56 Всеукраїнська учнівська олімпіада з ХІМІЇ

IV етап

Завдання та розв'язки

Київ

17 – 22 березня 2019

Голова журі Гавриленко К.С.

Заступник Волочнюк Д.М.

Куратори Колотілов С.В. – 8 клас
Пунін С.В. – 9 клас
Жикол О.А. – 10 клас
Усенко О.Ю. – 11 клас
Рябухін С.В. – експериментальний тур

Експерт олімпіади Комаров І.В.

Представник Інституту модернізації змісту освіти України, заступник голови оргкомітету Черепіна Н.В.

Комплект теоретичних завдань підготовлений предметно-методичною комісією у складі Усенко О., Волочнюка Д., Гавриленко К., Жикола О.А., Колотілова С., Пуніна С., Рябухіна С. на підставі авторських задач:

Миколи **Авраменка**
Сергія **Алексєєва**
Олександра **Бєди**
Олександра **Бойко**
Олега **Бородіна**
Михайла **Виборного**
Дмитра **Волочнюка**
Костянтина **Гавриленка**
Антона **Ганапольського**
Віктора **Гончарова**
Олександра **Григоренка**
Лілії та Віталія **Дубенських**
Олексія **Желавського**
Олега **Жикола**
Ірини **Запорожець**
Євгена **Звягіна**
Євгена **Калініченка**
Дмитра **Кандаскалова**
Деніса **Кваши**
Олени **Коваленко**
Олександра **Коломійця**
Сергія **Колотілова**
Івана **Копи**
Олександра **Корсуна**
Олександра **Ляпунова**
Микити **Оніжука**
Михайла та Миколи **Пашків**
Руслана **Полуніна**
Дмитра **Радченка**
Сергія **Рябухіна**
Богдана **Сосуновича**
Наталії **Усенко**
Дмитра **Царенко**

© 2019 Предметно-методична комісія 56-ї Всеукраїнської учнівської олімпіади з хімії

Web-сайт українських хімічних олімпіад:

http://www.ukrchemolimp.com/

Адреса Facebook-сторінки Хімічної олімпіади:

https://www.facebook.com/UkrChemOlimp/

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 теоретичних завдань **відводиться 4 години (11 клас – 5 годин)**. 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 шпаргалками, 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 сказане інше, при розрахунках використовуйте значення молярних мас елементів з двома знаками після коми.

10. Таблиця періодичної системи елементів

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

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

Довідкові матеріали

Опис	Значення константи/Формула
Константа автопротолізу води (за с.у.)	$K_w = 1{,}0 \cdot 10^{-14}$
Стала Авогадро	$N_A = 6{,}0221 \cdot 10^{23}$ моль$^{-1}$
Універсальна газова стала	$R = 8{,}314$ Дж·К$^{-1}$·моль$^{-1}$ = 0,08205 атм·л·К$^{-1}$·моль$^{-1}$
Стала Фарадея	$F = 96485$ Кл·моль$^{-1}$
Стала Планка	$h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с
Швидкість світла у вакуумі	$c = 3{,}00 \cdot 10^{8}$ м·с$^{-1}$
Нуль за шкалою Цельсія	273,15 K
Заряд електрона	1,602·10-$^{-19}$ Кл
Нормальні умови (н.у.)	$T = \mathbf{0}\ ^{\circ}C = \mathbf{273{,}15}\ \boldsymbol{K}$; $P = 1$ атм $= 760$ Торр $= 1{,}01325 \cdot 10^5$ Па
Стандартні умови (с.у.)	$T = \mathbf{25}\ ^{\circ}C = \mathbf{298}\ \boldsymbol{K}$; $P = 1$ Бар $= 10^5$ Па
Середня молярна маса повітря	29 г/моль
Розмірність Ньютону	1 Н = 1 кг·м·с-$^{-2}$
Значення електрон-вольту в Дж	1 еВ $= 1{,}602 \cdot 10^{-19}$ Дж
Зв'язок між ентальпією та внутрішньою енергією	$\Delta H = \Delta U + p\Delta V$ *(кількість речовини* $n = const$*)*
Об'єм шара	$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$
Рівняння стану ідеального газу	$PV = nRT$
Енергія фотона	$E = hc / \lambda$
Вільна енергія Гіббса	$G = H - TS$
Кількість електрики	$Q = I \cdot t$
Рівняння Арреніуса	$k = A \cdot e^{-\frac{E_a}{RT}}$
Рівняння Нернста	$E = E^0 + \frac{RT}{nF} ln \frac{(Ox_i)^{\nu_i}}{(Red_i)^{\nu_i}}$
Закон Бера–Бугера–Ламберта	$A = \varepsilon \cdot c \cdot l$
Рівняння Клапейрона-Клаузіуса (інтегральна форма)	$\ln p = -\frac{\Delta H^0}{RT} + const$
Ізобара хімічної реакції	$\left(\frac{\partial \ln K_a}{\partial T}\right)_p = \frac{\Delta H^0}{RT^2}$
Інтегральна форма ізобари реакції	$\ln K_a(T) = -\frac{\Delta H^0}{RT} + const$
Рівняння Фарадея (де $E_{ел}$ – електрохім. екв. речовини)	$m = \frac{E_{ел} \cdot Q}{F}$
Залежність між вільною енергію Гіббса, константою рівноваги та потенціалом	$\Delta_r G^0 = -RT \ln K = -nF\,\Delta E^0_{\text{комірки}}$
Кріоскопічне рівняння	$\Delta T = iKm, \quad [m] = \frac{\text{моль}}{\text{кг}}$

8 клас. 1 тур.

Задача 1. Реакція в ампулі.

Автор: Бойко Олександр

Дослід **1**. Запаяну ампулу об'ємом 1 дм^3, що містить 15,52 г металічного кальцію та кисень під тиском 10 атм (при 20 ºС), нагріли при температурі 600 ºС і повільно охолодили до 20 ºС. Тиск в ампулі знизився до 1,53 атм, а в ампулі залишився порошок **А** білого кольору (суміш двох речовин).

1.1 **Назвіть** речовини у складі **А** в ампулі, визначте їх **маси** в грамах. **Запишіть рівняння реакцій** утворення таких речовин в ампулі. Об'ємом твердої фази до і після реакції знехтуйте.

$n(Ca) = 15,52 г / 40,08 г/моль = 0,387$ моля

$n(O_2)_{вих.} = 10$ атм $\cdot 101325$ Па/атм $\cdot$ 0,001 м^3 /(8,314 Дж/моль$\cdot$К $\cdot$ 293 К) = 0,416 моля

$n(O_2)_{кінц.} = 1,53$ атм $\cdot 101325$ Па/атм $\cdot$ 0,001 м^3 / (8,314 Дж/моль$\cdot$К $\cdot$ 293 К) = 0,064 моля

Витрата $n(O_2) = 0,416-0,064 = 0,352$ моля.

Можливі реакції:

$Ca + O_2 = CaO_2$

$2Ca + O_2 = 2CaO$

Витрата кисню менша, ніж можлива в першій реакції (мало б бути $n(O_2) = n(Ca) = 0,387$ моля).

Нехай х - кількість CaO_2, тоді (0,387-х) - кількість CaO

Тоді витрата кисню дорівнює $х+(0,387-х)/2$

$х+(0,387-х)/2=0,352$

$0,5х +0,194=0,352$

$х= 0,316$ моля

$m(CaO_2) = 0,316$ моля $\cdot$ 72,08 г/моль = 22,77 г

$m(CaO) = (0,387-0,316)$ моля $\cdot$ 56,08 г/моль = 3,98 г

Дослід **2.** Ампулу відкрили, перенесли порошок в розведений розчин сульфатної кислоти та відфільтрували після закінчення реакції (в цьому досліді взяли деякий надлишок кислоти). Фільтрат (**Б**) розділили на дві рівні частини.

1.2 До однієї частини фільтрату **Б** додали декілька міліграмів MnO_2, що миттєво призвело до виділення безбарвного газу **В** без запаху. **Назвіть** газ **В**, розрахуйте його **масу**. **Запишіть рівняння** відповідних реакцій. **Поясніть,** яку роль відіграє MnO_2.

$CaO + H_2SO_4 = CaSO_4 + H_2O$

$CaO_2 + H_2SO_4 = CaSO_4 + H_2O_2$

Також відбувається реакція $CaSO_4 + H_2SO_4 = Ca(HSO_4)_2$, але в розведеній кислоті її внесок незначний. Відмітимо, що в п. 1.3 та 1.4 внесок цієї реакції, який би він не був, не впливає на відповідь, оскільки $Ca(HSO_4)_2$ веде себе як суміш $CaSO_4$ і H_2SO_4.

$2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$

MnO_2 - каталізатор

Газ **B** - кисень

$n(H_2O_2) = n(CaO_2)/2$ (фільтрат розділили на дві рівні частини)

$n(O_2) = n(H_2O_2)/2$

$n(O_2) = 0{,}316$ моля / 4 = 0,079 моля

$m(O_2) = 2{,}528$ г

До другої частини фільтрату **B** додавали 0,050 М розчин $KMnO_4$. Спочатку забарвлення перманганату зникало, але в певний момент після додавання 1 краплі розчину система набула світло-рожевого кольору. Протягом усього експерименту середовище в розчині було кислим.

1.3 **<u>Запишіть рівняння реакції та розрахуйте</u>** об'єм розчину $KMnO_4$, який додали в цьому пункті задачі (з точністю до 1 мл).

$2KMnO_4 + 5H_2O_2 + 3H_2SO_4 = 5O_2 + K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O$

$n(H_2O_2) = n(CaO_2)/2$

$n(H_2O_2) = 0{,}316$ моля / 2 = 0,158 моля

$n(KMnO_4) = 2 \cdot n(H_2O_2)/5$

$n(KMnO_4) = 0{,}0632$ моля

$v(KMnO_4) = 0{,}0632$ моля / 0,05 М = 1,264 л

1.4 Беручі до уваги п. 1.3., **<u>оцініть</u>**, якою була мінімальна кількість сульфатної кислоти в фільтраті в досліді **2**. Відповідь обґрунтуйте.

Для реакції в п. 1.3 кількість H_2SO_4 має бути не менше, ніж $3 \cdot n(KMnO_4)/2$

$n(H_2SO_4) = 0{,}0632$ моля$\cdot 3/2 = 0{,}0948$ моля

В досліді Б кислоти було в 2 рази більше:

$n(H_2SO_4)_Б = 0{,}0948$ моля$\cdot 2 = 0{,}1896$ моля

Відповідь: $n(H_2SO_4)$ не менше, ніж	0,1896	молів

Задача 2. Хімія металів

Автор: Виборний Михайло

<u>Наведіть рівняння</u> реакцій, які б підтверджували або спростовували наведені в задачі твердження. В кожному пункті достатньо навести по 1 прикладу, для ілюстрації прикладу треба навести мінімальну необхідну кількість рівнянь, формул або пояснень. Рівняння мають бути з коефіцієнтами. Відповідь (навіть правильна), не підтверджена відповідним рівнянням реакції або поясненням, не зараховується. Рівняння без відповіді ("так" або "ні") також не зараховуються.

2.1 Солі металів і оксигеновмісних кислот розкладаються при нагріванні, а серед продуктів реакції можуть бути лише оксиди.

Ні.

$2Mg(NO_3)_2 = 2MgO + 4NO_2 + O_2$

O_2 не оксид

2.2 Солі металів і оксигеновмісних кислот розкладаються при нагріванні, а серед твердих продуктів реакції можуть бути лише оксиди.

Ні

$2KMnO_4 = K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2$

K_2MnO_4 не оксид

2.3 Реакційна здатність металів збільшується в групі від берилію до барію.

Так

Be не реагує з холодною водою, Ba реагує з холодною водою:

$Ba + 2H_2O = Ba(OH)_2 + H_2$

2.4 Метали, які в ряду напруг розташовані лівіше за гідроген, витісняють його з розведених водних розчинів усіх кислот (сильних і середньої сили).

Ні

При реакції металів з деякими кислотами (зокрема, HNO_3, HNO_2, $HClO_3$, $HClO_2$, HClO) за будь-якої концентрації кислоти виділяється не водень, а продукти відновлення елементу, який є у складі кислоти, наприклад:

$3Zn + 8HNO_3 = 3Zn(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$

2.5 В усіх бінарних сполуках металів металічний зв'язок.

Ні.

В NaCl іонний зв'язок.

Взагалі металічний зв'язок є лише в досить масивних зразках кристалічних металів

2.6 При згоранні на повітрі метали утворюють лише оксиди.

Ні

$Na + O_2 = Na_2O_2$

2.7 Гідроксиди двовалентних металів $M(OH)_2$ не реагують з гідроксидом натрію.

Ні

$Be(OH)_2 + 2NaOH = Na_2Be(OH)_4$

Задача 3. Стабільні нукліди.

Автор: Віктор Гончаров

Елемент **X** малого періоду представлений на Землі трьома стабільними ізотопами. Їх нуклонні числа – послідовні натуральні числа; мольні частки цих ізотопів відповідно дорівнюють 90,92%, 0,26% та 8,82%. В малих періодах маси стабільних ізотопів (в атомних одиницях маси) відрізняються від нуклонних чисел менш, ніж на ±0,04.

Довідково: нуклонне число - сума кількостей протонів і нейтронів в атомі.

3.1 <u>Визначте</u> X та його стабільні нукліди.

Нехай нуклонні числа шуканих нуклідів **A, A+1, A+2**, тоді

$A_r(\mathbf{X}) = \mathbf{A}\cdot 0{,}9092 + (\mathbf{A+1})\cdot 0{,}0026 + (\mathbf{A+2})\cdot 0{,}0882 = \mathbf{A} + 0{,}1790.$

Приймаючи до уваги, що в малих періодах відхилення масових чисел стабільних нуклідів від нуклонних – менші за 0,04, дробова частина $A_r(X)$ лежить в межах 0,1790±0,04, тобто від 0,1390 до 0,2190.

X = Ne

A =20

Стабільні нукліди: ^{20}Ne, ^{21}Ne, ^{22}Ne

3.2 <u>Як перекладається</u> грецька назва **X** на українську?

Новий

3.3 <u>Порівняйте</u> електронегативність **X** з попереднім та наступним елементами періодичної системи.

Електронегативність інертного елементу в періоді – найбільша.

F : 4,10 Ne : 4,84 Na : 1,01

В надрах зірок основний нуклід **X** може розпадатися на два «магічних» ядра.

3.4 <u>Напишіть</u> спрощене рівняння цієї ядерної реакції.

Довідково: "магічні ядра" – атомні ядра, в яких кількість нейтронів N або (та) протонів Z дорівнює одному з так званих "магічних чисел": 2, 8, 20, 50, 82 і N=126.

Такі ядра характеризуються підвищеною стабільністю.

$^{20}Ne + \gamma \rightarrow {}^{16}O + {}^{4}He$

Наступний у згаданому ряді нуклід **X** – радіоактивний. Цей ізотоп зазнає β-розклад і перетворюється на стабільний елемент, а період напіврозкладу дорівнює 37 секундам. В замкненому об'ємі розкладається 1,00 грам цього ізотопу.

3.5 Визначте **<u>якісний і кількісний склад</u>** ампули через 74 секунди від початку розкладу.

Реакція йде за рівнянням:

$^{23}Ne \rightarrow {}^{23}Na + \beta + \gamma$

Утворюється натрій, маса якого дорівнює (з точністю, прийнятою в хімії) масі неону, що розклався.

74 секунди - це 2 періоди напіврозкладу.

Через 1 період напіврозкладу залишиться 0,50 грама

Ще через 1 період напіврозкладу залишиться 0,25 грама.

Відповідь: 0,25 г ^{23}Ne, 0,75 г ^{23}Na

Задача 4. Пастка для тарганів

Автор: Колотілов Сергій

“В давні-давні часи у мене був друг Едік. Едік був би звичайним дворовим хуліганом, якщо б не вміння грати на скрипці і піаніно, а також не знання хімії. Він був хіміком-експериметатором, при чому серйозним. Він робив цікаві досліди з хімії*, коли ще був у восьмому класі. Але усе це - лірика. Для мене особисто головним досягненням Едіка було «мінне поле» для тарганів. То були тарганні часи! Таргани були скрізь, і не було з ними ладу. Едік робив якийсь надзвичайно чутливий вибуховий склад з двох доступних рідин з різким запахом. Він наносив його дрібними крапельками на ватман, ватман клав на стіл у кухні, сипав принаду - хлібні крихти, цукор тощо, після чого ми йшли пити чай в кімнату. В міру висихання склад ставав вибухонебезпечним - і після третьої чашки чаю на кухні лунали щиглики. Міни вбивали тарганів на смерть далеко не завжди - часто просто контузили. Контужених не добивали - Едік позначав їх крихітною крапелькою гуаші, акуратно змітав на папірець і зсипав за плиту - щоб не розчавити ненароком. Самий заслужений тарган мав три відмітки. Це був великий, плечистий екземпляр темного кольору. У нього залишилося 4 ноги з 6-ти, але він уперто знову і знову ліз на мінне поле…….черговий вибух вбив ветерана. Едік був щиро засмучений, і наступну чашку чаю ми пили з сумом...“**

* М.Д. Василега Цікава хімія. К.: Рад. шк., 1980. 159 с.

** історія з Інтернету

Сполука **X,** яку використовував Едік, за даними хімічного аналізу містить 6,81 % N, 0,73 % H, а при її вибуховому розкладі утворюється газ фіолетового кольору.

4.1 <u>Визначте</u> хімічний склад **X.**

Газ фіолетового кольору - пари йоду.

Припустимо, що сполука X містить лише H, N та I.

Тоді

n(H):n(N):n(I) = 0,73/1 : 6,81/14,01 : (100-0,73-6,81)/126,9 = 0,730 : 0,486 : 0,729 = 3:2:3

Склад сполук

и $H_3N_2I_3$, або $NI_3 \cdot NH_3$

В одному з дослідів було одержано 0,05 г сполуки **X**. Проте у дослідника виникли сумніви щодо того, чи не відбувся при цьому частковий розклад **X**. Для перевірки цього усю порцію **X** залили 10,0 мл підкисленого 0,08 М розчину KI, колір суміші миттєво змінився на бурий, а виділення газу не спостерігалося. До суміші додали тонкий шар органічного розчинника, що не змішується з водою, і цей шар забарвився в фіолетовий колір, а майже безбарвний водний розчин відфільтрували та додали до нього 5 мл 10 % розчину $AgNO_3$, підкисленого нітратною кислотою. Миттєво утворився жовтий осад, маса якого становила 101,9 мг після висушування.

4.2 <u>Чи розклалася</u> сполука **X** в цьому досліді? Якщо так, **<u>яка частка</u> X** (у відсотках) розклалася?

Реакцію $NI_3 \cdot NH_3$ можна описати рівнянням:

$NI_3 \cdot NH_3 + 5HI = 2NH_4I + 3I_2$

В подальшому йодид-аніон кількісно осаджується у вигляді AgI, як з надлишку KI (або HI), так і зі складу NH_4I, що утворився в цій реакції. Тому для розрахунку кількості іодиду, який "видаляється" з реакційної суміші, рівняння можна формально записати у вигляді $NI_3 + 3HI = NH_3 + 3I_2$. Один моль **X** "знищує" три молі HI.

Далі йде реакція $AgNO_3 + HI = AgI + HNO_3$

$n(AgI) = 0{,}1019$ г / 234,77 г/моль = $4{,}3404 \cdot 10^{-4}$ моля

Перевіримо, чи було достатньо $AgNO_3$: $n(AgNO_3) = 5$ г · 0,1 / 169,88 г/моль = $2{,}9 \cdot 10^{-3}$ моля - набагато більше, ніж утворилося осаду AgI.

У вихідному розчині $n(I^-) = 0{,}01$ л · 0,08 М = $8 \cdot 10^{-4}$ моля

Витрата I^- становить: $n(I^-) = 8 \cdot 10^{-4} - 4{,}3404 \cdot 10^{-4} = 3{,}6596 \cdot 10^{-4}$ моля

Кількість **X** становить $n(\mathbf{X}) = 3{,}6596 \cdot 10^{-4}$ моля /3 = $1{,}2199 \cdot 10^{-4}$ моля

$M(X) = 0{,}05$ г / $1{,}2199 \cdot 10^{-4}$ моля = 409,9 г/моль

Ця молярна маса відповідає $M(NI_3 \cdot NH_3)$ – точне значення має бути 411,72 г/моль

Не розклалося 100% × 409,9/411,72 = 99,6 % **X**

Відповідь: не розклалося більше 99,5 % **X** (відповіді від 99,3 до 100 % вважаються вірними).

4.3 **Запишіть рівняння** реакції розкладу **X**, а також побічної реакції, що може відбуватись при розкладі **X.**

$2NI_3 \cdot NH_3 = N_2 + 3I_2 + 2NH_3$

$2NH_3 + 6I_2 = N_2 + 6HI$ (при охолодженні також $NH_3 + HI = NH_4I$)

4.4 **Чому** колір органічного розчиннику в п. 4.2 змінився на фіолетовий? **Чому** важливо провести цю операцію в аналізі?

Йод екстрагували органічним розчинником.

Ця процедура важлива, оскільки інакше йод може адсорбуватися на AgI і його маса буде завищеною

Задача 5. Мінеральна вода

Автор: Віталій Дубенський

Мінеральні води є цінним природним ресурсом України. На території України існує понад 80 джерел різноманітних мінеральних вод, здебільшого, у межах Українських Карпат (Трускавець, Східниця, Моршин, Свалява, Поляна Квасова та ін.), Українського щита (Хмільник, Миронівка), Дніпровсько-Донецької западини (Миргород). Працює 50 курортів, 20 бальнеолікарень, 40 заводів лікувально-столових вод.

Мінеральна природна вода “Карпатська джерельна” містить 50,0 мг/л Cl^-, 450 мг/л HCO_3^-, 100 мг/л SO_4^{2-}, 100 мг/л Ca^{2+}, 25,3 мг/л Mg^{2+} , а також Na^+ і K^+.

5.1 **Обчисліть** сумарний вміст Na^+ і K^+ у “Карпатській джерельній” (у мг/л), якщо відомо, що вміст Na^+ є у 9 разів більшим, ніж K^+ і вона не містить інших катіонів, крім зазначених в умові.

Обчислюємо кількість речовини кожного з іонів “Карпатської джерельної”:

$n(Cl^-) = 50{,}0/35{,}45 = 1{,}41$ ммоль

$n(HCO_3^-) = 450 / 61{,}01 = 7{,}38$ ммоль

$n(SO_4^{2-}) = 100/96,06 = 1,04$ ммоль

$n(Ca^{2+}) = 100/40,08 = 2,50$ ммоль

$n(Mg^{2+}) = 25,3/24,31 = 1,04$ ммоль

Кількості SO_4^{2-} і Mg^{2+} є еквівалентними, а на 2,5 ммоль Ca^{2+} повинно припадати 5 ммоль An^-. У такому разі сумарна кількість Na^+ і K^+ становить

1,41+7,38-5=3,79 ммоль.

Розв'язуємо рівняння

9m/23 + m/39=3,79

m=9,08 мг – маса K^+ ;

9m=81,7 мг – маса Na^+.

Отже, сумарний уміст Na^+ і K^+ становить 81,7 + 9,1 = 90,8 мг/л.

Один з найважливіших показників хімічного складу мінеральної води – мінералізація – загальний уміст у воді мінеральних речовин. За ступенем мінералізації питні мінеральні води поділяють на:

- столові (вміст солей до 1 г/дм^3), їх можна вживати без обмежень;
- лікувально-столові (1–10 г/дм^3), мають відчутний присмак і застосовуються як лікувальні та профілактичні засоби за призначенням лікаря;
- лікувальні (10–35 г/дм^3) – використовують тільки під наглядом лікаря;
- розсольні або ропи (35–150 г/дм^3) – можна вживати внутрішньо тільки розбавленими.

5.2 **Обчислить** загальну мінералізацію та визначте, до якого виду природної мінеральної води за ступенем мінералізації належить "Карпатська джерельна"?

Обчислюємо загальний вміст мінеральних речовин у "Карпатській джерельній":

90,8+50+450+100+100+25,3=816,1 мг/л. Отже, за ступенем мінералізації "Карпатська джерельна" належить до столових вод.

5.3 **Обчисліть** масу сухого залишку (у г) після випарювання 1 л "Карпатської джерельної" при 200ºС.

При упарюванні води гідрокарбонати перетворяться на карбонати:

$Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3 + CO_2 + H_2O$

$2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O$

В сухому залишку мають бути усі катіони, усі аніони Cl^-, SO_4^{2-}, а також CO_3^{2-} у кількості, потрібній для нейтралізації заряду

$n(Cl^-) = 50,0/35,45 = 1,41$ ммоль

$n(SO_4^{2-}) = 100/96,06 = 1,04$ ммоль

$n(Ca^{2+}) = 100/40,08 = 2,50$ ммоль

$n(Mg^{2+}) = 25,3/24,31 = 1,04$ ммоль

$n(K^+) = 0,0091 /39 = 0,233$ ммоля

$n(Na^+) = 0,0817 / 23 = 3,552$ ммоля

n(еквіваленту однозарядних катіонів) = 2×2,5 + 2×1,042 + 0,233 + 3,552 = 10,869 ммоль

n(еквіваленту однозарядних аніонів крім CO_3^{2-}) = 1,408 + 2×1,042 = 3,492 ммоль

Потреба в CO_3^{2-} = (10,869 – 3,492)/2 = 3,689 ммоль

$m(CO_3^{2-}) = 3,689 \times 60 = 221,31$ мг m(твердого залишку) = 50+100+100+25+9+82+221=587 мг

Задача 6. Перетворення

Автор: Авраменко Микола

Сполука **A** (w(O)=39,2%) може бути використана для отримання простої безбарвної газуватої сполуки **B**. Для цього треба нагріти сполуку **A** з каталізатором (наприклад, з MnO_2). Єдиним іншим продуктом реакції є бінарна сіль **C** (w(**X**)=47,6%). При обережному нагріванні **A** без каталізатору газ **B** не утворюється, а утворюються лише речовини **C** і **D**. Речовина **C** може бути використана для отримання жовто-зеленого газу X_2 і розчину кислоти **E**. Для отримання X_2 треба підкислити розчин **C** сульфатною кислотою та додати окисник (наприклад, MnO_2), а для отримання розчину **E** – нагріти безводний **C** з концентрованою сульфатною кислотою без окисника та поглинути газ, що утворився, водою.

6.1 <u>Розшифруйте</u> речовини **A**-**E** та елемент **X**.

Місце для розрахунків:

З даних умови задачі, можна зробити висновок, що **X** – хлор. Тоді **C** – $M_{1/n}(ClO_m)$:

m	0	1	2	3	4
$M_{1/n}$	39,0	23,0	7,02	-8,98	-24,98

- $M_{1/n}$ – маса еквіваленту речовини

KCl - задовольняє умову задачі

NaClO

$LiClO_2$

Із логічних міркувань (**A** – містить оксиген, а **C** – не містить і **B** – проста речовина) отримаємо, що **B** – O_2. Відомим лабораторним методом отримання кисню є розкладання $KClO_3$ (**A**). Щоб пересвідчитися у цьому можна звірити його масову частку оксигену з тою, яка дана в умові.

Щоб знайти речовину **D** треба зрозуміти, що якщо кисень не змінює свою ступінь окиснення, то єдиним варіантом протікання реакції є диспропорціонування. Тоді **D** має містити хлор у ступені окиснення +7 => $KClO_4$

A	**B**	**C**	**D**	**E**	**X**
$KClO_3$	O_2	KCl	$KClO_4$	HCl	Cl

6.2 <u>Наведіть</u> рівняння згаданих в п. 6.1 реакцій (4 реакції).

$2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$

$4KClO_3 = KCl + 3KClO_4$

$2KCl + MnO_2 + 2H_2SO_4 = K_2SO_4 + MnSO_4 + Cl_2 + 2H_2O$

$KCl + H_2SO_4 = KHSO_4 + HCl$ (варіант з K_2SO_4 теж зараховується)

6.3 **Чому** для отримання розчину **E** не можна використовувати взаємодію концентрованої сульфатної кислоти с розчином **C**?

Рушійною силою реакції є виділення HCl у вигляді газу, при спробі проведення реакції в розчині вона не буде відбуватись до кінця оскільки сірчана та хлороводнева кислоти близькі за силою.

6.4 Відомо, що взаємодією $\mathbf{X_2}$ з $Ca(OH)_2$ можна отримати речовину, що широко використовувалась (а іноді і зараз використовується) як засіб для відбілювання та дезинфекції. **Наведіть** хімічне рівняння реакції утворення цієї речовини.

$Ca(OH)_2 + Cl_2 \Rightarrow CaOCl_2 + H_2O$

$\mathbf{X_2}$ по різному реагує з холодним та гарячим розчинами лугу.

6.5 На прикладі холодного та гарячого розчину гідроксиду натрію **наведіть** рівняння відповідних реакцій його взаємодії.

Холодний: $NaOH + Cl_2 \Rightarrow NaCl + NaOCl + H_2O$

Гарячий: $6NaOH + 3Cl_2 \Rightarrow 5NaCl + NaClO_3 + 3H_2O$

З $\mathbf{X_2}$ можна отримати ряд бінарних сполук **F**, **G** та **H** (w(**X**)=27,2%), що мають однаковий якісний склад. При гідролізі **F** та **G** утворюються однакові продукти **E**, **I** та **J**, а при гідролізі **H** при підвищеній температурі лише **I** та **J**.

6.6 **Розшифруйте** сполуки **F**, **G**, **H** та **J**, якщо відомо, що ступені окислення **X** збільшуються від **F** до **H,** а при взаємодії **I** з розчином KOH можна отримати сполуку **A**.

Місце для розрахунків:

KOH при взаємодії з деякою кислотою і утворює сполуку $KClO_3 \Rightarrow$ **I** – $HClO_3$

Тепер можна зробити припущення, що у сполуці **H** хлор має ступінь окиснення +5.

Тоді еквівалент другого елемента буде мати масу 19,0 г/моль $\Rightarrow$ **H** - ClF_5.

Тепер неважко знайти **F** і **G** – залишається тільки врахувати, що хлор утворює з фтором сполуки у непарних ступенях окиснення (+1, +3).

F	**G**	**H**	**I**	**J**
ClF	ClF_3	ClF_5	$HClO_3$	HF

6.7 **Напишіть** рівняння реакцій гідролізу F, G і H.

$3ClF + 3H_2O \Rightarrow 2HCl + HClO_3 + 3HF$

$3ClF_3 + 6H_2O \Rightarrow HCl + 2HClO_3 + 9HF$

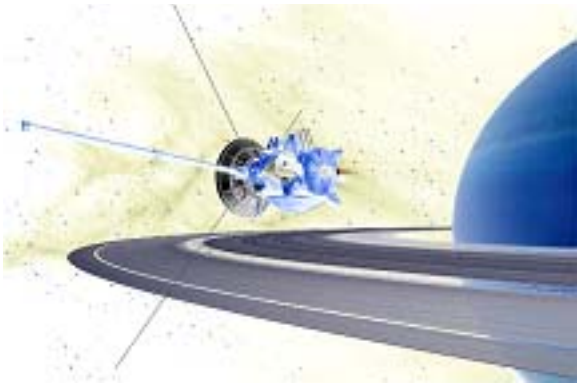
$ClF_5 + 3H_2O \Rightarrow HClO_3 + 5HF$

$HClO_3 + KOH \Rightarrow KClO_3 + H_2O$

8 клас. 2 тур.

Задача 1. Сатурн

Автор: Бородін Олег



У вересні 2017 року в атмосфері Сатурна згорів космічний апарат Кассіні, що був запущений у космос ще в 1997 році у рамках космічної місії Кассіні-Гюйгенса і протягом майже 20 років досліджував планету Сатурн та її супутники. Протягом останніх місяців свого «життя» космічний апарат Кассіні за допомогою бортового мас-спектрометра досліджував якісний і кількісний склад атмосфери Сатурна, а також хімічний склад найближчого до планети кільця.

Один кубічний метр атмосфери Сатурна (верхні шари) містить $1.37 \cdot 10^{15}$ молекул суміші газів **A** і **B**.

1.1 **Розрахуйте** тиск (у барах) верхнього шару атмосфери Сатурна, якщо температура становить 67 °C.

Оскільки концентрація молекул A і B доволі низька, можна сміливо застосовувати рівняння Менделєєва-Клапейрона для розрахунку тиску.

$$p = \frac{nRT}{V} = \frac{NRT}{N_A V} = \frac{1.37 \times 10^{15} \times 8.314 \times 340}{6.0221 \times 10^{23} \times 1} = 6.43 \times 10^{-6}\ \text{Па} = 6.43 \times 10^{-11}\ \text{бар}$$

1.2 **Розрахуйте якісний та кількісний склад** (у об'ємних відсотках) верхнього шару атмосфери Сатурна, якщо його густина становить $4.7 \cdot 10^{-15}$ г/см^3, а кількість електронів у молекулах **A** і **B** однакова.

Розрахуємо середню молярну масу газової суміші:

Дуже низька середня молярна маса вказує на те, що один із газів (нехай це буде газ **A**) є *воднем*. Молекула водню містить два електрони. Інший газ, який також містить два електрони – *гелій* (**B**). Тепер можна легко розрахувати кількісний склад суміші:

$$x = \frac{2.066 - 4.003}{-1.987} = 0.975$$

$$\varphi(H_2) = 97.5\%$$

$$\varphi(He) = 2.5\%$$

Кільця Сатурна безперервно втрачають свою масу за рахунок величезної гравітації планети, яка притягує складові компоненти кілець. Склад матеріалу кілець, що постійним потоком рухається у напрямку планети, був проаналізований апаратом Кассіні, який вимірював молекулярні маси речовин. Було встановлено, що цей матеріал складається з амоніаку, речовини **C**, речовини **D**, карбон(IV) оксиду, метану та інших органічних речовин (з більшою молекулярною масою) у масовому співвідношенні 2,4%, 24%, 20%, 0,5%, 16% та 37% відповідно.

1.3 **Розшифруйте** формулу речовини **C**, якщо її молекули мають більше двох атомів, дві неподілені електронні пари і не більше 15 електронів.

Єдиною молекулою, що задовольняє умові, є H_2O.

1.4 У випадку неорганічної речовини **D**, яка має відносну молекулярну масу 28 а.о.м., було доволі важко зробити однозначний висновок про її природу. **Поясніть,** чому.

Апарат Кассіні вимірював молекулярні маси речовин, що надходили до нього. Таким чином, висновок про природу цих речовин робили, базуючись на їх молекулярних масах. Молекулярну масу 28 а.о.м. мають гази N_2 і CO.

*(Для встановлення істинного складу речовини **D** потрібно було провести більш складні аналізи)*

Апаратом Кассіні також було встановлено, що надходження матеріалу кілець до планети у екваторіальному поясі становить від 4800 до 45000 кг/с. Головними постачальниками цього матеріалу є кільця 3 і 4, які мають маси 10^{18} та 10^{16} кг відповідно.

1.5 **Розрахуйте** часовий інтервал (у роках), за який повинні зникнути кільця Сатурна 3 і 4, вважаючи, що швидкість надходження матеріалу кілець до планети є сталою протягом їхнього існування.

$$\frac{1.01 \times 10^{18}}{4800 \times 3600 \times 24 \times 365} = 7 \times 10^{6} \text{ років}$$

$$\frac{1.01 \times 10^{18}}{45000 \times 3600 \times 24 \times 365} = 7 \times 10^{5} \text{ років}$$

Кільця Сатурна 3 і 4 повинні зникнути через $7 \cdot 10^5$ і $7 \cdot 10^6$ років.

Задача 2. Бішофіт

Автор: Виборний Михайло

Мінерал *бішофіт* – один з основних покладів, що містить метал **X**. Наважку бішофіту масою 2,00 г нагріли у струмені інертного газу. В результаті маса наважки зменшилась на 1,335 г і залишилась лише біла тверда речовина **A**, що містить три елементи в тих саме ступенях окиснення, які ці ж елементи мали в *бішофіті* (а також утворилася газова фаза при T > 100 ºC). При охолодженні утвореної газової суміші до кімнатної температури утворюється лише водний розчин сильної неорганічної кислоти **Б** з концентрацією 26,94 %. Додавання до утвореного розчину **Б** аргентум(I) нітрату викликає утворення білого сирнистого осаду, який не розчиняється в нітратній кислоті. Якщо ж над *бішофітом* пропускати струмінь гарячого газоподібного **Б**, то його маса зменшується на 53,20 %, а у твердому залишку залишається лише бінарна речовина **B**, яка містить 25,50 % елементу **X**.

2.1 **Встановіть** речовини **X**, **A** – **B**. Запишіть рівняння реакцій, згаданих в умові.

Білий осад, що не розчиняється в азотній кислоті - AgCl.

При розкладі бішофіту в інертній атмосфері утворився розчин хлоридної кислоти. Газ **Б** – хлороводень. Ймовірно, що у складі бішофіту є хлорид-іон, а отже, мінерал – кристалогідрат хлориду деякого металу.

Нагрівання такого кристалогідрату в тоці HCl веде не до гідролізу, а до дегідратації (оскільки **B** – бінарна сполука). Таким чином, **B** - хлорид металу X. За законом еквівалентів знайдемо, що M(X) = 24,3 г/моль, **X** - магній, **B** - $MgCl_2$.

Молярна маса бішофіту M = M($MgCl_2$)/(1-0,5320) = 203,44 г/моль.

Формула бішофіту $MgCl_2 \cdot 6H_2O$

Розклад в інертній атмосфері веде до часткового гідролізу. 26,94% розчин хлоридної кислоти відповідає мольному співвідношенню вода:хлороводень=11:2, тому:

$nMgCl_2 \cdot 6H_2O \rightarrow aA + 11H_2O + 2HCl$ при n=2 сполука **А** – Mg_2OCl_2.

$2MgCl_2 \cdot 6H_2O = Mg_2OCl_2 + 2HCl + 11H_2O$

$HCl + AgNO_3 = AgCl + HNO_3$

$MgCl_2 \cdot 6H_2O = MgCl_2 + 6H_2O$ (нагрівання в току HCl)

Бішофіт $MgCl_2 \cdot 6H_2O$	**X** Mg	**А** Mg_2OCl_2	**Б** HCl	**В** $MgCl_2$

2.2 Які ще мінерали, що містять **X**, вам відомі? **Наведіть їх формули та назви (**оцінюються 2 правильних приклади**).**

Наприклад, кізерит – $MgSO_4 \cdot H_2O$, шеєліт - $MgSO_4 \cdot K_2SO_4 \cdot 6H_2O$.

Речовину **А** можна приготувати змішуванням **В** та сполуки **Г** у масовому співвідношенні 2,375:1. У присутності невеликої кількості води суміш швидко застигає, і з початку 20-го століття майже до 1990-х років цю суміш використовували для пломбування зубів.

2.3 Визначте сполуку **Г**. Напишіть рівняння реакції утворення речовини **А** з **Г.**

$MgCl_2$ + Д = Mg_2OCl_2

Ймовірно, що Д містить кисень.

Припустимо, що речовини **В** і Д реагують у співвідношенні 1:1

Тоді M(Д)/M($MgCl_2$) = 1/2,375

M(Д) = M($MgCl_2$)/2,375 = 40,09

Г = MgO

Якщо припустити, що **В** і **Г** реагують в іншому співвідношенні, ніж 1:1, не вдається одержати значення молярної маси, що може відповідати реальній сполуці, яка може брати участь в такому процесі.

$MgCl_2$ + MgO = Mg_2OCl_2

2.4 Поясніть, як побудована сполука **А** в твердому стані і чому суміш **В** і **Г** твердіє?

У твердому стані оксохлорид магнію – полімерна сполука $(-MgCl-O-MgCl-)_n$ що пояснює затвердівання реакційної суміші при утворенні ***А***.

Задача 3. Фосфатні добрива

Автор: Колотілов Сергій

Як фосфатні добрива використовують "фосфоритне борошно", основним компонентом якого є $Ca_3(PO_4)_2$, і подвійний суперфосфат − $Ca(H_2PO_4)_2$. В березні 2019 року ціна $Ca_3(PO_4)_2$ в Україні становила 9,5 грн/кг, а $Ca(H_2PO_4)_2$ – 30,0 грн/кг.

3.1 **Розрахуйте** вартість внесення 1 кг фосфору у вигляді $Ca_3(PO_4)_2$ та у вигляді $Ca(H_2PO_4)_2$.

Розрахуємо вміст фосфору в цих добривах.

$M(Ca_3(PO_4)_2) = 310,18$ г/моль; $\omega(P) = 19,97$ %

$M(Ca(H_2PO_4)_2) = 234,02$ г/моль; $\omega(P) = 26,47$ %

Вартість 1 кг фосфору в $Ca_3(PO_4)_2$ становить $9,5/0,1997 = 47,57$ грн

Вартість 1 кг фосфору в $Ca(H_2PO_4)_2$ становить $30/0,2647 = 113,34$ грн

Вважайте, що 90 % фосфору зі складу подвійного суперфосфату засвоюється рослинами.

3.2 **Яка частка фосфору** (у відсотках) зі складу фосфоритного борошна має засвоюватися рослинами, щоб економічна доцільність (вартість) використання обох цих добрив була б однаковою? Вважайте, що фосфоритне борошно - це чистий $Ca_3(PO_4)_2$.

Вартість 1 кг фосфору, який засвоюється рослинами, в $Ca(H_2PO_4)_2$ становить $113,34/0,9 = 125,93$ грн

Нехай вартість 1 кг фосфору, який засвоюється рослинами, в $Ca_3(PO_4)_2$ становить $47,57/x$ грн, де x - частка фосфору, що засвоюється.

Тоді $47,57/x = 125,93$

$x = 47,57/125,93 = 0,38$

3.3 **Які фактори** треба брати до уваги при оцінці доцільності використання $Ca_3(PO_4)_2$ і $Ca(H_2PO_4)_2$ на грунтах з різною кислотністю? **Поясніть** їх вплив на вибір добрива.

Фактори: вартість добрива і кількість фосфору, який може засвоюватися рослинами.

Кількість фосфору, який може засвоюватися рослинами, залежить від розчинності добрива, яка, в свою чергу, залежить від кислотності грунтів.

$Ca_3(PO_4)_2$ - нерозчинна у воді сполука. Її недоцільно використовувати у випадку, якщо грунт має нейтральне середовище, оскільки фосфор не буде засвоюватися рослинами. Проте у випадку кислих грунтів $Ca_3(PO_4)_2$, по-перше, буде засвоюватися, а по-друге, знизить кислотність.

$Ca(H_2PO_4)_2$ доцільно використовувати лише у випадку нейтральних грунтів.

Задача 4. Ракетне паливо.

Автор: Пашко Микола

Сіль **X** - біла тверда речовина, що розчиняється у воді. Вона є доволі сильним окисником, при нагріванні до 160°C розкладається з виділенням великого об'єму газу. Саме через ці властивості речовина **X** знаходить застосування у складі твердих ракетних палив та вибухових речовин.

При термічному розкладі 10,000 г солі **X** було отримано суміш трьох газів **A**, **B** і **C** та 3,064 г води. Відносна густина за воднем отриманої суміші газів становить 23,293. Газ **A** - бінарна сполука,

ω(O)=36,360 %. Газ **B** - проста речовина жовто-зеленого кольору з різким запахом. Газ **C** - теж проста речовина, він займає друге місце за поширеністю в земній атмосфері.

4.1 **Розшифруйте речовини** **A**–**C** і **X**, якщо відомо, що у газовій суміші кількість **A** і **B** однакова.

B - Cl_2; C - O_2

A - Y_2O_n; За законом еквівалентів Y=N; A - N_2O

Mr(суміші) = 46,586; $\chi(Cl_2) = \chi(N_2O) = x$

$44x + 71x + 32(1-2x) = 46,586$

$\chi(Cl_2) = \chi(N_2O) = 0,286$; $\chi(O_2) = 0,428$

ν(суміші) = 0,1489 моль

Знаючи кількості всіх продуктів розкладу солі X можемо знайти масові частки елементів, що входять до її складу.

елемент	ω(%)	ν(на 10 г солі X)	n
N	11,92	0,0851	1
H	3,4	0,34	4
Cl	30,23	0,0852	1
O	54,45	3,4	4

X - NH_4ClO_4

A - N_2O	**B** - Cl_2	**C** - O_2	**X** - **NH_4ClO_4**

4.2 **Зобразіть** просторову структуру катіону і аніону солі **X,** речовини A, **зазначте** тип зв'язку і гібридизацію центрального атому.

тип зв'язку	тип зв'язку	тип зв'язку
гібридизація	гібридизація	гібридизація
Катіон X	**Аніон X**	**A**

4.3 **Напишіть** мінімум три сполуки (тверді або рідкі за н.у.), при розкладі яких утворюються тільки гази (за н.у). **Підтвердить** такі властивості відповідними рівняннями реакцій.

