

---

Міністерство освіти та науки України  
Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна  
Харківський обласний науково-методичний інститут безперерв-  
ної освіти

---

# **Харківська обласна хімічна олімпіада 2006 року**

**Завдання та розв'язки**

**Харків 2006**

**Колосов М.О., Єльцов С.В., Жикол О.А., Логінова Л.П., Чуйко Ю.І. Харківська обласна хімічна олімпіада 2006 року: Завдання та розв'язки. Харків: ХНУ ім. В.Н.Каразіна, ХОНМІБО, 2006. 46 с.**

Збірка містить завдання та розв'язки III-го етапу 43-ї Всеукраїнської хімічної олімпіади в Харківській області. Призначений для вчителів хімії та школярів, що цікавляться хімією.

Видання затверджено до друку на засіданні методичної комісії хімічного факультету ХНУ імені В.Н.Каразіна (протокол №5 від 24 лютого 2006 року)

Склад журі III-го етапу хімічної олімпіади в Харківській області:

Колосов М.О. – голова журі,  
Єльцов С.В. – куратор 8 класу,  
Жикол О.А. – куратор 9 класу,  
Логінова Л.П. – куратор 10 класу,  
Шкумат А.П. – куратор 11 класу,  
Холін Ю.В. – експерт олімпіади,  
Чуйко Ю.І. – методист ХОНМІБО.

© Колосов М.О., Єльцов С.В.,  
Жикол О.А., Логінова Л.П.,  
Чуйко Ю.І., 2006.

---

Шановні друзі!

Перед вами – збірка матеріалів III етапу 43-ї Всеукраїнської хімічної олімпіади у Харківській області, що вміщує завдання I та II турів, їх розв'язки, а також методичні рекомендації та аналіз робіт I туру. У збірці також подано імена переможців цьогорічної Олімпіади та склад обласної команди, яка виступить на Всеукраїнському етапі змагань.

Цього року, як і завжди, Олімпіада була проведена у 2 тури. Перший тур мав відбутися ще 29 січня 2006 року, але через сильні, стійкі морози та завірюхи, які нам подарувала природа цього року, його двічі переносили – і, як наслідок, I тур був проведений нечувано пізно – 26 лютого, що вкрай стиснуло строки наступної підготовки команди області. Його переможці увійшли до складу підготовчої групи, що взяла участь у весняних відбірково-тренувальних зборах на базі Харківського національного університету ім. В.Н.Каразіна.

Фаворити другого, відбіркового туру увійшли до команди області для участі у наступному, IV етапі змагань.

2005 року команда у складі 6 чоловік привезла додому 5 призових місць: 1 місце посів Ткаченко Володимир, учень 9 класу, 2 місце – Фарафонов Володимир, учень 7-го класу, який на рівних змагався із восьмикласниками, та треті місця (Бондарев Данііл, 8 клас; Комарицький Ігор, 10 клас та Водолаженко Марія, 11 клас).

Цього року перед нашими олімпіадниками стоїть нелегке завдання: рейтинг "збірної" після вдалого виступу на минулорічній Олімпіаді у Херсоні дозволяє представити 8 учасників, тому захистити почесне 4 командне місце буде непросто.

Ми всі, члени оргкомітету та Журі, сподіваємось на вдалий виступ нашої команди та бажаємо їй успіхів!

З повагою,  
голова журі  
Харківської обласної хімічної олімпіади

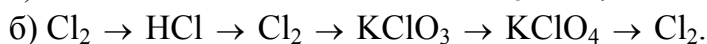
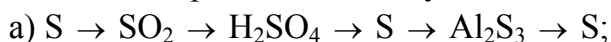
М.Колосов

---

**ЗАВДАННЯ І-ГО ТУРУ**  
**8 клас**

1. У свинцевих акумуляторах використовується розчин сульфатної кислоти з масовою часткою  $\text{H}_2\text{SO}_4$  40%. Розрахуйте маси води та олеуму з масовою часткою  $\text{SO}_3$  30%, які потрібно взяти для приготування 1 літру такого розчину сульфатної кислоти, якщо його густина дорівнює  $1303 \text{ кг/м}^3$ .

2. Запишіть рівняння реакцій, що відповідають хімічним перетворенням, які не обов'язково перебігають в одну стадію, вкажіть умови їх протікання:



3. При  $0^\circ\text{C}$  розчинність вуглекислого газу у воді така, що, при тиску  $\text{CO}_2$  над водою  $1.013 \cdot 10^5 \text{ Па}$ , один об'єм води поглинає 1.713 об'ємів газу. Розрахуйте, яка маса  $\text{CO}_2$  з повітря розчиняється в 1 літрі води при контакті повітря з водою при  $0^\circ\text{C}$  і нормальному атмосферному тиску, якщо об'ємна частка  $\text{CO}_2$  у повітрі складає 0.03%?

4. У якості газоподібного палива в промисловості часто використовується генераторний газ, що має такий склад (у мольних частках): 70%  $\text{N}_2$ , 25%  $\text{CO}$ , 5%  $\text{CO}_2$ . Розрахуйте, який об'єм повітря необхідний для повного згоряння  $1 \text{ м}^3$  генераторного газу, якщо об'ємна частка кисню в повітрі складає 21%.

5. При згорянні на повітрі 33 г вуглецю утворилася суміш газів, об'єм якої при пропусканні крізь надлишок розчину  $\text{NaOH}$  зменшився в 10 разів. Визначте, яку кількість кисню було витрачено на горіння. Розрахуйте, яка кількість теплоти виділилася при згорянні, якщо теплоти утворення вуглекислого та чадного газів дорівнюють відповідно  $-393.51 \text{ кДж/моль}$  і  $-110.53 \text{ кДж/моль}$ .

6. У хімічних лабораторіях іноді проводять досліди з використанням кисню. Яким чином можна в лабораторних умовах одержати кисень? Дайте опис пристроїв, призначених для цього, запишіть рівняння хімічних реакцій, що протікають.

7. *Завдання експериментального туру.* Порошкоподібну речовину А жовтого кольору, стійку на повітрі, було насипано до пробірки і поміщено в полум'я спиртівки. При нагріванні вміст пробірки став набувати чорного кольору, зумовленого металом В, при цьому також виділявся безбарвний газ С та пара рідини D, що конденсувалася на стінках пробірки. Після припинення виділення газів вміст пробірки був висипаний з невеликої висоти в кристалізатор, при цьому метал В при висипанні з пробірки спалахує, утворюючи речовину Е. Назвіть речовини А, В, С, D та Е, напишіть рівняння описаних реакцій, якщо відомі наступні факти:

1) метал В утворює з киснем три сполуки, у двох з яких масова частка металу складає 70% та 78%;

2) при розкладі 1 моль речовини А утворюється 1 моль металу В та по 2 моль речовин С та D;

3) масова частка металу В у речовині А складає 31%;

- 4) молярна маса речовини С у 2.44 рази більше, ніж D;
- 5) речовини С та D є кінцевими продуктами метаболізму більшості тварин.

### 9 клас

1. В розчині сильної кислоти  $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = 3.50$ . Масова частка кислоти в розчині складає 0.00155% (густина розчину візьміть рівною 1.000 г/мл).

1. Дайте визначення сильної і слабкої кислоти.
2. Визначте згадану кислоту, опишіть схему її промислового добування.
3. опишіть її хімічні властивості.
4. Як Ви вважаєте, чи можна отримати відповідь задачі, якщо проводити вимірювання з розчином кислоти, в 1000 разів більше концентрованим? Відповідь мотивуйте.

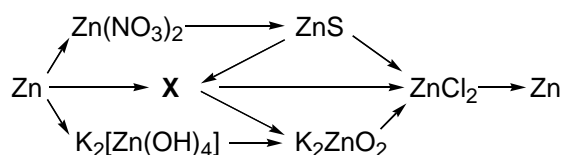
2. Краще чи гірше, порівняно з чистою водою, розчинятиметься амоніак у розчинах кальцій гідроксиду, соляної кислоти, мідного купоросу, ферум (III) хлориду, натрій гідрокарбонату, калій хлориду? Відповідь пояснюйте за допомогою необхідних рівнянь реакцій в іонній формі.

3. При взаємодії простої речовини з бертолетовою сіллю  $\text{KClO}_3$  одним із двох продуктів реакції є оксид А з масовою часткою одного з елементів 43.7%. При його розчиненні у невеликій кількості води на холоді утворюється розчин кислоти В (молекула циклічна). Подальше кип'ятіння приводить до розчину триосновної кислоти С. Дією цього розчину на  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  отримують малорозчинну сіль D, а на мінерали апатит або фосфорит — розчинну сіль Е. Дією сульфатної кислоти на апатит або фосфорит можна добути суміш солей, яку, так само як і речовини D і Е, широко використовують в сільському господарстві.

1. Визначте речовини А – Е, назвіть їх.
2. Запишіть рівняння реакцій.
3. Як добувають вихідну просту речовину?
4. Запропонуйте структурні формули речовин А, В, С.
5. Що Вам відомо про використання кислоти С? Де в природі зустрічаються її похідні?

4. Суміш газів складається з водню і вищих гідридів (гідрогенових сполук) карбону та фосфору. При її спалюванні у надлишку кисню на кожні 7 об'ємів суміші витрачається 12.5 об'єми кисню.

1. Запишіть рівняння реакцій, що відбуваються при спалюванні суміші.
2. Визначте об'ємну частку водню в суміші.
3. Оцініть діапазон значень густини (у г/л), які можуть бути притаманні суміші за н.у.
4. Як можна виділити з вихідної суміші водень?
5. Біла нерозчинна у воді речовина X, що входить до складу деяких ліків, бере участь в такій схемі перетворень:



1. Визначте речовину X. Який тип хімічного зв'язку притаманний цій сполуці?

2. Запишіть рівняння всіх реакцій, вкажіть умови їх проведення.

3. Якою найбільшою кількістю стрілок (кожна відповідає одностадійному перетворенню) вдається доповнити схему? Запишіть рівняння відповідних реакцій.

4. Яке застосування — зовнішнє чи внутрішнє — мають ліки, що містять речовину X? Відповідь мотивуйте.

6. Водний розчин питної соди масою 100 г з масовою часткою розчиненої речовини 8.4% (при 20°C) кип'ятили кілька годин до завершення хімічного перетворення. Масова частка продукту реакції в розчині після кип'ятіння склала 8.0% (100°C). Після охолодження цього розчину до 0°C з нього випало 2.80 г кристалів, які під дією надлишку кислоти виділяють 0.22 л (н.у.) газу.

1. Розчин якої солі утворився після кип'ятіння? Запишіть рівняння реакції.

2. Визначте формулу речовини, що випала в осад при 0°C.

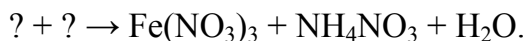
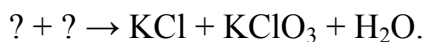
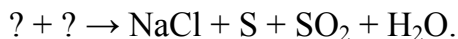
3. Обчисліть розчинність продукту реакції у воді при 0°C.

7. **Завдання експериментального туру.** У пробірку поміщаємо кілька кристаликів йоду і додаємо розчин гідроксиду калію, після чого пробірку нагріваємо. Відзначте видимі зміни. Після цього в пробірку додаємо краплями розчин сірчаної кислоти до утворення кислого середовища. Відзначте видимі зміни.

Поясніть явища, що спостерігаються. Запишіть рівняння реакцій у молекулярному й іонному вигляді.

## 10 клас

1. Які дві речовини і за яких умов вступили в реакцію, якщо одержано наступні продукти (стехіометричні коефіцієнти опущено):



Доповніть рівняння реакцій і підберіть стехіометричні коефіцієнти.

2. Електроліз розчину з масовою часткою  $\text{NiSO}_4$  2.0% (густина розчину 1,01 г/мл) проводять з нікелевим катодом та платиновим анодом при силі струму 0.300 А. Запишіть рівняння реакцій, що протікають на електродах. Розрахуйте час, за який буде практично повністю виділено нікель з 50.0 мл розчину. При якому значенні потенціалу катоду слід закінчити електроліз, щоб відносна втрата нікелю не перевищувала 0.01%? Залежність електродного потенціалу (в Вольтах) від молярної концентрації (С) нікелю в розчині описується рівнянням Нернста:  $E = -0.228 + 0.028 \lg C$ .

3. В мінералогічній колекції знаходяться два мінерали, перший — світло-зеленого кольору, другий – темно-синього. Обидва складаються з одних і тих же елементів: купрум і трьох неметалів. Наважки кожного з мінералів масою 1.000 г прожарили, одержали і зважили чорну рештку. Газуваті продукти розкладу пропустили через поглинальні склянки з баритовою водою, утворені білі осади відфільтрували, висушили і зважили. До таких самих наважок кожного з мінералів додали по 100 мл розчину з молярною концентрацією  $\text{HCl}$  0.300 моль/л. Після розчинення мінералів визначили концентрацію іонів водню в кожному з розчинів.

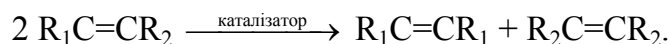
За результатами визначень, наведеними в таблиці, знайдіть хімічні формули мінералів:

Мінерал	Маса чорної рештки	Маса білого осаду	Концентрація $\text{H}^+$
Світло-зелений	0.719 г	0.892 г	0.119 моль/л
Темно-синій	0.692 г	1.146 г	0.126 моль/л

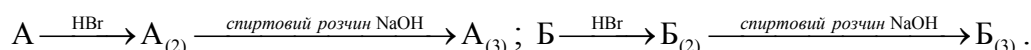
4. Леткість металевої ртуті робить її особливо небезпечною. Розливу ртуть треба зібрати, а місце, куди вона потрапила, обробити спеціальними сумішами: За одним з рецептів забруднену ртуттю поверхню спочатку обробляють розчином, що містить йод і йодид калію, а на наступний день — розчином, приготованим з дигідрату хлориду міді (II), сульфату натрію та гідрокарбонату натрію. На забруднених місцях з'являються червонуваті плями нелеткої сполуки ртуті.

Які реакції при цьому відбуваються? Запишіть рівняння реакцій, поясніть призначення кожного реагенту. Як найефективніше і найбезпечніше зібрати краплини ртуті, особливо дрібні? Чому в лабораторіях розчини солей ртуті категорично заборонено виливати в каналізацію?

5. Нобелівську премію з хімії за 2005 рік присуджено Роберту Граббсу, Річарду Шроку та Іву Ковену за розвиток методу обміну в органічній хімії. Реакції подвійного обміну олефінів відбуваються в присутності каталізатору Граббса, що забезпечує розрив подвійного зв'язку, тоді молекули олефіну обмінюються половинками за схемою:



Для кожного з двох бутенів А і Б проведено реакції подвійного обміну: з бутену А утворились алкени В і Г; з бутену Б — алкени В і Д. Реакції подвійного обміну проведено також з речовинами  $\text{A}_{(3)}$  і  $\text{B}_{(3)}$ , одержаними з бутенів А і Б в результаті хімічних реакцій:



Продуктами подвійного обміну речовини  $\text{B}_{(3)}$  виявились алкени В і Д, а речовина  $\text{A}_{(3)}$  ніяких продуктів обміну не утворила.

Наведіть систематичні назви та графічні формули речовин А, Б, В, Г, Д. Запишіть рівняння реакцій за участю  $\text{HBr}$  та спиртового розчину  $\text{NaOH}$ , поясніть, за якими правилами вони протікають.

6. Константа рівноваги реакції



дорівнює 3.3 при 25 °С. Масові частки Н і D в природному водні складають відповідно 99.985 % і 0.015 %.

Обчисліть масові частки  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{D}_2\text{O}$  і  $\text{HOD}$  у природній воді.

7. *Завдання експериментального туру.* Розчин містить два катіони і два аніони. За допомогою лакмусового індикаторного папірця визначають кислотність розчину. До окремих порцій розчину додають:

- 1) розчин  $\text{NaOH}$ ,
- 2) розчин  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,
- 3) кислий розчин  $\text{KBrO}_3$  і органічний розчинник (хлороформ).

За результатами спостережень визначте, які з перерахованих катіонів і аніонів можуть міститися у вихідному розчині:

- $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ;
- $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ?

Поясніть явища, що спостерігаються. Запишіть рівняння хімічних реакцій, що протікають, у молекулярному й іонному вигляді.

11 клас

1. *Суперосновність.* Диметилсульфоксид ( $\text{DMCO}$ ,  $(\text{CH}_3)_2\text{S}=\text{O}$ ) реагує з метилйодидом з утворенням солі **A** (14.50% сульфуру), яка взаємодіє у суперосновному середовищі з етиловим естером акрилової кислоти **B** ( $\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_2$ ), утворюючи сполуку **C** (28.03% кисню). Після гідролізу естерної групи та декарбоксілювання речовина **C** дає вуглеводень **D** (85.63% карбону), всі атоми водню в молекулі якого за даними спектру ПМР еквівалентні.

Визначте зашифровані речовини, вкажіть їхні структурні формули, напишіть схеми перетворень. Які аналоги речовини **C** можна отримати, якщо замість метилйодиду у реакції з  $\text{DMCO}$  буде використаний етилйодид? Що таке суперосновне середовище? Чому для отримання речовини **C** використовують не саму акрилову кислоту, а її естер?

2. *Силіцій та флуор.* Масова доля силіцію у солі **X** складає 15.73%. У склад аніону солі **X** входять лише силіцій (19.77% мас.) та флуор. Визначте сіль **X**, наведіть її назву. Вкажіть геометричну форму частинок, що входять до складу солі, та ступінь гібридизації центральних атомів у них.

3. *Отрута.* Зразок солі **A** масою 18.4 г розділили на дві частини. Одну з них ввели в реакцію з 16.0 г бромом в органічному розчиннику, причому було отримано летку сполуку **B**, що легко полімеризується, та 20.0 г броміду кальцію. На другу частину солі **A** подіяли надлишком сірки, в результаті чого було виділено лише сіль **C**. Сіль **C** ввели у реакцію з бромом масою 16.0 г в органічному розчиннику, причому було отримано лише нестабільну летку сполуку **D** масою 11.6 г та бромід кальцію масою 20.0 г.



