



**Завдання теоретичних турів  
IV етапу**

**54 Всеукраїнської  
учнівської олімпіади з  
ХІМІЇ**

**Чернівці  
2017**

<b>Голова журі</b>	Гавриленко К.С.
<b>Заступники голови журі</b>	Волочнюк Д.М. Холін Ю.В.
<b>Куратори</b>	Колосов М.А. Волочнюк Д.М. Пунін С.В. Усенко О.Ю.
<b>Експерт олімпіади</b>	Комаров І.В.
<b>Представник Міністерства освіти і науки України, заступник голови оргкомітету</b>	Черепіна Н.В.

*Комплекст теоретичних завдань підготовлений предметно-методичною комісією у складі: Холіна Ю., Усенко О., Волочнюка Д., Гавриленко К., Колосова М., Колотілова С., Пуніна С. на підставі авторських задач:*

Антон Ганапольського  
Катерини Головізніної  
Сергія Алексеєва  
Олександра Бєди  
Юлії Беспалько  
Олега Бородіна  
К Борісова  
Дмитра Волочнюка  
Михайла Виборного  
Олександра Григоренка  
Костянтина Гавриленка  
Гончарова  
Романа Діденка  
Лілії Дубенської  
Олексія Желавського  
Олега Жикола

Ірини Запорожець  
Дмитра Кандаскалова  
Сергія Колотілова  
Ірини Курмакової  
Олександра Ляпунова  
Павла Михайлюка  
Костянтина Мельникова  
Миколи Пашка  
Михайла Пашка  
Валерії Пирогової  
Руслана Полуніна  
Дмитра Радченка  
Сергія Рябухіна  
Олександра Решетняка  
Наталії Усенко

© 2017 Предметно-методична комісія 54-ї  
Всеукраїнської олімпіади з хімії

*Web-сайт українських хімічних олімпіад:*

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

*Адреса Facebook-сторінки Хімічної олімпіади:*

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

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

# Пам'яті Холіна Юрія Валентиновича



01 травня 2017 р на 56-му році життя раптово помер видатний вчений, перший проректор Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна, доктор хімічних наук, професор Холін Юрій Валентинович.

З нами не стало людини, яка присвятила олімпіадному руху в нашій країні більше ніж 30 років свого життя. Перший раз прийнявши участь в хімічній олімпіаді ще учнем, він в подальшому став членом журі, куратором, головою журі, експертом олімпіади. Очоливши журі олімпіади в далекому 2003-му, Юрій Валентинович впевнено очолював його до 2013 року. Ці 11 років запам'ятаються всім членам журі та учасникам олімпіади, як одні з найкращих за всю історію олімпіадного руху в нашій країні.

Окрім журі Юрій Валентинович керував роботою науково-методичної комісії по складанню завдань олімпіади, особисто консультував своїх колег по підготовці експериментального туру. Практично кожен рік, починаючи з 2008, Юрій Валентинович особисто організовував і проводив у Харкові на базі Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна засідання науково-методичної комісії. За участю та під безпосереднім керівництвом Юрія Валентиновича з 2002 по 2013 роки проходили відбірково-тренувальні збори по формуванню команди нашої країни на Міжнародну учнівську олімпіаду з хімії. До 2014 року професор Холін особисто возив команду нашої країни на Міжнародну олімпіаду. Системність підходу Юрія Валентиновича, його організаторський талант та його особисті якості дозволили вивести підготовку юних хіміків на якісно новий рівень та створити повноцінний «олімпіадний цикл» починаючи з участі школярів у Всеукраїнській олімпіаді та закінчуючи виступом нашої збірної на Міжнародній олімпіаді. За всі роки, коли Юрій Валентинович керував підготовкою та виступом команди України на Міжнародній олімпіаді, **жоден** з наших учнів не приїхав без медалі! 11 золотих, 16 срібних та 17 бронзових медалей – ось вклад Юрія Валентиновича в нашу олімпіадну скарбничку за ті 11 років. І за кожною з цих нагород стоїть ЮНІЙ ХІМІК з яким Юрій Валентинович працював особисто! Мене завжди захоплювало, що він знав і пам'ятав по іменам всіх членів наших збірних за багато років та підтримував з ними зв'язки і після того, як вони закінчували свою олімпіадну кар'єру. Для нього не було колишніх олімпіадників.

Особисто я перший раз особисто зустрівся з Юрієм Валентиновичем в 1995 році, коли мене перший раз залучили до роботи журі Всеукраїнської олімпіади, яка проходила в Сімферополі.



