KSCN призводить до осаду **I**. В речовині **H** масова частка Карбону дорівнює 46,15%.

При додаванні брому до сполуки **I** за наднизьких температур (-50°C) можна отримати сульфуровмісну сполуку **K**, в якій масова частка Сульфуру становить 55,17%. Проте, при нагріванні реакційної суміші до -20°C сполука **K** полімеризується.

9.2.3. **Визначте** речовини G-K та **напишіть** рівняння реакцій

G	H	J	I	K
$K[Ag(CN)_2]$	C_2N_2		AgSCN	$(SCN)_2$

$2Ag + 4KCN + H_2O_2 \rightarrow 2K[Ag(CN)_2] + 2KOH$

$2K[Ag(CN)_2] \xrightarrow{t°C} 2KCN + 2Ag + C_2N_2$

$Ag_2SO_4 + 2KSCN = 2AgSCN + K_2SO_4$

9.2.4. **Напишіть** назву мінералу A.

Аргеніт

9.2.5. **Поясніть** поняття “псевдогалогени”.

Псевдогалогени — це група хімічних сполук, які мають властивості, подібні до галогенів, хоча самі не є галогенами. Вони включають групи атомів або молекули, які в хімічних реакціях і в своїх властивостях ведуть себе подібно до фтору, хлору, брому та йоду. Прикладами псевдогалогенів є ціанід (CN^-), ціанат (OCN^-) і ізоціанат (NCO^-)

Завдання 3. Молекули осені (*Автор: Камалова Еліна*)

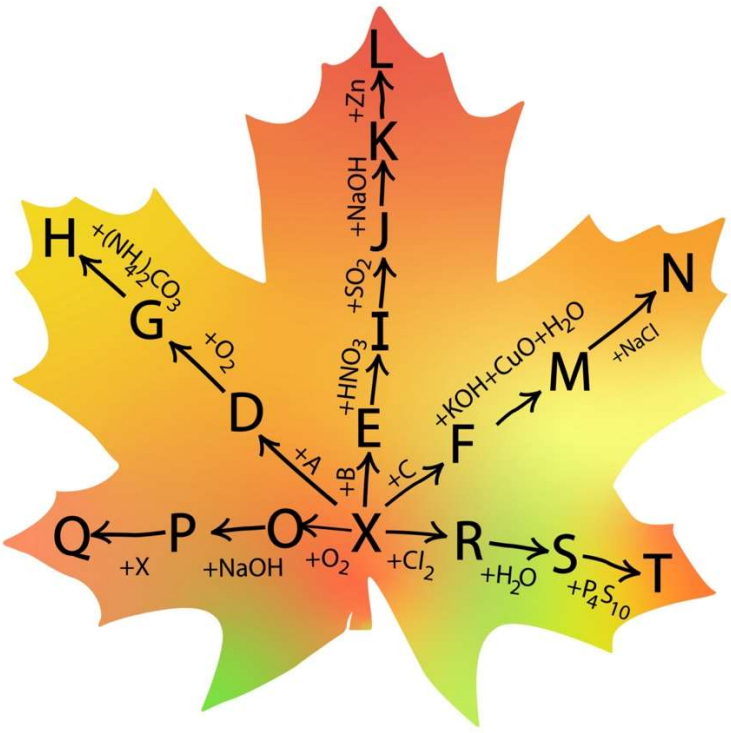
Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	Сума
Розбаловка	3	2	2	2	1	10
Перевірка						

Осінь – це час, коли кожен листок стає маленьким шедевром природи, перетворюючись у справжню палітру кольорів. Осінніми кольорами наділені бінарні нерозчинні у воді сполуки **D**, **E** та **F**: коричневим, жовтим та помаранчевим відповідно. Їх можна утворити, якщо до простої речовини **X** додати прості речовини **A**, **B** і **C**, які належать до однієї групи періодичної системи.

Нижче наведена схема перетворень за участю даних сполук, для якої відомі наступні дані:

- з 1,00 г **X** можна синтезувати 5,35 г **D**;
- речовина **M** – реагент для якісного визначення йонів Na^+ в розчині;
- перетворення середньої солі **K** в **L** має назву “Проба Марша”, w(B) в L складає 0,987.
- Перетворення **X** в **O** відбувається без участі каталізатора;
- сіль **Q** використовують в йодометрії;
- при додаванні хлору до **X** утворюється сполука **R**, що має будову дисфеноїда.



9.3.1. **Розшифруйте** невідомі сполуки А-Т та Х враховуючи, що не всі сполуки на схемі містять в своєму складі елемент Х. Відповідь **підтвердіть розрахунками.**

Через високий вміст елемента В в сполуці L розглянемо L як гідрид,
тоді w(H) = 1,000 – 0,9615 = 0,03850, $M(L) = \frac{Мекв(H)}{0{,}0385} = 25{,}97 \frac{г}{моль}$,
$Мекв(B) = 25{,}97 - 1 = 24{,}97$ г/моль ⇒ B – As, L – AsH_3,
З описаних даних припустимо, що Х – Сульфур,
тоді w(X) в D = 1,00/5,35 = 0,187, M(D) = 16,0/0,187 = 85,6 г/моль,
$M_{екв}$(A) = 85,6 – 16,0 = 69,6 г/моль ⇒ A – Bi

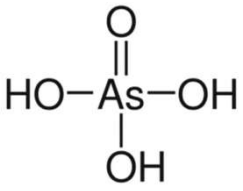
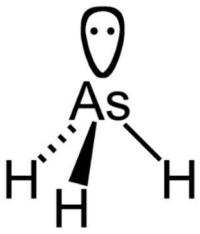
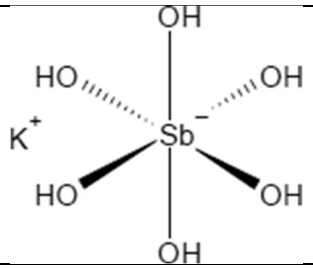
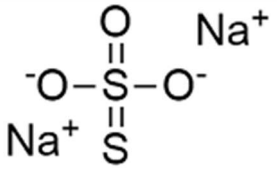
X	A	B	C	D	E	F
S	Bi	As	Sb	Bi_2S_3	As_2S_3	Sb_2S_3
G	**H**	**I**	**J**	**K**	**L**	**M**
Bi_2O_3	$Bi_2CO_3(OH)_4$	H_3AsO_4	As_2O_3	Na_2AsO_3	AsH_3	$K[Sb(OH)_6]$
N	**O**	**P**	**Q**	**R**	**S**	**T**
$Na[Sb(OH)_6]$	SO_2	Na_2SO_3	$Na_2S_2O_3$	SCl_4	$SOCl_2$	S_2Cl_2

9.3.2. **Запишіть** відповідні рівняння реакцій, зазначених на схемі.

X + A → D	$3S + 2Bi \rightarrow Bi_2S_3$
D + O_2 → G	$2Bi_2S_3 + 9O_2 \rightarrow 2Bi_2O_3 + 6SO_2$
G + $(NH_4)_2CO_3$ → H	$Bi_2O_3 + 3(NH_4)_2CO_3 \rightarrow Bi_2CO_3(OH)_4 + 6NH_3 + 2CO_2 + H_2O$
X + B → E	$3S + 2As \rightarrow As_2S_3$
E + HNO_3 (конц.) → I	$As_2S_3 + 28HNO_3$ (конц.) $\rightarrow 2H_3AsO_4 + 28NO_2 + 3H_2SO_4 + 8H_2O$
I + SO_2 → J	$2H_3AsO_4 + 2SO_2 \rightarrow As_2O_3 + 2H_2SO_4 + H_2O$
J + NaOH (конц.) → K	$As_2O_3 + 6NaOH$ (конц.) $\rightarrow 2Na_3AsO_3 + 3H_2O$
K + Zn + H_2SO_4 → L	$2Na_3AsO_3 + 6Zn + 9H_2SO_4 \rightarrow 2AsH_3 + 6ZnSO_4 + 3Na_2SO_4 + 6H_2O$
X + C → F	$3S + 2Sb \rightarrow Sb_2S_3$
F + KOH (конц.) + CuO + H_2O → M	$Sb_2S_3 + 2KOH$ (конц.) $+ 5CuO + 5H_2O \rightarrow 2K[Sb(OH)_6] + 2Cu_2S + CuS$
M + NaCl → N	$K[Sb(OH)_6] + NaCl \rightarrow Na[Sb(OH)_6] + KCl$
X + Cl_2 → R	$S + 2Cl_2 \rightarrow SCl_4$

R + H_2O → S	$SCl_4 + H_2O \rightarrow SOCl_2 + 2HCl$
S + P_4S_{10} → T	$10SOCl_2 + P_4S_{10} \rightarrow 10S_2Cl_2 + P_4O_{10}$
X + O_2 → O	$S + O_2 \rightarrow SO_2$
O + NaOH → P	$SO_2 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_3 + H_2O$
P + X → Q	$Na_2SO_3 + S \rightarrow Na_2S_2O_3$

9.3.3. **Намалюйте** структурні формули сполук I, L, M та Q, **визначте** їхню геометричну будову та тип гібридизації центрального атома.

I	L	M	Q
			
Будова тетраедр	тригональна піраміда	октаедр	тетраедр
тип гібридизації sp^3	sp^3	sp^3d^2	sp^3

9.3.4. **Розташуйте** гідриди елементів A, B та C в порядку збільшення ступеня sp^3-гібридизації в сполуці, відповідь **поясніть**.

BiH_3, SbH_3, AsH_3

В міру збільшення розмірів атомів зменшується електронна густина орбіталі, змішування відбувається важче і здатність атома реалізувати sp^3-гібридизований стан зменшується.

9.3.5. **Розташуйте** аніони ClO_4^-, SiO_4^{2-}, SO_4^{2-}, PO_4^{3-} в порядку збільшення їхньої стійкості, **поясніть** відповідь, спираючись на концепцію гібридизації.

ClO_4^-, SO_4^{2-}, PO_4^{3-}, SiO_4^{4-}

У періоді зі збільшенням порядкового номеру елементів збільшується різниця між енергіями s- і p- підрівнів їхніх атомів, внаслідок чого здатність до виникнення sp^3-гібридизованого стану має зменшуватись. Це можна вважати однією з причин збільшення стійкості тетраедричних йонів в даному ряду, де центральний атом має sp^3-гібридизований стан.

9.3.6. **Запишіть** реакцію взаємодії Q з йодом.

$2Na_2S_2O_3 + I_2 \rightarrow Na_2S_4O_6 + 2NaI$	

Задача 4. «Світлоносний» (*Автор: Камалова Еліна*)

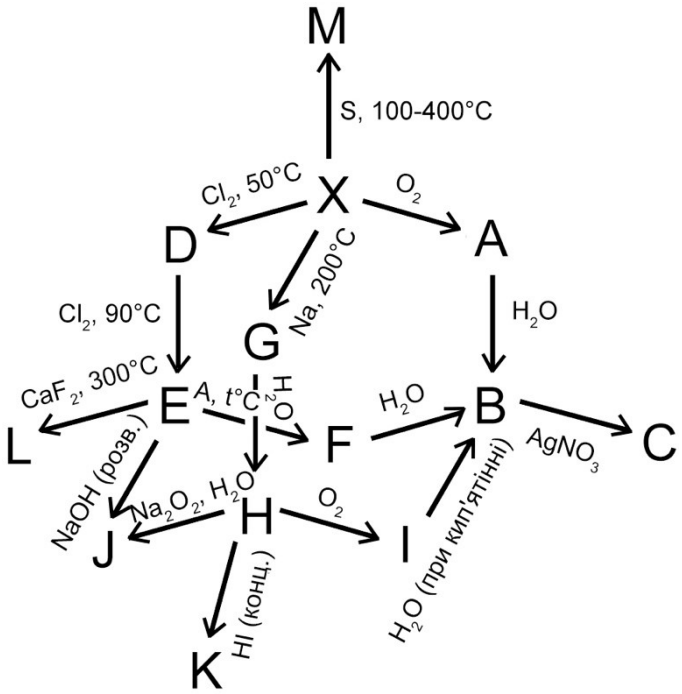
Питання	4.1	4.2	4.3	4.4	Сума
Розбаловка	**4.2**	**3.2**	**1.6**	**1**	**10**
Перевірка					

На наведеній схемі перетворень кожна з речовин містить в собі життєво необхідний елемент X. Його відкриття пов'язують з дослідженнями німецького алхіміка Брандта, під час яких він отримав воскоподібну речовину, що яскраво світилася в темряві.

Відомі наступні дані:

— у бінарній сполуці A w(X) = 43,64%;

— у сполуці M w(X) = 56,29%;
— при перетворенні B → C утворюється жовтий осад;
— при додаванні A до E за нагрівання утворюється F;
— сполуки E та L мають однакові співвідношення кількостей атомів в молекулі.



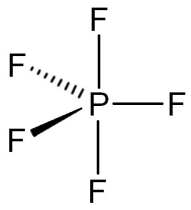
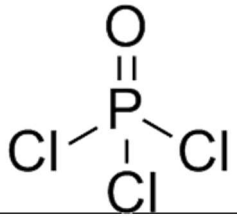
9.4.1. **Визначте** всі зашифровані речовини A-M та X в наведеній схемі перетворень.

X	A	B	C	D	E
P	P_2O_5	H_3PO_4	Ag_3PO_4	PCl_3	PCl_5
F	**G**	**H**	**I**	**J**	**K**
$POCl_3$	Na_3P	PH_3	HPO_3	Na_3PO_4	PH_4I
L	**M**				
PF_5	P_4S_3				

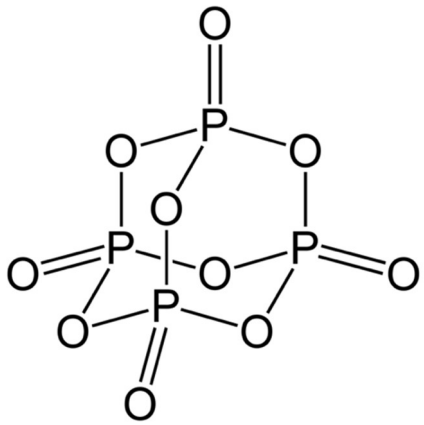
9.4.2. **Запишіть** відповідні рівняння реакцій.

X → A	$4P + 5O_2 \rightarrow 2P_2O_5$
A → B	$P_2O_5 + 3H_2O \rightarrow 2H_3PO_4$
B → C	$H_3PO_4 + 3AgNO_3 \rightarrow Ag_3PO_4 + 3HNO_3$
X → D	$2P + 3Cl_2 \rightarrow 2PCl_3$
D → E	$PCl_3 + Cl_2 \rightarrow PCl_5$
E → F	$3PCl_5 + P_2O_5 \rightarrow 5POCl_3$
F → B	$POCl_3 + 3H_2O \rightarrow H_3PO_4 + 3HCl$
X → M	$4P + 3S \rightarrow P_4S_3$
X → G	$P + 3Na \rightarrow Na_3P$
G → H	$Na_3P + 3H_2O \rightarrow PH_3 + 3NaOH$
H → I	$PH_3 + 2O_2 \rightarrow HPO_3 + H_2O$
I → B	$HPO_3 + H_2O \rightarrow H_3PO_4$
E → J	$PCl_5 + 8NaOH \rightarrow Na_3PO_4 + 5NaCl + 4H_2O$
H → J	$PH_3 + 4Na_2O_2 + H_2O \rightarrow Na_3PO_4 + 5NaOH$
H → K	$PH_3 + HI \rightarrow PH_4I$
E → L	$2PCl_5 + 5CaF_2 \rightarrow 2PF_5 + 5CaCl_2$

9.4.3. **Намалюйте** структурні формули молекул L та F, **вкажіть** їх геометрію та **визначте** гібридизацію центрального атома.

L	F
	
тригональна біпіраміда	тригональна піраміда
sp^3d	sp^3

9.4.4. **Зобразіть** будову речовини A.



Завдання 5. «A long time ago, in a galaxy far, far away….»
(*Автор: Омелянчук Владислав*)

Питання	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	Сума
Розбаловка	1	2	2	2	2	1	10
Перевірка							



Після падіння Галактичної імперії, наші герої: джедай Люк Скайвокер, Лея Органа, Хан Соло та Чубакка – відправилися у далекі закутки Всесвіту, щоб остаточно повалити імперський режим Дарта Сідіуса. На планеті Вджун, де знаходиться замок Дарта Вейдера – Баст, корабель Тисячолітній Сокіл зазнав аварії, внаслідок якої було втрачено усе пальне. На велике щастя борців світла дана планета багата на Уран-235. Так Хан Соло з допомогою свого приятеля Чубакки перевели корабель на радіоактивне пальне.

Відомо, що Уран-235 при поглиненні одного нейтрона розкладається на ізотопи X, $^{89}_{36}Kr$ та 3 нейтрона.

9.5.1. **Вкажіть** X та наведіть реакції відповідного радіоактивного розпаду.

X – $^{144}_{56}Ba$
$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{144}_{56}Ba + ^{89}_{36}Kr + 3^{1}_{0}n$

9.5.2. **Розрахуйте** енергію, що виділяється при проходженні цієї реакції.

Примітка:

$M(^{235}_{92}U)=3,90438\times10^{-25}$ *кг*

$M(^{144}_{56}Ba)=2,25832\times10^{-25}$ *кг*

$M(^{89}_{36}Kr)=1,47698\times10^{-25}$ *кг*

$m_n = 1,67495\times10^{-27}$ *кг*

$$\Delta E = \Delta mc^2$$

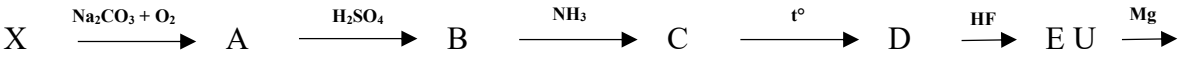
$$\Delta m = M(^{235}_{92}U) + m_n - M(^{144}_{56}Ba) - 3 \times m_n - M(^{89}_{36}Kr)$$

$$\Delta m = 3,90438 \times 10^{-25} + 1,67495 \times 10^{-27} - 2,25832 \times 10^{-25} - 3 \times 1,67495 \times 10^{-2} - 1,47698 \times 10^{-25} = 1,33581 \times 10^{-26} \text{ кг}$$

$$\Delta E = 1,33581 \times 10^{-26} \times (3 \times 10^{8})^2 = 1,20223 \times 10^{-9} \text{ Дж}$$

Як виявилося, енергії даного пального недостатньо для того, щоб Тисячолітній Сокіл піднявся у повітря. Саме тому команда Скайвокера вирішила шукати інше джерело палива на планеті.

Помітивши поруч окрім чистого урана попелясто-сірий мінерал, якого, як виявилося, було безліч навкруги, вони вирішили дістати з нього хоча б щось. Хан Соло взяв довідник з мінералогії і виявив, що це уранова смолка (X). Його вирішили очистити за наступною схемою:



9.5.3. **Розшифруйте** X та A-E.

X	A	B	C
U_3O_8	$Na_4[UO_2(CO_3)_3]$	UO_2SO_4	$(NH_4)_2U_2O_7$
D	E		
UO_2	UF_4		

9.5.4. **Напишіть** рівняння реакції, згадані вище.

$2U_3O_8 + 18Na_2CO_3 + O_2 + 6H_2O \rightarrow 6Na_4[UO_2(CO_3)_3] + 12NaOH$
$Na_4[UO_2(CO_3)_3] + 3H_2SO_4 \rightarrow UO_2SO_4 + 2Na_2SO_4 + 3H_2O + 3CO_2$
$2UO_2SO_4 + 6(NH_3 \cdot H_2O) \rightarrow (NH_4)_2U_2O_7 + 4NH_4NO_3 + 3H_2O$
$(NH_4)_2U_2O_7 \rightarrow 2UO_2 + 2NH_3 + H_2O + O_2$
$UO_2 + 4HF \rightarrow UF_4 + 2H_2O$
$UF_4 + 2Mg \rightarrow U + MgF_2$

Виявилося, що це «інопланетний» уран. Усі електрони даного ізотопа замінені на мюони.

Довідкові матеріали:

$m_n = 1,67495\times10^{-27}$ *кг*

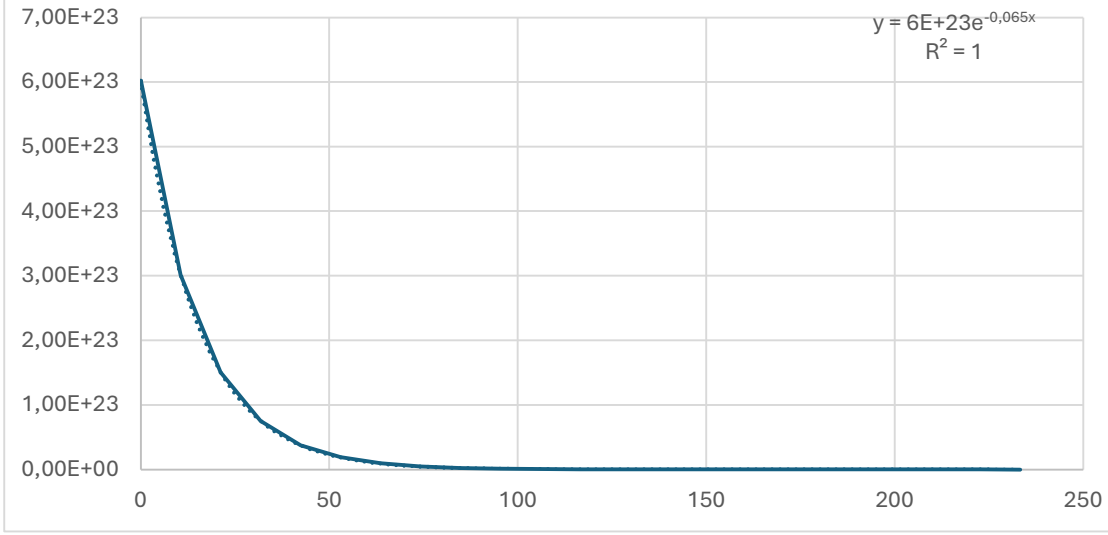
$m_p = 1,672623\times10^{-27}$ *кг*

$m_\mu = 1,883\times10^{-28}$ *кг*

9.5.5. **Розрахуйте** енергію реакції з даним «інопланетного» ізотопом, якщо його масове число становить 235 та він є β^--емітером. **Напишіть** рівняння реакції. **Зменшиться чи збільшиться** енергія реакції, якби замість мюонів були електрони?

$^{235}U \rightarrow \mu^- + {}^{235}Np$ $\Delta E = \Delta mc^2$ $\Delta m = (92m_p + 143m_n + 92m_\mu - (93m_p + 142m_n + 94m_\mu))$ $\Delta E = -3{,}369 \times 10^{-11}$ Дж	$^{235}U \rightarrow \mu^- + {}^{235}Np$ $\Delta m = 235m_p + 143m_n + 235m_\mu - (235m_p + 142m_n + 236m_\mu)$ $\Delta E = 1.338 \times 10^{-10}$ Дж $\Delta E = \Delta mc^2$
Збільшиться	Зменшиться

9.5.6. Час напівжиття «інопланетного» ізотопу становить 10,6 років. **Побудуйте** графік залежності кількості ядер від часу та з нього **порахуйте** активність та сталу радіоактивного розпаду зразка «інопланетного» урану масою 235 г.



$$A = \lambda N = \frac{\ln(2)}{T_{\frac{1}{2}}} \times N = 1{,}29 \times 10^{15} \text{ Бк}$$

$$\lambda = \frac{\ln(2)}{T_{\frac{1}{2}}} = 0.065\ years^{-1} (2 \times 10^{-9}\ s^{-1})$$

Завдання 6. Мандрівник у часі. Повернення додому

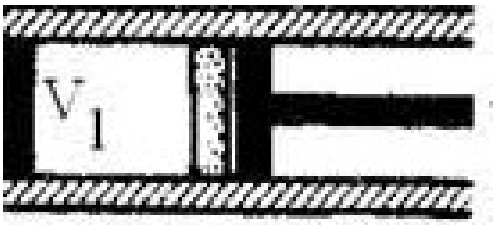
(*Автор: Омелянчук Владислав*)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	Сума
Розбаловка	1	2	2	2	2	1	10
Перевірка							

Ви – мандрівник у часі, який зазнав аварію у Парижі у 1389 році. Вас спіймав Ніколя Фламель, потужний алхімік свого часу. Вам вдалося втекти від нього за допомогою своїх сучасних знань з хімії. Але перед Вами постала нова задача – повернення додому. Машина часу зруйнована, а з уцілілого лише балон з чистин киснем та ацетиленом.

Ви вирішуєте зробити двигун зовнішнього згорання, або двигун Стірлінга. Забравши з лабораторії Фламеля спиртову горілку та скляний циліндр з поршнем, він зібрав конструкцію за схемою нижче.



Ацетилен – вуглеводень з молекулярною формулою C_2H_2. Відомо, що після горіння всі продукти знаходяться в газоподібному стані.

9.6.1. **Напишіть** рівняння реакції горіння ацетилену.

$$2C_2H_2 + 5O_2 \rightarrow 4CO_2 + 2H_2O$$

Тиск та температура всередині 1 атм і 293 К відповідно. Відомо, що співвідношення ацетилену до кисню становить 1:2,5 (за об'ємом), а кількість ацетилена – 0,02 моль.

9.6.2. **Визначте** об'єм після проходження, якщо тиск залишився сталим, а температура піднялася на 10 К.

$$pV = nRT$$
$$V = \frac{0.06 \times 8{,}314 \times 303}{101.3} = 1.492\ l$$

9.6.3. Користуючись довідковими матеріалами **визначте** ентальпію реакції горіння ацетилену.

$$\Delta Hr = \Delta H(H20) + 2\Delta H(CO2) - 2.5\Delta H(O2) - \Delta H(C2H2)$$
$$\Delta Hr = -241.8 + 2 \times (-393.5) - 226.8 = -1255.6\frac{kJ}{mol}$$

Довідкові матеріали:

Стандартні теплоти утворення речовин

Речовина	ΔH_f^0, кДж	Речовина	ΔH_f^0, кДж	Речовина	ΔH_f^0, кДж
$MgO_{(т)}$	- 601,2	$C_2H_{2(г)}$	226,8	$H_{2(г)}$	0
$CO_{2(г)}$	- 393,5	$O_{2(г)}$	0	$P_2O_{5(т)}$	-1530,5
$H_2O_{(р)}$	- 285,5	$CO_{2(г)}$	- 393,3	$H_3PO_{4(т)}$	-1283,7
$H_2O_{(г)}$	- 241,8	$CH_3COCH_{3\,(р)}$	- 216,7	$CH_3OH_{(р)}$	- 201,2

Робота газу – це добуток тиску на зміну об'єму суміші.

9.6.4 **Розрахуйте**, яку роботу виконала газова суміш під час реакції. Тертям поршня знехтуйте.

$$A = p \times \Delta V$$
$$A = [p \times (\frac{0.07 \times 8.314 \times 293}{101300} - \frac{0.06 \times 8.314 \times 393}{101300})]$$
$$A = 19.37\ J$$

Ентальпія реакції – це повна енергія, що може виділитися під час перебігу реакції. Робота – це лише її частина, що перетворилася на корисну дію. Тобто, коефіцієнт корисної дії – це відношення корисної частини до повної енергії.

9.6.5. **Визначте** ККД (η).

$$\eta = \frac{19.37}{1255.6 \times 0.02 \times 1000} = 0.0007713 \text{ або } 0{,}07713\%$$

Для запуска машини часу потрібна потужність – 1 кВт. Потужність – це робота, що виконується за одиницю часу.

9.6.6. Чи вистачить мандрівнику потужностей, щоб повернутися додому? Відповідь **обгрунтуйте** розрахунками (час одного циклу 5 мс)

$$P = \frac{A}{t}$$

$$P = \frac{19.37}{0.005} = 3874 \text{ Вт}$$

Оскільки наш двигун має потужність 3.874 кВт, а потрібна потужність 1 кВт, мандрівник у часі зміг повернутися додому.

Завдання 7. Воднева бензоколонка (*Автор: Сімонов Андрій*)

Питання	1.1	1.2	1.3	1.4	Сума
Розбаловка	**1,5**	**1,5**	**3**	**4**	**10**
Перевірка					

Гідроген, будучи найрозповсюдженнішим елементом у Всесвіті, відіграє важливу роль не тільки в астрофізиці, а й у сучасній хімічній промисловості. В останнє десятиліття водень все частіше розглядається як перспективне паливо майбутнього завдяки його високій енергетичній щільності та екологічній чистоті. Одною з проміжних реакцій отримання водню в промисловості є реакція відновлення водянної пари чадним газом. Так, в закритому реакторі об'ємом 2 л при температурі 700 К встановилась рівновага:

$$CO(г)+H_2O(г)\rightleftharpoons CO_2(г)+H_2(г)$$

В початковий момент в реактор ввели:

- 1 моль CO
- 1 моль H_2O
- 0,5 моль CO_2
- 0,5 моль H_2

Після того як встановилась рівновага, концентрація CO_2 в реакторі збільшилась на 0.2моль/л.

9.7.1. **Розрахуйте** концентрацію всіх газів у стані рівноваги.

Початкові концентрації:
c(CO) =1 моль / 2 л = 0,5 моль/л
c(H_2O) =1 моль / 2 л = 0,5 моль/л
c(CO_2) = 0,5 моль / 2 л = 0,25 моль/л
c(H_2) = 0,5 моль / 2 л = 0,25 моль/л

За умовою реакції зміна концентрації для CO_2 дорівнює +0.2 моль/л. За стехіометрією реакції, при збільшенні концентрації CO_2 на 0.2 моль/л, концентрація H_2 також збільшується на 0.2моль/л, а концентрації CO і H_2 зменшуються на 0.2 моль/л

Концентрації після вставновлення рівноваги:
$c(CO) = 0,5 – 0,2 = 0,3$ моль/л
$c(H_2O) = 0,5 – 0,2 = 0,3$ моль/л
$c(CO_2) = 0,25 + 0,2 = 0,45$ моль/л
$c(H_2) = 0,25 + 0,2 = 0,45$ моль/л

9.7.2. **Розрахуйте** константу рівновагу K_c для даної реакції при температурі 700 К

$$K_c = \frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]}$$

$$K_c = \frac{0.45 * 0.45}{0.3 * 0.3} = \frac{0.2025}{0.09} = 2.25$$

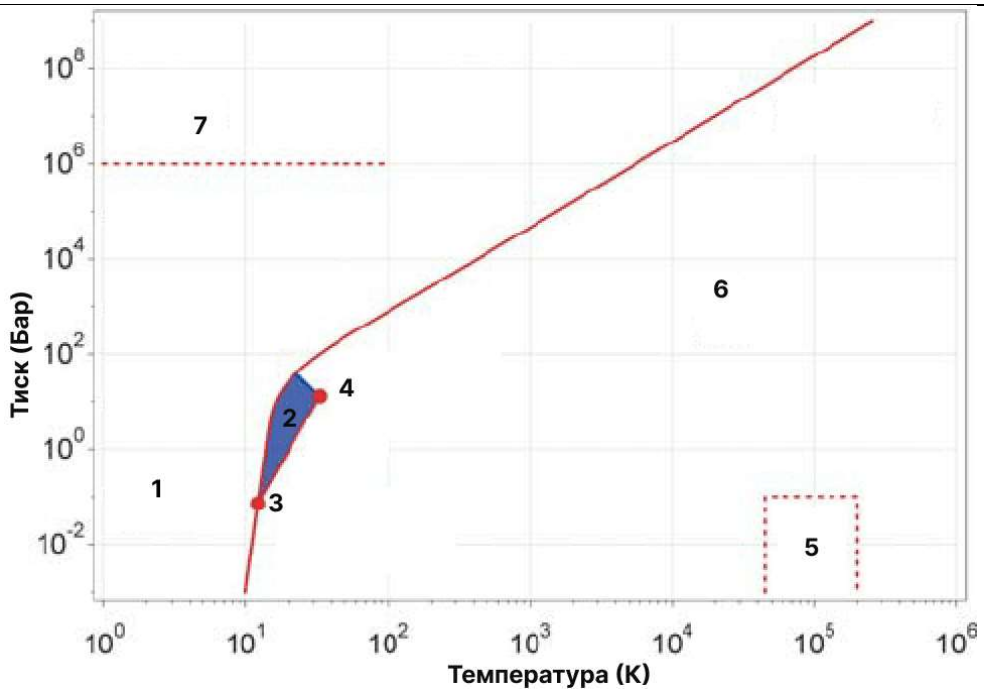
9.7.3. **Розрахуйте** константу рівноваги при при збільшенні температури в реакторі до 900 К. Як при цьому зміниться рівновага? Ентальпія реакція $\Delta H^0 = -41.2$ кДж / моль.

$$\ln\left(\frac{K_{T2}}{K_{T1}}\right) = -\frac{\Delta H^0}{R}\left(\frac{1}{T2} - \frac{1}{T1}\right)$$

$$\ln\left(\frac{K_{900}}{2.25}\right) = -\frac{41000}{8.31}\left(\frac{1}{900} - \frac{1}{700}\right)$$

$$K_{900} = 0.47$$

Рівновага зміститься в сторону утворення початкових речовин.



Зберігання та доставка водню є передовою задачею людства, оскільки водневе паливо може бути відновлюваним джерелом енергії та не спричиняти парникового ефекту. Одне з ускладнень, що лежить на шляху до такого джерела енергії – складна фазова поведінка водню.

Вище наведена фазова діаграма водню, а всі позначення (1-7) показують різні фази водню залежно від тиску та температури.

9.7.4. Вкажіть вірність (T) або хибність (F) наступних тверджень

За н.у. водень перебуває в газоподібному стані	**T**
Перехід зі стану **1** в **6** та **2** в **6** називається випаровуванням	**T**
В точці **4**, але не в **3** співіснують рідкий, твердий та газоподібний водень	**F**
За тиску вищого за 10^2 Бар водень може сублімуватися, не переходячи у стан рідини	**T**
За температури близько 6000К водень може існувати в атомарному стані	**T**
У водню існує лише один вид твердої фази	**F**
За атмосферного тиску водень може кипіти	**T**
Водень можна транспортувати в контейнерах у зрідженому стані без використання додаткових речовин	**F**

10 клас

Завдання 10.1. Вогонь! (*Автор: Костянтин Гавриленко*

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	**10.1.1**	**10.1.2**	**10.1.3**	**10.1.4**	**10.1.5**	**10.1.6**	**Сума**
Перевірка	**1**	**0,5**	**1,2**	**0,5**	**2**	**0,5**	**10**
Питання	**10.1.7**	**10.1.8**	**10.1.9**	**10.1.10**	**10.1.11**		
Перевірка	**0,5**	**0,5**	**0,8**	**1**	**1,5**		

Капсаїцин — природний амід, активний компонент рослин роду *Capsicum*. Ця хімічна сполука подразнює та викликає пекучі відчуття при контакті з будь-якими тканинами людини та інших ссавців. Повне спалювання 2,000 г капсаїцину в чистому кисні призводить до утворення 2,644 л карбон(IV) оксиду, 73,44 мл азоту та 1,593 г води за н.у.



10.1.1. Розрахуйте брутто-формулу капсаїцину, якщо на спалювання було витрачено 3,415 л кисню (н.у.).

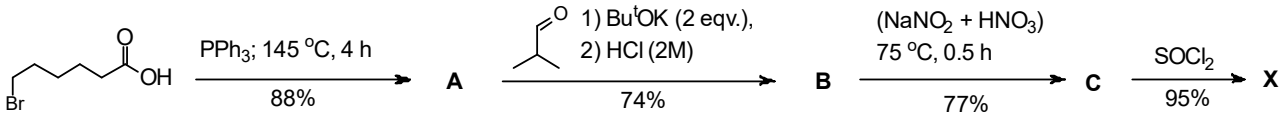
Нехай капсаїцин має формулу $C_aH_bN_CO_d$
Тоді рівняння реакції горіння має вигляд
$C_aH_bN_CO_d + (a+b/4-d/2)O_2 = aCO_2 + c/2N_2 + b/2H_2O$
Рахуючи відповідні кількості речовин отримуємо:
a:b:c:d = 18:27:1:3
Формула: $C_{18}H_{27}NO_3$
Правильна формула з розрахунком - 1 бал

10.1.2. Запишіть рівняння реакції згоряння капсаїцину.

$4C_{18}H_{27}NO_3 + 93O_2 = 72CO_2 + 2N_2 + 54H_2O$

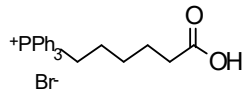
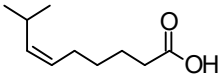
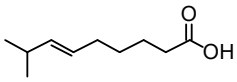
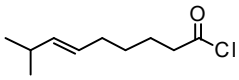
Рівняння з коефіцієнтами - 0.5 балів

В 1989 році було опубліковано один з шляхів синтезу капсаїцину. Нижче наведено схему синтезу сполуки **X**, з якої можна отримати капсаїцин:



PPh_3 – трифенілфосфін, Bu^tOK – калій трет-бутилат, HCl – водний розчин хлороводню.

10.1.3. **Намалюйте** будову сполук, зашифрованих на схемі. Майте на увазі, що сполуки **B** та **C** мають однаковий склад. **Вкажіть** конфігурацію стереоцентрів, де це необхідно.

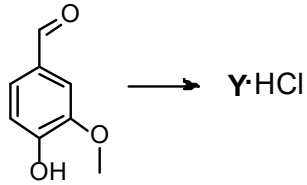
A 	**B**  Z- (цис-)
C  E- (транс-)	**X**  E- (транс-)

Кожна формула по 0.3 балів. За відсутню/неправильну стереоізомерію -0.15 балів. Сумарно 1.2 бали

10.1.4. **Визначте** загальний вихід отримання **X** за цією схемою.

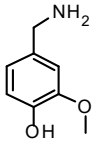
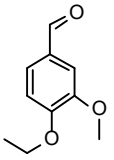
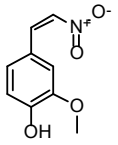
$\eta = 0{,}88 \cdot 0{,}74 \cdot 0{,}77 \cdot 0{,}95 =$ **0,476 (47,6 %)** **0.5 балів за правильне значення**

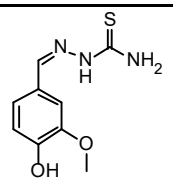
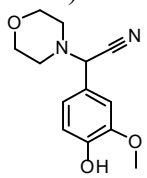
Амін **Y** у вигляді гідрохлориду легко отримується з ваніліну за перетворенням:



10.1.5. Серед переліку нижче **виберіть** комбінацію реагентів, яка підходить для отримання **Y**. **Наведіть** будову продуктів (у формі основ) зазначених нижче реакцій.

- 1) амоній форміат, 180 °C; 2) Р-н $HCl_{(конц.)}$, кип'ятіння.
- 1) C_2H_5Br, K_2CO_3; 2) Р-н HCl.
- 1) , C_2H_5OH, кип'ятіння. 2) HCl (1 екв.).
- CH_3NO_2, амоній ацетат - оцтова к-та, кип'ятіння.
- 1) KCN + морфолін. 2) HCl (1 екв.).

1) амоній форміат, 180 °C; 2) Р-н $HCl_{(конц.)}$, кип'ятіння. 	1) C_2H_5Br, K_2CO_3; 2) Р-н HCl. 
1) , C_2H_5OH, кип'ятіння. 2) HCl (1 екв.).	CH_3NO_2, амоній ацетат - оцтова к-та, кип'ятіння. 

	
1) KCN + морфолін. 2) HCl (1 екв.). 	**По 0,4 бали за правильну формулу кожного продукту. -0.2 бали за неправильно вказані реагенти з варіантів. Сумарно 2 бали, не менше, ніж 0 балів.**

Власне, капсаїцин можна отримати зі сполук **X** та **Y** за наступною процедурою: 1,2 мольних еквіваленти сполуки **X** повільно додають до розчину сполуки **Y** з двома еквівалентами основи в ДМФ. Після закінчення реакції реакційну суміш розводять водою, підкисляють та екстрагують етером. Органічну фазу промивають розведеною кислотою, розчином натрій гідрогенкарбонату, висушують та упарюють.

10.1.6. Для чого в реакції ацилювання береться не менше двох еквівалентів основи (тут і всюди, де потрібно, **закресліть** «о» з правильною відповіддю)?

- Збільшення розчинності Y.
- Депротонування амінної функції в Y.
- **Переведення Y в основну форму.**
- Збереження Y від окиснення.

10.1.7. В таких реакціях в якості основи часто використовують аміни. Виберіть який амін найкраще підійде для реакції.

- Амоніак.
- Етиламін.
- Диетиламін.
- **Триетиламін.**

10.1.8. Що дає промивання органічного екстракту кислотою та основою?

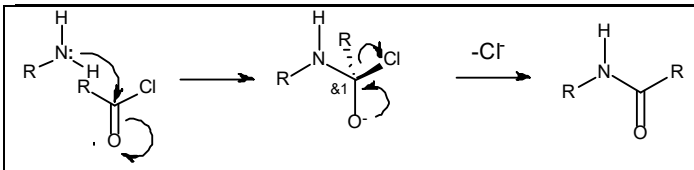
- Відбувається нейтралізація аміду.
- **Видаляються рештки аміну та кислоти, які не прореагували.**
- В водну фазу екстрагується продукт.
- Видаляються неорганічні домішки з продукту.

У кожному тесті правильна відповідь по 0.5 балів. 0 балів за більше, ніж одну обрану відповідь.

10.1.9. **Розрахуйте** вихід капсаїцину, якщо з 18,95 г **X** було отримано 21,60 г продукту.

M(X) = 188,5 г/моль
$n(X) = n_{теор}(C_{18}H_{27}NO_3) = 18,95/188,5 = 0,1005$ моль
Але за умовою береться 1.2 еквіваленти, тому ефективна кількість речовини буде
$n_{eff}(X) = 0,1005/1,2 = 83,75$ ммоль
$M(C_{18}H_{27}NO_3) = 305$ г/моль, $m_{теор}(C_{18}H_{27}NO_3) = 0,08375*305 = 25,54$ г
$\eta = m_{пр}/m_{теор} = 21,6/25,54 =$ **0,8456 (84,56%)**
0.8 балів за правильне значення

10.1.10. **Наведіть** механізм утворення капсаїцину з **X** та **Y**. Для спрощення малюйте лише функціональні групи, які беруть участь у взаємодії, позначивши залишок, як R (наприклад, оцтова кислота в такому записі буде виглядати, як ).

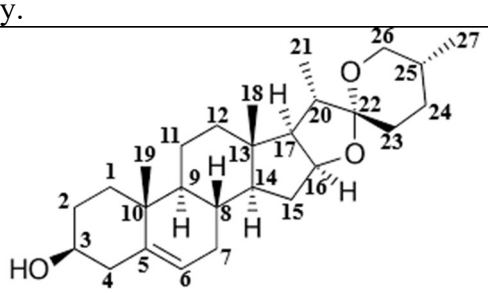


1 бал за правильний механізм. Різні зменшення оцінки за неточності в механізмі.

Найгострішим перцем в світі вважається Carolina Reaper. Цікаво, що окрім неймовірно глибокої гостроти його смак часто характеризують як фруктовий, що перетворюється на розжарену лаву. Але за гіркі ноти в смаку цього перцю відповідає діосгенін.



10.1.11. **Позначте** за RS-номенклатурою абсолютну конфігурацію всіх стереоцентрів діосгеніну.



По 0.15 балів за кожен правильно визначений стереоцентр, але не більше, ніж 1.5 балів сумарно.

Номер атома	R/S
3	S
8	S
9	S
10	R
13	S
14	S
16	S
17	R
20	S
22	R
25	R

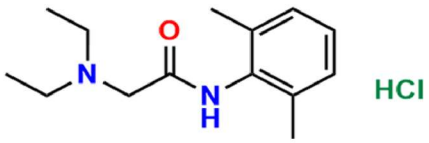
Завдання 10.2. Лідокаїн *(Автор: Олексій Вєньський)*

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

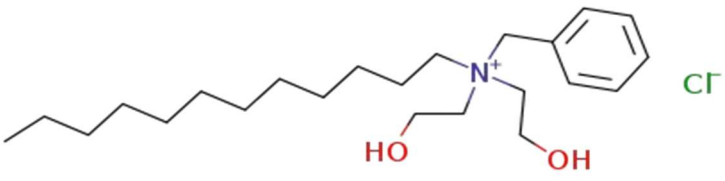
Питання	**10.2.1**	**10.2.2**	**10.2.3**	**10.2.4**	**10.2.5**	**10.2.6**	**10.2.7**	**10.2.8**	**10.2.9**	**Сума**
Перевірка	0,5	0,5	2	1,5	1,5	0,75	0,75	1,5	1	10

Лідокаїн використовується в комбінації з антисептиками як складова частина спреїв для ротової порожнини зі знеболювальною дією. Одним із таких спреїв є, наприклад, Orofar®, який містить як антисептик бензоксоній хлорид і, як знеболювальну речовину, лідокаїн гідрохлорид. Визначення кількості цих речовин у спреї є важливим для контролю якості продукції.

Склад вищезгаданого спрею для ротової порожнини дозволяє алкаліметрично безпосередньо визначити лідокаїн гідрохлорид (Lid·HCl). Однак таке титрування у своєму



Lidocaine hydrochloride



Benzoxonium chloride

класичному виконанні може мати недоліки. Оскільки до спрею для ротової порожнини Orofar® додається хлоридна кислота як стабілізатор (хоча і в дуже малих концентраціях),

це може вплинути на визначення лідокаїну. Тому на початку титрування додається відома кількість хлоридної кислоти.

Для визначення лідокаїн гідрохлориду (Lid·HCl) було відібрано аліквоту об'ємом 20,00 мл у яку додали 50 мл етанолу та 5,00 мл 0,01 М розчину хлоридної кислоти. Далі розчин перемішали та занурили у нього pH-електрод. При постійному перемішуванні розчин відтитрували 0,02 М NaOH. В результаті на потенціометричній кривій титрування було отримано 2 точки еквівалентності – при 2,53 мл та 8,07 мл розчину лугу.

10.2.1. **Поясніть,** чому під час титрування до розчину додається етанол? **Чи впливає** його кількість на результати титрування?

Етанол сприяє розчиненню малорозчинного у воді лідокаїну, що утворюється після відщеплення від нього хлороводню (після депротонування), що сприяє збереженню гомогенності розчину та вдалому проведенню потенціометрії. Його кількість не впливає на результати титрування. **0,5 балів за правильне пояснення.**

10.2.2. **Поясніть**, чому цей метод неможливо використати для визначення бензоксоній хлориду?

У структурі бензоксоній хлориду немає жодного кислого атому Гідрогену, це четвертинна тетраалкіламонійна сіль. **0,5 балів за правильне пояснення.**

10.2.3. **Розрахуйте** концентрацію лідокаїн гідрохлориду (Lid·HCl) у вихідному розчині в моль/л.

Оскільки в бензоксоній хлориду відсутні сильнокислі протони, першій точці еквівалентності відповідає повна нейтралізація хлороводню, що додали до аліквоти, і *що вже був у препараті у вигляді домішки.* Друга точка еквівалентності буде відповідати нейтралізації лідокаїн хлориду.

З різниці об'єму можна порахувати кількість речовини лідокаїну і його концентрацію

$\Delta V(NaOH) = 8,07-2,53 = 5,54$ мл

$n(Lid{\cdot}HCl) = \Delta n(NaOH) = \Delta V(NaOH) \times C(NaOH) = 1,108\times10^{-4}$ моль

C(Lid·HCl) $= \frac{1,108\times10^{-4}}{0,02} =$ **5,54·10^{-3} М**

2 бали за правильне кінцеве значення.

10.2.4. **Розрахуйте** концентрацію HCl, що міститься у препараті в якості стабілізуючої домішки.

З кислотно-основного титрування нам відомо, що на нейтралізацію HCl було витрачено 2,53 мл 0,02 М NaOH. В розчин вже додали 5 ml 0,01 М HCl, отже: $n(HCl) = (2,53\times0,02-5\times0,01)\times10^{-3} = 6\times10^{-7}$моль

C(HCl) $= \frac{6\times10^{-7}\text{ моль}}{0,02\text{ л}} =$ **3·10^{-5} М**

1.5 бали за правильне кінцеве значення.

Для визначення обох складових спрею (Lid·HCl та Beo·Cl) можна використати аргентометричне титрування. Для цього було відібрано аліквоту 10,00 мл спрею Orofar®, у яку додали 4 краплі (0,3 мл) 1М розчину K_2CrO_4. Суміш перемішали та відтитрували 0,01 М розчином $AgNO_3$, якого знадобилось 10,57 мл.

10.2.5. **Розрахуйте** розчинність (у г/л) для арґентум хлориду та арґентум хромату. $K_{sp}(AgCl) = 1,8\cdot10^{-10}$; $K_{sp}(Ag_2CrO_4) = 2\cdot10^{-12}$.

$S(AgCl) = \sqrt{K_{sp}(AgCl)} = 1,34\cdot10^{-5}$ М = **1,92·10^{-3} г/л**

$S(Ag_2CrO_4) = \sqrt[3]{\frac{K_{sp}(Ag2Cr\quad)}{4}} = 7,94\times10^{-5}$М = **0,0263 г/л**

По 0.75 балів за правильне кінцеве значення. Сумарно 1.5 бали.

