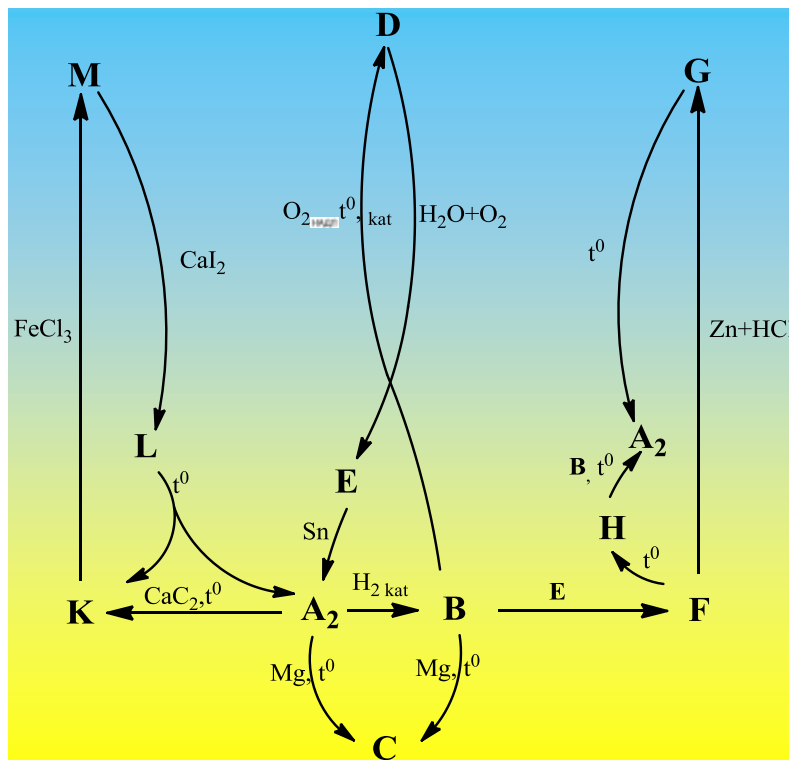




Завдання і розв'язки  
теоретичних турів IV етапу

# 51 Всеукраїнської олімпіади з хімії



Вінниця

2014

|  |   |
|--|---|
| <b>Голова журі</b>   | Гавриленко К.С.   |
| <b>Заступники голови журі</b>  | Волочнюк Д.М.<br>Неділько С.А.                              |
| <b>Куратори</b>  | Колосов М.А.<br>Колотілов С.В.<br>Пунін С.В.<br>Усенко О.Ю. |
| <b>Експерт олімпіади</b>   | Холін Ю.В.  |
| <b>Представник Міністерства освіти і науки України, заступник голови оргкомітету</b> | Горлова А.О.  |

***Комплект теоретичних завдань підготовлений предметно-методичною комісією у склад: Холіна Ю., Усенко О., Волочнюка Д., Гавриленко К., Колосова М., Колотілова С., Пуніна С. на основі задач:***

|                              |                          |
|------------------------------|--------------------------|
| Станіслава <b>Бахтіна</b>    | Олени <b>Коваленко</b>   |
| Юлії <b>Беспалько</b>        | Максима <b>Колосова</b>  |
| Олега <b>Бородіна</b>        | Сергія <b>Колотілова</b> |
| Світлани <b>Вест</b>         | Івана <b>Кондратова</b>  |
| Михайла <b>Виборного</b>     | Олександра <b>Лящука</b> |
| Катерини <b>Головізніної</b> | Микити <b>Оніжука</b>    |
| Олександра <b>Грегоренко</b> | Артема <b>Осипенка</b>   |
| Вікторії <b>Дорофєєвої</b>   | Євгена <b>Остапчука</b>  |
| Олега <b>Жикола</b>          | Руслана <b>Полуніна</b>  |
| Ірини <b>Запорожець</b>      | Сергія <b>Пуніна</b>     |
| Євгена <b>Калініченко</b>    | Василя <b>Стецика</b>    |
| Дмитра <b>Кандаскалова</b>   | Наталії <b>Усенко</b>    |

© 2014 Предметно-методична комісія  
51-ї Всеукраїнської олімпіади з  
хімії

*Web-сайт українських хімічних олімпіад:*

***<http://www-chemo.univer.kharkov.ua/olympiad.htm>***

*При розміщенні матеріалів на Web-сайтах обов'язковим є посилання на джерело інформації. Передрук матеріалів без дозволу предметно-методичної комісії олімпіади не дозволяється.*

### Пам'ятка учаснику олімпіади

1. На розв'язання завдань відводиться 4 години. Час закінчення туру вказується на дошці. Затримка з припиненням роботи на 5 хвилин чи більше веде до скасування результатів туру.
2. Не розкріпляйте зшиті листи з умовами та полями для відповідей!
3. По закінченні туру **особисто** здайте заповнену довідку учасника та виданий вам комплект умов і листів відповідей **куратору класу**.
4. При виконанні завдань дозволяється користуватися лише ручкою і довідковими матеріалами, виданими організаторами. Дозволяється також користуватися власними олівцями, лінійками і непрограмованими калькуляторами. Користуватися шпальгачами, мобільними телефонами, додатковими довідковими матеріалами, консультуватися з будь-якими особами, окрім кураторів класів і чергових, **заборонено**.
5. З питаннями щодо правильного розуміння змісту завдань звертайтеся до куратора, якого до класу запросить черговий.
6. Всі результати повинні бути записаними лише у **відведених для цього полях**. Все, що написано в будь-якому іншому місці, не оцінюється. В якості чернетки ви можете використовувати зворотній бік листів або чистий папір. Якщо вам потрібно замінити зіпсований лист відповідей, звертайтеся до чергового.
7. Повно та аргументовано відповідайте на **питання, поставлені в умові задачі**. Правильні твердження, що не мають відношення до поставлених у задачі питань, не оцінюються. Правильна відповідь, не підкріплена логічними аргументами чи розрахунками, оцінюється лише мінімальною кількістю балів.
8. Викладайте розв'язки завдань зручною для вас мовою. Граматичні помилки не впливають на оцінку роботи.
9. Якщо в умові задачі не сказано інше, при розрахунках використовуйте значення молярних мас елементів з двома знаками після коми.

### ТАБЛИЦЯ ПЕРІОДИЧНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕМЕНТІВ

|                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                   |                    |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| 1                  |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                   | 18                 |
| 1<br>H<br>1.008    | 2                  |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 13                 | 14                 | 15                 | 16                 | 17                | 2<br>HE<br>4.003   |
| 3<br>Li<br>6.941   | 4<br>Be<br>9.012   |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 5<br>B<br>10.81    | 6<br>C<br>12.01    | 7<br>N<br>14.01    | 8<br>O<br>16.00    | 9<br>F<br>19.00   | 10<br>Ne<br>20.18  |
| 11<br>Na<br>22.99  | 12<br>Mg<br>24.31  | 3                  | 4                  | 5                  | 6                  | 7                  | 8                  | 9                  | 10                 | 11                 | 12                 | 13<br>Al<br>26.98  | 14<br>Si<br>28.09  | 15<br>P<br>30.97   | 16<br>S<br>32.07   | 17<br>Cl<br>35.45 | 18<br>Ar<br>39.95  |
| 19<br>K<br>39.10   | 20<br>Ca<br>40.08  | 21<br>Sc<br>44.96  | 22<br>Ti<br>47.87  | 23<br>V<br>50.94   | 24<br>Cr<br>52.00  | 25<br>Mn<br>54.94  | 26<br>Fe<br>55.85  | 27<br>Co<br>58.93  | 28<br>Ni<br>58.69  | 29<br>Cu<br>63.55  | 30<br>Zn<br>65.38  | 31<br>Ga<br>69.72  | 32<br>Ge<br>72.64  | 33<br>As<br>74.92  | 34<br>Se<br>78.96  | 35<br>Br<br>79.90 | 36<br>Kr<br>83.80  |
| 37<br>Rb<br>85.47  | 38<br>Sr<br>87.62  | 39<br>Y<br>88.91   | 40<br>Zr<br>91.22  | 41<br>Nb<br>92.91  | 42<br>Mo<br>95.96  | 43<br>Tc<br>[98]   | 44<br>Ru<br>101.07 | 45<br>Rh<br>102.91 | 46<br>Pd<br>106.42 | 47<br>Ag<br>107.87 | 48<br>Cd<br>112.41 | 49<br>In<br>114.82 | 50<br>Sn<br>118.71 | 51<br>Sb<br>121.76 | 52<br>Te<br>127.60 | 53<br>I<br>126.90 | 54<br>Xe<br>131.29 |
| 55<br>Cs<br>132.91 | 56<br>Ba<br>137.33 | 57<br>La<br>138.91 | 72<br>Hf<br>178.49 | 73<br>Ta<br>180.95 | 74<br>W<br>183.84  | 75<br>Re<br>186.21 | 76<br>Os<br>190.23 | 77<br>Ir<br>192.22 | 78<br>Pt<br>195.08 | 79<br>Au<br>196.97 | 80<br>Hg<br>200.59 | 81<br>Tl<br>204.38 | 82<br>Pb<br>207.2  | 83<br>Bi<br>208.98 | 84<br>Po<br>(209)  | 85<br>At<br>(210) | 86<br>Rn<br>(222)  |
| 87<br>Fr<br>(223)  | 88<br>Ra<br>226.0  | 89<br>Ac<br>(227)  | 104<br>Rf<br>(261) | 105<br>Ha<br>(262) |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                   |                    |
|                    |                    | 58<br>Ce<br>140.12 | 59<br>Pr<br>140.91 | 60<br>Nd<br>144.24 | 61<br>Pm<br>(145)  | 62<br>Sm<br>150.36 | 63<br>Eu<br>151.96 | 64<br>Gd<br>157.25 | 65<br>Tb<br>158.93 | 66<br>Dy<br>162.50 | 67<br>Ho<br>164.93 | 68<br>Er<br>167.26 | 69<br>Tm<br>168.93 | 70<br>Yb<br>173.05 | 71<br>Lu<br>174.97 |                   |                    |
|                    |                    | 90<br>Th<br>232.04 | 91<br>Pa<br>231.04 | 92<br>U<br>238.03  | 93<br>Np<br>237.05 | 94<br>Pu<br>(244)  | 95<br>Am<br>(243)  | 96<br>Cm<br>(247)  | 97<br>Bk<br>(247)  | 98<br>Cf<br>(251)  | 99<br>Es<br>(254)  | 100<br>Fm<br>(257) | 101<br>Md<br>(256) | 102<br>No<br>(254) | 103<br>Lr<br>(257) |                   |                    |

### Довідкові матеріали

|   |   |   |  |
|---|---|---|--|
| Стала Авогадро:                               | $N_A = 6,0221 \cdot 10^{23}$<br>моль <sup>-1</sup>  | Рівняння стану<br>ідеального газу:  | $PV = nRT$   |
| Універсальна<br>газова стала:                 | $R = 8,314$ Дж·К <sup>-1</sup> ·<br>моль <sup>-1</sup> = = 0,08205<br>атм·л·К <sup>-1</sup> ·моль <sup>-1</sup> | Енергія фотона:   | $E = hc / \lambda$   |
| Стала Фарадея:                                | $F = 96485$ Кл·моль <sup>-1</sup>   | Вільна енергія<br>Гіббса:   | $G = H - TS$   |
| Стала Планка:                                 | $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с  | $\Delta_r G^0 = -RT \ln K = -nF \Delta E_{\text{комірки}}^0$ □<br>$\Delta H = \Delta U + \Delta n \cdot RT$ |  |
| Швидкість світла<br>у вакуумі:                | $c = 3,00 \cdot 10^8$ м·с <sup>-1</sup>   | Кількість<br>електрики:   | $Q = I \cdot t$  |
| Ноль за шкалою<br>Цельсія:                    | 273,15 К  | Рівняння<br>Арреніуса:  | $k = A e^{-\frac{E_a}{RT}}$  |
| 1 Н   | 1 кг·м·с <sup>-2</sup>  | $K_w = 1,0 \cdot 10^{-14}$  | при 25 °С  |
| 1 eВ  | $1,602 \cdot 10^{-19}$ Дж   | Рівняння Нернста:   | $E = E^0 + \frac{R \cdot T}{n \cdot F} \ln \frac{P(\text{Ox}_i)^{n_i}}{P(\text{Red}_i)^{n_i}}$ |
| Заряд електрона:                              | $1,602 \cdot 10^{-19}$ Кл   | Закон Бера–Бугера–Ламберта:   | $A = \varepsilon \cdot c \cdot l$  |
| Нормальні умови<br>(н.у.):                    | ТЕМПЕРАТУРА 0°С,<br>ТИСК 1 АТМ.   |   |  |
| Стандартний<br>тиск:                          | 1 БАР = 10 <sup>5</sup> ПА  | Інтегральна форма рівняння Клапейрона-<br>Клаузіуса   | $\ln p = -\frac{\Delta H^0}{RT} + const$   |
| 1 АТМ = 760 ТОРР = 1,01325·10 <sup>5</sup> ПА |   | Ізобара хімічної<br>реакції   | $\left( \frac{\partial \ln K_a}{\partial T} \right)_p = \frac{\Delta H^0}{RT^2}$               |
| Об'єм сфери:                                  | $V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$   | Інтегральна форма ізобари реакції   | $\ln K_a(T) = -\frac{\Delta H^0}{RT} + const$  |
| Середня молярна<br>маса повітря               | 29 г/моль   |   |  |

## 8 клас. 1 тур.

### Задача 1. Незвично і просто

До вашої уваги подається три сполуки досить незвичного складу:  $(\text{IO}_2)_2(\text{S}_2\text{O}_7)$  – сполука 1,  $(\text{NO})_6[\text{Ni}_4(\text{NO}_3)_{14}] \cdot 2\text{HNO}_3$  – сполука 2,  $\text{ClO}_2\text{AsF}_6$  – сполука 3.

**1-1 Розрахуйте**, яка з цих сполук має: а) найбільший масовий вміст Оксигену; б) найменший масовий вміст Оксигену; в) найбільший мольний вміст Оксигену; г) найбільший масовий вміст галогенів.

а) сполука 2; б) сполука 3; в) сполука 1; г) сполука 3.

**1-2 Розрахуйте**, скільки атомів міститься у 2 нг сполуки 1?

$3.66 \cdot 10^{13}$  атомів.

**1-3 Розрахуйте** масову частку Оксигену в еквімолярній суміші сполук 1 та 3.

27.72 %.

**1-4 Розрахуйте** мольну частку Оксигену в еквімолярній суміші всіх трьох сполук.

62.62 %.

### Задача 2. Паралельний світ.

«Ваша теорія безглузда, — сказав якомусь Нільс Бор Вольфгангу Паулі після доповіді. — Питання лише в тому, чи є вона достатньо безглуздою, щоби бути вірною».

У паралельному Всесвіті принцип Паулі відрізняється від нашого: в атомі не може бути двох електронів, що мають однаковий набір **трьох** квантових чисел. Іншими словами, за допомогою конкретного чисельного значення квантових чисел  $(n, l, m_l)$  характеризується тільки один електрон. Для позначення атомів елементів мешканці паралельного світу використовують звичні нам символи періодичної системи елементів Д.І.Менделєєва згідно їхнього порядкового номера.

**2-1 Складіть** електронні формули атомів усіх елементів 2 періоду в паралельному Всесвіті на основі сучасної теорії будови атома.

Використовуйте підказку:

$n = 1, 2, 3, \dots \infty$  — головне квантове число;

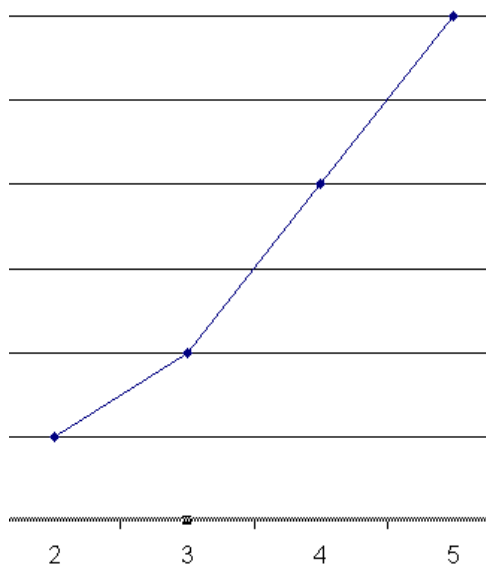
$l = 0, 1, 2, 3, \dots n-1$  — орбітальне квантове число;

$m_l = \pm 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots \pm l$  — магнітне квантове число.

He  $1s^1 2s^1$ , Li  $1s^1 2s^1 2p^1$ , Be  $1s^1 2s^1 2p^2$  та B  $1s^1 2s^1 2p^3$ .

**2-2 Покажіть графічно**, як залежить величина першої енергії іонізації атомів 2 періоду у паралельному Всесвіті від порядкового номера елемента.

Енергія іонізації атомів матиме такий вигляд:



**2-3** Визначте, яку формулу матиме сполука He та Be у паралельному Всесвіті, якщо там діє правило квартету? Який тип зв'язку матиме ця сполука? Наведіть формулу аналогічної сполуки у нашому Всесвіті.

HeBe.

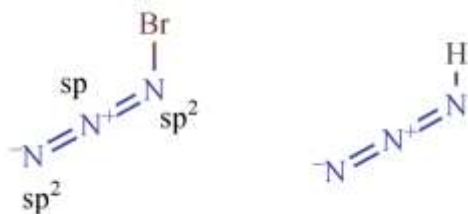
### Задача 3. Будьте обережні!

Вибухонебезпечні речовини **A** і **B**, які є бінарними сполуками, мають однаковий якісний, але різний кількісний склади. Сполука **A** є червоно-помаранчевою рідиною, а **B** – темно-червоними кристалами. Речовину **A** можна отримати взаємодією срібної солі кислоти **X** з простою речовиною **C** ( $D_{\text{повітря}}(\text{C}) = 5.511$ ). Речовину **B** гіпотетично можна отримати шляхом взаємодії речовини **C** з речовиною **D** ( $D_{\text{He}}(\text{D}) = 4.255$ ), проте із-за високої нестабільності **B**, що вибухає навіть при  $-100^\circ\text{C}$ , її отримують складнішими способами.

**3-1** Розшифруйте формули речовин **A**, **B**, **C**, **D** та **X**, враховуючи, що на нейтралізацію розчину 0.0968 г одноосновної кислоти **X** витрачається 15.00 мл розчину NaOH з концентрацією 0.150 моль/л.

**A** –  $\text{BrN}_3$ , **B** –  $\text{NBr}_3$ , **C** –  $\text{Br}_2$ , **D** –  $\text{NH}_3$ , **X** –  $\text{HN}_3$ .

**3-2** Наведіть структурні формули **A** і **X**, вказіть типи гібридизації всіх некінцевих атомів у молекулі **A**. Як називається кислота **X**?



Речовина **E**, яка має молекулярну структуру, аналогічну структурі **B**, була виділена в 1811 р. П. Дюлонгом, що втратив три пальця і око при вивченні властивостей цієї сполуки.

**3-2** Визначте формулу **E**, якщо масова доля одного з елементів, який також міститься у **B**, дорівнює 11.64 %. Вкажіть тип гібридизації центрального атому у складі молекули **E**.

**E** –  $\text{NCl}_3$



Кислота X є сильним окисником, а в суміші з хлоридною кислотою, подібно до «царської водки», розчиняє навіть золото.


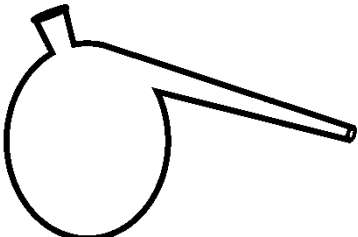
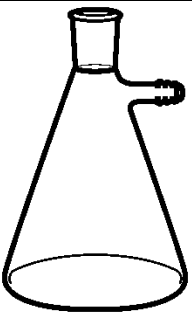

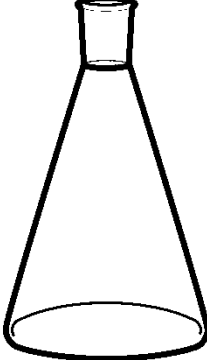
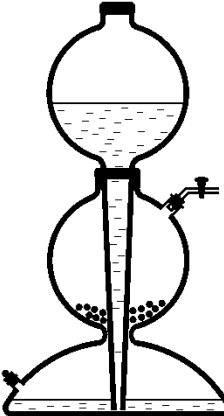
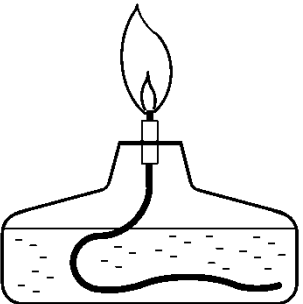
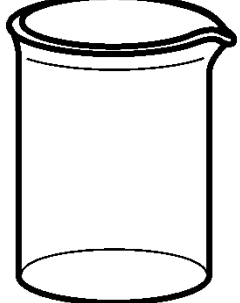
3-3 Напишіть рівняння реакції взаємодії золота із сумішшю X та HCl.



#### Задача 4. Слідами Шерлока Холмса

...Над полум'ям бунзенівського пальника у великій зігнутій реторті кипіла якась рідина, краплі якої падали в дволітрову мензурку... Холмс занурював скляну піпетку то в одну пляшку, то в іншу, набираючи по декілька крапель рідини з кожної, і, нарешті, переніс пробірку з сумішшю на письмовий стіл. У правій руці він тримав смужку лакмусового паперу...

4-1 Наведіть назви хімічного посуду (назви вказіть поряд із малюнками у відповідній клітинці):

|  |   |
|--|---|
|  <p>Холодильник Лібіха</p>                  |  <p>Реторта</p>           |
|  <p>Колба Бунзена</p>                      |  <p>Ексикатор</p>        |
|  <p>Колба Ерленмейера (конічна колба)</p> |  <p>Апарат Кіппа</p>    |
|  <p>Спиртівка</p>                         |  <p>Хімічний стакан</p> |

4-2 **Як** називаються речовини, які змінюють своє забарвлення залежно від кислотності розчину або від наявності певних речовин? **Яке** забарвлення має лакмус у кислому середовищі? **Яке** – у лужному?

Індикатори.

4-3 **Наведіть** приклад ще хоча б однієї такої речовини, **вказіть** її забарвлення у кислому та у лужному середовищі.

Фенолфталеїн фіолетовий у лужному, безбарвний у кислому та жовтогарячий у сильно-кислому ( $\text{pH} < 0$ ) середовищі.

В оповіданні «Вултонська в'язниця» Шерлок Холмс та доктор Ватсон визначили, як злодій, Тадеус Стамп, знаходячись за ґратами, міг спілкуватися зі своїми співниками. Він виконував це за допомогою картоплі (з якої нібито робив компреси) та звичайної газети.

4-4 **Як** саме ув'язнений передавав послання своїм «колегам»? **Наведіть** принцип передачі та отримання інформації.

Утворення забарвлених сполук при взаємодії речовини (крохмаль) з індикаторним реагентом (йод).

### Задача 5. Тенарова синь

Шестиводний кристалогідрат **А** рожевого кольору при нагріванні вище  $100^\circ\text{C}$  розкладається, перетворюючись на бінарну речовину **Б** чорного кольору, при цьому також виділяються гази **В**, **Г** (бурий), а також речовина **Д** (рідина при н. у.). Втрата маси при розкладі **А** складає 74.25 %.

5-1 **Розшифруйте** речовини **А–Д**, згадані в умові завдання, якщо сіль **А** містить такий же аніон, що й індійська селітра.