$NH_4Cl \rightarrow NH_3 + HCl$

$2N_2O_5 \rightarrow 4NO_2 + O_2$

$2SO_3 \rightarrow 2SO_2 + O_2$

$2NCl_3 \rightarrow 2N_2 + 3Cl_2$

$NH_4N_3 \rightarrow 2N_2 + H_2$

Задача 5. Елементний ребус

Автор: Пашко Михайло

Періодична система хімічних елементів є графічним виразом періодичного закону, який визначає, що властивості хімічних елементів, простих речовин, а також склад і властивості сполук перебувають в періодичній залежності від значень зарядів ядер атомів. Подивившись на розташування елемента у періодичній системі, можна одразу спрогнозувати його основні хімічні властивості, оскільки вони залежать від розподілу електронів на електронних оболонках атома.

5.1 Елементи **А**, **Б**, **В**, **Г**, **Д**, **Є, Е, Ж** знаходяться в різних групах одного періоду та не мають електронів на d-підрівнях. **Спробуйте розшифрувати ці елементи**, якщо про них відомі наступні факти:

- Серед атомів вказаних елементів в ступені окислення 0 лише **Е** і **Є** не містять неспарених електронів, а елемент **В** має найбільшу кількість неспарених електронів в ступені окислення 0;
- Електронегативність елементу **Є** найвища в цьому ряді;
- Елемент **А** не входить до складу кислот та не утворює амфотерних гідроксидів;
- У переважній більшості сполук елементи **Г** і **Ж** мають парні ступені окиснення;
- Лише елементи **А**, **Б**, **Є** і **Е** в сполуках мають постійні ступені окиснення, якщо вони взагалі утворюють сполуки;
- Збудження лише елементів **Б**, **Е**, **Ж** – "розпарювання електронів" в межах "своїх" s і p підрівнів (тобто без переходу на d і f підрівні, та без переходу на підрівні з більшими n) веде до збільшення кількості неспарених електронів;
- Як і в елемента **Г**, так і в елемента **Ж** кількість протонів дорівнює кількості нейтронів (у стабільного і найбільш поширеного ізотопа), і обидва ці елементи - тверді речовини за н.у.

Оскільки атоми лише Е і Є не містять неспарених електронів, ці елементи розташовані в 2 і 8 групах (конфігурації s^2 і s^2p^6). Оскільки електронегативність елементу **Є** найвища в цьому ряду, **Є** – інертний газ, а **Е** - елемент 2 групи. **В** - елемент 5 групи (s^2p^3).

Елемент А (не входить до складу кислот та не утворює амфотерних гідроксидів) - метал 1 або 2 групи, але вище вже встановили, що елемент 2 групи – **Е**, тому **А** - лужний метал.

Тепер залишилися елементи 3, 4, 6, 7 груп. Серед них у переважній більшості сполук елементи **Г** і **Ж** мають парні ступені окиснення – це елементи 4 і 6 груп, і **Ж** - елемент 4 групи (при збудженні конфігурація змінюється з s^2p^2 на s^1p^3). Тоді **Г** - елемент 6 групи.

Відповідно, елементи **Б** і Д – елементи 3 і 7 груп. Приймаючи до уваги, що **Б** має один ступінь окиснення, **Б** – елемент 3 групи, і це не талій (талій має 2 ступені окиснення), тоді Д - елемент 7 групи.

Приймаючи до уваги, що в Г і Ж кількість нейтронів дорівнює кількості протонів, ці елементи знаходяться в 2 або 3 періодах, але, оскільки вони утворюють тверді речовини, ці елементи - в 3 періоді.

А		**Б**		**В**		**Г**		**Д**		**Є**		**Е**		**Ж**	

5.2 **Запишіть** елементи **А**–**Ж** в ряд за збільшенням їх атомного радіусу.

Атомний радіус в цілому зменшується від Na до Ar (за виключенням того, що $r(Al)>r(Mg)$)

Відповідь "зменшується" оцінюється як правильна

5.3 **Як змінюється** енергія йонізації елементу в періоді при переході від 1 до 8 групи (на прикладі **А**–**Ж**)?

цілому так, але при переходах $s^2p^0 \rightarrow s^2p^1$ і $s^2p^3 \rightarrow s^2p^4$ енергія іонізації дещо зменшується.

Відповідь "росте" оцінюється як правильна

5.4 **Які з простих речовин**, утворених елементами **А**–**Ж**, реагують з водою за кімнатної температури? **Напишіть** відповідні рівняння реакцій.

$2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2$

$Cl_2 + H_2O = HCl + HClO$ (оборотня реакція)

5.5 **Які з простих речовин**, утворених елементами **А**–**Ж**, реагують з фтором за кімнатної температури? **Напишіть** відповідні рівняння реакцій.

$2Na + F_2 = 2NaF$

$Mg + F_2 = MgF_2$ (в абсолютно сухому F_2 реакція йде лише на поверхні, оскільки плівка MgF_2 захищає магній)

$2Al + 3F_2 = 2AlF_3$ (в абсолютно сухому F_2 реакція йде лише на поверхні, оскільки плівка AlF_3 захищає алюміній)

$Si + 2F_2 = SiF_4$

$2P + 5F_2 = 2PF_5$

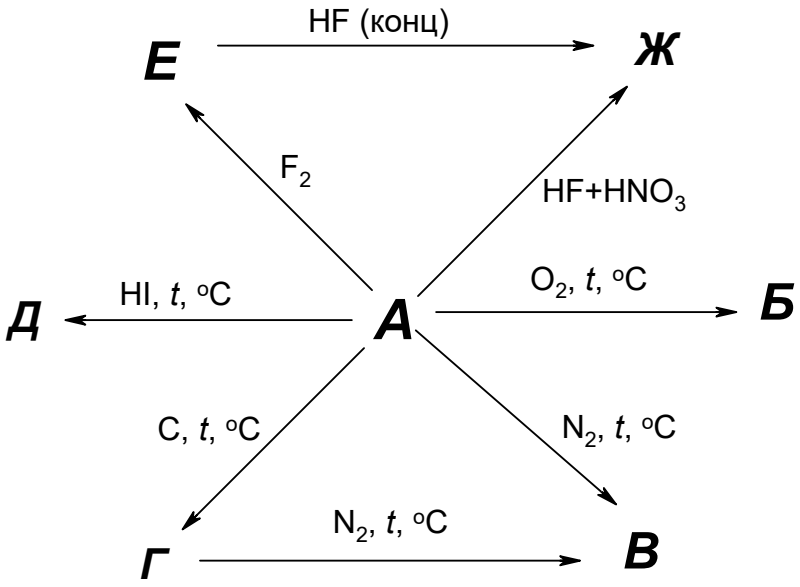
$S + 3F_2 = SF_6$

$Cl_2 + F_2 = ClF$; $2Cl_2 + 3F_2 = 2ClF_3$

Задача 6. Перетворення неметалу

Автор: Кваша Деніс

Деякий неметалічний елемент **А** (за н.у. тверда кристалічна речовина) здатний утворювати доволі багато сполук, особливості хімії яких Вам доведеться зараз розглянути. Нижче наведено схему перетворень простої речовини цього елемента - **А**, та деяких інших його сполук. Цікаво, що сполуку **Б** ви дуже часто зустрічаєте навколо себе у повсякденному житті.



6.1 **Розшифруйте** схему перетворень, якщо відомо, що масова частка **А** в сполуці **Б** (бінарна сполука **А** з Оксигеном) - 46,74%; усі зашифровані на схемі сполуки містять **А** (але в реакціях можуть бути і інші "додаткові" продукти); всі сполуки, окрім **А** і **Ж** - бінарні, а у творення **Ж** з **Е** можна формально представити як приєднання HF до **Е** у співвідношенні 2:1.

Візьміть до уваги, що ступені окиснення усіх елементів в сполуках мають "звичайні" значення, як і у більшості сполук такого ж типу.

А- Si
Б - SiO_2 w(O) = 53,26% Me(A)= 7,0163 Єдиний варіант твердого неметалу - Si

В - Si_3N_4
Г - SiC
Д - SiI_4
Е - SiF_4
Ж - $H_2[SiF_6]$

6.2 **Напишіть рівняння** усіх перетворень, які представлені на схемі. Візьміть до уваги, що **Г** реагує з азотом з утворенням **В** і газоподібної бінарної сполуки (на схемі не показана), яку часто розглядають як псевдогалоген.

$Si + O_2 = SiO_2$
$3Si + 2N_2 = Si_3N_4$
$Si + C = SiC$ або $xSi + Cx = x\ SiC$
$Si + 4HI = SiI_4 + 2H_2$
$Si + 2\ F_2 = SiF_4$

$3Si + 18HF + 4HNO_3 = 3H_2[SiF_6] + 4\ NO + 8H_2O$
$6SiC + 7N_2 = 2Si_3N_4 + 3C_2N_2$
$SiF_4 + 2HF = H_2[SiF_6]$

6.3 **Поясніть**, яку роль грає HNO_3 в утворенні **Ж** з **А** – адже в складі **Ж** немає N.

HNO_3 - окисник.

Довідково: HF знижує редокс-потенціал пари $Si^{4+/0}$, а також переводить продукт окиснення – гідратований SiO_2 – в розчинний стан.

8 клас (експериментальний тур)

Задача 1. Якісне визначення неорганічних речовин

Обладнання

1. Штатив для пробірок пластиковий на 10 пробірок - 1 шт.
2. Пробірка скляна – 8 шт.
3. Пробірка Флоринського (для проведення якісних реакцій) - 5 шт.
4. Піпетка Пастера пластикова – 8 шт.

Реактиви

$Pb(NO_3)_2$ (розчин) – 15 мл

$BaCl_2$ (розчин) – 15 мл

$ZnCl_2$ (розчин) – 15 мл

HCl (розчин) – 15 мл

Na_2CO_3 (розчин) – 15 мл

NaOH (розчин) – 15 мл

KI (розчин) – 15 мл

$AgNO_3$ (розчин) – 15 мл

1. У восьми пробірках знаходяться розчини $Pb(NO_3)_2$, $BaCl_2$, $ZnCl_2$, HCl, Na_2CO_3, NaOH, . Заповніть таблицю, вказавши зовнішні ознаки реакцій, що відбуваються. Використовуйте наступні позначення:

–	немає видимих змін
↓	утворюється осад (вкажіть колір)
↑	виділяється газ

	$Pb(NO_3)$	**$BaCl_2$**	**$ZnCl_2$**	**HCl**	**Na_2CO_3**	**NaOH**	**KI**	**$AgNO_3$**
$Pb(NO_3)$								
$BaCl_2$	↓ білий							
$ZnCl_2$	↓ білий	-						
HCl	↓ білий	-	-					
Na_2CO_3	↓ білий	↓ білий	↓ білий	↑				
NaOH	↓ білий	-	↓ білий, роз. у надлишку	-	-			
KI	↓ жовтий	-	-	-	-	-		
$AgNO_3$	-	↓ білий	↓ білий	↓ білий	↓ коричневий	↓ чорний	↓ жовтий	

2. Проведіть відповідні досліди, записавши спостереження (номер в таблиці відповідає номеру пробірки): для 1-го варіанту

	1	2	3	4	5	6	7	8
1		-	↓ білий	↑	-	-	-	↓ білий
2			↓ жовтий	-	-	-	-	↓ жовтий
3				↓ білий	↓ білий	↓ білий	↓ білий	-
4					↓ білий	-	↓ білий	↓ коричневий
5						↓ білий, роз. у надлишку	-	↓ білий
6							-	↓ чорний
7								↓ білий
8								

3. Співвіднесіть номера пробірок з реагентами в них.

Пробірка	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Речовина	HCl	KI	$Pb(NO_3)_2$	Na_2CO_3	$ZnCl_2$	NaOH	$BaCl_2$	$AgNO_3$

4. В усіх випадках, для яких наявні видимі ознаки протікання реакції, **наведіть** рівняння реакцій в **скороченому** іонному вигляді.

$Pb^{2+} + 2\ Cl^- = PbCl_2$	$Zn^{2+} + 2\ OH^- = Zn(OH)_2$
$Pb^{2+} + CO_3^{2-} = PbCO_3$	$Zn(OH)_2 + 2\ OH^- = [Zn(OH)_4]^{2-}$
$Pb^{2+} + 2OH^- = Pb(OH)_2$	$Zn^{2+} + CO_3^{2-} = ZnCO_3$
$Pb^{2+} + 2I^- = PbI_2$	$2H+ = CO_3^{2-} = H_2O + CO_2$
$Ba^{2+} + CO_3^{2-} = BaCO_3$	$2\ Ag^+ + CO_3^{2-} = Ag_2O + CO_2$

$Ag^+ + Cl^- = AgCl$ $Ag^+ + I^- = AgI$	$2Ag^+ + 2OH^- = Ag_2O + H_2O$

Задача 2. Визначення молярної концентрації NaOH.

Титрування є одним із найпоширеніших методів сучасного кількісного аналізу різноманітних сполук. Вам пропонується визначити концентрацію розчину лугу методом кислотно-основного титрування.

Обладнання

1. Бюретка на 25 мл, закріплена у штативі – 1 шт.
2. Воронка - 1 шт.
3. Піпетка Мора 10,0 мл – 1 шт.
4. Колба конічна на 250 мл– 1 шт.
5. Стаканчик на 100 мл – 1 шт.
6. Груша – 1 шт.
7. Промивалка з дистильованою водою – 1 шт.
8. Піпетка Пастера пластикова для індикатора – 2 шт.

Реактиви

1. Розчин NaOH невідомої концентрації у мірній колбі на 100 мл
2. Розчин HCl (C = 0,100 M) – 150 мл
3. Індикатор фенолфталеїн (розчин) – 3 мл
4. Індикатор метилоранж (розчин) – 3 мл

Хід роботи

1. Заповніть бюретку розчином хлоридної кислоти та встановіть рівень рідини на «0». Носик бюретки не повинен містити пухирці повітря. Для зливу використовуйте стаканчик на 100 мл.
2. Доведіть до мітки розчин натрій гідроксиду у мірній колбі на 100 мл, закрийте пробкою та ретельно перемішайте.
3. У конічну колбу піпеткою Мора відберіть 10 мл розчину лугу. Додайте кілька крапель метилоранжу. Титруйте розчином хлоридної кислоти до зміни забарвлення розчину.
4. Запишіть об`єм кислоти, що витратився на титрування.
5. Вилийте розчин з колби, промийте її дистильованою водою.
6. Повторіть титрування (п. 3) ще два рази.
7. Повторіть титрування(п. 3) тричі, використовуючи як індикатор фенолфталеїн.
8. Запишіть результати титрування в таблицю. для 1-го варіанту

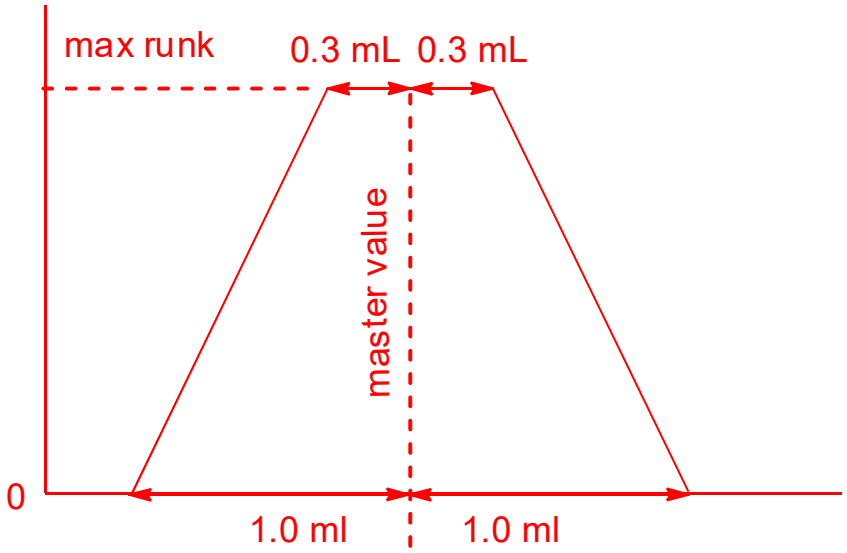
V(NaOH), мл	**V(HCl), мл за метилоранжем**	**V(HCl), мл за фенолфталеїном**
10	9.60	9.60
10	9.60	9.60
10	9.60	9.60
10	9.60	9.60
	Прийняте для розрахунків значення V(HCl), мл	**Прийняте для розрахунків значення V(HCl), мл**

	9.60	9.60

9. Запишіть рівняння реакції, яка відбувається при титруванні та розрахуйте концентрацію розчину лугу за кожним з індикаторів.

$H^+ + OH^- = H_2O$ C1 (HCl) V1 (HCl) = C (NaOH) V(NaOH) C (NaOH) = C1 (HCl) V1 (HCl) / V(NaOH)	
Молярність C(NaOH) за метилоранжем	**Молярність C(NaOH) за фенолфталеїном**
0.096	**0.096**

Оцінка обох титрувань оцінювалась за наведеною нижче діаграмою:



9 клас. 1 тур.

Задача 1. «Мідна пластинка»

Автор: Полунін Руслан

Мідну пластинку масою 5,88 г занурили у розчин, що містить 15,82 г сульфату деякого металу. Після проходження реакції на 91,67% пластинку витягнули, висушили і зважили. Її маса зменшилася на 2,32 г. Цю пластинку розчинили в концентрованій сульфатній кислоті. Після упарювання розчину виділили тільки 13,91 г синіх кристалів.

В розрахунках використовуйте цілочисельні значення відносних атомних мас.

1.1 Встановіть формулу сульфату, що був у початковому розчині.

Сині кристали – це мідний купорос $CuSO_4 \cdot 5H_2O$. $n(CuSO_4 \cdot 5H_2O) = 0,0556$ моль, що відповідає m (Cu) = 3,56 г; з іншого боку, маса пластинки, яку вийняли m (пластинки) = 5,88 – 2,32 = 3,56г. Таким чином, можна зробити висновок, що при зануренні пластинки мідь розчинялась, а невідомий метал змінював ступінь окиснення.

$M_2(SO_4)_x + (x-y)Cu = M_2(SO_4)_y + CuSO_4$

14,5г 2,32г

2M + 96x 64(x-y)

14,5/ (2M + 96x) = 2,32/ 64(x-y); M = 152x – 200y. При x = 3, y = 2, M = 56 – Fe.

Таким чином, вихідний розчин – розчин $Fe_2(SO_4)_3$.

1.2 Розчин, отриманий після занурення пластинки у вихідний розчин, випарили та прожарили до утворення твердого залишку, що не містить кристалогідратів. **Встановіть** якісний склад та маси компонентів отриманого твердого залишку.

$Fe_2(SO_4)_3 + Cu = 2FeSO_4 + CuSO_4$

n ($FeSO_4$) = 0,0725моль; n ($CuSO_4$) = 0,03625моль; n ($Fe_2(SO_4)_3$) = 0,0033моль.

При упарюванні розчину можна одержати:

m ($FeSO_4$) = 11 г; m ($CuSO_4$) = 5,8 г; m ($Fe_2(SO_4)_3$) = 1,32г.

1.3 Запишіть рівняння реакцій, що відбуваються при додаванні до розчину мідного купоросу розчинів, що містять надлишок:

А) натрій гідроксиду;

Б) барій хлориду;

В) амоніаку.

$CuSO_4 + 2NaOH = Cu(OH)_2 + Na_2SO_4$

$CuSO_4 + BaCl_2 = CuCl_2 + BaSO_4$

$Cu^{2+} + 4NH_3 = [Cu(NH_3)_4]^{2+}$

Задача 2. «Розклад нітрату».

Автор: Виборний Михайло

При повному розкладі 6,62 г деякого нітрату, утвореного металом **X** у ступені окиснення +2, утворилось 4,57 г оксиду металу **X** та 1,045 л (н.у) двокомпонентної газової суміші.

2.1 **Встановіть** метал **X** та формулу його оксиду, що утворився в результаті розкладу нітрату.

При термічному розкладі утворився оксид металу та газова суміш. Маса газової суміші складає (6,62-4,57)=2,05 г. Середня молярна маса газової суміші: $M_{сер} = \frac{2.05г}{(1.045л \div 22.4л/моль)} = 44г/моль$, встановимо мольне співвідношення між NO_2 та O_2 в утвореній газовій суміші:

$46x + 32(1-x) = 44$

$14x = 12$ мольне співвідношення $\nu(NO_2) \div \nu(O_2) = 6:1$

$x = 0.857$

Запишемо рівняння розкладу нітрату:

$6/xM(NO_3)_x = M_{6/x}O_4 + 6NO_2 + O_2$

$\nu(M_{6/x}O_4) = 6{,}66 \cdot 10^{-3}$ моль

$M(M_{6/x}O_4) = 686$ г/моль, молярна маса металу 103,69x, при x=2 метал – Плюмбум.

2.2 **Запишіть** реакцію розкладу нітрату металу **X**.

$3Pb(NO_3)_2 = Pb_3O_4 + 6NO_2 + O_2$

2.3 **Запишіть** чотири принципово різні варіанти реакцій, за якими можуть розкладатися нітрати.

А) утворюється нітрит металу та кисень.

Б) утворюється оксид металу, оксид нітрогену (IV) та кисень.

В) утворюється метал, оксид нітрогену (IV) та кисень.

Г) розклад амоній нітрату: $NH_4NO_3 = N_2O + 2H_2O$

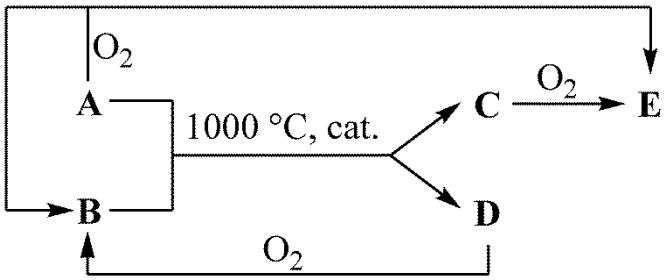
Задача 3. «Dead Space».

Автор: Ляпунов Олександр

« −Скільки мороки через якийсь уламок!
−Видобуток руди у космосі − вигідний бізнес, міс Деніелс. А Егіда-7, судячи зі звіту, просто золота жила»

Вичерпання корисних копалин на Землі рано чи пізно змусить людство шукати їх у космосі. Найбільш перспективними об'єктами для промислової розробки є астероїди. Їх освоєння передбачається проводити у кілька етапів. Під час першої фази видобувають

сполуки **A** і **B** з покладів на поверхні астероїда. Далі їх суміш нагрівають до 1000 °C у присутності каталізатора. Нижче наведено схему перетворень, хімічні властивості, термохімічні дані та агрегатні стани відповідних речовин.



	A(г)	**B**(р)	**C**(г)	**D**(г)	**E**(г)
$\Delta H^0_{f,298}$ (кДж/моль)	–74,85	–285,83	–110,50	0	–393,50
$\Delta H^0_{спалювання}$ (кДж/моль)	–890,31	–	–282,90	–285,83	–

Відомо, що тепловий ефект перетворення **A** + **B** → **C** + **D** дорівнює 250,18 кДж, а при згорянні 1 моль утвореної суміші (**C** + **D**) виділяється 285,1 кДж. Молекула оксиду **E** містить на 1 атом Оксигену більше, ніж молекула речовини **C**. Речовина **B** є найпоширенішою рідиною на Землі.

3.1 **Визначте** речовини **A**–**E**, **встановіть** мольні частки компонентів суміші **C** + **D**
Напишіть рівняння реакцій, зображених на схемі.

A	**B**	**C**	**D**	**E**
CH_4	H_2O	CO	H_2	CO_2

Склад кінцевої суміші можна дізнатися з теплот згоряння її компонентів:

$-285{,}83 \times x - 282{,}9 \times (1-x) = -285{,}1$. Звідки $\varphi(\mathbf{D}) = 0{,}75$; $\varphi(\mathbf{C}) = 0{,}25$.

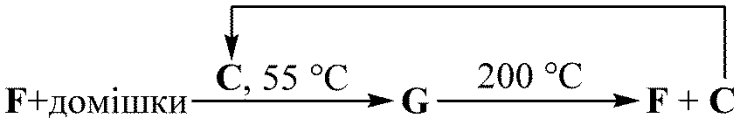
D є простою газоподібною речовиною ($\Delta H^0_f = 0$), при згорянні якої утворюється рідина **B**, отже це H_2 і H_2O. Негорючий газ **E** є єдиним продуктом згоряння газу **C**, що може виконуватися для пари CO і CO_2 (це підтверджується даними про вміст Оксигену). Газ **A** має містити Карбон, можливо Гідроген та Оксиген. Знаючи співвідношення продуктів реакції, теплоти утворення речовин і тепловий ефект реакції можна знайти коефіцієнти для реагуючих речовин і переконатися, що рівняння має вигляд $1\mathbf{A} + 1H_2O = 1CO + 3H_2$

Отже **A** – метан CH_4.

Конверсія метану.

$CH_4 + H_2O = CO + 3H_2$; $2CO + O_2 = 2CO_2$; $2H_2 + O_2 = 2H_2O$; $CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$

Друга фаза – вилучення металу **F** безпосередньо на астероїді за допомогою методу Монда. Для цього через нагріту до 55° С породу за тиску 1 атм пропускають газ **C**. Утворюється летка рідина **G**, піролізом якої отримують чистий метал **F**.



Зразок суміші парів **G** та **C** об'ємом 1,49 л за 57°C та 1 атм має масу 3,582 г. При його повному розкладі утворюється 0,840 г **F**, а при згорянні – 1,069 г твердої речовини **H**.

3.2 **Визначте** речовини **F**, **G**, **H**. **Встановіть** мольні частки компонентів суміші **G** та **C**.

F	Ni	G	$Ni(CO)_4$	H	NiO

Очевидно, **H** – оксид металу **F**. Знайдемо молярну масу його еквіваленту:

$M_E(\mathbf{F}) = \frac{0{,}840 \times 8}{(1{,}069 - 0{,}840)} = 29{,}345$; Звідки метал **F** – Ni, **H** – NiO.

Газова суміш має молярну масу

$M = \frac{3{,}582 \times 8{,}314 \times 330}{101{,}325 \times 1{,}49} = 65{,}1$ г/моль

$n(\text{суміші}) = \frac{3{,}582}{65{,}1} = 0{,}055$ моль. Припустивши, що до складу **G** входить один атом Нікелю, отримуємо $n(\mathbf{G}) = n(Ni) = 0{,}0143$ моль. $\varphi(\mathbf{G}) = 0{,}26$, $\varphi(CO) = 0{,}74$;

Ступінь окиснення	M(**F**), г/моль	Можливий елемент
1	29,345	–
2	58,69	Ni
3	88,035	–
4	117,38	–
5	146,725	–
6	176,07	–

$65{,}1 = M(\mathbf{G}) \times 0{,}26 + 28 \times 0{,}74$; звідки $M(\mathbf{G}) = 170{,}69$ г/моль. Таку молярну масу має тетракарбоніл Нікелю $Ni(CO)_4$.

3.3 **Запишіть** рівняння реакцій, що зображені на схемі отримання чистої речовини **F**.

$Ni + 4CO = Ni(CO)_4$

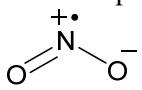
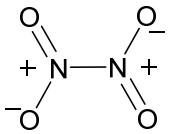
$Ni(CO)_4 = Ni + 4CO$

Задача 4. «Бура рівновага».

Автор: Желавський Олексій

Нітроген (IV) оксид, відомий як бурий газ з тривіальною назвою “лисячий хвіст”, здатен димеризуватися з утворенням N_2O_4. Ця реакція є дуже зручною для вивчення основних принципів хімічної рівноваги.

4.1 **Зобразіть** структурні формули мономеру та димеру нітроген (IV) оксиду. **Поясніть**, чому NO_2 схильний до димеризації.

Мономер 	**Пояснення:** Завдяки наявності неспареного електрону молекули NO_2 здатні утворювати між собою спільну електронну пару, об’єднуючись у димери – N_2O_4.
Димер 	

Для вивчення рівноваги, що встановлюється в газовій суміші, у вакуумований сталевий реактор місткістю 1,000 л помістили 1,000 г газоподібного N_2O_4. Реактор помістили у термостат, де встановили температуру 25 °C. Через деякий час тиск стабілізувався і склав 0,350 бар.

4.2 **Розрахуйте** для реакції дисоціації димеру **константи** рівноваги K_p^{298}, K_c^{298} та **ступінь перетворення** (α_{298}, %) димеру в мономер.

Розрахунки

Розрахуємо через кількість речовини:

	N_2O_4	=	$2NO_2$
n_0	0,01087		-
[n]	0,01087-x		2x

$\Sigma n=0,01087+x$

$pV=(0,01087+x)RT$

$x=3,26\times10^{-3}$ моль

$p(N_2O_4)=0,1885$ бар; $p(NO_2)=0,1615$ бар; $K_p=0,1615^2/0,1885=0,138$ бар

$K_c=K_p/(RT)\times10^5=5,57$ моль/м^3

$\alpha=3,3\times10^{-3}/0,01087=0,3$ (30%)

$K_p^{298}=0,138$ бар $K_c^{298}=5,57$ моль/м^3 $\alpha_{298}=30$ %

Далі той самий реактор помістили у спеціальний нагрівальний елемент та нагріли до температури 70 °С. Після встановлення рівноваги тиск склав 0,545 бар.

4.3 Розрахуйте константу рівноваги K_p^{343} та **ступінь перетворення** димеру при 70 °С.

Розрахунки

Аналогічно з пунктом 2:

	N_2O_4	=	$2NO_2$
n_0	0,01087		-
[n]	0,01087-x		2x

$\Sigma n=0,01087+x$

$pV=(0,01087+x)RT$

$x=8,24\times10^{-3}$ моль

$p(N_2O_4)=0,075$ бар; $p(NO_2)=0,470$ бар; $K_p=0,47^2/0,075=2,95$ бар

$\alpha=8,24\times10^{-3}/0,01087=0,758$ (75,8%)

$K_p^{343}=2,95$ бар $\alpha_{343}=75,8\%$ (65,4% - якщо за початкові умови прийняти стан рівноважної системи при температурі 25°С)

4.4 Вкажіть ендо- чи екзотермічним є розклад N_2O_4. Відповідь **аргументуйте**.

Реакція є ендотермічною за принципом Ле-Шательє, оскільки при підвищенні температури вихід NO_2 збільшується.

Задача 5. «Електроліз».

Автор: Бєда Олександр

У двох послідовно з'єднаних електролізерах об'ємом по 100 мл з інертними електродами знаходяться: в одному розведений розчин деякої середньої солі **X** невідомого металу **M**, в іншому – розчин тієї кислоти **Y**, якою утворена ця середня сіль.

Через електролізери пропускали струм у 150 мА протягом 300 хвилин. У процесі на трьох електродах із чотирьох спостерігалося виділення газів без кольору та запаху. Об'єми газів співвідносилися як 1:1:2. Якщо всі виділені гази об'єднати у закритій посудині та підпалити – відбудеться вибух, після приведення до тих же умов об'єм газової суміші зменшиться у 4 рази та залишиться безбарвна прозора рідина **Z**, яка є дуже відомим розчинником.

5.1 Назвіть рідину **Z**.

Вода, H_2O

5.2 Вкажіть, які гази виділялися на електродах? Відповідь обґрунтуйте. **Знайдіть їхні об'єми**, приведені до н. у.

Кисень та водень (розклад води електролізом) у електролізері з кислотою, лише кисень на аноді у електролізері із розчином солі **X**. Кількість моль електронів: n = It/F n = (0,15 А·300 хв·60 с/хв) / (96485 Кл/моль) = $2{,}80\cdot10^{-2}$ моль Кількість моль водню – вдвічі менша, $1{,}40\cdot10^{-2}$ моль, об'єм водню $1{,}40\cdot10^{-2}$ моль·22,41 л/моль = 0,314 л = 314 мл. Об'єм кисню ще вдвічі менший, тобто 157 мл.

Зміна маси четвертого електроду (на якому не виділявся газ), який після закінчення електролізу дістали, висушили та зважили, склала 0,822 г, а концентрація солі у розчині зменшилася на 21,64 г/л (зміною об'єму розчину солі при електролізі знехтуйте).

5.3 Встановіть метал **M** та кислоту **Y**. Відомо, що ядро атома металу **M** містить парну кількість протонів.

Молярна маса еквіваленту металу: 0,822 г/$2{,}80\cdot10^{-2}$ моль = 29,36 г/моль. Для заряду +2 метал **M** - нікель (58,7 г/моль). У 0,1 л солі стало менше на 2,164 г, із них Нікель складає 0,822 г. Еквівалент аніону: (2,164-0,822)/0,822·29,36=48 г/моль. Це сульфат, кислота **Y** – H_2SO_4, сіль **X** – $NiSO_4$.

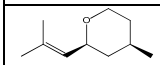
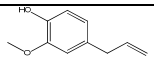
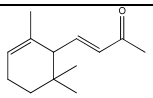
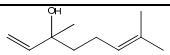
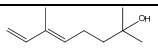
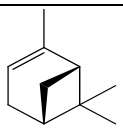
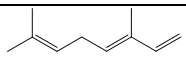
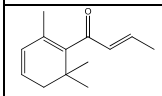
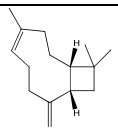
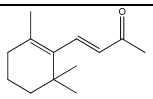
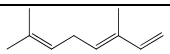
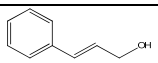
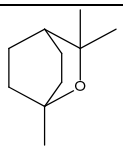
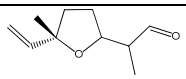
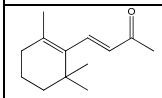
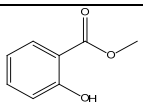
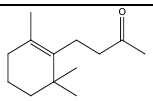
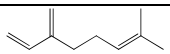
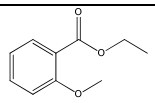
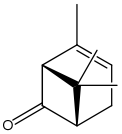
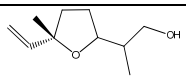
5.4 Запишіть рівняння всіх електродних реакцій та загальні рівняння процесів, що відбулися в електролізерах.

Електролізер із сіллю: Катод: $Ni^{2+} + 2e^- = Ni$ Анод: $2H_2O - 4e^- = 4H^+ + O_2$ Загальне рівняння: $2NiSO_4 + 2H_2O = 2Ni + 2H_2SO_4 + O_2$ Електролізер із сульфатною кислотою: Катод: $2H_2O + 2e^- = H_2 + 2OH^-$ Анод: $2H_2O - 4e^- = 4H^+ + O_2$ Загальне рівняння: $2H_2O = 2H_2 + O_2$

Задача 6. «Запах квітів».

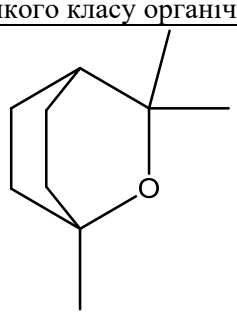
Автор: Гавриленко Костянтин

Усі ми любимо квіти за їх красу та прекрасний аромат. Відомо, що запах квітів зумовлюється цілою низкою органічних сполук. У таблиці наведено структурні формули деяких речовин, які є основною причиною того чи іншого запаху.

Троянда	***Гвоздика***	***Фіалка***	***Лілія***	***Гіацинт***	***Хризантема***	***Бузок***
 *(-)-цис-трояндовий оксид*	 *евгенол*	 *α-іонон*	 *ліналоол*	 *оцименол*	 *α-пінен*	 *(E)-β-оцимен*
 *β-дамасцинол*	 *β-каріофілен*	 *β-іонон*	 *(E)-β-оцимен*	 *коричний спирт*	 *евкаліптол*	 *бузковий альдегід*
 *β-іонон*	 *метил-саліцилат*	 *β-дигідроіонон*	 *мірцен*	 *етил-2-метоксибензоат*	 *хризантенон*	 *бузковий спирт*

Пропонуємо вам відповісти на декілька запитань щодо речовин, зображених у таблиці.

6.1 **Зобразіть** структурну формулу речовини з таблиці, яка не має кратних зав'язків. **Вкажіть** до якого класу органічних речовин вона належить.



етер.

6.2 **Запишіть** брутто-формулу *β-каріофілену*

$C_{15}H_{24}$

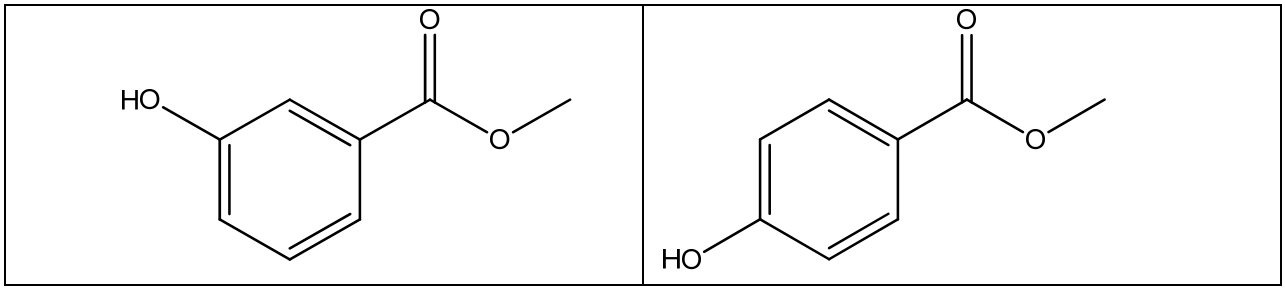
6.3 **Розрахуйте** кількість sp^2 та sp^3 гібридизованих атомів Карбону в □*-іононі*.

8 sp3 та 5sp2

6.4 **Зобразіть** структурні формули всіх ароматичних сполук у таблиці.

4: евгенол, метилсаліцилат, етил-2-метоксибензоат, коричний спирт.

6.5 **Наведіть** будову всіх ізомерів *метилсаліцилату* які є естерами бензойної кислоти.



6.6 **Вкажіть** скільки сполук у таблиці є полі-єнами?

10

6.7 **Запишіть** тривіальну назву 2,6-діметил-5,7-октадієн-2-олу.

Оцименол

6.8 **Вкажіть** скільки речовин у таблиці є поліциклічними?

4

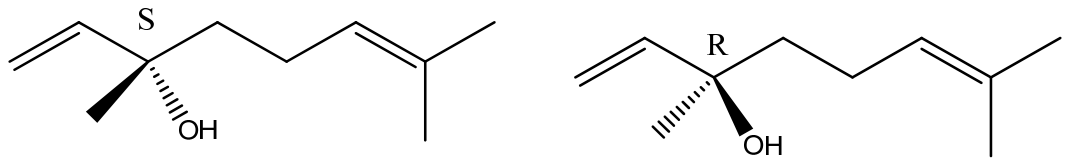
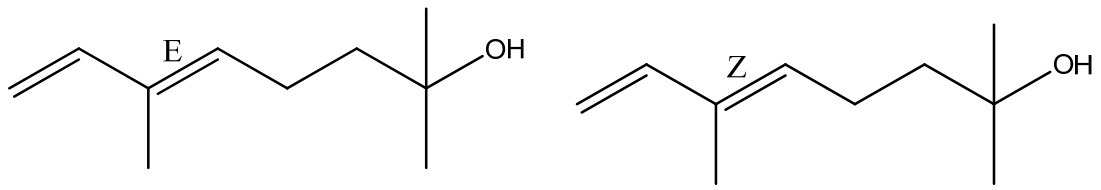
6.9 **Наведіть** назву ізомеру *(E)-β-оцимену,* що є у таблиці.

мірцен

6.10 **Вкажіть** скільки сполук з верхнього ряду таблиці мають оптичні ізомери?

3

6.11 **Вкажіть** як співвідносяться між собою *ліналоол* та *оцименол*? **Намалюйте** просторові ізомери обох цих спиртів і вкажіть конфігурацію асиметричного атому Карбону відповідно до міжнародної номенклатури.

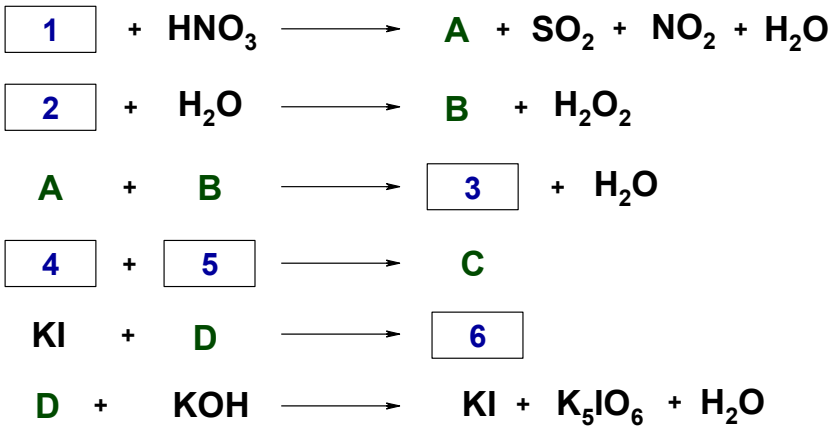
Вони є структурними ізомерами.
Ліналоол: 
Оцименол: 

9 клас. 2 тур.

Задача 1. «IVANO FRANKOVSK»

Автор: Кандаскалов Дмитро

Юний хімік, тренуючи свого брата до Всеукраїнської олімпіади 2010 року, що відбулася в Івано-Франківську, на картках записав формули деяких хімічних речовин, та використовуючи ці картки, склав рівняння хімічних реакцій. При цьому він зашифрував чотири невідомі речовини **A**-**D**. Побачивши, що задача виявилася досить легкою, він вирішив забрати 6 карток та розрізав їх, отримавши 14 літер. З цих літер він склав слово "**IVANO FRANKOVSK**".



Забрані картки позначені номерами **1-6**. Врахуйте, що не всі літери в "**IVANO FRANKOVSK**" є великими.

Речовина **C** є бінарною і містить 68,85% за масою елементу **4**, для якого це велика рідкість - утворювати складні речовини, і тому **C** навіть за кімнатної температури здатна розкладатись. Речовина **D** є простою.

Загальна сума всіх атомів на картках дорівнює 30, а формульна одиниця однієї з речовин на картці містить 10 атомів.

1.4 <u>Розшифруйте</u> невідомі речовини **A** – **D** та **1** – **7**.

Можна почати з останньої реакції, яка є реакцією диспропорціонування йоду. Отже

D- I_2. Отже п'ята реакція це утворення комплексу виду KI_x

Подивимось, які літери залишились в слові міста: " VANO FRAN OVSK"

Цікаво помітити, що серед елементів перших чотирьох періодів з літерою «R» є тільки Ar та Kr. Обидва інертні гази. А з «V» лише ванадій.

Згідно умови задачі, для елементу 4 – велика рідкість утворювати складні сполуки, отже це інертний газ, який може реагувати лише з найелектронегативнішими елементами, такими як Оксиген та Флуор. Розрахуємо молекулярну масу сполуки С припускаючи, що 5 - Ar або Kr:

1) ——— 2) ———

Отже саме для варіанту 4- Kr підходить С – KrF_2 згідно відносної молекулярної маси

Отже маємо: $Kr + F_2 \rightarrow KrF_2$.

Подивимось знову, які літери залишились в слові міста:

“ VANO AN OVS ”

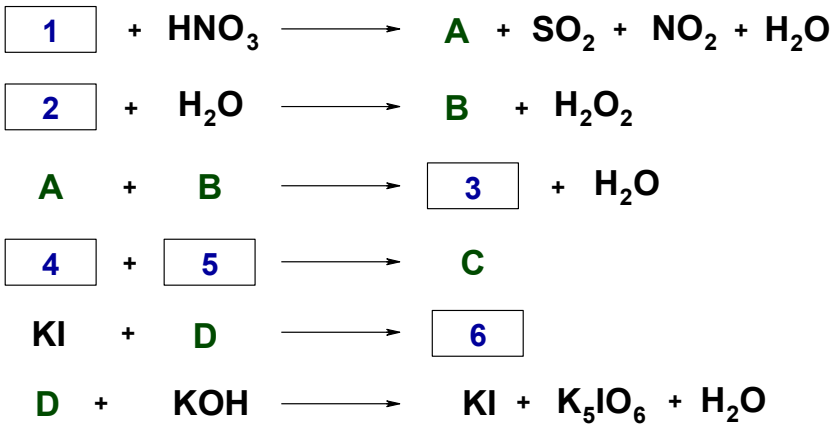
Речовина 1 містить S, також є ще V та V. Залишається: “ ANO AN O ”

Це однозначно можна розкласти на елементи Na Na O O

Отже маємо елементи: S V V Na Na O O

Можна зробити висновок, що 2 – пероксид, а в 3-обов’язково міститься V.

У нас 7 елементів, та 3 невідомі речовини, отже обов’язково десь має міститись приймаймні тринарна сполука.
Якщо 2 – пероксид натрію, то B – NaOH, а 3- містить V Na O, і тоді на 1 – містить S V. Тому A - V_2O_5



В умові йшлось, що є десятиатомна молекула, нею може бути лише KI_9.
3- це $NaVO_3$ або Na_3VO_4 (5 або 8 атомів). Можливі сульфіди ванадію VS, V_2S_3, VS_2, V_2S_5 (2, 5, 3 або 7 атомів).
Точно знаємо KI_9 – 10 атомів, Kr – 1, F_2 – 2. Na_2O_2 – 4. Всього 17 атомів, отже залишилось 13. Маючи $NaVO_3$ не можна підібрати сульфід з 8 атомами, отже 3- Na_3VO_4, а 1- V_2S_3 (5 атомів).