Визначте зашифровані речовини, наведіть рівняння реакцій. Відомо, що молекулярна маса солі **C** не перевищує 160 г/моль, а речовини **A**, **B**, **D** є сильно токсичними.

**4. pH.** Відомо, що pH розчину оцтової кислоти з концентрацією 0.10 моль/л дорівнює 2.88. Розрахуйте pH вказаних розчинів, якщо 1 л розчину містить:

- а) 12 г оцтової кислоти;
- б) 12 г оцтової кислоти та 8.2 г ацетату натрію;
- в) 12 г оцтової кислоти та 10 мл концентрованої хлоридної кислоти ( $\rho = 1.20$  г/мл, масова частка HCl 39 %).

**5. Електроліз.** Кріз розчин 42 г бінарної солі **A** з розділеними катодним та анодним просторами на протязі 3 годин пропускали струм силою 0.894 А. При цьому відбувся повний розклад солі **A**, в анодному просторі утворилося 38.1 г інтенсивно забарвленого неметалу **X**, а в катодному просторі утворився сильнолужний розчин.

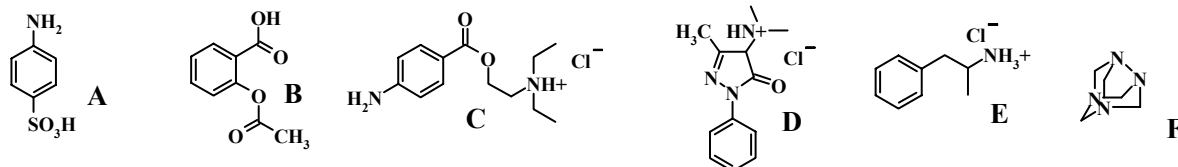
Визначте зашифровані речовини, напишіть рівняння реакцій. Зобразіть будову аніону солі **A**. Де використовується речовина **A**? Як її отримують?

**6. Ряди.** Розташуйте речовини  $H_2O$ ,  $H_2S$ ,  $H_2Se$ ,  $H_2Te$  у ряд: 1) за збільшенням кислотності; 2) за зменшенням відновлювальної активності; 3) за зменшенням валентного кута Н-Елемент-Н.

Розташуйте речовини  $HCONH_2$ ,  $CH_3CONH_2$ ,  $HCONHCH_3$ ,  $HCON(CH_3)_2$  у ряд за збільшенням температури топлення.

Відповіді аргументуйте.

**7. Завдання експериментального туру.** У пробірках знаходиться розчин одного з вказаних лікарських препаратів (**A–D**). На основі явищ, що спостерігаються (номери дослідів дано) визначте розчинену речовину.



1. До розчину невідомої речовини додають підкислений розчин нітриту натрію. Одну частину отриманого розчину нагрівають, при цьому виділяється безбарвний газ, що не має запаху. До другої частини додають розчин 2-гідроксинафталіну, внаслідок чого спостерігається яскраве забарвлення.

2. При доливанні до розчину невідомої речовини розчину нітрату аргентуму випадає білий драглистий осад.

Обгрунтуйте вибір. Напишіть схеми реакцій.

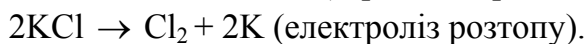
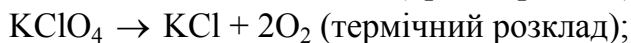
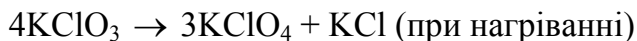
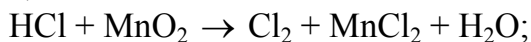
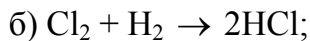
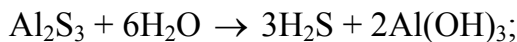
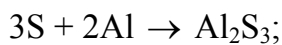
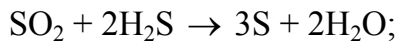
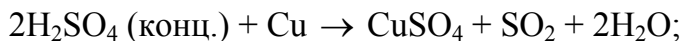
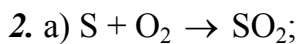
## РОЗВ'ЯЗКИ ЗАВДАНЬ І-ГО ТУРУ

### 8 клас

1. 1 Літр розчину сульфатної кислоти має масу  $1000 \cdot 1.303 = 1303$  г, з яких  $1303 \cdot 0.6 = 781.8$  г складає вода, решту  $1303 - 781.8 = 521.2$  г – кислота. Нехай для приготування цього розчину необхідно взяти  $x$  г олеуму, у цій масі вміст триоксиду сульфуру буде складати  $0.3x$  г, а сульфатної кислоти буде  $0.7x$  г. Таким чином, у кінцевому розчині  $(521.2 - 0.7x)$  г кислоти повинно утворитися за рахунок взаємодії оксиду з водою, яка перебігає за рівнянням  $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4$ , з якого видно, що з 80 г  $\text{SO}_3$  утворюється 98 г  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Складаємо пропорцію:

$$\frac{80}{98} = \frac{0.3x}{521.2 - 0.7x}, \text{ звідки знаходимо } x = 488.24.$$

Таким чином, для приготування 1 літру 40% розчину сульфатної кислоти необхідно взяти 488.24 г олеуму, та  $1303 - 488.24 = 814.79$  г води.



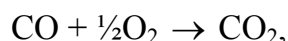
3. Нехай взято 1 л води, тоді у цій кількості води розчиниться 1.713 л  $\text{CO}_2$ , або  $1.713/22.4 = 0.07647$  моль газу. Таким чином, розчинність  $\text{CO}_2$  становить 0.07647 моль/л. Якщо вважати, що розчинність  $\text{CO}_2$  підкоряється закону Генрі,

$$s = kp,$$

де  $s$  – розчинність,  $p$  – парціальний тиск газу над розчином,  $k$  – константа Генрі, то можна знайти значення константи:  $k = 0.07647/1.013 \cdot 10^5 = 7.549 \cdot 10^{-7}$ .

Парціальний тиск  $\text{CO}_2$  у повітрі дорівнює  $1.013 \cdot 10^5 \cdot 0.0003 = 30.39$  Па, звідки знаходимо розчинність  $\text{CO}_2$  з повітря:  $s = 7.549 \cdot 10^{-7} \cdot 30.39 = 2.294 \cdot 10^{-5}$  моль/л. Маса розчиненого газу становить  $2.294 \cdot 10^{-5} \cdot 44 = 1.01 \cdot 10^{-3}$  г/л.

4. З компонентів генераторного газу до згоряння здатний тільки  $\text{CO}$ , його вміст у 1 м<sup>3</sup> повітря становить  $1000 \cdot 0.25 = 250$  л. Згідно з рівнянням реакції



на згоряння 1 об'єму СО необхідно 0.5 об'ємів  $O_2$ . Тому  $V_{O_2} = 0.5V_{\tilde{N}O} = 125$  л. Такий об'єм кисню міститься у  $125/0.21 = 595.24$  л повітря.

5. При згорянні вуглецю утворюється суміш його оксидів СО та  $CO_2$ , причому розчином лугу поглинається тільки останній. Таким чином, зменшення об'єму суміші у 10 разів при пропусканні через розчин лугу, свідчить, що 0.1 частини вуглецю утворює СО, решта –  $CO_2$ . Вихідна кількість вуглецю складає  $33/12 = 2.75$  моль, тому кількість СО становить 0.275 моль, а  $CO_2$  – 2.475 моль. При утворенні такої кількості СО виділиться  $0.275 \cdot (-110.53) = -30.40$  кДж теплоти, а  $CO_2$  –  $2.475 \cdot (-393.51) = -973.94$  кДж. Загальна кількість теплоти становить:  
 $-30.40 + -973.94 = -1004.34$  кДж.

Кількість кисню, що пішла на згоряння вуглецю дорівнює  $2.475 + 0.275/2 = 2.6125$  моль.

6. Існують декілька лабораторних способів одержання  $O_2$ , наприклад, електролітичний, каталітичний розклад  $H_2O_2$  та термічний розклад перманганату(VII) калію.

*Спосіб 1.* Для електролітичного одержання  $O_2$  найбільш придатні розчини лугів. Звичайно для цього використовують електролізер, зображений на рис.1, що містить нікелеві електроди у 30%-ному розчині КОН. Електролізер являє собою скляний циліндр, на 2/3 заповнений розчином КОН. Циліндр 1 щільно закривається кришкою 4, зробленою з матеріалу, стійкого до дії лугів та вологи. Катодом служить нікелевий циліндр 7, укріплений у кришці 4 трьома нікелевими дротами чи однією спіраллю з міцного нікелевого дроту. Струм підводиться по дротах, що закріплені у кришці 4 клемми. Анод 6 (спіраль або пластина) підвішений у колоколоподібному розширенні 3 унизу трубки 2 на нікелевому дроті, що прикріплений до запаяного кінця 5 трубки 2. Трубку закріплюють у кришці, яка має відповідний проріз (отвір). У бічну насадку трубки 2 поміщають шматочки скляної вати, щоб запобігти перекидання лугу, а також азбест із Pt чи Pd для окислювання водню. Трубку вставляють в електричну трубчасту піч 8 з температурою не вище  $350-400^\circ C$ . Піч та промивну судину 9 зі скляною спіраллю, опущеною в концентровану  $H_2SO_4$ , прикріплюють до циліндра 1. При електролізі перебігає реакція розкладання води:  $2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$ .

*Спосіб 2.* Одержання кисню каталітичним розкладанням пероксиду водню. Колбу 1 (рис.2) закривають насадкою на шліфі 2 з довгою корком-котушкою 3, на кінці якої на тонкому платиновому дроті висить згорнутий листок тонкої нікелевої фольги. Насадка на шліфі 2 у своїй верхній частині заповнена скляними кульками для запобігання перекидання рідини. Після насадки ставлять запасний ртутний затвор 4, потім кран 5 та трубку, що містить платиновану мідну сітку, для остаточного поглинання слідів  $H_2O_2$ . Після промивної судини із спіраллю з концентрованою  $H_2SO_4$  бажано поставити лічильник потоку газу. Прилад заповнюють технічним 30%-ним  $H_2O_2$ , тому що виділення кисню при цьому відбувається не так сильно, як з чистим  $H_2O_2$ . Необхідну швидкість потоку  $O_2$  установлюють за глибиною занурення Ni-фольги за допомогою скляної корком-котушки. Розклад пероксиду перебігає за рівнянням:  $2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$ .

Спосіб 3. Також можна одержувати кисень і в апараті Кіппа з 3%-ного розчину  $\text{H}_2\text{O}_2$ , якщо заправити апарат шматочками  $\text{MnO}_2$ .

Спосіб 4. Одержання  $\text{O}_2$  термічним розкладанням перманганату. Невеликі кількості дуже чистого  $\text{O}_2$  можна одержати термічним розкладанням  $\text{KMnO}_4$ . Реакційною судиною служить довга запаяна з одного кінця скляна трубка, яку поміщають в електричну піч. Перманганат калію розкладається згідно з рівнянням:

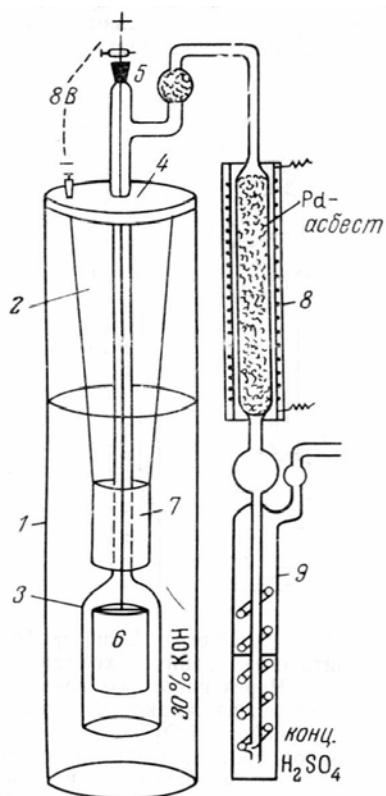


Рис.1. Прилад для електролітичного отримання кисню.

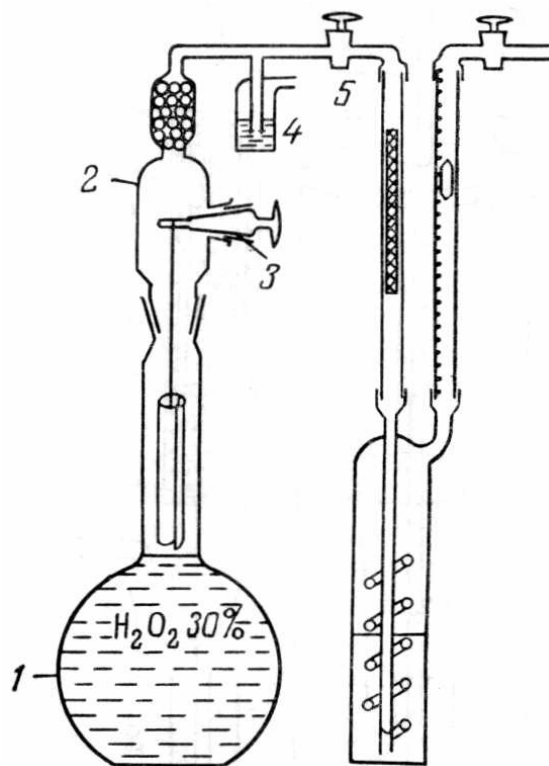
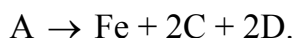


Рис.2. Прилад для отримання кисню з пероксиду водню.

**7. Завдання експериментального туру.** Нехай  $\text{M}_2\text{O}_x$  та  $\text{M}_2\text{O}_y$  – формули двох оксидів металу М. Нехай молярна маса металу М становить  $z$  г/моль, тоді масова частка металу у цих оксидах буде дорівнювати  $\omega_1 = 2z / (2z + 16x) = 0.7$  та  $\omega_2 = 2z / (2z + 16y) = 0.78$ , де  $x$  та  $y$  – невеликі цілі числа від 1 до 8. З цих виразів витікає, що  $z = 18.67x$  та  $z = 28.36y$ , при  $x=3$  та  $y=2$  ці рівняння дають однаковий результат  $z = 56$ , що відповідає молярній масі заліза. Підтвердженням того, що М – залізо, є наявність у нього третього оксиду  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Якщо при розкладанні сполуки А утворюється залізо, речовина С та D, то реакцію розкладу можна записати таким чином:

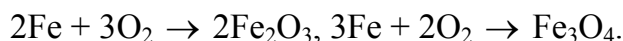


Оскільки масова частка заліза у речовині А складає 31%, то молярна маса А становить  $56 / 0.31 = 180.65$  г/моль. Знайдемо молярні маси речовин С та D. Нехай молярна маса D дорівнює  $x$  г/моль, тоді молярна маса С –  $2.44x$  г/моль. Тоді можна записати:  $180.65 = 56 + 2x + 2 \cdot 2.44x$ , звідки  $x = 18$ . Таким чином, моля-

рна маса сполуки D дорівнює 18 г/моль, а сполуки C –  $18 \cdot 2.44 = 44$  г/моль. З кінцевих продуктів метаболізму такі молярні маси мають вода та двоокис вуглецю. Тому формулу сполуки A можна записати у вигляді  $\text{FeC}_2\text{H}_4\text{O}_6$ , цій брутто формулі відповідає оксалат заліза  $\text{FeC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , його розклад перебігає за рівнянням:



Пірофорне залізо, що утворюється при розкладі оксалату, взаємодіє з киснем повітря:



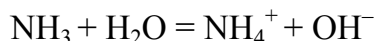
## 9 клас

I. 1. Більшість молекул сильної кислоти (умовно більше 70%) дисоціює в розчині. Дуже мало (не більше умовно 30%) молекул слабкої кислоти дисоціює в розчині.

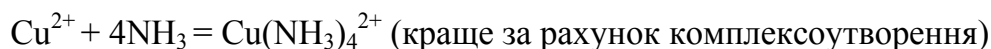
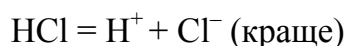
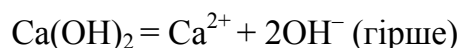
2.  $[\text{H}^+] = 10^{-3.50} = 3.162 \cdot 10^{-4}$  моль/л. Один літр розчину містить  $1000 \times 1.55 \cdot 10^{-5} = 0.0155$  г кислоти, отже, її молярна маса еквівалентів складає  $0.0155 / 3.162 \cdot 10^{-4} = 49.0$  г/моль. Це відповідає сульфатній кислоті,  $\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$ . Промислове добування:  $\text{S} \rightarrow \text{SO}_2 \rightarrow \text{SO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$ .

4. Ні, оскільки за другим ступенем дисоціації сульфатна кислота не є сильною і у більш концентрованому розчині дисоціація  $\text{HSO}_4^- = \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$  відбуватиметься лише частково, що унеможливить розрахунок за схемою задачі.

2. Амоніак розчиняється у воді з утворенням лужного середовища:



Отже, кисла реакція розчину солі сприятиме розчиненню амоніаку, лужна — навпаки.

