LX Всеукраїнська олімпіада з хімії

III етап

Умови

м. Львів

25 – 30 березня 2026 року

LX Всеукраїнська олімпіада з хімії, 3-й етап

Пам'ятка учаснику олімпіади

1. На розв'язання теоретичних завдань **відводиться 4 години**. Час закінчення туру вказується на дошці спостерігачем. Затримка з припиненням роботи після закінчення часу роботи на 5 хвилин чи більше веде до скасування результатів туру.

2. При виконанні завдань дозволяється користуватися лише ручкою, і довідковими матеріалами, виданими організаторами. Дозволяється також користуватися власними олівцями, лінійками. Користуватися ШІ, шпаргалками, гаджетами в тому числі мобільними телефонами та годинниками, додатковими довідковими матеріалами, консультуватися з будь-якими особами, окрім кураторів класів і спостерігачів у визначених випадках, ***заборонено***.

3. З питаннями щодо правильного розуміння змісту завдань звертайтеся до відповідальних членів журі, яких запросить спостерігач.

4. Всі результати повинні бути записаними лише у ***відведених для цього полях у листах відповідей***. 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 спостерігача.

5. 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. Викладайте розв'язки завдань лише українською мовою. Граматичні помилки не впливають на оцінку роботи.

6. Якщо в умові задачі не сказане інше, при розрахунках використовуйте значення молярних мас елементів з двома знаками після коми.

7. Якщо інше не зазначене в умові, рівняння реакцій будуть оцінені в повний бал лише, якщо їх урівняно з мінімальними цілочисленими коефіцієнтами.

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)

Електрохімічний ряд напруг елементів:

Li	K	Ba	Ca	Na	Mg	Al	Mn	Cr	Zn	Fe	Co	Sn	Pb	H_2	Cu	Hg	Ag	Pt	Au

LX Всеукраїнська олімпіада з хімії, 3-й етап

Довідкові матеріали

Опис	Значення константи/Формула
Константа автопротолізу води (за с.у.)	$K_w = 1{,}0 \times 10^{-14}$
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	$h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ Дж × с
Швидкість світла у вакуумі	$c = 3{,}00 \times 10^{8}$ м × с$^{-1}$
Нуль за шкалою Цельсія	273,15 K
Заряд електрона	$1{,}602 \times 10^{-19}$ Кл
Нормальні умови (н.у.)	$T = \mathbf{0}$ °C $= \mathbf{273{,}15}\ \boldsymbol{K}$; $P = 1$ атм $= 760$ Торр $= 1{,}01325 \times 10^5$ Па
Стандартні умови (с.у.)	$T = \mathbf{25}$ °C $= \mathbf{298{,}15}\ \boldsymbol{K}$; $P = 1$ 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 $= 1{,}602 \times 10^{-19}$ Дж
Зв'язок між ентальпією та внутрішньою енергією	$DH = DU + pDV$ (кількість речовини $n = const$)
Об'єм кулі	$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$
Рівняння стану ідеального газу	$PV = nRT$
Енергія фотона	$E = hc / l$
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)	$ln\ ln\ p = -\frac{\Delta H^0}{RT} + const$
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	$\Delta_r G^0 = -RT \ln K = -nF \Delta E^0_{комірки}$
Кріоскопічне рівняння	$\Delta T = iKm,\ [m] = \frac{моль}{кг}$

Таблиця розчинності солей, кислот, основ у воді (25°C)

Аніони	Назва аніона	Катіони																					
		H^+	Li^+	Na^+	K^+	NH_4^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Sr^{2+}	Ba^{2+}	Al^{3+}	Cr^{3+}	Mn^{2+}	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Co^{2+}	Ni^{2+}	Cu^{2+}	Zn^{2+}	Cd^{2+}	Ag^+	Pb^{2+}	Sn^{2+}	Hg^{2+}
OH^-	ГІДРОКСИД		М	Р	Р	Р·	Н	М	М	Р	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	·	Н	Н	·
F^-	ФЛУОРИД	Р	М	Р	Р	Р	Н	Н	М	М	М	Р	М	М	М^г	Р	Р	М	Н	Р	Р	М	Р	Г
Cl^-	ХЛОРИД	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	М	Р^г	Р
Br^-	БРОМІД	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	М	Р^г	М
I^-	ЙОДИД	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	Р	–	Р	Р	–	Р	Р	Н	М	М^г	Н
CO_3^{2-}	КАРБОНАТ	М·	М	Р	Р	Р^г	М^г	Н	Н	Н	–	–	Н	Н	–	Н^г	Н^г	Н^г	Н^г	Н	Н	Н	Г	–
SiO_3^{2-}	СИЛІКАТ	Н	М	Р	Р	–	Н	Н	Н	Н	Н^г	Н^г	Н	Н	Н^г	Н	Н	Н	Н	М	Н	Н	Г	–
NO_2^-	НІТРИТ	Р·	Р	Р	Р	Р·	Р	Р	Р	Р	Г	Г	Р	Р	Г	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	Г	–
NO_3^-	НІТРАТ	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р·	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
CH_3COO^-	АЦЕТАТ	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р^г	Р	Р	Р	Н^г	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	Г	Р
PO_3^-	МЕТАФОСФАТ	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Н	Н	Н	–	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	–	Г	Г
PO_4^{3-}	ОРТОФОСФАТ	Р	М	Р	Р	Г	М	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
S^{2-}	СУЛЬФІД	М	Р	Р	Р	–	М^г	М^г	М	Р	Г	Г	Н	Н	Н^г	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
SO_3^{2-}	СУЛЬФІТ	Р·	Р	Р	Р	Р	М	Н	Н	М	–	–	–	М	–	Н	Н	Н	М	М	М	Н	–	–
SO_4^{2-}	СУЛЬФАТ	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	М	Н	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Н	Р^г	Н

Р	Розчинна речовина (> 1 г на 100 г води)	Н	Практично нерозчинна речовина (< 0,01 г на 100 г води)	·	Речовина нестійка і розкладається при утворенні
М	Малорозчинна речовина (від 0,01 г до 1 г на 100 г води)	Г	Речовина існує, але взаємодіє з водою, її неможливо виділити з розчину (розчинність визначити неможливо)	–	Речовина не існує, або немає достовірних відомостей про її існування

8 клас
І тур

Завдання 8.1. Тести першого рівня

1. **Позначте конфігурацію атома Хрому в основному стані?**
   А) $[Ar]3d^6 4s^0$
   Б) $[Ar]3d^5 4s^1$
   В) $[Ar]3d^4 4s^2$
   Г) $[Ar]3d^3 4s^3$

2. **Виберіть варіант відповіді, в якому елементи розташовані в порядку зростання енергії йонізації**
   А) Al > Mg > Na > Si
   Б) Na < Al < Mg < Si
   В) Na < Mg < Al < Si
   Г) Mg > Na > Al > Si

3. **Оберіть ряд ізоелектронних частинок**
   А) Ir^+, Pt^{2+}, Au^{3+}
   Б) Fe^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+}
   В) Br^-, Ar, Rb^+
   Г) K^+, Rb^+, Cs^+

4. **Яку геометричну форму має молекула SF_4?**
   А) Тетраедр
   Б) Тетрагональна піраміда
   В) Бісфеноїд
   Г) Квадрат

5. **Яка з перелічених молекул має гібридизацію центрального атому sp^3d^2?**
   А) IF_5
   Б) CCl_4
   В) ClF_3
   Г) SeO_2

6. **Яку густину за аргоном має еквімолярна суміш CO_2 та ксенону?**
   А) 4,38
   Б) 1,10
   В) 2,19
   Г) 2,00

7. **Яку густину (г/л) за стандартних умов (25 °С, 1 бар) має суміш, що містить 12% кисню та 88% азоту за об'ємом?**
   А) 1,10
   Б) 1,15
   В) 1
   Г) 1170

8. **Визначте нуклід, у ході β^+-розпаду якого утворюється нуклід ^{118}I:**
   А) ^{118}Te
   Б) ^{122}Xe
   В) ^{118}Xe
   Г) ^{118}I

9. **Якому виду радіоактивного розпаду відповідає схема $^{N}_{Z}A \rightarrow {}^{N-4}_{Z-2}A + {}^{4}_{2}He$:**
   А) альфа-розпад
   Б) β^--розпад
   В) К-захоплення
   Г) β^+-розпад

10. **В якій реакції Сульфур одночасно виступає окисником і відновником?**
    А) $S + O_2 \rightarrow SO_2$
    Б) $H_2S + Cl_2 \rightarrow S + HCl$
    В) $SO_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_3$
    Г) $Na_2S_2O_3 + HCl \rightarrow S + SO_2 + NaCl + H_2O$

11. **Чому дорівнює сума коефіцієнтів для наступного рівняння реакції**
    $CuFeS_2 + HNO_3 \rightarrow Fe(NO_3)_3 + Cu(NO_3)_2 + H_2SO_4 + NO_2 + H_2O$:
    А) 50
    Б) 51
    В) 52
    Г) 53

12. **Вкажіть основність фосфатної кислоти у водному розчині?**
    А) Одноосновна
    Б) Двоосновна
    В) Трьохосновна
    Г) Чотирьохосновна

13. **Оберіть основний продукт реакції спалювання натрію ($Na + O_2$)**
    А) Na_2O
    Б) Na_2O_2
    В) NaO_2
    Г) NaO_3

14. **Складові якої з сумішей можна розрізнити за допомогою розчину $AgNO_3$:**
    А) $NaNO_3$, KI, Na_3PO_4
    Б) KNO_3, KCl, Li_2S
    В) $CsNO_3$, HNO_3, HCl
    Г) $NaNO_3$, KNO_3, H_2SO_4

15. **Яка з речовин є якісним реагентом на йон S^{2-}**
    А) $Pb(NO_3)_2$
    Б) KCl
    В) $BaCl_2$
    Г) Na_2CO_3

16. При змішування 0,1М розчину сульфатної кислоти об'ємом 50 мл з 25 мл 0,5М розчину сульфатної кислоти і подальшого розведення отриманого розчину у 5 разів утворюється розчин із концентрацією:
А) 0,0467М
Б) 0,233М
В) 0,003М
Г) 0,1М

17. 42,5 г $NaNO_3$ розчинили у воді та довели об'єм розчину до 250 мл. Після упарювання об'єм розчину зменшився на 20%. (Густина початкового й кінцевого розчинів дорівнює 1,00 г/мл). Визначте молярну концентрацію солі та її масову частку в отриманому розчині.
А) 2,50 М; 17,00%
Б) 2,50 М; 21,25%
В) 2,00 М; 17,00%
Г) 2,00 М; 21,25%

18. Початковий розчин KCl мав масову частку солі 5,35% і об'єм 150 мл (густина 1,00 г/мл). До нього додали 100 мл 2М розчину KCl. У скільки разів зміниться молярна концентрація калій хлориду в утвореному розчині?
А) в 2 рази
Б) в 1,715 раза
В) в 1,231 раза
Г) в 1,667 раза

19. $CaCO_3 \cdot 2H_2O$ прожарили до сухого залишку. До залишку додали надлишок розчину HCl. Утворилась сіль масою 2,35 г. Яку масу $CaCO_3 \cdot 2H_2O$ прожарювали?
А) 2,88 г
Б) 2,35 г
В) 2,12 г
Г) 3,06 г

20. Який об'єм газу (н.у.) утвориться при розчиненні 10 г $CaCO_3 \cdot 2H_2O$ в 100 мл 10% розчину HCl (густина розчину 1,00 г/мл)?
А) 1,65 л
Б) 1,84 л
В) 2,24 л
Г) 3,29 л

21. Що відбувається при розчинення міді в концентрованій нітратній кислоті?
А) Утворюються водень та розчин двох солей
Б) Утворюються суміш оксидів нітрогену, розчин солі та осад металу
В) Утворюються суміш оксидів нітрогену, водень та розчин солі
Г) Утворюються суміш оксидів нітрогену та розчин солі

22. Суміш золота (70% за масою) та металічного берилію (30% за масою) масою 25 г прожарюють в атмосфері кисню. Яка маса твердої суміші буде отримана після прожарювання?
А) 13,33 г
Б) 39,75 г
В) 35,17 г

Г) 38,3 г

23. Який з наступних оксидів не є стабільним у суміші з киснем за стандартних умов?
А) H_2O
Б) SO_2
В) NO
Г) CO

24. При розчиненні хлору у воді утворюється:
А) Суміш двох кислот
Б) Суміш кислоти та оксиду
В) Розчин сильної кислоти
Г) Суміш кислоти та солі

25. Бром має два стабільні ізотопи, які знаходяться в розподілі 50,4% до 49,6%. Які це ізотопи?
А) ^{80}Br, ^{81}Br
Б) ^{79}Br, ^{81}Br
В) ^{79}Br, ^{80}Br
Г) ^{78}Br, ^{81}Br

26. Після кількісного проходження реакції азоту з воднем утворюється газ, що за певних умов в закритому реакторі має тиск 15 атм. Який тиск за тих самих умов мала суміш реагентів?
А) 15 атм
Б) 30 атм
В) 22,5 атм
Г) 60 атм

27. Який об'єм повітряної кулі, що надута газом, який утворився в ході реакції 50 г металічного скандію з надлишком концентрованої хлоридної кислоти за стандартних умов?
А) 37,36 л
Б) 40,80 л
В) 41,35 л
Г) 24,79 л

28. Яке твердження найбільш правильно описує кристалогідрат?
А) Це суміш солі та води
Б) Це розчин солі у воді
В) Це хімічна сполука, що містить молекули води у кристалічній ґратці
Г) Це волога сіль

29. Кобальт(II) хлорид існує у вигляді двох форм: безводний $CoCl_2$ – синього кольору та кристалогідрат $CoCl_2 \cdot 6H_2O$ – рожевого кольору. Яке пояснення найбільш правильно описує причину зміни кольору під час гідратації?
А) Вода утворює механічну суміш із сіллю, що змінює відбиття світла
Б) Молекули води змінюють координаційне оточення йона Co^{2+}, що змінює спектр поглинання світла
В) Вода вступає в хімічну реакцію з сіллю з утворенням нової сполуки
Г) Вода змінює розмір і будову кристалів, унаслідок чого змінюється відбиття світла

30. Щавлева кислота $H_2C_2O_4$ окиснюється калій перманганатом з утворенням вуглекислого газу. Калій перманганат масою 30 г прореагував з 1,00 л 5% розчину щавлевої кислоти (густина розчину 1 кг/л). Який із наведених варіантів правильно описує отриманий розчин?
А) Темно-фіолетовий розчин
Б) Безбарвний розчин і чорний осад
В) Безбарвний розчин, що містить кислоту та розчинені солі
Г) Безбарвний розчин, що містить кислоту, розчинені солі та чорний осад

Завдання 8.2. Тести другого рівня

Оцініть правильність наведених тверджень (T/F).

1. У Телуру існують три основних хлориди: $TeCl_4$, $TeCl_2$ та Te_2Cl_2. Такий самий набір хлоридів має і Сульфур.

$TeCl_4$ має тетраедричну структуру	
$TeCl_4$ є менш стабільним ніж SCl_4	
$TeCl_4$ є більш стабільним ніж TeF_4	
Один із хлоридів має гібридизацію центрального атома sp^3d^2	
$TeCl_4$ містить атом із гібридизацією sp^3d	
Te_2Cl_2 не містить зв'язків Te-Te	

2. Синтез-газ — надзвичайно важлива суміш для різних індустрій, особливо для синтезу амоніаку. Часто його одержують у процесі парової конверсії метану (CH_4) в реакції з водяною парою. У цьому випадку суміш продуктів складається лише з CO та H_2.

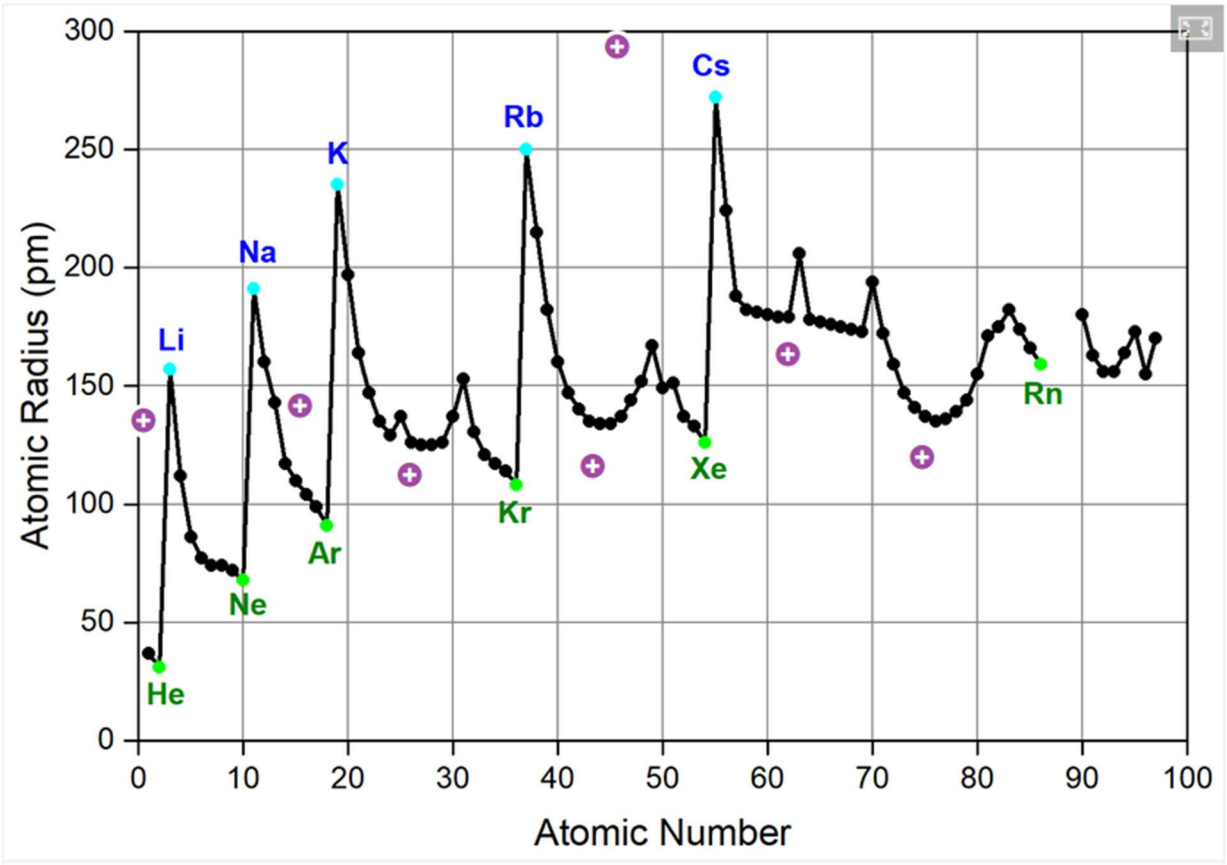
Масова частка водню в утвореній суміші за повної конверсії менше 20,0%	
Масова частка водню в утвореній суміші за повної конверсії більше 10,0%	
Синтез-газ легший за повітря	
Синтез-газ повністю прореагує з азотом у процесі синтезу амоніаку	
Суміш продуктів після кількісної реакції з азотом матиме відносну густину за азотом 2	
1 т синтез газу за тиску 10 атм та температури 298 К матиме об'єм, більший за 250 $м^3$	

3. Твердження щодо наведеного радіоактивного розкладу:
$X \rightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}He$:

Рівняння описує альфа-розпад	
В процесі утворюються заряджена частинка	
Материнським нуклідом **X** є $^{238}_{92}U$	
Активність зразка X не залежить від його кількості	
Описана реакція радіоактивного розкладу відбувається не спонтанно, а потребує зовнішніх факторів	
Енергію радіоактивного розпаду можна можна обчислити за дефектом мас	

4. Під час реакції калій перманганату з калій нітритом Манган переходить у стан Mn^{2+}.

Реакція відбувається у лужному середовищі	
Продукти взаємодії нітриту та перманганату не залежать від pH розчину	
Усі продукти реакції є розчинними у воді	
Одним із продуктів реакції є газоподібний азот	



Ступінь окиснення Мангану зменшується на 5	
Нітрит-аніон виступає відновником у цій реакції	

5. Нижче наведено діаграму залежності атомного радіусу від атомного номера елементів.

Атомний радіус лужних металів зростає зі збільшенням атомного номера	
В ряду перехідних металів (Ti–Cu) радіус змінюється монотонно	
Атом цезію має найбільший радіус серед наведених елементів	
Атомний радіус неметалів зростає зі збільшенням атомного номера	
Атомний радіус інертного газу є найменшим у періоді	
Атомний радіус металів зростає зі збільшенням атомного номера	

6. Нижче наведено густини металів та їхні енергії йонізації.

Метал	Li	Na	K	Rb	Cs
Густина (г/см^3)	0,54	0,97	0,86	1,53	1,88
Енергія йонізації (кДж/моль)	520	496	419	403	376

Густина металу зростає зі збільшенням атомного номера лужного металу	
Літій плаває на поверхні води (до реакції)	

Калій плаває на поверхні води (до реакції)	
Енергія йонізації зменшується зі збільшенням атомного номеру лужного металу	
Цезій є найсильнішим відновником відповідно до енергії йонізації	
Літій є найсильнішим відновником відповідно до енергії йонізації	

7. Які з наведених тверджень стосуються методу гравіметрії?

У деяких гравіметричних методах аналізу речовину, яку визначають, переводять у малорозчинну сполуку відомого складу; утворений осад відфільтровують і зважують	
Осад у гравіметричному аналізі повинен бути добре розчинним у воді, щоб швидко відфільтровуватися	
Для точних результатів осад промивають для видалення домішок і сторонніх йонів	
Метод гравіметрії ґрунтується на вимірюванні об'єму виділеного газу	
Концентрацію йонів феруму в розчині можна визначити гравіметричним методом	
Концентрацію аргону в повітрі можна визначити гравіметричним методом	

8. Розчинність — це здатність речовини утворювати з іншим компонентом (розчинником) гомогенні (однорідні) системи.

Розчинення речовини завжди супроводжується зростанням температури	
Розчинність – інтенсивна величина	
Розчинність не може бути від'ємною	
Під час розчиненнґ всі речовини дисоціюють на йони	
Розчинність арґентум(I) хлориду не дорівнює нулю	
Максимальна концентрація речовини А (M = 100 г/моль) у водному розчині дорівнює 3,5 М. Густина розчину за цієї концентрації дорівнює 1 г/мл. Отже, її розчинність становить 35 г на 100 г розчинника.	

9. Реакція $Ba(OH)_2 + H_2SO_4 \rightarrow BaSO_4\downarrow + 2H_2O$ відбувається з утворенням осаду.

Утворюється осад жовтого кольору	
Осад не розчиняється в кислому розчині	
Це окисно-відновний процес	
Після проходження реакції в розчині не залишається йонів барію	
У процесі реакції концентрація йонів барію в розчині зменшується	
За повного перебігу реакції з 5 г 10%-го розчину барій гідроксиду утворюється 68,12 мг осаду	

10. Розгляньте твердження , що стосуються кристалогідратів.

Якщо залишити безводний купрум(II) сульфат у вологому повітрі, він може перетворитися на кристалогідрат.	
Клатрати відрізняються від кристалогідратів типом взаємодії між водою та іншою частиною кристалу	
Процес видалення води з кристалогідрату є фізичним процесом, а не хімічним процесом.	
Після повного зневоднення кристалогідрату кількість речовини солі не змінюється	

Після повного розчинення кристалогідрату у воді молекули кристалізаційної води не відрізняються від інших молекул води в розчині	
Якщо масова частка води у кристалогідраті становить 50%, це не означає, що в ньому міститься 1 моль води на 1 моль солі.	

11. Суміш, що складається з 75% N_2, 20% O_2, 5% CO_2 за об'ємом, розділили на дві рівні частини. Одну з них пропустили над розпеченою мідною решіткою, а іншу барботували крізь 1М розчин KOH об'ємом 50 мл. Маса розчину після поглинання газу становила 52,2 г. Після барботування в газовій суміші залишилося лише дві речовини. Густина розчину дорівнює 1 кг/л.

В утвореній газовій суміші після барботування міститься 20% одного з газів	
Початкова газова суміш за с.у. займає об'єм 24,5 л	
Після пропускання суміші над решіткою, об'ємна частка одного з газів дорівнює 6,25%	
Під час тривалого зберігання в герметичному контейнері тиск зменшуватиметься	
Маса решітки збільшиться на 6,4 г	
Маса газової суміші проущенної крізь розчин KOH дорівнює 29,6 г	

12. 10% амальгама натрію (суміш натрію з ртуттю) масою 100 г утворилася в ході повного електролізу натрій хлориду на ртутному катоді. Після додавання води об'ємом 10 літрів (і вибуху) утворилися розчин і ще одна рідина.

Утворена рідина містить метал	
Утворений розчин не містить металів	
Одним із продуктів електролізу є газ	
Утворився розчин із концентрацією більшою за 50 мМ	
Утворена рідина буде плавати над водою	
Утворений газ здатний реагувати з газоподібним бромом	

13. Кисень здатний реагувати з простими речовинами, утворюючи сполуки, у яких ступінь окиснення Оксигену відрізняється від −2.

Є лише дві стабільні бінарні сполуки Гідрогену й Оксигену	
Барій пероксид реагує з вуглекислим газом з утворенням гідроген пероксиду	
KO_3 неможливо синтезувати з кисню	
KO_2 реагує з водою з виділенням газу	
В усіх пероксидах ступінь окиснення Оксигену однаковий	
Здатність металів до утворення надпероксидів зростає зліва направо в періоді	

14. Твердження щодо властивостей Флуору та його сполук.

F_2 є потужним окисником	
SF_4 та SF_6 є інертними газами	
Флуорид-аніон неможливо окиснити в ході хімічних перетворень (окрім електролізу)	
Для Флуору відомо лише два ступені окиснення	
Флуор і Оксиген утворюють бінарні сполуки	
У сполуці F_2 відсутній π-зв'язок	

15. SiO_2 є малореакційноздатною сполукою, проте деякі її реакції мають важливе індустріальне значення. мають важливе індустріальне значення.

Чистий кремній можливо добути з піску	
Формульна одиниця натрій силікату містить щонайменше 6 атомів	

Пісок реагує з HF з утворенням молекули, що містить 9 атомів	
SiO_2 може бути утворений із SiH_4 та SiF_4; обидві реакції є окисно-відновними	
Силікатна кислота може бути утворена з SiO_2 та води в одну стадію	
Кварц та пісок мають однаковий якісний склад	

II тур

Завдання 8.1. Елемент енергозбереження

Автор: Микита Іваниця

В умовах суттєвого обмеження електропостачання павербанки та батареї стали незамінними щоденними супутниками ледь не кожного українця. Проте роботу й виробництво більшості сучасних батарей неможливо уявити без використання сполук елемента **X**. Так, ключову роль у накопиченні електричної енергії в сучасних акумуляторах і зарядних станціях відіграють сполуки **A** і **B**, які містять відповідно 4,40 % та 7,09 % металу **X**.

Проста речовина **X** є дуже реакційноздатним металом, який може реагувати навіть з азотом повітря. У результаті реакції **X** з N_2 (реакція I) утворюється єдина сполука **C**, а маса сухого залишку на 67,3% більша за масу початкового металу **X**.

X також взаємодіє з водою з утворенням речовини **D**, що добре дисоціює у воді, і газу **E** – простої речовини (реакція II). Речовина **D** у водному розчині виявляє основні властивості: зокрема, при реакції **D** з HCl утворюється розчин сполуки **F** (реакція III)**,** а при пропусканні надлишку CO_2 через розчин утворюється малорозчинна у воді сполука **G** (реакція IV), яка і є вихідною сполукою для одержання **A** та **B**.

1.1. **Визначте** елемент **X**

1.2. **Визначте** сполуки **C**-**G**

1.3. **Запишіть** рівняння реакцій I-IV

Для одержання електрохімічно важливих сполук **A** і **B** використовуються такі реакції (наведено схеми реакцій):

(V) **G** + $FePO_4$ + C (вугілля) → **A** + H_2O + CO + CO_2 (750°C)

(VI) **G** + Co_3O_4 + O_2 → **B** + CO_2 (750°C)

Кобальт у сполуці B входить до складу аніона і має ступінь окиснення +3.

1.4. **Запишіть** брутто формулу сполук **A** і **B**.

1.5. **Визначте** окисник і відновник у кожній з реакції (V і VI).

1.6. **Вкажіть** ступені окиснення всіх елементів в сполуках **A**, **B** та Co_3O_4.

Завдання 8.2. Базові елементи

Автор: Антон Ганопольський

Дві сполуки – H_3XO_3 та H_3YO_3 – утворені елементами **X** та **Y.** Сполука H_3XO_3 може бути добута в реакції 1 г газу X_2H_6 з водою з виділенням 4,8 л водню (за н.у.). Тверда речовина YH_3 також реагує з водою з утворенням водню. З 1 г YH_3 при цьому утворюється 2.6 г H_3YO_3.

2.1. **Визначте** елементи **X** та **Y.**

2.2. **Напишіть** такі рівняння реакцій (якщо реакція не відбувається – напишіть «не реагує»)

$\mathbf{X_2H_6}$ з водою	
$\mathbf{YH_3}$ з водою	
H_3XO_3 з HCl	
H_3XO_3 з NaOH	
H_3YO_3 з HCl	
H_3YO_3 з NaOH	

Елемент **Y** часто міститься в рудах у складі H_3YO_3**;** з них його очищають у процесі Байєра. Після обробки лугом руд, що містять H_3YO_3, утворюється розчинна у воді сполука **A**. 3% (за масою) розчин **A** має молярну концентрацію 0,254 М.
Далі в процесі очищення **Y** розчин **A** вводять у реакцію з $\mathbf{CO_2}$, унаслідок чого осаджується H_3YO_3, який при 1200°С розкладається з утворенням оксиду **B**. Оксид **B** є дуже стабільним, тому його прямий електроліз з утворенням **Y** є неможливим в індустріальних умовах.
Оксид В розчиняють в розплаві **Y**-вмісної сполуки **C** з масовою часткою Флуору 54,32 % при 900°С та електролізують з утворенням чистого **Y**.

2.3. **Визначте** сполуку **C.**

2.4. **Визначте** сполуки **A** і **B**

2.5. **Напишіть** рівняння реакції утворення оксиду **B**, що відбувається в процесі Байєра.

З руди масою 3,5 т було виділено 1 т **Y.** Припустимо, що всі реакції проходять кількісно (з виходом 100%).
2.6. **Визначте** масову частку домішок у руді.

Задача 3. Similis simili Gaudet

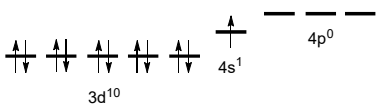
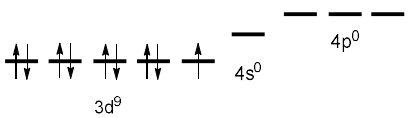
Автор: Микита Іваниця

«Подібне радіє подібному»
- Цицерон

Для розуміння напряму хімічних реакцій в неорганічній хімії дуже корисною є **теорія жорстких і м'яких кислот та основ Льюіса і Пірсона**. Проте фундаментом цієї теорії є відмінне від традиційного визначення понять «кислота» і «основа». Уявіть, що:

кислота - це частинка, яка в процесі реакції приймає пару електронів (має вільні орбіталі),
основа - це частинка, яка є донором електронної пари в реакції (має неподілену пару електронів)

3.1.Для атомів **Li, Hg, Zn, F, I** та відповідних іонів **запишіть** електронні конфігурації.

Елемент	Електронна конфігурація	Частинка	Електронна конфігурація
Cu (приклад)		Cu^{2+}	
Li		Li^+	
F		F^-	

Zn		Zn^{2+}	
I		I^-	
Hg		Hg^{2+}	

3.2.Для багатоатомних частинок BH_3, OH^-, CO, SO_4^{2-} **наведіть** структури Льюіса:

H_2O (приклад)	BH_3	OH^-	CO	SO_4^{2-}
				

3.3.**Оберіть** з наведеного переліку кислоти та основи Льюіса, використовуючи наведені визначення:

Li^+, F^-, Al^{3+}, S^{2-}, Zn^{2+}, Hg^{2+}, Ag^+, I^-, BH_3, OH^-, CO, SO_4^{2-}

Кислоти Льюіса	**Основи Льюіса**

Кожна частинка має певний радіус та заряд, що за теорією Пірсона характеризує її як м'яку або жорстку кислоту/основу Льюїса.