Отже, 1- V_2S_3
2 - Na_2O_2
3 - Na_3VO_4
4 - Kr
5 – F_2
6 – KI_9
A- V_2O_5, B – NaOH , C - KrF_2, D - I_2

1.5 <u>Запишіть</u> рівняння зашифрованих реакцій.

$$V_2S_3 + 22HNO_3 \rightarrow V_2O_5 + 3SO_2 + 22NO_2 + 11H_2O$$
$$Na_2O_2 + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2O_2$$
$$V_2O_5 + 6NaOH \rightarrow 2Na_3VO_4 + 3H_2O$$
$$Kr + F_2 \rightarrow KrF_2$$
$$KI + 4I_2 \rightarrow KI_9$$
$$4I_2 + 12KOH \rightarrow 7KI + K_5IO_6 + 6H_2O$$

Задача 2. «Кров нашого життя – від вприску до вихлопу»

Автор: Желавський Олексій

Ціни на бензин припинили мене хвилювати, коли я пересів на «Бентлі»

Роберт Дауні (молодший)

Незважаючи на всі спроби знайти більш екологічне, чисте, дешеве пальне, наша цивілізація все ще великими обсягами споживає вуглеводневе паливо – бензин, петролейний ефір, дизельне паливо. На ці категорії пальне ділять за його теплотворною здатністю, густиною, в'язкістю, температурою кипіння, тощо. Нижче наведено таблиці із даними, що знадобляться для розв'язку цієї задачі.

Паливо	Петролейний ефір	Бензин	Дизельне паливо
Основний компонент	C_5H_{12}	C_8H_{18}	$C_{10}H_{22}$
Густина d, г/см^3	0,626	0,692	0,730
M, г/моль	72	114	142
$\Delta_fH^o_{298}$, кДж/моль	-146,9	-223,8	-241,0

Сполука	CO_2 (г.)	H_2O (г.)	O_2 (г.)	CO (г.)	H_2 (г.)
$\Delta_fH^o_{298}$, кДж/моль	-393,5	-241,8	0	-110,5	0
S^o_{298}, Дж/(моль·К)	213,7	188,8	205,1	197,7	130,7

2.1 **<u>Напишіть</u>** реакції згоряння у кисні основних компонентів кожного типу палива. **<u>Розрахуйте</u>** ентальпії згоряння $\Delta_cH^o_{298}$ (кДж/моль) та теплотвірні здатності Q (кДж/мл) основних компонентів кожного виду палива.

Рівняння:

$C_5H_{12} + 8O_2 = 5CO_2 + 6H_2O$

$C_8H_{18} + 8{,}5O_2 = 8CO_2 + 9H_2O$

$C_{10}H_{22} + 15{,}5O_2 = 10CO_2 + 11H_2O$

Розрахунки

В даному випадку, ентальпія згоряння дорівнює тепловому ефекту реакції при перерахунку на 1 моль вуглеводню. Використовуючи 1-й наслідок закону Гесса:

$\Delta_cH^o_{298}(C_5H_{12}) = 5\Delta_fH^o(CO_2) + 6\Delta_fH^o(H_2O) - \Delta_fH^o(C_5H_{12}) = -3271{,}4$ кДж/моль

$\Delta_cH^o_{298}(C_8H_{18}) = 8\Delta_fH^o(CO_2) + 9\Delta_fH^o(H_2O) - \Delta_fH^o(C_8H_{18}) = -5100{,}4$ кДж/моль

$\Delta_cH^o_{298}(C_{10}H_{22}) = 10\Delta_fH^o(CO_2) + 11\Delta_fH^o(H_2O) - \Delta_fH^o(C_{10}H_{22}) = -6353{,}8$ кДж/моль

Тепер перерахуємо отримані теплові ефекти на 1 мл палива:

$$Q = \frac{-\Delta H \times d}{M}$$

$Q(C_5H_{12}) = 28{,}4$ кДж/мл

$Q(C_8H_{18}) = 31{,}0$ кДж/мл

$Q(C_{10}H_{22}) = 32{,}7$ кДж/мл

В процесі роботи ДВЗ паливо частково згоряє з утворенням дуже токсичного чадного газу CO (від 2% до 5% за об'ємом). Для того щоб уникнути потрапляння цього газу у повітря у системі вихлопу двигуна встановлюється спеціальний каталізатор-конвектор, що складається із паладієвої сітки, крізь яку проходять вихлопні гази (температура 250 °C). На каталізаторі проходять реакції за участю CO:

$$2CO + O_2 \leftrightharpoons 2CO_2, \qquad K_{p1} \quad (1)$$

$$CO + H_2O \leftrightharpoons CO_2 + H_2, \qquad K_{p2} \quad (2)$$

2.2 **Розрахуйте** зміну енергії Гіббса Δ_rG^o та константи рівноваги для реакцій (1) та (2) при 250 °C. Прийміть, що Δ_fH^o та S^o не залежать від температури.

$\Delta_rH^o_{523}$ (1) = $2\Delta_fH^o(CO_2) - 2\Delta_fH^o(CO)$ = -566 кДж/моль

$\Delta_rH^o_{523}$ (2) = $\Delta_fH^o(CO_2) - \Delta_fH^o(CO) - \Delta_fH^o(H_2O)$ = -41,2 кДж/моль

$\Delta_rS^o_{523}$ (1) = $2S^o(CO_2) - S^o(O_2) - 2S^o(CO)$ = -173,1 Дж/(моль·К)

$\Delta_rS^o_{523}$ (2) = $S^o(CO_2) + S^o(H_2) - S^o(H_2O) - S^o(CO)$ = -42,1 Дж/(моль·К)

$\Delta_rG^o_{523}$ (1) = -566000+173.1·523 = -475468 = -475,5 кДж/моль

$\Delta_rG^o_{523}$ (2) = -41200 + 42.1·523 = -19181.7 = -19,2 кДж/моль

$K_{p1} = \exp(\frac{\Delta G}{-RT}) = 3{,}1 \cdot 10^{47}$

$K_{p2} = \exp(\frac{\Delta G}{-RT}) = 82{,}7$

За рахунок величезної температури у камері згоряння ДВЗ стає можливим частковий термічний розклад води:

$$2H_2O \leftrightharpoons 2H_2 + O_2, \qquad Kp_3 \quad (3)$$

2.3 Для реакції термічного розкладу води **виразіть** константу K_{p3} через константи K_{p1} та K_{p2}. **Розрахуйте** K_{p3}

$K_{p3} = K^2_{p2} \times K^{-1}_{p1} = 2{,}2 \cdot 10^{-44}$

Задача 3. «Сульфіди».

Автор: Дубенська Лілія

Сульфіди – великий клас сполук, які широко використовують у різних галузях науки і виробництва. Зокрема, деякі сульфіди мають характерне забарвлення. На різному забарвленні і різній розчинності сульфідів ґрунтується класичний якісний аналіз катіонів.

Під час якісного аналізу сульфіди осаджують, здебільшого, дією розчину амоній сульфіду. При дії розчину амоній сульфіду на розчин Al^{3+} та Cr^{3+} також випадають осади білого і сіро-зеленого або сіро-фіолетового кольору відповідно, однак, це не сульфіди.

3.1 **Запишіть** рівняння реакції йонів Al^{3+} чи Cr^{3+} із сульфід-йоном у водному розчині. **Поясніть**, чому утворюється саме такий малорозчинний продукт реакції?

$Al^{3+} + 3\ S^{2-} + 3\ H_2O = Al(OH)_3\downarrow + 3\ HS^-$

Чи в молекулярній формі

$AlCl_3 + 3\ (NH_4)_2S + 3\ H_2O = Al(OH)_3\downarrow + 3\ NH_4HS + 3\ NH_4Cl$

Це пояснюється тим, що ці сульфіди миттєво гідролізують.

3.2 Деякі сульфіди можна осаджувати, насичуючи розчин сірководнем. **Обчисліть**, чи випаде осад ZnS, якщо розчин з $C(ZnCl_2)=0{,}01$ М у середовищі 1 М HCl насичувати сірководнем. Концентрація насиченого розчину $C(H_2S)=0{,}1$ моль/л. $K_{a,\,H_2S} = 1{,}0\cdot10^{-7}$, $K_{a,\,HS^-} = 2{,}5\cdot10^{-13}$, $K_{S,\,ZnS} = 1{,}6\cdot10^{-24}$

Осад випаде, якщо

$$\left[Zn^{2+}\right]\cdot\left[S^{2-}\right] > K_{S,\,ZnS}$$

У кислому середовищі відбувається конкуруюча реакція

$ZnS + H_3O^+ \leftrightharpoons Zn^{2+} + HS^- + H_2O$ або

$S^{2-} + H_3O^+ \leftrightharpoons HS^- + H_2O$ і за другим ступенем

$HS^- + H_3O^+ \leftrightharpoons H_2S + H_2O$

$\alpha_{S^{2-}} = \dfrac{\left[S^{2-}\right]}{C_{H_2S}}$ – коефіцієнт конкуруючої реакції (молярна частка S^{2-} в кислому середовищі)

Оперуючи рівнянням матеріального балансу $C_{H_2S} = \left[S^{2-}\right] + \left[HS^-\right] + \left[H_2S\right]$ і виразами для констант $K_{a,\,H_2S}$ і $K_{a,\,HS^-}$ одержимо вираз для обчислення

$$\alpha_{S^{3-}} = \frac{K_{a,\,HS^-}\cdot K_{a,\,H_2S}}{K_{a,\,HS^-}\cdot K_{a,\,H_2S} + [H_3O^+]\cdot K_{a,\,H_2S} + [H_3O^+]^2}$$, де $[H_3O^+]$ відповідає концентрації HCl

$$\alpha_{S^{2-}} = \frac{2{,}5\cdot10^{-13}\cdot1{,}0\cdot10^{-7}}{2{,}5\cdot10^{-13}\cdot1{,}0\cdot10^{-7} + 1\cdot1{,}0\cdot10^{-7} + 1^2} = 2{,}5\cdot10^{-20}$$

$$\left[S^{2-}\right] = 2{,}5\cdot10^{-20}\cdot0{,}1 = 2{,}5\cdot10^{-21}\ \text{моль/л}$$

$$\left[Zn^{2+}\right]\cdot\left[S^{2-}\right] = 0{,}01\cdot2{,}5\cdot10^{-21} = 2{,}5\cdot10^{-23} > K_{S,\,ZnS}$$ – отже, осад випаде

Для виконання більшості визначень треба речовину осадити кількісно, тобто досягти повного осадження. Осадження вважають повним, якщо концентрація йонів у розчині, які осаджуються, зменшиться до 10^{-6} моль/л і менше.

3.3 **Обчисліть**, яким має бути значення pH розчину $FeCl_2$, щоб кількісно осадити осад FeS, насичуючи розчин сірководнем? $K_{S,\,FeS} = 5{,}0\cdot10^{-18}$

З умови утворення осадів обчислюємо рівноважну концентрацію S^{2-}, якої треба досягти

$$10^{-6}\cdot\left[S^{2-}\right] > 5{,}0\cdot10^{-18}$$

$$\left[S^{2-}\right] > 5{,}0\cdot10^{-12}\ \text{моль/л}$$

Відповідно

$$\alpha_{S^{2-}} = \frac{[S^{2-}]}{C_{H_2S}} = \frac{5{,}0\cdot10^{-12}}{0{,}1} = 5{,}0\cdot10^{-11}$$

Розв'язуємо рівняння

$$\frac{2{,}5\cdot10^{-13}\cdot1{,}0\cdot10^{-7}}{2{,}5\cdot10^{-13}\cdot1{,}0\cdot10^{-7}+[H_3O^+]\cdot1{,}0\cdot10^{-7}+[H_3O^+]^2} = 5{,}0\cdot10^{-11}$$

$$[H_3O^+] = 2{,}23\cdot10^{-5} \text{ моль/л}$$

Отже, повинно бути pH більше 4,65

Відокремлення ZnS від MnS і FeS ґрунтується на різній розчинності цих сульфідів у кислотах.

3.4 **Доведіть** розрахунком (обчисленнями молярної концентрації катіонів металів, моль/л), що MnS розчиниться в 0,1 моль/л CH_3COOH, а ZnS – практично не розчиниться.

$K_{a,\,CH_3COOH} = 1{,}74\cdot10^{-5}$ $K_{S,\,MnS} = 2{,}5\cdot10^{-10}$

Розчинність *s* обчислюють в одиницях кількості речовини (моль) малорозчинної сполуки в 1 л насиченого розчину, тобто моль/л.

Для обох сульфідів MnS і ZnS розчинність у кислому середовищі обчислюється так:

$$s = \sqrt{\frac{K_{S,\,MS}}{\alpha_{S^{2-}}}}$$

У розчині слабкої оцтової кислоти

$$[H_3O^+] = \sqrt{K_{a,\,CH_3COOH}\cdot C_{CH_3COOH}} = 0{,}001319 \text{ моль/л}$$

Тоді

$$\alpha_{S^{2-}} = \frac{2{,}5\cdot10^{-13}\cdot1{,}0\cdot10^{-7}}{2{,}5\cdot10^{-13}\cdot1{,}0\cdot10^{-7}+0{,}001319\cdot1{,}0\cdot10^{-7}+0{,}001319^2} = 1{,}44\cdot10^{-14}$$

$$s_{MnS} = \sqrt{\frac{2{,}5\cdot10^{-10}}{1{,}44\cdot10^{-14}}} = 131{,}8 \text{ моль/л}$$ – таке абсурдно-велике число вказує на повну розчинність MnS в 0,1 М оцтовій кислоті

$$s_{ZnS} = \sqrt{\frac{1{,}6\cdot10^{-24}}{1{,}44\cdot10^{-14}}} = 1{,}0\cdot10^{-5} \text{ моль/л}$$ – ZnS в 0,1 М оцтовій кислоті не розчиниться.

Задача 4. «Хімічний IQ».

Автор: Бородін Олег

Для оцінки рівня інтелекту людини використовують спеціальні тести, результати яких дозволяють розрахувати так званий коефіцієнт інтелекту – IQ (англ. - **i**ntelligence **q**uotient, вимовляється «ай к'ю»). IQ є показником когнітивних здібностей людини, таких як пам'ять, уважність, швидкість

мислення тощо. У цій задачі вам пропонується перевірити рівень свого "*хімічного IQ*", вирішивши три найпопулярніші типи завдань, характерних для звичайних тестів IQ.

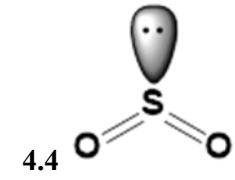
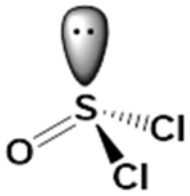
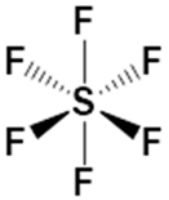
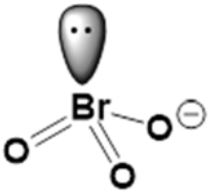
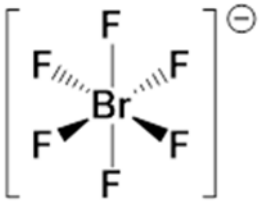
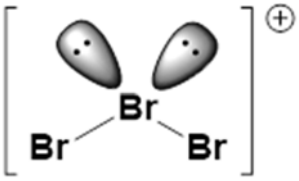
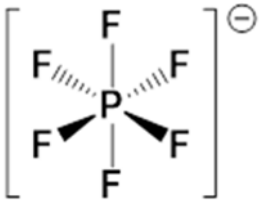
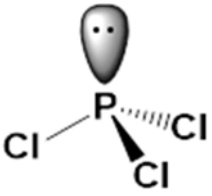
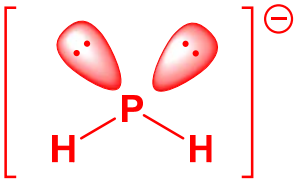
4.1 **Закресліть** одне зайве слово або формулу у кожному ряді. Поряд **вкажіть**, яка властивість чи ознака спільна для інших членів ряду.

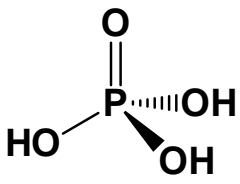
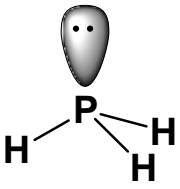
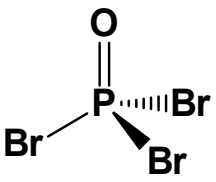
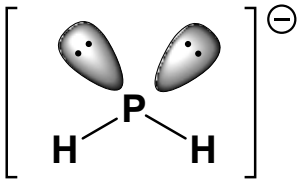
							Спільна властивість/ознака
1.1	Горіння	Сублімація	Відновлення	Іржавіння	Дисоціація	Гідроліз	Хімічні явища
1.2	SO_2	C_{60}	KO_3	NaI	H_2S	CCl_4	Складні речовини
1.3	Al	Be	In	B	Tl	Ga	Три валентних електрони
1.4	HCl	CO_2	CsF	F_2	S_8	NH_3	Ковалентний зв'язок
1.5	H_2O	NH_3	SF_2	SO_2	CH_4	$SiCl_4$	sp^3 гібридизація
1.6	CO_2	H_2Se	SO_2	Cl_2O	NO_2	SCl_2	Кутова форма молекул
1.7	HBr	$HClO_4$	LiOH	H_2SO_4	H_3PO_4	HNO_2	Кислоти
1.8	NaOH	$Ca(OH)_2$	$Fe(OH)_2$	CsOH	AgOH	KOH	Сильні основи
1.9	AgCl	$AlCl_3$	$CuSO_4$	AgI	$CaSO_4$	Na_2CO_3	Білого кольору
1.10	Al	Ba	At	Ag	As	Au	Починаються на букву "A"

4.2 **Продовжіть** послідовність (символом елемента або хімічною формулою). Поряд **вкажіть** властивість чи ознаку, яка закономірно змінюється в ряду.

							Властивість/ознака, що закономірно змінюється
2.1	^{11}B	^{16}O	^{23}Na	^{28}Si	^{35}Cl	^{40}Ca	Кількість протонів збільшується на 3
2.2	^{4}He	^{7}Li	^{11}B	^{16}O	^{19}F	^{23}Na	Кількість нейтронів збільшується на 2
2.3	$MnSO_4$	$MnO(OH)$	MnO_2	$MnOCl_3$	$BaMnO_4$	$KMnO_4$	Ступінь окиснення Mn збільшується на 1
2.4	Cu_2O	$K_2Cr_2O_7$	S_8	Cr_2O_3	$Cu(OH)_2$	$[Cu(NH_3)_4]SO_4$	Колір речовин змінюється, як кольори у веселці (у видимому спектрі), починаючи з червоного

4.3 **Заповніть** пропуск у третьому рядку таблиці одним із запропонованих варіантів.

4.4 		
		
		 (кутова форма)

а)  б)  в)  г) 

4.5 **Заповніть** пропуск у третьому рядку таблиці одним із запропонованих варіантів: а) пісок; б) алюміній; в) кремній; г) силіцій (IV) оксид.

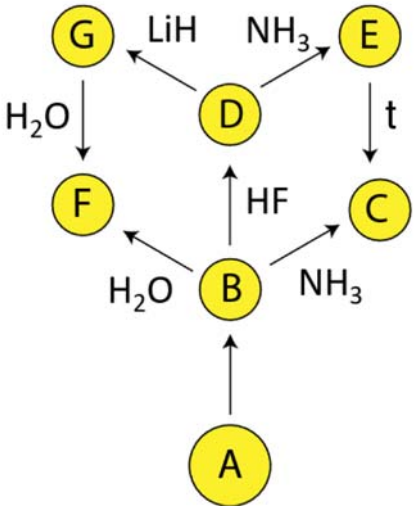
Чавун	Залізний купорос	Залізо
Графіт	Вуглекислий газ	Деревина
Кварц	Глина	Кремній (проста речовина Силіцію)

Задача 5. «Схема перетворень та *“неорганічний бензен”*».

Автор: Ганопольський Антон

Хімія сполук елементу **X** є дуже різноманітною та знаходить використання у важкій промисловості, технологічній сфері та лабораторній практиці.

Нижче запропонована схема перетворень деяких речовин, що містять елемент **X**.



Речовина **G** є газом, а сполука **D** не містить Гідрогену у своєму складі. Перетворення **B → C** проходить при нагріванні. Речовина **B** є оксидом з масовою часткою Оксигену 68,9%. Вона утворюється при взаємодії простої речовини **A** з киснем.

5.1 **Визначте** всі зашифровані сполуки та **запишіть** рівняння всіх зображених на схемі реакцій.

A – B, B – B_2O_3, C – BN, D – BF_3, E – BF_3NH_3, G – B_2H_6, F – $B(OH)_3$

$Na_2B_4O_7 = Na_2O + 2B_2O_3$

$B_2O_3 + 2NH_3 = 2BN + 3H_2O$

$B_2O_3 + 6HF = 2BF_3 + 3H_2O$

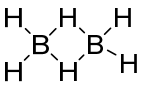
$BF_3 + NH_3 = BF_3 \cdot NH_3$

$BF_3 \cdot NH_3 = BN + 3HF$

$2BF_3 + 6LiH = B_2H_6 + 6LiF$

$B_2H_6 + 6H_2O = 2B(OH)_3 + 12H_2$

5.2 **Зобразіть** будову речовини **G**.



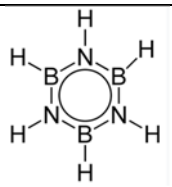
При взаємодії 1 моль речовини **G** з 2 моль амоніаку утворюється речовина **L**, молекула якої ізоелектронна молекулі бензену та має аналогічну будову.

5.3 **Запишіть** рівняння згаданої реакції та брутто формулу речовини **L**.

Боразин (боразол) – $B_3H_6N_3$

$3B_2H_4 + 6NH_3 = 2B_3H_6N_3 + 12H_2$

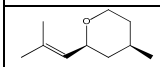
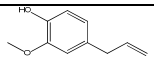
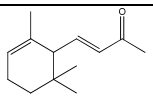
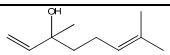
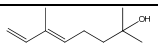
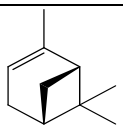
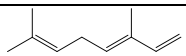
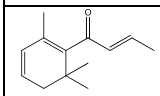
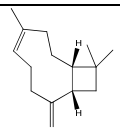
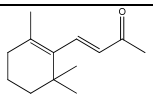
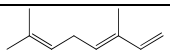
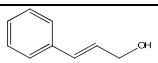
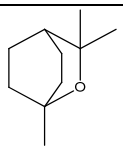
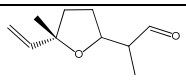
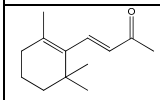
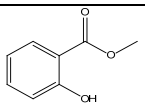
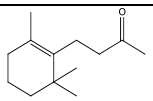
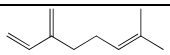
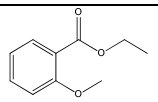
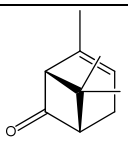
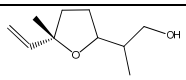
5.4 **Зобразіть** структурну формулу речовини **L**.



Задача 6. «Ще раз про запах квітів».

Автор: Гавриленко Костянтин

Усі ми любимо квіти за їх красу та прекрасний аромат. Відомо, що запах квітів зумовлюється цілою низкою органічних сполук. У таблиці наведено структурні формули деяких речовин, які є основною причиною того чи іншого запаху.

Троянда	***Гвоздика***	***Фіалка***	***Лілія***	***Гіацинт***	***Хризантема***	***Бузок***
 *(-)-цис-трояндовий оксид*	 *евгенол*	 *α-іонон*	 *ліналоол*	 *оцименол*	 *α-пінен*	 *(E)-β-оцимен*
 *β-дамасцинол*	 *β-каріофілен*	 *β-іонон*	 *(E)-β-оцимен*	 *коричний спирт*	 *евкаліптол*	 *бузковий альдегід*
 *β-іонон*	 *метил-саліцилат*	 *β-дигідроіонон*	 *мірцен*	 *етил-2-метоксибензоат*	 *хризантенон*	 *бузковий спирт*

Спалювання 5,106 г сполуки **X** (є у таблиці) призвело до утворення 6,720 л (н.у.) CO_2 та 4,860 г води.

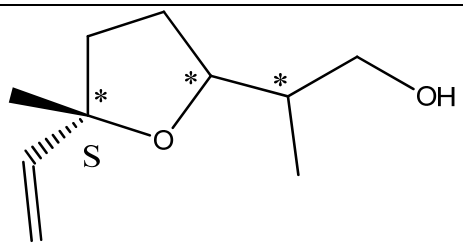
6.1 **Встановіть** брутто-формулу **X**.

$C_{10}H_{18}O_2$

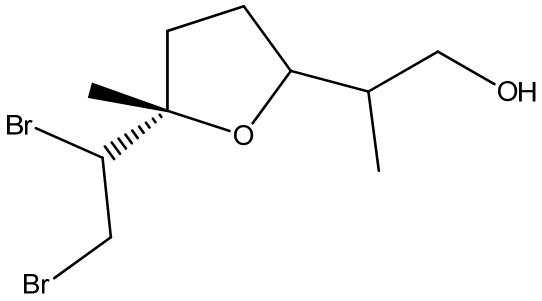
6.2 **Запишіть** рівняння згоряння **X** (якщо ви не змогли визначити **X**, виконайте це завдання для *евгенолу*).

$2C_{10}H_{18}O_2 + 27O_2 = 20CO_2 + 18H_20$

6.3 **Наведіть** структурну формулу **X** та **позначте** зірочкою (*) хіральні атоми Карбону. Якщо Ви не змогли визначити **X**, виконайте це завдання для □*-каріофілену*.



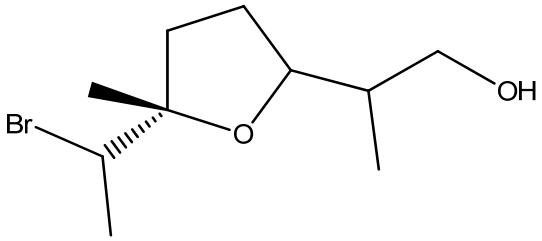
6.4 Зобразіть будову продукту приєднання брому до сполуки **X**.



6.5 **<u>Розрахуйте</u>**, скільки стереоізомерів може мати ця сполука? (якщо Ви не змогли визначити **X**, виконайте це завдання для *(-)-цис-трояндового оксиду*)

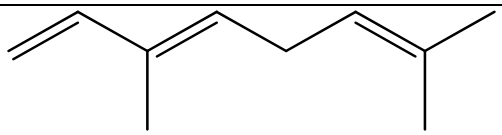
16

6.6 **<u>Зобразіть</u>** будову основного продукту приєднання бромоводню до сполуки **X** та поясніть свій вибір. Якщо Ви не змогли визначити **X**, виконайте це завдання для *(□)-пінену*.



Приєднання відповідно до правила Марковнікова.

6.7 **<u>Зобразіть</u>** будову основного продукту дегідратації оцименолу. **<u>Який запах</u>** буде мати ця речовина?



(E)-□-оцимен – запах лілії

9 клас (експериментальний тур)

Кількісне визначення Fe^{2+} та Fe^{3+} в суміші.

Кількісне визначення окремих компонентів в суміші є важливою аналітичною задачею. В даній роботі вам пропонується визначити окремо вміст Феруму в різному ступені окиснення у зразку.

Обладнання на робочому місці

1. Бюретка на 25 мл, закріплена у штативі – 1 шт.
2. Колба для титрування на 250 мл (конічна) – 1 шт.
3. Піпетка Мора на 10 мл – 1 шт.
4. Піпетка градуйована на 5 мл – 2 шт.
5. Піпетка градуйована на 2 мл – 1 шт.
6. Стакан на 100 мл – 1 шт.
7. Мірна колба на 100 мл з пробкою – 1 шт.
8. Воронка – 2 шт.
9. Груша – 1 шт.
10. Промивалка з дистильованою водою – 1 шт.
11. Піпетка Пастера пластикова – 1 шт.
12. Чашка Петрі – 1 шт.

Реактиви на робочому місці

1. Зразок задачі, що містить суміш солей Fe(II) та Fe(III), у стаканчику на 25 мл.
2. HCl розчин (10%) – 30 мл
3. H_3PO_4 розчин (50%) –10 мл
4. $Na_2S_2O_3$ розчин (0,005 М) – 100 мл
5. KI розчин (5%) – 25 мл
6. $K_2Cr_2O_7$ розчин (0,001 М) – 100 мл
7. Розчин крохмалю 5 % – 10 мл

Обладнання та реактиви на загальному столі

Плитка для нагрівання
2. Дифеніламін (розчин) у крапельниці (додають члени журі)

Хід роботи

Пробопідготовка

1. У стаканчик на 25 мл зі зразком суміші додайте 5 мл 10% розчину HCl (відміряти піпеткою на 5 мл), додайте з промивалки дистильовану воду (до половини стаканчика) та через лійку кількісно перенесіть у мірну колбу на 100 мл (змивайте залишки проби зі стаканчика у мірну колбу дистильованою водою).

2. Розташуйте колбу на плитці та нагрівайте до повного розчинення проби (~10 хвилин), час від часу перемішуючи її вміст.

3. Після повного розчинення зразка зніміть колбу з плитки, залиште охолонути протягом 10 хвилин, після чого доведіть дистильованою водою рівень рідини у колбі до мітки. Ретельно перемішайте розчин, закривши колбу пробкою.

А. Визначення вмісту Fe^{3+} йодометричним методом

1. Заповніть бюретку розчином $Na_2S_2O_3$ та встановіть рівень рідини на «0». Носик бюретки не повинен містити пухирці повітря. Для зливу використовуйте стаканчик на 100 мл.

2. У конічну колбу піпеткою Мора відберіть з мірної колби 10 мл досліджуваного розчину, додайте 5 мл 5% розчину KI, змийте краплі зі стінок колби дистильованою водою, накрийте чашкою Петрі та поставте у темне місце на 5 хвилин.

3. Титруйте розчином $Na_2S_2O_3$ до світло-жовтого забарвлення. Додайте кілька крапель крохмалю та продовжуйте титрування до повного зникнення синього забарвлення.

4. Запишіть в Таблицю об`єм тіосульфату, що витратився на титрування.

5. Повторіть пп. 2 та 3 ще два рази.

V(проби), мл	**V($Na_2S_2O_3$), мл**	**$V_{прийняте}$($Na_2S_2O_3$), мл**
10		
10		
10		
10		

6. Вилийте залишки розчину $Na_2S_2O_3$ з бюретки ти промийте її дистильованою водою.

Б. Визначення вмісту Fe^{2+} хроматометричним методом

1. Промийте бюретку розчином $K_2Cr_2O_7$, заповніть її цим же розчином та встановіть рівень рідини на «0». Для заповнення бюретки використовуйте воронку, попередньо промивши її дистильованою водою.

2. У конічну колбу піпеткою Мора відберіть з мірної колби 10 мл досліджуваного розчину, додайте 5 мл 10% розчину HCl, 1 мл розчину H_3PO_4 та індикатор (дифеніламін), змийте краплі зі стінок колбі дистильованою водою. ***Для додавання індикатора дифеніламіну зверніться до членів журі.***

3. Титруйте розчином $K_2Cr_2O_7$ до появи фіолетового забарвлення, яке не зникає протягом 20-30 с. ***Увага! Надлишок дихромату руйнує забарвлення індикатора.***

4. Запишіть в Таблицю об`єм дихромату, що витратився на титрування.

5. Повторіть пп. 2 та 3 ще два рази.

V(проби), мл	**V($K_2Cr_2O_7$), мл**	**$V_{прийняте}$($K_2Cr_2O_7$), мл**
10		
10		
10		

10		

1.1. Запишіть рівняння реакцій, які відбуваються при титруванні досліджуваної суміші за методами **А** та **Б.**

А: $2Fe^{3+} + 2I^- = 2Fe^{2+} + I_2$

$I_2 + 2Na_2S_2O_3 = 2NaI + Na_2S_4O_6$

Б: $6Fe^{2+} + Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ = 6Fe^{3+} + 2Cr^{3+} + 7H_2O$

1.2. **Розрахуйте** вміст Fe^{2+} та Fe^{3+} у зразку.

$m(Fe^{3+}) = V(Na_2S_2O_3)*c(Na_2S_2O_3)*10*55.845$

$m(Fe^{2+}) = V(K_2Cr_2O_7)*c(K_2Cr_2O_7)*6*10*55.845$

Вміст Fe^{2+}, мг	**Вміст Fe^{3+}, мг**

Чи буде впливати присутність наступних іонів на проведення титрування:

	йодометричним методом	**хроматометричним методом**
Cu^{2+}	+	-
Mg^{2+}	-	-
Mn^{3+}	+	+
Sn^{2+}	-	+

У таблиці зазначте «так» чи «ні». Кожну з позитивних відповідей проілюструйте відповідним рівнянням.

Рівняння:

$2Cu^{2+} + 4I^- \rightarrow Cu_2I_2 + I_2$

$2Mn^{3+} + 2I^- \rightarrow 2\ Mn^{2+} + I_2$

$6Mn^{3+} + Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ \rightarrow 6Mn^{4+} + 2Cr^{3+} + 7H_2O$ приймається будь-яка існуюча сполука, що містить Mn в більш високому ступеню окиснення.

$3Sn^{2+} + Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ \rightarrow 3Sn^{4+} + 2Cr^{3+} + 7H_2O$

10 клас. 1 тур.

Задача 1. Кріоскопія

Автор: Кандаскалов Дмитро

Певна галогеновмісна сіль складається з однозарядних йонів. Її розклад при 700°C у присутності каталізатора дає лише газову фазу (суміш кількох речовин) з густиною 1,172 г/л (н.у.). При пропусканні цієї газової фази крізь розчин лугу її об'єм зменшується вдвічі і густина газової фази, що залишилась (вона не забарвлює вологий лакмусовий папірець), за деяким простим газом **A** першого періоду складає 4,25. Водний розчин з масовою часткою вихідної солі 5% має температуру замерзання –1,85 ± 0,02°C. Для порівняння, такий самий за масовою часткою розчин цукру у воді починає замерзати при –0,29 ± 0,01°C.

Для довідки: кріоскопічна стала води K=1,86 K·моль$^{-1}$·кг, ебуліоскопічна стала води E=0,52 K·моль$^{-1}$·кг.

1.1 За кріоскопічними даними **обчисліть** молярну масу цукру (представник вуглеводів $C_nH_{2m}O_m$) і **запишіть** його молекулярну формулу.

$m=\Delta t°/K$=0,1559 моль/кг
5% розчин – це 5 г речовини на 95 г води, або 52,63 г речовини на 1 кг води
M(цукру)=52,63/0,1559=337,6 (г/моль)
З урахуванням допустимої похибки у 0,01/0,29 або 3,5%, це відповідає молярній масі сполуки $C_{12}H_{22}O_{11}$ (333 г/моль).

M(цукру)= 337,6 г/моль Формула цукру: $C_{12}H_{22}O_{11}$

1.2 **Визначте** формулу згаданої в умові солі.

$M_{сер}$(суміші після розкладу)=1,172·22,4=26,25 (г/моль)

Газом **A** може бути водень чи гелій.
Якщо це гелій, після розчину лугу залишається газ (суміш?) із молярною масою 17 г/моль – вочевидь амоніак.
За середньою молярною масою суміші, що складається із амоніаку та галогеноводню, обчислюємо молярну масу галогеноводню 35,5 г/моль, що майже відповідає HCl.
Перевірка кріоскопічних даних без урахування ізотонічного коефіцієнту дає 52,4–53,5 г/моль, що відповідає NH_4Cl. Але для цієї солі ізотонічний коефіцієнт у воді дорівнює 2.

Отже, газ A – водень, а каталізатор був необхідним для розкладу амоніаку. За кріоскопічними даними, молярна маса солі має бути в інтервалі 104,7–107 г/моль. Якщо це все ж таки сіль амонію, вона має бути комплексною $NH_4[EX_n]$. Тоді на молярну масу аніонної частини залишається 86,7-89,0 г/моль. X може бути хлором ($n \le 2$) або флуором ($n \le 4$). Підбором по n при заданому галогені знаходимо $NH_4[SF_3]$ та $NH_4[BF_4]$, але існує лише остання сполука.
Формула солі: NH_4BF_4

1.3 **Запишіть** хімічні рівняння всіх згаданих перетворень.

$2NH_4[BF_4] = N_2 + 3H_2 + 2HF + 2BF_3$
$HF + NaOH = NaF + HOH$
$BF_3 + 4NaOH = NaBO_2 + 3NaF + 2HOH$, або $BF_3 + NaF = NaBF_4$

1.4 **Обчисліть** температуру кипіння згаданого в умові розчину солі в той момент, коли маса

розчину вже зменшиться на 5% за рахунок випаровування води.

Із 100 г розчину вихідної солі залишиться розчин 5 г солі у 95–100·0,05=90 (г) води, або 55,56 г соли у 1 кг води.
Його моляльність 55,56/104,85=0,529 (моль/кг)
0,52·2·0,529=0,55 (°C)
Температура кипіння: 100,55°C.

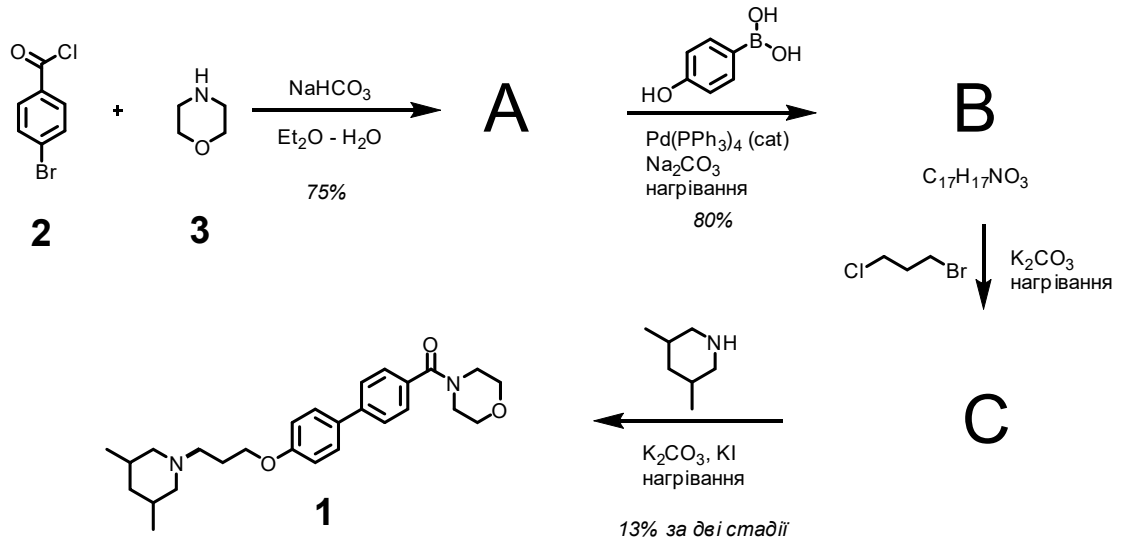
1.5 <u>Запишіть</u> три рівняння реакцій газу **A**, що ілюструють його хімічні властивості.

$H_2 + Cl_2 = 2HCl$
$CuO + H_2 = Cu + H_2O$
$2Na + H_2 = 2NaH$

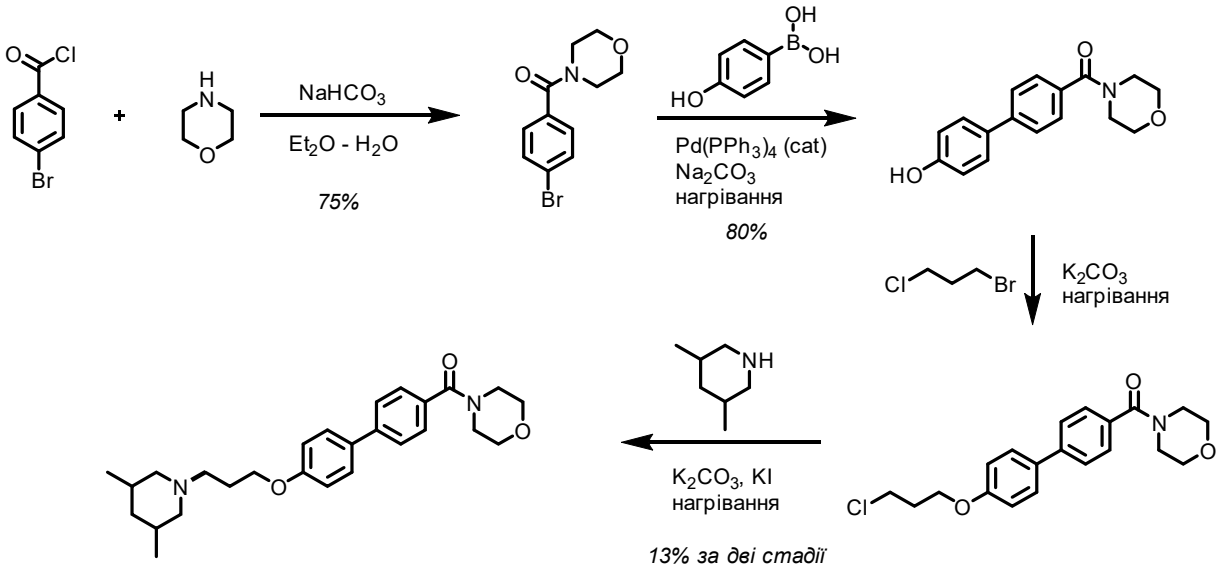
Задача 2. Шкільна хімія

Автор: Радченко Дмитро

У грудні 2018 року хіміки з Великої Британії оприлюднили цікаву статтю в «Журналі хімічної освіти» Американського хімічного товариства. Стисло, стаття розповідала про досвід авторів роботи з виконання органічного синтезу на факультативних заняттях з хімії у звичайній англійській школі. Як цільовий продукт автори роботи обрали біологічно активну речовину **1**. Школярам запропонували схему синтезу, зашифровану нижче:



2.1 <u>Наведіть</u> структурні формули сполук A – C.



2.2 <u>Поясніть</u>, навіщо на четвертій стадії було використано йодид калію і чому він не знадобився на третій.

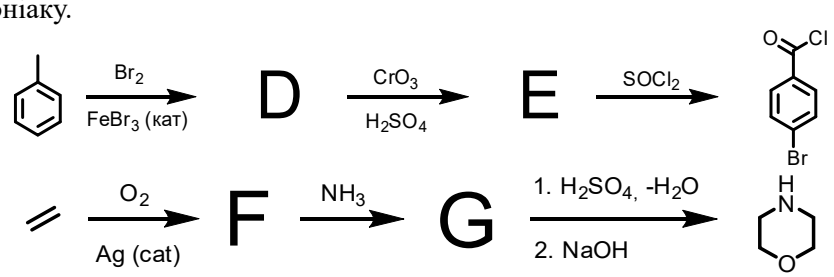
Йодид калію – каталізатор, принцип роботи якого заснований на заміщенні достатньо інертного до заміщення атому хлору на більш рухливий йод. Для третьої реакції в схемі активності брому достатньо для проходження реакції. Окрім цього, якщо б і на цій стадії використовувався йодид калію, то могло пройти і заміщення хлору з утворенням продукту біс-алкілування.

2.3 <u>Обчисліть</u> загальний вихід синтезу речовини **1**. **<u>Обчисліть</u>** сумарну масу вихідних речовин **2** та **3**, необхідних для отримання 5,0 г продукту.

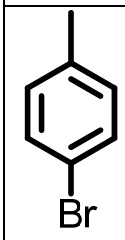
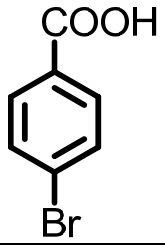
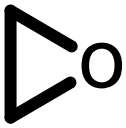
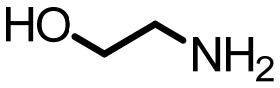
*Виходи індивідуальних стадій вказано на схемі. Продукт **C** не виділявся в чистому вигляді, тому на четвертій стадії вказано сумарний вихід за третю та четверту. Вважайте, що для всіх перетворень реагенти брали в еквімолярному співвідношенні.*

Загальний вихід: 0,75 * 0,80 * 0,13 = 7,8 %
Вага вихідних речовин: 5 / 436,6 * (219,5 + 87,1) / 0,078 = 45 г

Вихідні речовини **2** та **3** є комерційно доступними і виробляються у промислових кількостях. Нижче наведено схеми синтезу обох речовин. Зауважте, що в реакції утворення **G** береться за кількістю удвічі більше **F**, ніж амоніаку.