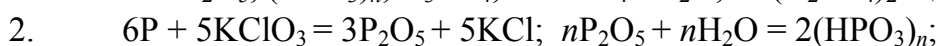


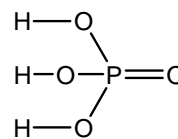
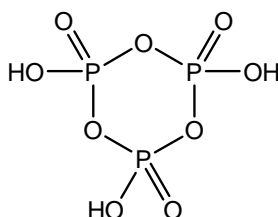
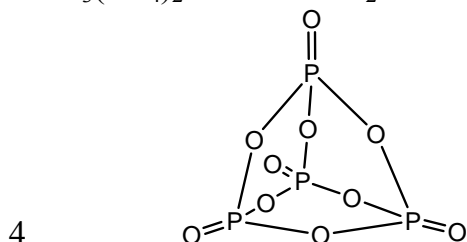
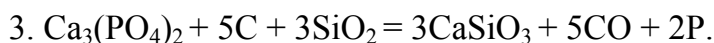
3. 1. Якщо 43.7% – це масова частка кисню, то молярна маса еквівалентів елемента  $M_{\text{екв}} = 10.3$ , знайдена за пропорцією:

43.7 г кисню сполучаються із 56.3 г елемента

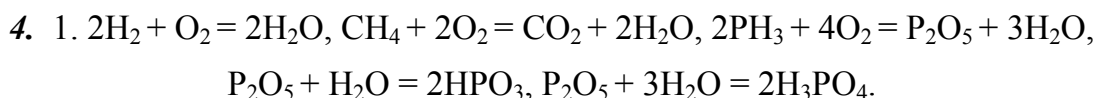
8 г кисню сполучаються із  $M_{\text{екв}}$  елемента

Вона відповідає фосфору (III). Якщо ж це масова частка другого елемента, то з аналогічної пропорції його  $M_{\text{екв}} = 6.2$ , що відповідає фосфору (V). Останній варіант більше прийнятний, оскільки горіння відбувається у надлишку кисню. Отже, речовини A – E:  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $(\text{HPO}_3)_n$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  відповідно.





5. Фосфатна кислота використовується як флюс при паянні, для зняття іржі з залізних речей тощо. Її похідні дуже поширені у природі, особливо у тваринному світі: зуби та кістяк (головним чином фосфати кальцію), структурний компонент нуклеїнових кислот і речовини, що виконують короткотерміновий запас і транспорт енергії в організмі (АТФ).

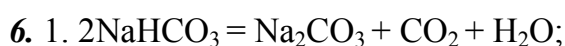
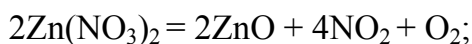
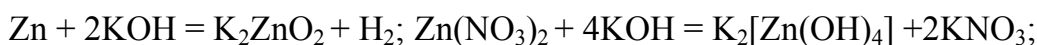
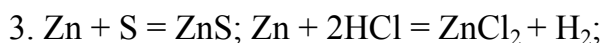
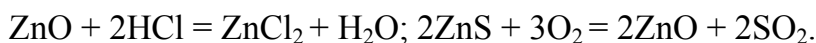
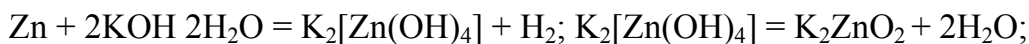
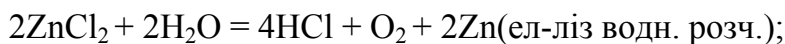
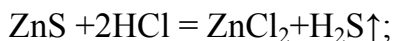
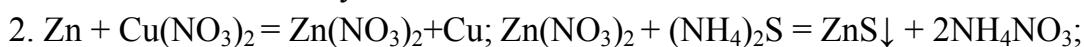


2. На 1 об'єм водню витрачається половина об'єму кисню, на один об'єм будь-якого з двох інших газів — два об'єми кисню. Нехай об'ємна частка водню в суміші становить  $\alpha$ , а двох інших газів (разом)  $1-\alpha$ . З рівняння  $1: \left( \frac{\alpha}{2} + 2(1-\alpha) \right) = 7:12.5$  знаходимо  $\alpha = \frac{1}{7}$  або 14.3%.

3. Найбільшу густину має суміш, яка практично не містить  $\text{CH}_4$ , а складається із 6 об'ємів  $\text{PH}_3$  і 1 об'єму  $\text{H}_2$  (густина 1.313 г/л), найменшу — із 6 об'ємів  $\text{CH}_4$  і 1 об'єму  $\text{H}_2$  (густина 0.625).

4. Найпростіше зробити це фізичним методом: охолодженням. Водень, з його легкими, малими, слабополярними молекулами зріджується при значно нижчій температурі, ніж два гідриди.

5. 1,4.  $\text{ZnO}$ , іонний зв'язок у кристалі; оскільки солі цинку отруйні, ліки повинні мати зовнішнє застосування.



2,3.  $n(\text{NaHCO}_3) = 100 \cdot 0.084 / 84 = 0.10$  моль,  $n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n(\text{NaHCO}_3) / 2 = 0.050$  моль,  $m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 5.30$  г. Маса розчину при  $100^\circ\text{C}$  після кип'ятіння скла-

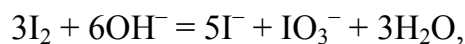
дає  $5.3/0.08 = 66.25$  г, після випадення осаду  $66.25 - 2.80 = 63.45$  г. Осад складає певний кристалогідрат натрій карбонату.  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{H}^+ = 2\text{Na}^+ + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$ , отже,  $n(\text{Na}_2\text{CO}_3, \text{ос}) = n(\text{CO}_2) = 0.0098$  моль,  $m(\text{Na}_2\text{CO}_3, \text{ос}) = 1.04$  г,  $m(\text{H}_2\text{O}, \text{ос}) = 2.80 - 1.04 = 1.76$  г,  $n(\text{H}_2\text{O}, \text{ос}) = 0.098$  моль,  $n(\text{Na}_2\text{CO}_3, \text{ос})/n(\text{H}_2\text{O}, \text{ос}) = 0.0098/0.098 = 1:10$ . Осад складає речовина  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  ("пральна сода"). В розчині залишилося  $5.30 - 1.04 = 4.26$  г натрій карбонату. Розчинність знаходимо за пропорцією:

4.26 г натрій карбонату розчиняються у  $(63.45 - 4.26)$  г води

x г натрій карбонату розчиняються у 100 г води

Розчинність натрій карбонату при  $0^\circ\text{C}$  становить 7.20 г на 100 г води.

**7. Завдання експериментального туру.** Спочатку колір йоду зникає, проходить диспропорціонування. При додаванні кислоти знов утворюється молекулярний йод:



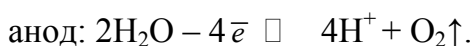
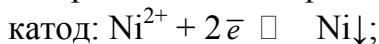
## 10 клас

**1.**  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{S} + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  (у розчині при кімнатній температурі).

$6\text{KOH} + 3\text{Cl}_2 = 5\text{KCl} + \text{KClO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$  (пропускання хлору через гарячий розчин лугу).

$8\text{Fe} + 30\text{HNO}_3 = 8\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{NH}_4\text{NO}_3 + 9\text{H}_2\text{O}$  (розведена нітратна кислота; поряд з цією реакцією протікає відновлення нітрогену до інших ступенів окиснення, перш за все з утворенням NO).

**2.** Процеси на електродах:



Згідно із законом Фарадея, кількість електрики пропорційна кількості речовини компонента, що приймає участь в електрохімічній реакції, та кількості електронів, що приходяться на одну частинку компонента, в даному випадку:

$Q = 2F \times n(\text{Ni}^{2+})$ , де  $F = 96500$  Кл/моль, або, при постійній силі струму  $I \times t = 2F \times n(\text{Ni}^{2+})$ . Звідси час електролізу  $t = 2 F n(\text{Ni}^{2+})/I$ .

Знайдемо кількість речовини нікелю в розчині:

$$n(\text{Ni}^{2+}) = 50 \text{ мл} \times 1,01 \text{ г/мл} \times 0,02 : (58,7 + 32 + 64) \text{ г/моль} = 0,00653 \text{ моль}.$$

Обчислимо час електролізу:  $t = 4200$  с.

Концентрація іонів  $\text{Ni}^{2+}$  до електролізу дорівнює  $(0,00653 \text{ моль}) / 0,050 \text{ л} = 0,1306 \text{ моль/л}$ , після електролізу –  $0,0001 \times 0,131 \text{ моль/л} = 1,31 \times 10^{-5} \text{ моль/л}$ . Підставивши цю величину в рівняння Нернста, одержуємо значення потенціалу катоду:  $E = -0,228 + 0,028 \lg 3,4 \times 10^{-5} = -0,365 \text{ В}$ .

3. Очевидно, що до складу мінералів входять аніони карбонату. За результатами визначень знайдемо кількості речовини продуктів реакцій та кількість речовини іонів водню, що взаємодіяли з кожним мінералом:

Мінерал	Кількість речовини купруму	Кількість речовини $\text{CO}_3^{2-}$	Кількість речовини $\text{H}^+$ , витрачених на реакцію, моль
Світло-зелений	$0,719 \text{ г/М}(\text{CuO}) = 0,719/80 = 0,00899 \text{ моль}$	$0,892 \text{ г/М}(\text{BaCO}_3) = 0,892/197 = 0,00453 \text{ моль}$	$0,1 \text{ л} (0,300 - 0,119) \text{ моль/л} = 0,0181 \text{ моль}$
Темно-синій	$0,692 \text{ г/М}(\text{CuO}) = 0,692/80 = 0,00865 \text{ моль}$	$1,146 \text{ г/М}(\text{BaCO}_3) = 1,146/197 = 0,00582 \text{ моль}$	$0,1 \text{ л} (0,300 - 0,126) \text{ моль/л} = 0,0174 \text{ моль}$

Якби мінерали містили тільки аніони карбонату, кількість речовини  $\text{H}^+$ , витрачених на реакцію, дорівнювала б подвоєній кількості речовини  $\text{CO}_3^{2-}$ , насправді ж дані останнього стовпчика перевищують дані попереднього стовпчика більш ніж у 2 рази. Значить, до складу мінералів входить ще якийсь компонент основної природи. Логічно припустити, що це  $\text{OH}^-$ .

Кількість речовини  $\text{OH}^-$  в кожній з наважок знайдемо відніманням:

$$0,0181 \text{ моль} - 2 \times 0,00453 \text{ моль} = 0,00904 \text{ моль};$$

$$0,0174 \text{ моль} - 2 \times 0,00582 \text{ моль} = 0,00576 \text{ моль}.$$

За знайденими кількостями речовини обчислимо масу суми компонентів:

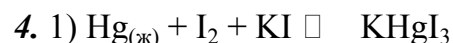
$0,574 \text{ г} + 0,272 \text{ г} + 0,154 \text{ г} = 1,001 \text{ г}$ ,  $0,554 \text{ г} + 0,349 \text{ г} + 0,098 \text{ г} = 1,001 \text{ г}$ , що в межах округлення дорівнює масі наважок. Отже, інших компонентів у мінералах немає.

Таким чином, відношення компонентів у мінералах:

$$\text{світло-зелений: } \text{Cu}^{2+} : \text{CO}_3^{2-} : \text{OH}^- = 0,0090 : 0,0045 : 0,0090 = 2 : 1 : 2;$$

$$\text{темно-синій: } \text{Cu}^{2+} : \text{CO}_3^{2-} : \text{OH}^- = 0,0087 : 0,0058 : 0,0058 = 3 : 2 : 2$$

Формули мінералів: світло-зелений:  $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$  – малахіт; темно-синій:  $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$  – азурит.



Нелетка малорозчинна сполука ртутію –  $\text{CuHgI}_3$ , окислювач –  $\text{I}_2$ , йодид калію сприяє розчиненню йоду в воді та утворенню комплексного аніону  $\text{HgI}_3^-$ . Сульфід натрію відновлює купрум(II) до купруму(I), гідрокарбонат натрію створює слабо лужне середовище для протікання реакції (2).

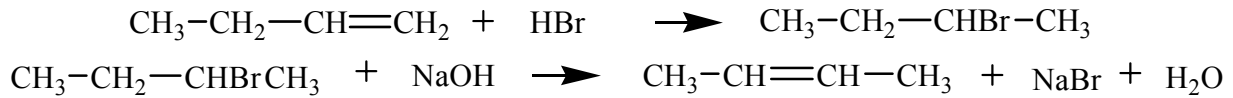
Краплини ртуті збирають мідним дротиком або пластиною, попередньо обробленою нітратною кислотою. Сполуки ртутію(II) та ртутію(I) при контакті з чавунними каналізаційними трубами відновлюються до легкої металеві ртуті, яка накопичується у місцях зливу.

5. За положенням подвійного зв'язку та ізомерією вуглеводного ланцюга існує 3 ізомери бутену:  $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$  (бутен-1),  $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$  (бутен-2),  $\text{H}_3\text{C}-\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}_2$  (ізо-бутен, 2-метилпропен).

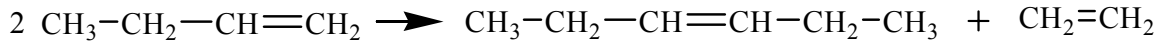
За схемою реакцій також утворюються бутени.



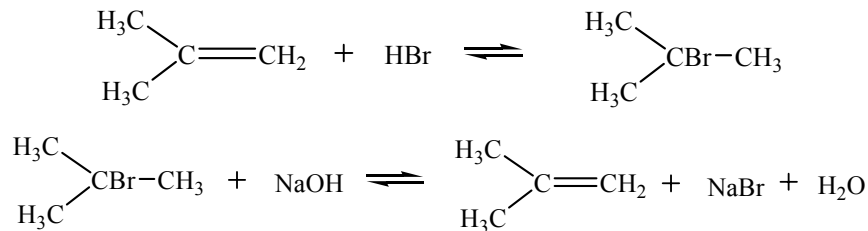
В реакціях обміну тільки симетричний бутен-2 не утворює нових продуктів, отже, це  $A_{(3)}$ , тоді А — лінійний несиметричний бутен, що перетворюється в  $A_{(3)}$  за схемою:



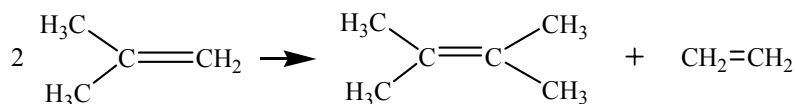
Бутен А несиметричний, оскільки утворює різні продукти обміну:



Б та  $B_{(3)}$  утворюють однакові продукти обміну, отже, це один і той же бутен згідно зі схемою перетворень:



Продукти його обміну:



Таким чином, А – бутен-1, Б – ізобутен, В – етен, Г – гексен-3, Д – 2,3-диметилбутен-2.

6. Хай молярні концентрації  $\text{H}_2\text{O}$  –  $x$ ,  $\text{D}_2\text{O}$  –  $y$ ,  $\text{HOD}$  –  $z$ . Відношення масових часток Н і D дорівнює  $\frac{(2x+z)}{2(2y+z)} = 6665.(6)$ , при  $y \ll z$ ,  $x = 6666z$ .

Рівняння ЗДМ для рівноваги реакції  $\text{H}_2\text{O} + \text{D}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{HOD}$ :  $z^2/xy = 3.3$ . Звідси  $y = 4.55 \times 10^{-5} z$ .

Масова частка  $\text{H}_2\text{O}$ :  $\frac{18x}{18x+20y+19z} = 0.99985$ , масова частка  $\text{HOD}$ :

$$\frac{19z}{18x+20y+19z} = 1.58 \times 10^{-4}, \text{ масова частка } \text{D}_2\text{O}: \frac{20y}{18x+20y+19z} = 7.60 \times 10^{-9}.$$

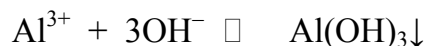
Таким чином масові частки  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{D}_2\text{O}$  і  $\text{HOD}$  в природній воді дорівнюють 99.98%,  $7.6 \cdot 10^{-7}\%$ , 0.016%.

7. **Завдання експериментального туру.** Після занурення у вихідний розчин лакмусового папірця він набуває червоного кольору, що свідчить про кисле середовище. Отже, у досліджуваному розчині немає іонів  $\text{CO}_3^{2-}$ , що існують у лужних розчинах, а присутні аніони  $\text{Cl}^-$  та  $\text{Br}^-$ .

Для дослідження запропоновано прозорий розчин. Отже, у ньому немає іонів срібла, оскільки іони  $\text{Cl}^-$  і  $\text{Br}^-$  утворили б з іонами  $\text{Ag}^+$  білий ( $\text{AgCl}$ ) і світло-жовтий ( $\text{AgBr}$ ) осад.

Після додавання  $\text{NaOH}$  спостерігається утворення білого осаду, що розчиняється в надлишку луку. В умовах досліду іони срібла утворили б осад  $\text{Ag}_2\text{O}$  бурого кольору, іони  $\text{Co}^{2+}$  – рожевий осад  $\text{Co}(\text{OH})_2$ , іони  $\text{Ni}^{2+}$  – зелений осад

$\text{Ni}(\text{OH})_2$ , а іони  $\text{Sr}^{2+}$  знаходилися б у розчині у виді малостійких безбарвних комплексів  $\text{SrOH}^+$ . Отже, явища, що спостерігаються, доводять наявність у вихідному розчині іонів алюмінію й пояснюються рівняннями реакцій:



чи



у надлишку луку:



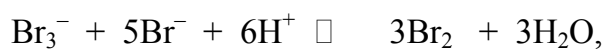
чи



Після додавання до порції досліджуваного розчину сірчаної кислоти спостерігається утворення осаду білого кольору. Цим осадом може бути тільки сульфат стронцію:



Після змішування порції досліджуваного розчину з кислим розчином  $\text{KBrO}_3$  розчин стає жовто-бурим. При додавання органічного розчинника (що не змішується з водою) до отриманого розчину й енергійного перемішування водяний шар поступово знебарвлюється, а органічний шар здобуває яскраво-жовте фарбування. Явища, що спостерігаються, доводять наявність у вихідному розчині бромід-іонів, що при взаємодії з іонами  $\text{BrO}_3^-$  у кислому середовищі утворюють  $\text{Br}_2$ , а молекулярний бром екстрагується з водяного розчину в шар органічного розчинника:



Хлорид-іони в цих умовах не взаємодіють з  $\text{BrO}_3^-$ .

Отже, у вихідному розчині містяться іони:  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{Al}^{3+}$  і  $\text{Sr}^{2+}$ .

