VI Всеукраїнська дистанційна олімпіада з хімії

Завдання

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*)

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. **Визначте** невідомі прості речовини **X**-**Y** та їх сполуки **A**-**D**

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**.

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

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 $POBr_3$.*

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 $POBr_3$*

3 г суміші речовин **D** та **E** (мольне співвідношення 3 : 4 відповідно) розчинили у 150мл 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*

Завдання 8.2. (*Автор: Пашко Михайло*)

Газова суміш містить три гази – водень, кисень та неон. Об'єм суміші 20 л при 20°C.Після повного проходження реакції горіння водню об'єм суміші газів зменшився до 15,06 л при 80°C. 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.

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%.*

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%, χ(Ne) = 40%.*

8.2.4. Яким буде тиск після проходження реакції за температури 80°C, 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%, χ(Ne) = 40%.*

До газової суміші додали 6 л (при 80°C 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**.

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

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 ºC. 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.**

8.3.2. Напишіть рівняння реакцій, які описані в умові.

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. Визначте речовини **E-G** та напишіть рівняння описаних реакцій

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**.

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).

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	
Однакову кількість стабільних ізотопів	
Близьку електронегативність	
Близьке співвідношення кількості протонів і нейтронів у відповідних ядрах	

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 ≠.

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		
m($Mg(NO_3)_2$), г		
m($NaNO_3$), г		

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.

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

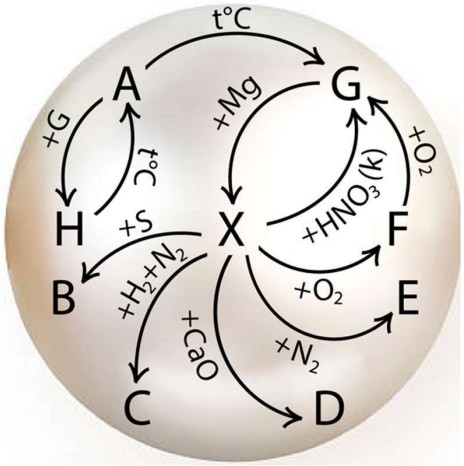
8.4.6. Лужні метали, такі як натрій (ρ = 0.97 г/см^3) або калій (ρ = 0.86 г/см^3), зберігають під шаром гасу (ρ = 0.80 г/см^3). **Які** труднощі виникають при зберіганні літію під шаром гасу? **Запропонуйте** альтернативні методи його зберігання.

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



«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**.

8.5.2. **Запишіть** відповідні рівняння реакцій, згаданих у схемі.

8.5.3. **Зобразіть** структури Льюїса молекули **E**, аніону сполуки **A**, та нітрогеновмісного продукту реакції **X→G**, **вкажіть** ступінь окиснення та валентність центрального атома.

8.5.4. **Розподіліть** складні речовини зі схеми відповідно до наявного в них типу хімічного зв'язку.

8.5.5. **Запишіть** назви мінералів, основним компонентом яких є сполука **A**.

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 2M розчину Na_2CO_3.

8.6.1. **Визначте** метал **M** та його вміст у сполуці **A**.

8.6.2. **Визначте** сполуки **A**, **B**, **C** та **запишіть** рівняння реакцій, що відбуваються.

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.

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.*

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?

9 клас

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



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. **Розрахуйте** 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)

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.

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

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

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

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

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

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

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

9.2.4. **Напишіть** назву мінералу A.

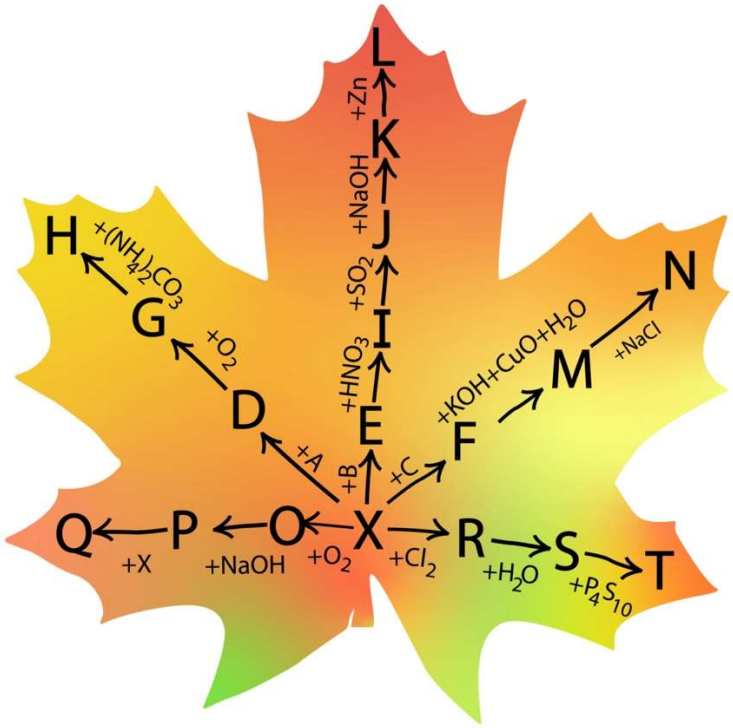
9.2.5. **Поясніть** поняття "псевдогалогени".

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

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 A-T та X враховуючи, що не всі сполуки на схемі містять в своєму складі елемент X. Відповідь **підтвердіть розрахунками.**

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

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

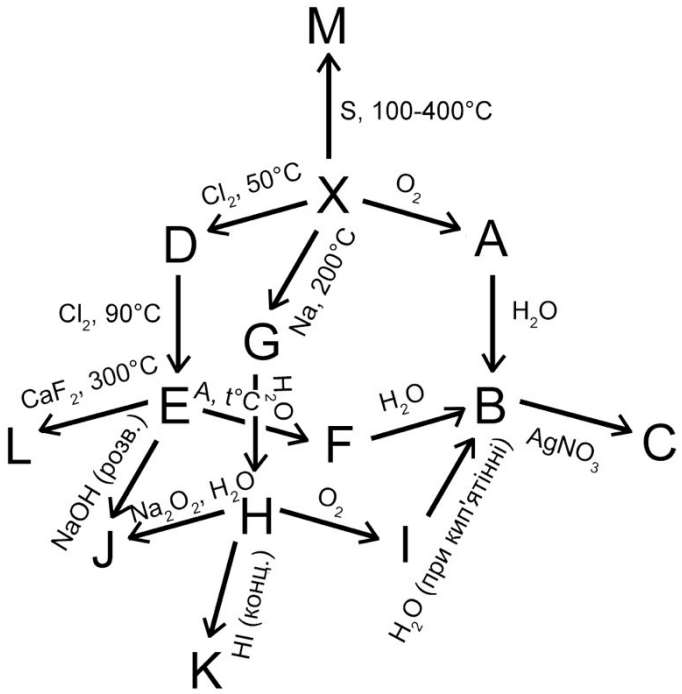
9.3.4. **Розташуйте** гідриди елементів A, B та C в порядку збільшення ступеня sp^3-гібридизації в сполуці, відповідь **поясніть**.

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.

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

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

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.
9.4.2. **Запишіть** відповідні рівняння реакцій.
9.4.3. **Намалюйте** структурні формули молекул L та F, **вкажіть** їх геометрію та **визначте** гібридизацію центрального атома.
9.4.4. **Зобразіть** будову речовини A.

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



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.

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

Примітка:

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

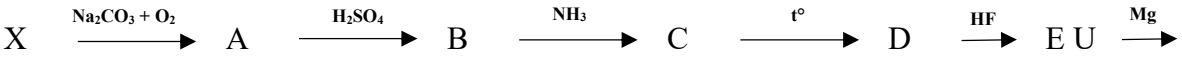
$M(^{144}_{56}Ba)=2,25832\times10^{-25}$ *кг*

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

$m_n = 1,67495\times10^{-27}$ *кг*

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.

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

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?

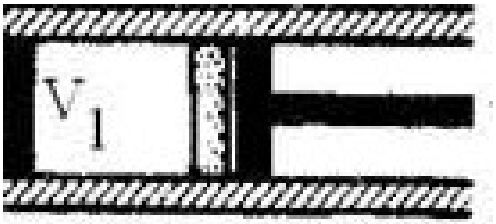
9.5.6. Час напівжиття «інопланетного» ізотопу становить 10,6 років. **Побудуйте** графік залежності кількості ядер від часу та з нього **порахуйте** активність та сталу радіоактивного розпаду зразку «інопланетного» урану масою 235 г.

Завдання 6. Мандрівник у часі. Повернення додому

(*Автор: Омелянчук Владислав*)

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.

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.

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

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.

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).

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)

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

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

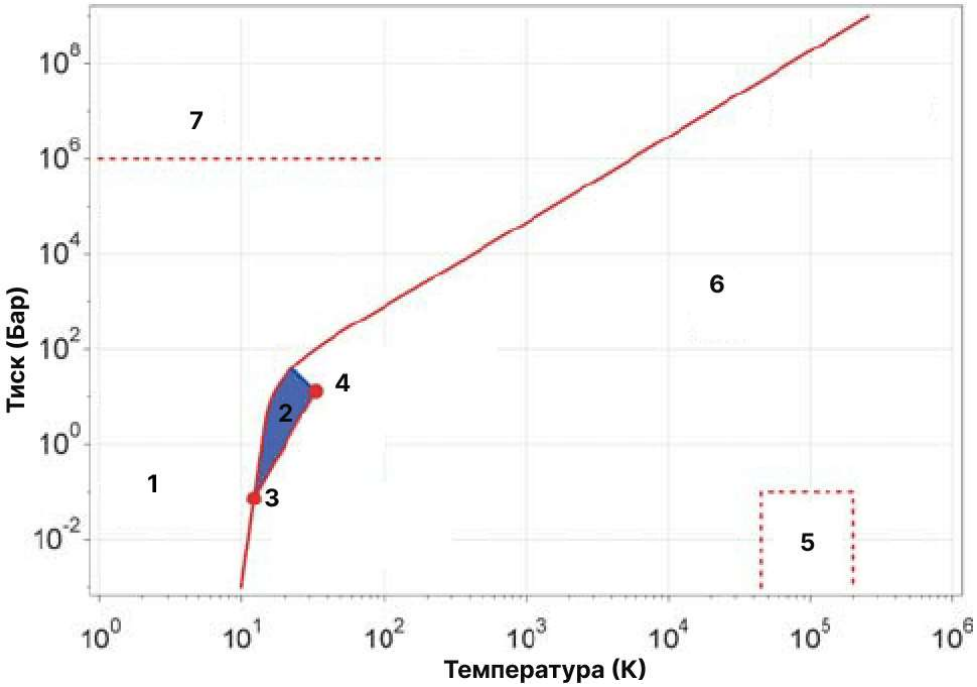
- 0,5 моль H_2

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.

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

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.