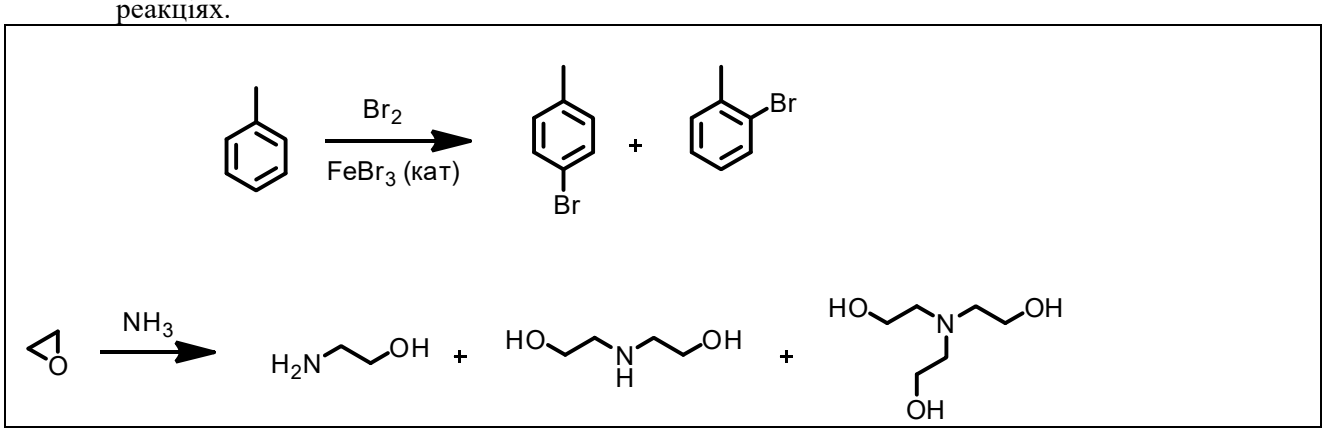


2.4 Розшифруйте речовини D–G та **наведіть** їхні структурні формули.

D	E	F	G
			

В кожній із останніх двох схем перетворень є по одній стадії, в якій крім основного продукту утворюється також і побічні.

2.5 **Вкажіть** ці стадії та **наведіть** всі продукти (разом із побічними), що утворюються в цих реакціях.



Задача 3. Олімпійські ігри

Автор: Кандаскалов Дмитро

У змаганнях беруть участь водні розчини вказаних речовин або чиста вода, див. таблицю. В кожній групі окремо порівнюємо розчини за значенням pH. Чим кисліше середовище вказаного розчину, тим вище позиція речовини в межах своєї групи в підсумковій таблиці.

Група **A**		Група **B**	
речовина	*c*, моль/л	речовина	*c*, моль/л
$Na_2C_2O_4$	0,050	HOH	---
$NaHSO_3$	0,10	$NaHCO_3$	0,075
$H_2C_2O_4$	$1{,}0\cdot10^{-4}$	NaAc	0,60
H_2CO_3	0,10	H_2SO_4	$1{,}0\cdot10^{-5}$

Дані щодо кислотних властивостей речовин подано в наступній таблиці.

Кислота	HAc	H_2CO_3	$H_2C_2O_4$	H_2SO_3
pK_{a1}	4,76	6,35	1,25	1,85
pK_{a2}	—	10,32	4,27	7,20

3.1 **Заповніть** підсумкову таблицю групи **А**. Вашу аргументацію **підтвердіть** розрахунками; вкажіть усі спрощення, прийняті при проведенні розрахунків.

* 0,5 M, $Na_2C_2O_4$

$C_2O_4^{2-} + HOH \rightarrow HC_2O_4^- + OH^-$

$$\frac{K_W}{K_{a2}} = \frac{[OH^-]^2}{C_{Na_2C_2O_4} - [H^+]}, \quad \frac{K_W}{K_{a2}} = \frac{[OH^-]^2}{C_{Na_2C_2O_4} - [H^+]}$$

При $[OH^-] << C_{Na_2C_2O_4}$ маємо: $[OH^-]^2 = \frac{K_w}{K_{a2}} \cdot C_{Na_2C_2O_4}$

$$[OH^-] = \sqrt{\frac{K_w \cdot C_{Na_2C_2O_4}}{K_{a2}}} = \sqrt{\frac{10^{-14} \cdot 0{,}5}{10^{-4{,}27}}} = 9{,}65 \cdot 10^{-6} M$$

Також ми знехтівали гідролізом води, що є виправданим.

$pOH = -\lg[OH^-] = -\lg 9{,}65 \cdot 10^{-6} = 5{,}02$, $pH = 14 - 5{,}02 = 8{,}98$

* 0,1M, $NaHSO_3$

pH кислих солей визначається формулою $pH = \frac{pK_{a1} + pK_{a2}}{2}$, за умов $K_{a2} \cdot [HSO_3^-] >> K_w = 10^{-14}$

та $K_1 << [HSO_3^-]$, які виконуються.

$$pH = \frac{1{,}85 + 7{,}20}{2} = 4{,}53$$

* 10^{-4} M $H_2C_2O_4$ та 0,1 M H_2CO_3

Другим ступенем дисоціації нехтуємо.

$$[H^+] = \frac{-K_{a1} + \sqrt{K_{a1}^2 + 4K_{a1} \cdot C_{H_2A}}}{2}$$

Для $H_2C_2O_4$: $[H^+] = \frac{-0{,}0562 + \sqrt{0{,}0562^2 + 4 \cdot 0{,}0562 \cdot 10^{-4}}}{2} = 10^{-4} M$; pH = 4,0

Для H_2CO_3: $[H^+] = \frac{-10^{-6{,}35} + \sqrt{10^{-12{,}7} + 4 \cdot 10^{-6{,}35} \cdot 0{,}1}}{2} = 2{,}11 \cdot 10^{-4}$; pH = 3,675

Місце	Група **А**		Результат (pH)
	речовина	*c*, моль/л	
1	H_2CO_3	0,10	3,68
2	$H_2C_2O_4$	$1{,}0 \cdot 10^{-4}$	4,0
3	$NaHSO_3$	0,10	4,53
4	$Na_2C_2O_4$	0,050	8,98

3.2 **Заповніть** підсумкову таблицю групи **B**. Вашу аргументацію **підтвердіть** розрахунками; вкажіть усі спрощення, прийняті при проведенні розрахунків.

* $NaHCO_3$

$$pH = \frac{pK_1 + pK_2}{2} = \frac{6{,}35 + 10{,}32}{2} = 8{,}34$$

* 0,01 M NaAc

$Ac^- + HOH \rightarrow HAc + OH^-$

$$K_{гідролізу} = \frac{K_w}{K_{HAc}} = \frac{[OH^-]^2}{C_{NaAc} - [OH^-]} \approx \frac{[OH^-]^2}{C_{NaAc}}$$

$$[OH^-] = \sqrt{\frac{K_W \cdot C_{NaAc}}{K_{HAc}}} = \sqrt{\frac{10^{-14} \cdot 0{,}5}{10^{-4,76}}} = 1{,}69 \cdot 10^{-5}\ M$$

pOH = 4,77 → pH =14 - 4,77= 9,23

* H_2SO_4 сильна кислота, тому $[H^+] = 10^{-5}$ M. pH = 5, гідролізом води та другим ступенем дисоціації нехтуємо.

* H_2O, pH=7.

Місце	Група **B**		Результат (pH)
	речовина	*c*, моль/л	
1	H_2SO_4	$1{,}0 \cdot 10^{-5}$	5
2	HOH	---	7
3	$NaHCO_3$	0,075	8,34
4	NaAc	0,60	9,23

3.3 **Наведіть** приклад розчину кислоти та її солі, pH якого майже не залежить від концентрації компонентів. **Як називається** такий розчин?

Буферний розчин. Ацетатний буфер, буферна ємність максимальна при рівних загальних концентраціях солі й кислоти

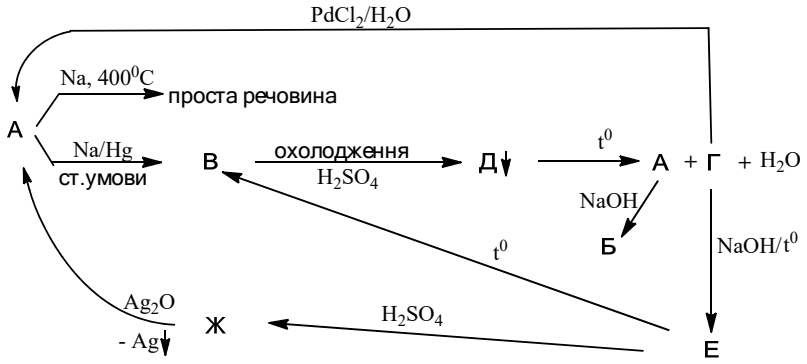
3.4 **Вкажіть** головну причину того, що константа дисоціації по другому ступеню суттєво менша, ніж по першому. **Поясніть**, чому ця різниця найменша для оксалатної кислоти.

При дисоціації по другому ступеню протон відривається від моноаніону, це енергетично менш вигідно. У оксалатної кислоти місце відриву другого протону більше віддалене від місця локалізації негативного заряду, тому дисоціація відбувається легше.

Задача 4. Колообіг

Автор: Калініченко Євген

Досить часто трапляється, що, проводячи множину операцій, ми приходимо до того, від чого відштовхувались:



У схемі не завжди наведено всі продукти перетворення. Відомо, що за звичайних умов **А** – газ, **Б** і **В** – тверді речовини, **Ж** – летка рідина з різким запахом (w_O=69,6%, w_H=4,3%).

4.1 **Визначте** зашифровані літерами **А**–**Ж** речовини. **Підтверджуйте** висновки розрахунком, коли це можливо.

Летка рідина **Ж** окрім оксигену та гідрогену має містити щонайменше ще один елемент:

$\upsilon_O : \upsilon_H : \upsilon_Э = 1 : 1 : \frac{6}{M_Э}$, легко помітити, що якщо у молекулі два атома оксигену, два атома гідрогену, то третій елемент – карбон і **Ж** – мурашина кислота HCOOH.

А – це CO_2 як продукт окиснення мурашиної кислоти. Металевий натрій в жорстких умовах відновлює його до простої речовини кабону (графіт, алмаз, навіть нанотрубки залежно від умов).

Г – карбон монооксид, легко окиснюється до CO_2. Тоді Д, що розкладається на монооксид і диоксид карбону, – оксалатна кислота, а В – натрій оксалат. Б – Na_2CO_3, Е – HCOONa.

А: CO_2 Б: Na_2CO_3 В: $Na_2C_2O_4$

Г: CO Д: $H_2C_2O_4$ Е: HCOONa Ж: HCOOH

4.2 **Запишіть** рівняння хімічних реакцій за поданою вище схемою.

$CO_2 + Na(Hg) = Na_2C_2O_4$ (ст. умови, вихід 80%)

$CO + PdCl_2 + H_2O = 2HCl + Pd + CO_2$

$H_2C_2O_4 = CO_2 + CO + H_2O$

$CO + NaOH = HCOONa$ (нагрів)

$HCOOH + Ag_2O = 2Ag + H_2O + CO_2$

4.3 **Як називають** реакцію отримання **А** з **Ж**?

срібного дзеркала

4.4 **Для чого** застосовується реакція отримання **А** з **Г**?

для якісного хімічного визначення CO у повітрі

4.5 **Які** прості речовини можуть утворюватися в реакції відновлення **А** металевим натрієм при нагріванні?

графіт, алмаз, навіть нанотрубки залежно від умов

Задача 5. Лисячий хвіст

Автор: Оніжук Микита

Юний хімік спостерігав викид помаранчевого газу **Х** разом із димом на виробництві. Хлопець, підібравшись поближче до труби, набрав зразок газу в банку, щільно її закрив і охолодив. І дивина, – газ знебарвився. Це зумовлено процесом димеризації газу.

5.1 **Назвіть** газ **X**. **Чому** газ кольоровий, а газоподібний димер безбарвний?

$$2NO_2 = N_2O_4$$

Мономер є вільним радикалом, з цим можна співвіднести наявність відносно низької за енергії вільної МО і тим самим невеликої енергії збудження, що веде до забарвлення.

Відомі значення стандартної ентальпії утворення сполук, в кДж/моль:
$\Delta H^0_{f,298}$(**X**) = 33,18; $\Delta H^0_{f,298}$(димер) = 9,160.

5.2 **Обчисліть** тепловий ефект реакції димеризації. **Чи узгоджується** знак теплового ефекту з умовою задачі?

$$\Delta H^\circ_{reaction} = \Delta H^\circ_{form}(X_2) - 2 \cdot \Delta H^\circ_{form}(X)$$

$$\Delta H^\circ_{reaction} = 9.160 - 2 \cdot 33.18 = -57.20 \text{ кДж моль}^{-1}$$

Знак негативний, що повністю співпадає із умовою, адже для екзотермічних реакцій за принципом Ле Шательє при зниженні температури рівновага має зміщатись в бік утворення продуктів – в нашому випадку димеру.

Стандартна зміна енергії Гіббса процесу димерізації при різних температурах дорівнює, кДж/моль:
ΔG^0_{343} = 3,140; ΔG^0_{373} = 8,415.

5.3 У припущенні, що ентропія та ентальпія цього процесу не залежить від температури, **обчисліть** зміну ентропії в реакції димеризації.

Можна розрахувати ентропію двома шляхами:

За ентальпією, що розрахували раніше:

$$\Delta S^\circ_{reaction} = \frac{\Delta H^\circ_{reaction} - \Delta G^\circ_{reaction}}{T}$$

За різницею в зміні енергії Гіббса:

$$\Delta S^\circ_{reaction} = \frac{\Delta G^\circ_{reaction}(T_1) - \Delta G^\circ_{reaction}(T_2)}{T_2 - T_1}$$

В обох випадках ΔS^o = -175.84 кДж моль$^{-1}$.

5.4 Визначте, нижче якої температури димер буде термодинамічно стабільнішим за **X**.

Розрахуємо із вже відомого співвідношення для енергії Гіббса:

$$\Delta G^\circ_{reaction} = \Delta H^\circ_{reaction} - T\Delta S^\circ_{reaction}$$

Тоді максимальна температура, коли більш енергетично вигідним буде димер досягається при $\Delta G^o = 0$:

$$T = \frac{\Delta H^\circ_{reaction} - 0}{\Delta S^\circ_{reaction}} = \frac{-57200}{-175.84} = 325.3 \text{ K} = 52.1 \text{ °C}$$

5.5 При цій температурі (п.5.4) **обчисліть** парціальні тиски **X** та димеру, якщо в контейнері лише з цими двома речовинами загальний рівноважний тиск дорівнює 1 атм. Якщо ви не впоралися з п.5.4, прийміть для розрахунку T = 310 K.

$$2X = X_2$$

Розрахуємо із співвідношення для енергії Гіббса константу цієї реакції:

$$K = \exp\left[\frac{\Delta G^\circ}{RT}\right] = \exp\left[\frac{0}{RT}\right] = 1$$

Виразимо константу через парціальні тиски речовин:

$$\frac{p^2(X_2)}{p(X)} = K$$

Знаючи, що сумарний тиск в банці складає 1 Бар можемо позначити $p(X_2) = a$ Бар, $p(X) = 1 - a$ Бар

Тоді можемо скласти квадратне рівняння:

$$\frac{a^2}{1-a} = 1$$

Звідки $a = 0.618$ Бар (результат -1.618 не має сенсу)

Тоді $p(X_2) = 0.618$ Бар, $p(X) = 0.382$ Бар

5.6 **Поясніть**, чому це вкрай погана ідея – збирати газ **X** чи навіть отримувати його в домашніх умовах.

Газ NO_2 є дуже токсичним для організму людини. В значній кількості при попаданні на шкіру викликає опіки та подразнення, при вдиханні концентрації вище 100 м.ч. задає непоправної шкоди легким і може викликати смерть через асфіксію від рідини в легких.

Задача 6. Схожі мінерали

Автор: Сосунович Богдан

Мінерали — це природні речовини, що утворились під час геологічних процесів у земній корі або за еквівалентних процесів на інших тілах у Всесвіті. Часто мінерали мають схожі склади, що зумовлено подібністю умов їх утворення.

Чехіт (w(H)=0,255%) і шумахерит — мінерали, які складаються з п’яти і чотирьох елементів відповідно, три з яких є спільними (один із них метал) і утворюють аніони. Чехіт містить два типи катіонів з однаковим зарядом. Після переведення їх у розчин і його нейтралізації додаванням сульфіду отримали 4,809 г темного осаду. В розведеній сульфатній кислоті осад розчиняється лише частково, маса нерозчинного залишку 3,517 г.

Подібна процедура осадження катіону із такої самої наважки шумахериту, як вище чехіту, призводить до 5,032 г темно-коричневого нерозчинного у воді сульфіду. Масові частки елементів у шумахериті складають w(H)=0,113%, w(O)=17,97%, w(V)=11,45%.

6.1 **Визначте** формули мінералів. Хід розв'язання **ілюструйте** розрахунками та короткими поясненнями.

H : O : V = 0,112/1 : 17,981/16 : 11,45/50,94 = 0,112 : 11,124 :0,225 = 1 : 10 : 2 Із припущення, що ванадій входить до складу аніона ми можемо скласти аніон $(VO_4)_2O(OH)^{9-}$. Із заряду аніона можна зробити припущення, що катіонна частина має формулу $3X^{3+}$ (те, що до катіону шумахериту входить лише один елемент, випливає із умови).

F

e

Оскільки Чехіт складається з 5 елементів, то інші три це O, H і V. Виходячи з розрахунку, що в чехіті один H, то випливає формула мінералу $FePbVO_4(OH)$, що цілком відповідає умові.

можна встановити підбором за їхніми еквівалентами за даними щодо сульфідів.

Чехіт: $FePbVO_4(OH)$ Шумахерит: $Bi_3(VO_4)_2O(OH)$

6.2 **Зазначте** ступені окиснення кожного з елементів у обох мінералах. Якщо ви не впоралися з попереднім завданням, то розгляньте цельзіан $BaAl_2Si_2O_8$ та кліноклаз $Cu_3AsO_7H_3$.

$Bi_3^{+3}(V^{+5}O_4^{-2})_2O^{-2}(O^{-2}H^+)$
$Fe^{+2}Pb^{+2}V^{+5}O_4^{-2}(O^{-2}H^+)$

6.3 **Запишіть** хімічні назви сполук, що утворюють ці мінерали.

$FePbVO_4(OH)$ – гідроксованадат плюмбуму (II) феруму (II)
$Bi_3(VO_4)_2O(OH)$ – метагідрооксид ванадат бісмуту (III)

6.4 Для кожного згаданого в умові сульфіду **наведіть** по 2 приклади реагентів, за допомогою яких його можна перевести в розчин. Напишіть рівняння відповідних реакцій. Якщо ви не впоралися з попереднім завданням, розгляньте тут сульфіди Sb_2S_3 та CuS.

FeS: розведені кислоти, кислоти-окисники типу нітратної
PbS: кислоти-окисники
Bi_2S_3: нітратна кислота, окисники (кислоти, лужний гідроген пероксид?)

Мінерал чехіт названий не на честь держави Чехії чи російського письменника А. П. Чехова, а через прізвище мінералога із Карлового університета в Празі Франтишека Чеха. Шумахерит названий в честь професора мінералогії Фрідріха Шумахера, а не знаменитого автогонщика.

6.5 **Вкажіть**, які ще подібні казуси назв у хімії вам відомі.

Хімічний елемент Індій названий не в честь країни Індії, а через колір смуги в емісійному спектрі Індію (від кольору індиго).

Задача 7. Симетрія

Автор: Царенко Дмитро

Симетрія в хімії проявляється в геометричній конфігурації молекул, що безпосередньо впливає на фізичні та хімічні властивості побудованої з цих молекул речовини.

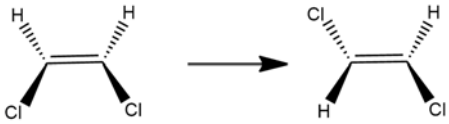
Необхідно відшукати по одній реакції, для яких один з реагентів та один із продуктів має задані елементи симетрії відповідно до шифру. Нижче задіяно такі умовні позначення (зокрема, символи Шенфліса).

- C_n – вісь симетрії порядку n (при повертанні на кожні 360/n градусів дуги молекула переходить сама в себе);
- σ – площина симетрії (при відображенні в цій площині молекула переходить сама в себе);
- I – центр інверсії (для кожної точки є еквівалентна точка, така, що центр інверсії є серединою відрізку, що їх з'єднує);
- позначення в шифрі k*E говорить, що молекула продукту чи реагенту містить рівно k елементів симетрії E (так, 2*σ означає рівно 2 площини симетрії);
- поєднані комою елементи мають зустрічатися разом: так, (1*C_3, 3*σ) задає вісь та три площини.

Додаткові умови:

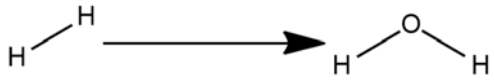
- окрім молекул із зазначеними елементами симетрії, продуктами та реагентами можуть бути ще будь-які інші;
- якщо молекула має вісь симетрії C_k, це не має бути вісь симетрії кратного порядку (C_{2k}, C_{3k} тощо);
- усі молекули можуть мати й інші елементи симетрії, якщо це не суперечить попередньому пунктові;
- усі молекули можуть бути як органічними, так і неорганічними, і не несуть електричного заряду;
- рівняння реакції не потрібне, лише структури продукту та реагенту, що мають підтверджувати наявність елементів симетрії, та перелік інших учасників реакції і умови перебігу реакції.

Ось два приклади шифру та перетворень, що їм задовольняють.



Шифр: (2*σ) → (1*I, 1*σ)

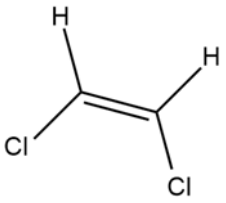
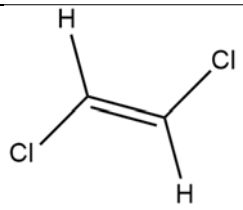
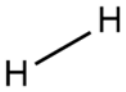
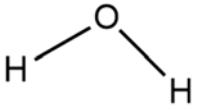
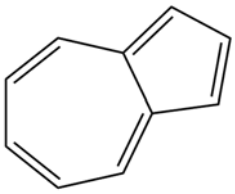
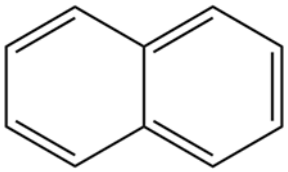
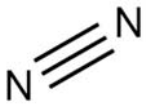
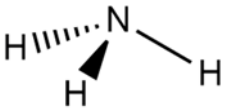
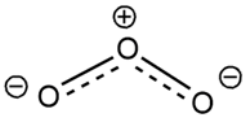
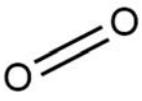
Для молекули цис-1,2-дихлоретену площинами симетрії є безпосередньо площина молекули та площина, що проходить через середину подвійного зв'язку перепендикулярно до нього. Молекула транс-1,2-дихлоретену містить центр інверсії у середині подвійного зв'язку та одну площину симетрії, що є безпосередньо площиною молекули.

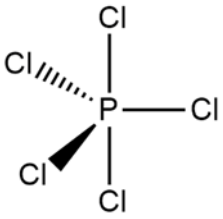
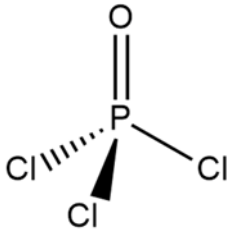
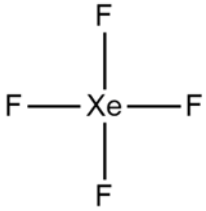
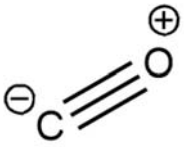
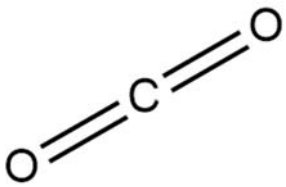
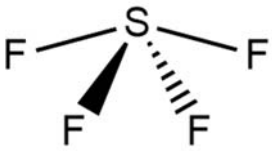
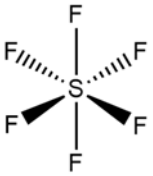
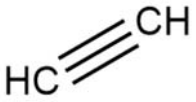
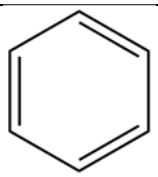
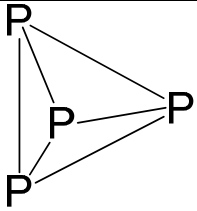
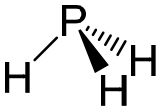
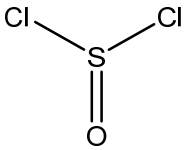
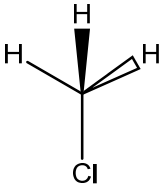


Шифр: (1*C_∞) → (2*σ)

Пряма, що містить зв'язок у молекулі водню, є віссю симетрії нескінченного порядку, оскільки молекула переходить в себе при обертанні на будь-який кут. У молекули води є дві площини симетрії: площина молекули та перпендикулярна їй, що містить атом оксигену. В цьому випадку молекули мають і додаткові елементи симетрії (площини в H_2, вісь C_2 у H_2O).

7.1 Заповніть вільні клітини таблиці за вказаними вище правилами.

№	Шифр	Структура головного реагенту	Структура головного продукту	Умови перебігу та інші реагенти
Пр.1	(2*σ) → (1*I, 1*σ)			hν
Пр.2	(1*C_∞) → (2*σ)			O_2, підпал
1	(2*σ) → (3*σ)			Нагрівання вище 300°C
2	(1*C_∞) → (1*C_3)			H_2, 500°C, Al_2O_3, 350 атм
3	(2*σ) → (∞*σ)			-

4	(4*σ) → (1*C_3, 3*σ)			Холодна H_2O
5	(∞*C_∞) → (5*σ)	Xe		F_2
6	(1*C_∞, 0*I) → (1*C_∞, 1*I)			O_2, 700°C
7	(1*C_2) → (3*C_4)			F_2
8	(∞*C_2) → (7*σ)			$C_{акт.}$, 400°C
9	(4*C_3) → (1*C_3, 3*σ)			H_2, *t*°
10	(1*C_2, 2*σ) → (1*C_3, 3*σ)			$SOCl_2$+CH_3OH, *t*°

7.2 За допомогою теорії Гілеспі підтвердіть просторову будову чотирьох цільових молекул із шифрами №4 та №7 (див. табл.). Якщо ви не впоралися з попереднім завданням, розгляньте просторову будову молекул SF_4, PF_5, XeF_4 та IF_3.

PCl_5: 5+1·5=10, 5 пар, тригональна біпіраміда
$POCl_3$: 4+4=8 (подвійний зв'язок не враховуємо з боку кожного з атомів), 4 пари, приблизно тетраедр
SF_4: 6+4=10, 5 пар, тригональна біпіраміда з 2 неподіленими парами на екваторі, радше це описують як викривлена квадратна піраміда
SF_6: 6+6=12, 6 пар, октаедр

10 клас. 2 тур.

Задача 1. Ізомери й нітрування

Автор: Григоренко Олександр

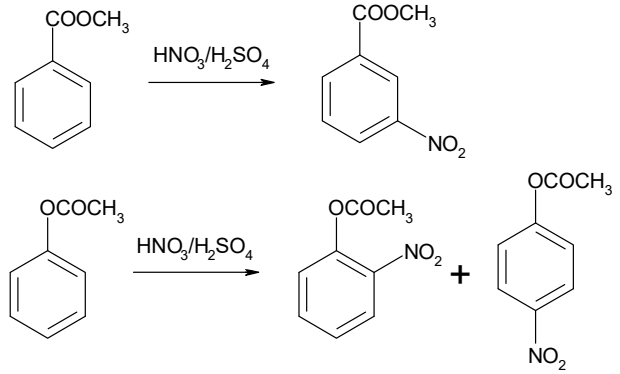
Студентка знайшла забуту в лабораторній шафі посудину з написом $C_8H_8O_2$. Елементний аналіз та визначення молекулярної маси підтвердили формулу, окрім того, газ при змішуванні з розчином гідрокарбонату натрію не виділявся, а реакція срібного дзеркала не відбувалася. Нітрування вмісту посудини розведеною нітратною кислотою без нагрівання пройшло легко з утворенням двох продуктів з формулою $C_8H_7NO_4$, які було здано на аналіз під етикетками BAV-53 та BAV-54, але при цьому рівно половина $C_8H_8O_2$ не прореагувала. Щоб пронітрувати залишок, умови реакції довелося змінити на дуже жорсткі (суміш нітратної й сульфатної кислот при нагріванні). В результаті було отримано єдиний продукт $C_8H_7NO_4$, який здали на аналіз під етикеткою BAV-55. За даними ПМР-спектру, всі три продукти виявились різними індивідуальними сполуками. Трохи поміркувавши, студентка встановила їх будову – це виявились дизаміщені похідні бензену, причому BAV-54 була найсиметричнішою з них.

1.1 **Визначте**, що містилось у забутій посудині та продукти нітрування. Відповідь **аргументуйте**. **Намалюйте** структури всіх речовин, згаданих в умові.

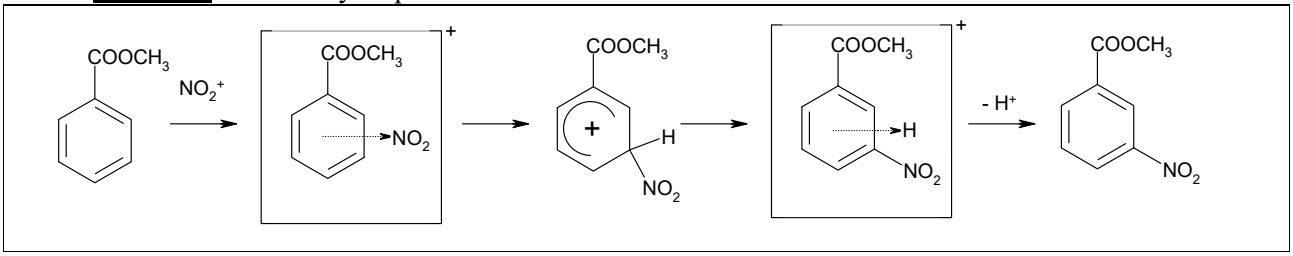
Хід реакції нітрування вказує, що у вихідній суміші була не одна, а дві сполуки, причому у еквімолярному співвідношенні. І це явно монозаміщені похідні бензену. Є шість таких сполук: метилбензоат, фенілацетат та фенілоцтова кислота, бензилформіат, 2-гідрокси-2-фенілацетальдегід та ω-гідроксиацетофенон. Останні три сполуки дають реакцію срібного дзеркала, а фенілоцтова кислота реагує з гідрокарбонатом натрію. Отже, мова йде про метилбензоат та фенілацетат. Дійсно, фенілацетат порівняно легко нітрується з утворенням суміші *о*- і *п*-ізомерів, оскільки ацетокси-група – орієнтант першого роду, а метилбензоат нітрується важко і дає лише *м*-ізомер (має орієнтант другого роду). Отже, BAV-53 – *о*-нітрофенілацетат, BAV-54 – *п*-нітрофенілацетат, BAV-55 – *м*-нітрометилбензоат.

1.2 **Запишіть** схеми згаданих перетворень.

Схеми перетворень:



1.3 **Наведіть** механізм утворення BAV-55.



1.4 На ґрунті цього механізму **поясніть** основі результати експерименту. За необхідності **ілюструйте** пояснення резонансними структурами.

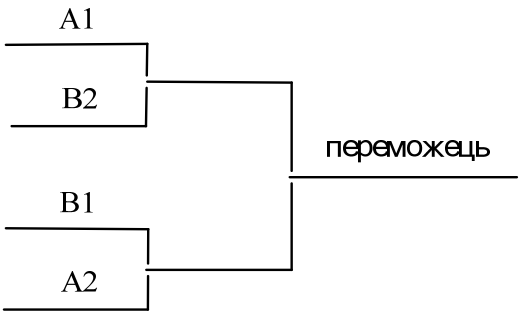
Орієнтація та кінетика реакції пояснюється будовою відповідних σ-комплексів. Ацетокси-група, виступаючи донором електронів, активує найбільшою мірою *п*- та *о*-положення, а естерна, як акцептор, дезактивує усі, але *м*- – найменшою мірою.

Задача 2. Олімпійські ігри, фінал

Автор: Кандаскалов Дмитро

Продовжуються змагання водних розчинів вказаних речовин, місця яких у двох групах було визначено в першому турі, див. таблицю з відповідними результатами.

Місце	Група **A**			Група **B**		
	речовина	*c*, моль/л	pH	речовина	*c*, моль/л	pH
1	H_2CO_3	0,10	3,7	H_2SO_4	$1{,}0\cdot10^{-5}$	5
2	$H_2C_2O_4$	$1{,}0\cdot10^{-4}$	4,0	HOH	---	7
3	$NaHSO_3$	0,10	4,5	$NaHCO_3$	0,075	8,3
4	$Na_2C_2O_4$	0,050	9,0	NaAc	0,60	9,2



Тепер у півфіналі змагаються A1 з B2 та B1 з A2 за таким принципом: до кожного з розчинів по краплинах додають розчин солі кальцію однакової концентрації, в якому з двох розчинів раніше почне утворюватись осад – та речовина проходить у фінал (таких буде 2). У фіналі проводять аналогічний дослід, але замість розчину солі кальцію додають розчин солі барію, і той розчин, де раніше почне утворюватися осад, – переможець (див. схему).

Довідкові дані:

ДР($CaCO_3$)= $3{,}8\cdot10^{-9}$; ДР($BaCO_3$)= $4{,}0\cdot10^{-10}$; ДР(CaC_2O_4)= $2{,}3\cdot10^{-9}$; ДР(BaC_2O_4)= $1{,}1\cdot10^{-7}$; ДР($CaSO_3$)= $3{,}2\cdot10^{-7}$; ДР($BaSO_3$)= $8\cdot10^{-7}$; ДР($Ca(OH)_2$)= $6{,}5\cdot10^{-6}$; ДР($CaSO_4$)= $2{,}5\cdot10^{-5}$; ДР($BaSO_4$)= $1{,}1\cdot10^{-10}$.

2.1 **Визначте**, які речовини стануть фіналістами. **Наведіть** необхідні розрахунки.

1 пара півфіналістів $A_1(H_2CO_3)$ – B_2 (HOH)
2 пара півфіналістів B_1 (H_2SO_4) – $A_2(H_2C_2O_4)$
Щоб утворився осад необхідно, щоб добуток концентрацій йонів (у відповідних ступенях) не перевищував значення ДР.

$$ДР_{CaCO_3} = [Ca^{2+}][CO_3^{2-}] \Rightarrow [Ca^{2+}] = \frac{ДР_{CaCO_3}}{[CO_3^{2-}]}$$

$$ДР_{Ca(OH)_2} = [Ca^{2+}][OH^-]^2 \Rightarrow [Ca^{2+}] = \frac{ДР_{Ca(OH)_2}}{[OH^-]^2}$$

$$ДР_{CaSO_4} = [Ca^{2+}][SO_4^{2-}] \Rightarrow [Ca^{2+}] = \frac{ДР_{CaSO_4}}{[SO_4^{2-}]}$$

$$ДР_{CaC_2O_4} = [Ca^{2+}][C_2O_4^-] \Rightarrow [Ca^{2+}] = \frac{ДР_{CaC_2O_4}}{[C_2O_4^{2-}]}$$

Відсутність констант дисоціації не дозволяє точно обчислити частки α аніонів у розчині. Розглянемо, які висновки ми можемо зробити без точних їхніх значень.

$$[Ca^{2+}] = \frac{3{,}8 \cdot 10^{-9}}{\alpha_{CO_3^{2-}} \cdot 0{,}1} = \frac{3{,}8 \cdot 10^{-8}}{\alpha_{CO_3^{2-}}}$$

2) $[Ca^{2+}] = \frac{6{,}5 \cdot 10^{-6}}{10^{-14}} = 6{,}5 \cdot 10^{8}\, M$

Навіть без розрахунку $\alpha_{CO_3^{2-}}$ можна зрозуміти, що для осадження $CaCO_3$ необхідно менше $[Ca^{2+}]$.

Отже, перший фіналіст – H_2CO_3.

3) $[Ca^{2+}] = \frac{2{,}5 \cdot 10^{-5}}{10^{-5}} = 2{,}5$ M

Припускаємо, що $\alpha_{SO_4^{2-}} = 1$, хоча це трохи й не узгоджується з наведеним значенням pH.

4) $[Ca^{2+}] = \frac{2{,}3 \cdot 10^{-8}}{10^{-4}} = 2{,}3 \cdot 10^{-4}\, M$

В цьому випадку внаслідок розведеного розчину та трохи вищу за звичайні константу дисоціації по другому ступеню (див. обговорення другої частини запитання 3.4 першого туру) ми можемо також наближено припустити, що $\alpha_{C_2O_4^{2-}} = 1$.

Другий фіналіст – $H_2C_2O_4$.

2.2 **Визначте** розчин-переможець. **Наведіть** необхідні розрахунки.

Фінал: H_2CO_3 проти $H_2C_2O_4$

1) $[Ba^{2+}] = \frac{ДР_{BaCO_3}}{\alpha_{CO_3^{2-}} \cdot c(CO_3^{2-})} = \frac{4{,}0 \cdot 10^{-11}}{\alpha_{CO_3^{2-}}}$

2) $[Ba^{2+}] = \frac{ДР_{BaC_2O_4}}{\alpha_{C_2O_4^{2-}} \cdot c(C_2O_4^{2-})} = \frac{1{,}1 \cdot 10^{-3}}{\alpha_{C_2O_4^{2-}}}$

Отже, для визначення переможця слід порівняти ці два вирази. Якщо $\frac{\alpha_{CO_3^{2-}}}{\alpha_{C_2O_4^{2-}}} \geq 3{,}6 \cdot 10^{-8}$, переможцем вийде H_2CO_3, інакше - $H_2C_2O_4$. Точно вирішити за наявними даними неможливо, але в доволі кислому середовищі (pH=3,7) частку непротонізованого карбонату можна очікувати дуже низькою і спрогнозувати перемогу $H_2C_2O_4$.

2.3 **Поясніть**, чому для повнішого виділення малорозчинної солі в розчин додають іншу, розчинну, сіль із тим самим аніоном.

Т.зв. висолення – розчинність електроліту у присутності його катіону чи аніону знижується.

2.4 **Обговоріть** переваги й вади застосування кожної з таких солей кальцію, як карбонат, сульфат, оксалат, сульфіт як вагової форми у гравіметричному аналізі.

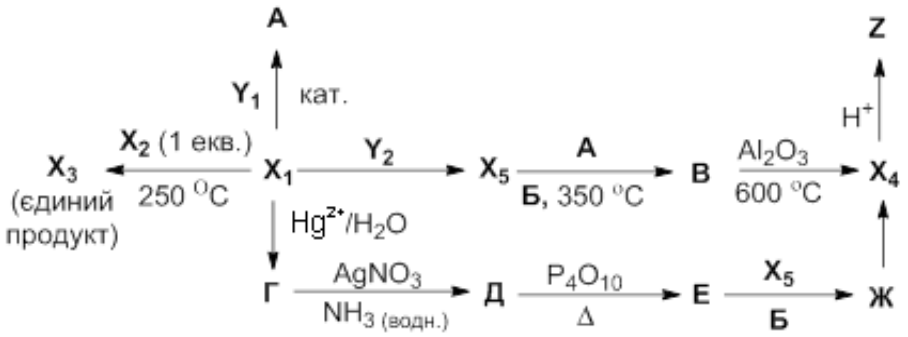
$CaCO_3$ добре (досить стійкий термічно, не утворює гідратів, досить малорозчинний)
$CaSO_4$ погано (стійкий термічно, але утворює стійкі гідрати та помітно розчинний)
CaC_2O_4 добре (досить малорозчинний, утворює гідрат, але при прожарюванні зберігає стехіометрію: при 200°C гідрат оксалату, при 500°C карбонат)
$CaSO_3$ погано (помітно розчинний, не досить стійкий термічно)

Задача 3. Спільна формула

Автор: Звягін Євген

Бінарні сполуки **X1–X5** мають однакову найпростішу формулу. Деякі їх перетворення наведено на схемі нижче. Додатково відомо, що:

- молярна маса газової суміші при синтезі **X3** у ході реакції зростає удвічі;
- **Y1**, **Y2** – прості речовини з елементів, які входять до складу **X1–X5**;
- молекули сполук **X3** та **X4**, **X2** та **X5** попарно містять однакову сумарну кількість атомів;
- молекула **X2** має значний дипольний момент;
- **Z** – біла пластична речовина, нерозчинна у воді;
- густина пари сполуки **Б** за $\mathbf{X_1}$ 10,24



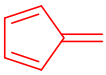
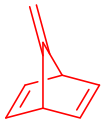
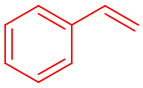
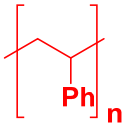
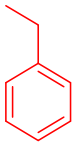
3.1 <u>Наведіть</u> структури зашифрованих речовин.

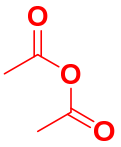
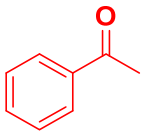
Набір умов, який запропонований на схемі, а також наявність великої кількості речовин однакового **кількісного** складу, дозволяють зробити припущення, що сполуки **Xn** – вуглеводні або їх пергалогензаміщені похідні. Однак наявність **Yn** на схемі однозначно вказує на саме сполуки складу C_xH_y. **X3** та **X4**, **X2** та **X5**, перефразуючи умову, попарно ізомери.

Каталітична гідратація **X1** у присутності солей меркурію наводить на те, що **X1**, скоріш за все, алкін, який у присутності активованого вугілля тримеризується в ароматичну сполуку, а при додаванні водню на каталізаторі перетворюється на алкен або алкан. **X5** – ароматична сполука, оскільки має той же кількісний склад, що і **X1**. Сполуки, що містять бензенове кільце, здатні реагувати у присутності кислот Льюїса із лише одним типом продуктів гідрування алкінів – алкенами; тому **A** – алкен. Єдина вдала пара **X1** та **Б**, для котрої справедливе зазначене співвідношення молярних мас – ацетилен та $AlCl_3$ відповідно. Сполуки **Xn** мають формулу C_xH_x.

Частина подальшої розшифровки сполук досить проста (див. нижче). **Z** – полістирен, на що вказує згадка про його фізичні властивості.

X2 є ізомером бензену, має брутто-формулу C_6H_6, та здатний до реакції із еквімолярною кількістю ацетилену. Подібна термічна реакція може бути прикладом реакції Дільса-Альдера, тому **X2** містить дієновий фрагмент. Серед усіх можливих ациклічних сполук жодна не має значного дипольного моменту, серед циклічних 3,4-диметиленциклобутену та фульвену лише для останнього можна пояснити значну полярність.

X1 C_2H_2	**X2** 	**X3** 	**X4** 
X5	**Y1** H_2	**Y2** C	**Z** 
A C_2H_4	**Б** $AlCl_3$	**B** 	**Г**

Д	Е	Ж	
			

3.2 <u>Вкажіть</u> каталізатор, який може допомогти перетворити **X1** на **A**.

Підходящий отруєний d-метал (наприклад, паладій із карбонатом плюмбуму, або сіркою, хіноліном…), каталізатор Ліндлара, …

3.3 <u>Обчисліть</u> об'єм 0,020 моль/л розчину їдкого натру для нейтралізації продукту розчинення 2,00 г речовини **E** у воді.

Оцтовий ангідрид реагує із водою, що можна описати рівнянням:

$(CH_3CO)_2O + H_2O = 2CH_3COOH$

Молярна маса ангідриду 102 г/моль, кількість речовини у 2 г – 0,0196 моль. Кількість утвореної оцтової кислоти 0,0392 моль. Для нейтралізації треба витратити таку ж кількість NaOH, яка міститься у **1,96 л** 0,02М розчину.

3.4 <u>Обчисліть</u> масу речовини **Z**, що утворюється із 50,0 г речовини **X4**.

50 г

Молекула речовини **X2**, незважаючи на те, що побудована з атомів елементів із невеликою різницею електронегативностей, має значний дипольний момент.

3.5 <u>Поясніть</u> цей факт.

Для фульвену існує резонансна структура із рознесеними формальними зарядами, яка характеризується ароматичністю

Задача 4. Акумулятор

Автори: Жикол Олег та Дмитро Волочнюк

Літій-іонні акумулятори міцно увійшли до нашого побуту. Анодом в таких елементах є металевий літій (інтеркальований у графіт), а катод може бути різним, приміром, кобальт (IV) оксид. Електроліт має забезпечувати рух катіонів літію між електродами і може бути як твердим, так і неводним розчином.

4.1 <u>Запишіть</u> рівняння реакції розряду описаного акумулятора. Графіт символічно позначайте C_6.

$Li{\cdot}C_6 + CoO_2 = C_6 + LiCoO_2$

4.2 <u>Поясніть</u>, чому водне середовище для електроліта було би поганим вибором. **<u>Вкажіть</u>** структурну особливість, яка має бути притаманна неводному розчиннику в цьому електроліті.

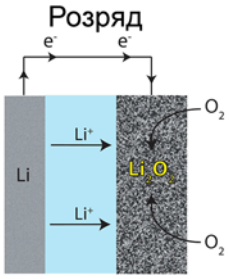
Літій взаємодіє з водою, знадобиться якийсь захист для аноду.

Неводний розчинник має бути щонайменше апротонним, аби не реагувати з літієм.

З розвитком технологій відновився інтерес до літій-повітряних акумуляторів (ЛПА). Тут катодом є оксигенова сполука літію.

4.3 Вкажіть, якою принципово може бути ця сполука при застосуванні водного та неводного електролітів.

водний: LiOH
неводний: Li_2O, Li_2O_2, LiO_2



Розглянемо далі ЛПА з катодом Li_2O_2 (див. малюнок).

4.4 Запишіть рівняння реакції розряду такого акумулятора, наявністю графіту знехтуйте.

$2Li + O_2 = Li_2O_2$

Головна перевага ЛПА над літій-іонними полягає в більшому запасі енергії на одиницю маси електродів. Стандартні значення термодинамічних функцій утворення пероксиду, в кДж/моль: $\Delta G_f^0(Li_2O_2)$=–573, $\Delta H_f^0(Li_2O_2)$=–634.

4.5 Оберіть з них ту функцію, яка потрібна для обчислення запасу електрики в ЛПА. Відповідь **обґрунтуйте**.

Електрична енергія – низькоентропійна, на відміну від теплової може бути 100% перетворена на роботу. Отже, слід скористатися функцією вільної енергії Гіббса.

4.6 Поясніть, завдяки чому саме досягається найвища енергомісткість ЛПА.

Літій – найлегший активний метал, а катод складається лише з літію та оксигену. Останній не зберігається всередині елемента, тим самим далі зменшуючи його масу.

Експериментально знайдено, що потенціал ЛПА близький до стандартного електродного потенціалу Припустимо, що це відбувається тільки внаслідок зміни концентрації катіонів літію відносно початкової в електроліті навколо електродів, причому на кожному з електродів спадання потенціалу однакове.

4.7 Обчисліть, у скільки разів змінюється ця концентрація при роботі елемента при 25°C.

Спадання потенціалу становить 3,04–2,65=0,39 В, половина на кожному електроді. Отже, на аноді спадання потенціалу складає 0,195 В, і за умовою воно повністю спричинено збільшенням концентрації Li^+ у приелектродному просторі. За рівнянням Нернста,

$E=E_0+\frac{RT}{F}\ln\frac{1}{c(Li^+)}$; $0{,}195=\frac{RT}{F}\ln\frac{c_0(Li^+)}{c(Li^+)}$, де c_0 – певна початкова концентрація. Звідси $c(Li^+)/c_0$=2000. Ця дуже наближена модель, тим не менше, ілюструє, наскільки умови роботи елемента далеки від рівноважних.

Найсуттєвішою вадою ЛПА, яка наразі заважає їхньому практичному застосуванню, є побічна реакція утворення літій карбонату. За умов роботи елемента цей процес стає незворотнім. Стандартні значення термодинамічних функцій для карбонату: $\Delta H_f^0(Li_2CO_3)$=–1215 кДж/моль, $S^0(Li_2CO_3)$=90,2 Дж/(моль·К), а для вуглекислого газу $\Delta H_f^0(CO_2)$=–394 кДж/моль.

4.8 Вкажіть, чи дозволяють ці дані, у порівнянні з даними щодо Li_2O_2, пояснити деградацію елемента за рахунок утворення карбонату. Відповідь **підтвердіть** розрахунком.

Стандартна вільна енергія утворення карбонату не може бути обчислена точно за відсутності даних щодо ентропії простих речовин, але наближена (дещо завищена за абсолютним значенням) її оцінка така:

$\Delta G_f^0(Li_2CO_3)$ =–1215–0,298·90,2=–1240 (кДж/моль) *(довідкове значення –1129)*

Це можна порівняти з наведеною в умові $\Delta G_f^0(Li_2O_2)$=–573 кДж/моль. Хоча для точного обрахування енергетичних характеристик процесу

Li_2O_2(к) + CO_2(г) = Li_2CO_3(к) + 0,5O_2(г)

не вистачає даних (тих самих значень ентропії), можна припустити, що ентропійна втрата в ньому невелика й значний енергетичний виграш у –1240–(–573–394)=–273 кДж не компенсується втратою в ентропії. Отже, досить впевнено можна стверджувати, що ці термодинамічні дані вказують на відносну стабільність карбонату порівняно з пероксидом літію, і відновити літій із карбонату в елементі буде значно важче.

Задача 5. Хто є хто?

Автор: Запорожець Ірина

Студент прибирався у шафі з реактивами та знайшов 6 зразків білих кристалічних сполук з позначками **A-F**. Хімік вирішив передивитися старі записи у лабораторному журналі, де й відшукав таку таблицю:

Сполука	w(C), %	Температура плавлення, °C	Розчинність, г в 1 л H_2O (25 °C)	pK_{a1}
A	68,84	122	3,40	4,20
B	65,59	30	4,60	4,90
C	58,34	410	63,0	—
D	60,87	158	2,00	2,97
E	60,87	202	7,25	3,84
F	60,87	214	5,00	4,54

Крім того, там було вказано, що молекули сполук **A-F** та мають однакову кількість атомів карбону та однаковий карбоновий скелет.

Хімік також з'ясував, що сполука **C** забарвлює полум'я у жовтий колір, а ^{13}C ЯМР спектр сполуки **F** має 5 сигналів. pH насиченого розчину одноосновної кислоти **A** складає 2,89 (густина розчину 1,0 г/мл).

5.1 <u>Обчисліть</u> молярну масу сполуки **A**.

Масова частка кислоти **A** в насиченому розчині w= 3,40/(1003,40)=3,39 10^{-3}

$HA = H^+ + A^-$

c_0

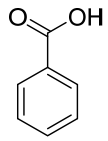
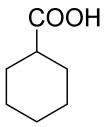
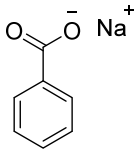
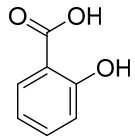
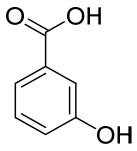
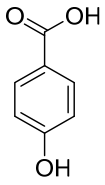
c_0-x x x

$Ka = x^2/(c_0-x)$, $x = 10^{-2,89}$

$c_0 = x^2/K_a + x = 10^{-2\cdot2,89+4,20} + 10^{-2,89} = 0,0276$ моль/л

Молярна маса речовини A M(A) = wρ/c = 3,39 10^{-3}·1000 г/л /0,0276 моль/л = 122,8 г/моль

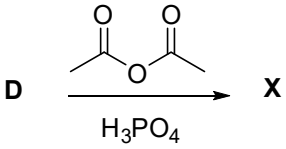
5.2 <u>Наведіть</u> структурні формули сполук A-F.

A: 	**B:** 	**C:** 
D: 	**E:** 	**F:** 

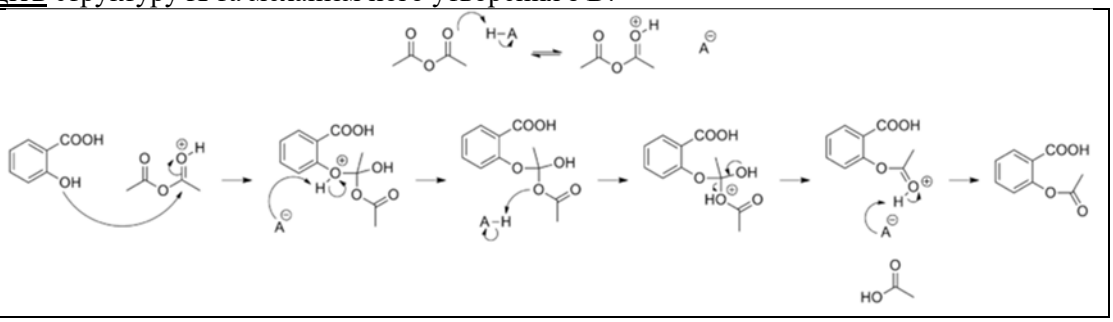
5.3 <u>Поясніть</u> високу кислотність та низьку температуру плавлення речовини **D** порівняно з **E** та **F**.

В молекулі **D** утворюється внутрішньомолекулярний водневий зв'язок, що стабілізує аніон, тим самим підвищуючи кислотність речовини. Разом з тим, речовини **E** та **F** утворюють міжмолекулярні водневі зв'язки і, як наслідок, мають підвищену температуру плавлення.

Відомий лікарський засіб **X** одержують з **D** за схемою:



5.4 <u>Наведіть</u> структуру **X** та механізм його утворення з **D**.

X: Аспірин	

5.5 <u>Поясніть</u>, як студент мав діяти насправді, знайшовши у шафі посудини із невідомими сполуками.

Речовини невідомого походження слід вважати небезпечними. Вони підлягають утилізації відповідним підрозділом установи із дотриманням усіх застережних заходів.

Задача 6. Просто швидкість

Автор: Олена Коваленко

До реактору внесли карбон (II) оксид та хлор, створивши такі початкові концентрації: $c(CO)$ = 0,050 моль/л, $c(Cl_2)$ = 0,040 моль/л. При 0ºС швидкість реакції між ними склала $2{,}5\cdot10^{-4}$ моль/(л·с), а при 25ºС – $4{,}4\cdot10^{-4}$ моль/(л·с).

6.1 **Запишіть** хімічне та кінетичне рівняння реакції, що відбувається (в диференційній формі). Вважайте процес одностадійним.

$CO + Cl_2 = COCl_2$

6.2 **Вкажіть** загальний порядок реакції.

1+1=2

6.3 **Обчисліть** парціальний тиск кожного із газів у початковій суміші при 0ºС.

$p_i = c_i RT$

$p(CO) = 50$ моль·м$^{-3}$·8,314 Дж·моль$^{-1}$·К$^{-1}$·273 К = 113500 Па або 113,5 кПа

$p(Cl_2) = 40$ моль·м$^{-3}$·8,314 Дж·моль$^{-1}$·К$^{-1}$·273 К = 90800 Па або 90,8 кПа

6.4 **Обчисліть** значення константи швидкості реакції в початковий момент при 0ºС та при 25ºС.

$$k = \frac{v}{c(CO)\cdot c(Cl_2)}$$

Звідси

$$k_{273} = \frac{2{,}5\cdot10^{-4}}{0{,}05\cdot0{,}04} = 0{,}125 \text{ л·моль}^{-1}\cdot\text{с}^{-1}, \quad k_{273} = \frac{4{,}4\cdot10^{-4}}{0{,}05\cdot0{,}04} = 0{,}22 \text{ л·моль}^{-1}\cdot\text{с}^{-1}$$

6.5 **Обчисліть** енергію активації E_A реакції та передекспоненційний множник A в рівнянні Арреніуса.

$$\frac{k_{298}}{k_{273}} = \frac{\exp\left(-\frac{E_A}{R\cdot298K}\right)}{\exp\left(-\frac{E_A}{R\cdot273K}\right)}, \quad E_A = 15295 \text{ Дж·моль}^{-1} = 15{,}3 \text{ кДж·моль}^{-1}$$

$$A = \frac{k_{298}}{\exp\left(-\frac{E_A}{RT}\right)} = \frac{0{,}22}{\exp\left(-\frac{15300}{8{,}314\cdot298}\right)} = 106 \frac{\text{л}}{\text{моль}\cdot\text{с}}$$

6.6 Обчисліть швидкість реакції, що відбувається при 25ºС, в ту мить, коли половина внесеного на початку хлору вже прореагує.

В цей момент часу молярні концентрації компонентів (моль/л) становитимуть
CO 0,03, Cl_2 0,02, $COCl_2$ 0,02.
$v = k_{298} \cdot c(CO) \cdot c(Cl_2) = 0{,}22 л \cdot моль^{-1} \cdot с^{-1} \cdot 0{,}03 моль \cdot л^{-1} \cdot 0{,}02 моль \cdot л^{-1} = 1{,}32 \cdot 10^{-4} моль \cdot л^{-1} \cdot с^{-1}$

Задача 7. Іменні реактиви

Автор: Сосунович Богдан

В хімії працювало багато видатних вчених, що здійснили величезну кількість відкриттів. За це їхні імена назавжди закарбувалися в назвах реакцій, речовин, реактивів. У таблиці представлено іменні реактиви та їх назви. Назви у стовпчику переплутано, вони по рядках не відповідають реактивам. Символом R позначено радикал (атом або група атомів, що має неспарений електрон).

а.	H_2SO_5	1.	Реактив Фентона
б.	$[Cu(NH_3)_4](OH)_2$	2.	Реактив Несслера
в.	$K_2[HgI_4]\times 2H_2O$	3.	Бордоська суміш
г.	$[Ag(NH_3)_2](OH)$	4.	Лабаракова вода
д.	R-MgHal	5.	Реактив Швейцера
е.	$CuSO_4+Ca(OH)_2$	6.	Реактив Гриньяра
є.	KClO+KCl (водн.)	7.	Рідина Вакенродера
ж.	NaClO+NaCl (водн.)	8.	Жавелева вода
з.	$H_2O_2 + Fe^{2+}$	9.	Реактив Толленса
и.	$H_2S_nO_6$ (n=3-20)	10.	Кислота Каро

7.1 Встановіть відповідність між реактивом та його назвою.

а.	**б.**	**в.**	**г.**	**д.**	**е.**	**є.**	**ж.**	**з.**	**и.**
10	5	2	9	6	3	8	4	1	7

7.2 Запропонуйте рівняння реакцій отримання реактивів «а», «в», «г» та «є».

а.	$HSO_3Cl + H_2O_2 = H_2SO_5 + HCl$
в.	$HgI_2 + 2KI = K_2[HgI_4]$
г.	$Ag_2O + H_2O + 4NH_3 = [Ag(NH_3)](OH)$
є.	$2KOH + Cl_2 = KCl + KClO + H_2O$

Речовина «в» використовуються для виявлення нітрогеновмісних речовин, при цьому випадає характерний осад.

7.3 Запишіть рівняння реакції реактиву «в» із нашатирним спиртом.

$K_2[HgI_4] + 4NH_4OH = [Hg_2N]I\times H_2O\downarrow + 4KI + NH_4I + 3H_2O$

У суміші «з» відбувається генерація вільного радикалу в результаті переносу одного електрона.

7.4 Запишіть хімічне рівняння цього процесу.

$H_2O_2 + Fe^{2+} = Fe^{3+} + OH^- + \cdot OH$

7.5. Вкажіть, де використовуються Бордоська суміш, Лабаракова та Жавелева вода.

Бордоська суміш - в рослинництві як фунгіцид

Лабаракову воду, як і Жавелеву, застосовують для вибілювання різних речовин. Це зумовлено вибілювальними властивостями атомарного кисню, який утворюється при самочинному розкладі гіпохлорид-іонів

$ClO^- \rightarrow Cl^- + O$

10 клас (експериментальний тур)

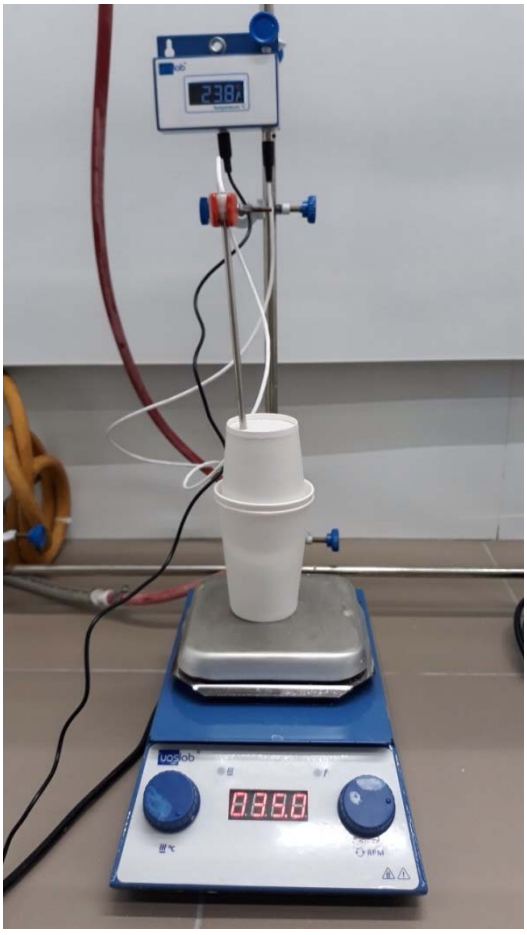
Задача 1. Визначення теплоти реакції нейтралізації

Обладнання на робочому місці

1. Паперовий стаканчик на 200 мл – 4 шт.
2. Піпетка Мора на 25 мл – 2 шт.
3. Термометр цифровий – 1 шт.
4. Мішалка магнітна – 1 шт.
5. Якір для магнітної мішалки – 1 шт.
6. Стаканчик скляний на 25 мл – 1 шт.
7. Груша – 1 шт.
8. Пінцет – 1 шт.
9. Промивалка з дистильованою водою – 1 шт.

Реактиви на робочому місці

1. NaOH 2M розчин – 100 мл
2. HCl 2M розчин – 100 мл



Визначення теплоти реакції нейтралізації між натрій гідроксидом та хлоридною кислотою проводиться за допомогою калориметра. Він складається з двох вкладених один в один стаканчиків. Кришкою є третій стаканчик, зрізаний на 2 - 3 см. В отворі кришки вміщується термопара. Калориметр розміщений на магнітній мішалці (рис. 1).

Хід роботи

1. Піднявши кришку, внесіть якір для магнітної мішалки у стаканчик, налийте за допомогою піпетки Мора 25 мл розчину лугу та знову закрийте стаканчик кришкою. Увімкніть перемішування.

2. Зачекайте 2-3 хвилини та запишіть початкову температуру розчину за показами цифрового термометра.

3. Відміряйте другою піпеткою Мора 25 мл розчину кислоти у скляний стаканчик на 25 мл. Піднявши кришку калориметра, швидко влийте розчин кислоти до лугу (рис. 2) та закрийте кришку.

Рис. 1

4. Слідкуйте за показами цифрового термометра та запишіть максимальне значення температури у таблицю 1.

5. Після цього підніміть кришку та термопару, зніміть стаканчики з магнітної мішалки. Дістаньте пінцетом якір, промийте його дистильованою водою в колбу Бунзена та просушіть папером.

6. Замініть внутрішній стаканчик на чистий, внесіть якір та зберіть калориметр на магнітній мішалці, як у попередньому досліді. Переконайтесь, що термопара майже досягає, але не торкається дна стаканчика.

7. Повторіть п.п. 1-6 ще 2 рази.

Рис. 2

Таблиця 1.

V(HCl)	T(початкова)	T(макс.)	ΔT
25			11.0±0.1
25			11.0±0.1
25			11.0±0.1

1. За одержаними даними **<u>розрахуйте молярну</u>** теплоту реакції нейтралізації (теплоємність води 4,1840 Дж·г$^{-1}$·°C^{-1}, d(NaOH) = 1,08 г/мл, d(HCl) = 1,03 г/мл).

Теплоту яка виділилася в ході реакції розрахуємо за формулою:

Q = C*m*ΔT

Розрахуємо масу отриманого розчину:

m = 25*1.08 + 25*1.03 = 52.75 г.

Розрахуємо теплоту реакції:

Q = 4,184*52,75*11 = 2427,7 Дж

Молярну теплоту реакції знайдемо за формулою

$Q_M = \frac{Q}{\nu}$. $\nu = 0.025*2 = 0.05$

$Q_M = \frac{2427.7}{0.05} = 48.56$ кДж/моль

В таблиці 2 наведено стандартні значення ентальпії утворення вихідних речовин та продуктів реакції.

Таблиця 2.

Речовина	ΔH (кДж/моль)
H_2O	-285,8
HCl (p)	-167,2
NaCl (p)	-407,3
NaOH (p)	-469,2

2. **Обчислить** за даними із таб. 2 теоретичне значення молярної теплоти нейтралізації.

$NaOH + HCl = NaCl + H_2O$

$\Delta H = \Delta H(NaCl) + \Delta H(H_2O) - \Delta H(NaOH) - \Delta H(HCl) = -57.6$ кДж/моль

$Q = -\Delta H = 56.7$ кДж/моль

3. **Розрахуйте відносну та абсолютну розбіжність** експериментального та обчисленого значень молярної теплоти нейтралізації.

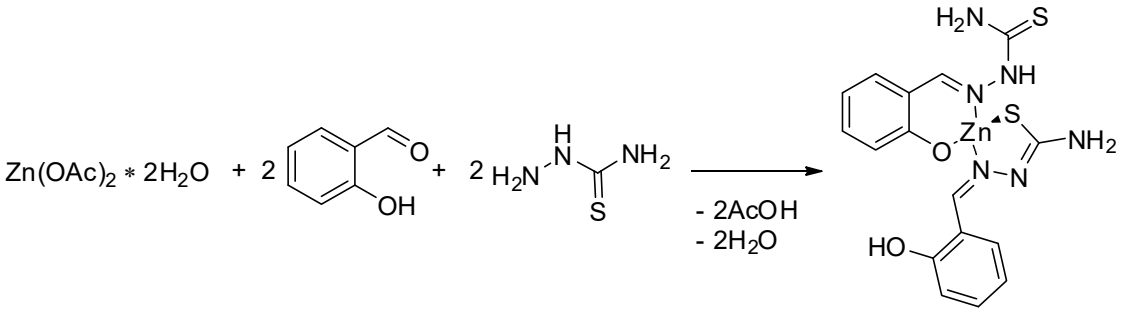
Абсолютна розбіжність: $\Delta = 56.7 - 48,56 = 8,14$ кДж/моль

Відносна розбіжність: $x = \frac{8.14}{56.7} * 100\% = 14.36\%$

2. Які фактори обумовлюють розбіжність експериментального та обчисленого значень молярної теплоти нейтралізації (позначте «х» необхідне)?

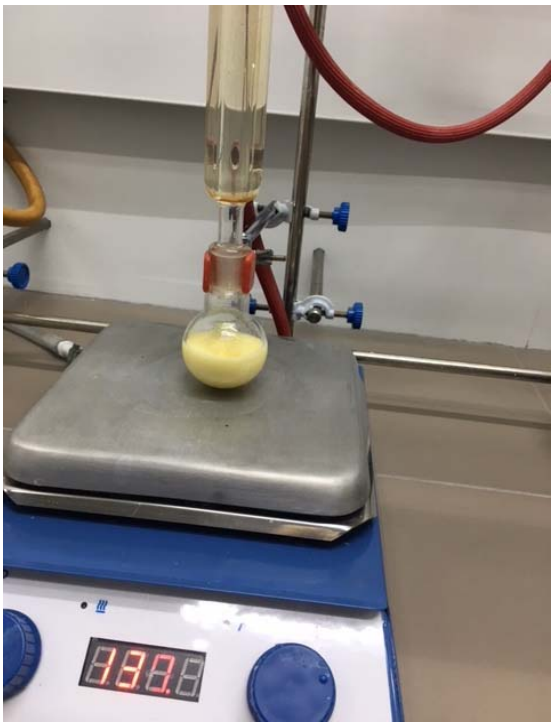
Фактор	Так	Ні
Теплоємність чистої води відрізняється від теплоємності розчинів	*	
Інерційність термометра	*	
Порядок зливання реагентів		*
Об'єм калориметру		*
Концентрація розчинів визначена неточно	*	

Задача 2. Синтез комплексу цинку(II) з тіосемікарбазоном



Обладнання на робочому місці

1. Мішалка магнітна – 1 шт.
2. Якір для магнітної мішалки – 1 шт.
3. Зворотній холодильник – 1 шт.
4. Колба круглодонна на 50 мл – 1 шт.
5. Воронка для порошків – 1 шт.
6. Градуйована піпетка на 10 мл – 1 шт.
7. Груша – 1 шт.
8. Фільтр Шота – 1 шт.
9. Колба Бунзена – 1 шт.
10. Кільця Гука – 4 шт.
11. Чашка Петрі – 1 шт.
12. Шпатель – 1 шт.
13. Пробка скляна – 1 шт.



14. Баня – 1 шт.
15. Пінцет – 1 шт.

Реактиви на робочому місці

1. Етанол у промивалці – 100 мл

Обладнання на загальному столі

1. Ваги
2. Самплер
3. Наконечники для самплера

Ацетонітрил у флаконі – 4х100 мл

Реактиви біля вагів

1. Саліциловий альдегід
2. Цинк(II) ацетат дигідрат
3. Тіосемікарбазид

Хід роботи

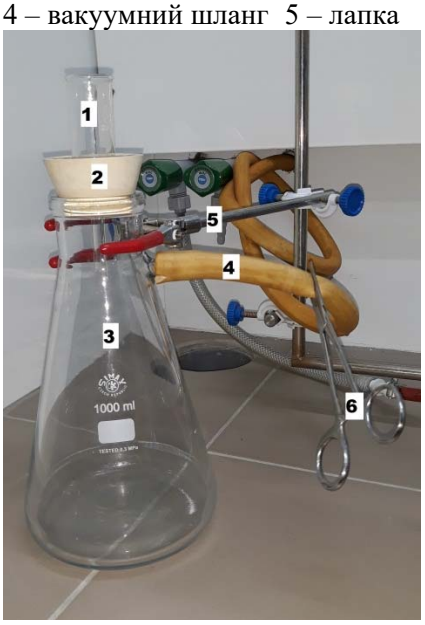
1. Круглодонну колбу на 50 мл з якорем закріпити у лапці на штативі над магнітною мішалкою.
2. Крізь воронку для порошків додати наважку цинк(II) ацетату дигідрату (0,88 г, 4 ммоль) та 20 мл етанолу (відміряти піпеткою на 10 мл).
3. Увімкнути перемішування (700 об./хв.) та нагрів (на мішалці виставити температуру 130°C).

4. Через 2-3 хвилини додати самплером 0,84 мл (8 ммоль) саліцилового альдегіду. Приєднати зворотній холодильник, колбу загорнути фольгою та залишити на 45 хв, продовжуючи перемішування та нагрів.

5. Через 45 хв від'єднати холодильник, поставити воронку для порошків та додати за допомогою неї попередньо зважену наважку 0,72 г (8 ммоль) тіосемікарбазиду, змити залишки реактиву з воронки 1-2 мл етанолу, знову закрити холодильником та залишити ще на 30 хв, продовжуючи перемішування та нагрів.

6. Через 30 хв вимкнути нагрів та перемішування, зняти фольгу (ОБЕРЕЖНО!! Поверхня плитки та фольга гарячі), зняти холодильник. Дати колбі охолонути при кімнатній температурі протягом 5-10 хвилин. У цей час приготувати льодяну баню: візьміть алюмінієву каструлю та на половину заповніть її льодом. Закрити колбу скляною пробкою, охолодити на льодяній бані протягом 5-7 хв.

7. Зберіть прилад для фільтрування, як показано на малюнку 1, де:
   1 – фільтр Шотта 2 – кільця Гука (4 шт) 3 – колба Бунзена
   4 – вакуумний шланг 5 – лапка 6 – затискач Кохера



малюнок 1 *малюнок 2*

Зверніть увагу, коли виливаєте реакційну суміш на фільтр, вакуумний шланг має бути перетиснутий затискачем Кохера!

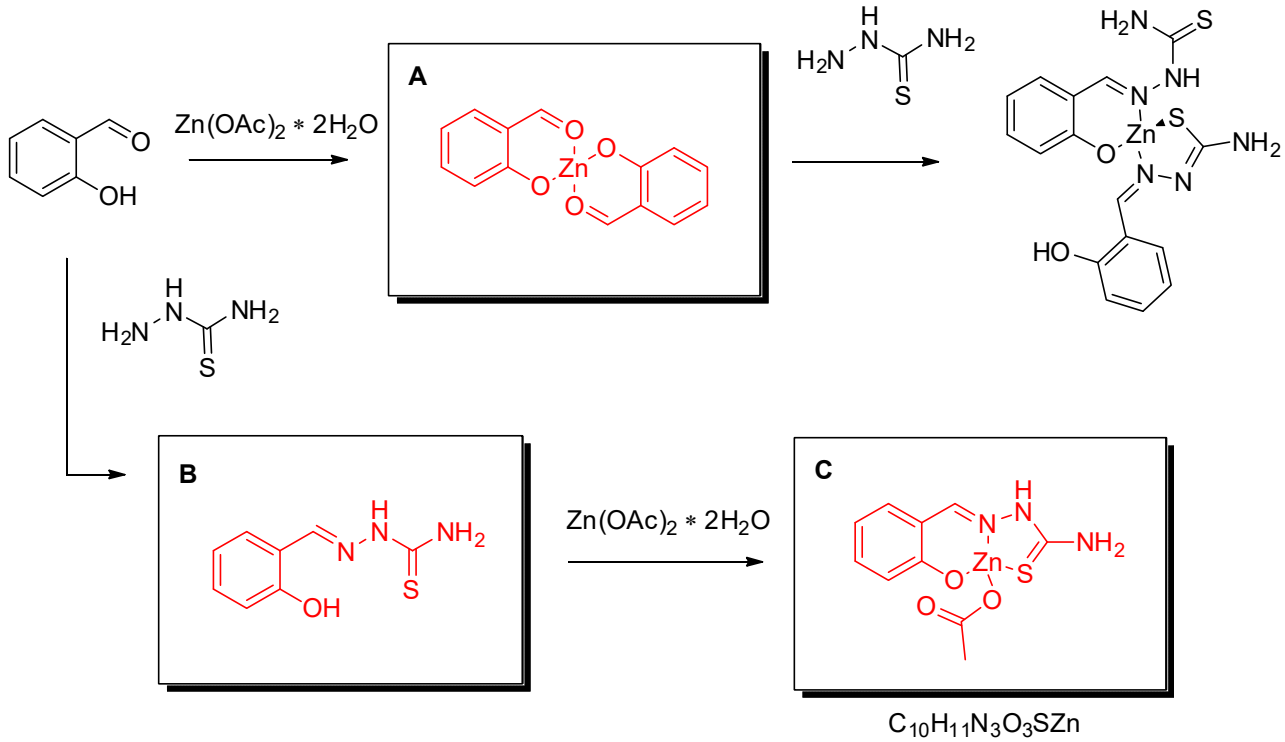
8. Осад, що утворився під час реакції, відфільтрувати через фільтр Шота. Залишок осаду у колбі можна вимити на фільтр невеликою кількістю етанолу. Промити осад на фільтрі 1-2 рази етанолом (2-3 мл) та 1 раз ацетонітрилом (2-3 мл). Залишити для просушування на 5-7 хв на фільтрі, не вимикаючи вакууму.

9. Зважити порожню чашку Петрі, записати її масу у лист відповідей.

10. Перенести одержаний продукт з фільтра в чашку Петрі, зважити її. Обчислити масу продукту та вихід цільової сполуки.

Маса порожньої чашки Петрі (г)	
Маса чашки Петрі з продуктом (г)	
Маса продукту реакції (г)	1,586
Вихід продукту реакції (%)	87,38%

11. Утворення комплексу цинку, який ви синтезували відбувається через утворення проміжної сполуки **A**. Якщо змінити порядок додавання реагентів, то це призведе до утворення іншого комплексу **C** через утворення проміжної сполуки **B**. Наведіть структури вищезгаданих речовин.



11 клас. 1 тур.

Задача 1. Зберігання водню

Автор: Усенко Наталія

Ця проста речовина **X** «всмоктує водень, як губка – воду», і при температурі 298 K і тиску водню $p_{H_2} = 1$ бар один об'єм її здатен поглинути 850 об'ємів водню. Властивість речовини поглинати водень наразі використовується в промисловості, зокрема з неї роблять чудові мембрани для очищення водню.

Речовина має кубічну гранецентровану комірку з параметром гратки $a = 389$ пм, її густина становить 12,02 г·см$^{-3}$.

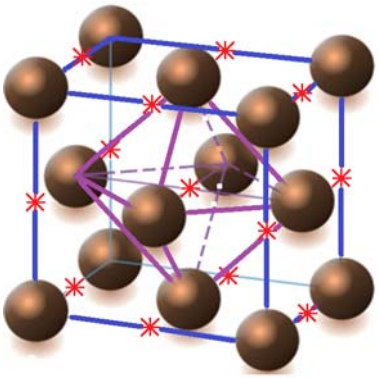


Рис.1 Кристалічна структура речовини **X**.
✳ – центри окта-порожнин.

1.1 **Знайдіть**, атоми якого елементу **E** утворюють просту речовину **X**.

1 комірка ГЦК містить $8\cdot\frac{1}{8} + 6\cdot\frac{1}{2} = 4$ ат.

Молярна маса речовини становить: $M_E = \nu_{1\ ком}\rho\frac{N_A}{4} =$

$= 389^3\cdot10^{-36}$м$^3\cdot12{,}02\cdot10^6$ г·м$^{-3}\cdot0{,}25\cdot6{,}02\cdot10^{23}$ моль$^{-1}$ $= 106{,}49$ г·моль$^{-1}$. Це – Pd.

1.2 **Розрахуйте** формулу гідриду **EH$_x$**, що утворюється при поглинанні водню.

$$V(H_2) = V_m(Pd)\cdot 850 = \frac{106{,}5\cdot 850}{12{,}02\cdot 10^6} = 7{,}53\cdot10^{-3}\ м^3;$$

$$n(H_2) = \frac{pV(H_2)}{RT} = \frac{7{,}53\cdot10^{-3}\cdot10^5}{8.31\cdot298} = 0{,}3;$$ формула гідрида – $PdH_{0.6}$

Нейтронографічні дослідження показали, що в гідриді окремі атоми гідрогену займають місця октаедричних порожнин в кристалічній гратці речовини **X**, центри окта-порожнин показані на вищенаведеному рисунку.

1.3 **Вкажіть**, яка частка октаедричних порожнин ГЦК гратки заповнена атомами водню.

В ГЦК гратці кількість окта-порожнин на 1 комірку: $12\cdot\frac{1}{4} + 1 = 4$ окта-порожнини.

Співвідношення $n_{окта}/n_{Pd} = 1/1$. Отже, зайнято 0,6 усіх октапорожнин гратки.

Борівський радіус атома гідрогену $R_{\text{H}} = 53$ пм, радіус гідрид-іону за Гольдшмідтом $R_{\text{H}^-} = 150$ пм, радіус окта порожнини ($R_{\text{окта}}$) ГЦК гратки, утвореної щільним пакуванням сфер радіусу $R_{\text{сф}}$, визначається співвідношенням: $R_{\text{окта}} = 0,414 R_{\text{сф}}$. Електропровідність речовини змінюється несуттєво після поглинання доволі значної кількості водню. Параметр гратки **X** після поглинання водню дещо збільшується і становить 402 пм.

1.4 **Розрахуйте** радіус атома елементу **E** в ГЦК гратці. Поміркуйте, як би ви могли **охарактеризувати тип зв'язку** у гідриді $\mathbf{EH_x}$: іонний, ковалентний чи металічний? **Відповідь поясніть**.

$R_{\text{Pd}} = a\frac{\sqrt{2}}{4} = 137,5$ пм. $R_{\text{окта}} = 0,414 R_{\text{Pd}} = 56,94$ пм.

Враховуючи, що: а) тип електропровідності залишається металічним;

б) атоми водню займають центри окта-пор, і не мають схильності утворювати спрямований зв'язок з одним із сусідніх атомів металу;

в) розміри окта-пор більш-менш співпадають з борівським радіусом атома H, і затісні для гідрид аніону;

можна стверджувати, що зв'язок у гідриді має переважно металічний характер.

Реакцію абсорбції водню можна записати як $\frac{2}{x}\text{E} + \text{H}_2 = \frac{2}{x}\text{EH}_x$. Стандартна ентропія водню S^{o}_{298} становить 130,7 Дж·К$^{-1}$·моль$^{-1}$, рівноважний тиск водню над речовиною **E** становить при 298К приблизно 1 бар.

1.5 **Оцініть** наближено $\Delta H^{\text{o}}_{298}$ цієї реакції (в розрахунку на 1 моль водню).

$\Delta G_{298} = \Delta H_{298} - T\Delta S_{298}$; $\Delta G_{298} = -RT\ln K = -RT\ln\frac{1}{p_{\text{H}_2}} \approx 0$;

$\Delta S = S_{\text{PdH}_{0.6}} - S_{\text{Pd}} - S_{\text{H}_2} \approx -S_{\text{H}_2} \approx -131$; $\Delta H_{298} = 298 \cdot \Delta S_{298} = -39$ кДж

Ще одна сполука, яка досить широко використовується для зберігання водню – це сполука $\mathbf{AB_5}$. Елемент **B** є верхнім сусідом елемента **E** по групі у Періодичній системі, його масова частка у сполуці становить 67,87 %.

1.6 **Визначте** речовину $\mathbf{AB_5}$.

B – це Ni. $\frac{5M_{\text{Ni}}}{5M_{\text{Ni}} + M_{\text{A}}} = 0,6787$; $M_{\text{A}} = 138,92$ г·моль$^{-1}$. **A** – це La.

Формула гідриду може бути записана як $\mathbf{AB_5H_6}$. Густина сполуки $\mathbf{AB_5}$ становить 8,3 г·см$^{-3}$ і з поглинанням водню практично не змінюється. Густина рідкого водню становить 0,07 г·см$^{-3}$.

На рисунку представлено промисловий контейнер для зберігання водню загальною масою 14 кг, з них 9 кг – маса касети з гідридом $\mathbf{AB_5H_6}$.

1.7 **Розрахуйте** скільки молів водню можна отримати з 1 л корисного об'єму зарядженого контейнера зі сполукою $\mathbf{AB_5H_6}$, **порівняйте** її з кількістю молів, що міститься в 1л рідкого водню. Який з двох методів зберігання водню (у вигляді гідриду $\mathbf{AB_5H_6}$ та у рідкому стані) є більш «компактним»? **Скільки літрів водню** (при тиску 1 бар та температурі 298 К) можна отримати із зарядженого контейнера, зображеного на рисунку?

$M_{LaNi_5H_6} = 438{,}4$ г·моль$^{-1}$. $m_{1\text{л гідриду}} = 1000 \cdot 8{,}3 = 8300$ г.

$n_{H_2 \text{з} 1\text{л гідриду}} = 3 \cdot \frac{m_{1\text{л гідриду}}}{M_{LaNi_5H_6}} = 3 \cdot 18{,}9 = 56{,}8$ моль·л$^{-1}$; $n_{H_2 \text{ з } 1\text{л рідкого } H_2} = 0{,}5 \cdot 1000 \cdot 0{,}07 = 35$ моль·л$^{-1}$

Кількість молів H_2, що припадає на той самий об'єм контейнера в 1,6 рази більша для гідриду, ніж для рідкого водню.

$V_{H_2} = \frac{m_{\text{касети}}}{1000 \cdot \rho_{LaNi_5H_6}} \cdot n_{H_2 \text{ з } 1\text{л гідриду}} \cdot \frac{RT}{p} \approx$ 1500 л водню

Відомо, що елемент **A** також інтенсивно поглинає водень. Ентальпія утворення гідриду $\mathbf{AH_2}$ у розрахунку на 1 моль водню становить (–220) кДж·моль$^{-1}$. Ентальпія утворення гідриду $\mathbf{BH_{0,7}}$ становить +4 кДж·моль$^{-1}$ H_2. На рисунку наведено фрагмент кристалічної гратки сполуки $\mathbf{AB_5}$, в якій виділені три типи порожнин, які можуть займати атоми водню.

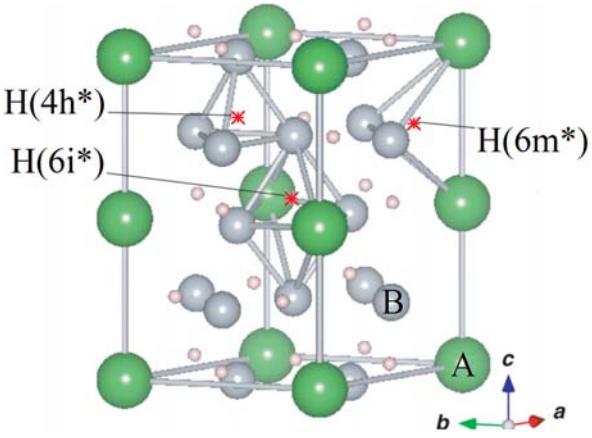


Рис.2 Кристалічна структура речовини AB_5

1.8 **Розташуйте** ці три типи порожнин в порядку імовірності заповнення атомами водню, відповідь **поясніть**.

Спочатку H(6i*), потім H(6m*), потім H(4h*).

Впливає розмір порожнини, а також кількість і розташування великих атомів La, з якими атоми H схильні утворювати міцні зв'язки.

Дані про рівноважні тиски водню над гідридом $\mathbf{AB_5H_6}$ наведено у таблиці.

T, К	312	331	370

p, бар	3,0	6,0	20,0

1.9 **Розрахуйте** ентальпію абсорбції водню сполукою $\mathbf{AB_5}$ (на 1 моль водню) та рівноважний тиск водню над $\mathbf{AB_5}$ при температурі 298 К, користуючись наведеними даними.

Реакція на 1 моль водню має вигляд: $\frac{1}{3}AB_5 + H_2 = \frac{1}{3}AB_5H_6$

$\frac{d\ln K}{dT} = \frac{\Delta H}{RT^2}$; $K = \frac{1}{p_{H_2}}$; $\ln\frac{p_1}{p_2} = \frac{\Delta H(T_2 - T_1)}{RT_1T_2}$;

$\Delta H \approx -31,35$ кДж·моль$^{-1}$; рівноважний тиск при 298 К становить приблизно 1,7 бар.

1.10 **Поясніть**, **а)** чому чистий **A** не використовується як контейнер для зберігання водню; **б)** у чому полягають основні недоліки зберігання водню у вигляді гідриду $\mathbf{EH_x}$ та у вигляді гідриду $\mathbf{AB_5H_6}$.

а) La утворює гідрид, в якому водень дуже міцно зв'язаний, і потрібні дуже високі температури, щоб він почав десорбуватися;

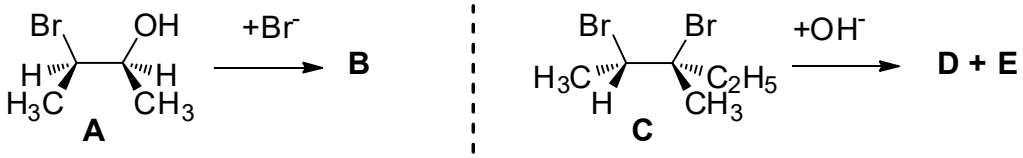
б) метал Pd дуже дорогий,

крім того обидва гідриди мають достатньо високу масу з розрахунку на 1 моль водню.

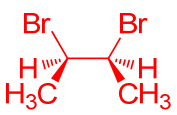
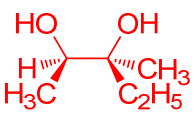
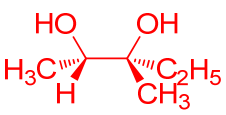
Задача 2. Нуклеофільне заміщення

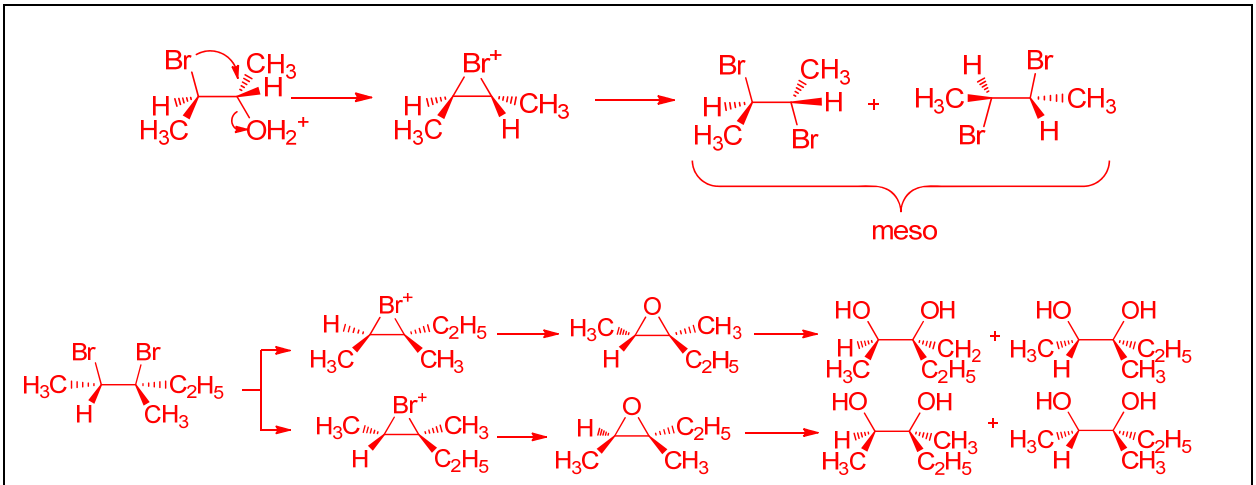
Автор: Авраменко Микола

Досить часто на стереоспецифічність реакції впливають сусідні групи. Так, при взаємодії речовини **A** з бромід іоном у кислому середовищі було отримано лише стереоізомер **B**, а при гідролізі **C** лише стереоізомери **D** і **E** ($C_6H_{14}O_2$).



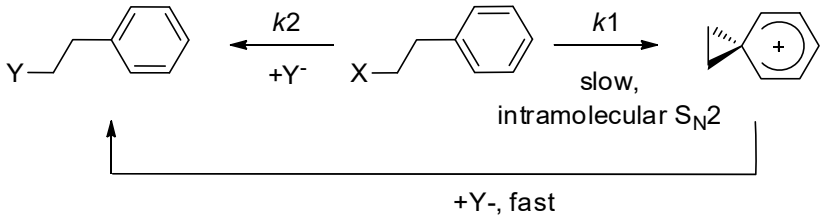
2.1 **Наведіть** структури **B**, **D**, **E** і механізми реакцій, які пояснюють стереоспецифічність даних перетворень. **Чи буде** проявляти оптичну активність у першому випадку речовина **B**, а у другому утворена суміш продуктів?

		
B	**D**	**E**

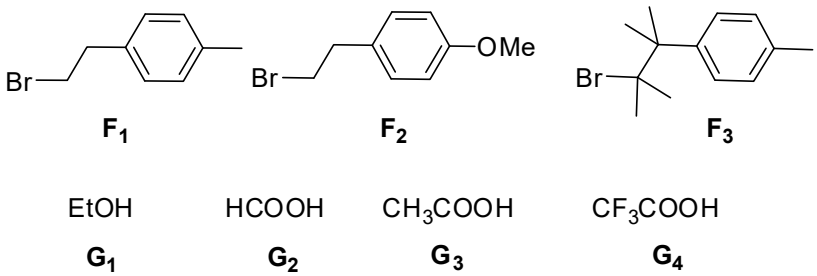


Чи проявляє оптичну активність (потрібне підкреслити):
B – Так / **Ні**
Утворена суміш **D** та **E** – Так / **Ні**

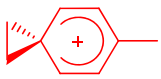
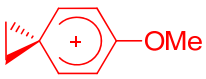
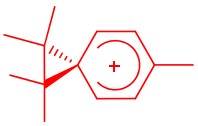
У якості сусідньої групи можуть виступати також інші атоми з неподіленою електронною парою, π- та навіть іноді σ-зв'язки. Крім цього, бензенове кільце може бути сусідньою групою (якщо знаходиться у β-положені відносно положення, яке атакується нуклеофілом). При цьому утворюється так званий ***фенонієвий іон***. Загальну схему нуклеофільного заміщення з сусідньою групою – бензеновим кільцем наведено нижче. **Примітка**: *k*1 – константа швидкості реакції з утворенням фенонієвого йону, *k*2 – утворення продукту за іншими механізмами (S_N1, S_N2, тощо)



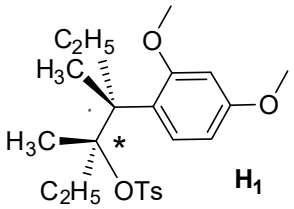
Нижче наведено структури речовин (**F_1-F_3**) та різних розчинників-нуклеофілів (**G_1-G_4**).



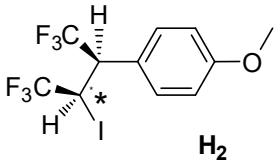
2.2 **Наведіть** структури відповідних фенонієвих іонів **FI1 – FI3**, що можуть утворюватись зі сполук **F_1 – F_3**. **Розташуйте** речовини **F** у порядку зростання внеску відповідного фенонієвого іону у процес нуклеофільного заміщення при використанні однакового нуклеофілу в ідентичних умовах та **поясніть** наведений порядок. **Розташуйте** розчинники **G_1 – G_4** у порядку зростання стабільності відповідних фенонієвих іонів **FI** у їх середовищі, якщо відомо, що стабільність зростає зі збільшенням частки дисоційованої форми розчинника.

		
FI1	**FI2**	**FI3**
Стабільність **FI:** $F_3 < F_1 < F_2$ Пояснення: F_2 стабільніший за F_1 через наявність елетронодонорної групи. F_1 стабільніший за F_3 тому що F_3 буде знаходитися у рівновазі з іоном, у якого позитивний заряд буде на третинному атомі карбону.		
Ряд розчинників EtOH < CH_3COOH < HCOOH < CF_3COOH ($G_1 < G_3 < G_2 < G_4$)		

Реакції нуклеофільного заміщення перебігають досить швидко, якщо в молекулі є сусідня група. Тому значення констант швидкості реакції досить важко визначити. Але можна визначити співвідношення k_1/k_2. Нижче наведено два субстрати, для яких визначалось це співвідношення (розчинник - CH_3COOH).



H₁



H₂

Якщо нуклеофільне заміщення відбувається одразу за декількома механізмами: з утворенням фенонієвого йону, та по S_N1 або S_N2, то отримується суміш двох діастереомерів.

2.3 Для наведених речовин **H₁** та **H₂** **визначте**, за яким механізмом буде проходити нуклеофільне заміщення, яке **не включає** утворення фенонієвого іону (потрібне підкреслiть).

H₁ – **S_N1**/S_N2	**H₂** – S_N1/**S_N2**

Для подальшого розв'язку завдання використовуйте такі дані та припущення:

- у випадку S_N1 заміщення знехтуйте впливом іншого стереоцентру.

- у випадку S_N2 заміщення концентрацію OAc^- вважайте набагато більшою за концентрацію субстрату.

- для одного з стереоцентрів конфігурація залишається сталою у продуктах, а для іншого - змінюється.

2.4 Для **H₁** **запишіть рівняння** залежності кількості *R*-ізомеру продукту від часу (відповідний хіральний центр у вихідній сполуці відмічений зірочкою).

$\frac{dH}{dt} = -(k1 + k2) * c(H)$ => $c(H) = c_0(H) * e^{-(k1+k2)t}$ (реакція першого порядку з константою швидкості $k1+k2$)

За проміжок часу dt через фенонієвий йон утворюється k1*c(H)*dt R-ізомеру і через S_N1 еквімолярну суміш R і S $k2$*c(H)*dt.

Із міркувань збереження матеріального балансу маємо:
$c(R) + c(S) = c_0(H) - c(H) = c_0(H) * (1 - e^{-(k1+k2)t})$ (**)

Із (*) маємо $\frac{c(R)}{c(R)+c(S)} = \frac{k1+0.5k2}{k1+k2}$ (***)

Із (**) і (***): $c(R) = c_0(H) * \frac{k1+0.5k2}{k1+k2} * (1 - e^{-(k1+k2)t})$

Відомо, що при нуклеофільному заміщені в **H_1** частка одного зі стереоізомерів склала 58,7%, а в **H_2** - 9,9%.

2.5 <u>Знайдіть</u> значення k_1/k_2 (якщо «побічний» процес відбувається за S_N1) чи $k_1/(k_2$*c(OAc^-)) (якщо за S_N2) для **H_1** і **H_2**.

Для **H_1**:

Співвідношення стереоізомерів $k_1+0{,}5k_2 : 0{,}5k_2 = \frac{k1}{0.5k2} + 1$

а) $\frac{k1}{0.5k2} + 1 = \frac{58.7}{41.3}$ => $\frac{k1}{k2} = 0{,}21$

б) $\frac{k1}{0.5k2} + 1 = \frac{41.3}{58.7}$ => $\frac{k1}{k2} = -0{,}15$ - фізично неможливий

Для **H_2**:

Співвідношення стереоізомерів $k_1 : k_2$*(OAc^-)

а) $\frac{k1}{k2*c(OAc^-)} = \frac{90.1}{9.9}$=9,1

б) $\frac{k1}{k2*c(OAc^-)} = \frac{9.9}{90.1} = 0{,}11$

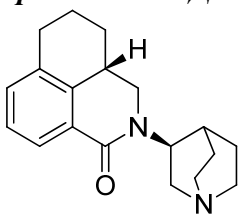
Але внутрішньомолекулярне заміщення S_N2 буде протікати швидше ніж заміщення OAc^- (наприклад, через ентропійний фактор).

H_1: $\frac{k1}{k2} = 0{,}21$ **H_2:** $\frac{k1}{k2*c(OAc^-)} = 9{,}1$

Задача 3. Ліки від нудоти

Автор: Радченко Дмитро

Палоносетрон(**1**) – лікарський засіб, що використовується для попередження нудоти при хіміотерапії раку. Був затверджений для застосування в США вперше як самостійний препарат в 2008, а згодом – в комбінації з іншим препаратом в 2018 році.

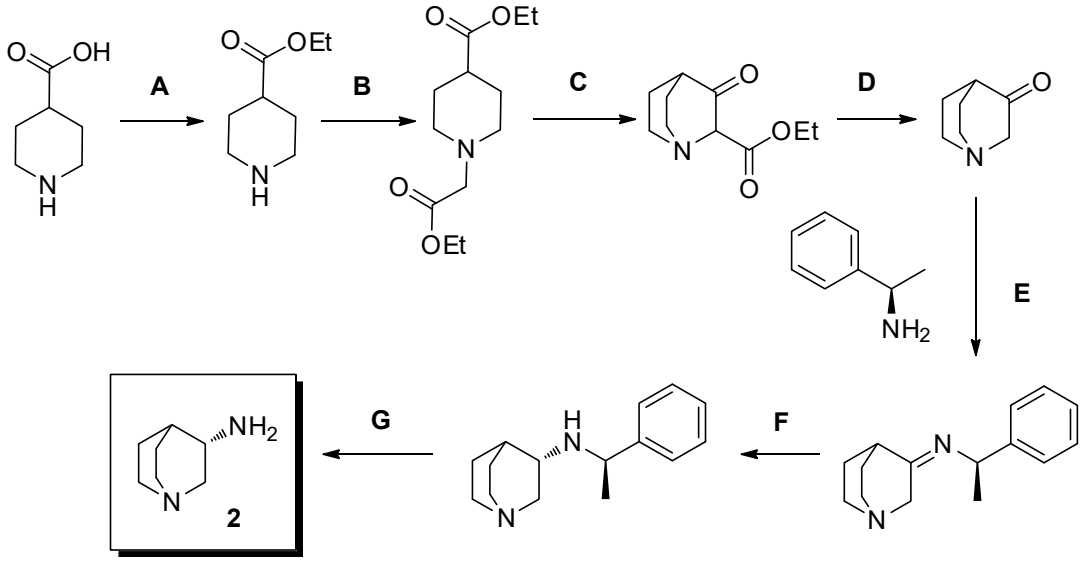


***Palonosetron* 1**

3.1 **Вкажіть** абсолютну конфігурацію хіральних центрів в молекулі **1**. **Скільки стереоізомерів** має **1**? **Запишіть** брутто-формулу сполуки **1**.

S,S- 4 $C_{19}H_{24}N_2O$

Молекула **1** складається з двох уявних частин – гідрофобного трициклу та полярного біциклічного аміну. Нижче наведено схему отримання діаміну **2**, що використовується в синтезі **1**:



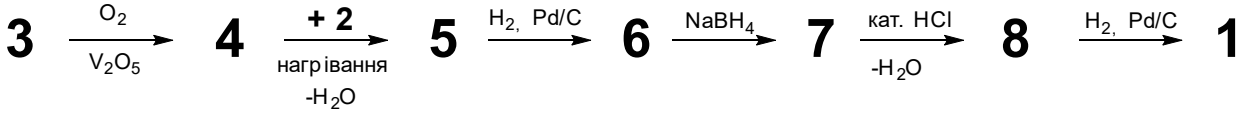
3.2 **Виберіть** серед запропонованих умов проходження реакцій такі, що відповідають перетворенням **A–G**, зображеним на схемі. *Варіанти умов: 1) H_2 / $Pd(OH)_2$; 2) NaN_3 /EtOH; 3) t-BuOK / нагрівання; 4) CrO_3 / H_2SO_4; 5)HCl / вода / нагрівання; 6) K_2CO_3 / $ClCH_2COOEt$; 7)CH_3COCl / NEt_3; 8)EtOH / HCl / нагрівання; 9) ТГФ / -H_2O / нагрівання; 10)$NaBH_4$ / EtOH.*

A – *EtOH / HCl / нагрівання* **B** – *K_2CO_3 / $ClCH_2COOEt$* **C** – *t-BuOK / нагрівання* **D** –*HCl / вода / нагрівання*	**E** – *ТГФ / -H_2O / нагрівання* **F** – *$NaBH_4$ / EtOH* **G** –*H_2 / $Pd(OH)_2$*

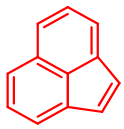
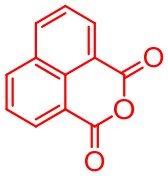
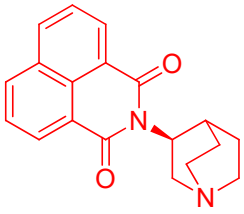
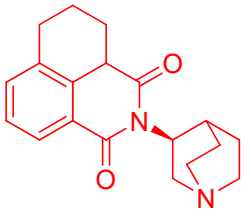
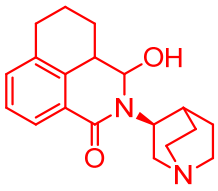
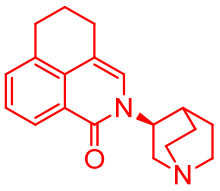
3.3 **Вкажіть** на яких стадіях (**A-G**) відбуваються вказані нижче реакції. Зауважте, що деякі реакції можуть включати декілька стадій, а інші – бути тільки частиною певної стадії.

Алкілування – B Відновлювальне амінування –E+F Гідрогеноліз –G	Гідроліз – D Декарбоксилювання – D Конденсація –C

Окрім діаміну **2**, ключовою вихідною речовиною для синтезу **1** є сполука **4**, що дає в ПМР спектрі три сигнали. Ця сполука виробляється у промисловості за реакцією окиснення вуглеводню **3** (компонент переробки нафти та вугілля, вміст карбону 94,7%) киснем на ванадієвому каталізаторі при 330-400 °C. Далі, за схемою, сполуку **4** нагрівають з діаміном **2**, а продукт реакції відновлюють на паладієвому каталізаторі. Для утвореної сполуки **6** масова частка гідрогену в 1,2061 рази більша за масову частку гідрогену в сполуці **5**, з якої вона отримана. Наступне часткове відновлення натрій борогідридом, відщеплення води та гідрування дають *Палоносетрон* **1**.



3.4 **Розшифруйте та наведіть** структурні формули сполук **3** – **8**.

		
3	**4**	**5**
		
6	**7**	**8**

Задача 4. ЯМР спектроскопія

Автор: Григоренко Олександр

Природні сполуки **A – B** мають молярну масу 164 г/моль і містять 73,15% карбону, 7,37% гідрогену та оксиген. Нижче наведено їх ЯМР спектри.

Додаткова інформація: за даними двовимірних експериментів ЯМР відомо, що для кожної сполуки протон, сигнал якого має найвищий хімічний зсув, а також протони, що відповідають сигналу при 3.8–3.9 м. ч., в молекулі знаходяться поруч. Окрім цього, за даними ІЧ спектроскопії всі сполуки утворюють внутрішньомолекулярний водневий зв'язок.

4.1 За допомогою розрахунку **встановіть** брутто-формулу сполук **A** – **B**.

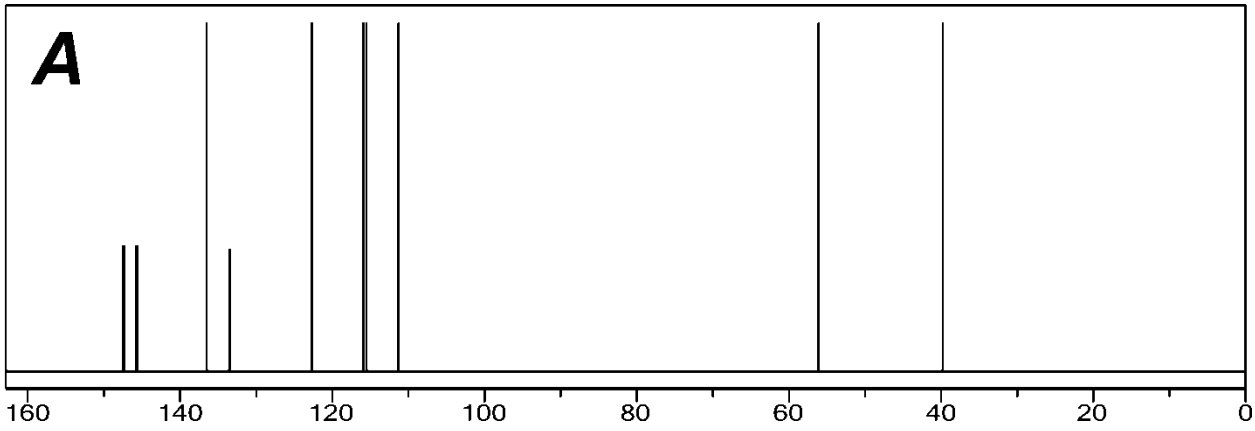
Нехай формула – $C_xH_yO_z$

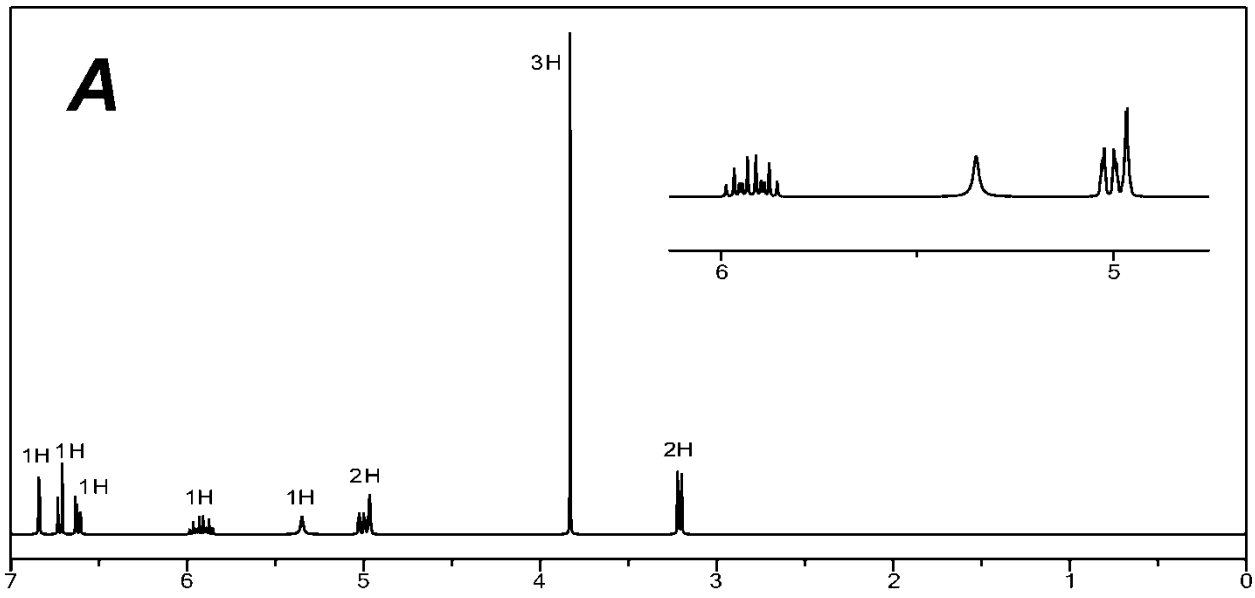
$w(C) : w(H) : w(O) = 12x : y : 16x = 73.15 : 7.37 : (100 – 73.15 – 7.37) = 9.925 : 1 : 2.643$

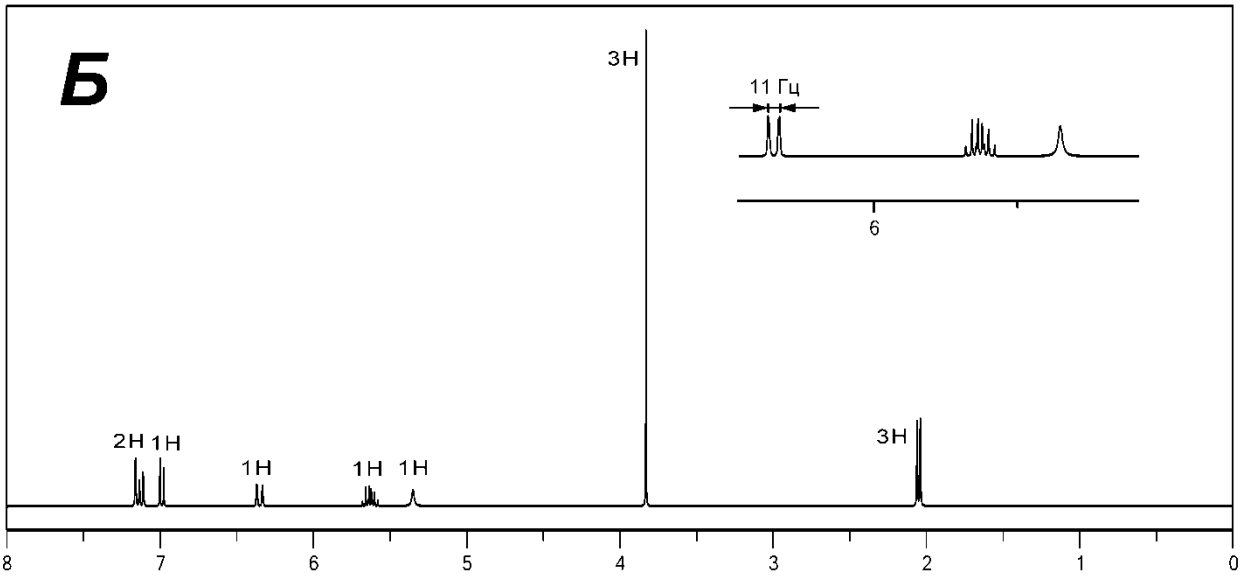
$x : y : z = 0.827 : 1 : 0.165 = 5 : 6 : 1$

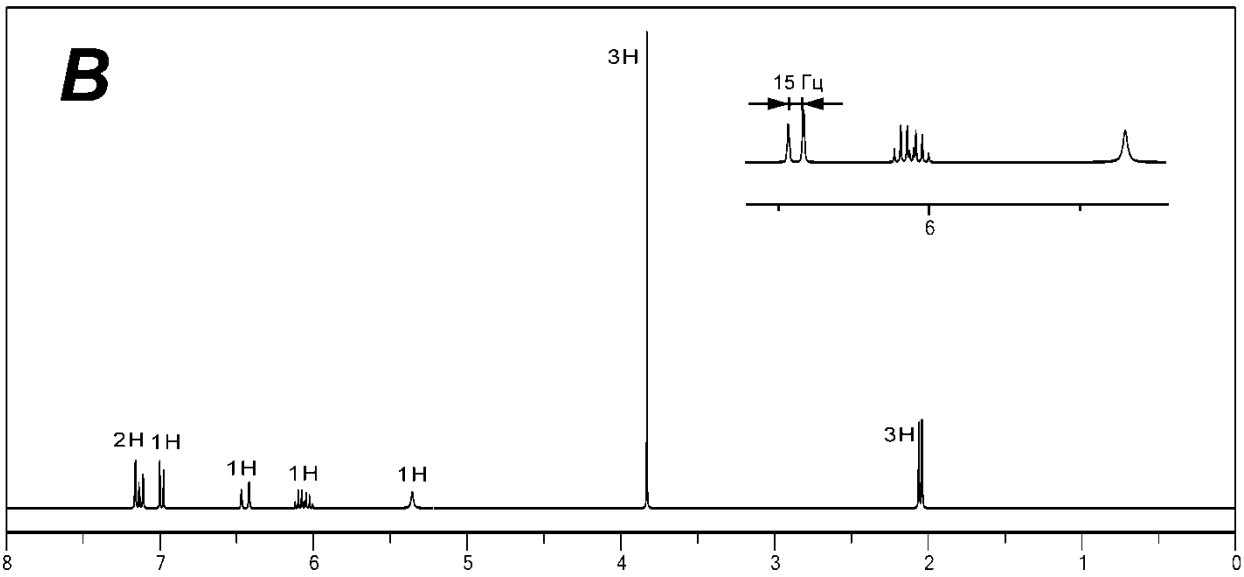
Найпростіша формула – C_5H_6O, молекулярна маса, що їй відповідає, – 82. Отже, брутто-формула – $C_{10}H_{12}O_2$.

Брутто-формула: **$C_{10}H_{12}O_2$**

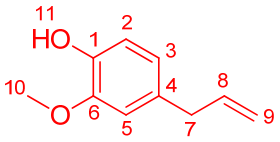
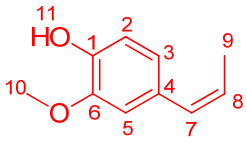
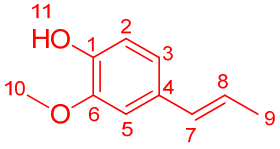



А
3H
1H 1H
1H
1H
1H
2H
2H
6
5
7
6
5
4
3
2
1
0


Б
3H
11 Гц
6
2H 1H
1H
1H 1H
3H
8
7
6
5
4
3
2
1
0


В
3H
15 Гц
6
2H 1H
1H
1H
1H
3H
8
7
6
5
4
3
2
1
0

4.2 <u>Наведіть</u> структурні формули сполук **А** – **В** з урахуванням їх стереохімічних особливостей.

Речовина	***А***	***Б***	***В***
Структура			

4.3 <u>Пронумеруйте</u> атоми гідрогену й карбону у наведених вами вище структурах та **<u>співвіднесіть</u>** вказані нижче сигнали у спектрах ЯМР. У випадку сполуки **Б** також **<u>вкажіть</u>** мультиплетність сигналів.

Сполука **А**:

Хім. зсув сигналу	^{1}H ЯМР					^{13}C ЯМР		
	6,84	5,92	5,35	3,83	3,21	133,5	56,1	39,8
Атом	5	8	11	10	7	4	10	7

Сполука **Б**:

Хім. зсув сигналу	7,16	6,35	5,63	5,35	3,83	2,05
Атом	5	7	8	11	10	9
Мультиплетність	Дублет	Дублет	Дублет квартетів	Синглет	Синглет	Дублет

Сполука **В**:

Хім. зсув сигналу	6,44	6,06
Атом	7	8

Задача 5. Каталітична кінетика

Автор: Корсун Олександр

Відомо, що комплексні сполуки, утворені металами платинової групи, є ефективними каталізаторами багатьох реакцій в органічній хімії. Так, наприклад, реакція окиснення 2-метил-пропан-1-олу (ізобутанолу) гексаціанофераат(III)-іоном каталізується комплексами рутенію(III).

5.1 **Запишіть** іонне рівняння реакції окиснення ізобутанолу гексаціаноферат(III)-іоном у лужному середовищі.

$$iso\text{-}\mathrm{Pr}\mathrm{CH_2OH} + 2\left[\mathrm{Fe(CN)_6}\right]^{3-} + 2\mathrm{OH^-} = iso\text{-}\mathrm{Pr}\mathrm{CHO} + 2\left[\mathrm{Fe(CN)_6}\right]^{4-} + 2\mathrm{H_2O}$$

Відомо, що механізм каталітичного окиснення складається з чотирьох стадій:

1) $\left[\mathrm{Ru(OH)}\right]^{2+} + iso\text{-}\mathrm{Pr}\mathrm{CH_2OH} \underset{k_{-1}}{\overset{k_1}{\rightleftarrows}} \left[\mathrm{Ru}\left(iso\text{-}\mathrm{Pr}\mathrm{CH_2OH}\right)\right]^{3+} + \mathrm{OH^-}$;

2) $\left[\mathrm{Ru}\left(iso\text{-}\mathrm{Pr}\mathrm{CH_2OH}\right)\right]^{3+} \xrightarrow{k_2} iso\text{-}\mathrm{Pr}\mathrm{CHOH^+} + \left[\mathrm{RuH}\right]^{2+}$;

3) $\left[\mathrm{RuH}\right]^{2+} + 2\mathrm{OH^-} + 2\left[\mathrm{Fe(CN)_6}\right]^{3-} \xrightarrow{\text{fast}} \left[\mathrm{Ru(OH)}\right]^{2+} + 2\left[\mathrm{Fe(CN)_6}\right]^{4-} + \mathrm{H_2O}$;

4) $iso\text{-}\mathrm{Pr}\mathrm{CHOH^+} + \mathrm{OH^-} \xrightarrow{\text{fast}} iso\text{-}\mathrm{Pr}\mathrm{CHO} + \mathrm{H_2O}$.

5.2 **Наведіть** найпростіше кінетичне рівняння реакції окиснення ізобутанолу з урахуванням стадійності процесу та **вкажіть** швидкістю якої стадії визначається швидкість реакції.

Відповідно до послідовності перетворень

$$iso\text{-}\mathrm{Pr}\mathrm{CH_2OH} \underset{k_{-1}}{\overset{k_1}{\rightleftarrows}} \left[\mathrm{Ru}\left(iso\text{-}\mathrm{Pr}\mathrm{CH_2OH}\right)\right]^{3+} \xrightarrow{k_2} iso\text{-}\mathrm{Pr}\mathrm{CHOH^+} \xrightarrow{\text{fast}} iso\text{-}\mathrm{Pr}\mathrm{CHO}$$

швидкість реакції окиснення ізобутанолу визначається швидкістю її другої стадії: $r = r_2$.

$$r = k_2 c\left(\left[\mathrm{Ru}\left(iso\text{-}\mathrm{Pr}\mathrm{CH_2OH}\right)\right]^{3+}\right)$$

5.3 **Виведіть** вираз для концентрації проміжного комплексу, якщо вона є стаціонарною.

Прийнявши до уваги послідовність перетворень комплексів рутенію(III)

$$\left[\mathrm{Ru(OH)}\right]^{2+} \underset{k_{-1}}{\overset{k_1}{\rightleftarrows}} \left[\mathrm{Ru}\left(iso\text{-}\mathrm{Pr}\mathrm{CH_2OH}\right)\right]^{3+} \xrightarrow{k_2} \left[\mathrm{RuH}\right]^{2+} \xrightarrow{\text{fast}} \left[\mathrm{Ru(OH)}\right]^{2+}$$

робимо висновок, що стаціонарною може бути лише концентрація проміжного комплексу рутенію(III), утвореного з молекулою ізобутанолу: $r_1 = r_{-1} + r_2$.

$$k_1 c\left(\left[\mathrm{Ru(OH)}\right]^{2+}\right) c\left(iso\text{-}\mathrm{Pr}\mathrm{CH_2OH}\right) =$$

$$= k_{-1} c\left(\left[\mathrm{Ru}\left(iso\text{-}\mathrm{Pr}\mathrm{CH_2OH}\right)\right]^{3+}\right) c\left(\mathrm{OH^-}\right) + k_2 c\left(\left[\mathrm{Ru}\left(iso\text{-}\mathrm{Pr}\mathrm{CH_2OH}\right)\right]^{3+}\right)$$

$$c\left(\left[\mathrm{Ru}\left(iso\text{-}\mathrm{Pr}\mathrm{CH_2OH}\right)\right]^{3+}\right) = \frac{k_1 c\left(iso\text{-}\mathrm{Pr}\mathrm{CH_2OH}\right)}{k_2 + k_{-1} c\left(\mathrm{OH^-}\right)} c\left(\left[\mathrm{Ru(OH)}\right]^{2+}\right)$$

5.4 **Запишіть** рівняння матеріального балансу за каталізатором для цієї реакції, позначивши загальну концентрацію як $c_0(\mathrm{Ru^{III}})$. **Чи можна спростити** отриманий вираз? **Відповідь обґрунтуйте**.

$$c_0\left(\mathrm{Ru^{III}}\right) = c\left(\left[\mathrm{Ru(OH)}\right]^{2+}\right) + c\left(\left[\mathrm{Ru}\left(iso\text{-}\mathrm{Pr}\mathrm{CH_2OH}\right)\right]^{3+}\right) + c\left(\left[\mathrm{RuH}\right]^{2+}\right)$$

На відміну від перших двох стадій реакції, третя перебігає дуже швидко, тому концентрація останнього комплексу значно менша за концентрації перших двох.

$$c_0\left(\mathrm{Ru^{III}}\right) \equiv c\left(\left[\mathrm{Ru(OH)}\right]^{2+}\right) + c\left(\left[\mathrm{Ru}\left(iso\text{-}\mathrm{PrCH_2OH}\right)\right]^{3+}\right)$$

5.5 **Виведіть** вираз для поточної концентрації вихідного комплексу рутенію(III), якщо відома загальна концентрація $c_0(\mathrm{Ru^{III}})$. **Встановіть** дійсне кінетичне рівняння каталітичного окиснення ізобутанолу.

$$c_0\left(\mathrm{Ru^{III}}\right) = c\left(\left[\mathrm{Ru(OH)}\right]^{2+}\right)\left[1 + \frac{k_1 c\left(iso\text{-}\mathrm{PrCH_2OH}\right)}{k_2 + k_{-1} c\left(\mathrm{OH^-}\right)}\right]$$

$$c\left(\left[\mathrm{Ru(OH)}\right]^{2+}\right) = \frac{k_2 + k_{-1} c\left(\mathrm{OH^-}\right)}{k_2 + k_{-1} c\left(\mathrm{OH^-}\right) + k_1 c\left(iso\text{-}\mathrm{PrCH_2OH}\right)} c_0\left(\mathrm{Ru^{III}}\right)$$

$$r = k_2 \frac{k_1 c\left(iso\text{-}\mathrm{PrCH_2OH}\right)}{k_2 + k_{-1} c\left(\mathrm{OH^-}\right)} c\left(\left[\mathrm{Ru(OH)}\right]^{2+}\right) = \frac{k_1 k_2 c\left(iso\text{-}\mathrm{PrCH_2OH}\right) c_0\left(\mathrm{Ru^{III}}\right)}{k_2 + k_{-1} c\left(\mathrm{OH^-}\right) + k_1 c\left(iso\text{-}\mathrm{PrCH_2OH}\right)}$$

Задача 6. GST

Автор: Ляпунов Олександр

Речовина з кодовою назвою **GST–225** має здатність легко та керовано переходити з кристалічного стану в аморфний і навпаки. Саме завдяки їй з'явились DVD–RAM диски, в яких вона складає основу чутливого шару.

Зразок **GST–225** повністю прореагував з надлишком хлору при нагріванні. При цьому утворилась тверда речовина **A** і рідини **B** та **C**. Після виділення кожної з них в чистому вигляді, їх обробили гарячою водою, тверді продукти реакцій висушили та обережно прожарили. Отримані бінарні сполуки відновили воднем до простих речовин, втрата маси при цьому склала 30,581, 24,728 та 20,050 % відповідно.

6.1 **Встановіть** якісний склад **GST–225**, якщо відомо, що вона утворена трьома елементами.

Очевидно, речовини **A**–**C**, які є хлоридами, після гідролізу та прожарювання перетворюються на відповідні оксиди, які відновлюються до простих речовин.

Знайдемо їх атомні маси:

$M_E1 = \frac{69{,}419 \times 8}{30{,}581} = 18{,}16$; $M_E2 = \frac{75{,}272 \times 8}{24{,}728} = 24{,}35$; $M_E2 = \frac{79{,}95 \times 8}{20{,}050} = 31{,}9$

Ступінь окиснення	M1, г/моль	Можливий елемент	M2, г/моль	Можливий елемент	M3, г/моль	Можливий елемент
1	18,16	–	24,35	Mg?	31,9	–
2	36,32	–	48,70	–	63,8	Cu?
3	54,48	–	73,05	–	95,7	Mo?
4	72,64	Ge	97,4	–	127,6	Te
5	90,80	–	121,75	Sb	159,5	–

6	108,96	–	146,1	–	191,4	–

Таким чином, до складу **GST–225** входять Ge, Sb та Te.

Тонкі плівки **GST–225** отримують методом газової епітаксії, піддаючи піролізу суміш речовин **D**, **E** і **F**, кожна з яких містить по одному елементу, що входять в кінцевий продукт. Зразки **D**, **E** і **F** спалили в кисні, відділили тверді оксиди і визначили маси утворених води, вуглекислого газу та об'єм азоту (за н.у.). Дані аналізу наведено у таблиці.

Зразок	Маса наважки, г	$m(H_2O)$, г	$m(CO_2)$, г	$V(N_2)$, л
D	6,219	5,400	8,802	1,120
E	9,474	6,046	9,855	1,254
F	4,553	2,685	5,627	–

6.2 **Встановіть** брутто-формули речовин **D**, **E** та **F**.

D $C_8H_{24}N_4Ge$ **E** $C_6H_{18}N_3Sb$ **F** $C_6H_{14}Te$

Знайдемо мольне співвідношення елементів органічної частини молекули для кожної сполуки:

D: $n(H) = \frac{5,4 \cdot 2}{18} = 0,6$ моль; $n(C) = \frac{8,802}{44} = 0,2$ моль; $n(N) = \frac{1,12 \cdot 2}{22,4} = 0,1$ моль; формула залишку – C_2H_6N.

Решта маси припадає на один з елементів (і, можливо, на Оксиген).

$m(E_D) = 6,219 - 0,6\times1 - 0,2\times12 - 0,1\times14 = 1,819$ г; $M_E(\mathbf{D}) = \frac{1,819}{0,1}n = 18,19n$; де n – кількість органічних залишків на один атом невідомого елемента. При n = 4 це Ge.

E: $n(H) = \frac{6,046 \cdot 2}{18} = 0,6718$ моль; $n(C) = \frac{9,855}{44} = 0,224$ моль; $n(N) = \frac{1,254 \cdot 2}{22,4} = 0,112$ моль; формула залишку – C_2H_6N; $m(E_E) = 9,474 - 0,6718\times1 - 0,224\times12 - 0,112\times14 = 4,5462$ г; $M_E(\mathbf{E}) = \frac{4,5462}{0,112}n = 40,59n$, при n = 3 це Sb.

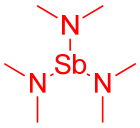
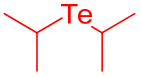
F: $n(H) = \frac{2,685 \cdot 2}{18} = 0,2983$ моль; $n(C) = \frac{5,627}{44} = 0,1279$ моль; формула залишку – C_3H_7;

$m(E_F) = 4,553 - 0,2983\times1 - 0,1279\times12 = 2,7199$ г; $M_E(\mathbf{F}) = \frac{2,7199 \times 3}{0,1279}n = 63,8n$, при n = 2 це Te.

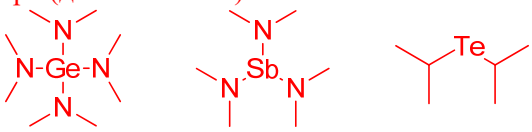
Брутто-формули: $C_8H_{24}N_4Ge$, $C_6H_{18}N_3Sb$, $C_6H_{14}Te$.

У ^{1}H ЯМР спектрі суміші **D**, **E** та **F**, що використовується для отримання **GST–225**, спостерігаються 2 синглети, дублет та септет із співвідношенням інтегральних інтенсивностей 4,8 : 3,6 : 6 : 1 відповідно. У сполуках **D**, **E** та **F** валентність центральних елементів послідовно зменшується на 1. В усіх згаданих сполуках ці елементи проявляють характерні для них валентності.

6.3 **Визначте** структурні формули сполук **D**–**F**. **Знайдіть** формулу **GST–225**. **Напишіть** рівняння реакцій, про які йдеться у пунктах 6.1 і 6.2.

D	**E** 	**F** 	**GST–225** $Ge_2Sb_2Te_5$

Знаючи брутто-формули, кількість та інтенсивність сигналів протонів, можна визначити структурні формули речовин **D**–**F**, а також знайти їх співвідношення у суміші. Оскільки в спектрі суміші трьох речовин присутні лише 4 сигнали протонів, це вказує на високу симетрію молекул. Дублет і септет з співвідношенням 6:1 можуть належати тільки ізопропільній групі. Єдиний можливий варіант – диізопропілтелурид **F**. Відповідно, дві інших сполуки – тетракіс(диметиламіно)герман **D** і тріс(диметиламіно)стибін **E**:



Визначимо їх співвідношення у суміші.

Нехай до складу суміші входить 1 моль диізопропілтелуриду, тоді співвідношення інтенсивностей має бути 9,6 : 7,2 : 12 : 2.

Припустимо, що синглет з інтенсивністю 9,6 належить тетракіс(диметиламіно)герману, молекула якого містить 24 протона. Отже, у суміші його міститься 0,4 моль.

Аналогічно, тріс(диметиламіно)стибіну у суміші також 7,2/18 = 0,4 моль.

Їх співвідношення 0,4:0,4:1 або 2:2:5.

Отже, формула **GST–225** $Ge_2Sb_2Te_5$.

Якщо припустити, що синглет з інтенсивністю 9,6 належить тріс(диметиламіно)стибіну, отримаємо приблизну формулу $Ge_{16}Sb_9Te_{30}$, у якій елементи проявляють дробові та нехарактерні валентності.

Рівняння реакцій:

$Ge_2Sb_2Te_5 + 19Cl_2 \rightarrow 2GeCl_4 + 2SbCl_5 + 5TeCl_4$
$GeCl_4 + 2H_2O \rightarrow GeO_2 + 4HCl$
$GeO_2 + 2H_2 \rightarrow Ge + 2H_2O$
$2SbCl_5 + 5H_2O \rightarrow Sb_2O_5 + 10HCl$
$Sb_2O_5 + 5H_2 \rightarrow 2Sb + 5H_2O$
$TeCl_4 + 2H_2O \rightarrow TeO_2 + 4HCl$
$TeO_2 + 2H_2 \rightarrow Te + 2H_2O$
$C_8H_{24}N_4Ge + 15O_2 \rightarrow GeO_2 + 8CO_2 + 12H_2O + 2N_2$
$4C_6H_{18}N_3Sb + 45O_2 \rightarrow 2Sb_2O_3 + 24CO_2 + 36H_2O + 6N_2$
$2C_6H_{14}Te + 21O_2 \rightarrow 2TeO_2 + 12CO_2 + 14H_2O$

Задача 7. Радіоізотопне датування

Автор: Пашко Михайло

Калій-40 – радіоактивний ізотоп калію з масовим числом 40. Поширеність ізотопу ^{40}K в природі складає 0,01167% (мольні відсотки). Увесь наявний на Землі ^{40}K утворився незадовго до виникнення Сонячної системи і самої планети (4,6 млрд. років тому) і з того часу поступово розпадався. Своїм існуванням на сьогоднішній день нуклід завдячує великому періоду напіврозпаду ($T_{1/2}$=1,25·10^9 років). Інші ізотопи калію у природі стабільні і їх кількість стала.

Розпад ^{40}K відбувається за двома напрямками:

- β^- - розпад (стала розпаду $\lambda_\beta = 4{,}962 \cdot 10^{-10}$ років$^{-1}$)
- Захоплення орбітального електрону (*ядерна реакція, при якій один із протонів ядра об'єднується з електроном внутрішньої оболонки атома, утворюючи нейтрон*) (стала розпаду $\lambda_e = 0{,}581 \cdot 10^{-10}$ років$^{-1}$)

В одній з цих реакцій утворюється ізотоп ^{40}Ar. Оскільки калій в достатній кількості міститься в твердих гірських породах, то з часом вони починають накопичувати в собі ізотоп ^{40}Ar. ^{40}Ar, як інертний газ, може полишити породу тільки до моменту її утворення (повної кристалізації). Отже ізотоп ^{40}Ar з'являється в твердих гірських породах тільки після закінчення їх формування. Оскільки ^{40}Ar утворюється тільки з ізотопу ^{40}K, то відношення концентрації ^{40}K до концентрації ^{40}Ar використовується для визначення абсолютного віку порід методом так званого калій-аргонового датування.

7.1 **Напишіть ядерні реакції** за якими відбувається розпад ^{40}K.

β^- - розпад: ${}^{40}_{19}K \rightarrow {}^{40}_{20}Ca + e^- + \bar{\nu}_e$ $\lambda_\beta = 4{,}962 \cdot 10^{-10}$ років$^{-1}$

Захоплення орбітального електрону: ${}^{40}_{19}K + e^- \rightarrow {}^{40}_{18}Ar + \nu_e$ $\lambda_e = 0{,}581 \cdot 10^{-10}$ років$^{-1}$

7.2 **Виведіть формулу**, що пов'язує вік породи з відношенням у ній ізотопів ^{40}Ar та ^{40}K.

$$[{}^{40}_{19}K] = [{}^{40}_{19}K]_0 \cdot e^{-(\lambda_\beta + \lambda_e)t}$$

$$[{}^{40}_{19}K]_0 - [{}^{40}_{19}K] = [{}^{40}_{18}Ar] + [{}^{40}_{18}Ca]$$

$$\frac{[{}^{40}_{18}Ca]}{[{}^{40}_{18}Ar]} = \frac{\lambda_\beta}{\lambda_e}[{}^{40}_{18}Ca] = [{}^{40}_{18}Ar] \cdot \frac{\lambda_\beta}{\lambda_e}$$

$$[{}^{40}_{19}K]_0 - [{}^{40}_{19}K] = [{}^{40}_{18}Ar] \cdot (1 + \frac{\lambda_\beta}{\lambda_e})$$

$$[{}^{40}_{19}K] = ([{}^{40}_{18}Ar] \cdot \left(1 + \frac{\lambda_\beta}{\lambda_e}\right) + [{}^{40}_{19}K]) \cdot e^{-(\lambda_\beta + \lambda_e)t}$$

$$e^{(\lambda_\beta + \lambda_e)t} = \frac{([{}^{40}_{18}Ar] \cdot \left(1 + \frac{\lambda_\beta}{\lambda_e}\right) + [{}^{40}_{19}K])}{[{}^{40}_{19}K]} = 1 + \frac{[{}^{40}_{18}Ar]}{[{}^{40}_{19}K]} \cdot \left(1 + \frac{\lambda_\beta}{\lambda_e}\right)$$

$$(\lambda_\beta + \lambda_e)t = \ln(1 + \frac{[{}^{40}_{18}Ar]}{[{}^{40}_{19}K]} \cdot \left(1 + \frac{\lambda_\beta}{\lambda_e}\right))$$

$$t = \frac{\ln\left(1 + \frac{[{}^{40}_{18}Ar]}{[{}^{40}_{19}K]} \cdot \left(1 + \frac{\lambda_\beta}{\lambda_e}\right)\right)}{(\lambda_\beta + \lambda_e)}$$

$$t = (1{,}8 \cdot 10^9) \cdot \ln(1 + \frac{[{}^{40}_{18}Ar]}{[{}^{40}_{19}K]} \cdot 9{,}54)$$

Базальт (вулканічна порода), який був знайдений у Карпатських горах, містив 1,205% Калію, а з одного його граму було отримано $9.366 \cdot 10^{-4}$ мм^3 (н.у.) ізотопу ^{40}Ar.

7.3 **Визначте** вік знайденого мінералу.

Якщо Ви не змогли розв'язати попередній пункт використайте дане рівняння:

$$t = 10^{10} \cdot ln(1 + \frac{[^{40}_{18}Ar]}{[^{40}_{19}K]})$$

$$\nu(^{40}_{18}Ar) = \frac{9{,}366 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-6}}{22.4} = 4{,}18 \cdot 10^{-11} \text{моль}$$

$$\nu(^{40}_{19}K) = \frac{0{,}01205 \cdot 0{,}0001167}{39.1} = 3{,}6 \cdot 10^{-8} \text{ моль}$$

$$t = (1{,}8 \cdot 10^{9}) \cdot \ln\left(1 + \frac{4{,}18 \cdot 10^{-11}}{3{,}6 \cdot 10^{-8}} \cdot 9{,}54\right) = 1{,}983 \cdot 10^{7} \text{ років}$$

19,83 мільйони років.

11,6 мільйони років, якщо Ви не змогли розв'язати попередній пункт

В основі методу калій-аргонового датування лежить припущення, що весь аргон у досліджуваному зразку утворюється із ^{40}K. Якщо якась частина Аргону попала до зразку з атмосфери (тобто не була утворена із ^{40}K), то цей метод дає недостовірні результати.

7.4 <u>Розрахуйте</u> на скільки років будуть відрізнятись отримані результаті від істинних, якщо у зразку базальту з п.7.3 міститься 3% атмосферного ^{40}Ar .

$$t = (1{,}8 \cdot 10^{9}) \cdot \ln\left(1 + \frac{0{,}97 \cdot 4{,}18 \cdot 10^{-11}}{3{,}6 \cdot 10^{-8}} \cdot 9{,}54\right) = 1{,}924 \cdot 10^{7} \text{ років}$$

Різниця склала 590 тис. років.

344 тис. років, якщо Ви не змогли розв'язати пункт 7,2

Наявність ^{40}K в тілі людини зумовлює його природну радіоактивність на рівні 4–5 кБк в залежності від маси. Це близько 80–85 % всієї радіоактивності організму. Решта випромінюється ізотопом ^{14}C. Саме природній радіоактивності калію-40 завдячує своїм існуванням термін «**банановий еквівалент**».

Банановий еквівалент (б.е) — поняття, яке застосовується прихильниками ядерної енергетики для характеристики активності радіоактивного джерела шляхом порівняння з радіоактивністю звичайного банана, яка зумовлена високим вмістом калію. Вважається що звичайний банан містить 0,5 г калію та 15 г карбону (мольна частка $\chi(^{14}C)10^{-10}$%, період напіврозпаду $T_{1/2}(^{14}C) = 5{,}70 \cdot 10^{3}$ років).

7.5 <u>Розрахуйте</u> радіоактивність в банановий еквівалентах одного граму цинка-ураніла ацетату ($ZnUO_2(CH_3COO)_4$), якщо природний уран складається з суміші трьох ізотопів: ^{238}U (99,2745%, $T_{1/2} = 4{,}468 \cdot 10^{9}$ років), ^{235}U (0,7200%, $T_{1/2} = 7{,}04 \cdot 10^{8}$ років) і ^{234}U (0,0055%, $T_{1/2} = 2{,}455 \cdot 10^{5}$ років). Для ^{40}K період напіврозпаду за двома напрямками складає $1{,}25 \cdot 10^{9}$ років.

$A_{Бк} = N \cdot \lambda(c^{-1}) \lambda = \frac{Ln(2)}{t_{1/2}}$

$A(^{40}_{19}K) = \frac{0{,}5 \cdot 0{,}0001167 \cdot 6{,}02 \cdot 10^{23}}{39{,}1} \cdot 1{,}758 \cdot 10^{-17} = 15{,}8$ Бк

$A(^{14}_{6}C) = \frac{15 \cdot 10^{-12} \cdot 6{,}02 \cdot 10^{23}}{12{,}01} \cdot 3{,}856 \cdot 10^{-12} = 2{,}9$ Бк

Сумарна радіоактивність банану 18,7 Бк

N(U) = $1{,}053 \cdot 10^{21}$ атомів

$A(^{238}_{92}U) = 0{,}992745 \cdot 1{,}053 \cdot 10^{21} \cdot 4{,}919 \cdot 10^{-18} = 5142$ Бк

$A(^{235}_{92}U) = 0{,}0072 \cdot 1{,}053 \cdot 10^{21} \cdot 3{,}122 \cdot 10^{-17} = 237$ Бк

$A(^{234}_{92}U) = 0{,}000055 \cdot 1{,}053 \cdot 10^{21} \cdot 8{,}953 \cdot 10^{-14} = 5185$ Бк

Сумарна радіоактивність 1 г цинка-ураніла ацетату 10564 Бк, або 565 б.е.

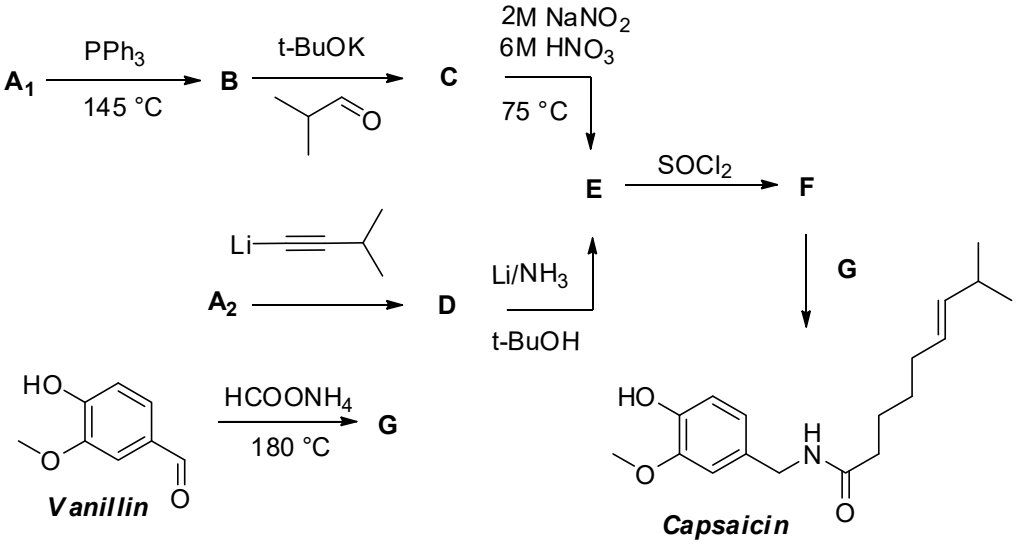
11 клас. 2 тур.

Задача 1. Пекуча речовина

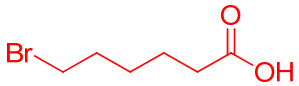
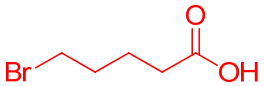
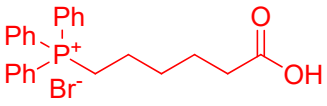
Автор: Пашко Михайло

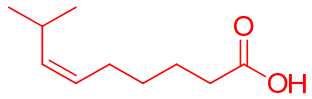
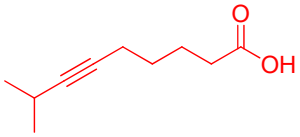
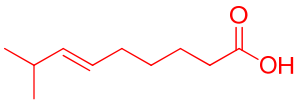
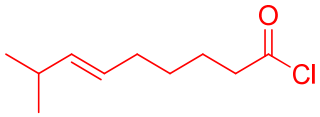
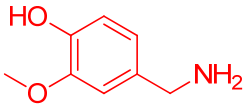
Капсаїцин (***capsaicin***) — активний компонент червоного перцю. Чистий капсаїцин являє собою безбарвну кристалічну речовину з ярко вираженим пекучим смаком. Завдяки пекучому смаку його використовують в харчовій промисловості, щоб надати гострий або пікантний смак, зазвичай у вигляді спецій. У високих концентраціях він може викликати пекучі відчуття на інших слизових оболонках. Капсаїцин також застосовується у медицині як місцево подразнюючий та знеболюючий засіб у деяких препаратах для зовнішнього застосування, зазвичай у концентраціях від 0,025% до 0,25%. Він може бути використаний у формі крему для тимчасового полегшення незначного болю, зокрема, у м'язах, суглобах, спині.

Капсаїцин може бути синтетично отриманий з кислоти **A1** або **A2** та ваніліну за схемою:

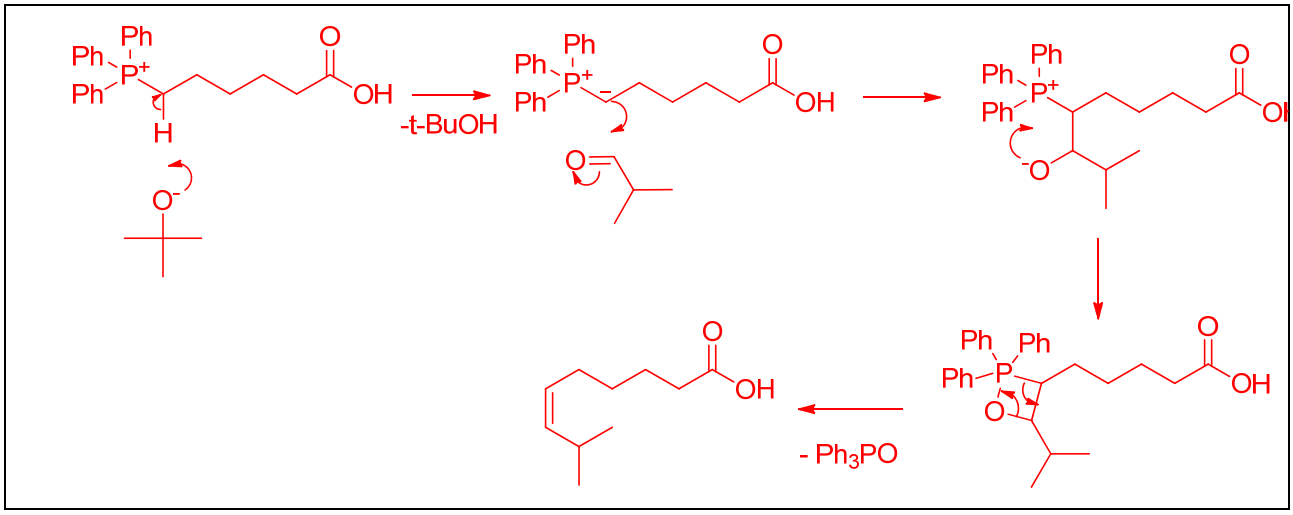


1.1 ***Розшифруйте*** **всі зашифровані сполуки**, якщо відомо що сполуки **A1**(ω(C)=36,95%) і **A2**(ω(C)=33,17%) є найближчими гомологами; сполуки **C** та **E** – ізомери.

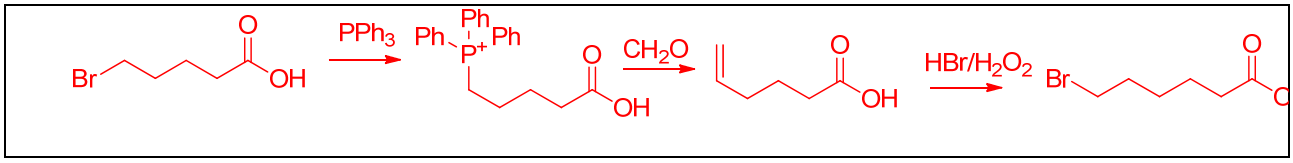
		
A1	**A2**	**B**

		
C	**D**	**E**
		
F	**G**	

1.2 **Наведіть** механізм реакції утворення сполуки **C** із сполуки **B**.



1.3 **Запропонуйте** метод отримання сполуки **A1** із сполуки **A2**.



Задача 2. Червоний мінерал

Автор: Алєксєєв Сергій

Деякий мінерал, загальний хімічний склад якого може бути представлений як $Mg_xA_yO_z$, має вигляд прозорих яскраво-червоних кристалів. Він використовувався в оздоблені корони Британської імперії та Ордена Золотого Руна, що належав королю Франції Луї XV. Однак колір мінералу зумовлений не його основними компонентами, а домішками металу **B**, типовою сполукою якого є сіль **X**, що містить 40,27 % калію, 26,78 % **B**, решта – оксиген.

2.1 <u>Встановіть формулу</u> сполуки **X.**

Кисень: 100-40,27-26,78 = 32,95 %. Мольне співвідношення K:O у формулі: (40,27/39,1):(32,95/16) = 1,00:2,00
Можливі формули солі: KXO_2 або K_2XO_4. Для 1-го варіанту A(X) = 26,0 г/моль – не існує, для 2-го Ar(**X**) = 26,78×4×16/32,95 = 52.0 г/моль – хром.
K_2CrO_4.

Пробу червоного мінералу розтерли у дрібний порошок, 1,0000 г якого сплавили з $Na_2S_2O_7$ у платиновому тиглі. Одержаний стоп повністю розчинився у воді, об'єм розчину довели до 100 мл у мірній колбі. З мірної колби відібрали аліквоту 10,00 мл, додали до неї надлишок NaOH та H_2O_2, ретельно прокип'ятили, розчин відфільтрували і його об'єм довели до 25,00 мл. Оптична густина одержаного розчину при λ = 373 нм та довжині кювети 0,5 см становить 0,39, а оптична густина лужного розчину, що містить $1,5\times10^{-4}$ моль/л солі **X** при цій же довжині хвилі та у кюветі довжиною 1 см – 0,75.

2.2 <u>Напишіть рівняння</u> відповідних реакцій та **<u>розрахуйте</u>** вміст металу **B** у мінералі**.**

Домішка хрому в оксидному мінералі скоріше за все може бути представлена як домішка оксиду хрому, який при сплавленні з $Na_2S_2O_7$ переходить у сульфат:
$Cr_2O_3 + 3Na_2S_2O_7 = Cr_2(SO_4)_3 + 3Na_2SO_4$

Взаємодія з лугом та H_2O_2 зумовлює перетворення хрому у хромат-іони
$Cr_2(SO_4)_3 + 3H_2O_2 + 10NaOH = 2Na_2CrO_4 + 3Na_2SO_4 + 8H_2O$

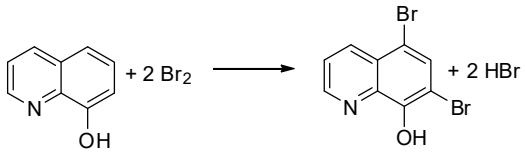
З закону Бугера-Ламберта-Бера концентрація CrO_4^{2-} у розчині:
$C = (0,39/0,75) \times (1/0,5) \times 1,5\times10^{-4} = 1,56\times10^{-4}$ моль/л

У 100 мл мірній колбі (25/10) $\times1,56\times10^{-4} = 3,9\times10^{-4}$ моль/л хромату
Зразок мінералу містить
$3,9\times10^{-4}$ моль/л × 0,1 л × 52 г/моль ×100% /1,000 г = 0,203% хрому

N.b. Хрому досить мало, його наявність на подальші результати аналізу практично не впливає.

З мірної колби відібрали іншу аліквоту (20,00 мл), додали до неї розчин NH_3 до pH = 9 і прокип'ятили. Осад **I**, що утворився, відфільтрували. До фільтрату долали надлишок 8-оксихіноліну, одержаний осад **II** розчинили у розведеній сульфатній кислоті, до одержаного розчину додали 20 мл 0,1 моль/л $KBrO_3$ та надлишок розчину KBr. Після проходження реакції до розчину додали надлишок KI та відтитрували 0,05 н розчином $Na_2S_2O_3$, об'єм якого склав 15,29 мл.

2.3 <u>Напишіть рівняння</u> відповідних реакцій та **<u>розрахуйте</u>** вміст магнію у мінералі. Реакція 8-оксихіноліну з бромом наведено нижче:



Магнію гідрооксид в аміачному буфері pH 9 не осаджується. Отже, осад I - гідрооксид металу **A** (осад I) з домішкою $Cr(OH)_3$. Магній з фільтрату осаджується 8-оксихіноліном

$Mg^{2+} + 2HOq = Mg(Oq)_2 + 2H^+$;
Далі оксихінолінат магнію розчиняється у сульфатній кислоті,
$Mg(Oq)_2 + H_2SO_4 = MgSO_4 + 2HOq$;

8-оксихінолін реагує з бромом, що утворився з $KBrO_3$:
$5KBr + KBrO_3 + 3H_2SO_4 = 3Br_2 + 3K_2SO_4 + 3H_2O$;

Надлишок брому, який залишився після проходження цієї реакції, визначають йодометрично:

$Br_2 + 2KI = I_2 + 2KBr$.

$I_2 + 2Na_2S_2O_3 = 2NaI + Na_2S_4O_6$

Із стехіометричних коефіцієнтів вищенаведених рівнянь маємо:

$6 \cdot C(KBrO_3) \times V(KBrO_3) = 8 \times C(Mg^{2+}) \times V(Mg^{2+}) + C(Na_2S_2O_3) \times V(Na_2S_2O_3)$

Тут $V(Mg^{2+})$ і $C(Mg^{2+})$ – відповідно об'єм аліквоти, що відібрали з мірної колби на 100 мл, і концентрація магнію у ній. Всі подальші зміни об'єму не призводять до зміни значення добутку цих величин (тобто $\nu(Mg^{2+})$, що було відібрано у цій аліквоті).

$C(Mg^{2+}) = 0{,}0702$ моль/л

$\omega(Mg) = 17{,}07\%$

Осад **I** розчинили у хлоридній кислоті, до одержаного розчину додали 60,00 мл розчину ЕДТА (0,060 моль/л) та прокип'ятили. Додаючи ацетат натрію, pH розчину довели до 5,5 і відтитрували 0,020 М розчином $ZnSO_4$ (індикатор – ксиленоловий оранжевий), якого витратили 9,55 мл.

2.4 <u>Встановіть</u> хімічну формулу червоного мінералу. **<u>Поясніть</u>**, навіщо використовували не пряме, а зворотне титрування**.**

Утворення мінералом повністю водорозчинних сполук при сплавленні з $Na_2S_2O_7$ та осадження I при додаванні до цього розчину амоніаку дозволяє зробити припущення, що I – гідрооксид металу **A** з домішкою $Cr(OH)_3$. Особливість ЕДТА – утворення з переважною більшістю металів комплексів складу 1:1.

При титруванні маємо:

$C(EDTA) \times V(EDTA) = C(A+Cr) \times V(A) + C(Zn) \times V(Zn)$

Тут V(A) і C(A) – аналогічно $V(Mg^{2+})$ і $C(Mg^{2+})$ у п. 3

Маємо: $C(A+Cr) = 0{,}1404$ моль/л у 100 мл мірній колбі

Отже, 1,000 г мінералу містить:

Mg: $7{,}02 \times 10^{-3}$ моль

Cr: $3{,}9 \times 10^{-5}$ моль

Метал **A**: $14{,}0 \times 10^{-3}$ моль

При підборі складу мінералу розглядаємо його, як суміш оксидів (хром можна врахувати як Cr_2O_3, або навіть ним знехтувати, бо його зовсім мало).

Маємо, що маса оксиду металу **A** складає $1{,}000 - 7{,}02 \times 10^{-3} \times 40{,}304 - 3{,}9 \times 10^{-5} \times 0{,}5 \times 151{,}989 = 0{,}7141$ г

Знаючи кількість металу **A** в молях маємо $Ar(A) = 0{,}7141/(14{,}0 \times 10^{-3}) - n \times 16/2$, n – валентність металу **A.**

Перебираючи можливі n маємо для $n = 3$ Ar(A) = 27,00 г/моль, **A** – алюміній

Тоді формула мінералу: $MgAl_2O_4$ – шпінель.

Зворотне титрування використовували, оскільки алюміній (та хром) навіть у кислому середовищі утворює міцні гідроксо-комплекси, повне перетворення яких у комплекс з ЕДТА потребує часу та нагрівання.

Червоний мінерал кристалізується у кубічній сингонії, з утворенням елементарної комірки, довжина ребра якої дорівнює 0,806 нм. До цієї комірки входить 8 формульних одиниць.

2.5 Розрахуйте густину мінералу (наявність домішки **B** не враховувати).

$M(MgAl_2O_4)$ = 142,264 г/моль
$\rho = m/V = (M \times Z/N_A)/a^3 = 3{,}61$ г/см^3
$Z = 8$ – кількість формульних одиниць, $N_A = 6{,}02 \times 10^{23}$ моль$^{-1}$ – число Авогадро.

У кристалічній гратці мінералу кожний атом оксигену оточений трьома атомами A та одним атомом Mg, а атоми Mg мають координаційне число 4.

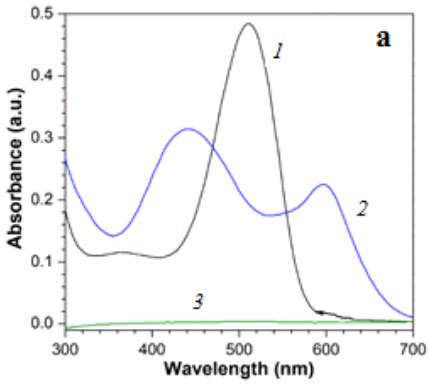
2.6 Яке координаційне число мають атоми **A***?* Як Ви думаєте, як саме розташовуються у кристалічній гратці атоми домішки **B**? **Висловіть** свої міркування щодо цього.

Розв'язання цього пункту не потребує ніяких спеціальних знань!
Нехай у деякому зразку шпінелі кількість атомів Mg: N
Тоді з формули шпінелі маємо у цьому ж зразку:
Кількість атомів Al: 2N; кількість атомів O: 4N
Кількість зв'язків у зразку:
Mg–O: 4N. Бо КЧ(Mg) = 4, тобто кожен атом Mg зв'язаний з 4 атомами O.
Al–O: 3·4N = 12N. Бо 4N атомів оксигену, і кожний з них утворює зв'язки з 3 атомами Al.
Оскільки атомів алюмінію 2N, то кожен з них утворює 12N/2N = 6 зв'язків з оксигеном тобто КЧ(Al) = 6.
Хром +3 ізоморфно заміщує у гратці шпінелі частину алюмінію +3 (бо ідентичні заряд, розміри і координаційне число).
До речі: з міркувань п. 6 можна вийти на співвідношення Mg:O = 1:4 і таким чином знайти формулу мінералу, не проводячи розрахунок за п. 4 (або, зробивши помилку у п. 3)

Задача 3. Визначення цинку

Автор: Копа Іван

Цинк – важливий компонент різних сталей і сплавів. Визначення вмісту цинку проводять як в сировині для виробництва, так і в кінцевій промисловій продукції. Для цього сплав розчиняють у кислотах у присутності окислюючих агентів (наприклад, персульфата амонію). Далі цинк селективно відділюють з розчину від компонентів, що заважають. Це досягається екстракцію хлороформом комплексу цинку з дитизоном H_2Dz у вигляді $Zn(HDz)_2$ в присутності натрію ацетату. В екстракті цинк визначають спектрофотометрично.



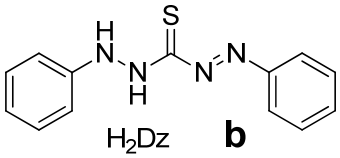


Рис. 1 **a.** UV-спектр (ультрафіолетово-видимий) для: ***1*** – розчин $Zn(HDz)_2$; ***2*** – розчин H_2Dz; ***3*** – розчин Zn2+.
b. Структура дитизону.

3.1 Вкажіть, при якому значені хвилі необхідно вимірювати загальну концентрацію цинку в розчині.

520 нм, приймаються будь-які значення ± 10 нм

Нижче наведений мас-спектр (*негативна мода, negative mode, що реєструє від'ємно заряджені частинки*) водного розчину, що містить цинк та дитизон у **співвідношенні 1:2.**

3.2 **Наведіть** структурні формули часток, що відповідають позначеним пікам у наведеному спектрі. **Напишіть** іонні рівняння реакцій утворення відповідних координаційних сполук цинку. **Поясніть**, чому у хлороформ екстрагується саме комплекс цинку зі співвідношенням метал : ліганд як 1 : 2.

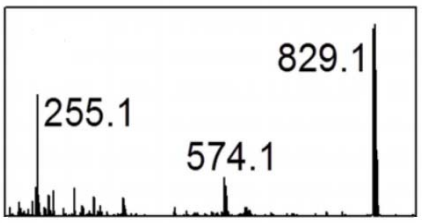
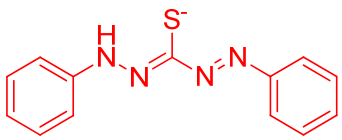
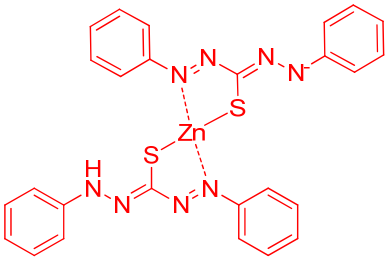
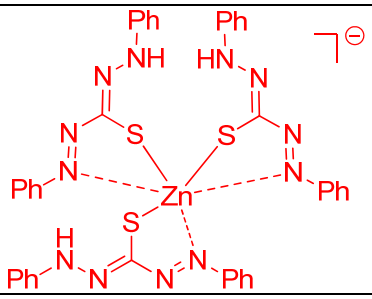
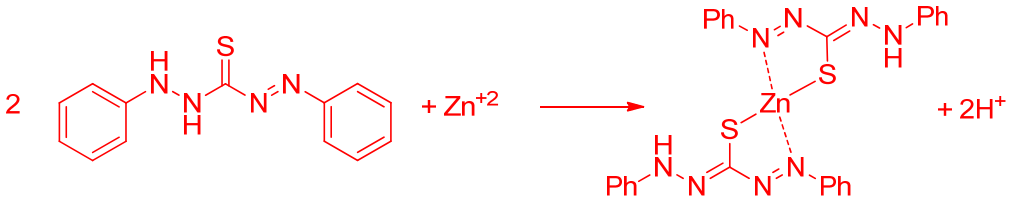
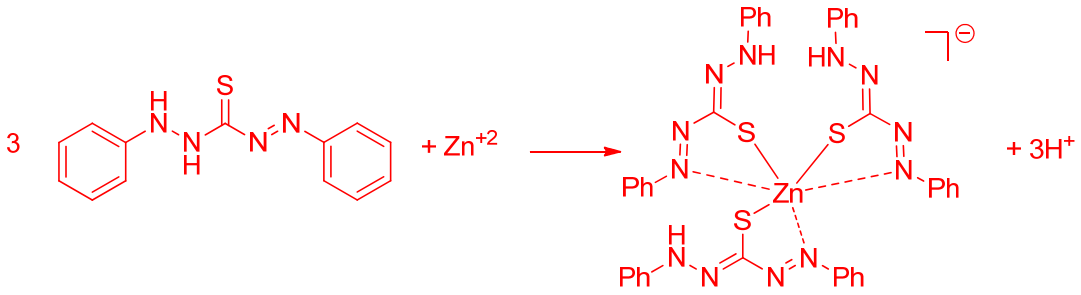


Рис.2 Масс-спектр водного розчину цинку у присутності дитизону.

		
255.1	**574.1**	**829.1**

Рівняння утворення комплексів цинку:





Пояснення, чому екстрагується комплекс із співвідношенням метал : ліганд = 1 : 2:

З усіх комплексів дитизону з цинком лише $Zn(HDz)_2$ – є нейтральним. Тому лише він переходить з водного розвину у органічну фазу, яка менш полярна ніж вода.

При визначенні цинку в кюветі довжиною 5 мм було отримано значення $A_0 = 0{,}336$.

3.3 Розрахуйте загальну концентрацію Zn в органічній фазі, якщо молярний коефіцієнт поглинання $\varepsilon_{Zn(HDz)2} = 5{,}6\cdot10^4$ л·моль$^{-1}$·см$^{-1}$.

$A_0 = \varepsilon_{Zn(HDz)2}\cdot l\cdot[Zn]_{общ}$

$[Zn]_{общ} = A_0/(\varepsilon_{Zn(HDz)2}\cdot l) = 1{,}2\cdot10^{-5}$ M

З водної фази йони цинку (II) екстрагували рівним об'ємом хлороформу у вигляді зазначеного вище комплексу. Константа розподілу дитизонату цинку $K_D(Zn(HDz)_2)$ дорівнює 247, константа стійкості комплексу $\beta(Zn(HDz)_2)$ становить $1{,}25\cdot10^{13}$, константа кислотної дисоціації дитизону $K_a(H_2Dz) = 2\cdot10^{-9}$. При цьому загальна концентрація ліганда у водній фазі становить $3\cdot10^{-4}$ M, а загальна концентрація цинку дорівнює концентрації в органічній фазі, знайденій у **п. 3.** *(якщо вам не вдалося знайти загальну концентрацію цинку в пункті 3, прийміть, що вона дорівнює **1.5·10^{-5} моль/літр**).* У органічну фазу екстрагується тільки комплекс. Після встановлення рівноваги в екстракті визначали рівноважну концентрацію екстрагованого комплексу.

3.4 Запишіть рівноваги, зазначені вище, і вирази для всіх констант.

$[Zn(HDz)_2]_{aq} \leftrightarrow [Zn(HDz)_2]_{org}$

$K_D = [Zn(HDz)_2]_{org} / [Zn(HDz)_2]_{aq}$

$Zn_{aq}^{2+} + 2HDz^- \leftrightarrow [Zn(HDz)_2]_{aq}$

$\beta(Zn(HDz)_2) = [Zn(HDz)_2]_{aq} / [Zn^{2+}]_{aq}[HDz^-]^2$

$K_a = [H^+][HDz^-]/ [H_2Dz]$

3.5 Запишіть рівняння матеріального балансу для цинку (в обох фазах) і ліганду (тільки у водній фазі).

$[Zn]_{общ} = [Zn^{2+}] + [Zn(HDz)_2]_{org} + [Zn(HDz)_2]_{aq}$

$[H_2Dz] = [H_2Dz]_{aq} + [HDz^-]_{aq}$

3.6 Використовуючи рівняння матеріального балансу за цинком і лігандом (тільки у водній фазі), а також зазначені вище константи, **виведіть** вираз для залежності оптичної густини (A) від загальної концентрації цинку та pH ($[H^+]$) в обраних умовах. *Концентрацією ліганду у комплексі з цинком можна знехтувати порівняно з іншими формами ліганду у воді.*

$A = \varepsilon_{Zn(HDz)2}\cdot l\cdot[Zn(HDz)_2]_{org}$

$[Zn(HDz)_2]_{org} = K_D\cdot[Zn(HDz)_2]_{aq}$

$[Zn(HDz)_2]_{aq} = \beta\cdot[Zn_{aq}^{2+}]\cdot[HDz^-]^2$

$[Zn(HDz)_2]_{org} = K_D\cdot\beta\cdot[Zn_{aq}^{2+}]\cdot[HDz^-]^2$

$[Zn]_{заг} = [Zn^{2+}] + [Zn(HDz)_2]_{org} + [Zn(HDz)_2]_{aq}$

$[Zn]_{заг} = [Zn^{2+}] + \beta\cdot[Zn_{aq}^{2+}]\cdot[HDz^-]^2(1+K_D)$

$[Zn]_{заг} = [Zn^{2+}]\cdot(1 + \beta\cdot[HDz^-]^2(1+ K_D))$

$[Zn_{aq}^{2+}] = [Zn]_{заг}\cdot(1 + \beta\cdot[HDz^-]^2(1+ K_D))^{-1}$

$$[Zn(HDz)_2]_{org} = \frac{K_D \cdot \beta \cdot [HDz^-]^2 \cdot [Zn]_{заг}}{1 + \beta \cdot [HDz^-]^2 \cdot (1 + K_D)}$$

$[H_2Dz]_{заг} = [H_2Dz]_{aq} + [HDz^-]_{aq} + 2[Zn(HDz)_2]_{aq}$

$[H_2Dz]_{заг} = [H_2Dz]_{aq} + [HDz^-]_{aq} + 2[Zn(HDz)_2]_{aq}$

$[Zn(HDz)_2]_{aq}$ - можна знехтувати, оскільки майже весь комплекс переходить в органічну фазу.

$[H_2Dz]_{заг} = [H_2Dz]_{aq} + [HDz^-]_{aq}$

$$[H_2Dz]_{заг} = \frac{[H^+]\cdot[HDz^-]}{K_a} + [HDz^-]$$

$$[HDz^-] = \frac{K_a \cdot [H_2Dz]_{заг}}{K_a + [H^+]}$$

$$A = \frac{\varepsilon_{Zn(HDz)_2} \cdot l \cdot K_D \cdot \beta \cdot [Zn]_{заг} \cdot (K_a \cdot [H_2Dz]_{заг})^2}{(K_a + [H^+])^2 \cdot \left(1 + \beta \cdot \left(\frac{K_a \cdot [H_2Dz]_{заг}}{K_a + [H^+]}\right)^2 \cdot (1 + K_D)\right)}$$

Отриманий в **п.6** вираз для оптичної густини є функцією від концентрації іонів водню в водній фазі. У сильно кислому середовищі спостерігається неповнота утворення комплексу $Zn(HDz)_2$.

Якщо вам не вдалося вивести залежність в п. 6, прийміть, що вона описується таким виразом:

$$A = \frac{\varepsilon_{Zn(HDz)_2} \cdot l \cdot K_D \cdot \beta \cdot [Zn]_{заг} \cdot (K_a \cdot [H_2Dz]_{заг})^2}{(K_a + [H^+])^2}$$

3.7 **Знайдіть** діапазон pH, при якому зниження оптичної густини не перевищуватиме 10% по відношенню до A_1 ($A \geq A_1 - 10\%$). *Знехтуйте зміною загальної концентрації ліганду від pH та вважайте її сталою($3\cdot10^{-4}$ М)*

$A \geq 0{,}9 \cdot A_1$; $A \geq 0{,}302$;

$$A \geq \frac{\varepsilon_{Zn(HDz)_2} \cdot l \cdot K_D \cdot \beta \cdot [Zn]_{заг} \cdot (K_a \cdot [H_2Dz]_{заг})^2}{(K_a + [H^+])^2 \cdot \left(1 + \beta \cdot \left(\frac{K_a \cdot [H_2Dz]_{заг}}{K_a + [H^+]}\right)^2 \cdot (1 + K_D)\right)}$$

$1{,}1\cdot10^{-5} \geq [H^+]$ **pH ≥ 4,96**

Якщо ви використали готове значення для концентрації цинку, але знайшли залежність в пункті 2.6. pH ≥4,68

Якщо ви використали значення для концентрації цинку, знайдене в пункті 2.3., але не знайшли залежність в пункті 2.6. pH ≥4,95

Якщо ви використали готове значення для концентрації цинку та не змогли вивести залежність в пункті 2.6. pH ≥4,91.

Фотометричний аналіз з дитизоном має багато переваг порівняно з іншими методами. Однак, його застосування при аналізі вимагає певних умов роботи з ним.

3.8 **Вкажіть**, чи **мають сенс** вказані твердження про дитизон (Позначте «×» у відповідному полі):

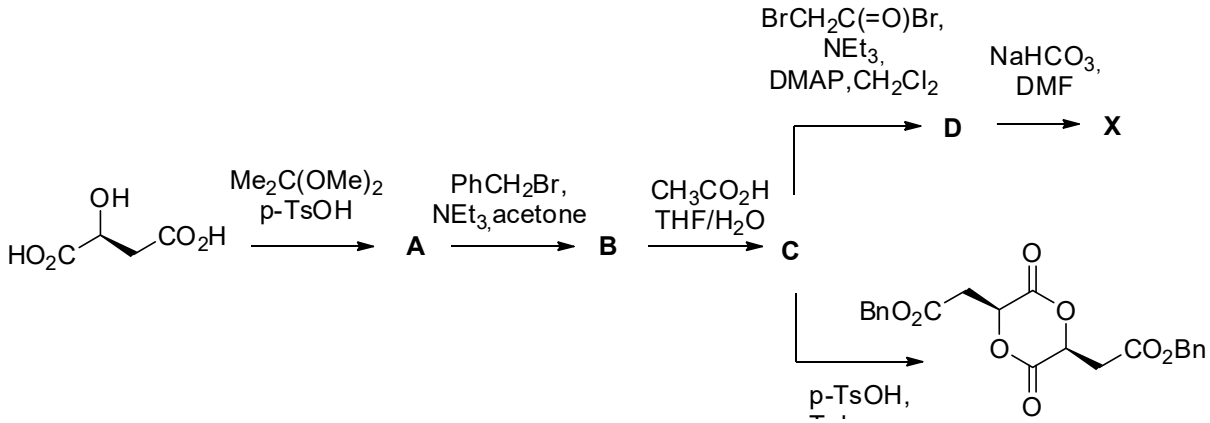
Твердження	Так	Ні

Під дією повітря дитизон окиснюється з утворенням розчинів із забарвленням, як у деяких дитизонатів металів	×	
У сильно лужному середовищі деякі дитизонати металів переходять у водну фазу	×	
Слід використовувати спеціальний вид скла, бо в іншому випадку можлива взаємодія дитизону з катіонами, що містяться у склі		×
У сильно лужному середовищі дитизонат переходить в іншу форму, яка утворює з металами структуру іншого складу і, як наслідок, іншого кольору	×	
Роботі з дитизоном не заважає забруднена вода та реактиви, тільки якщо вони не забруднені катіонами металів, з якими дитизон може утворювати комплекси		×

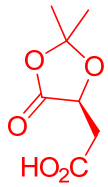
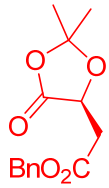
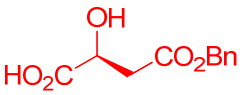
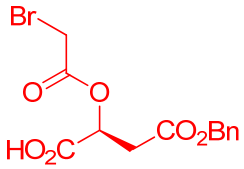
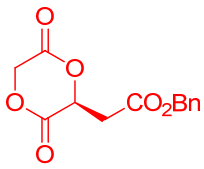
Задача 4. Всемогутні полімери

Автор: Коломієць Олександр

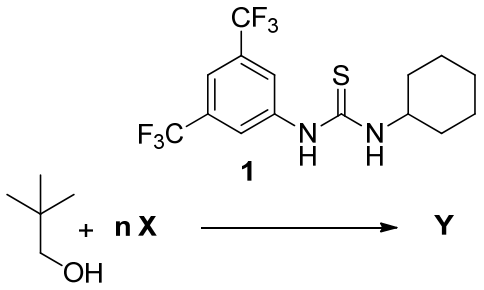
Високомолекулярні сполуки є вагомою частиною всесвіту. Тому виникає необхідність в синтезі таких речовин. Одним з підходів для синтезу полімерів є ROP (полімеризація шляхом розкриття циклу). Нижче наведено шлях синтезу субстрату **X** для проведення реакції полімеризації:



4.1 **Визначте** всі зашифровані речовини **A**–**D** і речовину **X**.

		
A	**B**	**C**
		
D	**X**	

Далі речовина **X** вводиться в реакцію полімеризації з **2,2-диметил-1-пропанолом**, що призводить до полімеру **Y**, **ПМР** спектр якого наведено нижче.



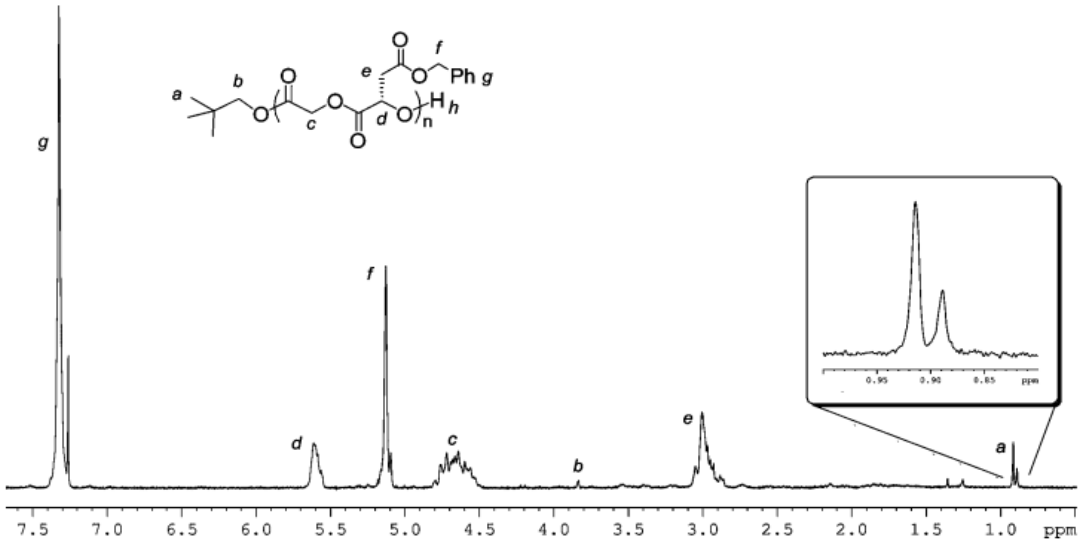
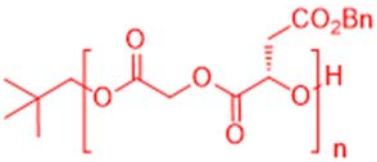


Рис. 1. ^{1}H ЯМР спектр полімеру **Y**.

4.2 **Наведіть** структуру **Y.**

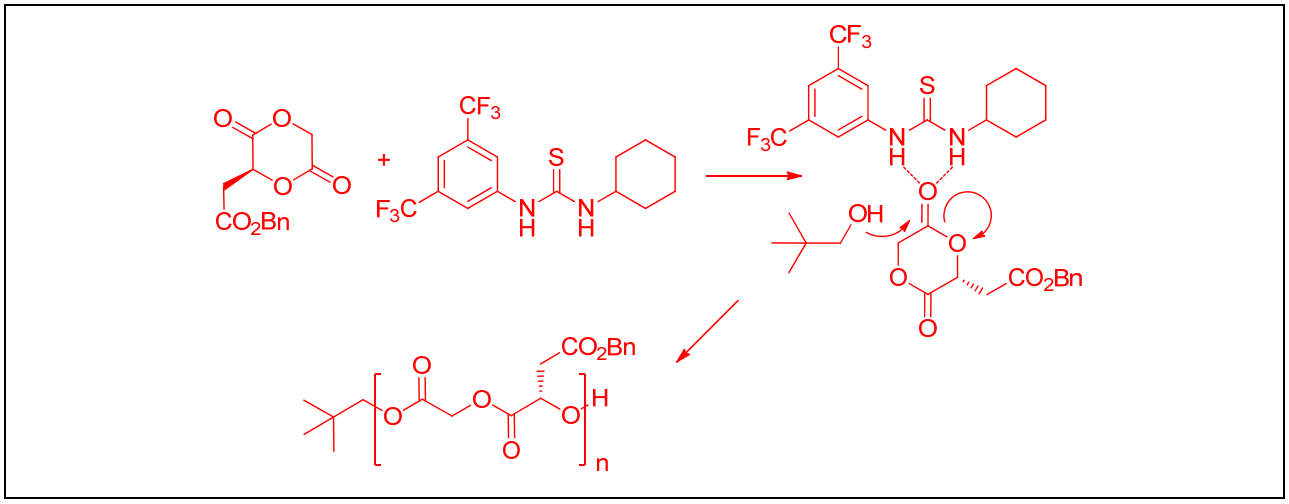
4.3 **Зробіть віднесення** сигналів в **ПМР** спектрі сполуки **Y**.