## 11 клас

**1. Суперосновність.** Завдання краще вирішувати, починаючи з речовини **D**. Емпірична формула цього газу  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$ , отже, це – алкен або циклоалкан. Оскільки наявна еквівалентність усіх атомів гідрогену, то **D** – етен або циклопропан. Газ **D** – саме циклопропан, бо етен формально утворюється після гідролізу та декарбоксилювання саме етилового естеру акрилової кислоти (**B**), а не речовини **C**. Тому **C** – етиловий естер циклопропанкарбонової кислоти. Речовина **A** за молекулярною масою ( $M(\text{A}) = (32/0.145) \text{ г/моль} = 220 \text{ г/моль}$ ) відрізняється від ДМСО на величину молекулярної маси метилйодиду. Отже, **A** – триметилсульфоксоній йодид.

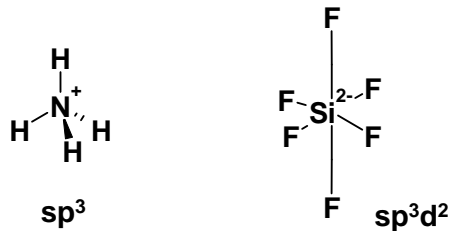
Якщо метилйодид буде замінено на етилйодид, разом із циклопропаном буде отримано деяку кількість метилциклопропану. У суперосновному середовищі забезпечується майже повне зв'язування катіону сильної основи за рахунок комплексів, завдяки чому мінімізується електростатичний вплив протийонів на аніон, і сила основи зростає ("голий аніон"). У даному випадку іон гідриду натрію зв'язується молекулами ДМСО, а гідрид-іон грає роль основи. У реакції циклопропанування використовуються саме естери (заміщені амідом та спирти, кетони тощо), оскільки наявність вільного карбоксилу призведе до нейтралізації основи.

**2. Силіцій та флуор.** Визначимо співвідношення силіцію та флуору в аніоні солі:

$$\nu(\text{F}) / \nu(\text{Si}) = ((100 - 19.77) / 19) / (19.77 / 28) = 6.$$

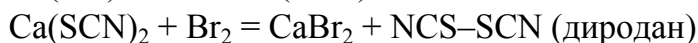
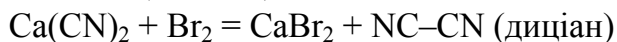
**X** – деякий гексафлуоросилікат (аніон двовалентний), тому визначимо середню молярну масу еквіваленту катіону:  $M(\text{E}) = M(\text{X}) - M(\text{SiF}_6) = ((28 / 0.1573 - 142) / 2)$  г/моль = 18 г/моль. Можливі комбінації катіонів, але найпростіша відповідь – іон амонію.

Відповіді: гексафлуоросилікат амонію, амоній (тетраedr), гексафлуоросилікат (квадратна біпіраміда, октаedr).



**3. Отрута.** Оскільки  $\nu(\text{CaBr}_2) = \nu(\text{Br}_2)$ , то **A** – якась кальцієва сіль, бром є окисником, а аніон, окислюючись, виділяється в індивідуальному вигляді. Можна визначити середню молярну масу еквіваленту аніону:  $M(\text{E}(\text{аніон A})) = (m(\text{A})/2 - m(\text{Ca})) / (\nu(\text{Ca}) \cdot 2) = 26$  г/моль.

Аналогічно знаходимо для **C**:  $m(\text{C}) = m(\text{CaBr}_2) + m(\text{D}) - m(\text{Br}_2) = 15.6$  г.  $M(\text{E}(\text{аніон C})) = (m(\text{C}) - m(\text{Ca})) / (\nu(\text{Ca}) \cdot 2) = 58$  г/моль. Враховуючи, що  $M(\text{C}) < 160$  г/моль, визначаємо кількість еквівалентів аніонів у молекулі:  $n = (M(\text{C}) - A(\text{Ca})) / M(\text{E}(\text{аніон C})) = 2$ . Тобто,  $M(\text{C}) = (40 + 2 \cdot 58)$  г/моль = 156 г/моль. Зіставляючи  $M(\text{E}(\text{аніон A}))$  та  $M(\text{E}(\text{аніон C}))$ , бачимо, що різниця складає один атом сірки. Тож,  $M(\text{аніон A}) = 26$  г/моль. Це – ціанід-аніон.



**4. рН.** Оцтова кислота – слабка кислота. Визначимо її константу дисоціації.

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = [\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 0.00132 \text{ моль/л}$$

	$\text{CH}_3\text{COOH}$	□	$\text{CH}_3\text{COO}^-$	+	$\text{H}^+$
Початкова концентрація	0.1		0		0
Рівноважна концентрація	0.1 – 0.00132		0.00132		0.00132

$$K_a = [H^+][CH_3COO^-] / [CH_3COOH] = (0.00132)(0.00132)/(0.1 - 0.00132) \approx (0.00132)(0.00132)/0.1 = 1.74 \cdot 10^{-5}.$$

Тоді, за вищевказаною схемою:

а)  $\nu(CH_3COOH) = 0.2$  моль.  $pH = -\lg((K_a \cdot c(CH_3COOH))^{1/2}) = 2.73.$



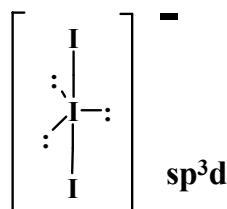
Початкова концентрація	0.2		0.1		0
------------------------	-----	--	-----	--	---

Рівноважна концентрація	$0.2 - x$		$0.1 + x$		$x$
-------------------------	-----------	--	-----------	--	-----

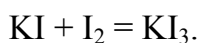
$x \approx K_a \cdot 0.2/0.1 = 3.48 \cdot 10^{-4}$ ;  $pH = -\lg x = 4.46.$

в)  $\nu(HCl) = (10 \cdot 1.20 \cdot 0.39/36.5)$  моль = 0.128 моль, тому pH буде, фактично, зумовлений лише хлоридною кислотою:  $pH = -\lg(c(HCl)) = 0.89.$

**5. Електроліз.** Знаходимо кількість електрики, що пройшла крізь розчин:  $\nu(e) = It / F = 0.1$  моль. Знаходимо молярну масу еквіваленту металу, гідроксид якого утворився:  $M(E_{Me}) = m(Me) / \nu(e) = (42 - 38.1) / 0.1$  г/моль = 39 г/моль. Метал – калій. Знайдемо молярну масу еквіваленту аніона:  $M(E_{An}) = m(An) / \nu(e) = 38.1 / 0.1$  г/моль = 381 г/моль. Очевидно, аніон однозарядний та складається з декількох атомів одного елементу. Інтенсивно забарвленими є хлор, бром, йод. Кількість атомів елементів визначаємо, послідовно ділячи 381 г/моль на атомні маси елементів.



Відповідь – йод ( $I_3^-$ ).  $KI_3$ . Розчин трійодиду калію використовується як антисептичний засіб.



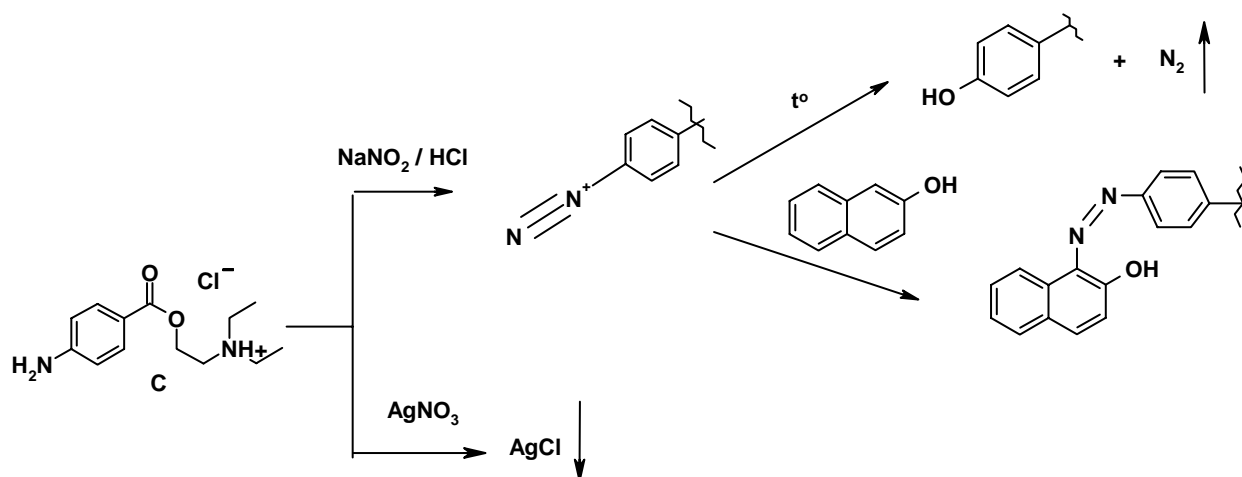
**6. Ряди.**  $H_2O, H_2S, H_2Se, H_2Te$ : 1)  $H_2O, H_2S, H_2Se, H_2Te$ . Заряд аніонів кислот однаковий, отже, зі збільшенням радіусу атому халькогену зменшується величина поверхневого заряду, електростатичні взаємодії аніону та іонів водню слабшають – кислотність збільшується. 2) Зі збільшенням атомного радіусу атомів халькогенів збільшується можливість відриву електронів із зовнішніх оболонок молекул, тобто, у даному ряду відновлювальна активність зростає. 3) Зі збільшенням атомного номеру халькогенів збільшується вплив негібризованих орбіталей, тому валентні кути у цьому ряду поступово наближаються до  $90^\circ$ :  $H_2O$  ( $104^\circ 31'$ ),  $H_2S$  ( $92^\circ 13'$ ),  $H_2Se$  ( $90^\circ 55'$ ),  $H_2Te$  ( $90^\circ 15'$ ).

Ряд амідів за збільшенням т. топл. буде виглядати так:  $HCON(CH_3)_2$  ( $-61^\circ C$ ),  $HCONHCH_3$  ( $-3^\circ C$ ),  $HCONH_2$  ( $3^\circ C$ ),  $CH_3CONH_2$  ( $81^\circ C$ ). Для перших трьох

членів ряду така залежність обумовлена збільшенням впливу водневих зв'язків, для двох останніх – різницею у молекулярних масах.

7. Завдання експериментального туру. Невідома речовина – С (новокаїн гідрохлорид).

Варіанти А, В, F відпадають, оскільки ці речовини не будуть давати осаду хлориду аргентуму із нітратом аргентуму. Реакція (1) є класичним прикладом діазотування ароматичного аміну (азот виділяється саме при нагріванні, а з 2-оксинафталіном утворюється барвник), тому речовини D, E теж відкидаються: D взагалі не містить вільних аміногруп, а E при дії нітритної кислоти одразу виділятиме азот (первинна аліфатична аміногрупа).



---

## АНАЛІЗ РОБІТ І-ГО ТУРУ

### 8 клас

Взяли участь 76 школярів, максимально можлива кількість балів – 70, максимальний набраний бал – 52.5.

1. Максимальне число балів – 10, максимальна отримана кількість – 9.5 балів. Середній бал, отриманий призерами олімпіади за розв'язання цієї задачі, складає 4 або 40% від максимального, намагалися розв'язувати цю задачу 86% учасників. У цілому можна сказати, що це стандартна задача на розрахунки концентрації розчинів, але її складність пов'язана з тим, що при змішуванні розчинів перебігають хімічні перетворення. Це й викликало найбільші проблеми учасників.

2. Максимальне число балів – 10, максимальна отримана кількість – 7 балів. Середній бал, отриманий призерами олімпіади за розв'язання цієї задачі, складає 3.9 або 39% від максимального, намагалися розв'язувати цю задачу 96% учасників. Більшість учасників досить успішно розв'язали перший пункт задачі, пункт б) виявився більш складним, скоріш за все, тому, що деякий матеріал виходить за рамки шкільної програми 8-го класу.

3. Максимальне число балів – 10, максимальна отримана кількість – 6 балів. Середній бал, отриманий призерами олімпіади за розв'язання цієї задачі, складає 1.9 або 19%, намагалися розв'язувати цю задачу 51% учасників. Загальна складність при розв'язанні задачі викликана незнанням закону Генрі, який не входить до шкільної програми.

4. Максимальне число балів – 5, максимальна отримана кількість – 5 балів. Середній бал, отриманий призерами олімпіади, за розв'язання цієї задачі складає 3 або 60% від максимального, намагалися розв'язувати цю задачу 61% учасників. Це стандартна хімічна задача на розрахунки, вона повністю відповідає шкільній програмі і була введена до комплекту завдань як "втішлива". Зважаючи на це, кількість балів, що отримали призери за цю задачу, здається дуже низькою. Більшість помилок пов'язана з назнанням реакцій, що перебігають при згорянні генераторного газу.

5. Максимальне число балів – 10, максимальна отримана кількість – 10 балів. Середній бал, отриманий призерами олімпіади за розв'язання цієї задачі, складає 7.25 або 72.5% від максимального, але спробували розв'язати цю задачу лише 58% учасників. Найчастіша помилка полягає в тому, що більшість учасників вважали, що чадний газ поглинається розчином лугу, а у газовій суміші після згоряння міститься кисень.

6. Максимальне число балів – 10, максимальна отримана кількість – 10 балів. Середній бал, отриманий призерами олімпіади за розв'язання цієї задачі, складає 4.5 або 45% від максимального, але з загального числа учасників розв'язували цю задачу майже 93%. Більшість школярів вказали найбільш поширені

методи, в той же час деякі з учасників навели їх досить велику кількість. Найбільшу складність викликав опис лабораторних пристроїв.

7. Максимальне число балів – 15, максимальна отримана кількість – 15 балів. Середній бал, отриманий призерами олімпіади за розв'язання цієї задачі, складає 8.75 або 58.3% від максимального, намагалися розв'язувати цю задачу 82% учасників. У цілому задача у тій чи іншій мірі була ними розв'язана. Більшість учасників правильно визначили серед невідомих речовин воду та вуглекислий газ. Найбільш складним моментом виявилось встановлення формули сполуки  $\text{FeC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  при відомій брутто-формулі.

## 9 клас

Взяли участь 68 школярів, Максимально можлива кількість балів – 70, максимальний набраний бал – 31,5.

1. Максимальний набраний бал – 7,5 з 10 максимально можливих. Завдання вирішував 41 учень. Середній бал – 1,8. Шкільні знання дозволяють відповісти лише на перше питання задачі, для відповіді на три інших слід володіти поняттями рН та, бажано, еквіваленту. Цього немає в більшості учасників. Задачу навряд чи можна вважати складною, вона відповідає рівню III етапу олімпіади.

2. Максимальний набраний бал – 8,5 з 9 максимально можливих. Завдання вирішували 45 учнів. Середній бал – 1,8. Задача нескладна, але потребує знань із поглибленого курсу хімії загальноосвітньої школи. Учасники не знають властивостей аміака і навіть того факту, що у водному середовищі гідроксид амонію є основою. Інколи в розв'язках відсутня логіка внаслідок того, що "відома" ученику відповідь підганяється під правильні рівняння реакцій.

3. Максимальний набраний бал – 7,4 з 12 максимально можливих. Завдання вирішував 51 учень. Середній бал – 2,3. Задача складна, і без факультативних знань з хімії фосфору можна лише обчислити формулу оксиду ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) і щось розповісти про фосфатні добрива; це складає близько 15% від розв'язку і відповідає середньому балу. Це типова задача IV етапу олімпіади, але дещо спрощено складена.

4. Максимальний набраний бал – 9,5 з 12 максимально можливих. Завдання вирішували 53 учасники. Середній бал – 1,8. Задача нескладна, половина із чотирьох питань має відповідь на шкільному рівні навичок розв'язування. На жаль, вміння обчислювати якісь характеристики суміші газів (такі як середня молекулярна маса) у більшості учасників відсутні.

5. Максимальний набраний бал – 8, з 10 максимально можливих. Завдання вирішували 68 учасників. Середній бал – 1,7. Задача нескладна і цілком відповідає факультативному курсу хімії. Деякі хімічні перетворення (близько третини) не виходять за межі загального курсу хімії. У багатьох учасників відсутні навіть уявлення про хімічні властивості нітратної кислоти, не кажучи вже про гідроксокомплекси або про способи виділення металів з їх солей.

У відповідях частини учасників зовсім відсутня логіка (приміром, судження: "речовина їдка, шкіру попече, тому можна тільки приймати внутрішньо"). Низький середній бал обумовлений жорстким стилем перевірки.

**6.** Максимальний набраний бал – 7 з 7 максимально можливих. Завдання вирішували 46 учнів. Середній бал – 1,7. Складна задача, яка потребує мінімальних знань побутової хімії (хімії питної соди). Далеко не всі учасники знають її хімічну формулу, в деякого сода при кип'ятінні перетворюється на кухонну сіль. Навіть незважаючи на те, що рік за роком в комплекті 9 класу III етапу олімпіади з'являється задача про карбонати, соди тощо. Це означає 1) повний відрив шкільної хімії, як вона викладається, від повсякденного життя; 2) повну відсутність підготовки переможців II етапу олімпіади, яка полягає, в тому числі, в розв'язуванні задач III етапу попередніх двох-трьох років.

**7. Завдання експериментального туру.** Максимальний набраний бал – 9 з 10 максимально можливих. Завдання вирішували 68 учнів. Середній бал – 1,5. Задача середньої складності, яка потребує факультативних знань з хімії. Низький середній бал обумовлений відсутністю у школярів практики розв'язання якісних задач (умову яких не вдається записати у вигляді "Дано–знайти"), а також жорстким стилем перевірки. Учасники приділили дуже мало уваги опису своїх спостережень, ймовірно, це викликано тим, що лабораторні роботи з хімії виконуються в школах формально або не проводяться зовсім.

Комплект завдань в цілому дещо переускладнений і трохи невдалих. Приміром, в ньому немає простої задачі одного з типів, які розв'язуються на уроках хімії в загальноосвітній школі. Тим не менше, це не виправдовує відсутності підготовки учасників. Навіть якщо не звертати уваги на програму підготовки до олімпіад, загальновідомо, що на олімпіадах використовується матеріал шкільної програми на декілька тем вперед від того, що учні встигли вивчити на уроках. Це, звичайно, потребує додаткової роботи учня і вміння організувати її з боку вчителя.