**А** –  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , **Б** –  $\text{CoO}$ , **В** –  $\text{O}_2$ , **Г** –  $\text{NO}_2$ , **Д** –  $\text{H}_2\text{O}$ .

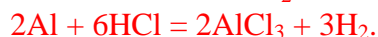
Безбарвна сіль **Е** при нагріванні утворює бінарну речовину **Ж** (масова доля металу **З** – 52.93 %), **К** та **В**. Співвідношення кількостей речовин **Б** і **Ж** призводить до утворення синьої сполуки **Х**, відомої як «тенарова синь». Відомо, що молярні маси газів **К** та **В** співвідносяться як 2:1, водний розчин газу **К** забарвлює лакмус в червоний колір, а масова частка Оксигену у складі **Х** становить 36.18 %.

5-2 **Розшифруйте** речовини **Ж**, **З**, **К** та **Х**. **Наведіть** рівняння всіх згаданих реакцій.

**З** –  $\text{Al}$ , **Ж** –  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . «тенарова синь» має склад  $\text{CoAl}_2\text{O}_4$ .



5-3 **Запишіть** рівняння реакції металу **З**: а) з розчином натрію гідроксиду; б) з розведеною хлоридною кислотою.



### Задача 6. Змагання

*Красота приглядится, ум пригодиться*

*Народна мудрість*

Симетрія, гармонія та краса дивують не тільки нас, а й також жителів нанорозмірного світу, де одного разу був організований конкурс краси серед бінарних молекул «Молекула-2014». Основними показниками цього конкурсу були: дипольний момент молекули, кількість  $\sigma$ -зв'язків, кількість  $\pi$ -зв'язків, кількість неподілених електронних пар центрального атому та стрункість, яка залежить від молекулярної маси. Дипольний момент оцінюється в 4 бали,



якщо його немає, та в 0 балів, якщо є. Кожен  $\sigma$ -зв'язок оцінюється в 1 бал, кожен  $\pi$ -зв'язок оцінюється в 2 бали, кожна неподілена пара електронів центрального атома молекули – у 3 бали. Стрункість визначається так: якщо молекулярна маса речовини 60 г/моль та більше – 0 балів, від 20 до 60 г/моль – 5 балів, менше 20 г/моль – 10 балів.

Серед учасників було 8 претендентів, чотири з яких зашифровані літерами **A–D**. У таблиці наведено бали, набрані кожною молекулою за певними пунктами.

| Молекула         | Дипольний момент | $\sigma$ -зв'язок | $\pi$ -зв'язок | Неподілена електронна пара | Стрункість | Сума балів |
|------------------|------------------|-------------------|----------------|----------------------------|------------|------------|
| SF <sub>2</sub>  | 0                | ?                 | 0              | 6                          | 0          | 8          |
| CS <sub>2</sub>  | ?                | ?                 | ?              | 0                          | 0          | ?          |
| BF <sub>3</sub>  | 4                | ?                 | ?              | ?                          | ?          | ?          |
| ClF <sub>3</sub> | 0                | 3                 | ?              | ?                          | ?          | ?          |
| <b>A</b>         | 4                | ?                 | ?              | 0                          | 10         | ?          |
| <b>B</b>         | ?                | ?                 | ?              | 3                          | 10         | ?          |
| <b>C</b>         | ?                | 4                 | 0              | ?                          | ?          | 7          |
| <b>D</b>         | ?                | ?                 | 0              | 0                          | 0          | 9          |

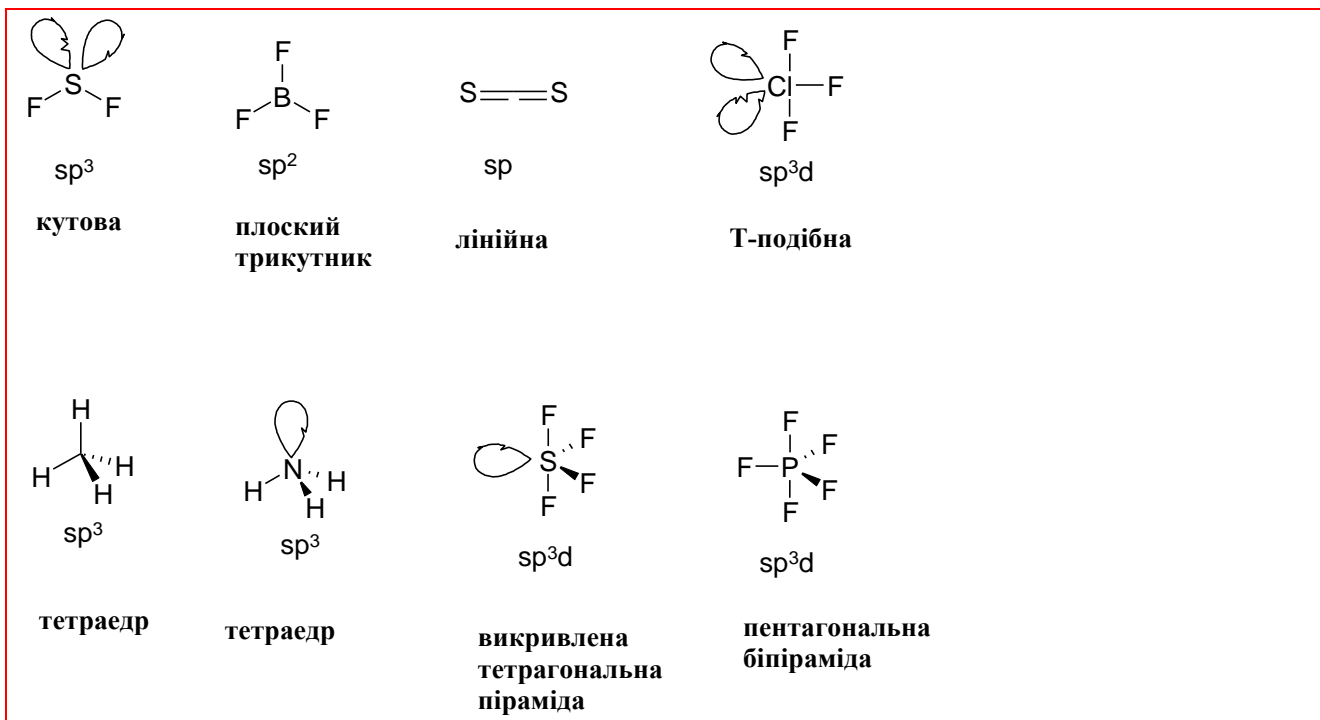
**6-1 Розшифруйте** молекули **A–D**, якщо 2 з цих молекул містять Флуор. Врахуйте, що всі атоми в молекулах належать до перших трьох періодів, а жодна зі сполук не є полімером за ст. у.

**6-2 Заповніть** всі «?» в таблиці та **визначте**, які молекули зайняли перші три місця.

| Молекула                  | Дипольний момент | $\sigma$ -зв'язок | $\pi$ -зв'язок | Неподілена електронна пара | Стрункість | Сума балів |
|---------------------------|------------------|-------------------|----------------|----------------------------|------------|------------|
| SF <sub>2</sub>           | 0                | 2                 | 0              | 6                          | 0          | 8          |
| CS <sub>2</sub>           | 4                | 2                 | 4              | 0                          | 0          | 10         |
| BF <sub>3</sub>           | 4                | 3                 | 0              | 0                          | 0          | 7          |
| ClF <sub>3</sub>          | 0                | 3                 | 0              | 6                          | 0          | 9          |
| <b>A (CH<sub>4</sub>)</b> | 4                | 4                 | 0              | 0                          | 10         | 18         |
| <b>B (NH<sub>3</sub>)</b> | 0                | 3                 | 0              | 3                          | 10         | 16         |
| <b>C (SF<sub>4</sub>)</b> | 0                | 4                 | 0              | 3                          | 0          | 7          |
| <b>D (PF<sub>5</sub>)</b> | 4                | 5                 | 0              | 0                          | 0          | 9          |

I місце – CH<sub>4</sub>, II місце – NH<sub>3</sub>, III місце – CS<sub>2</sub>.

**6-3 Наведіть** геометрію всіх 8-ми молекул, **напишіть**, як називається геометрична форма кожної молекули (наприклад, лінійна, плоский трикутник, тригональна піраміда тощо), вкажіть гібридизацію центрального атома.



Цей конкурс краси настільки престижний, що деякі молекули навіть вдаються до хитрощів, що його виграти. Наприклад, молекула  $CS_2$ , щоб стати стрункішою, піддалася спалюванню в кисні.

**6-4 Чи увійде** одна з утворених молекул до числа трьох призерів? **Поясніть.**

**Увійде молекула  $CO_2$ .**

## 8 клас. 2 тур.

### Задача 1. Кістка Тифона

Давні греки називали просту речовину X «кісткою Тифона» – за іменем одного з титанів, що втілював вогненні сили Землі. Речовина X знаходить широке використання, а в історії людства ця речовина зіграла величезну роль.

«Кістка Тифона» приваблювала й алхіміків тим, що могла перетворюватися на речовину Y червоного кольору, а усякий червоний відтінок наводив алхіміків на думку про близькість Великої Трансмутації. Отримували Y не лише з X, але також з речовини Z, яку називали «атраментум» (від лат. “atramentarius” – вугільно-чорний).

Ось древній рецепт алхіміків для здобуття Y:  
«Візьми стільки, скільки захочеш, товченого атраментума, помісти його в глек до половини або ж по горло, хай висохне. А потім постав в піч для випалення. Почни повільно протягом трьох годин нагрівати. Потім додай жару і грій так ще три години або більше, доки твій глек не розжариться до червоності.

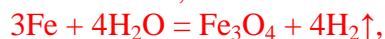
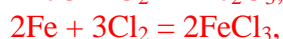
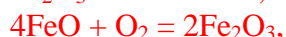
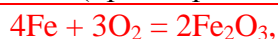
Віднови обігрів через день і ніч. Охолоди і дістань оброблену таким чином субстанцію з глека. Отже, ти володар червоного атраментума, який також іменують атраментумом квітучим. Бережи його, він тобі ще знадобиться, коли настане пора духам і тілам з'явитися в пурпурному одязі. Розчин атраментума допоможе тобі додати стійкий червоний колір будь-якій речі».

Взаємодія Y з речовиною X при високій температурі дозволяє отримати атраментум.

**1-1 Розшифруйте** невідомі речовини і **розгадайте** рецепт здобуття атраментума, якщо відомо, що при реакції 0.100 г X з 3.3 мл розчину HCl ( $w_{\text{HCl}} = 10.52\%$ ,  $\rho_{\text{р-ну}} = 1.05 \text{ г/см}^3$ ) виділяється 22.04 мл газоподібного продукту масою 3.609 мг (при  $26.85^\circ\text{C}$  і  $p = 202.6 \text{ кПа}$ ).

**X – залізо Fe. Z – FeO, Y – Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.**

**1-2 Наведіть** рівняння реакцій перетворення  $X \rightarrow Y$ ,  $Y \rightarrow Z$ ,  $Z \rightarrow Y$ , а також напишіть рівняння реакцій взаємодії X з хлором, сіркою, водою (при  $900^\circ\text{C}$ ), 70%-ною сульфатною кислотою (при нагріванні).



При кип'ятінні порошку «кістки Тифона» у концентрованому розчині натрію гідроксиду в інертній атмосфері утворюється синій розчин комплексної сполуки A ( $w(\text{Na}) = 27.07\%$ ) і виділяється водень.

**1-3 Визначте** формулу A і напишіть рівняння реакції.

**A – Na<sub>2</sub>[Fe(OH)<sub>4</sub>].**

**1-4 Як використовується** «кістка Тифона» та Y у наш час? **Наведіть** по два принципово різні приклади.

Застосування заліза: конструкційні матеріали, магнітні матеріали, компоненти анодів, відновник у хімічному синтезі.

Застосування Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: магнітні плівки, сировина для добування заліза (гематит), компонент.



### Задача 2. Юний хімік

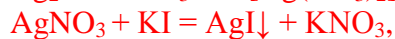
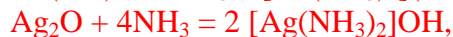
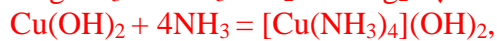
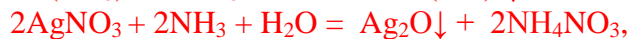
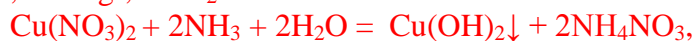
Одного разу юний хімік знайшов у шафі на полиці з написом «Солі ...ної кислоти» дві склянки зі стертими написами. Відкривши склянки, він побачив у них дві безбарвні кристалічні речовини – **А** та **Б**. Обидві речовини добре розчинялись у воді, причому розчин речовини **А** набув характерного синього кольору.

При додаванні концентрованого водного розчину аміаку до утворених розчинів спочатку випали осади блакитного кольору **В** (у розчині речовини **А**) та бурого кольору **Г** (у розчині речовини **Б**). Речовини **В** та **Г** розчинились у надлишку розчину аміаку з утворенням, відповідно, розчинів синьої сполуки **Д** та безбарвної речовини **Е**.

При додаванні надлишку розчину калію йодиду до розчинів 1.0 г речовини **А** та речовини **Б** утворюються, відповідно, безбарвний осад **Ж** масою 1.015 г та жовтий осад **З**, причому розчин у колбі з **Ж** стає темно-бурим внаслідок утворення простої речовини **К**.

**2-1** Визначте усі зашифровані речовини, наведіть рівняння усіх згаданих реакцій, якщо відомо, що речовина **К** тверда за нормальних умов, а при нагріванні перетворюється на фіолетову пару.

**А** –  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ , **Б** –  $\text{AgNO}_3$ , **В** –  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ , **Г** –  $\text{Ag}_2\text{O}$ , **Д** –  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$ , **Е** –  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ , **Ж** –  $\text{CuI}$ , **З** –  $\text{AgI}$ , **К** –  $\text{I}_2$ .



**2-2** Як називається процес переходу речовини з кристалічного стану у газоподібний без проміжного утворення рідини?

Сублімація.

**2-3** Які речовини з вказаних слід зберігати у склянках з темного скла? Поясніть, чому, та наведіть рівняння відповідних реакцій.

$\text{AgI}$  та  $\text{AgNO}_3$  під дією світла розкладаються.

**2-4** Наведіть рівняння реакції отримання речовини **Б** з деякої простої речовини та кислоти.



### Задача 3. Кристалогідрат

Сіль **А** містить метал **М**, елемент **Х** та Оксиген (47.01 %). Сіль **В** містить метал **М**, елемент **Х** та Оксиген (39.95 %). Ступінь окиснення **Х** позитивний, у складі **В** він на дві одиниці менше, ніж у складі **А**, а у брутто-формулах **А** та **В** відрізняється лише один індекс. Додатково відомо, що кількості речовин **М** та **Х** у складі **А** рівні, а атомні маси **М** та **Х** відносяться як 1.25:1.

**3-1** Визначте елементи **Х** та **М** і речовини **А** та **В**.

**Х** – **S**, **М** – **Ca**, **А** –  $\text{CaSO}_4$ , **В** –  $\text{CaSO}_3$ .

Сіль **А** здатна утворювати кристалогідрати – речовину **С** (містить 49.60 % Оксигену) та речовину **Д** (містить 55.76 % Оксигену).

**3-2** Визначте формули речовин **С** і **Д**.

**С** –  $\text{CaSO}_4 \times 0.5\text{H}_2\text{O}$ . **Д** –  $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ .

**3-3** Вкажіть тривіальні назви речовин **А–Д**.

$\text{CaSO}_4$  – ангідрит, «мертвий гіпс»,

$\text{CaSO}_4 \times 0.5\text{H}_2\text{O}$  – «палений гіпс», алебастр,

$\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$  – гіпс.

**3-4** Вкажіть, де використовується процес перетворення **С** на **Д**?

Процес «висихання» гіпсу використовується в архітектурі, будівництві та у медицині.

#### Задача 4. Фотосинтез

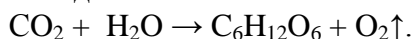
Фотосинтез – унікальний фізико-хімічний процес, здійснюваний на Землі всіма зеленими рослинами і деякими бактеріями, що забезпечує перетворення енергії сонячних променів в енергію хімічних зв'язків. У процесі фотосинтезу під дією сонячного світла відбувається синтез органічних речовин з води та вуглекислого газу. При цьому також виділяється кисень, що забезпечує поповнення його запасів в атмосфері.

У середньому людині на добу потрібно близько  $10 \text{ м}^3$  повітря (при температурі  $25^\circ\text{C}$  і тиску 1 атм). Вміст кисню у повітрі, яке вдихає людина, складає 21 %, а в тому, що видихає, – близько 16 % (за об'ємом), при цьому об'єми повітря, яке вдихається та видихається, рівні.

**4-1 Розрахуйте** кількість речовини кисню, яку людина використовує протягом доби.

$$n(\text{O}_2) = 20.45 \text{ моль.}$$

Схема фотосинтезу глюкози подана нижче:



**4-2 Обчисліть** масу глюкози, яка повинна утворитися в ході фотосинтезу для того, щоб утворилася добова норма кисню людини. **Розрахуйте**, який об'єм води для цього необхідний ( $\rho(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ г/см}^3$ )?

$$V(\text{H}_2\text{O}) = 369 \text{ мл.}$$

$$m(\text{глюкози}) = 614 \text{ г.}$$

Ключову роль в процесі фотосинтезу грає група зелених пігментів – хлорофіли.

**4-3 Визначте** молекулярну формулу хлорофілу, **розрахуйте** його молярну масу, якщо до складу молекули входять Карбон ( $w(\text{C}) = 69.03 \%$ ), Гідроген ( $w(\text{H}) = 4.64 \%$ ), Оксиген ( $w(\text{O}) = 13.14 \%$ ), Нітроген ( $w(\text{N}) = 9.20 \%$ ) і 1 атом металу X, молярна маса якого не перевищує 40 г/моль.

$$M(\text{C}_{35}\text{H}_{28}\text{O}_5\text{N}_4\text{Mg}) = 608.97 \text{ г/моль.}$$

Було виявлено, що джерелом кисню, що виділяється в процесі фотосинтезу, є вода, а не вуглекислий газ.

**4-4 Запропонуйте** експеримент, за допомогою якого можна підтвердити цей факт.

Визначити джерело кисню можна, використовуючи ізотопну мітку.

**4-5 Наведіть** не менше трьох рівнянь реакцій, за допомогою яких кисень можна отримати в лабораторії, вкажіть умови їхнього перебігу.



#### Задача 5. Фаренгейт

Для чисельної характеристики всіх процесів, що відбуваються довкола, людина використовує певні стандарти – так звані одиниці вимірів. У більшості країн, включаючи нашу, найбільш поширеною системою вимірів є СІ.

**5-1 Наведіть** одиниці вимірів у системі СІ для таких параметрів: тиск, температура, об'єм, маса.

$$[P] = \text{Па}, [T] = \text{К}, [V] = \text{м}^3, [m] = \text{кг.}$$

Тим не менш, в деяких країнах до цих пір використовуються свої системи вимірів. Прикладом такої країни може стати США, в якій найбільш поширеними є англійські одиниці вимірів. Спробуйте вирішити завдання, в якому дані викладено з використанням саме такої системи одиниць.

Активні метали **A**, **B** і **C** реагують з простою газоподібною речовиною **X**, утворюючи абсолютно різні хімічні сполуки **D**, **E** і **F** відповідно. При реакції сполук **D**, **E** і **F** з рідиною

**G**, утвореною з простих газоподібних речовин **X** та **У**, утворюються розчини дуже схожих сполук **H**, **I**, **K** і, можливо, інші продукти.

Відомо, що рідина **G** – найбільш поширений неорганічний розчинник ( $\rho = 1$  г/мл), метали **A**, **B**, **C** і елемент, з якого складається **У**, відносяться до однієї групи періодичної системи. На реакцію з 1 унцією речовин **A**, **B** і **C** при  $77^\circ\text{F}$  і атмосферному тиску витрачається 6.546, 3.986 і 4.688 галонів **X** відповідно.

Зазначимо, як співвідносяться між собою одиниці вимірів, прийняті в Україні і в США. Для цього скористаємося даними для речовини **G**. Відомо, що її температура плавлення при атмосферному тиску складає  $+32^\circ\text{F}$  ( $^\circ\text{F}$  – градуси Фаренгейта), а точка кипіння  $+212^\circ\text{F}$ . Градуси Фаренгейта можна представити як лінійну функцію від кельвінів.

Також відомо, що один галон рідини **G** важить 3784 г, а одна унція речовини **G** займає об'єм  $7.492 \cdot 10^{-3}$  галонів.

**5-2** Визначте рідину **G**.

**G** –  $\text{H}_2\text{O}$ .

**5-3** Напишіть рівняння зв'язку градусів Фаренгейта і кельвінів.

$$F = 1.8K - 459.67$$

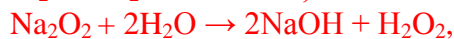
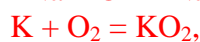
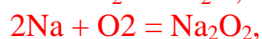
**5-4** Визначте співвідношення між грамами і унціями, літрами і галонами.

1 унція = 28.35 г, 1 галон = 3.784 л.

**5-5** Визначте всі інші невідомі сполуки.

**A** – Li, **B** – Na, **C** – K, **X** –  $\text{O}_2$ , **D** –  $\text{Li}_2\text{O}$ , **H** – LiOH, **Y** –  $\text{H}_2$ , **E** –  $\text{Na}_2\text{O}_2$ , **I** – NaOH, **F** –  $\text{KO}_2$ , **K** – KOH.

**5-6** Напишіть рівняння усіх реакцій, про які йде мова.



## Задача 6. Ретро-хімія

Префікс «ретро» може значити як щось зворотнє (наприклад, ретрореакцією у хімії зветься реакція, яка проходить в оберненому напрямку – від продуктів до вихідних речовин), так і щось давнє, старомодне. Тут ми пропонуємо поговорити саме про дещо забуті, часом архаїчні поняття, з повною відсутністю яких, тим не менш, хімія зникне як мистецтво, що бере свій початок з алхімії.

Наприклад, ще нещодавно назви хімічних елементів, частіше за все, співпадали з назвами простих речовин. Звісно, це створювало деяку плутанину, але, проте, вживані поняття виглядали такими знайомими та мелодійними!

**6-1** Вкажіть у таблиці назви простих речовин, що відповідають певним хімічним елементам. Для всіх елементів слід вказати по одній назві простих речовин, окрім Оксигену та Карбону, для яких вкажіть по дві назви простих речовин.

| Назва елемента | Назва простих речовин |
|----------------|-----------------------|
| Ферум          | залізо                |
| Аргентум       | срібло                |
| Аурум          | золото                |
| Гідроген       | водень                |
| Оксиген        | кисень, озон          |
| Нітроген       | азот                  |
| Сульфур        | сірка                 |
| Флуор          | фтор                  |

|        |                        |
|--------|------------------------|
| Карбон | вуглець, графіт, алмаз |
| Стибій | Сурма                  |

Ціла низка хімічних речовин донедавна мала широковживані тривіальні назви, тобто назви, які виникли через історичні традиції, звички тощо.