*Члени журі 32ї Всеукраїнської хімічної олімпіади (м. Сімферополь, березень 1995 р.). Ю.В.Холін – самий вищий.*

Я тоді ще був студентом першого курсу Київського університету ім. Т. Шевченка. Юрій Валентинович тоді дуже вразив мене своїм зростом (ефект першого враження)). В подальшому ми регулярно зустрічалися з ним на олімпіадах, працювали разом, обговорювали хімічні теми. Для мене було дивним, що не дивлячись на велику різницю у віці (я був молодший Юрій Валентинович на 15 років), з ним завжди було дуже легко спілкуватися. А 1998 році я, разом з Сергієм Колотіловим, приймали участь у Всеукраїнській студентській олімпіаді, яка того року проходила в м. Харків. Юрій Валентинович був головою журі тієї олімпіади. Після закінчення олімпіади він запросив нас до себе на кафедру і саме в той період ми з Юрій Валентинович стали не просто колегами, а й ще друзями.



*Холін Ю.В. з учасниками Всеукраїнської студентської олімпіад: К.С.Гавриленко (зліва) та С.В.Колотілов (справа). Харків, травень 1998 р.*

Наступного року, на олімпіаді в Харкові, на заключному банкеті, Нелі Тимофеевна Малеева, тоді куратор 11 класу, в своєму тості про майбутнє наших олімпіад сказала, що вірить, що буде час, коли головою буде Юрій Валентинович.....що ж, вже тоді організаторський талант та лідерські якості Юрія Валентиновича було дуже легко розгледіти. Чомусь, мені дуже врізався в пам'ять цей її виступ. Через 4 роки її «пророцтво» виповнилося повною мірою. З 2000 по 2007 роки я працював в журі, приймав участь у складанні олімпіадних завдань. Перший раз я став куратором класу у 2008 році. Того ж року я поїхав на Міжнародну олімпіаду. Як я вже писав, командою України керував Юрій Валентинович. Відверто кажучи, практично всі мої навички по підготовці членів нашої команди, по роботі в складі Міжнародного журі, по перевірці робіт наших учасників, по арбітражу сформувалися саме під впливом Юрія Валентиновича. Системність підходу Юрія Валентиновича, його особиста відповідальність за все, що відбувається на олімпіаді неодноразово викликали моє захоплення.



*Команда України на 40й Міжнародній хімічній олімпіаді (м. Будапешт, липень 2008 р.)*

Юрій Валентинович також особисто створив і багато років особисто підтримував першу версію сайта Всеукраїнських хімічних олімпіад, слідкуючи за його своєчасним оновленням.

Нажаль для нас і на щастя для всіх інших, хто працював з Юрієм Валентиновичем, його діяльність не обмежувалася лише олімпіадами. Талановитий науковець та видатний організатор, Юрій Валентинович був дуже зайнятий науково-організаційною роботою в своєму *alma mater* Харківському національному університеті ім. В.Н. Каразіна: спочатку на посаді проректора по науці, а з 2016 року – першого проректора. В 2014 році, в зв'язку з великим навантаженням в університеті, Юрій Валентинович передав мені керування нашим олімпіадним рухом. Але всі ці три роки, до останнього часу Юрій Валентинович приймав найактивнішу участь в проведенні олімпіадного циклу. Зібрання науково-методичної комісії по складанню завдань олімпіади, так само проходило на початку поточного року у Харкові. Юрій Валентинович неодноразово, протягом року приїжджав у Київ і ми обговорювали з ним актуальні олімпіадні питання. У нього ще було багато ідей щодо вдосконалення нашої системи роботи з дітьми і ми їх постійно обговорювали. Щось запровадили вже, щось ще плануємо зробити. Система, яку створила ця талановита людина – живе. Живе і працює команда, яку Юрій Валентинович створив і багато років очолював. Команда, якій він передав своє захоплення олімпіадами, свої ідеї, свій підхід до роботи. І хоч, на превеликий жаль, з нами тепер немає нашого капітана, його справа живе, і ми зробимо все для того, щоб олімпіадний рух в нашій країні, в справу якого

Юрій Валентинович вклав так багато, розвивався. І хай майбутні здобутки наших юних олімпійців будуть тим самим «нерукотворним пам'ятником» Юрію Валентиновичу.

В буклеті нашої олімпіади за 2013 рік, який було присвячено 50-річчю хімічних олімпіад в нашій країні, Юрій Валентинович написав: *«...скоро 10 лет, как нет с нами Ивана Ивановича Кочерги. Для меня, его ученика и преемника на посту председателя жюри всеукраинских химических олимпиад, очень важно, чтобы те принципы, которым он следовал в своей работе, – увлеченность, глубокое уважение к школьникам и коллегам, справедливость и честность, постоянный поиск новых идей и решений, опора на профессионалов и доверие к молодежи – неизменно оставались первоосновой наших олимпиад. Надеюсь, что так и будет.»*

З впевненістю можу сказати, що за весь час роботи Юрія Валентиновича на посту голови журі **так і було**. І для мене, учня і наступника Юрія Валентиновича, наразі ці слова є клятвою та керівництвом до дії. І я впевнений, що саме так і буде!