10.2.6. **Обгрунтуйте** доцільність використання калій хромату.

Аргентум хромат більш розчинний, ніж хлорид, тому починає випадати вже коли хлорид-йонів в розчині майже не лишається, що робить точку еквівалентності більш помітною, а також більш точною.
0,75 балів за правильне пояснення.

10.2.7. **Поясніть**, чому при застосуванні калій хромату як індикатора необхідно точно підтримувати його оптимальну концентрацію?

Надлишок K_2CrO_4 може призвести до більш раннього утворення осаду Ag_2CrO_4 через нерівномірний розподіл K_2CrO_4 у розчині під час титрування.
0,75 балів за правильне пояснення.

10.2.8. **Визначте** сумарну кількість у молях складових спрею (Lid·HCl та Beo·Cl) в аліквоті.

З п.4 знаємо, що у 20 мл 6×10^{-7} моль HCl, отже у 10 мл - 3×10^{-7} моль HCl. Сумарна кількість молей Lid·HCl та Beo·Cl дорівнює $n(Cl^-)$, також ми розмежовуємо молі хлорид-йонів та кислоти для розрахунку. Маємо що $n(Cl^-) = n(Ag^+) - n(HCl)$
$n(Ag^+) = V(AgNO_3) \times C(AgNO_3) = 0{,}01057л \times 0{,}01M = 1{,}057\times10^{-4}$ моль
$n(Lid{\cdot}HCl) + n(Beo{\cdot}Cl) = n(Cl^-) = n(Ag^+) - n(HCl) = 1{,}057\times10^{-4} - 3\times10^{-7} =$ **$1{,}054\cdot10^{-4}$ моль**
1.5 бали за правильне кінцеве значення.

10.2.9. Розрахуйте концентрацію у вихідній суміші лідокаїн гідрохлориду та бензоксоній хлориду у мг/мл.

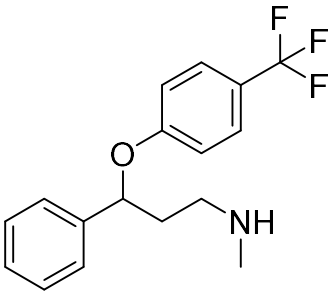
$C(Lid{\cdot}HCl) = \frac{1{,}108\times10^{-4}}{0{,}02} = 5{,}54\times10^{-3}M =$ **1,5 мг/мл**
З п.8 $C(Cl^-) = \frac{1{,}054\times10^{-4}}{0{,}01} = 1{,}054\times10^{-2}M$
$C(Beo{\cdot}Cl) = 1{,}054\times10^{-2} - 5{,}54\times10^{-3} = 5\times10^{-3}\ M =$ **2 мг/мл**
По 0.5 балів за правильне кінцеве значення. Сумарно 1 бал.

Завдання 10.3. Ліки від депресії (*Автор: Зайченко Михайло*)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	10.3.1	10.3.2	10.3.2	10.3.4	10.3.5	10.3.6	Сума
Перевірка	1	2	2	2	1	2	10

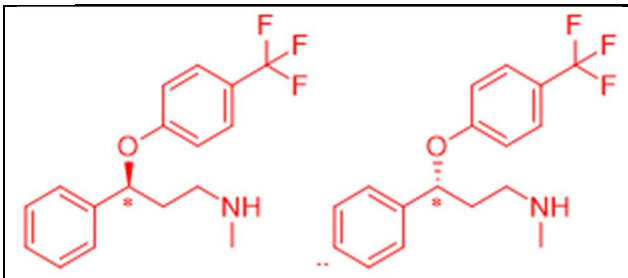
Fluoxetine – препарат, який був вперше синтезований в 1972 році компанією Eli Lilly. Незважаючи на відносно стару розробку та наявність великого кола конкурентів на ринку, він досі залишається одним з найбільш популярних антидепресантів у світі.
Часто у лікарських препаратів може бути активним лише один стереоізомер або ізомери можуть мати різну біологічну активність.



Fluoxetine

10.3.1. З огляду на структуру Fluoxetine **зазначте**, чи можливі для нього стереоізомери. Якщо так, **намалюйте** їх будову та **вкажіть** конфігурацію стереоцентру в них.

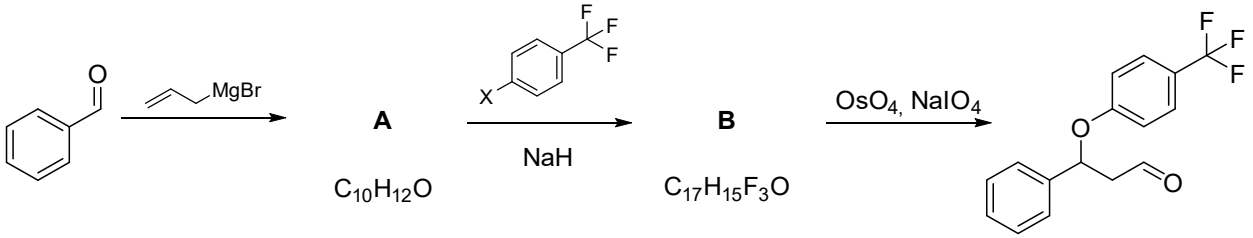
Так, можливі два стереоізомери – пара енантіомерів:

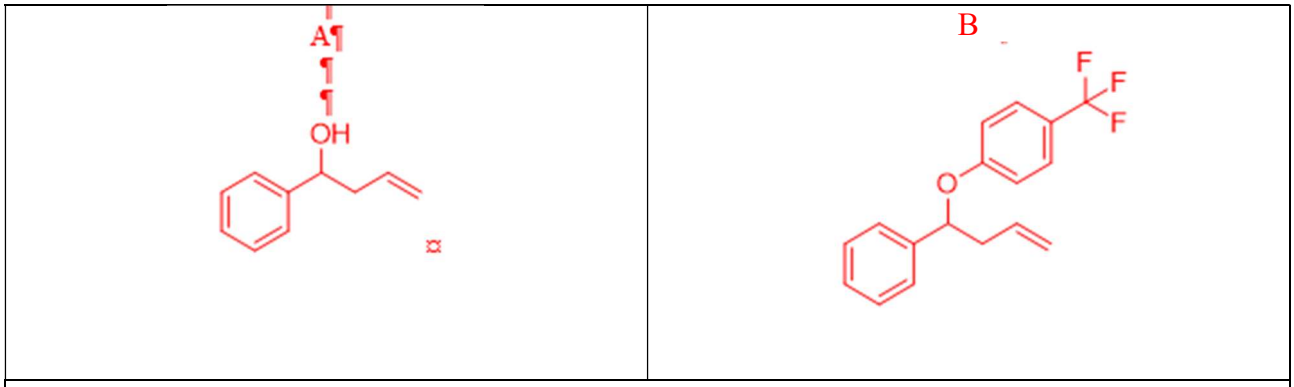


S-ізомер R-ізомер

По 0.5 балів за правильно визначений стереомер. Сумарно 1 бал.

10.3.2. Нижче наведена одна з можливих схем синтезу Fluoxetine. **Розшифруйте** сполуки **A-B**. Зверніть увагу, що **X** – це галоген.



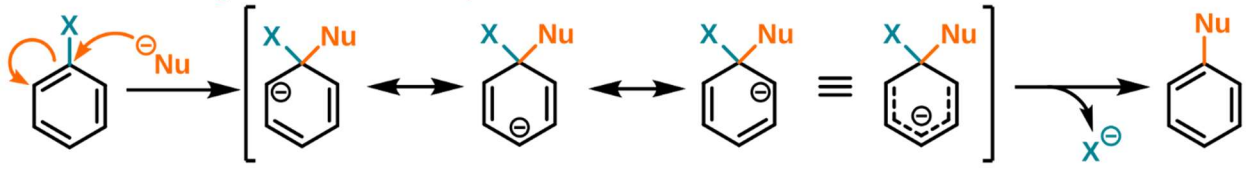


По 1 балу за правильну структуру. Сумарно 2 бали.

10.3.3. **Назвіть** механізм, за яким відбувається стадія **A** в **B**. **Наведіть** схематичне стисле зображення даного механізму. **З яким галогеном** на місці **X** це перетворення буде мати найбільшу швидкість? Відповідь обґрунтуйте.

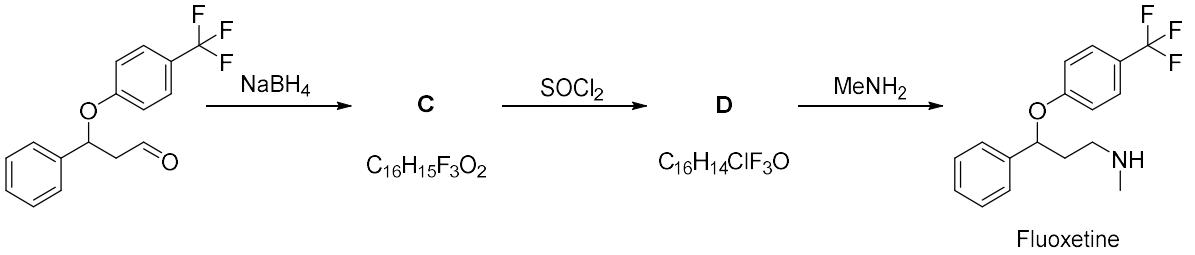
Механізм – нуклеофільне ароматичне заміщення. Найшвидше дане перетворення відбувається за X=F, оскільки лімітуюча стадія – утворення комплексу Мейзенгеймера, яка тим швидше, чим більш електродефіцитним є атом Карбону, біля якого відбувається заміщення.

Схематичне зображення механізму:

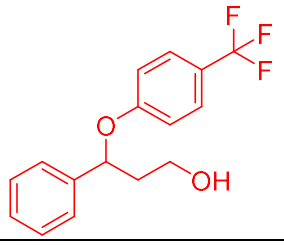
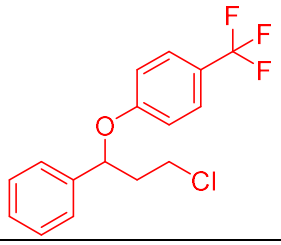


Правильний механізм і пояснення 2 бали.

На схемі нижче наведено заключний етап синтезу цього лікарського препарату.



10.3.4. **Розшифруйте** сполуки **C** і **D**.

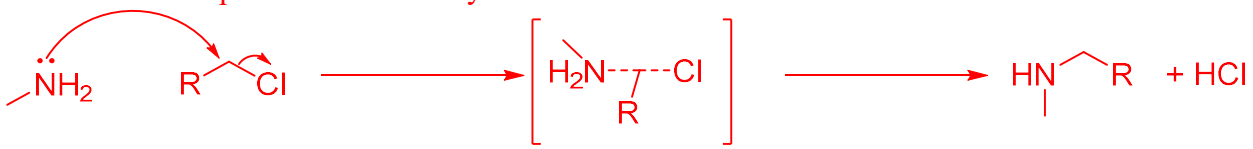
C	D
	

По 1 балу за правильну структуру. Сумарно 2 бали.

10.3.5. **Назвіть** механізм, за яким відбувається стадія **D** в Fluoxetine. **Наведіть** схематичне стисле зображення даного механізму. **Відповідь** обґрунтуйте.

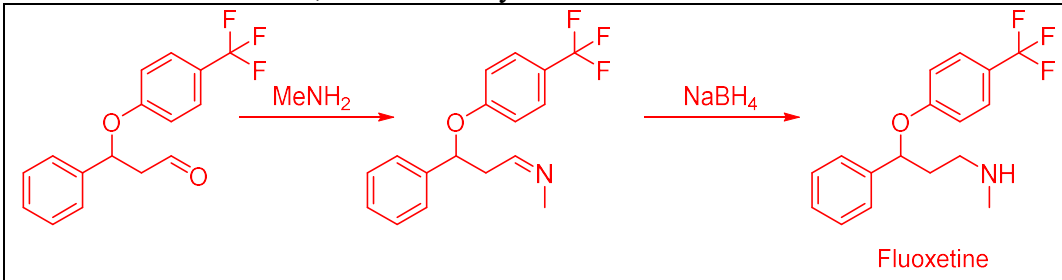
Механізм – S_N2 нуклеофільне заміщення, оскільки заміщення відбувається при первинному галогеніді.

Схематичне зображення механізму:



Правильний механізм і пояснення 1 бал.

10.3.6. **Запропонуйте** альтернативний спосіб перетворення альдегіду, зображеного на останній схемі, в Fluoxetine у дві стадії.



По 1 балу за правильну стадію. Сумарно 2 бали.

Завдання 10.4. Кінетика реакції Дільса-Альдера (*Автор: Камалова Еліна)*

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	10.4.1	10.4.2	10.4.3	10.4.4	10.4.5	10.4.6	Сума
Перевірка	1,7	2,3	1,75	1,5	1,25	1,5	10

Реакція Дільса-Альдера – реакція [4+2]-циклоприєднання між ненасиченою сполукою – дієнофілом та спряженим дієном, при цьому дієн приймає s-цис-конформацію. Вона є одним із найпотужніших синтетичних інструментів для отримання шестичленних циклів, які є важливими будівельними блоками різних фармацевтичних препаратів і спеціальних хімічних речовин.

На схемі наведений приклад такої реакції:



10.4.1. **Намалюйте кінетичний продукт** наведеної реакції, врахувавши його стереохімію. **Поясність**, чому така сполука утворюється швидше.



ендо-продукт

За розташування реагентів, що призводить до утворення ендо-продукту, взаємодія молекулярних орбіталей електронно-дефіцитних груп дієнофілу та π-зв'язку, що утворюється на частині дієну, знижує енергію перехідного стану.

1,7 бали (1,2 бали за правильну структурну формулу з врахуванням стереохімії, 0,5 балів за пояснення)

У реакційній суміші об'ємом 57,0 мл на початку реакції, яку проводили при 23°C, містилося 1,39 г циклопентадієну та 1,12 г акрилонітрилу. Значення концентрації акрилонітрилу в певний момент часу від початку експерименту наведені в таблиці:

Час (хв)	Концентрація акрилонітрилу (моль/л)
5	0,336
15	0,283
25	0,245
30	0,229
50	0,183
80	0,140
100	0,121

10.4.2. **Визначте** загальний кінетичний порядок даної реакції та константу швидкості, вкажіть її розмірність.

Оскільки концентрації обох реагентів в будь-який момент часу рівні, то ми не можемо встановити порядок по кожному реагенту, а зміна концентрації з часом відобпражає загальний порядок.

Для першого порядку константу можна розрахувати за формулою: $k = \frac{ln\frac{C0}{C}}{t}$,

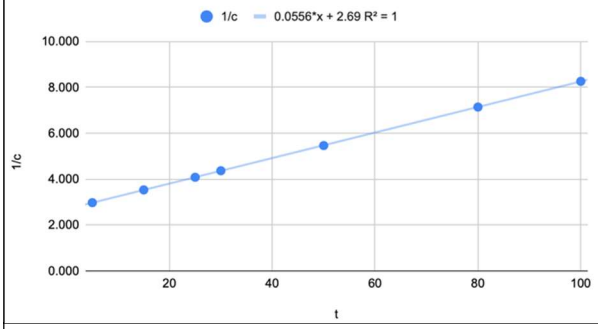
для другого порядку – за формулою: $k = \frac{\frac{1}{C}-\frac{1}{C0}}{t}$,

$C_0(AN) = \frac{m(CP)}{M(CP)V} = \frac{1{,}12}{53{,}06\times 0{,}057} = 0{,}370\ M$,

Константа, розрахована з припущення, що реакція має другий порядок, не залежить від вибору точок для розрахунку. Це підтверджує припущення.

Час, хв	5	15	25	30	50	80	100
C(AN), M	0,336	0,283	0,245	0,229	0,183	0,140	0,121
lnC	-1,091	-1,262	-1,406	-1,474	-1,698	-1,966	-2,112
k, хв$^{-1}$	0,0193	0,0179	0,0165	0,0160	0,0141	0,0121	0,0112
1/C	2,976	3,534	4,082	4,367	5,464	7,143	8,264
k, л×моль$^{-1}$×хв$^{-1}$	0,0547	0,0554	0,0552	0,0555	0,0552	0,0555	0,0556

Або II спосіб:



Лінеаризація в координатах 1/c – t (відповідає другому порядку реакції) з тангенсом кута нахилу прямої (чисельно дорівнює константі швидкості):
$k = 0{,}0556$ л×моль$^{-1}$×хв$^{-1}$.

Порядок: другий	**$k = 5{,}56\times10^{-2}$ л×моль$^{-1}$×хв$^{-1}$**

2,3 бали (2 бали за порядок та константу швидкості (по 1 балу), 0,3 балів за розмірність константи)

Далі провели аналогічний експеримент, проте кількість циклопентадієну збільшили до 5 г, кількість акрилонітрилу зменшили вдесятеро, а об'єм суміші зберегли на рівні 57 мл. Отримані результати занесли до таблиці.

Час (хв)	Концентрація акрилонітрилу (моль/л)
1	0,0344
2	0,0319
3	0,0296
4	0,0275
5	0,0256
10	0,0177
15	0,0122

10.4.3. **Запишіть вираз** для початкової швидкості реакції та **розрахуйте** її значення для другого експерименту. Використовуйте скорочення: циклопентадієн – CP, акрилонітрил – AN.

В цьому експерименті визначають порядок реакції за акрилонітрилом, оскільки циклопентадієн знаходиться в надлишку і його концентрація мало зміниться, відповідно його концентрація входить в ефективну константу. Аналогічно до п. 10.4.2. визначаємо порядок реакції та ефективну константу. Отримаємо перший порядок, k_{eff} = **$kC_0(CP)$ = 0,074 хв$^{-1}$**. Оскільки сумарний порядок реакцій другий, за акрилонітрилом перший, тому за циклопентадієном теж перший. Кінетичне рівняння має вигляд:

$r_0 = kC_0(CP)C_0(AN)$

$C_0(CP) = \frac{m(CP)}{M(CP)V} = \frac{5}{66{,}1\times0{,}057} = 1{,}331\ M$

$C_0(AN) = \frac{m(CP)}{M(CP)V} = \frac{1{,}12}{53{,}06\times0{,}057} = 0{,}037\ M$

$r_0 = 2{,}74\times10^{-3}$ моль×л$^{-1}$×хв$^{-1}$

1,75 бали (0,75 бали за вираз та 1 бал за розрахунок)

10.4.4. **Розрахуйте час**, за який 75% акрилонітрилу перетвориться на продукт у другому експерименті.

Перетворення на 75% в реакції першого порядку відповідає подвійному значенню напівперетворення, оскільки не прореагує чверть вихідної речовини.

$t = 2\frac{ln2}{k} = \mathbf{18{,}7}$ хв

1.5 бали за правильне кінцеве значення.

Якщо підвищити температуру реакційної суміші з 23°C до 50°C, константа швидкості зросте в 4,4 рази.

10.4.5. Розрахуйте енергію активації реакції.

$$\ln\frac{k2}{k1} = \frac{Ea}{R}\left(\frac{1}{T1} - \frac{1}{T2}\right)$$

$$\mathbf{E_a} = \frac{\ln\frac{k2}{k1}R}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}} = \frac{\ln(4{,}4)\times 8{,}314}{\frac{1}{296{,}15} - \frac{1}{323{,}15}} = \mathbf{43{,}7 \times 10^3\ Дж/моль}$$

1.25 бали за правильне кінцеве значення.

Реакцію Дільса-Альдера здатні каталізувати кислоти Льюїса, що забезпечує не лише збільшення швидкості, але й кращу селективність порівняно з некаталізованими системами.

10.4.6. Визначте, чи змінюється сумарний порядок даної реакції в присутності цеолітного каталізатору, якщо відомо, що використання наведених початкових концентрацій акрилонітрилу дало наступні початкові швидкості утворення продукту (вважайте початкові концентрації акрилонітрилу і циклопентадієну рівними):

Концентрація акрилонітрилу (ммоль/л)	Початкова швидкість формування продукту (ммоль×л$^{-1}$×хв$^{-1}$)
1.00	0,0782
3.00	0,235
5.00	0,391
7.00	0,547
9.00	0,704
10.0	0,782

За методом Вант-Гоффа, $n = \frac{lg\frac{r01}{r02}}{lg\frac{C1}{C2}} = \frac{lg\frac{0{,}235\times 0{,}001}{0{,}0782\times 0{,}001}}{lg\frac{0{,}003}{0{,}001}} = 1$

Сумарний порядок не змінюється / Сумарний порядок змінюється на ____1____

1.5 бали за правильну відповідь.

Завдання 10.5. E338, E339 та все, що між ними

(Автор: Володимир Краплина)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	9.5.1	9.5.2	9.5.3	9.5.4	10.5.5	10.5.6	Сума
Перевірка	1	2	2	3	1	1	10

Ортофосфатна кислота та її похідні є дуже поширеними у використанні. Їх можна знайти як у вашій пляшці Coca-Cola так і у вашому пральному порошку. Але нас цікавлять не окремі тверді сполуки, а розчин, в якому присутні різні частинки та йони від H_3PO_4 до PO_4^{3-}.

В подальшому вам потрібні будуть лише ці 3 чарівні числа для H_3PO_4:

$pK_{a1} = 2{,}16$

$pK_{a2} = 7{,}21$

$pK_{a3} = 12{,}32$

10.5.1. Розрахуйте pH 0,05M розчину ортофосфатної кислоти та **вкажіть,** чим можна знехтувати для спрощення розрахунків.

Щоб спростити розрахунки не враховуємо 2 та 3 ступінь дисоціації через те що $pK_{a1} >> pK_{a2} >> pK_{a3}$. Тоді розглянемо дисоціацію H_3PO_4 лише по першому ступеню.

$H_3PO_4 \leftrightarrows H_2PO_4^- + H^+$ (K_{a1})

$$K_{a1} = \frac{[H_2PO_4^-][H^+]}{[H_3PO_4]}$$

В результаті рівноваги маємо такі рівноважні концентрації:

$[H^+] = [H_2PO_4^-] = x$
$[H_3PO_4] = 0,05-x$
$K_{a1} = \frac{x^2}{0,05-x} \Rightarrow x^2 = 0,05K_{a1} - K_{a1}x \Rightarrow x^2 + 6,92*10^{-3}x - 3,46*10^{-4} = 0$
$x = 0,0155$ моль/л $= [H^+]$
Тоді pH буде:
$pH = -lg[H^+] = 1,8$
1 бал за правильне кінцеве значення.

Також варто відзначити, що ортофосфатна кислота не є сильною, тому при титруванні її розчину сильною основою у точці еквівалентності ми будемо спостерігати значення pH відмінне від 7.

Було відібрано 10 мл 0,7 М розчину H_3PO_4 та розведено до 50 мл, після чого розчин було відтитровано до **третьої** точки еквівалентності 30 мл розчину NaOH.

10.5.2. **Розрахуйте** pH утвореного розчину.

Знаходимо концентрацію Na_3PO_4:
$n(H_3PO_4) = cV = 0,01*0,7 = 0,007$ моль
$c(Na_3PO_4) = n(H_3PO_4)/V_{кінц} = 0,007/0,08 = 0,0875$ моль/л
pH буде лужним через гідроліз натрій фосфату. Врахуємо лише першу стадію гідролізу, тому що $pK_{a1} >> pK_{a2} >> pK_{a3}$.
$PO_4^{3-} + H_2O \leftrightarrows HPO_4^{2-} + OH^-$
$K_{hyd} = \frac{[HPO4^{2-}][OH^-]}{[PO4^{3-}]} * \frac{[H^+]}{[H^+]} = \frac{Kw}{Ka3} = 2,089*10^{-2}$
В результаті рівноваги маємо такі рівноважні концентрації:
$[OH^-] = [HPO_4^{2-}] = x$
$[PO_4^{3-}] = 0,0875-x$
Розв'язуючи систему рівнянь як і в п.1 отримаємо:
$x^2 + 2,089*10^{-2}x - 1,83*10^{-3} = 0$
$x = 3,36*10^{-2}$ моль/л $= [OH^-]$
Отже pH розчину буде:
$pH = 14 + lg[OH^-] = 12,52$
2 бали за правильне кінцеве значення.

Впорались і з цими розрахунками? Тоді вітаю, переходимо на наступний рівень і до наступної ситуації.

До 600 мл буферного розчину, який містить 0,15М NaH_2PO_4 та 0,065 М Na_2HPO_4 додали 50 мл 0,3М розчину натрій гідроксиду.

10.5.3. **Розрахуйте** зміну pH буферу.

Розрахуємо pH початкового буферного розчину:
$pH_1 = pK_{a2} + lg\frac{[HPO4^{2-}]}{[H2PO4^-]} = 7,21 + lg(0,065/0,15) = 6,85$
Розрахуємо зміну концентрації солей після додавання лугу:
$n(NaOH) = cV_2 = 0,05*0,3 = 0,015$ моль
$n(NaH_2PO_4)_{нова} = cV_1 - 0,015 = 0,15*0,6 - 0,015 = 0,075$ моль
$c(NaH_2PO_4) = n_{нова}/(V_1 + V_2) = 0,075/0,65 = 0,115$ моль/л
$n(Na_2HPO4)_{нова} = cV_1 + 0,015 = 0,065*0,6 + 0,015 = 0,054$ моль
$c(Na_2HPO_4) = n_{нова}/(V_1 + V_2) = 0,054/0,65 = 0,083$ моль/л
Розрахуємо pH_2 розчину та ΔpH:
$pH = pK_{a2} + lg\frac{[HPO4^{2-}]}{[H2PO4^-]} = 7,21 + lg(0,083/0,115) = 7,07$
$\Delta pH = pH_2 - pH_1 = 0,22$

2 бали за правильне кінцеве значення.

Оглядаючись назад, задача з визначення pH розчину Na_3PO_4 може здаватися тривіальною? Тоді зустрічайте фінального боса рівноваги в розчинах!

10.5.4. **Розрахуйте** pH 0,37M розчину натрій дигідрогенфосфату. Якщо якимись значеннями потрібно буде знехтувати, коротко **обґрунтуйте** свої дії.

Напишемо рівняння матеріального балансу та балансу зарядів у розчині:

$c(NaH_2PO_4) = [H_3PO_4] + [H_2PO_4^-] + [HPO_4^{2-}] + [PO_4^{3-}]$

$[Na^+] + [H^+] = [H_2PO_4^-] + 2[HPO_4^{2-}] + 3[PO_4^{3-}] + [OH^-]$

Знехтуємо $[PO_4^{3-}]$, тому що його рівноважна концентрація набагато менша, ніж інших частинок.

$c(NaH_2PO_4) = [H_3PO_4] + [H_2PO_4^-] + [HPO_4^{2-}]$

$[Na^+] + [H^+] = [H_2PO_4^-] + 2[HPO_4^{2-}] + [OH^-]$

Оскільки $[Na^+] = c(NaH_2PO_4)$, тоді :

$c(NaH_2PO_4) = [H_2PO_4^-] + 2[HPO_4^{2-}] + [OH^-] - [H^+]$

Урівняємо отримані рівняння:

$[H_3PO_4] = [HPO_4^{2-}] + [OH^-] - [H^+]$

Виразимо все через $[H^+]$ та $[H_2PO_4^-]$:

$$\frac{[H^+][H2PO4^-]}{Ka1} = \frac{Ka2[H2PO4^-]}{[H^+]} + \frac{Kw}{[H^+]} - [H^+]$$

Множимо все на $[H^+]$:

$$\frac{[H^+]^2[H2PO4^-]}{Ka1} = K_{a2}[H_2PO_4^-] + K_w - [H^+]^2$$

Виразимо $[H^+]$:

$$[H^+] = \sqrt{\frac{Ka1Ka2[H2PO4^-] + KwK}{[H2PO4^-] + Ka1}}$$

Через те, що K_{a1} та K_{a2} є малими, можна припустити, що:

$c(NaH_2PO_4) = [H_2PO_4^-] = 0,37\ M$

$[H^+] = 2,04*10^{-5}\ M$

pH = -lg[H⁺] = 4,69

3 бали за правильне кінцеве значення.

Варто відзначити, що ортофосфатна кислота зареєстрована як харчова добавка Е338 і широко використовується, бо є дуже дешевою та нетоксичною.

10.5.5. **Яку роль** відіграє Е338 у солодких газованих напоях?

- Емульгатор
- Консервант
- **Регулятор кислотності**
- Антиоксидант

10.5.6. **Яка з формул** дозволяє розрахувати приблизне значення pH 1M розчину Na_2HPO_4?

- **$pH = \frac{1}{2} * (K_{a2} + K_{a3})$**
- $pH = K_{a3} - K_{a2}$
- $pH = 7 + \frac{1}{2} * (K_{a2} + K_{a3})$
- $pH = 7 - (K_{a3} - K_{a2})$

В кожному тесті правильна відповідь по 1 балу.

Завдання 10.6. Мені однаково, чи буду я реагувати (*Автор: Євген Минак)*

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	10.6.1	10.6.2	10.6.3	10.6.4.	Сума
Перевірка	3.5	3	2	1.5	10

Наприкінці 19-го століття при фракційному зрідженні повітря був відкритий невідомий газ **X**. Елемент, що його утворював, назвали чужинцем. Проте яким би чужим та не цікавим не здавався одноатомний газ **X**, його відкриття та подальше використання в буквальному сенсі зробили наші життя більш яскравими.

Способів використання газу **X** багато, але вам, як молодим хімікам-ентузіастам, пропонуємо зосередитися на хімічних перетвореннях сполук з елементом **X**. Цікаво, що саме газ **X** першим продемонстрував можливість хімічної взаємодії з подібними сполуками.

Отже, першою відомою реакцією стало окиснення газу **X** за допомогою PtF_6 з утворенням комплексної сполуки **A** (масова частка Флуору – 25,89%). Використання такого сильного окисника, як PtF_6, підказує, що сполука **X** є міцним горішком, а її хімічні властивості доволі обмежені.

Проте давайте розглянемо ще декілька цікавих перетворень. Відомо, що газ **X** реагує з F_2 при нагріванні до 500°C або ж при УФ-опроміненні, при цьому утворюється сполука **Б** (масова частка Флуору – 22,45%). Якщо ж сполуку **Б** нагрівати при більшій концентрації F_2 та температурі 300°C, то утворюється речовина **В** (масова частка Флуору – 36,66%). При цьому сполука **В** реагує з газом **X** при 400°C та утворює речовину **Б**.

Сполуки **Б** та **В** є надзвичайно сильними фторуючими агентами. Наприклад, сполука **Б** здатна фторувати алкени, утворюючи при цьому відповідні дифторопохідні. В свою чергу сполука **В** може окислювати благородні метали, при нагріванні до 400°C з Pt утворюється сполуки **Г** (масова частка Флуору – 28,04%) та **X**.

10.6.1. **Розшифруйте** елемент **X** та речовини **А-Г**.

Якщо **X** реагує з F_2 утворюючи **Б** та **В** за відповідних умов, то ці **Б** та **В** – бінарні сполуки із загальною формулою XF_n. Тоді можемо розрахувати молекулярну масу **X**.

Для **Б**: $M(X) = \frac{19n}{0{,}2245} - 19n$ Для **В**: $M(X) = \frac{19n}{0{,}3666} - 19n$

n	M(X)	Елемент
1	32,83	-
2	65,66	-
3	98,48	-
4	131,31	Xe
5	164,14	-
6	196,97	Au
7	229,79	-
8	262,62	-

n	M(X)	Елемент
1	65,63	-
2	131,27	Xe
3	196,90	Au
4	262,53	-
5	328,16	-
6	393,80	-
7	459,43	-
8	525,06	-

Отже, газом **X** є ксенон. **Б** та **В** – це XeF_2 та XeF_4 відповідно.

Комплексна сполука **А** має формулу $Xe[PtF_n]$, де $n = (\frac{131{,}29 + 195{,}08}{(1 - 0.2589)} - 131{,}29 - 195{,}08)/19 = 6$. Отже, **А** – це $Xe[PtF_6]$. Аналогічно, сполука **Г** – це PtF_4.

X	A	Б	В	Г
Xe	$Xe[PtF_6]$	XeF_2	XeF_4	PtF_4

По 0.7 балів за правильно визначену речовину. Сумарно 3.5 балів.

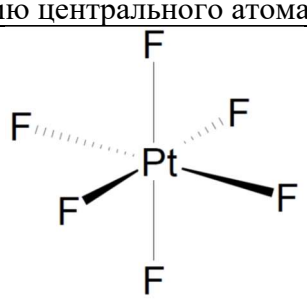
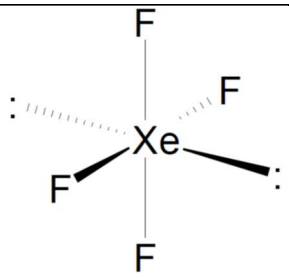
10.6.2. **Наведіть** рівняння відповідних реакцій.

$Xe + PtF_6 \rightarrow Xe[PtF_6]$

$Xe + F_2 \xrightarrow{500°C} XeF_2$

$XeF_2 + F_2 \xrightarrow{300°C} XeF_4$
$XeF_4 + Xe \xrightarrow{400°C} 2XeF_2$
$XeF_2 + C_2H_4 \rightarrow Xe + FCH_2CH_2F$
$XeF_4 + Pt \xrightarrow{400°C} PtF_4 + Xe$
По 0.5 балів за кожне дорівняне рівняння. Сумарно 3 бали.

10.6.3. **Зобразіть** просторову будову (зі вказанням геометричної форми) та зазначте гібридизацію центрального атома сполук PtF_6 та **B**.

	
Pt – d^2sp^3 (октаедр)	Xe – sp^3d^2 (квадрат)
По 0.5 балів за правильну структуру і за гібридизацію. Сумарно 2 бали.	

10.6.4. У Земній атмосфері міститься всього 87 молекул газу **X** на мільярд «молекул повітря». **Обчисліть** масу газу **X**, що міститься в шарі атмосфери завтовшки 2 метри, якщо радіус Землі складає 6371 км, тиск повітря – 101 325 Па, а температура дорівнює 15°C. (Землю вважайте ідеальною сферою. Якщо не знайшли газ **X**, використовуйте M(**X**) = 100 г/моль).

$p(Xe) = 101325 \cdot 87 \cdot 10^{-9} = 8{,}82 \cdot 10^{-3}$ Па $V = 4/3*\pi(R + \Delta R)^3 - 4/3*\pi R^3 = 1{,}02 \cdot 10^{15}$ м^3 $n(Xe) = pV/RT = (8{,}82 \cdot 10^{-3} \cdot 1{,}02 \cdot 10^{15}) / (8{,}314 \cdot 288{,}15) = 3{,}75 \cdot 10^9$ моль $m(Xe) = n(Xe) \cdot M(Xe) = 3{,}75 \cdot 10^9 \cdot 131{,}29 = 4{,}93 \cdot 10^{11}$ г = **49300 т**
По 0.4 балів за розрахунки p, V, n, 0.3 балів за масу. Сумарно 1.5 балів.

Завдання 10.7. Світлячки в колбі *(Автор: Іван Копа)*

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	**10.7.1**	**10.7.2**	**10.7.3**	**10.7.4**	**10.7.5**	**Сума(очки)**	**Сума(бали)**
Перевірка	**3**	**22**	**2**	**8**	**5**	**40**	**10**



Важко уявити світ без кольорів і фарб. Аналогічно в хімії: колір є невід'ємною властивістю речовини, а його зміна може вказувати на перебіг хімічних реакцій.

Мабуть не існує іншого металічного елемента, який давав би таке різноманіття сполук, як елемент **X**. Цей метал немов справжній художник, що розфарбовує світ хімії в усі відтінки веселки. Але, як в будь якого елемента, в нього є й безбарвні сполуки, наприклад стійка сіль **A**.

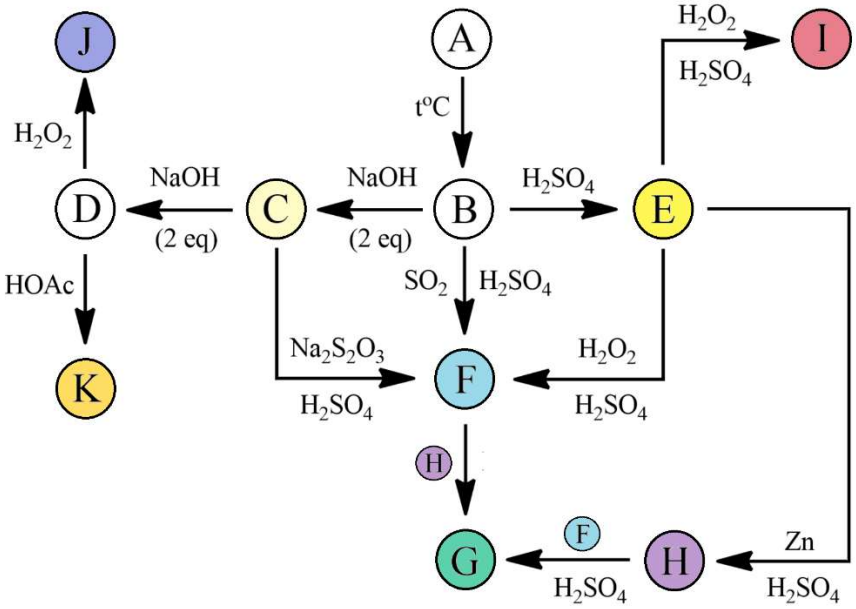
10.7.1. **Знайдіть** елемент **X** та речовину **A**, якщо вона містить (крім самого металу) 11,97 % Нітрогену, 3,45 % Гідрогену та 41,03 % Оксигену (за масою). Відповідь **підтвердіть** розрахунком.

Склад сполуки **A**:
n(N) : n (H) : n (O) = (11,97 / Ar(N)) : (3,45 / Ar(H)) : (41,03 / Ar(O)) = 1 : 4 : 3
З цих молярних співвідношень зрозуміло, що **A** містить іони амонію. Кількість металу **X** в 100 г **A** становить 43,55 г. Припустимо, що один моль **A** містить один моль **X** і Нітрогену, молярна маса **X** становить 43,55 г / 0,8550 моль = 50,94 г/моль. Це Ванадій.

X – Ванадій (V)	**A** – NH_4VO_3

3 бали – 1 бал за розрахунок, визначення X та A

Наведена нижче схема описує деякі перетворення, які починаються зі сполуки **A** (t °C означає нагрівання, eq – еквівалент, Ac – ацетил CH_3CO-). В якості підказки наведені кольори, яких набувають розчини зашифрованих сполук (сполука **B** – нерозчинна у воді, тому її колір не вказаний).



Усі речовини, зашифровані буквами, містять атоми елементу **X** та Оксигену. Солі **E** та **I** дисоціюють з утворенням однозарядного катіона, а солі **F** та **H** – двозарядного. Солі **C**, **D**, **J** та **K** мають однаковий якісний склад. Молярна маса **K** становить 1096 г/моль, а співвідношення молярних мас аніона і сполученого з ним катіона становить 6,942. Масові частки елементу **X** у сполуках **G**, **I** та **J** скаладають 26,15 %, 34,69 % та 20,56 % відповідно. Молярна маса **H** менша за молярну масу **F** на 16 г/моль, а **B** – єдина бінарна сполука на схемі.

10.7.2. **Розшифруйте** усі невідомі сполуки. **Напишіть** рівняння реакцій усіх перетворень на схемі (всього 11 реакцій).

Через те, що всі зашифровані сполуки містять V та O, а сполука **B** – бінарна, то це ванадій(V) оксид - V_2O_5, який утворюється при термічному розкладі NH_4VO_3.
При взаємодії 2 еквівалентів NaOH з V_2O_5 утвориться $NaVO_3$ (сполука **C**), при додавані наступних 2 еквівалентів - Na_3VO_4 (сполука **D**). **J** та **K** мають такий самий якісний склад, як і **C** та **D** – отже, складаються з Na,V та O. Масова частка Ванадію в **J** складає 20,56 %; вважаючи, що ця сіль містить 1 атом **V** отримуємо молярну масу сполуки 248 г/моль, що відповідає формулі Na_3VO_8 (сполука **J**).
Сіль **K** має велику молярну масу та містить Na, V та O. Логічно припустити, що це натрій поліванадат $Na_xV_yO_z$. Знаючи молярну масу солі, використавши баланс електронейтральності та співвідношення молярних мас аніона та катіона, складаємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} 23x + 51y + 16z = 1096 \\ x + 5y - 2z = 0 \\ \dfrac{51y + 16z}{23x} = 6{,}942 \end{cases}$$

звідки x = 6, y = 10, z = 28. Отже, речовина **K** – $Na_6V_{10}O_{28}$.

За схемою перетворень бачимо, що сполуки **E**, **F**, **G**, **H** та **I** – сульфати. Через те, що молярна маса **H** менша за молярну масу **F** на 16 г/моль (атомна маса Оксигену), то робимо припущення, що це VSO_4 та $VOSO_4$ відповідно.

Формули **G** та **I** знаходяться зі значень масової частки ванадію у них - $V_2(SO_4)_3$ та $(VO_3)_2SO_4$ відповідно. Сіль **E** – сульфат, який містить однозарядовий катіон – це може бути $(VO_2)_2SO_4$.

B	C	D	E	F
V_2O_5	$NaVO_3$	Na_3VO_4	$(VO_2)_2SO_4$	$VOSO_4$
G	**H**	**I**	**J**	**K**
$V_2(SO_4)_3$	VSO_4	$(VO_3)_2SO_4$	Na_3VO_8	$Na_6V_{10}O_{28}$

$2NH_4VO_3 \rightarrow V_2O_5 + 2NH_3 + H_2O$

$V_2O_5 + 2NaOH \rightarrow 2NaVO_3 + H_2O$

$NaVO_3 + 2NaOH \leftrightarrow Na_3VO_4 + H_2O$

$Na_3VO_4 + 4H_2O_2 \rightarrow Na_3VO_8 + 4H_2O$

$10Na_3VO_4 + 24HOAc \rightarrow Na_6V_{10}O_{28} + 12H_2O + 24NaOAc$

$8NaVO_3 + Na_2S_2O_3 + 11H_2SO_4 \rightarrow 5Na_2SO_4 + 8VOSO_4 + 11H_2O$

$V_2O_5 + H_2SO_4 + SO_2 \rightarrow 2VOSO_4 + H_2O$

$V_2O_5 + H_2SO_4 \leftrightarrow (VO_2)_2SO_4 + H_2O$

$(VO_2)_2SO_4 + 2H_2O_2 \rightarrow (VO_3)_2SO_4 + 2H_2O$

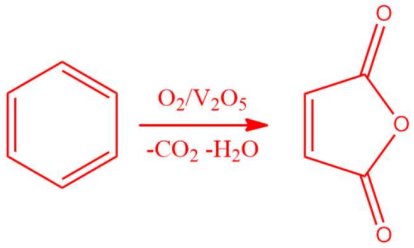
$(VO_2)_2SO_4 + H_2O_2 + H_2SO_4 = 2VOSO_4 + O_2 + 2H_2O$

$(VO_2)_2SO_4 + 3Zn + 4H_2SO_4 \rightarrow 2VSO_4 + 3ZnSO_4 + 4H_2O$

$VSO_4 + VOSO_4 + H_2SO_4 = V_2(SO_4)_3 + H_2O$

22 бали – 1 бал за кожну сполуку B-K та кожне рівняння реакції

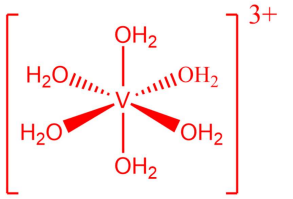
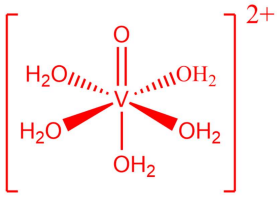
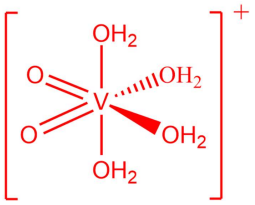
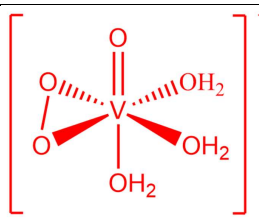
10.7.3. Сполука **B** виступає каталізатором у відомих органічних та неорганічних реакціях окиснення. **Наведіть** по одному прикладу та **напишіть** рівняння таких перетворень за допомогою речовини **B**.

Приклад у неорганічному перетворені	Приклад в органічному перетворені
$2SO_2 + O_2 \overset{V_2O_5}{\rightleftharpoons} 2SO_3$	

2 бали – 1 бал за кожен приклад

Відомо, що інтенсивне забарвлення розчинів сполук **E**, **F**, **G**, **H** та **I** пов'язане з утворенням комплексних катіонів цих сполук з молекулами води.

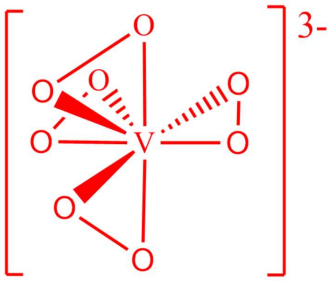
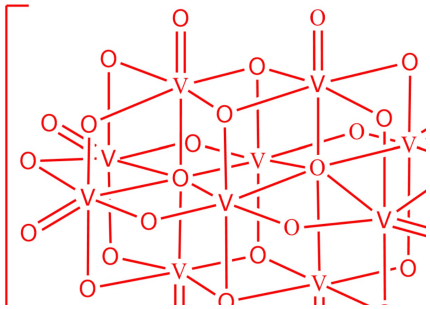
10.7.4. **Зобразіть** будову деяких вказаних аквакомплексів, якщо в усіх них елемент **X** має координаційне число 6, а кількість молекул води у комплексі зменшується у ряді **G – F – E – I**.

G + H_2O	**F** + H_2O	**E** + H_2O	**I** + H_2O
			
8 балів – по 2 бали за кожну структуру G – F – E – I			

Забарвлення сполук **K** та **J** пов'язано з незвичною будовою їх аніонів. Відомо, що йон сполуки **J** має додекаедричну будову, яку більш точно називають «бісдисфеноїд» - її можна уявити як два переплетені спотворені тетраедри (один стиснутий в площині xy тетраедр, а інший витягнутий уздовж осі z).

Аніон **K** складається з десяти октаедрів, з'єднаних загальними ребрами, а в його основі лежать три пари октаедрів, що утворюють єдиний шар, до якого зверху та знизу примикають ще по парі октаедрів, з'єднаних загальними ребрами.

10.7.5. **Зобразіть** структури структурну будову аніонів сполук **J** та **K**

Структура аніону **J**	Структура аніону **K**
	
5 балів – 2 бали за структуру J, 3 бали – за структуру K	

11 клас

Завдання 11.1. Сірководнева катастрофа *(Автор: Друженко Тетяна)*

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	**11.1.1**	**11.1.2**	**11.1.3**	**11.1.4**	**11.1.5**	**11.1.6**	**Сума**
Перевірка	**2**	**1**	**2**	**2**	**2**	**1**	**10**

Море, море! Без краю просторе,
Руху повне і разом спокою!
Забуваю і щастя, і горе —
Все наземне, — з'єднатись з тобою
Я жадаю на
час, на годину,
Щоб не бачить нічого на світі,
Тільки бачить осяйну долину
І губитись в прозорій блакиті!..
Леся Українка

У Чорному морі на глибинах понад 150-200 м відсутні багатоклітинні форми життя. Виною тому – наявність у воді значної кількості сірководню, який утворився із загиблих

прісноводних організмів. Справа в тім, що кілька тисяч років тому Чорне море було прісноводним озером, яке лежало нижче рівня моря. Коли води солоного Середземного моря розмили перешийок, який відділяв Чорне море від Середземного, бурхливий потік солоної води хлинув до Чорного моря, несучи смерть прісноводним рибам і молюскам, а також деревам і травам, які зростали на березі стародавнього озера. За одиницю часу з Середземного моря стікав об'єм води, еквівалентний скиду 400 Ніагарських водоспадів, а шум було чути в радіусі майже 100 кілометрів! Мегаводоспад стікав кілька місяців – за цей час площа Чорного моря зросла на третину. Низовину, розташовану біля озера, було затоплено – так утворилося Азовське море.

Досліджуючи зразки глибоководного мулу Чорного моря, геолог Наріман знайшов надзвичайний скарб – зразок деревини дубу, який, імовірно, ріс на березі озера і потрапив у воду під час описаних подій. Деревина збереглася, адже була захищена від кисню та діяльності мікроорганізмів, які викликають гниття. Наріман встановив, що вміст ядер ізотопа ^{14}C у зразку становить 41% від типового значення вмісту ядер ізотопа ^{14}C для свіжозрубаної деревини.

11.1.1. Скільки часу пройшло з «сірководневої катастрофи», якщо час напіврозпаду Карбону-14 становить 5730 років?

$t = T_{1/2}\ln(N_0/N):\ln 2 = 5730 \cdot \ln(100/41) : \ln 2 = 7370$ років
$t = 7370$ років

11.1.2. Які речовини, що входять до складу живого організму, здатні виділяти сірководень в процесі розкладу у безкисневих умовах?