**6-2 Заповніть** таблицю, де поряд із назвою кожної речовини **вказіть** її хімічну формулу та сучасну систематичну назву.

| Тривіальна назва речовини | Формула речовини  | Систематична назва речовини            |
|---------------------------|---|--|
| Гідроксид закису заліза   | $\text{Fe}(\text{OH})_2$                                | Ферум (II) гідроксид                   |
| Залізний купорос          | $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$              | Ферум (II) сульфат гептагідрат         |
| Хромокалієві галуни       | $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \times 12\text{H}_2\text{O}$ | Хром(III)-калій дисульфат додекагідрат |
| Питна сода                | $\text{NaHCO}_3$  | Натрій гідрогенкарбонат                |
| Хлорна мідь               | $\text{CuCl}_2$   | Купрум (II) хлорид                     |
| Гідроксид окису заліза    | $\text{Fe}(\text{OH})_3$                                | Ферум (III) гідроксид                  |
| Їдкий натр                | $\text{NaOH}$   | Натрій гідроксид                       |
| Поташ                     | $\text{K}_2\text{CO}_3$                                 | Калій карбонат                         |
| Мідний купорос            | $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$              | Купрум (II) сульфат пентагідрат        |
| Хлориста мідь             | $\text{CuCl}$   | Купрум (I) хлорид                      |

У деяких підручниках з неорганічної хімії до середини 20-го сторіччя, часом, можна було зустріти досить дивні зображення структур звичних нам молекул. Це, зокрема, пояснюється тим, що на той час були невідомі або нерозповсюджені дифракційні та інші спектральні методи дослідження неорганічних речовин, а також не сформувались сучасні уявлення про будову речовини.

**6-3 Намалюйте** праворуч від структурних формул молекул, які взято із старих підручників, їх справжню будову, вказавши розподіл зарядів та кратних зв'язків в них. У клітинках з вірними відповідями **вказіть** тип гібридизації усіх некінцевих атомів.

| Неправильна структура | Правильна структура  |
|-----------------------|--|
|                       | $\text{sp}^2 \quad \text{sp}$<br>                                  |
|                       |  |
| $\text{C}=\text{O}$   |  |
|                       | $\text{sp}^2$<br>  |
|                       | <br>Тип гібридизації усіх атомів Карбону - $\text{sp}$ (у розчині) |

## 9 клас. 1 тур.

### Задача 1. ФТОРУВАННЯ

Безбарвний кристал А масою 0,2 г розтерли в ступці, помістили на інертну підкладку і нагріли в потоці фтору. Після завершення нагрівання виявилось, що підкладка стала сухою і чистою, а маса газуватих продуктів Б, очищених від надлишку фтору, становила 1,466 г.

Газ Б також утворюється при електролізі розплаву фториду деякого металу Х, який проводиться з метою отримання фтору.

1.1. Розшифруйте А і Б, відповідь підтвердіть розрахунками.

Б – CF<sub>4</sub>. А – вуглець, скоріше за все, у формі алмазу.

1.2. Знайдіть Х, якщо відомо, що для повного розкладу 1,45 г його фториду необхідно 20 хвилин пропускати через розплав струм силою 2 А (вихід за струмом 100%).

Х – KF.

1.3. З якого матеріалу зроблено електроди?

Анод – графіт. Катод – сталь.

1.4. Запишіть рівняння катодних і анодних процесів, які перебігають при електролізі згаданого розплаву.

Катод:  $K^+ + 1e = K^0$ . Анод:  $2F^- - 2e = F_2$ ;  $F_2 + C = CF_4$ .

1.5. Як ще можна отримати Б? Наведіть мінімум два способи.

Приклади:  $2SiC + 2F_2 = 2Si + CF_4$ ;  $CO_2 + SF_4 = CF_4 + SO_2$ .

### Задача 2. ЕНТАЛЬПІЯ НЕЙТРАЛІЗАЦІЇ

Для визначення стандартної ентальпії нейтралізації ( $\Delta H^\circ_{\text{нейтр}}$  при 298К) використовують метод калориметрії. В одному з експериментів у термостат, що містить 12,544 г 2 М розчину H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (ρ=1,1 г/мл) додали 0.01 моль NaOH (у вигляді 10 М розчину). Температура розчину зросла на 2,52°C (теплоємність калориметру C=265,4 Дж/°C, теплообміном з навколишнім середовищем знехтувати). Відомо також, що утворений розчин має рН=2.06.

В іншому експерименті визначали  $\Delta H^\circ_{\text{нейтр}}$  реакції HCl та NaOH. Виявилось, що при нейтралізації 0,01 моль кислоти еквівалентною кількістю основи виділяється 582 Дж теплоти.

2.1. Розрахуйте  $\Delta H^\circ_{\text{нейтр}}$  HCl. Запишіть рівняння нейтралізації в іонному вигляді.

$\Delta H^\circ_{\text{нейтр}} = -58.2$  кДж/моль

2.2. Встановіть  $\Delta H^\circ_{\text{нейтр}}$  H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. Якому процесу відповідає це значення?

$\Delta H^\circ_{\text{нейтр}} = -66.88$  кДж/моль. Відповідає реакції:  $H_3PO_4 + OH^- = H_2PO_4^- + H_2O$ .

2.3. Встановіть  $K_{al}$  дисоціації H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>.

$K_{al} = 6,8 \times 10^{-3}$ .

2.4. Розрахуйте значення  $\Delta H^\circ_1$  та  $\Delta S^\circ_1$  дисоціації H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>.

$\Delta H^\circ_1 = -8.6$  кДж/моль;  $\Delta S^\circ_1 = -70.35$  Дж/мольК.

### Задача 3. БУДОВА СІРКИ

Для сірки характерно утворення ряду циклічних молекул. Так, в газовій фазі одними з таких форм є S<sub>a</sub> (I) і S<sub>b</sub> (II), які знаходяться в рівновазі одна з одною.

3.1. Встановіть а і b, якщо  $M_I/M_{II} = 0.875$ . Напишіть рівняння реакції I → II.

I і II – це S<sub>7</sub> і S<sub>8</sub>.  $8S_7 \rightleftharpoons 7S_8$ .

3.2. Розрахуйте  $\Delta_r H$  для перетворення I в II, якщо енергія зв'язку S – S дорівнює 260,0 кДж/моль для I і 263,3 кДж/моль для II.

$\Delta_r H = -184.8$  кДж.

3.3. Розчин, отриманий при розчиненні наважки сірки в C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, є рівноважною сумішшю S<sub>6</sub> (ω = 0,32%), S<sub>7</sub> (ω = 0,76%) і S<sub>8</sub> (ω = 98,92%).



**Встановіть** склад суміші в мольних %.

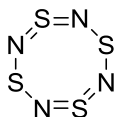
$$\chi(S_6) = 0.43\%; \chi(S_7) = 0.87\%; \chi(S_8) = 98.70\%.$$

**3.4. Розрахуйте** константу рівноваги  $K_c$  перетворення  $S_6$  в  $S_8$ , якщо  $[S_6] = 0,0018$  моль/л.

$$K_c = 4.3 \cdot 10^{19} \text{ л}^2/\text{моль}^2.$$

**3.5.** Сірка утворює 8-членні циклічні молекули також в сполуках з азотом, наприклад,  $S_4N_4$ . **Наведіть** структурну формулу молекули  $S_4N_4$ , якщо атоми S і N в ній чергуються; валентність N дорівнює 3, а S – 2 (2 атоми) і 4 (2 атоми).

На основі даних умови, будова  $S_4N_4$ :



#### Задача 4. КРАПЛЯ ЛУГУ

В одному з виступів на екологічній конференції доповідач доводив, що додавання 1 краплі (0,050 мл)  $5,0 \times 10^{-7}$  М NaOH у світовий океан призведе до його перетворення на неймовірно кислий розчин з рН  $-17,7$ , що призведе до загибелі планети. У якості доказів доповідач навів розрахунки, що подаються нижче:

Кількість речовини NaOH, що додається:  $n(\text{NaOH}) = (5,0 \times 10^{-7} \text{ моль/л}) \times (5,0 \times 10^{-5} \text{ л}) = 2,5 \times 10^{11} \text{ моль}$ .

Приблизний об'єм океанів становить  $1,37 \times 10^{21}$  л (це число вірне).

Тепер:  $[\text{NaOH}] = n(\text{NaOH})/V(\text{Океанів}) = (2,5 \times 10^{11} \text{ моль})/(1,37 \times 10^{21} \text{ л}) = 1,82 \times 10^{-32} \text{ М} = [\text{OH}^-]$ . Але  $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = K_w$ , таким чином  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  у океані буде рівною:  $[\text{H}_3\text{O}^+] = K_w/[\text{OH}^-] = (1,00 \times 10^{-14})/(1,82 \times 10^{-32}) = 5,48 \times 10^{17} \text{ М}$ . Оскільки  $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = \lg[\text{H}_3\text{O}^+]$ , то  $\text{pH} = -\lg(5,48 \times 10^{17}) = -17,7 !!!$

5.1 **Оцініть** зміну рН світового океану, що відбудеться внаслідок описаного в умові додавання краплі розчину гідроксиду натрію. Якщо Ви не згодні з розрахунками, наведеними в умові, **приведіть** свої.

**pH = 7,00, чого і варто було очікувати.**

5.2 **Розрахуйте** приблизно, яку масу твердого гідроксиду натрію треба було б вкинути у світовий океан, щоб змінити його рН на 1. Усереднений рН світового океану приблизно дорівнює 8,1.

$$m_{\text{NaOH}} = 6,19 \times 10^{14} \text{ кг}.$$

5.3 **Визначте** рН вихідного розчину лугу.

**pH = 7,71.**

5.4 Чи взагалі можливе негативне значення рН? Відповідь **аргументуйте**.

**Негативне значення рН можливе.**

5.5 **Чи буде** відрізнятися рН водних розчинів NaOH, KOH, CsOH,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  та  $\text{V}(\text{OH})_3$  із однаковою концентрацією розчиненої речовини ( $C = 1 \text{ mM}$ )? Якщо так, **розташуйте** їх у ряду від найменшого значення рН до найбільшого.

**$\text{V}(\text{OH})_3 \rightarrow (\text{NaOH}, \text{KOH}, \text{CsOH}) \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$**

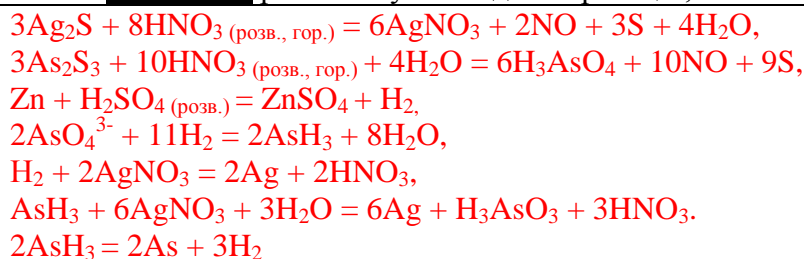
#### Задача 5. ДВА МІНЕРАЛИ.

Два мінерали, А та Б, золотистого та чорного кольору, відповідно, містять у своєму складі елемент X ( $\omega(\text{E})_A = 39,10\%$ ,  $\omega(\text{E})_B = 12,94\%$ ). При розчиненні їх у нітратній кислоті спостерігається виділення газу та утворення жовтого осаду речовини В. Якщо В відфільтрувати, до фільтрату I додати розведений розчин амоніаку, і довго пропускати крізь отримані розчини газ Г, одержаний при взаємодії цинку з розведеною сірчаною кислотою, відбуватиметься потемніння фільтрату I (за рахунок формування осаду Д) та виділення газу Е з фільтрату II. При пропусканні Е у фільтрат I також утворюється Д, а при довгому нагріванні Е у скляній трубі з'являється чорний наліт речовини Ж на стінках.

5.1 **Визначте** речовини **A – Ж** та елемент **X**, якщо відомо, що **E** є бінарним газом із вмістом одного з елементів 96,11 %. Відповідь аргументуйте.

|                                |                   |            |                |            |                  |            |            |
|--------------------------------|-------------------|------------|----------------|------------|------------------|------------|------------|
| <b>A =</b>                     | <b>B =</b>        | <b>B =</b> | <b>Г =</b>     | <b>Д =</b> | <b>E =</b>       | <b>Ж =</b> | <b>X =</b> |
| As <sub>2</sub> S <sub>3</sub> | Ag <sub>2</sub> S | S          | H <sub>2</sub> | Ag         | AsH <sub>3</sub> | As         | S          |

5.2 **Напишіть** рівняння усіх згаданих реакцій, вкажіть умови їх проведення.



5.3 **Навіщо** додавати розчин амоніаку до фільтрату I для проведення якісної реакції на **E**?

Одержана у відповідних реакціях нітратна кислота зв'язується амоніаком для запобігання розчиненню срібла.

5.4 **Яку будову** мають речовини **B** та **E**?

S<sub>8</sub> – короноподібні циклічні молекули, AsH<sub>3</sub> – тригональна піраміда.

### Задача 6. БІНАРНІ РЕЧОВИНИ.

0,300 г бінарної речовини **A** прореагували з 0,508 г простої речовини **B** в інертному органічному розчиннику з утворенням 0,338 г речовини **B**, яку виділено шляхом упарювання розчину, і жовтого осаду **Г**.

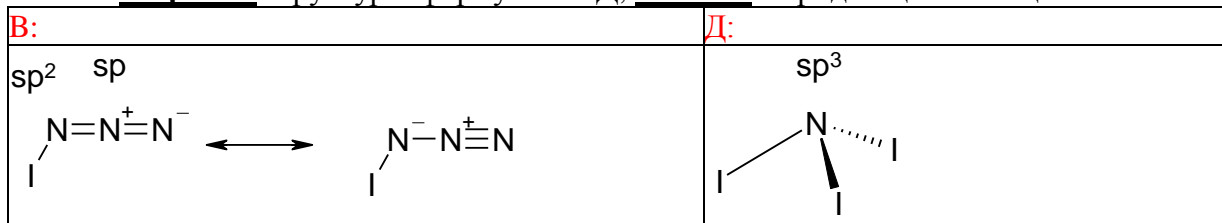
Бінарна сполука **Д** складається з тих самих елементів, як і **B**, проте, якщо у складі **B** кількості цих елементів співвідносяться як 1:х, то в **Д** їх співвідношення становить х:1. Незважаючи на простоту складу і будови, речовину **Д** вдалося виділити в чистому вигляді лише в 1990 році. Для цього прийшлося використати реакцію бінарної речовини **E** і інтергалогеніду **Ж** при температурі –30 °С, що веде до утворення **Д** і деякого галогеніду **З**.

У складі **B** і **Ж** є однаковий елемент, його масова частка в **Ж** дорівнює 86,98%. Про речовину **E** відомо, що вона є однією з найбільш твердих речовин у світі, а речовина **Г** не розчиняється в звичайних кислотах (крім окисників) і в концентрованому водному розчині амоніаку.

6.1 **Визначте A – З, напишіть** рівняння усіх реакцій, згаданих в умові задачі. Відповідь аргументуйте.

|                  |                |                 |            |                 |            |            |                 |
|------------------|----------------|-----------------|------------|-----------------|------------|------------|-----------------|
| <b>A =</b>       | <b>B =</b>     | <b>B =</b>      | <b>Г =</b> | <b>Д =</b>      | <b>E =</b> | <b>Ж =</b> | <b>З =</b>      |
| AgN <sub>3</sub> | I <sub>2</sub> | IN <sub>3</sub> | AgI        | NI <sub>3</sub> | BN         | IF         | BF <sub>3</sub> |

6.2 **Зобразіть** структурні формули **B** і **Д**, **вказіть** гібридизацію некінцевих атомів.

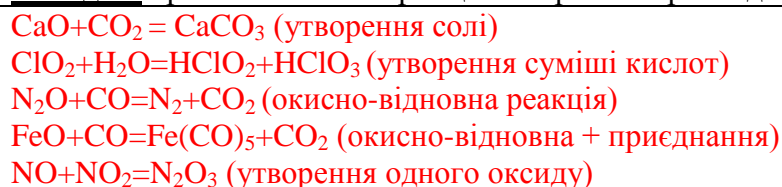


## 9 клас. 2 тур.

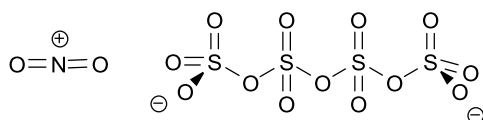
### Задача 1. РЕАКЦІЇ ОКСИДІВ.

Реакції між двома оксидами достатньо розповсюджені в хімії.

1.1 **Наведіть** принаймні п'ять принципово різних прикладів реакцій між двома оксидами.



1.2 У 2012 році було досліджено реакцію між  $\text{X}_2\text{O}_n$  та  $\text{YO}_z$  (тверда речовина за н.у.). Для цього еквівалентні кількості оксидів запаяли у трубку, що витримує високий тиск, нагріли до  $80^\circ\text{C}$  та витримували 24 години при цій температурі. В результаті повільного охолодження на стінках трубки утворились кристали сполуки **A** ( $w(\text{X}) = 6.54\%$ ,  $w(\text{Y}) = 29.91\%$ ), при термічному розкладі якої не залишається сухого залишку. Відомо, що сполуку  $\text{X}_2\text{O}_n$  можна отримати дегідратацією кислоти  $\text{HXO}_3$ , а така дегідратація може перебігати під дією кислоти  $\text{H}_2\text{YO}_4$ . **Встановіть** формули та **наведіть** структури невідомих сполук  $\text{X}_2\text{O}_n$  та  $\text{YO}_z$  і **A**. **Визначте** гібридизацію некінцевих атомів.

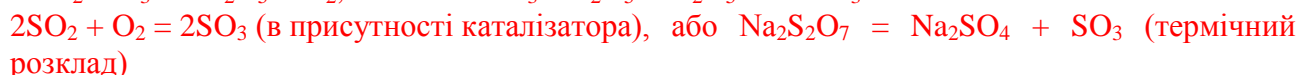
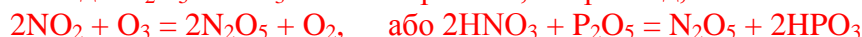


гібридизація Нітрогену -  $sp$ , гібридизація Сульфуру і некінцевого Оксигену -  $sp^3$

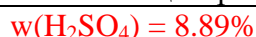
1.3 Запишіть **рівняння** реакції взаємодії **A** з водою та **рівняння** реакцій, за якими можна синтезувати  $\text{X}_2\text{O}_n$  та  $\text{YO}_z$ , про які йде мова в задачі (по одному рівнянню на оксид).



Оксиди  $\text{N}_2\text{O}_5$  та  $\text{SO}_3$  можна отримати, наприклад, такими методами:



1.4 8 г  $\text{YO}_z$  розчинили у 100 г води. **Які речовини** є в розчині? **Встановіть** масову концентрацію утвореного розчину.



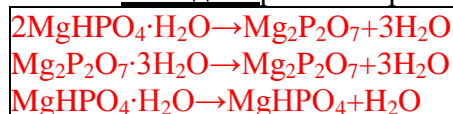
### Задача 2. СПОРІДНЕНІ КРИСТАЛОГІДРАТИ

Відомо, що прожарювання кристалогідратів двох солей магнію **A** і **B**, які містять 17,39 % Mg, веде до однакової втрати маси 19,57 % і утворення однієї і тієї ж речовини **B**, яка містить 21,62 % Mg. Акуратне зневоднювання 4,6 г сполуки **A** веде до утворення 4 г речовини **Г**, яка містить 20 % Mg, а акуратне зневоднювання речовини **B** веде до утворення **B**.

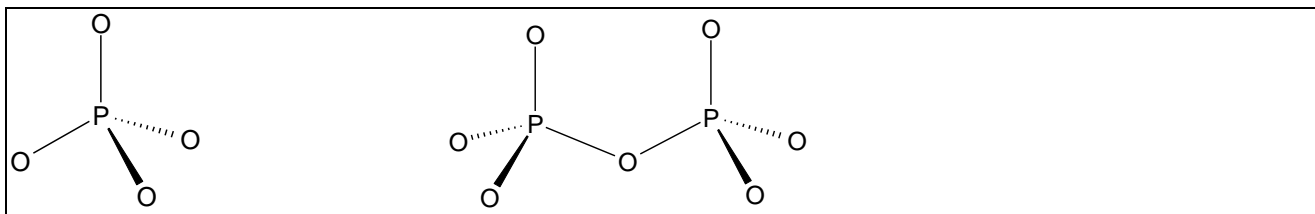
2.1 **Розшифруйте** речовини **A** – **Г**. Відповідь аргументуйте.

| <b>A</b> =                                | <b>B</b> =  | <b>B</b> =                        | <b>Г</b> =       |
|---|---|-----------------------------------|------------------|
| $\text{MgHPO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ | $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ | $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ | $\text{MgHPO}_4$ |

2.2 **Наведіть** рівняння реакцій, згаданих в задачі



2.3 **Зобразіть** будову аніонів у сполуках **A** – **Г**.



### Задача 3. КІЛЬКІСНИЙ АНАЛІЗ

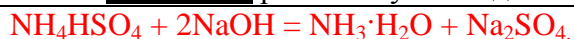
Метод К'ельдалю – один з найвідоміших методів визначення Нітрогену, придатний для широкого кола сполук. Метод базується на перетворенні усього Нітрогену, який є в зразку, на неорганічний газ **X**, який можна досить легко відокремити і кількісно проаналізувати. У більшості випадків будова сполуки, що аналізується, не має значення – це може бути як мінеральне добриво, так і складна органічна сполука, наприклад, білок.

В одному з експериментів з визначення вмісту Нітрогену методом К'ельдалю в речовині складу  $C_xH_yN_zO_n$  0,1 г зразку обробили при нагріванні концентрованою сірчаною кислотою у присутності каталізатору, у результаті чого Карбон окиснився повністю, а весь Нітроген утворив сіль з  $\omega(N) = 12,17\%$ . Після охолодження до залишку додали розчин лугу та відігнали газ, який при цьому виділився, у 4 %-й розчин борної кислоти масою 2 г. З утвореного розчину відібрали аликвоту об'ємом 1 мл та відтитрували її стандартизованим розчином соляної кислоти за метиловим оранжевим. На титрування було витрачено 12,6 мл розчину HCl.

3.1 **Визначте** нормальну концентрацію розчину соляної кислоти, використаного для титрування, якщо для її встановлення титрували за фенолфталеїном аликвоти об'ємом 5 мл, відібрані з 1 л розчину HCl, і витратили на це 2,3 мл, 2,6 мл та 2,6 мл 0,1 М розчину лугу у трьох незалежних дослідах.

$c(HCl) = 0,05$  н.

3.2 **Напишіть** рівняння усіх згаданих реакцій.



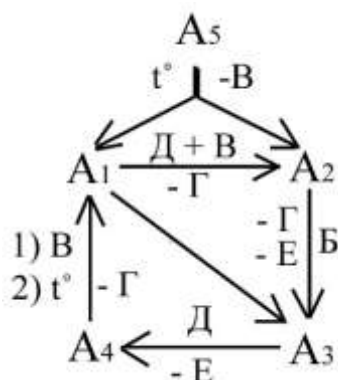
3.3 **Розрахуйте**, який відсоток Нітрогену містився у досліджуваному зразку.

$\omega(N) = 17,64\%$ .

3.4 **До якого типу** титрувань відноситься описана процедура (пряме, зворотне, за заміщенням)? **Чи зміниться** тип титрування, якщо газ відганяти у розчин соляної кислоти?

За заміщенням. Так, титрування буде оберненим.

#### Задача 4. КОЛЬОРОВІ ПЕРЕТВОРЕННЯ



На схемі наведені перетворення елементу  $X$ , який входить до складу сполук  $A_1 - A_5$ . Додатково відомо, що при взаємодії  $A_1$  з  $B$  утворюються сполуки  $A_3$ ,  $B$  та  $\Gamma$ , а у перетворенні  $A_2$  на  $A_3$  залучені додаткові реагенти та продукти, окрім вказаних на схемі. Сполуки  $A_3$  та  $A_4$  у твердому стані мають легке рожеве забарвлення.  $B$  є простою речовиною, а  $\Gamma$  – найбільш розповсюджена рідина на Землі. Елемент  $Y$  входить до складу *усіх* сполук, наведених на схемі, а  $\omega(Y)_{A_1} = 36,81\%$ .