**Костянтин Гавриленко**

## Пам'ятка учаснику олімпіади

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

### 10. ТАБЛИЦЯ ПЕРІОДИЧНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕМЕНТІВ

1

18

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

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



## Довідкові матеріали

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

## 8 клас. 1 тур.

### Задача 1. «Білий сніг»

На окне, сребряном от инея,  
За ночь хризантемы расцвели.  
В верхних стёклах — небо ярко-синее  
И застреха в снеговой пыли.  
Всходит солнце, бодрое от холода,  
Золотится отблеском окно.  
Утро тихо, радостно и молодо,  
Белым снегом всё запушено.

*И.А.Бунин*

«Білим снігом» алхіміки називали один з широко відомих металів. Не зважаючи на те, що цей метал був отриманий у чистому вигляді лише у 17 ст., його сплав з міддю використовували ще давні римляни та греки.

**1.1 Наведіть** назви щонайменше двох сплавів, які містять мідь.

Для отримання деякого сплаву мідь сплавляли з рудою, яка була відома як галмей, у присутності вуглецю. Вже в ті часи розрізняли два види галмею – «благородний галмей» та «кремнієвий галмей».

**1.2 Встановіть** формулу «благородного галмею», якщо відомо, що це – карбонат металу X, який містить 9,578 % Карбону.

**1.3 Встановіть** формулу «кремнієвого галмею», якщо відомо, що його молярна маса у 3,698 разів більша за молярну масу «благородного галмею» та він містить 56,40 % металу X, 12,11 % Силіцію та 31,05 % Оксигену.

При спалюванні «білого снігу» можна отримати «філософський пух». Про цю речовину ще арабські майстри писали, що вона допомагає від виразки та при болі в очах, має в'яжучу, підсушуючу та знезаражуючу дію.

**1.4 Запишіть** формулу «філософського пуху». **Наведіть** реакції його одержання з «білого снігу» та благородного галмею.

В наш час є декілька різновидів сплаву міді с «білим снігом». Один з них містить 57,2 % міді, 1,2 % свинцю та «білий сніг».

**1.5 Розрахуйте**, яку масу кожного із компонентів треба взяти для приготування 1,2 т цього сплаву.

**1.6 Розрахуйте** мольні частки усіх компонентів у цьому сплаві.

## Задача 2. Елемент

В історії хімії на поточний момент відомо понад 250 повідомлень про відкриття нових елементів. Більше половини цих «відкриттів» були помилковими або повторними.

У 1894 році був відкритий елемент **A**. З поглядів того часу про Періодичну систему його слід було помістити між Калієм та Кальцієм. Проте, згідно з постулату «про властивості утворених ними простих і складних тіл» (мається на увазі валентність), місця новому елементу в таблиці елементів не знайшлося.

**2.1 Назвіть** елемент **A**. **Запишіть**, в яку групу помістив його Д.І. Менделєєв. **Запишіть**, у якій групі він знаходиться зараз.

Відкриття елементу **B** виявилось на той час найяскравішим підтвердженням теорії Менделєєва. Спочатку його назвали Нептунієм. У таблиці елементів він зайняв місце в підгрупі Карбону.

**2.2 Назвіть B**, якщо густина пари його сполуки з хлором складає 9,573 г/л (н. у.). **Назвіть** форму молекули хлориду **B**, **вказіть** тип гібридизації атома **B** у цьому хлориді.

Елемент **C** був відкритий вже після смерті Менделєєва. Йому приписувалася атомна маса 100 г/моль, а максимальна валентність – 7. У сучасній Періодичній системі його атомна маса дещо відрізняється від передбаченої.

**2.3 Назвіть C**. **Поясніть** різницю у передбаченій і зазначеній в таблиці атомних масах. **Вкажіть**, що означає назва елемента **C**.

Дідім (Di) вважався хімічним елементом більше 40 років, поки не виявилось, що це – суміш двох сусідніх елементів з близькими властивостями. Його атомна маса, якби її визначали зараз, склала б близько 143 г/моль.

**2.4 Назвіть** ці 2 елемента. **Поясніть** схожість їх хімічних властивостей.

Елемент **D** через його хімічні та фізичні властивості деякий час поміщали в ряд Li–Na–K–Rb–Cs–**D**, помилково вважаючи найважчим лужним металом. Його атомна маса була близько 200.