Амінокислоти цистеїн та метіонін, а також пептиди та білки, які містять ці амінокислоти

11.1.3. Оцініть масу сірководню в Чорному морі, прийнявши, що об'єм Чорного моря становить 550 тис. км^3, а сірководнем забруднені 75% вод моря, середній вміст H_2S в яких становить 11,4 мг/л.

$m = m_0V = 11,4 \cdot 0,75 \cdot 550 \cdot 10^{15} = 4.7 \cdot 10^{18}$ мг $= 4,7 \cdot 10^9$ тонн
$m = 4,7 \cdot 10^9$ тонн

11.1.4. Оцініть масу біоти, що загинула внаслідок сірководневої катастрофи. Вважайте, що живі організми складаються з води на 70%, а вміст Сульфуру в зневодненому залишку становить 0,2%. Знехтуйте вмістом в живих організмах сполук Сульфуру, які не відновлюються до сірководню в процесі анаеробного розкладу (наприклад, сульфатів), а також впливом небіологічних джерел сірководню у Чорному морі.

$m(\text{біоти}) = m(S) : (0,3 \cdot 0,002)$ $m(S) = m(H_2S) \cdot w(S \text{ в } H_2S) = 4,7 \cdot 10^9$ тон $\cdot 0,9404 = 4,42 \cdot 10^9$ тонн $m(\text{біоти}) = 4,42 \cdot 10^9$ тон $: (0,3 \cdot 0,002) = 7,37 \cdot 10^{12}$ тонн
$m = 7,37 \cdot 10^{12}$ тонн

11.1.5. Виходячи з наведеної концентрації сірководню, **розрахуйте**, яким був би pH води з глибин Чорного моря, якби інші речовини не впливали на pH. $K_{a1}(H_2S) = 6.9\cdot10^{-7}$

$[H^+] = (K_aC)^{1/2} = (6{,}9\cdot10^{-7}\cdot0{,}335\cdot10^{-3})^{1/2} = 1{,}52\cdot10^{-5}$ M
pH = 4.8

Екологи б'ють на сполох! За даними одного з досліджень, товщина насиченого киснем шару води в Чорному морі зменшилася з 140 м до 90 м за 60 років, з 1955-го по 2015-й. Сірководень, навпаки, піднімається. Унаслідок цього заселені раніше шари води стають непридатними для аеробних організмів. Однією з причин даних процесів може бути глобальне потепління – адже зі зростанням температури розчинність газів у воді суттєво зменшується. Звісно, цього не станеться – але уявімо, що весь наявний у Чорному морі сірководень одномоментно виділився в атмосферу.

11.1.6. **Який об'єм** сірководню виділився? Умови над поверхнею Чорного моря вважайте стандартними.

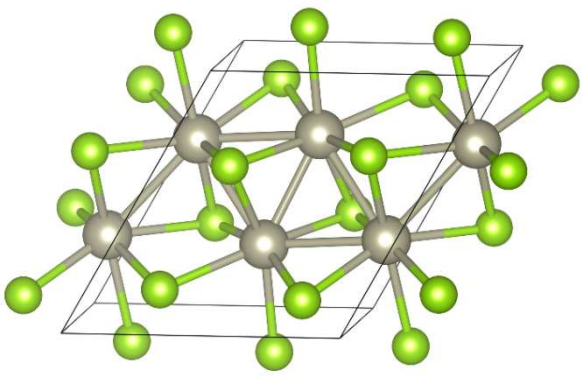
$pV = nRT$ $n = 4{,}7\cdot10^{15}/34{,}08 = 1{,}38\cdot10^{14}$ моль $V_m = 24{,}45$ л за стандартних умов. $V = nV_m = 3{,}37\cdot10^{15}$ л $= 3{,}37\cdot10^{12}$ м^3
V = $3{,}37\cdot10^{12}$ м^3

Завдання 11.2. Відсвяткуємо разом (*Автор: Копа Іван*)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	11.2.1	11.2.2	11.2.3	11.2.4	11.2.5	11.2.6	Сума
Перевірка	1	0,4	1	4	2,4	1,2	10

Вже скоро буде святкувати свій ювілей з моменту офіційного відкриття унікальний метал **X**. Вперше його було виділено як домішку у мінералі іншого металу **Y**, який знаходиться у сусідній групі періодичної системи. В цьому мінералі вони обидва представлені у вигляді бінарних сполук **A** та **B**, які мають однаковий кількісний склад та спільний неметал **Z,** який утворює просту речовину жовтого кольору.



Речовина **A** має триклинну комірку з параметрами a = 0,6417 нм, b = 0,6510 нм, c = 0,6461 нм, α = 88,38°, β = 106,47°, γ = 121,10°, яка представлена на малюнку вище.

Примітка: для розрахунку об'єму триклинної комірки скористайтеся формулою:

$$V = abc\sqrt{1 - cos^2(\alpha) - cos^2(\beta) - cos^2(\gamma) + 2cos(\alpha)cos(\beta)cos(\gamma)}$$

11.2.1. **Визначте** невідомі елементи **X-Z** та сполуки **A-B**, якщо густина **A** становить 7,581 г/см^3, а **B** містить 40 % одного з елементів.

Порахуємо кількість структурних одиниць у елементарній комірці **A**: 4 сірих та 8 зелених атомів – відповідає формулі XZ_2 або X_2Z, кількість структурних одиниць складає 4.
Об'єм триклинної комірки рахується за формулою вище - $V = 0{,}219\ нм^3 = 2{,}193 \cdot 10^{-22}\ см^3$
Визначимо молярну масу сполуки **A**:

$$M = \frac{\rho V N_a}{N} = \frac{7{,}581 \cdot 2{,}193 \cdot 10^{-22} \cdot 6{,}02 \cdot 10^{23}}{4} = 250{,}23\ г/моль$$

Якщо припустити, що **Z** – це сульфур (S), виходить невідомий метал **X** – це Реній (Re). Тоді невідомий метал **Y** – це Молібден (Mo) – MoS_2 містить 40% сульфуру.

X	Y	Z	A	B
Re	Mo	S	ReS_2	MoS_2

Відомо, що сполуки **A** та **B** мають схожу особливість будови, завдяки якій **A** широко використовується в електроніці, а **B** – в якості змазки для двигунів та інших конструкцій.

11.2.2. **Про яку особливість** будови йде мова?

Шарувата структура. Завдяки двовимірним властивостям, подібним до графену, ReS_2 використовується у створенні ультратонких транзисторів, фотодетекторів і сенсорів. А в структурі MoS_2 Молібден і Сульфур утворюють шари, які можуть легко ковзати один по одному.

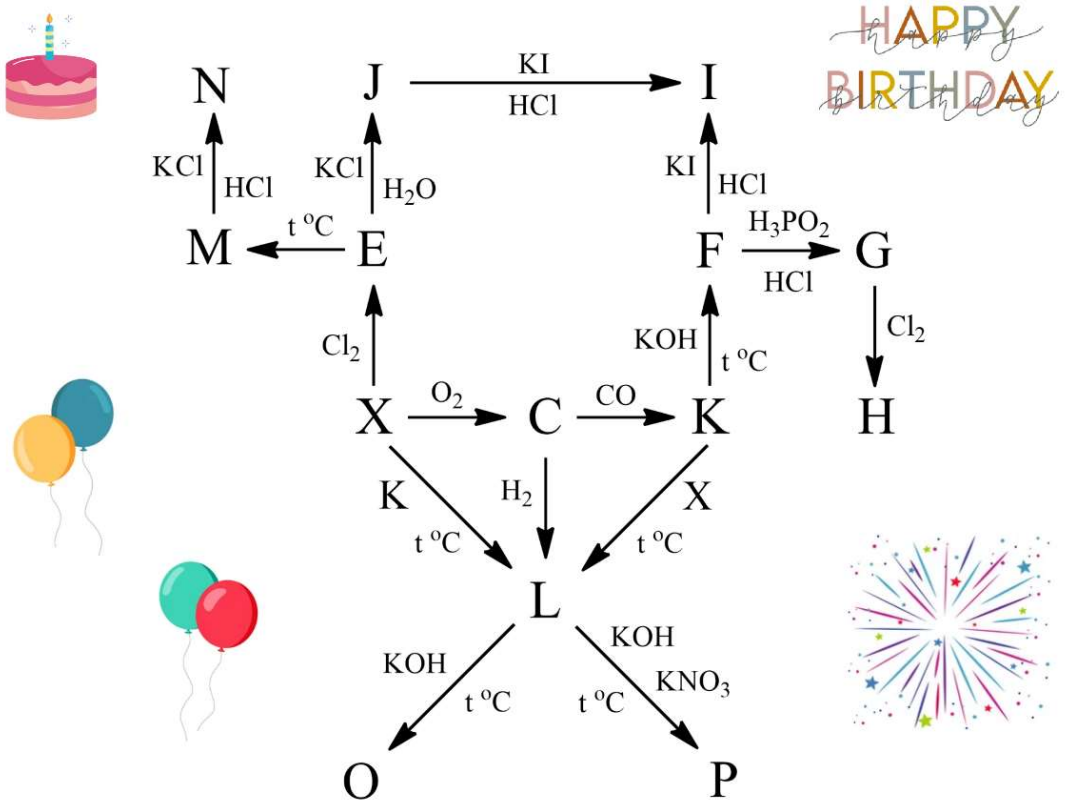
Після відділення сполуки **A** від мінералу металу **Y** її спалюють у тоці кисню та отримують оксид **C**, який розчиняється у гарячому концентрованому розчині амоніаку з утворенням солі **D** (w_O = 23,875 %). Чистий метал **X** отримують шляхом відновлення у тоці водню речовини **D** при 1000 °C.

11.2.3. **Напишіть** усі реакції отримання чистого металу **X**. **Визначте** зашифровані сполуки **C** та **D**.

$4ReS_2 + 15O_2 = 2Re_2O_7 + 8SO_2$
$Re_2O_7 + 2NH_3 + H_2O = 2NH_4ReO_4$
$2NH_4ReO_4 + 4H_2 = 2Re + N_2 + 8H_2O$

C	D
Re_2O_7	NH_4ReO_4

Метал **X** утворює широкий спектр різноманітних сполук. Нижче наведена схема перетворень таких речовин та таблиця з масовими частками Калію, Оксигену та Хлору у деяких сполуках:



Сполуки	M	L	P	J	F	G	I	H
w_K, %	-	-	23,81	17,08	13,51	10,65	17,39	7,18
w_O, %	-	14,66	19,49	3,50	22,12	-	1,78	-
w_{Cl}, %	36,35	-	-	38,73	-	38,63	39,42	58,61

Також відомо, що:

- Серед усіх сполук тільки **C**, **K** та **L** бінарні: речовина **L** має структуру рутіла, а **K** – перовскиту, але без атому катіону в центрі елементарної комірки;
- Прості речовини як побічні продукти утворюються тільки в реакціях утворення **M** та **I**, а при перетворенні **K**→**F** утворюється ще **L**;
- Під час утворення **P** калій нітрат переходить у нітрит;
- Сполука **G** має молярну масу, що складає 734,22 г/моль і містить таку саму кількість атомів у формулі, що й сполуки **M** та **H**;
- При утворенні речовини **N** сполука **M** реагує з KCl у відношенні 1:3;
- Сполуки **G** та **N** між собою є полімеризаційними ізомерами червоного та синього кольорів відповідно;

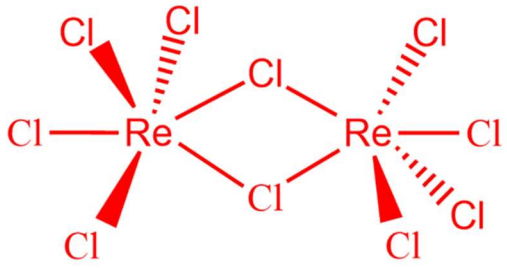
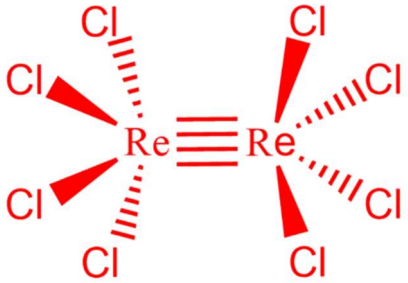
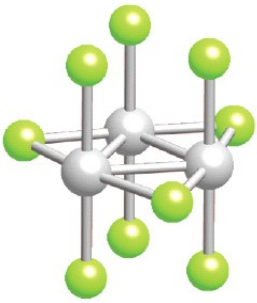
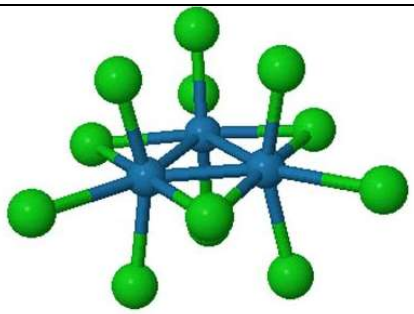
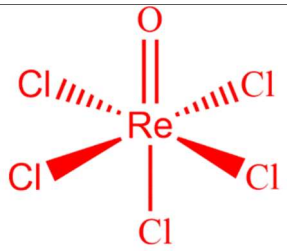
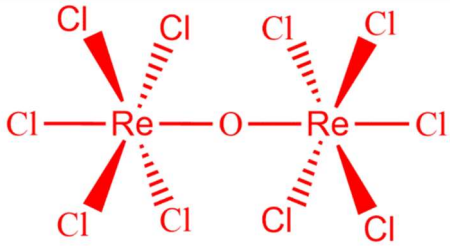
11.2.4. **Визначте** усі невідомі сполуки наведені на схемі. **Напишіть** рівняння усіх згаданих реакцій (15).

E	F	G	H	I	J
$ReCl_5$	$KReO_4$	$K_2[Re_2Cl_8]$	$K[Re_2Cl_9]$	$K_4[Re_2OCl_{10}]$	$K_2[ReOCl_5]$
K	**L**	**M**	**N**	**O**	**P**
ReO_3	ReO_2	Re_3Cl_9	$K_3[Re_3Cl_{12}]$	K_2ReO_3	K_2ReO_4

$2Re + 5Cl_2 = 2ReCl_5$
$2Re + 7O_2 = 2Re_2O_7$
$Re_2O_7 + CO = 2ReO_3 + CO_2$
$Re_2O_7 + 3H_2 = 2ReO_2 + 3H_2O$
$ReO_2 + 2KOH + KNO_3 = K_2ReO_4 + KNO_2 + H_2O$
$ReO_2 + 2KOH = K_2ReO_3 + H_2O$
$Re + 2ReO_3 = 3ReO_2$
$3ReCl_5 = Re_3Cl_9 + 3Cl_2$

$Re_3Cl_9 + 3KCl = K_3[Re_3Cl_{12}]$
$ReCl_5 + 2KCl + H_2O = K_2[ReOCl_5] + 2HCl$
$2K_2ReOCl_5 + 2KI + 2HCl = K_4[Re_2OCl_{10}] + 2KCl + H_2O + I_2$
$3ReO_3 + 2KOH = 2KReO_4 + H_2O + ReO_2$
$2KReO_4 + 10HCl + 6KI = K_4[Re_2OCl_{10}] + 3I_2 + 7H_2O$
$2KReO_4 + 2H_3PO_2 + 8HCl = K_2[Re_2Cl_8] + 2H_3PO_4 + 4H_2O$
$K_2[Re_2Cl_8] + Cl_2 = 2K[Re_2Cl_9] + KCl$

11.2.5. **Зобразіть** структури наступних речовин – поруч з кожною з них наведені підказки стосовно її будови.

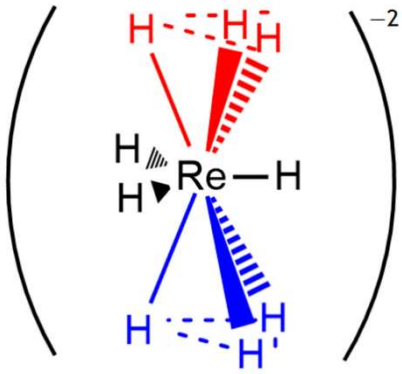
E	**G**
	
Структура складається з димерів, у яких два октаедра [**X**Cl_6] з'єднані двома містковими атомами Хлору	Аніон сполуки діамагнітний, атоми Хлору рівномірно розподілені між атомами металу **X**
M	**N**
	
Обидві сполуки мають вісь третього порядку та перпендикулярну їй площину дзеркального відбиття, а також є два типи атомів Хлору, причому їх співвідношення становить **M** – 2:1, а **N** – 3:1.	
I	**J**
	
J має структуру октаедра, а **I** – продукт димеризації **J**, який має один містковий атом Оксигену	

Окрім унікальних речовин на схемі, метал **X** здатен утворювати незвичні гідриди, які не мають аналогів у хімії інших елементів. Так при розчиненні сполуки **F** у в етанолі та наступному відновленні калієм утворюється йонний гідрид **R** (w_H = 3,292 %). Отримана сполука має будову тригональної призми, з кількома типами атомів Гідрогену у структурі. У спектрі ПМР (протонний магнітний резонанс) наявний тільки один сигнал.

11.2.6. **Визначте** формулу сполуки **R** та **напишіть** рівняння її утворення. **Наведіть** її будову та **поясніть**, чому, незважаючи на декілька типів Гідрогену у структурі, у спектрі ПМР наявний тільки один сигнал.

Формула **R** - $K_2[ReH_9]$

Рівняння реакції: $KReO_4 + 18K + 17EtOH = K_2[ReH_9] + 17EtOK + 4H_2O$

Будова **R**	Пояснення стосовно спектру ПМР
	Єдиний сигнал у спектрі ПМР демонструє рівноцінність всіх атомів Гідрогену та зумовлює їх швидкий обмін між різними позиціями.

Завдання 11.3. Карбонати (*Автор: Кудрик Олександр*)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	**11.3.1**	**11.3.2**	**11.3.3**	**11.3.4**	**11.3.5**	**Сума**
Перевірка	**1**	**1**	**4**	**2**	**2**	**10**

Відомо, що карбонати більшості металів нестійкі при дії високих температур. Продукти розкладу визначаються металом, що входить до складу карбонату.

11.3.1. **Запишіть реакції** розкладу Na_2CO_3, $BaCO_3$, Ag_2CO_3 та NH_4HCO_3.

$Na_2CO_3 \rightarrow Na_2O + CO_2$
$BaCO_3 \rightarrow BaO + CO_2$
$Ag_2CO_3 \rightarrow 2Ag + 0.5\ O_2 + CO_2$
$NH_4HCO_3 \rightarrow NH_3 + H_2O + CO_2$

11.3.2. Вкажіть, чи є розклад кожної речовини **оборотним процесом**.

Na_2CO_3	$BaCO_3$	Ag_2CO_3	NH_4HCO_3
+	+	-	+

Всі необхідні значення для подальших розрахунків наведені у таблиці нижче.

	Δ_fH^0, кДж/моль	S^0, Дж/(моль*К)	C_p, Дж/(моль*К)
$BaCO_3(s)$	-1216.3	112.1	85.4
$Ag_2CO_3(s)$	-505.9	167.4	
$NH_4HCO_3(s)$	-849.4	120.9	
$BaO(s)$	-548.1	72.1	47.3
$Ag_2O(s)$	-31.0	122.0	
$Ag(s)$		42.6	
$NH_3(g)$	-45.9	192.8	
$H_2O(g)$	-241.8	188.8	
$CO_2(g)$	-393.5	213.8	52.0
$O_2(g)$		205.2	

Вважайте, що $\Delta_f H^0$ та S^0 не залежать від температури.

11.3.3. **Розрахуйте температуру розкладу карбонатів**, якщо

а) p_{CO2} = 1 бар, p_{O2} = 1 бар

$BaCO_3$	$\Delta G = \Delta H - T\Delta S = 0$ $T = \frac{\Delta H_r}{\Delta S_r} = \frac{\Delta_f H^0(BaO) + \Delta_f H^0(CO_2) - \Delta_f H^0(BaCO_3)}{S^0(BaO) + S^0(CO_2) - S^0(BaCO_3)} = \frac{274700}{173.8} = 1580\ K$
Ag_2CO_3	$\Delta G = \Delta H - T\Delta S = 0$ $T = \frac{\Delta H_r}{\Delta S_r} = \frac{\Delta_f H^0(CO_2) - \Delta_f H^0(Ag_2CO_3)}{2S^0(Ag) + 0.5S^0(O_2) + S^0(CO_2) - S^0(BaCO_3)} = \frac{112400}{234.2} = 480\ K$ За цих умов Ag_2O розкладається при $T = \frac{31100}{65.8} = 473\ K$, отже продукти розкладу вибрані правильно

б) $p_{CO2} = 3*10^{-4}$ бара, p_{O2} = 0.2 бара – приблизний вміст в атмосфері

$BaCO_3$	$\Delta G = \Delta H - T\Delta S = -RTlnK = -RTln(p_{CO2})$ $274700 - 173.8T = 67.4T$ $T = 1139\ K$
Ag_2CO_3	$\Delta G = \Delta H - T\Delta S = -RTlnK = -RTln(p_{CO2} * p_{O2}^{0.5})$ $112400 - 234.2T = 74.1$ $T = 365\ K$ За цих умов Ag_2O розкладається при: $\Delta G = \Delta H - T\Delta S = -RTlnK = -RTln(p_{O2}^{0.5})$ $31100 - 65.8T = 6.7T$ $T = 429\ K$ Отже, спочатку відбувається розклад до Ag_2O. Тоді правильна температура розкладу: $81400 - 168.4T = 67.4T$ $T = 345K$

11.3.4. Вважайте, що $\Delta_f H^0$ та S^0 ***залежать*** від температури. **Виведіть рівняння**, за яким можна розрахувати температуру розкладу $BaCO_3$ при p_{CO2} = 1 бар.

Підказка:

$$\frac{\partial H}{\partial T} = C_p, \quad \frac{\partial S}{\partial T} = \frac{C_p}{T}$$

$\Delta H(T) = \Delta H(298) + \Delta C_p * (T - 298)$

$S(T) = S(298) + \Delta C_p * \ln\left(\frac{T}{298}\right)$

$\Delta C_p = C_p(BaO) + C_p(CO_2) - C_p(BaCO_3) = 13.9 \frac{Дж}{моль * К}$

$274700 + 13.9 * (T - 298) - T * (173.8 + 13.9 * \ln\left(\frac{T}{298}\right)) = 0$

У закритий реактор об'ємом 0.5 л внесли наважку NH_4HCO_3 масою 7,91 г і нагріли до 110 ºС.

11.3.5. Розрахуйте **тиск CO_2** у реакторі та **конверсію**. Вважайте, що $\Delta_f H^0$ та S^0 не залежать від температури, а вся вода знаходиться у газоподібному стані.

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S = -RTlnK$

$\Delta H = 168.2$ кДж/моль

$\Delta S = 474.5 \frac{Дж}{моль * К}$

$K = 70.1 = p_{CO}^3$

$p_{CO2} = 4.12$ бар

$v_{CO} = 0.065$ моль

$\frac{0.065}{0.1} = 65\%$

Завдання 11.4. Аналітичні розрахунки (*Автор: Алексєєв Сергій*)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	11.4.1	11.4.2	11.4.3	11.4.4	11.4.5	Сума
Перевірка	1	2	3	2	2	10

У лабораторію принесли зразок природної води. Ця вода була повністю прозорою і не давала синього забарвлення з $K_4Fe(CN)_6$. Через деякий час зберігання на повітрі у воді утворився помітний бурий осад.

Пробу цієї води (до зберігання) об'ємом 25 мл помістили у мірну колбу об'ємом 50 мл, додали 0,5 мл концентрованої нітратної кислоти та 0,5 мл 35%-го розчину H_2O_2 і витримали колбу 10 хв у киплячій водяній бані. Після охолодження до вмісту колби додали 5 мл 10%-го розчину KNCS, довели до мітки і виміряли оптичну густину у кюветі 5 см при 490 нм. A = 0,225. При проведенні аналогічного досліду, у якому до проби води додавали HNO_3, H_2O_2 та 2 мл розчину $(NH_4)Fe(SO_4)_2$, що містив 10 мг/л іонів феруму, A = 0,335.

11.4.1. У вигляді **<u>якої сполуки</u>** знаходилися йони феруму у вихідному зразку води? **<u>Напишіть рівняння реакції</u>** утворення бурого осаду.

$4Fe(HCO_3)_2 + O_2 + 2H_2O = 4Fe(OH)_3 + 8CO_2$

11.4.2. **<u>Напишіть рівняння реакцій</u>**, що відбуваються при фотометричному визначенні феруму у воді та **<u>розрахуйте його вміст</u>** (у мг/л).

$2Fe(HCO_3)_2 + H_2O_2 + 6HNO_3 = 2Fe(NO_3)_3 + 4CO_2 + 6H2O$

$Fe(NO_3)_3 + 3KNCS = 2Fe(NCS)_3 + 3KNO_3$

Позначимо концентрацію Fe в аналізованій воді, як C_x (мг/л). Враховуючи лінійність залежності оптичної густини від концентрації (закон Бугера-Ламберта-Бера) – маємо:

$$\frac{0,335}{0,225} = \frac{\frac{25}{50}C_x + \frac{2}{50}\cdot 10}{\frac{25}{50}C_x}$$

C_x = 1,64 мг/л

Важливим показником якості природних вод є значення «хімічного споживання кисню» (ХСК) - величина, що характеризує загальний вміст сполук-відновників у воді, зокрема – органічних забруднювачів. Окисником, який зумовлює повне окиснення таких забруднювачів (продуктами окислення є CO_2, H_2O, NH_4^+, H_2SO_4, H_3PO_4) є $K_2Cr_2O_7$ у середовищі H_2SO_4 у присутності йонів Ag^+ як каталізатора.

До проби води об'ємом 50 мл додають 25 мл 0,01 моль/л розчину $K_2Cr_2O_7$, 70 мл концентрованої сульфатної кислоти та невелику кількість Ag_2SO_4. Суміш кип'ятять протягом 2 годин, розводять дистильованою водою та титрують 0,05 моль/л розчином $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2$ з індикатором фероїн. При проведенні такого аналізу з пробою досліджуваної води на титрування витратилося 20,00 мл розчину $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2$.

11.4.3. Напишіть рівняння реакції, що відбувається при титруванні. **Встановіть** «хімічне споживання кисню» (у мг/л) для аналізованої проби води, вважаючи, що кількість кисню еквівалентна кількості біхромату, витраченого на окиснення.

$K_2Cr_2O_7 + 6(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 + 7H_2SO_4 = K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 6(NH_4)_2SO_4 + 3Fe_2(SO_4)_3 + 7H_2O$

$K_2Cr_2O_7 + 14H^+ + 6e^- = 2K^+ + 2Cr^{3+} + 7H_2O$

$Fe^{2+} - e^- = Fe^{3+}$

$O_2 + 4H^+ + 4e^- = 2H_2O$

Враховуючи, що на відновлення молекули кисню витрачається 4 електрони, ХСК у мг/мл можна розрахувати, як:

$ХСК = (1/4)\cdot M(O_2)\cdot N\cdot 1000$

де N – загальна концентрація відновників (в моль-екв/л), що знаходяться у пробі води та прореагували з біхроматом

$N = (25\cdot 6\cdot 0{,}01 - 20\cdot 0{,}05)/50 = 0{,}01$ моль/л

ХСК = 80 мг/л

11.4.4. Розрахуйте об'єм розчину $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2$, який витратиться, якщо замість проби води проводити аналіз розчину калій гідрофталату ($KC_8H_5O_4$) концентрацією 0,1 г/л.

Оскільки в умові задачі не вимагають писати повне рівняння реакції гідрофталату з біхроматом, запишемо напівреакцію:

$KC_8H_5O_4 + 12H_2O - 30e^- = K^+ + 8CO_2 + 29H^+$;

$N(KC_8H_5O_4) = (30\cdot 0{,}1$ г/л$)/(204{,}2151$ г/моль$) = 0{,}0147$ моль-екв/л

$0{,}0147 = (25\cdot 6\cdot 0{,}01 - V\cdot 0{,}05)/50$

V = 15,3 мл

11.4.5. Вважаючи, що присутні у природній воді органічні речовини – гумінові кислоти (містять 57,00% C; 7,00% H; 5,00% N; 1,00% S та 30,00% O), **встановіть** їх вміст (мг/л) у пробі води.

Відновлення біхромату відбувається внаслідок окиснення органічних речовин та Fe^{+2} (за п. 11.4.1), з якого утворився Fe^{+3}, концентрацію якого (1,64 мг/л, тобто $2{,}93\cdot 10^{-5}$ моль/л) визначили у п. 11.4.2. Тобто, сумарна концентрація органічних відновників становить:

$N_{орг} = N - N_{Fe} = 0{,}00997$ моль/л. Внеском Fe^{+2}, можна і знехтувати, але це треба підтвердити розрахунком.

Для того, щоб встановити вміст гумінової кислоти, спростимо її формулу, щоб вивести з розрахунків N, S, та O. Якщо представити ці елементи у вигляді сполук - продуктів окислення (NH_3, SO_3, H_2O), і видалити їх із складу гумінової кислоти, матимемо:

$\omega(O) = 30{,}00 - 48/32\cdot 1{,}00 = 28{,}50\%$ - після видалення SO_3

$\omega(H) = 7{,}00 - (3/14)\cdot 5{,}00 - (2/16)\cdot 28{,}50 = 2{,}366\%$ - після видалення азоту та залишку кисню.

Встановимо «молярну масу еквіваленту» гумінової кислоти

M = 100/(4·57,00/12 + 2,366/1) = 4,68 г/моль.

W(гумін) = N·M = 0,0467 г/л = 46,7 мг/л

Звісно, спосіб розрахунку можна використати і інший

Завдання 11.5. Експеримент з електрохімії (*Автор: Копа Іван*)

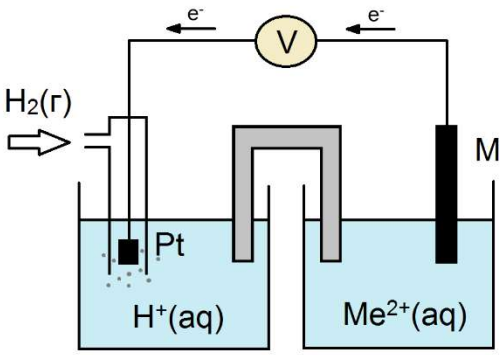
Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	11.5.1	11.5.2	11.5.3	11.5.4	11.5.5	11.5.6	11.5.7	11.5.8	Сума
Перевірка	1	1,2	0,8	1	1,5	1,3	1,8	1,4	10

Праворуч наведена схема експерименту, який провів юний хімік, аби вивчити електрохімічні методи практичним шляхом.

Гальванічний елемент складається з двох електродів: один з них зроблений з металу **M** та занурений в розчин солі $\mathbf{M}^{2+}$ невідомої концентрації, а інший – водневий електрод – представлений у вигляді платинової пластинки, яка знаходиться в контакті з газоподібним воднем й занурена в буферний розчин.

Два розчини з'єднані між собою сольовим містком, як показано на малюнку. Температура експерименту складає 30°C.

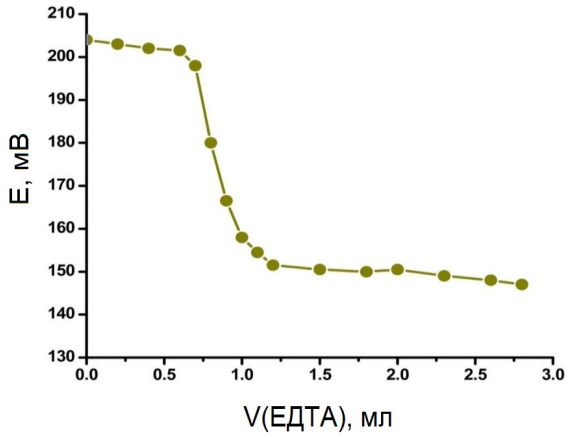


11.5.1. **Визначте**, який електрод виступає катодом, а який анодом. **Наведіть** рівняння реакцій, які відбуваються на кожному електроді, а також загальне рівняння реакції.

Катод – водневий електрод (+) Реакція на катоді: $2H^+_{(aq)} + 2e^- \rightarrow H_{2(г)}$	**Анод –** електрод з **Me** (-) Реакція на аноді: $Me_{(тв)} + 2e^- \rightarrow Me^{2+}_{(aq)}$
Загальне рівняння: $2H^+_{(aq)} + Me_{(тв)} \rightarrow H_{2(г)} + Me^{2+}_{(aq)}$	

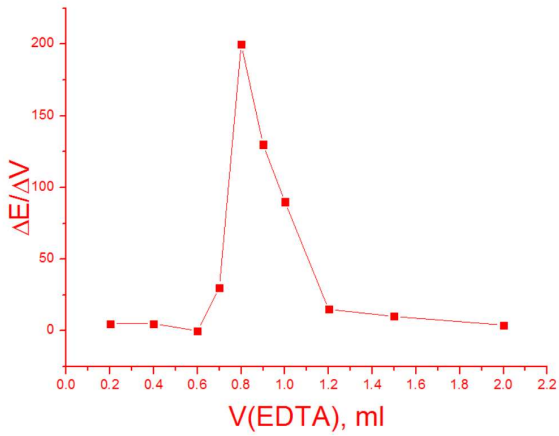
Юний хімік вирішив спочатку визначити невідому концентрацію солі $\mathbf{Me}^{2+}$ за допомогою титрування. І через те, що він досліжує електрохімічні методи, то й метод визначення точки еквівалентності обрав відповідний – вимірюванням потенціалу розчину.

Для титрування юний хімік відібрав 50 мл невідомого розчину $\mathbf{Me}^{2+}$ та розбавив його в 10 разів. З утвореного розчину він відібрав аліквоту 5 мл, додав 5 мл буфера та відтитрував його за допомогою 0,2 М розчину ЕДТА з іонселективним електродом, який реагує тільки на йони $\mathbf{Me}^{2+}$. Отримані результати титрування наведені нижче.



Потенціал E, мВ	Об'єм ЕДТА V, мл
205	0
204	0,2
203	0,4
203	0,6
200	0,7
180	0,8
167	0,9
158	1,0
155	1,2
152	1,5
150	2,0

11.5.2. **Побудуйте** графік зміни потенціалу електроду до зміни об'єму ЕДТА (ΔE/ΔV) від об'єму доданого ЕДТА ($V_{ЕДТА}$). **Визначте** точку еквівалентності та **розрахуйте** концентрацію солі **Me^{2+}**. **Наведіть** рівняння реакції між **Me^{2+}** та ЕДТА.



Пік титрування (або точка еквівалентності) досягається при V(ЕДТА) = 0,8 мл.

Рівняння реакції:
$Me^{2+} + Na_4EDTA = MeEDTA^{2-} + 4Na^+$

Отже концентрація Me^{2+} становить:

$$C_{Me2+} = \frac{C_{ЕДТА} \cdot V_{ЕДТА}}{V_{аліквота}} \cdot N = 0{,}32 \text{ М}$$

Якщо Вам не вдалося знайти значення концентрації розчину солі Me^{2+} прийміть це значення рівним 0,5 моль/л

Після визначення концентрації солі металу юних хімік виміряв тиск водню H_2 та кислотність розчину в гальванічному елементі – результати склали p_{H2} = 0,45 бар та pH = 4,1. Нижче наведена таблиця з величинами стандартних електродних потенціалів деяких металів.

Метал	$E(Me^{2+}/Me)$, В	Метал	$E(Me^{2+}/Me)$, В	Метал	$E(Me^{2+}/Me)$, В
Ca	-2,86	Zn	-0,76	Ni	-0,23
Mg	-2,37	Fe	-0,44	Pb	-0,12
Mn	-1,19	Cd	-0,40	Cu	+0,33
V	-1,12	Pd	+0,91	Hg	+0,85
Cr	-0,85	Co	-0,27		

11.5.3. **Розрахуйте** значення стандартного електродного потенціалу $E^o_{Me2+/Me}$ та **визначте** невідомий метал **M**, якщо ЕРС гальванічного елементу при заданих умовах дорівнює +0,54 В.

$$2H^+_{(aq)} + Me_{(тв)} \rightarrow H_{2(г)} + Me^{2+}_{(aq)}$$

Рівняння Нернста:

$$E = E^o + \frac{RT}{2F}\ln\left(\frac{[H^+]^2}{p(H_2)\cdot[Me^{2+}]}\right) = E^o - 0{,}03(2\cdot pH + \lg(p(H_2)\cdot[Me^{2+}])$$

$$E = E^o - 0{,}03(2\cdot 4{,}1 + \lg(0{,}45\cdot 0{,}32) = 0{,}54$$

Звідки $E^o = 0{,}76$ В

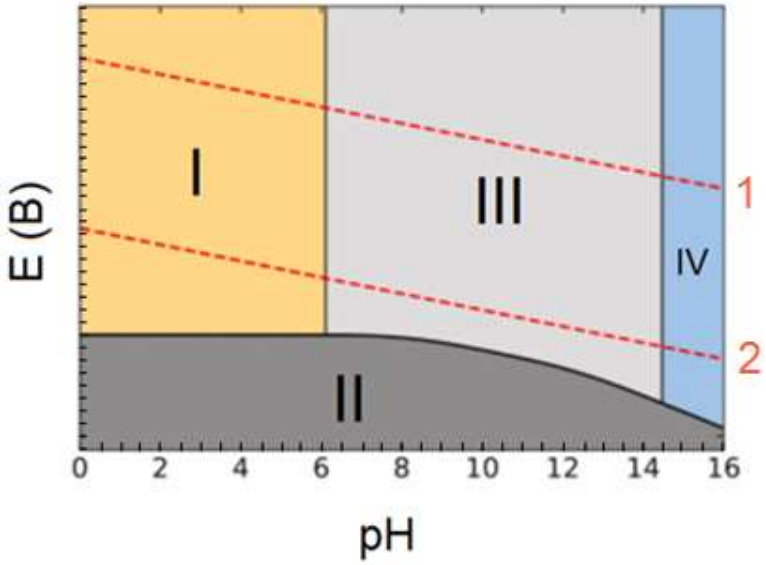
Також відомо, що $E^o = E_{катод} - E_{анод} = 0{,}76$ В.

Отже $E_{Me2+/Me} = -0{,}76$ В (так як $E_{H+/H2} = 0$ В)

Невідомий метал – Цинк (Zn)

$E^o_{Me2+/Me}$ = -0,76 В	Me - Цинк (Zn)

Далі юний хімік вирішив дослідити цікаві графіки залежності потенціалу (E) від pH розчину для різних форм металу **Me** - діаграму Пурбе. Діаграми Пурбе є дуже зручними для відображення термодинамічно стійких форм іонів чи молекул при заданих pH та E за певної температури.



11.5.4. **Визначте** зашифровані сполуки **I-IV** на діаграмі Пурбе, відповідь **обґрунтуйте**. Зауважте, що на малюнку наведені тільки основні йони та молекули, а форма **III** – нерозчинна у воді сполука.

Цинк в залежності від pH може існувати в 4 основних формах: $Zn_{(тв)}$, $Zn^{2+}_{(aq)}$, $Zn(OH)_{2(тв)}$ та $[Zn(OH)_4]^{2-}_{(aq)}$

Форма, яка може існувати при всіх pH – це Zn (**II**). Бачимо, що потенціал пари **I** та **II** не залежить від pH – отже **I** - це Zn^{2+}. Бачимо, що рівновага у парі **I** та **III** не є окисно-відновною – отже **III** це $Zn(OH)_2$, який нерозчинний у воді. Залишається форма $[Zn(OH)_4]^{2-}$ (**IV**), яка існує при великих pH.

I	II	III	IV
$Zn^{2+}_{(aq)}$	$Zn_{(тв)}$	$Zn(OH)_{2(тв)}$	$[Zn(OH)_4]^{2-}_{(aq)}$

11.5.5. **Які процеси** ілюструються на діаграмі у вигляді червоних пунктирних ліній 1 та 2? **Наведіть** рівняння цих процесів та вирази залежності їх стандартних потенціалів від pH. Тиск газоподібних речовин **прийміть** за 1 бар.

Наявні процеси – це реакції відновлення та окиснення води.

Процес 1: $O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$

Знаючи значення двох позначок на графіку ($E^o_{H+/H2} = 0$ та $E^o_{Zn2+/Zn} = -0{,}76$ В), визначимо ціну поділки графіку - 0,09 В/позначка. Отже $E^o_{O2,\ H+/H2O} = 1{,}21$ В.

$$E = E^o + \frac{RT}{4F}\ln(p(O_2)\cdot[H^+]^4) = 1{,}21 - 0{,}059\cdot pH$$

Процес 2: $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$ ($E^o_{H+/H2} = 0$)

$$E = E^o + \frac{RT}{2F}\ln\left(\frac{[H^+]^2}{p(H_2)}\right) = -0{,}059\cdot pH$$

11.5.6. **Напишіть** рівняння процесів, що відбуваються на всіх внутрішніх межах діаграми. (5 реакцій). **Зазначте**, які з цих процесів відбуваються зі зміною окисно-відновного потенціалу – **позначте** ×.

Пара різних форм Me	Рівняння процесу, що відбувається	ОВР?
$Zn^{2+}/Zn_{(тв)}$:	$Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn$	×
$Zn^{2+}/Zn(OH)_{2(тв)}$:	$Zn^{2+} + 2H_2O \rightarrow Zn(OH)_2 + 2H^+$	

$Zn(OH)_{2(тв)}/ Zn_{(тв)}$:	$Zn(OH)_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow Zn + 2H_2O$	×
$Zn(OH)_{2(тв)}/[Zn(OH)_4]^{2-}{}_{(aq)}$:	$Zn(OH)_2 + 2OH^- \rightarrow [Zn(OH)_4]^{2-}$	
$[Zn(OH)_4]^{2-}{}_{(aq)}/ Zn_{(тв)}$:	$[Zn(OH)_4]^{2-} + 4H^+ + 2e^- \rightarrow Zn + 4H_2O$	×

11.5.7. **Розрахуйте** константи для усіх **кислотно-основних** рівноваг на діаграмі, а також добуток розчинності для форми **III**. **Вважайте**, що концентрація усіх розчинних у воді форм **Me** в цих рівновагах дорівнює значенню, розрахованому Вами у *пункті 2*.

Лінія, що відображає баланс між Zn^{2+} і $Zn(OH)_2$ – вертикальна лінія при pH ≈ 6 (тобто $[H^+] = 10^{-6}$ моль/л, $[OH^-] = 10^{-8}$ моль/л).

$$Zn^{2+} + 2H_2O \rightarrow Zn(OH)_2 + 2H^+$$

$$K = \frac{[H^+]^2}{[Zn^{2+}]} = \frac{(10^{-6})^2}{0{,}33} = 3{,}03 \cdot 10^{-12}$$

Добуток розчинності для $Zn(OH)_2$:

$$Zn(OH)_2 \rightarrow Zn^{2+} + 2OH^-$$

$$K_{sp} = [Zn^{2+}] \cdot [OH^-]^2 = 0{,}33 \cdot (10^{-8})^2 = 3{,}3 \cdot 10^{-17}$$

Лінія, що відображає баланс між гідроксидом $Zn(OH)_2$ і $[Zn(OH)_4]^{2-}$ – вертикальна лінія при pH ≈ 14,5 (тобто $[OH^-] = 10^{0,5}$ моль/л).

$$Zn(OH)_2 + 2OH^- \rightarrow [Zn(OH)_4]^{2-}$$

$$K = \frac{[Zn(OH)_4]^{2-}}{[OH^-]^2} = \frac{0{,}33}{10^{0,5 \cdot 2}} = 0{,}033$$

11.5.8. Нижче наведені деякі факти стосовно діаграми Пурбе для металу **Me**. **Вкажіть**, чи дане твердження правильне/неправильне (позначте × у відповідному полі)

Твердження	Так	Ні
Чим вище знаходяться форми **Me** на діаграмі, тим відновник меншої сили потрібен для їх відновлення.	×	
Форма **II** – найбільш сильний відновник серед усіх форм **Me**.	×	
Всі форми металу **Me**, що знаходяться нижче червоної пунктирної лінії №2, є термодинамічно стійкими до дії води.		×
При потенціалі E = 0 та pH = 9, метал **Me** піддається корозії.		×
Форми металу **III** та **IV** здатні витісняти водень або кисень з води при певних потенціалах.	×	
Форму **I** легше окиснити при pH = 2, ніж при pH = 5.		×
Якщо замінити розчинник (наприклад, воду на DMFA), то можна розширити зону стійкості та зберігати чистий $Me_{(тв)}$.	×	

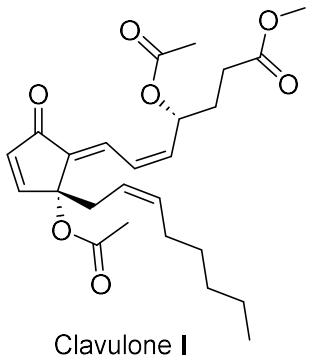
Завдання 11.6. Простагландини (*Автор: Ляшук Олександр*)

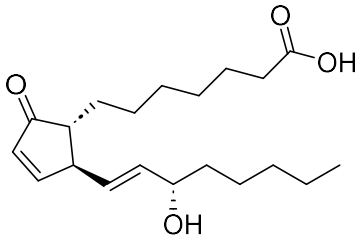
Оцінка за задачу (заповнюється журі)

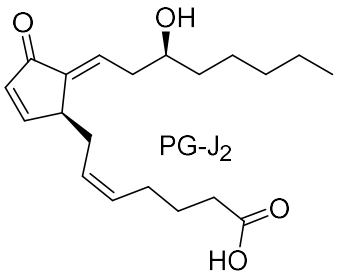
Питання	**11.6.1**	**11.6.2**	**11.6.3**	**11.6.4**	**Сума**
Перевірка	**10**	**2**	**2**	**2**	**16/16*10**

Простагландини – група ліпідних фізіологічно активних речовин, що утворюються в організмі ферментативним шляхом із жирних кислот та мають схожу на гормони фізіологічну дію. За будовою розрізняють декілька класів простагландинів, які позначаються буквами латинського алфавіту.

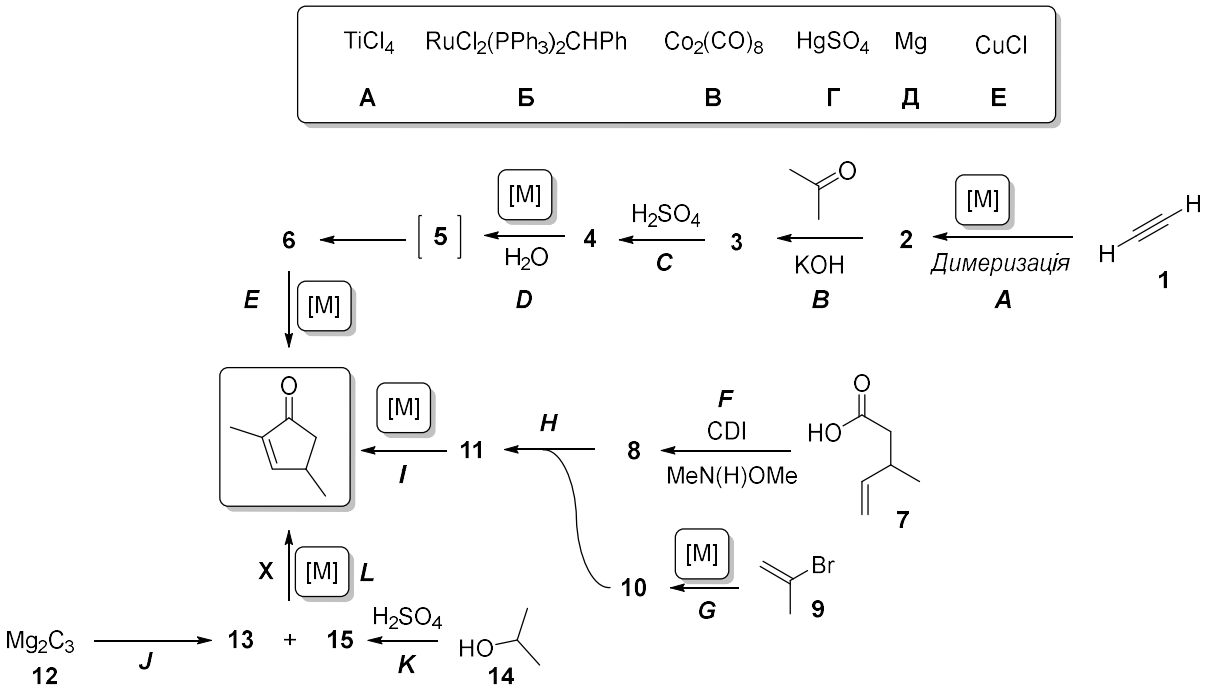
Пошук лабораторних методів синтезу цих природних сполук надав суттєвого поштовху у створенні методів синтезу похідних циклопентену – ключових структурних елементів простагландинів.