4.1 **Визначте** елементи  $X$  та  $Y$ , сполуки  $A_1 - A_5$  та  $B - E$ . Відповідь аргументуйте.

|         |            |          |            |          |           |
|---------|------------|----------|------------|----------|-----------|
| $A_1 =$ | $A_2 =$    | $A_3 =$  | $A_4 =$    | $A_5 =$  | $B =$     |
| $MnO_2$ | $K_2MnO_4$ | $MnSO_4$ | $Mn(OH)_2$ | $KMnO_4$ | $H_2SO_4$ |
| $B =$   | $\Gamma =$ | $Д =$    | $E =$      | $X =$    | $Y =$     |
| $O_2$   | $H_2O$     | $KOH$    | $K_2SO_4$  | $Mn$     | $O$       |

4.2 **Напишіть** рівняння усіх наведених реакцій.

$2MnO_2 + 2H_2SO_4 = 2MnSO_4 + O_2 + 2H_2O$ ,  
 $MnSO_4 + 2KOH = Mn(OH)_2 + K_2SO_4$ ,  
 $2Mn(OH)_2 + O_2 = 2MnO(OH)_2$ ,  
 $MnO(OH)_2 (t^\circ) = MnO_2 + H_2O$ ,  
 $2MnO_2 + O_2 + 4KOH = 2K_2MnO_4 + 2H_2O$ ,  
 $2KMnO_4 (t^\circ) = K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2$ ,  
 $K_2MnO_4 + 2H_2SO_4 + 2Na_2SO_3 = K_2SO_4 + 2Na_2SO_4 + MnSO_4 + 2H_2O$  (можна записати дане рівняння і з будь-яким іншим відновником).

4.3 **Вкажіть** колір сполук  $A_1, A_4, A_5$ .

| Код     | $A_1$            | $A_2$      | $A_5$     |
|---------|------------------|------------|-----------|
| Формула | $MnO_2$          | $K_2MnO_4$ | $KMnO_4$  |
| Колір   | темно-коричневий | зелений    | фіалковий |

4.4 **Чи можна** перетворити  $A_2$  на  $A_1$  в одну стадію? **Підтвердіть** рівнянням реакції.

Можна. При підвищенні температури (порівняно з розкладом перманганату з утворенням манганату) манганат розкладатиметься наступним чином:  
 $K_2MnO_4 (t^\circ) = K_2O + MnO_2 + O_2$ .

### Задача 5. ПЕРІОДИЧНИЙ ЗАКОН.

У 1869 році, коли Д.І.Менделєєв склав перший варіант періодичної системи, деякі елементи ще не були відкриті. Проте Дмитро Іванович включив ці елементи в періодичну систему як аналоги відомих елементів під назвою "ека-алюміній", "ека-силіцій" (або "ека-кремній") і "ека-марганець". Атомні маси цих елементів він розрахував як середнє між атомними масами елементів-сусідів по періоду.

5.1 **Як зараз** називають ека-алюміній, ека-силіцій і ека-марганець? **Розрахуйте** атомні маси цих елементів методом, який було використано Д.І.Менделєєвим.

Ека-алюміній – це Галій,  $A_{Ga} = 68$  а.о.м. (табличні дані 69,72 а.о.м.);

Ека-силіцій – це Германій,  $A_{Ge} = 72$  а.о.м. (табличні дані 72,61 а.о.м.);

Ека-марганець – це Технецій,  $A_{Tc} = 99$  а.о.м. (табличні дані 98,91 а.о.м.).

5.2 **Чому**, на Вашу думку, Д.І.Менделєєв назвав ека-елементи за назвами аналогів, що розташовані в періодичній системі вище за такі елементи, а не використав назви найближчих сусідів зліва або справа? З цієї точки зору, **чи коректно** називати Бром ека-Хлором, ека-Манганом, ека-Селеном? Відповідь обґрунтуйте, **наведіть** електронні конфігурації елементів, згаданих в цьому пункті задачі.

Аналогічні властивості мають елементи, розташовані в одній групі, а не в одному періоді, тому що такі елементи мають подібні електронні конфігурації зовнішніх енергетичних рівнів.

5.3 Деякі властивості елементів, які можна вважати ека-аналогами, суттєво відрізняються. Наприклад,  $CO_2$  - газ, а  $SiO_2$  - тверда тугоплавка речовина. **Поясніть** відмінність цих властивостей  $CO_2$  і  $SiO_2$ . **Зобразіть** структурну формулу  $CO_2$ , **вказіть** гібридизацію атому С.

$CO_2$ :  $O=C=O$ , sp-гібридизація, молекулярна сполука.  $SiO_2$ : полімер, іон  $Si^{4+}$  оточено чотирма атомами кисню.

5.4 Хімічні елементи в періодичній системі були розташовані Д.І. Менделєєвим в порядку зростання атомної маси, проте атомна маса калію менша, ніж аргону. Чим це можна **пояснити**?

У той же час ядра ізоотопів калію, в цілому, містять менше нейтронів, ніж ядра ізоотопів аргону.

5.5 **Розрахуйте** вміст ізоотопів  $^{36}Ar$  і  $^{38}Ar$ , якщо масова частка  $^{40}Ar$  в природному аргоні становить 99,600%. Маси ізоотопів  $^{36}Ar$ ,  $^{38}Ar$  і  $^{40}Ar$  дорівнюють 35,970, 37,960 і 39,960 а.о.м., відповідно. **Чому** маса ізоотопу менша суми мас протонів і нейтронів в ядрі ( $m_p=1.007$  а.о.м.,  $m_n=1.009$  а.о.м.)?

Вміст  $^{36}Ar = 0,00101$  (або 0,101 %);

Вміст  $^{38}Ar = 0,00299$  (або 0,299 %).

Маса ізоотопу менша суми мас протонів і нейтронів в ядрі тому, що при утворенні ядра частина маси перетворюється на енергію (енергія утворення ядра).

### Задача 6. ХІМІЯ ДВОХ ЕЛЕМЕНТІВ

Прямою взаємодією простих газуватих речовин, утворених елементами **X** і **Y**, можна отримати як мінімум три різні сполуки. Першу з них, речовину **A**, можна отримати шляхом спалювання **Y** в **X**. **A** є найбільш розповсюдженою сполукою на поверхні Землі.

Другу речовину, **B**, можна отримати наступним чином: електроліз концентрованого розчину кислоти **Q** (масова частка елемента **X**  $\omega(\text{X}) = 65,26\%$ ) веде до утворення **R**, яка реагує з надлишком речовини **A** з утворенням **B** і **Q** у співвідношенні 1:2.

Третю сполуку, речовину **C**, можна отримати взаємодією речовини **B** і однієї з алотропних модифікацій елемента **X** (менш розповсюдженої). При змішуванні цих двох компонентів в аргоновій матриці утворюється циклічний комплекс, який при фотолізі дає сполуку **C**.

6.1 **Визначте** елементи **X**, **Y**, сполуки **A**, **B**, **Q** і **R**, **напишіть** рівняння реакцій утворення **A** і **B**. Відповідь аргументуйте.

| <b>X =</b>   | <b>A =</b>       | <b>Q =</b>                     | <b>Y =</b> | <b>B =</b>                    | <b>R =</b>                                   |
|--|------------------|--------------------------------|------------|-------------------------------|--|
| O  | H <sub>2</sub> O | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | H          | H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> | H <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> |
| $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$<br>$2\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{H}_2\text{S}_2\text{O}_8 + \text{H}_2\uparrow$<br>$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_8 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$ |                  |                                |            |                               |  |

Сполука **A** стійка до температури більше 1000 °С, сполука **B** дуже повільно розкладається вже за кімнатної температури, а сполука **C** стабільна лише до -40 °С.

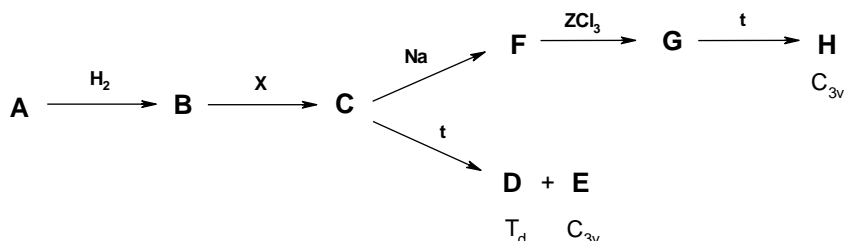
6.2 **Визначте** сполуку **C**, якщо відомо, що загальна кількість атомів в цій дорівнює п'яти, а вміст **X** становить 96%. **Напишіть** рівняння реакції утворення **C**.

|   |
|---|
| $\text{C} - \text{H}_2\text{O}_3; \text{H}_2\text{O}_2 + \text{O}_3 = \text{H}_2\text{O}_3 + \text{O}_2.$ |
|---|

# 10 – 11 клас. 1 тур.

## Задача 1. «Металічні каркаси»

Деякий метал **В** здатен утворювати ряд сполук із газом **Х** ( $D_{H_2}=14$ ). В 1908 році була отримана оранжева тверда речовина **С**, яка зараз використовується як каталізатор органічного синтезу. У 1923 році нагріванням сполуки **С** були отримані чорні кристали, які є сумішшю двох ізомерних сполук **Д** та **Е**, з тим самим якісним складом, що й вихідна сполука. Точна структура **Д** та **Е** була розшифрована лише в 1959 році, що відкрило шлях хімії металокаркасних сполук. Сполука **Д** має симетрію  $T_d$  (як молекула метану), а молекула **Е** –  $C_{3v}$  (як молекула амоніаку). Одним з кроків розвитку хімії цих речовин було створення каркасів двох різних металів, наприклад таких як сполука **Н** (симетрія  $C_{3v}$ ):



| сполука                        | A     | B      | C     | D та E | F     | G     | H     |
|--------------------------------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|
| $\omega_{\text{металу В, \%}}$ | 73,42 | 100,00 | 34,47 | 41,22  | 30,38 | 24,49 | 27,72 |

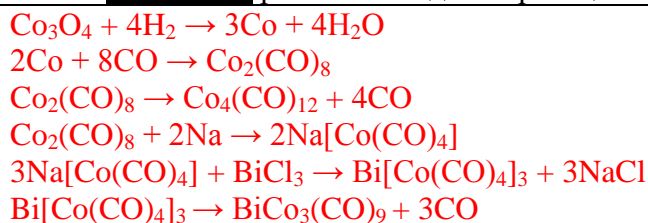
1.1 **Розшифруйте** схему перетворень, якщо **A** – оксид, а три каркасні сполуки **D**, **E**, **H** мають однаковий тип каркасу (металічний остов). Використовуйте для Ваших міркувань правило заповненої 18-електронної оболонки. Врахуйте, що атом металу **B** містить непарну кількість електронів.

|  |  |   |   |                      |
|--|--|---|---|----------------------|
| <b>A</b> – $\text{Co}_3\text{O}_4$             | <b>B</b> – <b>Co</b>                             | <b>C</b> – $\text{Co}_2(\text{CO})_8$   | <b>D та E</b> – $\text{Co}_4(\text{CO})_{12}$ | <b>Z</b> – <b>Bi</b> |
| <b>F</b> – $\text{Na}[\text{Co}(\text{CO})_4]$ | <b>G</b> – $\text{Bi}[\text{Co}(\text{CO})_4]_3$ | <b>H</b> – $\text{BiCo}_3(\text{CO})_9$ | <b>X</b> – <b>CO</b>                          |                      |

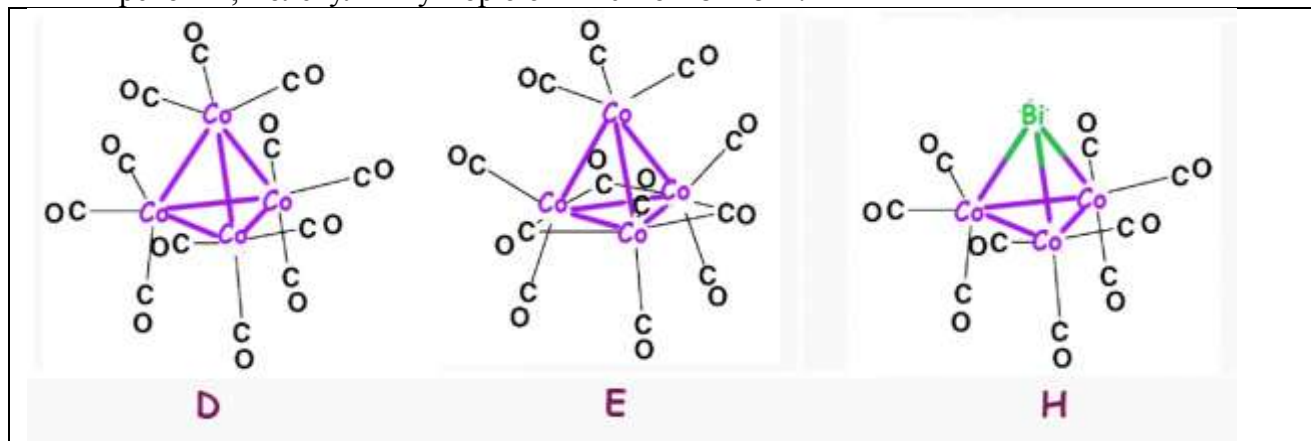
1.2 **Який** ступінь окиснення металу в сполуці **C**?

**0.**

1.3 **Напишіть** рівняння згаданих реакцій.



1.4 **Зобразіть** просторову будову молекул **D**, **E** та **H**, враховуючи, що лише в одній з цих речовин, молекули **X** утворюють місткові зв'язки.

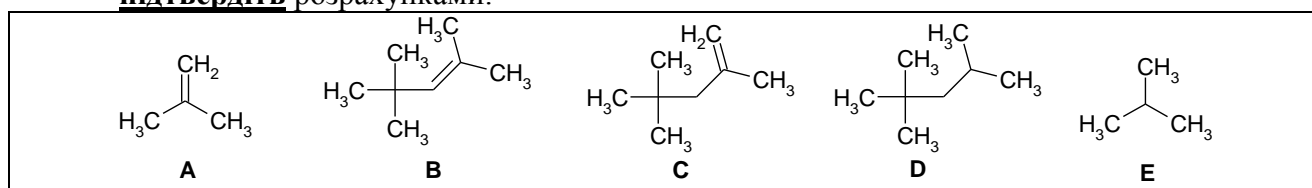




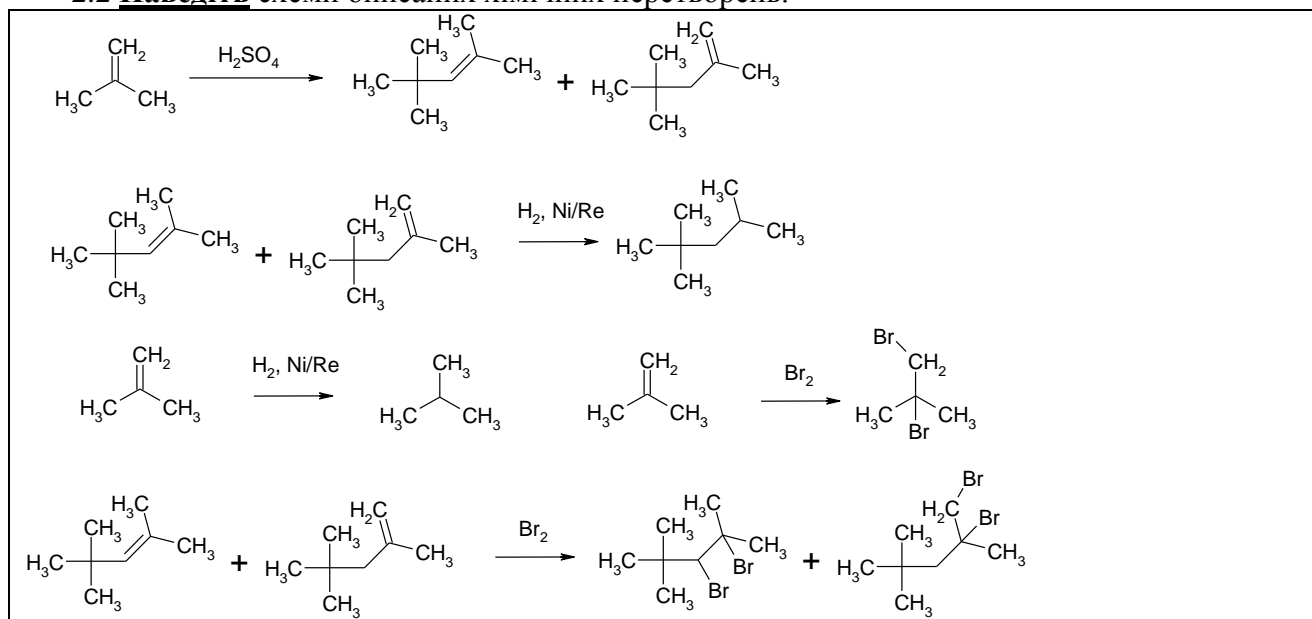
## Задача 2. «Історичні досліді»

У 1877 році видатний російський вчений А.М. Бутлеров провів дослідження перетворення ненасиченого вуглеводню **A** у присутності сульфатної кислоти, яке стало однією з передумов появи і розвитку нової хімічної галузі. Бутлеровим було одержано складну суміш продуктів. Проте, після багаторазового очищення основна фракція містила суміш двох вуглеводнів **B** та **C**. Як і речовина **A**, суміш **B** та **C** знебарвлює бромну воду. Але для повного бромування суміші **B** та **C** необхідно в два рази менше бромю, ніж у випадку бромування тієї ж маси вуглеводню **A** (вважати, що реакція з бромом перебігає кількісно). Якщо на одержану суміш подіяти воднем у присутності каталізатору на основі нікелю, то продуктом є лише один вуглеводень **D** (15,79% Н). Гідрування ж сполуки **A** призводить до утворення газоподібного вуглеводню **E** (17,24% Н).

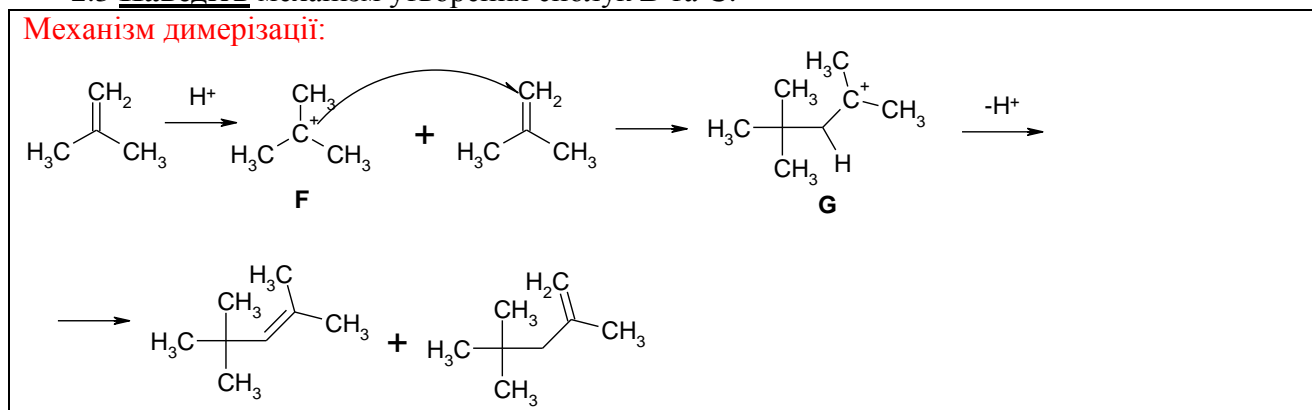
2.1 **Розшифруйте** структурні формули сполук **A-E**, якщо відомо, що ПМР-спектр сполуки **E** містить лише два сигнали з інтегральним співвідношенням 9:1. Відповідь **підтвердіть** розрахунками.



2.2 **Наведіть** схеми описаних хімічних перетворень.



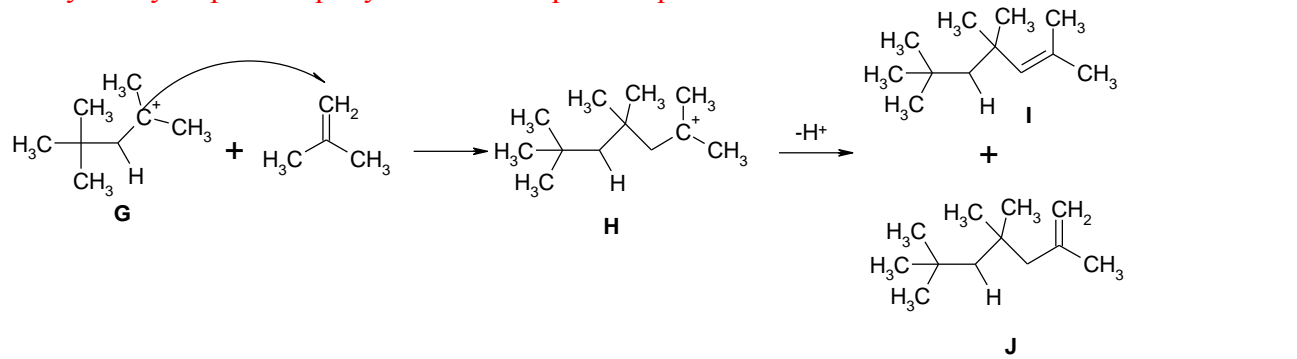
2.3 **Наведіть** механізм утворення сполук **B** та **C**.



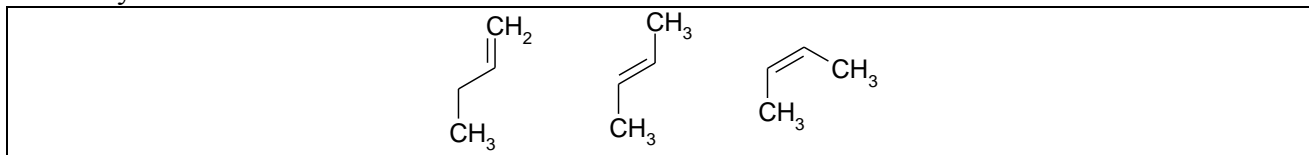
Ще одна фракція, яка була виділена Бутлеровим при дослідженні перетворень А, містила суміш вуглеводнів, для повного бромовання якої необхідно було втричі менше броду, ніж у випадку бромовання тієї ж маси вуглеводню А.

2.4 **Наведіть** структурні формули принаймні двох вуглеводнів, які можуть входити до цієї суміші. Відповідь **аргументуйте**, розглянувши механізм реакції.

Очевидно, що мова йде про продукти тримеризації ізобутилену. Згідно з механізмом, слід очікувати утворення продуктів **I** та **J** через інтермедіат **H**.



2.5 **Зобразіть** структурні формули ізомерів сполуки А. **Чому** ізомери сполуки А вступають у подібні до досліджених Бутлеровим перетворення за більш жорстких умов?



2.6 **Яка назва** галузі хімії, розвиток якої ініціювали зазначені вище експерименти Бутлерова?

**Хімія високомолекулярних сполук (полімерів).**

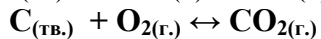
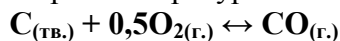
### Задача 3. «Про практичні термодинамічні розрахунки...»