## 10 клас

Кількість учасників – 68, максимальна можлива кількість балів – 100,  
максимальний набраний бал – .

**1.** Найвищий набраний бал 7.5 з 8 максимально можливих балів. Завдання розв'язували 74% учасників. Середній бал, що набрали учні, які намагались вирішувати завдання, складає 1.8. Завдання присвячене окисно-відновним реакціям, не потребує спеціальних вмінь, дві з реакцій відносяться до шкільного курсу, в першій треба було знати про існування тіосульфату натрію та його диспропорціювання. Труднощі у більшості учасників викликала „зворотність” завдання — треба було підібрати не продукти, а вихідні речовини. Деякі учасники взагалі не звернули уваги на те, що вихідних речовин всього дві.

**2.** Найвищий набраний бал 12 з 12 максимально можливих балів. Завдання розв'язували 62% учасників. Середній бал, що набрали учні, які намагались ви-



рішувати завдання, складає 2.3. Завдання нескладне. Перша половина завдання не виходить за рамки шкільної програми, вимагає лише знання закону Фарадея і коректності в обчисленнях, за це можна було одержати до 6 балів, але і з цим мало хто справився. Типова помилка — погане знання закону Фарадея.

3. Найвищий набраний бал 20 з 20 максимально можливих балів. Завдання розв'язували 40% учасників. Середній бал, що набрали учні, які намагались вирішувати завдання, складає 3.4. Класична задача на визначення хімічного складу, не потребує знань за межами шкільної програми. Складність її полягає лише в тому, щоб правильно скласти рівняння реакцій і відповідні стехіометричні співвідношення. Більше половини учасників не брались за це завдання, мабуть, злякавшись довгого тексту.

4. Найвищий набраний бал 5 з 10 максимально можливих балів. Завдання розв'язували 85% учасників. Середній бал, що набрали учні, які намагались вирішувати завдання, складає 0.8 – дуже низький середній бал. Середнє за складністю завдання. Для частини відповіді потрібні уявлення про комплексні сполуки, що виходить за межі типової програми. А от з питаннями безпеки при роботі зі ртуттю школярі мали б бути ознайомлені. При перевірці виставляли „пільгові” бали за будь-які осмислені міркування щодо сполук ртуті, навіть якщо вони не зовсім відносились до питань задачі.

5. Найвищий набраний бал 20 з 20 максимально можливих балів. Завдання розв'язували 47% учасників. Середній бал, що набрали учні, які намагались вирішувати завдання, складає 5.4 – найвищий середній бал серед теоретичних завдань цього року. Завдання середньої складності, не потребує знань за межами шкільної програми. Потрібно було акуратно застосувати загальну схему подвійного обміну, наведену в умові, до конкретних алкенів. Типові помилки — учні не знають, що таке алкен і бутен! Серед спроб розв'язання зустрічаються формули сполук з різним числом атомів карбону, навіть циклічних...

6. Найвищий набраний бал 7.5 з 15 максимально можливих балів. Завдання розв'язували 54% учасників. Середній бал, що набрали учні, які намагались вирішувати завдання, складає 1.1. Задача середньої складності, потребує знання закону дії мас і коректного його застосування. Вкрай низький середній бал зумовлений невмінням виконувати алгебраїчні перетворювання і обчислення. Типова помилка — учасники не розрізняють, що таке масова частка важкого ізотопу в водні і масова частка важкої води у воді.

7. **Завдання експериментального туру.** Максимально набраний бал 14 з 15 максимально можливих балів. Завдання розв'язували 96% учасників. Середній бал, що набрали учні, які намагались вирішувати завдання, складає 4.3. Типові помилки: учасники не змогли поширити знання про властивості лужноземельних металів на катіон стронцію; не змогли скласти рівняння реакції утворення йоду з йодиду і йодату.

## 11 клас

Кількість учасників – 61, максимальна можлива кількість балів – 64,  
максимальний набраний бал – 41,5.

**1. Суперосновність (12 балів).** Максимальний набраний бал – 8. Завдання вирішував 41 учень. Середній бал – 0,8. Завдання є єдиним суто "органічним" та є найскладнішим у комплекті, для його вирішення потрібне глибоке знання органічної хімії, що стоїть поряд із ВУЗівським. Низький рівень розв'язання завдання, поряд з його складністю, вказує на слабку підготовку школярів 11 класу саме за профільним предметом – органічною хімією. Типовими помилками були вказання етилену як продукту-газу (замість циклопропану), невірне зображення структури метильованого ДМСО, неправильні формул розрахунки за вмістом елементів.

**2. Силіцій та флуор (6 балів).** Максимальний набраний бал – 6. Завдання вирішували 49 учнів. Середній бал – 1,8. Найпростіше завдання комплекту, що потребує знань елементарних понять – "кількість речовини", "еквівалент", "гібридизація" тощо. Матеріал, необхідний для вирішення завдання, частково, хоча і в недостатньому обсязі, розглядається у школі. Типові помилки: неправильна геометрія (та, відповідно, ступені гібридизації частинок), незнання назв комплексних сполук.

**3. Отрута (10 балів).** Максимальний набраний бал – 10. Завдання вирішували 49 учнів. Середній бал – 1,04. Типове олімпіадне завдання, що потребує як знань властивостей сполук, так і виконань відповідних розрахунків. Очевидно, на перший погляд багато що здалося відомим, тому більшість підходила до розв'язку, але лише декілька чоловік, що мали попередню підготовку, набрали високі бали. Типовими помилками були: визначення речовин виходячи з їх хімічних властивостей (вибір сполук сульфуру тощо), для тих, хто здогадався про вирішення завдання – лише підтвердження розрахунками їх вірних припущень.

**4. рН (10 балів).** Максимальний набраний бал – 10. Завдання вирішували 50 учасників. Середній бал – 2,8. Типове завдання з аналітичної хімії, складається з двох частин: визначення константи рівноваги та розрахунки з її використанням для різних систем. Оскільки поняття констант рівноваги та рН розглядаються далеко не у всіх школах, у багатьох учнів виникли труднощі вже з першою частиною. Друга частина передбачає знайомство з вирішенням завдань на буферні розчини, тому з нею впорались лише деякі учні. Типові помилки: "оскільки концентрація у 2 рази вища, то і рН у 2 рази більший", розгляд дисоціації оцтової кислоти у присутності хлоридної кислоти тощо.

**5. Електроліз (8 балів).** Максимальний набраний бал – 8. Завдання вирішували 33 учасники. Середній бал – 1,65. Завдання потребує досить глибоких знань хімії елементів, ступенів гібридизації (визначення форми іону) та вміння вести розрахунки за даними електролізу. Більшість матеріалу, що охоплений завданням, у шкільній програмі не розглядається. Слід звернути

увагу, що для успішних вирішень подібних завдань перш за все необхідні базові поняття кількості електрики та еквівалентів – знання цих досить простих елементів у даному випадку дозволило б наблизитися до самої суті задачі. Типовими помилками були невірні розрахунки за законом Фарадея, невірні висновки щодо складу аніону.

**6. Ряди (8 балів).** Максимальний набраний бал – 6. Завдання вирішували 59 учнів (!). Середній бал – 1,25. Завдання складалося з трьох частин, з яких нетипова – третя. Вирішення завдання потребує систематичного вивчення періодичного закону та закономірностей будови елементів, для третього пункту – досить широкого світогляду в органічній хімії. Більшість учнів здогадалися, що властивості речовин закономірно змінюються (для пп. 1 та 2) саме у вказаних рядах, але пояснити це не змогли. Обсягу шкільного вивчення хімії явно замало для успішного розв'язку задачі, але тим, хто цікавиться хімією, треба звернути особливу увагу на Періодичний закон. При відповіді на 3-є запитання майже ніхто не зміг правильно співставити такі фактори впливу на температуру топлення, як водневий зв'язок та різницю у молекулярних масах.

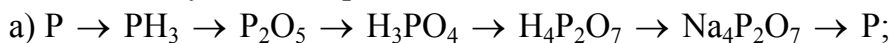
**7. Завдання експериментального туру (10 балів).** Максимальний набраний бал – 10. Завдання вирішували 50 учнів. Середній бал – 1,91. Завдання складне, потребує досить глибоких знань з органічної хімії (якісні реакції на функціональні групи, механізми тощо). Основні помилки: вказання реакцій аліфатичних амінів з нітритною кислотою зх утворенням солей діазонію і навпаки – ароматичних амінів з утворенням фенолів, ігнорування ролі нітрату аргентуму як індикатора на хлорид-іон.

## ЗАВДАННЯ II-ГО ТУРУ

### 8 клас

1. При окисненні водню простою речовиною **X** утворюється сполука **A**, а при окислюванні простою речовиною **Y** – **B**. Сполуки **A** та **B** добре розчинні у воді, причому додавання мінералу **M** до розчину **A** призводить до виділення елемента **X**, а до розчину **B** – елемента **Y**; змішування розчинів речовин **A** та **B** призводить до виділення елемента **X**. Встановлено, що додавання 10 г мінералу **M** до надлишку розчину **A** приводить до утворення 8.165 г елемента **X**; така ж кількість **X** утворюється при взаємодії надлишку розчину **A** з 3.9 г речовини **B**. Назвіть елементи **X** та **Y**, речовини **A**, **B** та **M**, якщо відомо, що мінерал **M** є оксидом елемента **Z** із масовою часткою Оксигену 36.8%. Яку кількість мінералу **M** потрібно додати до розчину речовини **B**, щоб виділилося 8.165 г елемента **Y**?

2. Запишіть рівняння реакцій, що відповідають послідовності хімічних перетворень, вкажіть умови їх протікання:



3. У замкнуту судину об'ємом 1 л, що заповнена киснем під тиском  $3.295 \cdot 10^5$  Па при температурі 25 °С, помістили наважку рідкого вуглеводню та підпалили її. Після повного згоряння речовини, охолодження судини до початкової температури і конденсації водяної пари в судині установився тиск  $3.047 \cdot 10^5$  Па. Аналіз газу, що знаходиться в судині показав, що об'ємна частка диоксида вуглецю в ньому складає 31.3%. Встановіть формулу вуглеводню, взятого для досліду, якщо густина його пари за воднем дорівнює 39; визначте масу наважки вуглеводню.

4. Для визначення вмісту домішок у нітриті натрію можна використовувати таку методику: наважку  $NaNO_2$  розчиняють у воді, та отриманим розчином титрують певну кількість розчину  $KMnO_4$  у присутності сульфатної кислоти до знебарвлення розчину. Які домішки можна визначати таким способом? Наявність яких домішок може вносити помилку у визначення нітриту? Розрахуйте вміст домішок у зразку солі  $NaNO_2$ , якщо на титрування 25 мл розчину  $KMnO_4$  пішло 22 мл розчину, отриманого при розчиненні 1.2000 г солі в 100 мл води. Концентрацію перманганату в робочому розчині визначали титруванням за оксалатом натрію. На титрування розчину, що містить 0.1675 г  $Na_2C_2O_4$ , було витрачено 10.5 мл цього розчину  $KMnO_4$ .

5. Під середньою молекулярною масою ( $M_{cp}$ ) газової суміші розуміють масу такої кількості суміші, у якій міститься 1 моль речовини. Розрахуйте  $M_{cp}$  для сухого повітря, якщо його склад (у об'ємних відсотках) приблизно можна виразити так: 78.1%  $N_2$ , 21%  $O_2$ , 0.9%  $Ar$ . Визначте, у скільки разів змінюється  $M_{cp}$  повітря, насиченого водяною парою при тиску 99.3 кПа при зниженні темпера-

тури від 50 °С до 0 °С, якщо максимальний вміст водяної пари у повітрі при цьому тиску складає: при 50 °С – 82.94 г/м<sup>3</sup>, при 0 °С – 4.84 г/м<sup>3</sup>.

6. При розчиненні 10 г металічного натрію в надлишку води  $\Delta H = -61.64$  кДж, а при розчиненні 20 г оксиду натрію  $\Delta H = -44.44$  кДж. Розрахуйте молярну теплоту утворення оксиду натрію, якщо  $\Delta H$  утворення рідкої води складає  $-284.84$  кДж/моль.

### 9 клас

1. При обробці надлишком 20% хлоридної кислоти 24,0 г порошку А виділилось близько 4,45 л (н.у.) газу Б. Цей газ здатен знебарвлювати водний розчин калій перманганату.

1. Який склад міг мати порошок А? (таке формулювання потребує найповнішої відповіді)

2. Наведіть три варіанти кількісного складу порошка А.

2. При згорянні в кисні 1,00 г металічного натрію утворюється пероксид Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub> та виділяється 11,27 кДж теплоти. При згорянні в кисні 1,00 г металічного магнію утворюється оксид і виділяється 25,08 кДж теплоти. Відомо також, що при утворенні Na<sub>2</sub>O із 1,00 г металічного натрію виділяється 9,04 кДж теплоти.

1. В якому співвідношенні (за масою) слід змішати порошок металічного магнію і натрій пероксид, щоб у хімічній реакції в 1 г такої суміші виділилась найбільша кількість теплоти?

2. Обчисліть цю кількість теплоти.

3. Густина газоподібного гелію дорівнює 0,17847 г/л за нормальних умов (температура 273,15 К, тиск 101,33 кПа). Відомо також, що при найщільнішому пакуванні кульок у просторі кульки займають приблизно 76% об'єму, а об'єм одної кульки  $v$  пов'язаний з її радіусом  $r$  формулою  $v=4\pi r^3/3$ . В розрахунках прийміть  $R=8,3144$  Дж/(моль·К),  $N_A=6,0221 \cdot 10^{23}$  моль<sup>-1</sup>.

1. Обчисліть молярні об'єми гелію та ідеального газу за нормальних умов.

2. Для гелію головною причиною неідеальності є скінченний розмір його атома, а міжатомна взаємодія дуже слабка. Оцініть об'єм і радіус атома гелію.

3. Більші чи менші відхилення від поведінки ідеального газу демонструватимуть інші гази — водень, кисень, хлор тощо? Відповідь поясніть.

4. Змішали 50,0 мл розчину сульфатної кислоти з концентрацією 1,82 моль/л і густиною 1,11 г/мл із 25,0 г 16,1% розчину тієї ж кислоти.

1. Обчисліть масу осаду, який випаде при додаванні надлишка розчину барій хлориду до 10,0 мл добутого розчину кислоти.

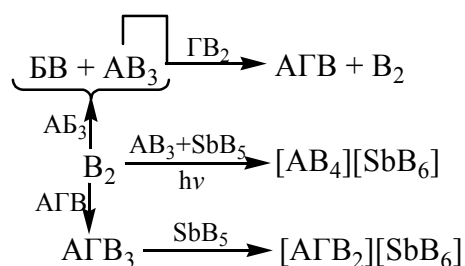
2. Обчисліть максимальну масу міді, яка здатна розчинитися в суміші 20,0 мл добутого розчину сульфатної кислоти із 1,26 г безводної нітратної кислоти.

5. В деяких варіантах Періодичної системи наявний нульовий період, в якому знаходиться один-єдиний елемент, позначений символом Nn.

1. Спробуйте розшифрувати це позначення, тобто надати йому фізичного змісту.

2. Що можна сказати про нукліди такого елемента?
3. Які доводи на користь такого варіанту Періодичної системи можуть навести його автори?

6. Нижче наведено схему взаємоперетворень речовин:



Відомо, що молярні маси АГВ і АГВ<sub>3</sub> різняться приблизно в 1,8 рази, а елементи А–Г знаходяться в першому і другому періодах.

1. Визначте елементи А–Г.
2. Запишіть структурні формули молекул, катіонів і аніонів зі схеми. Зхарактеризуйте просторову будову цих частинок.
3. Поясняйте різницю в дипольних моментах АВ<sub>3</sub> (1,65 D) і АВ<sub>3</sub> (0,21 D) та незначну величину (0,04 D) дипольного моменту АГВ<sub>3</sub>.
4. Які кислотно-основні властивості характерні для SbВ<sub>5</sub>?

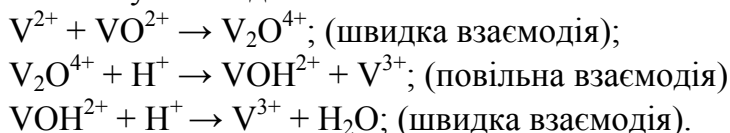
### 10 клас

1. **"Чистий дощ"**. Розрахуйте значення рН „рівноважної води” (вода, що знаходиться в рівновазі з вуглекислим газом повітря).

До такої води додали NaOH, встановивши значення рН 7.00, а потім залишили до врівноваження з компонентами повітря. Розрахуйте значення рН води після встановлення рівноваги.

В розрахунках використовуйте наступні дані: константа розчинення CO<sub>2</sub> у воді 0.045 моль·л<sup>-1</sup>·атм<sup>-1</sup>, об'ємна частка CO<sub>2</sub> в повітрі 0.034%, тиск 1.00 атм. Константи дисоціації карбонатної кислоти K<sub>1</sub>=3.8·10<sup>-7</sup>, K<sub>2</sub>=6.0·10<sup>-11</sup>.

2. **Ванадій**. В сильноокислих розчинах взаємодія ванадію (II) з ванадієм (IV) включає наступні стадії:



Отримайте рівняння швидкості  $\frac{dc(\text{V}^{2+})}{dt}$  сумарної реакції.

Вкажіть порядок сумарної реакції і молекулярність кожної стадії.

Наведіть структурну формулу V<sub>2</sub>O<sup>4+</sup>, припущення щодо складу і геометричної конфігурації активованого комплексу.

Реакція відбувається в розчині, що містить 4 моль/л Н<sup>+</sup>, 0.05 моль/л VO<sup>2+</sup> и невелику порівняно з останньою концентрацією кількість V<sup>2+</sup>. Чисельне значення константи швидкості сумарної реакції 0.7. Обчисліть час, протягом якого концентрація V<sup>2+</sup> зменшиться в 5 раз.