М'яка кислота/основа має великий йонний (або атомний) радіус і низький заряд, тобто низьку густину заряду.

Жорстка кислота/основа має малий радіус і високий заряд, тобто високу густину заряду.

Згідно з теорією Пірсона, **жорсткі кислоти** утворюють міцніші зв'язки з **жорсткими основами**, тоді як **м'які кислоти** утворюють міцніші зв'язки з **м'якими основами**.

3.4.**Розташуйте** знаки «<» та «>» для встановлення порядку зміни радіусу в рядах:

$Na^+ > Mg^{2+} > Al^{3+}$(приклад)	
Cu^+ Ag^+ Au^+	N^{3-} O^{2-} F^-
Co^+ Co^{2+} Co^{3+}	Cl^- Br^- I^-
Cr^{2+} Fe^{2+} Cu^{2+}	Cl^- Ar K^+

3.5.На основі періодичних закономірностей зміни радіусів частинок та їх зарядів **визначте**, до якої категорії належать наведені частинки:

Li^+, F^-, Al^{3+}, S^{2-}, Hg^{2+}, Ag^+, I^-, OH^-, CO, SO_4^{2-}

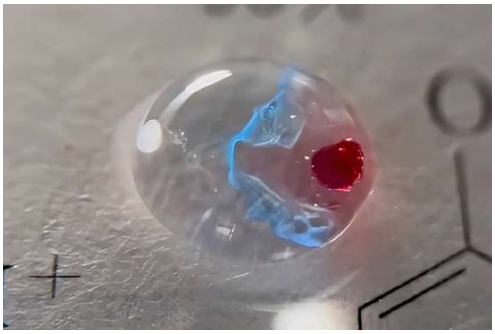
Жорсткі кислоти	**Жорсткі основи**
М'які кислоти	**М'які основи**

3.6.Користуючись **теорією жорстких та м'яких кислот Льюіса та Пірсона**, **визначте**, у який бік буде зміщена рівновага в наведених реакціях – в бік продуктів чи реагентів?

Реакції:	Рівновага зміщена в бік…
$BaS + SO_4^{2-} \rightarrow BaSO_4 + S^{2-}$(приклад)	Продуктів реакції
$Ag^+ + LiI \rightarrow AgI + Li^+$	
$HF + I^- \rightarrow F^- + HI$	
$BH_3 + CO \rightarrow BH_3CO$	
$ZnF_2 + I^- \rightarrow ZnI_2 + F^-$	
$HgI_2 + 2F^- \rightarrow HgF_2 + 2\ I^-$	
$HgS + 2SO_4^{2-} \rightarrow HgSO_4 + S^{2-}$	
$AlI_3 + 3OH^- \rightarrow Al(OH)_3 + 3I^-$	

Задача 4. Куди ж без неї…

Автор: Андрій Сімонов



У старій університетській лабораторії, де на полицях стояли потемнілі від часу реактиви, а повітря зберігало запах розчинників, юний першокурсник отримав своє перше лабораторне завдання. Йому передали скляну банку з рожевими кристалами $CoSO_4 \cdot 7H_2O$, що містять нерозчинні домішки, тому потребують очищення.

Його наставник пояснив, що одним із найефективніших способів очищення твердих речовин є перекристалізація – процес, який ґрунтується на різній розчинності речовини за різних температур. У довіднику вони знайшли, що розчиність безводної солі кобальт(II) сульфату в воді становить 36,3 г/100 г води за температури +20°C і 49,3 г/100 г води за температури +80°C.

4.1. **Розрахуйте** масу води, яку потрібно взяти, щоб при розчиненні 628 г кристалогідрату отримати насичений розчин за +80°C

4.2. **Розрахуйте** масу кристалогідрату, що випаде в осад після охолодження розчину до +20°C

4.3. **Розрахуйте** молярну концентрацію, моляльну концентрацію та масову частку $CoSO_4$ в охолодженому до +20°C розчині. Вважайте, що густина розчину ρ = 1,30 г/ мл

4.4. **Розрахуйте** вихід перекристалізації

4.5. Якщо вважати, що цю речовину можна очистити після 5 перекристалізацій, **розрахуйте,** яку масу кристалогідрату буде одержано наприкінці.

Задача 5. Серія експериментів з E

Автор: Владислав Омелянчук

Ви – хімік-лаборант, який бере участь у розробці періодичної системи. Щоб перевірити ваш професіоналізм, керівник доручив вам провести низку дослідів з елементом **E**. Ваше завдання – пройти це випробування та стати гідним учнем свого вчителя.
Перший дослід полягав у повному відновленні оксиду елемента **E** масою 10,2 г. Після відновлення воднем ви зважили сухий залишок і одержали 7,08 г продукту.

5.1. **Знайдіть** масу Оксигену в оксиді, визначте найпростішу формулу оксиду та встановіть елемент **E**. Зверніть увагу, що оксид **E** білого кольору.

У другому експерименті 2,70 г оксиду елемента **E** розчинили у хлоридній кислоті унаслідок чого одержали летку хлоровмісну рідину **A** об'ємом 2.94 мл (за н.у. густина дорівнює 1,88 г/см^3), що містить **E**. Під час реакції речовини **A** за високої температури з простою речовиною **E** утворюється 7,44 г бінарної сполуки **B**.

5.2 **Встановіть** формулу хлориду **A** та продукту **B**, **підтвердіть** математичними розрахунками.

Далі Вам необхідно порівняти елемент **E** з двома його найближчими сусідами у відповідному періоді.

5.3. **Розташуйте** ці елементи за зростанням радіуса атома.

5.4. Як **змінюється** потенціал йонізації (з утворенням катіону) в цьому ряді? Розташуйте ці елементи в порядку зростання потенціалу.

5.5. **Запишіть** електронну конфігурацію атому E та вкажіть яку конфігурацію має його йон +4.

Ви пройшли випробування Вашого вчителя і стали вправним хіміком. З роками ви змогли отримати ізотоп елементу ^{73}**E**, для якого характерне К-захоплення, з періодом напіврозпаду 271 день.

К-захоплення – це захоплення ядром атома електрону з найближчого до ядра енергетичного рівня.

Наприклад $^{64}_{29}Cu + ^{0}_{-1}e \rightarrow ^{64}_{28}Ni$

5.6. Ви спостерігали за зразком протягом 1084 днів, маючи на початку 146 г цього ізотопу. **Знайдіть** кількість ядер, що залишилися та зміну активності джерела.

5.7.**Напишіть** у який елемент переходить елемент **E** при К-захопленні?

Задача 6. Процес

Автор: Олег Комарницький

Сульфатна кислота відома людству вже понад тисячу років: ще середньовічні алхіміки називали її «купоросною олією» та вважали однією з найтаємничіших речовин. Проте справжній прорив у її використанні відбувся під час промислової революції, коли стало зрозуміло, що без неї неможливе масове виробництво добрив, металів і багатьох хімічних продуктів. Цікавий факт: у XIX столітті кількість виробленої сульфатної кислоти прямо пов'язували з економічною могутністю держави.

Сьогодні сульфатну кислоту широко використовують у побуті та промисловості. Вона міститься в автомобільних акумуляторах, застосовується у виробництві мийних засобів, пластмас і лікарських препаратів. Хоча ця речовина є дуже їдкою й небезпечною, сучасні технології дають змогу безпечно й ефективно отримувати її у великих масштабах.

Процес виробництва сульфатної кислоти можна описати такими стадіями:

(I) Пірит (FeS_2) спалюють до сполуки, що містить Ферум у ступені окиснення +3, та трьохатомного газу;

(II) утворений газ каталітично окиснюють до бінарної сполуки;

(III) утворену на стадії (II) бінарну сполуку поглинають сульфатною кислотою з утворенням олеуму;

(IV) олеум розбавляють водою до потрібної концентрації

6.1. Напишіть рівняння реакцій, що описують процеси (I), (II) та (IV)

На стадії (II) утворюється газоподібний продукт за умов реакції. 2,5 літри вихідної газової суміші, що містить 10% домішок за об'ємом, прореагували в гнучкому контейнері, який розширюється в ході процесу.

6.2. **Розрахуйте,** у скільки разів зміниться об'єм суміші після проходження реакції, якщо співвідношення об'ємів кисню до іншого реагенту дорівнює 4:1. Врахуйте, що 10% об'єму займають домішки, та **підтвердьте** відповідь розрахунками

6.3. **Розрахуйте** тиск газової суміші продуктів після завершення реакції (II) в посудині об'ємом 2 л та за температури **673**K, якщо в посудині міститься 0.05 моль речовин (як продуктів, так і реагентів).

У ході процесу (III) утворюється розчин сполуки **A** в сульфатній кислоті (олеум). 70% сульфатна кислота здатна реагувати зі сполукою **A** з утворенням 20% олеуму (20% розчин **A** в сульфатній кислоті).

6.4. **Визначте** сполуку **A**

6.5. **Яка маса продукту реакції (II)** необхідна для отримання 1 т 20% олеуму з відповідної кількості 96% сульфатної кислоти?

6.6. **Який об'єм** 70% сульфатної кислоти (густина дорівнює 1,52 кг/л) можна отримати з 1 т 20% олеуму в ході процесу (IV)?

Практичний тур

Завдання 1. Синтез комплексної сполуки «Феріоксалат калію»

Автор: Ляпунов Олександр

Синтез, як органічний, так і неорганічний, є своєрідним і складним мистецтвом, яке потребує певних навичок та зусиль. Але задоволення, яке ви отримаєте, тримаючи у руках готовий продукт, того варте. «Феріоксалат калію» або калій триоксалатоферат(III) тригідрат саме така речовина. Він легко утворюється; чудово розчиняється в гарячій воді та майже нерозчинний у холодній; кристалізується настільки великими кристалами, що можна обійтися без фільтрування. А ще він має дивовижний колір! Ви будете синтезувати його в водному розчині за наступною реакцією:

$$3K^+ + 3C_2O_4^{2-} + Fe^{3+} + 3H_2O \rightarrow K_3[Fe(C_2O_4)_3]\cdot 3H_2O\downarrow$$

Всі необхідні реактиви знаходяться на робочому місці. Ваша задача – отримати продукт та очистити його перекристалізацією.

LX Всеукраїнська олімпіада з хімії, 3-й етап

Реактиви на робочому місці

Назва	Стан	Концентрація	Кількість	Маркування
Ферум(III) хлорид	Водний розчин	0,4 г/мл	5 мл	$FeCl_3$
Калій оксалат моногідрат	Тверда речовина	Чиста речовина	6 г	$K_2C_2O_4 \cdot H_2O$

Перелік обладнання та посуду на робочому місці

1. Скляна паличка – 1 од.
2. Піпетка з поділками на 10 мл – 1 од.
3. Піпетка з поділками на 5 мл – 1 од.
4. Груша гумова – 1 од.
5. Промивалка з дистильованою водою – 1 од.
6. Шпатель – 1 од.
7. Баня для охолоджувальної суміші – 1 од.
8. Стакан на 50 мл – 2 од.
9. Фольга (90×90 мм) – 2 од.
10. Паперовий фільтр – 2 од.
11. Паперові серветки – 3 од.
12. Чашка Петрі – 1 од.

Перелік обладнання загального користування (*за потреби зверніться до спостерігача*)

1. Ваги
2. Сушильна шафа
3. Баня для нагрівання
4. Маркери
5. Паперові серветки

Хід роботи

Стадія 1. Синтез

1. Віала на робочому місці з написом «$K_2C_2O_4 \cdot H_2O$» містить наважку калій оксалату моногідрату 6 г. Перенесіть її вміст у стакан на 50 мл.
2. Відміряйте 10 мл дистильованої води за допомогою піпетки з поділками на 10 мл та додайте її у віалу з залишками солі. Закрийте віалу кришкою та кілька разів струсіть її вміст до розчинення залишків солі. Перелийте розчин у стакан з калій оксалатом.
3. Помістіть стакан з оксалатом у гарячу водяну баню та періодично перемішуйте його вміст скляною паличкою до **повного** розчинення твердої фази.
4. Після розчинення перенесіть стакан на своє робоче місце. Швидко відміряйте 4 мл розчину ферум(III) хлориду піпеткою з поділками на 5 мл і додайте до розчину калій оксалату.
5. Ретельно перемішайте вміст стакану скляною паличкою, закрийте фольгою. Запитайте лід у спостерігача та заповніть баню сумішшю льоду з водою (~2:1). Залиште стакан з реакційною сумішшю в цій бані на 20 хвилин. У випадку відсутності осаду потріть стінки стакана скляною паличкою до початку кристалізації та залиште стакан у бані ще на 15 хвилин. Рівень

охолоджувальної суміші має бути не нижчим за рівень рідини у стакані. **За цей час ви можете виконувати завдання №2.**

6. Підпишіть чашку Петрі своїм кодом робочого місця, зважте її та запишіть масу у Таблицю 1.
7. Через 20 хвилин витягніть стакан з бані, протріть серветкою, та обережно декантуйте (злийте) маточний розчин з осаду у порожній стакан на 50 мл.
8. Відміряйте 10 мл дистильованої води за допомогою піпетки з поділками на 10 мл та додайте її у стакан з осадом продукту.
9. Помістіть стакан у гарячу водяну баню та при постійному перемішуванні скляною паличкою дочекайтеся повного розчинення осаду.
10. Витягніть стакан з бані, закрийте фольгою та опустіть його у баню зі свіжою охолоджувальною сумішшю льоду з водою (~2:1) на 25 хвилин. Рівень охолоджувальної суміші має бути не нижчим за рівень рідини у стакані. **За цей час можете виконувати завдання №2.**
11. Через 25 хвилин витягніть стакан з бані та обережно декантуйте маточний розчин з осаду у стакан на 50 мл з попереднім маточним розчином.
12. Складіть 3 паперові серветки стопкою та покладіть зверху паперовий фільтр. Максимально повно перенесіть осад за допомогою шпателя зі стакана на фільтр. Накрийте другим фільтром. Зачекайте 5 хвилин поки залишки маточного розчину вберуться у папір.
13. Обережно перенесіть осад з фільтру у чашку Петрі та зважте разом з продуктом. Залиште чашку Петрі з продуктом на своєму робочому місці.
14. Заповніть Таблицю 1 та розрахуйте вихід.

Таблиця 1

Параметр	**Значення**
Маса чашки Петрі, (г)	
Маса чашки Петрі з продуктом, (г)	
Маса продукту, (г)	
Вихід, (%)	

Завдання 2. Якісний аналіз

Автор: Ляпунов Олександр

Визначення неорганічних речовин за допомогою якісних реакцій – це важлива навичка для кожного хіміка. Проте реактиви для проведення цих реакцій не завжди доступні. Але часто ми можемо використати самі розчини невідомих речовин для визначення!

Обладнання на робочому місці

1. Штатив для пробірок пластиковий – 1 шт.
2. Пробірка скляна – 10 шт.
3. Піпетка Пастера пластикова – 6 шт.

Реактиви на робочому місці

1. $BaCl_2$ (розчин) – 15 мл
2. Na_2CO_3 (розчин) – 15 мл
4. $AgNO_3$ (розчин) – 15 мл
5. $Ca(NO_3)_2$ (розчин) – 15 мл

3. Na_3PO_4 (розчин) – 15 мл
6. HCl (розчин) – 15 мл

Перелік обладнання загального користування (*за потреби зверніться до спостерігача*)

Маркери

У 6 пронумерованих пробірках містяться водні розчини таких речовин: $BaCl_2$, Na_2CO_3, Na_3PO_4, $AgNO_3$, $Ca(NO_3)_2$, HCl з концентрацією 0,1 моль/л. Не використовуючи інших реактивів, визначте, де знаходиться кожна з речовин. Проведіть відповідні досліди шляхом попарного змішування розчинів: до чистої пробірки додайте піпеткою Пастера ~0,5 мл одного розчину, потім ~0,5 мл іншого розчину (іншою піпеткою Пастера). Запишіть спостереження (номер в таблиці відповідає номеру пробірки). Використовуйте наступні позначення:

–	Немає видимих змін
↓	Випадає осад (вкажіть колір)
↑	Виділяється газ

	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
1						
2						
3						
4						
5						
6						

1. Співвіднесіть номери пробірок з реагентами в них.

Речовина	**$BaCl_2$**	**Na_2CO_3**	**Na_3PO_4**	**$AgNO_3$**	**$Ca(NO_3)_2$**	**HCl**
Пробірка						

2. Запишіть *рівняння реакцій* взаємодій, які є необхідними для визначення речовин: рівняння, та *2 номери пробірок*, де містяться речовини, між якими ця реакція відбувалась.

LX Всеукраїнська олімпіада з хімії, 3-й етап

9 клас
І тур

Завдання 9.1. Відчуваєш сссилу?

Автор: Єва Шевченко

Новий елемент виявили в мінералі, знайденому у 1764 р. у свинцевому руднику поблизу шотландського села, яке згодом дало назву новому елементу. Присутність у цьому мінералі оксиду нового металу було встановлено майже через 30 років, у 1790 р., Адером Кроуфордом і Вільямом Крюйкшенком.

Описаний метал відноситься до групи лужно-земельних. Юний хімік аналізував суміш, що складається з металу **X** та його карбонату (масова частка елемента **X** у суміші становить 84%). Після розчинення 25,0 г суміші у хлоридній кислоті об'єм газу, що виділився, становив 5,38 л за н.у.

1.1. **Встановіть** метал **X**, **наведіть** відповідні рівняння реакцій

1.2. **Обчисліть** масові частки компонентів суміші.

1.3. **Визначте** об'єм 37% хлоридної кислоти (густина становить 1,19 г/мл), що необхідний для реакції з 25,0 г наведеної суміші.

Сам метал **X** виділено в чистому вигляді серoм Гемфрі Деві у 1808 р. за допомогою електролізу розплаву гідроксиду цього елемента.

1.4. **Напишіть** рівняння електролізу гідроксиду металу **X**. **Запропонуйте** інший метод отримання чистого металу, **наведіть** рівняння реакції.

Завдання 9.2. Метод Мора

Автор: Маркіян Слоцький

Хімік Богдан, готуючись до олімпіади з хімії, вирішив розв'язати кілька практичних олімпіадних задач. Однією з них було кількісне визначення хлорид-іонів методом осаджувального титрування. Для цього Богдан поцупив у своєї викладачки 0,10 М розчин арґентум нітрату та провів три титрування 10,0 мл розчину натрій хлориду невідомої концентрації, додаючи до нього декілька крапель розчину натрій хромату як індикатора. Середній об'єм розчину арґентум нітрату, витрачений на титрування, становив 10,7 мл.

2.1. **Розрахуйте** концентрацію розчину натрій хлориду.

2.2. **Розрахуйте** масову частку солі у розчині, якщо густина розчину 1,003 г/мл.

2.3. **Напишіть** рівняння реакцій, які відбуваються при титруванні та при взаємодії титранту з індикатором.

2.4. **Поясніть**, чому спочатку осаджується AgCl, а вже після нього Ag_2CrO_4.
$K_S(Ag_2CrO_4) = 1{,}3\cdot10^{-12}$, $K_S(AgCl) = 1{,}8\cdot10^{-10}$.

2.5. **Напишіть** електронну конфігурацію останнього енергетичного рівня Ag.

2.6. **Позначте**, які з наведених тверджень про титрування методом Мора є правильними, а які — хибними.

Концентрація індикатора не є важливою при титруванні хлорид-іонів.	Так	Ні
Як індикатор замість K_2CrO_4 можна використати KI ($K_S(AgI) = 8{,}5\cdot10^{-17}$)	Так	Ні
Методом Мора можна відтитрувати йони CO_3^{2-} ($K_S(Ag_2CO_3) = 8{,}1\cdot10^{-12}$), використовуючи індикатор K_2CrO_4.	Так	Ні
Титрування цим методом не можна проводити у кислому середовищі, оскільки хромат-іон перетворюється на дихромат-іон.	Так	Ні

2.7. **Позначте** йони, присутність яких в розчині не заважає визначенню хлорид-іонів за методом Мора. *Оберіть до п'яти відповідей.*

☐ Br^-

☐ Na^+

☐ I^-

☐ Ni^{2+}

☐ Pb^{2+}

☐ Al^{3+}

☐ PO_4^{3-}

☐ NO_3^-

☐ SO_4^{2-}

☐ Hg^{2+}

Завдання 9.3. Кремонські скрипки

Автор: Сергій Пунін



Усі ми чули про найдорожчі у світі скрипки, створені **Антоніо Страдіварі** наприкінці XVII — на початку XVIII століття в італійському місті **Кремона**. Ці інструменти вирізняються унікальним, неповторним звучанням і збереглися в чудовому стані, що дозволяє продавати їх на аукціонах за десятки мільйонів доларів.

Прагнучи розкрити секрет довговічності та особливих акустичних властивостей кремонських скрипок, дослідники проаналізували хімічний склад лаків і деревини та дійшли висновку, що майстри приділяли значну увагу попередній обробці деревини, просочуючи її розчинами неорганічних речовин, доступних на той час.

Спираючись на отримані результати, дослідники припускають, що Страдіварі застосовував для обробки інструментів розчини натрій хлориду та поташу.

3.1. **Обчисліть** масу води, яку потрібно додати до 300 г натрій хлориду для отримання розчину з масовою часткою солі 10%.

М'яка лужна обробка із застосуванням поташу (K_2CO_3) дозволяла видалити органічні речовини – смоляні кислоти, таніни, цукри, олії тощо, – що запобігало знебарвленню та біологічній деградації деревини.

3.2. **Запишіть** *скорочене йонне* рівняння, яке пояснює, чому розчин поташу має лужне середовище.

3.3. **Обчисліть** pH 0,1M розчину K_2CO_3. $K_{a2}(H_2CO_3) = 4{,}7\cdot10^{-11}$, $K_w = 10^{-14}$.

Хоча Антоніо Страдіварі є найвідомішим майстром Кремони, він був не єдиним видатним скрипковим майстром. Дослідження інструментів, виготовлених **Андреа Гварнері**, показали підвищений вміст алюмінію та ще одного елемента — **E**. Імовірно, для обробки деревини використовували алюмінієві галуни — кристалогідрати подвійних сульфатів із загальною формулою $\mathbf{E}Al(SO_4)_2\cdot12H_2O$.

3.4. **Встановіть** елемент **E**, якщо при нагріванні відповідного галуну він втрачає 45,58% маси.

Учителем Гварнері та Страдіварі був ще один відомий майстер Кремони — **Ніколо Аматі**. Дослідження його інструментів показали аномально високий вміст бору. Найімовірніше, під час обробки деревини він використовував буру ($Na_2B_4O_7\cdot10H_2O$), відому людству ще з часів Стародавнього Єгипту.

3.5. Для очищення бури чудово підходить метод перекристалізації. **Обчисліть,** яка маса кристалогідрату $Na_2B_4O_7\cdot10H_2O$ випаде в осад при охолодженні 500 г 35% розчину бури з 75°C до 25°C. Розчинність $Na_2B_4O_7$ складає 67,17 г на 100 г води при 75°C та 6,16 г на 100 г води при 25°C.

Варто зазначити, що кремонські майстри були далеко не єдиними, хто експериментував з бурою. Приблизно в той самий час у Парижі Вільгельм Гомберг, особистий лікар племінника Людовіка XIV, проводив досліди з цією речовиною. У результаті він вперше отримав кислоту **A**, яка містить 17,49% бору за масою та ще два елементи.

3.6. **Встановіть** формулу кислоти **A**. Відповідь **підтвердіть** розрахунками.

3.7. **Запишіть** скорочене йонне рівняння реакції, що пояснює, чому розчини кислоти **A** мають кисле середовище.

Завдання 9.4. Суміш обманка

Автор: Володимир Краплина

На початку XX століття сполука **X** була одним із найкращих люмінофорів. Проте сама по собі вона не світиться постійно — їй необхідне джерело енергії. Тоді розв'язанням цієї проблеми вважали додавання солей Радію. Саме таку суміш використовували для нанесення на циферблати годинників, компасів та інших приладів. Згодом стало зрозуміло, що Радій є небезпечним елементом. Але що ж являє собою загадкова сполука **X**?

Бінарну сполуку **X** спалили в атмосфері кисню за температури 900°C. У результаті утворилися дві бінарні сполуки: **A** — біла тверда речовина, та **Б** — безбарвний газ. Різниця мас отриманих **A** та **Б** становила 3,200 г. Після цього сполука **Б** знову прореагувала з киснем у присутності каталізатора V_2O_5, унаслідок чого утворилася єдина сполука **B** масою 14,805 г. Речовина **B** є рідиною за стандартної температури.

4.1. **Визначте** речовини **X**, **A**, **Б** та **B** та **наведіть** рівняння реакцій, які описують наведені вище перетворення. Відповідь **підтвердить** розрахунками.

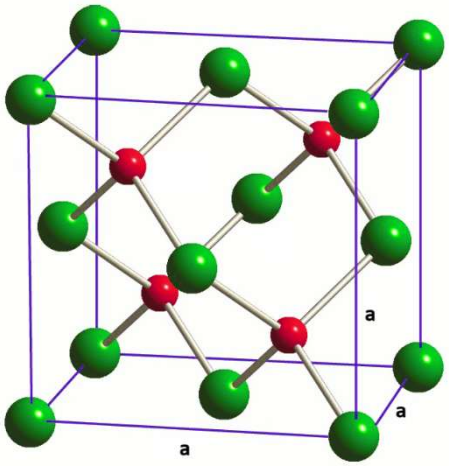
4.2. **Розрахуйте** масу **X**, яку спалили на початку експерименту.

4.3. **Наведіть** просторову будову молекул речовин **Б** та **B** та **вкажіть** гібридизацію центральних атомів.

Речовина **B** здатна розчинятися в концентрованій сульфатній кислоті з утворенням розчинів із масовою часткою **B** до **60%**. До такого розчину сульфатної кислоти з масовою часткою **B** **11,23%** додали **1,125 г** води. Після цього масова частка **B** у розчині становила **5,8%**.

4.4. **Розрахуйте** початкову масу розчину.

З точки зору кристалічної будови, сполука **X** має кубічну гранецентровану ґратку, у якій атоми розміщені в тетраедричних пустотах ґратки, як показано на рисунку.



4.5. **Вкажіть** кількість формульних одиниць сполуки **X** в його елементарній комірці.

Параметр елементарної комірки **a** — довжина її ребра — є важливою характеристикою кристалічної структури речовин.

4.6. **Розрахуйте** довжину параметра елементарної комірки **a** в ангстремах (Å), якщо густина сполуки **X** складає 4,09 г/см^3.

Завдання 9.5. Upside down, you're turning down the entropy

Автор: Євгеній Минак

Надихнувшись фільмом "Tenet" режисера Крістофера Нолана, один учений розробив пристрій, здатний інвертувати зміну ентропії хімічної реакції ($\Delta_rS°$). Він вирішив використати цей пристрій для вилучення CO_2 з атмосфери. Проте аби впевнитися, що реакції будуть проходити у бажаному напрямку, він попросив вас допомогти з розрахунками. Зверніть увагу, що інверсії піддається лише ентропія, тобто $\Delta_rS°_{\text{інвертоване}} = -\Delta_rS°$.

Таблиця 1

	$C_{(графіт)}$	O_2	O_3	H_2	CO_2	$H_2O_{(р)}$	$C_6H_{12}O_6$	$CH_3OH_{(г)}$
$\Delta_fH°$, кДж/моль	0,0	0,0	141,7	0,0	-393,5	-285,8	-1268,0	-196,1
S°, Дж/(моль·К)	5,6	205,2	238,9	130,7	213,8	70,0	212,0	283,0

5.1. **Заповніть** Таблицю 2. Відповіді **підтвердіть** розрахунками.

Хімічна реакція	$\Delta_rH°$, кДж/моль	$\Delta_rS°$, Дж/(моль·К)	$\Delta_rS°_{\text{інвертоване}}$, Дж
$CO_2 \rightarrow C_{(алмаз)} + O_2$			
$CO_2 + H_2O_{(рідина)} \rightarrow \frac{1}{6}C_6H_{12}O_6 + O_2$			
$CO_2 \rightarrow C_{(графіт)} + \frac{2}{3}O_3$			
$3H_2 + CO_2 \rightarrow CH_3OH_{(газ)} + H_2O_{(газ)}$			
$C_{(графіт)} \rightarrow C_{(алмаз)}$	1,9	-3,2	
$H_2O_{(рідина)} \rightarrow H_2O_{(газ)}$	44,0	118,8	

5.2. **Розрахуйте** зміну енергії Гіббса для наведених реакцій ($\Delta_r G°$) після інверсії ентропії за температури 298 К. **Які з цих реакцій** можна використати для вилучення CO_2 за стандартних умов? Правильну відповідь **позначте**.

Для $CO_2 \rightarrow C_{(алмаз)} + O_2$: **$\Delta_r G° =$ ____ кДж/моль**	Так	Ні
Для $CO_2 + H_2O_{(рідина)} \rightarrow \frac{1}{6}C_6H_{12}O_6 + O_2$: **$\Delta_r G° =$ ____ кДж/моль**	Так	Ні
Для $CO_2 \rightarrow C_{(графіт)} + \frac{2}{3}O_3$: **$\Delta_r G° =$ ____ кДж/моль**	Так	Ні
Для $3H_2 + CO_2 \rightarrow CH_3OH_{(газ)} + H_2O_{(газ)}$: **$\Delta_r G° =$ ____ кДж/моль**	Так	Ні

5.3. **Розрахуйте** температури, за яких наведені хімічні реакції стають спонтанними.
А) Без інверсії ентропії: $3H_2 + CO_2 \rightarrow CH_3OH_{(газ)} + H_2O_{(газ)}$
Б) Після інверсії ентропії: $6CO_2 + 6H_2O_{(рідина)} \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$

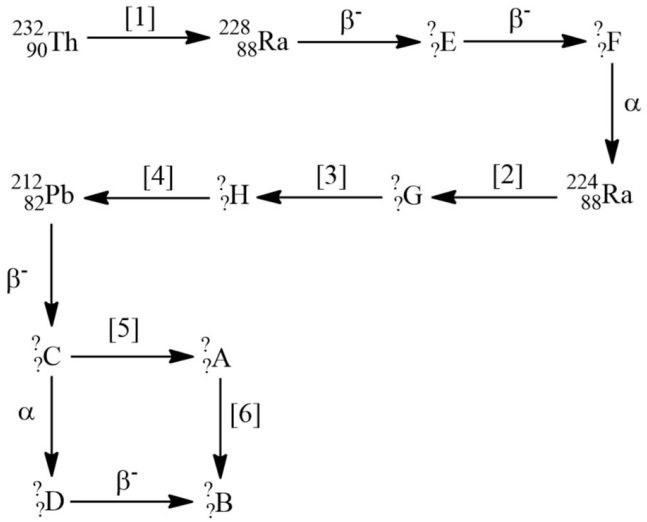
5.4. **Поясніть**, чому за стандартних умов реакція (**А**) (див. п. **5.3**) не спостерігається під час змішування H_2 і CO_2.

5.5. **Які умови** є необхідними для перебігу реакції Б (із 5.3)? ***Оберіть*** *до п'яти відповідей.*

☐ наявність спостерігача
☐ температура нижче 0 °C
☐ температура вище 0 K
☐ наявність глюкози
☐ наявність хлорофілу
☐ наявність сонячного світла
☐ відсутність світла зеленого діапазону
☐ відсутність сонячного світла
☐ швидкість перемішування >300 об/хв
☐ інертна атмосфера з N_2

Завдання 9.6. Ряд Торію

Автор: Дарина Імбірович



Вище наведено радіоактивний ряд торію. Відомо, що нуклід **A** є першим відкритим радіоактивним елементом Марією Кюрі і названий на честь її батьківщини, а нуклід **B** – стабільний.

6.1. **Розшифруйте** схему та **визначте** зашифровані типи розпадів [1]-[6].

В 1932 році Фредерік Жоліо-Кюрі здійснив реакцію $^{27}_{13}Al + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{30}_{15}P + {}^{1}_{0}n$, у результаті якої було штучно отримано радіоактивний ізотоп $^{30}_{15}P$, який є джерелом позитронів. Таким чином було відкрито позитрон $^{0}_{1}e$ і відповідне β+ випромінювання.

6.2. **Наведіть** рівняння реакції розпаду $^{30}_{15}P$.