*Ніколи не буває, щоб щось тривалий час було абсолютно правильним чи абсолютно помилковим.*

С. Батлер

Чадний газ є токсичним безбарвним газом, що не має смаку та запаху. Токсичність диму, який виділяється при горінні вугілля була описана ще Аристотелем у IV ст. до н.е., а докладно токсичність чадного газу була вивчена в 1846 році французьким медиком Клодом Бернардом. За нормативами ГДК СО в повітрі має бути не більшою за 25 м.ч. (мільйонних часток за об'ємом).

Розглянемо реакцію горіння вугілля при температурі 1000К в закритому просторі (p=1 бар):



В таблиці наведено стандартні ентальпії та ентропії утворення відповідних речовин:

| Молекула                  | C   | O <sub>2</sub> | CO     | CO <sub>2</sub> |
|---------------------------|-----|----------------|--------|-----------------|
| $\Delta H_f^0$ , кДж/моль | 0   | 0              | -110,4 | -393,5          |
| $\Delta S^0$ , Дж/К·моль  | 5,7 | 205,2          | 197,6  | 213,6           |

3.1 **Обчисліть** ГДК чадного газу в одиницях мг/м<sup>3</sup>

**31,36 мг/м<sup>3</sup>.**

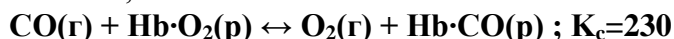
3.2 **Розрахуйте** енергію Гіббса та стандартну константу рівноваги кожної реакції при 1000К, припускаючи, що ентальпія та ентропія не залежать від температури.

|                                |                           |
|--------------------------------|---------------------------|
| $\Delta G_1 = -199,8$ кДж/моль | $K_1 = 2,7 \cdot 10^{10}$ |
| $\Delta G_2 = -396,2$ кДж/моль | $K_2 = 5,2 \cdot 10^{20}$ |

3.3 **Як буде змінюватись** мольна частка CO з підвищенням а) тиску, б) кількості повітря, в) температури? Відповідь коротко **аргументуйте**.

**а) зменшуватись; б) зменшуватись; в) збільшуватись.**

Гемоглобін (Hb) – це білок, який зворотно зв’язується з киснем, тим самим забезпечуючи його транспорт в організмі. Отруйна дія CO на організм пов’язана з тим, що він набагато сильніше зв’язується з гемоглобіном, ніж кисень:



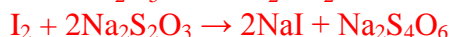
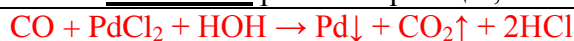
Запаморочення голови відбувається, коли концентрація Hb·CO складає 2% від концентрації Hb·O<sub>2</sub>.

3.4 **Розрахуйте** концентрацію CO при якій відбувається запаморочення голови, враховуючи, що рівноважна концентрація кисню рівна його концентрації в повітрі за н.у.

$7,76 \cdot 10^{-7}$  моль / л .

Для якісного визначення CO використовується папірець змочений розчином паладій (II) хлориду. Позитивна проба дає почорніння папірця. Для кількісного визначення використовують I<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, а потім розчин Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

3.5 **Напишіть** рівняння реакцій, на яких ґрунтується кількісне та якісне визначення CO.



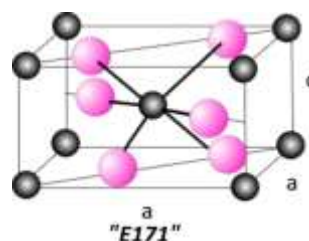
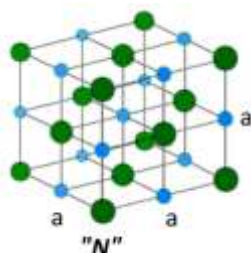
#### Задача 4. “Про “E-шки”...”

В сучасному світі ні один значний виробник продуктів харчування практично не може обійтись без харчових добавок – речовин, що в технологічних цілях в процесі виробництва додають у харчові продукти для надання їм необхідних властивостей.

Інформацію про деякі харчові добавки, що дозволені в Євросоюзі, подано у наступній таблиці:

| Харчова добавка | Формула      | Використання                       | Промислові способи отримання   |
|-----------------|--------------|------------------------------------|--|
| «N»             | 39,34 %<br>X | Смакова добавка,<br>консервант     |  |
| «E171»          | 59,93 %<br>Y | Харчовий барвник<br>білого кольору | $\begin{array}{l} \text{A} \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4} \text{B} \xrightarrow{\text{KOH}} \text{C} \xrightarrow{t} \text{«E171»} \\ \text{A} \begin{cases} \xrightarrow{\text{C}, \text{Cl}_2} \text{D} \xrightarrow{\text{O}_2} \uparrow \\ \text{D} \begin{cases} \text{25,24\% Y} \end{cases} \end{cases} \end{array}$ |
| «E450(I)»       | 20,72 %<br>X | Компонент<br>пекарського порошку   | $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \xrightarrow{170^\circ\text{C}} \text{«E450(I)»}$   |
| «E500(II)»      | 27,37 %<br>X | Компонент<br>пекарського порошку   | $\text{«N»} \xrightarrow{\text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}} \text{«E500(II)»}$  |

Нижче наведено типи елементарних комірок «N» ( $a = 5,64 \text{ \AA}$ ,  $\rho = 2,16 \text{ г/см}^3$ ) та «E171» ( $a = 4,59 \text{ \AA}$ ,  $c = 2,96 \text{ \AA}$ ,  $\rho = 4,25 \text{ г/см}^3$ ). Зверніть увагу, що атом в середині паралелепіпеда належить тільки одній комірці, атом на грані – одночасно двом, атом на ребрі – одночасно 4-ом, атом у вершині паралелепіпеда належить одночасно восьми елементарним коміркам.



4.1 **Скільки** формульних одиниць містять елементарні комірки «N» та «E171»?



5.4 **Розрахуйте** зміну потенціалу елемента при додаванні до електроліту зразку, що містить 12,00 г  $\text{Na}_2\text{S}$ . Зміною об'єму розчину знехтуйте.

**Потенціал зменшиться на 0,986 В.**

5.5 **Чи стане** елемент більш чутливим до сульфід-іонів, якщо замінити комірку  $\text{Cu}|\text{CuSO}_4$  на  $\text{Ag}|\text{AgNO}_3$  такої ж концентрації? Відповідь обґрунтуйте, розглянувши два випадки:  
а) кількість речовини доданого  $\text{Na}_2\text{S}$  *менша* за кількість речовини  $\text{CuSO}_4$   
б) кількість речовини доданого  $\text{Na}_2\text{S}$  *більша* за кількість речовини  $\text{CuSO}_4$

**а) Чутливість зростає; б) чутливість зменшиться.**

5.6 **Чи має** елемент з електродом  $\text{Cu}|\text{CuSO}_4$  переваги перед елементом з електродом  $\text{Ag}|\text{AgNO}_3$  для визначення сульфиду в продукті відновлення  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ? Відповідь **обґрунтуйте**; вартість срібла до уваги не приймайте.

**Елемент з  $\text{Cu}|\text{CuSO}_4$  має переваги.**

### Задача 6. «Про радіоактивний розпад»

Виділяють чотири радіоактивні родини: Торію (від  $^{232}\text{Th}$  до  $^{208}\text{Pb}$ ), Нептунію (від  $^{237}\text{Np}$  до  $^{209}\text{Bi}$ ), Радію (від  $^{238}\text{U}$  до  $^{206}\text{Pb}$ ,  $T_{1/2,238}=4,47 \cdot 10^9$  років) та Актинію (від  $^{235}\text{U}$  до  $^{207}\text{Pb}$ ,  $T_{1/2,235}=7,038 \cdot 10^8$  років).

6.1 **Поясніть**, чому таких родин саме чотири? Для кожної з родин **запишіть** математичну закономірність, що існує між нуклонними числами всіх її членів.

**Зміна нуклонного числа відбувається лише при  $\alpha$ -розпаді (зменшення на 4). Отже, залишок від ділення нуклонного числа на 4 буде тим самим для всіх членів певної родини. Можливих його значень 4, звідси 4 родини:  $^{232}\text{Th}$  ( $4n$ ),  $^{237}\text{Np}$  ( $4n+1$ ),  $^{238}\text{U}$  ( $4n+2$ ),  $^{235}\text{U}$  ( $4n+3$ ).**

6.2 **Визначте**, скільки  $\alpha$ - та  $\beta$ -розпадів відбуваються в родині торію при перетворенні одного ядра.

**6  $\alpha$ - та 4  $\beta$ -розпадів.**

Одним із методів встановлення віку геологічних об'єктів є метод, що базується на встановленні співвідношення кількості стабільних нуклідів  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ . Для спрощення вміст нерадіогенного нукліду  $^{204}\text{Pb}$  в подальших розрахунках приймати до уваги не будемо.

6.3 **Запишіть** рівняння, яке описує залежність співвідношення  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  від часу та кількості відповідних нуклідів Урану в геологічній породі. Для спрощення запису кількість речовини нукліду  $n(X)$  позначаєте просто як  $X$ .

$$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{207}\text{Pb}} = \frac{^{238}\text{U}}{^{235}\text{U}} \cdot \frac{e^{\lambda_{238}t} - 1}{e^{\lambda_{235}t} - 1}$$

6.4 **Запишіть** рівняння, яке дозволяє обчислити вік геологічного об'єкту, використовуючи сучасне значення співвідношення нуклідів:  $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}=137,88$ ,  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}=1,09$ . Розв'язувати рівняння не потрібно, але воно має містити тільки одну змінну – час.

$$\frac{e^{1,551 \cdot 10^{-10}t} - 1}{e^{9,849 \cdot 10^{-10}t} - 1} = 7,9 \cdot 10^{-2}$$

Якщо досліджуваний мінерал не містить ізотопів Урану та домішок Плюмбуму нерадіогенного походження, то його вік визначається співвідношенням нуклідів  $^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$ .

6.5 **Встановіть** вік мінералу, в якому  $^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}=9 \cdot 10^{-5}$ ,  $\lambda(\text{Th-232}) = 4,95 \cdot 10^{-11}$  років<sup>-1</sup>.

**1,82 млн років.**

### Задача 7. «Досліди з минулого»

В одній хімічній лабораторії студенти знайшли декілька сторінок старого лабораторного журналу, на яких було описано дослідження оранжево-жовтих кристалів речовини А.

Сторінки з результатами не було... Але поруч стояла склянка з цією таємною речовиною.

Студенти вирішили відтворити описані в журналі експерименти. Вони приготували 50 мл розчину речовини **A** з концентрацією 6,42 мас% (середовище нейтральне, густина розчину дорівнює 1 г/см<sup>3</sup>) і, провівши досліди, отримали такі результати:

1. Додавання надлишку луку до аліквоти об'ємом 10 мл розчину речовини **A** при кімнатній температурі не викликало видимих змін. Кип'ятіння отриманого розчину призвело до виділення безбарвного газу з різким запахом і утворення чорного осаду речовини **B** масою 0,1314 г (вихід 70%). Речовина **B** не містила гідрогену.

2. При додаванні розчинів натрій карбонату, натрій фосфату або амоній сульфідю до розчину речовини **A** не спостерігалось ніяких ефектів.

3. Додавання до аліквоти розчину речовини **A** об'ємом 10 мл надлишку розчину аргентум нітрату викликало випадіння білого сирнистого осаду масою 1,0332 г. Упарювання фільтрату призвело до виділення жовтих кристалів речовини **C** масою 0,8328 г (містить 36,3% нітрогену).

4. При дії на вихідну речовину **A** концентрованої сульфатної кислоти відбувалось виділення HCl, а з розчину з часом кристалізувалась речовина **D** жовтого кольору (містить 15,74% сульфур).

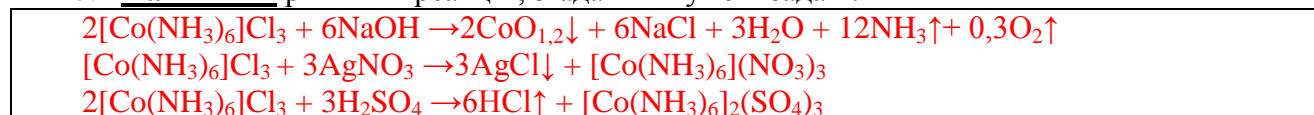
5. Для визначення кількості йонів, що утворюються при дисоціації речовини **A** в розчині, були досліджені і зведені в таблицю значення молярної електропровідності  $\mu$  ряду речовин (електропровідність розчину пропорційна кількості йонів, що утворюються при розчиненні 1 моля речовини в певному об'ємі розчиннику).

| Речовина   | NaCl | BaCl <sub>2</sub> | AlCl <sub>3</sub> | K <sub>4</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ] | <b>A</b> |
|--|------|-------------------|-------------------|---------------------------------------|----------|
| $\mu_2$<br>Ом <sup>-1</sup> ·см <sup>2</sup> ·моль <sup>-1</sup> | 113  | 224               | 342               | 432                                   | 346      |

7.1 **Визначте** склад речовин **A-D**, підтвердіть висновки розрахунками. Відносну атомну масу хлору вважайте рівною 35,5, а для решти елементів використовуйте цілочисельні значення.

| <b>A</b>  | <b>B</b>            | <b>C</b>  | <b>D</b>  |
|---|---------------------|---|---|
| [Co(NH <sub>3</sub> ) <sub>6</sub> ]Cl <sub>3</sub> | CoO <sub>1,27</sub> | [Co(NH <sub>3</sub> ) <sub>6</sub> ](NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> | [Co(NH <sub>3</sub> ) <sub>6</sub> ] <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> |

7.2 **Напишіть** рівняння реакцій, згаданих в умові задачі.



7.3 **Наведіть** просторову будову речовини **A**. Як називаються сполуки, подібні **A**?

**Будова A:** катіон [Co(NH<sub>3</sub>)<sub>6</sub>]<sup>3+</sup>, три аніони Cl<sup>-</sup>. Катіон [Co(NH<sub>3</sub>)<sub>6</sub>]<sup>3+</sup> – октаедр, іон кобальту – в центрі, аміачні групи – у вершинах. Комплексні сполуки.

7.4 **Чим** речовина **A** принципово відрізняється від солі Мора Fe(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O?

**Оцініть** молярну електропровідність розчину солі Мора, за умови, що молярні концентрації всіх розглянутих розчинів однакові.

**Сіль Мора дисоціює на 5 іонів. Отже, значення молекулярної електропровідності повинно мати величину порядку 440.**

## 10 клас. 2 тур.

### Задача 1. «Закон Оствальда»

У більшості навчальних посібників в темі про електролітичну дисоціацію наводиться так званий закон розведення Оствальда, який встановлює зв'язок між константою дисоціації ( $K$ ) та ступенем дисоціації електроліту ( $\alpha$ ) в розчині з його загальною молярною концентрацією ( $C$ ):

$$K = \frac{C\alpha^2}{1-\alpha}$$

Однак часто у підручниках не наголошується, що використовувати цю формулу можна далеко не в усіх випадках.

1.1 Чи вірно описує закон Оствальда дисоціацію  $KCl$ ?

**Вірно.**

1.2 Який висновок про значення ступеня електролітичної дисоціації слабких електролітів при  $C \rightarrow 0$  можна зробити з формули Оствальда?

**При  $C \rightarrow 0$   $\alpha \rightarrow 1$ .**

Одне з обмежень використання наведеного закону розведення полягає в тому, що в поданому вигляді він придатний лише для бінарних електролітів типу  $AB$ .

1.3 Виведіть аналогічну формулу зв'язку між константою та ступенем дисоціації електроліту типу  $A_2B$  у розчині із загальною молярною концентрацією  $C$ .

$$K = \frac{4C^2\alpha^3}{1-\alpha}$$

Також виявляється, що на відміну від солей, для дисоціації слабких кислот та основ у нескінченно розбавленому розчині формулу  $K = \frac{C\alpha^2}{1-\alpha}$  використовувати не можна.

1.4 Коротко поясніть, чому закон розведення не можна використовувати для опису дисоціації слабкої одноосновної кислоти  $HA$  в нескінченно розбавленому розчині.

**Не враховується дисоціація води.**

1.5 Обчисліть ступінь дисоціації одноосновної кислоти  $HA$  при  $C \rightarrow 0$ , врахувавши що частина йонів  $H^+$  утворюється за рахунок дисоціації води. Обчислення виконайте для кожного з трьох значень константи електролітичної дисоціації кислоти:

а)  $K_d = 10^{-4}$  моль/л

б)  $K_d = 10^{-7}$  моль/л

с)  $K_d = 10^{-10}$  моль/л

**а)  $\alpha = 99,9\%$ ; б)  $\alpha = 50,0\%$ ; с)  $\alpha = 0,10\%$ .**

### Задача 2. «Вуглеводень»

Вуглеводень **А** ( $D_{H_2} = 21$ ) при нагріванні до  $100^\circ C$  над  $Al_2O_3$  досить легко ізомеризується у **Б** за реакцією першого порядку.

2.1 Встановіть структурні формули **А** та **Б**.



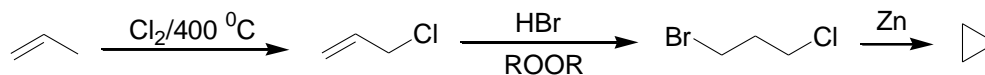
**А**



**Б**

2.2 Запропонуйте схему оберненого синтезу  $B \rightarrow A$ , використовуючи лише неорганічні реагенти.

Синтез А з Б:



2.3 Розрахуйте значення константи рівноваги ( $K$ ) та ступеня перетворення ( $\alpha$ ) для реакції ізомеризації **A** ( $\Delta H^0 = 53,1$  кДж/моль;  $\Delta S^0 = 238$  Дж/(моль·град)) в **B** ( $\Delta H^0 = 20,5$  кДж/моль;  $\Delta S^0 = 267$  Дж/(моль·град)) при  $100^\circ\text{C}$ .

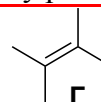
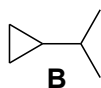
$K = 1,2 \cdot 10^6$ ;  $\alpha \sim 100\%$ .

2.4 При  $100^\circ\text{C}$  через 6,8 хв ступінь перетворення **A** в **B** складає 15%. Обчисліть час напівперетворення  $\tau_{1/2}$  для реакції **A**  $\rightarrow$  **B**.

$\tau_{1/2} = 28,8$  хв.

Якщо один з атомів Гідрогену у вуглеводні **A** замінити на деякий вуглеводневий радикал, то отримаємо вуглеводень **B**, що містить два первинні атоми Карбону. Молекулярна маса вуглеводню **B** вдвічі більша за молекулярну масу **A**. При нагріванні до  $100^\circ\text{C}$  над  $\text{Al}_2\text{O}_3$  **B** перетворюється на суміш ізомерів, в якій присутній вуглеводень **Г**.

2.5 Встановіть структурні формули **B** та **Г**. Врахуйте, що каталітична дія  $\text{Al}_2\text{O}_3$  полягає в постачанні йонів  $\text{H}^+$ , а у молекулі **Г** всі атоми Гідрогену рівноцінні.

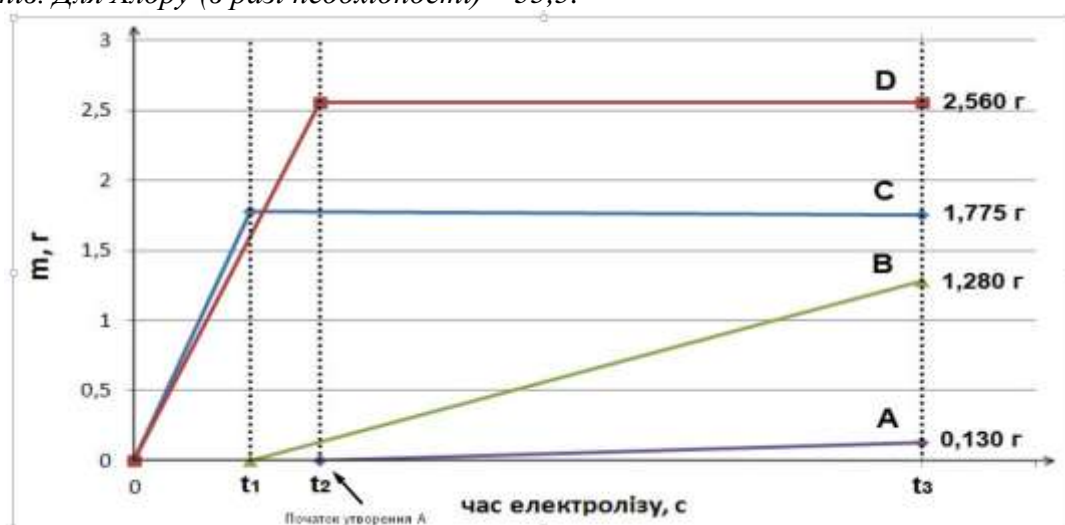


### Задача 3. «Електроліз»

«Колись, сер, ви введете на нього податок.»  
Відповідь М. Фарадея (1971-1867) на питання про практичну користь електричного струму канцлеру казначейства Великобританії.

Водний розчин двох середніх солей піддали електролізу. Маса розчину 120,000 г, а загальна масова частка солей 4,812%. Електроліз проводили за постійної сили струму 2,500А. В результаті на електродах утворилося 4 речовини: **A-D**. Нижче наведений графік утворення цих речовин з часом та маси продуктів в момент часу  $t_3$ .

Примітка: для розрахунків використовуйте цілочисельні відносні атомні маси елементів. Для Хлору (в разі необхідності) – 35,5.



3.1 Від чого залежить тангенс кута нахилу прямих на приведеному графіку  $m=f(t)$ ?  
Наведіть відповідний вираз (формулу) залежності  $t\alpha$  від часу.



$$tg \alpha = \frac{M_{екв} \cdot I}{F}$$

3.2 Визначте речовини **A-D**, враховуючи, що  $t_2/t_1=1,60$ , а одна з речовин, що утворилися – це водень.

**A – H<sub>2</sub>; B – O<sub>2</sub>; C – Cl<sub>2</sub>; D – Cu.**

3.3 Визначте якісний та кількісний склад початкового розчину та розчину в момент часу  $t_3$ . Вважайте, що речовини **A-D** повністю видаляються з розчину.

Початковий розчин: **CuSO<sub>4</sub>, (2,4 г, 2,00% мас).**

Кінцевий розчин: **H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, (1,29% мас).**

3.4 Розрахуйте значення  $t_1$ ,  $t_2$  та  $t_3$  у секундах.

$t_1 = 1930$  с;

$t_2 = 3088$  с;  $t_3 = 8106$  с.