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

10 клас

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

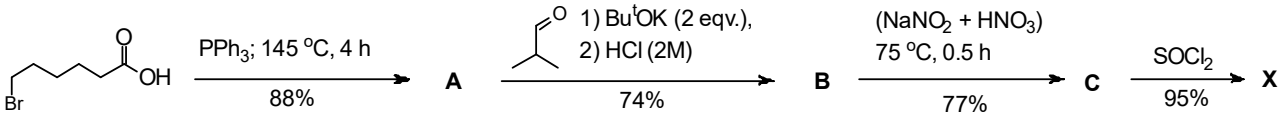


Капсаїцин — природний амід, активний компонент рослин роду *Capsicum*. Ця хімічна сполука подразнює та викликає пекучі відчуття при контакті з будь-якими тканинами людини та інших ссавців. Повне спалювання 2,000 г капсаїцину в чистому кисні призводить до утворення 2,644 л карбон(IV) оксиду, 73,44 мл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

10.1.2. **Запишіть** рівняння реакції згоряння капсаїцину.

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

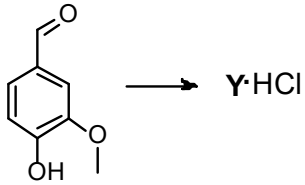


PPh_3 – трифенілфосфін, Bu^tOK – калій трет-бутилат, HCl – водний розчин хлороводню.

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.

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

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.).

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.

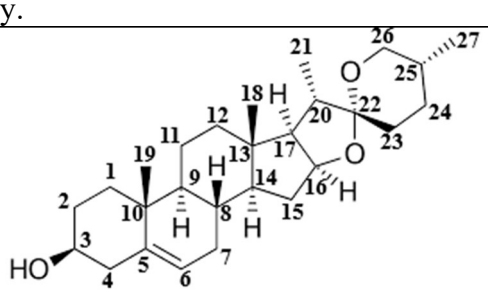
10.1.9. **Розрахуйте** вихід капсаїцину, якщо з 18,95 г **X** було отримано 21,60 г продукту.

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 ).

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.



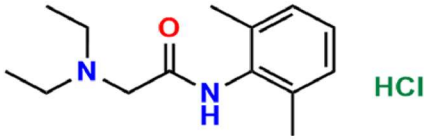
Номер атома	R/S

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

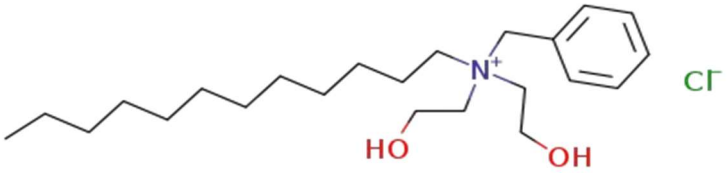
Лідокаїн використовується в комбінації з антисептиками як складова частина спреїв для ротової порожнини зі знеболювальною дією. Одним із таких спреїв є, наприклад, Orofar®, який містить як антисептик бензоксоній хлорид і, як знеболювальну речовину, лідокаїн гідрохлорид. Визначення кількості цих речовин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



Lidocaine hydrochloride



Benzoxonium chloride

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?

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

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

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

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. $K_{sp}(AgCl) = 1{,}8\cdot10^{-10}$; $K_{sp}(Ag_2CrO_4) = 2\cdot10^{-12}$.

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

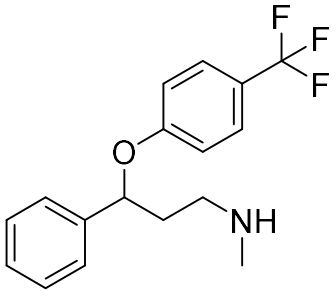
10.2.7. **Поясніть**, чому при застосуванні калій хромату як індикатора необхідно точно підтримувати його оптимальну концентрацію?

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

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

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

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

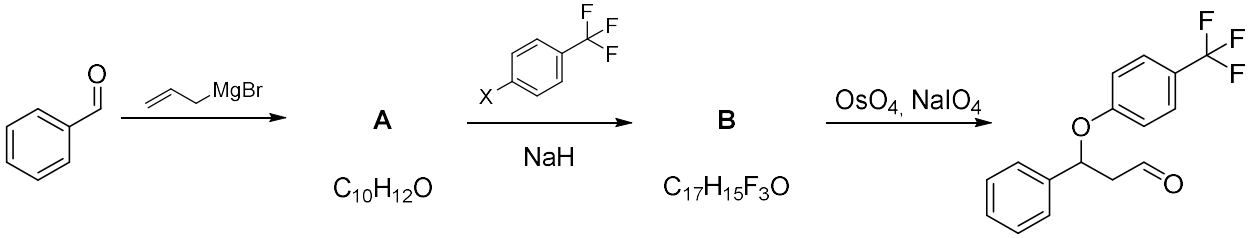


Fluoxetine

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.

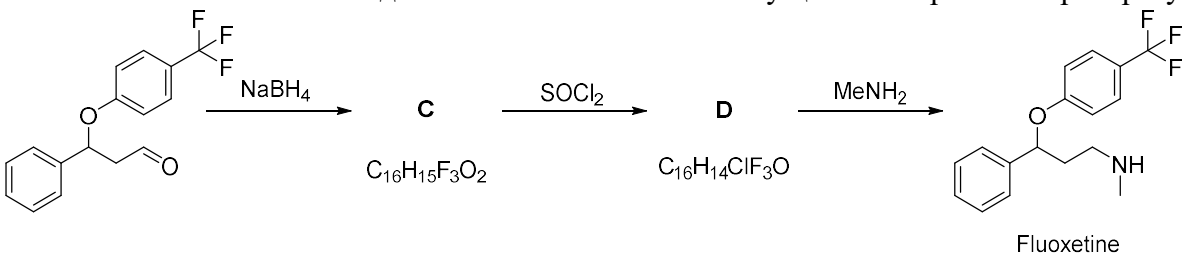
10.3.1. З огляду на структуру Fluoxetine **зазначте**, чи можливі для нього стереоізомери. Якщо так, **намалюйте** їх будову та **вкажіть** конфігурацію стереоцентру в них.

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



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.

На схемі нижче наведено заключний етап синтезу цього лікарського препарату.



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

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

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

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

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.

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.

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.

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

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.

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

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

(Автор: Володимир Краплина)

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.

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.

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

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

10.5.3. **Розрахуйте** зміну pH буферу.

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.

Варто відзначити, що ортофосфатна кислота зареєстрована як харчова добавка E338 і широко використовується, бо є дуже дешевою та нетоксичною.

10.5.5. **Яку роль** відіграє E338 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?

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

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

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**.

10.6.2. **Наведіть** рівняння відповідних реакцій.

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

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).

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

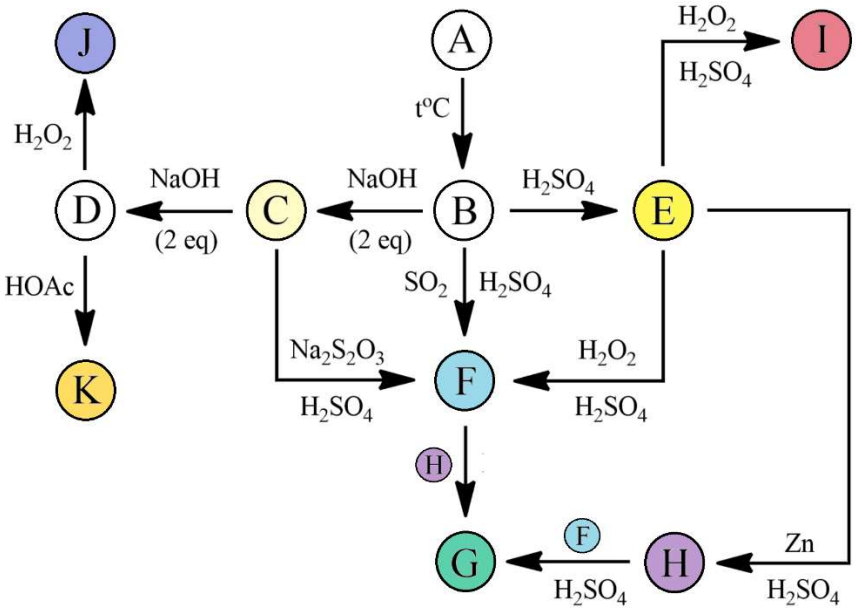


Важко уявити світ без кольорів і фарб. Аналогічно в хімії: колір є невід'ємною властивістю речовини, а його зміна може вказувати на перебіг хімічних реакцій.

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.

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).

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**.

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**.

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**

11 клас

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

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?

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

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.

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.

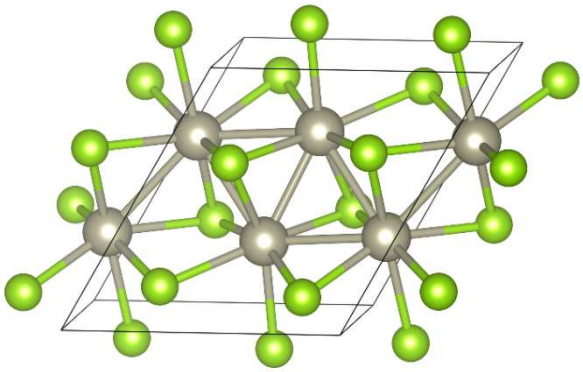
11.1.5. Виходячи з наведеної концентрації сірководню, **розрахуйте**, яким був би pH води з глибин Чорного моря, якби інші речовини не впливали на pH. $K_{a1}(H_2S) = 6.9 \cdot 10^{-7}$

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.

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

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.

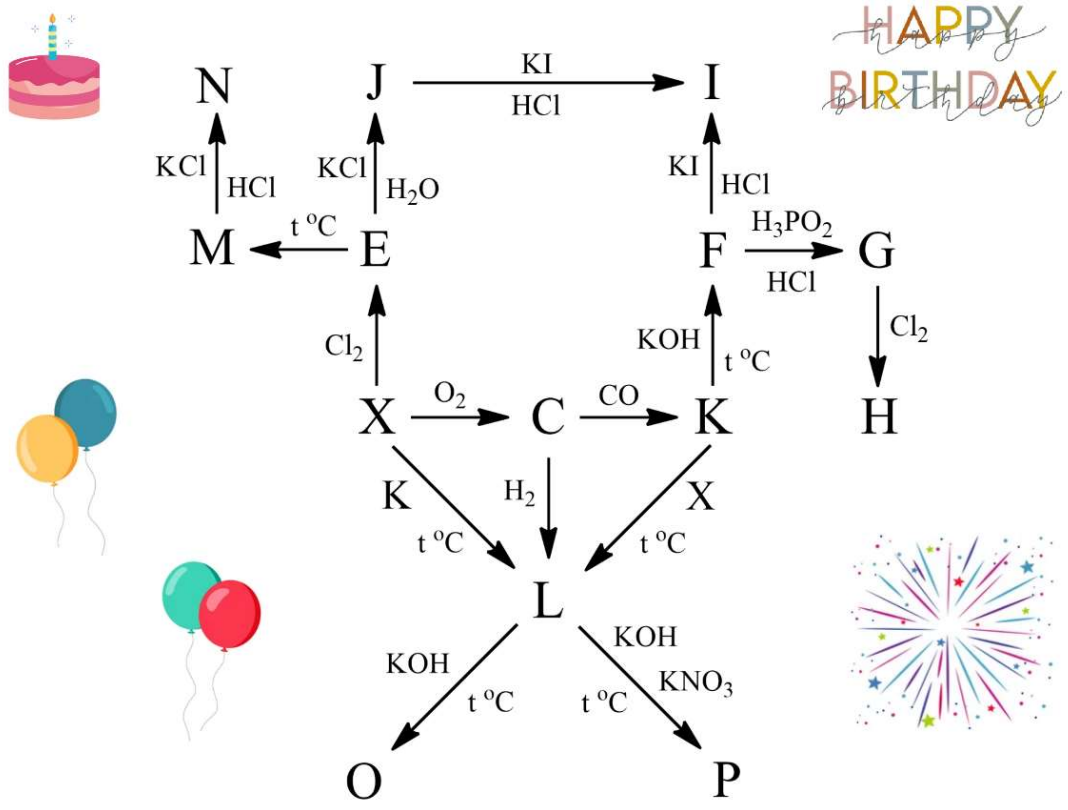
Відомо, що сполуки **A** та **B** мають схожу особливість будови, завдяки якій **A** широко використовується в електроніці, а **B** – в якості змазки для двигунів та інших конструкцій.