6.3. **Визначте** масу та кількість речовини свинцю $^{212}_{82}Pb$, що розпадеться за 1 с у зразку масою 1000 т, який містить 5% (масових) цього ізотопу. Відомо, що період піврозпаду $^{212}_{82}Pb$ становить 10,6 год. Отримані значення кількості речовини (моль) і маси (кг) **округліть** до 2 знаків після коми.

6.4. **Визначте** зміну маси суміші, що утворюється з 1000 т чистого **C** за 1 с. $T_{1/2}$(C) = 61 хв, $T_{1/2}$(A) = $3 \cdot 10^{-7}$ с, $T_{1/2}(D) = 3{,}1$ хв.

6.5. Елемент **B** застосовується в автомобільних акумуляторах. Один з електродів є простою речовиною **B**, а другий – його вищим оксидом; електроди занурені в розчини сульфатної кислоти. **Наведіть** рівняння реакцій, що відбуваються на аноді та катоді.

6.6 Що спричинює зміну маси під час β-розпаду? **Позначте** правильну відповідь.

	Виділення флогістону
	Поглинання енергії
	Виділення ядерної енергії
	Маса електрона/позитрона, що вивільняється

6.7. **Позначте** ряд ізотонів.

	^{40}K, ^{40}Ca, ^{40}Ar
	^{31}P, ^{30}P, ^{33}P
	Ca^{2+}, K^{+}, Ar
	^{15}N, ^{14}C, ^{13}B

6.8. Чи є істинними наведені твердження? **Позначте** правильні відповіді.

Під час синтезу легкого ядра маса утвореного ядра менша за суму мас вихідних ядер	Так	Ні
Будь-яка елементарна реакція радіоактивного розпаду описується кінетичним рівнянням першого порядку	Так	Ні
Синтез легких ядер відбувається без додаткових витрат енергії	Так	Ні
γ-квант має ненульову масу спокою	Так	Ні
Кінетика радіоактивного розпаду залежить від зовнішніх умов	Так	Ні

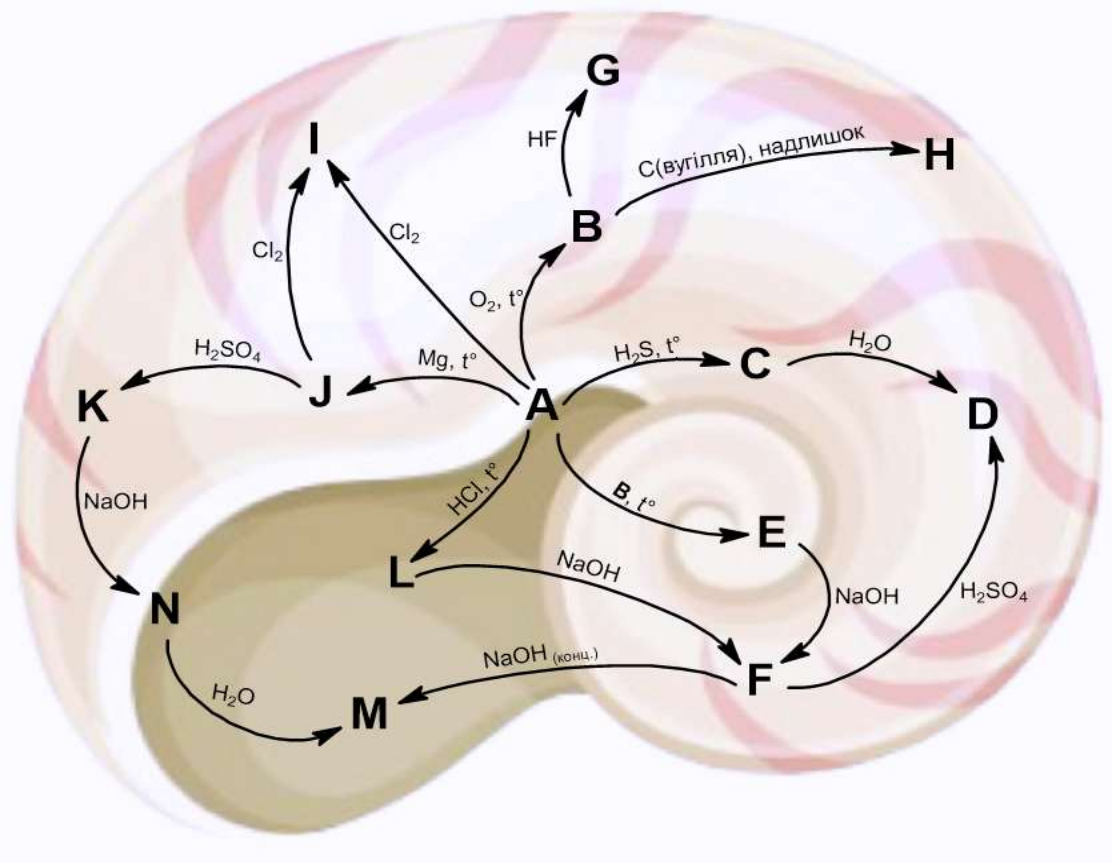
LX Всеукраїнська олімпіада з хімії, 3-й етап

Завдання 9.7. Твердий молюск

Автор: Сергій Коломоєць

Елемент **A** є необхідним компонентом метаболічних процесів морських організмів, зокрема численних представників типу молюсків. Найбільш поширеною його сполукою є оксид **B**, масова частка елемента **A** в якому становить 46,75%.

Елемент **A** характеризується широким спектром хімічних властивостей і здатністю вступати в різноманітні хімічні перетворення. Нижче наведено схему перетворень за участю елемента **A**, яку юний хімік виявив на узбережжі моря у вигляді візерунка на мушлі невідомого підводного мешканця.



Відомо, що:

- речовину **D** іноді називають кислотою, однак вона є гідратованим оксидом *(**B**·H_2O)*;
- оксид **E** утворюється при сплавленні елементарного **A** з оксидом **B** у результаті синпропорціонування;
- **F** є сіллю, у якій елемент **A** має той самий ступінь окиснення, що й у сполуці **B**;
- речовина **H** використовується для виготовлення наждачного паперу та є одним з найміцніших матеріалів, відомих людству;
- речовини **K** та **L** є газами, які можна використати для добування надчистого елементу **A**;
- молярна маса газу **L** відрізняється від молярної маси речовини **I** на 34,44 г/моль;
- під час утворення **N** у результаті реакції **K** з лугом виділяється газ, що має D_{He} = 0,5;
- масові частки Na, O, H у речовині **M** становлять 32,83%, 45,68% та 1,44% відповідно;
- під час перетворення солі **F** на **M** також утворюється сіль **N.**

7.1. **Встановіть** невідомі речовини.

7.2. **Наведіть** рівняння всіх реакцій зі схеми.

7.3. **Виберіть** правильні відповіді в наступних питаннях:

Яка головна причина того, що для добування надчистого **A** доцільно використовувати газоподібні сполуки **K** та **L**?	
	Вони є безбарвними
	Їх легко охолоджувати
	Вони не реагують з киснем
	Їх легко очищувати від домішок шляхом перегонки

Що з наведеного є прикладом практичного застосування оксиду **B**?	
	Матеріал для прозорих виробів і волокон, що передають світло
	Абразивний наповнювач у гігієнічних засобах для догляду за зубами
	Речовина у пакетиках-осушувачах, які кладуть у взуття чи електроніку
	Усі наведені варіанти правильні

Яка властивість елемента **A** зумовлює його використання у виробництві мікросхем і транзисторів?	
	Є гарним провідником як мідь
	Є ізолятором як скло
	Є напівпровідником, властивості якого можна керовано змінювати домішками
	Не проводить струм за жодних умов

II тур

Завдання 9.1. Back to basiCS

Автор: Кирило Данилейко

Порцію CS_2 спалили в надлишку кисню з утворенням газової суміші.

1.1. **Наведіть** рівняння реакції, що відбулася.

1.2. **Розрахуйте** густину отриманої суміші за гелієм, якщо вихідна суміш містила лише кисень і CS_2 у мольному співвідношенні 5:1.

Газову суміш пропустили над сорбентом, який поглинув один із її компонентів. Масова частка кисню в суміші, що залишилася, становить 33,3%.

1.3. **Який** газ було поглинуто сорбентом? Відповідь **підтвердіть** розрахунками.

Сорбент помістили у 100 г розчину NaOH з масовою часткою 10%. Через 10 хвилин сорбент відфільтрували, після чого маса розчину збільшилася на 3,7 г.

1.4. **Розрахуйте** масові частки речовин в отриманому фільтраті.

1.5. **Визначте** масу вихідної порції CS_2.

1.6. **Який об'єм** займатиме газова суміш, отримана після спалення, за температури 250ºC і тиску 5 кПа?

Завдання 9.2. Кінетика пероксиду

Автор: Анастасія Гриньова

Юний хімік Андрійко почув у школі на уроці хімії, що гідроген пероксид – нестійка сполука. Прийшовши додому, він вирішив дослідити, як швидко вона розкладається.

2.1. **Запишіть** рівняння розкладу гідроген пероксиду.

Для дослідження цієї реакції Андрійко помістив 200 мл аптечного розчину 3% гідроген пероксиду в колбу, під'єднану до установки для збирання газу, й залишив на 60 хв.

Повернувшись, він побачив, що об'єм газу, який виділився, становив 0,86 мл. Температура в кімнаті – 25°C.

2.2. **Обчисліть** швидкість реакції (**r**) розкладу гідроген пероксиду за температури 25 °C.

2.3. **Обчисліть** константу швидкості реакції за температури 25°C, якщо реакція має перший порядок за гідроген пероксидом. Густина розчину гідроген пероксиду становить 1 г/мл.

За температури 50°C константа швидкості реакції розкладу гідроген пероксиду становить $6{,}8\cdot10^{-5}$ хв$^{-1}$.

2.4. **Обчисліть** енергію активації реакції.

2.5. **Як зміниться** енергія активації реакції розкладу гідроген пероксиду, якщо в колбу додати MnO_2? **Оберіть** правильну відповідь та **обгрунтуйте** її.

☐ збільшиться	☐ зменшиться	☐ не зміниться

2.6. **Як зміниться** ΔG реакції розкладу гідроген пероксиду, якщо в колбу додати MnO_2? **Оберіть** правильну відповідь та **обгрунтуйте** її.

☐ збільшиться	☐ зменшиться	☐ не зміниться

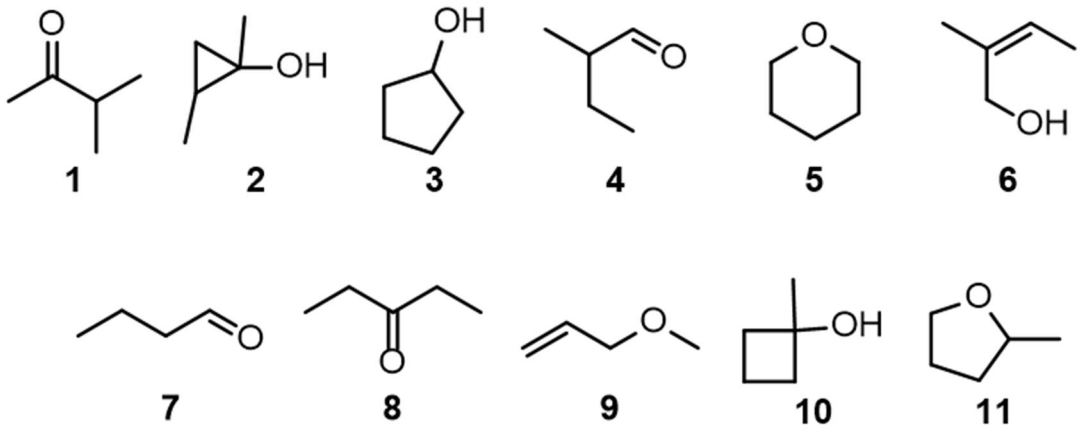
Завдання 9.3. Формула без імені

Автор: Микола Пашко

Органічна сполука **X** є безбарвною рідиною, яку використовують як проміжний продукт в органічному синтезі для одержання різноманітних похідних. На підставі визначення кількісного складу продуктів повного згоряння встановлено, що брутто-формула сполуки **X** — $C_5H_{10}O$.

3.1. **Напишіть** рівняння реакції повного згоряння сполуки **X** та **розрахуйте** об'єм CO_2 (н.у.) і масу H_2O, що утворюються при спалюванні 10,0 г цієї сполуки.

Однак одній і тій самій брутто-формулі можуть відповідати різні структурні ізомери, що суттєво відрізняються за фізичними та хімічними властивостями. Нижче наведено можливі речовини з брутто-формулою $C_5H_{10}O$.



3.2. **Розподіліть** наведені сполуки **(1–11)** за наявністю функціональних груп - **запишіть** у таблицю номери речовин, що містять зазначені функціональні групи (*якщо сполука містить кілька функціональних груп, зазначте її у кількох рядках*).

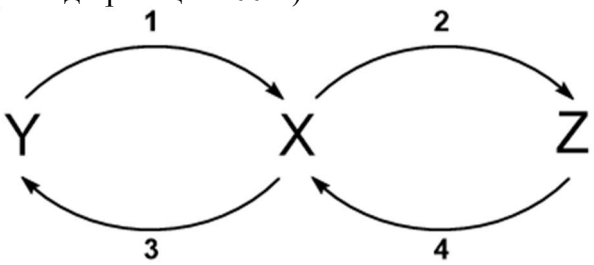
Алкен		Кетон	
Спирт		Альдегід	
Етер		Естер	

Серед наведених сполук речовини **2** та **6** мають кілька стереоізомерів, деякі з яких зображено нижче.

3.3. **Позначте** в цих сполуках конфігурацію хіральних центрів і подвійного зв'язку за R/S- та E/Z-номенклатурою відповідно.

3.4. **Які** з наведених речовин, окрім **2** та **6**, можуть мати стереоізомери?

Нижче наведено схему перетворень сполуки **X**. За певних умов (реакції **1**–**4**) сполука **X** може бути перетворена на **Y** або **Z**, а також може бути одержана з кожної з цих сполук. Відомо, що під час повного згоряння 10,0 г **Z** утворюється 8,57 г води та 13,3 л CO_2 (н. у.). Крім того, з 10,0 г **Z** можна одержати 8,09 г **Y** (виходи реакцій 100%).



3.5. **Розрахуйте** брутто формули сполук **Y** і **Z**

3.6. **Зобразіть** будову **X**, **Y** та **Z**, якщо відомо, що сполука **Z** містить 4 CH_2-групи та один sp^2-гібридизований атом Карбону, а всі три речовини мають однакову будову карбонового скелета.

Завдання 9.4. Електрохімічна дилема

Автор: Віра Кривошеєва

Хімік проводить електроліз 1 л водного розчину, що містить 0,5 моль солі **A** та 0,2 моль солі **B**. Відомо, що сіль **A** масою 1,2 г реагує з речовиною **C** масою 3,49 г з утворенням білого сирнистого осаду **D**. Сіль **A** дуже широко використовується в кулінарії. Сіль **B** реагує з газом **E** (D_{H2}(**E**) = 17) з утворенням чорного осаду. Ця сіль утворює кристалогідрати синього кольору, в яких ω(**B**) = 63,94%. Електроліз проводять при постійній силі струму 2А протягом 2 годин з використанням інертних платинових електродів.

4.1. **Визначте** речовини **A**, **B**, **C**, **D**, **E**.

4.2. **Обчисліть** загальну кількість електрики (Q), що пройшла через розчин.

4.3. **Напишіть** реакції, що відбуваються на катоді та на аноді.

Відомі стандартні потенціали напівреакцій:
E^0 (**M^{2+}/ M**) = + 0,34 В (**M^{2+}** - метал з солі **B**)
$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2\uparrow + 2OH^-$; E^0 = – 0,83 В
E^0(**G_2/ G^-**) = –1,36 В (**G^-** – аніон з солі **A**) –
$O_2\uparrow + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$; E^0 = –1,23 В

4.4. **Обчисліть** ЕРС сумарної реакції електролізу.

4.5. **Обчисліть** стандартну зміну енергії Гіббса для реакції електролізу.

4.6. **Обчисліть** нову концентрацію **M^{2+}** у розчині після електролізу та **вкажіть**, чи залишився цей іон у розчині. Якщо залишився, то **оцініть**, скільки *додаткового часу* необхідно для повного відновлення.

Завдання 9.5. Розчини мене, якщо зможеш

Автор: Михайло Зайченко

Для вимірювання розчинності сполук можна використовувати різні параметри, такі як молярна розчинність, розчинність у г/л або ДР (добуток розчинності).

Сполука	Молярна розчинність, (моль/л)	Розчинність, (s, г/л)	ДР
AgCl	$1{,}33\cdot10^{-5}$		
$BaSO_4$		$2{,}43\cdot10^{-3}$	
$Al(OH)_3$			$3\cdot10^{-34}$

5.1. **Заповніть** порожні поля у наведеній таблиці. Відповідь **підтвердіть** розрахунками.

Важливе практичне значення має визначення того, чи утворюється осад під час змішування розчинів солей. Юний хімік Микола приготував кілька розчинів і змішав їх.

У першій склянці він змішав розчини, одержані розчиненням 1 мг $Ba(NO_3)_2$ у 0,1 л води та 2 мг Na_2SO_4 в 0,9 л води.

У другій склянці – розчини, що містять 0,06 г $AlCl_3$ в 460 мл води та 0,06 г NaOH в 370 мл води.

5.2. **Зазначте**, чи буде утворюватися осад у першій та другій склянках. Відповідь **підтвердьте** розрахунками. *Вважайте, що у кожній зі склянок може утворюватися лише відповідна сполука, зазначена в* ***п.1.***

Розчинність певних сполук може змінюватися в залежності від наявності інших речовин в розчині.

5.3. **Розрахуйте** розчинність (г/л) AgCl в 0,2 М NaCl.

5.4. **Розрахуйте** розчинність (г/л) AgCl в 0,1 М NH_3 ($\beta([Ag(NH_3)_2]^+) = 1{,}6 \times 10^7$)

Гравіметрія – метод кількісного визначення складу речовин, що ґрунтується на вимірюванні їх маси. Проте не всі речовини можуть бути використані як гравіметричні форми.

5.5. **Зазначте та обґрунтуйте**, чи є гравіметричними формами наступні речовини:

- $BaSO_4$
- $Al(OH)_3$

Більшість малорозчинних речовин можна перевести в розчин за допомогою реагентів певного типу. Проте існують сполуки, здатні розчинятися за участю принципово різних за хімічною природою реагентів.

5.6. **Наведіть** два принципово різних способи розчинення $Al(OH)_3$. Відповідь **підтвердьте** рівняннями реакцій.

Завдання 9.6. Солодкий Санта

Автор: Олександр Згінник

Окрім видалення води та нафти, однією з найважливіших стадій переробки природного газу є видалення сірки та вуглекислого газу. Сульфур в природному газі переважно міститься у вигляді сірководню (H_2S), і газ вважається кислим, якщо вміст сірководню в ньому перевищує 5,7 мг/м^3.

6.1. **Розрахуйте** мінімальну концентрацію H_2S (у моль/л) у природному газі, за якої він вважається кислим.

Кислий газ є небажаним, оскільки сполуки Сульфуру токсичні та корозійно активні. Для видалення сірководню та вуглекислого газу застосовують процес, який називається «підсолодження». На першому етапі, природний газ пропускають через розчини амінів.

6.2. **Напишіть** рівняння реакцій, що відбуваються під час пропускання суміші газів H_2S та CO_2 крізь надлишок розчину NH_3.

Для вилучення елементарної сірки з газопереробного виробництва додатково обробляють сульфуровмісний скид, що утворюється в результаті процесу очищення газу. Процес, який використовується для вилучення сірки, відомий як процес Клауса і включає використання термічних і каталітичних реакцій. У спрощеному вигляді його можна описати як дві послідовні реакції:

(1) $H_2S_{(г)} + 3/2O_{2(г)} = SO_{2(г)} + H_2O_{(г)}$ $\Delta H_1 = -518$ кДж/моль

(2) $SO_{2(г)} + 2H_2S_{(г)} = 3S_{(тв)} + 2H_2O_{(г)}$ $\Delta H_2 = -145{,}6$ кДж/моль

6.3. **Напишіть** сумарне рівняння процесу Клауса з найменшими цілими коефіцієнтами та **розрахуйте** ΔH для нього.

Один моль SO_2 та один моль H_2S змішали у закритій посудині об'ємом 30 л та нагріли до 500ºС. Після встановлення рівноваги тиск становив 361 кПа.

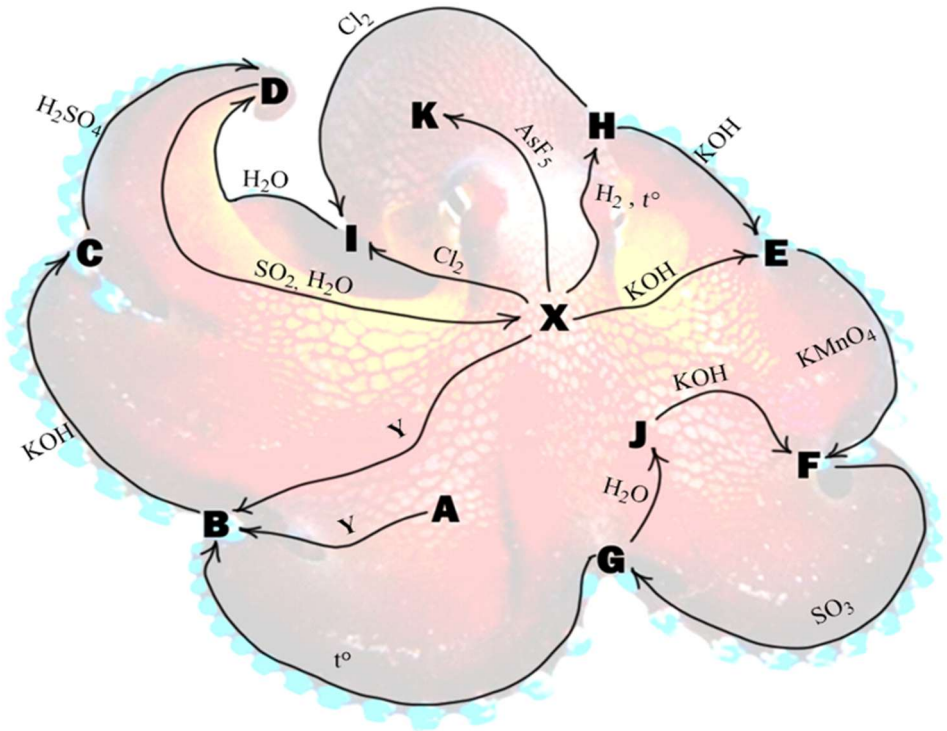
6.4. **Розрахуйте** K_p та парціальні тиски кожного з газів у рівноважній суміші.

6.5. **Розрахуйте** K_c та K_x для реакції (2). *Якщо Ви не змогли дати відповідь на пункт 4, вважайте K_p = 5 бар$^{-1}$.*

Завдання 9.7. М'який молюск

Автор: Олексій Вєньський

Восьминоги – це тварини, що належать до головоногих молюсків. Вони багаті на елемент **X**, який є дуже важливим для організму людини. Він входить до складу та забезпечує функціонування глутатіонпероксидази – одного з ключових антиоксидантних ферментів, а також відіграє важливу роль у роботі серцево-судинної системи, щитоподібної залози, шкіри та багатьох біохімічних процесів.



Восьминоги є популярним делікатесом, особливо в Японії. Втім, це викликає жаль, адже вони належать до найрозумніших тварин. Один з них «надіслав» нам схему перетворень елемента **X**, щоб переконати не вживати його родичів у їжу.

Схема починається зі сполуки **A**, яка є домішкою до сірковмісних руд. За температури близько 700°C її вводять у реакцію зі сполукою **Y**, що є другим за поширеністю газом в атмосфері Землі, що веде до утворення сполуки **B**, яка при обробці KOH дає сіль **C.** При дії сульфатної кислоти сіль **C** перетворюється на кислоту **D**.

Пропускання SO_2 через розчин **D** призводить до утворення осаду червоної речовини **X**. Розчинення **X** у лузі призводить до утворення суміші солей **C** та **E**, причому різниця ступенів окиснення елемента **X** у цих сполуках становить 6.

Сіль **E** при окисненні калій перманганатом у водному середовищі утворює сіль **F**, відповідна кислота **J** якої здатна розчиняти золото.

Дія SO_3 на **F** призводить до утворення речовини **G**, нестійкої до нагрівання, яка розкладається з утворенням **B** та **Y**.

Відомо, що:

- **A** складається з трьох елементів, один з яких є кольоровим металом, нітрат іншого при реакції з хлоридами дає білий сирнистий осад;
- формульна одиниця **A** містить 3 атоми, а співвідношення масових часток елементів в ній становить 1:1,697:1,243;
- У **B** w(**X**) = 71,16%;
- Ступінь окиснення **X** у **E** мінімальний;
- Співвідношення масових часток **X** у **B** та **G** дорівнює 0,874;
- Перетворення **I** на **D** перебігає без зміни ступенів окиснення;
- Mr(**K**) = 1009,52 і у **K** є 12 атомів фтору;
- Другим продуктом реакції **X** з AsF_5 є AsF_3.

7.1. **Розшифруйте** невідомі сполуки **A**-**K** та **X**, **Y**.

7.2. **Запишіть** усі рівняння реакцій згадані в умові та на схемі.

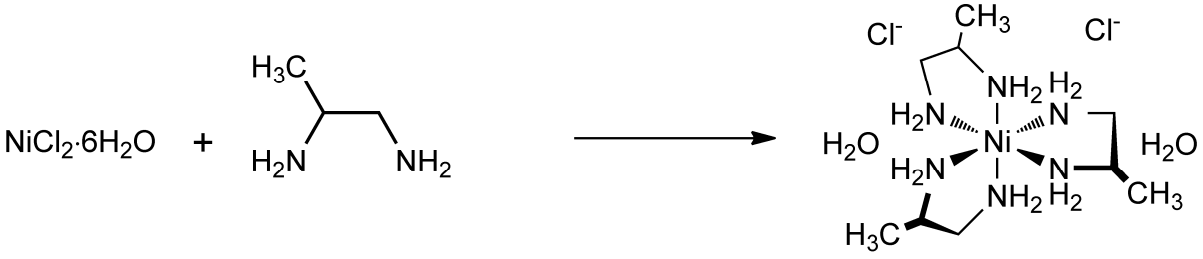
7.3. **Зобразіть** просторову будову наступних речовин: **AsF_3**, **AsF_3**, **AsF_3**, **I, K**

Практичний тур

Завдання 1. Синтез комплексної сполуки нікелю(II)

Автор: Ляпунов Олександр

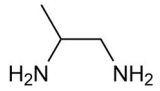
Координаційні сполуки – це складні молекули, проте їх синтез часто є доволі простим, а кінцеві продукти – надзвичайно красиві! Це завдання – якраз про таку сполуку!



Взаємодія нікель(II) хлориду з 1,2-пропандіаміном у водному середовищі відбувається з помітним виділенням енергії та призводить до утворення дрібнокристалічного осаду, який кількісно виділяється після додавання етанолу та охолодження.

LX Всеукраїнська олімпіада з хімії, 3-й етап

Реактиви на робочому місці

Назва	Стан	Концентрація	Кількість	Маркування
1,2-Пропандіамін	Рідина	Чиста речовина	3 мл	
Нікель(II) хлорид гексагідрат	Тверда речовина	Чиста речовина	2,0 г	$NiCl_2 \cdot 6H_2O$
Етанол	Рідина	Чиста речовина	50 мл	Етанол

Перелік обладнання та посуду на робочому місці

1. Скляна паличка – 1 од.
2. Піпетка з поділками на 5 мл – 2 од.
3. Груша гумова – 1 од.
4. Промивалка з дистильованою водою – 1 од.
5. Шпатель – 1 од.
6. Баня для охолоджувальної суміші – 1 од.
7. Стакан на 50 мл – 1 од.
8. Фольга – 1 од.
9. Стакан на 100 мл – 1 од.
10. Шприц з фільтром – 1 од.
11. Лапка з муфтою – 1 од.
12. Мірний циліндр на 50 мл – 1 од.
13. Шприц на 3 мл – 1 од.
14. Пінцет – 1 од.
15. Чашка Петрі – 1 од.

Перелік обладнання загального користування (*за потреби зверніться до спостерігача*)

1. Ваги
2. Сушильна шафа
3. Шомпол
4. Маркер

Хід роботи

1. Віала на робочому місці з написом «$NiCl_2 \cdot 6H_2O$» містить наважку нікель(II) хлориду гексагідрату 2,0 г. Перенесіть її вміст у стакан на 50 мл.
2. Відміряйте 5 мл дистильованої води за допомогою піпетки з поділками на 5 мл та додайте її у віалу з залишками солі. Закрийте віалу кришкою та кілька разів струсіть її вміст до розчинення залишків солі. Перелийте розчин у стакан.
3. Перемішуйте вміст стакана скляною паличкою до повного розчинення солі.
4. Відміряйте 2,4 мл 1,2-пропандіаміну (густина 0,87 г/мл) за допомогою шприца на 3 мл та закрийте віалу кришкою. При постійному перемішуванні скляною паличкою по краплях додайте 1,2-пропандіамін до розчину нікель(II) хлориду. Оптимальний час додавання становить 2-3 хвилини.
5. Одразу після закінчення додавання відміряйте 30 мл етанолу за допомогою мірного циліндра на 50 мл та при постійному перемішуванні скляною паличкою повільно додайте його до вмісту стакана.
6. Попросіть лід у спостерігача та заповніть баню сумішшю льоду з водою (~2:1). Закрийте стакан фольгою та опустіть у баню з охолоджувальною сумішшю на 20 хвилин. Рівень охолоджувальної суміші має бути не нижчим за рівень рідини у стакані. **За цей час ви можете виконувати завдання №2.**
7. Підпишіть чашку Петрі своїм кодом робочого місця, зважте її та запишіть масу у Таблицю 1.
8. Через 20 хвилин витягніть стакан з бані, протріть серветкою, та відфільтруйте продукт, використовуючи шприц з мембраною, як описано нижче.

9. Процедура фільтрування:
   9.1 Закріпіть шприц у лапці штативу. Порожній стакан на 100 мл помістіть під шприцом.
   9.2 Фільтруюча мембрана вже встановлена в шприц. Змочіть її невеликою кількістю етанолу.
   9.3 Налийте суспензію до рівня ~5 мм нижче отвору.
   9.4 Встановіть поршень.
   9.5 Закрийте пальцем отвір та натискайте на поршень.
   9.6 Зупиніть поршень ДО досягнення отвору.
   9.7 Відкрийте отвір та підніміть поршень у найвище положення.
   9.8 Повторюйте пункти 9.5–9.7 до видалення рідини.
   9.9 Відкрийте отвір, витягніть поршень, та долийте залишки суспензії.
   9.10 Повторіть пункти 9.5–9.7.
   9.11 Наберіть 5 мл етанолу за допомогою піпетки з поділками на 5 мл та змийте залишки осаду зі стінок стакана. Перелийте суспензію в шприц для фільтрування та повторіть пункти 9.5–9.7.
   9.12 Виконайте промивання: відкрийте отвір, витягніть поршень, додайте 5 мл етанолу, повторіть пункти 9.5–9.7. Цей пункт виконайте 2 рази.
   9.13 Просушіть осад: повторіть пункти 9.5–9.7 10-15 разів. Таким чином, ви прокачуєте повітря через осад, висушуючи його.
   9.14 Зніміть шприц та, тримаючи горизонтально над чашкою Петрі, обережно витягніть поршень. Шомполом виштовхніть мембрану з осадом на чашку Петрі, перенесіть шпателем залишки осаду.
10. Віддайте спостерігачу продукт на чашці Петрі для висушування протягом 1 години. Вкажіть час початку висушування на чашці Петрі. **За цей час ви можете виконувати завдання №2.**
11. Через 1 годину отримайте чашку Петрі, обережно відділіть мембрану за допомогою шпателя та пінцета, зважте чашку Петрі з продуктом. Востаннє подивіться на красивий осад.
12. Заповніть Таблицю 1 та розрахуйте вихід.

Таблиця 1

Параметр	**Значення**
Маса чашки Петрі, (г)	
Маса чашки Петрі з продуктом, (г)	
Маса продукту, (г)	
Вихід, (%)	

Завдання 2. Кількісне визначення іонів Нікелю у невідомому розчині.

Автор: Ляпунов Олександр

Синтезувати сполуки нікелю ви вже навчилися – час їх аналізувати. Трилонометрія – є одним з найкращих методів!

Реактиви на робочому місці

Назва	Стан	Концентрація	Кількість	Маркування
$NH_3 \cdot H_2O + NH_4Cl$	Водний розчин	–	100 мл	Амоніачний буфер
Еріохром чорний Т + NaCl	Тверда речовина	1:100	3 г	ЕХЧТ
Мурексид + NaCl	Тверда речовина	1:100	3 г	Мурексид
Цинк сульфат	Водний розчин		50 мл	$ZnSO_4$
Трилон Б	Водний розчин		100 мл	Трилон Б
Сполука нікелю	Водний розчин	?	–	№

Перелік обладнання та посуду на робочому місці

1. Штатив – 1 од.
2. Тримач для бюретки – 1 од.
3. Бюретка на 25 мл – 1 од.
4. Лійка для бюретки – 1 од.
5. Піпетка Мора на 10 мл – 1 од.
6. Груша гумова – 1 од.
7. Конічна колба для титрування на 250 мл – 2 од.
8. Мірний циліндр на 50 мл – 1 од.
9. Мірна пробірка на 10 мл – 1 од.
10. Стакан на 50 мл – 1 од.
11. Задача у мірній колбі на 100 мл – 1 од.
12. Віала з індикатором ЕХЧТ – 1 од.
13. Віала з індикатором Мурексид – 1 од.
14. Шпатель для індикатора – 1 од.
15. Промивалка з дистильованою водою – 1 од.

Хід роботи

Завдання 2.1. Стандартизація робочого розчину Трилону Б

Робочий розчин Трилону Б готується з наважки комерційно доступного реактиву, тому концентрація розчину відома лише приблизно. Точно її можна визначити, відтитрувавши інший (стандартний) розчин відомої концентрації. Цей процес називається стандартизацією, а як стандарт найчастіше використовується розчин цинк сульфату відомої концентрації. Вона вказана на дошці, **перепишіть** її у таблицю з переліком реактивів.

1. Промийте та заповніть бюретку робочим розчином Трилону Б за допомогою лійки. Носик бюретки не має містити повітря. Зніміть лійку.
2. Доведіть рівень розчину Трилону Б в бюретці до позначки «0»: поступово випускайте розчин, доки нижня межа меніску не співпаде з нульовою відміткою бюретки. Рівень рідини має знаходитися на рівні очей.

3. Промийте піпетку Мора розчином $ZnSO_4$. У колбу для титрування додайте 10,0 мл стандартного розчину $ZnSO_4$ піпеткою Мора.
4. Додайте 30–50 мл дистильованої води за допомогою циліндра, 10 мл амоніачного буферного розчину мірною пробіркою та невелику кількість індикатора ЕХЧТ на кінчику шпателя. Ретельно перемішайте до повного розчинення індикатора. Розчин має набути винно-червоного кольору, залишаючись прозорим.
5. Постійно перемішуючи вміст колби, повільно титруйте розчином Трилону Б до зміни забарвлення розчину в колбі з винно-червоного на синє (без фіолетового або зеленуватого відтінку).
6. Запишіть значення об'єму розчину Трилону Б (у мл), витраченого на титрування, у Таблицю 2.
7. За необхідності кроки 1–6 повторіть кілька разів.

Примітка. Значення об'єму розчину Трилону Б, витраченого на титрування, може бути отримано усередненням даних декількох титрувань або одержане в одиничному досліді, який, на вашу думку, виконаний найточніше.

Результати занесіть у таблицю 2. Розрахуйте концентрацію Трилону Б та запишіть у форматі **X,XX·10^{XX}** моль/л

Таблиця 2

Номер титрування	$V_{аліквоти\ розчину\ ZnSO4}$, мл	$V_{(Трилону\ Б)}$, мл	$V_{прийняте\ для\ розрахунків\ (Трилону\ Б)}$, мл	$C_{(Трилону\ Б)}$, моль/л
	10,0			
Місце для розрахунків				

Завдання 2.2. Визначення вмісту іонів Ni^{2+}.

Тепер у Вас є робочий розчин Трилону Б точно відомої концентрації. З його допомогою можна точно визначити концентрацію іонів нікелю у невідомому розчині.

1. Мірна колба на 100 мл вже містить певний об'єм досліджуваного розчину Ni^{2+}. Доведіть рівень рідини в колбі дистильованою водою до мітки, розташованою на рівні очей. Нижня межа меніска має співпасти з відміткою на колбі.

2. Закрийте корком та ретельно перемішайте. Для цього повільно перевертайте її догори дном і повертайте у вихідне положення. Повторіть процедуру 10 – 15 разів. Запишіть номер варіанту у комірку на початку завдання.
3. Піпетку Мора на 10,0 мл двічі промийте дистильованою водою та 1 раз невеликим об'ємом розчину задачі.
4. Наповніть бюретку робочим розчином Трилону Б за допомогою лійки. Носик бюретки не має містити повітря. Зніміть лійку.
5. Доведіть рівень розчину Трилону Б в бюретці до позначки «0»: поступово випускайте розчин, доки нижня межа меніску не співпаде з нульовою відміткою бюретки. Рівень рідини має знаходитись на рівні очей.
6. У колбу для титрування внесіть 10,0 мл задачі піпеткою Мора.
7. Додайте 30–50 мл дистильованої води за допомогою циліндра, 10 мл амоніачного буферного розчину мірною пробіркою та невелику кількість індикатора Мурексид на кінчику шпателя до забарвлення розчину в світло жовтий колір. Ретельно перемішайте до повного розчинення індикатора. Уникайте надлишку індикатора.
8. Постійно перемішуючи вміст колби, повільно титруйте розчином Трилону Б до зміни забарвлення розчину у колбі з жовтого на фіолетовий.
9. Запишіть у таблицю 3 значення об'єму розчину Трилону Б (у мл), витраченого на титрування.
10. За необхідності кроки 5–10 повторіть кілька разів.

Примітка. Значення об'єму розчину Трилону Б, витраченого на титрування, може бути отримано усередненням даних декількох титрувань або одержане в одиничному досліді, який, на Вашу думку, виконаний найточніше.

Розрахуйте масу йонів Ni^{2+} в задачі та запишіть у форматі **X,XX·10^{XX}** г. **Прийміть молярну масу Ni^{2+} 58.69 г/моль**.

Заповніть Таблицю 3.

Таблиця 3

Номер титрування	$V_{аліквоти}$, мл	$C_{(Трилону\ Б)}$, моль/л	$V_{(ТрилонуБ)}$, мл	$V_{прийняте\ для\ розрахунків}$ (Трилону Б), мл	$m(Ni^{2+})$, г
	10,0				
Місце для розрахунків					

LX Всеукраїнська олімпіада з хімії, 3-й етап

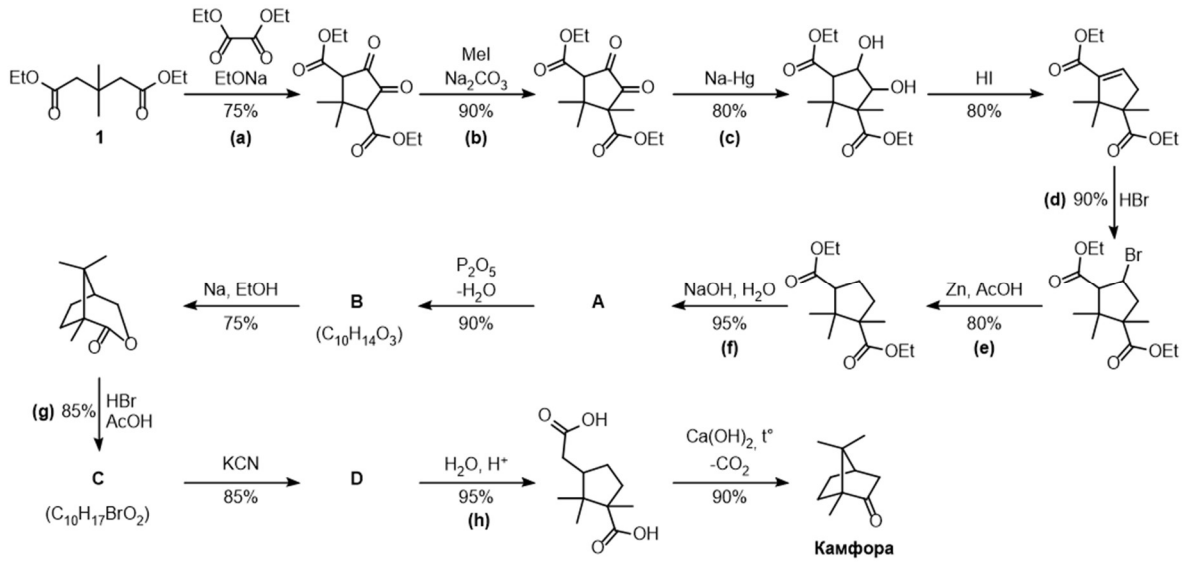
10 клас
І тур

Завдання 10.1. Прометей органічної хімії

Автор: Пашко Микола

Камфора — природна біциклічна сполука терпенової природи, яку тривалий час отримували виключно з камфорного дерева. Наприкінці XIX — на початку XX століття її широко використовували в медицині, парфумерії, а також у виробництві целулоїду й бездимного пороху. Значний попит і обмеженість природних джерел зумовили необхідність пошуку альтернативних способів її одержання.

Перший повний лабораторний синтез камфори здійснив Густав Комппа у 1903 році. Цю роботу вважають одним із перших прикладів тотального синтезу природної сполуки, що продемонстрував можливість побудови складних органічних молекул із простих вихідних речовин. Нижче наведено схему, за якою було здійснено цей синтез.



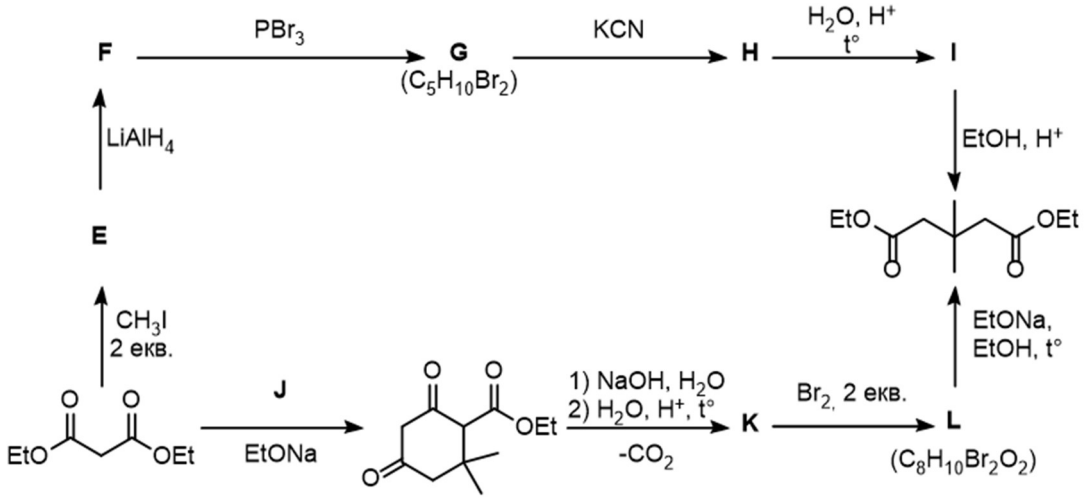
1.1. **Визначте** будову зашифрованих сполук **A**–**D** у схемі синтезу камфори.

1.2. У схемі під стрілками наведено виходи окремих стадій. **Розрахуйте**, яку масу камфори можна одержати, якщо синтез розпочати зі 100 г сполуки **1**.

1.3. **Установіть відповідність** між реакціями **a**–**h** у схемі та наведеними в таблиці нижче типами реакцій.

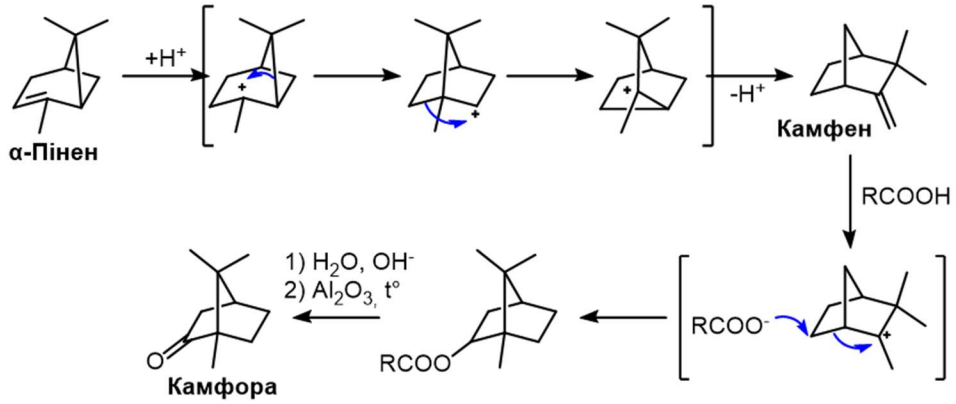
Відновлення алкілгалогенидів	
Відновлення карбонільної групи	
Кислий гідроліз	
Конденсація Кляйзена	
Нуклеофільне заміщення	
Лужний гідроліз	
Алкілування	
Приєднання до подвійного звязку	

Вихідну сполуку **1**, необхідну для синтезу камфори, у свою чергу можна одержати з диетилмалонату двома різними шляхами за наведеною нижче схемою.

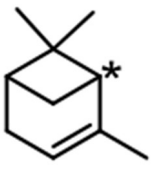


1.4. **Визначте** будову зашифрованих сполук **E-L** у схемі синтезу сполуки **1**, якщо відомо, що речовина **F** є діолом, а сполука **J** може бути одержана з ацетону в умовах кислотного або лужного каталізу.

У сучасній промисловості камфору отримують із природного терпену α-пінену за схемою, наведеною нижче. Ключовою стадією процесу є каталізоване кислотою перегрупування Вагнера–Меєрвейна — внутрішньомолекулярна міграція σ-зв'язку з утворенням більш стабільного карбокатіону, відщепленням протона та формуванням камфену. Подальше приєднання карбонової кислоти до камфену також супроводжується додатковою перебудовою каркасної системи. У результаті утворюється естер, який після гідролізу та окиснення перетворюється на камфору.



1.5. Праворуч зображено α-пінен, в якому один атом Карбону позначено зірочкою. Простеживши зміни будови карбонового скелета у наведеній схемі, **позначте** зірочкою відповідний атом Карбону в молекулах камфену та камфори, що утворюються з цього α-пінену.



Завдання 10.2. Як … на нові ворота

Автор: Минак Євген

Неметалічний елемент **А** є відносно рідкісним. В земній корі його вміст становить приблизно 9 частин на мільйон. Незважаючи на це, сполуки елемента **А** часто зустрічаються в нашому житті, насамперед набувши особливого значення в хімії. Наприклад, комплексна сполука **Б** використовується в органічній хімії як відновник. Її отримують взаємодією газу **В** з диметилсульфідом ($S(CH_3)_2$). Інша сполука цього елемента — **Г**, яка у чистому вигляді є газом, використовується як кислота Льюїса.

Сполуку **Г** одержують взаємодією оксиду **Д** (ω(O) = 68,95%) із фтороводневою кислотою (HF). У свою чергу, взаємодія **Г** з літій гідридом (LiH) призводить до утворення сполук **В** та **Е** (ω(Li) = 7,40%). Оксид **Д** можна отримати взаємодією мінералу **Є** (ω(Na) = 12,05%, ω(H) = 5,30%) із сульфатною кислотою (H_2SO_4), а також згорянням **В** (при повному згорянні 10 г **В** утворюється 19,53 г води).

2.1. **Розшифруйте** елемент **А** та речовини **Б – Є**.

2.2. **Наведіть** рівняння всіх згаданих реакцій.

2.3. **Зобразіть** просторову будову сполук **В** (враховуючи, що вона існує у вигляді димеру), **Г**, а також аніона, що входить до складу сполуки **Е**. **Вкажіть** тип гібридизації центральних атомів.

Завдання 10.3. Отримання надчистого нікелю

Автор: Копа Іван

Процес Монда використовувався наприкінці XIX — на початку XX століття для очищення металевого нікелю від домішок, зокрема заліза та кобальту. Він ґрунтується на здатності нікелю легко реагувати з карбон(II) оксидом з утворенням леткої сполуки — нікель тетракарбонілу, яку можна відокремити від твердих домішок.

3.1. **Напишіть** рівняння утворення нікель тетракарбонілу. **Наведіть** його просторову будову та **вкажіть** тип гібридизації некінцевих атомів в цій сполуці.

Нижче наведено термодинамічні дані для описаного процесу:

	$Ni_{(тв)}$	$Ni_{(г)}$	$CO_{(г)}$	$Ni(CO)_{4(г)}$
$\Delta_f H^o$, кДж/моль	0	430	-110,5	-607
$\Delta_f S^o$, Дж/(моль·К)	30	182,2	198	417

3.2. **Оцініть** середню ентальпію дисоціації зв'язку Нікель-Карбон у сполуці $Ni(CO)_4$.

3.3. **Розрахуйте** константу рівноваги реакції утворення $Ni(CO)_{4(г)}$ при 298 К.

У нікелеву посудину об’ємом 20 л внесли карбон(II) оксид, тиск якого за температури 25°С становив 2,0 бар. Посудину нагріли до 105°С і далі підтримували за сталої температури. Тиск почав падати і зрештою знизився до 1,0 бар.

3.4. **Розрахуйте** парціальні тиски компонентів в рівноважній газовій суміші. Вважайте, що об'єм посудини є сталим.

3.5. **Розрахуйте** константу реакції K_p реакції утворення $Ni(CO)_{4(г)}$ при 105°C.

3.6. **Як зміниться** значення константи рівноваги з *пункту 3.5*, якщо:

а) початковий тиск CO становитиме 10,0 бар –
б) реакція відбуватиметься за температури 90°C –

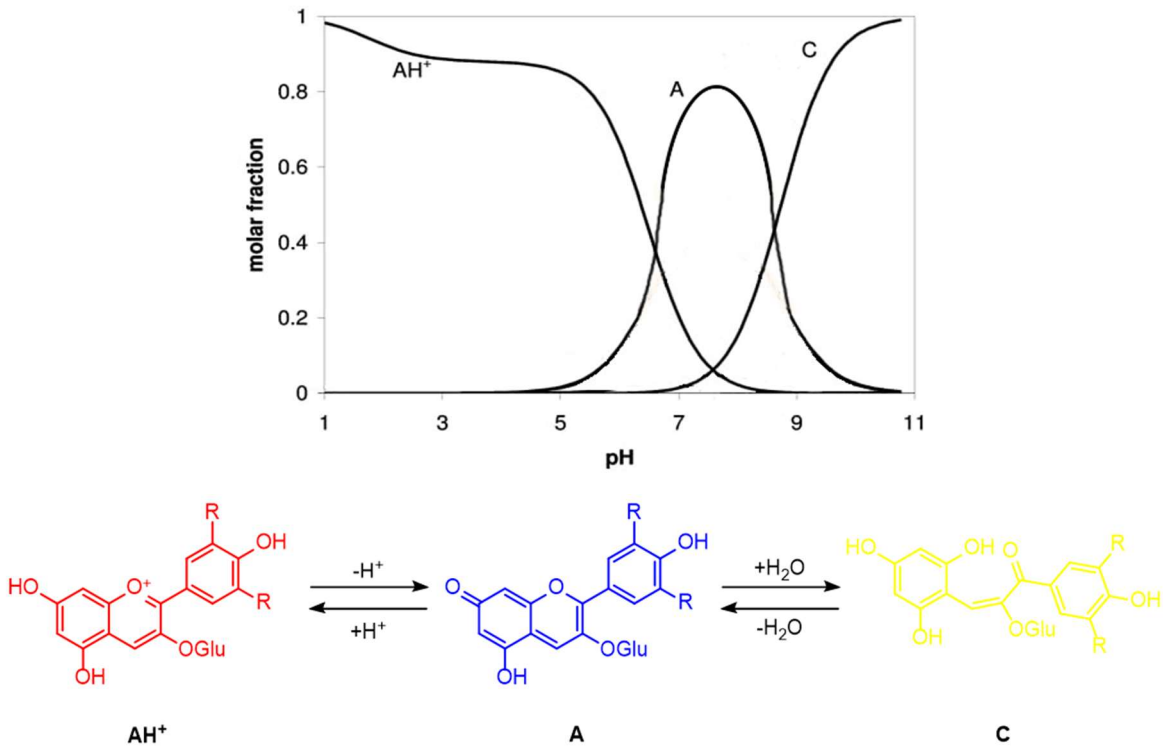
Після відокремлення парів $Ni(CO)_4$ від твердих домішок металевий нікель відновлюють шляхом нагрівання $Ni(CO)_4$ до високої температури, внаслідок чого він розкладається на металевий нікель і карбон(II) оксид.

3.7. Газову суміш, отриману в *пункті 3.4*, перенесли в інший реактор і нагріли до 250°C. За цієї температури $Ni(CO)_4$ повністю розкладається. **Визначте масу** (в грамах) надчистого нікелю, яку вдалося отримати? *(Якщо ви не розрахували парціальні тиски в пункті 3.4, вважайте, що p(CO) = 0,38 бар, p(Ni(CO)₄) = 0,62 бар)*

Завдання 10.4. Турнір, хлопці, турнір!

Автор: Фастнахт Богдан

Антоціани — це природні пігменти, відповідальні за забарвлення пелюсток, ягід та плодів багатьох рослин. Вони здатні змінювати свою структуру та колір залежно від кислотності середовища (pH).



На діаграмі зображено розподіл мольних часток трьох форм антоціану — червоної (**AH^+**), синьої (**A**) та жовтої (**C**) — залежно від pH розчину.

4.1. Користуючись діаграмою, **визначте кольори розчинів**, що містять антоціани та буфер з вказаним pH.

pH 4:	pH 8.7:
pH 6.5:	pH 10.5:
pH 7.8:	

Щомісяця влітку, хімік Маркіян готував буферні розчини, які містили **NaOH** та **H_3PO_4** в різних мольних співвідношеннях: **0,8:1**; **1,7:1** та **2,5:1** відповідно. На кожній ємності була зазначена дата приготування та етикетка зі співвідношенням речовин. Проте, коли згодом він захотів використати ці буферні розчини, він помітив, що етикетки відклеїлися та впали. Не знайшовши в лабораторії індикатора, Маркіян зірвав пелюстку гортензії, яку знайшов надворі, вичавив з неї сік у три окремі пробірки, та додав до них по кілька крапель кожного буферного розчину. Хлопець знав, що пелюстки містять антоціани, тому зміна кольору дала йому змогу з легкістю визначити, який буфер знаходиться в кожній ємності.

4.2. **Розрахуйте** pH 0,2 M розчину NaOH, 0,2 M розчину H_3PO_4, та pH трьох буферних розчинів, приготованих Маркіяном, враховуючи константи кислотності для H_3PO_4: $pKa_1 = 2{,}15$; $pKa_2 = 7{,}2$; $pKa_3 = 12{,}32$.

4.3. **Підпишіть** кожну ємність, указавши відповідне мольне співвідношення NaOH:H_3PO_4.



4.4. **Напишіть рівняння** електронейтральності й матеріального балансу за H_3PO_4 для розчину, що містить NaOH та H_3PO_4.

Мольну частку (α) H_3PO_4 у розчині можна знайти за рівнянням:

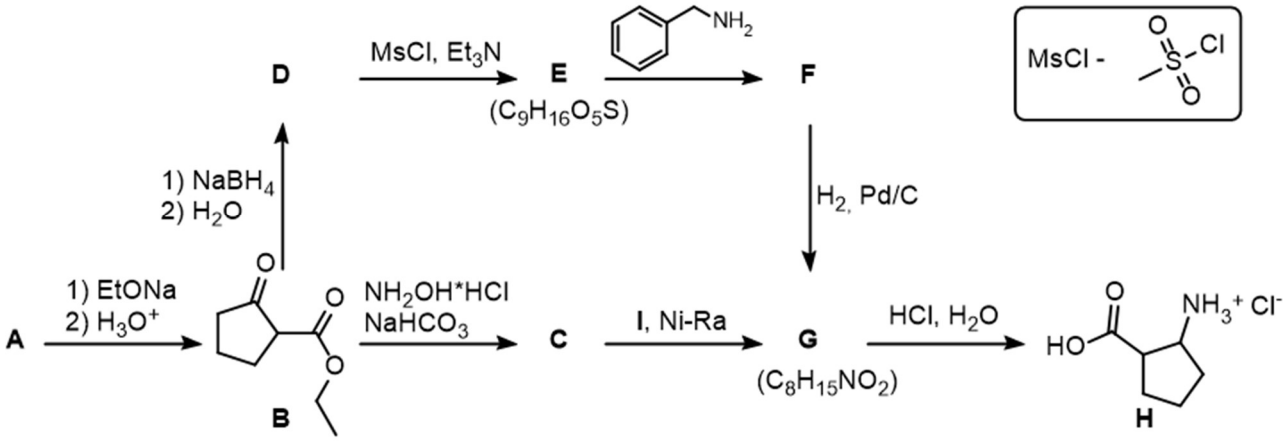
$$\alpha_{H_3PO_4} = \frac{[H^+]^3}{[H^+]^3 + K_{a1}[H^+]^2 + K_{a1}K_{a2}[H^+] + K_{a1}K_{a2}K_{a3}}$$

4.6. **Розрахуйте** концентрацію кожної форми H_3PO_4 в розчині з pH 7,5 та загальною концентрацією H_3PO_4 1,0 моль/л.

Завдання 10.5. Алхімія амінокислот: легенда п'ятигранного каменю

Автор: Бур'янов Володимир

Наведена схема хімічних перетворень є синтезом важливої амінокислоти, яка використовується як будівельний блок в органічному синтезі для фармацевтичних препаратів і в біохімічних дослідженнях, зокрема для створення препаратів на основі пептидів, вивчення інгібіторів ферментів та розробки систем доставки ліків. Її унікальна жорстка структура робить її корисною для розробки пептидів зі специфічними конформаціями, стійкими до ферментативної деградації.



Якщо на сполуку **B** подіяти гідрохлоридом гідроксиламіну у присутності харчової соди, можна одержати сполуку **C**, яка після взаємодії зі сполукою **I** у присутності нікелю Ренея (пористого порошку нікелю, що використовується як каталізатор) призведе до утворення сполуки **G**

5.1. **Вкажіть** кількість хіральних центрів сполуки **H**, **зобразіть** усі стереоізомери із зазначенням конфігурації хіральних центрів за R/S номенклатурою.

5.2. **Розрахуйте** масу та кількість речовини кисню, необхідну для спалювання 10 г сполуки **B**.

5.3. **Який** тиск встановиться в посудині об'ємом 500 мл, якщо в неї помістити обчислену в *пункті 5.2* кількість кисню за температури 0 °C?

5.4. **Вкажіть** структурні формули для зашифрованих сполук **A – I**.

5.5. **Скільки** сигналів у ЯМР-спектрі ^{1}H буде спостерігатися для сполуки **A**. **Вкажіть**, як будуть співвідноситися інтенсивності цих сигналів. *Врахуйте той факт, що кожна група еквівалентних протонів дає один сигнал, а інтенсивність пропорційна кількості протонів*.

Завдання 10.6. Мінерали

Автор: Гавриленко Костянтин

Толбачит – хлорид, рідкісний мінерал вулканічних фумарол золотаво-коричневого кольору, який на повітрі за звичайних умов досить швидко перетворюється на інший мінерал **еріохальцит** (при цьому його маса збільшується на 26,76 %).

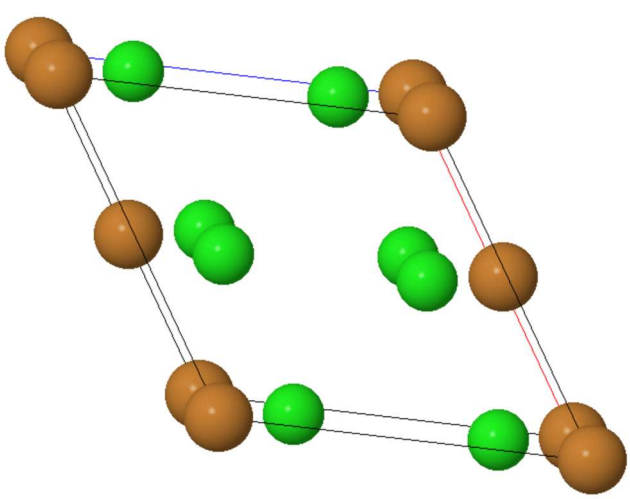


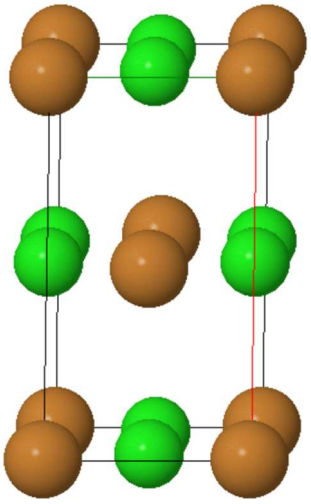
Толбачит



Еріохальцит

Толбачит має моноклінну елементарну комірку (a = 0,6904 нм, b = 0,3300 нм, c = 0,6824 нм, β= 122,197°), декілька проекцій якої зображено нижче:





6.1. ***Розрахуйте*** кількість формульних одиниць в елементарній комірці, її об'єм та елементарну формулу **толбачиту**. *Підказка:* $V_{(моноклінної\ комірки)} = a \cdot b \cdot c \cdot \sin(\beta)$.

6.2. Визначте формулу **толбачиту**, якщо його густина дорівнює 3,42 г/см^3.

6.3. Визначте формулу **еріохальциту**.

Зразок **толбачиту** розчинили у підкисленій воді та додали невеликий надлишок розчину натрій гідроксиду. Осад, що утворився при цьому, відфільтрували, промили та прожарили до сталої маси. Утворений залишок чорного кольору є бінарною сполукою, склад якої ідентичний складу іншого мінералу – **тенориту**.



6.4. Визначте формулу **тенориту**, якщо вміст Оксигену в ньому складає 20,11 %. **Який колір** мав осад до прожарювання?

Деякі зразки мінералу **галіту** з окремих родовищ містять в своєму складі до 10 % домішки **толбачиту**. Зразок **галіту** масою 6,146 г розчинили у воді в мірній колбі на 200,0 мл. На титрування аліквоти (15,00 мл) цього розчину стандартним розчином арґентум(I) нітрату концентрацією 0,466 моль·л$^{-1}$ було витрачено 16,8 мл титранта.

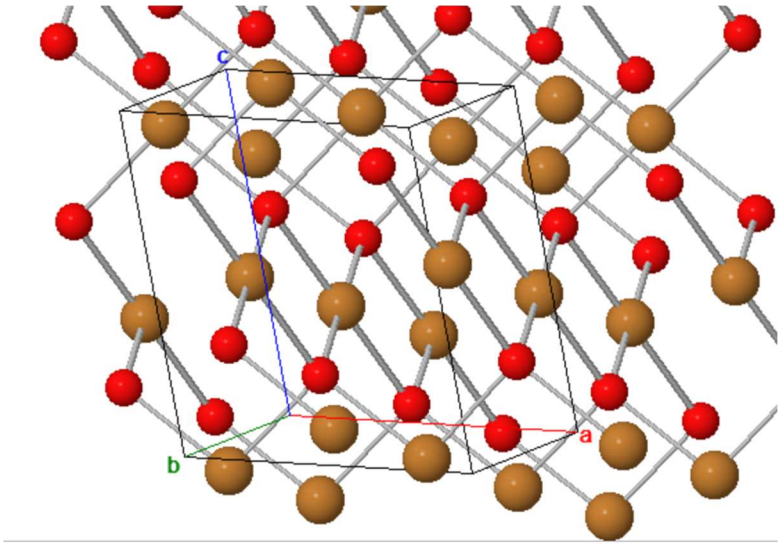


6.5. Запишіть рівняння титрування в іонній формі.

6.6. **Розрахуйте** масову частку **толбачиту** в досліджуваному зразку **галіту**.

6.7. **Запишіть** рівняння реакцій, згаданих в умові — утворення еріохальциту з толбачиту, реакцію толбачиту з натрій гідроксидом, утворення сполуки, ідентичної тенориту

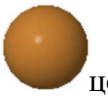
6.8. На рисунку зображено частину кристалічної решітки **тенориту**. ***Визначте,*** які частинки мають червоний та коричневий кольори, їх координаційні числа (КЧ) та геометрію координаційного оточення (ГКО).



 це –

КЧ =

ГКО:

 це –

КЧ =

ГКО:

Завдання 10.7. Всі на Марс!

Автор: Друженко Тетяна

Для космічних місій використовують різні типи пального, зокрема системи LCH_4/LOx (рідкий метан/рідкий кисень), LH_2/LOx (рідкий водень/рідкий кисень) та N_2O_4/UDMH ($N_2O_4/(CH_3)_2NNH_2$).

7.1. **Заповніть таблицю**, вказавши для кожної системи окисник, відновник та рівняння реакції, яка відбувається.

Система	Окисник	Відновник	Реакція
LCH_4/LOx			
LH_2/LOx			
N_2O_4/UDMH			

7.2. **Який** об'єм рідкого кисню (густина 1,14 г/мл) необхідно взяти для повного окиснення 100 л метану (н. у.)?

7.3. **Який** об'єм газоподібного кисню утвориться при випаровуванні 10 мл рідкого кисню за атмосферного тиску і температури -183°C?

Певну суміш метану, водню та надлишку кисню помістили в реактор об'ємом 30 л. Після завершення реакції тиск у реакторі становив 4,115 бар за температури 350°C. При охолодженні реактора до кімнатної температури сконденсувалося 22,5 мл води.

7.4. Визначте мольні частки газів у початковій суміші, якщо її відносна густина за воднем дорівнює 12,9.

Обираючи найефективнішу пару окисник-відновник, інженер NASA вирішив розрахувати теплові ефекти реакції для кожної пари.

7.5. Розрахуйте ентальпії реакцій, наведених Вами у пункті *7.1* (ентальпіями фазових переходів знехтувати).

Сполука	CH_4 (г.)	CO_2 (г.)	H_2O (г.)	N_2O_4 (р.)	UDMH (р.)
$\Delta_f H^o$, кДж/моль	−74,8	−393,5	−241,8	+9,2	+95,0

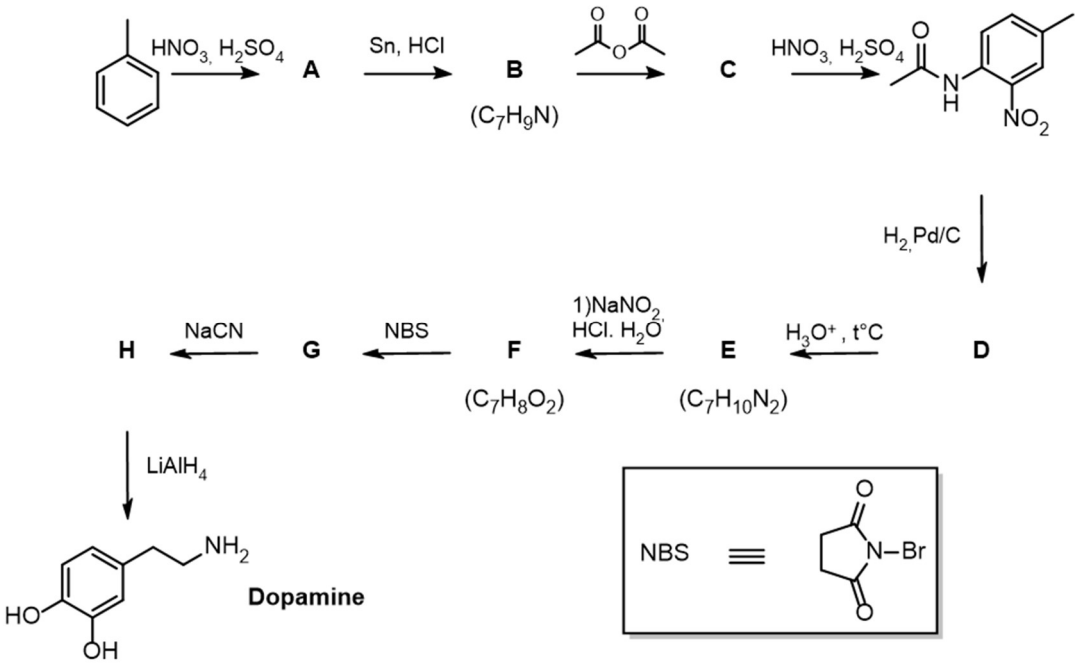
7.6. Розрахуйте питомі теплоти згоряння (кількість виділеної теплоти на одиницю ***маси*** пального) для трьох наведених систем та **визначте**, якій з них відповідає найбільше значення питомої теплоти згоряння.

II тур

Завдання 10.1. Гормон переможця

Автор: Шевченко Єва

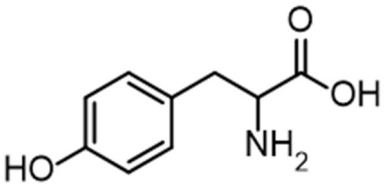
Серед численних молекул, що забезпечують узгоджену роботу нервової системи, дофамін посідає особливе місце. Він бере участь у формуванні мотивації, відчуття задоволення, контролі рухів і когнітивних процесах. Синтез цієї сполуки можна розглядати як послідовність чітко визначених структурних перетворень функціональних груп.



1.1. **Наведіть** будову проміжних речовин схеми синтезу, позначених літерами.

1.2. **Зобразіть** механізми перетворення **G → H** та утворення **A**

В організмі синтез дофаміну відбувається з природної амінокислоти тирозину, зображеної нижче.



1.3. **Скільки** хіральних центрів містять молекули тирозину та дофаміну?

Тирозин -	Дофамін -

1.4. Молекула тирозину містить три функціональні групи. **Назвіть** їх і **розташуйте** за зростанням кислотності.

У розчині тирозину за різних значень pH існують чотири можливі форми амінокислоти - AH^+, A, A^- і A^{2-}.

1.5. **Зобразіть** усі 4 можливі форми тирозину в розчині

Ізоелектрична точка (pI) — це таке значення pH розчину, за якого молекула (наприклад, амінокислота) має сумарний заряд, що дорівнює нулю.

Тирозин має три значення pKa:

$pKa_1 = 2,2$

$pKa_2 = 9,1$

$pKa_3 = 10,1$

1.6. **Визначте** ізоелектричну точку (pI) тирозину та поясніть логіку розрахунку.

Завдання 10.2. Весела електрохімія

Автор: Вєньський Олексій

Гальванічні елементи стали для людства одним із способів опанувати й спрямувати енергію хімічних реакцій. Вони були важливою сходинкою до винайдення й використання акумуляторів. Знання принципів їхньої роботи є необхідною основою для вивчення електрохімії та дозволяє глибше зрозуміти окисно-відновні процеси.

2.1. **Оберіть** найбільш точний опис електродів першого роду.

☐ це інертні електроди (наприклад, платина), занурені у розчин, що містить окисник і відновник.

☐ являють собою метал (або його амальгаму), занурений у розчин, що містить іони цього металу

☐ складаються з металу, зануреного в розчин сильної кислоти.

☐ це електроди, що перебувають у контакті з розчином електроліту та беруть участь в окисно-відновній реакції.

Наступний гальванічний елемент складається з 2-х півкомірок. Перша – хлорсрібний електрод, занурений у 0,5 л 1М розчину калій хлориду, друга – платиновий електрод занурений у 0,5 л розчину, що містить $FeCl_2$ та $FeCl_3$ із концентраціями $C(FeCl_2)$=0,2 М і $C(FeCl_3)$=0,2 М.

Довідкові дані: $E°(Fe^{3+}/Fe^{2+})$ = 0,771 В; $E°(AgCl/Ag^0)$ = 0,222 В

2.2. Вкажіть, який з електродів є катодом, а який – анодом, а також **запишіть** рівняння напівреакцій, що відбуваються на кожному електроді.

2.3. Запишіть схему гальванічного елемента та сумарне рівняння реакції, що відбувається у електрохімічній комірці.

2.4. Розрахуйте стандартну ЕРС описаного гальванічного елемента.

До розчину з хлорсрібним електродом додали 18,64 г KCl, а до розчину солей феруму – 19,01 г $FeCl_2$.

2.5. Обчисліть потенціали кожного електрода та нове значення ЕРС. Вважайте, що температура залишається стандартною.

Оберненим до роботи гальванічного елемента процесом є електроліз. Послідовність перебігу реакцій у розчинах і розплавах також визначається потенціалами відповідних напівреакцій.

Розглянемо водний 0.04 М розчин солі **X** об'ємом 1 л, у який занурено два інертні електроди. Через розчин пропускали струм силою I = 2,3 А протягом t = 43 хв 22 с. У результаті утворилася суміш трьох газів: кисню, водню та невідомого газу **Y**, об'ємна частка якого φ(**Y**) = 35,40%. За нормальних умов густина газової суміші ρ = 1,3085 г/л, а її об'єм V = 1,2656 л. Також відомо, що відношення молярних мас катіона й аніона в солі **X** дорівнює 1,103.

2.6. Розрахуйте об'єм водню (н. у.), що виділився під час електролізу.

2.7. Знайдіть X та **Y**. **Відповідь підтвердить** розрахунком.

Завдання 10.3. Ізотопи під контролем

Автор: Пашко Микола

X і **Y** є ізотопами поширених у природі елементів, проте їхній обіг у багатьох країнах суворо регулюється міжнародними угодами про нерозповсюдження ядерної зброї, оскільки ці нукліди відіграють важливу роль у сучасних ядерних технологіях. Один із цих ізотопів є стабільним і входить до природного ізотопного складу відповідного елемента. Інший у природі утворюється в незначних кількостях під дією космічного випромінювання і через відносно невеликий період напіврозпаду (12,3 року) не накопичується, тому присутній лише в слідових кількостях. У лабораторних умовах його одержують у ядерних реакторах.

Прості речовини, утворені ізотопами **X** та **Y**, здатні взаємодіяти між собою з утворенням сполуки **A**. При розчиненні 0,18 г сполуки **A** у воді утворюється розчин сполуки **B** та виділяється газ **C**. Під час спалювання газу **C** утворюється суміш H_2O, **D** та **E** у мольному співвідношенні приблизно 1:2:1, тоді як при спалюванні простої речовини ізотопу **X** утворюється лише сполука **E**. Після упарювання отриманого розчину **B** утворюється 0,82 г його моногідрату. А на титрування отриманого розчину **B** витрачається 40 мл 0,5М розчину хлоридної кислоти.

3.1. Визначте ізотопи **X** і **Y** та речовини **A**-**E**.

Відомо, що **X** зазнає β^--розпаду. Основним промисловим способом одержання **X** є ядерна реакція **Y** з нейтронами в ядерних реакторах. А у природі слідові кількості **X** можуть утворюватися під час взаємодії космічних нейтронів з ядрами елемента **Z**; при цьому утворюються ядра ^{12}C та **X**.

3.2. Запишіть описані рівняння утворення **X** та рівняння його β^--розпаду.

Через порівняно невеликий період напіврозпаду ізотопу **X** у виробах, що його містять, з часом зменшується його частка, тому такі вироби потребують періодичної заміни ізотопу **X**.

3.3. Визначте час, за який у зразку простої речовини ізотопу **X** з початковою чистотою 98% вона зменшиться до 80%.

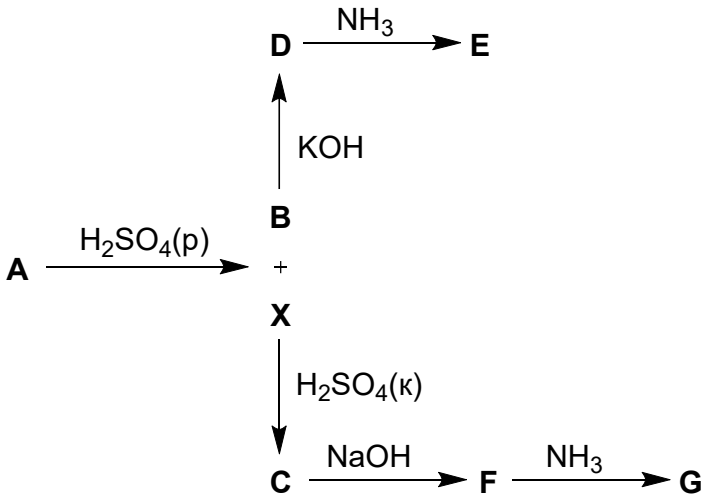
3.4. Поясніть, чому під час спалювання газу **C** співвідношення H_2O, **D** та **E** не є точно рівним 1:2:1, а лише наближеним.

3.5. Обчисліть приблизні мольні частки H_2O, **D** та **E** при спалюванні суміші, у якій мольна частка простої речовини ізотопу **X** становить 40%, а мольна частка **C** — 60%?

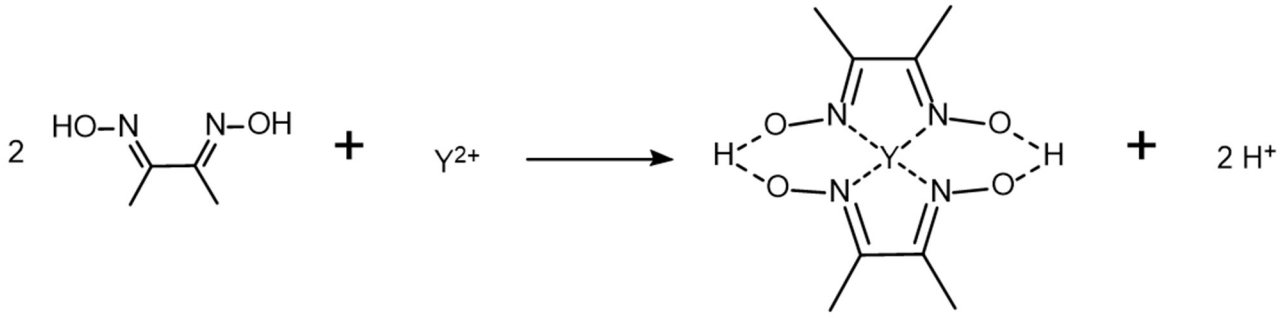
Завдання 10.4. Швейцарський франк

Автор: Філіпов Максим

Сплав **A** містить метали **X** та **Y** і широко використовується для виготовлення посуду, ювелірних прикрас і монет як дешева альтернатива сріблу. Якщо розчинити цей сплав в розбавленій сульфатній кислоті, то утворюється зелений розчин солі **B** з виділенням безбарвного газу без запаху та осад металу **X** золотаво-червоного кольору. Цей метал розчиняється в концентрованій сульфатній кислоті з утворенням яскраво-синього розчину солі **C** і виділенням газу з різким запахом. При додаванні KOH до розчину солі **B** випадає світло-зелений осад **D**, який розчиняється в амоніаку з утворенням синього розчину сполуки **E** (ω(**Y**) = 30,1%). При додаванні NaOH до розчину солі **C** випадає осад **F** світло-блакитного кольору, який розчиняється в амоніаку з утворенням темно-синього розчину речовини **G** (ω(**X**) = 31,5%). Описані реакції наведені на схемі перетворень нижче.



Для аналізу взяли 10 грамів сплаву **A**. Щоб визначити вміст металу **Y** провели реакцію водного розчину солі **B** з диметилгліоксимом. В результаті утворився комплекс металу **Y.** Рівняння реакції комплексоутворення:



4.1. **Визначте** метал **Y**, якщо при реакції з 11,87 г диметилгліоксиму утворилося 14,77 г комплексу.

4.2. **Визначте** вміст металу **Y** у сплаві.

Для визначення металу **X** до розчину солі **C** додали надлишок KI, в результаті чого відбулася зміна ступеня окиснення катіону металу **X** з +2 до +1, і відтитрували утворений розчин натрій тіосульфатом.

4.3. З **чим** реагує натрій тіосульфат при титруванні? **Наведіть** рівняння реакції.

4.4. **Визначте** метал **X**, якщо на титрування було витрачено 17,42 г натрій тіосульфату.

4.5. **Визначте** зашифровані речовини **B**-**G**.

4.6. **Наведіть** рівняння реакцій, наведених на схемі перетворень в умові задачі.

4.7. **Наведіть** структурні формули речовин **E** і **G**.

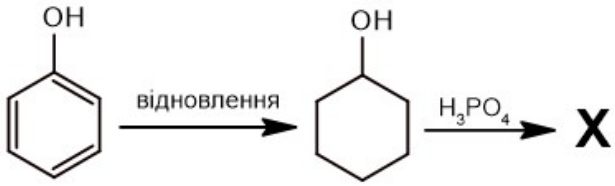
Завдання 10.5. Невідомий вуглеводень та трохи стереохімії

Автор: Коломоєць Сергій

Вуглеводень **X** має важливе промислове значення та використовується у виробництві лікарських засобів. Крім того, завдяки низькій токсичності його застосовують як ароматизатор харчових продуктів. Під час повного згоряння 10,00 г цього вуглеводню утворилася газова суміш. Після її охолодження до нормальних умов залишилося 16,36 л газу, а також сконденсувалося 10,96 мл води.

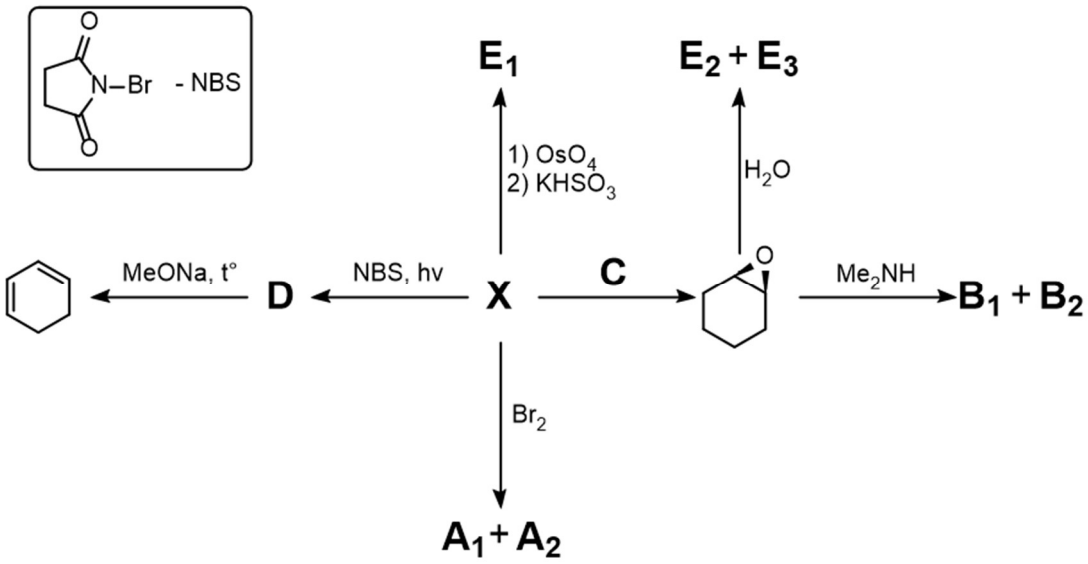
5.1. **Розрахуйте** брутто-формулу вуглеводню **X**.

У промисловості вуглеводень **X** одержують у кілька стадій. На одній із них фенол відновлюють до циклогексанолу, який, у свою чергу, піддають взаємодії з ортофосфатною кислотою.



5.2. **Наведіть** структурну формулу вуглеводню **X** та запропонуйте реагенти для відновлення фенолу.

Вуглеводень **X** є доволі реакційноздатним і може вступати в низку хімічних перетворень, зокрема наведених на схемі нижче.



Під час його бромування утворюється суміш стереоізомерів **A₁** та **A₂**. За реакційних умов **C** з **X** утворюється епоксид, взаємодія якого з диметиламіном призводить до утворення сполук **B₁** та **B₂**. При взаємодії цього епоксиду з водою утворюється інша суміш продуктів, що є стереоізомерами сполуки, яка утворюється під час реакції **X** з осмій оксидом. Під дією ультрафіолетового випромінювання в присутності NBS вуглеводень **X** перетворюється на сполуку **D**; її взаємодія з натрій метоксидом за високої температури призводить до утворення циклогекс-1,3-дієну.

5.3. **Наведіть** формули невідомих речовин **A–D** та запропонуйте реакційні умови **C**. **Укажіть** абсолютні конфігурації всіх стереоцентрів за R/S-номенклатурою.

5.4. **Чому** під час реакції **X** з осмій оксидом не утворюється суміш стереоізомерів?

5.5. **Як співвідносяться** наведені пари стереоізомерів: як енантіомери чи як діастереомери?

A₁ та A₂:	***B₁ та B₂:***
E₁ та E₃:	***E₂ та E₃:***

5.6. **Наведіть** механізм утворення **A₁** та **A₂** і **поясніть**, чому продуктом таких реакцій є суміш стереоізомерів.

5.7. За яким механізмом утворюється циклогекс-1,3-дієн у результаті реакції сполуки **D** з NaOMe? **Виберіть** правильний варіант.

- ☐ S_N1
- ☐ S_N2
- ☐ E1
- ☐ E2
- ☐ S_NAr

LX Всеукраїнська олімпіада з хімії, 3-й етап

Завдання 10.6. Термохімічні розрахунки

Автор: Зайченко Михайло

Закон Гесса є одним із фундаментальних законів хімічної термодинаміки. На його основі ґрунтуються методи визначення термодинамічних параметрів процесів, для яких пряме калориметричне вимірювання є неможливим.

Під час спалювання 2 г метанолу виділяється 45,38 кДж теплоти.

6.1. **Наведіть** термохімічне рівняння описаної реакції та **розрахуйте** стандартний молярний тепловий ефект цієї реакції. **Укажіть**, чи є ця реакція екзотермічною чи ендотермічною. Вважайте, що всі речовини перебувають в агрегатних станах, які відповідають стандартним умовам.

Одним із способів розрахунку теплового ефекту реакції є використання енергій зв'язків, які утворюються та руйнуються в процесі.

6.2. **Розрахуйте** стандартні ентальпії утворення CO_2(г) та H_2O(р) за енергіями зв'язків. Врахуйте, що енергії зв'язків визначені для газоподібних речовин.

$\Delta H_{\text{сублімації}}$ C= 717 кДж/моль, $\Delta H_{\text{конденсації}}$ H_2O = - 44 кДж/моль, E_{H-H}= 436 кДж/моль, $E_{O=O}$= 498 кДж/моль, E_{O-H}= 463 кДж/моль, $E_{C=O}$= 803 кДж/моль.

$$H_2(г) + \frac{1}{2}O_2(г) \rightarrow H_2O(р)$$

$$C(тв) + O_2(г) \rightarrow CO_2(г)$$

6.3. **Розрахуйте** стандартну ентальпію утворення метанолу CH_3OH(р).

Відновлення ферум(III) оксиду чадним газом є важливим промисловим процесом добування заліза.

$$Fe_2O_3(тв) + 3CO(г) \rightarrow 2Fe(тв) + 3CO_2(г)$$

6.4. **Розрахуйте** зміну ентальпії цього перетворення, якщо:

$$(1)\ 3Fe_2O_3(тв) + CO(г) \rightarrow 2Fe_3O_4(тв) + CO_2(г) \quad \Delta H_1 = -47{,}2 \text{ кДж/моль}$$

$$(2)\ Fe_3O_4(тв) + CO(г) \rightarrow 3FeO(тв) + CO_2(г) \quad \Delta H_2 = +19{,}4 \text{ кДж/моль}$$

$$(3)\ FeO(тв) + CO(г) \rightarrow Fe(тв) + CO_2(г) \quad \Delta H_3 = -11{,}0 \text{ кДж/моль}$$

Ще одним методом розрахунку теплового ефекту реакції є використання стандартних ентальпій згоряння.

6.5. **Розрахуйте** зміну ентальпії наведеної нижче реакції, якщо $\Delta H^0_{\text{згоряння}}(CO)$= - 283 кДж/моль. *Якщо Вам не вдалося розв'язати попередні пункти, використовуйте такі значення:* $\Delta H^0_{\text{згоряння}}(CH_3OH)$=-700 кДж/моль, $\Delta H^0_{\text{згоряння}}(H_2)$= - 300 кДж/моль.

$$2H_2(г) + CO(г) \rightarrow CH_3OH(р)$$

6.6. Яку назву має суміш H_2 та CO? **Виберіть** правильний варіант.

☐ Деревний газ ☐ Гримучий газ ☐ Коксовий газ

☐ Синтез-газ ☐ Природний газ

LX Всеукраїнська олімпіада з хімії, 3-й етап

Завдання 10.7. Сплав

Автор: Алексєєв Сергій

Зразок відходів металів містить мідь, залізо, хром, цинк та домішки, що не впливають на хід аналізу. Цей зразок масою 1,0000 г розчинили в суміші концентрованих нітратної та хлоридної кислот. Після розчинення додали 5 мл концентрованої сульфатної кислоти; для переведення речовин у сульфати розчин випарили до утворення білих парів. Залишок розчинили у воді та довели об'єм до мітки у мірній колбі на 100 мл (**розчин №1**).

7.1. Напишіть рівняння реакцій, що відбуваються

До аліквоти 20 мл отриманого **розчину №1** додали надлишок калій йодиду, витримали протягом 5 хв та відтитрували 0,05М розчином $Na_2S_2O_3$, якого витратилося 23,3 мл. До іншої такої самої аліквоти додали надлишок натрій фториду, який утворює комплекс із Fe^{3+} (масова частка флуору в аніоні 67,1%), та калій йодид. Цього разу на титрування витратилося 12,6 мл 0,05М розчину $Na_2S_2O_3$.

7.2. Напишіть рівняння реакцій, що відбуваються в **іонному вигляді,** та **розрахуйте** вміст міді й заліза у зразку.

До аліквоти 5 мл **розчину №1** додали надлишок NaOH та H_2O_2, суміш прокип'ятили, після чого відфільтрували. Фільтрат і промивні води зібрали у мірну колбу та довели об'єм до 200 мл; виміряли оптичну густину при 380 нм у кюветі 1 см, вона становила A = 0,680.

Коли аналогічну обробку NaOH та H_2O_2 провели для 5 мл розчину, що містив 0,05 мг/мл іонів Cr^{+3}, отриманий розчин зібрали у мірну колбу та довели об'єм до 25 мл і виміряли оптичну густину у кюветі 2 см, вона становила A = 0,400.

7.3. Напишіть рівняння реакцій, що відбуваються в **іонному вигляді,** та **розрахуйте** вміст хрому в зразку.

До аліквоти 15 мл **розчину №1** додали 20 мл 0,10М стандартного розчину EDTA та надлишок розчину натрій ацетату, після чого прокип'ятили, додали декілька крапель індикатора піридилазонафтолу і відтитрували 0,025М розчином $ZnSO_4$ до переходу жовтого забарвлення в рожеве. На титрування витратили 7,3 мл розчину.

7.4. Встановіть вміст цинку у зразку.

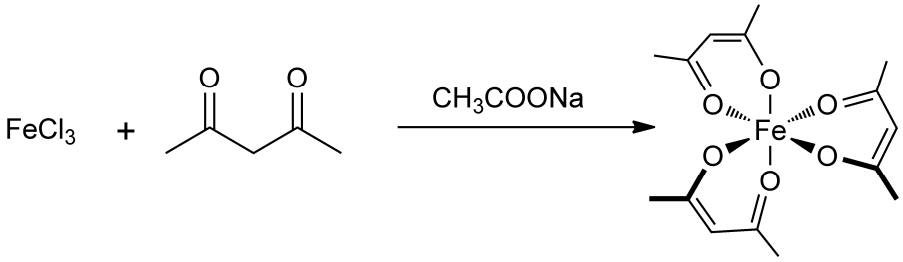
Практичний тур

Завдання 1. Синтез ацетилацетонатного комплексу феруму(III)

Автор: Ляпунов Олександр

Деякі координаційні сполуки настільки невибагливі, що утворюються майже за будь-яких температур, концентрацій та pH середовища (занадто просто). Інші, навпаки, вимагають максимально точного контролю умов (занадто складно). Ацетилацетонат феруму(III) – якраз золота середина: правильне співвідношення реагентів та «вікно» pH, трохи зусиль – і продукт ваш!

LX Всеукраїнська олімпіада з хімії, 3-й етап



Взаємодія солей феруму(III) з ацетилацетоном відбувається у водно-спиртовому середовищі в присутності натрій ацетату.

Реактиви на робочому місці

Назва	Стан	Концентрація	Кількість	Маркування
Ацетилацетон	Рідина	Чиста речовина	3 мл	Acac
Ферум(III) хлорид	Водний розчин	0,4 г/мл	5 мл	$FeCl_3$
Етанол	Рідина	Чиста речовина	50 мл	Етанол
Натрій ацетат	Тверда речовина	Чиста речовина	2,55 г	CH_3COONa

Перелік обладнання та посуду на робочому місці

1. Скляна паличка – 1 од.
2. Піпетка з поділками на 2 мл – 1 од.
3. Піпетка з поділками на 5 мл – 2 од.
4. Піпетка з поділками на 10 мл – 1 од.
5. Груша гумова – 1 од.
6. Промивалка з дистильованою водою – 1 од.
7. Шпатель – 1 од.
8. Стакан на 50 мл – 1 од.
9. Стакан на 100 мл – 1 од.
10. Шприц з фільтром – 1 од.
11. Лапка з муфтою – 1 од.
12. Пінцет – 1 од.
13. Чашка Петрі – 1 од.
14. Фольга – 1 од.

Перелік обладнання загального користування *(за потреби зверніться до спостерігача)*

1. Ваги
2. Сушильна шафа
3. Шомпол
4. Маркери

Хід роботи

1. Віала на робочому місці з написом «CH_3COONa» містить наважку натрій ацетату масою 2,55 г. Відміряйте 7,5 мл дистильованої води за допомогою піпетки з поділками на 10 мл та перенесіть її безпосередньо у віалу. Перемішуйте скляною паличкою до повного розчинення твердої фази.
2. Відміряйте 2 мл розчину $FeCl_3$ за допомогою піпетки з поділками на 2 мл та перенесіть у стакан на 50 мл.
3. Відміряйте 5 мл етанолу за допомогою піпетки з поділками на 5 мл та додайте його у цей же стакан.
4. Відміряйте 2,5 мл ацетилацетону (густина 0,975 г/мл) за допомогою піпетки з поділками на 5 мл та по краплях додайте його до суміші.
5. При постійному перемішуванні скляною паличкою додайте до реакційної маси готовий розчин натрій ацетату та перемішуйте ще 1 хвилину.
6. Витягніть скляну паличку, закрийте стакан фольгою та залиште щонайменше на 30 хвилин. **За цей час ви можете виконувати завдання №2.**
7. Підпишіть чашку Петрі своїм кодом робочого місця, зважте та запишіть її масу у Таблицю 1.
8. Через 30 хвилин відфільтруйте продукт, використовуючи шприц з мембраною, як описано нижче.
9. Процедура фільтрування:

9.15 Закріпіть шприц у лапці штативу. Порожній стакан на 100 мл помістіть під шприцом.
9.16 Фільтруюча мембрана вже встановлена у шприц. Змочіть її невеликою кількістю води.
9.17 Налийте суспензію до рівня ~5 мм нижче отвору.
9.18 Встановіть поршень.
9.19 Закрийте пальцем отвір та натискайте на поршень.
9.20 Зупиніть поршень ДО досягнення отвору.
9.21 Відкрийте отвір та підніміть поршень у найвище положення.
9.22 Повторюйте пункти 9.5–9.7 до видалення більшої частини рідини.
9.23 Відкрийте отвір, витягніть поршень та долийте залишки суспензії.
9.24 Повторіть пункти 9.5–9.7.
9.25 Змийте залишки осаду зі стінок стакана водою та перелийте суспензію у шприц для фільтрування та повторіть пункти 9.5–9.7.
9.26 Виконайте промивання: відкрийте отвір, витягніть поршень, додайте дистильовану воду майже до отвору, повторіть пункти 9.5–9.7. Цей пункт виконайте 3 рази.
9.27 Просушіть осад: повторіть пункти 9.5–9.7 10-15 разів. Таким чином ви прокачуєте повітря через осад, висушуючи його.
9.28 Опустіть поршень до рівня ~5 мм **вище** осаду. Зніміть шприц і, тримаючи його горизонтально закрийте пальцем отвір. Різким, але обережним рухом потягніть поршень. Осад має відокремитись і зсунутись за поршнем. Якщо цього не сталось, все одно переходьте до наступного пункту.
9.29 Тримаючи шприц над чашкою Петрі, обережно витягніть поршень. Шомполом виштовхніть мембрану з осадом на чашку Петрі, перенесіть шпателем залишки осаду.

10. Віддайте спостерігачу продукт на чашці Петрі для висушування протягом 1 години. Вкажіть час початку висушування на чашці Петрі. **За цей час ви можете виконуйте завдання №2.**
11. Через 1 годину отримайте чашку Петрі, обережно відділіть мембрану за допомогою шпателя та пінцета, зважте чашку Петрі з продуктом. Ще раз насолодіться красою комплексу! Залиште чашку Петрі з продуктом на своєму робочому місці.
12. Заповніть Таблицю 1 та розрахуйте вихід.

Таблиця 1

Параметр	**Значення**
Маса чашки Петрі, (г)	
Маса чашки Петрі з продуктом, (г)	
Маса продукту, (г)	
Вихід, (%)	

Завдання 2. Вивчення кінетики окиснення етанолу хромат-іонами у кислому середовищі

Автор: Ляпунов Олександр

Вивчення механізму окиснення спиртів сполуками хрому(VI) у кислому середовищі мало величезний внесок у розвиток синтетичної органічної хімії (наприклад, реагент Джонса). Процес включає утворення естеру хромової кислоти, проміжних сполук хрому(IV) та хрому(V) і врешті приводить до карбонільної сполуки та солі хрому(III):

$$3R_1R_2CHOH + 2HCrO_4^- + 8H^+ \rightarrow 3R_1R_2CO + 2Cr^{3+} + 8H_2O$$

З урахуванням швидкістьлімітуючої стадії загальне кінетичне рівняння має вигляд (**1**), але за використання великого надлишку спирту в сильнокислому середовищі рівняння спрощується до вигляду (**2**):

$$V = k_1[ROH][HCrO_4^-][H^+]^2 \text{ (1)};$$

$$V = k_2[HCrO_4^-] \text{ (2)}$$

Константу швидкості визначають, вимірюючи концентрацію гідрогенхромату методом «квенчінгу»: аліквоти реакційної суміші відбирають через певні проміжки часу та швидко додають до розчину KI. Йод, що кількісно виділився, відтитровують тіосульфатом. Таким чином, ми одразу визначаємо поточну концентрацію $HCrO_4^-$, що суттєво спрощує розрахунки.

Реактиви на робочому місці

Назва	Стан	Концентрація	Кількість	Маркування
Калій дихромат в хлоридній кислоті	Водний розчин	$5\cdot10^{-3}$M/3,6M	150 мл	$K_2Cr_2O_7$/HCl
Натрій тіосульфат	Водний розчин		150 мл	$Na_2S_2O_3$
Калій йодид	Водний розчин	10%	50 мл	KI
Крохмаль	Водний розчин	1%	8 мл	Крохмаль
Етанол	Рідина	Чиста речовина	50 мл	Етанол

Перелік обладнання та посуду на робочому місці

1. Бюретка на 25 мл, закріплена у штативі – 1 од.
2. Лійка для бюретки – 1 од.
3. Колба конічна на 250 мл – 2 од.
4. Пляшка з закруткою на 110 мл – 1 од.
5. Мірний циліндр на 100 мл – 1 од.
6. Пробірка з поділками на 10 мл – 1 од.
7. Піпетка з поділками на 2 мл – 1 од.
8. Піпетка Мора на 10 мл – 1 од.
9. Піпетка Пастера на 3 мл – 1 од.
10. Стакан на 50 мл – 1 од.
11. Груша гумова – 1 од.
12. Промивалка з дистильованою водою – 1 од.
13. Секундомір – 1 од.

Перелік обладнання загального користування (*за потреби зверніться до спостерігача*)

Термометр цифровий

Хід роботи

1. Злийте з бюретки дистильовану воду та промийте її робочим розчином натрій тіосульфату.
2. Наповніть бюретку робочим розчином натрій тіосульфату за допомогою лійки. Точна концентрація вказана на столі загального користування. Носик бюретки не має містити повітря. Доведіть рівень робочого розчину до відмітки «0» за нижнім меніском. Точна концентрація вказана на дошці, **перепишіть** її у таблицю з переліком реактивів.
3. Відміряйте 100 мл розчину $K_2Cr_2O_7$/HCl за допомогою мірного циліндра на 100 мл та перелийте його у пляшку на 110 мл.

4. Відміряйте 2 мл етанолу піпеткою з поділками на 2 мл.
5. Перенесіть етанол у пляшку з розчином дихромату, швидко закрийте кришкою, перемішайте та увімкніть секундомір (**кнопка D або 1**).
6. У чисту колбу для титрування відміряйте 5 мл 10% розчину KI за допомогою пробірки з поділками.
7. Приблизно за 1 хвилину до моменту відбору першої проби наберіть у піпетку Мора на 10 мл реакційну масу, встановіть нижній меніск на риску.
8. Перенесіть вміст піпетки Мора (10,0 мл) у конічну колбу, де вже знаходиться розчин KI. В момент потрапляння перших крапель у конічну колбу натисніть **кнопку S або 2** – це буде точний час відбору проби.
9. Добре перемішайте вміст колби, за необхідності змийте краплі зі стінок дистильованою водою.
10. Титруйте вміст колби робочим розчином натрій тіосульфату до жовто-зеленого забарвлення розчину. Внесіть 1 мл розчину крохмалю пластиковою піпеткою Пастера до появи характерного синього забарвлення й продовжуйте титрувати робочим розчином до блідого синьо-зеленого забарвлення.
11. Запишіть у таблицю значення часу на секундомірі та ще раз натисніть **кнопку S або 2**.
12. Вимийте колбу та повторіть пункти 6-11 ще 6-8 разів*.
13. Заповніть Таблицю 2.
14. За одержаними даними побудуйте графік, відкладаючи на осі абсцис "**час" (секунди)**, а на осі ординат "**$-\ln[HCrO_4^-]$**".**
15. Знайдіть тангенс кута нахилу прямої до осі часу та обчисліть константу швидкості реакції за рівнянням $\boldsymbol{k = tg\alpha}$. Зазначте температуру, за якої виконувалося дослідження.

Значення константи швидкості у форматі **X,XX·10^{XX}**	
Розмірність константи швидкості	

Температура _____ °C.

Примітки:

*максимальний час на виконання експерименту становить 60–65 хвилин, протягом яких ви можете відтитрувати до 9 проб з інтервалами 5 хвилин. Відберіть першу пробу через 5 хвилин від початку експерименту, наступні – з інтервалом ~5 хвилин.

**чим більше точок ви зможете відтитрувати за час експерименту, тим якісніші експериментальні дані отримаєте. Працюйте швидко, але акуратно.

Таблиця 2

№	Об'єм $Na_2S_2O_3$, мл	Кількість молів			$[HCrO_4^-]$, моль/л	$-\ln[HCrO_4^-]$	Час, хв:сс	Час, с
		$Na_2S_2O_3$	I_2	$HCrO_4^-$				
1								
2								
3								
4								

5								
6								
7								
8								
9								

11 клас
I тур

Завдання 11.1. Дигалогенопропани

Автор: Григоренко Олександр

Сполуки **A**, **B** та **C** мають брутто-формулу C_3H_6XY, де галогени X та Y – це Cl або Br (X та Y можуть бути однаковими або різними).

1.1. **Запишіть** структурні формули усіх можливих сполук, що відповідають наведеній вище умові. Візьміть до уваги їх стереохімічні особливості (за наявності).

1.2. Вам надано ^{1}H ЯМР спектри сполук **A** – **C** та фрагменти їх мас-спектрів, що відповідають молекулярним іонам. Також відомо, що сполуки **B** та **C** мають (S)-конфігурацію. Використовуючи усі наявні дані, **встановіть** структурні формули сполук **A**–**C**.

1.3. **Проведіть** співвіднесення хімічних зсувів сигналів у ^{1}H ЯМР спектрі сполуки **B** та груп CH_3, CH_2 та CH в її структурі, яку ви навели у п. 2. Також **вкажіть** мультиплетність сигналів.

Хімічний зсув сигналу, м.ч.	5.46	2.55	2.19	1.25
Група атомів (CH_3, CH_2 або CH)				
Мультиплетність				

1.4. **Поясніть**, чому одній з груп атомів Гідрогену у ^{1}H ЯМР спектрі сполуки **B** відповідають два різних сигнали. **Яка** це група?

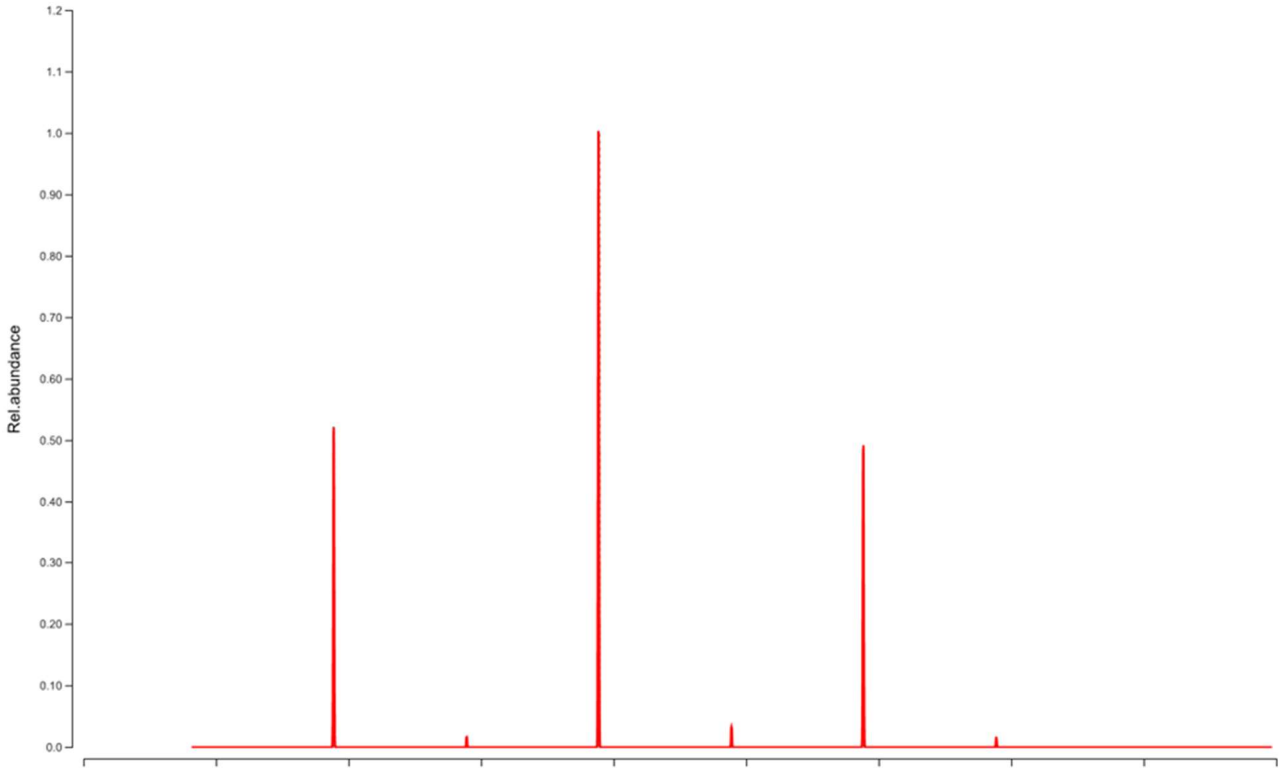
Добре відомо, що у природі Хлор має два основні ізотопи ^{35}Cl та ^{37}Cl, що зустрічаються у співвідношенні приблизно 3:1, а Бром – ^{79}Br та ^{81}Br, що зустрічаються у співвідношенні приблизно 1:1.

1.5. Виходячи з наведених даних щодо ізотопного розподілу, **розрахуйте** відносні інтенсивності трьох найбільших піків у наведеному фрагменті мас-спектру сполуки **B**. За одиницю візьміть

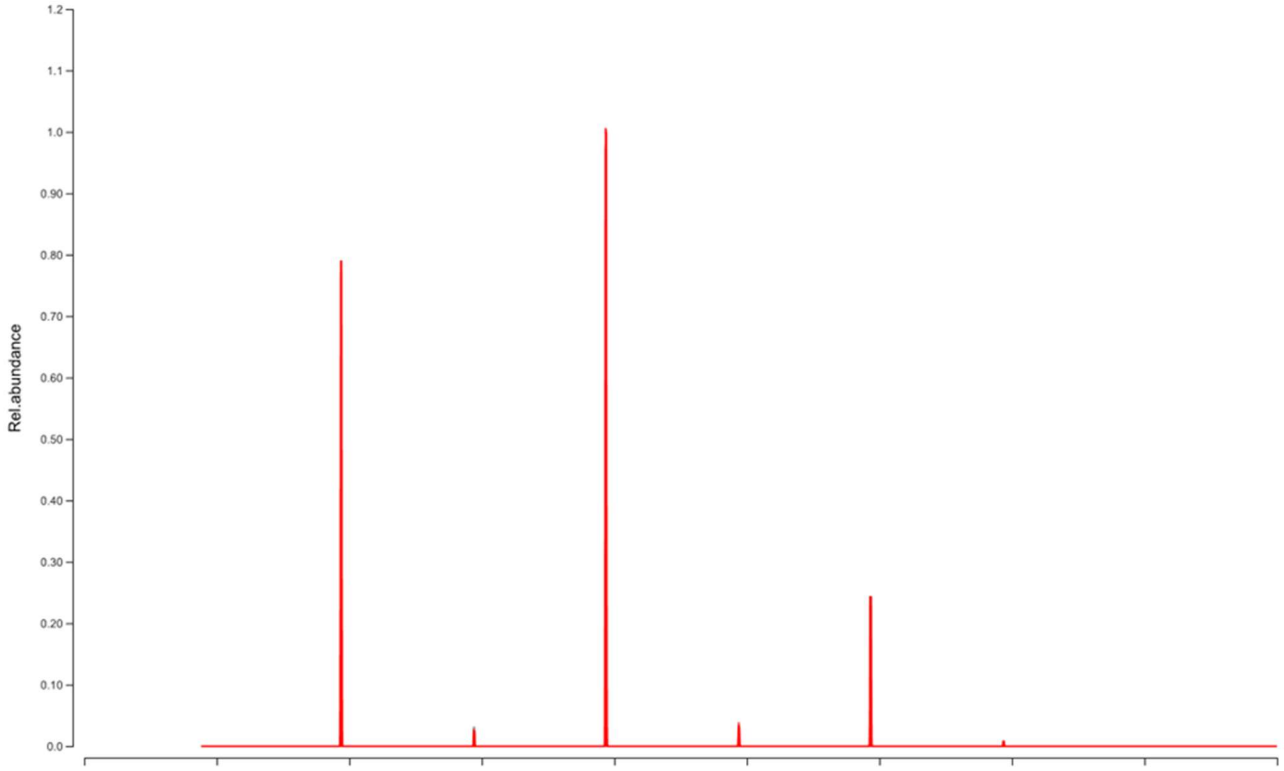
значення інтенсивності найменш інтенсивного з трьох піків. Також **наведіть** значення *m*/*z*, що їм відповідають, з точністю до цілих. Відповіді подавайте у порядку збільшення значення *m*/*z*.

№ піку	*m*/*z*	Відносна інтенсивність
1		
2		
3		

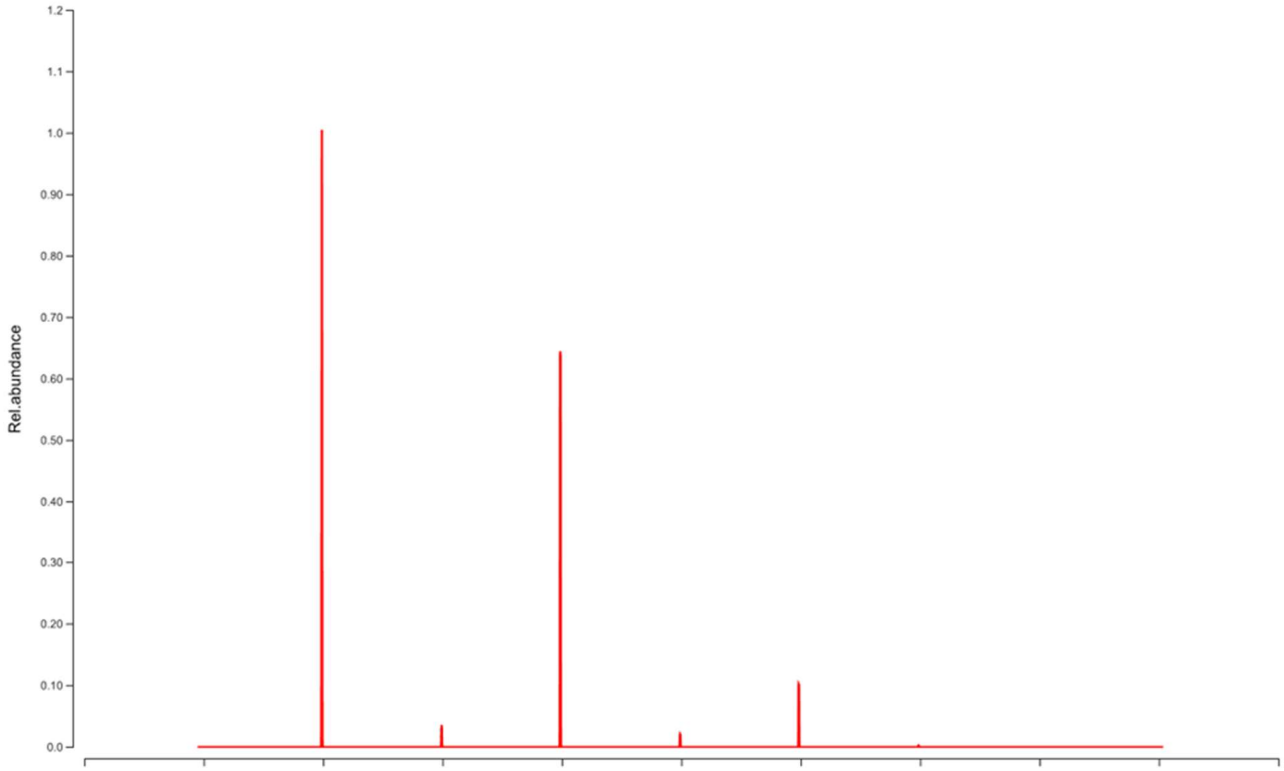
Фрагмент мас-спектру сполуки **A**, що відповідає молекулярному йону



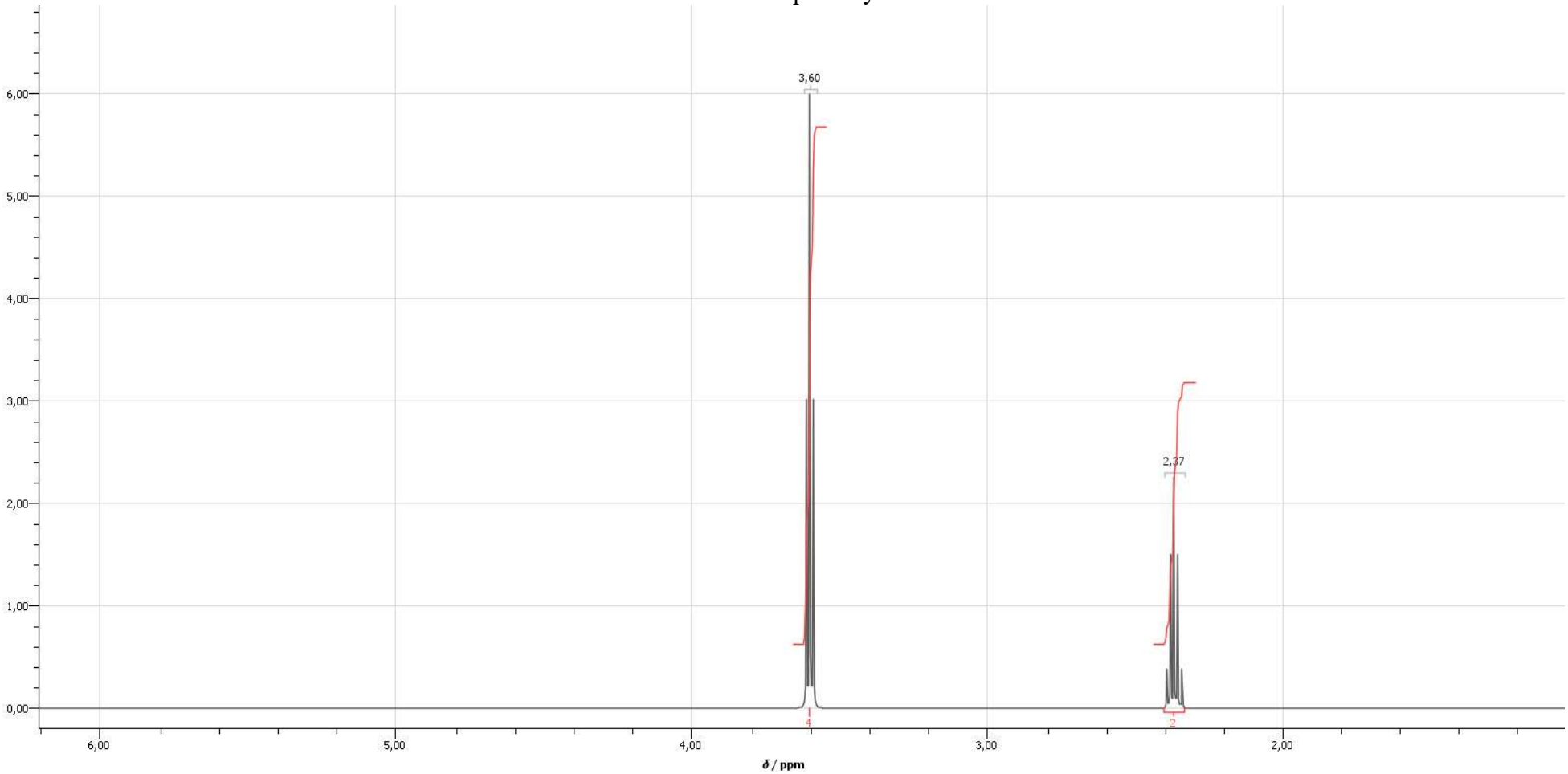
Фрагмент мас-спектру сполуки **B**, що відповідає молекулярному йону



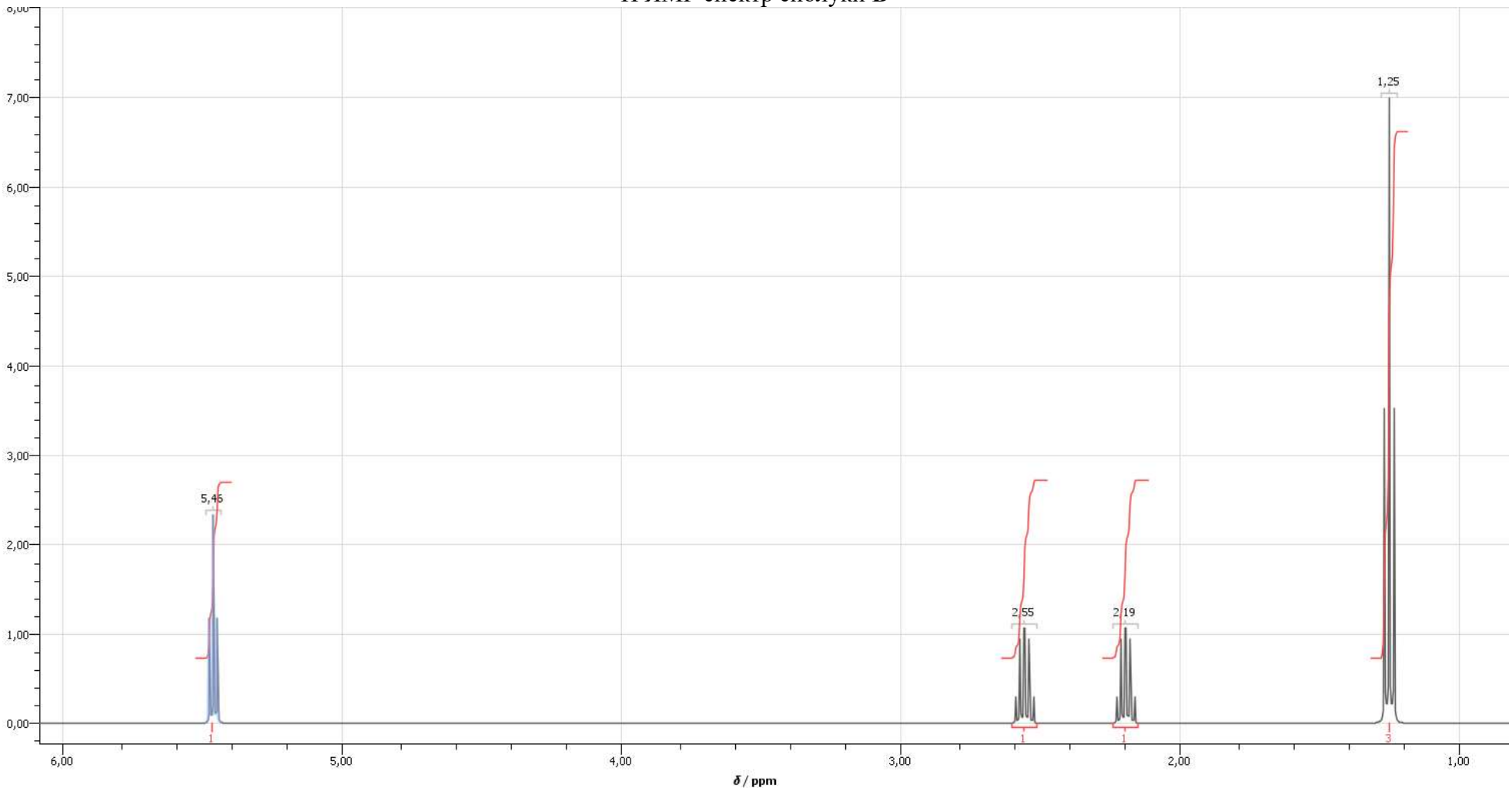
Фрагмент мас-спектру сполуки **C**, що відповідає молекулярному йону



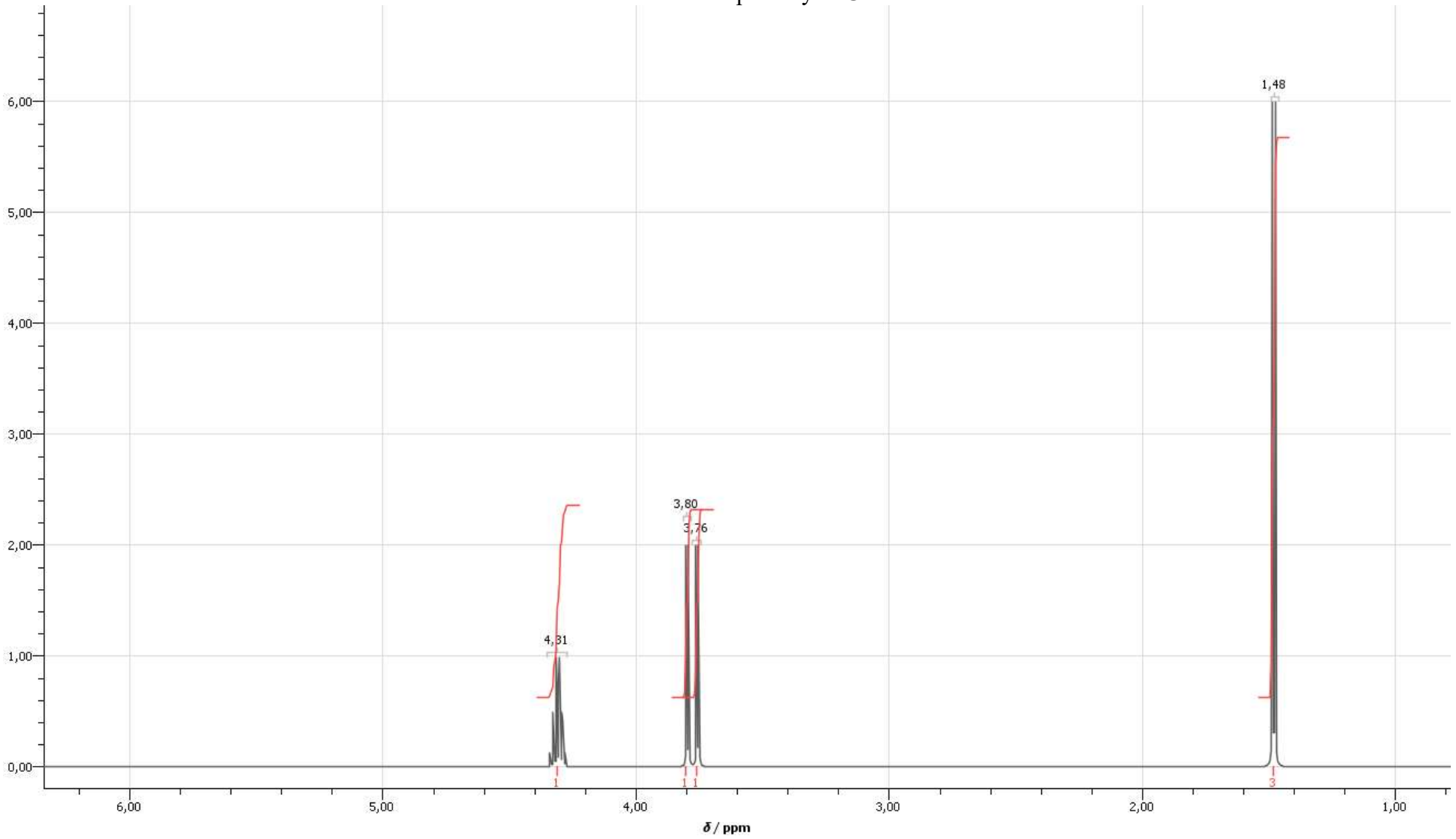
^{1}H ЯМР спектр сполуки **A**



^{1}H ЯМР спектр сполуки **B**



^{1}H ЯМР спектр сполуки **C**



Завдання 11.2. Прагнення неба

Автор: Друженко Тетяна

Люди споконвіку прагнули піднятися в небо. Одним з перших кроків у цьому напрямі став винахід братів Монгольф'є (1783 рік) – повітряна куля, підйомна сила якої зумовлена різницею температур повітря зовні та всередині оболонки. Побоюючись за власне життя, винахідники здійснили демонстраційний політ із тваринами – півнем, вівцею та качкою.

2.1. Оцініть температуру, до якої необхідно нагріти повітря **всередині** повітряної кулі, щоб вона почала підніматися.

Маса повітряної кулі без навантаження складала 225 кг, маса вівці – 60 кг, маси півня і качки – по 3 кг. Об'єм кулі становить 800 м^3. Температура зовнішнього повітря +14ºС (287К), тиск 1 атм (101325 Па). Для довідки: $mg = \Delta\rho gV$, середня молярна маса повітря – 29 г/моль (0,029 кг/моль).

Недоліком монгольф'єрів є зменшення підйомної сили під час охолодження повітря та значні розміри апаратів. Альтернативою стали шарльєри – повітряні кулі, заповнені воднем, запропоновані Жаком Шарлем (1783 рік).

2.2. Оцініть мінімальний об'єм кулі, заповненої воднем, необхідний для підняття того самого вантажу за тих самих умов.

Переломним моментом в історії літальних апаратів стала катастрофа дирижабля «Гінденбург» 6 травня 1937 року. Причиною пожежі, яка забрала життя 36 осіб, стало займання водню. Згодом інертний гелій майже повністю витіснив вибухонебезпечний водень зі сфери пасажирських повітряних куль та цепелінів, однак водень і сьогодні використовують для запуску легких безпілотних метеозондів. Оскільки балони з газом важкі та незручні для транспортування, у польових умовах для заповнення повітряних куль воднем використовують… консервований кальцій!

2.3. Запишіть рівняння реакції, що відбувається при додаванні кальцію до води.

2.4. Яка маса кальцію необхідна, аби отримати достатньо водню для запуску мететеозонда масою 2 кг за нормальних умов (температура навколишнього повітря 0ºС, тиск 1 атм)? Відповідь підтвердіть розрахунком.

Для одержання водню також застосовують сплави, які вбирають водень за високого тиску, а при нагріванні вивільняють його. Одним із таких є нікель-лантановий сплав **X**, який утворює гідрид **Y**.

2.5. Запишіть рівняння реакцій нікелю та лантану з хлоридною кислотою.

2.6. Визначте брутто-формулу нікель-лантанового сплаву **X**, якщо при розчиненні зразка сплаву масою 753,2 мг у надлишку хлоридної кислоти виділилося 190,4 мл (н. у.) водню.

2.7. Визначте брутто-формулу гідриду **Y**, якщо при витримуванні наважки нікель-лантанового сплаву **X** масою 753,2 мг в атмосфері водню її маса зросла до 759,3 мг.

LX Всеукраїнська олімпіада з хімії, 3-й етап

Завдання 11.3. Кобальтвмісний кальцит

Автор: Гавриленко Костянтин





Мінерали кальцит ($CaCO_3$) та сферокобальтит ($CoCO_3$) утворюють безперервний ряд твердих розчинів зі змінним вмістом кобальту та кальцію – так званий кобальтовмісний кальцит. Ці тверді розчини часто зустрічаються в природі у вигляді красивих зразків різноманітних відтінків рожевого та червоного кольорів, які ще й чудово флюоресціюють в ультрафіолетовому випромінюванні.

3.1. Запишіть загальну формулу кобальтовмісного кальциту.

Для визначення складу зразку кобальтовмісного кальциту, його наважку масою 8,0000 г розділили на дві рівних частини. Одну з них розчинили в хлоридній кислоті. Нерозчинний залишок відфільтрували. Після висушування його маса становить 0,2500 г. Другу частину наважки прожарювали до сталої маси за температури 1000°C в інертному середовищі. Маса залишку після розкладу становить 2,5309 г. (нерозчинні домішки за цих умов не розкладаються).

3.2. Запишіть іонні рівняння розчинення кальциту та сферокобальтиту в хлоридній кислоті.

3.3. Запишіть рівняння термічного розкладу кальциту та сферокобальтиту.

3.4. Розрахуйте мольний вміст Кальцію та Кобальту в зразку кобальтовмісного кальциту та запишіть його формулу. Вважайте, що всі домішки не взаємодіють з хлоридною кислотою та не розкладаються при прожарюванні. Відповідь округлюйте до другого знаку після коми.

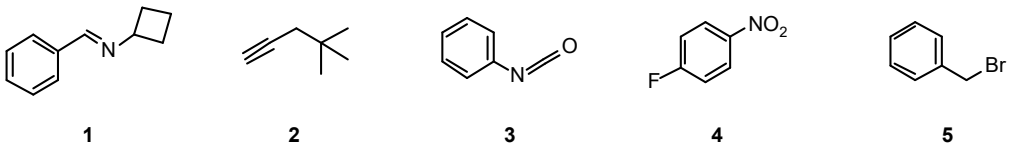
3.5. Розрахуйте масовий вміст домішок, кобальту та кальцію (у%) в досліджуваному зразку кобальтовмісного кальциту. Відповідь округлюйте до другого знаку після коми. (Якщо ви не змогли вивести формулу в попередньому пункті, вважайте її $(Ca_{0,60}Co_{0,40})CO_3$).

Завдання 11.4. Гідроліз

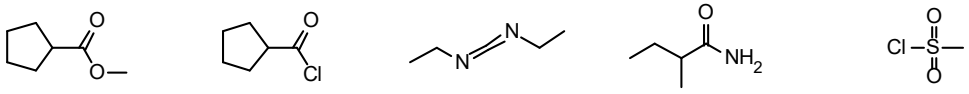
Автор: Радченко Дмитро

Що таке гідроліз? В контексті органічної хімії це розщеплення хімічного зв'язку під дією води або гідроксид-іона. Також це особливий тип хімічного перетворення, який об’єднує багато різних реакцій, для яких субстратами є велика кількість принципово різних класів органічних сполук. Відповідні реакції широко розповсюджені в природі, а також надзвичайно часто використовуються в органічному синтезі. В живих організмах гідроліз забезпечує перетворення спожитих в якості їжі протеїнів в будівельні блоки для організму – амінокислоти.

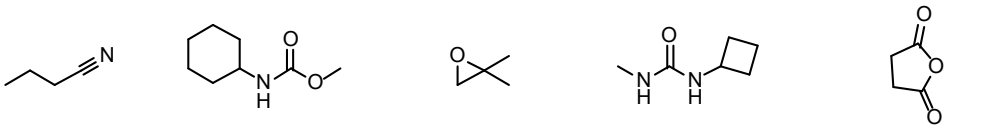
Нижче наведені представники 15 класів органічних сполук які здатні гідролізувати, серед яких естери (К1), аміди (К2), нітрили (К3), сечовини (К4), ангідриди (К5), галогенангідриди (К6), алкілгалогеніди (К7), суфльфоніл галогеніди (К8), арилгалогеніди (К9), карбодиіміди (К10), ацетиленові вуглеводні (етини) (К11), основи Шиффа або азометини (К12), епоксиди (К13), ізоціанати (К14), карбамати (К15):



1 2 3 4 5



6 7 8 9 10



11 12 13 14 15

4.1. **Вкажіть клас** органічних сполук, що відповідає кожній з молекул на малюнку. Для позначення класу використовуйте його код, наприклад, К2.

1 –	4 –	7 –	10 –	13 –
2 –	5 –	8 –	11 –	14 –
3 –	6 –	9 –	12 –	15 –

4.2. **Розташуйте сполуки** **6**, **7**, **14**, **15** в порядку збільшення активності в реакції гідролізу. Поясніть свій вибір.

4.3. **Яка з наведених сполук** (1-15) для реакції з водою потребує каталізу солями Hg^{2+}?

На практиці, дуже часто гідроліз сполук проводять в присутності лугу. Але бувають випадки, коли для проведення реакції навпаки використовують надлишок кислоти. Наприклад, сполука **1** для гідролізу потребує саме кислого каталізу, при якому швидкість реакції радикально збільшується порівняно з лужним каталізом.

4.4. **Поясніть**, чому в цьому випадку спостерігається така селективність до кислого каталізу. **Наведіть** механізм реакції.

4.5. **Зобразіть схеми гідролізу** **всіх** наведених сполук, вкажіть тільки органічні продукти реакції.

Інколи гідроліз може призводити до утворення не зовсім очікуваних продуктів. Так, при додаванні невеликої кількості води до сполуки **3** спостерігається виділення газу та утворюється нерозчинна у розбавлених кислотах та лугах сполука **3а**.

4.6. **Зобразіть** структурну формулу сполуки **3а** та поясніть, як вона утворюється за описаних умов.

4.7. **Наведіть один приклад** класу органічних сполук, про які не згадували в умові, який також здатний до гідролізу.

LX Всеукраїнська олімпіада з хімії, 3-й етап

Завдання 11.5. Термодинамічні розрахунки

Автор: Кудрик Олександр

Нітроген(III) оксид – темно-синя рідина (або тверда речовина за дуже низьких температур, $t_{пл} = –100{,}7°C$), що може бути отримана змішуванням еквімолярної кількості оксидів нітрогену(II) та (IV) при охолодженні.

Нижче наведені деякі термодинамічні дані для цих сполук:

	$NO_{(g)}$	$NO_{2(g)}$	$N_2O_{4(l)}$	$N_2O_{3(l)}$	$N_2O_{3(g)}$
$\Delta_fH°_{298}$, кДж/моль	90.29	33.10	-19.56	50.3	82.84
$S°_{298}$, Дж/(моль*К)	210.8	240.0	209.2	215.2*	308.5

* для так званої метастабільної рідини при 298 К

5.1. **Розрахуйте** ΔG реакції утворення 1 моль $N_2O_{3(l)}$ із $NO_{(g)}$ та $N_2O_{4(l)}$ при –10 °C.
Чи є ця сполука більш стабільною, ніж суміш реагентів за температури –10°C?

5.2. **Розрахуйте** ΔG розкладу 1 моль $N_2O_{3(g)}$ на $NO_{(g)}$ та $NO_{2(g)}$ при +25 °C.
Чи є ця сполука стабільнішою, ніж суміш $NO_{(g)}$ та $NO_{2(g)}$ за цієї температури?

5.3. **Розрахуйте** константу рівноваги реакції **розкладу** $N_2O_{3(l)}$ на $NO_{(g)}$ та $N_2O_{4(l)}$ при –10 °C.

У закритий реактор об'ємом 200 мл внесли наважку N_2O_3 масою 7,6 г та розчинили її у дихлорометані, довівши загальний об'єм розчину до 100 мл.

5.4. **Розрахуйте тиск NO** над розчином **та ступінь дисоціації N_2O_3** у цьому реакторі при температурі –10°C.

Знехтуйте утворенням NO_2 з N_2O_4. Вважайте N_2O_3 та N_2O_4 повністю розчинними у дихлорметані, NO – повністю нерозчинним.

5.5. **Зобразіть** структуру Льюїса для нітроген(III) оксиду, що отримують наведеним вище способом.

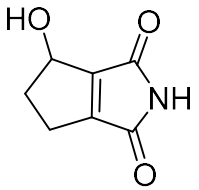
Інший ізомер нітроген(III) оксиду було синтезовано та виділено у 2022 році за реакцією надлишку тетрабутиламоній нітриту $NBu_4^+NO_2^-$, осадженого на целіті, із трифторметансульфоновим ангідридом $(CF_3SO_2)_2O$. Отримана сполука мала світло-жовте забарвлення і характеристичну смугу поглинання N=O зв'язку в ІЧ спектрі.

5.6. **Запишіть реакцію** утворення ізомеру нітроген(III) оксиду та **зобразіть** його структуру Льюїса.

Завдання 11.6. Природний антибіотик

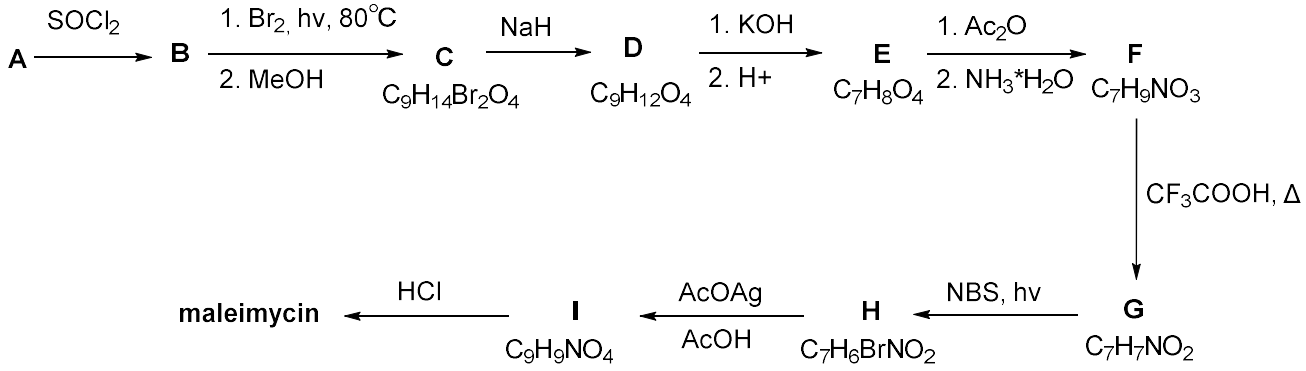
Автор: Готинчан Андрій

Малеїміцин — природна сполука з групи антибіотиків, яку вперше виділили з бактерій роду *Streptomyces*. Вона цікава насамперед через свою просту будову та біологічну активність, а саме проявляє антибактеріальні властивості, зокрема проти деяких грампозитивних бактерій.



6.1. Чи можлива для молекули малеїміцину стереоізомерія? Якщо так, то **зобразіть** відповідні ізомери та **назвіть** їх за ***R/S*** номенклатурою.

Уперше лабораторний синтез малеїміцину був здійснений у 1976 році за схемою, наведеною нижче, з нерозгалуженої дикарбонової кислоти **A**.



6.2. **Встановіть** структурну формулу речовини **A**, якщо відомо, що на титрування наважки 1,6 г витратили 20 мл 1 М розчину NaOH.

6.3. **Встановіть** структурні формули речовин **B-H**.

6.4. **Запропонуйте** механізм утворення **D** з **C**.

6.5. **За яким** механізмом відбувається реакція утворення **I** з **H**. **Який** із стереоізомерів утворюється у ході даного перетворення?

Завдання 11.7. Бананова хімія

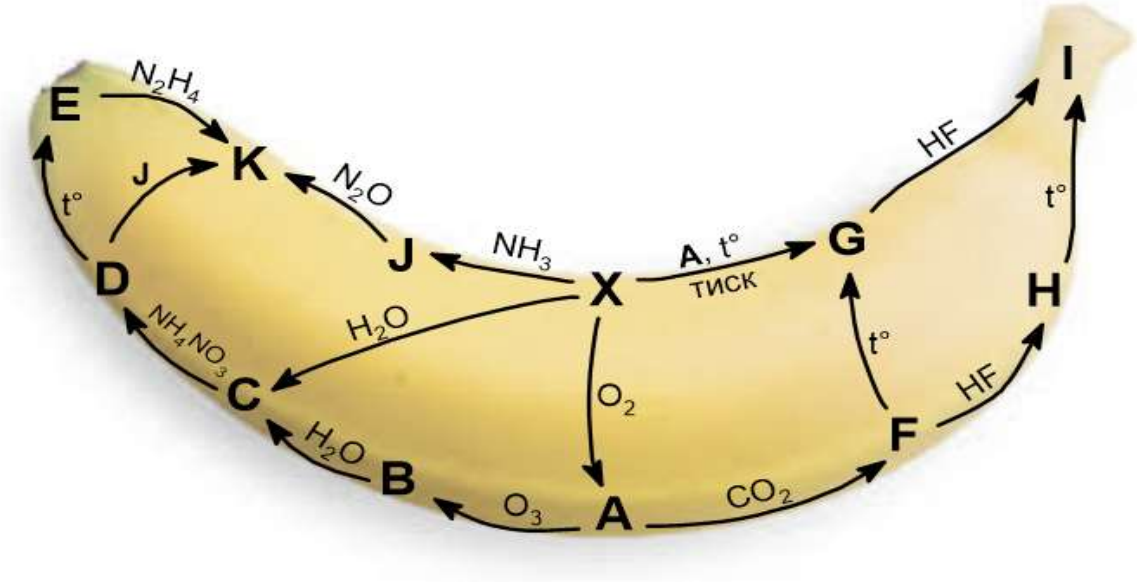
Автор: Коломоєць Сергій

Елемент **X** є важливою складовою нашого життя. Його сполуки широко використовуються в промисловості та відіграють важливу роль у функціонуванні організму людини. У природі він трапляється у складі багатьох мінералів, а також міститься в бананах. Один банан може містити понад 400 мг цього елемента. Саме завдяки йому банани є радіоактивними, адже в природі присутній ізотоп елемента **X**, який у результаті ядерного розпаду може утворювати частинки ^{40}Ar (електронний захват) та ^{40}Ca(β-розпад). У чистому вигляді елемент **X** у природі не трапляється через свою високу хімічну активність. Нижче наведено схему перетворень за участю елемента **X**, яку юний хімік намалював на банані.

Відомо, що:

- при горінні простої речовини елемента **X** утворюється жовто-помаранчева бінарна сполука **A**, що має масову частку Оксигену 45,00 %;
- у результаті реакції **X** або будь-якої його бінарної сполуки з водою утворюється речовина **C**, розчин якої має лужне pH;
- речовина **D** є ключовим компонентом пороху та при нагріванні розкладається з утворенням солі **E**;
- сіль **F** отримуєть за допомогою реакції **A** з вуглекислим газом, а її термічний розклад призводить до бінарної речовини **G**, яку також можна отримати відновивши **A** елементарним **X**;
- сіль **I** використовується у промисловості для одержання елементарного фтору та може бути отримана напряму реакцією **G** з фтороводнем або ж через проміжну кислу сіль **H**, котра при нагріванні розкладається до **I**;
- аніон солі **K** складається на 100% з нітрогену, цю сіль можливо отримати синпропорціонуванням різноманітних нітрогенвмістних сполук, наприклад солей **D** та **J**;

- сіль **J** одержана реакцією **X** з рідким амоніаком.



7.1. **Встановіть** невідомий елемент **X** та речовини **A-K**.

7.2. **Запишіть** рівняння хімічних реакцій позначені на схемі.

7.3. **Запишіть** рівняння ядерного розпаду ізотопу елемента **X** з утворенням ^{40}Ar та ^{40}Ca.

Завдання 11.8. Аналітичні розрахунки

Автор: Алексєєв Сергій

Розчин 1 (pH ≈ 7) містить аніони: нітрит, фосфат та хлорид і катіони калію. У конічній колбі змішали аліквоту 20 мл вказаного розчину, 15 мл 0,05 моль/л розчину $KMnO_4$ та 15 мл H_2SO_4 (1 моль/л), витримали 20 хвилин, додали надлишок калій йодиду та відтитрували розчином $Na_2S_2O_3$ (0.1 моль/л), якого витратилося 13,5 мл.

8.1. **Концентрацію якого аніону** визначали? **Запишіть** рівняння хімічних реакцій.

8.2. **Розрахуйте** концентрацію вказаного аніону.

До аліквоти 20 мл розчину 1 додали 20 мл (надлишок) 0,1 моль/л розчину сульфамінової кислоти (NH_2SO_3H), дочекалися закінчення реакції, при цьому pH розчину становило ≈ 2. Отриманий розчин довели до мітки у 50 мл мірній колбі (розчин 2), відібрали аліквоту 20 мл, додали 20 мл 0,1 моль/л розчину $AgNO_3$ та невелику кількість $Fe(NO_3)_3$, отриману суміш відтитрували 0,05 моль/л розчином KSCN, якого витратилося 19,2 мл.

8.3. **Запишіть** рівняння хімічних реакцій та **розрахуйте** концентрацію аніону, який визначали.

8.4. **Чому** при спробі титрування даного аніону у розчині 1 безпосередньо розчином $AgNO_3$ у присутності K_2CrO_4 результат виявився неправильним?

При титруванні 10 мл розчину 2 з метилоранжем (pT = 4) витрачається 5,6 мл 0,05 моль/л розчину KOH, а при його титруванні такої самої аліквоти 2 з тимолфталеїном (pT = 9,5) – 12,0 мл 0,05 моль/л розчину KOH. Ортофосфатна кислота: $pK_1 = 2.12$, $pK_2 = 7.21$, $pK_3 = 12.3$, сульфамінова кислота – сильна одноосновна.

8.5. **Розрахуйте** концентрацію останнього аніону, що залишився, у розчині 1.

8.6. Розрахуйте маси сухих солей, потрібних для виготовлення 200 мл розчину 1.

II тур

Завдання 11.1. Хлорогенова кислота

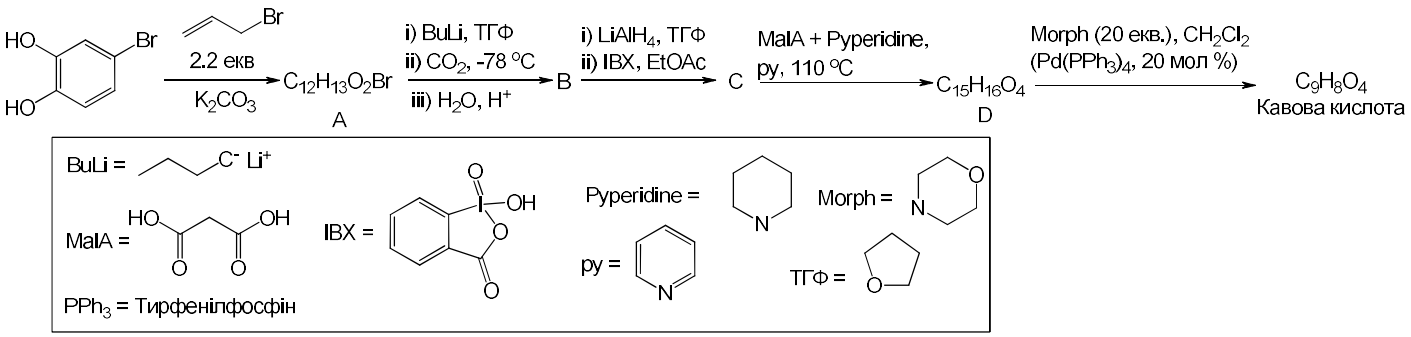
Автор: Гавриленко Костянтин

Хлорогенова кислота – потужний антиоксидант, широко поширений в рослинному світі, що відіграє важливу роль у регуляції процесів росту рослин, імунітеті тощо. Значна кількість цієї кислоти міститься в суданській розі, з якої готують чудовий тонізувальний напій – **каркаде**.

Хлорогенова кислота є естером кавової та хінної кислот.

Кавова кислота може бути синтезована за наступною схемою:





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

1.2. Наведіть структурну формулу проміжної сполуки між стадіями i) та ii) у перетворенні **B→C**.

1.3. Наведіть структурну формулу кавової кислоти та **позначте** конфігурацію подвійного зв'язку в ній за Z/E- та цис-/транс-номенклатурою.

1.4. Поясніть роль першої та останньої реакцій в синтезі кавової кислоти.

Хінна кислота є одним зі стереоізомерів 1,3,4,5-тетрагідроксициклогексан-1-карбонової кислоти.

1.5. Зобразіть структурну формулу цієї сполуки та позначте «*» усі її стереоцентри. **Скільки** всього стереоізомерів може мати ця сполука?

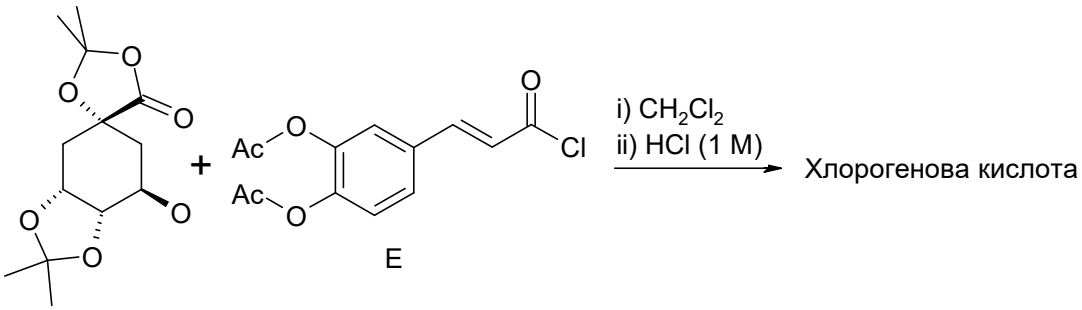
Відповідно до стереохімічних правил Кана-Інгольда-Прелога, якщо неможливо визначити старшинство замісників за атомним номером, розглядають стереохімію відповідних атомів і зв'язків. При цьому старшинство замісників визначають за такими правилами (у порядку пріоритетності):

i) ізомер (*Z*) є старшим за ізомер (*E*),

ii) дескриптор (*R*) є старшим за дескриптор (*S*).

1.6. Позначте конфігурацію всіх стереоцентрів хінної кислоти:

Хлорогенова кислота може бути отримана за наведеною нижче схемою з відповідних похідних кавової та хінної кислот:



1.7. Зобразіть структуру хлорогенової кислоти, вказавши конфігурацію всіх її стереоцентрів.

1.8. Яку з комбінацій реагентів можна використати для отримання сполуки **E** з кавової кислоти? (Кома означає послідовність реакцій з виділенням проміжної сполуки).

а) (i) Ацетангідрид, (ii) Оксалілхлорид;

б) Оцтова кислота + Хлоридна кислота;

в) Оксалілхлорид + ДМСО;

г) (i) Натрій хлорид, (ii) Оцтова кислота.

1.9. Вільна карбоксильна група хлорогенової кислоти **походить з:**

а) кавової кислоти;

б) хінної кислоти.

Завдання 11.2. Кольорові озера

Автор: Маханькова Валерія

Розташовані в Нижній Сілезії «Кольорові озера» виникли на місці покинутих шахт, де з 1785 року видобували пірит. Унаслідок заповнення кар'єрів водою та окиснення сульфідів за участю бактерій *Acidithiobacillus ferrooxidans* вода набула специфічного складу й забарвлення. Причиною забарвлення Пурпурового озера є розчинення мінералу піриту. Під дією води та кисню він окиснюється з утворенням сполуки **A** (сильна двохосновна кислота) та солі **B** (що містить ферум у ступені окиснення +3).

2.1. Наведіть рівняння реакції окиснення піриту киснем повітря у присутності води з утворенням сполуки **A** та солі **B**.

2.2. Визначте стандартну зміну енергії Гіббса (ΔG°_{298}) для цієї реакції, якщо $\Delta H°_{\text{реакції}} = -4500$ кДж, а $\Delta S°_{\text{реакції}} = -1200$Дж/К.

Чи є цей процес спонтанним і **як вплине** підвищення температури на його самочинність?

Чи за всіх температур процес відбуватиметься спонтанно?

Заміри кислотності води у Пурпуровому озері дають значення у діапазоні pH = 1,5–2,5. Припустимо, що основний внесок у кислотність середовища робить гідроліз **солі B**. Спробуємо підтвердити цю гіпотезу розрахунками.

2.3. Запишіть рівняння гідролізу **солі B** за першим ступенем у молекулярній та скороченій йонній формах.

2.4. Обчисліть pH розчину **солі B** з концентрацією 0,05 моль/л, враховуючи лише перший ступінь гідролізу. Чи справді гідроліз солі може спричинити настільки низькі значення pH?

Для розрахунків може знадобитися константа дисоціації ферум(III) гідроксиду за третім ступенем:

$$Fe(OH)^{2+} \rightleftharpoons Fe^{3+} + OH^- \qquad K_{b3} = 2{,}5 \cdot 10^{-12}.$$

Підказка: Спочатку розрахуйте константу гідролізу $K_h = \frac{K_w}{K_b}$

На берегах озер осідає «жовта охра» — мінерал лімоніт, основним компонентом якого є гідроксид **C** (масова частка металу в цьому гідроксиді становить 52,24%). Він утворюється в реакції солі **B** з кальцій гідрогенкарбонатом, що потрапляє з ґрунтових вод навколишніх вапняків.

2.5. Запишіть рівняння реакції між сіллю **B** та кальцій гідрогенкарбонатом, якщо продуктами є осад **C**, гіпс та газ **D**.

Для нейтралізації 100 л кислої води з Пурпурового озера (концентрація сульфатної кислоти 0,005 моль/л) планують використати вапняне молоко (суспензію кальцій гідроксиду).

2.6. Обчисліть мінімальну масу технічного кальцій оксиду (масова частка домішок 10%), який необхідно загасити для повної нейтралізації цієї кількості води.

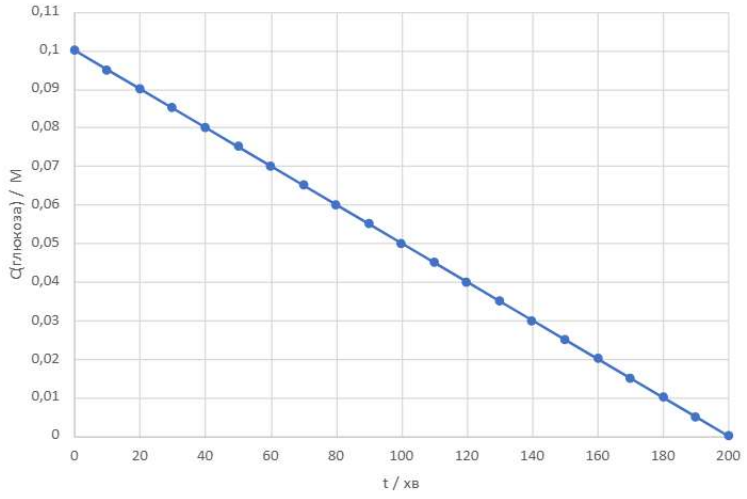
Завдання 11.3. Кінетика пінного напою

Автор: Коломоєць Сергій

Одним із основних процесів під час приготування пінного напою є розклад глюкози з утворенням етанолу за реакцією:

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

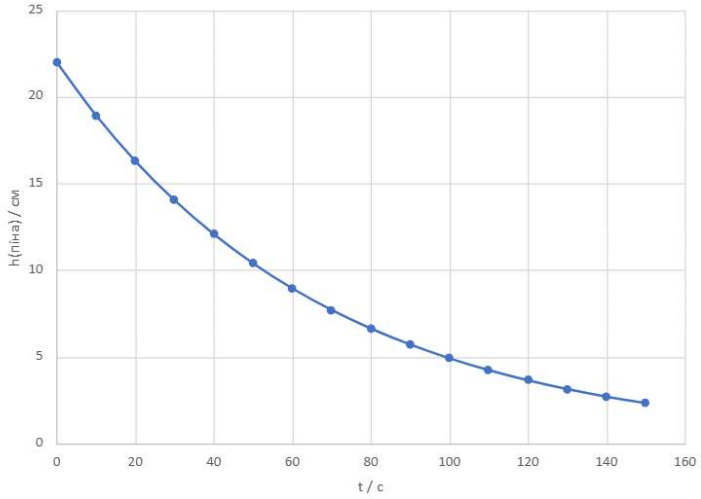
Реакція відбувається на активних центрах ферментів і за високої концентрації глюкози. Її порядок є нульовим. Нижче наведено фрагмент графіка залежності концентрації глюкози від часу в процесі виготовлення напою за температури 30°C.



3.1. **Визначте** час, за який концентрація глюкози знизилася з 0,25 М до 0,125 М.

3.2. **Розрахуйте** енергію активації розкладу глюкози, якщо константа швидкості реакції за температури 50°С становить $k_{323,15\ K} = 2{,}845 \cdot 10^{-5}$ М $с^{-1}$.

Ще одним цікавим процесом, який пов'язує хімічну кінетику з пінним напоєм, є осідання піни. Його можна представити у вигляді графіка зміни висоти піни з часом, який певною мірою є аналогом кінетичного графіка реакції цілого порядку. Нижче наведено такий графік залежності висоти піни від часу (дані виміряні автором):



У таблиці нижче наведені значення висоти піни та часу в декількох точках цього графіка:

h(піна), см	22,01	10,95	5,52
t, с	0	43	86

3.3. **Який порядок** «реакції» розкладу піни? Відповідь **підтвердіть** розрахунком.

Час осідання піни є також показником якості напою. Свіжозварений напій зазвичай зберігає піну впродовж 2-5 хвилин. Якщо ж це відбувається швидше, це може свідчити про надто велику кількість вуглекислого газу або нестачу важливих білків у вихідному напої.

3.4. **Розрахуйте** час «напіврозпаду» піни, якщо її початкова висота дорівнювала 16,00 см, а через три хвилини становила 4,25 см.

3.5. Припускаючи, що під час осадження піни з неї вивітрюються молекули вуглекислого газу, **розрахуйте** середній час життя молекул CO_2 у піні, про яку йшлося в попередньому пункті.

Іноді під час приготування напою у ньому утворюється осад унаслідок реакції активних білків між собою та з іншими компонентами суміші. Розглянемо цей процес, де швидкість утворення осаду описується рівнянням: $r_{утворення\ осаду} = k_i[білок]^2$.

3.6. **Яку розмірність** матиме константа k_i?

На початку процесу концентрація активного білку становила 0,100 М.

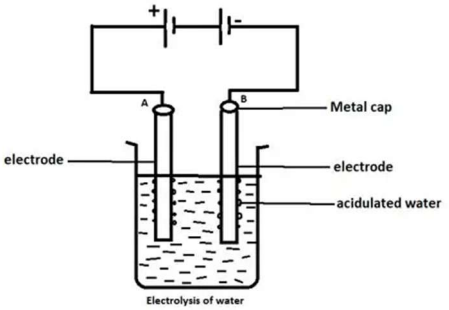
3.7. **Розрахуйте** значення k_i, якщо після 3600 с активного утворення осаду концентрація білка становила 0,025 М.

LX Всеукраїнська олімпіада з хімії, 3-й етап

Завдання 11.4. У лабораторії вимкнули світло

Автор: Кривошея Іван

Для хімічних експериментів необхідний чистий водень, який можна отримати електролізом води.
У загальному випадку електрохімічна комірка для електролізу води має вигляд, показаний на малюнку:



4.1. **Запишіть** загальну реакцію електролізу води.

Для електролізу води використовують водний розчин NaOH.
4.2. **Запишіть** напівреакції, що відбуваються на катоді та аноді.

Для проведення будь-якої електролітичної реакції, відповідно до законів Фарадея, необхідно пропустити струм силою ***I***, протягом часу ***t***. При цьому, для того, щоб реакція відбувалась, напруга ***U*** має бути не меншою за електрорушійну силу (ЕРС) реакції.
4.3. **Розрахуйте** стандартну ЕРС реакції, якщо стандартні потенціали напівреакцій на катоді ($E_{катод.}$) = −0,83 В, а на аноді ($E_{анод.}$) = + 0,40В.

Нехай електроліз води з використанням графітових електродів проводили протягом 30 хвилин за напруги 2,17 В і сили струму 5 А.
4.4. **Розрахуйте** об'єм водню, що виділиться за цей час (н.у.):

Під час електролізу відбулося відключення електроенергії. Але оскільки хімічний експеримент не можна переривати, то електролітичну комірку підключили до резервного джерела живлення. Як резервне джерело можуть використовуватися літій-іонні акумулятори. На даний момент найбільш поширеними є залізофосфатні літій-йонні акумулятори на основі $LiFePO_4$.
У таких акумуляторах як один з електродів використовується графіт, у який під час зарядження інтеркалюються йони літію між шарами вуглецю. Інший електрод виготовлений із літій-залізо-фосфату ($LiFePO_4$), який здатний зворотно приймати та віддавати йони літію під час процесів заряджання і розряджання. Формальні напівреакції для цієї системи можна записати так:

$6C + Li^+ + e^- \rightarrow LiC_6$ $\quad E_1^0 = -3{,}05$ В

$FePO_4 + Li^+ + e^- \rightarrow LiFePO_4$ $\quad E_2^0 = +0{,}45$ В

4.5. Використовуючи наведені напівреакції, **запишіть** сумарну реакцію, яка відбувається під час **розрядки** акумулятора, та розрахуйте ЕРС даної реакції. Зверніть увагу, що під час **розрядки** акумулятор віддає електроенергію, а ЕРС реакції має бути додатною.

4.6. **Позначте** правильні твердження для процесу **розрядки** літій-іонного акумулятора.

Електрод	Катод	Анод	Пояснення
$Li(C)_n$	☐	☐	☐ тому що літій відновлюється
			☐ тому що літій окиснюється
$LiFePO_4$	☐	☐	☐ тому що йони Fe відновлюються
			☐ тому що йони Fe окиснюються

Припустимо, що одна формульна одиниця C_6, одна формульна одиниця $FePO_4$ і один атом Li утворюють активну масу акумулятора, необхідну для перенесення одного електрона між електродами.

Для порівняння акумуляторів використовують дві важливі характеристики:

- *питома оборотна ємність* – максимальна кількість електричного заряду, яку може накопичити акумулятор на одиницю маси;
- *питома енергетична ємність* – кількість енергії, яку може віддати акумулятор на одиницю маси.

Теоретичну питому ємність можна розрахувати за формулою:

$C_{\text{пит}} = \frac{F}{M}$, де F – заряд 1 моль електронів (Кл/моль), а M – молярна маса активної частини акумулятора (г/моль); питома енергетична ємність розраховується за формулою $\rho = U \cdot C_{\text{пит.}}$, де U – напруга, яку може забезпечити 1 моль активної маси акумулятора (В).

Зверніть увагу, що

1 А·год = 3600 Кл, отже 1 Кл = $\frac{1}{3600}$ А · год = $\frac{1}{3{,}6}$ мА · год, і на практиці саме в мА · год найчастіше виражають ємність;

1 Вт = 1 В·1 А, тому множення напруги (В) на ємність (А·год) дає енергію (Вт·год)

4.7. <u>Розрахуйте</u> теоретичну питому оборотну ємність (у мА·год·г$^{-1}$). Вважайте, що активна частина акумулятора складається лише з графіту та $LiFePO_4$.

4.8. <u>Розрахуйте</u> питому енергетичну ємність цієї модельної батареї (у кВт·год·кг$^{-1}$).

Електрохімічну комірку для електролізу води приєднали до джерела енергії відомого бренду з ємністю 780 Вт·год, і проводили електроліз за напруги 2,2 В.

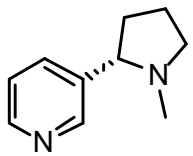
4.9. <u>Який об'єм водню</u> (за н.у.) можна отримати шляхом електролізу води у комірці, яку приєднали до згаданого вище джерела енергії?

Завдання 11.5. Нікотин

Автор: Мельников Костянтин

Рослина ***Nicotiana tabacum*** була відома корінним народам Америки задовго до прибуття європейців і використовувалася в ритуальних, лікувальних та побутових цілях.

У 1560 році французький дипломат Жан Ніко надіслав насіння тютюну до Франції королеві Катерині Медічі як засіб проти мігрені. Згодом на його честь рід рослин назвали *Nicotiana*, а головний алкалоїд — нікотином. У 1828 році в Гейдельберзі Вільгельм Генріх Поссельт та Карл Людвіг Райманн уперше виділили нікотин із листя тютюну і встановили, що це токсична лужна сполука. У 1843 році бельгійський хімік Луї Мельсенс установив емпіричну формулу нікотину ($C_{10}H_{14}N_2$). Подальші дослідження показали, що він є алкалоїдом із піридиновим і піролідиновим циклами. У 1904 році хіміки Аме Пікте та Креп'є здійснили перший повний лабораторний синтез нікотину, що остаточно підтвердило встановлену структуру.



Нікотин

5.1. <u>Визначте</u> абсолютну конфігурацію природного нікотину за R/S–номенклатурою.

Молекула нікотину містить два атоми Нітрогену, що проявляють основні властивості. Відомо, що значення pK_a спряжених кислот нікотину становлять: $pK_a \approx 3{,}1$, $pK_a \approx 8{,}0$.

5.2. <u>Вкажіть</u> основність піридинового та піролідинового атому Нітрогену.

5.3. <u>У якій формі</u> (нейтральній, моно- чи дикатіонній) нікотин переважно існує:
а) у шлунку (pH ≈ 1,5)?
б) у крові (pH ≈ 7,4)?

На схемі 1 зображено один з можливих методів синтезу рацемічного нікотину.

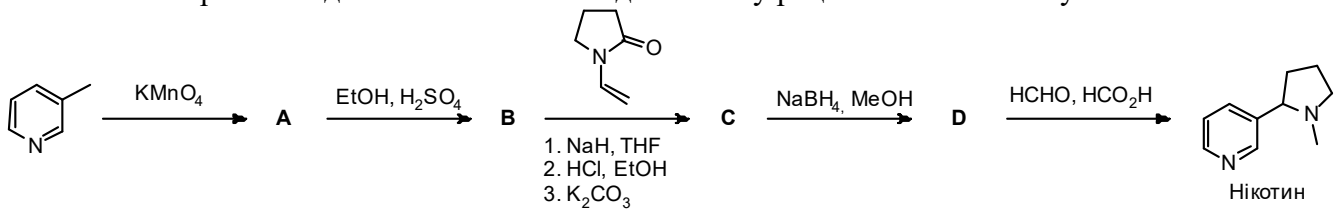


Схема 1

Врахуйте, що *N*-вінілпіролідон є зручним реагентом в органічному синтезі для утворення циклічних структур типу **C** (схема 2).

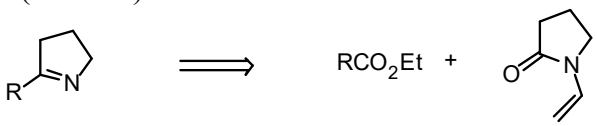


Схема 2

5.4. <u>Наведіть</u> структурні формули сполук **A**–**D.**

При обробці піридину окисниками (H_2O_2 чи *мета*-хлорнадбензойною кислотою) утворюється піридин *N*-оксид (схема 3).

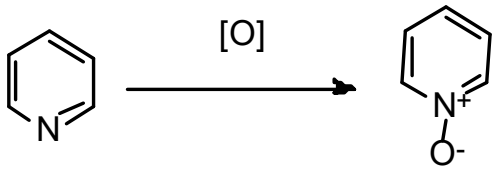
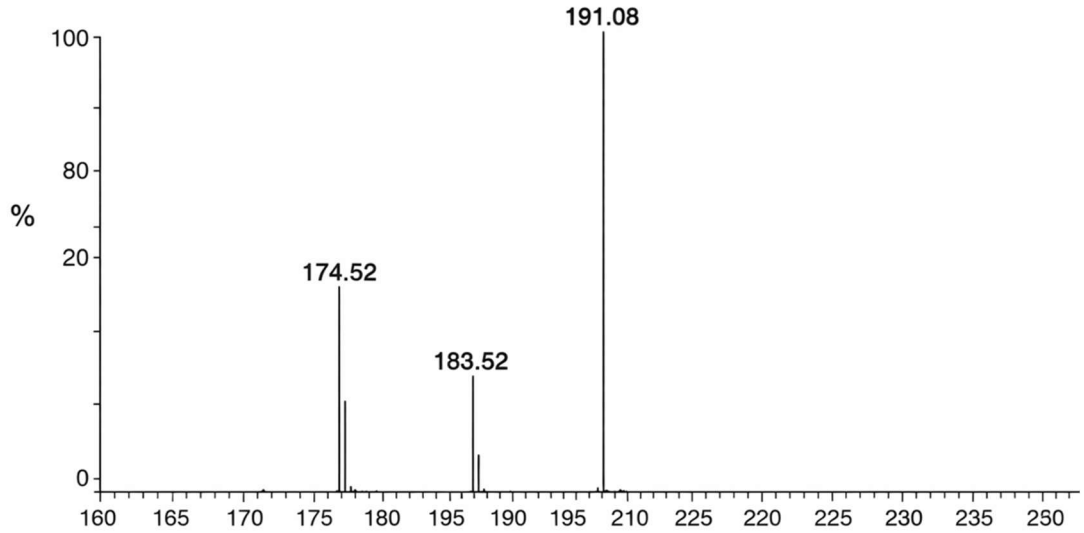


Схема 3

Цікавою особливістю є мас-спектр утвореного продукту. Основний молекулярний йон відповідає протон-зв'язаному димеру піридин *N*-оксиду $[2C_5H_5NO+H]^+$ та дипротонованому тетрамеру піридин *N*-оксиду $[4C_5H_5NO+2H]^{2+}$.



При обробці нікотину гідроген пероксидом в оцтовій кислоті зафіксовано продукт **E**, який дає молекулярний йон у мас-спектрі – 389.
При обробці розчину **E** газоподібним SO_2 утворюється продукт **F**, який дає молекулярний йон у мас-спектрі – 357 (схема 4).



Схема 4

5.5. Наведіть структурні формули сполук **E** та **F.**

Котинін — основний метаболіт нікотину, який використовується як біомаркер вживання тютюну завдяки тривалому періоду напіввиведення. Він утворюється в печінці та дозволяє оцінити рівень нікотину за останні 3-5 днів.
Один з методів лабораторного синтезу котиніну зображено на схемі 5.

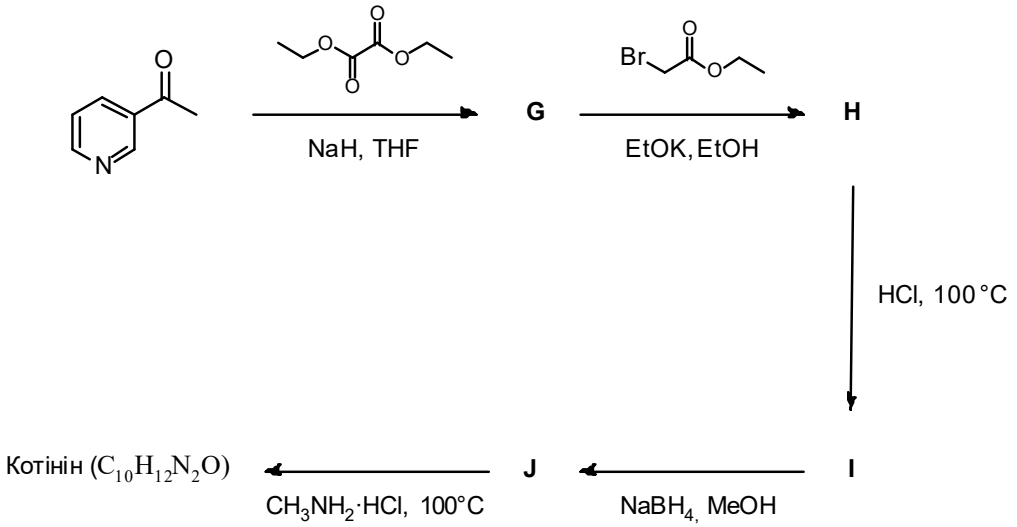


Схема 5

5.6. Наведіть структурні формули сполук **G–J** та **котиніну.**

Завдання 11.6. (Не)шкільна пластинка

Автор: Готинчан Андрій

Пластинку металу **M** масою 20,000 г помістили в розчин солі **A** масою 100,000 г з масовою часткою 4,866%. Після завершення реакції маса пластинки зменшилась на 4,4%, а в розчині утворилися речовини **B** та **C**. До утвореного розчину додали надлишок лугу, осад відфільтрували та розділили на дві однакові частини. Першу прожарили в інертній атмосфері. Маса сухого залишку становила 1,638 г і складалась з речовин **D** та **E**, які при розчиненні в надлишку хлоридної кислоти утворюють **B** та **C** відповідно. Другу частину прожарили за наявності кисню й одержали суміш сполук **F** та **E** масою 1,758 г.

6.1. Визначте речовини **A–E** та метал **M**. Відповідь підтвердіть розрахунками.

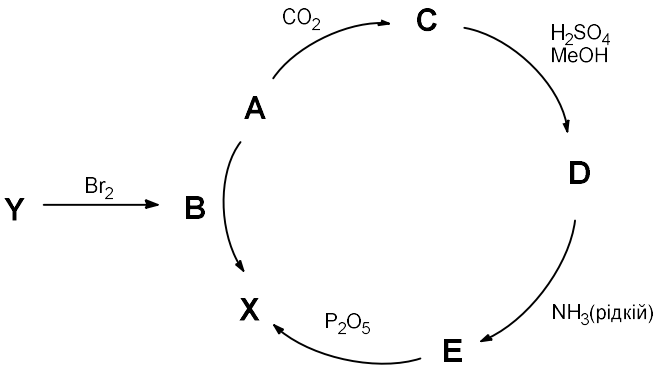
6.2. Напишіть усі згадані у задачі рівняння реакцій.

6.3. **Розрахуйте** масові частки (%) **B та C** в утвореному розчині.

6.4. **Розрахуйте** об'єм розчину хлоридної кислоти з масовою часткою 10% і густиною 1,05 г/мл, у якому можна повністю розчинити пластинку після проходження реакції.

Завдання 11.7. Атмосфера Титану

Автор: Ткаченко Антон



Титан – другий за розміром супутник у Сонячній системі та найбільший із тих, що мають щільну атмосферу й озера на своїй поверхні. Втім, вітри й озера Титану аж ніяк не нагадують земні. Серед інших екзотичних речовин в атмосфері Титану виявили безбарвний газ **Y** та летку безбарвну рідину **X**. Сполука **X** має надзвичайно високу температуру горіння в кисні, а за його відсутності може з вибухом розкладатися на *азот* та *вуглець*.

Для одержання сполуки **X** юний хімік Орест вирішив провести реакцію між сіллю **A**, що складається *лише* з Натрію (w(Na)=65,69%) та Карбону, та леткою кристалічною сполукою **B**, яку можна одержати бромуванням газу **Y**. На жаль, у лабораторії не знайшлося газу **Y**, тож Орест пішов обхідним шляхом. Сполука **A** в кількості 2,10 г *поглинула* 1,344 л (н. у.) вуглекислого газу, утворивши сіль **C** (w(Na)=29,10%). Нагрівання солі **C** в метанолі в присутності кислоти дало сполуку **D**, яка з амоніаком утворила *амід* **E**. Нагрівання аміду **E** з фосфор(V) оксидом нарешті дало змогу одержати рідину **X**.

7.1. **Визначте** сполуки **A–E, X, Y** та **наведіть** їх структурні формули, якщо відомо, що газ **Y** складається *лише* з Нітрогену та Карбону і має відносну густину пари за повітрям D = 1,794.

7.2. **Яку форму** мають молекули сполук X та Y?

7.3. **До якого класу** органічних сполук можна віднести сполуки **X** та **Y**?

Завдання 11.8. Кристалічна ґратка

Автор: Шеметов Богдан

Бінарна сполука **A** елемента **X** утворює тетрагональну кристалічну ґратку ($\alpha = \beta = \gamma = 90^o$), наведену на рисунку, та має густину 4,67 г/см³.

Відомо, що параметри комірки дорівнюють a = 4,64 Å, b = 4,64 Å, c = 3,20 Å.

Масова частка елемента **X** у сполуці **A** становить 60,80%.

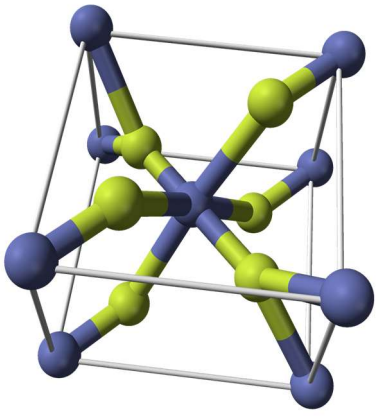


рис. 1

8.1. Використовуючи параметри комірки, **визначте** формулу сполуки **A** та елемент **X**.

Інша бінарна сполука **B** (масова частка елемента **X** дорівнює 45,39%) за структурою подібна до **A**. Реакція **A** з концентрованим лугом утворює синій осад **C**. Сполука **A** може бути одержана реакцією **B** з небезпечною кислотою **D** при нагріванні. Якщо ж сполуку **A** нагрівати з простою речовиною **E**, утвориться сполука **F** з масовою часткою металу **X** 50,83%. Сполука **B** може бути одержана дією жовто-зеленого газу **Y** (відносна густина за повітрям 2,44) на порошок металу **X** при нагріванні.

8.2. Встановіть формули сполук **B**, **C**, **D**, **E, F, Y**. **Запишіть** рівняння згаданих реакцій.

При реакції сполуки **B** з концентрованим розчином калій ціаніду утворюється зелена комплексна сполука **G** з масовою часткою **X** 19,24%. При додаванні концентрованого розчину бінарного газу **H** (масова частка Гідрогену 17,65% %) до **B** утворюється комплексна сполука **I** (масова частка металу **X** дорівнює 25,42%, масова частка металу **X** у внутрішній сфері становить 36,62%). Сполука **A** реагує з концентрованим розчином натрій гідроксиду, утворюючи комплексну сполуку **J** (масова частка **X** дорівнює 34,07%). Відомо, що згадані комплексні сполуки мають лише монодентатні ліганди у внутрішній координаційній сфері, а ступінь окиснення металу **X** не змінюється.

8.3. Встановіть формули сполук **G**, **H**, **I** та **J. Запишіть** рівняння згаданих реакцій.

8.4. Наведіть просторову будову внутрішньої ко0рдинаційної сфери сполук **G**, **I** та **J.**

Практичний тур

Завдання 1. «Смарагдове небо» або синтез солі Дюрранта

Автор: Ляпунов Олександр

Комплексні сполуки кобальту(III) не рідкість, особливо з N-донорними лігандами. Але сіль Дюрранта – це особлива речовина. Сіль має димерну будову; є важливою проміжною сполукою, оскільки оксалатні ліганди відносно легко можуть бути заміщені іншими; а ще вона просто красива! Її можна отримати за наступною схемою:

$$2Co(CH_3COO)_2 + 4K_2C_2O_4 + H_2O_2 + 3H_2O \rightarrow K_4[Co_2(C_2O_4)_4(OH)_2]\cdot 3H_2O + 4CH_3COOK$$

Реактиви на робочому місці

Назва	Стан	Концентрація	Кількість	Маркування
Кобальт(II) ацетат тетрагідрат	Тверда речовина	Чиста речовина	2 г	$Co(CH_3COO)_2$
Калій оксалат моногідрат	Тверда речовина	Чиста речовина	5 г	$K_2C_2O_4\cdot H_2O$
Оцтова кислота	Рідина	10%	5 мл	CH_3COOH 10%
Гідроген пероксид	Рідина	6%	15 мл	H_2O_2
Етанол	Рідина	Чиста речовина	30 мл	Етанол

Перелік обладнання та посуду на робочому місці

1. Скляна паличка – 1 од.
2. Піпетка з поділками на 2 мл – 1 од.
9. Стакан на 100 мл – 1 од.
10. Віала на 20 мл – 1 од.

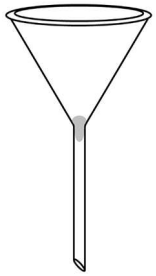
3. Пластикова піпетка Пастера на 3 мл – 1 од.
4. Піпетка з поділками на 10 мл – 1 од.
5. Груша гумова – 1 од.
6. Промивалка з дистильованою водою – 1 од.
7. Шпатель – 1 од.
8. Стакан на 50 мл – 2 од.
11. Шприц з фільтром – 1 од.
12. Лапка з муфтою – 1 од.
13. Пінцет – 1 од.
14. Чашка Петрі – 1 од.
15. Фольга – 1 од.
16. Лійка зі шматочком бавовни – 1 од.

Перелік обладнання загального користування (*за потреби зверніться до спостерігача*)

1. Ваги
2. Сушильна шафа
3. Баня для нагрівання (температура 60°C)
4. Маркер
5. Шомпол
6. Промивалка з охолодженою дистильованою водою

Хід роботи

1. Віали на робочому місці з написами «$Co(CH_3COO)_2$» та «$K_2C_2O_4 \cdot H_2O$» вже містять наважки кобальт(II) ацетату та калій оксалату, 2,0 і 5,0 г, відповідно. Перенесіть солі у стакан на 50 мл. Відміряйте 10 мл дистильованої води за допомогою піпетки з поділками на 10 мл та змийте залишки солей з віал у стакан з солями. Додайте ще 4,5 мл дистильованої води.



2. Відміряйте 0,5 мл розчину оцтової кислоти за допомогою піпетки з поділками на 2 мл та перенесіть її у стакан.
3. Помістіть стакан з реакційною сумішшю у баню для нагрівання та перемішуйте його вміст скляною паличкою до майже повного розчинення солей.
4. Профільтруйте утворений темно-пурпурний розчин від нерозчинних домішок. Для цього використовуйте скляну лійку з попередньо встановленим шматочком бавовни (див. малюнок) та чистий стакан на 50 мл.
5. За цей час відміряйте 6 мл 6% розчину гідроген пероксиду за допомогою піпетки з поділками на 10 мл та перенесіть його у віалу на 20 мл.
6. Ще раз помістіть стакан з розчином у водяну баню на 5 хвилин для досягнення необхідної температури.
7. Витягніть стакан з розчином з бані та перенесіть на своє робоче місце. Не зволікаючи, починайте додавання розчину гідроген пероксиду: додавайте його по краплях пластиковою піпеткою Пастера при постійному перемішуванні скляною паличкою. Рекомендована швидкість додавання 1-2 краплі за секунду, уникайте надмірного спінювання.
8. Після закінчення додавання огорніть стакан фольгою та залиште на 30 хвилин. **За цей час ви можете виконувати інші завдання.**
9. Підпишіть чашку Петрі своїм кодом робочого місця, зважте її та запишіть масу у Таблицю 1.
10. Через 30 хвилин відфільтруйте продукт, використовуючи шприц з мембраною, як описано нижче.
11. Процедура фільтрування:

9.30 Закріпіть шприц у лапці штативу. Порожній стакан на 100 мл помістіть під шприцом.
9.31 Фільтруюча мембрана вже встановлена у шприц. Змочіть її невеликою кількістю води.
9.32 Перемішайте паличкою вміст стакана та налийте суспензію до рівня ~5мм нижче отвору.
9.33 Встановіть поршень.

9.34 Закрийте пальцем отвір та натискайте на поршень.
9.35 Зупиніть поршень ДО досягнення отвору.
9.36 Відкрийте отвір та підніміть поршень у найвище положення.
9.37 Повторюйте пункти 9.5–9.7 до видалення більшої частини рідини.
9.38 Відкрийте отвір, витягніть поршень, та долийте залишки суспензії.
9.39 Повторіть пункти 9.5–9.7.
9.40 Змийте залишки осаду зі стінок стакана водою та перелийте суспензію у шприц для фільтрування та повторіть пункти 9.5–9.7.
9.41 Промийте осад холодною водою: відкрийте отвір, витягніть поршень, додайте холодну дистильовану воду майже до отвору, повторіть пункти 9.5–9.7. Цей пункт виконайте 2 рази.
9.42 Промийте осад етанолом: відкрийте отвір, витягніть поршень, додайте етанол майже до отвору, повторіть пункти 9.5–9.7. Цей пункт виконайте 2 рази.
9.43 Просушіть осад: повторіть пункти 9.5–9.7 10-15 разів. Таким чином ви прокачуєте повітря через осад, висушуючи його.
9.44 Зніміть шприц та, тримаючи горизонтально над чашкою Петрі, обережно витягніть поршень. Шомполом виштовхніть мембрану з осадом на чашку Петрі, перенесіть шпателем залишки осаду.

12. Віддайте спостерігачу продукт на чашці Петрі для висушування впродовж 1 години. Вкажіть час початку висушування на чашці Петрі. **За цей час ви можете виконувати інші завдання.**
13. Через 1 годину отримайте чашку Петрі, обережно відділіть мембрану за допомогою шпателя та пінцета, зважте чашку Петрі з продуктом. Ще раз насолодіться красою комплексу!
14. Заповніть Таблицю 1 та розрахуйте вихід продукту.

Таблиця 1

Параметр	**Значення**
Маса чашки Петрі, (г)	
Маса чашки Петрі з продуктом, (г)	
Маса продукту, (г)	
Вихід, (%)	

Завдання 2. Кількісне визначення Co(III)

Автор: Ляпунов Олександр

За неоптимальних умов зберігання склад препарату солі Дюрранта може змінюватися. Нас цікавить саме вміст кобальту(III), визначення якого і є вашою поточною задачею.

У сильнокислому середовищі сіль Дюрранта розкладається з утворенням катіону $[Co(H_2O)_6]^{3+}$, який є сильним, але повільним окисником. Однак, якщо розклад проводити за наявності такого відновника, як йодид-йон, процес суттєво пришвидшується та відбувається стехіометрично.

Реактиви на робочому місці

LX Всеукраїнська олімпіада з хімії, 3-й етап

Назва	Стан	Концентрація	Кількість	Маркування
Хлоридна кислота	Водний розчин	1М	20 мл	HCl 1M
Натрій тіосульфат	Водний розчин		100 мл	$Na_2S_2O_3$
Калій йодид	Водний розчин	10%	50 мл	KI
Крохмаль	Водний розчин	1%	8 мл	Крохмаль
Сіль Дюрранта	Тверда речовина	–	3 зразки	Задача

Перелік обладнання та посуду на робочому місці

1. Бюретка на 25 мл, закріплена у штативі – 1 од.
2. Лійка для бюретки – 1 од.
3. Колба конічна на 250 мл – 3 од.
4. Мірний циліндр – 1 од.
5. Піпетка з поділками на 10 мл – 1 од.
6. Піпетка з поділками на 5 мл – 1 од.
7. Піпетка Пастера пластикова для індикатора – 1 од.
8. Віала або стакан для бюретки – 1 од.
9. Груша – 1 од.
10. Промивалка з дистильованою водою – 1 од.
11. Плівка з гумовим кільцем – 2 од.

Хід роботи

1. Промийте та заповніть бюретку робочим розчином натрій тіосульфату за допомогою лійки. Точна концентрація вказана на дошці, **перепишіть** її у таблицю з переліком реактивів. Носик бюретки не має містити повітря.
2. Доведіть рівень робочого розчину до відмітки «0» за нижнім меніском.
3. Відміряйте 50 мл дистильованої води мірним циліндром та за допомогою лійки кількісно перенесіть наважку задачі з віали до колби на 250 мл. Залишки води додайте до колби.
4. Перепишіть масу наважки у Таблицю 2.
5. Коловими рухами перемішуйте вміст колби до повного розчинення наважки.
6. Додайте до колби 10 мл 10% розчину KI, перемішайте вміст.
7. Додайте до колби 4 мл 1 М розчину HCl, перемішайте вміст, закрийте колбу плівкою з гумовим кільцем та залиште у темному місці на 20 хвилин.
8. Через 20 хвилин додайте до колби 40 мл дистильованої води мірним циліндром та перемішайте.
9. Титруйте вміст колби робочим розчином натрій тіосульфату до світло-жовтого забарвлення розчину. Внесіть 4-5 крапель розчину крохмалю пластиковою піпеткою Пастера до появи характерного синього забарвлення і продовжуйте титрувати робочим розчином до зникнення фіолетового забарвлення.
10. Запишіть об’єм у Таблицю 2.
11. Повторіть пункти 2-10 ще 1 або 2 рази. Всього ви маєте 3 спроби. Позначте зірочкою (*) «Номери титрування» у Таблиці 2, які ви будете використовувати для подальших розрахунків вмісту кобальту.
12. Розрахуйте вміст Co(III) у зразку для кожної наважки у форматі **XX,XX%**, запишіть у Таблицю 2. **Прийміть молярну масу Co^{3+} 58,93 г/моль**.
13. На підставі отриманих вами експериментальних даних розрахуйте середній вміст Co(III) у зразку.

Таблиця 2

Номер титрування	*	Маса наважки, г	V($Na_2S_2O_3$), мл	Вміст Co^{3+}, %
1				
2				
3				
Середній вміст кобальту(III) у зразку, %				
Місце для розрахунків				

Завдання 3. Якісне визначення неорганічних речовин (або просто шахматка)

Автор: Ляпунов Олександр

Це стандартна задача, нетиповий набір речовин. Щасти!

Обладнання на робочому місці

1. Планшет для проведення реакцій на 48 лунок – 1 шт.
2. Піпетка Пастера пластикова – 6 шт.

Реактиви на робочому місці

1. $FeSO_4$ (розчин) – 15 мл
2. H_2SO_4 (розчин) – 15 мл
3. $MnCl_2$ (розчин) – 15 мл
4. H_2O_2 (розчин) – 15 мл
5. $Pb(NO_3)_2$ (розчин) – 15 мл
6. NaOH (розчин) – 15 мл

Перелік обладнання загального користування (*за потреби зверніться до спостерігача*)

Маркери

У 6 пронумерованих пробірках містяться водні розчини наступних речовин: $FeSO_4$, H_2SO_4, $MnCl_2$, H_2O_2, $Pb(NO_3)_2$, NaOH з концентрацією 0,1 моль/л.

Не використовуючи інших реактивів, визначте, де знаходиться кожна речовина. Проведіть відповідні досліди шляхом попарної взаємодії розчинів: до чистої лунки на планшеті додайте піпеткою Пастера 0,2–0,3 мл одного розчину, потім 0,2–0,3 мл іншого іншою піпеткою Пастера. Зверніть увагу на порядок додавання розчинів. Використовуйте аркуш білого або чорного паперу для збільшення контрасту. Запишіть спостереження (номер в таблиці відповідає номеру пробірки). Використовуйте наступні позначення:

–	Немає видимих змін
↓	Випадає осад (вкажіть колір)
	Змінюється колір (вкажіть)

LX Всеукраїнська олімпіада з хімії, 3-й етап

	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3						
4						
5						
6						

1. Співвіднесіть номери пробірок з реагентами в них.

Речовина	**$MnCl_2$**	**$FeSO_4$**	**H_2O_2**	**$Pb(NO_3)_2$**	**NaOH**	**H_2SO_4**
Пробірка						

3. Запишіть *рівняння реакцій* взаємодій, які є необхідними для визначення речовин: рівняння, та *2 номери пробірок*, де містяться речовини, між якими ця реакція відбувалась.

Рівняння реакції	**№1**	**№2**