3. **"Сад хіміка"**. Для спостереження цього явища на дно склянки з розведеним розчином силікату натрію поміщають кристали CuSO<sub>4</sub> і NiCl<sub>2</sub>. З часом від кристалів починають рости вгору кольорові розгалуження, схожі на морські водорості.

1) Чим пояснюється забарвлення „водоростей”?

2) Чим пояснюється ріст „водоростей”? Наведіть приклади інших ефектів, зумовлених тією ж властивістю розчинів.

**4. Хроматографія.** Суміш нормальних вуглеводнів розділяли методом гель-проникаючої хроматографії і одержали наступні результати:

Вуглеводень	Час утримування, хв
$C_6H_{14}$	11.8
$C_{10}H_{22}$	10.5
$C_{16}H_{30}$	9.4

1) Чи відповідають ці результати очікуваній послідовності виходу речовин з хроматографічної колонки? Чому?

2) В якій послідовності будуть виходити ці речовини в умовах рідинно-рідинної хроматографії з нормальною стаціонарною фазою (сорбент — силікагель) і оберненою стаціонарною фазою (сорбент — силікагель с прищепленими октадецильними радикалами)?

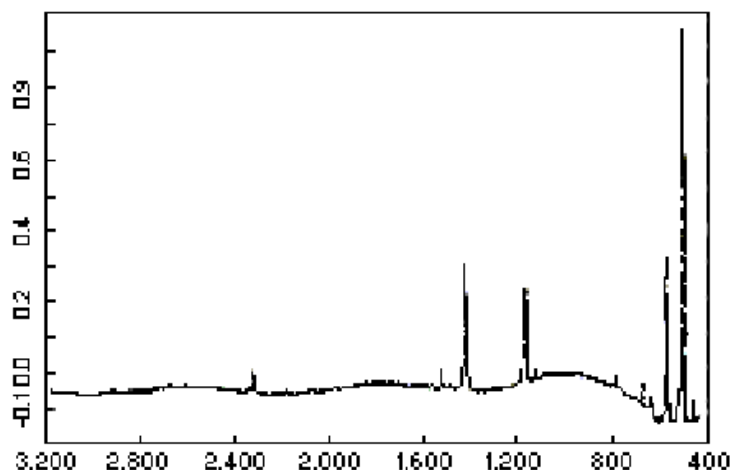
**5. Електроліз.** В результаті електролізу розчину натрієвої солі деякої карбонової кислоти **A** протягом 45 хвилин при силі струму 0.7 А на аноді було зібрано суміш газоподібних продуктів. Після її пропускання через розчин NaOH маса рештки (продукт **B**) склала 2.23 г. Продукт **B** має в спектрі  $^1H$ -ЯМР три піка зі співвідношенням інтегральних інтенсивностей 1:2:6.

1. Назвіть речовини **A** і **B**.

2. Запишіть рівняння процесів на електродах і сумарне рівняння реакції електролізу. Чиє ім'я носить ця реакція?

3. Зобразіть структуру сполук **A** і **B**.

**6. Фуллерени.** Бакмінстерфуллерен, що складається з молекул  $C_{60}$ , має досить бідний лініями інфрачервоний спектр поглинання: в ньому наявні лише чотири високоінтенсивні смуги с частотами 1429, 1183, 577 528  $cm^{-1}$  (див. нижче):



1) Про яку особливість будови молекули  $C_{60}$  свідчить її бідний ІЧ-спектр?

2) Як зміниться ІЧ-спектр  $C_{60}$ , якщо атоми  $^{12}C$  замінити ізотопами  $^{13}C$ ?

3) Чим повинні відрізнятися ІЧ-спектри вищих фуллеренів  $C_{76}$ ,  $C_{84}$ ,  $C_{90}$  і  $C_{94}$  від спектру  $C_{60}$ ?

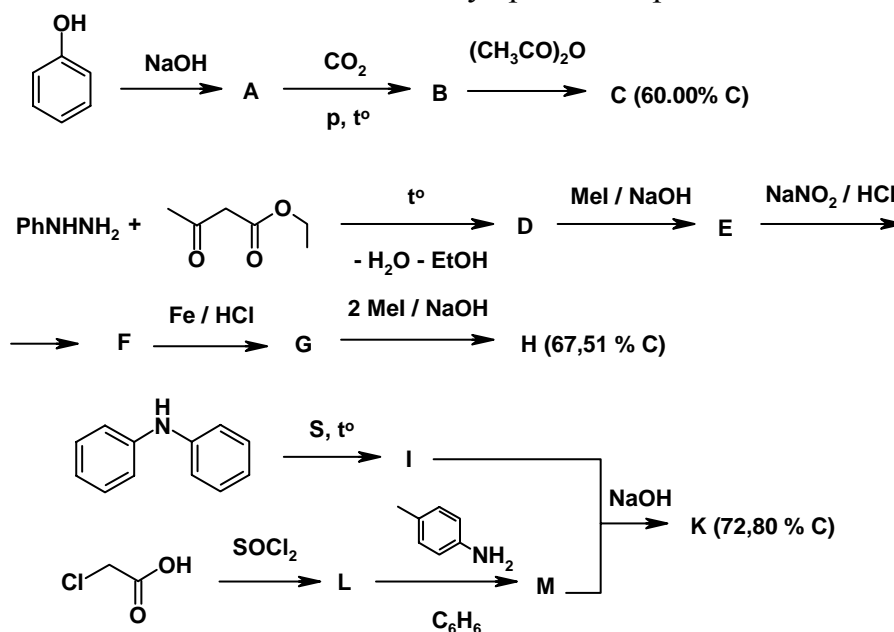
Відповідаючи, скористайтесь формулою для частоти коливань двохатомних груп:

$$\bar{\omega} = \frac{1}{2\pi c} \sqrt{\frac{k(m_1 + m_2)}{m_1 m_2}},$$

де  $c$  – швидкість світла;  $k$  – силова стала, що залежить від кратності зв'язку,  $m_1$  і  $m_2$  – маси атомів, з'єднаних хімічним зв'язком.

### 11 клас

1. **Ліки.** Нижче подано схеми синтезу трьох лікарських засобів:



Розшифруйте схеми перетворень, наведіть структурні формули вказаних речовин, якщо: молекули речовин **D–H** моноциклічні, а ПМР-спектр сполуки **I** містить 5 типів сигналів: уширений синглет та 4 мультиплети з константами розщеплення 7.0-8.6 Гц зі співвідношенням інтегральних інтенсивностей 1:2:2:2:2.

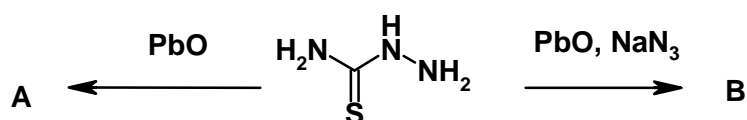
2. **Вуглеводні.** При дії літію на 1,2-дихлорбензол утворюється нестабільна сполука **A** (94.7% C), яка взаємодіє з антраценом з утворенням вуглеводню **B** (93.71% C). Якщо замість антрацену використовувати 2,6-диметилантрацен, то в результаті реакції у рівних кількостях буде отримано вуглеводні **C** та **D** (вміст карбону в обох по 92.91%).

1. Розшифруйте вказані речовини, наведіть схеми перетворень.

2. Чому **C** та **D** утворюються у рівних кількостях? Які речовини утворяться, якщо у реакцію з **A** вступить 2,3,6,7-тетраметилантрацен?

3. Чи буде речовина **B** реагувати з натрієм з утворенням аніону? Якщо так, поясніть його стабільність.

3. **Аміноазоли.** У лабораторному журналі недбалого хіміка було знайдено такі записи:





**A** – триамінотріазол, 1 сигнал у спектрі  $^{13}\text{C}$ -ЯМР, 4 сигнали у спектрі  $^{15}\text{N}$ -ЯМР.  
**B** – діамінотетразол, 1 сигнал у спектрі  $^{13}\text{C}$ -ЯМР, 6 сигналів у спектрі  $^{15}\text{N}$ -ЯМР, NOE на одній аміногрупі призводить до зростання сигналу іншої.

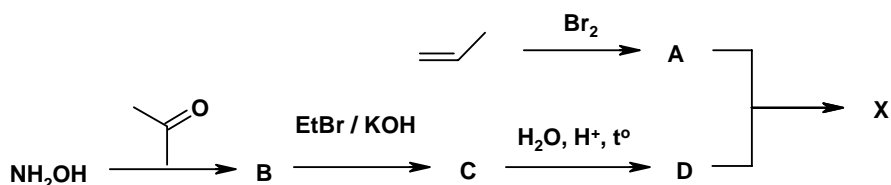
На цьому ідентифікацію отриманих речовин було припинено. NOE – ядерний ефект Оверхаузера, що полягає в додатковому опроміненні певних протонів на частоті їх резонансного поглинання. При цьому найближчі (до тих, що опромінюються) протони (до 4 Å) збільшують свою інтенсивність порівняно зі звичайним спектром ПМР.

1. Чи достатні дані для ідентифікації продуктів **A** та **B** було наведено та чи варто цькувати автора за лаконізм?

2. Зобразіть можливу структуру (структури) отриманих речовин **A** та **B** на основі наведених записів та назвіть їх за систематичною номенклатурою.

3. На вашу думку, чим можуть бути небезпечні сполуки **A** та **B**?

4. **Азиридины.** Юний хімік, що не знав нічого про ізомерію тричленних циклів, вирішив отримати похідне азиридину (тричленний азотвмісний цикл) **X** за Габріелем:



Мас-спектр сполуки **X** містив сигнал іона  $(M+1)^+$  з  $m/z$  102. Для розділення антиподів речовини **X** юний хімік виконав рідинну хроматографію отриманої суміші на хіральному сорбенті за кімнатної температури, отримавши **X1** та **X2**, що мали різну конфігурацію вуглецевого атому. Однак, спектр ПМР двох отриманих речовин, вказав на те, що хімік отримав дві суміші – сигнал кожного з протонів додатково подвоювався.

1. Визначте речовини **A–X**, назвіть їх.

2. Що являють собою суміші **X1** та **X2**? Наведіть вигляд ПМР-спектру одного з ізомерів **X**.

3. Скільки ізомерів утвориться, якщо замість речовини **D** взяти аміак?

4. Чи оптимальним є шлях отримання **D** з гідроксиламіну? Якщо ні, запропонуйте свій метод.

5. **Послідовність.** До розчину, що містить нітрат аргентуму ( $c(\text{AgNO}_3) = 0,05$  моль/л) та нітрат ауруму ( $c(\text{Au}(\text{NO}_3)_3) = 0,01$  моль/л) додають розчин хлоридної кислоти ( $c(\text{HCl}) = 5$  моль/л).

1. Який осад утвориться першим?

2. Чи можливе (принципово) провести повне розділення солей аргентуму та ауруму?

Скористайтеся даними:  $K_s(\text{AgCl}) = 1,8 \cdot 10^{-10}$ ;  $K_s(\text{AuCl}_3) = 3,0 \cdot 10^{-25}$ ; повним вважається осадження, якщо залишкова концентрація іону не перевищує  $10^{-6}$  моль/л. Утворенням розчинних комплексів ауруму та аргентуму знехтуйте.

**6. Координація.** Для наведених комплексних сполук зобразіть просторову будову та вкажіть тип гібридизації орбіталей центрального атому (атомів). Вкажіть магнітні властивості комплексів та чи будуть вони мати забарвлення:

$\text{CoF}_6^{3-}$ ,  $[\text{PtCl}_3(\text{C}_2\text{H}_4)]^-$ ,  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ ,  $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$ ,  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ ,  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ ,  $\text{NiBr}_4^{2-}$ .

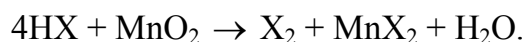
Укажіть структури нейтральних карбонілів феруму та марганцю. Запропонуйте, як дані карбоніли можуть реагувати з бромом?

Відповіді мотивуйте.

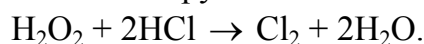
## РОЗВ'ЯЗКИ ТА ВІДПОВІДІ ДО ЗАВДАНЬ ІІ-ГО ТУРУ

### 8 клас

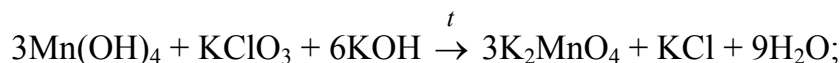
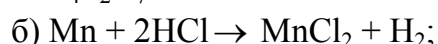
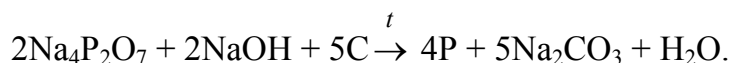
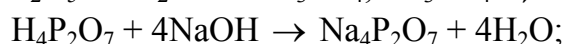
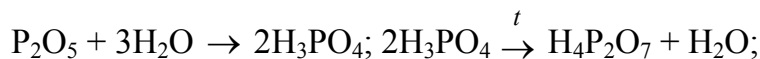
1. Нехай мінерал М має формулу  $Z_2O_C$ . Тоді масова частка елемента Z у ньому складає:  $\omega_O = \frac{16C}{2A_Z + 16C} = 0.368$ ;  $A_Z = 13.74C$ , де  $A_Z$  – атомарна маса елемента Z, C – ціле число від 1 до 8. Підбором визначаємо, що реально існуючому елементу відповідає тільки C=4, при цьому  $A_Z = 54.96$  – це манган. Тому мінерал М – піролюзит  $MnO_2$ . Діоксид мангану виявляє окисні властивості і його взаємодія з HCl, HBr та HI призводить до виділення вільних галогенів. Перевіримо, чи не є речовина А одним з вищевказаних галогенводнів. Реакція перебігає за рівнянням:

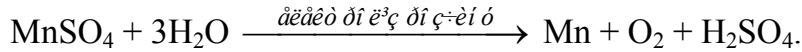


10 г діоксиду мангану складає 0.115 моль; оскільки по реакції 1 моль  $MnO_2$  призводить до виділення 1 моль  $X_2$ , то 8.165 г елемента складають 0.115 моль, а на 1 моль припадає 71 г, що відповідає хлору. Оскільки при змішуванні розчинів речовин А та В виділяється хлор, то сполука В повинна містити елемент Y у такому електронному стані, щоб Y був дуже сильним окислювачем. Електронегативність більшу, ніж хлор мають нітроген, кисень та флуор. Сполуки N та F з гідрогеном не виявляють окисних властивостей, кисень утворює з гідрогеном дві сполуки воду та перекис водню  $H_2O_2$ , причому взаємодія останньої з HCl дійсно призводить до виділення вільного хлору:



Перевіримо, чи відповідає  $H_2O_2$  зазначеним в умовах задачі цифрам. По рівнянню реакції, кожен 1 моль перекису виділяє 1 моль хлору, тому 0.115 моль  $Cl_2$  виділиться при взаємодії 0.115 моль  $H_2O_2$ . Значить 3.9 г це 0.115 моль  $H_2O_2$ , звідки молярна маса речовини В дорівнює 33.9 г/моль, що дійсно відповідає  $H_2O_2$ . Взаємодія  $H_2O_2$  з  $MnO_2$  призводить до каталітичного розкладання перекису на воду та кисень, тому для виділення 8.165 г кисню досить незначної кількості діоксиду мангану, головне, щоб у розчині була достатня кількість перекису водню.





3. Початкова кількість кисню в судині:

$$n_{\text{O}_2}^0 = \frac{pV}{RT} = \frac{3.295 \cdot 10^5 \cdot 1 \cdot 10^{-3}}{8.314 \cdot 298.15} = 0.133 \text{ моль.}$$

Після згоряння вуглеводню загальна кількість моль газів у системі дорівнює

$$n_{\text{O}_2 + \text{CO}_2} = \frac{pV}{RT} = \frac{3.047 \cdot 10^5 \cdot 1 \cdot 10^{-3}}{8.314 \cdot 298.15} = 0.123 \text{ моль,}$$

з них диоксиду вуглецю  $n_{\text{CO}_2} = 0.123 \cdot 0.313 = 0.038 \text{ моль,}$

а кисню –  $n_{\text{O}_2} = 0.123 - 0.038 = 0.085 \text{ моль.}$  Отже, в наважці вуглеводню містилося 0.038 моль атомів вуглецю. На згоряння вуглеводню витратилося  $\Delta n_{\text{O}_2} = 0.133 - 0.085 = 0.048 \text{ моль.}$  З них 0.038 моль міститься в диоксиді вуглецю, а інше – у воді. Оскільки 1 моль води містить 1 моль атомів кисню, то при згорянні вуглеводню води утворилося  $n_{\text{H}_2\text{O}} = 2 \cdot (0.048 - 0.038) = 0.02 \text{ моль.}$  Така кількість води містить 0.04 моль атомів водню. Таким чином, маса наважки вуглеводню дорівнює  $0.038 \cdot 12 + 0.04 \cdot 1 = 0.496 \text{ г,}$  а мольне відношення елементів у молекулі досліджуваного вуглеводню –  $n_{\text{C}} : n_{\text{H}} = 0.038 : 0.04 \approx 1 : 1.$  Тоді формула сполуки має вид  $\text{C}_x\text{H}_x.$  Оскільки молярна маса даної сполуки складає  $2 \cdot 39 = 78 \text{ г/моль,}$  то  $12x + 1x = 78$  та  $x = 6,$  а істинна формула цієї сполуки –  $\text{C}_6\text{H}_6.$

4. Знайдемо концентрацію  $\text{KMnO}_4$  у робочому розчині. 0.1675 г  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  складає  $1.25 \cdot 10^{-3} \text{ моль.}$  По рівнянню реакції

$5\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 2\text{KMnO}_4 + 8\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{MnSO}_4 + 5\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 10\text{CO}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$   
кількість перманганату повинна бути в 2.5 рази менше, ніж оксалату. Тому в 10.5 мл розчину  $\text{KMnO}_4,$  міститься  $5 \cdot 10^{-4} \text{ моль}$  речовини, а його концентрація складає  $5 \cdot 10^{-4} / 10.5 \cdot 10^{-3} = 0.0476 \text{ моль/л.}$  Тоді в 25 мл розчину кількість перманганату дорівнює  $25 \cdot 10^{-3} \times 0.0476 = 1.19 \cdot 10^{-3} \text{ моль.}$  Взаємодія  $\text{KMnO}_4$  з  $\text{NaNO}_2$  перебігає за рівнянням



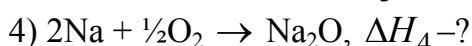
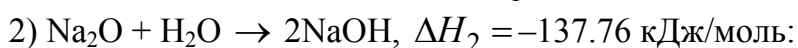
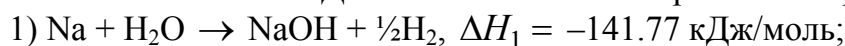
Значить кількість нітриту натрію в об'ємі розчину, що пішов на титрування  $\text{KMnO}_4,$  складає  $2.5 \times 1.19 \cdot 10^{-3} = 2.975 \cdot 10^{-3} \text{ моль.}$  Концентрація  $\text{NaNO}_2$  у розчині складає  $2.975 \cdot 10^{-3} / 22 \cdot 10^{-3} = 0.1352 \text{ моль/л}$  або  $85 \cdot 0.1352 = 11.492 \text{ г/л,}$  а 100 мл такого розчину містять 1.1492 г  $\text{NaNO}_2.$  Значить маса  $\text{NaNO}_2$  у наважці складає 1.1492 г, а його масова частка становить  $1.1492 / 1.2 = 0.9577.$  Отже, вміст домішок складає  $100 - 95.77 = 4.23\%.$

5. Візьмемо 1 моль газової суміші, тоді кількості її компонентів будуть дорівнювати їх об'ємним (мольним) часткам. Маса 1 моль суміші буде складати  $M_{\text{cp}} = \sum x_i M_i,$  де  $x_i$  – мольна частка компонента,  $M_i$  – його молярна маса.