11.2.2. Про яку особливість будови йде мова?

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**.

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 рутила, 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).

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

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.

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

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.

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

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 Δ_fH^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

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

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

Підказка:

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

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 Δ_fH^0 та S^0 не залежать від температури, а вся вода знаходиться у газоподібному стані.

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

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 **якої сполуки** знаходилися йони феруму у вихідному зразку води? **Напишіть рівняння реакції** утворення бурого осаду.

11.4.2. **Напишіть рівняння реакцій**, що відбуваються при фотометричному визначенні феруму у воді та **розрахуйте його вміст** (у 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 $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2$.

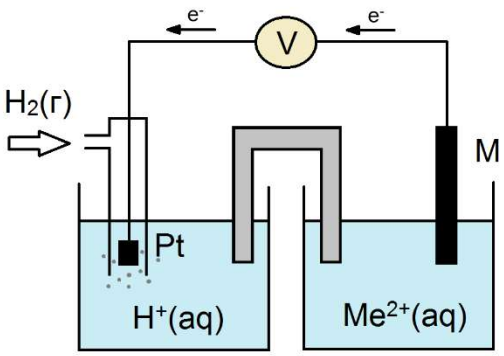
11.4.3. **Напишіть рівняння реакції**, що відбувається при титруванні. **Встановіть** «хімічне споживання кисню» (у мг/л) для аналізованої проби води, вважаючи, що кількість кисню еквівалентна кількості біхромату, витраченого на окиснення.

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.

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.

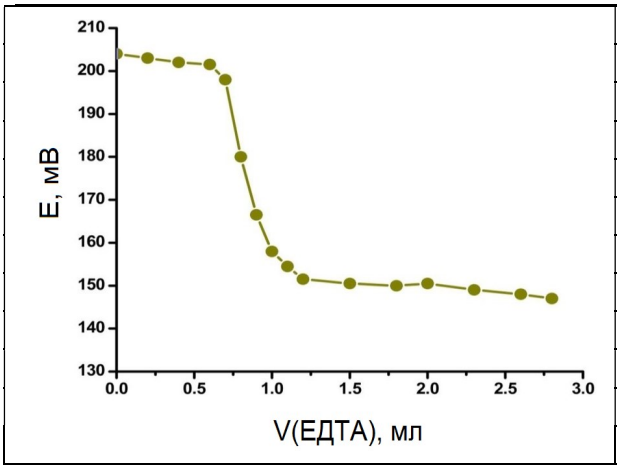
Завдання 11.5. Експеримент з електрохімії (*Автор: Копа Іван*)

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.

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 ($\Delta E/\Delta V$) від об'єму доданого ЕДТА ($V_{ЕДТА}$). **Визначте** точку еквівалентності та **розрахуйте** концентрацію солі **Me**$^{2+}$. **Наведіть** рівняння реакції між **Me**$^{2+}$ та ЕДТА.

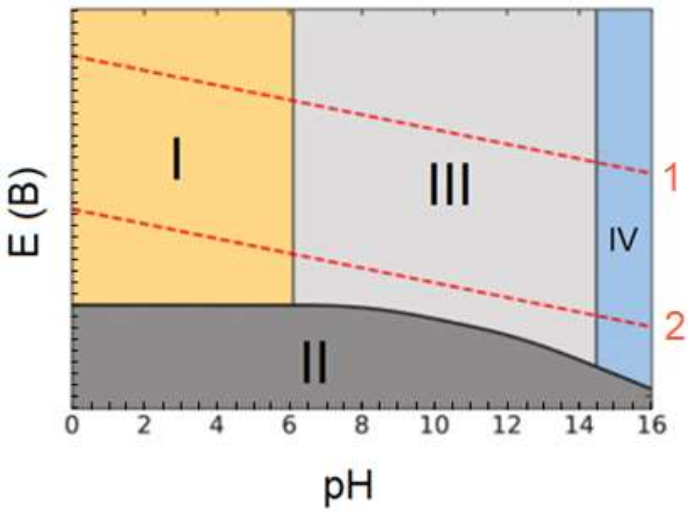
Якщо Вам не вдалося знайти значення концентрації розчину солі Me^{2+} прийміть це значення рівним 0,5 моль/л

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.

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.

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.

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** ×.

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*.

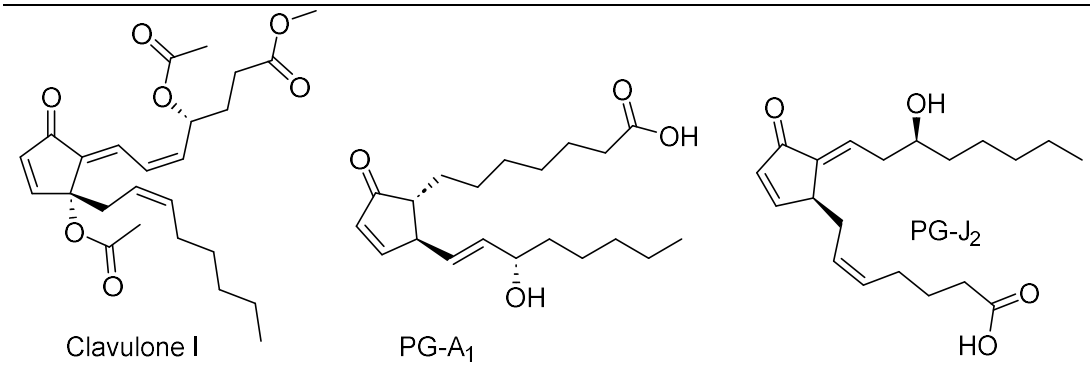
11.5.8. Нижче наведені деякі факти стосовно діаграми Пурбе для металу **Me**. **Вкажіть**, чи дане твердження правильне/неправильне (позначте × у відповідному полі)

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 $Me_{(тв)}$.		

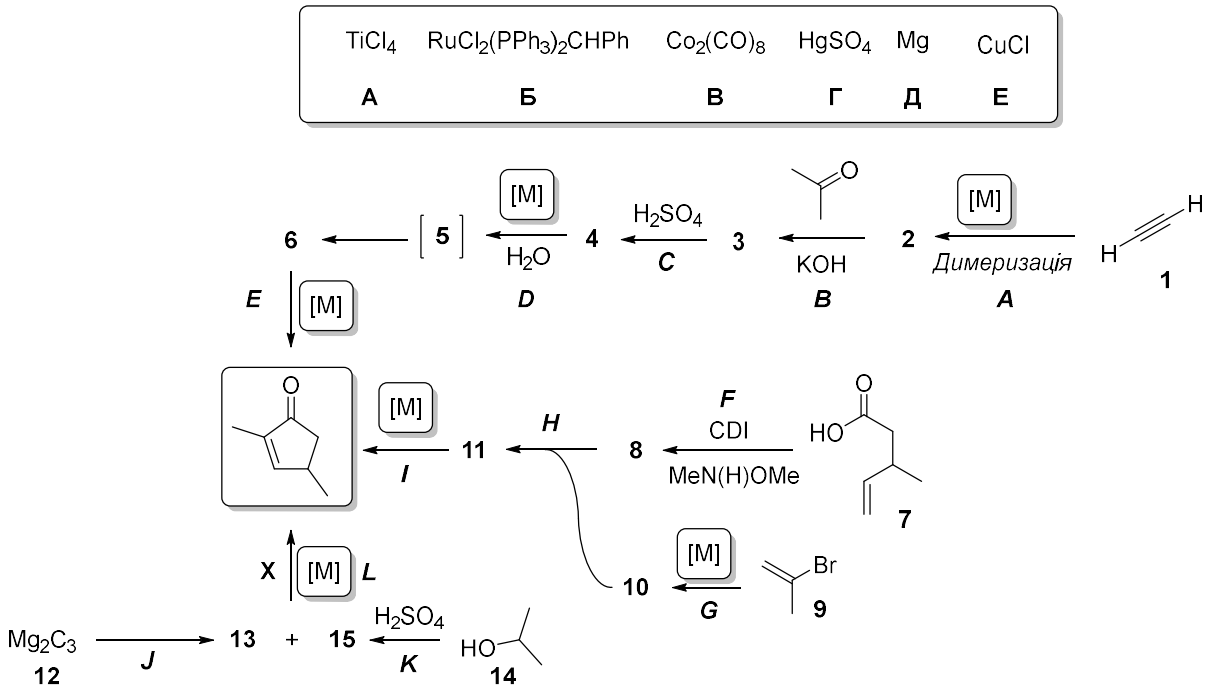
Завдання 11.6. Простагландини (*Автор: Ляшук Олександр*)

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.



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



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**

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

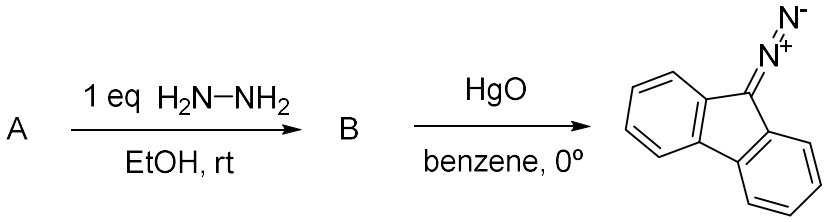
11.6.3.

Вкажіть газ **X**	
Наведіть рівняння реакцій синтезу газу **X** із вказаних вище реагентів	
Запропонуйте якісну реакцію для визначення наявності газу **X** у атмосфері	

11.6.4. **Зобразіть механізм** стадії **H**.

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

Резонансно стабілізовані діазоалкані 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**.

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 $[MeO]^-$.