3.5 Напишіть загальні рівняння реакцій, що відбулися під час електролізу та рівняння напівреакцій на електродах.

|  |  |  |
|--|--|--|
| <p><b>CuCl<sub>2</sub>:</b><br/>           Катод: <math>Cu^{2+} + 2e \rightarrow Cu</math><br/>           Анод: <math>2Cl^- - 2e \rightarrow Cl_2</math><br/>           Загально:<br/> <math>CuCl_2 \rightarrow Cu + Cl_2</math></p> | <p><b>CuSO<sub>4</sub>:</b><br/>           Катод: <math>Cu^{2+} + 2e \rightarrow Cu</math><br/>           Анод: <math>2H_2O - 4e \rightarrow 4H^+ + O_2</math><br/>           Загально:<br/> <math>2CuSO_4 + 2H_2O \rightarrow 2Cu + 2H_2SO_4 + O_2</math></p> | <p><b>H<sub>2</sub>O:</b><br/>           Катод: <math>2H_2O + 2e \rightarrow H_2 + 2OH^-</math><br/>           Анод: <math>2H_2O - 4e \rightarrow 4H^+ + O_2</math><br/>           Загально: <math>2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2</math></p> |
|--|--|--|

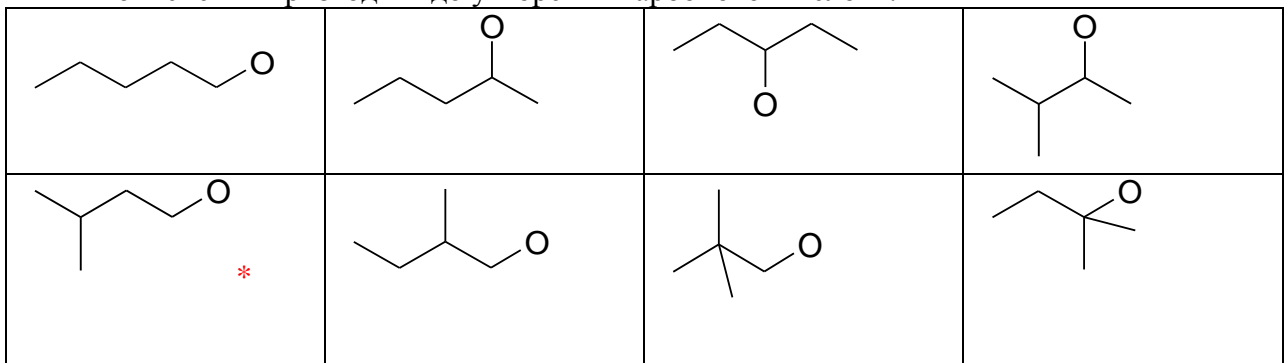
#### Задача 4. «Спирти»

Спирти відіграють ключову роль в сучасній промисловості, побуті та біологічних процесах. Наприклад, *ізоаміловий* спирт, основна складова сивушних масел, використовується як розчинник для отримання духмяних речовин та медичних препаратів. Спалювання 4,4 г *ізоамілового* спирту (масова частка Оксигену – 18,2 %) в надлишку кисню призводить до утворення 5,4 г води.

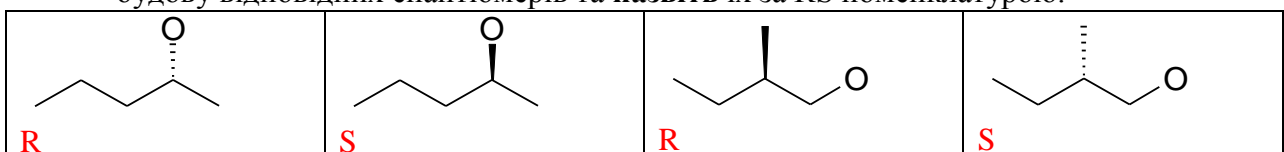
4.1 Розрахуйте брутто-формулу *ізоамілового* спирту.

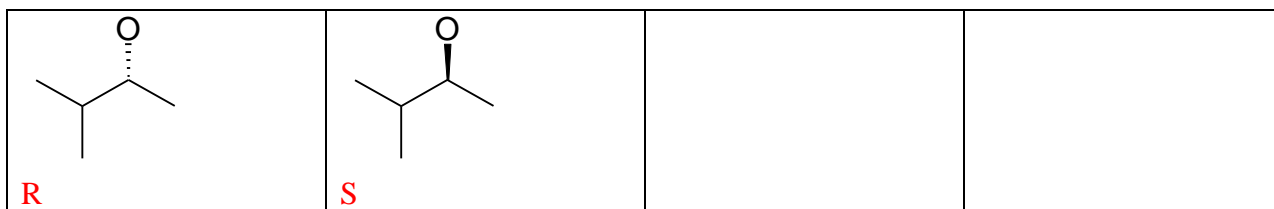
**C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>O**

4.2 Наведіть будову всіх ізомерних спиртів, які відповідають цій брутто-формулі та вкажіть, який з них є *ізоаміловим* (позначте зірочкою «\*»), якщо його молекула є розгалуженою, не містить четвертинних атомів Карбону та асиметричних центрів, а її окиснення призводить до утворення карбонової кислоти.

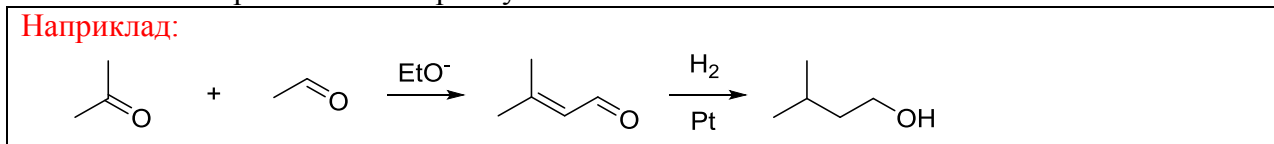


4.3 Які з ізомерів *ізоамілового* спирту містять асиметричний атом Карбону? Наведіть будову відповідних енантіомерів та назвіть їх за RS номенклатурою.



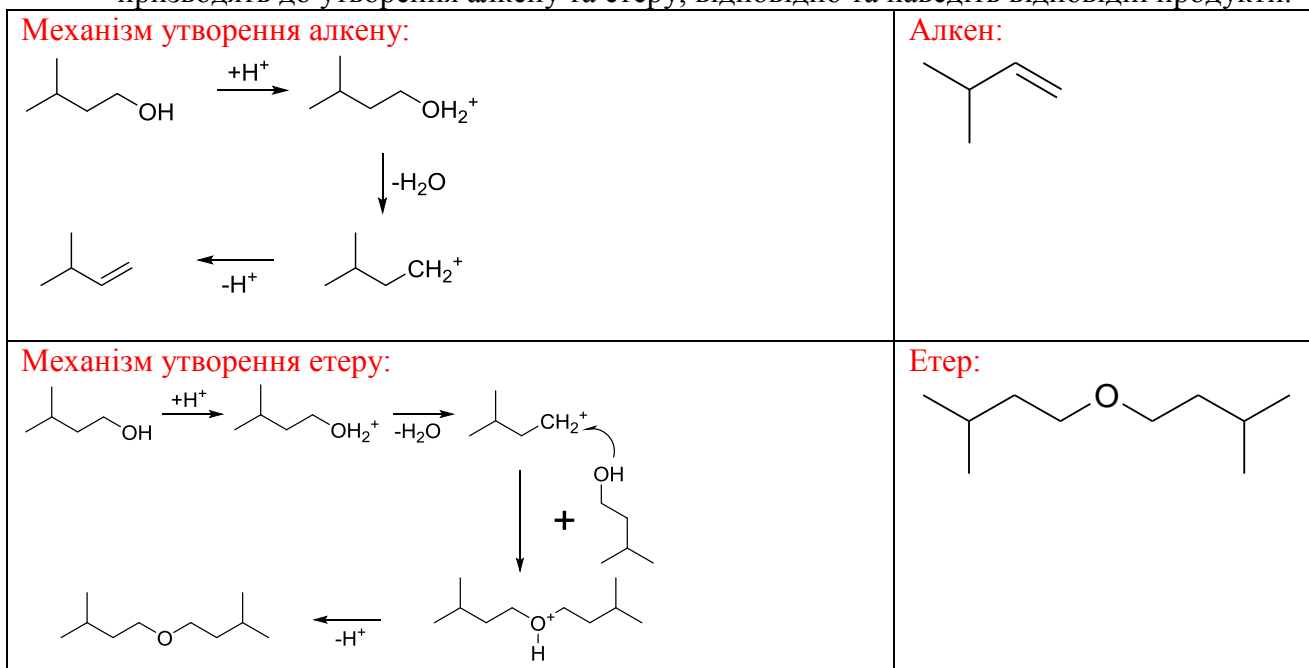


4.4 Запропонуйте схему синтезу *ізоамілового* спирту, виходячи зі сполук, що містять не більше трьох атомів Карбону.



Відомо, що в залежності від умов реакції, дегідратація спиртів може призводити до утворення або алкенів, або простих ефірів - етерів.

4.5 На прикладі *ізоамілового* спирту запропонуйте механізми реакції дегідратації, які призводять до утворення алкену та етеру, відповідно та наведіть відповідні продукти.



4.6 Намалуйте ізомер *ізоамілового* спирту, який буде дегідруватися найлегше. Обґрунтуйте ваш вибір та наведіть будову алкену(ів) – продукту(ів) його дегідратації (якщо можливо утворення декількох алкенів, **позначте зірочкою «\*»** той з них, який буде переважати в продуктах).

| Спирт  | Продукт(и) його дегідратації |
|--|------------------------------|
|  | *                            |
| <b>Термодинамічно стійкішими є третинні карбокатиони та найбільш розгалужені алкени.</b> |                              |

### Задача 5. «Скільки Кальцію в кістках?»

Біогеохімія – це наука, що вивчає склад та динаміку розподілу хімічних елементів на Землі під впливом живих організмів. Дослідження складу залишків живих організмів дає важливу інформацію щодо їх способу життя, раціону, тощо. У 2012 році археологами був досліджений елементний склад черепних кісток, добутих в місцях поховань наримських селюків – корінних жителів західного Сибіру періоду Середньовіччя.

Для аналізу кістковий матеріал ретельно очищувався, перемелювався та висушувався. Для визначення вмісту  $\text{Ca}^{2+}$  пробу кісткового матеріалу масою 1,000 г переводили у розчин за допомогою нітратної кислоти, додавали амоніачний буфер та титрували 0,100 М розчином трилону Б в присутності індикатору еріохрому чорного Т.

5.1 Встановіть масову частку йонів  $\text{Ca}^{2+}$  у черепних кістках наримських селькупів, якщо на титрування проби пішло 55,000 мл трилону Б. Вважайте, що проба не містить інших йонів, що заважають титруванню.

$$w(\text{Ca}^{2+}) = 22\%$$

5.2 У кістковій тканині йони  $\text{Ca}^{2+}$  знаходяться у складі *гідроксианатиту*. Встановіть за допомогою розрахунків найпростішу формулу *гідроксианатиту*, якщо відомо, що він містить 0,20 % Гідрогену та 18,50 % Фосфору за масою, а весь Фосфор знаходиться у вигляді фосфат-іону.



5.3 Виходячи з встановленої найпростішої формули *гідроксианатиту*, обчисліть його масову частку у кістковій тканині наримських селькупів.

$$w(\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})) = 55,25 \%$$

5.4 Обчисліть молярну концентрацію  $\text{Ca}^{2+}$  у насиченому розчині  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , якщо добуток розчинності  $K_s(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = 2 \cdot 10^{-29}$  (моль/л)<sup>5</sup>.

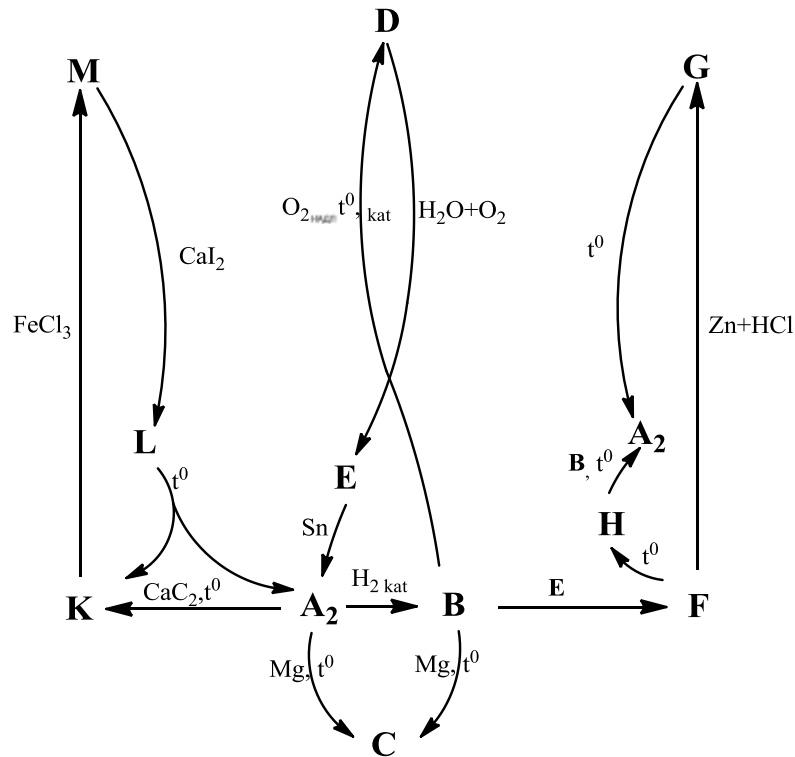
5.5 Обчисліть рН амоніачного буферу, якщо його приготували шляхом змішування 100 мл 0,5 М розчину амоній гідроксиду та 400 мл 0,1 М розчину амоній хлориду. Константа дисоціації  $K_b(\text{NH}_4\text{OH}) = 1,8 \cdot 10^{-5}$  моль/л.

5.6 Яким стане рН буферного розчину, якщо до нього додати рівний об'єм 0,04 М розчину хлоридної кислоти?

$$\text{pH} = 8,95.$$

### Задача 6. «Важливий неметал»

Проста речовина А складається з атомів деякого неметалу, який надзвичайно важливий для життя на Землі. Нижче наведено схему перетворень речовин, що містять елемент А та його масові частки у деяких сполуках.



| Речовина | A <sub>2</sub> | B     | D     | K     | L     | G     |
|----------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| W(A), %  | 100            | 82,35 | 30,45 | 30,41 | 28,77 | 43,74 |

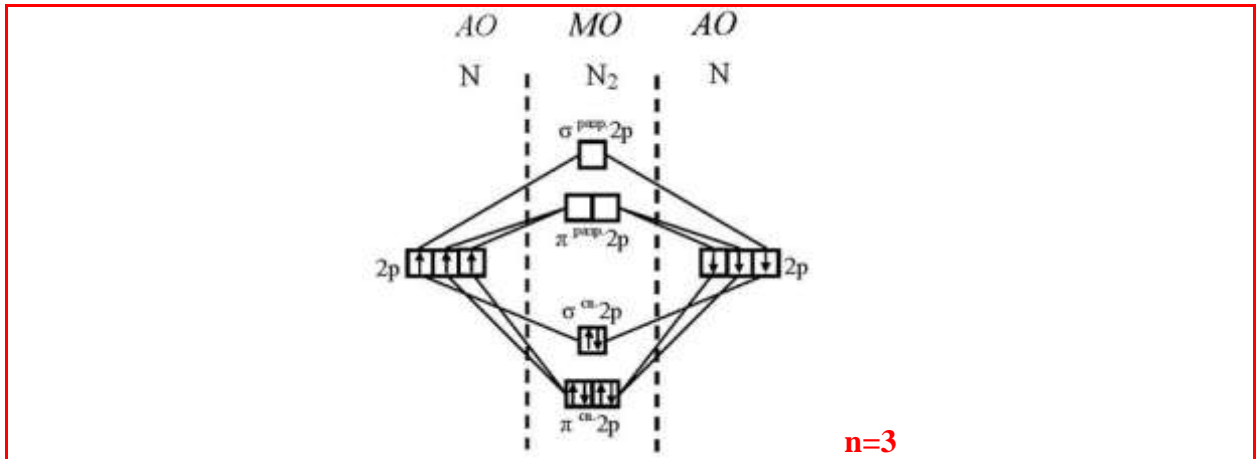
6.1 Розшифруйте невідомі речовини. Відповідь підтвердіть необхідними розрахунками. Зважте, що частина реакцій відбувається у водних розчинах, а зашифровані речовини не обов'язково є єдиними продуктами реакцій.

|                                     |                      |                                    |  |   |                                     |
|-------------------------------------|----------------------|------------------------------------|--|---|-------------------------------------|
| A <sub>2</sub> – N <sub>2</sub>     | B – NH <sub>3</sub>  | C – Mg <sub>3</sub> N <sub>2</sub> | D – NO <sub>2</sub>                        | E – HNO <sub>3</sub>                                    | F – NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> |
| G – NH <sub>4</sub> NO <sub>2</sub> | H – N <sub>2</sub> O | K – Ca(CN) <sub>2</sub>            | L – Ca <sub>2</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ] | M – Ca <sub>3</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ] <sub>2</sub> |                                     |

6.2 Запишіть рівняння всіх перетворень, що зображені на схемі.

|   |   |
|---|---|
| $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 = 2\text{NH}_3$ $2\text{NH}_3 + 3\text{Mg} = \text{Mg}_3\text{N}_2 + 3\text{H}_2$ $\text{N}_2 + 3\text{Mg} = \text{Mg}_3\text{N}_2$ $4\text{NH}_3 + 7\text{O}_2 = 4\text{NO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ $4\text{NO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{HNO}_3$ $12\text{HNO}_3 + 5\text{Sn} = 5\text{Sn}(\text{NO}_3)_2 + \text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ $\text{CaC}_2 + \text{N}_2 = \text{Ca}(\text{CN})_2$ | $6\text{Ca}(\text{CN})_2 + 2\text{FeCl}_3 = \text{Ca}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2 + 3\text{CaCl}_2$ $\text{Ca}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2 + \text{CaI}_2 = 2\text{Ca}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6] + \text{I}_2$ $3\text{Ca}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6] = 6\text{Ca}(\text{CN})_2 + \text{Fe}_3\text{C} + 5\text{C} + 3\text{N}_2$ $\text{NH}_3 + \text{HNO}_3 = \text{NH}_4\text{NO}_3$ $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{Zn} + 2\text{HCl} = \text{NH}_4\text{NO}_2 + \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{NH}_4\text{NO}_2 = \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{NH}_4\text{NO}_3 = \text{N}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O}$ $3\text{N}_2\text{O} + 2\text{NH}_3 = 4\text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ |
|---|---|

6.3 Зобразіть схему розподілу електронів на молекулярних орбіталях молекули A<sub>2</sub>. Та розрахуйте порядок зв'язку між атомами A.



6.4 Речовина **В** здатна присднувати йон Гідрогену за реакцією  $\text{B} + \text{H}^+ \leftrightarrow \text{BH}^+$ . Стандартна константа рівноваги цієї реакції складає  $K(\text{BH}^+) = 1,75 \cdot 10^9$ . Обчисліть рН 0,10 М розчину **В** у воді.

**pH = 11,12.**

6.5 Обчисліть ступінь гідролізу **В** у 0,100 М розчині.

**$\beta = 1,3\%$ .**

### Задача 7. «Триметилстанан»

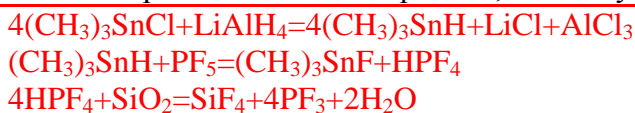
Триметилстанан – речовина **G** ( $w(\text{Sn})=72,02\%$ ) часто використовується як відновник у хімічних реакціях. Наприклад, типовою є його взаємодія з деяким галогенідом Фосфору  $\text{PX}_a$ . Одним з продуктів цієї реакції є речовина  $\text{PX}_b\text{Y}_{a-b}$ . Відомо, що речовину  $\text{PX}_b\text{Y}_{a-b}$  не можна тривалий час зберігати у скляному посуді, оскільки при цьому посуд руйнується і утворюються дві газоподібні речовини, молекули яких містять елемент X:  $\text{PX}_{b-1}$  та **D** ( $M_D=1,183M(\text{PX}_{b-1})$ ).

Триметилстанан можна отримати взаємодією  $\text{LiAlH}_4$  з речовиною **F** ( $w(\text{C})=18,08\%$ ,  $w(\text{Sn})=59,57\%$ ) за кімнатної температури.

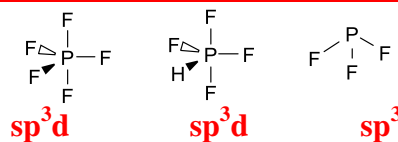
7.1 Встановіть невідомі речовини.

**F –  $(\text{CH}_3)_3\text{SnCl}$ ; G –  $(\text{CH}_3)_3\text{SnH}$ , Y – H; X – F; D –  $\text{SiF}_4$ .**

7.2 Запишіть рівняння хімічних реакцій, що згадуються в задачі



7.3 Зобразіть геометричну будову молекул  $\text{PX}_a$ ,  $\text{PX}_b\text{Y}_{a-b}$  та  $\text{PX}_{b-1}$ . Та вкажіть тип гібридизації атомів Фосфору.



Відомо, що залежність тиску насиченої пари над твердим  $\text{PX}_b\text{Y}_{a-b}$  задається рівнянням:

Тиск над рідким  $\text{PX}_b\text{Y}_{a-b}$  задається наступним рівнянням:

7.4 Розрахуйте  $T_{\text{кип}}$  та  $T_{\text{пл}}$  для  $\text{PX}_b\text{Y}_{a-b}$  (вважати що розклад не відбувається)

**$T_{\text{кип}} = 237,2 \text{ K}$ ;  $T_{\text{пл}} = 176,2 \text{ K}$ .**

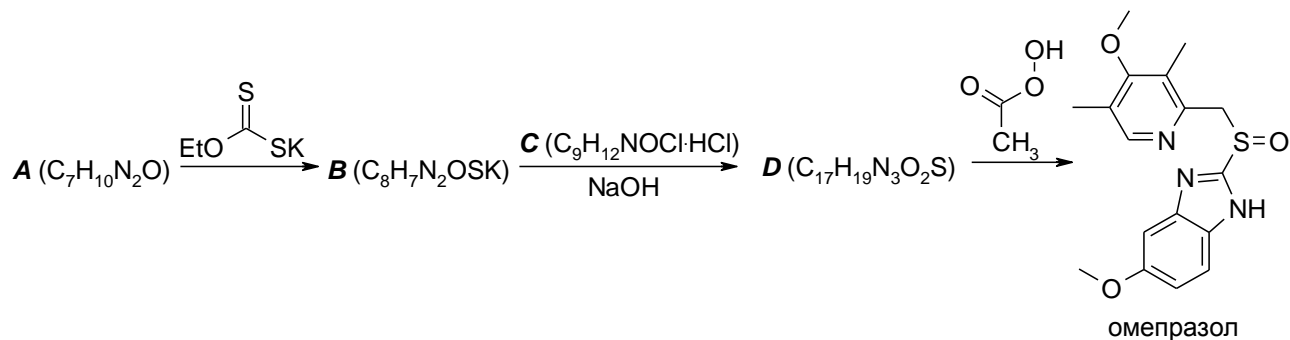
7.5 Розрахуйте  $\Delta H_{\text{кип}}$  та  $\Delta H_{\text{пл}}$ . Вважайте насичену пару ідеальним газом.

$$\Delta H_{\text{плавлення}} = 11,04 \text{ кДж/моль}$$

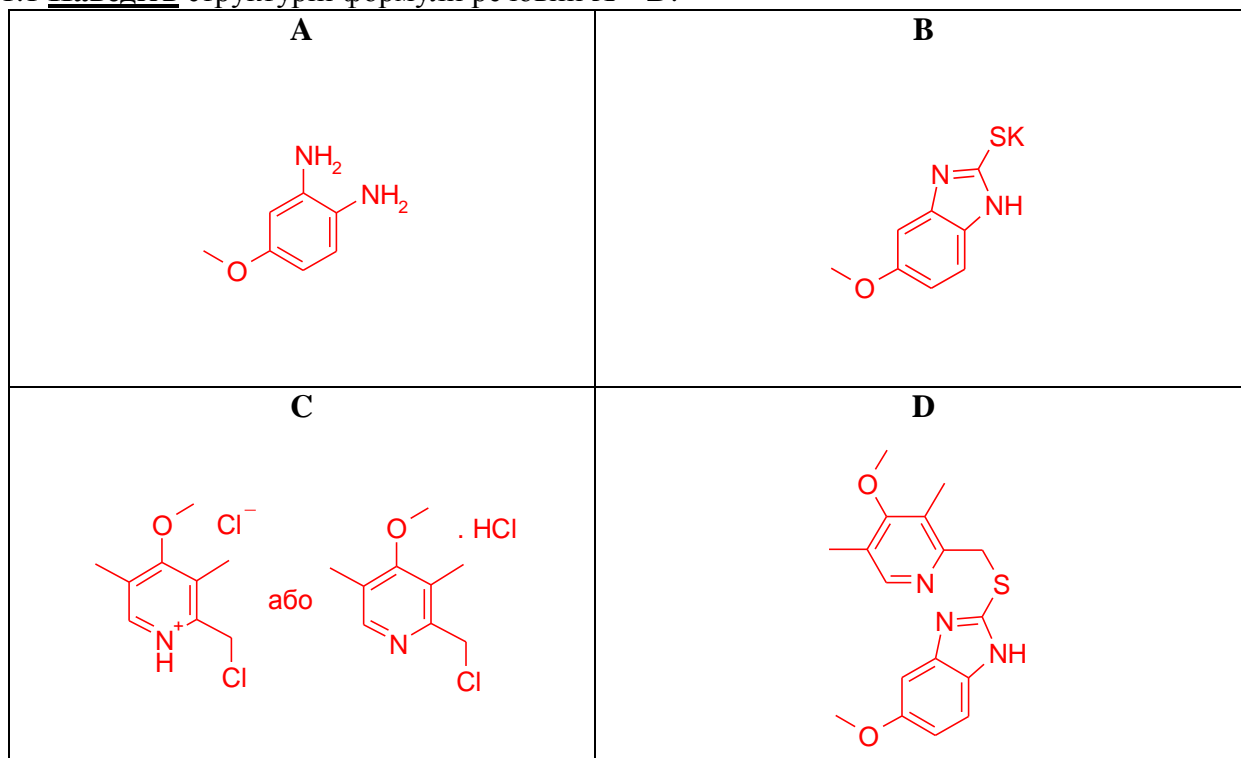
# 11 клас. 2 тур.