Для сухого повітря  $M_{\text{cp}} = 0.781 \times 28 + 0.21 \times 32 + 0.009 \times 40 = 28.95 \text{ г/моль.}$

Для розрахунку  $M_{cp}$  вологого повітря необхідно знайти мольні частки його компонентів. Вміст водяної пари при  $50\text{ }^\circ\text{C}$  складає  $4.61\text{ моль/м}^3$ , а при  $0\text{ }^\circ\text{C}$  –  $0.269\text{ моль/м}^3$ . При  $50\text{ }^\circ\text{C}$  молярний об'єм газу складає  $8.341 \times 323/99300 = 0.02704\text{ м}^3$ , а при  $0\text{ }^\circ\text{C}$  –  $0.02286\text{ м}^3$ .  $1\text{ м}^3$  повітря при  $50\text{ }^\circ\text{C}$  складає  $1/0.02704 = 36.98$  моль газів, а при  $0\text{ }^\circ\text{C}$  –  $1/0.02286 = 43.74$  моль. Тому мольна частка водяної пари у повітрі при  $50\text{ }^\circ\text{C}$  складає  $4.61/36.98 = 0.125$ , а при  $0\text{ }^\circ\text{C}$  –  $0.269/43.74 = 0.0062$ . Вологе повітря можна розглядати як суміш сухого повітря з молекулярною масою  $28.95\text{ г/моль}$  і водяної пари з молярною масою  $18\text{ г/моль}$ . Тому при  $50\text{ }^\circ\text{C}$   $M_{cp}$  складає  $(1 - 0.125) \times 28.95 + 0.125 \times 18 = 27.58\text{ г/моль}$ , при  $0\text{ }^\circ\text{C}$   $M_{cp} = 0.9938 \times 28.95 + 0.0062 \times 18 = 28.88\text{ г/моль}$ . Таким чином, зниження температури від  $50\text{ }^\circ\text{C}$  до  $0\text{ }^\circ\text{C}$  призводить до збільшення молярної маси насиченого водяною парою повітря у  $28.88/27.58 = 1.05$  рази.

6. Тепловий ефект розчинення металічного натрію в надлишку води становить  $-61.64 \times 23/10 = -141.77\text{ кДж/моль}$ , а розчинення оксиду натрію –  $-44.44 \times 62/20 = -137.76\text{ кДж/моль}$ . Маємо такі термохімічні рівняння:



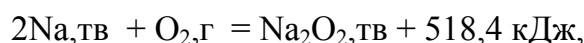
Реакція 4 може бути представлена як лінійна комбінація реакцій 1-3, причому коефіцієнти при реакціях дорівнюють 2,  $-1$  та  $1$ , відповідно. Тому

$$\Delta H_4 = 2\Delta H_1 - \Delta H_2 + \Delta H_3 = -283.54 + 137.76 - 284.84 = -429.97\text{ кДж/моль}.$$

## 9 клас

1. Розчин калій перманганату знебарвлюють гази-відновники, такі як  $\text{SO}_2$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{PH}_3$  та інші. З наведених газів  $\text{C}_2\text{H}_4$  не має запаху, а запах  $\text{H}_2\text{S}$  та  $\text{PH}_3$  скоріше неприємний, ніж різкий (хоча варіанти складу порошка  $\text{SrS}$  або  $\text{YP}$  та їх суміш приймалися як правильні). Зупинившись на  $\text{SO}_2$ , обчислимо, яка маса порошку виділяє 1 моль цього газу:  $24,0 \cdot 22,4/4,45 = 120,8\text{ г}$ . Якщо порошок являє собою сульфід, то такій умові задовольняють індивідуальні солі  $\text{CaSO}_3$  та  $\text{KHSO}_3$  (у них  $M=120\text{ г/моль}$ , що, згідно з умовою, приблизно збігається з обчисленою молярною масою). Інший очевидний склад порошка – суміш сульфідів, молярна маса одного з яких менша від  $120,8\text{ г/моль}$ , а другого більша. Це можуть бути, приміром,  $\text{Li}_2\text{SO}_3$  та  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ . Тоді, розв'язавши рівняння  $94x + 126 \cdot (1-x) = 120,8$ , з'ясуємо, що 1 моль суміші має містити  $0,1625$  моль літій сульфїту і  $0,8375$  моль натрій сульфїту; це відповідає масовим часткам  $13\%$  та  $87\%$ .

2. Обчислимо спочатку теплові ефекти наведених в умові реакцій як теплоти утворення оксидів:





Окисно-відновну реакцію в суміші Mg з  $\text{Na}_2\text{O}_2$  можна записати в двох варіантах:

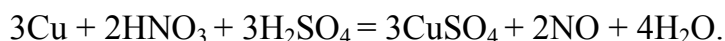


За законом Гесса, теплові ефекти цих реакцій складають 700,4 та 506,8 кДж. Не маючи додаткової інформації, ми повинні вибрати реакцію з найбільшим тепловим ефектом (тобто магній в твердій фазі виявляється активнішим від натрію, на відміну від водного розчину).

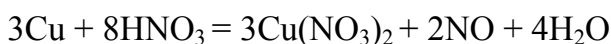
Найбільша кількість теплоти виділяється тоді, коли реагенти знаходяться в стехіометричному співвідношенні. Масова частка магнію в суміші складу  $2\text{Mg} + \text{Na}_2\text{O}_2$  становить 38,4%, натрій пероксиду 61,6%. Отже, кількість теплоти, яка виділиться в 1 г такої суміші, 5,53 кДж.

3. Зверніть увагу на необхідність утримувати 5 значущих цифр при розрахунку молярних об'ємів. Молярний об'єм гелію  $4,0026/0,17847=22,4273$  л/моль, а молярний об'єм ідеального газу  $1 \cdot 8,3144 \cdot 273,15/101330=0,0224127$  м<sup>3</sup>/моль, або 22,4127 л/моль. Атоми ідеального газу не мають розміру і взаємодіють один з одним тільки як пружні кульки. Молярний об'єм гелію більше за рахунок об'єму, зайнятого атомами, який складає  $22,4273-22,4127=0,0146$  л/моль. Із цього об'єму на сферичні атоми припадає  $0,0146 \cdot 0,76=0,0111$  л/моль, а на 1 атом припадає  $0,0111/(6,0221 \cdot 10^{23})=1,84 \cdot 10^{-26}$  л, або  $1,84 \cdot 10^{-29}$  м<sup>3</sup>. Отже, радіус атома гелію  $1,64 \cdot 10^{-10}$  м (довідкове значення  $0,93 \cdot 10^{-10}$  м). Поведінка інших газів має ще сильніше відхилитися від рівняння Клапейрона-Менделєєва, оскільки у них більший розмір молекул і сильніша міжмолекулярна взаємодія.

4. Щодо першого розчину в умові є надлишок даних, щодо другого — нестача даних. Розрахунок масової частки кислоти в першому розчині дає 16,1%, звідки висновок, що обидва розчини є однаковими. Тільки тепер можна стверджувати, що об'єм їх суміші дорівнює 75 мл, оскільки при змішуванні рідин об'єм звичайно неадитивний, і у випадку різних розчинів об'єм їх суміші не дорівнюватиме сумі об'ємів. Отже, 10 мл розчину містять  $0,01 \cdot 1,82=0,0182$  моль сульфатної кислоти. Барій сульфат дуже малорозчинний і не розчиняється в кислотах, тобто його кількість речовини, за стехіометрією реакції, дорівнює кількості речовини сульфатної кислоти, а маса складає  $233 \cdot 0,0182=4,24$  г. Розведена сульфатна кислота не реагує з міддю (за умовою, масова частка 16,1%, що відповідає доволі розведеній кислоті), отже, взаємодіє лише нітратна, за рівнянням



$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,02 \cdot 1,82 = 0,0364$  моль,  $n(\text{HNO}_3) = 1,26/63 = 0,020$  моль, сульфатна кислота в надлишку і  $n(\text{Cu}) = 1,5n(\text{HNO}_3) = 0,030$  моль,  $m(\text{Cu}) = 1,905$  г. Зауважимо, що хімічне рівняння саме таке завдяки надлишку сульфатної кислоти, розчинення міді відбуватиметься доти, доки не витратиться весь нітрат-іон, отже, рівняння



в даному випадку не відбиває суті хімічного процесу.

5. Елемент "нейтроній" або "нейтрон", оскільки його електронна оболонка не має електронів і заряд ядра дорівнює нулю. Ми не маємо даних, щоб стверджувати, що не може існувати частинки, складені тільки з декількох нейтронів, отже, теоретично цей елемент має необмежену кількість нуклідів. На користь "нульового періоду" може свідчити існування нейтрону у вільному стані, а також існування (щонайменше в уяві сучасних фізиків-космологів) нейтронних зірок.

6. Елементи Б і В одновалентні, один з них має бути гідрогеном, інший — флуором. Елемент В не є гідрогеном внаслідок великої різниці в молекулярних масах АГВ<sub>3</sub> і АГВ, отже, це флуор. Тривалентним елементом А може бути бор або нітроген, але гідрид бору димерний і має формулу В<sub>2</sub>Н<sub>6</sub>. Отже, А – N, Б – H, В – F, Г – O. Малюючи структурні формули, слід пам'ятати, що атом нітрогену принципово нездатний утворювати 5 ковалентних зв'язків, і у випадках нітрогену (+5) слід вдаватися до резонансних структур. Геометрична будова всіх частинок більш-менш вірно передбачається за допомогою теорії Гілеспі. Дипольний момент NF<sub>3</sub> знижений за рахунок зворотної полярності зв'язку N–F порівняно з N–H. Те саме стосується і NOF<sub>3</sub>, молекула якого теж тетраедрична. Сполука SbF<sub>5</sub> є досить сильною кислотою Льюїса, але не може бути класифікована за кислотно-основною схемою в межах теорій Ареніуса або Брьонстеда-Лоурі.

## 10 клас

1. "Чистий дощ". Рівноважна концентрація CO<sub>2</sub> у воді:

$$[\text{CO}_2] = 0.045 \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1} \cdot \text{атм}^{-1} \cdot 0.034 \cdot 10^{-2} \cdot 1 \text{ атм} = 1.53 \cdot 10^{-5} \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1}.$$

В розчині CO<sub>2</sub> концентрації H<sup>+</sup> і HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> однакові у відповідності з реакцією:



З рівняння ЗДМ для цієї реакції при [HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>] = [H<sup>+</sup>] = x одержуємо:

$$x^2 / [\text{CO}_2] = K_1; x = \sqrt{K_1[\text{CO}_2]} = 2.4 \cdot 10^{-6} \text{ моль/л}; \text{pH} = -\lg x = 5.62.$$

При додаванні NaOH концентрація CO<sub>2</sub> зменшиться, а концентрація HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> збільшиться на одну й ту ж величину у. При pH 7 з рівняння ЗДМ витікає:

$$\frac{10^{-7} [\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_2]} = 3.8 \cdot 10^{-7}; \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_2]} = 3.8; \frac{2.4 \cdot 10^{-6} + y}{1.53 \cdot 10^{-5} - y} = 3.8.$$

Звідси у = 1.16 · 10<sup>-5</sup> моль/л, [HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>] = 1.40 · 10<sup>-5</sup> моль/л.

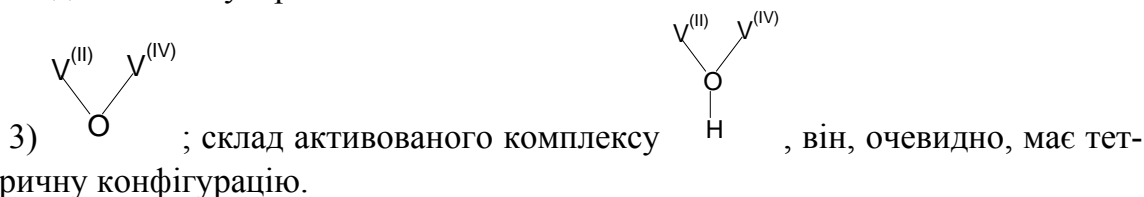
Після встановлення рівноваги, як і раніше, [CO<sub>2</sub>] = 1.53 · 10<sup>-5</sup> моль · л<sup>-1</sup>. Тоді з рівняння ЗДМ:

$$\frac{[\text{H}^+] 1.40 \cdot 10^{-5}}{1.53 \cdot 10^{-5}} = 3.8 \cdot 10^{-7}; [\text{H}^+] = 4.15 \cdot 10^{-7}; \text{pH} = 6.38.$$

2. Ванадій.

$$1) \frac{dc(V^{2+})}{dt} = -k [V^{2+}] [VO^{2+}] [H^+].$$

2) Сумарна реакція  $V^{2+} + VO^{2+} + 2 VO^{2+} \rightarrow 2V^{3+} + H_2O$  має порядок 3, кожна зі стадій бімолекулярна.



4) В цих умовах змінюванням концентрацій  $H^+$  і  $VO^{2+}$  можна знехтувати. Кінетичне рівняння для реакції псевдопершого порядку набуває вигляду:

$$\lg \frac{c_0(V^{2+})}{c(V^{2+})} = \frac{k}{2.303} c(VO_2^{2+}) \cdot c(H^+) \cdot t, \text{ звідси } t = 11.5 \text{ с.}$$

## 2. Ванадій.

1) Забарвлення зумовлене вибірконим поглинанням світла гідратованими катіонами металів.

2) Причиною росту „водоростей” є явище осмосу. Мембраною слугує плівка малорозчинного силікату купруму або ніколу, що утворюється на поверхні кристалу. Вода проникає через плівку, наповнюючи „пухирець”, доки він не прорветься. У в’язке середовище силікату „викидається” порція розчину  $CuSO_4$  чи  $NiCl_2$ , яка зразу ж покривається плівкою-мембраною, і процес повторюється.

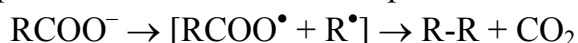
Інший приклад явища, зумовленого осмосом – при засолюванні риби вона втрачає вологу.

## 4. Хроматографія.

1) Результати відповідають очікуваній послідовності виходу речовин. В гель-проникаючій хроматографії стаціонарна фаза краще утримує малі молекули, тому час утримування зменшується зі збільшенням розміру молекули від першого до третього вуглеводню.

2) В умовах рідинно-рідинної хроматографії з нормальною стаціонарною фазою (полярний сорбент – силікагель) речовина утримується тим гірше, чим більша її гідрофобність, тому першим вийде  $C_{10}H_{22}$ , потім –  $C_6H_{14}$ , потім –  $C_{16}H_{30}$ . Обернена стаціонарна фаза (малополярна поверхня силікагелю з прищепленими октадецильними радикалами) краще утримує більш гідрофобні компоненти, тому порядок виходу буде зворотнім.

**5. Електроліз.** Мова йде про реакцію Кольбе – електрохімічний спосіб одержання алканів з натрієвих солей насичених карбонових кислот:



На аноді виділяється суміш алкану з вуглекислим газом, від останнього позбавимося пропускаючи суміш через розчин луку.



З рівняння Фарадея отримуємо молярну масу алкану близько 114 г/моль. Виходячи з загальної формули гомологічного ряду алканів розраховуємо формулу нашого алкану:

$M(C_nH_{2n+2}) = 14n + 2$ ;  $112 = 14n$ ;  $n = 8$ , тобто наш алкан це октан  $C_8H_{18}$  або один з його ізомерів.

Тоді електролізу піддали натрієву сіль бутанкарбонової (пентанової) кислоти  $C_4H_9COONa$ .