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

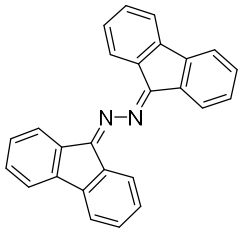
11.7.3. **Виведіть швидкість утворення** N_2 від $[FlN_2]$, $[MeO]^-$ та констант.

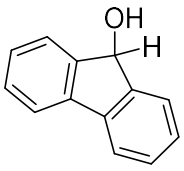
11.7.4. **Встановіть n**, для якого теоретична залежність співпадає з експериментальними даними.

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?





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

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».

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

В Україні у 2023 році було спожито 19.8·10^9 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 350·10^9 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.

Благородні гази також здатні до утворення клатратів.

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

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.

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».

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.

II тур
8 клас

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

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.

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

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

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

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

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

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

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**.

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

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**.

8.2.4. Яке практичне застосування може мати реакція **A** з **F**?

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. Визначте речовини **H**, **I** та напишіть реакцію її утворення.

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

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

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 арґентум(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.

8.3.2. Запишіть рівняння реакцій, згадані в умові задачі.

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.

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.?

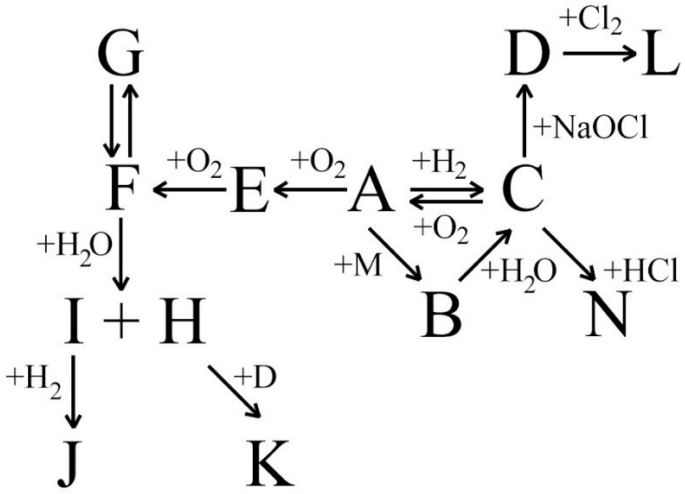
8.3.5. Чому I та **J** не можна зберігати у скляній тарі? **Підтвердіть** рівнянням реакції для **J**.

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**.

8.4.2 Запишіть рівняння всіх реакцій, наведених на схемі.

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

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

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				
Валентність				
Ступінь окиснення				

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

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

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

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**.

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

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

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

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

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

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.

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

8.5.7. **Напишіть** рівняння реакції цинку з *розведеною* кислотою **X**.

8.5.8. **Складіть** рівняння реакції цинку з *концентрованою* кислотою **X**.

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

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

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

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. **Запишіть** рівняння реакції оксиду **G** з водою.

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



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

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

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

Сполуку **A** можна описати як металоорганічну, тобто вона має метал-карбоновий зв’язок. Дослідження структури **A** вказує на наявність потрійного зв'язку у речовині.

8.6.2 **Запропонуйте** структуру **A** з наведених даних. **Вкажіть** ступені окиснення всіх атомів, електронну конфігурацію металу **X** та кількість його неспарених електронів.

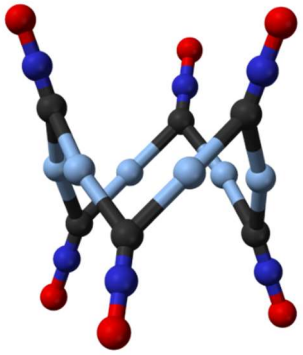
Речовина **A** є настільки чутливою, що навіть легкий дотик або вібрація можуть спровокувати вибух, що спричинило багато нещасних випадків на початку його використання. Під час розкладання 10 г **A** у стехіометричній кількості повітря у спеціальній посудині утворюється 7,61 г червоного порошку **B** 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**.

8.6.4. Визначте середню молярну масу газової суміші, що утворюється під час розкладу 10 г сполуки **A**.



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**.

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
$Zn(NO_3)_2$							
$Pb(NO_3)_2$							
NaOH							
Na_3PO_4							
$AgNO_3$							
$Ba(NO_3)_2$							
KI							

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)
$Zn(NO_3)_2$		
$Pb(NO_3)_2$		
NaOH		
Na_3PO_4		
$AgNO_3$		
$Ba(NO_3)_2$		
KI		

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**			
2				
3				
4				

7. Запишіть рівняння реакції, яка відбувається при титруванні.

8. Розрахуйте концентрацію гідроксиду натрію у **вихідному** розчині та запишіть її у форматі **X,XX·10^{XX}** моль/л.

C(NaOH), моль/л =
Місце для розрахунків

9 клас

Завдання 1. Valhalla, I am coming (*Автор: Омелянчук Владислав*)



Елемент **X** знаходить своє широке застосування 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.

9.1.2. **Напишіть** усі згадані рівняння реакцій та схему отримання елементу **X**.

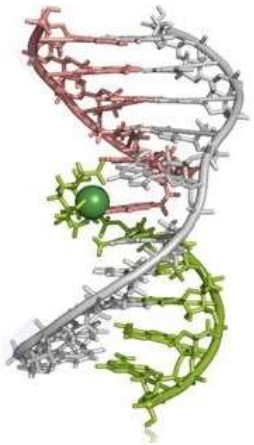
9.1.3. **Навіщо** при обробці природнього мінералу спочатку використовують нестачу аміаку, а потім концентрований розчин натрій гідроксиду?

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).

9.1.5. **Вкажіть** заповнення зовнішнього електронного рівня елементів **X** та **Y**.

Завдання 2. Комплексоутворення з ДНК (*Автор: Камалова Еліна*)



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 $\Delta_b H^0$ та константи K_r реакції зв'язування при 25°C:

pH	K_r (M^{-2})	$\Delta_r H^0$ (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** $\Delta_r S^0$ при pH = 3,5.

9.2.2. Приймаючи, що $\Delta_r H^0$ не залежить від температури, **визначте** константу K_r при pH = 4,5 та температурі 37°C.

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:

$$2Al^{3+} + \text{ДНК} \rightarrow Al_2\text{-ДНК}.$$

9.2.3. **Обчисліть вихід** комплексу Al_2-ДНК після встановлення рівноваги.

9.2.4. **Розрахуйте** $K\chi$ для попереднього пункту.

9.2.5. **Дайте відповіді Так/Ні** на поставлені запитання.

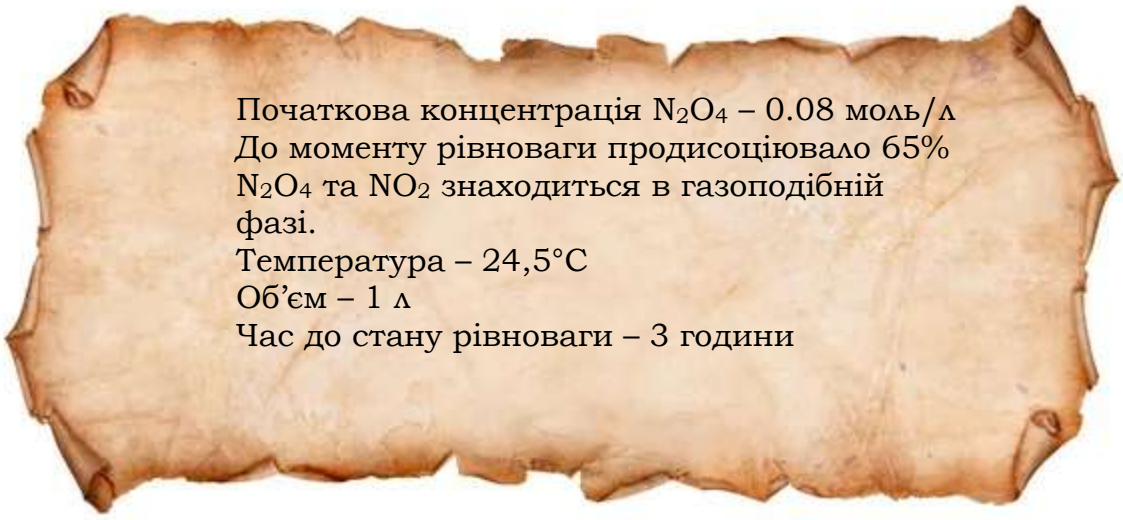
Дана реакція комплексоутворення заснована на взаємодії катіону металу з азотистими основами молекули ДНК.	
З даних в таблиці, найбільш ефективне зв'язування спостерігатиметься при pH = 4,2.	

В залежності від умов, стехіометрія даного процесу може змінюватись.	
Проведення експерименту при нижчих температурах збільшує вихід реакції.	
Катіони інших d-металів не заважають проведенню даного експерименту.	
В лужному середовищі експеримент буде проходити гірше.	

Завдання 3. Мандрівник у часі. Welcome to Hell!

(*Автор: Омелянчук Владислав*)

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).

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.

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!

$$\Delta H(T_2) = \Delta H(T_1) + \Delta_r C_p \times \Delta T$$
$$\Delta S(T_2) = \Delta S(T_1) + \Delta_r C_p \times \ln \frac{T_2}{T_1}$$

9.3.4. **У скільки разів** зміниться константа рівноваги?

Побачивши даний результат, Мефістофель нарешті сказав:

- Ти все зробив вірно, але не врахував одного – гравітацію. Даю підказку – маса джерела гравітації 5,97219 × 10^{32} кг, а маса Землі - 5,97219 × 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).

9.3.6. **Чи зміниться** від гравітаційного поля константа рівноваги? Відповідь обґрунтуйте.

Спалах… біле світло… кімната…

Завдання 4. С4 (*Автор: Комарницький Олег*)

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. $K_s(Ag_2S) = 7{,}2 \cdot 10^{-50}$, $K_s(Ag_3AsS_3) = 1.03 \times 10^{-22}$, $K_s(AgCl) = 1.8 \times 10^{-10}$. **Розрахуйте** їх розчинність.

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.

9.4.3. **Розрахуйте** розчинність Ag_2S у водному розчині з pH = 5.00

9.4.4. **Напишіть** як зміниться розчинність кожного з цих елементів у 2M NH_3. Відповідь **підтвердіть** розрахунками, якщо $lg\beta_2([Ag(NH_3)_2]^+)=7.23$

9.4.5. **Напишіть** визначення термінів:
- Дентатність
- Хелати

Завдання 5. Rich men's world (*Автор: Комарницький Олег*)



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**

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 з утворенням **I.**

9.5.2. **Визначте** речовини **Y**,**E-I**, якщо відомо:
- Якщо чотири рівних наважки **X**, загальною масою 6,01 грамів, прореагувати окремо з фтором, хлором, бромом та йодом, утвориться 13,858 грам галогенідів.

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

Завдання 6. Інопланетна хімія 4 елементів (*Автор: Сімонов Андрій)*

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**

9.6.2. **Напишіть** продукти реакції

Побачивши, що **Ко** зберігається під шаром масла, жителі Татуїну зрозуміли, що **Ко** легко реагує з **Ка**.

9.6.3. **Визначте**, який елемент зашифрований під **Ко**. Свій вибір аргументуйте

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

9.6.5. **Напишіть** реакцію взаємодії золота з царською водою

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

9.6.7. **Напишіть** реакцію розкладання уранілнітрату

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**
$NiSO_4$			
$CuBr_2$			
$CuSO_4$			
$Ni(CH_3COO)_2$			

$Pb(NO_3)_2$			
KI			
$BaCl_2$			
$SrBr_2$			
Na_2CO_3			
$FeCl_3$			
NH_4SCN			
$AgNO_3$			
Na_3PO_4			

$Zn(NO_3)_2$			
NH_4Cl			

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

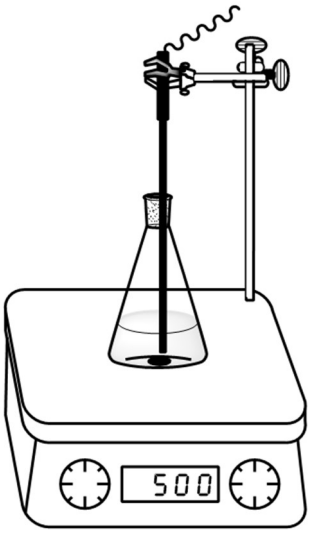
1. ЕДТА (розчин) – 200 мл
2. Аміачний буфер – 150 мл
3. Еріохром чорний Т (суміш з NaCl) – 0,5 г
4. Хлоридна кислота (10%) – 5 мл

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**
		10,0			
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**
		5,0			

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**
		5,0			
Місце для розрахунків					

10 клас

Завдання 10.1. Вбивця монахів (*Автор: Анастасія Гриньова)*

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 **X** – 70,30%, масова частка Cl – 20,47%). А при додавання розчину сірководню до того ж самого розчину випаде осад **А**.

З концентрованою нітратною кислотою **X** реагує з утворенням жовтого осаду **Е** (масова частка **X** після висушування – 75,27%). При нагріванні до 800 °С **Е** перетворюється на **Б**.

10.1.1. **Розшифруйте** елемент **X** та всі невідомі речовини.

10.1.2. **Запишіть** рівняння реакцій, про які йдеться в умові.

10.1.3. Співвідношення атомів у сполуці **Б** на перший погляд не відповідає типовим ступеням окиснення для **X**. **Поясніть**, у якому ступені окиснення знаходиться елемент **X** у складі цієї сполуки.

10.1.4. Експеримент зі скляною трубкою частіше застосовується для визначення іншого елемента - **Y**. Однак, на відміну від елемента **X**, «дзеркало», що утворюється на скляній трубці для елемента **Y**, розчиняється в лужному розчині NaOCl. Таким чином, **X** можна відрізнити від **Y**. **Розшифруйте** елемент **Y** і **напишіть** рівняння реакції його розчинення.

Завдання 10.2. Made by ChatGPT (*Автор: Кирило Данилейко*)

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.

10.2.2. **Обчисліть** зміну ентропії реакції за температур 298К і 500К.

10.2.3. **Знайдіть** зміну енергії Гіббса реакції за температур 298К і 500К.

10.2.4. **Розрахуйте** константу рівноваги реакції при 500 К.

10.2.5. **Визначте** температуру термодинамічної рівноваги розкладу гіпсу, вважаючи термодинамічні функції незалежними від температури.

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·K))	C_p (Дж/(моль·K))
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)*

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.

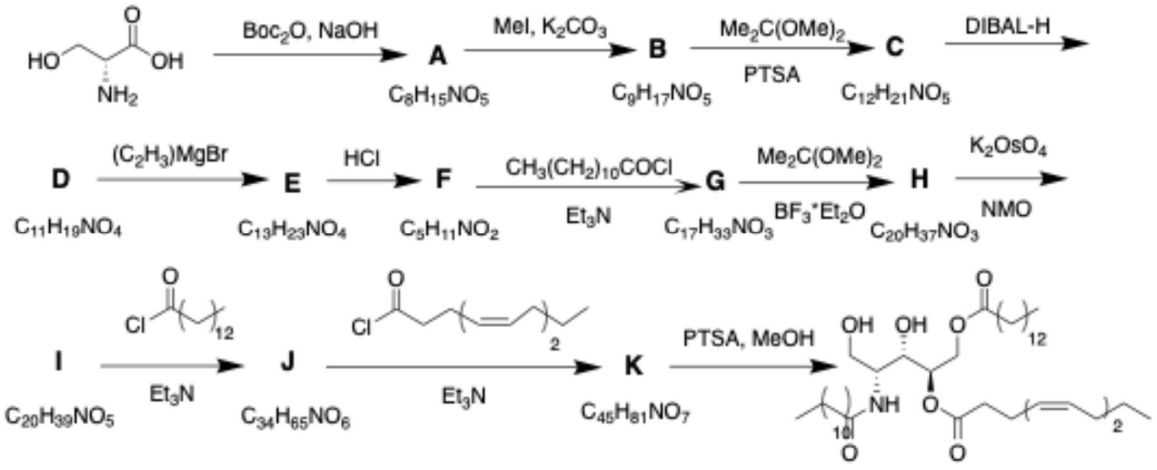


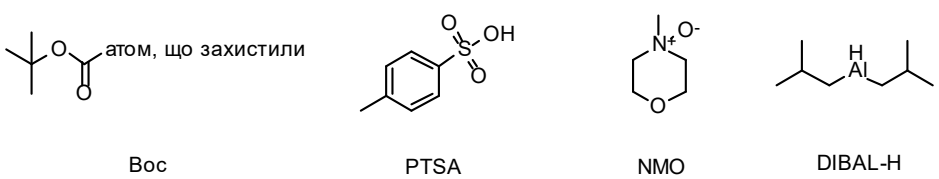
Хоча найчастіше ця реакція використовується для захисту віцинальних диолів, вона також працює для віцинальних аміноспиртів та 1,3-диолів.

10.3.1. <u>Поясніть,</u> чим відрізняються кислоти Льюїса та Бренстеда-Лоурі?

10.3.2. <u>Поясніть,</u> чому утворення ацетонідного захисту є термодинамічно вигідним?

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 PTSA NMO DIBAL-H

- *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. **Назвіть** кожний з хіральних центрів у фінальній сполуці за R,S-номенклатурою.

10.3.4. **Розшифруйте** сполуки **A**-**K**.

Завдання 10.4. Давайте поговоримо про електрод *Автор: Олексій Вєньський*

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

10.4.2. **Наведіть** схему електрохімічної комірки елементу Вестона.

10.4.3. **Запишіть** сумарне рівняння реакції, що відбувається в гальванічному елементі. **Розрахуйте** ЕРС комірки.

10.4.4. **Доведіть**, що потенціал кадмієвого електрода є функцією активності (концентрації) катіону.

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.

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.

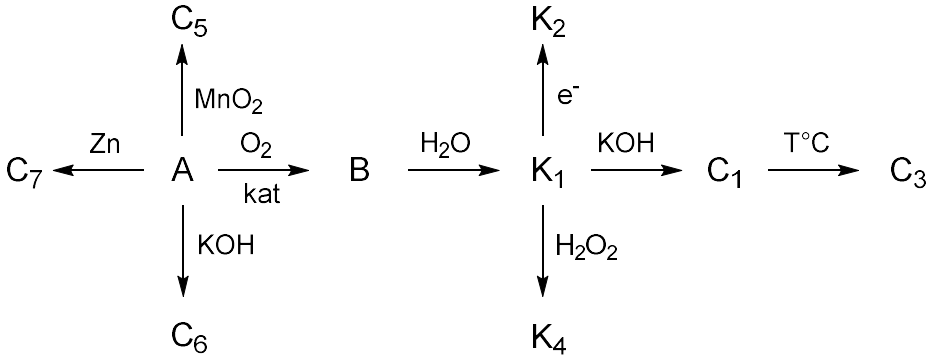
10.4.7. **Вкажіть**, чи зміниться напрямок реакції при заміні електроду з гідраргірум (I) сульфатного на каломельний? **У якому** з елементів енергія Гіббса буде більшою?

10.4.8. **Наведіть** схему такого гальванічного елемента, сумарне рівняння реакції у комірці та розрахуйте її потенціал.

10.4.9. **Розрахуйте** розчинність Hg_2Cl_2 у воді в г/л за стандартних умов.

Завдання 10.5. Кислоти такі, кислоти сякі…(*Автор: Михайло Зайченко)*

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%

10.5.2. **Напишіть** рівняння реакції, наведених на схемі.

10.5.3. **Наведіть** просторову будову та назву кислот **K_1-K_7**.

Завдання 10.6. Солодкі перетворення (*Автор: Сергій Коломоєць)*

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.**

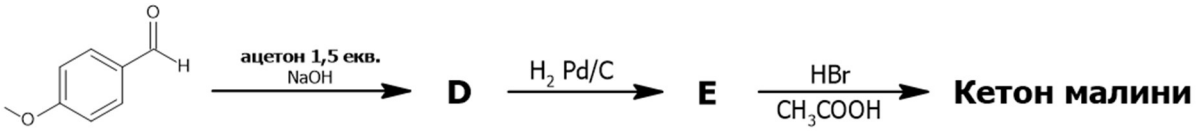
10.6.2. Під час першої стадії окрім сполуки **A** утворюється її ізомер **A1**. **Наведіть** його будову. **Поясніть** селективність утворення **A** та **A1**.

10.6.3. Рошифруйте сполуки **B** та **C**.

10.6.4. Наведіть механізм перетворення **A** на **B**. **Поясніть,** чому при цьому перетворенні майже не відбувається зворотна реакція?

10.6.5. Під час внутрішньомолекулярної конденсації **C** з утворенням ***сахарину*** виділяється сполука **X**. **Наведіть** її формулу.

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**.

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?

10.6.8. Яку роль грає ***Pd/C*** при перетворенні **D** на **E**? **Яким буде** продукт реакції, якщо замість нього використати ***PtO_2***?

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)*

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). $pK_a(H_2CO_3) = 6{,}35$.

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.

Хімік-неорганік проводив реакцію, побічним продуктом якої є газ **B**.

10.7.3. **Запишіть** рівняння трьох принципово різних реакцій, продуктом яких є газ **B**.

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**.

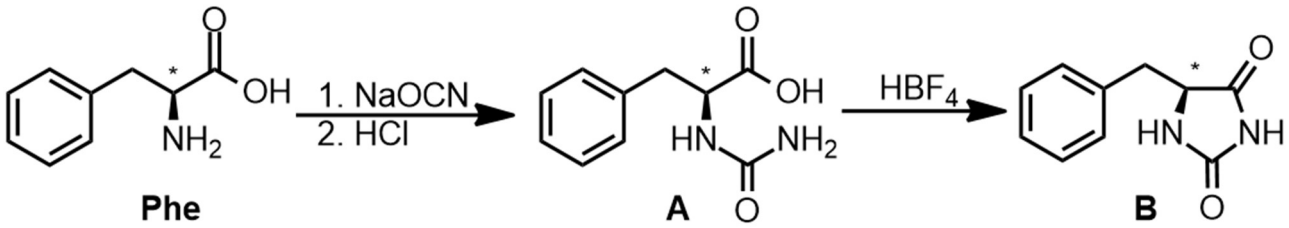
10.7.4. **Розрахуйте** pH розчину в поглиначі, якщо співвідношення концентрацій натрій нітриту та нітритної кислоти складало 6,5. $pK_a(HNO_2) = 3,37$.

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 $5,15 \times 10^{18}$ кг. Середня молярна маса повітря становить 28,97 г/моль.

Експериментальний тур

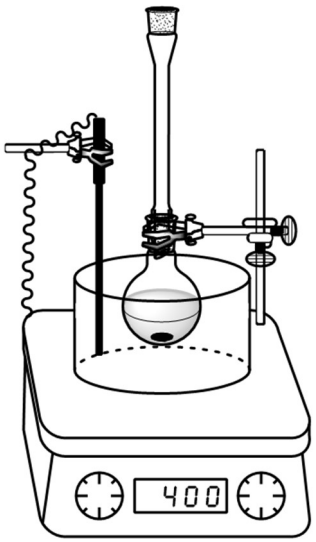
Завдання 1. Синтез бензилгідантоїну



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

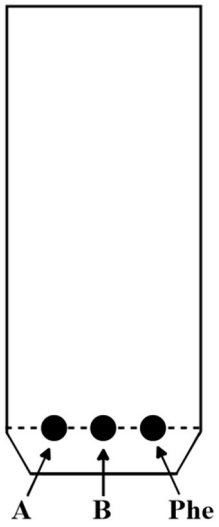
18. У чисту та суху колбу помістіть магнітний якір, встановіть воронку для твердих речовин та кількісно перенесіть речовину **A** з фільтра Шотта.
19. За допомогою градуйованої піпетки на 5 мл додайте 3 мл тетрафлуороборатної кислоти таким чином, щоб змити залишки речовини з воронки.
20. Встановіть дефлегматор 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.*

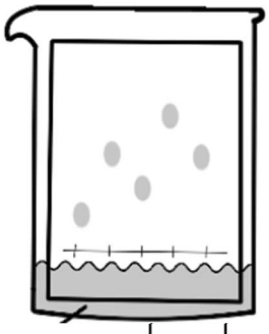
27. Кількісно перенесіть продукт **B** на чашку Петрі. Зважте його та заповніть таблицю.

Стадія 3. ТШХ

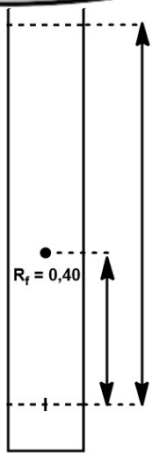
28. Відберіть ~2 мг речовини **B** та фенілаланіну у віали та підпишіть їх.
29. Розчиніть тверді речовини у мінімальній кількості розчинника (**A** та **B** у ацетонітрилі, фенілаланін у воді).
30. Налийте у порожню віалу ~2-3 мл етанолу з промивалки та промийте капіляр: торкніться поверхні рідини та 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 **A** 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, занурте 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 **A**		
1	Маса фільтра Шотта		г
2	Маса фільтра Шотта з речовиною		г
3	Маса речовини **A**		г
4	Вихід речовини **A**		%
	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		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		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 **$X,XX\cdot10^{XX}$** 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**
	10,0			

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**
	10,0			
Місце для розрахунків				

11 клас

Завдання 11.1. Естери (*Автор: Григоренко Олександр*)

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.

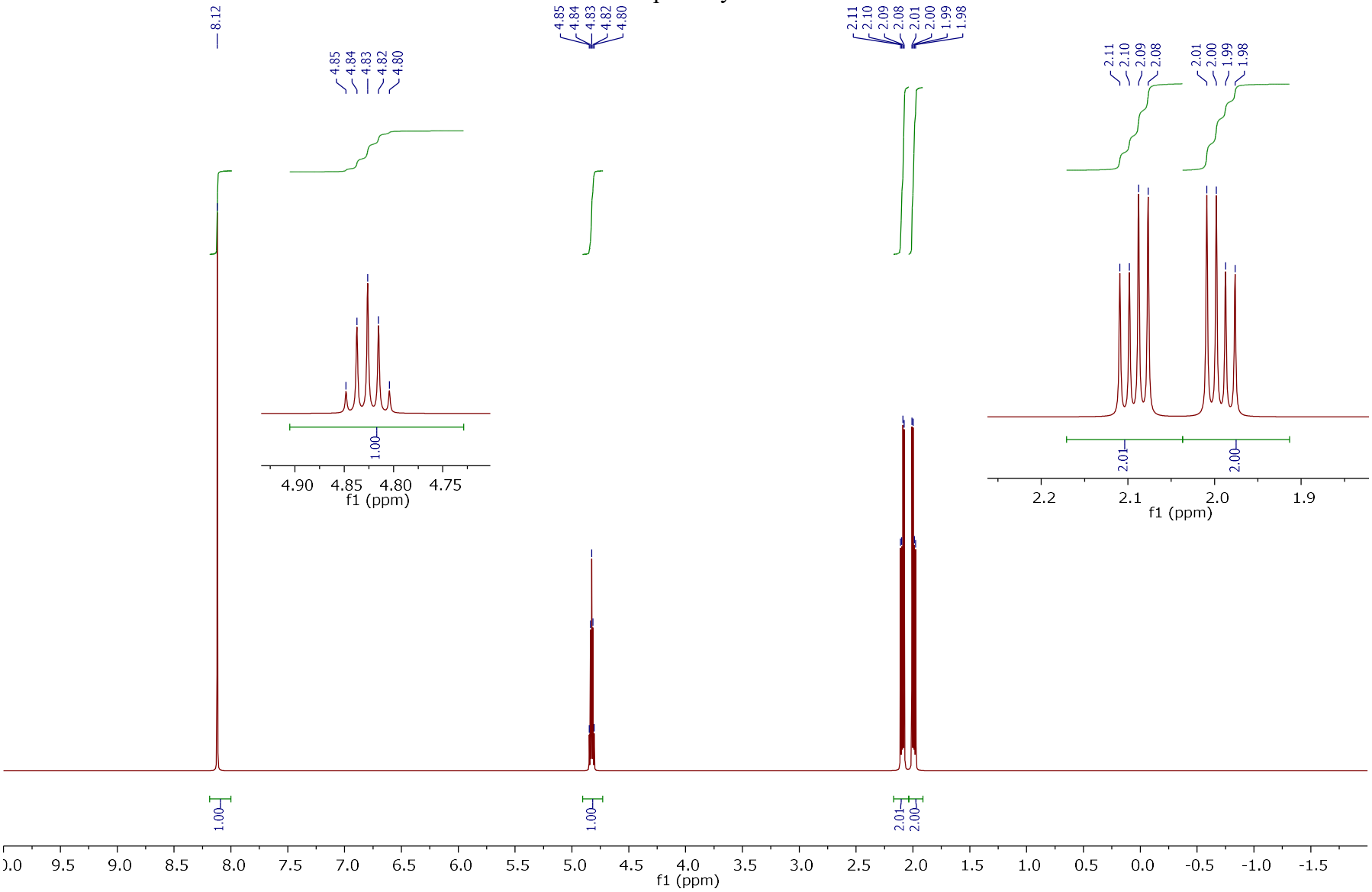
11.1.2. Вам надано ^{1}H ЯМР спектри естерів **A**–**D**. Використовуючи спектральні дані та наведено вище брутто-формулу, **встановіть** структурні формули сполук **A**–**D**.

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.

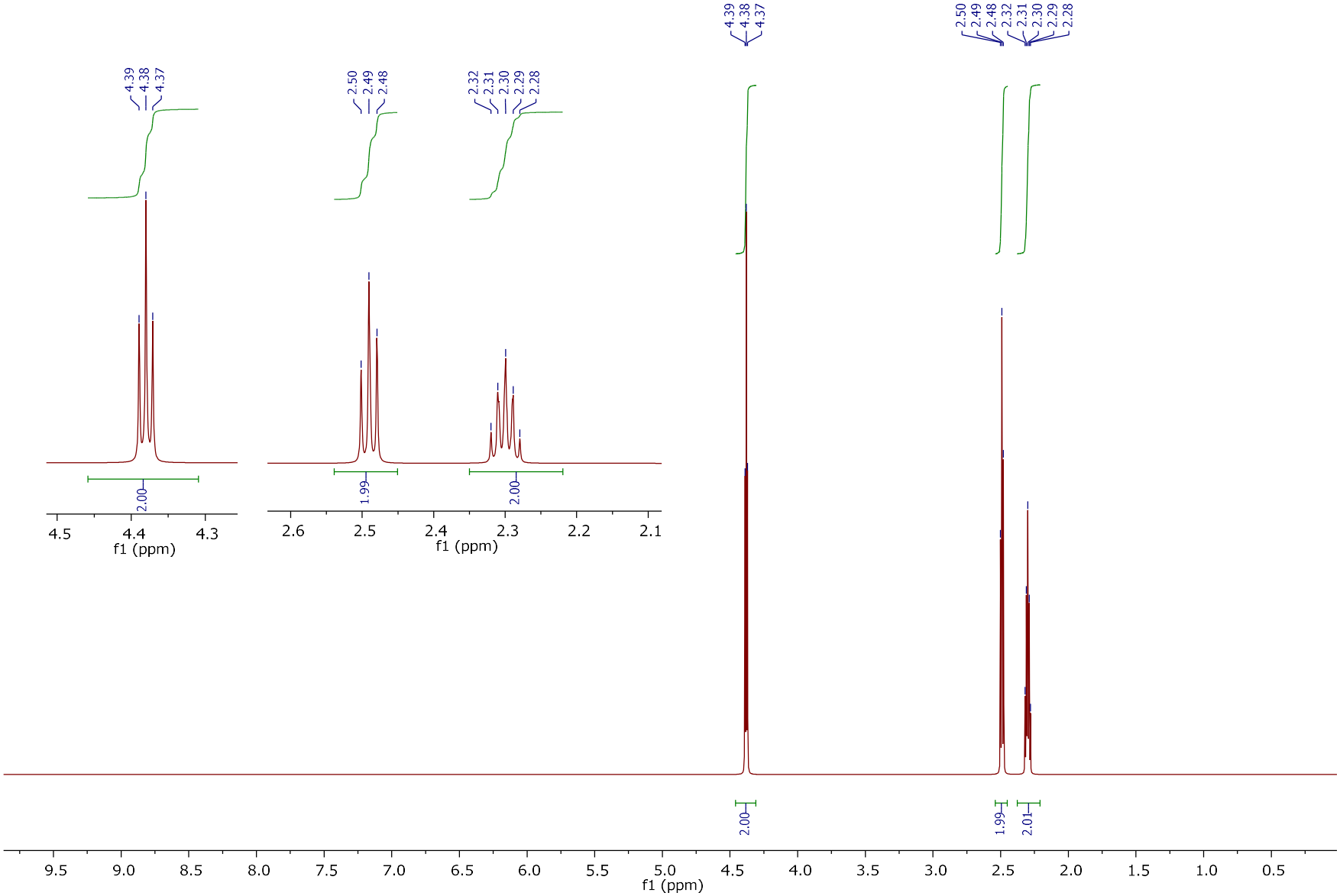
Хімічний зсув сигналу, м.ч.	4.38	2.49	2.30
Номер групи атомів			
Мультиплетність			