## Задача 1. Езомепразол

Лікарський засіб езомепразол, що застосовується для лікування виразки шлунку, вже протягом п'яти років входить до трійки найбільш продаваних препаратів у світі. Дія його полягає в перекриванні протонних насосів, які знаходяться в клітинах стінок шлунку, що призводить до зниження секреції кислоти. Езомепразол є *S*-енантіомером введеного у практику ще в 1989 році противиразкового препарату омепразолу, схему синтезу якого зашифровано нижче.

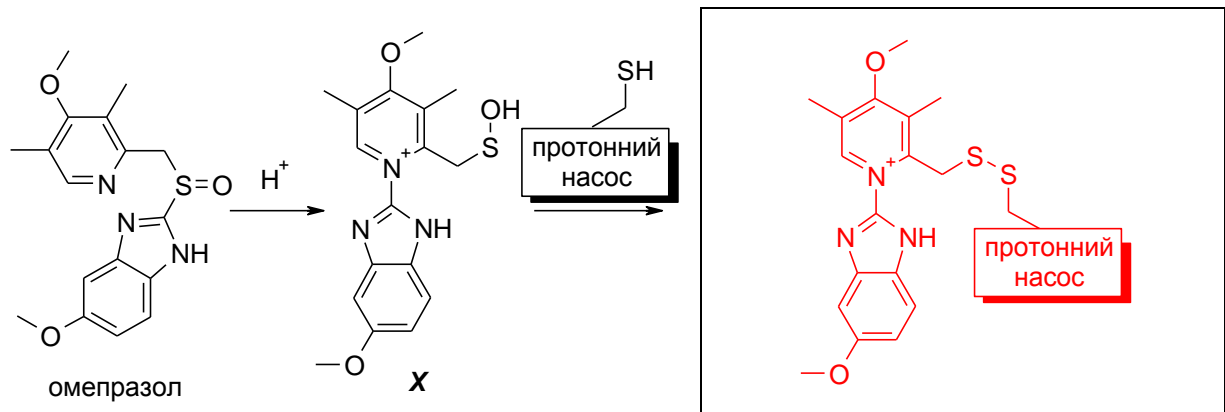


1.1 Наведіть структурні формули речовин **A – D**.

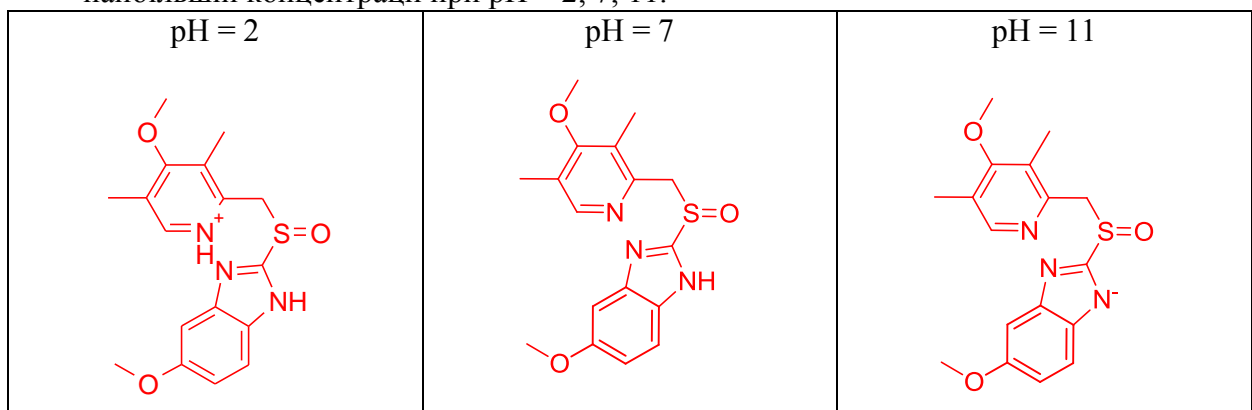


Омепразол є надзвичайно нестійким в кислому середовищі: при рН = 2 його період напіврозкладу становить 105 сек. В лужному ж середовищі стійкість омепразолу суттєво підвищується і сягає максимуму при рН = 11. Низька стійкість омепразолу в кислому середовищі пояснюється його перегрупуванням на реакційноздатну активну частинку **X** після протонування. Відомо, що саме **X** викликає перекривання протонних насосів клітин стінок шлунку: це відбувається за рахунок реакції із залишками цистеїну, що присутні в активних центрах протонних насосів.

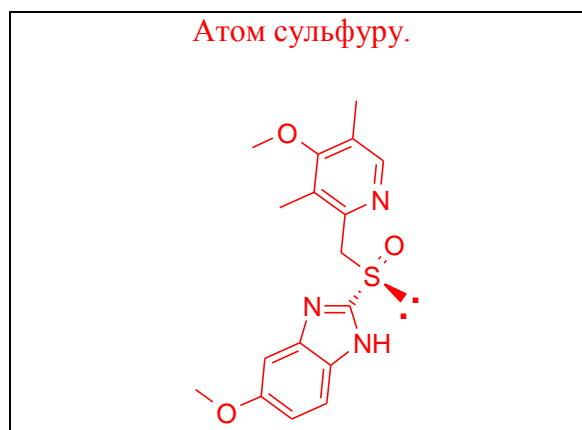
1.2 Схематично зобразіть структуру продукту взаємодії **X** з цистеїновими залишками.



1.3 Було визначено величини  $pK_a$  омепразолу:  $pK_{a1} = 3,98$ ,  $pK_{a2} = 8,7$ . Враховуючи ці дані, **наведіть** форми омепразолу, що присутні в його розчинах (до його розкладу) у найбільшій концентрації при  $pH = 2$ ;  $7$ ;  $11$ .



1.4 **Вкажіть**, який атом в структурі омепразолу є асиметричним центром. **Зобразіть** структурну формулу езомепразолу (*S*-енантіомер) з вказанням конфігурації цього асиметричного центру.



1.5 Зручною лікарською формою езомепразолу є його магнієва сіль,  $\text{MgEs}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{Es}^-$  – аніон езомепразолу). Її розчинність у воді складає  $3,5 \cdot 10^{-4}$  моль/л. **Встановіть** значення добутку розчинності цієї солі, повністю знехтувавши її гідролізом.

$DP = 1,7 \cdot 10^{-10}$

1.6 Використовуючи значення  $pK_a$  езомепразолу, що наведено вище, **встановіть** добуток розчинності його магнієвої солі та  $pH$  її насиченого водного розчину (знехтуйте гідролізом за  $K_{a1}$ ).

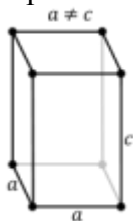
$pH = 9,8$ ;  $DP = 3,5 \cdot 10^{-4} \cdot (6,4 \cdot 10^{-4})^2 = 1,4 \cdot 10^{-10}$ .

**Задача 2. Історичний метал**

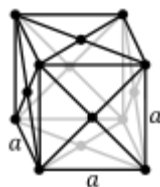


Метал **X** відомий людству з давнини. В природі зустрічається десять ізотопів відповідного хімічного елемента. Проста речовина поліморфна. В звичайних умовах існує у вигляді  $\square$ -модифікації ( $X_{\square}$ ). При охолодженні до температури 13,2°C починає перетворюватись в  $\square$ -модифікацію ( $X_{\square}$ ), цей процес проходить досить швидко при температурі -33°C.

Одна з модифікацій має тетрагональну кристалічну ґратку (параметри елементарної комірки:  $a = 0,583$  нм,  $c = 0,3181$  нм, містить 4 атоми **X**) і густину 7,29 г/см<sup>3</sup>.



тетрагональна



кубічна гранецентрована

2.1 **Розрахуйте** атомну масу елемента та **назвіть** його.

$M = 118,7$ ; **Sn**.

Інша модифікація має кубічну гранецентровану кристалічну ґратку. Радіус атома елемента  $X \approx 0,182$  нм.

2.2 **Знайдіть густину** цієї модифікації. **Назвіть** речовини  $X_{\alpha}$  і  $X_{\beta}$ .

$\rho = 5,770$  г/см<sup>3</sup>;  **$X_{\beta}$  - біле олово;  $X_{\alpha}$  - сіре олово.**

Перетворення  $X_{\beta}$  в  $X_{\alpha}$  стало причиною загибелі однієї відомої експедиції.

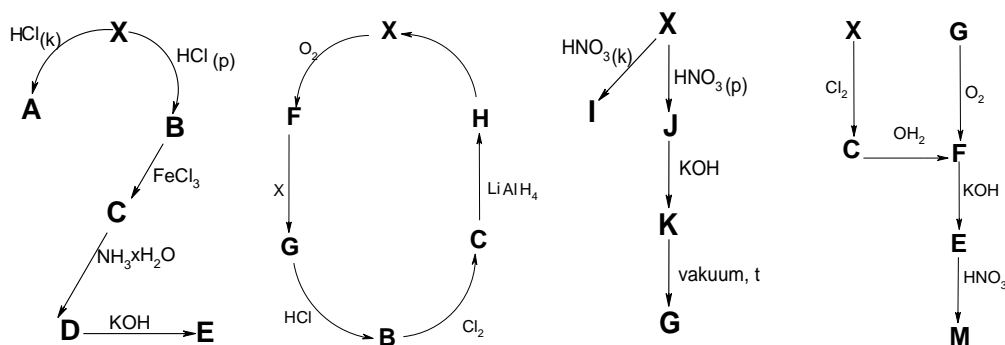
2.3 **Поясніть** причину загибелі експедиції.

**Фазовий перехід  $\beta$ -Sn в  $\alpha$ -Sn супроводжується збільшенням питомого об'єму на 25,6%, що призводить до розсіпання олова в порошок.**

Проста речовина і сполуки елемента **X** виявляють чимало цікавих властивостей.

2.4 **Розшифруйте** речовини **A – K** та **M**, наведені на схемі перетворень, якщо

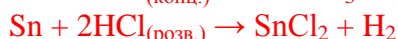
- всі вони містять елемент **X**;
- **B, C, F, G, H** – бінарні сполуки;
- мають однаковий якісний склад речовини **B** та **C**, **F** та **G**, **D** та **I**, **J** та **M**.



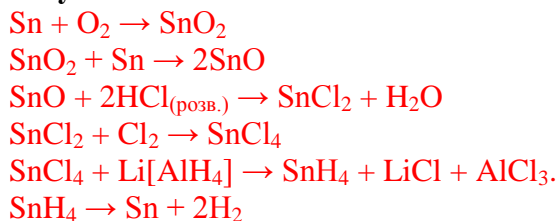
| A                                       | B               | C  | D  | E                             | F                          |
|---|-----------------|--|--|-------------------------------|----------------------------|
| $H\text{SnCl}_3$ або $H_2\text{SnCl}_4$ | $\text{SnCl}_2$ | $\text{SnCl}_4$  | $H_2[\text{Sn}(\text{OH})_6]$ або $\text{Sn}(\text{OH})_4$ | $K_2[\text{Sn}(\text{OH})_6]$ | $\text{SnO}_2$             |
| G                                       | H               | I  | J  | K                             | M                          |
| $\text{SnO}$                            | $\text{SnH}_4$  | $H_2\text{SnO}_3$ або $\text{SnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ | $\text{Sn}(\text{NO}_3)_2$                                 | $\text{Sn}(\text{OH})_2$      | $\text{Sn}(\text{NO}_3)_4$ |

2.5 **Запишіть** рівняння реакцій зашифрованих в схемі.

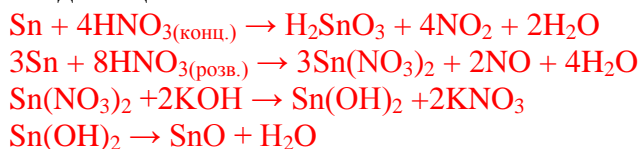
**Двійка**



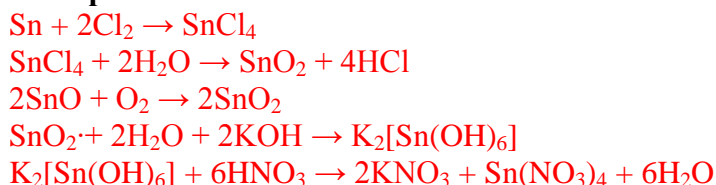
### Нуль



### Одиниця



### Четвірка



### Задача 3. Термодинаміка оксидів металів

Оксиди металів є, зазвичай, стійкими сполуками, проте бувають і винятки. Деякі з них можуть самочинно розкладатися при відносно невисоких температурах. Нижче подано термодинамічні характеристики деяких оксидів металів та Карбону, а саме: стандартні ентальпії утворення  $\Delta_f H_{298}^{\circ}$  та стандартні зміни ентропії  $\Delta_f S_{298}^{\circ}$  цих реакцій.

|   | Реакція  | $\Delta_f H_{298}^{\circ}$ , кДж/моль | $\Delta_f S_{298}^{\circ}$ , Дж/К·моль |
|---|--|---------------------------------------|--|
| 1 | $2 \text{Ag} + \frac{1}{2} \text{O}_2 = \text{Ag}_2\text{O}$ | -31,13                                | -66,67                                 |
| 2 | $\text{Cu} + \frac{1}{2} \text{O}_2 = \text{CuO}$            | -157,03                               | -93,20                                 |
| 3 | $\text{Fe} + \frac{1}{2} \text{O}_2 = \text{FeO}$            | -264,85                               | -68,92                                 |
| 4 | $\text{Ti} + \text{O}_2 = \text{TiO}_2$                      | -943,87                               | -185,33                                |
| 5 | $\text{C} + \frac{1}{2} \text{O}_2 = \text{CO}$              | -110,53                               | 89,29                                  |
| 6 | $\text{CO} + \frac{1}{2} \text{O}_2 = \text{CO}_2$           | -282,98                               | -86,39                                 |

3.1 **Поясніть**, чому зміни ентропії в усіх реакціях, крім №5 від'ємні, а в реакції №5 – додатні.

В реакціях №№1–4 реагентом є газоподібний кисень, а продукти – тверді речовини, мольна ентропія газу завжди значно більше, ніж мольна ентропія твердої речовини. В реакції №6 зменшується загальна кількість молів газів при перебігу реакції, отже зміна ентропії в цій реакції також від'ємна. В реакції №5 збільшується загальна кількість молів газів при перебігу реакції, отже зміна ентропії в цій реакції додатна.

3.2 Користуючись даними таблиці, **вказіть**, які оксиди металів можуть самочинно розкладатися при прожарюванні на повітрі при температурі до 1000 К та **оцініть** цю температуру (вважайте, що ентальпія та ентропія не залежать від температури, а парціальний тиск кисню в повітрі складає 0,2 бар).

$\text{Ag}_2\text{O}$ ; 518К.

3.3 **При якій мінімальній температурі** можна відновити Карбоном оксид міді?

255 К.

3.4 **Чи доцільно відновлювати** Карбоном діоксид титану? Відповідь **підтвердіть** розрахунком. **Як отримують титан** із його діоксиду у промисловості?

Ні. В промисловості Ті отримують за схемою:  
Перша стадія процесу:  $\text{TiO}_2 + \text{C} + \text{Cl}_2 = \text{TiCl}_{4(\text{г.})} + \text{CO}_2$ ;



3.5 **Оцініть** об'ємний склад (у %) рівноважної газової суміші, що утвориться при відновленні FeO монооксидом карбону при температурі 1000 К і тиску 1 атм. **Як** рівноважний склад суміші **зміниться** при збільшенні загального тиску вдвічі?

$$x_{(\text{CO}_2)} = 0.52, \quad x_{(\text{CO})} = 0.48.$$

Тиск не впливатиме на склад рівноважної суміші.

#### Задача 4. Кінетика лужного гідролізу

При дослідженні кінетики лужного гідролізу етилацетату при 0°C за рівних початкових концентрацій розчинів етилацетату та натрій гідроксиду по 0,1 моль/л були отримані наступні дані:

|                           |       |       |       |       |       |       |       |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Час, с                    | 30    | 55    | 100   | 200   | 420   | 720   | 950   |
| Концентрація NaOH, моль/л | 0,094 | 0,090 | 0,084 | 0,072 | 0,055 | 0,042 | 0,035 |

4.1 **Розрахуйте** константу швидкості цієї реакції за вказаних умов.

$$0,0197 \text{ л}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{с}^{-1}.$$

Дослідження кінетики цієї ж реакції при температурі 20°C дозволило встановити, що при рівних початкових концентраціях реагентів  $C_0$  половина луку прореагувала за такий час:

|                  |       |      |      |
|------------------|-------|------|------|
| $C_0$ , моль/л   | 0,08  | 0,1  | 0,5  |
| $\tau_{1/2}$ , с | 114,7 | 91,7 | 18,4 |

4.2 **Визначте** енергію активації реакції гідролізу етилацетату.

$$56,9 \text{ кДж/моль}.$$

При дослідженні кінетики реакції гідролізу трет-бутилацетату натрій гідроксидом при 20°C встановили, що час напівперетворення натрій гідроксиду змінюється наступним чином при зміні початкових концентрацій реагентів (рівні одна одній):

|                   |       |       |      |
|-------------------|-------|-------|------|
| $C_0$ , моль/л    | 0,05  | 0,1   | 0,15 |
| $\tau_{1/2}$ , хв | 246,9 | 123,5 | 82,3 |

4.3 **Розрахуйте** константу швидкості гідролізу трет-бутилацетату. **Порівняйте** константи швидкості реакцій омилення етилацетату та трет-бутилацетату і поясніть співвідношення між ними.

$$0,00135 \text{ л}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{с}^{-1}.$$

При дослідженні кінетики реакції лужного гідролізу трет-бутилхлориду при 20°C було отримано наступну залежність часу напівперетворення натрій гідроксиду від початкових концентрацій трет-бутилхлориду та луку (їх також брали рівними):

|                  |       |       |       |
|------------------|-------|-------|-------|
| $C_0$ , моль/л   | 0,05  | 0,1   | 0,15  |
| $\tau_{1/2}$ , с | 38,75 | 38,75 | 38,75 |

4.4 **Знайдіть** константу швидкості реакції лужного гідролізу трет-бутилхлориду. **Поясніть відмінність** кінетичних параметрів реакцій гідролізу трет-бутилхлориду та трет-бутилацетату.

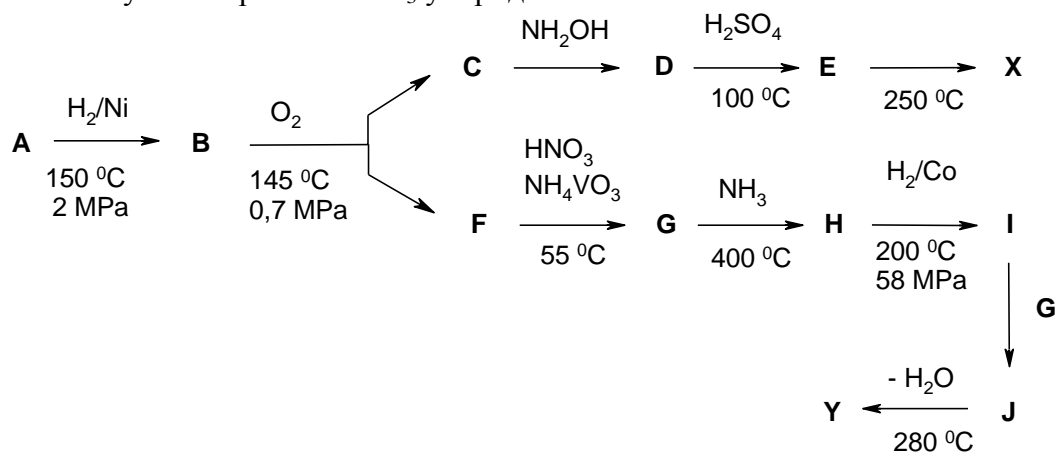
$$0,0179 \text{ с}^{-1}. \text{ Гідроліз третинних галоген алканів відбувається за } S_N1 \text{ механізмом.}$$

#### Задача 5. Du Pont

У 30-х роках ХХ століття американський концерн Du Pont оголосив, що його хіміки винайшли матеріал «тонший за павутину, міцніший сталі та елегантніший шовку». З часом

цей матеріал міцно закріпився в нашому побуті і залишається популярним як серед справжніх чоловіків (автопокришки, парашути, тощо), так і справжніх жінок (одяг, панчохи), а компанія Du Pont щороку отримує декілька мільярдів доларів за патент на цей матеріал.



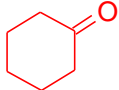
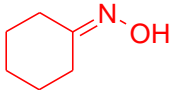
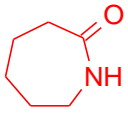
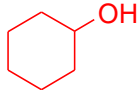
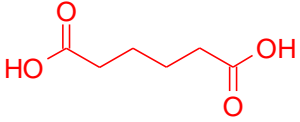


Існує два ізомерні види цього матеріалу – полімери **X** і **Y**, які, за наведеною нижче технологічною схемою, отримують з одного з найважливіших продуктів хімічної промисловості – рідкого вуглеводню **A**. Спалювання 1,000 г цього матеріалу (або тієї ж кількості сполуки **E**) утворюється 2,337 г CO<sub>2</sub>, 0,876 г H<sub>2</sub>O та 0,124 N<sub>2</sub>. Сполуку **C** можна отримати зі сполуки **F** обробкою CrO<sub>3</sub> у піридині.