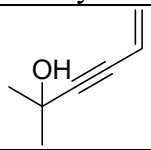
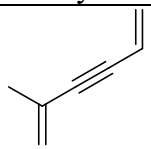
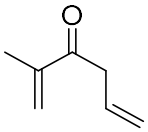
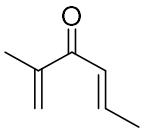
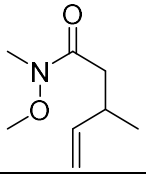
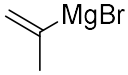
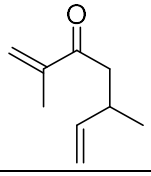

Clavulone I


PG-A_1


PG-J_2

11.6.1. **<u>Знайдіть сполуки</u> 2-15**, що зашифровані у ланцюжках перетворень (стадії **A-L**). Під символом [M] зашифровано метали або їх солі **А, Б**…**Е**.



Сполука 2	Сполука 3	Сполука 4	Сполука 5	Сполука 6
				
Сполука 8	**Сполука 10**	**Сполука 11**	**Сполука 13**	**Сполука 15**
				

11.6.2. Деякі із стадій **A-L** є відомими іменними реакціями. **Встановіть відповідність стадії та іменної реакції**.

Реакція Кучерова	Реакція Поусона-Кханда	Реакція метатезису	Реакція Назарова
a	**b**	**c**	**d**

Іменна реакція	**a**	**b**	**c**	**d**
Стадія	D	L	I	E

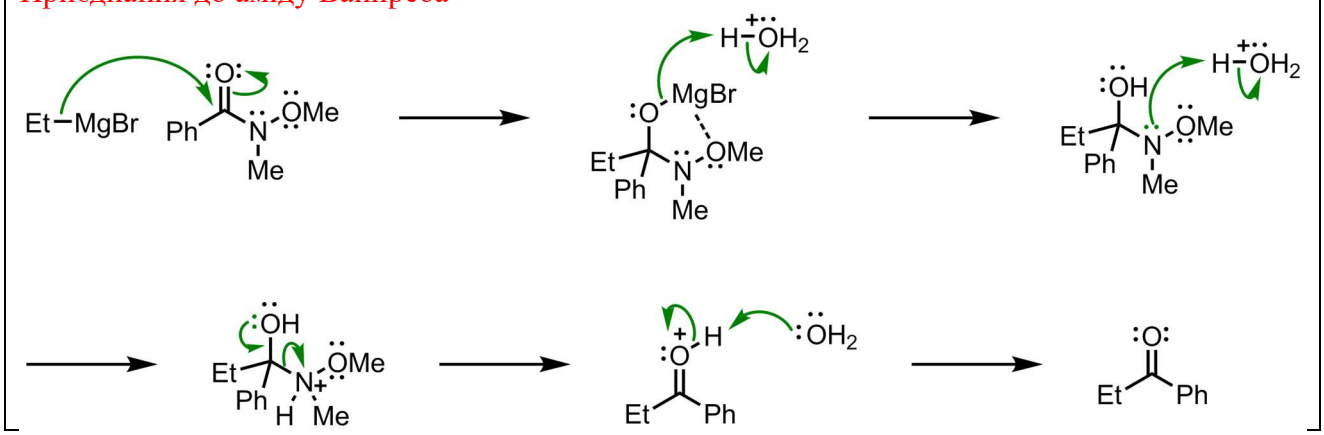
X – безбарвний газ, що є надзвичайно токсичним для людини. В лабораторних умовах може бути отриманий термічним розкладом мурашиної або щавлевої кислот.

11.6.3.

Вкажіть газ **X**	CO
Наведіть рівняння реакцій синтезу газу **X** із вказаних вище реагентів	$HCOOH = CO + H_2O$
	$H_2C_2O_4 = CO + CO_2 + H_2O$
Запропонуйте якісну реакцію для визначення наявності газу **X** у атмосфері	$PdCl_2+CO+H_2O = Pd + CO_2 + HCl$ – помутніння розчину паладій(II) хлориду

11.6.4. Зобразіть механізм стадії **H**.

Приєднання до аміду Вайнреба

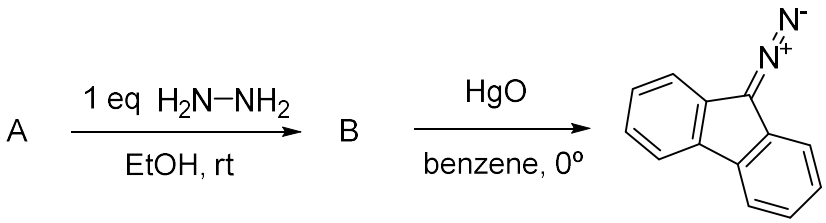


Завдання 11.7. Кінетика органічних реакцій. (*Автор: Кудрик Олександр*)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

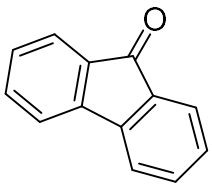
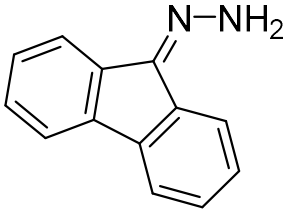
Питання	**11.7.1**	**11.7.2**	**11.7.3**	**11.7.4**	**11.7.5**	**Сума**
Перевірка	**1,5**	**2,5**	**4**	**1**	**1**	**10**

Резонансно стабілізовані діазоалкани є суттєво більш стабільними, ніж вихідний діазометан. Діарилдіазометани можуть бути синтезовані, виділені у чистому вигляді та зберігатися певний час за низької температури. На схемі нижче зображений синтез 9-діазофлуорену (FlN_2) із деякої сполуки **A**.



FlN_2

11.7.1. Встановіть речовини A та B.

A	B
	

Тим не менш, діарилдіазоалкани можуть розкладатися із виділенням азоту при нагріванні або дії нуклеофілів та окисників.
Кінетика розкладу 9-дізофлуорену була досліджена при дії бензилтриметиламоній метоксиду ($BnEt_3N^+$ MeO^-) у сухому дегазованому розчині ДМСО.

У таблиці наведені початкові швидкості реакції за різних концентрацій $[FlN_2]$ та $[MeO]^-$.

$[FlN_2]$, mM	$[MeO]^-$, mM	V_{N2}, мл/хв
25	6.25	5.6
50	6.25	15.3
100	5	39.4

11.7.2. Встановіть порядки реакції за $[FlN_2]$ та $[MeO]^-$.

Порядок за $[FlN_2]$	$n = \frac{\ln(\frac{15.3}{5.6})}{\ln(\frac{50}{25})} = 1.45 \approx 1.5$
Порядок за $[MeO]^-$	$n = \frac{\ln(\frac{39.4}{15.3}) - 1.5\ln(\frac{100}{50})}{\ln(\frac{5}{6.25})} = 0.42$ $n = \frac{\ln(\frac{39.4}{5.6}) - 1.5\ln(\frac{100}{25})}{\ln(\frac{5}{6.25})} = 0.58$ Середнє n ≈ 0,5

На основі цих даних та спектру ЕПР була запропонована кінетична схема:
$Nu^- + n\ FlN_2 \rightarrow [Nu^*(n\text{-}1)FlN_2]^\bullet + FlN_2^{\bullet-}$ (1), k_I
$FlN_2^{\bullet-} + FlN_2 \rightarrow [Fl{=}N\text{-}N{=}Fl]^{\bullet-} + N_2$ (2), k_p
$[Fl{=}N\text{-}N{=}Fl]^{\bullet-} + FlN_2 \rightarrow [Fl{=}N\text{-}N{=}Fl] + FlN_2^{\bullet-}$ (3), $k'_p >> k_p$
$2\ FlN_2^{\bullet-} \rightarrow$ інші продукти (4), k_T

11.7.3. **Виведіть швидкість утворення** N_2 від $[FlN_2]$, $[MeO]^-$ та констант.

$$\frac{d[N_2]}{dt} = k_p[FlN_2^{\bullet-}][FlN_2]$$

Квазістаціонарне наближення для $FlN_2^{\bullet-}$:

$$\frac{d[FlN_2^{\bullet-}]}{dt} = k_I[MeO^-][FlN_2]^n - k_T[FlN_2^{\bullet-}]^2 = 0$$

$$[FlN_2^{\bullet-}] = \sqrt{\frac{k_I}{k_T}[MeO^-][FlN_2]^n}$$

$$\frac{d[N_2]}{dt} = \sqrt{\frac{k_I}{k_T}} * [MeO^-]^{0.5}[FlN_2]^{1+0.5n}$$

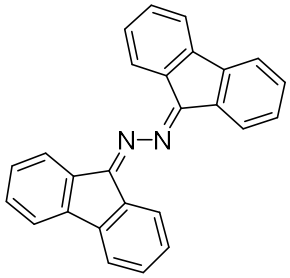
11.7.4. **Встановіть n**, для якого теоретична залежність співпадає з експериментальними даними.

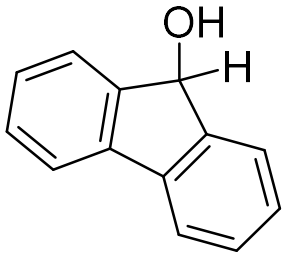
n = 1

Сполука **X** є основним продуктом цієї реакції. Однак, при недотриманні певних умов може утворюватися суттєва кількість сполук **Z** та **Y**.

Z **Y**

11.7.5. Що є **причиною** утворення цих сполук?





Z	Присутність кисню
Y	Присутність води

Завдання 11.8. Незвичайний лід (*Автор: Друженко Тетяна*)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	11.8.1	11.8.2	11.8.3	11.8.4	11.8.5	11.8.6	11.8.7	Сума
Перевірка	2	2	1	1	2	1	1	10

Коли лід горітиме,
то на горі рак свистітиме
(з неопублікованого)
– Професоре, є погані новини.
Наші студенти думають, що метан реагує з водою.
– Певне, вони мали на увазі утворення клатрату…
(діалог після контрольної)

В океанічних покладах зустрічається такий собі «лід». Лід як лід, густина 0.9 г/см^3, одне дивне – він горить!

При спалюванні одного кілограма «льоду» у кисні утворюється 187.2 л (н.у.) вуглекислого газу і 1167 г води. Якщо ж «лід» розплавити, утвориться 866 г води і 187.2 л (н. у.) метану.

11.8.1. Встановіть формулу «льоду».

$4CH_4 \cdot 23H_2O$

11.8.2. За наведеними значеннями енергії зв'язків **визначте тепловий ефект** згоряння кілограма «льоду» і порівняйте його з тепловим ефектом згоряння кілограма уротропіну. Знехтуйте ентальпією переходу речовин з одного агрегатного стану в інший та процесами їх нагрівання.

	C–N	N≡N	C–H	O=O	C=O	O–H
$E_{зв}$, кДж/моль	305	946	414	498	799	464

При спалюванні одного кілограма клатрату метану виділяється 6,7 МДж теплоти, а при спалюванні кілограма уротропіну – 28,1 МДж, що у 4,2 рази більше

В Україні у 2023 році було спожито $19.8 \cdot 10^9$ м^3 (н. у.) природного газу. Щодо покладів клатрату метану у Чорному морі, то вони не всі розвідані, але, відповідно до деяких оцінок, їх загальний об'єм сягає $350 \cdot 10^9$ м^3.

11.8.3. Вважаючи, що увесь клатрат метану в Чорному морі є потенційно доступним для видобутку (дане припущення, звісно, є надто оптимістичним з ряду геополітичних, технологічних та екологічних причин), **оцініть**, на скільки років українцям вистачило б чорноморського клатрату метану за збереження нинішніх темпів споживання природного газу. Наявністю в природному газі домішок знехтуйте.

$(350 \cdot 10^9 \text{ x } 187.2 \text{ x } 0.9) / (19.8 \cdot 10^9) \approx 3000$ років

Благородні гази також здатні до утворення клатратів.

11.8.4. Назвіть ймовірні **причини** того, що гелій не утворює клатратів, а клатрати радону недостатньо досліджені.

Гелій: замалий для «порожнин», утворених кристалічною ґраткою розчинника, погано поляризується
Радон: малий період напіврозпаду (4 доби для ^{222}Rn), викликає радіоліз розчинника, може бути завеликим для «порожнин», утворених кристалічною ґраткою розчинника

Оскільки ксенон краще утворює гідрати (клатрати з водою), ніж криптон, у 2023 році було запропоновано метод розділення ксенону і криптону шляхом селективного утворення гідрату ксенону. За твердженням авторів, їхня розробка може бути корисною для розділення ксенону

і криптону, які в слідових кількостях містяться в земній атмосфері, а також для відділення ^{127}Xe від ^{85}Kr (обидва ізотопи є побічними продуктами ядерної енергетики).

11.8.5. Масова частка ксенону в одному з його гідратів становить 24.06%. **Встановіть формулу** даного клатрату.

$Xe \cdot 23H_2O$

Густина гідрату ксенону становить 1.8 г/см^3 – тож «ксеноновий лід» удвічі важчий за звичайний.

11.8.6. **Оцініть густину** гідрату криптону та гідрату аргону з аналогічними хімічними формулами. Припустіть, що густина гідрату лінійно залежить від молярної маси «гостя» (в даному випадку атома благородного газу), а звичайний лід можна вважати гідратом без «гостя» (тобто з нульовою молярною масою «гостя»). Припущення є доволі грубим, оскільки не враховує зміни струтури кристалічної гратки розчинника при включенні «гостя».

Густина гідрату криптону – 1.5 г/см^3, гідрату аргону– 1.2 г/см^3

Утворення гідратів інертних газів – не єдиний спосіб приготувати «лід», важчий за воду.

11.8.7. Користуючись лише атомними масами Дейтерію, Тритію, природного Гідрогену та природного Оксигену, **розрахуйте густину льоду**, який утвориться при замерзанні дейтерієвої та тритієвої води. Оскільки в даному випадку наближення щодо подібності кристалічних граток природного, «важкого», та «надважкого» льоду є досить точним, використовуйте більш точне значення густини природного льоду - 0.917 г/см^3. Вважайте «важку» і «надважку» воду ізотопно чистими.

Розрахована густина 1,017 г/см^3 та 1,120 г/см^3 для «важкого» і «надважкого» льоду відповідно

II тур
8 клас

Завдання 8.1. Газова суміш (*Автор: Пашко Микола*)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	**1.1**	**1.2**	**1.3**	**1.4**	**1.5**	**1.6**	**Сума**
Максимум							
Перевірка							

У реакторі об’ємом 20 л за температури 25°C і тиску 100 кПа знаходиться суміш метану (CH_4), водню та газу **X**. До реактору додали надлишок кисню та нагріли, після проходження реакції та охолодження реактору до 25°C утворилося 17.43 мл води, а тиск у реакторі склав 118.73 кПа. Утворену після реакції з киснем суміш газів пропустили через розчин натрій гідроксиду, отримавши 12.42 л (за н.у.) суміші газу **X** та кисню, що не взаємодіють між собою.

8.1.1. **Який** тиск буде у реакторі якщо початкову суміш газів нагріти до 200°C? В усіх розрахунках використовуйте округлення до 4-х значущих цифр.

PV = nRT, P = nRT/V

Порахуємо n газів початкової суміші: n = PV/RT = 100*20/(R*298.15) = 0.8068 моль

P = 0.8068*R*(273.15 + 200)/20 = 158.7 кПа

P = 158.7 кПа

8.1.2. Напишіть усі рівняння, які описані в умові задачі.

$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$
$2H_2 + O_2 = 2H_2O$
$CO_2 + 2NaOH = Na_2CO_3 + H_2O$

8.1.3. Визначте мольні частки метану, водню та **X** у початковій суміші.

З умови задачі зрозуміло, що газ **X** є інертним до кисню. З киснем реагує метан, утворюючи CO_2 та H_2O, і водень, утворюючи H_2O. При пропусканні через розчин натрій гідроксиду поглинається CO_2.

n (CH_4) = n (CO_2)

n (CO_2) = n (кінцевої суміші) - n (суміші після реакції з O_2) = 12,42/22,4 – 118.73*20/(8.314*298.15) =

n (кінцевої суміші) = 12.42/22,4 = 0.5545 моль

n (суміші після реакції з O_2) = 118.73*20/(8.314*298.15) = 0.95796 моль

n (CH_4) = 0.95796 – 0.5545 = 0.4035 моль

n (H_2) = n $(H_2O)_{заг}$ - n $(H_2O)_{CO2}$ = 17.43/18 – 0.4035*2 = 0.1614 моль

n (**X**) = n (газів початкової суміші) - n $(H_2)_{заг}$ - n (CH_4) = 0.8068 – 0.4035 - 0.1614 = 0.2419 моль

Тепер можемо порахувати мольні частки газів:

$\chi(H_2)$ = 0.1614/0.8068 = 0.2 = 20%

$\chi(CH_4)$ = 0.5 = 50%

χ(**X**) = 0.3 = 30%

$\chi(CH_4)$ = 50%	$\chi(H_2)$ = 20%	χ(**X**) = 30%

8.1.4. Який тиск буде у реакторі після реакції з киснем за температури 200°C?

При температурі 200С вода також буде газом, тому загальна кількість речовини газів буде дорівнювати: n = n (CO_2) + n (H_2O) + n (**X**) + n $(O_2)_{зал}$, n (**X**) + n (O_2) = n (кінцевої суміші)

n = 0.5545 + 17.43/18 + 0.5545 = 1.9263 моль

P = 1,9263*R*(273.15 + 200)/20 = 378.9 кПа

P = = 378.9 кПа

8.1.5. Який об'єм (за н.у.) кисню додали до початкової суміші?

$n\ (O_2)_{поч} = n\ (O_2)_{зал} + n\ (O_2)_{CH4} + n\ (O_2)_{H2} = (0.5545 - 0.2419) + 0.4035*2 + 0.1614/2 = 1.2$ моль

$V(O2) = 22.4*1.2 = 26.89$ л

8.1.6. Визначте газ **X** якщо відносна густина за воднем кінцевої суміші газу **X** та кисню складає 15.13.

Розрахуємо мольні частки **X** та O_2 в кінцевій суміші:

$\chi(\mathbf{X}) = 0{,}2419/0{,}5545 = 0.4362$, $\chi(O_2) = 0.5638$

З рівняння відносної густини порахуємо молярну масу **X**:

$0.5638*32 + 0.4362*x = 15.13*2$, $x = 28$

Враховуючи що **X** не реагує з киснем, отримаємо **X** – N_2

Завдання 8.2. Бінарні речовини (*Автор: Пашко Микола*)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	**2.1**	**2.2**	**2.3**	**2.4**	**2.5**	**2.6**	**Сума**
Максимум							
Перевірка							

Метал **X** при взаємодії з простою речовиною **Y** (газ за н.у.) утворює речовину **A**, яка є сильним окисником. При нагріванні **A** у вакуумі до 300°C утворюється речовина **B** та виділяється газ **Y**. При подальшому нагріванні до 550°C утворюється речовина **C** і також виділяється газ **Y**. При повільному додаванні **A** до холодної води виділяється газ **Y** та утворюється розчин речовин **D** і **E**; якщо утворений розчин нагріти, то почне виділятися газ **Y**, а у розчині залишиться тільки речовина **D**. При повільному додаванні **B** до холодної води утворюється тільки розчин речовин **D** і **E**. А при повільному додаванні **C** до води утворюється тільки розчин речовини **D**.

З 1 г **X** утворюється 1.82 г **A**, 1.41 г **B** та 1.205 г **C**, а на титрування розчину речовини **D**, отриманого з такої маси **X**, витрачається 25,64 мл 1М хлоридної кислоти.

8.2.1. Визначте речовини **X**, **Y**, **A**-**E**.

Оскільки **D** утворюється при взаємодії з водою і може бути відтитрований хлоридною кислотою, то скоріш за все це гідроксид. n хлоридної кислоти, яка витрачається на титрування:

n (HCl) = 0.02564 моль, тоді виразимо молярну масу **X**:

M(**X**) = n*1/0.02564, де n – валентність **X**

При n = 1, **X** – K

Знаючи що з 1 г K утворюється 1.82 г **A**, 1.41 г **B** та 1.205 г **C**, можемо виразити молярні маси цих речовин від кількості атомів калію в молекулі:

M(**A**) = 71*n, n = 1, **A** – KO_2

M(**B**) = 55*n, n = 2, **B** – K_2O_2

M(**C**) = 47*n, n = 2, **B** – K_2O

Тоді **Y** - O_2, **D** – KOH, **E** – H_2O_2

X – K	**Y** - O_2	**A** - KO_2	**B** - K_2O_2
C - K_2O	**D** - KOH	**E** - H_2O_2	

8.2.2. **Запишіть** рівняння реакцій, які описані в умові.

$K + O_2 = KO_2$
$2KO_2 \rightarrow K_2O_2 + O_2$
$2K_2O_2 \rightarrow 2K_2O + O_2$
$2KO_2 + 2H_2O = 2KOH + H_2O_2 + O_2$
$K_2O_2 + 2H_2O = 2KOH + H_2O_2$
$2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$
$K_2O + H_2O = 2KOH$
$KOH + HCl = KCl + H_2O$

Важливою в практичному застосуванні є реакція **A** з газом **F**, в результаті якої утворюється газ **Y** та тверда речовина **G**. На титрування розчину, отриманого розчиненням у воді 1 г **G**, витрачається 14,5 мл 1М хлоридної кислоти, при цьому виділяється 162 мл (за н.у.) газу **F**.

8.2.3. **Визначте** речовини **F**, **G**.

1 г **G** реагує з 0,0145 моль хлоридної кислоти, отже молярна маса **G** дорівнює:

M(F) = n*1/0.0145 = 69*n

При n = 2, **F** – K_2CO_3. Тоді **G** – CO_2

F - CO_2	**G** - K_2CO_3

8.2.4. <u>Яке</u> практичне застосування може мати реакція **A** з **F**?

Реакція KO_2 з CO_2 застосовується для отримання кисню з вуглекислого газу. Використовується у засобах хімзахисту для автономної генерації кисню та у багатьох системах життєзабезпечення (наприклад, в апаратах для глибоководного занурення). KO_2 також застосовується як резервне джерело кисню та поглинач вуглекислого газу на підводних човнах та субмаринах

Окрім **A**, **B** та **C**, відома ще речовина **H** з таким самим якісним складом. Один з методів її отримання – реакція **A** з **I** при низьких температурах, в результаті якої утворюється **H** та газ **Y**. З 1 г **A** утворюється 1,225 г **H**.

8.2.5. <u>Визначте</u> речовини **H**, **I** та напишіть реакцію її утворення.

Оскільки **H** має однаковий якісний склад з **A**, **B** та **C**, то складається з Калію і Оксигену. Знайдемо кількість речовини 1 г **A**: n = 1/71 = 0,01408 моль Тепер можемо виразити молярну масу **H**: M(H) = n*1.225/0.01408 = 87*n При n = 1, **H** – KO_3 Отже **I** - O_3	
H - KO_3	**I** - O_3
$KO_2 + O_3 = KO_3 + O_2$	

8.2.6. <u>Назвіть</u> речовини **A**-**C**, **H** та зобразіть структури Льюіса їх аніонів.

Речовина	Назва	Структура Льюіса
A	калій надпероксид	
B	калій пероксид	
C	калій оксид	
H	калій озонід	

Завдання 8.3. Заспокійлива (*Автор: Іваниця Микита*)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	**3.1**	**3.2**	**3.3**	**3.4**	**3.5**	**Сума**
Максимум						
Перевірка						

Сіль **A**, яка містить елемент Br, раніше широко застосовувалась як заспокійливий засіб, і внаслідок своєї розповсюдженості є стартовою сполукою для одержання інших сполук, що містять Br. Якщо до сухої солі **A** додати гарячу безводну H_2SO_4, відбувається виділення газу з неприємним запахом. а також речовини **B** бурого кольору - простої речовини елементу Br. Якщо ж замість сульфатної кислоти застосувати надлишок концентрованої H_3PO_4, то утворюється газоподібна кислота **C**. Як **B**, так і **C** взаємодіють з залізними ошурками, у випадку **B** - утворюється сіль **D**, у випадку **C** - **E**. **D** і **E** є солями з однаковим якісним, але різним кількісним складом, а також обидві солі реагують з аргентум(I) нітратом, утворюючи блідо-жовтий осад речовини **F**. Так, з 1 г **D** можна одержати 1,91 г **F**, а з 1 г **E** - 1,74 г **F**.

A взаємодіє з F_2 з утворенням кристалічної сполуки **G**, а саме за температури 90°C 10 г **A** поглинає 5 л F_2 при тиску 1 атм, при цьому сіль **G** є єдиним продуктом реакції. При нагріванні солі **G** у вакуумі залишається сухий залишок солі **H**, та леткої сполуки **I**. **I** також може взаємодіяти з фтором за підвищеної температури з утворенням сполуки **J**. **J** є надзвчайно сильним фторуючим агентом, який раніше застосовувався для одержання уран гексафториду. **J** бурхливо взаємодіє з водою з утворенням суміші двох кислот, **K** та **L**. Сіль кислоти **K** - речовину **M** - можна одержати, якщо за кімнатної температури розчиняти просту речовину **B** у розчині KOH, при цьому також утворюється сполука **A**. **M** хоча і виявляє окиснювальні властивості, проте, у випадку продування F_2 через розчин суміші **M** та KOH утворюється сполука **N**, яка містить Br у найвищому ступені окиснення. При цьому солі **M** та **N** мають однаковий якісний але різний кількісний склад.

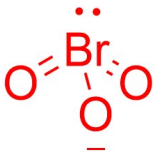
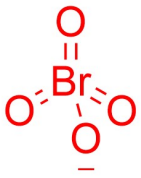
8.3.1. **Визначте** сполуки **A-N**, якщо Br є в усіх сполуках, окрім **H** та **L**, які містять один і той самий аніон, але не містять Br.

A – KBr	**B** - Br_2	**C** – HBr	**D** - $FeBr_3$	**E** - $FeBr_2$
F – AgBr	**G** - $KBrF_4$	**H** – KF	**I** - BrF_3	**J** - BrF_5
K - $HBrO_3$	**L** – HF	**M** - $KBrO_3$	**N** - $KBrO_4$	

8.3.2. **Запишіть** рівняння реакцій, згадані в умові задачі.

$2\ KBr + 3\ H_2SO_4 = Br_2 + 2\ SO_2 + 2\ KHSO_4 + H_2O$
$KBr + H_3PO_4 = HBr + KH_2PO_4$
$2\ Fe + 3\ Br_2 = 2\ FeBr_3$
$Fe + 2\ HBr = FeBr_2 + H_2$
$FeBr_3 + AgNO_3 = Fe(NO_3)_3 + 3\ AgBr$
$FeBr_2 + AgNO_3 = Fe(NO_3)_2 + 2\ AgBr$
$KBr + 2\ F_2 = KBrF_4$
$KBrF_4 = KF + BrF_3$
$BrF_3 + F_2 = BrF_5$
$2\ BrF_5 + 6\ H_2O = 2\ HBrO_3 + 10\ HF$
$3\ Br_2 + 6\ KOH = 5\ KBr + KBrO_3 + 3\ H_2O$
$KBrO_3 + F_2 + KOH = KBrO_4 + 2\ KF + H_2O$

8.3.3. Для сполук **G**, **I**, **J**, **M**, **N** **зобразіть** їх будову з урахуванням приблизних кутів між атомами на основі моделі Гіллеспі та **вкажіть** гібридизацію центральних атомів для кожної зі сполук.

G	**I**	**J**	**M**	**N**
				
sp^3d^2	sp^3d	sp^3d^2	sp^3	sp^3

8.3.4. **B** - проста речовина елементу Br, яка має унікальну фізичну властивість за н.у. як для простої речовини. **Що** це за властивість? **Який** інший елемент утворює просту речовину з даною властивістю за н. у.?

Властивість:	Інший елемент:
рідкий агрегатний стан за н. у.	Hg

8.3.5. **Чому** **I** та **J** не можна зберігати у скляній тарі? **Підтвердіть** рівнянням реакції для **J**.

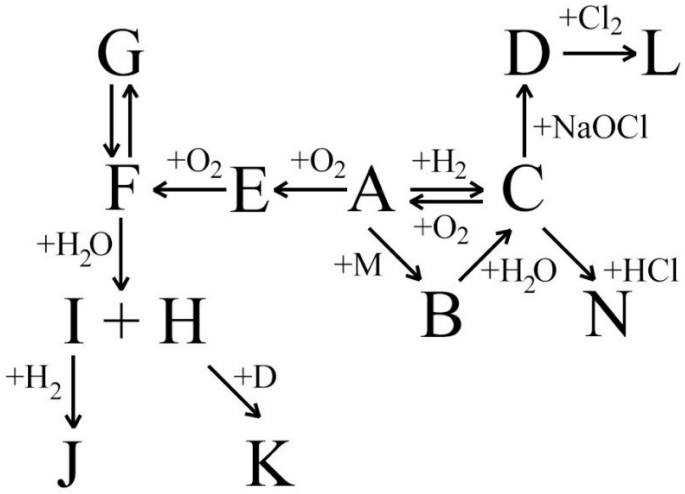
Хімічна взаємодія фторуючих агентів з матеріалом скла внаслідок високої спорідненості силіцію та флуору
Рівняння реакції: $4\ BrF_5 + 5\ SiO_2 = 5\ SiF_4 + 2\ Br_2 + 5\ O_2$

Завдання 8.4. Елемент – органоген (*Автор: Камалова Еліна*)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	**4.1**	**4.2**	**4.3**	**4.4**	**4.5**	**4.6**	**4.7**	**Сума**
Максимум								
Перевірка								

Життєво необхідний хімічний елемент **X**, що входить до складу білків, нуклеїнових кислот, АТФ та інших важливих органічних сполук, за стандартних умов утворює просту газоподібну сполуку **A**, яку в рідкому стані використовують для охолодження різних речовин або для зберігання зразків тканин та клітин. Сполука **A** за температури 800°C реагує з металом **M**, утворюючи бінарну сполуку **B**. Речовина **A** вступає в ряд інших перетворень, що наведені на схемі:



8.4.1 **Розшифруйте** невідомі сполуки **A**–**O**, елемент **X**, а також метал **M**, якщо відомо:

- при реакції 526,4 мл **A** з **M**, утворюється 2,371 г **B**;
- перетворення **E**→**F** відбувається за участю каталізатора;
- w(**X**) в **F** = 0,3045;
- реакція **F**→**G** є димеризацією;
- речовини **H** та **I** мають однаковий якісний склад;

- в реакцію утворення **L** вступає моногідрат сполуки **D**.
- Сполука **D** реагує з **H** з утворенням сполуки **K**.

Нехай F – оксид, тоді w(O) = 1 – 0,3045 = 0,6955 = $\frac{Мекв(O)}{Мекв(X)+Мекв(O)} = \frac{8}{Мекв(X)+8} \Rightarrow$

$M_{екв}(X)$ = 3,5 г/моль, звідси X – Нітроген, а сполука F – NO_2. Відповідно A – N_2.

$xN_2 + 6M \rightarrow 2M_3N_x$

$n(N_2) = 0,5264/22,4 = 0,0235$ моль

$n(M_3N_x) = \frac{2,371}{14,01x + 3 \cdot M(M)} = \frac{0,0235 \cdot 2}{x}$,

x	1	2	3	4	5	6	7
M(M), г/моль	12,14	24,29	36,44	48,58	60,73	72,87	85,02
Метал M	–	Mg	–	–	–	–	–

Отже, метал M – Магній, сполука B – Mg_3N_2.

A - N_2	**B** - Mg_3N_2	**C** - NH_3	**D** - N_2H_4	**E** - NO
F - NO_2	**G** - N_2O_4	**H** - HNO_2	**I** - HNO_3	**J** - NH_2OH
K - HN_3	**L** - N_2H_5Cl	**N** - NH_4Cl	**X** - N	**M** - Mg

8.4.2 <u>Запишіть</u> рівняння всіх реакцій, наведених на схемі.

A → B	$3Mg + N_2 \rightarrow Mg_3N_2$
B → C	$Mg_3N_2 + 6H_2O \rightarrow 3Mg(OH)_2 + 2NH_3$
A → C	$N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$
C → D	$2NH_3 + NaOCl \rightarrow N_2H_4 + NaCl + H_2O$
D → L	$5(N_2H_4 \cdot H_2O) + 2Cl_2 \rightarrow 4N_2H_5Cl + N_2 + 5H_2O$
C → A	$4NH_3 + 3O_2 \rightarrow 2N_2 + 6H_2O$
A → E	$N_2 + O_2 \rightarrow 2NO$
E → F	$2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$
F → G	$2NO_2 \rightarrow N_2O_4$
F→ H + I	$2NO_2 + H_2O \rightarrow HNO_2 + HNO_3$
H → K	$5N_2H_2 + 2HNO_2 \rightarrow 4HN_3 + 4H_2O$
I → J	$HNO_3 + 3H_2 \rightarrow NH_2OH + 2H_2O$
C → N	$NH_3 + HCl \rightarrow NH_4Cl$

8.4.3. Намалюйте структурні формули **C**, **E**, **F**, **вкажіть** їхню просторову будову.

C	E	F
тригональна піраміда	лінійна	кутова

8.4.4. Поясніть, чому сполука **F** схильна до димеризації.

Молекула містить неспарений електрон, тому здатна димеризуватися, утворюючи спільну електронну пару зв'язку N-N.

8.4.5 Назвіть тип гібридизації атома **X** в речовинах **D**, **H**, **I**, **J**, валентність **X** та його ступінь окиснення.

Речовина	D	H	I	J
Тип гібридизації	sp^3	sp^2	sp^2	sp^3
Валентність	III	III	IV	III
Ступінь окиснення	-2	+3	+5	-1

8.4.6 Розташуйте сполуки **C**, **D**, **J** у порядку зменшення їхньої основності. Відповідь **поясніть**.

NH_3, N_2H_4, NH_2OH

Від гідроксиламіну до амоніаку збільшується локалізація електронної густини на атомі Нітрогену.

8.4.7 Розташуйте сполуки **A**, **E**, **B** в порядку збільшення ступеня йонності зв’язку.

N_2, NO, Mg_3N_2

Завдання 8.5. Вторинна періодичність, або між Місяцем і Землею (*Автор: Друженко Тетяна*)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	**5.1**	**5.2**	**5.3**	**5.4**	**5.5**	**5.6**	**5.7**	**5.8**	**5.9**	**5.10**	**5.11**	**Сума**
Максимум												
Перевірка												

Вторинна періодичність – немонотонна, а радше періодична зміна деяких властивостей елементів у межах підгрупи Періодичної Системи. Яскравим прикладом

вторинної періодичності є (не)стабільність вищого ступеня окиснення елементів **A**, **B**, **C** та **D**. Гідрид елемента **A** є найпоширенішою рідиною на Землі, леткий гідрид елемента **B** має запах зіпсованих яєць і є причиною відсутності багатоклітинних форм життя в глибинах Чорного моря. Елемент **C** названо на честь Місяця, а елемент **D** – на честь Землі.

8.5.1. **Визначте** елементи **A**, **B**, **C** та **D**.

A – O	**B** - S	**C** - Se	**D** - Te

8.5.2. **Наведіть** вищий ступінь окиснення для елемента **A** та приклад сполуки, в якій елемент **A** проявляє вказаний Вами ступінь окиснення.

O +2	OF_2

8.5.3. **Чому** елемент **A**, на відміну від своїх сусідів по підгрупі, не буває чотирьох- або шестивалентним?

Перехід атома Оксигену у збуджений стан є енергетично невигідним. 2d-орбіталь не існує, а 3s-орбіталь зависока за енергією.

8.5.4. **Наведіть** вищий ступінь окиснення для елементів **B**, **C**, **D**.

S, Se, Te +6

Елементу **B** відповідає вищий оксид **E**, котрий реагує з водою з утворенням сильної кислоти **X**.

8.5.5. **Запишіть** реакцію **E** з водою.

$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$

Розчин оксиду **E** у кислоті **X** називають олеумом.

8.5.6. **Розрахуйте** склад олеуму, приготованого змішуванням 80 г оксиду **E** та 9.0 мл води.

Для приготування олеуму взято 1.0 моль SO_3 та 0.5 моль води. Утворюється 0.5 моль (49 г) H_2SO_4, залишається 0.5 моль (40 г) SO_3. Маса олеуму – 89 г.

w(**E**) = 45%	w(**X**) = 55%

Сполука **X** у розведених розчинах поводить себе як кислота-неокисник, а в концентрованих – як кислота-окисник.

8.5.7. <u>Напишіть</u> рівняння реакції цинку з *розведеною* кислотою **X**.

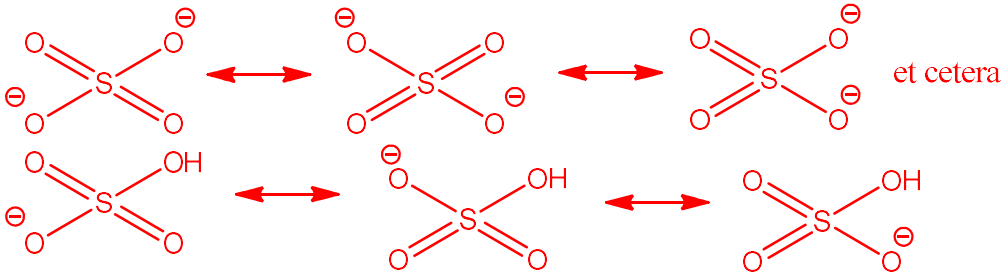
$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$

8.5.8. <u>Складіть</u> рівняння реакції цинку з *концентрованою* кислотою **X**.

$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2S + H_2O$

Зараховуються реакції з утворенням SO_2 або сірки.

8.5.9. <u>Зобразивши</u> резонансні структури для однозарядного та двозарядного аніонів кислоти **X**, **<u>поясніть</u>**, чому зі збільшенням концентрації кислоти **X** значно зростає її окисна здатність.



Сульфат-аніон, присутній у розведених розчинах, значно стабілізований за рахунок делокалізації негативного заряду. Натомість у концентрованій кислоті присутні гідрогенсульфат-аніон та недисоційована молекула H_2SO_4. У випадку гідрогенсульфат-аніона резонансна стабілізація менша, а у випадку недисоційованої сульфатної кислоти – відсутня.

Елементу **C** відповідає вищий оксид **F**, який реагує з водою з утворенням сильної кислоти-окисника **Y**, яка розчиняє навіть золото.

8.5.10. <u>Запишіть</u> рівняння розчинення золота у кислоті **Y**, якщо продукт реакції є сполукою Au(III).

$2\ Au + 6\ H_2SeO_4 \rightarrow Au_2(SeO_4)_3 + 3\ SeO_2 + 6\ H_2O$ або
$2\ Au + 7\ H_2SeO_4 \rightarrow 2\ H[Au(SeO_4)_2] + 3\ SeO_2 + 6\ H_2O$ або відповідна реакція з утворенням H_2SeO_3.

Утворення продуктів, які реагують з конц. H_2SeO_4 (H_2Se, Se), оцінюється половиною балів.

Елементу **D** відповідає вищий оксид **G**, який реагує з водою з утворенням слабкої кислоти-неокисника **Z**. Унаслідок зростання радіуса елементів по групі елемент **D** має координаційне число 6, а брутто-формулу кислоти **Z** можна представити у вигляді формули гідроксиду.

8.5.11. <u>Запишіть</u> рівняння реакції оксиду **G** з водою.

$TeO_3 + 2\ H_2O = Te(OH)_6$

Завдання 8.6. Breaking bad» та сучасні хлопавки… (*Автор: Копа Іван*)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	**6.1**	**6.2**	**6.3**	**6.4**	**6.5**	**Сума**
Максимум						
Перевірка						



У культовій сцені з телесеріалу «Breaking bad» головний герой використовує певну речовину **А**, аби створити епічний вибух. Насправді ця серія допускає певну творчу свободу, де «прикрашають» як зовнішній вигляд сполуки **А**, так й рівень стійкості та її вибуховості в наведених кількостях.

Незважаючи на це, речовина **А** є дійсно надзвичайно небезпечною сполукою, яка відіграла драматичну роль в історії, особливо у розробці першої вогнепальної зброї. Відомо, що до складу речовини **А** входять 4 елементи: 70,48% металу **Х**, 9,84% Нітрогену, 8,43% Карбону, решта – Оксиген. Відомо також, що метал **Х** є дуже отруйним для живих організмів.

8.6.1. За наведеними даними **визначте** формулу **А** та невідомий метал **Х**. За отриманою формулою та описаними властивостями **наведіть** тривіальну назву сполуки **А**.

Склад сполуки **А**:
n(N) : n(C) : n (O) = (9,84 / Ar(N)) : (8,43 / Ar(C)) : (11,25 / Ar(O)) = 0,703 : 0,703 : 0,703 = 1 : 1 : 1
З цих молярних співвідношень зрозуміло, що **А** містить фрагмент (CNO).
Кількість металу **Х** в 100 г **А** становить 70,48 г. Припустимо, що один моль **А** містить один моль **Х** і n кількість азоту, молярна маса **Х** становить

$$M_X = \frac{70{,}48 \cdot n}{0{,}703} = 100{,}25 \cdot n$$

При n = 2, M_X = 200,5 г/моль – це ртуть Hg (дуже отруйний метал)

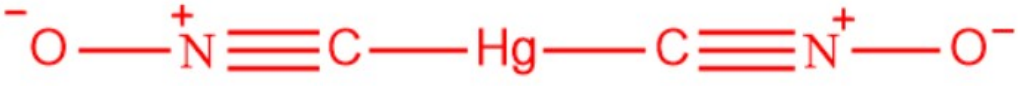
Формула А – $Hg(CNO)_2$ – гремуча ртуть

Формула **А**: $Hg(CNO)_2$	Метал **Х**: ртуть Hg	Назва **А**: гремуча ртуть

Сполуку **А** можна описати як металоорганічну, тобто вона має метал-карбоновий зв’язок. Дослідження структури **А** вказує на наявність потрійного зв'язку у речовині.

8.6.2 **Запропонуйте** структуру **А** з наведених даних. **Вкажіть** ступені окиснення всіх атомів, електронну конфігурацію металу **Х** та кількість його неспарених електронів.

Структура **А** наведена нижче:



Ступені окиснення:	**Х** - +2	C - +3	N - -3	O - -2

Конфігурація металу **X** у сполуці:	Кількість неспарених електронів:
$[Xe]5d^{10}$	немає

Речовина **A** є настільки чутливою, що навіть легкий дотик або вібрація можуть спровокувати вибух, що спричинило багато нещасних випадків на початку його використання. Під час розкладання 10 г **A** у стехіометричній кількості повітря у спеціальній посудині утворюється 7,61 г червоного порошку **B** та 3,93 л суміш газів **C** й **D** за н.у. При пропусканні цієї суміші через розчин NaOH, об'єм газів зменшується до 2,36 л. **Вважайте**, що повітря складається з 80 % газу **D**, а залишок – кисень.

8.6.3 Визначте невідомі сполуки **B-D**, якщо газ **D** – найбільш поширений у повітрі. **Підтвердіть** відповідь розрахунками. **Напишіть** рівняння реакції розкладу сполуки **A**.

Кількість моль 10 г $Hg(CNO)_2$ становить 0,0351 моль, отже молярна маса **B** (за умови однакових коефіцієнтів перед **A** та **B**) становитеме: 7,61/0,0351 – 216,8 г/моль – це HgO (червона тверда речовина).
Газ **D** – N_2 (найбільш поширений газ в атмосфері), тоді **C** – CO_2 (бо може поглинатися розчином лугу.)
Об'єм N_2 становить 2,36 л (0,79 л (0,0352 моль) виділяється в результаті розкладу **A**, а 1,57 л було у складі повітря спочатку), а об'єм CO_2: 3,93-2,36 = 1,57 л (0,0701 моль).

Отже у реакції кількості речовин **B**, **C** та **D** відносяться як 1 : 2 : 1 відповідно.

Рівняння розкладу **A** на повітрі: $2Hg(CNO)_2 + O_2 = 2HgO + 2N_2 + 2CO_2$

B - HgO	**C** - CO_2	**D** - N_2

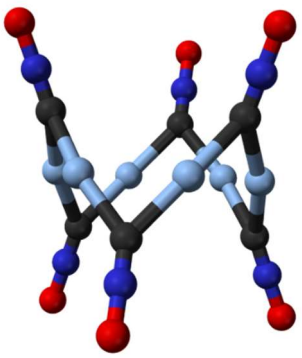
8.6.4. Визначте середню молярну масу газової суміші, що утворюється під час розкладу 10 г сполуки **A**.

Об'єм N_2 становить 2,36 л, а об'єм CO_2 - 1,57 л. Об'ємні частки складають 60% та 40% відповідно. Отже середня молярна маса суміші становить:

$$M_{ср} = \varphi_{N2}M_{N2} + \varphi_{CO2}M_{CO2} = 34{,}3 \text{ г/моль}$$



Наприкінці 19 століття аналог сполуки **A** (речовина **E**) став ключовим інгредієнтом «party poppers» - маленьких іграшок, схожих на петарди, популярних і сьогодні. Ці нешкідливі на вигляд новинки складаються з невеликої кількості сполуки **E**, змішаної з піском або гравієм, загорнутої в папір. Коли **E** кидають об тверду поверхню - він детонує з різким тріском - кумедна та безпечна демонстрація вибухових властивостей у дуже малих кількостях.



Праворуч наведена струтура речовини **E** у вигляді гексамеру (сполуки, що складається з 6-ти однакових фрагментів). Відомо, що якісний склад **E** відрізняється від **A** тільки металом **Y**, а усі інші елементи в них однакові. Молярна маса гексамеру **E** складає 900 г/моль.

8.6.5. **Порахуйте** кількості усіх атомів у структурі та **наведіть** найпростішу формулу фрагменту речовини **E**. Визначте невідомий метал **Y**.

За наведеною структурою гексамер E складається з 6-ти фрагментів **Y**(CNO). Молярна маса одного фрагменту складає 150 г/моль, отже атомна маса металу **Y** складає: 150 - (12+16+14) = 107 г/моль – це срібло Ag.

Формула сполуки **E**: Ag(CNO)	Метал **Y**: Арґентум Ag

Експериментальний тур

Задача 1. Якісне визначення неорганічних речовин.

Якісний аналіз неорганічних речовин без застосування додаткових реагентів.

Обладнання на робочому місці

1. Штатив для пробірок пластиковий на 10 пробірок – 2 шт.
2. Пробірка скляна – 15 шт.

Реактиви на робочому місці

1. $Zn(NO_3)_2$ (розчин) – 15 мл
2. $Pb(NO_3)_2$ (розчин) – 15 мл
3. NaOH (розчин) – 15 мл
4. $AgNO_3$ (розчин) – 15 мл
5. Na_3PO_4 (розчин) – 15 мл
6. $Ba(NO_3)_2$ (розчин) – 15 мл
7. KI (розчин) – 15 мл

1. У 7 пронумерованих віалах містяться водні розчини наступних речовин: $Zn(NO_3)_2$, $Pb(NO_3)_2$, NaOH, Na_3PO_4, $AgNO_3$, $Ba(NO_3)_2$, KI з концентрацією 0,1 моль/л. Заповніть таблицю, вказавши зовнішні ознаки реакцій, що мають відбуватися при їх змішуванні. Враховуйте, що перебіг деяких реакцій залежить від порядку додавання реагентів. Використовуйте наступні позначення:

–	Немає видимих змін
↓	Випадає осад (вкажіть колір)
○	Розчиняється осад

	$Zn(NO_3)_2$	$Pb(NO_3)_2$	NaOH	Na_3PO_4	$AgNO_3$	$Ba(NO_3)_2$	KI
$Zn(NO_3)_2$		–	↓білий ○	↓білий	–	–	–
$Pb(NO_3)_2$	–		↓білий	↓білий	–	–	↓жовтий

NaOH	↓білий ○	↓білий		–	↓коричн.	–	–
Na_3PO_4	↓білий	↓білий	–		↓жовтий	↓білий	–
$AgNO_3$	–	–	↓коричн.	↓жовтий		–	↓світло-жовтий
$Ba(NO_3)_2$	–	–	–	↓білий	–		–
KI	–	↓жовтий	–	–	↓світло-жовтий	–	

2. Не використовуючи інших реактивів, визначте, де знаходиться кожна речовина. Проведіть відповідні досліди шляхом попарного зливання розчинів (~1 мл кожного). Звертайте увагу на порядок додавання реагентів. Запишіть спостереження (номер в таблиці відповідає номеру віали). **Запишіть ваш варіант в поле на початку задачі**.