VI Всеукраїнська дистанційна олімпіада з хімії, 2024

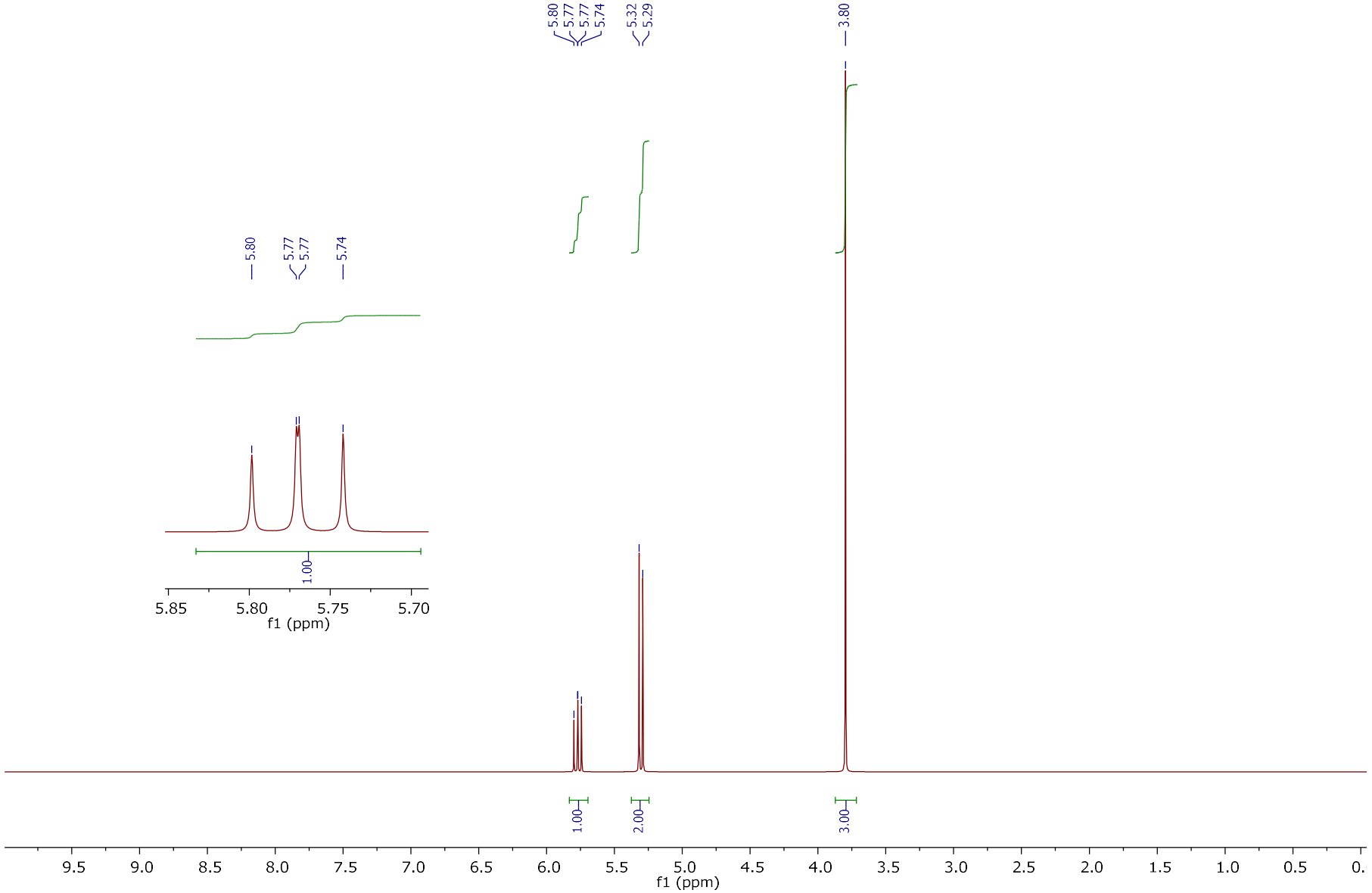
Спектр сполуки **A**



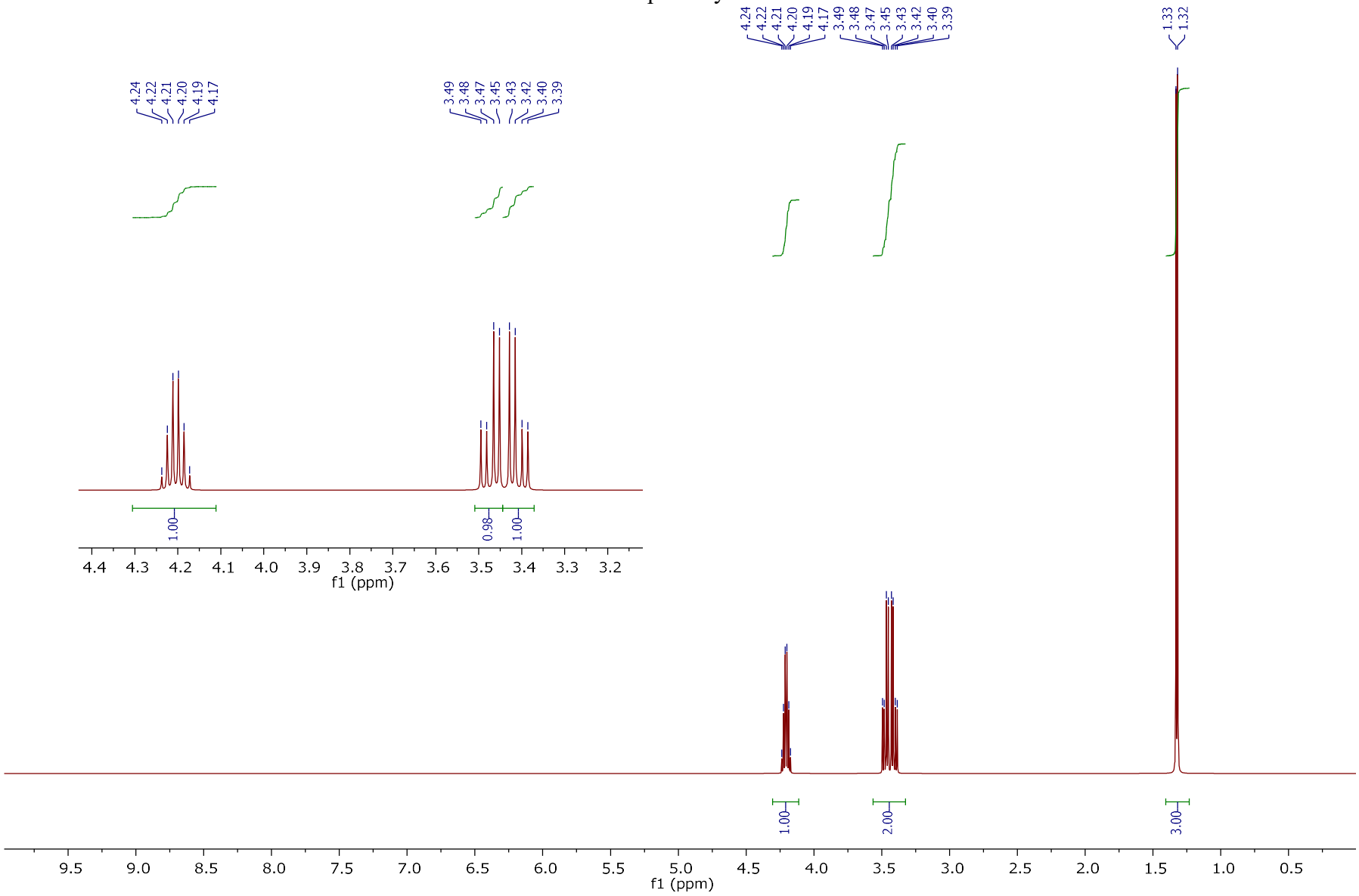
Спектр сполуки **B**



Спектр сполуки **C**

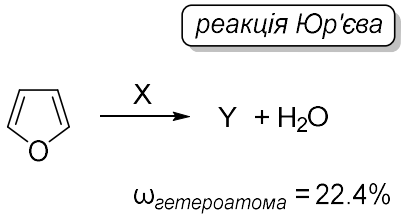


Спектр сполуки **D**



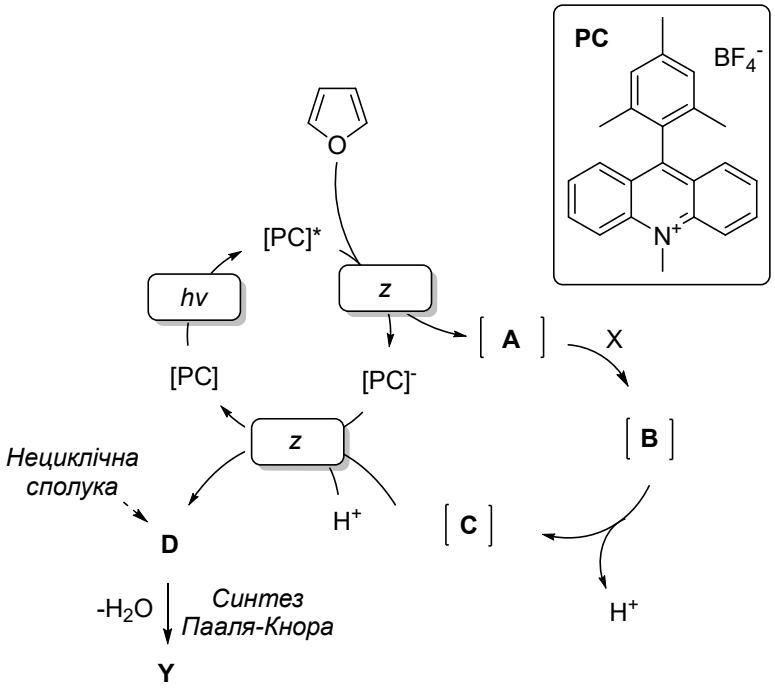
Завдання 11.2. Від фурану до бензену лишається три кроки (Автор: Ляшук Олександр)

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.

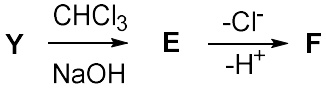


11.2.1. **Визначте** **X** та **Y**, якщо **X** – це надзвичайно важливий для хімічної промисловості газ із температурою кипіння -33 °C.

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?



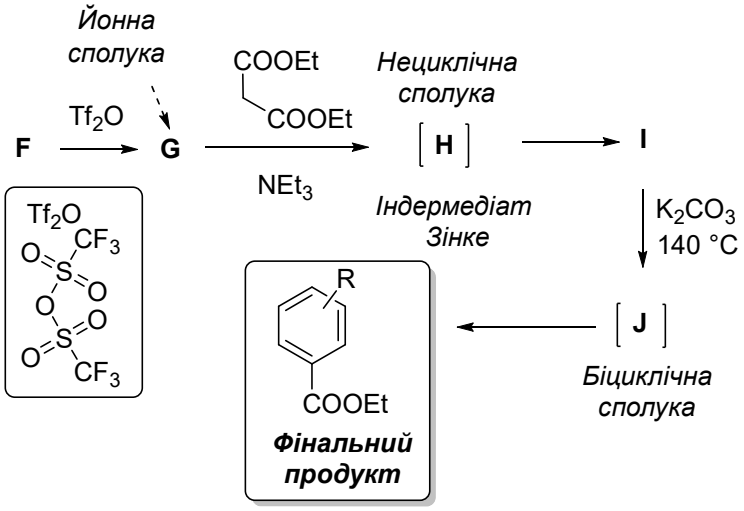
Наступним кроком на шляху до бензену є збільшення розміру циклу.



11.2.3. **Вкажіть** проміжну сполуку **E** та продукт **F**. Зобразіть механізм перетворення **E** в **F**.

Фінальним етапом у синтезі похідних бензену з фурану є заміна гетероатома на атом Карбону.

11.2.4. **Розшифруйте** наступний ланцюжок перетворень. Якщо Вам невідома сполука **F**, припустіть що замість неї в реакцію вступає піридин.



Завдання 11.3. Кінетика перетворення (*Автор: Кудрик Олександр*)

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.

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.

11.3.3. **Визначте коефіцієнт екстинкції** Ce^{4+}. Довжина оптичного шляху 1 см.
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**.

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:

$$Ce^{4+} + HONH_3^+ \xrightarrow{k_1} Ce^{3+} + {}^{\bullet}ONH_2 + 2H^+ \quad (6)$$

$$Ce(OH)^{3+} + HONH_3^+ \xrightarrow{k_2} Ce^{3+} + {}^{\bullet}ONH_2 + H_2O + H^+ \quad (7)$$

$$Ce(OH)_2^{2+} + HONH_3^+ \xrightarrow{k_3} Ce^{3+} + {}^{\bullet}ONH_2 + 2H_2O \quad (8)$$

$${}^{\bullet}ONH_2 + 5Ce(IV) + 2H_2O \xrightarrow{fast} NO_3^- + 5Ce^{3+} + 6H^+ \quad (9)$$

Перетворення різних форм Ce^{4+}, наявних у розчині при pH = 0.5-2, описуються наступними рівновагами:

$$Ce^{4+} + H_2O \overset{K_{h1}}{\rightleftharpoons} Ce(OH)^{3+} + H^+ \quad (4)$$

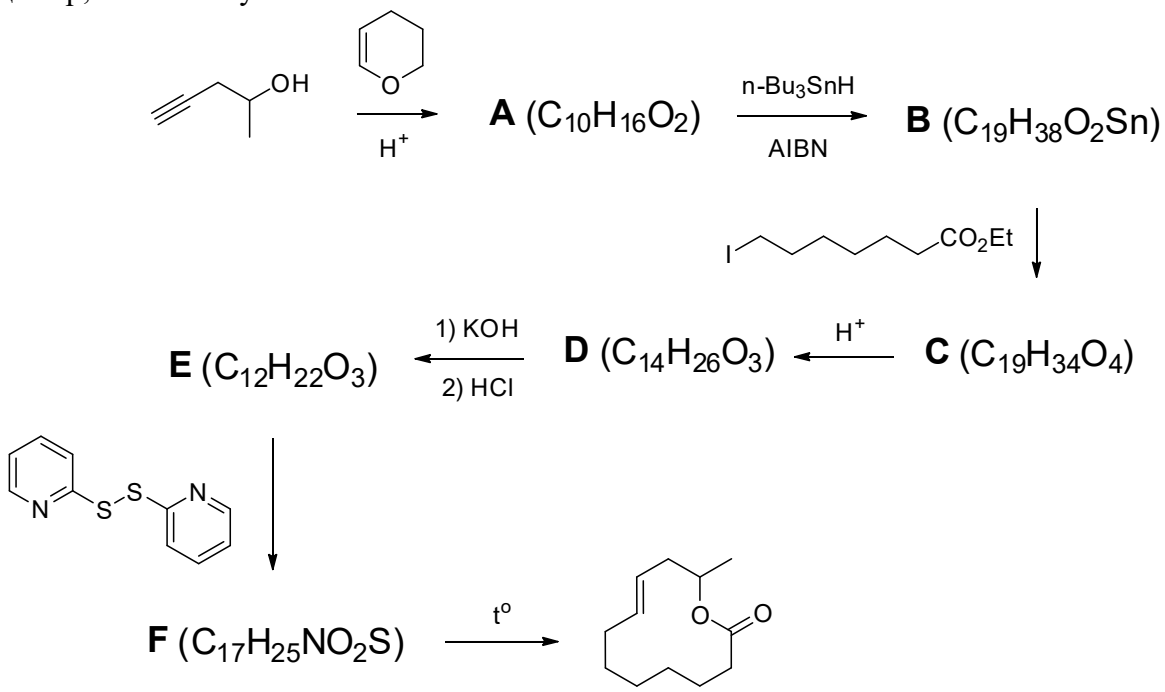
$$Ce(OH)^{3+} + H_2O \overset{K_{h2}}{\rightleftharpoons} Ce(OH)_2^{2+} + H^+ \quad (5)$$

11.3.5. **Виведіть швидкість зміни** загальної концентрації церію(IV) [Ce_{tot}], від [Ce_{tot}], $[NH_3OH]^+$, $[H^+]$ та констант $k_{1\text{-}3}$, $K_{h1\text{-}2}$.

Завдання 11.4. Classics in Total Synthesis. (*Автор: Друженко Тетяна*)

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.

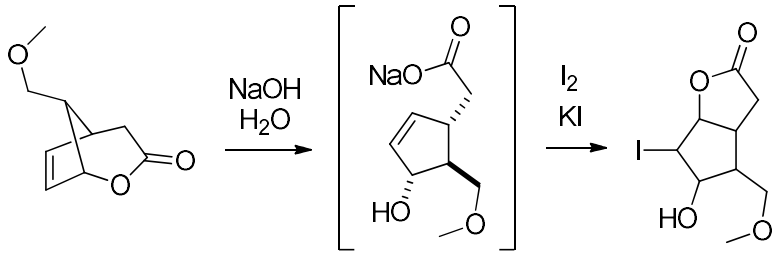


11.4.1. **Зобразіть структурні формули** сполук **A – F**.

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 $SOCl_2$?

Також у групі професора було вдосконалено і застосовано метод, який пізніше отримав назву «йодолактонізація за Корі».



X **Y**

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*)

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.

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?

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.

11.5.4. **Розрахуйте** молярну концентрацію розчину харчової соди, якщо його pH скдав 8.02.

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**.

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**.

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 ОН-груп.
Один з атомів Оксигену є тривалентним (!), позитивно зарядженим (!) та входить до складу шестичленного ароматичного кільця (!).

11.5.7. **Запропонуйте** структурну формулу **A**.

Завдання 11.6. Аналітичні розрахунки (*Автор: Алексєєв Сергій*)

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.

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.

11.6.3. **Чому** використання в даному аналізі не кадмієвого, а цинкового редуктора може спричинити помітну помилку? **Завищеним чи заниженим** буде одержаний 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.

11.6.5. На якісному рівні **поясніть**, з якою метою додавали фторид при цьому титруванні.

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 $KCr(SO_4)_2$?

11.6.7. **Розрахуйте** у відсотках за масою вміст хрому та мангану у сталі.

Завдання 11.7. (Електро)хімічні передбачення (*Автор: Іваниця Микита*)

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.

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.

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.

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.

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.

11.7.6. Розрахуйте ЕРС реакції Ce з Ni^{2+} та вільну енергію Гіббса для даної реакції з використанням одержаного ЕРС.

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*)

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.

Тиск пари над твердим C_6H_6 дорівнює 299 Па при температурі –30°С, а при 0°С – 3270 Па.

11.8.2. **Визначте** ентальпію сублімації $\Delta_{subl}H$ та ентальпію плавлення ΔH_m для бензену C_6H_6.

11.8.3. **Визначте** координати потрійної точки для бензену. **Наведіть** значення тиску в Торр, а температури в градусах Цельсія.

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 Торр/^{o}С.

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta H}{\Delta V \cdot T}$$

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 °C, 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.

Пари бензену після розширення до 30 л швидко (теплообмін з середовищем відбутися не встиг) стиснули до 3 л.

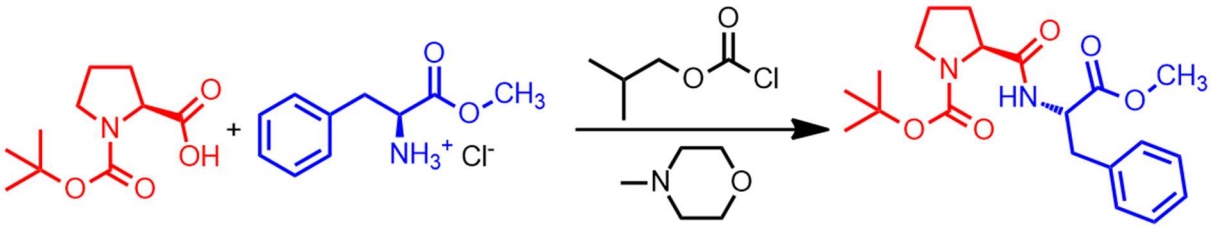
11.8.7. **Оцініть** температуру в системі після швидкого стиснення. **Вважайте**, що теплоємність парів бензену дорівнює C_p = 82,4 Дж/(моль·К).

Експериментальний тур

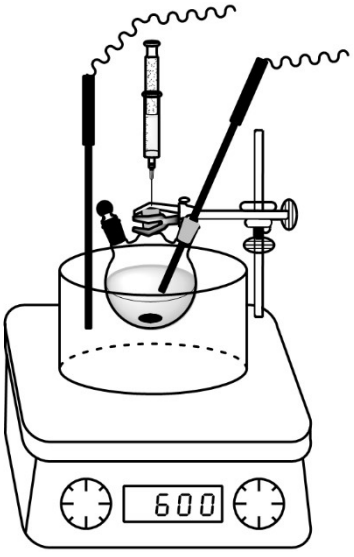
Завдання 1. Синтез дипептиду

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 МТВЕ 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 МТВЕ 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 МТВЕ 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 аргентум 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**
	10,0			
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				
2				
3				
Місце для розрахунків				