5.1 **Розрахуйте** брутто-формулу матеріалів **X**, **Y** та сполуки **E**.

**E – C<sub>6</sub>H<sub>11</sub>NO.**

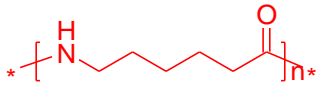
5.2 **Наведіть** структури сполук **A – J**, якщо **G** – кислота, а **I** – основа.

|  |   |   |
|--|---|---|
| <b>A</b><br>  | <b>B</b><br> | <b>C</b><br> |
| <b>D</b><br>  | <b>E</b><br> | <b>F</b><br> |
| <b>G</b><br>  | <b>H</b><br> | <b>I</b><br> |
| <b>J</b><br>+H <sub>3</sub> N(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> NH <sub>3</sub> <sup>+</sup><br>-O <sub>2</sub> C(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> CO <sub>2</sub> <sup>-</sup> |   |   |

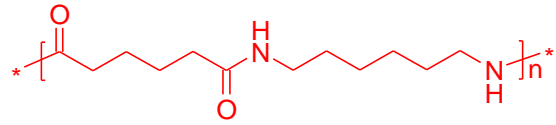
5.3 **Наведіть будову** елементарної ланки полімерів **X** та **Y** та тривіальну назву вищезгаданих матеріалів.

Назва матеріалу: **НЕЙЛОН**

**X**



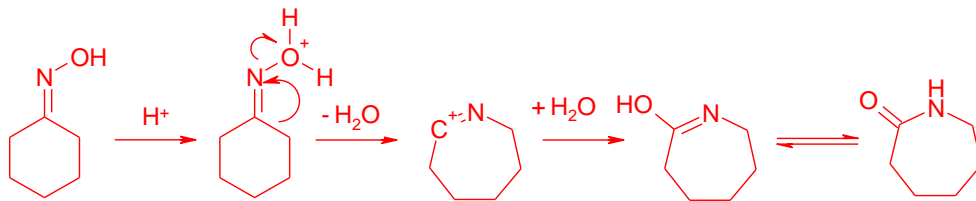
**Y**



5.4 Яку назву має перетворення сполуки **D** в **E**? Наведіть механізм цього перетворення.

Назва перетворення: **ПЕРЕГРУПУВАННЯ БЕКМАНА**

Механізм:



### Задача 6. Задача про електроліз

0,975 г бінарного хлориду **X** розчинили в 200 мл розведеної хлоридної кислоти. Половину утвореного фіалково-блакитного розчину помістили в анодну частину електролізера (з розділеним катодним і анодним простором) і піддали електролізу з платиновим електродом. Для повного перебігу електрохімічної реакції (за певного потенціалу) знадобилося рівно 2 години ( $I = 0,1072 \text{ A}$ , вихід за струмом 100 %).

Другу частину розчину залишили на ніч у відкритій склянці. Зранку з цим розчином спробували провести електроліз, як і з першою половиною, але виявилось, що електрохімічна реакція не йде (за такого ж значення потенціалу). З цього розчину лаборант зміг виділити 0,552 г блакитно-зеленуватої речовини **Y** (вважайте, що вихід 100 %, а речовина **Y** безводна).

6.1 **Встановіть** речовини **X** та **Y**, якщо відомо, що **Y** містить 36,9 % металу.

**X** -  $\text{VCl}_2$

**Y** -  $\text{VOCl}_2$

6.2 **Напишіть рівняння** реакцій, згаданих в умові задачі. **Поясніть**, чому не вдалося провести електроліз другої порції розчину.

Електроліз:

на аноді:  $\text{VCl}_2 - 2e + \text{H}_2\text{O} = \text{VOCl}_2 + 2\text{H}^+$

на катоді:  $2\text{H}^+ + 2e = \text{H}_2$

Стояння розчину на повітрі:

$2\text{VCl}_2 + \text{O}_2 = 2\text{VOCl}_2$

Електроліз другої порції розчину провести не вдалося, оскільки  $\text{V}^{2+}$  окислився киснем повітря.

Лаборант спробував визначити концентрацію вихідного розчину **X** шляхом титрування розчином калій перманганату. Але на титрування пішло в декілька разів більше розчину  $\text{KMnO}_4$ , ніж він очікував!

6.3 **Напишіть рівняння** реакцій, які проходили при титруванні.

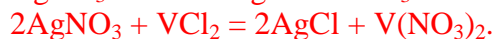
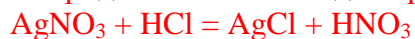
$5\text{VCl}_2 + 3\text{KMnO}_4 + 14\text{HCl} = 5\text{VOCl}_2 + 3\text{KCl} + 3\text{MnCl}_2 + 7\text{H}_2\text{O}$

$2\text{KMnO}_4 + 16\text{HCl} = 2\text{KCl} + 2\text{MnCl}_2 + 5\text{Cl}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$

6.4 **Запропонуйте** реактив (або декілька), додавання якого до вихідного розчину **X** дозволить визначити його концентрацію титруванням перманганатом. Який об'єм 0,05 М розчину калій перманганату буде витрачено на титрування 25 мл розчину **X** (така ж концентрація, як в умові задачі)?

Треба видалити хлорид-іони, але для титрування середовище має бути кислим.

Хлорид-іони можна осадити розчином нітрату срібла:

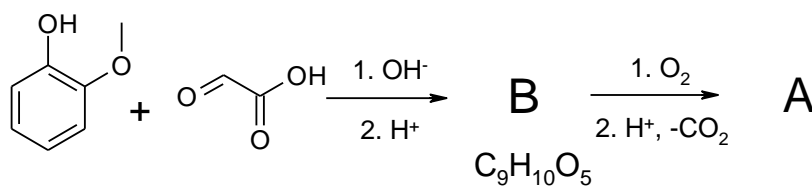


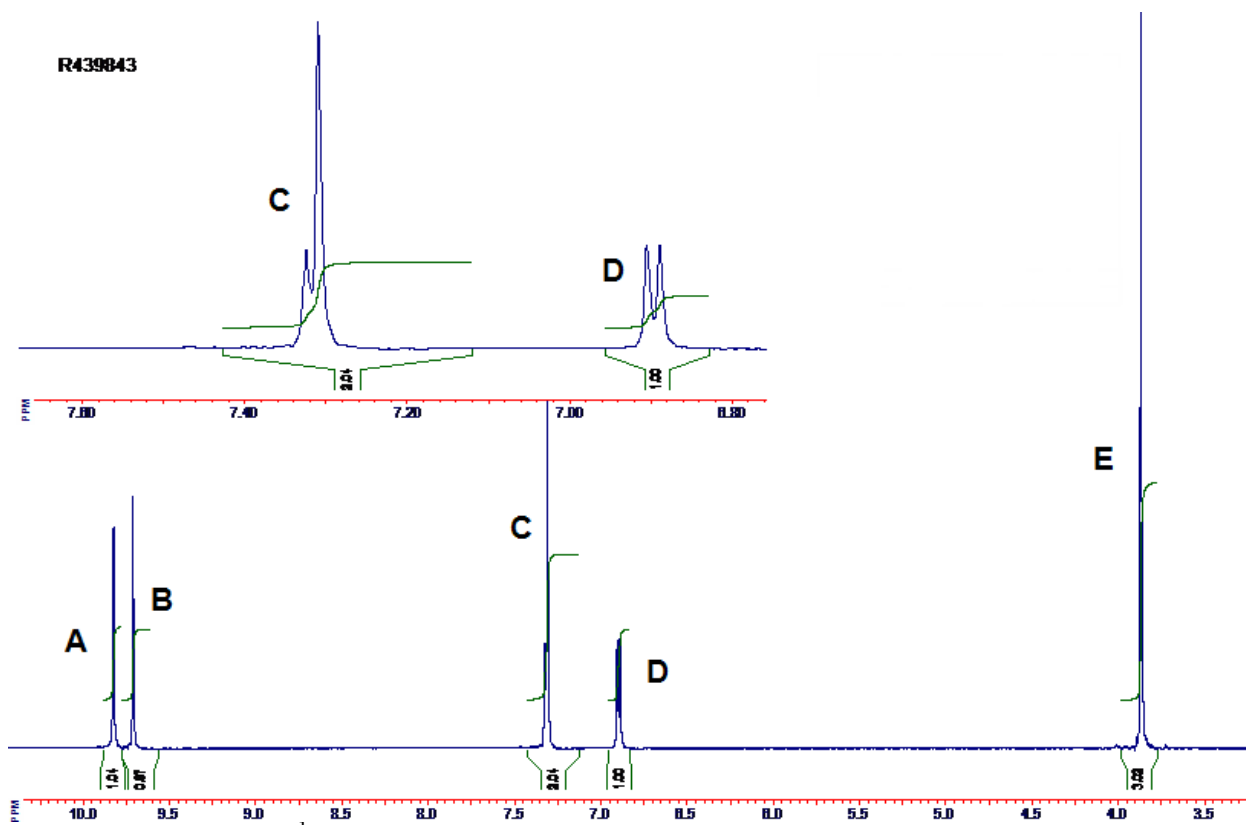
### Задача 7. “Ще раз про “Е-шки”...”

Жоден з сучасних виробників харчових продуктів не може обійтись без **харчових добавок** – речовин, які у технологічних цілях додають до продуктів харчування у процесі виробництва для придання їм необхідних якостей. Інформацію про деякі з таких добавок, які дозволені у Європейському союзі, можна знайти в Інтернеті або на упаковці відповідної продукції:

| Харчова добавка | Назва             | Формула                                | Використання                         |
|-----------------|-------------------|--|--------------------------------------|
| <b>E100</b>     | Куркумін          | $\text{C}_{21}\text{H}_{20}\text{O}_6$ | Натуральний барвник                  |
| <b>E200</b>     | Кислота сорбінова | $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_2$       | Консервант                           |
| <b>E270</b>     | ???               | $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$       | Консервант                           |
| <b>E330</b>     | ???               | $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$       | Регулятор кислотності, консервант    |
| <b>E1510</b>    | ???               | $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$         | Ароматизатор, консервант             |
| <b>A</b>        | ???               | $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3$       | Ароматизатор ідентичний натуральному |

- Історично природну сполуку **A** отримували з плодів *Vanilla planifolia*, але на протязі ХХ століття були розроблені декілька промислових методів синтезу цієї сполуки, що значно знизило її собівартість. Нижче наведена одна з промислових схем отримання сполуки **A** та її  $^1\text{H}$  ЯМР спектр.

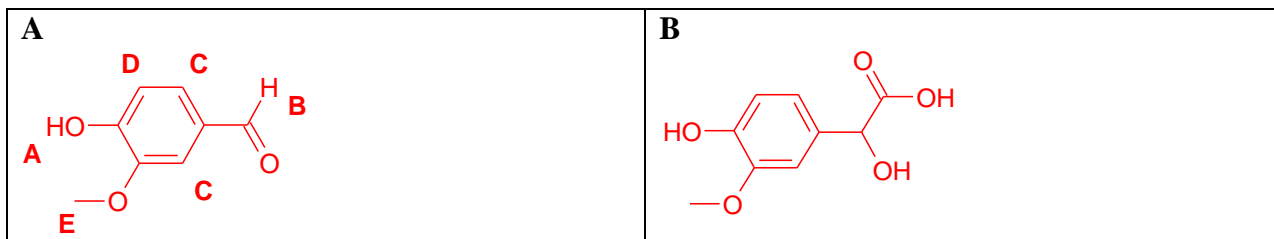




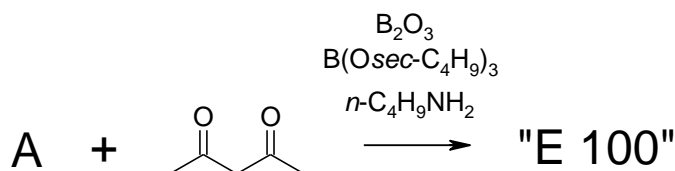
<sup>1</sup>H ЯМР спектр сполуки А (500 MHz, DMSO-d<sub>6</sub>).

7.1 **Визначте** сполуки А, В. **Співвіднесіть** сигнали <sup>1</sup>H ЯМР спектрі сполуки А.

Для цього у листі відповідей на формулі сполуки А вкажіть, до яких протонів відносяться сигнали у спектрі, позначені літерами.



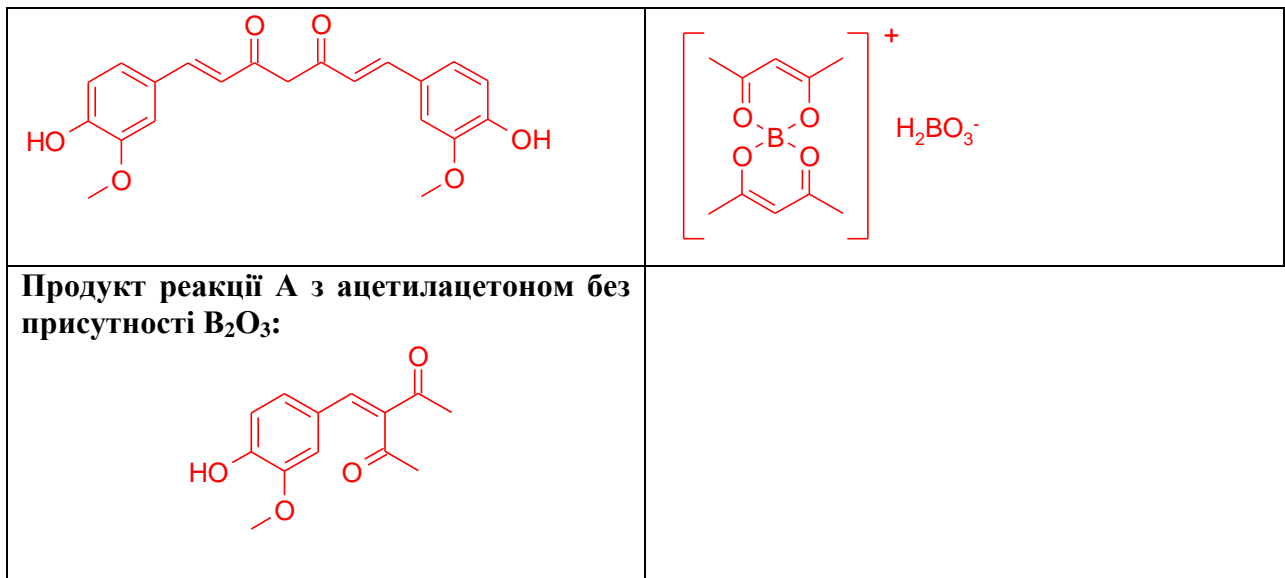
- Харчова домішка-**E100** – жовтий барвник та пряність з рослини *Curcuma longa*, яку економічно вигідніше отримувати з природної сировини. Однак для цієї сполуки також був розроблений синтетичний метод:



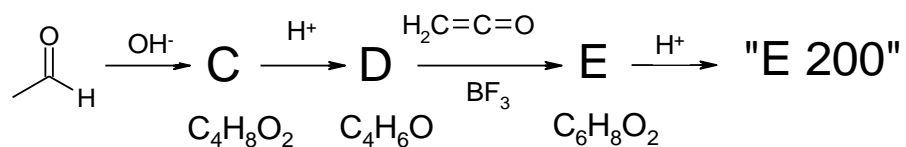
7.2 **Визначте** сполуку **E 100**, якщо відомо, що у <sup>13</sup>C ЯМР спектрі вона має 11 сигналів.

Також **наведіть** проміжну сполуку/сполуки, завдяки утворенню яких реакція А з ацетилацетоном призводить до **E100**. **Який продукт** реакції А з ацетилацетоном утворюється при основному каталізі без присутності B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>?

|       |                                   |
|-------|-----------------------------------|
| E 100 | Проміжна сполука при синтезі E100 |
|-------|-----------------------------------|



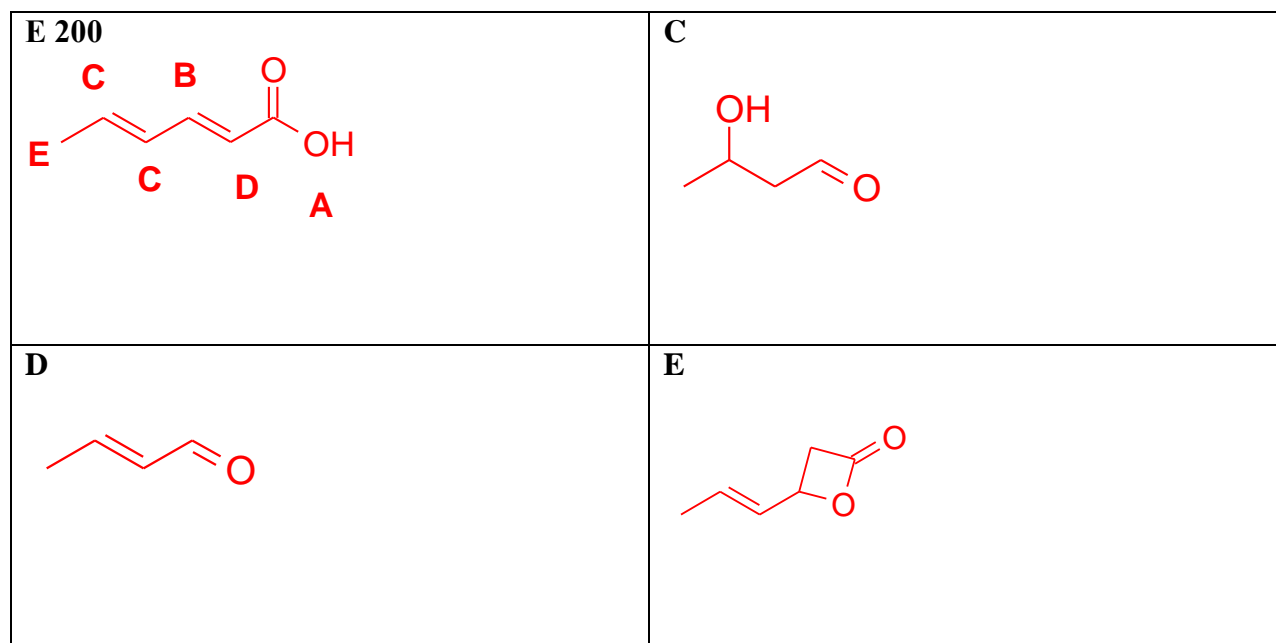
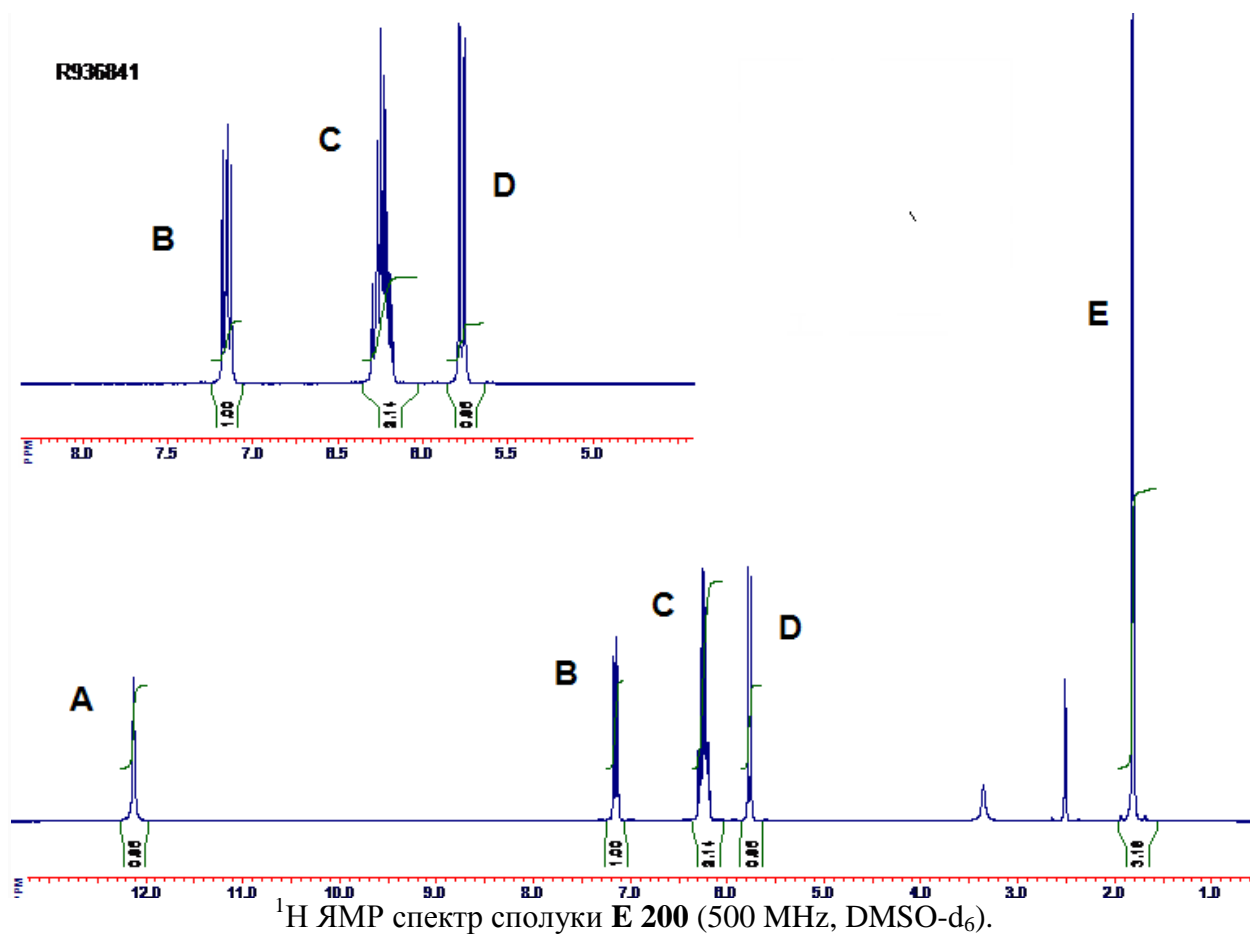
- Харчова домішка **Е 200** вперше була виділена з соку *Sorbus aucuparia* (горобина), але сьогодні для харчової промисловості використовують синтетичний **Е 200**. Нижче наведена промислова схема отримання сполуки А та її <sup>1</sup>Н ЯМР спектр.



**7.3 Визначте** сполуки С-Е та структуру домішки **Е 200**. Співвіднесіть сигнали <sup>1</sup>Н ЯМР спектрі сполуки **Е 200**.

Для цього у листі відповідей на формулі сполуки **Е 200** вкажіть яким протонам відповідають сигнали у спектрі, позначені літерами.





➤ Харчові домішки **E 270**, **E 330**, **E 1510** – дуже широко розповсюджені у природі, а в промисловому масштабі їх отримують у результаті бродіння рослинної сировини.

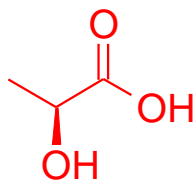
7.4 **Визначте** сполуки **E 270**, **E 330**, **E 1510**, якщо відомо:

сполука **E 270** - безбарвна кристалічна речовина, існує у природі у L(+) формі;

сполука **E 330** - безбарвна кристалічна речовина, у водному розчині утворює хелатні комплекси з іонами кальцію та магнію;

сполука **E 1510** – безбарвна рідина з  $T_{\text{кип}} = 78.4^{\circ}\text{C}$ , яка має характерний запах.

**E 270**



**E 330**



**E 1510**