	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							

3. Співвіднесіть номери віал з реагентами в них та запишіть рівняння реакцій, що привели до визначення речовини:

Речовина	Віала	Рівняння реакції(й)
$Zn(NO_3)_2$	**4**	$Zn(NO_3)_2 + 2NaOH \rightarrow Zn(OH)_2\downarrow + 2NaNO_3$ $Zn(OH)_2 + 2NaOH \rightarrow Na_2[Zn(OH)_4]$

		$3Zn(NO_3)_2 + 2Na_3PO_4 \rightarrow Zn_3(PO_4)_2\downarrow + 6NaNO_3$
$Pb(NO_3)_2$	**1**	$Pb(NO_3)_2 + 2KI \rightarrow PbI_2\downarrow + 2KNO_3$ $Pb(NO_3)_2 + 2NaOH \rightarrow Pb(OH)_2\downarrow + 2NaNO_3$ $3Pb(NO_3)_2 + 2Na_3PO_4 \rightarrow Pb_3(PO_4)_2\downarrow + 6NaNO_3$
NaOH	**7**	$Zn(NO_3)_2 + 2NaOH \rightarrow Zn(OH)_2\downarrow + 2NaNO_3$ $Pb(NO_3)_2 + 2NaOH \rightarrow Pb(OH)_2 + 2NaNO_3$ $2NaOH + 2AgNO_3 \rightarrow Ag_2O\downarrow + 2NaNO_3 + H_2O$
Na_3PO_4	**5**	$3Zn(NO_3)_2 + 2Na_3PO_4 \rightarrow Zn_3(PO_4)_2\downarrow + 6NaNO_3$ $3Pb(NO_3)_2 + 2Na_3PO_4 \rightarrow Pb_3(PO_4)_2\downarrow + 6NaNO_3$ $3AgNO_3 + Na_3PO_4 \rightarrow Ag_3PO_4\downarrow + 3NaNO_3$
$AgNO_3$	**3**	$3AgNO_3 + Na_3PO_4 \rightarrow Ag_3PO_4\downarrow + 3NaNO_3$ $2NaOH + 2AgNO_3 \rightarrow Ag_2O\downarrow + 2NaNO_3 + H_2O$ $AgNO_3 + KI \rightarrow AgI\downarrow + KNO_3$
$Ba(NO_3)_2$	**2**	$3Ba(NO_3)_2 + 2Na_3PO_4 \rightarrow Ba_3(PO_4)_2\downarrow + 6NaNO_3$
KI	**6**	$Pb(NO_3)_2 + 2KI \rightarrow PbI_2\downarrow + 2KNO_3$ $AgNO_3 + KI \rightarrow AgI\downarrow + KNO_3$

Задача 2. Визначення концентрації розчину гідроксиду натрію

Титриметрія – один з найуживаніших методів кількісного аналізу, точніше, був таким десь років 20 тому… Але оскільки титрувати ви будете майже на кожній олімпіаді, то чому б не почати прямо зараз?

Обладнання на робочому місці

1. Бюретка на 25 мл, закріплена у штативі – 1 од.
2. Колба для титрування на 250 мл (конічна) – 3 од.
3. Піпетка Мора на 10,0 мл – 1 од.
4. Стакан на 100 мл – 1 од.
5. Воронка – 1 од.
6. Гумова груша для піпеток – 1 од.
7. Промивалка з дистильованою водою – 1 од.
8. Піпетка Пастера пластикова – 1 од.

Реактиви на робочому місці

1. Зразок 10,0 мл **вихідного** розчину гідроксиду натрію у мірній колбі на 100 мл
2. HCl розчин (~0,05 М, точна концентрація вказана окремо) – 100 мл
3. Розчин індикатора (Тимолфталеїн) – 5 мл

Хід роботи

У мірній колбі вже знаходиться 10,0 мл розчину гідроксиду натрію. **Запишіть ваш варіант в поле на початку задачі**.

1. Тримайте мірну колбу таким чином, щоб мітка знаходилась на рівні очей. Доведіть рівень рідини у колбі дистильованою водою до мітки. Нижня межа меніска має співпасти з відміткою на колбі.
2. Закрийте колбу корком та ретельно перемішайте. Для цього повільно переверніть її догори дном та поверніть у вихідне положення. Повторіть процедуру 10–15 разів.
3. Вилийте з бюретки дистильовану воду, промийте її розчином HCl (не більше 20 мл) та заповніть бюретку цим розчином за допомогою воронки. Носик бюретки не повинен містити пухирців повітря. Для зливу використовуйте стаканчик на 100 мл.
4. Доведіть рівень розчину HCl в бюретці до позначки «0»: поступово випускайте розчин доки нижня межа меніску не співпаде з нульовою відміткою бюретки. Рівень рідини має знаходитись на рівні очей. Зніміть воронку.
5. У конічну колбу піпеткою Мора відберіть аліквоту 10,0 мл досліджуваного розчину, додайте 1-2 краплі індикатора за допомогою піпетки Пастера (за потреби змийте краплі зі стінок конічної колби дистильованою водою).
6. Постійно перемішуючи вміст колби, повільно титруйте розчином HCl до повного знебарвлення розчину.
7. Запишіть у таблицю об'єм HCl, що витратився на титрування.
8. Кроки 4–7 повторіть необхідну кількість разів.

Примітка: Значення об'єму розчину HCl, прийняте для розрахунку, може бути отримано усередненням даних декількох титрувань (з відкиданням недостовірних значень) або одержане в одиничному досліді, який, на Вашу думку, виконаний найточніше.

Номер титрування	**$V_{аліквоти}$, мл**	**C(HCl), моль/л**	**V(HCl), мл**	**$V_{прийняте\ для\ розрахунків}$ (HCl), мл**
1	**10,0**	**0,05**	**11,6**	**11,6**
2			**11,5**	
3			**11,7**	
4			**11,6**	

7. Запишіть рівняння реакції, яка відбувається при титруванні.

$NaOH + HCl \rightarrow NaCl + H_2O$

8. Розрахуйте концентрацію гідроксиду натрію у **вихідному** розчині та запишіть її у форматі **X,XX·10^{XX}** моль/л.

C(NaOH), моль/л = $5{,}80 \cdot 10^{-1}$ моль/л

Місце для розрахунків

9 клас

Завдання 1. Valhalla, I am coming (*Автор: Омелянчук Владислав*)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	1.1	1.2	1.3	1.4	Сума
Розбаловка					
Перевірка					



Елемент **X** знаходить своє широке застосування в авіаційній промисловості та на атомних електростанціях. Основним його джерелом, як і джерелом іншого елементу **Y,** є мінерали класу монацитів.

Одного разу до рук дослідника потрапив один екземпляр ***штучного*** мінералу класу монацитів і йому закортіло виділити з нього чистий метал. Наважка мінералу не змінює масу при нагріванні.

Взявши наважку ***штучного монациту*** масою 123,74 грама, її розчинили у сульфатній кислоті. При пропусканні через даний розчин малої кількості амоніаку, утворився осад гідроксисульфату, який відфільтрували. Зібраний фільтрат вступає у реакцію з молібденовою рідиною з утворенням дрібних жовтих кристалів.

Далі осад, що утворився після пропускання амоніаку, обробили концентрованим розчином гідроксиду натрію. Отриманий осад відфільтрували та термічно розклали до оксиду елементу **X**. Далі чистий метал **X** було отримано реакцією оксиду **X** з кальцієм.

Період напіврозпаду ізотопу **X**, що знаходиться у ***штучному монациті***, становить 1,9 роки. При чому мольна частка радіоактивного ізотопу складає 25%, усі інші ізотопи є стабільними. У складі даного штучного мінералу **X** – лише один катіон та має заряд 4+.

9.1.1. **Визначте** склад цього ***штучного*** мінералу, якщо його активність – 6×10^{14}Бк.

Реакція з молібденовою водою є якісною на ортофосфат – аніон.

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} = 1.157 \times 10^{-8} c^{-1}$$

$$A = \lambda N = \lambda \nu N_A$$

$$\nu = \frac{A}{\lambda N_A} = 0.086\ mol$$

$$\nu(X) = \frac{0.086}{0.25} = 0{,}344\ mol$$

$$X_3(PO_4)_4$$

$$\nu(\text{мінерала}) = \frac{\nu(X)}{3} = 0.115\ mol$$

$$M(\text{мінерала}) = \frac{122}{0{,}115} = 1076\ \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

$$M(X) = \frac{1076 - (31 + 64) \times 4}{3} = 232$$

$$Th_3(PO_4)_4$$

X = $Th_3(PO_4)_4$

9.1.2. **Напишіть** усі згадані рівняння реакцій та схему отримання елементу **X**.

1. $Th_3(PO_4)_4 + 6H_2SO_4 \rightarrow 3Th(SO_4)_2 + 4H_3PO_4$
2. $Th(SO_4)_2 + 2NH_4OH \rightarrow Th(OH)_2(SO_4)\downarrow + (NH_4)_2SO_4$
3. $Th(OH)_2(SO_4) + 2NaOH \rightarrow Th(OH)_4\downarrow + Na_2SO_4$
4. $Th(OH)_4 \rightarrow ThO_2 + 2H_2O$
5. $ThO_2 + 2Ca \rightarrow Th + 2CaO$
6. $Th_3(PO_4)_4 \rightarrow Th(OH)_2(SO_4) \rightarrow Th(OH)_4 \rightarrow ThO_2 \rightarrow Th$

9.1.3. **Навіщо** при обробці природнього мінералу спочатку використовують нестачу амоніаку, а потім концентрований розчин натрій гідроксиду?

Часто домішками є катіони рідкоземельних металів, гідроксиди яких також нерозчинні, а основні солі основних домішок є розчинними.

Дослідники вирішили визначити вміст елемента **Y** у природньому монациті, що містить катіони лише **X** та **Y**. Взявши таку саму наважку мінералу, вони визначили масу металу **X** в наважці – 65,656 г. Катіон **Y** має заряд 3+, а мольне співвідношення **X/Y** = 3/1.

9.1.4. **Визначте** елемент **Y** та формулу мінералу (використовуйте цілочисельні значення індексів у формулі).

$Th_3Y(PO_4)_5$

$$\nu(Th) = 0.283\ mol$$

$$M(Y) = \frac{m(\text{мінералу}) - m(Th) - M(PO_4^{3-}) \times 32 \times \nu(Th)}{\nu(Th) \times 0,(3)}$$

$$M(Y) = 140\frac{g}{mol}$$

$Y - Ce$

9.1.5. **Вкажіть** заповнення зовнішнього електронного рівня елементів **X** та **Y**.

$4f^1\ 5d^1\ 6s^2$

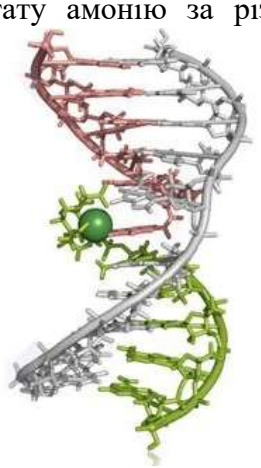
Завдання 2. Комплексоутворення з ДНК (*Автор: Камалова Еліна*)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	Сума
Розбаловка	1,5	1,5	2,6	2	2,4	10
Перевірка						

Алюміній є відомим нейротоксичним агентом. Його вплив на живі організми може бути пов'язаний зі зв'язуванням його йонів з молекулою ДНК.

Для дослідження термодинаміки цього процесу наважки кристалогідрату складу $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ були розчинені в 0,1М буферному розчині ацетату амонію за різних значеннях pH. Дані розчини використовувались в якості титранту в подальшому калориметричному титруванні 300 мкМ розчину ДНК для визначення термодинаміки формування такого комплексу.



Таким чином було визначено стандартні зміни ентальпії Δ_bH^0 та константи K_r реакції зв'язування при 25°C:

pH	K_r (M^{-2})	Δ_rH^0 (кДж/моль)
3,5	$0,60 \cdot 10^7$	79,13
4,2	$1,43 \cdot 10^7$	206,4
4,5	$1,63 \cdot 10^7$	136,1
5,5	$0,43 \cdot 10^7$	142,8

9.2.1. **Розрахуйте** Δ_rS^0 при pH = 3,5.

$\Delta_rG^0 = -RT\ln K_r = \Delta_rH^0 - T\Delta_rS^0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow \mathbf{\Delta_rS^0} = \frac{RT\ln Kr + \Delta rH^0}{T} = \frac{8,314 \cdot 298,15 \cdot \ln(0,60 \cdot 10^7) + 79,13 \cdot 10^3}{298,15} = \mathbf{395,2\ Дж \cdot моль^{-1} \cdot K^{-1}}$$

9.2.2. Приймаючи, що Δ_rH^0 не залежить від температури, **визначте** константу K_r при pH = 4,5 та температурі 37°C.

$$ln\frac{K_2}{K_1} = \frac{\Delta rH^0}{R}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right) \Rightarrow K_2 = 1,36 \cdot 10^8$$

В наступному експерименті змішали 250 мкл 42,5 мкМ розчину $Al_2(SO_4)_3$ та 1,43 мл 300 мкМ розчину ДНК з pH = 4,5 при 25°C.

Схему реакції їхньої взаємодії можна записати наступним чином:

$$2Al^{3+} + ДНК \rightarrow Al_2\text{-ДНК}.$$

9.2.3. **Обчисліть вихід** комплексу Al_2-ДНК після встановлення рівноваги.

Перерахуємо молярні концентрації на новий об'єм:

$C_0(Al^{3+}) = 42,5\cdot10^{-6}\cdot0,25\cdot 2/(1,43 + 0,25) = 1,26\cdot10^{-5}$ М
$C_0(ДНК) = 300\cdot10^{-6}\cdot1,43/(1,43 + 0,25) = 2,55\cdot10^{-4}$ М

	$2Al^{3+}$ +	ДНК →	Al_2-ДНК
C_0, М	$1,26\cdot10^{-5}$	$2,55\cdot10^{-4}$	0
[ ], М	$1,26\cdot10^{-5} - 2x$	$2,55\cdot10^{-4} - x$	x

$\frac{x}{(1,26\cdot10^{-5}-2x)^2(2,55\cdot10^{-4}-x)} = 1,63\cdot10^7$, x = $5,49\cdot10^{-7}$ М, вихід = $\frac{5,49\cdot10^{-7}\cdot2}{1,26\cdot10^{-5}} = 0,087$ (8,7%)

9.2.4. **Розрахуйте** Kχ для попереднього пункту.

$n_{заг} = (1,26\cdot10^{-5} + 2,55\cdot10^{-4})\cdot(1,43+0,25)\cdot10^{-3} = 4,50\cdot10^{-7}$ моль
$n(Al^{3+}) = 1,15\cdot10^{-5}\cdot(1,43+0,25)\cdot10^{-3} = 1,93\cdot10^{-8}$ моль
$n(ДНК) = 2,54\cdot10^{-4}\cdot(1,43+0,25)\cdot10^{-3} = 4,27\cdot10^{-7}$ моль
$n(Al_2\text{-ДНК}) = 5,49\cdot10^{-7}\cdot(1,43+0,25)\cdot10^{-3} = 9,22\cdot10^{-10}$ моль
$\chi(Al^{3+}) = \frac{1,93\cdot10^{-8}}{4,50\cdot10^{-7}} = 0,0429$
$\chi(ДНК) = \frac{4,27\cdot10^{-7}}{4,50\cdot10^{-7}} = 0,949$
$\chi(Al_2\text{-ДНК}) = 1 - 0,0429 - 0,949 = 0,0081$
$K\chi = \frac{0,0081}{0,949(0,0429)^2} = 4,64$

9.2.5. **Дайте відповіді Так/Ні** на поставлені запитання.

Дана реакція комплексоутворення заснована на взаємодії катіону металу з азотистими основами молекули ДНК.	**Так**
З даних в таблиці, найбільш ефективне зв'язування спостерігатиметься при pH = 4,2.	**Ні**
В залежності від умов, стехіометрія даного процесу може змінюватись.	**Так**
Проведення експерименту при нижчих температурах збільшує вихід реакції.	**Ні**
Катіони інших d-металів не заважають проведенню даного експерименту.	**Ні**
В лужному середовищі експеримент буде проходити гірше.	**Так**

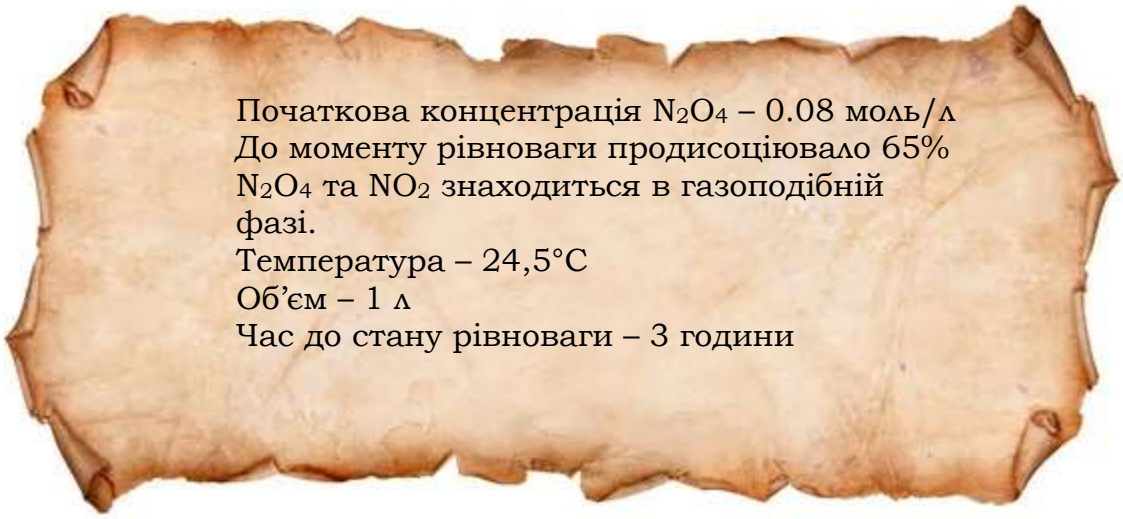
Завдання 3. Мандрівник у часі. Welcome to Hell!

(*Автор: Омелянчук Владислав*)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	Сума
Розбаловка							
Перевірка							

Мандрівник у часі, який зазнав аварію у Парижі у 1389 році, зустрів Ніколя Фламеля, потужного алхіміка свого часу. Йому вдалося втекти від Ніколя за допомогою своїх сучасних знань з хімії. Навіть справившись з ремонтом машини часу, він зазнали краху у… пеклі! Побачивши навколо демонів та чортів, він сховався в своєму кораблі. Заспокоївшись, його дослідницька натура перемогла, і він побачив на підлозі записник з попередніми дослідами



9.3.1. **Напишіть** рівняння даної реакції та розрахуйте парціальні тиски компонентів суміші у стані рівноваги та її константу рівноваги (у атм).

$$N_2O_4 \rightarrow 2NO_2$$
$$[NO2] = 0.08 \times 0.65 \times 2 = 0.104M$$
$$[N2O4] = 0.08 \times 0.35 = 0.028M$$
$$p = C \times R \times T$$
$$p(NO2) = 0.104 \times 8.314 \times 297.5 = 257.24\ kPa$$
$$p(N2O4) = 0.028 \times 8.314 \times 297.5 = 69.26\ kPa$$
$$Kp = \frac{p[NO2]^2}{p[N2O4]} = \frac{2{,}539 \times 2{,}539}{0{,}684} = 9{,}43\ \text{атм}$$

Згадавши ентальпію утворення N_2O_4 (9,2 кДж/моль) та NO_2 (33,2 кДж/моль), він вирішив розрахувати термодинамічні потенціали даної реакції.

9.3.2. **Розрахуйте** ентальпію, ентропію та вільну енергію Гіббса даної реакції.

$$\Delta H = 2 \times 33.2 - 9.2 = 57.2 \frac{kJ}{mol}$$
$$\Delta G = -RTlnK$$
$$\Delta G = -8.314 \times 297.5 \times \ln 9{,}43 = -5{,}55 \frac{kJ}{mol}$$
$$\Delta S = -\frac{\Delta G - \Delta H}{T} = 0.211 \frac{kJ}{K \times mol}$$

Завершивши розрахунки, перед ним з'явився дивний чоловік і назвався… Мефістофелем. Він запропонував будь – яку допомогу цілком безкорисно. Він вирішив повторити дослід у пеклі, попросивши термометр та барометр. Єдиною умовою Мефістофеля була не проводити тут хімічні реакції.
Отримавши дані температури (напрочуд тиск такий самий як і на Землі), він взявся за перерахунок всіх отриманих даних.



9.3.3. **Розрахуйте** очікувану вільну енергію Гіббса, ентальпія та ентропію даної реакції у пеклі (T = 1250°C, $\Delta_r C_p = 2.88 \frac{J}{K \times mol}$)

Примітка!

$$\Delta H(T_2) = \Delta H(T_1) + \Delta_r C_p \times \Delta T$$

$$\Delta H(1523) = \Delta H(297.5) + \Delta_r C_p \times \Delta T$$
$$\Delta H(1523) = 57.2 + (2.88 \times 10^{-3}) \times 1225.5 = 60.73 \frac{kJ}{mol}$$
$$\Delta S(1523) = \Delta S(297.5) + \Delta_r C_p \times \ln \frac{1523}{297.5}$$
$$\Delta S(1523) = 0.216 \frac{kJ}{K \times mol}$$
$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S = -268.24 \frac{kJ}{mol}$$

$$\Delta S(T_2) = \Delta S(T_1) + \Delta_r C_p \times \ln \frac{T_2}{T_1}$$

9.3.4. **У скільки разів** зміниться константа рівноваги?

$$Kp = e^{-\frac{\Delta G}{RT}} = 1.59 \times 10^9$$
$$\frac{Kp1}{Kp2} = \frac{1.59 \times 10^9}{9.43} = 1.69 \times 10^8$$

Побачивши даний результат, Мефістофель нарешті сказав:

- Ти все зробив вірно, але не врахував одного – гравітацію. Даю підказку – маса джерела гравітації $5{,}97219 \times 10^{32}$ кг, а маса Землі - $5{,}97219 \times 10^{24}$ кг.

Фактор гравітаційного поля – $\varepsilon = \sqrt{1 - \frac{2GM}{c^2 r}}$, де G = 6.67 ×$10^{-11}$ м^3 кг$^{-1}$ с$^{-2}$, r – радіус пекла, який однаковий з Землею (6 378 км).

Зміна константи швидкості у гравітаційному полі – $k' = \frac{k}{\sqrt{\varepsilon}}$, k' – у вакуумі.

9.3.5. **Розрахуйте,** у скільки разів зміниться час досягнення рівноваги у системі (врахуйте, що попередні досліди проводилися не у вакуумі, а на Землі, а кінетика даної реакції – першого порядку).

$$k(\text{Землі}) = k \times \sqrt{\varepsilon(\text{землі})}$$

$$k(\text{пекла}) = k \times \sqrt{\varepsilon(\text{пекла})}$$

$$k(\text{пекла}) = k(\text{Землі}) \times \sqrt{\frac{\varepsilon(\text{пекла})}{\varepsilon(\text{землі})}} = k(\text{Землі}) \times \frac{\sqrt{1 - \frac{2GM(\text{пекла})}{c^2 r(\text{пекла})}}}{\sqrt{1 - \frac{2GM(\text{Землі})}{c^2 r(\text{Землі})}}}$$

Оскільки це кінетика першого порядку:

$$k(\text{Землі}) = \frac{1}{t} \ln \frac{C_0}{C} = \frac{1}{10800} \times \ln \frac{0.08}{0.028} = 9.72 \times 10^{-5}\ c^{-1}$$

$$k(\text{пекла}) = 9{,}72 \times 10^{-5} \times 0.963 = 9.36 \times 10^{-5} c^{-1}$$

$$t(\text{пекла}) = \frac{1}{9.36 \times 10^{-5}} \times \ln \frac{0.08}{0.028} = 11216\ c = 3.11\ hours$$

9.3.6. **Чи зміниться** від гравітаційного поля константа рівноваги? Відповідь обґрунтуйте.

Константа рівноваги не зміниться, оскільки константи швидкості змінюються пропорційно на фактор гравітаційного поля.

$$\text{Кр} = \frac{k(\text{зворотньої у пеклі})}{k(\text{прямої у пеклі})} = \frac{k(\text{зворотньої на Землі}) \sqrt{\frac{\varepsilon(\text{пекла})}{\varepsilon(\text{землі})}}}{k(\text{прямої на Землі}) \sqrt{\frac{\varepsilon(\text{пекла})}{\varepsilon(\text{землі})}}} = \frac{k(\text{зворотньої на Землі})}{k(\text{прямої на Землі})}$$

Спалах… біле світло… кімната…

Завдання 4. С4 (*Автор: Комарницький Олег*)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	3.1	3.2	3.3	3.4	Сума
Розбаловка	2,25	3	4	0,75	10
Перевірка					

Срібло є одним із найважливіших металів в історії людства. Це один із перших металів цивілізації. На відміну від своїх сусідів по групі, золота та міді, срібло стало відоміше людству набагато пізніше. Зазвичай, у природі воно зустрічається у вигляді мінералів. Найпоширеніші з них - аргентит Ag_2S, рогове срібло AgCl та прустит Ag_3AsS_3.

9.4.1. **Напишіть вираз** для визначення розчинності цих трьох мінералів, нехтуючи гідролізом. $K_s(Ag_2S)= 7{,}2\cdot10^{-50}$, $K_s(Ag_3AsS_3)= 1.03\times10^{-22}$, $K_s(AgCl)= 1.8\times10^{-10}$. **Розрахуйте** їх розчинність.

$s(AgCl)=c(Ag^+)=c(Cl^-)=\sqrt{Ks}=1.342\times10^{-5}$

$s(Ag_3AsS_3)=c(AsS_3^{3-})=0{,}33s(Ag^+)=\sqrt[4]{\frac{Ks}{27}}=1.4\times10^{-6}$

$s(Ag_2S)=c(S^{2-})=0{,}5c(Ag^+)=\sqrt[3]{\frac{Ks}{4}}=2.62\times10^{-17}$

H_2S є слабкою кислотою та дисоціює у воді з константами дисоціації $K_{a1} = 8{,}9*10^{-8}$ та $K_{a2} = 1*10^{-19}$.

9.4.2. **Складіть** рівняння матеріального та зарядного балансів концентрацій усіх частинок, що існують в рівновазі насиченого розчину Ag_2S у воді. **Запишіть вирази** константи гідролізу S^{2-} на першій та другій стадії.

$C_{Ag}=[Ag^+]$

$C_s=[H_2S]+[HS^-]+[S^{2-}]$

$[H^+]+[Ag^+]=[OH^-]+[HS^-]+2*[S^{2-}]$

$$Kг1 = \frac{[HS^-][OH^-]}{[S^{2-}]} * \frac{[H^+]}{[H^+]} = \frac{Kw}{Ka2} = 10^5$$

$$Kг2 = \frac{[S^{2-}][OH^-]}{[H_2S]} * \frac{[H^+]}{[H^+]} = \frac{Kw}{Ka1} = 1{,}124 * 10^{-7}$$

9.4.3. **Розрахуйте** розчинність Ag_2S у водному розчині з pH = 5.00

$2[S^{2-}]+[HS^-]+[OH^-]=[Ag^+]+[H^+]$

$$\frac{[H+]Ksp}{[Ag\ ]^2*Ka2} + \frac{Kw}{[H+]} = [Ag+] + [H+]$$

$$[Ag+]^3 + [H+][Ag+]^2 - \frac{Kw * [Ag+]}{[H+]} - \frac{[H+]Ksp}{Ka2} = 0$$

$s=c(Ag^+)= 2{,}7*10^{-5}$M

9.4.4. **Напишіть** як зміниться розчинність кожного з цих елементів у 2М NH_3. Відповідь **підтвердіть** розрахунками, якщо $lg\beta_2([Ag(NH_3)_2]^+)=7.23$

$Ag_3AsS_3 + 6\ NH_3 = 3[Ag(NH_3)_2]^+ + AsS_3^{3-}$
$AgCl + 2\ NH_3 = [Ag(NH_3)_2]^+ + Cl^-$
$Ag_2S + 4\ NH_3 = 2[Ag(NH_3)_2]^+ + S^{2-}$

$$Kp = \frac{[Ag(NH3)_2^+]^n * [A^{n-}]}{[NH_3]^{2n}} * \left(\frac{[Ag]}{[Ag]}\right)^n = Ks * K_{ст}{}^n = \frac{(nx)^n * x}{(2 - 2x * n)^{2n}}$$

Звідси:
$s(AgCl)=c(Ag^+)=c(Cl^-)=0,1$ M
$s(Ag_3AsS_3)=c(AsS_3^{3-})=0,33s(Ag^+)=0,217$M
$s(Ag_2S)=c(S^{2-})=0,5c(Ag^+)=1,7*10^{-14}$M
Збільшиться

9.4.5. **Напишіть** визначення термінів:
- Дентатність
- Хелати

Дента́тність - кількісна характеристика донорно-акцепторних властивостей лігандів, що визначається як число координаційних місць, які певний ліганд займає у внутрішній координаційній сфері комплексу

Хела́ти — клішнеподібні комплексні сполуки, які утворені при взаємодії іонів металів з молекулами деяких органічних сполук, що містять солеутворювальну, комплексоутворювальну групи. Хелатні сполуки мають центральний іон (частинку) — комплексоутворювач — і координовані навколо нього ліганди

Завдання 5. Rich men's world (*Автор: Комарницький Олег*)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	1.1	1.2	1.3	Сума
Розбаловка	4	3	3	10
Перевірка				



Теперішній світ дуже важко уявити без грошей у будь-якій формі. Класичні нам паперові гроші почали з'являтись в Китаї за династії Цун. В Європі банкноти були вперше випущені Банком Стокгольма в 1661 році. Люди почали їх з часом підробляти. Одним із засобів захисту теперішніх грошей є використання флюоресцентних міток. Захист банкнот є одним із застосувань металу **X**

Метал **X** є достатньо активним металом. При нагріванні в потоці він утворює оксид **A**. При взаємодії з розведеною соляною кислотою дає сполуку **B**. Сполука **C** має ідентичний якісний склад до **B**, але її отримують розкладанням речовини **D**. **D** отримують розчиненням **X** у рідкому амоніаку з додаванням NH_4Cl.

9.5.1. **Розшифруйте** **X** та речовини **A-D** і **напишіть** рівняння реакцій до них, якщо відомо:
- у 3,59 грам **D** така сама маса хлору, як і у 1,926 грамах еквімолярної суміші **B** та **C**
- ступінь окиснення **X** в **D** та **B** одинаковий

- ступінь окиснення **X** в **B** та **C** відрізняється на 1
- 7,892 грами 37% HCl витрачається на нейтралізацію амоніаку, яка знаходиться в 3,59 грамах **D**

Враховуючи, що розчиняють в амоніаці і амоній хлориді, то D – комплексна сіль з амоніаком

$m(NH3) = \frac{m(\text{р-ну}) * W(HCl)}{M(HCl)} * M(NH3) = 1{,}36$ грам Тоді: при n=3

$$\begin{cases} \frac{\boldsymbol{m(D)}}{\boldsymbol{M(X) + (n-1) * M(Cl) + y * M(NH3)}} = \frac{\boldsymbol{m}(\text{сум}) * \boldsymbol{(n-1+n) * M(Cl)}}{\boldsymbol{M(X) + (M(Cl) * n) + M(X) + (M(Cl) * (n-1))}} \\ \frac{\boldsymbol{m(NH3)}}{\boldsymbol{M(NH3) * y}} = \frac{\boldsymbol{M(D)}}{\boldsymbol{M(X) + n * M(Cl) + y * M(NH3)}} \end{cases}$$

X	A	B	C	D
Eu	Eu_2O_3	$EuCl_3$	$EuCl_2$	$[Eu(NH_3)_8]Cl_2$

$4Eu + 3O_2 \xrightarrow{t°C} 2Eu_2O_3$

$2Eu + 6HCl \rightarrow 2EuCl_3 + 3H_2$

$[Eu(NH_3)_8]Cl_2 \rightarrow EuCl_2 + 8NH_3$

$Eu + 2NH_4Cl + 6NH_3 \rightarrow [Eu(NH_3)_8]Cl_2 + H_2$

Елемент **X** через свої властивості та поширення добувають селективним відновленням чи іонообмінною сорбцією з його концентрату в мінеральних залишках. Крім **X** в концентраті також присутня велика кількість металу **Y.**

При взаємодії **Y** з галогенами утворюються речовини **E** (флуорид), **F** (хлорид), **G** (бромід) та **H** (йодид)**.** Також при розчинені елемента **Y** у гарячій воді утворюється **I.**

9.5.2. **Визначте** речовини **Y**,**E-I**, якщо відомо:

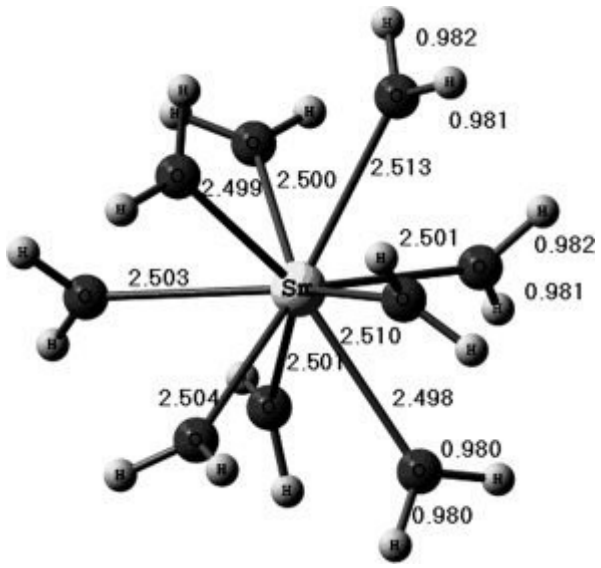
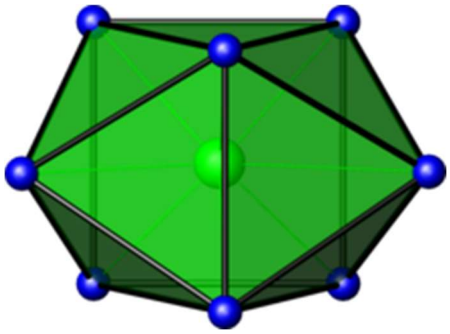
- Якщо чотири рівних наважки **X**, загальною масою 6,01 грамів, прореагують окремо з фтором, хлором, бромом та йодом, утвориться 13,858 грам галогенідів.

Y	E	F	G	H	I
Sm	SmF_3	$SmCl_3$	$SmBr_3$	SmI_3	$Sm(OH)_3$

$$\frac{m(Y)}{M(Y)} = \frac{m(\text{суміші})}{\Big(M(Y) * 4 + 3 * \big(M(Cl) + M(Br) + M(F) + M(I)\big)\Big) * 0{,}25}$$

При взаємодії **Y** з розведеною сірчаною кислоту розчин забарвлюється в слабко-жовтий колір через речовину **J**

9.5.3. **Напишіть** речовину **J**. **Намалюйте** структури **J** і **D**, якщо КЧ(D)=9

J	D
$Sm_2(SO_4)_3$	
$Sm(H_2O)_9^{3+}$ 	$Eu(NH_3)_8^{2+}$ 

Завдання 6. Інопланетна хімія 4 елементів (*Автор: Сімонов Андрій)*

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	**1.1**	**1.2**	**1.3**	**1.4**	**Сума**
Розбаловка					
Перевірка					

Вступ



Одного сонячного дня людство стало свідком події, яка змінила його історію назавжди. З далекого сузір'я, за багато світлових років від Землі, на нашу планету прилетіли прибульці з планети Алдераан. Вони були неймовірно розвиненими, але, на подив землян, зовсім не загарбниками. Їхня мета була благородною: обмінятися знаннями для спільного розвитку. Прибульці швидко зацікавилися земною наукою, зокрема хімією. Виявилося, що у них є власна, схожа на земну, періодична система елементів. Під час вивчення земної науки вони переписали наші хімічні реакції, використовуючи свої елементи, і ретельно зберегли ці записи. Прибульці пояснили, що хімічні закони у Всесвіті є універсальними, і навіть їхні "інопланетні" сполуки працюють за схожими принципами. Після повернення на Алдераан вони вирішили поділитися здобутими знаннями зі своїми сусідами з планети Татуїн. Разом із записами, вони передали земну періодичну таблицю, вважаючи її ключем до розуміння людської науки.

Жителі Татуїну були захоплені цим подарунком, однак їм було непросто зрозуміти людську хімію. Всі реакції були закодовані алдераанськими елементами, і їх потрібно було розшифрувати, використовуючи періодичну систему, щоб дізнатися, як працюють земні процеси.

Задача

В записах своїх сусідів вони побачили реакції чотирьох елементів – Ганопіума (**Gp**), Комія (**Ko**), Камалона (**Ka**) та Омелія (**Om**). Так, елемент **Gp** може легко забирати електрони у **Ko** і при достатньому нагріванні у **Om**, **Ko** легко реагує з етиловим спиртом витісняючи з нього водень, на відміну від **Om**, а елемент **Ka** за температури 20°C реагує тільки з **Ko**.

Зрозумівши, що данних замало, татуїнці запросили з планети Алдераан всі привезені з Землі хімічні субстанції, включаючи зразки чотирьох елементів, і почали проводити власні досліди.

Під час проведення дослідів, татуїнці зрозуміли наступне:

- Елемент **Ka** утворює оксид складу **KaO_2**.
- **KaO_2** диспропорціонує у лужному розчині з утворенням еквімолярної суміші двох солей. При
- Визначення кількості **Ka** є основою методу визначення кількості білку в біологічних пробах
- Елемент **Ka** міститься в зразках пороху привезенних з Землі

9.6.1. **Визначте**, який елемент зашифрований під Ka. Свій вибір **аргументуйте**

Під пункт 1 і 3 підходять – C, S, N. Карбон – міститься у всіх органічних молекулах, тому по ньому не можна робити визначення. Сірка міститься лише в декількох амінокислотах, тому по ній теж не можна робити визначення. Нітроген є найбільш репрезентативним, оскільки майже не міститься в інших органічних молекулах і присутній в кожній амінокислоті.

Ka - N

9.6.2. **Напишіть** продукти реакції

$2KNO_3 + 3C + S \rightarrow K_2S + 3CO_2 + N_2$

Побачивши, що **Ko** зберігається під шаром масла, жителі Татуїну зрозуміли, що **Ko** легко реагує з **Ka**.

9.6.3. **Визначте**, який елемент зашифрований під **Ko**. Свій вибір аргументуйте

Оскільки Ko легко віддає електрони, та легко реагує зі спиртом витісняючи водень, можна зробити висновок, що Ko – активний. Те що він зберігається під шаром масла говорить про те що він дуже активний. А єдиний елемент, що при температурі 20 °C, тобто при стандартних умовах, реагує з Ka, який є азотом, це літій.

Ko - Li

Після низки невдалих спроб провести хоч якусь реакцію з **Om**, татуїнці дійшли висновку, що **Om**:

- Є благородним елементом.
- Слугує каталізатором в органічних реакціях
- Є ключовим компонентом автомобільних каталізаторів для зниження викидів шкідливих газів, таких як CO
- Розчиняється в гарячій нітратній кислоті
- Застосовується у виробництві білого золота
- Ефективно поглинає водень.

9.6.4. **Визначте**, який елемент зашифрований під **Om**. Свій вибір аргументуйте

В автомобільних каталізторах використовується Pd, Pt та Ir.
З цих елементів викристовуються у виробництві білого залота та поглинають водень лише Pd та Pt.
З цих двох елементів в гарячій нітратній кислоті розчиняється тільки Pd
Om - Pd

9.6.5. **Напишіть** реакцію взаємодії золота з царською водою

$Au + HNO_3 + 4HCl \rightarrow H[AuCl_4] + NO + 2H_2O$

Досліджуючий **Gp** прибульці знайшли наступне:

- **Gp** широко знаходить своє застосування у виробництві полімерів та фреонів
- Використвується як дезінфікуючий реагент
- Його реакція з ураном призводить до утворення леткої сполуки, яка лежить в основі виробництва ядерного палива.
- **Gp** має всього тільки один стабільний ізотоп, а один його радіоактивний ізотоп використовується, як мітка для позитрон-емісійної томографії.

9.6.6. **Визначте**, який елемент зашифрований під **Gp**. Свій вибір аргументуйте

У фреонах присутні вуглець і галогени. З 5 елементів, у виробництві полімерів широко використовуються C, F, Cl. Як дезінфікуючий реагент використовують Cl і F. Лише один стабільний ізотоп з цих двох елементів має тільки F. Летку сполуку з ураном, яку використовують для очищення урану – UF_6 утворює F

Gp - F

9.6.7. **Напишіть** реакцію розкладу уранілнітрату

$(UO_2)(NO_3)_2 \rightarrow UO_3 + NO + NO_2 + O_2$

Експериментальний тур

Задача 1. Якісне визначення неорганічних речовин. Просунутий рівень.

Вам необхідно визначити неорганічні речовини та довести це. Ви можете використовувати попарне злиття невідомих розчинів, додаткові реактиви та комбінацію підходів. Використовуйте довідковий матеріал. **Кожна речовина вважається визначеною, якщо правильно вказано номер віали, наведено рівняння реакції (реакцій), необхідних для визначення (*за виключенням взаємодії з диметилгліоксимом, дифеніламіном, дитизоном та флуоресцеїном*), та візуальні ознаки визначення.**

Обладнання на робочому місці

3. Штатив для пробірок пластиковий на 10 пробірок – 2 од.
4. Пробірка скляна – 20 од.
5. Індикаторний папір

Обладнання на загальному столі

1. Водяна баня – 2 од.

Реактиви на загальному столі

Допоміжні реагенти або їх розчини:

NaOH (1M)	$K_4[Fe(CN)_6]$	Диметилгліоксим
HCl (1M)	Na_2S	Дифеніламін
H_2SO_4 (1M)	$K_2Cr_2O_7$	Гексан
NH_3 (10%)	Хлорна вода	Дитизон
		Флуоресцеїн

Запишіть ваш варіант в полі на початку задачі!

Реактиви на робочому місці

У 15 пронумерованих віалах містяться водні розчини (по 15 мл) наступних речовин: $NiSO_4$, $CuBr_2$, $CuSO_4$, $Ni(CH_3COO)_2$, $Pb(NO_3)_2$, KI, $BaCl_2$, $SrBr_2$, Na_2CO_3, $FeCl_3$, NH_4SCN, $AgNO_3$, Na_3PO_4, $Zn(NO_3)_2$, NH_4Cl з концентрацією 0,1 моль/л. Заповніть таблицю, вказавши: **номер віали**, **візуальні ознаки** та **рівняння реакцій**, що є необхідними для однозначного визначення речовини.

Речовина	№ Віали	Рівняння	Спостереження
$NiSO_4$		$NiSO_4 + 6NH_3 + \rightarrow [Ni(NH_3)_6]SO_4$ $NiSO_4 + BaCl_2 \rightarrow NiCl_2 + BaSO_4\downarrow$ $NiSO_4 + 2NaOH \rightarrow Ni(OH)_2 + Na_2SO_4$ $NiSO_4 + 2DMG + 2NH_3 \rightarrow [NiDMG_2] + (NH_4)_2SO_4$	Зелений розчин утворює: Фіолетовий розчин Білий осад з Pb^{2+} та Ba^{2+} Світло-зелений осад Яскраво-червоний осад

$CuBr_2$		$CuBr_2 + 4NH_3 + 2H_2O \rightarrow [Cu(NH_3)_4(H_2O)_2]Br_2$ $CuBr_2 + 2AgNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2AgBr\downarrow$ $CuBr_2 + 2NaOH \rightarrow Cu(OH)_2\downarrow + 2NaBr$ $CuBr_2 + Cl_2 \rightarrow CuCl_2 + Br_2$	Блакитний розчин утворює: Темно-синій розчин Осад з $AgNO_3$ Блакитний осад Забарвлює гексан при дії хлорної води
$CuSO_4$		$CuSO_4 + 4NH_3 + 2H_2O \rightarrow [Cu(NH_3)_4(H_2O)_2]SO_4$ $CuSO_4 + BaCl_2 \rightarrow CuCl_2 + BaSO_4\downarrow$ $CuSO_4 + 2NaOH \rightarrow Cu(OH)_2 +$ Na_2SO_4	Блакитний розчин утворює: Темно-синій розчин Осад з Pb^{2+} та Ba^{2+} Блакитний осад НЕ реагує з $AgNO_3$
$Ni(CH_3COO)_2$		$Ni(CH_3COO)_2 + 6NH_3 + \rightarrow [Ni(NH_3)_6](CH_3COO)_2$ $Ni(CH_3COO)_2 + 2NaOH \rightarrow Ni(OH)_2\downarrow + 2CH_3COONa$ $Ni(CH_3COO)_2 + 2DMG + 2NH_3 \rightarrow [NiDMG_2] + 2CH_3COONH_4$	Зелений розчин утворює: Фіолетовий розчин Не реагує з Pb^{2+} та Ba^{2+} Світло-зелений осад Яскраво-червоний осад
$Pb(NO_3)_2$		$Pb(NO_3)_2 + H_2SO_4 \rightarrow PbSO_4\downarrow + 2HNO_3$ $Pb(NO_3)_2 + 2NaOH \rightarrow Pb(OH)_2\downarrow + 2NaNO_3$ $Pb(NO_3)_2 + 2KI \rightarrow PbI_2\downarrow + 2KNO_3$	Безбарвний розчин, утворює: Білий осад з сульфатами Білий осад з лугами Жовтий осад з KI
KI		$KI + AgNO_3 \rightarrow AgI\downarrow + KNO_3$ $Pb(NO_3)_2 + 2KI \rightarrow PbI_2\downarrow + 2KNO_3$ $4KI + 2CuBr_2 \rightarrow 2CuI\downarrow + 4KBr + I_2$ $2KI + 2FeCl_3 \rightarrow 2FeCl_2 + 2KCl + I_2$ $2KI + Cl_2 \rightarrow 2KCl + I_2$	Безбарвний розчин, утворює: Жовтуватий осад з Ag^+ Жовтий осад з Pb^{2+} Виділяє I_2 при дії окисників (фіолетове забарвлення гексану)
$BaCl_2$		$BaCl_2 + H_2SO_4 \rightarrow BaSO_4\downarrow + 2HCl$ $BaCl_2 + 2AgNO_3 \rightarrow 2AgCl\downarrow + Ba(NO_3)_2$ $BaCl_2 + Pb(NO_3)_2 \rightarrow PbCl_2\downarrow + Ba(NO_3)_2$ $2BaCl_2 + K_2Cr_2O_7 + H_2O \rightarrow 2BaCrO_4\downarrow + 2KCl + 2HCl$	Безбарвний розчин, утворює: Білий осад з сульфатами, Pb^{2+} та Ag^+ Жовтий осад з дихроматом

$SrBr_2$		$SrBr_2 + H_2SO_4 \rightarrow SrSO_4\downarrow + 2HBr$ $SrBr_2 + 2AgNO_3 \rightarrow 2AgBr\downarrow + Sr(NO_3)_2$ $SrBr_2 + Pb(NO_3)_2 \rightarrow PbBr_2\downarrow + Sr(NO_3)_2$ $SrBr_2 + Cl_2 \rightarrow SrCl_2 + Br_2$	Безбарвний розчин, утворює: Білий осад з сульфатами, Pb^{2+} та жовтуватий з Ag^+ Виділяє бром при дії хлорної води (коричневе забарвлення гексану)
Na_2CO_3		$Na_2CO_3 + BaCl_2 \rightarrow BaCO_3\downarrow + 2NaCl$ $Na_2CO_3 + H_2SO_4 \rightarrow CO_2\uparrow + Na_2SO_4 + H_2O$	Безбарвний розчин, утворює осади майже з усіма розчинами з набору Єдиний розчин, який виділяє газ при дії сильної кислоти. Має pH>9
$FeCl_3$		$FeCl_3 + K_4[Fe(CN)_6] \rightarrow KFe[Fe(CN)_6] + 3KCl$ $2KI + 2FeCl_3 \rightarrow 2FeCl_2 + 2KCl + I_2$ $FeCl_3 + 3NaOH \rightarrow Fe(OH)_3\downarrow + 3NaCl$	Жовтуватий розчин. Виділяє I_2 при дії KI (коричневе забарвлення розчину), утворює синє забарвлення при додаванні $K_4[Fe(CN)_6]$ Утворює осади при дії лугів, NH_3, Na_2CO_3
NH_4SCN		$NH_4SCN + FeCl_3 \rightarrow [Fe(NCS)(H_2O)_5]Cl_2 + NH_4Cl$ $NH_4SCN + NaOH \rightarrow NH_3\uparrow + NaSCN + H_2O$	Безбарвний розчин. Утворює яскраво-червоний розчин з Fe^{3+}. Дає якісну реакцію на NH_4^+(посиніння вологого індикаторного папірця)
$AgNO_3$		$2AgNO_3 + 2NaOH \rightarrow Ag_2O\downarrow + 2NaNO_3 + H_2O$ $AgNO_3 + KI \rightarrow AgI\downarrow + KNO_3$ $AgNO_3 + 3NH_3 + H_2O \rightarrow [Ag(NH_3)_2]OH + NH_4NO_3$ $3AgNO_3 + Na_3PO_4 \rightarrow Ag_3PO_4\downarrow + 3NaNO_3$	Безбарвний розчин. Утворює коричневий осад при дії лугів, світло-жовтий з KI, жовтий з Na_3PO_4 Випадає та розчиняється осад при дії розчину NH_3
Na_3PO_4		$3AgNO_3 + Na_3PO_4 \rightarrow Ag_3PO_4\downarrow + 3NaNO_3$	Безбарвний розчин. Має pH>9 Утворює осади майже з усіма розчинами з набору Характерний жовтий осад з Ag^+

$Zn(NO_3)_2$		$Zn(NO_3)_2 + 2NaOH \rightarrow Zn(OH)_2\downarrow + 2NaNO_3$ $Zn(OH)_2 + 2NaOH \rightarrow Na_2[Zn(OH)_4]$ $Zn(NO_3)_2 + DTZ \rightarrow [ZnDTZ] + 2HNO_3$ $2Zn(NO_3)_2 + 2Na_2CO_3 + H_2O \rightarrow (ZnOH)_2CO_3 + 4NaNO_3 + CO_2$	Безбарвний розчин. Утворює при дії лугу осад, що розчиняється у надлишку реагенту. Утворює рожевий розчин з розчином дитизону.
NH_4Cl		$NH_4Cl + AgNO_3 \rightarrow AgCl\downarrow + NH_4NO_3$ $NH_4Cl + Pb(NO_3)_2 \rightarrow PbCl_2\downarrow + 2NH_4NO_3$ $NH_4Cl + NaOH \rightarrow NH_3\uparrow + NaCl + H_2O$	Безбарвний розчин. Утворює осади з Pb^{2+} та Ag^+ Дає якісну реакцію на NH_4^+ (посиніння вологого індикаторного папірця)

Задача 2. Визначення розчинності $Ca(OH)_2$

Коли розчинена речовина знаходиться в рівновазі з твердою фазою, то такий розчин є насиченим, а концентрація речовини в ньому залежить лише від температури. Якщо точно визначити цю концентрацію, можна розрахувати розчинність речовини за даної температури. Наче все просто. Щасти!

Обладнання на робочому місці

1. Бюретка на 25 мл, закріплена у штативі – 1 од.
2. Колба конічна для титрування на 200 мл – 2 од.
3. Піпетка Мора на 10,0 мл – 1 од.
4. Піпетка Мора на 5,0 мл – 1 од.
5. Піпетка з поділками (градуйована) на 10 мл – 1 од.
6. Піпетка Пастера пластикова – 1 од.
7. Стакан на 25 мл – 1 од.
8. Стакан на 50 мл – 1 од.
9. Стакан на 100 мл – 1 од.
10. Мірна колба на 50 мл з пробкою – 1 од.
11. Воронка для рідин – 2 од.
12. Воронка для твердих речовин – 1 од.
13. Гумова груша для піпеток – 1 од.
14. Промивалка з дистильованою водою – 1 од.
15. Циліндр мірний на 50 мл – 1 од.
16. Мішалка магнітна – 1 од.
17. Якір для магнітної мішалки – 1 од.
18. Термометр цифровий (зовнішній сенсор) – 1 од.
19. Фільтр паперовий – 2 од.
20. Шпатель – 1 од.

Реактиви на робочому місці

1. ЕДТА (розчин) – 200 мл
2. Аміачний буфер – 150 мл

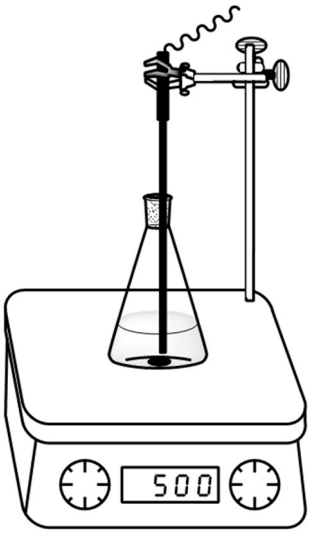
3. Еріохром чорний Т (суміш з NaCl) – 0,5 г
4. Хлоридна кислота (10%) – 5 мл

Обладнання та реактиви на загальному столі

1. $Ca(OH)_2$ (біля вагів)
2. Шпателі (біля вагів)
3. Ультразвукова баня

Хід роботи

Частина 1. Приготування насиченого розчину (*рівновага наше все!*)



1. Помістіть магнітний якір у конічну колбу на 200 мл та встановіть на магнітну мішалку.
2. Відміряйте циліндром 100 мл дистильованої води та перелийте її в колбу.
3. Зважте ~2 г $Ca(OH)_2$ у стакані на 25 мл та додайте його до колби за допомогою воронки для твердих речовин. Не змивайте залишки порошку з воронки.
4. Увімкніть перемішування та задайте значення 500 об·хв$^{-1}$.
5. За 20 хвилин вимкніть перемішування. Помістіть термосенсор у суміш таким чином, щоб якомога більша його частина була занурена у рідину та залиште на 2 хвилини. Запишіть значення температури у таблицю 2.
6. Закріпіть у лапці воронку для рідин, складіть фільтр та відфільтруйте суспензію у чистий та сухий стакан на 50 мл. Зберіть ~30 мл фільтрату. Якщо у фільтраті візуально помітні механічні домішки (каламуть, осад), профільтруйте його через новий фільтр ще раз.

Частина 2. Стандартизація розчину ЕДТА (*первинні стандарти наше все!*)

Робочий розчин ЕДТА готується з наважки комерційно доступного реактиву, тому концентрація розчину відома лише приблизно. Точно її можна визначити, відтитрувавши інший (стандартний) розчин відомої концентрації. Цей процес називається стандартизація, а як стандарт зручно використовувати розчин солі цинку, отриманий розчиненням точної наважки металу. Маса наважки металічного цинку вказана на мірній колбі.

7. Якщо на стінках мірної колби є частинки цинку, змийте їх невеликою кількістю дистильованої води. Додайте до колби ~2 мл розчину хлоридної кислоти піпеткою Пастера. Прискорюйте розчинення за допомогою ультразвукової бані.
8. Дочекайтесь повного розчинення металу та доведіть об’єм рідини до мітки дистильованою водою. Закрийте колбу корком та ретельно перемішайте.
9. Вилийте з бюретки дистильовану воду.
10. Промийте бюретку робочим розчином ЕДТА (не більше 20 мл).
11. Наповніть бюретку робочим розчином ЕДТА за допомогою воронки. Носик бюретки не має містити повітря. Зніміть воронку.
12. Доведіть рівень розчину ЕДТА в бюретці до позначки «0»: поступово випускайте розчин, доки нижня межа меніску не співпаде з нульовою відміткою бюретки. Рівень рідини має знаходитись на рівні очей.

13. У колбу для титрування внесіть 10,0 мл стандартного розчину Zn^{2+} за допомогою піпетки Мора.
14. Додайте 30 мл дистильованої води за допомогою циліндра, 10 мл амоніачного буферного розчину градуйованою піпеткою на 10 мл та невелику кількість індикатора (~1/4 шпателя). Ретельно перемішайте до повного розчинення індикатора.
15. Постійно перемішуючи вміст колби, повільно титруйте розчином ЕДТА до зміни забарвлення розчину у колбі з фіолетового на синє (без фіолетового або зеленуватого відтінків).
16. Запишіть значення об'єму розчину ЕДТА (у мл), витраченого на титрування, у таблицю 1.
17. За необхідності кроки повторіть 13–16 кілька разів.

    Примітка. Значення об'єму розчину ЕДТА, витраченого на титрування, може бути отримано усередненням даних декількох титрувань або одержане в одиничному досліді, який, на Вашу думку, виконаний найточніше.
18. Розрахуйте концентрацію ЕДТА та запишіть у форматі **X,XX·10^{XX}** моль/л. **Прийміть молярну масу Zn 65,38 г/моль**.

Таблиця 1

Номер титрування	m(Zn), г	$V_a(Zn^{2+})$, мл	V(ЕДТА), мл	V(ЕДТА) обраний для розр., мл	C(ЕДТА), моль/л
1	0,0377	10,0	11,4	11,45	$1{,}01\cdot10^{-2}$
2			11,5		
3			11,4		
4			11,5		
Місце для розрахунків					

Частина 3. Визначення розчинності (*точність наше все!*)

19. Відберіть аліквоту 5,0 мл насиченого розчину $Ca(OH)_2$ піпеткою Мора у конічну колбу для титрування.
20. Додайте 10 мл аміачного буфера градуйованою піпеткою на 10 мл та індикатор (~1/4 шпателя). Ретельно перемішайте до повного розчинення індикатора.
21. Постійно перемішуючи вміст колби, повільно титруйте розчином ЕДТА до зміни забарвлення розчину у колбі з винно-червоного на синє (без фіолетового або зеленуватого відтінків).

T, °C	Номер титрування	$V_a(Ca(OH)_2)$, мл	V(ЕДТА), мл	V(ЕДТА) обраний для розр., мл	S($Ca(OH)_2$), г/л
19,5	1	5,0	11,1	11,1	1,645
	2		11,2		
	3		11,1		
	4		11,1		

Місце для розрахунків

22. Запишіть значення об'єму розчину ЕДТА (у мл), витраченого на титрування, у таблицю 2.
23. За необхідності повторіть кроки 19–22 кілька разів.

Примітка. Значення об'єму розчину ЕДТА, витраченого на титрування, може бути отримано усередненням даних декількох титрувань або одержане в одиничному досліді, який, на Вашу думку, виконаний найточніше.

24. Розрахуйте розчинність $Ca(OH)_2$ за даної температури та запишіть у форматі **X,XXX** г/л.

Прийміть молярну масу $Ca(OH)_2$ 74,09 г/моль.

Таблиця 2

T, °C	Номер титрування	$V_a(Ca(OH)_2)$, мл	V(ЕДТА), мл	V(ЕДТА) обраний для розр., мл	$S(Ca(OH)_2)$, г/л
19,5	1	5,0	11,1	11,1	1,645
	2		11,2		
	3		11,1		
	4		11,1		
Місце для розрахунків					

10 клас

Завдання 10.1. Вбивця монахів (*Автор: Анастасія Гриньова)*

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	10.1.1	10.1.2	10.1.3	10.1.4	Сума
Максимум					**10**
Перевірка					

Сполука **А** – головний компонент мінералу, який ще з часів стародавнього Єгипту використовувався для макіяжу очей. При нагріванні **А** на повітрі утворюється бінарна сполука **Б** (масова частка елементу **Х** – 79,19%). Просту речовину елементу **Х** можна отримати відновленням сполуки **Б** вугіллям при нагріванні.

Х реагує з концентрованою хлоридною кислотою з утворенням сполуки **В** (складається з трьох елементів, масова частка **Х** – 36,08%, координаційне число елемента **Х** дорівнює 6) та виділенням водню. Якщо отриманий розчин трохи розбавити водою та додати цинк, почне утворюватися газ **Г** (масова частка **Х** – 97,58%), який при пропусканні через гарячу скляну трубку спричинює утворення металічного «дзеркала» на ній. Відомо, що додавання 1,961 г цинку спричинює виділення 0,224 л газу **Г** (н.у.). Якщо ж розчин сполуки

В розбавити більшою кількістю води (без додавання цинку), утвориться білий осад сполуки **Д** (масова частка **Х** – 70,30%, масова частка Cl – 20,47%). А при додавання розчину сірководню до того ж самого розчину випаде осад **А**.

З концентрованою нітратною кислотою **Х** реагує з утворенням жовтого осаду **Е** (масова частка **Х** після висушування – 75,27%). При нагріванні до 800 °С **Е** перетворюється на **Б**.

10.1.1. Розшифруйте елемент **Х** та всі невідомі речовини.

Х – Sb	**А – Sb_2S_3**	**Б – SbO_2**	**В – $H_3[SbCl_6]$**
Г – SbH_3	**Д – SbOCl**	**Е – $Sb_2O_5 \cdot H_2O$ (приймається і Sb_2O_5)**	

10.1.2. Запишіть рівняння реакцій, про які йдеться в умові.

$Sb_2S_3 + 5O_2 = 2SbO_2 + 3SO_2$
$SbO_2 + C = Sb + CO_2$
$2Sb + 12HCl = 2H_3[SbCl_6] + 3H_2$
$H_3[SbCl_6] + 3Zn = SbH_3 + 3ZnCl_2$
$2SbH_3 = 2Sb + 3H_2$
$H_3[SbCl_6] + H_2O = SbOCl + 5HCl$
$2Sb + 10HNO_3 = Sb_2O_5 \cdot H_2O + 10NO_2 + 4\ H_2O$
$2Sb_2O_5 \cdot H_2O = 4SbO_2 + O_2 + 2H_2O$
$2H_3[SbCl_6] + 3H_2S = Sb_2S_3 + 12HCl$

10.1.3. Співвідношення атомів у сполуці **Б** на перший погляд не відповідає типовим ступеням окиснення для **Х**. **Поясніть**, у якому ступені окиснення знаходиться елемент **Х** у складі цієї сполуки.

$Sb^{III}Sb^{V}O_4$

10.1.4. Експеримент зі скляною трубкою частіше застосовується для визначення іншого елемента - **Y**. Однак, на відміну від елемента **Х**, «дзеркало», що утворюється на скляній трубці для елемента **Y**, розчиняється в лужному розчині NaOCl. Таким чином, **Х** можна відрізнити від **Y**. **Розшифруйте** елемент **Y** і **напишіть** рівняння реакції його розчинення.

Проба Марша для визначення миш'яку. Застосовувалася у криміналістиці для доведення факту отруєння миш'яком – визначення наявності As в біологічних зразках постраждалого. Sb дає хибно позитивну пробу Марша, однак, на відміну від As, не розчиняється в лужному розчині NaOCl або H_2O_2.
Реакція розчинення миш'яку: $2\ As + 5\ NaOCl + 6\ NaOH = 2\ Na_3AsO_4 + 5\ NaCl + 3\ H_2O$

Завдання 10.2. Made by ChatGPT (*Автор: Кирило Данилейко*)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	**10.2.1**	**10.2.2**	**10.2.3**	**10.2.4**	**10.2.5**	**Сума**
Максимум						**10**
Перевірка						

Гіпс ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) — важливий мінерал із широким застосуванням у будівництві та медицині. Хоча утворення гіпсу є термодинамічно вигідним за стандартних умов, підвищення температури може змінити термодинамічні характеристики реакції і призвести до розкладу гіпсу.

Реакція утворення гіпсу:

$$CaO\ (т) + SO_3\ (г) + 2H_2O\ (г) \rightarrow CaSO_4 \cdot 2H_2O\ (т)$$

10.2.1. Обчисліть зміну ентальпії реакції за температур 298К і 500К.

ΔH_{298} = -280,9 кДж/моль

$\Delta H(500) = \Delta H(298) + \Delta Cp(500 - 298)$

ΔC_p = -95,7 Дж/(моль·К)

ΔH_{500} = -300,2 кДж/моль

ΔH_{298} = -280,9 кДж/моль ΔH_{500} = -300,2 кДж/моль

10.2.2. Обчисліть зміну ентропії реакції за температур 298К і 500К.

ΔS_{298}= -477,7 Дж/моль·К

$\Delta S(500) = \Delta S(298) + \Delta Cpln\left(\frac{500}{298}\right)$

ΔC_p = -95,7 Дж/(моль·К)

ΔS_{298} = -477,7 Дж/моль·К ΔS_{500} = -527,2 Дж/моль·К

10.2.3. Знайдіть зміну енергії Гіббса реакції за температур 298К і 500К.

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

ΔG_{298} = -138,5 кДж/моль ΔG_{500} = -36,6 кДж/моль

10.2.4. Розрахуйте константу рівноваги реакції при 500 К.

$K = e^{-\Delta G/RT}$

$K_{500} = 6{,}66 \cdot 10^3$

10.2.5. Визначте температуру термодинамічної рівноваги розкладу гіпсу, вважаючи термодинамічні функції незалежними від температури.

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S = 0$; $T = \Delta H/\Delta S$

T = 588 K

Залежність ентальпії та ентропії від температури:

$\Delta H(T_2) = \Delta H(T_1) + Cp(T_2 - T_1)$

$S(T_2) = S(T_1) + Cp \cdot ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$

Довідкові дані (298 К):

Речовина	ΔH^o_f (кДж/моль)	S^o (Дж/(моль·К))	C_p (Дж/(моль·К))
CaO (т)	-635,5	38,1	42,0
SO_3 (г)	-396,0	256,2	86,5
H_2O (г)	-241,8	188,7	33,6
$CaSO_4 \cdot 2H_2O$ (т)	-1796,0	194,0	100,0

Завдання 10.3. Надійний захист (*Автор: Олександр Згінник)*

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	**10.3.1**	**10.3.2**	**10.3.2**	**10.3.4**	**Сума**
Максимум					**10**
Перевірка					

Захисні групи дуже важливі в органічному синтезі, і використовуються для того, щоб селективно модифікувати лише якусь одну функціональну групу і при цьому зберегти іншу або запобігти побічним реакціям. Однією з таких захисних груп є ацетонідна. Схема її постановки та зняття наведена нижче.



Хоча найчастіше ця реакція використовується для захисту віцинальних диолів, вона також працює для віцинальних аміноспиртів та 1,3-диолів.

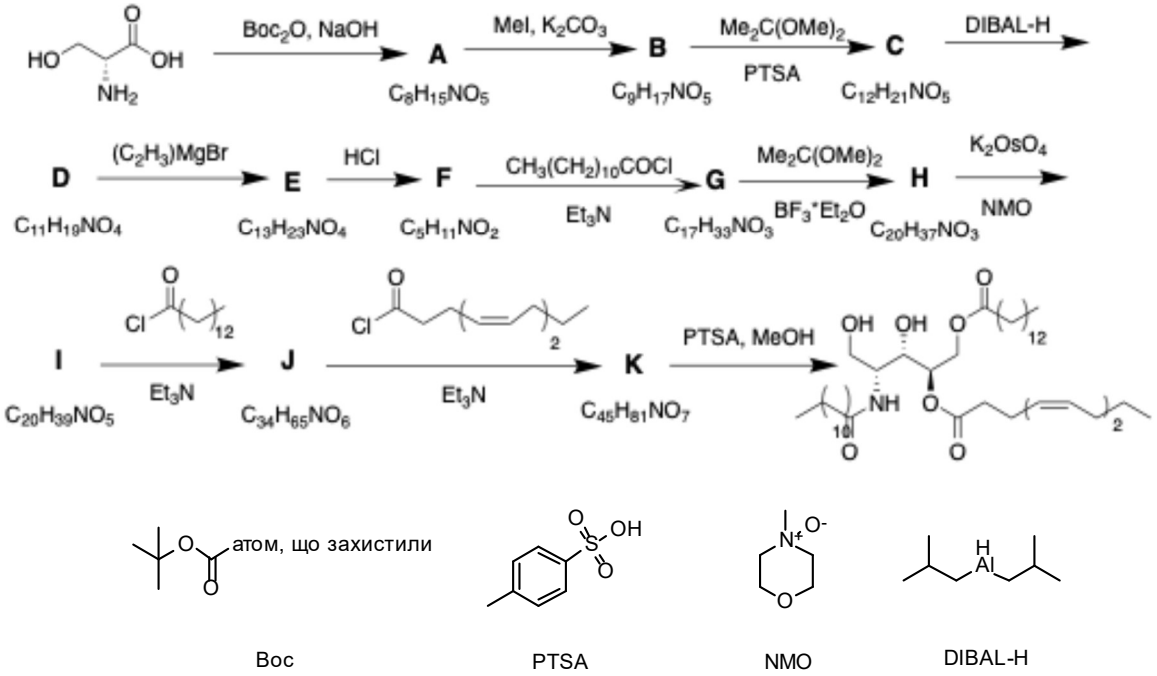
10.3.1. <u>Поясніть,</u> чим відрізняються кислоти Льюїса та Бренстеда-Лоурі?

Кислоти Льюїса – акцептори електронної пари.
Кислоти Бренстеда-Лоурі – донори протона.

10.3.2. <u>Поясніть,</u> чому утворення ацетонідного захисту є термодинамічно вигідним?

Через ентропійну складову. З двох молекул утворюється три – два метаноли та захищений диол.

Батімодіоламіди – це керамідоподібні метаболіти глибоководної гідротермальної мідії Bathymodiolus thermophilus. Вони викликали зацікавленність вчених через свою токсичність до ракових клітин. Як результат, їхні структурно споріднені метаболіти нещодавно були запатентовані для потенційного використання в хіміотерапії раку. Нижче подана схема синтезу одного з представників батімодіоламідів, де основною ідеєю синтезу є послідовне ацилювання різних нуклеофільних центрів молекули, захищаючи інші чи використовуючи їх різну реакційну здатність.

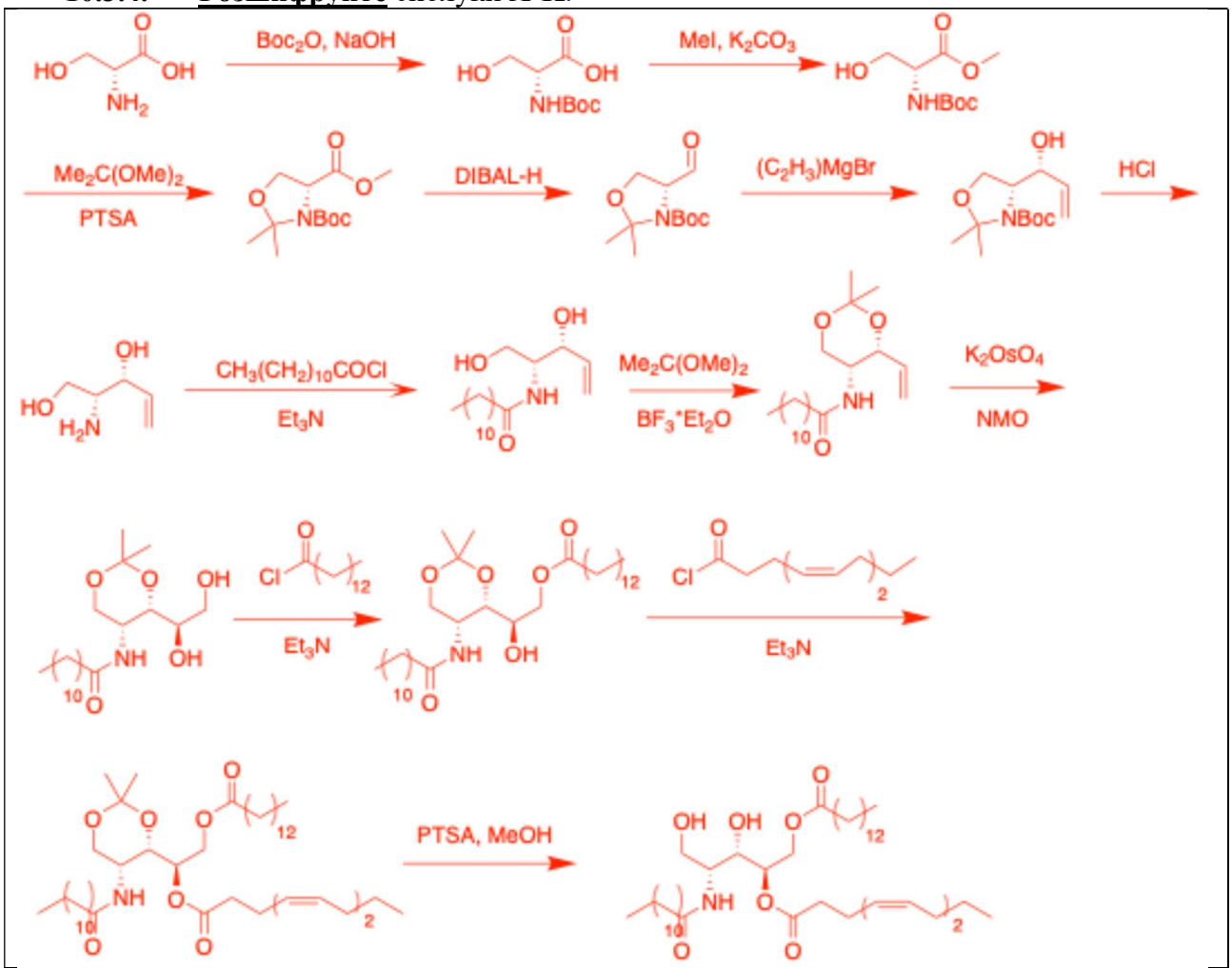


- *Boc* використовується для захисту аміно-групи і легко знімається сильними кислотами
- *PTSA* використовується для кислотного каталізу органічних реакцій і створення кислого середовища.
- *NMO* використовується разом з солями Os(VI) та з оксидом OsO_4 для окиснення подвійного зв'язку.
- *DIBAL-H* це типовий відновник, що зокрема дозволяє відновлювати естери до альдегідів.

10.3.3. <u>Назвіть</u> кожний з хіральних центрів у фінальній сполуці за R,S-номенклатурою.

R, S, R

10.3.4. **Розшифруйте** сполуки **A-K**.



A	**B**	**C**
D	**E**	**F**
G	**H**	**I**
J	**K**	

Завдання 10.4. Давайте поговоримо про електрод *Автор: Олексій Вєньський*

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	**10.4.1**	**10.4.2**	**10.4.3**	**10.4.4**	**10.4.5**	**10.4.6**	**10.4.7**	**10.4.8**	**10.4.9**	**Сума**
Максимум										**10**
Перевірка										

Гальванічний елемент – важливе хімічне джерело струму. Для функціонування йому необхідні електроди, серед яких розрізняють декілька основних видів. У цій задачі ви матимете справу з двома із них.



Перший тип - це електроди першого роду. Вони представляють собою метал (або його амальгаму), занурений у розчин його солі, а їх потенціал є функцією активності катіону.

Чудовим прикладом електроду першого роду є кадмієвий електрод на якому відбувається реакція:

$$Cd^{2+} + 2e = Cd(Hg)\ E° = -0{,}352\ В$$

Він знайшов своє застосування у елементі Вестона, другим електродом якого є ртутний електрод:

$$Hg_2SO_4 + 2e = 2Hg + SO_4^{2-}\ E° = 0{,}612\ В$$

10.4.1. Вкажіть, який з електродів в елементі Вестона є катодом, який - анодом. **На якому** відбувається окиснення, а на якому відновлення?

Катод	Анод
Hg_2SO_4/Hg, відновлення	**Cd^{2+}/Cd(Hg), окиснення**

10.4.2. Наведіть схему електрохімічної комірки елементу Вестона.

(-)Cd|Cd^{2+}||SO_4^{2-}|Hg_2SO_4|Hg(+)

10.4.3. Запишіть сумарне рівняння реакції, що відбувається в гальванічному елементі. **Розрахуйте** ЕРС комірки.

$Cd + Hg_2SO_4 = Cd^{2+} + 2Hg + SO_4^{2-}$ або $Cd + Hg_2SO_4 = CdSO_4 + 2Hg$

$E° = E°_к - E°_а = 0{,}612 - (-0{,}352) =$ **0,964 В**

10.4.4. Доведіть, що потенціал кадмієвого електрода є функцією активності (концентрації) катіону.

Активності твердих речовин та рідин у розчині дорівнюють 1, звідки маємо, що активність амальгами кадмію дорівнює одиниці.

$$E = E°_{Cd2+/Cd(Hg)} + \frac{RT}{2F}\ln\left(\frac{\alpha(Cd2+)}{\alpha(Cd(Hg))}\right) = E°_{Cd2+/Cd(Hg)} + \frac{RT}{2F}\ln(\alpha(Cd^{2+}))$$

Іншим важливим різновидом електродів є електроди другого роду. Вони представляють собою метал, вкритий шаром його нерозчинної солі, занурений у розчин, що містить аніон цієї солі. Їхній потенціал є функцією активності (концентрації) аніона. Ртутний електрод, який ми зустріли в елементі Вестона, є прикладом електроду другого роду.

Гідраргірум (I) сульфат є нерозчинною сіллю з $K_{sp}(Hg_2SO_4) = 6{,}5 \times 10^{-7}$.

10.4.5. Розрахуйте розчинність у г/л для Hg_2SO_4.

$S(Hg_2SO_4) = \sqrt[2]{Ksp} = 8{,}06 \times 10^{-4}$ моль/л = 0,4 г/л

Найбільш відомими представниками електродів другого роду є хлорид-срібний та каломельний електроди. Для каломельного електроду напівреакція записується так:

$$Hg_2Cl_2 + 2e = 2Hg + 2Cl^-\ E° = 0{,}268\ В$$

10.4.6. Наведіть вираз залежності потенціалу каломельного електроду від концентрації хлорид-аніону.

$E = E°_{Hg2Cl2/Hg} - \frac{RT}{F}\ln(Cl^-)$ Логіка та ж що і в п.4. Виводимо з рівняння Нернста.

10.4.7. Вкажіть, чи зміниться напрямок реакції при заміні електроду з гідраргірум (I) сульфатного на каломельний? **У якому** з елементів енергія Гіббса буде більшою?

Ні, не зміниться. Більшою буде енергія Гіббса для реакції у гальванічному елементі з каломельним електродом, адже у неї менший потенціал.

10.4.8. Наведіть схему такого гальванічного елемента, сумарне рівняння реакції у комірці та розрахуйте її потенціал.

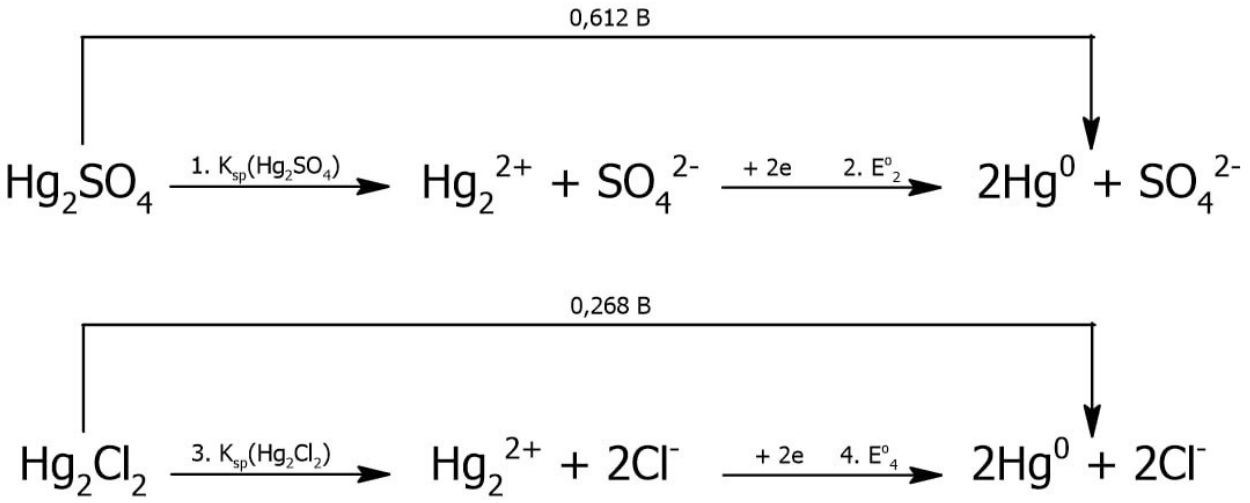
(-)Cd|Cd^{2+}||Cl^-|Hg_2Cl_2|Hg(+)

$Cd + Hg_2Cl_2 = Cd^{2+} + 2Hg + 2Cl^-$ або $Cd + Hg_2Cl_2 = CdCl_2 + 2Hg$

$E° = E°_к - E°_а = 0{,}268 - (-0{,}352) =$ **0,620 В**

10.4.9. Розрахуйте розчинність Hg_2Cl_2 у воді в г/л за стандартних умов.

Напівреакції для ртутного та каломельного електродів можна записати як ступінчастий процес дисоціації на йони та відновлення відповідних катіонів Hg_2^{2+} до Hg^0. Розпад на йони можна виразити за допомогою добутку розчинності у вигляді потенціалу. Знаючи потенціал для розчинення та загальний потенціал реакції $E°_{Hg2SO4/Hg}$ можемо розрахувати потенціал для реакцій 2 і 4, що зображені на схемі. Ці реакції мають однаковий потенціал адже аніони в лівій та правій частинах скорочуються що приводить нас до напівреакції $Hg_2^{2+} + 2e = 2Hg + SO_4^{2-}$. Її потенціал пов'язує напівреакціїї каломельного та ртутного електродів та дозволяє розрахувати добуток розчинності каломелі з потенціалу реакції дисоціації (3).



$E°_{Hg2(2+)/Hg} = E°_{Hg2SO4/Hg} - \frac{RTln(Ksp(Hg2SO4)}{2F} = 0,612 - (-0,183) = 0,795$ В

$K_{sp}(Hg_2Cl_2) = \exp(nF(E°_{Hg2Cl2/Hg} - E°_{Hg2SO4/Hg})/RT) = 1,49 \times 10^{-18}$

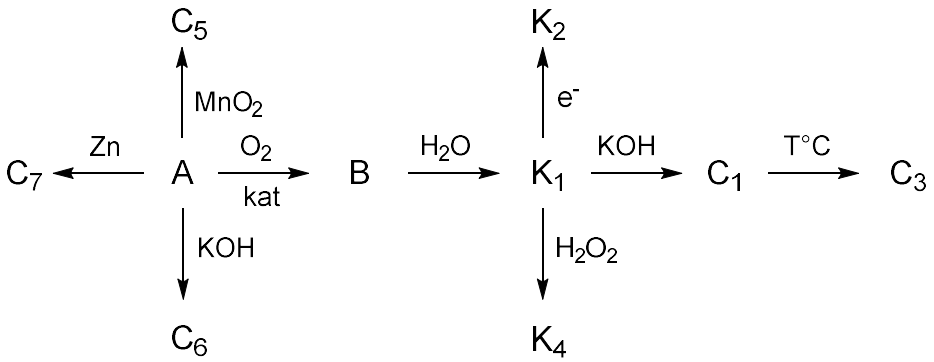
$S(Hg_2Cl_2) = \sqrt[3]{\frac{Ksp}{4}} = 7,19 \times 10^{-7}$ моль/л $= 3,4 \times 10^{-4}$ г/л

Завдання 10.5. Кислоти такі, кислоти сякі…(*Автор: Михайло Зайченко*)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	10.5.1	10.5.2	10.5.3	Сума
Максимум				**10**
Перевірка				

Елемент **X** є доволі розповсюдженим в природі. Його вміст у земній корі складає 0,1%. Він входить до складу безлічі мінералів та зустрічається у вигляді простої речовини, має декілька алотропних модифікацій та відіграє дуже важливу роль у складі білків. Також цей елемент має дуже цікаві та різноманітні хімічні властивості, наприклад, здатен утворювати цілий ряд кислот, що й зображено на схемі нижче:



10.5.1. Розшифруйте зашифровані сполуки та **підтвердьте** відповідь розрахунком, якщо відомо наступне:

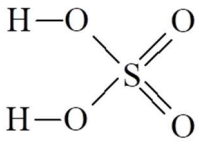
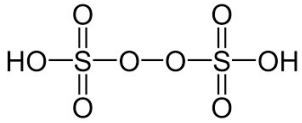
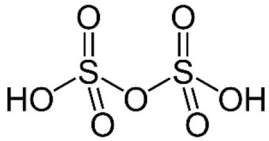
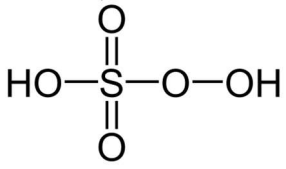
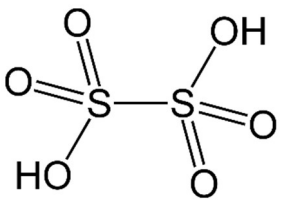
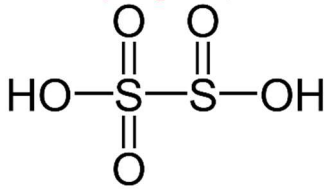
- Кожен індекс біля сполуки відповідає різній кислоті (тобто **C_1** – сіль кислоти **K_1**, **C_3** – сіль кислоти **K_3**).
- e^- - електроліз.
- Солі **C_5** та **C_7** – єдині продукти відповідних реакцій, а їх молярні маси співвідносяться як 1,11:1 відповідно.
- Маса сухого залишку в перетворенні **C_1** в **C_3** становить 93,39% від початкової.
- Розчин **C_1** у воді має кислий pH.
- Наважку по 5 г кислот **K_2** та **K_4** розчинили у воді. До утвореного розчину додали надлишок KI. Потім отриманий розчин відтитрували 1,05M розчином натрій тіосульфату. На титрування **K_2** пішло 49,05 мл, а на титрування **K_4** – 83,48 мл.
- Масова частка одного з елементів у **B** складає 59,95%.
- В промисловості **A** отримують випалюванням піриту
- Масова частка металу в солі **C_6** складає 35,17%

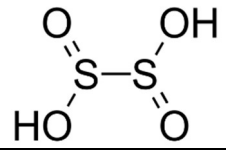
A – SO_2	B – SO_3	K_1 – H_2SO_4	C_1 – $KHSO_4$	K_2 – $H_2S_2O_8$
C_3 – $K_2S_2O_7$	K_4 – H_2SO_5	C_5 – MnS_2O_6	C_6 – $K_2S_2O_5$	C_7 – ZnS_2O_4

10.5.2. Напишіть рівняння реакції, наведених на схемі.

$2SO_2 + O_2 = 2SO_3$
$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$
$2H_2SO_4 = H_2S_2O_8 + H_2$
$H_2SO_4 + KOH = KHSO_4 + H_2O$
$2KHSO_4 = K_2S_2O_7 + H_2O$
$H_2SO_4 + H_2O_2 = H_2SO_5 + H_2O$
$2SO_2 + MnO_2 = MnS_2O_6$
$2KOH + 2SO_2 = K_2S_2O_5$
$Zn + 2SO_2 = ZnS_2O_4$

10.5.3. Наведіть просторову будову та назву кислот **K_1-K_7**.

K_1 – H_2SO_4 Сульфатна кислота 	K_2 - $H_2S_2O_8$ Пероксодисульфатна кислота 	K_3 - $H_2S_2O_7$ Дисульфатна кислота 
K_4 – H_2SO_5 кислота Каро (надсульфатна, пероксомоносульфатна кислота) 	K_5 – $H_2S_2O_6$ Дитіонова кислота 	K_6 – $H_2S_2O_5$ піросульфітна кислота (дисульфітна, метабісульфітна) 
K_7 – $H_2S_2O_4$		

Дитіоніста кислота 		

Завдання 10.6. Солодкі перетворення (*Автор: Сергій Коломоєць*)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	**10.6.1**	**10.6.2**	**10.6.3**	**10.6.4**	**10.6.5**	**10.6.6**	**10.6.7**	**10.6.8**	**10.6.9**	**Сума**
Максимум										**10**
Перевірка										

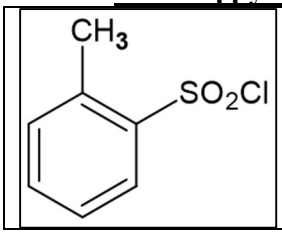
Сахарин — штучний підсолоджувач, який майже не містить харчової енергії. Він приблизно у 300–400 разів солодший за сахарозу, але має гіркий та металевий присмак, особливо у високих концентраціях. Сахарин використовується для підсолоджування таких продуктів, як напої, цукерки, зубні пасти, жувальні гумки, печиво та ліки.

Перший запропонований спосіб його отримання, розроблений Ремсеном і Фальбергом, починається з толуену який підлягає хлорсульфонації:

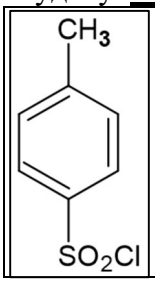


сахарин

10.6.1. **Розшифруйте** сполуку **A.**

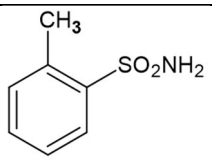
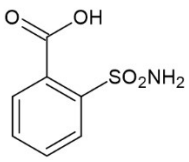


10.6.2. Під час першої стадії окрім сполуки **A** утворюється її ізомер **A**$_1$. **Наведіть** його будову. **Поясніть** селективність утворення **A** та **A**$_1$.

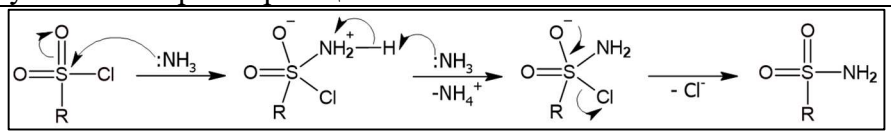


Метильна група в толуені підвищує електронну густину в орто- і пара-положеннях, роблячи їх більш реакційноздатними. Це призводить до стабілізації проміжного комплексу, що забезпечує переважне утворення орто- та пара-продуктів.

10.6.3. Рошифруйте сполуки **B** та **C**.

B	**C**
	

10.6.4. **Наведіть** механізм перетворення **A** на **B**. **Поясніть,** чому при цьому перетворенні майже не відбувається зворотна реакція?

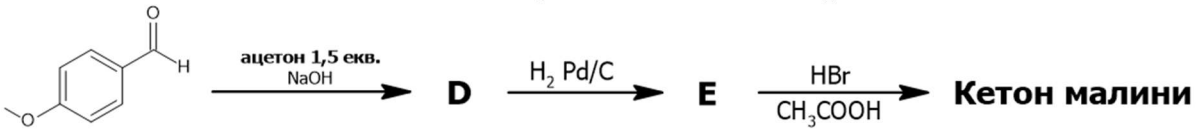


Зворотна реакція $RSO_2NH_2 \rightarrow RSO_2Cl$ практично неможлива через високу стабільність сульфонамідного зв'язку (S–N), який має частковий подвійний характер завдяки резонансу. Крім того, аміногрупа (NH_2) є дуже поганою відхідною групою, тоді як хлорид-іон (Cl^-) стабільний як вільний іон і легко відщеплюється від молекули.

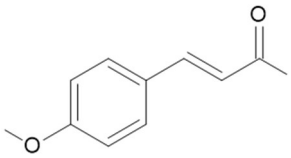
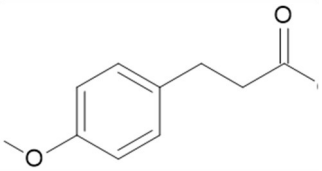
10.6.5. Під час внутрішньомолекулярної конденсації **C** з утворенням ***сахарину*** виділяється сполука **X**. **Наведіть** її формулу.

H_2O

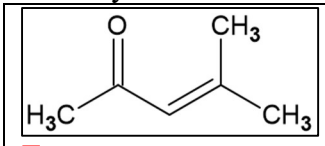
Окрім підсолоджувачів, у харчовій промисловості часто використовуються молекули, які надають продукції природні аромати фруктів, квітів тощо. Один із них — ***кетон малини***, який іноді застосовується в парфумерії, косметиці, а також як харчова добавка для надання продуктам малинового аромату. Виділений з природніх джерел, він є одним із найдорожчих компонентів, що використовуються в харчовій промисловості. Однак синтетичний ***кетон малини*** є набагато дешевшим. Відносно сучасна схема його отримання наведена нижче:



10.6.6. **Розшифруйте** сполуки **D** та **E**.

D	E
	

10.6.7. Під час утворення сполуки **D** ($C_{11}H_{12}O_2$) окрім головної реакції можуть відбуватися побічні конденсації. **Наведіть** структурну формулу сполуки, яка утвориться при конденсації ацетону з самим собою. **Яким чином** можна мінімізувати утворення побічних продуктів?

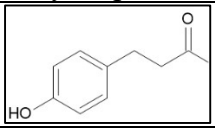


Додавати ацетон до розчину основи і альдегіду, щоб електрофільний альдегід завжди залишався в надлишку.

10.6.8. **Яку роль** грає ***Pd/C*** при перетворенні **D** на **E**? **Яким буде** продукт реакції, якщо замість нього використати ***PtO_2***?

Pd/C грає роль каталізатору. При використанні ***PtO_2*** окрім відновлення подвійного зв'язку відбудеться відновлення ароматичного кільця.

10.6.9. **Розшифруйте** структурну формулу ***кетону малини,*** якщо відомо, що він містить одну гідроксильну групу.



Завдання 10.7. Хімія кислотних дощів (*Автор: Тетяна Друженко)*

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	10.7.1	10.7.2	10.7.3	10.7.4	10.7.5	Сума(бали)
Максимум						**10**
Перевірка						

У нормі pH дощової води становить 5,6.

10.7.1. Обчисліть концентрацію карбонатної кислоти в дощовій воді. Припустіть, що єдиною кислотою, яка входить до складу дощової води, є карбонатна (це не зовсім так). $pK_a(H_2CO_3) = 6,35$.

$[H^+] = (K_aC_0)^{1/2}$
$C_0 = [H^+]^2/K_a = 1,41\cdot10^{-5}$ M
$C(H_2CO_3) = 1,41\cdot10^{-5}$ M

Кислоти **C** і **D**, які входять до складу дощової води, з давніх-давен є важливими джерелами Нітрогену для рослин. Вони утворюються при реакції атмосферної води з оксидом **B**. У свою чергу, оксид **B** утворюється шляхом окиснення оксиду **A** киснем повітря, а оксид **A** – реакцією азоту з киснем під дією розряду блискавки.

10.7.2. Розшифруйте речовини **A–D**, якщо **C** є сильною кислотою, а **D** – слабкою. **Напишіть** рівняння згаданих в умові реакцій.

A	B	C	D
NO	**NO_2**	**HNO_3**	**HNO_2**

$N_2 + O_2 = 2\ NO$
$2\ NO + O_2 = 2\ NO_2$
$2\ NO_2 + H_2O = HNO_3 + HNO_2$

Хімік-неорганік проводив реакцію, побічним продуктом якої є газ **B**.

10.7.3. Запишіть рівняння трьох принципово різних реакцій, продуктом яких є газ **B**.

Розчинення металів у концентрованій нітратній кислоті (зараховується будь-яке коректне рівняння).

Розклад нітратів (зараховується будь-яке коректне рівняння).

Окиснення амоніаку або NOCl, розклад N_2O_5 тощо.

Для зменшення негативного впливу NO_2 на здоров'я колег, металеві деталі обладнання та земну атмосферу, хімік при роботі з цим газом установив поглинач, заповнений розчином NaOH. Через деякий час поглинач перестав працювати. Дослідивши склад розчину в поглиначі, хімік виявив наступні речовини: натрій нітрат, натрій нітрит та слідову кількість **D**.

10.7.4. Розрахуйте pH розчину в поглиначі, якщо співвідношення концентрацій натрій нітриту та нітритної кислоти складало 6,5. $pK_a(HNO_2) = 3,37$.

$pH = pK_a + \lg[NO_2^-]/[HNO_2] = 4,18$
pH = 4,18

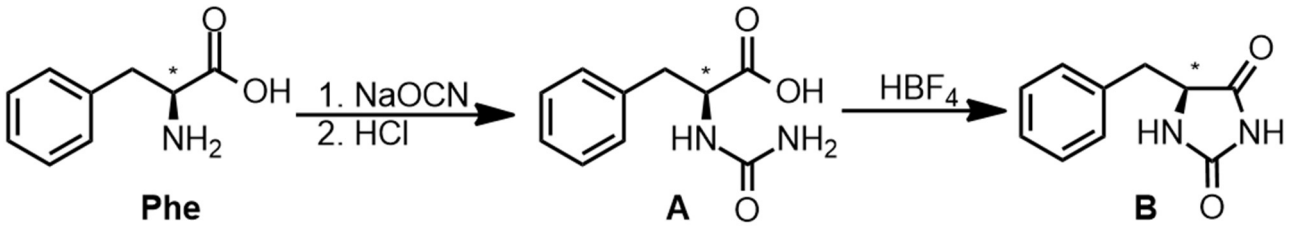
Нині значна частина оксидів Нітрогену в атмосфері Землі має техногенне походження: так, об'ємна частка N_2O, яка в доіндустріальну епоху складала приблизно 270 ppb (мільярдних часток), сягнула значення 336.7 ppb у 2023 році.

10.7.5. Обчисліть масу N_2O в атмосфері Землі станом на 2023 рік. Маса земної атмосфери $5,15\text{x}10^{18}$ кг. Середня молярна маса повітря становить 28,97 г/моль.

n(газів в земній атм.) $= 5.15\text{x}10^{18}/28.97\text{x}10^{-3} = 1,78\text{x}10^{20}$ моль
$n(N_2O) = 1,78\text{x}10^{20}$ x $336,7\text{x}10^{-9} = 5,99\text{x}10^{13}$ моль
$m = n(N_2O)M(N_2O) = 5,99\text{x}10^{13}$ x 44,02 x $10^{-3} = 2,64\text{x}10^{12}$ кг
$m = 2,64\cdot10^{12}$ кг

Експериментальний тур

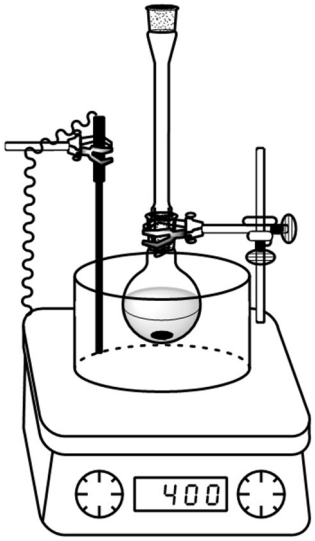
Завдання 1. Синтез бензилгідантоїну



Багатостадійний органічний синтез – тонка справа. Чим більше стадій, тим «тоншим» він є. Цього разу їх лише дві, тож спробуйте себе у ролі справжнього хіміка-синтетика!

Стадія 1. Приєднання

1. Зберіть прилад: встановіть порожню баню на магнітну мішалку. Помістіть магнітний якір у круглодонну колбу та закріпіть її у лапці по центру магнітної мішалки якомога ближче до дна. Між лапкою та банею має бути зазор ~ 2 мм. Закріпіть термопару у другу лапку та встановіть у баню на ~ 2 см вище дна. **Термопара має бути увесь час зануреною у баню**.
2. Зважте 215 мг (3.3 ммоль) ціанату натрію. Встановіть у колбу воронку для твердих речовин. Перенесіть у колбу наважку фенілаланіну (495 мг, 3.0 ммоль) з віали та ціанат натрію.
3. За допомогою піпетки додайте 3 мл води таким чином, щоб змити залишки речовин з воронки та віали.
4. Увімкніть перемішування та задайте швидкість 400 об·хв$^{-1}$ (правий енкодер).
5. Встановіть дефлегматор у колбу.
6. Налийте у баню гарячу воду (зверніться до викладача). Рівень води у бані має бути приблизно на 1 см вищий за вміст колби.
7. Увімкніть нагрівання та задайте температуру 80°C (лівий енкодер, червоний світлодіодний індикатор).
8. Після досягнення заданої температури (80±4°C) нагрівайте реакційну суміш при перемішуванні протягом 30 хвилин. *Впродовж цього часу ви можете виконувати іншу роботу.*
9. За цей час зважте та підпишіть фільтр Шотта та чашку Петрі (вкажіть масу та номер робочого місця на чашці Петрі, масу на фільтрі).



10. Вимкніть перемішування та **не вимикайте** нагрівання. Витягніть колбу з бані та дочекайтесь її охолодження (~5 хв або прискорити охолодження під проточною водою).
11. Перелийте вміст колби разом із якорем у стакан на 25 мл. Двічі промийте колбу водою з промивалки порціями по 1–2 мл, яку вилийте у цей же стакан.
12. Помістіть стакан у крижану воду на 5 хвилин, потім перенесіть на другу магнітну мішалку та увімкніть перемішування (500 об·хв$^{-1}$).
13. Додайте до суміші градуйованою піпеткою 1 мл хлоридної кислоти та перемішайте вміст скляною паличкою. Можливо утворення піни. Відберіть 1 краплю скляною паличкою та виміряйте її pH. Якщо pH<3, переходьте до наступного пункту, в іншому випадку додавайте кислоту порціями по 100 мкл за допомогою самплера до досягнення необхідного значення pH (зверніться до викладача). Після додавання кожної порції розмішуйте утворену піну за допомогою скляної палички та вимірюйте pH.
14. Відфільтруйте продукт. Для цього:
    - Установіть фільтр Шотта на колбу Бунзена.

- Перелийте реакційну суміш у фільтр Шотта, змийте залишки водою з промивалки, під'єднайте вакуум.
- Від'єднайте вакуум, налийте у фільтр дистильовану воду приблизно на половину висоти та перемішайте шпателем. Під'єднайте вакуум, відфільтруйте.
- Від'єднайте вакуум, налийте у фільтр приблизно 4 мл МТБЕ та перемішайте шпателем. Під'єднайте вакуум, відфільтруйте.
- Повторіть промивання МТБЕ.
- Залиште осад на фільтрі під вакуумом впродовж 10 хвилин.

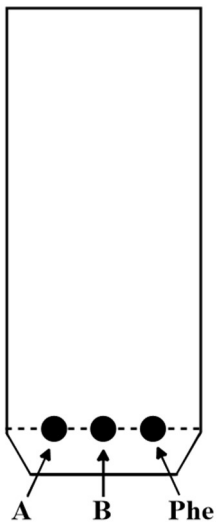
15. За цей час промийте водою та етанолом з промивалки круглодонну колбу та воронку для твердих речовин та висушіть їх (зверніться до викладача).
16. Від'єднайте вакуум. Відберіть ~2 мг речовини **A** для ТШХ аналізу у віалу та підпишіть її. Відберіть ~ 5 мг речовини **A** для ^{1}H-ЯМР аналізу (зверніться до викладача).
17. Зважте фільтр з речовиною **A** та запишіть в таблицю.

Стадія 2. Циклізація

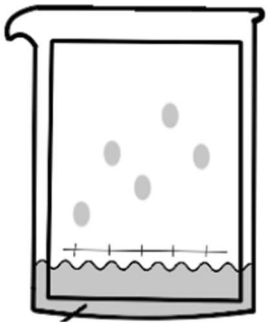
18. У чисту та суху колбу помістіть магнітний якір, встановіть воронку для твердих речовин та кількісно перенесіть речовину **A** з фільтра Шотта.
19. За допомогою градуйованої піпетки на 5 мл додайте 3 мл тетрафлуороборатної кислоти таким чином, щоб змити залишки речовини з воронки.
20. Встановіть дефлегматор у колбу.
21. Закріпіть лапку з колбою у бані так само, як при виконанні першої стадії.
22. Увімкніть перемішування. За необхідності долийте у баню гарячу воду.
23. Нагрівайте реакційну суміш (80±4°C) при перемішуванні протягом 30 хвилин. *Впродовж цього часу ви можете виконувати іншу роботу.*
24. Вимкніть перемішування та нагрівання, витягніть колбу з бані.
25. Одразу додайте до реакційної суміші 6 мл дистильованої води за допомогою градуйованої піпетки на 5мл, ретельно перемішайте та помістіть у льодову баню на 10 хвилин.
26. Відфільтруйте продукт. Для цього:
    - Перемішайте шпателем осад у колбі до утворення однорідної суспензії.
    - Встановіть фільтр Шотта на колбу Бунзена.
    - Перенесіть утворений осад на фільтр, змийте залишки водою з промивалки та під'єднайте вакуум.
    - Від'єднайте вакуум, налийте у фільтр дистильованої води приблизно на половину висоти та перемішайте шпателем до утворення однорідної суспензії. Під'єднайте вакуум, відфільтруйте.
    - Від'єднайте вакуум, налийте у фільтр приблизно 4 мл МТБЕ та перемішайте шпателем. Під'єднайте вакуум, відфільтруйте.
    - Повторіть промивання МТБЕ.
    - Залиште осад на фільтрі під вакуумом впродовж 10 хвилин. *Протягом цього часу ви можете виконувати ТШХ або іншу роботу.*
27. Кількісно перенесіть продукт **B** на чашку Петрі. Зважте його та заповніть таблицю.

Стадія 3. ТШХ

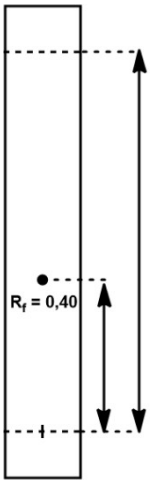
28. Відберіть ~2 мг речовини **B** та фенілаланіну у віали та підпишіть їх.
29. Розчиніть тверді речовини у мінімальній кількості розчинника (**A** та **B** у ацетонітрилі, фенілаланін у воді).
30. Налийте у порожню віалу ~2-3 мл етанолу з промивалки та промийте капіляр: торкніться поверхні рідини та перенесіть вміст капіляру на фільтрувальний папер. Повторіть процедуру.



31. За допомогою градуйованої піпетки на 2 мл налийте у камеру для ТШХ 2 мл елюенту, закрийте камеру та почекайте кілька хвилин для насичення камери парами розчинників.
32. Наберіть у капіляр розчин речовини **А** та короткочасно торкніться відповідної точки на лінії старту ТШХ пластинки. При цьому за рахунок капілярних сил рідина самостійно потрапляє на пластинку. Діаметр утвореної плями не повинен перевищувати 3-4 мм. Промийте капіляр.
33. Повторіть процедуру для двох інших речовин.
34. Просушить пластинку (фен, перша швидкість, 30 секунд), увімкніть УФ-випромінювач у режим 254 нм (положення 1) та піднесіть пластинку якомога ближче до вікна приладу. У місцях нанесення речовин мають бути 3 чітко помітні темні плями приблизно однакової інтенсивності. У іншому випадку виконайте нанесення повторно для тих речовин, кількість яких помітно менша.
35. Відкрийте кришку хроматографічної камери та за допомогою пінцета помістіть пластинку в камеру таким чином, щоб вона не торкалась стінок з боків та спереду. Закрийте кришку та слідкуйте, поки фронт елюенту не досягне лінії фінішу.



36. Витягніть пластинку з камери, висушіть за допомогою фена (перша швидкість, 60 секунд).
37. Увімкніть УФ-випромінювач у режим 254 нм (положення 1) та піднесіть пластинку якомога ближче до вікна приладу. За допомогою олівця обведіть плями, що проявляються на пластинці при УФ-опроміненні.
38. За допомогою пінцета візьміть пластинку за верхній край та, тримаючи вертикально, занурiть пластинку у розчин молібденового проявника на 1-2 секунди не розтискаючи пінцета. Швидко дістаньте пластинку та видаліть залишки розчину, притиснувши нижній край пластинки до фільтрувального паперу. Тримаючи сорбентом донизу, висушіть пластинку (фен, перша швидкість, 60 секунд). Для проявлення переверніть пластинку сорбентом догори та нагрівайте струменем теплого повітря (фен, режим 250°C, друга швидкість, зверніться до викладача) до появи плям усіх речовин. Уникайте локальних перегрівів пластинки. Сині плями на світло-жовтому фоні є бажаним результатом.



39. Визначте олівцем центр кожної плями, виміряйте відстань від центрів плям до лінії старту та від лінії старту до лінії фінішу. Співвідношення цих величин є R_f. Розрахуйте їх та заповніть таблицю.
40. Вклейте опрацьовану хроматограму у відповідну комірку таблиці (зверніться до викладача).

#	Параметр	Значення	Од. вимір.
	Продукт **А**		
1	Маса фільтра Шотта		г
2	Маса фільтра Шотта з речовиною		г
3	Маса речовини **А**		г
4	Вихід речовини **А**		%

	Продукт **B**		
5	Маса чашки Петрі		г
6	Маса чашки Петрі з речовиною		г
7	Маса речовини **B**		г
8	Вихід речовини **B**		%

#	ТШХ	R_f	
	R_f для вихідної речовини **Phe**		
	R_f для речовини **A**		
	R_f для речовини **B**		

Який висновок можна зробити з ТШХ аналізу?

Завдання 2. Кількісне визначення вмісту Fe^{3+} у розчині

Майже для кожного аналіту існує декілька методів визначення. Межа застосування кожного з них залежить від діапазону концентрацій, наявних домішок та інших факторів. Точність та відтворюваність також можуть відрізнятись. Спробуйте та відчуйте різницю (якщо вона є)!

Обладнання на робочому місці

21. Бюретка на 25 мл, закріплена у штативі – 1 од.
22. Колба для титрування на 250 мл (конічна) – 2 од.
23. Піпетка Мора на 10 мл – 1 од.
24. Піпетка з поділками (градуйована) на 5 мл – 1 од.
25. Стакан на 50 мл – 1 од.
26. Мірна колба на 100 мл з пробкою – 1 од.
27. Воронка – 1 од.

28. Гумова груша для піпеток – 1 од.
29. Промивалка з дистильованою водою – 1 од.
30. Піпетка Пастера пластикова – 2 од.
31. Циліндр мірний на 25 мл – 1 од.
32. Чашка Петрі – 2 од.
33. Плитка/мішалка для нагрівання – 1 од.

Перелік реактивів на робочому місці:

Назва	Стан	Концентрація	Кількість	Маркування
ЕДТА	Водний розчин	0,0101 **М**	100 мл	ЕДТА
Буферний розчин	Водний розчин	–	50 мл	Буферний розчин
Задача (Fe^{3+})	Водний розчин	–	–	Задача
Сульфосаліцилова кислота	Водний розчин	5%	5 мл	Сульфосаліцилова кислота, 5% розчин
Натрій тіосульфат	Водний розчин	0,0079 **М**	100 мл	$Na_2S_2O_3$
Крохмаль	Водний розчин	1%	8 мл	Крохмаль
Калій йодид	Водний розчин	10%	15 мл	KI

Точні концентрації розчинів $Na_2S_2O_3$ та ЕДТА вказано на аркуші на загальному столі. Впишіть їх у таблицю вище.

Хід роботи

У мірній колбі на 100 мл знаходиться задача для визначення Fe^{3+}. **Запишіть ваш варіант в поле на початку задачі.** Доведіть рівень рідини у колбі дистильованою водою до мітки, закрийте корком та ретельно перемішайте.

Визначення Fe^{3+} йодометричним методом

25. Вилийте з бюретки дистильовану воду.
26. Промийте бюретку робочим розчином натрій тіосульфату.
27. Наповніть бюретку робочим розчином натрій тіосульфату за допомогою воронки. Носик бюретки не має містити повітря. Зніміть воронку.
28. У конічну колбу для титрування внесіть піпеткою Мора 10,0 мл досліджуваного розчину. Додайте 3 мл розчину KI піпеткою з поділками на 5 мл, змийте краплі зі стінок колби дистильованою водою. Закрийте конічну колбу чашкою Петрі і залиште у темному місці на 5 хв.
29. Доведіть рівень розчину в бюретці до позначки «0»: поступово випускайте розчин, доки нижня межа меніску не співпаде з нульовою відміткою бюретки. Рівень рідини має знаходитись на рівні очей.
30. Титруйте робочим розчином натрій тіосульфату до світло-жовтого забарвлення розчину. Внесіть ~10 крапель розчину крохмалю піпеткою Пастера і продовжуйте титрувати робочим розчином до зникнення характерного синього забарвлення.

31. Повторіть п.п.4-6 необхідну кількість разів. Запишіть у таблицю отримані результати та прийняте значення для розрахунків.
    Примітка. Значення об'єму розчину натрій тіосульфату, витраченого на титрування, може бути отримано усередненням даних декількох титрувань або одержане в одиничному досліді, який, на Вашу думку, виконаний найточніше.
32. Використовуючи отримані експериментальні дані, розрахуйте масу іонів Fe^{3+}, що містилась у мірній колбі та запишіть у форматі **X,XX·10^{XX}** г. **Прийміть молярну масу Fe^{3+} 55,85 г/моль**.

Номер титрування	**V_a(задачі), мл**	**$V(Na_2S_2O_3)$, мл**	**$V(Na_2S_2O_3)$ обраний для розр., мл**	**m(Fe^{3+}), г**
1	10,0	12,5	12,5	$5{,}52\cdot10^{-2}$
2		12,5		
3		12,6		
Місце для розрахунків				

Визначення Fe^{3+} комплексонометричним методом

1. Увімкніть нагрівання на магнітній мішалці та задайте значення 60°C.
2. Вилийте з бюретки попередній розчин та промийте її спочатку дистильованою водою, а потім розчином ЕДТА. Заповніть її цим розчином. Носик бюретки не має містити повітря.
3. Відберіть аліквоту 10,0 мл досліджуваного розчину за допомогою піпетки Мора у конічну колбу для титрування. Додайте 10 мл буферного розчину за допомогою мірного циліндру та кілька крапель розчину сульфосаліцилової кислоти піпеткою Пастера до появи характерного червоного забарвлення. Поставте конічну колбу на мішалку та витримайте 5–7 хвилин. За цей час розчин має нагрітись до 50–60°C.
4. Доведіть рівень робочого розчину до відмітки «0» за нижнім меніском.
5. Зніміть конічну колбу з мішалки та одразу титруйте розчином ЕДТА до переходу яскраво-червоного забарвлення в жовте.
6. Повторіть п.п.3-5 ще два-три рази.
7. Результати запишіть у таблицю.
8. Використовуючи отримані експериментальні дані, розрахуйте масу іонів Fe^{3+}, що містилась у мірній колбі, та запишіть у форматі **X,XX·10^{XX}** г. **Прийміть молярну масу Fe^{3+} 55,85 г/моль**.

Номер титрування	**V_a(задачі), мл**	**V(ЕДТА), мл**	**V(ЕДТА) обраний для розрахунків, мл**	**m(Fe^{3+}), г**
1	10,0	10,1	10,1	$5{,}70\cdot10^{-2}$
2		10,15		
3		10,1		
4		10,1		
Місце для розрахунків				

11 клас

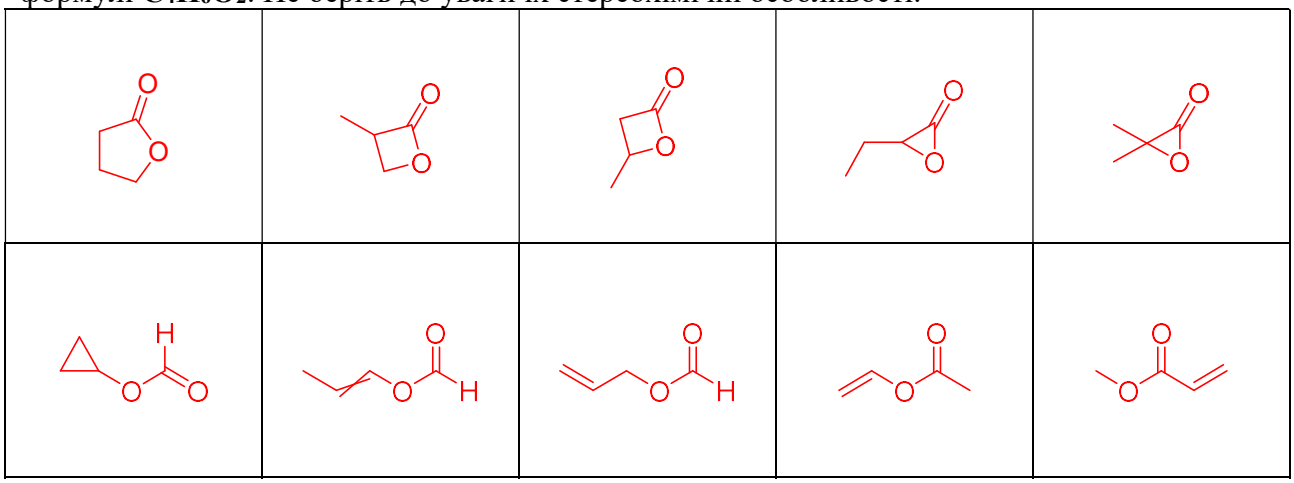
Завдання 11.1. Естери (*Автор: Григоренко Олександр*)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

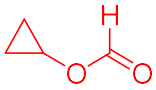
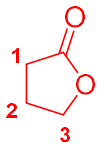
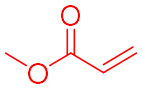
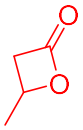
Питання	**1.1**	**1.2**	**1.3**	**Сума**
Максимум	3	4	3	10
Перевірка				

Чотири естери **A–D** мають брутто-формулу $C_4H_6O_2$. Одна з цих сполук є ациклічною, інші ж містять у своїй структурі циклічний фрагмент.

11.1.1. **Наведіть** структурні формули усіх можливих естерів, що відповідають брутто-формулі $C_4H_6O_2$. Не беріть до уваги їх стереохімічні особливості.



11.1.2. Вам надано ^{1}H ЯМР спектри естерів **A**–**D**. Використовуючи спектральні дані та наведено вище брутто-формулу, **встановіть** структурні формули сполук **A**–**D**.

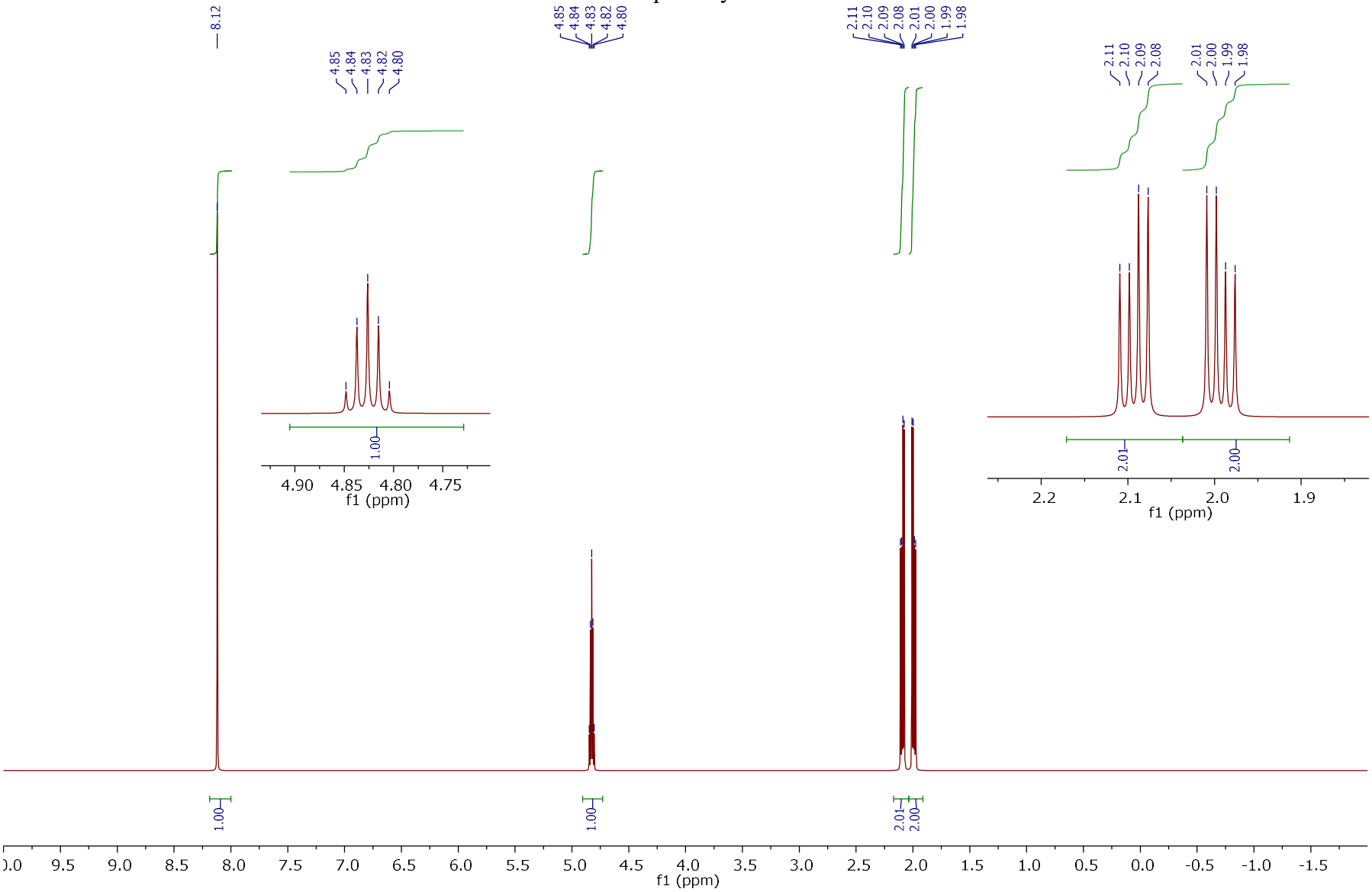
A	**B**	**C**	**D**
			

11.1.3. Пронумеруйте групи атомів Гідрогену у структурі сполуки **B**, яку ви навели у п. 2, та **проведіть** співвіднесення сигналів у ^{1}H ЯМР спектрі, що їм відповідають. Також **вкажіть** мультиплетність сигналів.

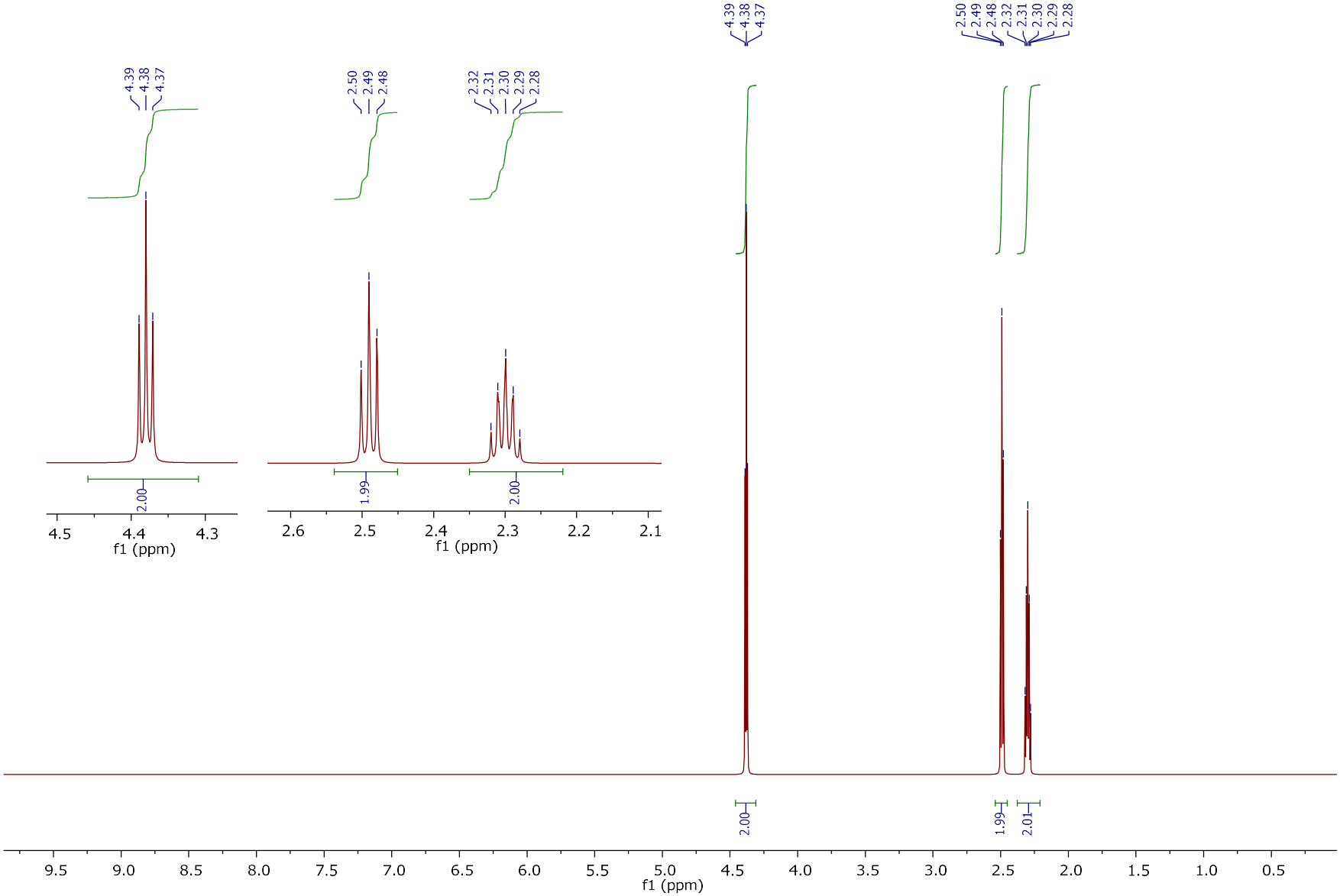
Хімічний зсув сигналу, м.ч.	4.38	2.49	2.30
Номер групи атомів	3	1	2
Мультиплетність	Триплет	триплет	квінтет

VI Всеукраїнська дистанційна олімпіада з хімії, 2024

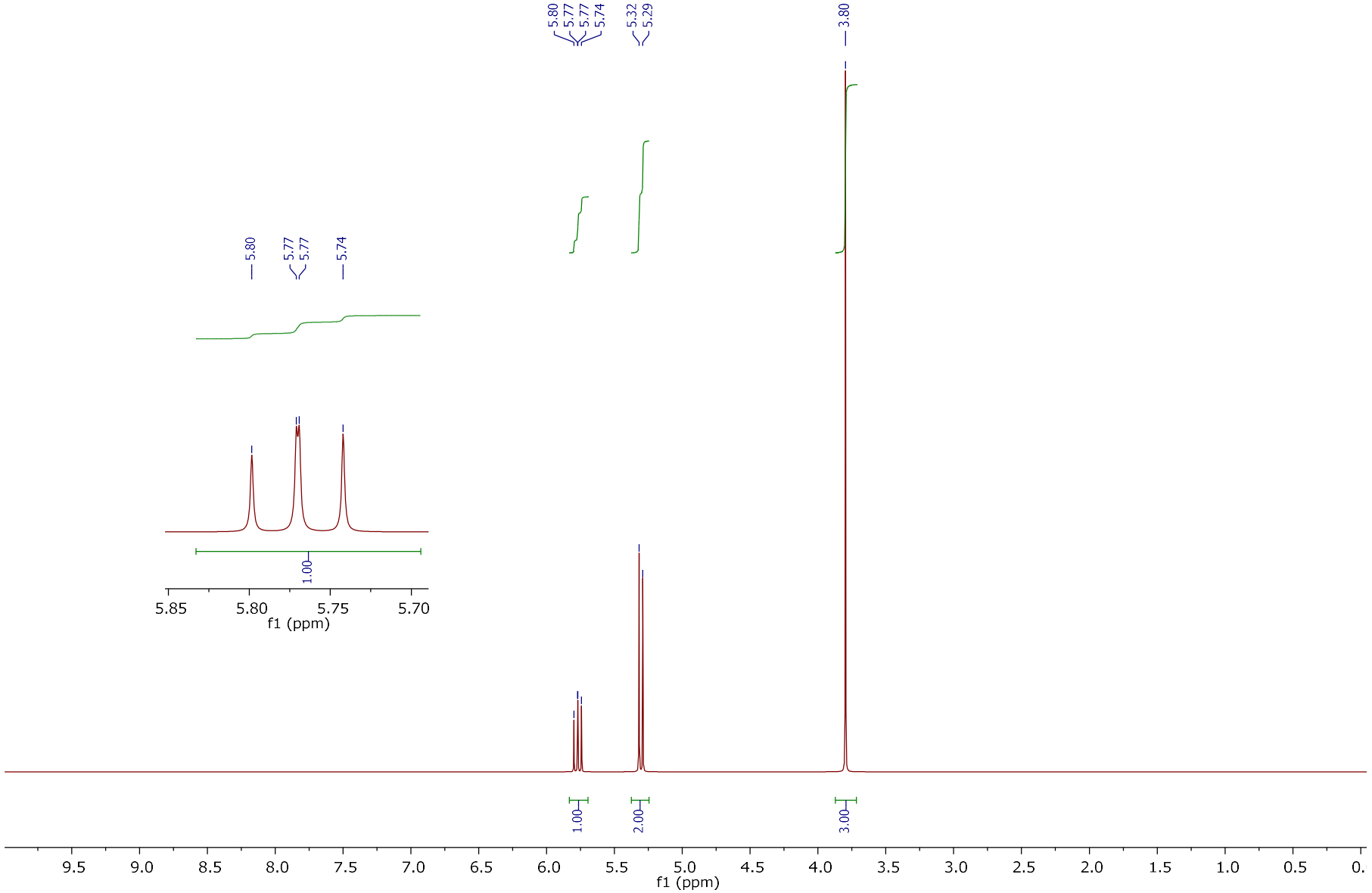
Спектр сполуки **A**



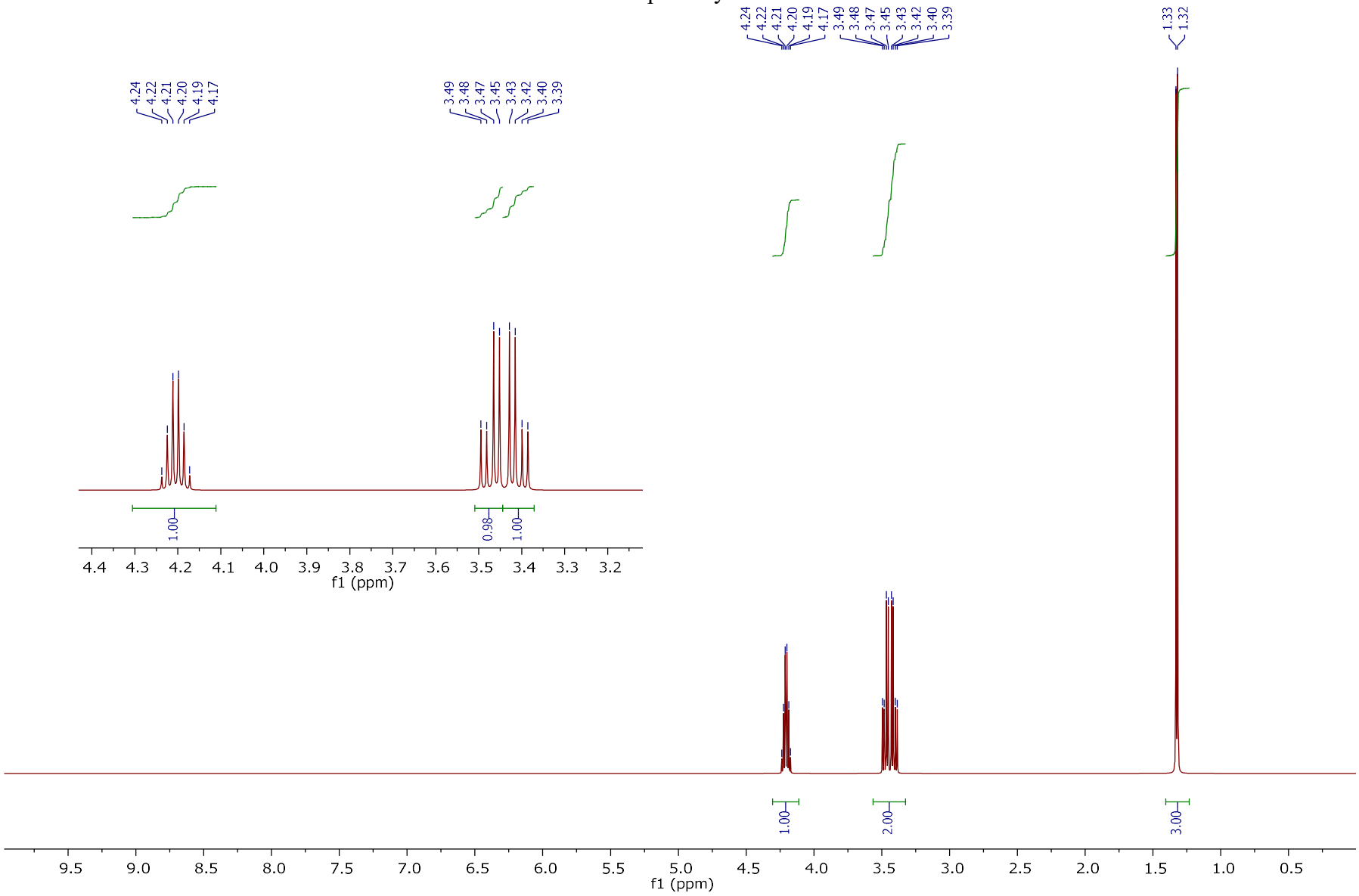
Спектр сполуки **B**



Спектр сполуки **C**



Спектр сполуки **D**

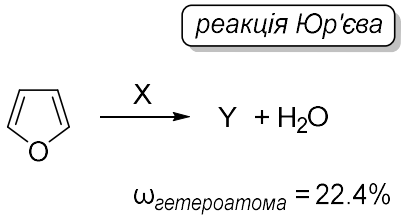


Завдання 11.2. Від фурану до бензену лишається три кроки (Автор: Ляшук Олександр)

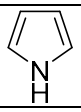
Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	**2.1**	**2.2**	**2.3**	**2.4**	**Сума**
Максимум	1	5	2	2	10
Перевірка					

Концепція одноатомних скелетних модифікацій (тобто зміна виключно *одного* атома в циклічній системі) останнім часом отримала друге дихання, пропонуючи все нові способи простих та іноді зовсім неочевидних переходів між різними гетероциклами.
Одним із перших прикладів такого перетворення є реакція Юр'єва, запропонована у далекому 1936 р.

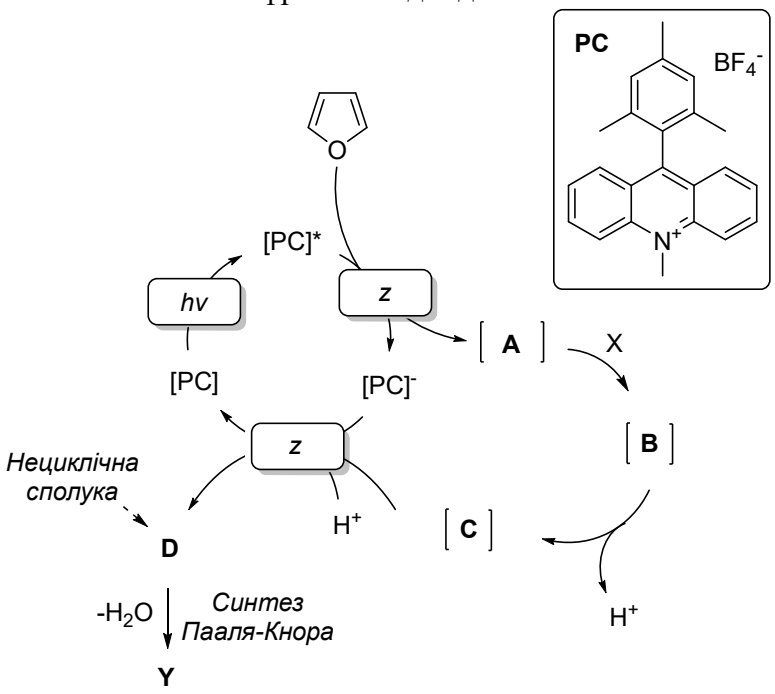


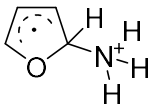
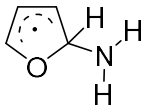
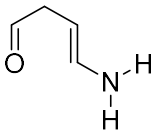
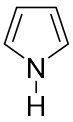
11.2.1. **Визначте** **X** та **Y**, якщо **X** – це надзвичайно важливий для хімічної промисловості газ із температурою кипіння -33 °C.

X	**Y**
NH_3, амоніак	

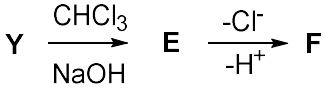
Вищевказана реакція вимагала дуже жорстких умов і мала досить серйозні обмеження по типу субстратів. Аналогічне перетворення може бути проведене у варіанті фотохімічної реакції.

11.2.2. Заповніть інтермедіати та проміжні сполуки в механізмі цього перетворення, якщо відомо що інтермедіати **A**, **B**, **C** мають радикальну природу, а сполука **D** – є ациклічною. Яка частинка зашифрована під індексом z?

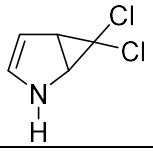
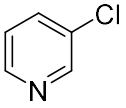


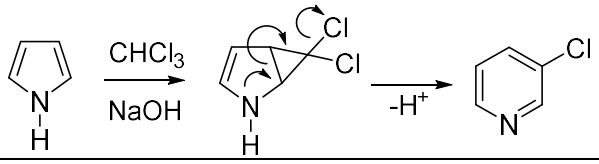
A	B	C	D	*z*
				

Наступним кроком на шляху до бензену є збільшення розміру циклу.



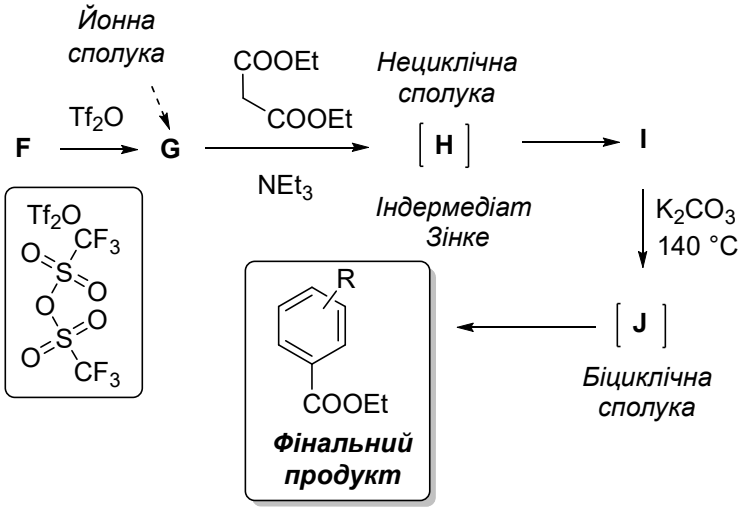
11.2.3. <u>Вкажіть</u> проміжну сполуку **E** та продукт **F**. Зобразіть механізм перетворення **E** в **F**.

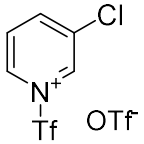
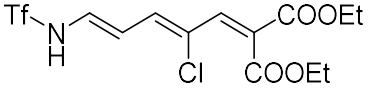
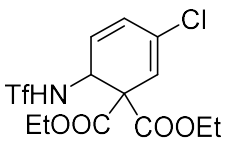
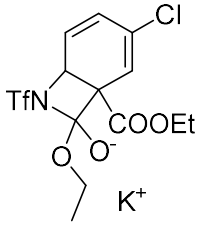
E		F	
			



Фінальним етапом у синтезі похідних бензену з фурану є заміна гетероатома на атом Карбону.

11.2.4. <u>Розшифруйте</u> наступний ланцюжок перетворень. Якщо Вам невідома сполука **F**, припустіть що замість неї в реакцію вступає піридин.



G	H	I	J
			

Завдання 11.3. Кінетика перетворення (*Автор: Кудрик Олександр*)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	**3.1**	**3.2**	**3.3**	**3.4**	**3.5**	**Сума**
Максимум	0,5	2,5	1,5	2	3,5	10
Перевірка						

Сполуки Ce^{4+} - сильні одноелектронні окисники, що взаємодіють з різними органічними та неорганічними сполуками.

У кислому середовищі церій(IV) перхлорат окиснює гідроксиламін до нітратної кислоти.

11.3.1. Запишіть рівняння цієї реакції.

$6Ce^{4+} + NH_2OH + 2H_2O = 6Ce^{3+} + HNO_3 + 6H^+$

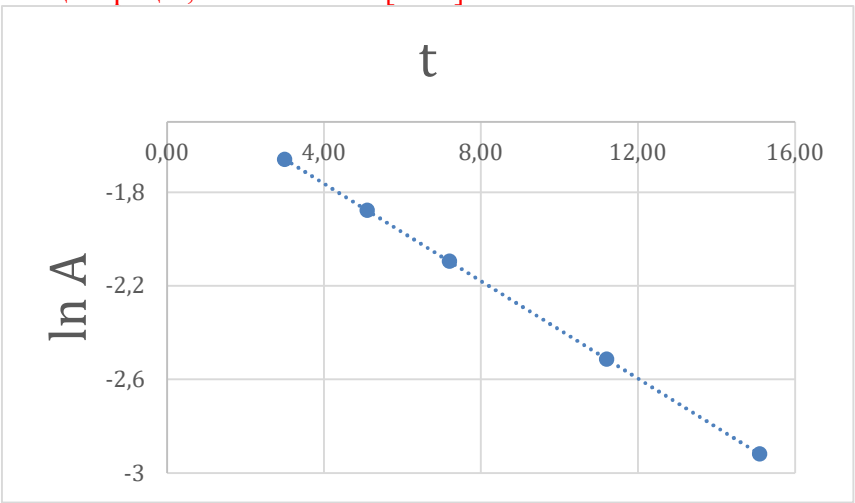
Кінетика цього перетворення була досліджена за допомогою stopped-flow методу – надзвичайно швидкого змішування розчинів $Ce(ClO_4)_4$ та NH_2OH. Перебіг реакції відслідковувалося спектрофотометрично за зміною поглинання на довжині хвилі λ = 297 нм у часовому інтервалі 3-80 мілісекунд.

11.3.2. Визначте порядок за Ce^{4+} та **ефективну константу швидкості** цієї реакції. Початкові концентрації: $[Ce^{4+}]$ = 0.2 mM, $[NH_2OH]$ = 5 mM. Вважайте, що на цій довжині хвилі поглинає тільки Ce^{4+}.

A	0.190	0.153	0.123	0.081	0.054	0.014	0.007
t, мс	3	5.1	7.2	11.2	15.1	30.4	50.6

Значення A відкалібровані відносно дистильованої води.

Для перевірки першого порядку реакції (найбільш імовірний на основі умови, $[NH_2OH] >> [Ce^{4+}]$ для створення умов псевдопершого порядку) можна підставляти значення A замість концентрацій, оскільки $A \sim [Ce^{4+}]$.



Пряма лінія у координатах lnA – t, подібні значення k між сусідніми точками. Отже, перший порядок.

Дві останні точки виключаємо через похибки вимірювань і поглинання інших компонентів розчину.

$k_{obs} = 1.04*10^2\ c^{-1}$

11.3.3. Визначте коефіцієнт екстинкції Ce^{4+}. Довжина оптичного шляху 1 см.

Наприклад, для т.1 $[Ce^{4+}] = 0.146$ mM

$A = \varepsilon c l$

$\varepsilon = 1300\ M^{-1}см^{-1}$

Порядок за NH_2OH визначили, змінюючи його початкову концентрацію:

$[NH_2OH]$, mM	2	3	4	5
k_{obs}	$4.2*10^1$	$6.25*10^1$	$8.32*10^1$	$1.04*10^2$

11.3.4. Встановіть порядок за NH_2OH та дійсну **константу швидкості реакції**.

Для псевдопершого порядку $k_{obs} = k[NH_2OH]$

$$\frac{k_{obs,1}}{k_{obs,2}} = \left(\frac{[NH_2OH]_1}{[NH_2OH]_2}\right)^n$$

n = 1, k = $2.08*10^4$ $M^{-1}c^{-1}$

Виявилося, що константа цієї реакції нелінійно залежить від $[H^+]$. Це можна пояснити наявністю декількох гідратованих форм Ce^{4+}, що реагують з різною швидкістю. Було запропоновано наступний механізм:

$$Ce^{4+} + HONH_3^+ \xrightarrow{k_1} Ce^{3+} + {}^{\bullet}ONH_2 + 2H^+ \quad (6)$$

$$Ce(OH)^{3+} + HONH_3^+ \xrightarrow{k_2} Ce^{3+} + {}^{\bullet}ONH_2 + H_2O + H^+ \quad (7)$$

$$Ce(OH)_2^{2+} + HONH_3^+ \xrightarrow{k_3} Ce^{3+} + {}^{\bullet}ONH_2 + 2H_2O \quad (8)$$

$${}^{\bullet}ONH_2 + 5Ce(IV) + 2H_2O \xrightarrow{\text{fast}} NO_3^- + 5Ce^{3+} + 6H^+ \quad (9)$$

Перетворення різних форм Ce^{4+}, наявних у розчині при pH = 0.5-2, описуються наступними рівновагами:

$$Ce^{4+} + H_2O \overset{K_{h1}}{\rightleftharpoons} Ce(OH)^{3+} + H^+ \quad (4)$$

$$Ce(OH)^{3+} + H_2O \overset{K_{h2}}{\rightleftharpoons} Ce(OH)_2^{2+} + H^+ \quad (5)$$

11.3.5. Виведіть швидкість зміни загальної концентрації церію(IV) $[Ce_{tot}]$, від $[Ce_{tot}]$, $[NH_3OH]^+$, $[H^+]$ та констант k_{1-3}, K_{h1-2}.

$$-\frac{d[Ce_{tot}]}{dt} = 6 * (k_1[Ce^{4+}] + k_2[Ce(OH)]^{3+} + k_3[Ce(OH)_2]^{2+}) * [NH_3OH]^+$$

$$= [Ce^{4+}][NH_3OH]^+(k_1 + k_2\frac{K_{h1}}{[H^+]} + k_3\frac{K_{h1}K_{h2}}{[H^+]^2})$$

$$[Ce_{tot}] = [Ce^{4+}] + [Ce(OH)]^{3+} + [Ce(OH)_2]^{2+} = [Ce^{4+}](1 + \frac{K_{h1}}{[H^+]} + \frac{K_{h1}K_{h2}}{[H^+]^2})$$

$$-\frac{d[Ce_{tot}]}{dt} = 6 * \frac{k_1[H^+]^2 + k_2K_{h1}[H^+] + k_3K_{h1}K_{h2}}{[H^+]^2 + K_{h1}[H^+] + K_{h1}K_{h2}} * [Ce_{tot}] * [NH_3OH]^+$$

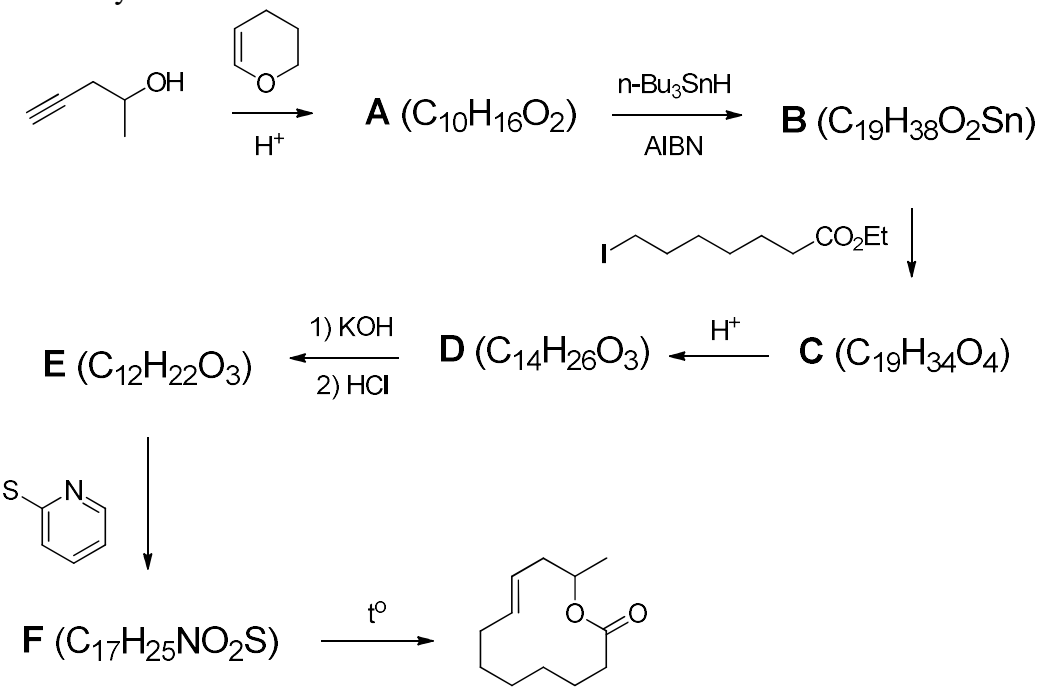
Завдання 11.4. Classics in Total Synthesis. (*Автор: Друженко Тетяна*)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

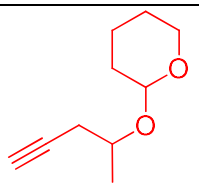
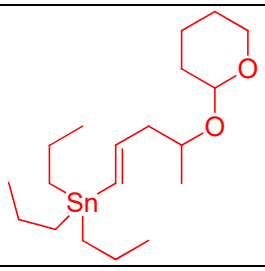
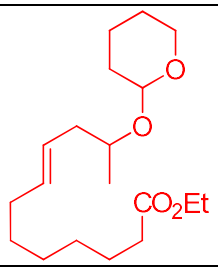
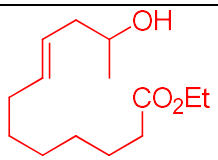
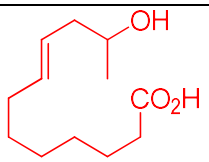
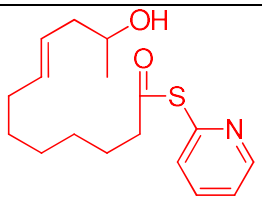
Питання	**4.1**	**4.2**	**4.3**	**4.4**	**Сума**
Максимум	6	1	1,5	1,5	10
Перевірка					

Якщо колись буде написана історія XX сторіччя,
одна з її глав ймовірно буде присвячена тонкому синтезу складних молекул,
зокрема повному синтезу природних сполук.
Елайс Джеймс Корі, 1995 рік

Одним з «батьків» тотального синтезу (тобто повного синтезу складних органічних молекул) вважають Нобелівського лауреата Елайса Джеймса Корі. Зокрема, професор Корі цікавився синтезом макролідів, або ж макроциклічних лактонів. Вам запропоновано дещо спрощену схему одержання одного із багатьох лактонів, уперше (звісно, після Матінки-Природи☺) синтезованого групою професора Корі. AIBN – радикальний ініціатор; n-Bu – н-бутил.



11.4.1. <u>Зобразіть структурні формули</u> сполук **A – F**.

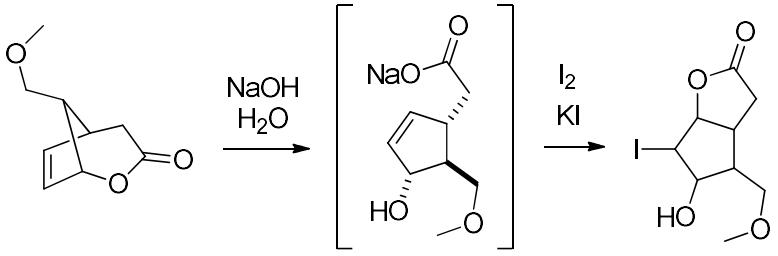
A	**B**	**C**
		
D	**E**	**F**
		

Важливим внеском групи професора Корі у світову науку є розробка м'яких методів активації карбонових кислот для селективного одержання естерів, амідів та інших похідних.

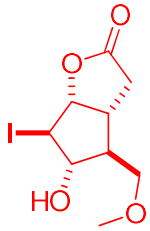
11.4.2. **Які продукти утворяться**, якщо на стадії естерифікації замість 2,2'-дипіридилдисульфіду узяти $SOCl_2$?

Суміш поліестерів. Також унаслідок дії хлоридної кислоти, яка може виділитися в процесі реакції з $SOCl_2$, може «знятися» тетрагідропірановий захист, що веде до подальших побічних процесів.

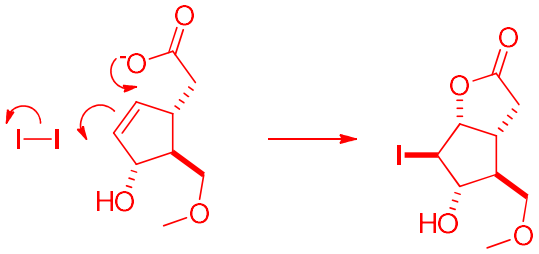
Також у групі професора було вдосконалено і застосовано метод, який пізніше отримав назву «йодолактонізація за Корі».



11.4.3. **Наведіть стереохімічну конфігурацію** продукту **Y**, якщо відомо, що інверсія вже існуючих стереоцентрів у інтермедіаті **X** НЕ відбувається.



11.4.4. **Запропонуйте механізм перетворення** інтермедіату **X** у продукт **Y**.



Завдання 11.5. Капустяний індикатор та пожежогасіння в Країні Дивовиж (частина перша) (*Автор: Друженко Тетяна*)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	**5.1**	**5.2**	**5.3**	**5.4**	**5.5**	**5.6**	**5.7**	**Сума**
Максимум	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	10
Перевірка								

На кислих ґрунтах гортензія має блакитний цвіт,
на нейтральних – бузковий,
на лужних – рожевий або червоний…
З ботанічного довідника

Білий Кролик помітив, що голови червоноголової капусти одного й того ж сорту можуть бути забарвленими у фіолетово-червоний, а можуть – у синій колір. Вступивши до аспірантури в Лабораторію Чудасій та Дивовиж імені Льюїса Керролла (ЛаЧуДив), він вирішив присвятити дисертаційне дослідження вивченню причин цього явища. Кролик припустив, що до складу капусти входять два різні барвники: один синій, інший фіолетово-червоний.

Яким же було здивування, коли він нашаткував «синю» капусту, додав до неї трохи оцту – а прийшовши наступного дня на роботу, побачив, що капуста стала «червоною»! Кролик зрозумів, що синій і червоний барвник – це насправді одна й та ж речовина, яка існує у різних формах в залежності від pH.

У «Книзі без Малюнків та Діалогів» він відшукав формулу $pH = pK_a + lg([B]/[A])$, де [B] – рівноважна концентрація форми, що переважає в лужному середовищі; [A] – рівноважна концентрація форми, що переважає у кислому середовищі.

Білий Кролик одержав екстракт соку червоноголової капусти і додав його до буферних розчинів із відомими заздалегідь значеннями pH. За допомогою спектрофотометричних досліджень Кролик встановив, що при pH = 5.0 у «червоній» формі існує 99% молекул барвника, а в «синій» – лише 1%. При pH = 7.2 співвідношення концентрацій «червоної» і «синьої» форм барвника складало 39:61.

11.5.1. Розрахуйте pK_a барвника.

$pH = pK_a + lg([B]/[A])$
$pK_a = pH - lg([B]/[A]) = 5.0 + 2.0 = 7.0$
$pK_a = pH - lg([B]/[A]) = 7.2 - 0.2 = 7.0$

pK_a = 7.0

Білий Кролик працював багато і наполегливо, внаслідок чого в ЛаЧуДив закінчився буферний розчин з pH = 5.0. Замовляти буферні розчини в Задзеркаллі було дорого, до того ж їх доставка займала декілька тижнів, а Білий Кролик дуже поспішав. На щастя, Лабораторна Миша відшукала 0.20 М розчин оцтової кислоти та 0.20 М розчин натрій ацетату. Скориставшись вже відомою йому формулою $pH = pK_a + lg([B]/[A])$ та довідниковим значенням $pK_a(CH_3COOH) = 4.75$, Кролик хутко приготував один літр буферу з pH = 5.0.

11.5.2. Скільки мілілітрів 0.20 М розчину натрій ацетату використав Білий Кролик?

$pH = pK_a + lg([NaOAc]/[HOAc])$
$lg([NaOAc]/[HOAc]) = 5.00 - 4.75 = 0.25$
$[NaOAc]/[HOAc] = 1.778$
$C(NaOAc)V(NaOAc) = 1.778C(HOAc)V(HOAc)$
$V(NaOAc) + V(HOAc) = 1000$ мл
$V(NaOAc) = 640$ мл

V(NaOAc) = 640 мл

Березневий Заєць застосував наукові результати свого кузена з комерційною метою, розпочавши вирощування капусти різних кольорів у сімейній теплиці. Для одержання «червоної» капусти Заєць використовував для поливу газовану воду, а для «синьої» – розведений розчин харчової соди. Задля стандартизації процесу Заєць звернувся до Кролика із проханням встановити склад розчинів для поливу.

Вимірявши pH газованої води за допомогою pH-метра, Білий Кролик одержав значення 3.92.

11.5.3. Розрахуйте молярну концентрацію карбонатної кислоти у газованій воді. $pK_{a1}(H_2CO_3) = 6.35$.

$[H^+] = (CK_a)^{1/2}$
$C = [H^+]^2/K_a = 0.0324$ моль/л

C(H_2CO_3) = 0.0324 моль/л

11.5.4. **Розрахуйте** молярну концентрацію розчину харчової соди, якщо його pH скдав 8.02.

$[OH^-] = (CK_a/K_w)^{1/2}$ $C(NaHCO_3) = [OH^-]^2K_a/K_w = 4.9\cdot10^{-5}$моль/л
C($NaHCO_3$) = $4.9\cdot10^{-5}$моль/л

Дослідженнями Кролика зацікавилася Біла Королева, котра запропонувала йому Стипендію для Молодих Вчених. Однією з умов одержання Стипендії було встановлення структури сполук, відповідальних за забарвлення червоноголової капусти.

З підкисленого екстракту червоноголової капусти Кролик одержав багряні кристали сполуки **A**. Відповідно до результатів елементного аналізу, вона містила 55.83% Карбону, 3.44% Гідрогену, 10.99% Хлору. Оскільки інших галогенів, Нітрогену, Сульфуру та Фосфору виявлено не було, Білий Кролик вирішив, що до складу **A** входить також Оксиген.

11.5.5. **Встановіть** брутто-формулу **A**.

n(C) : n(H) : n(Cl) : n(O) = = 55.83/12.01 : 3.44/1.01 : 10.99/35.45 : (100-55.83-3.44-10.99)/16.00 = = 4.65 : 3.44 : 0.31 : 1.86 = 15 : 11 : 1 : 6, що відповідає формулі $C_{15}H_{11}ClO_6$
$C_{15}H_{11}ClO_6$

Мас-спектрометрія показала наявність у сполуці органічного катіона масою 287 а.о.м. При додаванні розчину $AgNO_3$ до розчину **A** випадав сирнистий (білий після промивання) осад, розчинний у розчині амоніаку.

11.5.6. **Наведіть** брутто-формули аніона та катіона солі **A**.

$C_{15}H_{11}O_6^+$	Cl^-

Білий Кролик проаналізував ^1H, ^{13}C, а також двовимірні ЯМР-спектри сполуки **A**. Він одержав наступну інформацію:

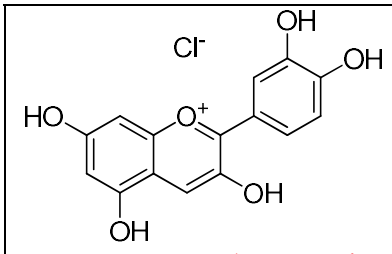
Усі 15 атомів Карбону належать до ароматичних кілець.

Шість атомів Гідрогену є ароматичними (з них 4 синглети і два дублети).

П’ять атомів Гідрогену належать до фенольних OH-груп.

Один з атомів Оксигену є тривалентним (!), позитивно зарядженим (!) та входить до складу шестичленного ароматичного кільця (!).

11.5.7. **Запропонуйте** структурну формулу **A**.



Зараховується будь-яка ізомерна структура, що відповідає умові задачі

Завдання 11.6. Аналітичні розрахунки (*Автор: Алексєєв Сергій*)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	**6.1**	**6.2**	**6.3**	**6.4**	**6.5**	**6.6**	**6.7**	**Сума**
Максимум	2	2	0,5	1,5	1	1	2	10
Перевірка								

Зразок нержавіючої сталі містить такі легуючі добавки, як хром, манган та інші метали, наявність яких не впливає на хід аналізу. Вказаний зразок масою 0,5000 г повністю розчинили у суміші HCl:HNO_3, одержаний розчин випарили у фарфоровій чашці, додали 5 мл сульфатної кислоти та випарили ще раз, до появи білих парів. Одержану суміш розчинили у воді і кількісно перенесли в 100 мл мірну колбу 1.

11.6.1. Напишіть рівняння реакцій, що відбуваються.

$Fe + 3HCl + HNO_3 = FeCl_3 + NO + 2H_2O$
$Cr + 3HCl + HNO_3 = CrCl_3 + NO + 2H_2O$
$3Mn + 6HCl + 2HNO_3 = 3MnCl_2 + 2NO + 4H_2O$
$2FeCl_3 + 3H_2SO_4 = Fe_2(SO_4)_3 + 6HCl$
$2CrCl_3 + 3H_2SO_4 = Cr_2(SO_4)_3 + 6HCl$
$MnCl_2 + H_2SO_4 = MnSO_4 + 2HCl$

Аліквоту 20 мл суміші з мірної колби пропустили через кадмієвий редуктор (скляна колонка, наповнена порошком кадмію). Після цього додали натрій фторид та сульфатну кислоту. Одержаний розчин відтитрували 0,01 моль/л розчином $K_2Cr_2O_7$ з платиновим та хлорид-срібним електродами (E = 0.205 В); точка перегину кривої титрування спостерігалася при 22,00 мл титранту.

11.6.2. Запишіть рівняння реакції, що відбувається, та **розрахуйте** у відсотках за масою вміст заліза у зразку.

$Fe_2(SO_4)_3 + Cd = 2FeSO_4 + CdSO_4$

$6FeSO_4 + 24NaF + K_2Cr_2O_7 + 7H_2SO_4 = 6Na[FeF_4] + 12Na_2SO_4 + K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 7H_2O$

$$\omega(Fe) = \frac{6 \cdot 10^{-2}\text{моль/л} \cdot 22 \cdot 10^{-3}\text{л} \cdot 55{,}845\ \text{г/моль} \cdot (100\ \text{мл}/20\text{мл})}{0{,}5000\ \text{г}} \cdot 100\% = 73{,}72\%$$

Вміст Fe, %: 73,72%

11.6.3. Чому використання в даному аналізі не кадмієвого, а цинкового редуктора може спричинити помітну помилку? **Завищеним чи заниженим** буде одержаний результат?

$Cr_2(SO_4)_3 + Zn = 2CrSO_4 + ZnSO_4$

Далі $CrSO_4$ буде титруватися за п. 6.2, що дасть суттєво завищений результат

Відомо, що $pK_a(HF) = 3.17$, $E^0(Fe^{3+}/Fe^{2+}) = +0.771$ В, $E^0(Cr_2O_7^{2-},H^+/2Cr^{3+}) = +1.33$ В а $lg\beta_4(FeF_4^-) = 16$, утворенням всіх інших фторидних комплексів можна знехтувати.

11.6.4. Розрахуйте значення різниці потенціалів між електродами, що відповідатиме 11 мл доданого $K_2Cr_2O_7$, вважаючи, що в цій точці pH розчину становить 1, а загальна концентрація фториду в ньому 1 моль/л.

$$\Delta E = E_{\text{інд}} - E_{\text{порівн}}$$

Електрод порівняння – хлорид-срібний (E = 0.205 В), а потенціал індикаторного платинового електроду відповідає окисно-відновному потенціалу розчину, який за вказаних умов визначається співвідношенням концентрацій іонів Fe^{3+} та Fe^{2+}.

$$E_{\text{інд}} = E^0_{Fe^{3+}/Fe^{2+}} + 0.059lg\frac{[Fe^{3+}]}{[Fe^{2+}]}$$

Концентрація вільних іонів Fe^{3+}

$Fe^{3+} + 4HF = FeF_4^- + 4H^+$

$$K = \frac{[FeF_4^-][H^+]^4}{[Fe^{3+}][HF]^4} = \frac{[FeF_4^-][H^+]^4[F^-]^4}{[Fe^{3+}][HF]^4[F^-]^4} = \beta_4 \cdot K_a^4$$

$$lgK = lg\beta_4 - 4pK_a = 3.32$$

Оскільки значення К достатньо велике, K_a(HF) – досить мале, а загальна концентрація фториду значно вища за концентрацію заліза, можна припустити, що практично всі йони Fe^{3+} зв'язані у комплекс, а фторид перебуває у вигляді HF. 11 мл $K_2Cr_2O_7$ – відтитровано половина Fe^{2+}, тобто $[Fe^{2+}] = C_{Fe3+} \cong [FeF_4^-]$. Маємо:

$$[Fe^{3+}] = \frac{[FeF_4^-][H^+]^4}{K[HF]^4} \approx \frac{C_{Fe^{3+}}[H^+]^4}{K \cdot C_{NaF}}$$

$$E_{\text{інд}} = E^0_{Fe^{3+}/Fe^{2+}} + 0.059lg\frac{C_{Fe^{3+}}[H^+]^4}{K \cdot C_{NaF}[Fe^{2+}]} \approx E^0_{Fe^{3+}/Fe^{2+}} + 0.059(-lgK - 4pH - lgC_{NaF})$$

$E_{\text{інд}} = 0{,}771 - 0{,}059 \cdot (3{,}32 + 4 + 0) = 0{,}339$ В

E = 0,134В

Звісно, можна порахувати і точніше, зокрема, врахувати, що частина фториду зв'яжеться у комплекс, тоді матимемо [HF]=0.84 моль/л і E = 0,139В, але це від учасників не вимагається.

11.6.5. На якісному рівні **поясніть**, з якою метою додавали фторид при цьому титруванні.

Щоб зв'язати Fe^{3+} у комплекс.

Завдяки цьому зменшити значення потенціалу на першій ділянці кривої титрування, зробити більший «стрибок» кривої та її різкіший перегин.

Тобто – точніше встановити точку кінця титрування.

Для визначення хрому та мангану до аліквоти 1,00 мл розчину з колби 1 додали по 20 мл води, 5 мл фосфатної кислоти та 0,5 г KIO_4, отриману суміш нагріли до кипіння, довели до мітки у мірній колбі 100 мл виміряли її оптичну густину у 1 см кюветах при 430 та 550 нм. Аналогічні дії провели із розчином $KCr(SO_4)_2$, що містив 0,1 г/л хрому та розчином $MnSO_4$, що містив 0,2 г/л мангану. Одержані значення оптичних густин приведені у таблиці.

	Колба 1	$KCr(SO_4)_2$	$MnSO_4$
A_{430}	0,900	0,400	0,100
A_{550}	0,500	0,060	0,350

11.6.6. **Напишіть рівняння реакцій**, що відбуваються. **Чому** при підкисленні розчину з колби 1 важливо використовувати саме фосфатну кислоту? **Які** з кислот (H_2SO4, HCl, HNO_3) можна використовувати при проведенні реакції з $KCr(SO_4)_2$?

$2MnSO_4 + 5KIO_4 + 3H_2O = 2HMnO_4 + 5KIO_3 + 2H_2SO_4$

$2KCr(SO_4)_2 + 3KIO_4 + 4H_2O = K_2Cr_2O_7 + 3KIO_3 + 4H_2SO_4$

Солі Fe^{3+} мають жовте забарвлення і будуть сильно поглинати світло при 430 нм.

Комплекс Fe^{3+} з фосфатом безбарвний. Отже, фосфатна кислота маскує Fe^{3+}.

$KIO_4 + 2HCl = KIO_3 + Cl_2$

Інші дві кислоти за відсутності Fe^{3+} можна використовувати.

11.6.7. **Розрахуйте** у відсотках за масою вміст хрому та мангану у сталі.

Розведення всіх проб відбувалося ідентичним чином, а світлопоглинання пов'язано із концентрацією речовини за законом Бугера-Ламберта-Бера, можна скласти таку систему рівнянь

$$A_{430} = 0.400 \cdot \frac{C_{Cr}}{0.1} + 0.100 \cdot \frac{C_{Mn}}{0.2}$$
$$A_{550} = 0.060 \cdot \frac{C_{Cr}}{0.1} + 0.350 \cdot \frac{C_{Mn}}{0.2}$$

Підставивши значення для досліджуваного розчину, маємо:
C_{Cr} = 0.1978 г/л
C_{Mn} = 0.2179 г/л

Вміст Cr, %:	3,96%	**Вміст Mn, %:**	4,36%

Завдання 11.7. (Електро)хімічні передбачення (*Автор: Іваниця Микита*)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	**7.1**	**7.2**	**7.3**	**7.4**	**7.5**	**7.6**	**Сума**
Максимум	1	4*0,75	2*0,5	4*0,75	1	2*0,5	10
Перевірка							

Деякі метали розчиняються у кислотах-неокисниках, а деякі ні. Зазвичай для визначення, чи буде відбуватись дана реакція, чи ні, користуються табличкою електрохімічної активності металів. Давайте розглянемо дане явище на прикладі реакції нікелю з кислотою

$Ni_{(s)} + 2\ H^+_{(aq)} \rightarrow Ni^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)}$

11.7.1. Вкажіть, чи буде відбуватись дана реакції за стандартних умов, користуючись рядом електрохімічної активності металів.

Так, реакція відбувається, оскільки Ni в ряду активності металів стоїть лівіше за водень

Проте довести твердження з приводу взаємодії металу з кислотами неокисниками можна і іншим способом. Так, загальновідомо, що для спонтанних реакцій зміна вільної енергії Гібса є меншою нуля.

11.7.2. На основі наведених нижче термодинамічних даних розрахуйте зміну ентальпії, ентропії та вільної енергії Гіббса. На основі ваших розрахунків вкажіть, чи є реакція спонтанною.

$\Delta H = \Delta H_f^0$ (продуктів) - ΔH_f^0 (реагентів) = - 53 973,6 Дж/моль
$\Delta S = \Delta S^0$(продуктів) - ΔS^0(реагентів) = 31,59 Дж/(К*моль)
$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ = - 63 393,17 Дж/моль (для ст. у.)
Відповідно, реакція є спонтанною

Окрім цього, дана реакція є окисно-відновною, а значить, що її напрямок можна передбачити за допомогою розрахунку електрорушійної сили реакції з використанням стандартних електродних потенціалів Ni^{2+}/Ni та H^+/H_2.

11.7.3. Розрахуйте ЕРС реакції та вільну енергію Гіббса для реакції з використанням ЕРС.

Для спонтанної реакції ЕРС > 0.
Оскільки, $E_0(H^+/H_2)$-$E_0(Ni^{2+}/Ni)$ = 0,257 В, то реакція є спонтанною.
ΔG = -nF(ЕРС) = -49 593,29 Дж/моль. Розбіжність у величинах спричинена тим, що властивості водню у присутності платинового електроду дещо відрізняються від властивостей звичайного водню

Подібним методом можна перевірити, чи буде один метал заміщати інший в розчині. Так, уявімо собі реакції розчину Ni^{2+} з, імовірно, маловідомим вам металом - Ce.

$Ce_{(s)} + Ni^{2+}_{(aq)} \rightarrow Ni_{(s)} + Ce^{3+}_{(aq)}$

Давайте передбачимо напрямок даної реакції за допомогою розрахунку вільної енергії Гібса реакції.

11.7.4. На основі наведених нижче термодинамічних даних розрахуйте зміну ентальпії, ентропії та вільної енергії Гіббса для реакції Ce з Ni^{2+}. На основі ваших розрахунків вкажіть, чи є реакція спонтанною.

$\Delta H = \Delta H_f^0$ (продуктів) - ΔH_f^0 (реагентів) = -1 230 479,2 Дж/моль
$\Delta S = \Delta S^0$(продуктів) - ΔS^0(реагентів) = -77,78 Дж/(К*моль)
$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ = -1207289,95 Дж/моль = -1 207,29 кДж/моль (для ст. у.)
Відповідно, реакція є *дуже* спонтанною

Так само як і з реакцією розчинення нікелю в кислоті, напрям реакції можна дізнатись за допомогою розрахунку ЕРС реакції. Проте для цього вам треба знайти стандартний електродний потенціал пари Ce^{3+}/Ce.

Його можна знайти за допомогою такого експерименту. В стакан з розчином солі Ce^{3+} (наприклад, $Ce_2(SO_4)_3$) з концентрацією 0,05М додають пластинку з металічного церію. Через сольовий місток під'єднують електрод порівняння - Ag/AgCl в розчині 1М KCl, який в даному випадку слугує катодом і має сталий потенціал у 0,23 В. Електрод порівняння і пластинку з церію підключають до вольтметру, і одержують значення електрорушійної сили гальванічного елементу в 2,59 В.

11.7.5. Розрахуйте стандартний електродний потенціал для пари Ce^{3+}/Ce.

Оскільки електрод порівняння виступає в якості катоду, то
$E(Ce^{3+}/Ce) = E(AgCl+1M\ KCl/Ag) - ЕРС$ = -2,36 В.
За рівнянням Нернста, $E = E^0 + (0,0592/z)\log[Ce^{3+}]$, з рівняння виходить, що E^0 (Ce^{3+}/Ce) = -2,34 В

11.7.6. Розрахуйте ЕРС реакції Ce з Ni^{2+} та вільну енергію Гіббса для даної реакції з використанням одержаного ЕРС.

$E^0(Ni^{2+}/Ni) - E^0$ (Ce^{3+}/Ce) = 2,08 В, реакція є спонтанною.
$\Delta G = -nF(ЕРС)$ = -1 203 553,89 Дж/моль = -1 203,55 кДж/моль

Таблиця термодинамічних величин:

Частинка	ΔH_f^0 (кДж/моль)
$H^+_{(aq)}$	0
$Ni^{2+}_{(aq)}$	-53,97
$Ce^{3+}_{(aq)}$	-696,20

Частинка	S^0 (Дж/(К*моль))
$H^+_{(aq)}$	0
$H_{2(g)}$	130,59
$Ni^{2+}_{(aq)}$	-128,89
$Ni_{(s)}$	29,87376
$Ce^{3+}_{(aq)}$	-205,00
$Ce_{(s)}$	72,00

Напівреакція	Електродний потенціал у порівнянні зі стандартним водневим електродом (E^0), В
$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$	0
$Ni^{2+} + 2e^- \rightarrow Ni$	-0,257
$Ce^{3+} + 3e^- \rightarrow Ce$	🙂 (розрахуєте в ході задачі)

Завдання 11.8. Термодинаміка та фазові переходи бензену (*Автор: Копа Іван*)

Оцінка за задачу (заповнюється журі)

Питання	**8.1**	**8.2**	**8.3**	**8.4**	**8.5**	**8.6**	**8.7**	**Сума**
Максимум	1,6	1,6	1,6	1	1,5	1,5	1,2	10
Перевірка								

Тиск пари (в Торр) рідкого бензену C_6H_6 описується рівнянням:

$$\log(p_{liq}) = 7{,}96 - \frac{1780}{T}$$

11.8.1. **Визначте** ентальпію випаровування $\Delta_{vap}H$ та нормальну точку кипіння T_{vap} бензену, якщо 1 атм = 760 Торр.

Нормальна точка кипіння розраховується при $p_{рід}$ = 760 Торр:

$$\log(760) = 7{,}96 - \frac{1780}{T} \rightarrow T = 350{,}4\ K \text{ або } 77{,}4\ ^\circ C$$

Ентальпію випаровування знайдемо з рівняння Клаузиуса–Клапейрона:

$$\ln(p) = C - \frac{\Delta H_{vap}}{R \cdot T} \rightarrow \Delta H_{vap} = 2{,}3 \cdot 1780 \cdot R = 34{,}04\ кДж/моль$$

ΔH_{vap} = 34,04 кДж/моль	T_{vap} = 350,4 K

Тиск пари над твердим C_6H_6 дорівнює 299 Па при температурі –30°C, а при 0°C – 3270 Па.

11.8.2. **Визначте** ентальпію сублімації $\Delta_{subl}H$ та ентальпію плавлення ΔH_m для бензену C_6H_6.

Скористаємося формулою Клаузиуса–Клапейрона:

$$\ln\left(\frac{p_2}{p_1}\right) = \frac{\Delta H_{subl}}{R}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)$$

Звідки $\Delta H_{subl} = 43{,}98\ кДж/моль$

Ентальпія плавлення розраховується за формулою:

$$\Delta H_m = \Delta H_{subl} - \Delta H_{vap} = 9{,}94\ кДж/моль$$

ΔH_{subl} = 43,98 кДж/моль	ΔH_m = 9,94 кДж/моль

11.8.3. **Визначте** координати потрійної точки для бензену. **Наведіть** значення тиску в Торр, а температури в градусах Цельсія.

Складемо рівняння залежності тиску p (в Па) над твердим C_6H_6 від температури T:

$$\ln(p) = C - \frac{\Delta H_{subl}}{R \cdot T} = 27{,}47 - \frac{5290}{T}$$

Рівняння для тиску в Торр й з десятковим логарифмом виглядає:

$$\log(p_{sol}) = 9{,}816 - \frac{2297}{T}$$

У потрійній точці тиск та температура усіх трьох фаз однакова:

$$9{,}816 - \frac{2297}{T_{\text{tp}}} = 7{,}96 - \frac{1780}{T_{\text{tp}}} \rightarrow T_{\text{tp}} = 278{,}5 \text{ К або } 5{,}4 \text{ °C}$$

Тоді тиск в потрійній точці становить:

$$p_{tr} = 10^{9{,}816 - \frac{2297}{278{,}5}} = 37{,}0 \text{ Торр}$$

P_{tp} = 39,2 Торр	T_{tp} = 5,4 °C

Густина рідкого бензену становить 0,879 г/см^3, а твердого – 0,891 г/см^3.

11.8.4. **Користуючись** рівнянням Клапейрона (наведене нижче), **розрахуйте** нахил прямої (dp/dT) в координатах p(T) для переходу твердого C_6H_6 в рідкий у потрійній точці. **Відповідь** подайте в Тор/°C.

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta H}{\Delta V \cdot T}$$

Розрахуємо зміну молярного об'єму:

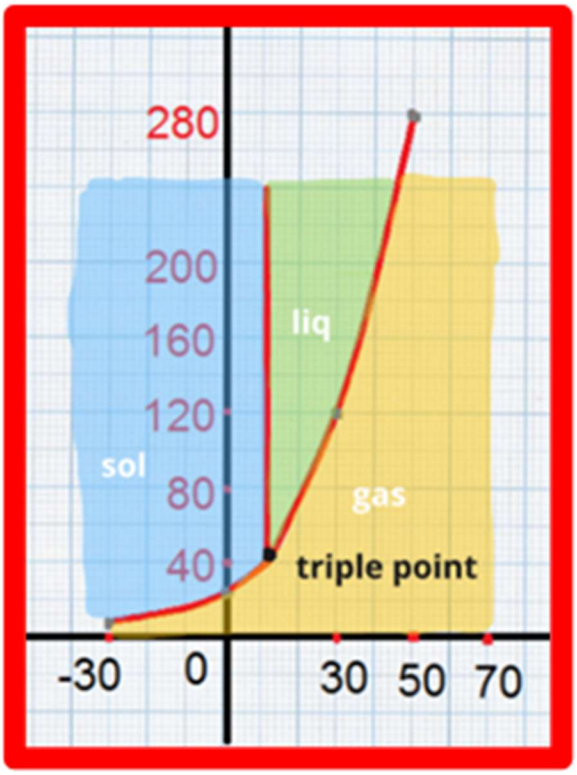
$$\Delta V = V_{liq} - V_{sol} = \frac{M}{\rho_{liq}} - \frac{M}{\rho_{sol}} = 1{,}2 \text{ см}^3/\text{моль}$$

Тоді нахил прямої (dp/dT) рахується:

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta H_m}{\Delta V \cdot T} = \frac{9940}{1{,}2 \cdot 10^{-6} \cdot 279{,}6} = 29{,}6 \cdot 10^6 \frac{\text{Па}}{\text{К}} = 2{,}2 \cdot 10^5 \frac{\text{Торр}}{\text{°C}}$$

dp/dT = $2{,}2 \cdot 10^5$ Торр/°C

11.8.5. **Побудуйте** фазову діаграму бензену (в координатах p(Тор) від T(°C)) поблизу потрійної точки, використовуючи отримані дані. **Покажіть** на схемі кожен агрегатний стан, межі між ними та потрійну точки.



0,2 моль бензену, взяті за температури 150 °С, розширюються оборотно ізотермічно в циліндрі. Початковий та кінцевий об'єми газу становлять 10 л і 30 л, відповідно.

11.8.6. **Вважаючи**, що поведінка C_6H_6 в даних умовах підпорядковується законам ідеального газу, **розрахуйте** зміну ентальпії ΔH, ентропії ΔS та енергії Гібса ΔG цього процесу.

Якщо поведінка C_6H_6 підпорядковується законам ідеального газу, то для оборотного ізотермічного процесу розширення зміна ентальпії дорівнює нулю ΔH = 0.
Зміна ентропії при ізотермічному розширенні бензену дорівнює:

$$\Delta S = n \cdot R \cdot \ln\frac{V_2}{V_1} = 1{,}83 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$$

Тоді енергія Гібса рахується:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S = -423 \cdot 1{,}83 = -773 \text{ Дж/моль}$$

ΔH = 0 кДж/моль	ΔS = 1,83 Дж/(моль·К)	ΔG = -773 Дж/моль

Пари бензену після розширення до 30 л швидко (теплообмін з середовищем відбутися не встиг) стиснули до 3 л.

11.8.7. **Оцініть** температуру в системі після швидкого стиснення. **Вважайте**, що теплоємність парів бензену дорівнює C_p = 82,4 Дж/(моль·К).

Теплообмін із середовищем відбутися не встиг – адіабатний процес. Рівняння адіабати:

$$T_1V_1^{\gamma-1} = T_2V_2^{\gamma-1}$$

Для ідеальних газів працює рівняння Майера: $C_p = C_v + R$. Тоді $\gamma = 1{,}11$
Звідки кінцева температура дорівнює:

$$T_2 = \frac{T_1V_1^{\gamma-1}}{V_2^{\gamma-1}} = 545 \text{ К або } 272 \text{ °С}$$

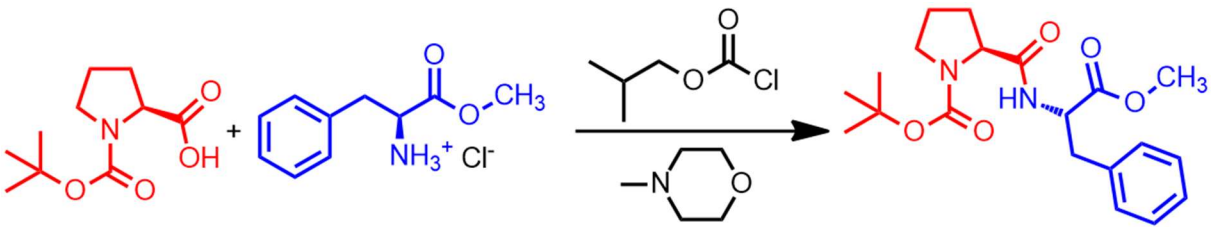
T_2 = 272 °С

Експериментальний тур

Завдання 1. Синтез дипептиду

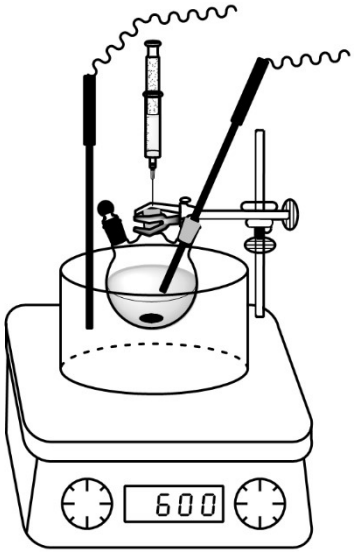
Синтез пептидів – це витончене мистецтво, яке імітує процеси, що відбуваються у живих організмах. Зазвичай це потребує складного сучасного обладнання, але, тим не менш, значну кількість синтетичних методик можна адаптувати і до умов неспеціалізованої лабораторії. Відчуйте себе у ролі «творця» та перевірте, чи здатні ви відтворити ключові молекули життя.

і



1. Знайдіть на робочому місці та підпишіть маркером 2 шприци для реагентів: **№1** – для N-метилморфоліну, **№2** – для *ізо*бутил-хлороформіату.
2. Встановіть баню по центру магнітної мішалки. **Використовуйте мішалку, що розташована праворуч, ближче до блоку термометрів.**
3. У тригорлу круглодонну колбу на 50 мл помістіть магнітний якір «оливу», закріпіть колбу у лапці штатива.

4. Закріпіть лапку з колбою по центру мішалки на мінімально можливій висоті, якомога нижче до дна бані.
5. Використовуючи воронку для твердих речовин, перенесіть наважку N-Boc-проліну (2,15 г, 0,010 моль) з віали у колбу та додайте 20 мл дихлорометану таким чином, щоб змити кристали з віали, воронки та стінок колби.
6. Встановіть септу у центральне горло, скляний корок у ліве та термометр у праве горло колби, відповідно.
7. Закріпіть другий термометр у лапці та встановіть його у бані якомога ближче до колби. Нижня частина термометра має знаходитись на одному рівні з дном колби.
8. Увімкніть перемішування та задайте значення 600 об·хв$^{-1}$.
9. У окремій ємності приготуйте охолоджуючу суміш: ретельно змішайте лід та сіль у приблизному співвідношенні 3:1 за об'ємом.
10. Швидко заповніть баню охолоджуючою сумішшю таким чином, щоб її рівень був вищий за рівень реакційної маси в колбі.



11. Наберіть у шприц **№1** 2 мл (0,018 моль) N-метилморфоліну, у шприц **№2** 1,5 мл (0,0116 моль) *ізо*бутил-хлороформіату.
12. Переконайтесь, що температура бані в допустимих межах (–15…–20°C). Якщо ні – повторіть пункти 9 та 10.
13. За допомогою шприца **№1** впродовж 1 хвилини додайте до реакційної маси N-метилморфолін.
14. За допомогою шприца **№2** впродовж 1 хвилини додайте до реакційної маси *ізо*бутил-хлороформіат.
15. Зважте 2,15 г (0,010 моль) гідрохлориду метилового естеру L-фенілаланіну. Наберіть у шприц **№1** 1,2 мл (0,0109 моль) N-метилморфоліну.
16. Зніміть септу, встановіть воронку для твердих речовин та якомога швидше додайте гідрохлорид метилового естеру L-фенілаланіну до реакційної суміші. Встановіть септу назад.
17. За допомогою шприца **№1** впродовж 30-40 секунд додайте до реакційної маси N-метилморфолін. Одразу після додавання від'єднайте голку від шприца та залиште голку у септі для компенсації тиску.
18. Перемішуйте реакційну суміш ще 60 хвилин. Температура охолоджуючої суміші не повинна перевищувати –10°C. Колба має бути постійно занурена в охолоджуючу суміш.
19. Витягніть колбу з бані та витримайте до досягнення кімнатної температури.
20. Замініть лапку на кільце та встановіть ділильну воронку. Переконайтеся, що кран внизу воронки закритий. За допомогою воронки для рідин перенесіть вміст колби у ділильну воронку, змийте залишки невеликою кількістю дихлорометану.
21. Виконайте промивання органічного шару: налийте у воронку ~20 мл розчину лимонної кислоти, закрийте корком та переверніть воронку. Відкрийте кран для компенсації тиску. Закрийте кран та сильно струсіть вміст. Знову переверніть краном догори, відкрийте та закрийте кран.
22. Помістіть воронку у кільце, зніміть корок та дочекайтесь розшарування фаз. Зберіть органічну фазу (нижній шар) у стакан на 50 мл, водну – в стакан на 100 мл.
23. Повторіть промивання органічного шару розчином лимонної кислоти ще раз. Використовуючи скляну паличку, відберіть краплю водного шару та виміряйте його pH. Якщо pH<4, переходьте до наступного пункту. У іншому випадку повторіть

промивання кислотою. Після кожного промивання органічний шар повертайте у відповідний порожній стакан, водний шар додавайте до стакана, що вже містить попередні промивні води.

24. Послідовно промийте органічний шар ~5 мл розчину $NaHCO_3$ та ~10 мл ропи.
25. Зберіть органічний шар у чистий та сухий стакан на 50 мл. Додавайте безводний Na_2SO_4 у стакан невеликими порціями до повного висушування (органічна фаза має бути повністю прозора, краплі води відсутні, свіжі порції осушувача не утворюють грудок).
26. Помістіть у вузьку частину чистої та сухої воронки для рідин невеликий шматочок вати. Вата має міцно триматись у воронці, але при цьому не бути надто щільною. Помістіть утворений фільтр у чисту та суху круглодонну колбу на 50 мл та відфільтруйте розчин. Об'єм рідини у колбі не повинен перевищувати ~2/3. Якщо вихідний розчин має більший об'єм, виконуйте процедуру у 2 етапи: видаліть частину розчинника та профільтруйте залишок розчину. Промийте осушувач невеликою кількістю дихлорометану для повного перенесення продукту та повністю видаліть розчинник на ротаційному випаровувачі (**зверніться до викладача**).
27. Якщо сирий продукт має вигляд прозорого масла, якомога швидше до ще теплої колби додайте 5 мл MTBE піпеткою з поділками та круговими рухами перемішайте вміст колби до повного розчинення та початку кристалізації. Ініціювати кристалізацію можна за допомогою шпателя. У випадку якщо сирий продукт частково або повністю кристалічний, після додавання MTBE необхідно подрібніти шпателем усі великі фрагменти.
28. Закрийте колбу корком та витримайте в льодовій бані протягом 10 хв.
29. Відфільтруйте продукт. Для цього:
    - Перемішайте шпателем осад, що випав, до утворення однорідної суспензії.
    - Установіть фільтр Шотта на колбу Бунзена.
    - Перелийте реакційну суміш у фільтр Шотта, під'єднайте вакуум. Від'єднайте вакуум. Максимально повно перенесіть залишки осаду з колби на фільтр. Налийте в колбу 1-2 мл MTBE та перенесіть залишки речовини на фільтр.
    - Під'єднайте вакуум та витримайте на фільтрі протягом щонайменше 10 хв для висушування.
30. Перенесіть продукт на попередньо зважену та підписану Вашим кодом робочого місця (XX) чашку Петрі. Маса тари має бути записана на чашці Петрі. Заповніть таблицю.

	Параметр	***Значення***
1	m (чашка Петрі), г	
2	m (чашка Петрі + продукт), г	
3	m (продукт), г	
4	Вихід, %	
Місце для розрахунків		

Завдання 2. Кількісне визначення йодоформу у технічному препараті

Пам'ятаєте йодоформ з минулої Всеукраїнської олімпіади? А він вас пам'ятає… Настав час з'ясувати його якість. Спектральні та хроматографічні методи мають певні обмеження, тому ми використовуємо хімічний метод: переведення «органічного» йоду в «неорганічний» та зворотнє титрування. Точно відважена маса йодоформу реагує з аргентум нітратом кількісно, утворюючи нерозчинний йодид. Після цього надлишок аргентуму відтитровують тіоціанатом амонію у присутності залізоамонійного галуну як індикатора. За різницею розраховують масу йодоформу та його вміст у наважці.

На Вашому робочому місці вже знаходиться задача: три конічні колби для титрування містять наважки йодоформу. Маса наважки вказана на кожній колбі. Виконайте 3 незалежних визначення та зробіть розрахунки. Встановіть точну концентрацію розчину аргентум нітрату.

Перелік обладнання та посуду на робочому місці

2. Колба конічна на 250 мл – 1 од.
3. Піпетка Мора на 10,0 мл – 1 од.
4. Піпетка Мора на 25,0 мл – 1 од.
5. Піпетка з поділками (градуйована) на 5 мл – 1 од.
6. Воронка для рідин – 1 од.
7. Піпетка Пастера пластикова – 1 од.
8. Бюретка на 25 мл, закріплена у штативі – 1 од.
9. Гумова груша для піпеток – 1 од.
10. Мірний циліндр на 25 мл – 1 од.
11. Стакан на 50 мл – 1 од.
12. Промивалка з дистильованою водою – 1 од.
13. Промивалка з етанолом – 1 од.
14. Магнітна мішалка – 2 од.
15. Якір циліндричний – 2 од.
16. Зворотній холодильник – 2 од.
17. Перехід колба–холодильник 14/23–29/32 – 2 од.
18. Фольга

Перелік реактивів на робочому місці:

Назва	Стан	Концентрація	Кількість	Маркування
Йодоформ технічний	Тверда речовина	–	3	Задача
Аргентум нітрат	Водний розчин	**М**	120 мл	$AgNO_3$
Нітратна кислота	Водний розчин	1М	20 мл	HNO_3
Амоній тіоціанат	Водний розчин	**0,03935 М**	100 мл	NH_4SCN
Залізоамонійний галун	Водний розчин	0,05М	8 мл	$NH_4Fe(SO_4)_2$

Точну концентрацію розчину NH_4SCN вказано на аркуші на загальному столі. Впишіть її в таблицю вище.

Хід роботи

Стандартизація розчину арґентум нітрату

33. Вилийте з бюретки дистильовану воду.
34. Промийте бюретку розчином NH_4SCN (не більше 20 мл).
35. Наповніть бюретку розчином NH_4SCN за допомогою воронки. Носик бюретки не має містити повітря. Зніміть воронку.
36. У конічну колбу для титрування внесіть піпеткою Мора 10,0 мл розчину $AgNO_3$. Піпеткою Пастера додайте 8-10 крапель розчину $NH_4Fe(SO_4)_2$.
37. Доведіть рівень розчину в бюретці до позначки «0».
38. Повільно титруйте розчином NH_4SCN до рожевого забарвлення розчину.
39. Повторіть пункти 4 – 6 необхідну кількість разів. Запишіть у таблицю отримані результати та прийняте значення для розрахунків.
    Примітка. Значення об'єму розчину NH_4SCN, витраченого на титрування, може бути отримано усередненням даних декількох титрувань або одержане в одиничному досліді, який, на вашу думку, виконаний найточніше.
40. Використовуючи отримані експериментальні дані, розрахуйте концентрацію розчину арґентум нітрату та запишіть у форматі **X,XX·10^{XX}** моль/л.

Номер титрування	**$V_a(AgNO_3)$, мл**	**$V(NH_4SCN)$, мл**	**$V(NH_4SCN)$ обраний для розрахунків, мл**	**$C(AgNO_3)$, моль/л**
1	**10,0**	12,65	12,60	$4{,}96\cdot10^{-2}$
2		12,55		
3		12,6		
Місце для розрахунків				

Аналіз препарату

1. Увімкніть нагрівання на магнітній мішалці та задайте температуру 120°C.
2. У конічну колбу для титрування, що містить наважку йодоформу, помістіть магнітний якір. Додайте 15 мл етанолу за допомогою мірного циліндра, 25,0 мл розчину $AgNO_3$ піпеткою Мора та 5 мл розчину HNO_3 градуйованою піпеткою з поділками на 5 мл.
3. Встановіть колбу на мішалку, під'єднайте перехід та холодильник, увімкніть перемішування. Для захисту від світла обгорніть колбу фольгою. Увімкніть струм охолоджуючої води.
4. Дочекайтесь початку кипіння та продовжуйте перемішування ще 30 хвилин.
5. Охолодіть колбу під проточною водою до кімнатної температури, додайте ~50 мл води з промивалки таким чином, щоб змити осад зі стінок. Піпеткою Пастера додайте 8–10 крапель розчину $NH_4Fe(SO_4)_2$.
6. Доведіть рівень розчину в бюретці до позначки «0».
7. Повільно титруйте вміст конічної колби розчином NH_4SCN до появи рожевого відтінку **розчину**.
8. Повторіть пункти 2 - 7 ще 2 рази. Запишіть у таблицю отримані результати.
9. Використовуючи отримані експериментальні дані, розрахуйте вміст йодоформу (**у мас. %**) для кожного досліду та запишіть у форматі **XX,XX** %. Розрахуйте вміст йодоформу

у препараті на основі отриманих даних (використовуйте усереднення, відкидання недостовірних даних, результати одиничного експерименту). **Прийміть молярну масу CHI_3 393,72 г/моль**.

Номер титрування	**Маса наважки, г**	**V(NH_4SCN), мл**	**Вміст CHI_3, %**	**Вміст CHI_3 у препараті, %**
1	0,1014	12,5	97,1	97,30
2	0,1017	12,3	97,3	
3	0,1020	12,3	98,2	

Місце для розрахунків