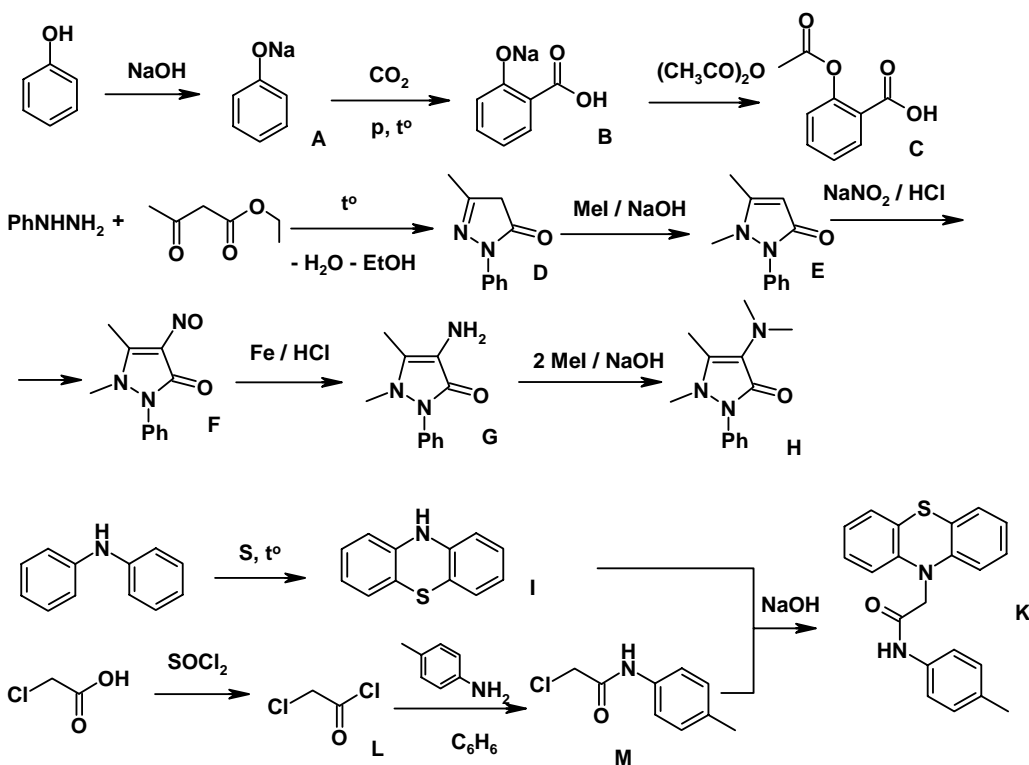
За співвідношення піків у спектрі ЯМР видно, що кількість еквівалентних протонів у групах відносяться як 2:4:12. Логічно припустити, що 12 протонів належать 4 метильним групам. Потрібно також пам'ятати про симетричність отриманого алкану. Тоді отримуємо розв'язок, що решта протонів належать двом метиленовим та двом метиновим групам, звідки невідомий алкан це 2,5-диметилгексан, а кислота – 2-метилпропанова.

**6. Фуллерени.** ІЧ спектр свідчить про високо симетричну молекулу  $C_{60}$ . Як витікає з формули, при збільшенні атомної маси атомів смуги поглинання зсуваються в сторону менших частот коливань.

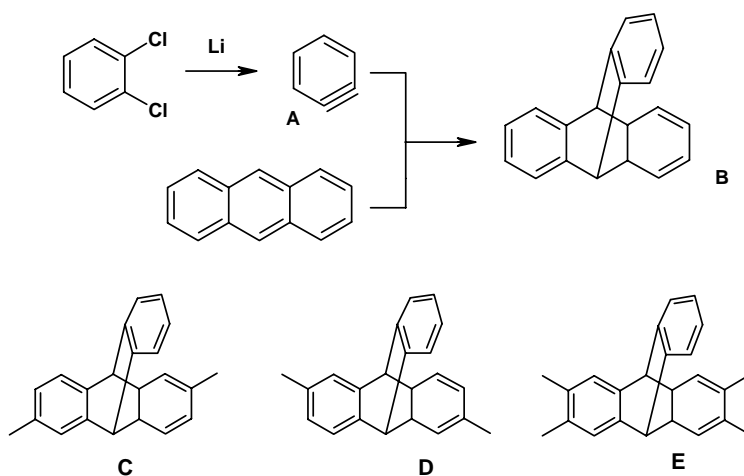
Вищі фуллерени мають менш симетричні молекули ніж  $C_{60}$ , тому їх ІЧ спектри більш складні і містять більшу кількість смуг поглинання.

11 клас

1. Ліки.

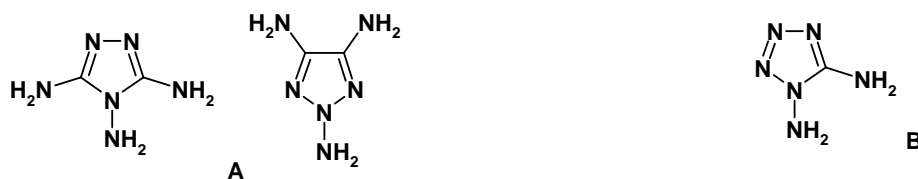


2. Вуглеводні.



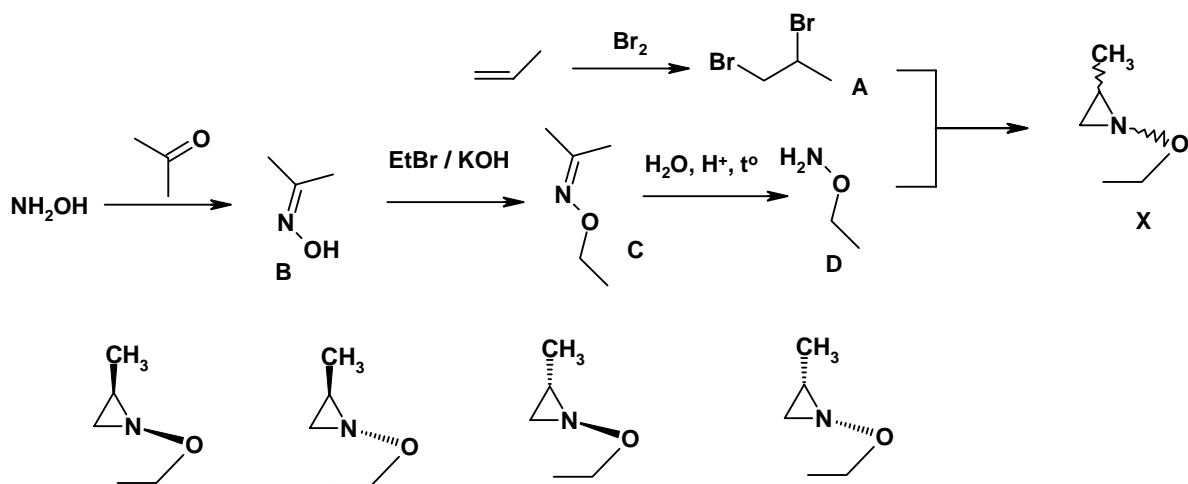
С та D – енантіомери. У випадку з тетраметилантраценом утворюється E (єдиний продукт). Аніон B матиме високу активність з-за відсутності стабілізації (електронна пара C-аніону не буде взаємодіяти з π-системами бензольних кілець).

3. Аміноазолі. Запису відповідають такі структури:



Всі вказані речовини є токсичними (наявність зв'язків нітроген-нітроген тощо), а речовина B є вибухонебезпечною.

**4. Азириди.** В даному випадку стає можливим існування додаткового хірального центру на атомі нітрогену (фіксація інверсії за рахунок неподіленої електронної пари сусіднього гетероатома), тому у **X1** та **X2** складаються із пар діастереомерів, які різним чином проявляють себе у спектрі ПМР.



### 5. Послідовність.

$$K_s(\text{AgCl}) = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = 1,8 \cdot 10^{-10}; K_s(\text{AuCl}_3) = [\text{Au}^{3+}][\text{Cl}^-]^3 = 3,0 \cdot 10^{-25}.$$

Прирівнюємо концентрації хлорид-іонів (момент, коли осали випадають сумісно) та ділимо вирази:  $(K_s(\text{AgCl}))^3 / K_s(\text{AuCl}_3) = [\text{Ag}^+]^3 / [\text{Au}^{3+}] = 1,94 \cdot 10^{-5}$ . Розділимо початкові концентрації:  $(c(\text{Ag}^+))^3 / (\text{Au}^{3+}) = 0,0125$ . Осад хлориду аргентуму випаде першим. Концентрація  $\text{Ag}^+$  на момент початку випадання  $\text{AuCl}_3$ :  $c(\text{Ag}^+) = (0,01 \cdot 1,94 \cdot 10^{-5})$  моль/л =  $5,79 \cdot 10^{-3}$  моль/л (розділити повністю не можна).

### 6. Координація.

$\text{CoF}_6^{3-}$  –  $sp^3d^2$ , октаедр, парамагнітний;

$[\text{PtCl}_3(\text{C}_2\text{H}_4)]^-$  –  $dsp^2$ , квадрат, діамагнітний;

$[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$  –  $sp^3d^2$ , октаедр, парамагнітний;

$[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$  –  $dsp^2$ , квадрат, діамагнітний;

$[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  –  $sp^3$ , тетраедр, діамагнітний;

$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$  –  $d^3sp^2$ , октаедр, діамагнітний;

$\text{NiBr}_4^{2-}$  –  $sp^3$ , тетраедр, парамагнітний.

$\text{Fe}(\text{CO})_5$  ( $dsp^3$ ),  $\text{Mn}_2(\text{CO})_{10}$  ( $d^2sp^3$ )

$\text{Fe}(\text{CO})_5 + \text{Br}_2 = \text{FeBr}_3 + 5\text{CO}$

$\text{Mn}_2(\text{CO})_{10} + \text{Br}_2 = 2\text{Mn}(\text{CO})_5\text{Br}$

## ПЕРЕМОЖЦІ ІІІ ЕТАПУ ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ УЧНІВСЬКОЇ ОЛІМПІАДИ З ХІМІЇ

м. Харків, 26 лютого 2006 р.

№	П.І.Б. учня	Місце	Клас	Район	Навчальний заклад	П.І.Б. вчителя
1.	Комарицький Ігор Леонідович	1	11	м. Куп'янськ	Куп'янська гімназія №2	Борисов Сергій Віталійович
2.	Большуткін Володимир Олександрович	2	11	Дзержинський	Харківська гімназія №47	Мельникова Тетяна Василівна
3.	Медведев Володимир Володимирович	2	11	Московський	Харківська ЗШ І-ІІІ ст. №140	Корсунська Інна Іванівна, Гранкіна Тамара Михайлівна
4.	Мареха Богдан Анатолійович	2	11	Дзержинський	Харківський НВК №45 "Академічна гімназія"	Григорович Олексій Владиславович
5.	Іванова Анастасія Валеріївна	3	11	Дзержинський	Харківська гімназія №47	Мельникова Тетяна Василівна
6.	Димшиць Дмитро Ігорович	3	11	Комінтернівський	Харківська гімназія №46	Рязанцева Ганна Павлівна
7.	Кібкало Богдан Вікторович	3	11	Краснокутський	Краснокутська гімназія	Михайлова Тамара Іванівна
8.	Харченко Юлія Михайлівна	3	11	Фрунзенський	Харківський ліцей №161 "Імпульс"	Затильнікова Наталія Миколаївна
9.	Шуліка Костянтин Вікторович	3	11	Комінтернівський	Технічний ліцей №173	Ковальова Вікторія Дмитрівна
10.	Холоменюк Євгеній Олександрович	3	11	Орджонікідзевський	Харківська ЗШ І-ІІІ ст. №71	Юрченко Римма Миколаївна
11.	Ткаченко Володимир Володимирович	1	10	м. Куп'янськ	Куп'янська гімназія №1	Караван Наталія Анатоліївна
12.	Лемішко Катерина Миколаївна	2	10	Дзержинський	Харківська гімназія №47	Мельникова Тетяна Василівна
13.	Варченко Вікторія Вячеславівна	2	10	Комінтернівський	Технічний ліцей №173	Ковальова Вікторія Дмитрівна
14.	Белобородов Дмитро Андрійович	2	10	Комінтернівський	Харківська гімназія №46	Кічата Олена Євгенівна, Рязанцева Ганна Павлівна
15.	Сівальнев Антон Юрійович	3	10	Київський	Харківська ССЗШ І-ІІІ ст. №17	Трубецька Алла Аронівна
16.	Стронько Кирило Михайлович	3	10	Дзержинський	Харківський НВК №45 „Академічна гімназія”	Пишна Марна Юліївна
17.	Ковшик Валентин Ігорович	3	10	Ленінський	Харківська гімназія №152	Завгородня Ніна Михайлівна
18.	Мірошниченко Богдан Олександрович	1	9	Комінтернівський	Технічний ліцей №173	Ковальова Вікторія Дмитрівна
19.	Дерека Богдан Андрійович	1	9	Орджонікідзевський	Харківська СЗШ І-ІІІ ст. №80	Варавва Наталія Едуардівна
20.	Бондарев Данііл Геннадійович	2	9	Дзержинський	Харківський НВК №45 «Академічна гімназія»	Григорович Олексій Владиславович
21.	Гужва Андрій Олександрович	2	9	Комінтернівський	Харківська гімназія №46	Кічата Олена Євгенівна
22.	Кожевін Дмитро Анатолійович	2	9	Комінтернівський	Технічний ліцей №173	Ковальова Вікторія Дмитрівна
23.	Лінивцев Олександр Володимирович	3	9	Дзержинський	Харківська гімназія №6	Лищук Ольга Миколаївна
24.	Вареніков Андрій Сергійович	3	9	Дзержинський	НВК „Авторська школа Бойко”	Гранкіна Тамара Михайлівна

№	П.І.Б. учня	Місце	Клас	Район	Навчальний заклад	П.І.Б. вчителя
25.	Лежешко Марія Геннадіївна	3	9	Дзержинський	Харківська гімназія №47	Войлокова Тетяна Іванівна
26.	Переверзев Ілля Вадимович	3	9	Дзержинський	Харківський НВК №45 „Академічна гімназія”	Свечкарєв Денис Андрійович
27.	Рибалка Андрій Сергійович	3	9	Дворічанський	Тавілжанська ЗШ І-ІІІ ст.	Губська Ніна Михайлівна
28.	Божко Андрій Олександрович	3	9	Жовтневий	Харківський ФМЛ №27	Кононенко Ганна Ігорівна
29.	Кольчицький Віталій Валентинович	3	9	Київський	Харківська СЗШ І-ІІІ ст. №62	Туркіна Тетяна Вікторівна
30.	Тененьова Юлія Євгенівна	3	9	Комінтернівський	Харківська гімназія №46	Кічата Олена Євгенівна
31.	Фарафонов Володимир Сергійович	1	8	Київський	Харківська ЗШ І-ІІІ ст. №5	Гребенюк Людмила Федорівна
32.	Слюсарев Артем Миколайович	2	8	Комінтернівський	Технічний ліцей №173	Ковальова Вікторія Дмитрівна
33.	Гірченко Сергій Сергійович	2	8	Комінтернівський	Технічний ліцей №173	Ковальова Вікторія Дмитрівна
34.	Соболев Дмитро Якович	2	8	Дзержинський	Харківська гімназія №47	Мельникова Тетяна Василівна, Войлокова Тетяна Іванівна
35.	Якименко Павло Віталійович	3	8	Московський	Приватний ліцей «Олімп»	Прус Ірина Євгенівна
36.	Маташов Олександр Сергійович	3	8	Жовтневий	Харківський ФМЛ №27	Кононенко Ганна Ігорівна
37.	Корх Яна Анатоліївна	3	8	Московський	Харківська ЗШ І-ІІІ ст. №124	Субботгіна Надія Іванівна
38.	Монастирєв Данііл Юрійович	3	8	Малий Каразінський університет	Харківська гімназія №55	Полозенцева Вікторія Миколаївна, Свечкарєв Денис Андрійович
39.	Савчук Олексій Дмитрович	3	8	Комінтернівський	Технічний ліцей №173	Ковальова Вікторія Дмитрівна

Цього року Харківська область має 9 місце за рейтингом, тому наша команда на Всеукраїнській олімпіаді складатиметься з 8 учнів, що вибороли право на участь у наступному етапі змагань під час відбіркового туру:

8 клас: Фарафонов Володимир (ЗОШ № 5, м. Харків)

Слюсарев Артем (технічний ліцей № 173, м. Харків)

9 клас: Бондарєв Данііл (СЗНВК № 45, м. Харків)

Кожевін Дмитро (технічний ліцей № 173, м. Харків)

10 клас: Ткаченко Володимир (гімназія № 1, м. Куп'янськ)

Лемішко Катерина (гімназія № 47, м. Харків)

11 клас: Комарицький Ігор (гімназія № 2, м. Куп'янськ)

Мареха Богдан (СЗНВК № 45, м. Харків)

---

## ЗМІСТ

Завдання I-го туру .....	4
8 клас .....	4
9 клас .....	5
10 клас .....	6
11 клас .....	8
Розв'язки завдань I-го туру .....	10
8 клас .....	10
9 клас .....	13
10 клас .....	15
11 клас .....	18
Аналіз робіт I-го туру .....	22
8 клас .....	22
9 клас .....	23
10 клас .....	24
11 клас .....	26
Завдання II-го туру .....	28
8 клас .....	28
9 клас .....	29
10 клас .....	30
11 клас .....	32
Розв'язки та відповіді до завдань II-го туру .....	35
8 клас .....	35
9 клас .....	37
10 клас .....	39
11 клас .....	42
Переможці III етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з хімії .....	44

**Колосов Максим Олександрович  
Єльцов Сергій Віталійович  
Жикол Олег Анатолійович  
Логінова Лідія Павлівна  
Чуйко Юлія Іванівна**

**Харківська обласна хімічна олімпіада 2006 року:  
Завдання та розв'язки.**

*Навчально-методичне видання*

Відповідальний за випуск: Колосов М.О.  
Технічний редактор: Єльцов С.В.

Підписано до друку 25.03.2006.  
Наклад 120 примірників.

61077, м. Харків, майдан Свободи 4,  
Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна