

М.А.Н.

Завдання

IV етапу Всеукраїнських
учнівських олімпіад
з навчальних предметів

2023/2024 навчальний рік

ХІМІЯ



Київ — 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЦЕНТР «МАЛА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ»

Завдання

IV етапу Всеукраїнських
учнівських олімпіад
з навчальних предметів
2023/2024 навчальний рік

ХІМІЯ

Практикум

Київ
Національний центр
«Мала академія наук України»
2024

Автори:

*С. О. Алексєєв, д. хім. наук, Є. В. Вержак, канд. хім. наук,
К. С. Гавриленко, канд. хім. наук, А. І. Ганопольський, А. Г. Готинчан,
О. О. Григоренко, д. хім. наук, Т. В. Друженко, М. О. Зайченко,
В. І. Краплина, О. В. Кудрик, О. Ю. Ляпунов, канд. хім. наук,
В. Г. Маханькова, д. хім. наук, Є. Б. Минак, М. О. Пашко,
Д. С. Радченко, канд. хім. наук, А. В. Сачко, канд. хім. наук, доц.,
О. Ю. Усенко*

Відповідальна за випуск:

А. І. Грітчина, канд. пед. наук

Упорядники:

О. В. Роговець, канд. пед. наук, Д. О. Ужвенко

*Рекомендовано для використання в освітньому процесі
рішенням науково-методичної ради
Національного центру «Мала академія наук України»
(протокол № 3 від 26.06.2024)*

Завдання IV етапу Всеукраїнських учнівських олімпіад з навчальних предметів. 2023/2024 навчальний рік. Хімія : практикум / С. О. Алексєєв, Є. В. Вержак, К. С. Гавриленко та ін.; відп. за вип. А. І. Грітчина ; упоряд.: О. В. Роговець, Д. О. Ужвенко. – Київ : Національний центр «Мала академія наук України», 2024. – 112 с.

Практикум, створений для ефективної підготовки учнів до участі в олімпіадах, містить завдання IV етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з хімії у 2023/2024 навчальному році. Зміст теоретичних, тестових і практичних завдань спрямований на перевірку рівня володіння основними знаннями з хімії, розуміння основних понять, застосування знань з хімії для розв'язання практичних завдань, пояснення хімічних процесів. Запропоновані завдання укладені з урахуванням вікових особливостей і рівня підготовленості учасників.

Збірник адресований учням 8–11 класів, педагогічним працівникам, які їх супроводжують під час підготовки до участі в інтелектуальних змаганнях.

УДК 373

© Алексєєв С. О., Вержак Є. В.,
Гавриленко К. С. та ін., 2024
© Національний центр
«Мала академія наук України», 2024

ЗМІСТ

Вступ	4
Пам'ятка учасникам олімпіади	5
8 клас	7
9 клас	29
10 клас	49
11 клас	79
Список літератури	109
Відомості про авторів	110

ВСТУП

Учнівські олімпіади відіграють важливу роль у розвитку дітей, сприяють їхньому інтелектуальному, особистісному та соціальному зростанню, стають першим кроком до професійного становлення, допомагають визначити свої інтереси й обрати майбутню професію.

Сучасні реалії вимагають від молодого покоління нових навичок для успішної самореалізації, формування компетентностей, на основі яких розвиваються цілеспрямованість, здатність до критичного й аналітичного мислення, самостійного прийняття рішень, відповідальність, громадянська активність, винахідливість.

Запропоновані завдання з хімії сприяють поглибленню знань учнів, розвитку логічного мислення, інтелектуальних здібностей, творчого й аналітичного підходу до розв'язання наукових проблем. Вони також допомагають опанувати техніку та методику проведення хімічного експерименту, що є особливо важливим для тих, хто планує в майбутньому працювати в галузі природничих наук.

Видання охоплює основні теми з хімії та містить різноманітні завдання, задачі, тести, вправи, а також алгоритм і методику їх вирішення.

Практикум підготовлений з метою закріплення і самоперевірки набутих знань, формування в учнів мотивації до подальшого вивчення природничих дисциплін.

Сподіваємось, що запропонований практикум стане у пригоді учням під час підготовки до участі в олімпіадах та інших інтелектуальних змаганнях, а також широкому колу читачів, які бажають поглибити свої знання з хімії.

Анна Грітчина,
заступниця директора
з методичної роботи НЦ «МАНУ»,
кандидатка педагогічних наук

Пам'ятка учасникам олімпіади

1. На розв'язання теоретичних завдань відводиться 4 години. Час закінчення туру вказується на дошці.

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 і непрограмованими калькуляторами. Користуватися 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 куратора, якого запросить контролер.

4. Всі результати потрібно записувати лише у відведених для цього полях аркушів для відповідей. Все, що написано у будь-якому іншому місці, не оцінюється. Як чернетку ви можете використовувати зворотний бік аркушів або чистий папір. Якщо вам потрібно замінити зіпсований аркуш для відповідей, звертайтеся до спостерігача.

5. У кожному питанні відмітьте ОДНУ правильну відповідь, закресливши відповідну комірку у відведених для цього полях аркушів для відповідей.

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

Період	Групи елементів																																																																																																																			
	IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIБ	VIIIБ	IB	IIA																																																																																																										
1	1	s-елементи					p-елементи																																																																																																													
		1 H Гідроген 1.0079	2 He Гелій 4.0026	Протонне число					Символ																																																																																																											
2	2	Назва елемента					Відносна атомна маса					Відносна атомна маса																																																																																																								
		3 Li Літій 6.941	4 Be Берилій 9.0122	d-елементи					f-елементи																																																																																																											
3	3	11 Na Натрій 22.990	12 Mg Магній 24.305	f-елементи					g-елементи					* Лантаноїди	** Актиноїди																																																																																																					
		19 K Калій 39.098	20 Ca Кальцій 40.078	21 Sc Скандій 44.956	22 Ti Титан 47.88	23 V Ванадій 50.942	24 Cr Хроменіум 51.996	25 Mn Манган 54.938	26 Fe Залізо 55.845	27 Co Кобальт 58.933	28 Ni Нікель 58.693	29 Cu Мідь 63.546	30 Zn Цинк 65.38	31 Ga Галій 69.723	32 Ge Германій 72.64	33 As Арсен 74.922	34 Se Селен 78.96	35 Br Бром 79.904	36 Kr Криптон 83.8	37 Rb Рубідій 85.468	38 Sr Стронцій 87.62	39 Y Йодій 88.906	40 Zr Цирконій 91.224	41 Nb Ніобій 92.906	42 Mo Молибден 95.94	43 Tc Технецій 98	44 Ru Рутеній 101.07	45 Rh Родій 102.905	46 Pd Паладій 106.42	47 Ag Срібло 107.868	48 Cd Кадмій 112.411	49 In Індій 114.818	50 Sn Свинць 118.710	51 Sb Станій 121.757	52 Te Телур 127.6	53 I Йод 126.905	54 Xe Ксенон 131.29	55 Cs Цезій 132.91	56 Ba Барій 137.33	57 La* Лантан 138.905	58 Ce* Церій 140.12	59 Pr* Прометій 140.91	60 Nd* Неодим 144.24	61 Pm* Прометій 144.91	62 Sm* Самарій 150.36	63 Eu* Європій 151.96	64 Gd* Гадоліній 157.25	65 Tb* Тербій 158.93	66 Dy* Диспрозій 162.50	67 Ho* Гольмій 164.93	68 Er* Ербій 167.26	69 Tm* Тулій 168.93	70 Yb* Йттербій 173.04	71 Lu* Лютецій 174.97	72 Hf* Гафній 178.49	73 Ta* Тантал 180.948	74 W* Вольфрам 183.85	75 Re* Рений 186.21	76 Os* Осній 190.23	77 Ir* Ірідій 192.22	78 Pt* Платина 195.08	79 Au* Золото 196.97	80 Hg* Ртуть 200.59	81 Tl* Талій 204.38	82 Pb* Свинець 207.2	83 Bi* Висмут 208.98	84 Po* Полоній 209	85 At* Астат 210	86 Rn* Радон 222	87 Fr* Францій 223	88 Ra* Радій 226.03	89 Ac** Актиній 227	90 Th* Торий 232.04	91 Pa* Протактиній 231	92 U* Уран 238.03	93 Np* Нептуній 237	94 Pu* Плутоній 244	95 Am* Америцій 243	96 Cm* Курій 247	97 Bk* Берклій 247	98 Cf* Каліфорній 251	99 Es* Ейнштейній 252	100 Fm* Фермій 257	101 Md* Мейтнерій 258	102 No* Нобелій 259	103 Lr* Лоренцій 260	104 Rf* Ріфенберґій 261	105 Db* Дубній 262	106 Sg* Сіборґій 263	107 Bh* Борій 264	108 Hs* Гессель 265	109 Mt* Міттерер 266	110 Un* Унунілій 269	111 Uu* Унунуній 271	112 Uub* Унунбій 273	113 Uut* Унунтрий 275	114 Uuq* Унунквадрій 277	115 Uup* Унунпентій 279	116 Uuh* Унунгексій 281	117 Uus* Унунсептій 283	118 Uuo* Унуноктій 285	119 Uuq* Унунквадрій 287	120 Uuh* Унунгексій 289	121 Uus* Унунсептій 291	122 Uuo* Унуноктій 293	123 Uut* Унунтрий 295	124 Uuq* Унунквадрій 297	125 Uuh* Унунгексій 299	126 Uus* Унунсептій 301	127 Uuo* Унуноктій 303	128 Uut* Унунтрий 305	129 Uuq* Унунквадрій 307	130 Uuh* Унунгексій 309	131 Uus* Унунсептій 311	132 Uuo* Унуноктій 313	133 Uut* Унунтрий 315



8 КЛАС

І тур (тести)

1. Який ступінь окиснення має атом Оксигену в сполучі оксиген дифторид?

- А. -2 .
- Б. -1 .
- В. 0 .
- Г. $+2$.

2. Виберіть варіант відповіді, в якому елементи розташовані у порядку збільшення їхньої електронегативності.

- А. $\text{Sc} > \text{Ca} > \text{Y} > \text{Sr}$.
- Б. $\text{Ba} < \text{Ce} < \text{Zr} < \text{V}$.
- В. $\text{Ga} < \text{In} < \text{Sn} < \text{Ge}$.
- Г. $\text{As} > \text{Se} > \text{Br} > \text{S}$.

3. Взаємодія з яким катіоном лежить в основі якісної реакції на аніон F^- ?

- А. Ba^{2+} .
- Б. Fe^{3+} .
- В. Ca^{2+} .
- Г. NH_4^+ .

4. У якого з наведених нижче атомів найменша енергія йонізації?

- А. Sr.
- Б. Be.
- В. Ra.
- Г. Ca.

5. Який енергетичний підрівень, як правило, буде заповнюватись наступним після 6s-підрівня відповідно до правила Клечковського?

- А. 4f.
- Б. 6p.
- В. 5f.
- Г. 6s.

6. Скільки потрібно додати води до 31 г натрій оксиду, щоб отримати 20%-ий розчин натрій гідроксиду?

- А. 200 г.
- Б. 170 г.
- В. 169 г.
- Г. 160 г.

7. Яку масу має ортофосфатна кислота, в якій кількість речовини атомів Оксигену – 2 моль?

- А. 49 г.
- Б. 98 г.
- В. 196 г.
- Г. 392 г.

8. Який тиск матиме 33,6 л гелію у кульці об'ємом 16 л за температури 35 °С?

- А. 114,26 кПа.
- Б. 114,26 Па.
- В. 239,95 кПа.
- Г. 239,95 Па.

9. Яка маса білого осаду утвориться при пропусканні через взятий у надлишку розчин барій гідроксиду газоподібного продукту взаємодії 2,10 г харчової соди й 1,80 г оцтової кислоти?

- А. 5,93 г.
- Б. 1,10 г.
- В. 6,48 г.
- Г. 4,93 г.

10. Визначте мінімальну молярну масу сполуки, якщо елементний аналіз показав, що вона має такий склад: $w(\text{H}) - 1,03 \%$, $w(\text{S}) - 32,99 \%$ і $w(\text{O}) - 65,98 \%$?

- А. 98 г/моль.
- Б. 97 г/моль.
- В. 194 г/моль.
- Г. 178 г/моль.

11. Вкажіть, який з нижченаведених елементів має найбільший радіус атома.

- А. Cl.
- Б. Tl.
- В. Bi.
- Г. Ge.

12. 12 г NaOH розчинили у 100 мл води. До розчину додали 6 мл 32%-го розчину HCl (густина розчину – 1,15 г/мл). Визначте масову частку NaCl в утвореному розчині.

- А. 3,0 %.
- Б. 2,5 %.
- В. 5,5 %.
- Г. 29 %.

13. Скільки електронів беруть участь в утворенні π -зв'язків у молекулі $(CN)_2$?

- А. 2.
- Б. 4.
- В. 6.
- Г. 8.

14. Вкажіть кількість нейтронів в ізотопі ^{87}Rb .

- А. 37.
- Б. 87.
- В. 50.
- Г. 40.

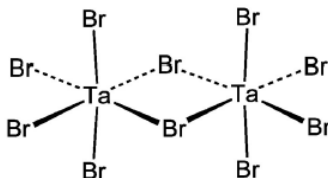
15. Вкажіть суму коефіцієнтів у рівнянні реакції калій перманганату з хлоридною кислотою (HCl).

- А. 21.
- Б. 26.
- В. 31.
- Г. 35.

16. Яку суміш сухих солей неможливо розділити розчиненням з подальшою фільтрацією?

- А. KNO_3 та CaCO_3 .
- Б. NaBr та AgCl .
- В. BaSO_4 та CuSO_4 .
- Г. NH_4Cl та AgCl .

17. Тантал(V) бромід зазвичай існує у вигляді димеру, який зображено нижче. Визначте координаційне число Танталу у цій сполуці.



- А. 5.
- Б. 6.
- В. 10.
- Г. 12.

18. Який з хлоридів зазначених елементів є найменш стабільним за кімнатної температури?

- А. VCl_3 .
- Б. VCl_5 .
- В. NbCl_5 .
- Г. TaCl_5 .

19. Розчин містить однакову молярну концентрацію йонів Sr^{2+} та Ag^+ , що становить 0,1 моль/л для кожного катіона. Додавання якого реагенту у вигляді розчину з молярною концентрацією 0,5 моль/л спричинить випадання в осад сполук стронцію, але не аргентуму?

- А. NaNO_3 .
- Б. NaOH .
- В. NaF .
- Г. NaCl .

20. Скільки електронів з квантовими числами $n = 4$, $l = 2$ міститься в атомі Ga?

- А. 0.
- Б. 1.
- В. 2.
- Г. 3.

21. Який із зазначених нуклідів є можливим продуктом одностадійного (α - або β -розпаду) ^{223}Fr ?

- А. ^{221}At .
- Б. ^{219}Bi .
- В. ^{223}Ra .
- Г. ^{223}Ac .

22. 20 г речовини розчиняють у 200 мл води. Яка із зазначених речовин при розчиненні утворює розчин з найменшою масовою часткою солі?

- А. $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.
- Б. $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.
- В. $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.
- Г. $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

23. Яке з тверджень є правильним щодо солі $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$?

А. Сполука містить один йонний зв'язок, один π -зв'язок і два σ -зв'язки.

Б. Сполука містить один йонний зв'язок, один π -зв'язок і три σ -зв'язки.

В. Сполука містить два йонних зв'язки, один π -зв'язок і три σ -зв'язки.

Г. Сполука містить два йонних зв'язки, два π -зв'язки та шість σ -зв'язків.

24. За день з 1 г ізотопу Радію-224 розпадається 0,18 г. Визначте період напіврозпаду Радію-224.

- А. 3,5 дня.
- Б. 4 дні.

В. 5 днів.

Г. 5,5 дня.

25. Як правильно приготувати 500 мл розчину сульфатної кислоти з молярною концентрацією 2 моль/л за допомогою дистильованої води ($M = 18,02$ г/моль, густина = 1,00 г/мл) та концентрованої H_2SO_4 ($M = 98,08$ г/моль, густина = 1,84 г/мл)?

А. Зважити 98,1 г концентрованої сульфатної кислоти в мірному стакані об'ємом 500 мл, а потім повільно доводити водою об'єм суміші до 500 мл.

Б. Зважити 98,1 г концентрованої сульфатної кислоти в мірній колбі та додати дистильовану воду до відмітки на колбі.

В. Зважити 98,1 г сульфатної кислоти в стакані об'ємом 100 мл, а потім повільно додавати H_2SO_4 в стакан об'ємом 500 мл, що містить приблизно 250 мл води. Далі перелити цей розчин в мірну колбу об'ємом 500 мл та довести до відмітки розчин дистильованою водою.

Г. Зважити 446,6 г дистильованої води в мірній колбі об'ємом 500 мл і довести розчин сульфатною кислотою до відмітки.

26. Ацетон має тиск насиченої пари 0,307 бар при 25 °С. Зразок 0,1 моль ацетону вміщують в контейнер об'ємом 1 л, що містить 1 л аргону при 1,00 бар та 25 °С. Далі об'єм контейнера збільшують до 4,00 л за тієї ж температури. Який тиск встановиться в контейнері після цього?

А. 0,250 бар.

Б. 0,307 бар.

В. 0,557 бар.

Г. 0,870 бар.

27. Суміш 0,50 моль H_2 та 1,3 моль Ag знаходиться в замкненому контейнері об'ємом 4,82 л. Якщо температура в реакторі 50 °С, який парціальний тиск H_2 в суміші?

А. 1,5 атм.

Б. 2,8 атм.

В. 7,2 атм.

Г. 9,9 атм.

28. Яка молярна концентрація йонів кальцію в розчині об'ємом 350 мл, який містить 7,50 г CaCl_2 ?

- А. 0,193 моль/л.
- Б. 0,252 моль/л.
- В. 0,284 моль/л.
- Г. 0,535 моль/л.

29. Як можна описати геометрію молекули SOCl_2 ?

- А. Рівносторонній тетраедр.
- Б. Плоский трикутник.
- В. Квадрат.
- Г. Нерівносторонній тетраедр.

30. Яку максимальну масу HF можна отримати з водню, що утворюється в процесі реакції 2,4 г борану (BH_3) з 3,1 г води?

- А. 2,4 г.
- Б. 3,1 г.
- В. 6,9 г.
- Г. 9,3 г.

31. Бінарна сполука містить 12,5 % одного з елементів. Ця сполука реагує з водою з виділенням водню. Який елемент може міститися у цій сполуці?

- А. Si.
- Б. Al.
- В. Be.
- Г. Mg.

32. 1,00 г оксиду елемента **X** реагує з гідроген пероксидом з утворенням кислоти масою 1,31 г. Інших сполук у цій реакції не утворюється. Визначте елемент **X**.

- А. Te.
- Б. Se.
- В. Ge.
- Г. As.

33. Молібден(VI) оксид можна отримати прожарюванням солі **X** за температури 1100 °С. У процесі реакції утворюється суміш амоніаку та води в мольному співвідношенні 2:1. Якщо 12 г солі **X** прожарити за цієї температури, утвориться 10 л газу при тиску 120,87 кПа. Вкажіть кількість атомів у молекулі **X**.

- А. 7.
- Б. 12.
- В. 15.
- Г. 19.

34. Триполіфосфатна кислота $\text{H}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ може розщеплюватися, нейтралізуватися лугом NaOH з молярною концентрацією 2 моль/л до солі ортофосфатної кислоти. Який об'єм розчину луку необхідний для нейтралізації 20 г триполіфосфатної кислоти?

- А. 348 мл.
- Б. 116 мл.
- В. 232 мл.
- Г. 464 мл.

35. Скільки неспарених електронів знаходиться на валентному рівні йону феруму із зарядом 3+?

- А. 5.
- Б. 6.
- В. 7.
- Г. 8.

36. У реакторі об'ємом 2,0 л при 25 °С спочатку містилися азот (N_2) під тиском 300 кПа та кисень (O_2) під тиском 500 кПа. Потім до того ж реактора додавали водень (H_2) до тих пір, поки загальний тиск не досягнув 1200 кПа за тієї ж температури. Який парціальний тиск водню встановиться у реакторі?

- А. 200 кПа.
- Б. 400 кПа.
- В. 600 кПа.
- Г. 800 кПа.

37. При пропусканні дугового розряду через цей реактор (п. 36) кількісно утворився гідроген пероксид, що сконденсувався на стінках реактора. Яка мольна частка азоту в газовій фазі цього реактора?

- A.** 25 %.
- Б.** 50 %.
- В.** 75 %.
- Г.** 90 %.

38. Розглянемо неорганічні сполуки натрій хлорид (NaCl), силіцій карбід (SiC) та магній оксид (MgO). Кожна із цих сполук утворена за допомогою різних типів хімічних зв'язків. Яке твердження є правильним стосовно типів зв'язків у цих сполуках?

A. Натрій хлорид (NaCl) утворений за допомогою ковалентного зв'язку між атомами Натрію та Хлору з рівномірним розподілом електронів.

Б. Силіцій карбід (SiC) складається з атомів Силіцію та Карбону, сполучених металічним зв'язком.

В. Магній оксид (MgO) містить йонний зв'язок, при якому Магній віддає два електрони Оксигену, утворюючи стабільну йонну решітку.

Г. У силіцій карбіді (SiC) атоми Силіцію та Карбону сполучені йонними зв'язками з передачею електронів від атомів Силіцію до атомів Карбону.

39. Яка просторова будова молекули ClF_3 ?

- A.** Тригональна біпіраміда.
- Б.** Тригональна піраміда.
- В.** Трикутна.
- Г.** Т-подібна.

40. Яка з перелічених кислот є найсильнішою у водному розчині?

- A.** HF .
- Б.** HCl .
- В.** HBr .
- Г.** HI .

41. Який з наведених металів не реагує з концентрованим розчином нітратної кислоти за стандартних умов?

- А. Sn.
- Б. Cu.
- В. Al.
- Г. Zn.

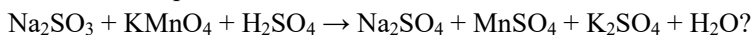
42. У якій зі сполук елемент V групи має найбільшу валентність?

- А. NH_4Cl .
- Б. HPO_3 .
- В. HNO_3 .
- Г. HClO_4 .

43. У якій зі сполук масова частка Феруму найбільша?

- А. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$.
- Б. CuFeS_2 .
- В. $\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$.
- Г. FeSb_2S_4 .

44. Який коефіцієнт необхідно поставити перед формулою окисника в наведеній схемі реакції:



- А. 1.
- Б. 2.
- В. 3.
- Г. 5.

45. Визначте склад газової суміші (у об'ємних %), що складається з азоту та водню, якщо за температури 127 °С і тиску 10 атм її густина дорівнює 1,28 г/л.

- А. 1,17 % H_2 та 98,83 % N_2 .
- Б. 92,8 % H_2 та 7,2 % N_2 .
- В. 14,7 % H_2 та 85,3 % N_2 .
- Г. 91,5 % H_2 та 8,5 % N_2 .

46. Визначте масову частку домішок у 7,35 г порошку невідомої солі натрію, якщо при його розчиненні та подальшому додаванні розчину аргентум(I) нітрату утворюється 9,40 г яскраво-жовтого осаду.

- А. 18,4 %.
- Б. 81,6 %.
- В. 13,1 %.
- Г. 27,9 %.

47. Яка маса калій нітрату викристалізується при охолодженні 600 г насиченого розчину від 90 °С (розчинність KNO_3 за 90 °С становить 200 г на 100 г води) до 30 °С (розчинність KNO_3 за 30 °С становить 46 г на 100 г води)?

- А. 400,0 г.
- Б. 256,2 г.
- В. 308,0 г.
- Г. 189,0 г.

48. Визначте масову частку NaCl після змішування 25 мл розчину з $w(\text{NaCl}) = 13,45\%$ (густина – 1,05 г/мл) і 45 мл розчину з $w(\text{NaCl}) = 35\%$ (густина – 1,12 г/мл).

- А. 45,94 %.
- Б. 27,62 %.
- В. 31,45 %.
- Г. 64,45 %.

49. Який з методів використовується для виділення $\text{Cu}(\text{OH})_2$ з розчину?

- А. Флотація.
- Б. Екстракція.
- В. Магнітна сепарація.
- Г. Фільтрація.

50. Яка з перелічених речовин має йонну кристалічну ґратку?

- А. Цукор.
- Б. H_2SO_4 .

В. Mn_2O_7 .

Г. Cs_2O .

51. Розрахуйте кількість речовини H_2SO_4 у пробі, якщо кількість атомів у пробі становить $4,214 \cdot 10^{24}$.

А. 0,3.

Б. 0,45.

В. 0,072.

Г. 1.

52. При спалюванні 1,55 г простої речовини елемента X утворюється оксид, формула якого X_2O_5 масою 3,55 г. Визначте елемент X.

А. Р.

Б. N.

В. As.

Г. S.

53. Яка з наведених речовин матиме найвищу температуру кипіння?

А. H_2S .

Б. H_2O .

В. H_2Se .

Г. H_2Te .

54. 8 г вуглецю спалили в реакторі з чистим киснем і отримали еквімолярну суміш CO і CO_2 . Який початковий тиск кисню мав бути в реакторі, якщо $V = 5$ л і $T = 298$ К?

А. 540,34 кПа.

Б. 245,28 кПа.

В. 542,65 кПа.

Г. 124,55 кПа.

55. Скільки існує однозаряджених аніонів, що одночасно містять по одному атому Оксигену, Нітрогену та Карбону та не порушують правило октету?

А. 1.

Б. 2.

В. 3.

Г. 4.

56. Наведіть можливий продукт реакції тіофосфорил хлориду (SPCl_3) з натрій гідроксидом.

А. Na_3SPO_3 .

Б. NaHPO_3 .

В. P_2O_5 .

Г. POCl_3 .

57. Який кут між зв'язками в йоні I_3^- ?

А. 180° .

Б. 120° .

В. $109,5^\circ$.

Г. 90° .

58. Скільки атомів Оксигену знаходиться в 1,00 г трогеріту $(\text{UO}_2)_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$?

А. $6,47 \cdot 10^{21}$.

Б. $8,31 \cdot 10^{21}$.

В. $1,20 \cdot 10^{21}$.

Г. $1,39 \cdot 10^{21}$.

59. Магній згоряє на повітрі з утворенням суміші MgO та Mg_3N_2 . 1,000 г магнієвої стружки згоряє з утворенням 1,584 г суміші. Який вміст магній нітриду в цій суміші?

А. 9,00 %.

Б. 11,0 %.

В. 27,1 %.

Г. 90,3 %.

60. Який метод отримання гідразину (N_2H_4) є найбільш доцільним?

А. Спалювання амоніаку на повітрі.

Б. Реакція амоніаку з натрій гіпохлоритом.

В. Пряма реакція азоту з воднем.

Г. Відновлення воднем нітратної кислоти.

II тур

Завдання 8.1. Вибуховий елемент



Сполука **A** містить чотири елементи, один з яких є металом. Вона вперше була синтезована в чистому вигляді Отто Ерме у 1866 році. Її можна отримати під час реакції між нітратом металу **X** та калієвою сіллю **B**. Під час цієї реакції **A** випадає в осад. Сполука **B** містить 33 % Сульфуру за масою. Метал **X** у природі часто зустрічається у вигляді мінералу **C**, бінарної сполуки, що містить 13,75 % Сульфуру за масою.

1.1. Розшифруйте сполуки **A**, **B**, **C** та метал **X**.

1.2. Зобразіть структурну формулу аніона солі **B**.

Сполука **A** розкладається з утворенням сполуки **C** та двох бінарних сполук – **D** та **E**, що не містять елемента **X**. Сульфуровмісна сполука **D** за нормальних умов є практично нерозчинною у воді рідиною, а густина її пари за воднем дорівнює 38. Сполука **E** не містить Сульфуру, а вміст одного з елементів за масою становить 39,13 %.

1.3. Напишіть рівняння реакції розкладу сполуки **A** та розшифруйте сполуки **D** та **E**. Зобразіть структурну формулу **D** та вкажіть гібридизацію центрального атома.

Взаємодія сульфату елемента **X** з барій хлоридом приводить до утворення сполуки **F**, яка є нерозчинним хлоридом. Відновлення сполуки **F** амоній оксалатом $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ приводить до утворення іншого хлориду елемента **X** – сполуки **G**. Цей хлорид у свою чергу може диспропорціювати з утворенням сполуки **F** та металу **X**.

1.4. Визначте сполуки **F** та **G**.

1.5. Напишіть реакції утворення сполуки **G** та її диспропорціювання.

1.6. Зобразіть структуру **G**.

Завдання 8.2. (Не дуже) інертні гази



Ксенон належить до інертних газів. Довгий час існувала гіпотеза, що він не здатний утворювати сполуки. У 1962 році Нейл Бартлет помітив, що кисень може вступати в реакцію сполучення з платини гексафторидом PtF_6 з утворенням сполуки йонної будови O_2PtF_6 .

2.1. Визначте ступені окиснення елементів у сполуці O_2PtF_6 , якщо відомо, що її катіон складається лише з атомів Оксигену, а в процесі її утворення переноситься лише один електрон.

Пізніше він з'ясував, що ксенон також здатний вступати в таку реакцію. Це поклало початок синтезу сполук ксенону і розвіюванню гіпотези про його інертність.

2.2. Вкажіть продукт реакції ксенону з платини гексафторидом, якщо відомо, що катіон цієї солі моноатомний.

2.3. Зобразіть структуру аніона в O_2PtF_6 та вкажіть гібридизацію центрального атома в аніоні.

Наразі синтезовано три фториди ксенону з валентностями ксенону 2, 4 та 6.

2.4. Визначте гібридизацію атома Ксенону у цих сполуках та зобразіть їхні структури.

Для Криптону відома лише одна сполука з флуором, в якій атом Криптону є sp^3d -гібридизованим. Ця сполука окиснює воду з утворенням двох простих газоподібних речовин і бінарної сполуки, яка має кислотні властивості.

2.5. Наведіть молекулярну структуру цієї сполуки.

2.6. Напишіть рівняння реакції цієї сполуки криптону з водою. Для Криптону відомо 5 стабільних ізотопів: ^{80}Kr (2,29 % за кількістю атомів), ^{82}Kr (11,6 %), ^{83}Kr (11,5 %), ^{84}Kr (57,0 %), ^{86}Kr (17,3 %).

2.7. Виходячи із цих даних, розрахуйте відносну атомну масу Криптону. Відповідь наведіть з точністю до третього знака після коми.

2.8. Позначте правильні твердження.

- Криптон не настільки стабільний, як простий елемент.
- Електронний радіус Ксенону більший за Криптон.
- Електронний радіус Ксенону менший за Криптон.
- Криптон є більш електронегативним.
- Криптон є менш електронегативним.

Завдання 8.3. Сульфур тетрафторид



SF_4 – важливий реагент у хімічному синтезі. Це дуже токсична сполука, яка бурхливо реагує з водою. При цьому ступені окиснення елементів не змінюються.

Уявімо, що в реакторі об'ємом 3 літри знаходиться SF_4 за температури $400\text{ }^\circ\text{C}$. Тиск у реакторі становить 12 атм.

3.1. Визначте кількість речовини SF_4 у реакторі.

У реактор, не відкриваючи його, вводять 4,69 г води.

3.2. Запишіть рівняння реакції SF_4 з водою, що відбувається у даному реакторі.

3.3. Розрахуйте тиск, який встановиться в реакторі після додавання води (якщо ви не змогли визначити кількість SF_4 в п. 3.1, то використовуйте значення 0,55 моль).

Після гідролізу SF_4 в реактор було додано 100 г кальцій оксиду (не випускаючи суміш газів). У результаті тиск у реакторі різко змінився.

3.4. Запишіть реакції, які будуть проходити в реакторі після додавання CaO .

3.5. Розрахуйте тиск, який встановиться в реакторі після додавання CaO та проходження всіх реакцій за температури 300°C (змінюю об'єму реакційної суміші внаслідок додавання / утворення твердих речовин знехтуйте).

3.6. Зобразіть структуру та вкажіть гібридизацію центрального атома для SF_4 та сульфуровмісного продукту гідролізу.

SF_4 в лабораторних умовах можна отримати окисненням сірки бінарною сполукою А, що містить 49,14 % Флуору. Окрім SF_4 у процесі реакції утворюється сполука, що містить 39,2 % Флуору.

3.7. Визначте сполуку А.

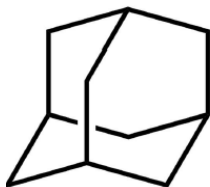
3.8. Запишіть рівняння отримання SF_4 у цій реакції.

Завдання 8.4. Отруйні китайські пігменти



Речовині As_2O_3 здавна надавалися магичні властивості. Вона може бути отримана з мінералу ауріпігменту (бінарної сполуки). У результаті прожарювання ауріпігменту на повітрі утворюється As_2O_3 , яка утворюється в газовій фазі, якщо температура прожарювання вища за 465°C . Реакція супроводжується виділенням сульфур(IV) оксиду.

При прожарюванні 200 г ауріпігменту за температури 600°C утворюється 289 л газової суміші за тиску 1 атм.



4.1. Визначте елемент **A** й аурипігмент.

4.2. Запишіть рівняння реакції, що приводить до утворення A_2O_3 з аурипігменту.

Структура молекули A_2O_3 є доволі цікавою. Вона дуже нагадує структуру вуглеводню адамантану, що наведена нижче. У вершинах цієї фігури розташовані атоми Карбону, а відрізки позначають σ -зв'язки між ними. Якщо в цій структурі певні атоми Карбону замінити на атоми **A**, а інші на атоми Оксигену, то можна отримати структуру молекули A_2O_3 .

4.3. Зобразіть структуру A_2O_3 . Серед сполук з однаковим якісним складом з аурипігментом зустрічається одна з яскраво-червоним кольором – реальгар. Його безуспішно намагалися використовувати в китайській медицині. Молярна маса реальгару дорівнює 428 г/моль, а співвідношення мас елементів становить 2,34:1.

4.4. Визначте формулу реальгару.

У цій сполуці лише деякі атоми **A** утворюють зв'язки між собою.



4.5. Визначте кількість простих зв'язків **A-A** в цій молекулі, якщо відомо, що вона не містить π -зв'язків, а валентність кожного з елементів однакова для всіх його атомів.

4.6. Елемент **A** має лише один стабільний ізотоп. Визначте кількість нейтронів, протонів та електронів у цьому ізотопі.

Завдання 8.5. Брудний розчин

У дослідника випадково опинився розчин ортофосфатної кислоти. Він відібрав 25 мл цього розчину, розбавив його в 1 літрі дистильованої води та відібрав 20 мл утвореного розчину. Цю аліквоту він відтитрував до досягнення другої точки еквівалентності (кількісного утворення HPO_4^{2-}), використовуючи розчин $NaOH$ з молярною концентрацією 0,1 моль/л. На титрування дослідник використав 13,1 мл розчину $NaOH$.

5.1. Напишіть рівняння реакцій, що відбуваються при титруванні ортофосфатної кислоти до першої, другої та третьої точки еквівалентності.

5.2. Визначте масову частку ортофосфатної кислоти в розчині.

Дослідник вирішив осадити фосфат за допомогою аргентум(I) нітрату. Спочатку він обережно нейтралізував ортофосфатну кислоту (15 мл вихідного розчину) до отримання натрій ортофосфату. Потім до цього розчину він додав розчин аргентум(I) нітрату.

5.3. Напишіть рівняння відповідних реакцій.

5.4. Яка маса аргентум(I) нітрату необхідна для повного осадження фосфату з розчину?

Преципітат ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) є надзвичайно важливим добривом. Для його отримання ортофосфатну кислоту нейтралізують кальцій гідроксидом.

5.5. Визначте об'єм розчину ортофосфатної кислоти з концентрацією, визначеною в п. 5.2, та масу сухого кальцій гідроксиду, що необхідні для отримання 1 кг преципітату (якщо ви не змогли визначити масову частку у п. 5.2, вважайте, що вона дорівнює 25 %).

Амофоси (суміші амоній гідрогенфосфату та амоній дигідрогенфосфату) – також дуже цінні добрива для агропромисловості.

5.6. Визначте, який об'єм розчину амоніаку з масовою часткою 10 % необхідно додати до 120 мл розчину H_3PO_4 з молярною концентрацією 0,45 моль/л для отримання суміші, після упарювання якої утворяться солі з вмістом Нітрогену 19,17 %. Прийміть густину 10%-го розчину амоніаку як рівну густині води.

Завдання 8.6. Покараний Микола

Одного разу молодий хімік Микола після важкого трудового дня покинув ввечері лабораторію, забувши вимкнути плитку. Наступного

дня керівник Миколи вирішив покарати його за порушення правил техніки безпеки, змусивши робити перекристалізацію (метод очистки основної речовини від домішок, який базується на різниці розчинності речовини при різних температурах) цілого відра кристалогідрату $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. З довідника Микола визначив, що при температурі $100\text{ }^\circ\text{C}$ розчиняється 115 г безводної солі на 100 мл води, а при температурі $25\text{ }^\circ\text{C}$ – 34,9 г на 100 мл води.

6.1. Розрахуйте, скільки Миколі потрібно взяти води, щоб при розчиненні 987,0 г кристалогідрату отримати насичений розчин при $100\text{ }^\circ\text{C}$.

6.2. Визначте молярну концентрацію, моляльність та масову частку CuSO_4 в утвореному в п. 6.1 розчині. Прийміть густину розчину такою, що дорівнює 1,32 г/мл. (Якщо ви не змогли визначити масу води в попередньому пункті, прийміть її такою, що дорівнює 1500 г.)

6.3. Розрахуйте масу кристалогідрату, який випаде в осад при охолодженні цього розчину до $25\text{ }^\circ\text{C}$.

6.4. Враховуючи, скільки речовини було використано і скільки отримано, розрахуйте теоретичний вихід перекристалізації.

6.5. Якщо припустити, що речовину можна вважати чистою після 10 повторень перекристалізації, розрахуйте, яку масу кристалогідрату отримає Микола після цього процесу.

Експериментальний тур

Відповіді та пояснення

Робота складається з двох частин.

Завдання 1. Кількісний аналіз. Суміш кристалогідрату барій хлориду невідомого складу та силіцій(IV) оксиду. Масу суміші визначають за різницею мас тигля. Втрата маси після прожарювання відповідає кристалізаційній воді. Маса нерозчинного залишку відповідає

силіцій(IV) оксиду та дає змогу розрахувати його масову частку. Різниця мас суміші, кристалізаційної води та силіцій(IV) оксиду дає масу безводного барій хлориду, що дозволяє отримати масу кристалогідрату та його формулу.

Кожна задача є сумішню двох відомих наважок $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ та SiO_2 . Втрата маси та маса нерозчинного залишку розраховуються з мас наважок і називаються MasterValue. Кількісна оцінка визначається за методом трапецій, з урахуванням відхилення експериментально отриманого значення від MasterValue. Окремо оцінюються зроблені учасником розрахунки.

Завдання 2. Якісний аналіз без використання додаткових реагентів. Для розв'язання завдання необхідно спочатку заповнити таблицю. Які процеси мають спостерігатись при змішуванні досліджуваних розчинів?

—	Немає видимих змін
↓	Випадає осад (вказіть колір)
↓↑	Випадає та розчиняється осад

	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	Na_3PO_4	NaOH	HNO_3	CuSO_4
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$		↓	↓↑	—	—
Na_3PO_4	↓			—	↓
NaOH	↓↑	—		—	↓
Na_3PO_4	—	—	—		
CuSO_4	—	↓	↓	—	

Наступний крок — виконати попарне змішування розчинів, заповнення таблиці спостережень і співвіднесення формул речовин з шифрами. Розчин купрум сульфату визначається одразу за кольором, без необхідності додаткових експериментів. При змішуванні натрій гідроксиду й алюміній сульфату залежно від порядку та кількості додавання реагентів осад може розчинятись одразу після утворення, що може призвести до хибної інтерпретації.

The background features a series of thin, dark blue diagonal lines radiating from the top left corner. The lower portion of the image is divided into two solid-colored geometric sections: a large yellow trapezoidal shape on the right and a smaller dark blue triangular shape on the bottom left.

9 КЛАС

I тур

Завдання 9.1. Маленький гвинтик



Природа нашої планети дуже різноманітна і певною мірою екзотична. Прикладом такої варіабельності флори і фауни є бактерії, які здатні синтезувати ряд неорганічних сполук і таким чином регулювати мінеральний обмін на Землі.

Представниками таких мікроорганізмів є *Thiothrix*, *Azospirillum*, *Methylococcaceae*. Вони синтезують кислоти **A**, **B1**, **B2** та газ **C** відповідно. Реакція двохосновної кислоти **A** масою 9,8 г із цинком приводить до утворення водню об'ємом 2,24 л (н. у.). Окиснення суміші кислот **B1** і **B2** веде до утворення розчину, що містить лише **B2**. Субстратом (вихідними речовинами) для синтезу кислот **A**, **B1**, **B2** бактеріями є гази **D** та **E**. Сполука **D** має різкий запах та відносну густину за воднем 8,5, а сполука **E** має характерний запах тухлих яєць. Бінарний газ **C** у своєму складі містить атом Карбону, масова частка якого 75 %.

1.1. Розшифруйте усі невідомі речовини.

1.2. Напишіть рівняння згаданих реакцій, окрім тих, що відбуваються всередині мікроорганізмів.

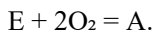
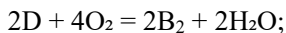
1.3. Наведіть геометричну будову молекул газів **C**, **D**, **E** та вкажіть гібридизацію центрального атома.

1.4. Обчисліть рН водних розчинів кислот **B1** і **B2** з молярними концентраціями 0,01 моль/л, якщо $K_a(B1) = 4,0 \cdot 10^{-4}$. Вважайте, що кислота **B2** у водному розчині дисоціює повністю.

Дослідник помістив у чашку Петрі колонії вищевказаних бактерій. Після дозрівання та розмноження мікроорганізмів їх перенесли у ємність, де містилась газова суміш, що складається з газів **D** і **E** об'ємом 20 л (н. у.).

Внаслідок ферментативних процесів усередині бактерій з повним використанням вихідних газів утворилася суміш кислот **A** та **B2** масою 64,06 г.

Для розрахунків скористайтесь такими загальними рівняннями хімічних реакцій всередині бактерій:



1.5. Обчисліть об'ємні частки газів у початковій суміші.

Завдання 9.2. Хімія в квітах

Хімічні сполуки, які містяться в квітах і визначають їхні колір та аромат, мають дуже різноманітну будову та належать до різних класів органічних речовин. Наприклад, ніжний аромат троянд визначається переважно такими сполуками:



2.1. Вкажіть, які із цих сполук є циклічними?

2.2. Скільки стереоізомерів має кожна зі сполук на малюнку вище?

2.3. Зобразіть структурні формули всіх стереоізомерів гераніола та вкажіть їхню конфігурацію відповідно до Z/E-номенклатури.

2.4. Зобразіть структурні формули всіх стереоізомерів цитронелола та вкажіть їхню конфігурацію відповідно до R/S-номенклатури.

2.5. При повному гідруванні гераніол і цитронелол утворюють одну й ту саму сполуку – *диметилоктанол*. Вкажіть номенклатурну назву цієї сполуки без вказування стереохімії.

2.6. Скільки діастереомерів та енантіомерів має розеноксид?

2.7. Зобразіть структурну формулу 2S,4R-розеноксида.

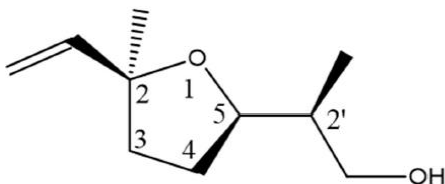


Одним з компонентів освіжаючого аромату гіацинтів є ароматична сполука – етил 2-метоксибензоат.

2.8. Зобразіть структурну формулу цієї сполуки та вкажіть тип заміщення в її ароматичному ядрі (орто-, мета- чи пара-).

2.9. Зобразіть два інші ізомери заміщення в ароматичному ядрі етил 2-метоксибензоату та вкажіть тип заміщення в ароматичному ядрі в них.

На малюнку зображено один із стереоізомерів «бузкового спирту», який є одним з компонентів надихаючого аромату бузку.



2.10. Вкажіть R/S-конфігурацію всіх його стереоцентрів.

Завдання 9.3. Джимі Гендрікс

Джимі Гендрікс – один з найвпливовіших гітаристів в історії. Наприкінці 60-х він популяризував культову сьогодні, але не дуже відому в той час гітару Fender Stratocaster. Характерною особливістю цієї гітари є багатий спектр натуральних обертонів і чистий «скляний» звук, який забезпечується використанням звукознімачів, зроблених з деякого сплаву. Цей сплав складається з металів **A**, **B**, **C** і **D**. Проте група хіміків-гітаристів, послухавши сучасні інструменти, помітила, що звучання віртуоза помітно відрізняється.

Тому, отримавши доступ до суміші порошків металів, з якої виготовлялись оригінальні звукознімачі, з метою визначення складу вони провели серію експериментів.

1. Суміш обробили концентрованою сульфатною кислотою. В осаді лишилися метали **A** і **D** масою 46,9 г. Метали **B** та **C** утворили розчинні солі.

2. До розчину солей металів **B** і **C** обережно додали NaOH до pH = 8, надлишок гідроген пероксиду та прокип'ятили. Утворився коричневий осад, який відфільтрували та розчинили у концентрованій хлоридній кислоті. При цьому виділився хлор об'ємом 1468 мл (н. у.) та утворилася сіль масою 17,03 г.

Ступінь окиснення **C** під час перетворень змінився на одиницю.

3. До фільтрату з попереднього пункту, що містить сіль металу **B**, додали надлишок натрій гідроксиду. Випав світло-зелений осад масою 23,27 г. При його прожарюванні отримали 18,76 г оксиду чорного кольору.

4. Група хіміків продовжила своє дослідження розчиненням осаду металів **A** і **D** у гарячій хлоридній кислоті.

5. Після розчинення металів через розчин пропустили молекулярний хлор, для того щоб змінити ступінь окиснення металу **D** на одиницю.

6. Далі в розчин додали надлишок лугу і спостерігали утворення бурого осаду сполуки металу **D**, а метал **A** утворив комплексну сполуку з координаційним числом 6.

7. Осад відділили і прожарили, отримавши 58 г бінарної сполуки, що містить метал **D**. Масова частка Оксигену в бінарній сполуці становить 30 %. Зміни ступенів окиснення в процесі не спостерігалось.

8. Розчин відфільтрували, і після додавання певної кількості хлоридної кислоти утворився осад гідроксиду металу **A** з масовою часткою Оксигену $w(O) = 61,54 \%$.

3.1. Розшифруйте зашифровані метали.

3.2. Запишіть рівняння реакцій, що відбуваються в ході кожного експерименту (номер комірки відповідає номеру експерименту).

3.3. Розрахуйте масові частки металів у вихідному сплаві. Отримані маси металів округлюйте до сотих.

3.4. Атом якого елемента містить 31 нейтрон?

А. Феруму.

Б. Кобальту.

В. Нікелю.

3.5. Яка зі скорочених електронних формул відповідає феруму у складі FeCl_3 ?

А. $3d^4 4s^1$.

Б. $3d^3 4s^3$.

В. $3d^5 4s^0$.

Г. $3d^5 4s^2$.

Завдання 9.4. Вапняк



Вапняк є осадовою гірською породою, основним компонентом якої є кальцит CaCO_3 . Окрім кальциту в складі можуть бути наявні глини, кремнезем, оксиди феруму, доломітні включення (містить мінерал доломіт $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$), гіпс та ін. Під час випалювання вапняку при температурах 1000–1200 °С отримують негашене вапно.

Дослідний зразок вапняку масою 200 г, що містив доломітні включення, піддали термічній обробці й отримали негашене вапно з високим вмістом магній оксиду.

4.1. Встановіть масову частку кальциту у зразку, якщо масова частка Магнію до випалювання складала 9 %, а масова частка некарбонатних домішок 9,5 % (їх маса не змінюється при нагріванні).

4.2. Напишіть рівняння реакцій термічного розкладу карбонатів кальцію та магнію.

4.3. Обчисліть масову частку магній оксиду у зразку після термічної обробки.

4.4. Обчисліть об'єм вуглекислого газу (н. у.), який виділився під час термічної обробки 200 г дослідного зразка вапняку.

4.5. Обчисліть об'єм хлоридної кислоти з молярною концентрацією 2 моль/л, необхідний для реакції з вапняком масою 200 г. Вважайте, що некарбонатні домішки не реагують з HCl.

Завдання 9.5. Весела підгрупа Карбону

Підгрупа Карбону періодичної системи є досить різноманітною з точки зору властивостей елементів, що входять до неї.

5.1. Зобразіть будову простих речовин Силіцію та Карбону (алмазу та графіту).

5.2. Порівняйте радіуси атомів Силіцію та Карбону. Вкажіть, радіус якого з них більший, та стисло поясніть причину.

5.3. Порівняйте електронегативність атомів Силіцію та Карбону. Вкажіть, електронегативність якого з них більша, та стисло поясніть причину.

Карбон тетрахлорид і силіцій тетрахлорид відрізняються реакційною здатністю по відношенню до води. При додаванні CCl_4 до води кислотність не зростає, на відміну від SiCl_4 , додавання якого до води приводить до сильного збільшення кислотності розчину.

5.4. Напишіть рівняння реакцій CCl_4 та SiCl_4 з водою, якщо такі відбуваються.

Олово та свинець часто зустрічаються в одних і тих самих сплавах. Зазвичай їх розділяють електролізом, проте існують методи, що дозволяють це зробити селективним (вибірковим) осадженням.

Перший метод полягає в селективному розчиненні в концентрованій нітратній кислоті за кімнатної температури. Під час

реакції утворюється розчин, що містить сіль одного з металів, та білий осад оксиду іншого металу.

У продуктах метали перебувають у різних ступенях окиснення. Далі осад відфільтровують, відновлюють вуглецем та отримують один із металів у чистому вигляді. Після упарювання розчину та прожарювання утворений оксид також можна відновити вуглецем до чистого металу за високих температур.

5.5. Напишіть рівняння згаданих реакцій, що ведуть до розділення олова та свинцю.

Другий метод базується на вибіркового розчиненні PbS та SnS в Na_2S_2 . Під час цієї реакції один із сульфідів розчиняється, а інший залишається твердим.

5.6. Який з металів розчиняється?

А. Sn.

Б. Pb.

5.7. Запишіть рівняння реакції розчинення одного із сульфідів у Na_2S_2 .

Завдання 9.6. Не все те золото, що жовте



Алотропні модифікації – це явище існування різних простих речовин, утворених одним елементом. **X** — кристалічна речовина жовтого кольору. Вона дуже крихка і легко розтирається в дрібнесенький порошок. У всіх рідких і твердих станах діамагнітна. Зустрічається у трьох алотропних формах: дві кристалічні й аморфна.

У кристалічній формі спостерігається впорядковане розташування частинок, а в аморфній частинки не утворюють кристалічну ґратку і загалом розташовані неупорядковано. Кристалічна форма **X** містить 8 ковалентних зв'язків між атомами, що є sp^3 -гібридизованими, натомість аморфна є полімером, що містить нескінченну кількість цих зв'язків.

6.1. Визначте **X**. Схематично зобразіть кристалічну й аморфну форми.

Інколи у сполуках спостерігаються «нетрадиційні ступені окиснення» атомів певного елемента. Зазвичай це речовини, у яких два або більше атомів одного елемента мають різні ступені окиснення. Тому «середній» ступінь окиснення виглядає нетипово і навіть буває дробовим. Такі ступені окиснення дуже характерні для сполук, що містять елемент **X**.

При дії на речовину **X** концентрованого розчину NaOH за певних умов утворюються речовини **A** та **B**. Речовина **B** ($w(\text{O}) = 30,38\%$) знебарвлює розчин йоду і при цьому утворюється речовина **C** ($w(\text{O}) = 35,56\%$).

Речовину **B** також можна добути при дії **X** на речовину **D**, яка утворюється при пропусканні газу **E** через розчин лугу. Газ **E** добувають спалюванням **X** на повітрі. При дії на **B** концентрованої HNO_3 утворюється жовтий осад і речовина **F**, яка утворює осад з $\text{Ba}(\text{OH})_2$. При електролізі речовини **F** утворюється кислота **G** – сильний неорганічний окисник. Також з речовини **F** можна добути ще один сильний окисник – **H** ($w(\text{X}) = 28,07\%$), якщо подіяти на неї концентрованим H_2O_2 . Речовини **B**, **C** та **D** мають однаковий якісний склад. Речовини **F**, **G** та **H** також мають однаковий якісний склад.

6.2. Напишіть формули речовин **A–H**.

6.3. Наведіть рівняння усіх реакцій.

6.4. Зобразіть просторову будову **B**, **C**, **G**, **H** і встановіть гібридизацію центрального (некінцевого) атома(ів) у них.

	Структура	Гібридизація
B		
C		
G		
H		

6.5. Які з наведених мінералів містять **X**? Оберіть одну або кілька відповідей.

- А. Пірит.
- Б. Кварц.
- В. Кіновар.
- Г. Шпат.
- Д. Олівін.

II тур

Завдання 9.1. Зелена ватага

У процесі фотосинтезу рослини перетворюють вуглекислий газ і воду на глюкозу ($C_6H_{12}O_6$) та кисень.

1.1. Наведіть рівняння хімічної реакції для процесу фотосинтезу.

Речовина	ΔH_f° , кДж/моль	S_f° , Дж/(моль · К)
$CO_2(г)$	-393,5	213,2
$H_2O(р)$	-285,8	69,9
$C_6H_{12}O_6(тв)$	-1273,3	212,1
$O_2(г)$		205,0

Використовуючи дані таблиці, дайте відповіді на запитання пунктів нижче.

1.2. Розрахуйте ΔH° , ΔS° , ΔG° цієї реакції при $T = 298\text{ K}$.

1.3. Чи є ця реакція термодинамічно самочинною?

При фотосинтезі зелені рослини поглинають енергію від фотона $E = 2,84 \cdot 10^{-19}\text{ Дж}$.

1.4. Розрахуйте довжину хвилі λ фотонів, які поглинаються.

Енергія фотона: $E = hc/\lambda$, де h – стала Планка, c – швидкість світла.

Кожен рік для фотосинтезу на всій Землі використовується близько $3 \cdot 10^{21}$ Дж сонячної енергії.

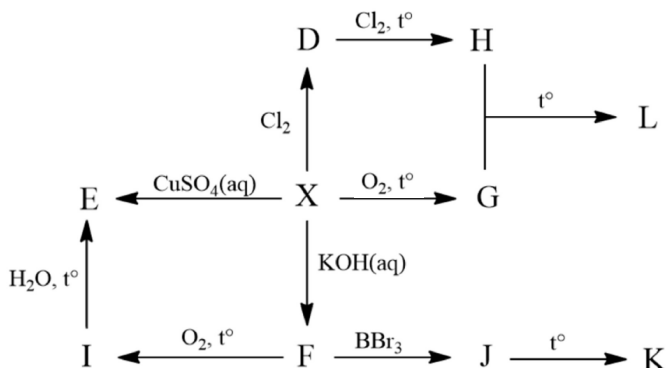
1.5. Розрахуйте масу CO_2 , який щорічно вилучається з атмосфери під час фотосинтезу. (Використайте значення ΔG° , знайдене у п. 1.2; якщо ΔG° не було знайдене, то використайте $\Delta G^\circ = 1439,5$ кДж/моль.)

Завдання 9.2. Реактивний світлоносець

Елемент **X** відомий світові вже 355 років, утім, він з нами від самого виникнення людства, бо уявити наш організм без нього неможливо. Тому ця задача, як наша данина йому, буде повністю про нього.

У промисловості просту речовину **X** добувають із солі **A** реакцією з піском і вугіллям. Сіль **A** містить у своєму складі атоми трьох хімічних елементів, а саме: Кальцій, елемент **X** та елемент **Z**, вміст якого в земній корі найбільший.

2.1. Визначте формулу солі **A**, елементи **X** і **Z** та напишіть рівняння вищезгаданої реакції, якщо масова частка елемента **Z** у сполуці становить 41,27 %, і сполука **A** містить тризарядний аніон.



Хімія елемента **X** дуже різноманітна, що показує схема, яка наведена вище:

- всі зашифровані сполуки містять елемент **X** у своєму складі;
- елемент **X** у сполуках **F**, **J**, **K**, **D** знаходиться не в максимальному ступені окиснення;

- сполука **J** містить донорно-акцепторний зв'язок;
- масова частка елемента **X** у сполуках становить: **F** (91,18 %), **E** (31,63 %) та **J** (10,89 %);
- сполука **K** за своєю твердістю подібна алмазу.

2.2. Визначте всі зашифровані сполуки.

2.3. Наведіть рівняння реакцій зі схеми.

2.4. Наведіть структурні формули сполук **G**, **J** та **D**. Вкажіть гібридизацію некінцевих атомів.

У 1669 році німецький алхімік Генніг Бранд при нагріванні суміші білого піску і випаруваної сечі отримав речовину **X**, що світилася в темряві, названу спочатку «холодним вогнем». Але пізніше назву змінили на відому нам тепер грецьку назву.

2.5. Напишіть, що означає назва елемента **X**.

Завдання 9.3. З турботою про навколишнє середовище

Нітроген(I) оксид є одним із «винуватців» глобального потепління, а також спричиняє руйнування озонового шару в стратосфері. Його атмосферна концентрація збільшується з кожним роком. Найбільше нітроген(I) оксиду надходить в атмосферу внаслідок використання добрив, які розкладаються у ґрунті бактеріями з виділенням цього газу. Він також міститься у викидах промислових виробництв, зокрема виробництва нітратної та адипінової кислот. І якщо викиди, спричинені сільським господарством, достатньо важко регулювати, то в промисловості цього шкідливого продукту можна позбутися завдяки його здатності розкладатися при нагріванні з утворенням газів, що є основними компонентами повітря.

3.1. Напишіть реакцію розкладу нітроген(I) оксиду.

У реактор об'ємом 5 л помістили 3 моль нітроген(I) оксиду за температури 450 °C.

3.2. Обчисліть тиск у реакторі до та після проходження реакції розкладу. Відповідь вкажіть у барах.

Для більш ефективного перебігу реакції використовують каталізatori на основі перехідних металів. При використанні як каталізатора платинової пластини за температури 400 °С були отримані такі результати:

Час реакції, секунди	0	0,5	1	2	4
Загальний тиск газової суміші, бар	10	10,43	10,84	11,67	13,33

3.3. Встановіть порядок реакції. Відповідь аргументуйте. Кінетичні рівняння для відповідних порядків:

Нульовий: $p = p_0 - kt$;

перший: $\ln p = \ln p_0 - kt$;

другий: $\frac{1}{p} = \frac{1}{p_0} + kt$.

3.4. Обчисліть константу швидкості реакції.

Такий порядок часто зустрічається для реакцій, де бере участь каталізатор, особливо коли кількість реагенту значно перевищує кількість каталізатора.

3.5. Оберіть правильну відповідь, що пояснює причину цього феномену.

А. Кількість нітроген оксиду в суміші настільки велика, що на механізм впливають закони великих чисел.

Б. Швидкість реакції визначається фіксованою кількістю каталітичних центрів, що зумовлює фіксовану швидкість упродовж всієї реакції незалежно від концентрації нітроген оксиду.

В. Механізм реакції включає в себе стадії, які мають перший та від'ємний порядок за нітроген оксидом, тому результируючим порядком реакції є нульовий.

Г. Каталізатор є твердою речовиною, а реагенти і продукти – газоподібними.

Завдання 9.4. Титрування

Кислотно-основне титрування – базовий вид титриметричного аналізу, один з найпростіших, проте не менш важливий, ніж усі інші. Для успішного проведення експерименту необхідно правильно дібрати індикатор, який буде змінювати забарвлення поблизу точки еквівалентності.

4.1. Дайте визначення таким поняттям: пряме титрування, обернене титрування, точка еквівалентності.

Далі вам буде запропоновано три методики титрування, для кожної з яких треба визначити початкові наважки речовин, розрахувати рН точки еквівалентності ($\text{pH}_{\text{екв}}$), зазначити, які індикатори можна використати для даного експерименту та тип похибки, зумовленої індикатором (перетитровано/недотитровано).

рТ – значення рН, при якому спостерігається різка зміна забарвлення індикатора.

Індикатор	Інтервал переходу	рТ
Метиловий оранжевий	3,1–4,0	4
Метиловий червоний	4,2–6,2	5
Феноловий червоний	6,8–8,4	7
Фенолфталеїн	8,2–10	9
Тимолфталеїн	9,3–10,5	10
Алізариновий жовтий	10,0–12,1	11

Експеримент 1

Наважку NaOH розчинили у 100 мл дистильованої води. З утвореного розчину відібрали аліквоту 15 мл та відтитрували розчином хлоридної кислоти з молярною концентрацією 0,2 моль/л. Зміну забарвлення спостерігали при додаванні 18,75 мл розчину титранту. Як індикатор використовували метиловий червоний.

Експеримент 2

Наважку CH_3COOH розчинили у 200 мл дистильованої води. З утвореного розчину відібрали аліквоту 30 мл та відтитрували 0,163 М розчином натрій гідроксиду з молярною концентрацією 0,163 моль/л.

Зміну забарвлення спостерігали при додаванні 23 мл розчину титранту. Як індикатор використовували тимолфталейн.

$$pK_a(\text{CH}_3\text{COOH}) = 4,76.$$

Експеримент 3

Наважку Na_2CO_3 розчинили у 175 мл дистильованої води. З утвореного розчину відібрали аліквоту 27 мл та відтитрували розчином хлоридної кислоти з молярною концентрацією 0,124 моль/л. Першу зміну забарвлення спостерігали при додаванні 8,65 мл розчину титранту. Як індикатор спочатку використовували фенолфталейн, а потім метиловий оранжевий. $pK_{a1}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 6,37$, $pK_{a2}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 10,33$.

4.2. Проведіть необхідні розрахунки та заповніть таблицю.

Показник	Експеримент 1	Експеримент 2	Експеримент 3 (перша т. екв.)	Експеримент 3 (друга т. екв.)
Маса початкової наважки				
$pH_{\text{екв.}}$				
Тип похибки				

4.3. Оберіть (позначте у відповідних клітинках таблиці) індикатори, які можуть бути використані замість наведеного у відповідних експериментах.

Індикатор	Експеримент 1	Експеримент 2	Експеримент 3 (перша т. екв.)	Експеримент 3 (друга т. екв.)
Метиловий оранжевий				X
Метиловий червоний	X			
Феноловий червоний				
Фенолфталейн			X	
Тимолфталейн		X		
Алізариновий жовтий				
Жоден з перелічених				

Завдання 9.5. Поглинач кисню

У харчовій промисловості для збереження продуктів від псування використовують так звані поглиначі кисню. Поглинач кисню у вигляді порошку або гранул поміщають у пакетик з напівпроникною мембраною і далі в упаковку з їжею. В окремих випадках вдається досягти зниження вмісту кисню на три порядки порівняно з його вмістом у повітрі.

1 г простої металічної речовини **М**, яка є ключовим компонентом «поглинача кисню», висипали в чашку Петрі й залишили на тривалий час у вологому провітрюваному приміщенні. Продукти окиснення піддали термічній обробці при 1000 °С без доступу кисню. Маса зразка після прожарювання становила 1,37 г. При цьому утворився продукт загальної формули MO_x (x не є цілим числом), який можна представити як суміш двох оксидів металу в різних ступенях окиснення.

5.1. Визначте метал **М**, якщо його наважка масою 1 г при взаємодії з водним розчином хлоридної кислоти виділяє 0,4 л водню (н. у.).

5.2. Знайдіть x у формулі продукту MO_x . Вкажіть, які оксиди металу **М** утворюють MO_x і обчисліть їх масові частки в ньому.

5.3. Визначте об'єм повітря, який можна «нейтралізувати» від кисню поглиначем масою 10 г, якщо початковий вміст O_2 в повітрі 20,95 % за об'ємом, а після поглинання – 0,01 %. Відповідь округліть до сотих. Температура повітря 25 °С, тиск 101,3 кПа.

5.4. Визначте, який об'єм займає повітря із попереднього завдання за нормальних умов.

5.5. Напишіть рівняння реакцій утворення гідроксидів при взаємодії **М** з киснем повітря за наявності води та рівняння реакцій їхнього термічного розкладу до оксидів.

Завдання 9.6. Вгадай мене, якщо зможеш

Друзі, мабуть, ви вже втомились розв'язувати стільки розрахункових задач. Тож пропонуємо вам пройти невеличкий тест. Для кожного пункту відмітьте один правильний варіант відповіді.

6.1. Кислота Льюїса – це...

А. речовина або йон, що є акцептором електронної пари при утворенні донорно-акцепторного зв'язку;

Б. речовина, яка у водному розчині дисоціює з утворенням йонів H^+ ;

В. речовина або йон, який є донором електронної пари при утворенні донорно-акцепторного зв'язку;

Г. речовина, яка не дисоціює у воді, але дисоціює в інших розчинниках з утворенням йонів H^+ .

6.2. Під час хімічної реакції енергія виділяється чи поглинається тому, що...

А. при взаємодії електрони переходять зі збудженого стану в основний і навпаки;

Б. сумарна енергія зв'язків у продуктах і реагентах відрізняється;

В. з атомних орбіталей утворюються молекулярні орбіталі;

Г. продукти і реагенти знаходяться в різному агрегатному стані.

6.3. Молекулярний хлор...

А. завжди є окисником;

Б. складається з молекул, дипольний момент яких дорівнює нулю;

В. реагує з багатьма металами, але не реагує із солями;

Г. не переходить у твердий стан, оскільки здатен до сублімації.

6.4. Буферний розчин – це...

А. розчин, який відділений від іншого напівпроникною мембраною;

Б. розчин, рН якого не сильно змінюється при додаванні невеликої кількості кислоти чи лугу;

В. будь-який розчин кислоти та солі, утвореної цією ж кислотою;

Г. будь-який розчин основи та солі, утвореної цією ж основою.

6.5. Ступінь дисоціації речовини у розчині...

- А.** не залежить від розчинника;
- Б.** для слабких електролітів дорівнює нулю;
- В.** зростає при збільшенні концентрації електроліту;
- Г.** зростає при зменшенні концентрації електроліту.

6.6. Валентність Нітрогену в нітратній кислоті дорівнює...

- А.** II.
- Б.** III.
- В.** IV.
- Г.** V.

6.7. Під час електролізу...

- А.** завжди відбуваються окисно-відновні реакції;
- Б.** не відбувається окисно-відновних реакцій, оскільки електрони переходять не від одних атомів до інших, а від зовнішнього джерела струму;
- В.** катодний та анодний простір розділяють мембраною, щоб уникнути короткого замикання;
- Г.** сила струму прямо пропорційна різниці між площами катода й анода.

6.8. Константа рівноваги...

- А.** зростає при додаванні каталізатора;
- Б.** є відношенням константи швидкості прямої реакції до константи швидкості зворотної реакції;
- В.** є відношенням константи швидкості зворотної реакції до константи швидкості прямої реакції;
- Г.** не залежить від температури, концентрації, тиску і залежить лише від природи реагуючих речовин.

6.9. Цис-транс ізомерія...

- А.** завжди спостерігається за наявності в молекулі подвійного $C=C$ зв'язку;
- Б.** спостерігається тільки за наявності в молекулі подвійного $C=C$ зв'язку;

В. спостерігається не тільки за наявності в молекулі подвійного C=C зв'язку;

Г. характерна тільки для органічних речовин.

6.10. Вкажіть кількість ізомерів, що мають формулу C_6H_{14} .

А. Чотири.

Б. П'ять.

В. Шість.

Г. Сім.

Експериментальний тур Кількісне визначення іонів Магнію

Відповіді та пояснення

Робота складається з двох частин / титрувань.

Стандартизація Трилону Б відбувається за трьома варіантами цинк сульфату. Кожному з варіантів відповідає експериментально визначений об'єм розчину Трилону Б (робочого розчину). Значення об'ємів визначені викладачами та є так званими MasterValue, тобто значеннями, до яких мають наблизитись ваші експериментальні результати. Ці значення наведено у таблиці.

	с, моль/л	V (Трилону Б), MasterValue
Zn-1	0,0475	9,5
Zn-2	0,0505	10,1
Zn-3	0,0530	10,6

Приклад розрахунку: на 10 мл розчину цинку сульфату 0,0475 моль/л витрачено 9,5 мл Трилону Б, звідки його концентрація: $(0,0475 \cdot 10) / 9,5 = 0,05$ моль/л.

Оцінка за цю частину роботи розраховується за методом трапецій, з урахуванням відхилення експериментально отриманого значення від MasterValue.

Друга частина аналогічна до першої. При розрахунку наважки треба враховувати ще об'єм аліквоти розчину, який відбирається з мірної колби.

Приклад розрахунку: $(10,2 \cdot 0,05/1000) \cdot 10 \cdot 24,3 = 0,1239 \text{ г Mg}^{2+}$.

The background is composed of three main geometric sections. The top section is a light blue area filled with thin, dark blue diagonal lines radiating from the left edge. The bottom-left section is a solid dark blue triangle. The bottom-right section is a solid mustard yellow triangle that meets the dark blue one at a diagonal line.

10 КЛАС

I тур

Завдання 10.1. Метан і його супутники

Геля Геліївна вивчає зразки природного газу з різних родовищ світу. Для дослідження їй надіслали три суміші, з якими вона провела низку експериментів. Спочатку виміряла густину сумішей. Потім пропустила по 100 мл кожної із сумішей крізь надлишок розчину NaOH і виміряла об'єм газу, що поглинувся. Газ, який не поглинувся, Геля Геліївна збрала, виміряла його об'єм, спалила у надлишку кисню, утворені газоподібні продукти пропустила крізь надлишок розчину NaOH і знову виміряла об'єм газу, що поглинувся.

Таблиця з лабораторного журналу Гелі Геліївни

Дослід	Вихідні дані	№ 1	№ 2	№ 3
1	Густина, г/л (н. у.)	0,9577	0,8160	0,6784
2	Початковий об'єм зразка, мл	100	100	100
3	Об'єм газу, поглинутий розчином NaOH, мл	30	8	0
4	Об'єм непоглинутого газу, мл	70	92	100
5	Об'єм, поглинутий розчином NaOH після спалювання газу з дослідів 4, мл	70	92	93

1.1. Встановіть об'ємний склад сумішей, якщо відомо, що кожна з них складається з двох компонентів, одним з яких є метан.

1.2. Напишіть рівняння хімічних процесів, згаданих в умові задачі.

1.3. Одного разу на дослідження замість природного газу надіслали водень, хлороводень та SF_6 . Як виглядатиме таблиця Гелі Геліївни цього разу?

Заповніть таблицю.

Дослід	Вихідні дані	H_2	HCl	SF_6
1	Густина, г/л (н. у.)			
2	Початковий об'єм зразка, мл	100	100	100
3	Об'єм газу, поглинутий розчином NaOH , мл	0	100	0
4	Об'єм непоглинутого газу, мл	0	100	0
5	Об'єм, поглинутий розчином NaOH після спалювання газу з досліду 4, мл (якщо цей дослід провести неможливо, ставте прочерк)	0	—	0

1.4. Запишіть рівняння хімічних процесів, які відбулися під час експерименту.

1.5. Коли Гелі Геліївни надіслали на дослідження NO_2 , вона дуже здивувалася: густина цього газу зменшувалася зі зростанням температури швидше, аніж передбачало рівняння стану ідеального газу, а руде забарвлення ставало інтенсивнішим при нагріванні і зникало при охолодженні. Поясніть експериментальні дані, написавши рівняння відповідної реакції.

Завдання 10.2. Неорганічні електросинтези

Сполуки деякого елемента **X** надзвичайно поширені у повсякденному житті людини. Для одержання багатьох з них використовується проста речовина **A** – блідо-зелений газ з різким запахом. Речовину **A** одержують за допомогою електролізу водного розчину солі **B**, при цьому на катоді виділяється газ **C**, густина якого за воднем дорівнює 1, а газ **A** виділяється на аноді. При цьому за 1 годину при заданій силі струму 2 А витрачається 4,37 г солі **B**, і в розчині утворюється сильна основа **D**. В електролітичній комірці при цьому обов'язково має бути наявна мембрана, яка розділяє катодний і анодний простори, а проста речовина **A** швидко виводиться з реакційної суміші.

2.1. Визначте елемент **X**, речовини **A–D**, підтвердіть розрахунком.

2.2. Запишіть сумарне рівняння реакції, що відбувається, а також напівреакції процесів, що відбуваються на катоді та аноді.

За допомогою електролізу зі сполуки **B** можна також отримати речовини **E** та **F**. Найбільш суттєвою відмінністю від попереднього процесу є відсутність мембрани. Так, **A** відразу поглинається розчином основи **D**, внаслідок чого знову утворюється **B**, а також речовина **E**, яка широко застосовується як дезінфікуючий та відбілюючий засіб. Якщо реакцію проводити при температурах вище 60 °C, то продуктом реакції буде речовина **F**. При виробництві паперу **F** відновлюють за допомогою метанолу за наявності концентрованої сульфатної кислоти, при цьому утворюється газ **G**, який застосовують для відбілювання целюлози, і найпростіша органічна кислота **H**. Кількості речовини **F** та метанолу при цьому співвідносяться як 4:1. Речовина **F** також може бути використана для демонстраційного одержання газу **I**, який підтримує горіння і є компонентом атмосферного повітря. Так, за наявності каталізатора – манган(IV) оксиду – 10 г речовини **F** розкладається з утворенням речовини **B** та 3,16 л газу **I** за н. у. За відсутності каталізатора продуктами розкладу речовини **F** будуть солі **B** та **J**.

2.3. Визначте сполуки **E–L**. Враховуйте, що **E**, **F** та **J** мають однаковий якісний, але різний кількісний склад. Запишіть рівняння реакцій, що були згадані.

Сіль **J** також одержують за допомогою анодного окиснення водного розчину речовини **F**. Даний процес вимагає використання платиного анода, оскільки внаслідок значного потенціалу окиснення на аноді може відбуватись певний побічний процес. Сіль **J** є дуже добре розчинною, що зумовлює її використання для одержання інших сполук з даним аніоном. Так, при реакції з речовиною **K**, яка містить 47,56 % **X** за масою, утворюється осад малорозчинної сполуки **L**. Солі аніона речовин **J** та **L** широко застосовуються у піротехніці та в координаційній хімії.

2.4. Запишіть загальне рівняння електрохімічного одержання **J** і напівреакцію побічного процесу, що відбувається на аноді під час одержання солі **J**. Якщо ви не визначили речовину **J**, то запишіть загальне рівняння електрохімічного одержання KMnO_4 з водного розчину K_2MnO_4 і напівреакцію побічного процесу, що відбувається на аноді.

2.5. Визначте сполуки **K** та **L**.

2.6. Оберіть (підкресліть або обведіть) один або декілька правильних варіантів. Сполуки з аніоном солей **J** та **L** застосовуються у піротехніці, тому що:

- A.** вони забарвлюють полум'я у зелений колір;
- B.** вони є сильними окисниками;
- B.** вони повністю згоряють під дією кисню повітря;
- Г.** вони забарвлюють полум'я у синій колір.

2.7. Розташуйте сполуки **E**, **F**, **J** в ряд збільшення окиснювальної здатності.

Поясніть свій вибір, оберіть (підкресліть або обведіть) один або декілька правильних варіантів. Збільшення окиснювальної здатності в цьому ряду зумовлене...

A. стійкістю аніонів з більшою кількістю атомів Оксигену внаслідок екранування атомами Оксигену;

B. стійкістю аніонів з меншою кількістю атомів Оксигену внаслідок зменшення стеричного напруження;

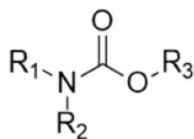
B. зменшенням енергії зв'язку катіона й аніона;

Г. делокалізацією заряду на аніонах.

Завдання 10.3. Структурні ізомери

Речовини **A**, **B** та **C** є структурними ізомерами, тобто вони мають однаковий склад, але різні за хімічною будовою. При спалюванні 3,51 г будь-якої із цих речовин утворюється 2,97 г води, 3,36 л вуглекислого газу та 0,336 л азоту (н. у.). Молярна маса речовин менша за 200 г/моль.

3.1. Визначте брутто-формулу ізомерів **A**, **B** та **C**.



Відомо, що речовини **A** та **B** є карбаматами, тобто містять у своїй будові карбамоїльний фрагмент NCOO, як зображено праворуч. Де R_1 та R_2 – алкіл, арил або гідроген, а R_3 – алкіл або арил.

3.2. Намалюйте всі можливі карбамати з брутто-формулою, визначеною у п. 3.1.

При лужному гідролізі речовини **A** утворюється вуглекислий газ, метанол і речовина **X**. На титрування 0,500 г речовини **X** витрачається 16,95 мл водного розчину хлоридної кислоти 0,500 М з молярною концентрацією 0,5 моль/л. Відомо, що **X** має нерозгалужену будову.

3.3. Визначте структуру **A** та **X**.

Речовина **B** є стійкою до дії лугу, але при взаємодії з хлоридною кислотою розкладається з утворенням вуглекислого газу, неорганічної солі **Y** ($\omega(\text{Cl}) = 66,36\%$) та газуватого вуглеводню **Z**, що знебарвлює бромну воду. В структурі речовини **B** наявні три метильні групи й один четвертинний атом Карбону.

3.4. Визначте структуру **B**, **Y** та **Z**.

Сполука **C** має хіральний центр та є поширеною природною речовиною, яка входить до складу білків. Вона може бути відтитрована як хлоридною кислотою, так і натрій гідроксидом. А у спектрі ^1H ЯМР, знятому у D_2O , має три сигнали зі співвідношенням інтегральних інтенсивностей 6:1:1 (у D_2O атоми Гідрогену зі зв'язків N–H та O–H обмінюються на атоми Дейтерію, тому їхніх сигналів у спектрі не видно).

3.5. Визначте структуру **C**, зобразіть її з урахуванням стереохімії, якщо відомо, що **C** є S-ізомером.

3.6. Наведіть по одному будь-якому ізомеру А, який відповідатиме наведеним нижче умовам (якщо такого ізомеру не існує, вкажіть це у полі для відповідей).

- А. Ізомер, який матиме два хіральні центри.
- Б. Ізомер, який матиме 8-членний цикл.
- В. Ізомер, який матиме два цикли.
- Г. Ізомер, який матиме цис-, трансізомери.
- Д. Ізомер, який не матиме протонів, що обмінюються з D_2O .
- Е. Ізомер, який буде ароматичним.

А	Б	В
Г	Д	Е

Завдання 10.4. Китайський ліхтарик



Часто забарвлення неорганічних солей та їх розчинів зумовлене утворенням комплексних сполук. Так, безводний купрум(II) сульфат – безбарвна сіль, але якщо її розчинити у воді, то утвориться світло-блакитний розчин за рахунок утворення аквакомплексу купруму. При цьому кількість молекул розчинника, що безпосередньо зв'язується з йоном металу, визначається його координаційним числом (КЧ).

4.1. Наведіть формулу аквакомплексу купруму та зобразіть структуру цього комплексного йона, якщо координаційне число купруму в ньому дорівнює 6.

4.2. Визначте, що у цьому йоні є центральним атомом, а що лігандом.

4.3. Наведіть електронну формулу для Cu^{2+} . Який зв'язок утворюється між центральним атомом та лігандами?

Якщо до водного розчину купрум (II) сульфату додати концентровану хлоридну кислоту, то забарвлення розчину зміниться на зеленувате, у випадку водного розчину амоніаку – на блакитне, а етилендіаміну (en) – на синє.

4.4. Наведіть схеми реакцій, що описують дані перетворення, та зобразіть геометричну будову отриманих комплексних аніонів, якщо відомо, що КЧ купрум(II) змінилося лише у випадку додавання концентрованої хлоридної кислоти, а в реакцію з 1 еквівалентом йонів купрум(II) вступає 4 еквіваленти хлорид-йонів, 6 еквівалентів амоніаку або 2 еквіваленти етилендіаміну.

4.5. Скільки ізомерів може бути у комплексу купрум(II) з етилендіаміном з п. 4.3? Зобразіть їхні структурні формули.

Рентгеноструктурним дослідженням монокристала купрум(II) ацетату було встановлено, що ця сполука має загальну формулу $[\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2(\text{H}_2\text{O})]_2$ та димерну будову, а структура отримала назву «китайський ліхтарик» через свою подібність до традиційного китайського світильника.

4.6. Зобразіть структуру цього димеру, якщо відомо, що координаційне число йону купрум(II) в ньому дорівнює 5, молекули води є лігандами, атоми Купрум(II) не зв'язані між собою безпосередньо, а кожна карбоксильна група є «містком» між атомами металу.

Завдання 10.5. Фосфінові кислоти

Фосфінові кислоти, які мають загальну формулу RH_2PO_2 , можна розглядати як похідні певної неорганічної кислоти **A**, де один з атомів Гідрогену замінено на вуглеводневий замісник.

5.1. Наведіть брутто-формулу цієї неорганічної кислоти **A**, її назву, вкажіть ступінь окиснення фосфору та його валентність.

5.2. Зобразіть графічну формулу кислоти **A**, а також її формулу Льюїса.

5.3. Вкажіть, яку геометричну будову має молекула А.

Потенціометрично було визначено, що pK_a деякої фосфінової кислоти **В** з формулою RH_2PO_2 (де R – вуглеводневий замісник) дорівнює 2,31.

5.4. Чому було визначено лише одне значення константи дисоціації?

Наважку кислоти **В** масою 1,385 г розчинили у воді та довели об'єм розчину до 1000 мл. Для одержаного розчину виміряне значення $pH = 2,15$.

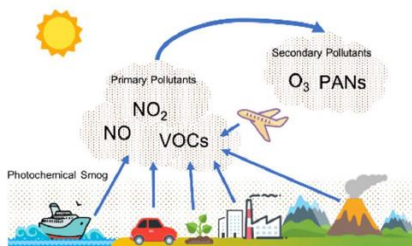
5.5. Визначте замісник R та наведіть назву кислоти **В**. При розрахунках враховуйте зміну концентрації протонованої форми кислоти **В** у результаті дисоціації.

До 100,0 мл 0,010 М (молярна концентрація 0,01 моль/л) розчину кислоти **В** додали 0,024 г NaOH (змінюючи об'єм розчину після додавання лугу знехтувати).

5.6. Визначте pH утвореного розчину.

5.7. Вкажіть, як зміниться pH , якщо одержаний розчин розбавити водою в 2 рази.

Завдання 10.6. «Погані» оксиди азоту забруднюють атмосферу...



Фотохімічний смог – це форма смогу, що характеризує забруднення атмосфери, при якому оксиди нітрогену та леткі органічні сполуки взаємодіють внаслідок дії сонячного світла, що сприяє серії фотохімічних реакцій, які призводять до утворення озону й інших вторинних забруднювачів – фотооксидантів.

Стандартні значення ентальпії ΔH_f° та ентропії S° для деяких із «поганих» оксидів нітрогену та O_2 і O_3 наведено в таблиці.

	ΔH_f° , кДж/моль	S° , Дж/(К · моль)
$NO_{2(g)}$	33,18	240,1
$NO_{(g)}$	90,25	210,8
$O_{2(g)}$	—	205,1
$O_{3(g)}$	142,71	238,9

Під час розрахунків вважайте, що зміна ентальпії та ентропії реакцій не залежить від температури.

6.1. Зобразіть структури основних оксидів нітрогену (NO , NO_2 та N_2O_4), які є причиною утворення фотохімічного смогу, а також структуру озону O_3 .

6.2. Розрахуйте зміни ентальпії та вільної енергії Гіббса при $25^\circ C$ для утворення $NO_{2(g)}$ з $NO_{(g)}$ (реакція 1) та O_3 з $NO_{2(g)}$ та O_2 (реакція 2).

Якщо вам не вдалося розрахувати зміни вільної енергії Гіббса, вважайте їх рівними для 1-ї та 2-ї реакцій -40 кДж/моль та 180 кДж/моль відповідно.

ΔH_r° (реакції 1) =	ΔG_r° (реакції 1) =	ΔH_r° (реакції 2) =	ΔG_r° (реакції 1) =
----------------------------------	----------------------------------	----------------------------------	----------------------------------

6.3. Обчисліть константи рівноваги реакцій 1 і 2 при $25^\circ C$.

6.4. Енергія, необхідна для перебігу реакції 2, надходить від сонячного світла. За допомогою отриманих даних з п. 6.1 оцініть необхідну довжину хвилі світла, що здатне підтримувати реакцію, та вкажіть область спектра, що містить цю довжину хвилі.

6.5. Обчисліть рівноважний тиск NO_2 в атмосфері, якщо концентрація NO дорівнює $3,2 \cdot 10^{-16} M$ при $298 K$. Подайте вашу відповідь у мільярдних частках ppb ($1 \text{ ppb} = 1 \text{ моль речовини в } 10^9 \text{ моль суміші}$). Вміст кисню у повітрі вважайте сталим – 21% (за об'ємом), атмосферний тиск – 1 атм . У цьому пункті враховуйте тільки перебіг реакцій 1 та 2.

Частина утвореного нітроген(IV) оксиду димеризується. Для дослідження рівноваги цієї реакції було проведено експеримент, у результаті якого розраховано константи рівноваги при двох різних температурах: при 80 °C константа рівноваги дорівнює 0,100 бар⁻¹, а при 100 °C – 0,035 бар⁻¹.

6.6. Розрахуйте зміни ентальпії ΔH_r° , ентропії ΔS_r° та вільної енергії ΔG_r° при 298 K для реакції димеризації NO₂.

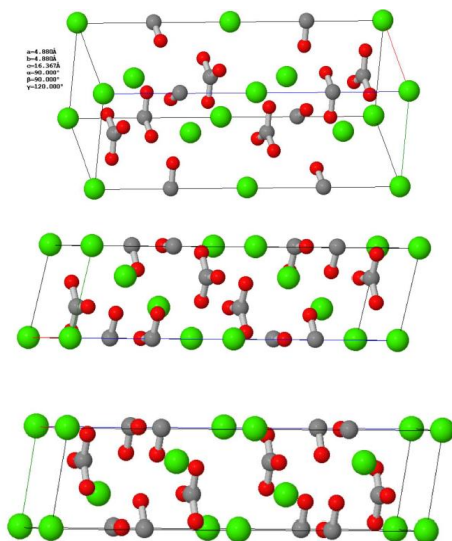
6.7. Нижче наведені деякі факти стосовно впливу оксидів нітрогену на атмосферу. Вкажіть, чи дане твердження правильне / неправильне (позначте × у відповідному полі).

Твердження	Так	Ні
Рівновага у реакції утворення нітроген(IV) оксиду при дії озону на нітроген(II) оксид майже на 100 % зміщена в бік утворення продуктів, тому теоретично ця реакція може бути використана як метод визначення концентрації нітроген(II) оксиду в повітрі		
Якщо атмосферна температура підвищиться до 43 °C, то нова концентрація NO ₂ , що утворюється в результаті перетворення N ₂ O ₄ , може перевищити допустиму межу у 53 ppb		
Відомо, що зміна енергії Гіббса для утворення NO ₂ з простих речовин дорівнює +51,84 кДж/моль. Тобто більша частина утвореного NO ₂ буде розпадатися на O ₂ та N ₂ , отже, вплив NO ₂ на екологію незначний		
Взимку вміст димеру NO ₂ у повітрі більший, ніж улітку		
Відомо, що в результаті фотолізу NO ₂ розпадається, а утворений атомарний Оксиген у реакції з молекулярним киснем утворює озон. Отже, більший викид оксидів нітрогену у повітря може допомогти відновити частину озонового шару		

Завдання 10.7. Група доломіту



I. Кутнагорит. Кутнагорит – рідкісний карбонатний (містить карбонат-аніон) мінерал групи доломітів, названий у 1901 році на честь місця його перших знахідок біля м. Кутна Гора в Чехії. В ідеальному випадку до складу мінералу входять два метали у співвідношенні 1:1. На рисунку зображено елементарну комірку кутнагориту та вказано її параметри.



7.1. Визначте тип та розрахуйте об'єм елементарної комірки кутнагориту (для довідки: площа рівностороннього трикутника $S = a^2 \frac{\sqrt{3}}{4}$).

7.2. Визначте формулу кутнагориту та розрахуйте, скільки його формульних одиниць входить до складу елементарної комірки (зеленим кольором позначено обидва метали, які в мінералі в хаотичному порядку займають зазначені позиції).

7.3. Визначте метали, які входять до складу кутнагориту, якщо його густина дорівнює $3,17 \text{ г/см}^3$, а різниця відносних атомних мас металів, які його складають, дорівнює 15 а. о. м. (Якщо ви не змогли визначити об'єм і склад елементарної комірки, використовуйте такі значення: об'єм – $0,1125 \text{ нм}^3$, кількість формульних одиниць – 1.)



II. Анкерит. Інший мінерал групи доломіту – анкерит – зазвичай містить три метали у своєму складі. Розчинення зразка мінералу в хлоридній кислоті дало лише слабо-зеленуватий розчин, з яким було проведено низку якісних реакцій. Зокрема, визначено, що:

- 1) при додаванні до цього розчину червоної кров'яної солі відбувалося утворення осаду синього кольору;
- 2) додавання розчину натрій сульфату призводило до утворення безбарвного кристалічного осаду;
- 3) додавання надлишку вапняної води призводило до утворення осаду, який є сумішшю двох речовин. Причому ця суміш темнішала на повітрі;
- 4) додавання розчину натрій роданіду не змінювало колір цього розчину;
- 5) якщо ж підкислений розчин прокип'ятити з гідроген пероксидом, то отриманий розчин при додаванні натрій роданіду набував криваво-червоного забарвлення.

7.4. Наявність якого металу можна припустити на підставі якісних реакцій 4–5? Запишіть рівняння відповідних реакцій в іонній формі та вкажіть кольори сполук, про які йдеться в тексті.

Для визначення кількісного складу зразок анкериту масою $1,920 \text{ г}$ повністю розчинили в нітратній кислоті. До утвореного розчину додали надлишок NaHCO_3 . Суміш трьох речовин **A**, **Б** та **В** відфільтрували, промили водою та розчинили в хлоридній кислоті. Цей розчин нагріли до $70\text{--}80^\circ\text{C}$ та обережно нейтралізували розчином амоніаку до $\text{pH} = 5$. При цьому утворився бурий осад речовини **В**, який відфільтрували,

висушили та прожарили до сталої маси при 500 °С. Маса речовини **Г**, яка при цьому утворилася, складала 0,270 г. Безбарвний розчин після відділення речовини **В** підкислили хлоридною кислотою, змішали з розчином амоній оксалату, нагріли майже до кипіння та повільно нейтралізували розчином амоніаку за індикатором метиловим оранжевим. Після охолодження залишок моногідрату речовини **Д** відфільтрували та прожарили до сталої маси при 800 °С. Залишок після прожарювання розчинили в мінімальній кількості сульфатної кислоти, випарили та висушили на полум'ї газового пальника до сталої маси. Маса речовини **Е**, яка при цьому утворилася, складала 1,360 г (вміст Оксигену 47,06 % за масою). Розчин після відділення речовини **Д** випарили та прожарили при 650 °С до сталої маси. При цьому утворилася бінарна речовина **Ж** масою 0,300 г. Її розчинили в хлоридній кислоті та довели об'єм розчину до 100 мл. На титрування аліквоти 10 мл цього розчину було витрачено 15,00 мл розчину Трилону Б з молярною концентрацією 0,05 моль/л.

7.5. Визначте всі зашифровані речовини та метали, які входять до складу анкериту, якщо прожарювання речовини **Б** веде до утворення речовини **Ж**.

А	Б	В	Г	Д
Е	Ж	М1 (метал 1)	М2 (метал 2)	М3 (метал 3)

7.6. Запишіть рівняння, згадані в п. 7.1–7.3 та в описі кількісного визначення складу анкериту.

7.7. Розрахуйте вміст кожного з металів в анкериті. Вважайте, що всі описані перетворення проходять кількісно.

II тур

Завдання 10.1. Залізні ігри

Оксид феруму А масою 1,000 г розчинили у надлишку розведеної сульфатної кислоти і довели об'єм розчину до 100 мл. Одержаний розчин розділили на дві рівні частини по 50 мл. Одну відтитрували розчином калій перманганату з молярною концентрацією еквівалентом 0,1 моль/л, а до другої додали індикатор (зادля точного визначення точки еквівалентності) і відтитрували розчином Трилону Б з молярною концентрацією 0,5 моль/л. Розчину калій перманганату на титрування витратили 21,6 мл, а Трилону Б – 13,0 мл.

1.1. Запишіть рівняння взаємодії FeSO_4 з KMnO_4 у розведеній сульфатній кислоті.

1.2. Яку молярну концентрацію має 0,1 н. розчину KMnO_4 ?

1.3. Визначте кількість речовини йонів Fe^{2+} в 1,000 г оксиду А.

1.4. Трилон Б, або ж динатрієва сіль етилендіамінтетраоцтової кислоти, має структурну формулу, зображену в таблиці нижче. В якому молярному співвідношенні Трилон Б реагує з йонами Fe^{2+} та Fe^{3+} , якщо відомо, що в обох комплексах атом Феруму є гексакоординованим, тобто містить у своєму оточенні 6 інших атомів, що утворюють σ -зв'язки?

Fe^{2+}	Fe^{3+}

1.5. Визначте загальну кількість речовини йонів феруму в 1,000 г оксиду.

1.6. Визначте формулу оксиду А.

Ферум є одним з найважливіших мікроелементів, адже входить до складу гемоглобіну. Гемоглобін (Hb) – це білок крові, функція якого

полягає у постачанні організму кисню і виведенні вуглекислого газу. Він міститься в еритроцитах – червоних кров'яних тільцях.

1.7. Відомо, що одна молекула гемоглобіну містить чотири атоми Феруму, тож зв'язує чотири молекули кисню. Оцініть молярну масу гемоглобіну, якщо 1,00 г цього білка здатен поглинути 1,38 мл (н. у.) кисню.

1.8. Для того щоб стати донором крові, необхідно мати рівень гемоглобіну не нижче ніж 125 г/л. Вважаючи, що об'єм крові людини становить 5 л, розрахуйте мінімальну масу йонів феруму у крові потенційного донора. Масою йонів феруму в інших білках, таких як феритин, знехтуйте.

1.9. Добова норма сполук феруму у раціоні дорослої людини становить 18,0 мг. Використовуючи розрахунки з попереднього пункту задачі, оцініть час життя еритроцита.

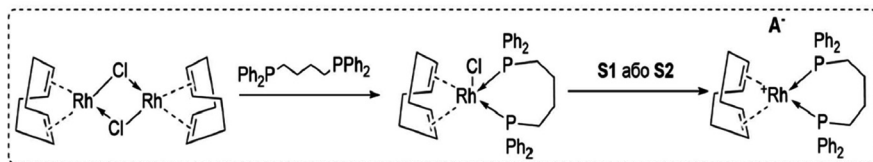
1.10. Об'єм крові, який донор може здати за раз без шкоди для здоров'я, – 450 мл. Вміст йонів феруму в морській капусті становить 16,0 мг на 100 г продукту. Оцініть масу морської капусти, яку потрібно з'їсти для компенсації втрати Феруму під час здачі крові. Вважайте, що сполуки феруму засвоюються організмом людини повністю.

Завдання 10.2. Некоординаційна хімія

До цього ми вже познайомились з перхлоратом натрію, одним з важливих застосувань якого є отримання інших перхлоратів – сполук з аніоном, який не координується до атома металу. Наприклад, одним із суттєвих покращень каталізатора Вілкінсона, який застосовується для гомогенного гідрування алкенів, є заміна хлориду на некоординуючий аніон. Проте у перхлорат аніона є недолік, який суттєво обмежує одержання і використання відповідних комплексів у значних кількостях.

У каталізі широко застосовуються комплекси родію з іншими некоординуючими аніонами **A1** та **A2**, які одержують за допомогою солей **S1** та **S2**. Обидві солі містять атоми елемента **X**, і для їх одержання застосовується двохатомна кислота **K**, розчини якої можна зберігати та

використовувати тільки у тefлоновій тарі. Загальна схема отримання каталізатора Вілкінсона з такими аніонами зображена нижче.



При додаванні концентрованої хлоридної кислоти до природного мінералу бури, який має склад $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, утворюється слабка одноосновна кислота **В**. При додаванні **В** до 40%-го розчину кислоти **К** утворюється сильна кислота **С**. Нейтралізацією одержаного розчину за допомогою натрій гідроксиду одержують сіль **S1**. Так, зі 100 г бури можна одержати 115,16 г **S1**.

Продукт повного згоряння білого фосфору **Д** розчиняється у концентрованій кислоті **К** з утворенням речовини **Е**. До цього розчину додають сполуку **Ф**, яку одержують взаємодією кислоти **К** з KOH , і з розчину випадають кристали солі **S2**. Вміст елемента **Х** збільшується з 48,65 % в **Ф** до 61,94 % в **S2**.

2.1. Виберіть (підкресліть або обведіть) один або кілька правильних варіантів. Який основний недолік зберігання і використання комплексів-перхлоратів?

А. Використання аніонів перхлорату суттєво збільшує вартість комплексів.

Б. Використання аніонів перхлорату у каталізаторі Вілкінсона зменшує селективність відновлення.

В. Такі комплекси є вибухонебезпечними, якщо наявні ліганди органічної природи.

Г. При тривалому зберіганні аніон перхлорату може окиснювати родій.

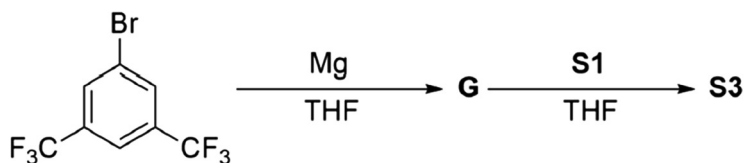
2.2. Розшифруйте елемент **Х**, солі **S1** та **S2**, а також сполуки **В–F** та **К**.

2.3. Зобразіть будову сполук **S1**, **S2**, **D** та **F**, вкажіть геометрію їх молекул і гібридизацію некінцевих атомів.

S1	S2	D	F
Геометрія:	Геометрія:	Геометрія:	Геометрія:
Гібридизація:	Гібридизація:	Гібридизація:	Гібридизація:

2.4. Наведіть рівняння реакції, що пояснює, чому кислота **B** – одноосновна, а також зобразіть будову аніона кислоти **B**. Якщо ви не змогли визначити кислоту **B**, то наведіть рівняння і зобразіть будову аніона для H_3PO_2 .

Проте в деяких випадках навіть використання аніонів **A1** та **A2** недостатньо. Так, при використанні комплексу іридію в гідруванні органічних сполук було виявлено, що за допомогою каталізатора з аніоном **A2** неможливо досягти виходу цільової сполуки вище 78 %. Це пояснюється утворенням занадто міцних йонних пар аніона з інтермедіатами каталітичного циклу. Тому було одержано комплекс іридію з аніоном **A3**, з використанням якого вдалось отримати цільову речовину з майже кількісним виходом. Комплекс з аніоном **A3** було одержано за допомогою солі **S3**, яку синтезували за такою схемою:



2.5. Наведіть структурні формули речовин **G** та **S3**, якщо вміст **Mg** в **G** дорівнює 7,66 %, вміст **X** в **S3** – 51,46 %, а **S3** має будову як **S1**, тільки на місці атомів **X** знаходяться арильні замісники.

Завдання 10.3. Знову про ізомери

При спалюванні 1,76 г деякої органічної сполуки **X** (містить С, Н та О) утворилася суміш газів об'ємом 3,584 л (н. у.). При пропусканні цієї суміші через вапняну воду утворився осад масою 8,0 г.

3.1. Встановіть брутто-формулу сполуки **X**. Підтвердіть розрахунком.

Відомо, що сполука **X** містить 4 атоми Карбону, не реагує з 2,4-динітрофенілгідразином та розчином лугу, а розчин цієї сполуки має нейтральний рН. При взаємодії з натрієм або натрій гідридидом в інертному розчиннику спостерігається виділення газу. Зауважте, що описані далі в задачі ізомери **X₁**, **X₂**, **X₃**, **X₄** також відповідають цим умовам.

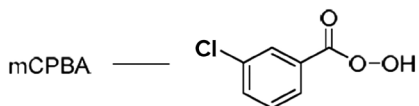
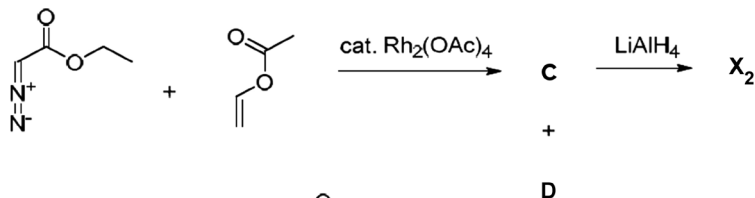
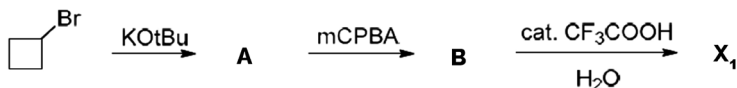
3.2. Оберіть (підкресліть або обведіть) правильний варіант. До якого класу органічних сполук належить **X**?

- А. Альдегіди.
- Б. Кетони.
- В. Карбонові кислоти.
- Г. Спирти.
- Д. Естери.
- Е. Етери.

3.3. Зобразіть всі можливі ізомери **X**, що відповідають описаним вище властивостям і мають у своїй будові карбоцикл (циклопропан або циклобутан), з урахуванням стереохімії.

Для речовин, що можуть існувати як різні діастереомери, зобразіть кожен із них. Для речовин, що існують у вигляді пари енантіомерів, зобразіть один із них і поставте біля сполуки знак *.

Нижче наведені схеми синтезу двох ізомерів **X**: **X₁** та **X₂**.

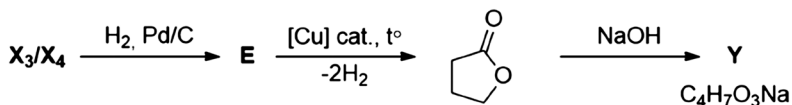


3.4. Зобразіть структури невідомих сполук з урахуванням стереохімії. Відомо, що сполука **C** – трансізомер; сполука **X₁** не має площини симетрії, але має вісь симетрії 2-го порядку.

3.5. Які твердження стосовно реакції утворення **X₁** правильні? Оберіть (підкресліть або обведіть) один або кілька правильних варіантів.

- А. Реакція відбувається стереоспецифічно.
- Б. Реакція відбувається енантіоселективно.
- В. У результаті реакції утворюється суміш діастереомерів.
- Г. У результаті реакції утворюється суміш енантіомерів.
- Д. Реакція проходить за механізмом $\text{S}_{\text{N}}1$.
- Е. Реакція проходить за механізмом $\text{S}_{\text{N}}2$.

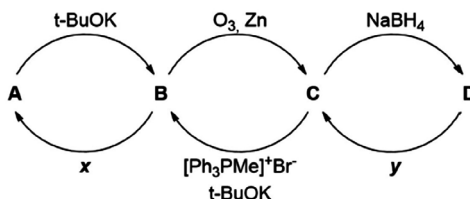
Два інші ізомери **X₃** та **X₄** можуть бути перетворені на сполуку **Y**, що використовується для лікування нарколепсії, за такою схемою:



3.6. Зобразіть структури невідомих сполук. Усі зашифровані речовини є ациклічними.

Завдання 10.4. Хімічний пазл

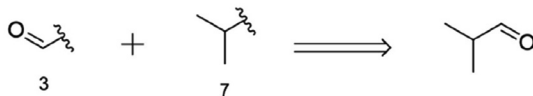
Нижче наведена схема перетворень речовин **A–D**.



Щоб визначити речовини **A–D**, вам необхідно скласти фрагменти з наведених варіантів 1–8, врахувавши, що кожна сполука складається з двох фрагментів і кожен фрагмент ви можете використовувати лише один раз. Хвилясті лінії у фрагментах позначають розірвані зв'язки, які при складанні утворюють один зв'язок.

Фрагменти молекул A–D		
 1	 2	 3
 4	 5	
 6	 7	 8

Приклад складання фрагментів наведено нижче:



4.1. Складіть формули сполук **A–D** із запропонованих фрагментів. Наведена схема перетворень речовин **A–D** має бути коректною.

4.2. Серед наведених нижче варіантів виберіть усі умови **x** і **y**, що підходять для схеми перетворень речовин **A–D**.

A. H_2O , H^+ .

Б. Cu , O_2 , t° .

В. KMnO_4 , H_2O , H^+ .

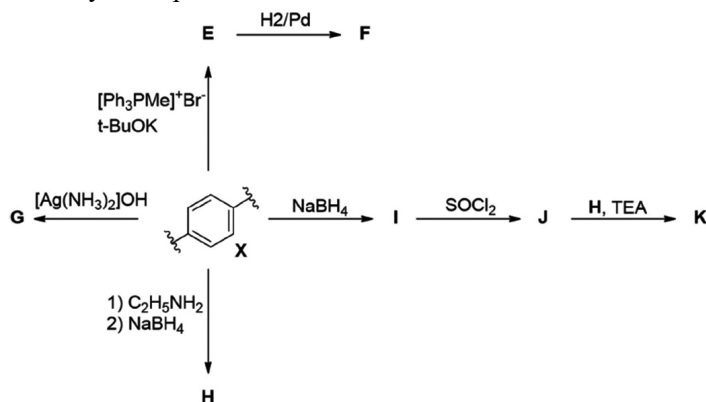
Г. $(\text{COCl})_2$, DMSO , TEA .

Д. HCl .

Е. $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$.

DMSO – диметилсульфоксид, TEA – триетиламін.

У наведеній нижче схемі сполука **X** складається з бензенового кільця, до якого приєднані два фрагменти з п. 4.1. Відомо, що молярні маси речовин **E**, **F**, **J** та **K** дорівнюють відповідно 130, 134, 152,5 та 277 г/моль, водний розчин речовини **G** має кислий рН, а водний розчин речовини **H** має лужний рН.



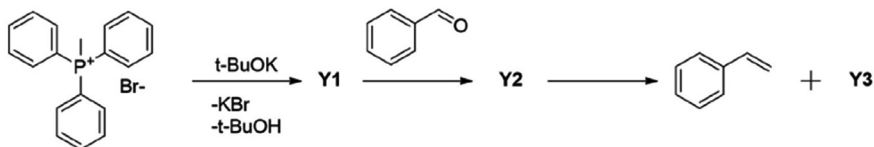
4.3. Визначте формули речовин **E–K** та **X**. Наведена схема перетворень речовини **X** має бути коректною.

У мас-спектрі з хімічною йонізацією (детектуються частинки $\text{M} + 1$) речовини **J** детектуються молекулярні йони з молярними масами 153 та 155 г/моль з інтенсивностями 100 % і 33 % (співвідношення приблизно 3 до 1), що пояснюється наявністю в молекулі одного атома Хлору, оскільки у Хлору існує два природні ізотопи з нуклонними числами 35 та 37 і відсотковим вмістом 75 % і 25 %.

4.4. Які молекулярні йони будуть детектуватися у мас-спектрі з хімічною йонізацією для бромобензену ($\text{C}_6\text{H}_5\text{Br}$) та бромохлоробензену ($\text{C}_6\text{H}_4\text{BrCl}$) і якими будуть їхні інтенсивності? У Бромі існує два

природні ізотопи з нуклонними числами 79 і 81 та відсотковим вмістом по 50 % кожного ізотопу.

У наведених в задачі схемах декілька разів зустрічалась реакція Віттіга, яка є поширеним методом отримання алкенів з альдегідів або кетонів. Нижче наведений механізм реакції Віттіга для бензальдегіду.



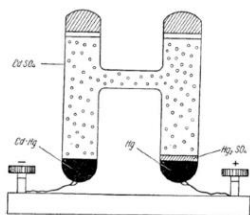
Спочатку з фосфонієвої солі під дією основи генерується ілід фосфору **Y1**, він взаємодіє з карбонільною групою, утворюючи циклічний чотиричленний інтермедіат **Y2** ($M = 382$ г/моль), котрий елімінує з утворенням алкену та **Y3**.

4.5. Визначте зашифровані сполуки **Y1–Y3** у наведеному механізмі реакції Віттіга.

Завдання 10.5. Елемент Вестона

При вирішенні цієї задачі використовуйте відносні атомні маси хімічних елементів з точністю до цілого значення.

Нормальний елемент Вестона (ртутно-кадмієвий елемент) – гальванічний елемент, ЕРС якого дуже стабільна в часі й відтворюється від екземпляра до екземпляра. Застосовується як джерело стабільної напруги або еталон напруги в метрології.



Сам елемент Вестона має таку будову: позитивний електрод – ртуть, що контактує з пастою з кристалів меркурій(I) сульфату Hg_2SO_4 ; негативний електрод – амальгама кадмію. Як електроліт використовують водний розчин кадмій сульфату $CdSO_4$.

5.1. Запишіть загальний вигляд (схему) даного гальванічного елемента й реакцій, які відбуваються на електродах.

5.2. Розрахуйте його стандартну ЕРС, якщо відомі такі стандартні електродні потенціали:

$$E_{Hg^{2+}/2Hg}^0 = 0,788 \text{ В};$$

$$E_{Cd^{2+}/Cd}^0 = -0,402 \text{ В}.$$

Добуток розчинності для $Hg_2SO_4 = 1,41 \cdot 10^{-6} \text{ моль}^3/\text{л}^3$.

5.3. Для запобігання реакції гідролізу солей ртуті в електроліт додають розчин сульфатної кислоти. Як зміниться ЕРС, якщо у якості електроліту використати розчин $CdSO_4$ з молярною концентрацією 0,5 моль/л та розчин H_2SO_4 з молярною концентрацією 0,1 моль/л?

Довідка. Рівняння Нернста: $E = E^0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{(Ox_i)^{v_i}}{(Red_i)^{v_i}}$.

5.4. Відомо, що для елемента Вестона ЕРС при 60 °С (електроліт – 1М $CdSO_4$) дорівнює 1,271 В. Розрахуйте стандартну ентальпію ΔH_r^0 та стандартну ентропію ΔS_r^0 для реакції, яка відбувається в гальванічному елементі. Вважайте, що ентальпія реакції не змінюється у даному інтервалі температур.

5.5. Для покращення стабільності напруги елемента Вестона як електроліту використовують насичений розчин кадмій сульфату $CdSO_4$ з додаванням твердого $CdSO_4$. Такі елементи називають насиченими. Поясніть, чим зумовлена більша стабільність напруги такого елемента. Оберіть (підкресліть або обведіть) один або кілька правильних варіантів.

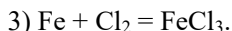
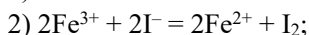
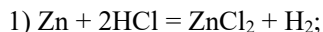
А. Додавання твердого $CdSO_4$ збільшує електропровідність елемента Вестона.

Б. Додавання твердого $CdSO_4$ зменшує опір елемента Вестона.

В. За таких умов підтримується постійна концентрація кадмію в розчині.

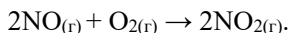
Г. За таких умов потенціал $E_{Cd^{2+}/Cd}^0$ не залежить від концентрації кадмію.

5.6. Запропонуйте гальванічні елементи, у яких відбуватимуться такі реакції:



Завдання 10.6. І знову ці оксиди нітрогену...

Оксиди нітрогену – одні з основних забруднювачів навколишнього повітря. Нітроген(II) оксид в атмосфері утворюється зазвичай під час гроз та у двигунах внутрішнього згоряння, після чого майже одразу окиснюється на повітрі та перетворюється на нітроген(IV) оксид:



Щоб вивчити кінетику цієї реакції при 25 °С, були виміряні початкові швидкості утворення NO_2 з використанням різних початкових парціальних тисків NO та O_2 . Усі отримані дані представлені у вигляді таблиці.

№	Початковий тиск, кПа		Початкова швидкість утворення NO_2 , кПа · с ⁻¹
	p(NO)	p(O ₂)	
1	30	15	15,1
2	15	15	3,8
3	15	45	11,6

6.1. Визначте порядки реакції для обох реагентів і запишіть кінетичне рівняння.

6.2. Розрахуйте константу швидкості. Відповідь наведіть у кПа та у моль/л.

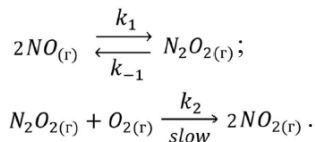
6.3. Розрахуйте початкову швидкість (у кПа · с⁻¹) витрати NO за наведеним вище рівнянням при початковому тиску NO 27 кПа, початковому тиску O_2 14 кПа та температурі 25 °С.

6.4. Розрахуйте час, коли парціальний тиск O_2 зменшиться до 1,2 кПа при початковому тиску NO 100 кПа, початковому тиску O_2 2 кПа та температурі 25 °С.

Відомо, що енергія активації окиснення NO до NO₂ становить 45 кДж/моль.

6.5. Розрахуйте значення передекспоненціального коефіцієнта А у рівнянні Ареніуса та константу швидкості при 45 °С.

Для даної реакції було запропоновано можливий механізм:



Використовуючи квазістаціонарне наближення, можна вивести кінетичне рівняння для швидкості утворення NO₂:

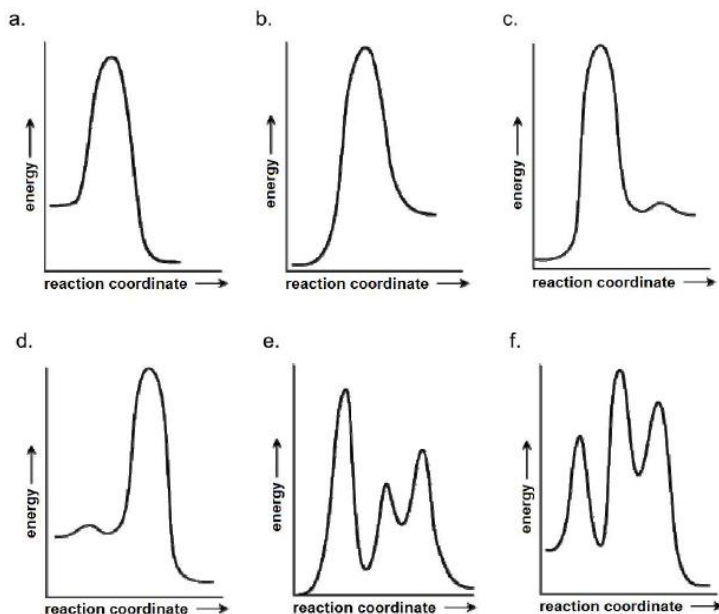
$$\frac{\Delta p_{NO}}{\Delta t} = \frac{k_1 k_2 p_{NO}^2 p_{O_2}}{k_2 p_{O_2} + k_{-1}}.$$

6.6. За яких умов кінетичне рівняння узгоджується з експериментом? Оберіть (підкресліть або обведіть) один правильний варіант.

- А. При малих тисках NO.
- Б. При високих тисках NO.
- В. При малих тисках O₂.
- Г. При високих тисках O₂.

6.7. Виразіть експериментальну константу швидкості реакції k_{obs} через константи елементарних стадій (k₁, k₋₁, k₂) за умов, вибраних у п. 6.6.

6.8. Виберіть енергетичну діаграму для наведеної реакції, яка узгоджується із запропонованим механізмом й експериментальними даними:



Завдання 10.7. Фосфати

10,00 г NaOH розчинили у воді, додали 10,29 мл 85%-го розчину H_3PO_4 (густина – $1,68 \text{ г/см}^3$). Об'єм отриманого розчину довели водою до 100 мл, отримавши розчин 1. Після упарювання цього розчину утворилася суміш сухих солей **A** та **B**, а після прожарювання цієї суміші – сіль **X**, що складається з атомів 3 хімічних елементів.

7.1. Встановіть формули **A** та **B** (якщо $M_r(\text{A})$ менша за $M_r(\text{B})$) та розрахуйте маси солей після упарювання розчину 1.

7.2. Розрахуйте pH 0,2 М розчину H_3PO_4 з молярною концентрацією 0,2 моль/л (константи дисоціації H_3PO_4 :

$K_1 = 7,1 \cdot 10^{-3}$; $K_2 = 6,2 \cdot 10^{-8}$; $K_3 = 5,0 \cdot 10^{-13}$. $\text{p}K_1 = 2,15$; $\text{p}K_2 = 7,21$; $\text{p}K_3 = 12,3$).

7.3. Розрахуйте pH розчину солі **A** з молярною концентрацією 0,1 моль/л.

7.4. Розрахуйте рН розчину 1.

7.5. Встановіть формулу солі **X** та зобразіть її структуру.

Аніон солі **X** утворює міцні комплекси з іонами Mg^{2+} та Ca^{2+} , тому ця сіль використовується для запобігання утворенню накипу (суміш $CaCO_3$ та $MgCO_3$) в системах опалення, як компонент пральних порошків і при виготовленні плавлених сирків.

7.6. Напишіть рівняння реакції між сіллю **X** та компонентами накипу.

7.7. Наведіть рівняння реакцій, які пояснюють, чому при нагріванні водопровідної води утворюється накип.

Експериментальний тур

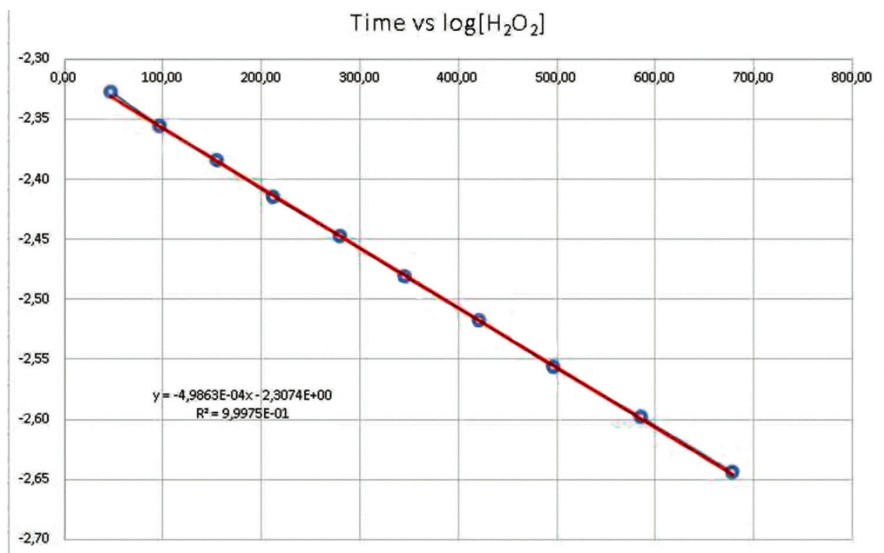
**Вивчення кінетики взаємодії гідроген пероксиду з калій йодидом
у кислому середовищі**

Відповіді та пояснення

Робота складається з двох частин. Перша включає розрахунок і приготування розчину гідроген пероксиду необхідної концентрації. У випадку некоректного розрахунку учасник отримує від організаторів коректне значення (5,7 мл) або готовий розчин, але втрачає частину балів.

Друга частина – вимірювання інтервалів часу між появою забарвлення, виконання розрахунків, побудову графіка й визначення значення константи швидкості. Приклад заповненої таблиці та побудованого графіка:

Сумарний об'єм суміші, мл	К-ть $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, мл	Сумарна кількість молів			Концентрація		Час, с
		Введеного $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	I_2 , що виділився	H_2O_2 , що залишився в розчині	$[\text{H}_2\text{O}_2]$, моль/л	$\text{I}_g [\text{H}_2\text{O}_2]$	
101	1	5,000E-05	2,500E-05	4,75E-04	4,70E-03	-2,33	47,00
102	2	1,000E-04	5,000E-05	4,50E-04	4,41E-03	-2,36	96,00
103	3	1,500E-04	7,500E-05	4,250E-04	4,13E-03	-2,38	154,00
104	4	2,000E-04	1,000E-04	4,00E-04	3,85E-03	-2,41	212,00
105	5	2,500E-04	1,250E-04	3,75E-04	3,57E-03	-2,45	280,00
106	6	3,000E-04	1,500E-04	3,50E-04	3,30E-03	-2,48	345,00
107	7	3,500E-04	1,750E-04	3,250E-04	3,04E-03	-2,52	420,00
108	8	4,000E-04	2,000E-04	3,00E-04	2,78E-03	-2,56	496,00
109	9	4,500E-04	2,250E-04	2,75E-04	2,52E-03	-2,60	585,00
110	10	5,000E-04	2,250E-04	2,50E-04	2,27E-03	-2,64	678,00



З наведених учасником(цею) експериментальних значень часу розраховуються і незалежно оцінюються такі параметри: абсолютне значення тангенса кута нахилу прямої або константа швидкості та значення R^2 . Оцінка за цю частину роботи розраховується за методом трапецій, з урахуванням відхилення експериментально отриманого значення від MasterValue. Перше значення вказує на дотримання методики учасником (концентрація розчину гідроген пероксиду, приготування реакційної суміші, точність додавання тіосульфату). Друге значення показує розкид точок на апроксимаційній прямій та є показником якості виконання експерименту. Окремо оцінюються розрахунки концентрацій і значення розрахованої константи швидкості за даними учасника(ці).

The background features a series of thin, dark blue diagonal lines radiating from the top left corner. The lower portion of the image is divided into two solid-colored geometric sections: a yellow trapezoidal shape on the right and a dark blue triangular shape on the bottom left.

11 КЛАС

I тур

Завдання 11.1. Парацетамол

Одним із найбільш поширених жарознижувальних і знеболювальних засобів є парацетамол, який було вперше синтезовано ще у 1878 році. Нижче наведено його структурну формулу, а також формули його ізомерів **A–D**. Кожен із ^1H ЯМР спектрів № 1–5 відповідає одній із зазначених сполук.

1.1. Встановіть, який із спектрів № 1–5 відповідає парацетамолу, а які – його ізомерам **A–D**.

1.2. Використовуючи нумерацію груп атомів Гідрогену, наведену в умові задачі, співвіднесіть сигнали ^1H ЯМР у спектрах № 1–5.

Спектр № 1

Хімічний зсув сигналу, м. ч.	8,06	7,88	7,68	6,85	2,93
Номер груп(и) атомів					

Спектр № 2

Хімічний зсув сигналу, м. ч.	9,72	8,17	7,34	6,67	2,05
Номер груп(и) атомів					

Спектр № 3

Хімічний зсув сигналу, м. ч.	6,76	6,64	5,10	2,26
Номер груп(и) атомів				

Спектр № 4

Хімічний зсув сигналу, м. ч.	7,83	7,08 та 7,02	6,96	3,84
Номер груп(и) атомів				

Спектр № 5

Хімічний зсув сигналу, м. ч.	9,17	7,58	7,34	7,08	7,00	6,76	2,16
Номер груп(и) атомів							

1.3. Чому два різні сигнали у спектрі № 4 (при 7,08 та 7,02 м. ч.) відповідають групі протонів, яка в умові задачі позначена однією цифрою?

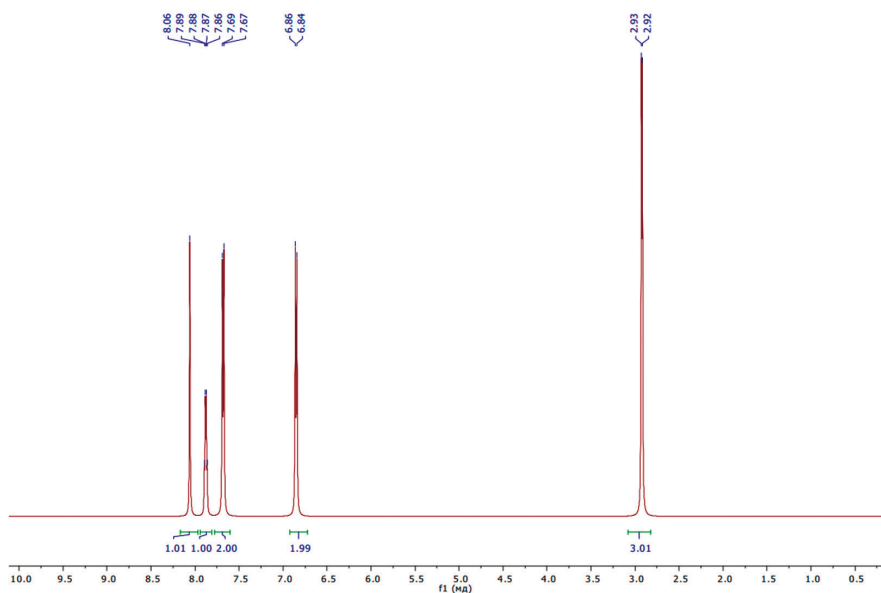


Рис. 1. Спектр № 1

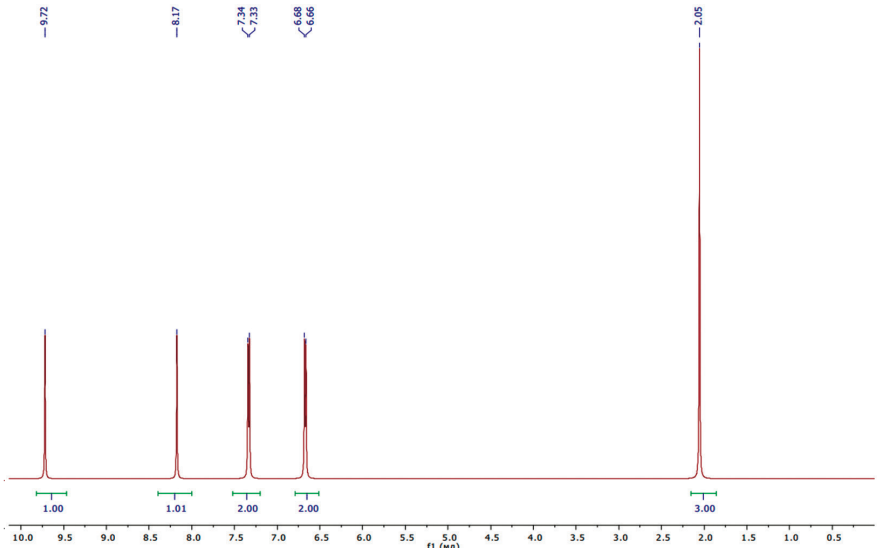


Рис. 2. Спектр № 2

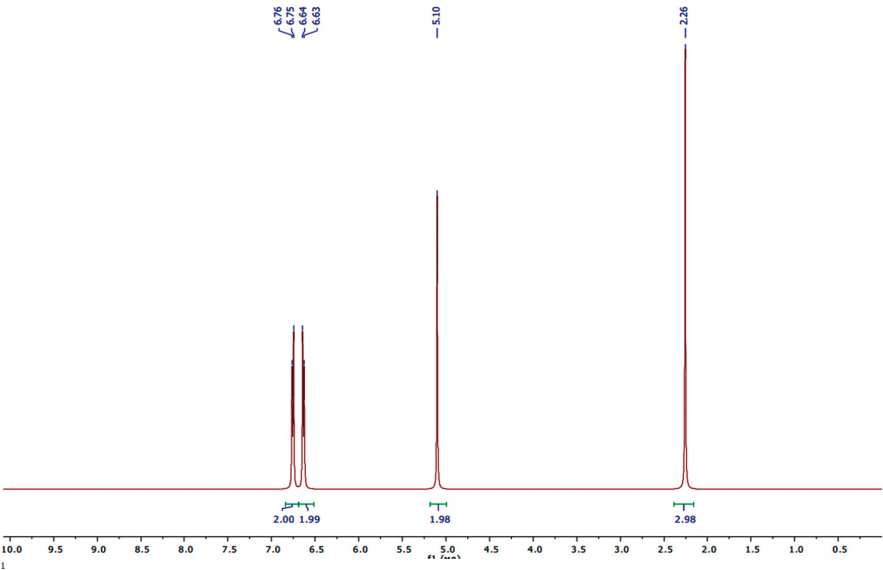


Рис. 3. Спектр № 3

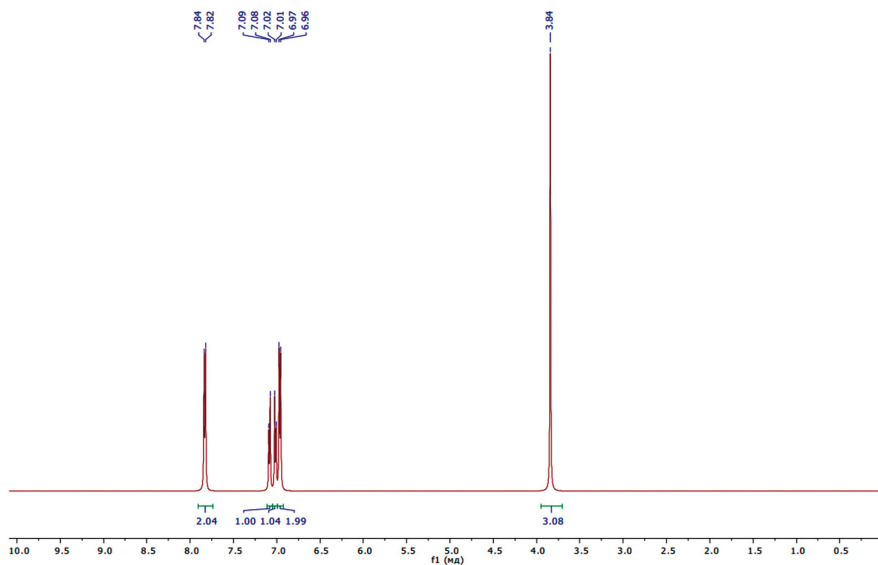


Рис. 4. Спектр № 4

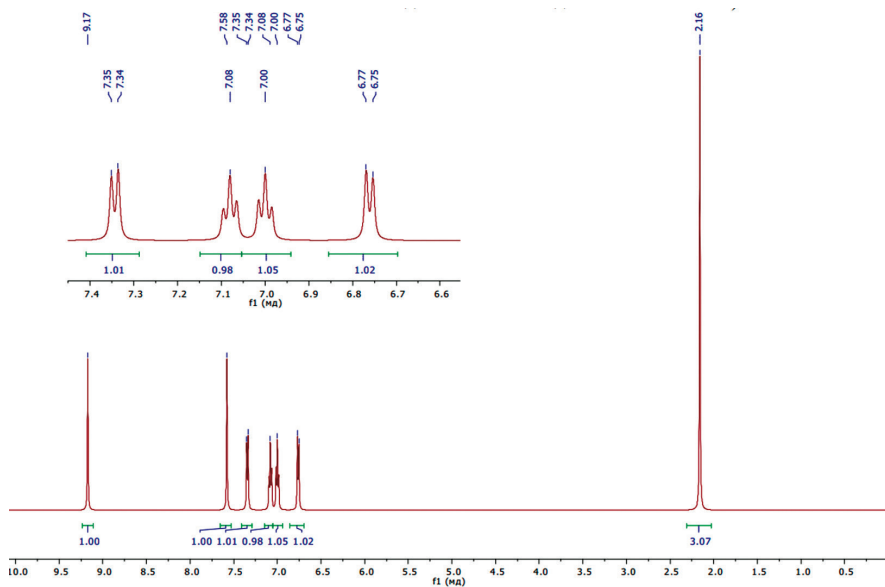


Рис. 5. Спектр № 5 (додатково наведено збільшення ділянки 6,5–7,3 м. ч.)

Завдання 11.2. АХ

Аліквоту природної води об'ємом 100 мл відібрали в конічну колбу, додали 5 мл амоніачного буферу (водний розчин NH_3 та NH_4Cl) з $\text{pH} = 10$ та індикатор еріохром чорний Т. Пробу відтитрували розчином Трилону Б з молярною концентрацією 0,025 моль/л до переходу червоно-фіолетового забарвлення у блакитне; його витратилося 22,0 мл.

2.1. Зобразіть структурну формулу Трилону Б та його комплексу з магнієм. Розрахуйте загальну жорсткість (сумарну концентрацію катіонів, що утворюють комплекс з Трилоном Б) проби води (у ммоль/л).

До аналогічної аліквоти води додали 1 мл *хлоридної кислоти та прокип'ятили*. Після цього додали розчин NaOH до $\text{pH} = 12,5$, індикатор мурексид і відтитрували розчином Трилону Б з молярною концентрацією 0,025 моль/л до переходу малинового забарвлення у фіолетове. На цей раз витратилося 7,0 мл розчину. Вважайте, що жорсткість досліджуваної проби води зумовлена наявністю в ній тільки йонів Mg^{2+} та Ca^{2+} , а вмістом інших катіонів, що утворюють комплекс з Трилоном Б, можна знехтувати.

2.2. З яким катіоном реагує Трилон Б за вищевказаних умов? Чому «не титрується» інший катіон?

2.3. Розрахуйте вміст Mg^{2+} та Ca^{2+} (у мг/л).

2.4. З якою метою проводили стадію аналізу, *позначену курсивом*?

До аналогічної аліквоти води додали хлоридну кислоту й розчин барій хлориду, розчин прокип'ятили, осад відділили і промили. До осаду додали розчин амоніаку та 10 мл розчину Трилону Б з молярною концентрацією 0,025 моль/л, прокип'ятили, додали 5 мл амоніачного буферу з $\text{pH} = 10$ та відтитрували розчином магній сульфату з молярною концентрацією 0,01 моль/л, якого витратилося 14 мл.

2.5. Який компонент визначали?

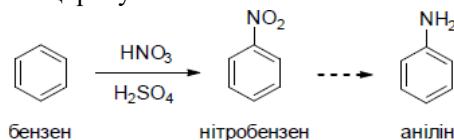
2.6. Напишіть рівняння реакцій, що відбуваються.

2.7. Розрахуйте вміст компонента, який визначали (у мг/л).

Завдання 11.3. Ароматичне заміщення

Перед вами ще одна задача із циклу «Органічні реакції». Вона присвячена дуже важливому класу перетворень – заміщенню в ароматичному кільці. Найпоширенішими типами такого заміщення є нуклеофільне й електрофільне заміщення. Їхня відмінність зумовлена різним механізмом перебігу реакції та відповідно колом субстратів, що здатні в них вступати.

Розглянемо приклад реакції ароматичного заміщення – нітрування бензину з утворенням нітробензену. В промисловості останній відновлюється воднем на металевому каталізаторі до аніліну, який є критично важливою для промисловості сполукою і виробляється в мільйонах тонн щороку:



3.1. Прикладом якого типу заміщення є реакція нітрування бензену? Поставте знак «+» навпроти правильної відповіді. Відповідь обґрунтуйте.

Варіант відповіді	Ваш вибір
Радикальне заміщення	
Нуклеофільне ароматичне заміщення	
Нуклеофільне S _N 2 заміщення	
Електрофільне ароматичне заміщення	
Нуклеофільне S _N 1 заміщення	

3.2. Вкажіть, які реагенти з наведених нижче можуть використовуватися для електрофільного, а які – для нуклеофільного ароматичного заміщення.

Реагенти	Нуклеофільне	Електрофільне
Na ₂ S		
H ₂ SO ₄		
NH ₃		
CsF		
HSO ₃ Cl		
Br ₂		

Ще одним прикладом нітрування, що має величезне промислове значення, є нітрування фенолу з утворенням суміші двох нітрофенолів.

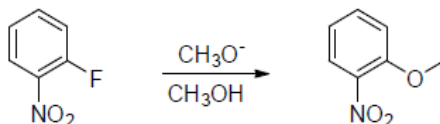
3.3. Вкажіть, які саме ізомери утворюються, зобразіть механізм реакції та поясніть спостережувану селективність нітрування.

Саме з одного згаданого ізомеру нітрофенолу в промисловості отримують відомий лікарський препарат парацетамол (хімічна назва – N-ацетил-п-амінофенол, торгові назви – Парацетамол, Ацетамінофен, Тайленол, Панадол).

3.4. Запропонуйте метод отримання парацетамолу з нітрофенолу і зобразіть схему синтезу.

3.5. Вкажіть за допомогою стрілки найбільш імовірне положення нітрування в ароматичному циклі для кожної із сполук та поясніть свій вибір.

Як інший тип ароматичного заміщення можна навести приклад отримання такого етеру:



3.6. Чому відбувається заміщення атома Флуору, а не нітрогрупи? Як зміниться профіль реакційної здатності арену, якщо замінити атом Флуору на атом Хлору? Наведіть пояснення, спираючись на механізм перетворення.

3.7. Наведіть структури продуктів подальших реакцій заміщення.

Завдання 11.4. Стародавня блакить

Єгиптологиня Клію, зацікавившись хімічним складом синьої фарби **A** на розписах давньоєгипетських храмів, встановила, що барвник **A** містить 10,66 % Кальцію та 16,90 % Купруму. Клію зробила припущення про ймовірний склад барвника і, аби їх перевірити, провела альтернативний синтез сполуки **A**. У результаті спікання 11,06 г подрібненого мінералу **B**, 10,01 г кальцій карбонату та 24,03 г кварцевого піску було одержано 37,60 г барвника **A**.

4.1. Розшифруйте сполуки **A** і **B**, якщо відомо, що речовина **B** містить 57,48 % Купруму, утворюється при тривалому зберіганні мідних виробів на вологому повітрі, а при нагріванні виділяє вуглекислий газ і воду.

4.2. Напишіть рівняння реакції синтезу барвника **A**.

Китайська мистецтвознавиця Тянь, ім'я якої у перекладі з китайської означає «небо», розповіла Клію, що з часів династії Чжоу китайці виготовляли синю фарбу схожим способом, але замість кальцій карбонату використовували барій карбонат. Темно-синій барвник **C** ($w(\text{Ba}) = 29,02\%$) можна одержати спіканням 11,06 г подрібненого мінералу **B**, 19,73 г барій карбонату та 24,03 г кварцевого піску. Якщо змішати такі ж кількості **B** та барій карбонату, але взяти удвічі менше піску, то можна отримати фіолетовий барвник **D** ($w(\text{Ba}) = 38,90\%$).

4.3. Встановіть брутто-формули сполук **C** і **D**.

4.4. Напишіть рівняння реакцій синтезу речовин **C** і **D**.

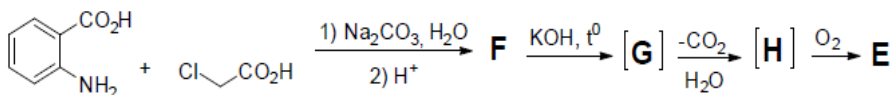
Сполуки барію широко застосовують для одержання деяких кислот і оксидів, а також... озону. Для цього їх обробляють сульфатною кислотою. Реакція відбувається легко і до кінця, адже барій сульфат є...

4.5. Вкажіть слово, якого бракує в останньому реченні.

4.6. Допишіть подальші рівняння реакцій і розставте коефіцієнти в них.

Завдання 11.5. Стародавня блакить 2

Мексиканський археолог Родріго розповів колегам з Єгипту і Китаю, що ацтеки також знали блакитні фарби, а саме барвник **E**, який екстрагували з листя індігофери. За даними елементного аналізу, сполука **E** містить 73,27 % Карбону, 3,84 % Гідрогену, 10,68 % Нітрогену, решта – Оксиген. Одним зі способів одержання **E** є кип'ятіння о-амінобензойної та хлороцтової кислоти у водному розчині натрій карбонату. При підкисленні розчину утворюється двохосновна кислота **F**, яка не містить хлору. При спіканні з лугом **F** вступає у внутрішньомолекулярну конденсацію, продуктом якої є калієва сіль кетокислоти **G**, яка за умов реакції декарбоксилюється, утворюючи нестабільний амінокетон **H**. За наявності кисню **H** димеризується з утворенням цільового барвника **E**.



5.1. За даними елементного аналізу визначте брутто-формулу сполуки **E**.

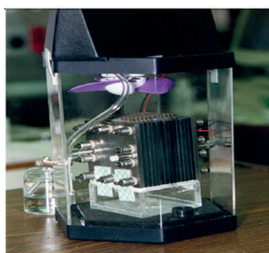
5.2. Зобразіть структурні формули сполук **F**, **G**, **H**, **E**.

5.3. Світло якого кольору поглинає барвник Е?

Максимум поглинання барвника Е становить 613 нм.

5.4. Визначте енергію фотона та частоту коливань світла з цією довжиною хвилі.

Завдання 11.6. Метанольний паливний елемент



Значного розповсюдження починають набувати «прямі» паливні елементи, в яких у послідовно з'єднаних комірках, де анодний та катодний простори розділені мембранами, на спеціальних каталізаторах відбувається окиснення палива без його крекінгу. Прямий метанольний паливний елемент працює за умов, близьких до кімнатних. Вам пропонується обчислити термодинаміку паливного елемента, в який подаються метанол та повітря за атмосферного тиску та температури 50 °С. Вважайте, що утворюється (і віддувається повітрям) водяна пара, а не рідка вода.

6.1. Які напівреакції відбуваються на аноді та катоді? Запишіть їхні рівняння та сумарне рівняння реакції.

6.2. Що є носієм струму всередині паливного елемента? Поставте знак «+» навпроти правильної відповіді.

Вода	
Метанол	
Йони H^+ (H_3O^+)	
Йони OH^-	
Електрони	
Йони Na^+	

6.3. Наведіть розрахунок ΔG°_{323} , ΔH°_{323} , ΔS°_{323} процесу, що відбувається. Заповніть порожню клітинку у таблиці з довідковими даними.

Довідка. Залежності ентальпії та ентропії від температури мають вигляд:

$$\Delta H_{T_2} = \Delta H_{T_1} + \Delta c_p(T_2 - T_1);$$

$$\Delta S_{T_2} = \Delta S_{T_1} + \Delta c_p \ln(T_2/T_1).$$

У межах цієї задачі вважаємо, що теплоємності речовин C_p не залежать від x температури.

Речовини	$\Delta H_f^0, 298, \text{кДж/моль}$	$S^0, 298, \text{Дж} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$	$c_p, \text{Дж} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$
$\text{CH}_3\text{OH} (\text{liq})$	-238,4	127,19	81,1
$\text{H}_2\text{O} (\text{gas})$	-241,83	188,84	35,2
CO_2	-393,52	213,79	37,2
O_2		205,15	29,4

ΔH^0_{323}	ΔS^0_{323}	ΔG^0_{323}

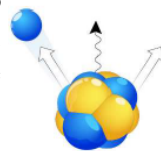
6.4. Яким буде ЕРС такого паливного елемента? Якщо в п. 6.3 ви не розраховували ΔG , прийміть його за $-750 \text{ кДж/(моль метанолу)}$.

Ноутбук, за яким автор пише цю задачу, використовує 30 Вт електричної потужності.

6.5. Яку масу метанолу та який об'єм повітря потрібно подавати кожну годину роботи, якщо ноутбук живиться таким паливним елементом, а практична ефективність становить 40% ?

Завдання 11.7. Розпад

Радіоактивний розпад ядер – явище, яке постійно відбувається у навколишньому середовищі. Існує гіпотеза, що це стало однією з причин виникнення життя та може стати причиною його зникнення. Найбільш поширеними є: альфа- (α), бета- (β^- ; β^+), протонний розпади (p^+) та спонтанний поділ (SF). Перші чотири супроводжуються випромінюванням відповідних частинок, останній – утворенням двох нуклідів і декількох нейтронів.



7.1. Заповніть таблицю рівняннями відповідних реакцій.

Тип розпаду	Вихідний нуклід	Рівняння реакції
α	^{167}Re	
β^-	^{118}In	
β^+	^{45}Cr	
p^+	^{69}Br	
SF	^{242}Fm	

Гамма-випромінювання (γ) зазвичай супроводжує всі типи радіоактивного розпаду. Але при ізомерному переході воно є єдиним типом випромінювання. При цьому відбувається перехід між двома енергетичними станами одного нукліду, різниця маси випромінюється у вигляді гамма- та рентгенівських квантів. Прикладом такого перетворення є перехід $^{178m2}\text{Hf} \rightarrow ^{178}\text{Hf}$, адже при цьому виділяється величезна кількість енергії: $3,9184 \cdot 10^{-13}$ Дж/атом.

7.2. Розрахуйте кількість енергії, яка виділиться при повному перетворенні цього нукліду, що міститься у зразку природного Гафнію масою 5,0029 г, якщо його вміст 0,079 %.

7.3. Розрахуйте точну відносну атомну масу нукліду $^{178m2}\text{Hf}$, якщо відносна атомна маса нукліду ^{178}Hf становить 177,9437.

Інша цікава особливість $^{178m2}\text{Hf}$ – здатність до вимушеного поділу, що теоретично могло б дозволити створювати зброю з потужністю, яка наближається до ядерної, але при цьому не залишає радіоактивного забруднення. Уявіть, що вченим вдалося синтезувати нуклід $^{178m2}\text{Hf}$ в достатній кількості та з чистотою 99,9999 %, що відповідає реактиву кваліфікації «ос. ч. 1–4». При зберіганні поступово його чистота зменшується через розпад.

7.4. Розрахуйте максимальний час після виготовлення, впродовж якого кваліфікація реактиву буде відповідати «ос. ч. 1–2», «х. ч.», «ч. д. а.» та «ч.» відповідно. Чистота та мінімальний вміст речовини для

цієї кваліфікації наведено у таблиці. Період напіврозпаду $^{178\text{m}}\text{Hf}$ дорівнює 31 рік.

Кваліфікація	Чистота, %	Час зберігання, діб
ос. ч. 1–4	99,9999	0
ос. ч. 1–2	99,99	
х. ч.	99,9	
ч. д. а.	99,0	
ч.	97,0	

Завдання 11.8. Стерті записи на дошці...

Рано-вранці юний хімік завітав до аудиторії та помітив на дошці таблицю. На жаль, частина інформації була стерта, тому юнак вирішив відновити її. Проте завдання виявилось не таким легким, як здалося на перший погляд.

Спробуйте і ви розгадати таємницю таблиці! Відновіть всі записи, замінені буквами X_1 – X_{10} (це можуть бути як числа, так і слова). Підтвердіть свої відповіді розрахунками.

Речовина	H_2O	NaOH	H_2SO_4	NH_3	NaHCO_3	X_6
с, моль/л	X_1	0,01	X_3	10^{-4}	0,1	0,01
pH	7,0	X_2	1,8	X_4	X_5	3,9

8.1. Визначте числа X_1 – X_3 .

8.2. Знайдіть числа X_4 – X_5 , користуючись довідковими даними: $\lg K_a(\text{NH}_4^+) = -9,24$, $\lg K_{a1}(\text{H}_2\text{CO}_3) = -6,35$, $\lg K_{a2}(\text{H}_2\text{CO}_3) = -10,33$.

8.3. Визначте pK_a кислоти X_6 , знаючи, що це одноосновна слабка кислота. За даними таблиці нижче знайдіть, про яку саме кислоту йдеться.

Кислота	Плавикова	Мурашина	Оцтова	Бензойна	Синильна
pK_a	3,25	3,75	4,76	5,79	9,21

На іншій частині дошки було написано такі речення:

«Змішати X_7 мл розчину натрій дигідрогенортофосфату з молярною концентрацією 0,005 моль/л та X_8 мл розчину натрій гідрогенортофосфату з молярною концентрацією 0,015 моль/л для отримання 100 мл буферного розчину з рН 8,4».

«Аргентум хлорид погано розчиняється в воді – X_9 г/100 мл, але ще гірше в розчині натрій хлориду з молярною концентрацією 0,05 моль/л – X_{10} г/100 мл».

8.4. Визначте об'єми розчинів X_7 та X_8 , користуючись довідковими даними:

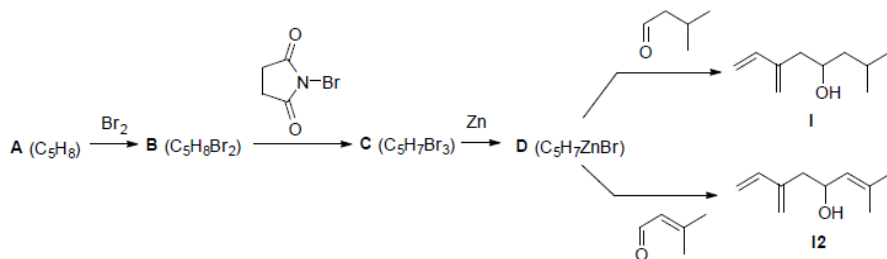
$$\lg K_{a1}(\text{H}_3\text{PO}_4) = -2,15, \lg K_{a2}(\text{H}_3\text{PO}_4) = -7,2, \lg K_{a3}(\text{H}_3\text{PO}_4) = -12,35.$$

8.5. Визначте розчинності X_9 – X_{10} , що є розчинністю в г/100 мл AgCl, користуючись довідковими даними: $\lg K_{\text{sp}}(\text{AgCl}) = -9,75$.

II тур

Завдання 11.1. Хімія кохання жуків

Самці жуків-короїдів приваблюють самиць за допомогою феромонів – сполук **I** та **I2**. Вихідною сполукою для їхнього синтезу є розгалужений дієн **A**, багатотоннажний продукт хімічної промисловості. Продуктом 1,4-приєднання молекули бромиду до **A** є алкен **B**, радикальне бромовання якого в алільне положення дає трибромід **C**. Продукт **C** реагує із цинком з утворенням цинкорганічного дієну **D**, який не містить атомів Бромиду, безпосередньо зв'язаних з атомами Карбону. Приєднання **D** до альдегідів з подальшою обробкою реакційних сумішей водою веде до утворення цільових продуктів **I** та **I2**.

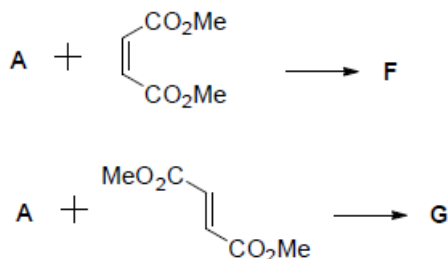


1.1. Зобразіть структурні формули сполук **A**, **B**, **C** та **D**.

1.2. Наведіть механізми утворення **B** та **C**.

1.3. Чому дієн **A** є чутливим до дії радикальних ініціаторів і кислот Льюїса? Наведіть схему відповідного перетворення для одного з варіантів активації.

1.4. Реакція Дільса – Альдера є реакцією [4+2]-циклоприседнання, у якій беруть участь дієн та дієнофіл. Наведіть продукти взаємодії **A** з естерами малеїнової та фумарової кислот. Зобразіть їх відносну стереохімічну конфігурацію.

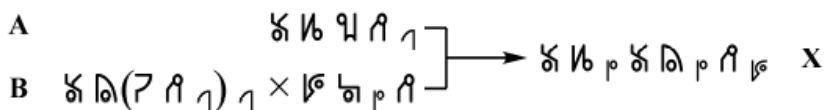


Якщо ви НЕ ВСТАНОВИЛИ структурну формулу сполуки **A**, вважайте, що це – бута-1,3-дієн.

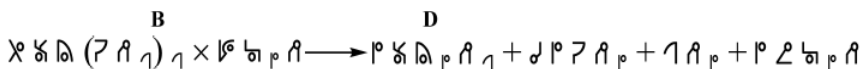
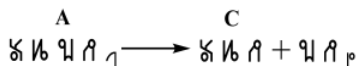
Завдання 11.2. Dead Space 2

Я вже не вірю,
що ми контролюємо проект,
якщо взагалі контролювали коли-небудь.
Ми не знаємо, як будувати цю штуку.
Воно буде саме себе нашими руками!
І намагається звільнитись. Відчайдушно.
Dead Space 2

Червоний Обеліск – рукотворна копія Чорного Обеліска, артефакту позаземного походження, яка таємно створена вченими. Згідно з легендою, червоний колір Обеліску надає речовина **X**, яку отримують при спіканні сполук **A** та **B**. Їхні формули зашифровано у візерунках на поверхні Обеліска:



Вихідні сполуки **A** та **B** при нагріванні розкладаються за рівняннями.



Відомо, що при розкладі 10,0 г речовини **A** утворюється бінарна речовина **C** та 2,23 г газу, який має густину 1,964 г/л за н. у.

При прожарюванні речовини **B** утворюється тверда бінарна речовина **D** та газова фаза, при охолодженні якої утворюється лише розчин нітратної кислоти з концентрацією 75 %. При відновленні речовини **D** воднем до простої речовини втрата маси становить 10,3 %.

2.1. Визначте речовини **A–D**, розшифруйте алфавіт прибульців і встановіть формулу речовини **X**.

Метал, що входить до складу **D**, використовують як теплоносії для деяких типів атомних реакторів. Це дає змогу суттєво зменшити розміри реактора та покращити його характеристики. Проте його постійне опромінення в активній зоні призводить до низки ядерних реакцій, внаслідок чого накопичується радіоактивний нуклід елемента **Y**.

2.2. Розрахуйте період напіврозпаду цього нукліду, якщо питома активність його зразка (число розпадів на одиницю маси за одиницю часу) знижується на 9,53 % кожні 20 діб.

Відомо, що заряд ядра нукліду **Y** більший на 1 за вихідний елемент, а сам нуклід зазнає α -розпаду, втрачаючи 1 % маси за 148,6 доби.

2.3. Розрахуйте нуклонне число **Y**, напишіть рівняння згаданих ядерних реакцій (при розрахунках використовуйте значення відносних атомних мас, округлені до цілих). Якщо ви не змогли розрахувати період напіврозпаду з попереднього пункту, прийміть $\tau_{1/2} = 129$ діб.

Завдання 11.3. Перетворення

Масові частки металів у бінарних сполуках корунд і галіт складають 52,92 % і 39,34 % відповідно.

3.1. Співвіднесіть назви мінералів з їхніми хімічними формулами.

Розрахунок:			
Корунд		Галіт	

3.2. Розшифруйте сполуки **X₁–X₉**, враховуючи, що **X₃–X₉** мають органічну природу.

X₁	X₂	X₃
X₄	X₅	X₆
X₇	X₈	X₉

речовини **С** має забарвлення, а саме блідо-зелене, проте при тривалому контакті з повітрям колір розчину змінюється на жовтий.

З наявними розчинами було проведено серію експериментів. Так, при поступовому додаванні розчину NaOH до розчинів речовин **А** та **В** відбулося випадання білих осадів **Д** та **Е** відповідно. Надлишок лугу призводив до їх розчинення з утворенням прозорих розчинів сполук **Н** та **І**. При додаванні розчину NaOH до розчину речовини **С** також відбулося випадання осаду **Ф**, але зеленого кольору. Додавання надлишку лугу не мало жодного ефекту. Далі до розчинів речовин **А**, **В** та **С** додали надлишок концентрованого розчину амоніаку. З розчину речовини **А** спочатку спостерігалось випадання осаду **Д**, який при додаванні більшої кількості реагенту розчинявся з утворенням прозорого розчину речовини **Ж**. За аналогічних умов з розчинів речовин **В** та **С** було одержано вже знайомі осад **Е** та **Ф**.

Потім до розчинів речовин **А**, **В** та **С** по краплях додали насичений розчин натрій карбонату. З розчину речовини **А** випав білий кристалічний осад **К**, з розчину речовини **В** спостерігалось випадання осаду **Е**, а також виділення газу **Г2**. У випадку розчину **С** утворився осад іншого відтінку зеленого **Л**.

Врешті-решт до трьох основних розчинів було додано розчин натрій сульфід. При цьому з розчину речовини **А** випав білий осад **М**, з розчину речовини **В** знову утворився осад **Е** та виділювався газ із запахом тухлих яєць **Г3**, а з розчину речовини **С** випав чорний осад **Н**.

4.1. На основі проведених експериментів заповніть таблицю спостережень хіміка Олега. Випадання осаду позначте ↓ з відповідним кольором, виділення газу позначте ↑, розчинення позначте великою буквою Р.

Реагенти	А	В	С
NaOH			
NaOH (надлишок)			
Розчин NH_3 (надлишок)			
Na_2CO_3			
Na_2S			

На основі спостережень хімік Олег зробив висновки стосовно складу порошків **X**, **Y** та **Z**. Для підтвердження своєї гіпотези він розчинив по 1 г кожного порошку у хлоридній кислоті з одержанням розчинів речовин **A**, **B** та **C**, а потім відігнав воду з утворенням 3,19 г білого кристалогідрату **A'**, 8,95 г білого кристалогідрату **B'**, та 3,56 г зеленуватого кристалогідрату **C'**, який з часом змінює колір.

4.2. Визначте речовини **X**, **Y**, **Z** та сполуки **A–N**.

X	Y	Z	A	B	C
A'		B'		C'	
D	E	F	G1	G2	G3
H		I		J	
K		L	M		N

4.3. Запишіть рівняння реакцій, що відбулися.

$X \rightarrow A + G1$	
$Y \rightarrow B + G1$	
$Z \rightarrow C + G1$	
$A \rightarrow D$	
$B \rightarrow E$	
$C \rightarrow F$	
$A \rightarrow H$	
$B \rightarrow I$	
$A \rightarrow J$ (3 NH_3)	
$B \rightarrow E$ (3 NH_3)	
$C \rightarrow F$ (3 NH_3)	
$A \rightarrow K$	
$B \rightarrow E + G2$	

$C \rightarrow L$	
$A \rightarrow M$	
$B \rightarrow E + G3$	
$C \rightarrow N$	

4.4. Поясніть, чому сполуки **C**, **C'** та **F** змінюють своє забарвлення на повітрі. Підтвердіть одним рівнянням реакції.

4.5. Запропонуйте пояснення, чому банки із сірими порошками стояли на полиці поряд з органічними нітросполуками.

Завдання 11.5. Хто найшвидший?

Матеріали, які здатні керовано змінювати свої властивості за різних значень рН, застосовуються у біосенсорах, тканинній інженерії, для таргетної доставки ліків тощо. Один із класів таких полімерних матеріалів містить лінкери (біфункційний фрагмент молекули, що прикріплює сполуку до твердої чи рідкої підкладки і який можна розщепити, від'єднавши таким чином сполуку від підкладки) на основі кеталів, які деградують у кислому середовищі. Швидкість їхньої деградації залежить від структури молекули та від рН. Кінетику кислотного гідролізу кеталю **X** вивчали за допомогою ^1H ЯМР за постійного значення $\text{pH} = 5,0$. Залежність площі піку з хімічним зсувом 1,29 ppm від часу наведена у таблиці.

Час, годин	5,0	25,0	35,0	45,0	60,0	75,0	90,0	105,0
Відносна площа піку 1,29 ppm	0,72	0,59	0,47	0,38	0,28	0,20	0,15	0,11

Механізм гідролізу **X** наведено на схемі нижче:

5.2. Розрахуйте умовну константу швидкості за $\text{pH} = 5,0$.

5.3. Розрахуйте період напівперетворення **X** за $\text{pH} = 5,0$.

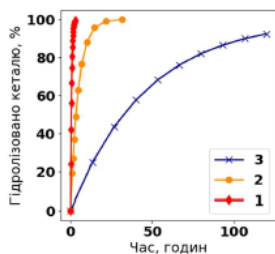
Період напівперетворення також визначили за інших значень pH .
Результати наведені у таблиці.

pH	Період напівперетворення, годин
5,5	85
6,0	226

Відомо, що механізм реакції в усіх експериментах залишався незмінним.

5.4. Визначте порядок реакції за H^+ . Відповідь округліть до цілих.

Окрім **X**, аналогічний експеримент повторили для кеталів **Y** та **Z** (структури наведені нижче), відповідні кінетичні криві наведено на рисунку.



5.5. Впишіть у таблицю номер кінетичної кривої (1–3), що відповідає сполукам **X**, **Y**, **Z**. Відповідь поясніть.

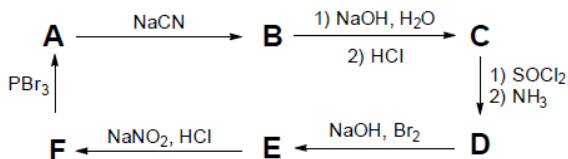
Сполука	X	Y	Z
Кінетична крива, №			

Завдання 11.6. Перегрупування

Сполуку **A** можна отримати бромованням толуєну з використанням **N**-бромсукциніміду.

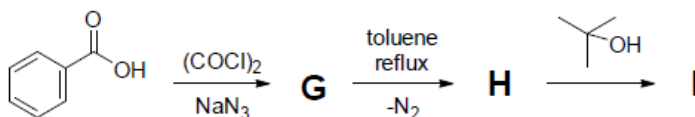
6.1. Напишіть рівняння реакції та структурну формулу сполуки **A**, якщо в ній масова частка Карбону становить 49,16 %, Гідрогену – 4,13 %, Брому – 46,72 %.

На схемі нижче наведено реакції сполуки **A**:



6.2. Напишіть структурні формули всіх згаданих сполук.

Реакція перетворення **D** у **E** належить до так званих «секстетних перегрупвань». Інший приклад подібної реакції – перегрупування Курціуса. На схемі нижче наведено ланцюг перетворень, що починається з бензойної кислоти:

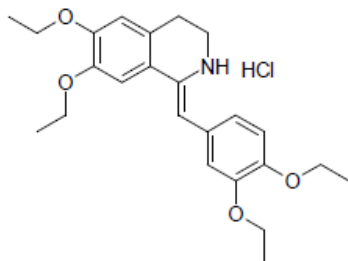


6.3. Напишіть структурні формули усіх згаданих сполук.

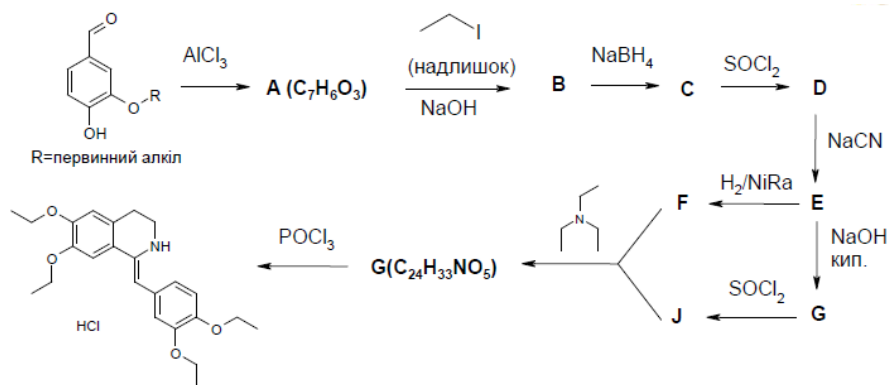
Завдання 11.7. Дротаверин



Дротаверин – лікарський засіб, який має спазмолітичну дію, був синтезований у 1961 р. співробітниками угорської фармацевтичної компанії «Хіноїн». У 1962 р. препарат був запатентований під торговою назвою Но-шпа (No-Spa, що означає No-Spasm). Пізніше компанія «Хіноїн» увійшла до складу компанії «Sanofi», яка випускає Но-шпа дотепер. Структурна формула дротаверину зображена нижче.



Один з методів синтезу Дротаверину полягає у визначеній послідовності перетворень, починаючи з ваніліну.



Дротаверин гідрохлорид

7.1. Вкажіть просторовий ізомер Дротаверину за Z/E-номенклатурою.

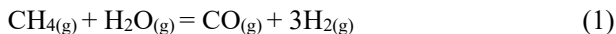
7.2. Розшифруйте формулу ваніліну, якщо з x г ваніліну при взаємодії з гідроксиламіном утворюється 1,0987 x г відповідного оксиму. (Використовуйте відносні атомні маси, округлені до цілих чисел.)

7.3. Розшифруйте сполуки А–К.

7.4. Розрахуйте масу осаду, який виділиться при взаємодії 2,28 г ваніліну з надлишком реактиву Толленса. Запишіть рівняння відповідної реакції.

Завдання 11.8. Синтез-газ

Реакція метану з водяною парою дає змогу отримати суміш CO та H_2 у співвідношенні 1:3, яка далі використовується у хімічній промисловості, зокрема для синтезу метанолу та у процесі Фішера – Тропша.



Нижче наведені деякі термодинамічні характеристики цього процесу.

	$CH_{4(g)}$	$H_2O_{(g)}$	$CO_{(g)}$	$CO_{2(g)}$	$H_{2(g)}$
$\Delta_f H^0$, кДж/моль	-75,00	-241,83	-110,53	-393,52	
S^0 Дж/(моль · К)	186,0	188,8	197,7	213,8	130,7

Нагріту до $800\text{ }^\circ\text{C}$ суміш 80 г метану та 90 г водяної пари пропустили через порожнисту трубку, заповнену нікелевим каталізатором. Температура трубки підтримується сталою по всьому об'єму. За цих умов встигає встановитися рівновага, а тиск у системі сталий і дорівнює 1 бар.

8.1. Розрахуйте ΔG , K_p та K_x цієї реакції при $800\text{ }^\circ\text{C}$.

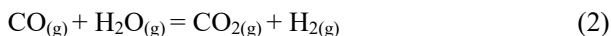
8.2. Розрахуйте вміст (у % за об'ємом) CH_4 , CO та H_2 після проходження вихідної суміші через трубку і конденсації надлишку водяної пари.

Якщо ви не розраховували константи у п. 8.1, прийміть $K_x = 3,5$.

Вміст (у % за об'ємом) CH_4	Вміст (у % за об'ємом) CO	Вміст (у % за об'ємом) H_2
----------------------------------	------------------------------	---------------------------------

8.3. Як вплине на конверсію: а) підвищення температури до $900\text{ }^\circ\text{C}$; б) підвищення тиску до 3 бар?

За наявності надлишку водяної пари та правильно дібраних умов може відбуватися подальше окиснення CO до CO_2 :



Отриманий у п. 8.1–8.3 синтез-газ (вважайте конверсію = 100 %, початкове співвідношення $\text{CO}/\text{H}_2 = 1:3$, кількість речовини незмінна) ввели до реактора об'ємом 4 л, додали 180 г водяної пари й нагріли до 300 °С. Після встановлення рівноваги суміш швидко охолодили до 25 °С і відділили отриману суміш газів від сконденсованої води.

Вважайте, що процес, зворотний реакції 1 ($\text{CH}_{4(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(g)} = \text{CO}_{(g)} + 3\text{H}_{2(g)}$), за цих умов проходить дуже повільно і не впливає на рівновагу.

8.4. Розрахуйте ΔG , K_p та K_x цієї реакції при 300 °С.

ΔG	K_p	K_x

8.5. Розрахуйте початковий тиск у реакторі.

8.6. Розрахуйте вміст (у % за об'ємом) CO , CO_2 й H_2 в отриманій суміші.

Якщо ви не розраховували константи у п. 8.4, прийміть $K_x = 15$.

Вміст (у % за об'ємом) CO	Вміст (у % за об'ємом) CO_2	Вміст (у % за об'ємом) H_2

8.7. Як вплине на конверсію: а) підвищення температури до 600 °С; б) підвищення тиску у реакторі?

Експериментальний тур

Відповіді та пояснення

Робота складається з двох завдань.

Завдання 1. Синтез йодоформу з ацетону та йоду у лужному середовищі:



Сирий продукт очищується перекристалізацією з водного 2-пропанолу, фільтрується та зважується. Розраховується вихід.

До уваги при оцінюванні береться маса фінального продукту після досушування та *перезважування* членами журі, які є відповідальними за експериментальний тур.

Кількісна оцінка визначається за методом трапецій, з урахуванням відхилення експериментально отриманого значення від MasterValue. Окремо оцінюються зроблені учасником розрахунки. Значення виходу має знаходитись в інтервалі 1,4–1,8 г.

Завдання 2. Аргентометрія. Кількісне визначення натрій хлориду.

Мірна колба з розчином містить певну кількість натрій хлориду (3 варіанти). Кожному з варіантів відповідає експериментально визначений об'єм розчину аргентум нітрату (робочого розчину). Значення об'ємів визначені викладачами та є так званими MasterValue, тобто значеннями, до яких мають наближатись ваші експериментальні результати. Кількісна оцінка визначається за методом трапецій, з урахуванням відхилення експериментально отриманого значення від MasterValue. Ці значення наведено у таблиці.

Задача	MV(AgNO ₃)	Задача	MV(AgNO ₃)
2.1	14,0	2.18	10,0
2.2	10,0	2.19	10,0
2.3	10,0	2.20	12,0
2.4	12,0	2.21	14,0
2.5	14,0	2.22	12,0
2.6	14,0	2.23	12,0
2.7	10,0	2.24	10,0
2.8	12,0	2.25	10,0
2.9	12,0	2.26	14,0
2.10	14,0	2.27	14,0
2.11	10,0	2.28	10,0
2.12	14,0	2.29	12,0
2.13	10,0	2.30	14,0
2.14	12,0	2.31	10,0
2.15	12,0	2.32	12,0
2.16	14,0	2.33	14,0
2.17	12,0	2.34	12,0

Приклад розрахунку: на 10 мл розчину натрій хлориду витрачено 13,9 мл робочого розчину аргентум нітрату з молярною концентрацією 0,0998 моль/л. Маса наважки: $(0,0998 \cdot 13,9) \cdot 5 \cdot 58,5/1000 = 4,057 \cdot 10^{-1}$ г. Також оцінюються розрахунки учасника.

Список літератури

1. Алгоритми та методичні рекомендації по розв'язуванню розрахункових задач з хімії (для учнів загальноосвітніх навчальних закладів) / авт.-упоряд. І. М. Пухова. Кегичівка, 2013. 40 с.
2. Березан О. Збірник задач з хімії. Тернопіль : Підручники і посібники, 2009. 320 с.
3. Буринська Н. М. Хімія: методи розв'язування задач. 3-тє вид. Київ : Либідь, 1997. 80 с.
4. Вороненко Т. І. Розв'язування задач з хімії. 10-11 класи : навч. посіб. Київ : Педагогічна думка, 2022. 145 с. URL: https://undip.org.ua/wp-content/uploads/2023/01/Voronenko-Posibnyk_2022.pdf (дата звернення: 06.07.2024).
5. Даскалу Ю. К. Хімія. Алгоритми та методичні рекомендації по розв'язуванню розрахункових задач з хімії : навч. посіб. Герца, 2013. URL: <https://www.slideshare.net/slideshow/dascalu/43240080> (дата звернення: 06.07.2024).
6. Дячук Л. Збірник задач. 9 клас. Тернопіль : Підручники і посібники, 2010. 48 с.
7. Загоруй М. Й. Хімія. Як розв'язувати задачі. Київ : Логос, 2000. 128 с.
8. Кукса С. П. 600 задач з хімії. 2-ге вид., виправлене. Тернопіль : Мандрівець, 2005. 144 с.
9. Методика розв'язування розрахункових задач з хімії : навч. посіб. / уклад.: І. М. Курмакова, П. В. Самойленко, О. С. Бондар, С. В. Грузнова. Чернівці : НУЧК, 2018. 165 с.
10. Методичні рекомендації щодо розв'язування типових розрахункових задач з хімії. Полтава, 1991. 30 с.

Відомості про авторів

Алексєєв Сергій Олександрович	доцент кафедри аналітичної хімії Київського національного університету імені Тараса Шевченка, доктор хімічних наук;
Вержак Євгенія Василівна	завідувачка лабораторії кафедри хімії та експертизи харчової продукції Навчально-наукового інституту біології, хімії та біоресурсів Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича, кандидатка хімічних наук;
Гавриленко Костянтин Сергійович	старший науковий співробітник Науково-виробничого хіміко-біологічного центру Київського національного університету імені Тараса Шевченка, кандидат хімічних наук;
Ганопольський Антон Ігорович	директор ТОВ «Прессі»;
Готинчан Андрій Георгійович	аспірант Інституту органічної хімії Національної академії наук України;
Григоренко Олександр Олегович	завідувач кафедри органічної хімії Київського національного університету імені Тараса Шевченка, доктор хімічних наук;
Друженко Тетяна Валеріївна	асистентка Навчально-наукового інституту високих технологій Київського національного університету імені Тараса Шевченка;
Зайченко Михайло Олександрович	студент Навчально-наукового інституту високих технологій Київського національного університету імені Тараса Шевченка;
Краплина Володимир Ігорович	студент Київського національного університету імені Тараса Шевченка;

Кудрик Олександр Володимирович	студент Київського національного університету імені Тараса Шевченка;
Ляпунов Олександр Юрійович	доцент кафедри супрамолекулярної хімії Навчально-наукового інституту високих технологій Київського національного університету імені Тараса Шевченка, кандидат хімічних наук;
Маханькова Валерія Григорівна	старша наукова співробітниця кафедри неорганічної хімії Київського національного університету імені Тараса Шевченка, докторка хімічних наук;
Минак Євгеній Борисович	студент Київського національного університету імені Тараса Шевченка;
Пашко Микола Олександрович	аспірант Київського національного університету імені Тараса Шевченка;
Радченко Дмитро Сергійович	завідувач лабораторії науково-виробничого підприємства «Укроргсинтез», кандидат хімічних наук;
Сачко Анастасія Валеріївна	доцентка кафедри хімії та експертизи харчової продукції Навчально-наукового інституту біології, хімії та біоресурсів Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича, кандидатка хімічних наук, доцентка;
Усенко Олександр Юрійович	фінансовий директор Торгового дому «Бусел», м. Київ

Навчальне видання

**Завдання IV етапу
Всеукраїнських учнівських олімпіад
з навчальних предметів**

2023/2024 навчальний рік

ХІМІЯ

Практикум

Редагування: *Н. І. Гетьман, І. В. Братацук*
Дизайн обкладинки *О. А. Чекановська*

У виданні з навчальною метою
використані матеріали, в тому числі ілюстративні,
що містяться у вільному доступі в мережі Інтернет

Формат 60×84 1/16. Папір офс. 80 г/м².
Друк цифровий. Ум. друк. арк. 6,51.
Наклад 300 прим.

Видавництво: Національний центр «Мала академія наук України»,
Кловський узвіз, буд. 8, м. Київ, 01021
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 6999 від 04.12.2019