Y:



4.4 **Запропонуйте** можливий механізм перебігу реакції полімеризації, беручи до уваги наступне:

- На першій стадії відбувається утворення водневих зв'язків між атомами гідрогену ініціатору **1** та найменш стерично утрудненої карбонільної групи реагенту **X**.
- На другій стадії відбувається нуклеофільна атака активованого C=O зв’язку з подальшим розкриттям циклу.



Структуру отриманої високомолекулярної сполуки було вивчено за допомогою MALDI-TOF Mass spectrometry. Відповідний спектр наведено нижче. *Довідка:* ***Матрично-активована лазерна десорбція / іонізація, МАЛДІ*** *(англ. MALDI) - десорбційний метод «м'якої» іонізації, зумовленої впливом імпульсів лазерного випромінювання на матрицю з речовиною, яку аналізують).*

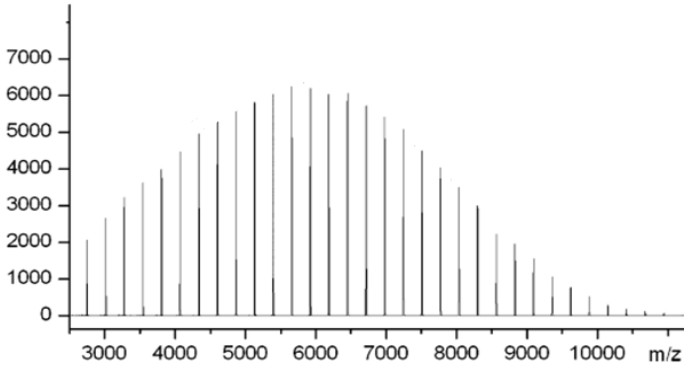


Рис. 2 MALDI-TOF масс-спектр полімеру **Y**

4.5 **Розрахуйте** середньо числовий ступінь полімеризації, якщо середньочислова молекулярна маса **(M_n)** відповідає піку з найбільшою інтенсивністю. (Якщо ви не визначили структуру **Y**, приміть молекулярну масу мономеру рівною 100 г/моль).

Ступінь полімеризації – P. P_n = M(полімеру)/M_n(мономеру). Молярна маса мономеру визначається зі структури продукту **Y** і дорівнює **264** г/моль. Із спектра можна визначити m/z для піку з найбільшою інтенсивністю. **Приймаються** значення 5550-5850 m/z (найбільш точне – **5715**). Тоді P_n = 21,6

4.6 **Розрахуйте** середньомасову молекулярну масу **(M_w)** та ступінь полімеризації, який їй відповідає, якщо $\mathbf{u} = \frac{M_w}{M_n}$, а **u=1,12.**

M_w = 6400 m/z P_w = 24

4.7 **Зробіть припущення**, чому спостерігається різниця між ступенями полімеризації.

M_n –середньоарифметична молярна маса всіх молекул, M_w – середньозважене за масою молекул значення молярної маси, тобто, тобто молекули з більшими молярними масами вносять більший вклад в M_w, порівняно з рівним вкладом всіх молекул в M_n.

Довідка:

Середньо числова молекулярна маса визначається співвідношенням:

$$\bar{M}n = M_1x_1 + M_1x_1 + \cdots = \sum_{i-1}^{N} M_i\,x_i$$

Тут N – число макромолекул, x_i – числова частка макромолекул з молекулярною масою M_i

Середньомасова молекулярна маса визначається співвідношенням:

$$\bar{M}n = M_1\omega_1 + M_1\omega_1 + \cdots = \sum_{i-1}^{N} M_i\,\omega_i$$

Тут N – число макромолекул, ω_i – масова частка макромолекул з молекулярною масою M_i

Задача 5. Що впливає на редокс-потенціал?

Автор: Колотілов Сергій

Редокс-реакції часто змінюють свій напрямок в залежності від присутності "додаткових" реагентів. Так, додавання йодної води (розчин йоду в воді) до розчину $CoSO_4$ не призводить до окиснення Co^{2+} до Co^{3+}, але у присутності натрій ціаніду (6 молів на 1 моль Co^{2+}) забарвлення йоду зазвичай швидко зникає.

5.1 **Поясніть причину** відмінності у взаємодії солей кобальту з йодом у присутності/відсутності ціаніду. Відповідь підтвердіть розрахунком.

Довідникові дані: $E^0(Co^{3+/2+})$ = 1,770 В, константа нестійкості комплексу $[Co(CN)_6]^{3-}$ $K_{ox} = 10^{-64}$, $[Co(CN)_6]^{4-}$ $K_{red} = 10^{-19}$, $E^0(I_2/2I^-)$ = 0,535 В.

Причина зміни потенціалу - стабілізація вищого ступеню окиснення кобальту при утворенні комплексу з ціанідом.

Позначимо $E^0(Co^{3+/2+})$ як E^0_1.

$E^0_1 > E^0(I_2/2I^-)$, тому йод не окислює Co^{2+}.

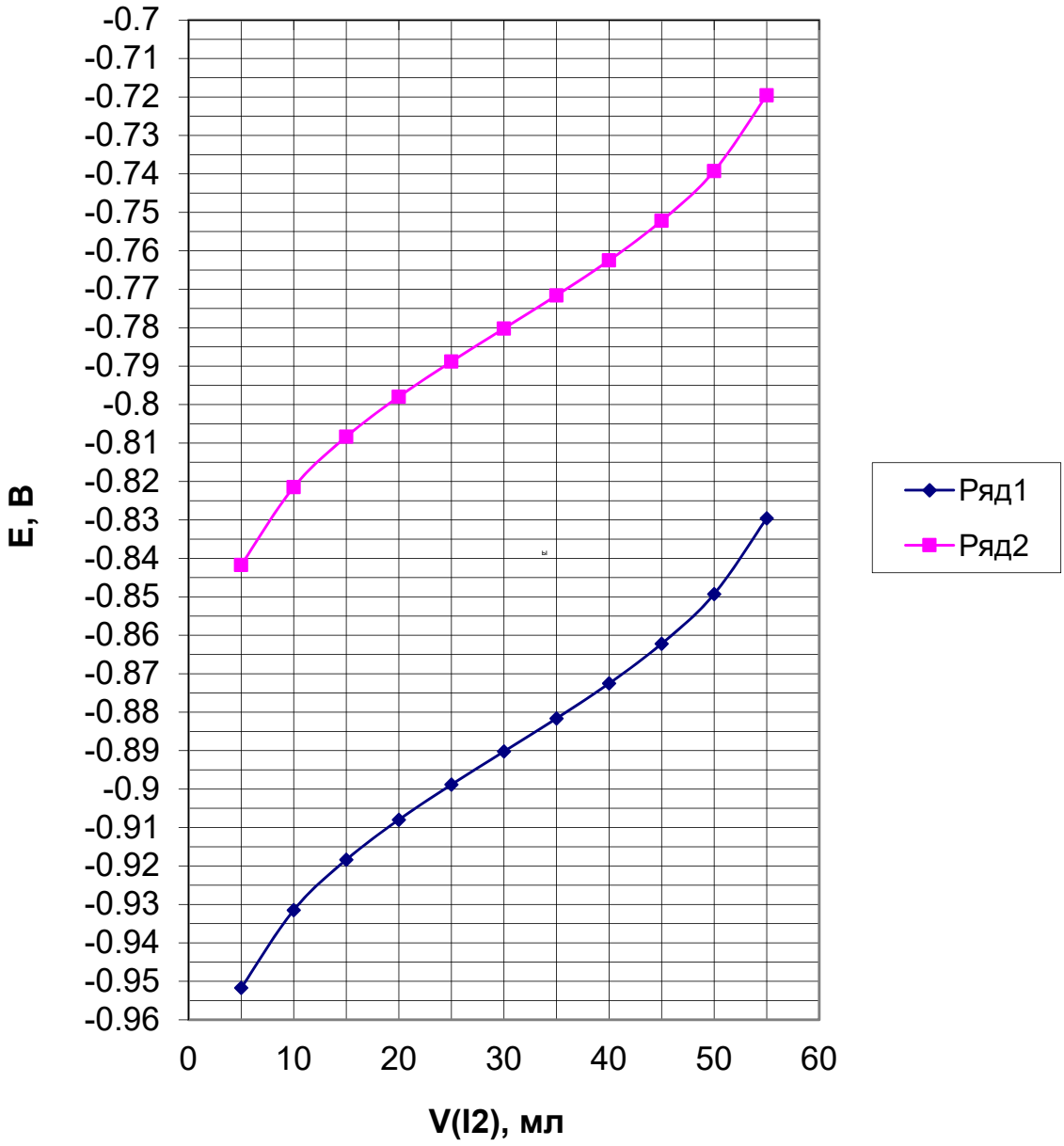
Розрахуємо редокс-потенціал в системі, що містить $[Co(CN)_6]^{4-}$.

Стандартний потенціал можна оцінити наступним чином:

= -0,89 В

Цей потенціал $E^0_2 < E^0(I_2/2I^-)$, тому йод буде окислювати Co^{2+} у складі $[Co(CN)_6^{4-}]$. В початковий момент часу, коли в системі немає Co^{3+}, E_2 буде ще нижче.

В лабораторії провели два окремі потенціометричні титрування, для яких брали однакові аліквоти 0,053 М розчину $CoSO_4$, але перед цим до першої аліквоти додали твердий NaCN в мольному співвідношенні Co^{2+}:CN^- 1:6 (ряд 1), а до другої – деякий пептид **X,** який повністю зв'язав Co^{2+} в комплекс (ряд 2). Титрування в обох випадках проводили 0,011 М розчином I_2. Результати титрування наведено на графіку.



5.2 **Визначте** об'єм розчину Co^{2+}, який титрували.

При титруванні йде реакція $[Co(CN)_6^{4-}] + 0{,}5I_2 = [Co(CN)_6^{3-}]+I^-$
Потенціал визначається співвідношенням концентрації $[Co(CN)_6^{4-}]$ і $[Co(CN)_6^{3-}]$ за рівнянням, наведеним у відповіді до п. 1.1.
У випадку, коли $[Co(CN)_6^{4-}] = [Co(CN)_6^{3-}]$, $E = E^0_2$, тобто -0,89 В
Цьому значенню відповідає $V(I_2) = 30$ мл.
Тоді $n(I_2) = 0{,}03$ л · 0,011 М = $3{,}3\cdot10^{-4}$ моля
Ц
У(вихідного розчину Co^{2+}) = $1{,}32\cdot10^{-3}$ моля / 0,053 М = 0,0249 л (або 24,9 мл).

5.3 **Оцініть** співвідношення констант нестійкості комплексів Co^{2+} і Co^{3+} з пептидом **X**.

Оскільки кількості Co^{2+} при титруванні розчинів з ціанідом і пептидом однакові, $E = E^0$ у випадку

титрування розчину з пептидом досягається при тому ж значенні $V(I_2)$, як і у випадку з ціанідом.

Тоді $E^0(Co^{3+}$ + пептид/ Co^{2+} + пептид) = -0,78 В = -0,78 В

.

Задача 6. Люмінісцентний вулкан.

Автор: Авраменко Микола

Юний хімік зробив такий дослід. Він змішав водний розчин ацетонітрилу та гідроген пероксиду, додав декілька краплин розчину карбонату натрію (до pH=10) і деяку кількість концентрованого водного розчину люмінолу. При цьому через деякий час сталось «виверження» реакційної суміші (виділялася суміш газів **Y** і **Z**), яка при цьому світилась у темряві синім кольором (явище хемілюмінесценції), (λ≈450 нм). Також відомо, що у нейтральному середовищі ніяких візуальних змін не було, а у сильнолужному середовищі (pH=13) реакція проходила і за відсутності ацетонітрилу (на відміну від pH=10) з виділенням газу **Z**. Це пов'язано з утворенням діаніону люмінолу, який при дії оксиників перетворюється у речовину **X** у збудженому стані, яка випромінює фотон і переходить в основний стан. Ці дані зведені нижче у таблиці:

	Дослід 1	Дослід 2	Дослід 3	Дослід 4	Дослід 5
pH	10 (Na_2CO_3)	10 (Na_2CO_3)	13 (NaOH)	13(NaOH)	7
Присутність CH_3CN	+	-	+	-	+
H_2O_2, люмінол	+	+	+	+	+
Ефект реакції	Гази **Y** і **Z**	-	Гази **Y** і **Z**	Газ **Z**	-
Забарвлення у темряві	Синє	-	Синє	Синє	-

6.1 <u>Оцініть</u> ΔH реакції $\mathbf{X}_{ex.\ state} => \mathbf{X}_{gr.\ state}$.

Випромінення синього кольору => λ≈450 нм

$\Delta H = -E^*N_a = \frac{hc}{\lambda}N_a = -266$ кДж/моль

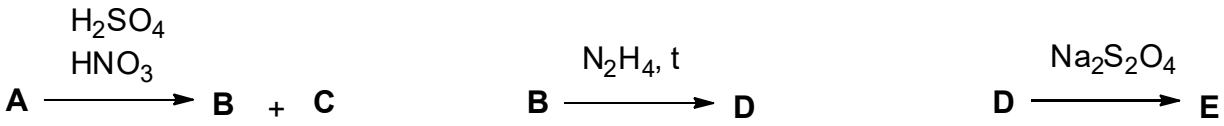
<u>ΔH=-266 кДж/моль</u>

6.2 <u>Поясніть</u>, чому не слід використовувати аміачний буфер? **<u>Підтвердіть</u>** пояснення **<u>рівнянням реакції</u>**.

<u>Гідроген пероксид реагує з аміаком</u>. При цьому виділяється азот. Через це можна зробити хибний висновок про результат досліду.

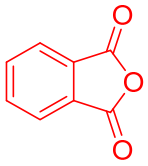
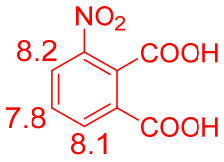
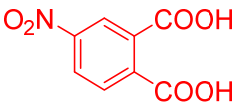
$2NH_3 + 3H_2O_2 => N_2 + 6H_2O$

Відомо, що люмінол (**E**) може бути отриманий з речовини **A** (отримують каталітичним окисненням нафталіну) за такою схемою.

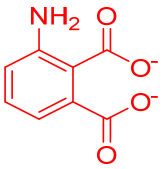


6.3 **Встановіть структури** сполук **A – E** і **наведіть відповідність** між сигналами у ПМР і протонами у сполуці **B**, якщо:

- ✓ Сполука **B** ^{1}H NMR(dmso, 7,8(t), 8,1(d), 8,2(d)) – (сигнал розчинника і води (яка присутня у розчиннику) видалено);
- ✓ Брутто-формула **E** - $C_8H_7N_3O_2$, розчиняється у 2M HCl;

 **A**	 Нітро-група більший акцептор ніж карбоксильна **B**	 **C**
D	**E**	

6.4 **Встановіть сполуки** **X**, **Y** і **Z**, якщо після «хімічного виверження» люмінол переходить у **X** – діаніон деякої карбонової кислоти. Також **вкажіть** у якому випадку O_2^{2-} – окисник, а в якому – відновник: а) при pH=10, CH_3CN присутній; б) при pH=13, CH_3CN відсутній. Відповідь **аргументуйте**.

 **X**	O_2 **Y**	N_2 **Z**

При pH=10 (CH_3CN присутній): **відновник і оксиник (диспропорціонування)**
При pH=13 (CH_3CN відсутній): **окисник**

Для того, щоб правильно відповісти на питання про властивості перекису водню треба добре проаналізувати таблицю і отримані дані. Є газ який виділяється в усіх випадках. Із минулих пунктів і умови задачі відомо, що гидразид перетворюється у кислоту. Значить, якщо не буде проходити ОВР, то у розчині має утворитись гідразин. Але через наявність перекису водню він буде окиснюватись до азоту. (перекис водню окисник)

Така схема проходить у випадку, коли досить лужне середовище (пов'язано з дисоціацією гідразиду і підвищенням його відновлювальних властивостей).

У випадку слаболужного сережовища хоча і перекис водню стає більш сильним окисником, але у гідразиду властивості відновника спадають швидше. Через це потрібна генерація більш сильного окисника – наприклад синглетного кисню, який утворюється при диспропорціонувані перекису водню у присутності ацетонітрилу (див. передумову п. 5).

Реакція пероксиду водню з ацетонітрилом має назву реакція Радзішевського. Через це утворюється саме сполука **Y** у синглетному стані, яка частково реагує з люмінолом. Якщо цю реакцію проводити **без люмінолу (у наступних пунктах досліди проводились без люмінолу)**, то можна буде спостерігати явище фосфоресценції. **Y** перейде у триплетний стан з випромінюванням кванту світу. Але на жаль довжина хвилі цього випромінювання знаходиться у ІЧ зоні. Експериментально за допомогою спеціального приладу можна виміряти інтенсивність випромінюваного світла:

$$I(t) = C * \frac{d(\mathbf{Y})}{dt},$$

де C – пов'язано з періодом напіврозпаду досліджуваної речовини (у даному випадку з періодом напівперетворення синглетного **Y** у триплетний), природою розчинника і налаштуваннями приладу.

6.5 У якому діапазоні знаходиться довжина хвилі випромінюваного світла?

λ> 700 нм

Нижче наведена таблиця залежності інтенсивності випромінювання у момент початку реакції від концентрації реагентів у приготованому розчині (pH=10).

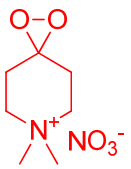
I, кд	c(H_2O_2), моль/л	c(CH_3CN), моль/л
2,75	5,00	0,50
2,81	2,50	0,50
0,71	2,50	0,25
6,20	0,75	5,00
2,77	0,50	2,00
2,69	0,50	5,00

6.6 Виходячи з наведених вище даних, що можна сказати про **порядок реакції за реагентами**?

Порядок реакції за реагентами змінний і залежить від того який реагент у надлишку.
Порядок реакції за реагентом, якого менше – **2**
Порядок реакції за реагентом, якого більше – **0**

Відомо, що кетони можуть каталізувати реакцію Радзішевського. На прикладі $DMOP^+NO_3^-$ було встановлено, що лімітуючою стадією є утрворення диоксирану **F**.

F:



6.7 <u>Наведіть</u> структуру **F**.

Було вивчено залежність I(t) за умов реакції. Нижче наведено отримані дані для $c_0(H_2O_2)$=1,00 моль/л, $c_0(CH_3CN)$=0,050 моль/л, $c_0(DMOP^+NO_3^-)=1{,}0*10^{-4}$ моль/л, pH=8,2.

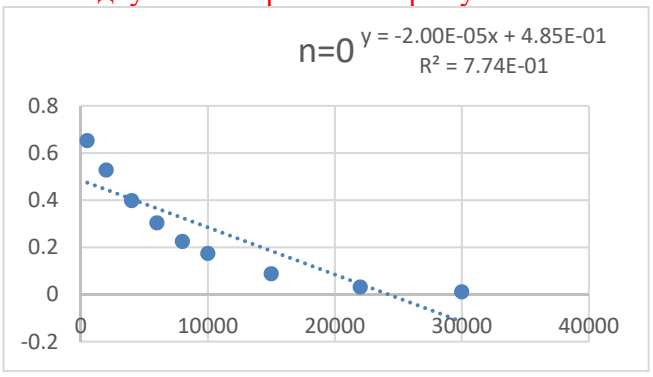
I, кд	t, c
0,653	500
0,528	2000
0,398	4000
0,304	6000
0,225	8000
0,174	10000
0,088	15000
0,032	22000
0,011	30000

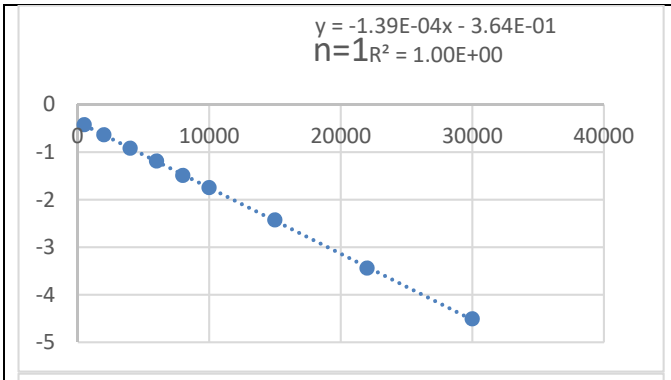
6.8 <u>Встановіть порядок</u> реакції за ацетонітрилом у присутності кетону за допомогою графічного методу; для n=0,1,2 **<u>зазначте, у яких координатах</u>** треба будувати графік. Знайдіть **<u>видиму константу швидкості</u>** ($\frac{dY}{dt} = k_{obs}c(CH_3CN)^n$) і **<u>константу C</u>** для приладу (див. п. 5). Останній вираз при розв'язувані дає таку залежність:

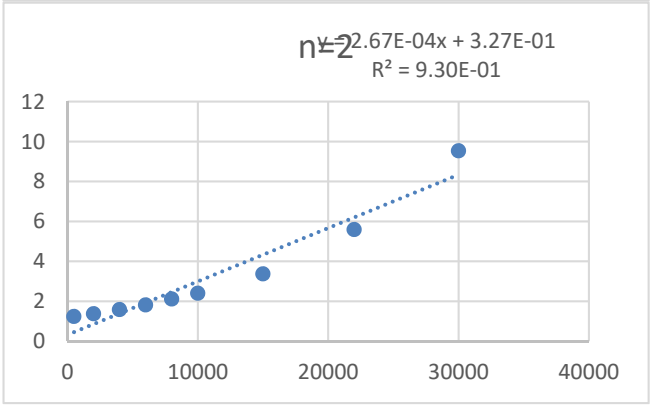
$$I(t) = Ck_{obs}(2k_{obs}t(1-n) + c_0(CH_3CN)^{1-n})^{\frac{n}{1-n}}, \text{ при } n\neq 1$$

$$I(t) = Ck_{obs}c_0(CH_3CN)e^{2k_{obs}t}, \text{ при } n=1$$

Для n=0 – (I, t) – при цьому можливо встановити тільки $C*k_{obs}$
Для n=1 – (ln(I), t)
Для n=2 – ($I^{-1/2}$, t)
У випадку n=1 – отримаємо пряму.



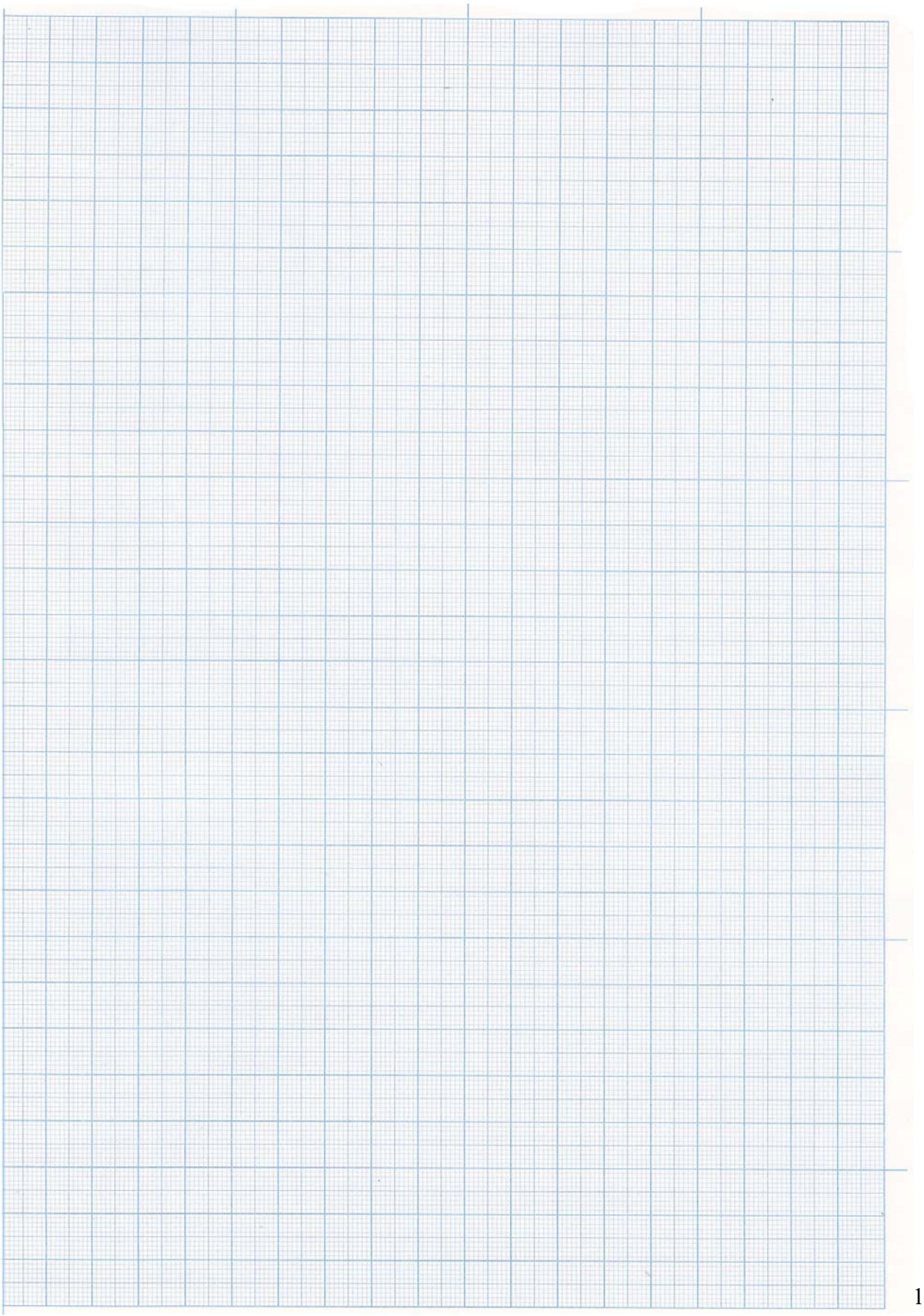




$-2*k_{obs}=-1,39*10^{-4}$

$\ln(C*k_{obs}*c_0)=-0,364$

n=1 $k_{obs}=6,95*10^{-5}$ c^{-1} C=20000 кд*л*с/моль



Задача 7. Хімія простих речовин

Автор: Рябухін Сергій

А, **Б**, **В** та **Г** прості речовини, що за певних умов можуть реагувати між собою.

7.1 **Визначте ці речовини**, якщо відомо:

– з усіх речовин лише **А** не реагує з водою.

– при взаємодії з водою **Б**, **В** та **Г** при нагріванні утворюються суміші кислот **Б1**+**Б2**, **В1**+**В2** та **Г1**+**Г2** відповідно.

– розчини кислот **Б1**, **В1** та **Г1** можна отримати розчинивши у воді продукти взаємодії **Б**, **В** та **Г** з **А** відповідно.

– При взаємодії з водою сумішей **Б**+**В**, **Б**+**Г** та **В**+**Г** утворюються суміші кислот **Б1**+**В2**, **Б1**+**Г2**, **В1**+**Г2** відповідно.

H_2 **А**	Cl_2 **Б**	Br_2 **В**	I_2 **Г**	HCl **Б1**	$HClO_3$ **Б2**	HBr **В1**	$HBrO_3$ **В2**	HI **Г1**	HIO_3 **Г2**

7.2 **Наведіть рівняння** усіх реакцій про які йдеться у п.1 (9 рівнянь).

$3Cl_2 + 3H_2O \Rightarrow 5HCl + HClO_3$
$3Br_2 + 3H_2O \Rightarrow 5HBr + HBrO_3$
$3I_2 + 3H_2O \Rightarrow 5HI + HIO_3$
$H_2 + Cl_2 \Rightarrow 2HCl$
$H_2 + Br_2 \Rightarrow 2HBr$
$H_2 + I_2 \Rightarrow 2HI$
$Br_2 + Cl_2 + H_2O \Rightarrow HCl + HBrO_3$
$Br_2 + I_2 + H_2O \Rightarrow HBr + HIO_3$
$Cl_2 + I_2 + H_2O \Rightarrow HIO_3 + HCl + H_2O$

7.3 **Наведіть рівняння** взаємодії **Б**, **В** та **Г** між собою (3 рівняння)

$Br_2 + Cl_2 \Rightarrow 2BrCl$
$I_2 + Cl_2 \Rightarrow 2ICl$
$I_2 + Br_2 \Rightarrow 2IBr$

Кислоты **Б2**, **В2** та **Г2** при нагріванні ведуть себе по різному. Так при нагріванні **Б2** утворюється інша кислота **Б3**, вода та газ **Х**, що за певних умов здатен реагувати з водою з утворенням суміші кислот **Б1**+**Б2**. При нагріванні **В2** також утворюється вода та суміш **В** та **Д** (теж проста речовина), а при нагріванні **Г2** – вода та тверда речовина **Y**.

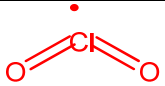
7.4 **Визначте** усі речовини.

ClO_2 **Х**	I_2O_5 **Y**	$HClO_4$ **Б3**	O_2 **Д**

7.5 **Наведіть рівняння** усіх реакцій про які йдеться у п.4 (4 рівняння).

$3HClO_3 \Rightarrow HClO_4 + 2ClO_2 + H_2O$
$6ClO_2 + 3H_2O \Rightarrow HCl + 5HClO_3$
$4HBrO_3 \Rightarrow 2H_2O + 2Br_2 + 5O_2$
$2HIO_3 \Rightarrow I_2O_5 + H_2O$

7.6 **Наведіть** структурну формулу **Х**



11 клас (експериментальний тур)

Задача 1. Визначення розчинності $Ca(OH)_2$

Обладнання на робочому місці

1. Мішалка магнітна – 1 шт.
2. Цифровий термометр – 1 шт.
3. Якір для магнітної мішалки – 1 шт.
4. Колба конічна на 200 мл – 2 шт.
5. Циліндр мірний на 50 мл – 1 шт.
6. Воронка для порошків – 1 шт.
7. Воронка для рідин – 2 шт.
8. Фільтрувальний папір – 1 шт.
9. Бюретка, закріплена у штативі – 1 шт.
10. Стаканчик скляний на 25 мл – 1 шт.
11. Стаканчик скляний на 50 мл – 1 шт.
12. Піпетка Мора на 10 мл – 1 шт.
13. Піпетка Мора на 5 мл – 1 шт.
14. Шпатель – 1 шт.
15. Груша – 1шт.
16. Промивалка з дистильованою водою – 1шт.

Рис. 1.

Реактиви на робочому місці

1. Трилон Б (розчин 0,01 М) – 150 мл
2. Аміачний буфер – 50 мл
3. Еріохром чорний Т, суміш з NaCl (ЕХЧТ) – 0,5 г.

Обладнання та реактиви на загальному столі

1. Ваги
2. $Ca(OH)_2$ (біля вагів)
3. Шпателі (біля вагів)

Хід роботи

1. На магнітній мішалці знаходиться конічна колба на 200 мл з якорем для магнітної мішалки та внесеною термопарою (Рис. 1).

2. Відміряйте 100 мл дистильованої води циліндром на 50 мл та перенесіть у колбу. Увімкніть перемішування.
3. Зважте 2 г $Ca(OH)_2$ на папірці для зважування та перенесіть у колбу через воронку для порошків (залишки гідроксиду з воронки не змивати!). Залиште суспензію перемішуватись на 30 хв.
4. Через 30 хвилин запишіть температуру суміші за показами цифрового термометра, вимкніть перемішування та зніміть колбу з мішалки. Дайте відстоятись 1-2 хв та відфільтруйте у стаканчик на 50 мл через воронку з паперовим фільтром приблизно 30 мл отриманого розчину.

T (після перемішування) = ___25,2____ºC

5. Відберіть аліквоту 5 мл одержаного розчину піпеткою Мора у конічну колбу для титрування. Додайте 10 мл аміачного буфера піпеткою Мора на 10 мл, додайте індикатор (1/2 шпателя) еріохром чорний Т.
6. Проведіть титрування розчином Трилону Б (0,01 М) до переходу забарвлення досліджуваного розчину в синє. Запишіть в Таблицю 1 об'єм Трилону Б, що пішов на титрування.
7. Повторіть титрування (пп. 5-6) ще 2 рази (у разі потреби, ви можете зробити до 4х титрувань загалом).

Таблиця 1.

V_a, мл	**V(Трилон Б), мл**	**$V_{прийняте}$(Трилон Б), мл**
5	12,4	12,37
5	12,3	
5	12,4	
5		

Спостереження зроблені та дані внесені в таблицю мною особисто _____

1.1 <u>Розрахуйте</u> розчинність $Ca(OH)_2$ та ΔG реакції його розчинення у воді., одержані результати занесіть в Таблицю 2.

Таблиця 2.

Місце для розрахунків: $C=\frac{V(\text{Трилон Б})*c(\text{Трилон Б})}{V(\text{аликвоты})}=0{,}02474$ моль/л $S=C*M/10=0{,}183$ г/100 г води $K_s=6{,}06*10^{-5}$ $\Delta G=-RT*\ln(K_s^0)=24{,}09$ кДж/моль	
$S(Ca(OH)_2)$, г/100 г води =	0,183
ΔG, кДж/моль =	24,09

Експериментально виміряна за даним методом розчинність $Ca(OH)_2$ при 51,5°C склала 0,144 г/100 г води.

1.2 Розрахуйте ΔH та ΔS реакції розчинення $Ca(OH)_2$ у воді.

$C=S*10/M=0{,}0195$ моль/л

$K_s(2)=4*C^3=2{,}97*10^{-5}$

$\Delta G(2)=-RT*\ln(K_s^0)=28{,}14$ кДж/моль

$\Delta H=\frac{T_1T_2}{T_1-T_2}Rln\frac{Ks}{Ks(2)}=-22{,}0$ кДж/моль

$\Delta S=\frac{\Delta G(2)-\Delta G}{T_1-T_2}=$ -154 Дж/(моль*К)

Задача 2. Синтез 4-фенілбензойної кислоти.

Реактиви

Назва	Стан	Концен-трація	Кіль-кість	Знаходиться у	Маркування
4-бромобензойна кислота	Тверда речовина	Чиста речовина	0,5 г	Флакон біля вагів	4-бромобензойна кислота
Фенілборонова кислота	Тверда речовина	Чиста речовина	0,37 г	Флакон біля вагів	Фенілборонова кислота
Натрій карбонат	Тверда речовина	Чиста речовина	0,8 г	Флакон біля вагів	Na_2CO_3
Паладієвий каталізатор	рідина	0,25 ммоль/л	2 мл	Флакон на робочому місці	[Pd]
Хлоридна кислота	рідина	1 М	30 мл	Флакон на робочому місці	HCl 1M
Етанол	рідина	Чиста речовина	30 мл	Промивалка на робочому місці	Етанол

Перелік обладнання та посуду на робочому місці

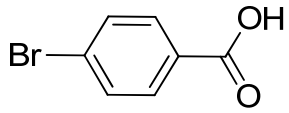
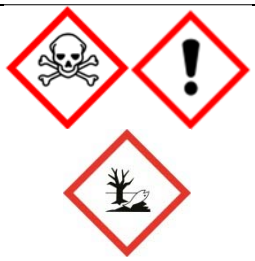
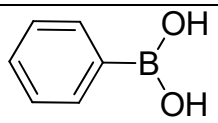
1. Магнітна мішалка – 1 шт.
2. Термопара – 1 шт.
3. Якір для магнітної мішалки – 1 шт.
4. Стакан на 100 мл – 1 шт.
5. Стакан на 50 мл – 1 шт.
6. Стакан на 25 мл – 1 шт.
7. Кільця Гука – 4 шт.
8. Баня – 1 шт.
9. Піпетка на 5 мл – 1 шт.
10. Піпетка на 10 мл – 1 шт.

11. Гумова груша для піпеток – 1 шт.
12. Скляна паличка – 1 шт.
13. Пінцет – 1 шт.
14. Шпатель – 1 шт.
15. Затискач Кохера – 1 шт.
16. Чашка Петрі – 1 шт.
17. Фільтр Шотта – 2 шт.
18. Колба Бунзена на 1000 мл – 1 шт.
19. Мірний циліндр на 50 мл – 1 шт.
20. Фільтрувальний папір – 2 шт.

Перелік обладнання загального користування

1. Ваги
2. Папір для зважування
3. Самплер (піпетка-дозатор)
4. Наконечники для самплера

Коди небезпеки, надані Глобально гармонізованою системою класифікації та маркування хімічних речовин (GHS)

Сполука	Назва	Піктограми небезпеки	GHS код небезпеки
	4-бромобензойна кислота		H302 H311 H315 H319 H331 H332 H335 H400
	Фенілборонова кислота		H302 H315 H319 H335
EtOH	Етанол		H225 H319
Na_2CO_3	Натрій карбонат		H319
HCl	Хлоридна кислота		H290 H314 H335

Опис кодів небезпеки

Фізична небезпека

H225 – легкозаймиста рідина та пара

H290 – може спричинити корозію металів

Небезпека для здоров'я людини

H302 – шкідливий при проковтуванні

H311 – токсично у разі контакту зі шкірою

H314 – спричиняє важкі опіки шкіри та ушкодження очей

H315 – спричиняє подразнення шкіри

H319 – спричиняє суттєве подразнення

H331 – токсично у разі вдихання

H332 – шкідливо у разі вдихання

H335 – може спричиняти подразнення дихальних шляхів

Небезпека для довкілля

H400 – вкрай токсично для водних організмів

Хід роботи

1. У стакан на 25 мл зважте 0,8 г (0,0075 моль) натрій карбонату. Додайте 15 мл дистильованої води, відміряної мірним циліндром на 50 мл, та перемішайте скляною паличкою до повного розчинення.

2. У чистий стакан на 100 мл покладіть якір для магнітної мішалки і додайте 0,50 г (0,0025 моль) 4-бромобензойної кислоти та 0,37 г (0,0030 моль) фенілборонової кислоти.

3. Розчин натрій карбонату перелийте у стакан з реакційною сумішшю на 100 мл та перемішайте на магнітній мішалці при кімнатній температурі протягом 10 хв.

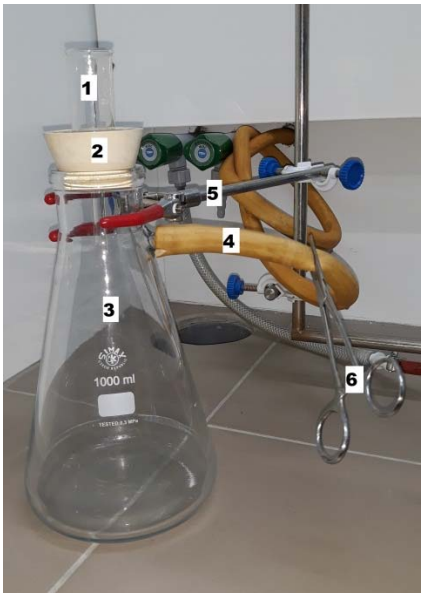
4. Після розчинення всіх реагентів у розчин опустіть термопару та нагрівайте до 70°C. Після досягнення цієї температури додайте, не вимикаючи перемішування, 1,0 мл паладієвого каталізатора за допомогою самплера (піпетки-дозатора) та залиште реакційну суміш перемішуватися при 70°C протягом 30 хв.

5. Через 30 хв вимкніть нагрів та перемішування, зніміть стакан з реакційною сумішшю з мішалки і дайте реакційній суміші охолонути до кімнатної температури. Поки реакційна суміш холоне, приготуйте льодяну баню: заповніть алюмінієву ємність на половину льодом. Помістіть стакан з реакційною сумішшю в льодяну баню та помістіть баню на холодну магнітну мішалку та увімкніть перемішування.

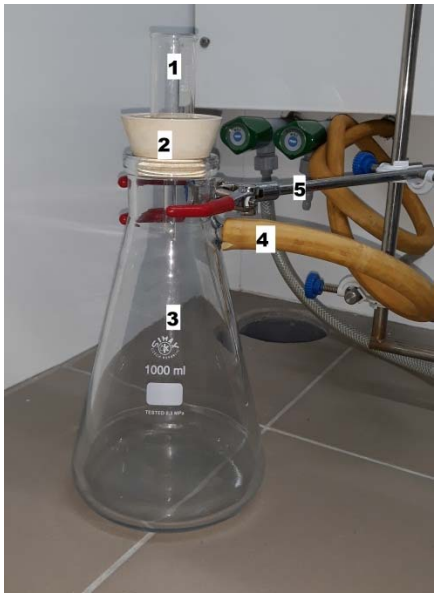
6. При перемішуванні в льодяній бані повільно по краплям додайте в реакційну суміш 25 мл HCl (1 М) за допомогою піпетки на 5 мл.

(HCl реагує з надлишком натрій карбонату, тому з реакційної суміші буде виділятися вуглекислий газ! Після завершення прикапування HCl лід висипайте у раковину!)

7. Зберіть прилад для фільтрування, як показано на малюнку 1, де:
   1 – фільтр Шотта 2 – кільця Гука (4 шт) 3 – колба Бунзена
   4 – вакуумний шланг 5 – лапка 6 – затискач Кохера



малюнок 1



малюнок 2

Зверніть увагу, коли виливаєте реакційну суміш на фільтр, вакуумний шланг має бути перетиснутий затискачем Кохера!

8. Перед фільтруванням у фільтр Шотта покладіть паперовий фільтр відповідного діаметру та змочіть його дистильованою водою із промивалки.

9. Вийміть стакан з реакційною сумішшю з льодяної бані, вийміть якір з реакційної суміші пінцетом та промийте якір етанолом з промивалки.

10. Перелити реакційну суміш у фільтр Шотта (щоб змити залишки продукту зі стакана промийте його ~5 мл дистильованої води, відміряної за допомогою піпетки на 10 мл) та відфільтруйте, як показано на *малюнку 2*. Просушіть продукт на фільтрі протягом 10 -15 хв.

11. Для перекристалізації перенесіть продукт з фільтра у чистий стакан на 50 мл, у який попередньо покладіть якір. Додайте 4 мл HCI (1 М) піпеткою на 5 мл.

12. Помістіть стакан на магнітну мішалку, увімкніть нагрів (на 70°С) та перемішування. Відміряйте 30 мл етанолу з промивалки у мірний циліндр на 50 мл та відразу прилийте етанол у стакан на 50 мл.

13. Нагрівайте суміш при 70°С до повного розчинення твердої фази, після цього зніміть стакан з мішалки. Дайте охолонути до кімнатної температури та помістіть стакан у нову льодяну баню на 15 хв.

14. Відфільтруйте кристали продукту, що утворились, на чистому фільтрі Шотта, у який, як і в попередньому випадку, покладіть новий паперовий фільтр відповідного діаметру та змочіть його дистильованою водою. Магнітний якір вийміть з реакційної суміші пінцетом та промийте етанолом. Щоб змити залишки продукту зі стакана, можна промити його ~5 мл етанолу ***з холодильника***, відмірявши його за допомогою піпетки на 10 мл. Просушити продукт на фільтрі протягом 10 -15 хв .

15. Висушений продукт перенести у попередньо зважену та підписану чашку Петрі.

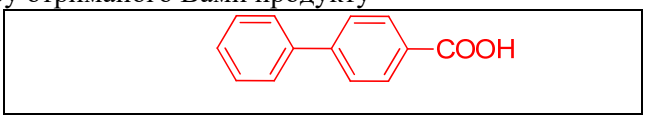
16. Розрахувати вихід продукту. Результати зважування та розрахунків записати у таблицю 1.

Таблиця 1.

Маса порожньої чашки Петрі (г)	
Маса чашки Петрі з продуктом (г)	
Маса продукту реакції (г)	0,353 г

Вихід продукту реакції (%)	

2.1 **Наведіть** структуру отриманого Вами продукту



2.2 **Розрахуйте** мольне співвідношення субстрат / Pd, що було використано Вами, якщо концентрація паладію у виданому Вам розчині була 0,25 ммоль/л

n(4-BrC6H4COOH)/(c(Pd)*V(Pd))=10

2.3 **Вкажіть** роль в методиці наведених нижче хімічних речовин, що були Вами використані (в потрібній клітинці відмітьте позначкою «х» вірні твердження, пам'ятайте, що в деяких випадках вірними може бути декілька з них).

Речовина	**Роль**								
	Каталізатор для проведення реакції	Розчинник для проведення реакції	Розчинник для перекристалізації	Основа для проведення реакції	Основа для нейтралізації кислоти	Кислота для нейтралізації надлишку основи	Кислота для заміщення натрію в солі кінцевого продукту	Вихідний реагент для проведення синтезу	Немає вірних відповідей
EtOH			x						
Na_2CO_3				x	x				
HCl						x	x		
комплекс Pd	x								
H_2O		x							
Толуол									x