**2.5 Назвіть D**. **Наведіть** одну фізичну властивість та одну його хімічну реакцію цього металу, які роблять схожими його на лужні метали.

Від положення елемента в періодичній системі залежить його максимальний і мінімальний ступінь окислення.

**2.6 Напишіть** ряд сполук типу  $X Y_z$ , в яких атоми **X** мають ступені окислення від –4 до +8 (атоми **X** можуть бути різними).

### Задача 3. Кристал

Улюблена забавка хіміків – вирощування кристалів. Для отримання кристалу складу  $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  юний хімік розчинив 56,5 г  $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  у 200 мл води з температурою  $80^\circ\text{C}$ .

**3.1 Розрахуйте** масову частку  $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2$  в отриманому розчині.

**3.2 Розрахуйте** масу  $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ , що утвориться при охолодженні розчину до  $20^\circ\text{C}$ , якщо масова частка безводної солі ( $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2$ ) у насиченому розчині при  $20^\circ\text{C}$  складає 11,1%.

Швидкість випаровування води зі склянки з розчином за даних умов складає 4 мл за добу.

**3.3 Розрахуйте** час (округлити до діб), за який юному хіміку вдасться з насиченого розчину масою 100 г (при  $20^\circ\text{C}$ ) виростити кристал масою 5 г.

Отриманий кристал на повітрі через деякий час став крихким та непрозорим, а колір потьмянів.

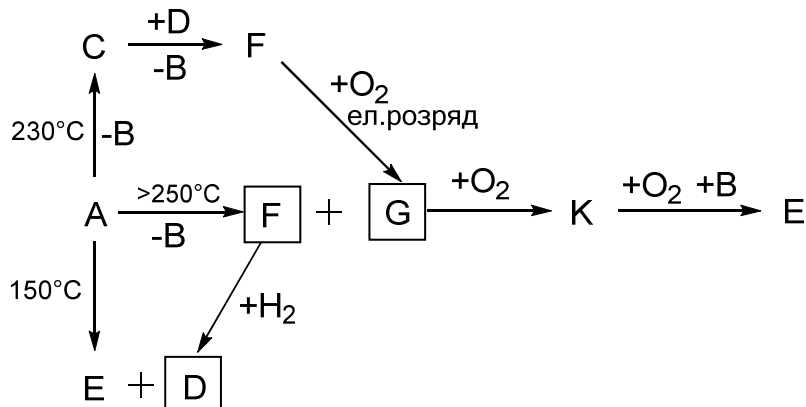
**3.4 Запишіть** рівняння реакції, що відповідає за ці зміни.

**3.5 Наведіть** тривіальну назву  $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ .

## Задача 4. Вибухівка

Для розв'язку цієї задачі використовуйте значення молярних мас, округлені до цілих!

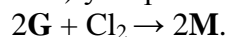
Безбарвна, гігроскопічна сіль **A** – основний компонент багатьох вибухових сумішей. Одна з незвичних властивостей солі **A** – утворення різних продуктів розкладу в залежності від температури. **F** – проста газоподібна речовина, **B** – найпоширеніша рідина на землі, **E** та **D** забарвлюють універсальний індикатор в червоний та зелений кольори відповідно. Газ **C** – триатомний. Маса елементів в **A** відносяться як 1:7:12.



4.1 **Визначте** зашифровані речовини.

4.2 **Запишіть** рівняння усіх реакцій, наведених на схемі.

Під час реакції **G** з хлором ( $t^{\circ} = 201,85^{\circ}\text{C}$ ) утворюється помаранчевий газ **M**:



4.3 **Розрахуйте** ступінь перетворення хлору, якщо в початковій еквімолярній суміші містилось 1,475 г хлору, об'єм сосуду 1 л, а після проходження реакції тиск впав на 8214 Па. **Запишіть** формулу газу **M**.

4.4 **Розрахуйте** молярний об'єм (у л/моль) утвореної суміші за цієї температури.

4.5 **Зобразіть** структурні формули молекул речовин **C**, **D**, **E**. **Вкажіть** тип гібридизації некінцевих атомів.

## Задача 5. Стабільні нукліди

Елемент **X** малого періоду представлений на Землі трьома стабільними нуклідами. Їх нуклонні числа – послідовні натуральні числа, а мольні частки відповідно дорівнюють 90,92 %, 0,26 % та 8,82 %. Вважайте атомні масі нуклідів цілими числами.

**5.1 Визначте** **X** та його стабільні нукліди.

**5.2 Напишіть**, як перекладається грецька назва **X** на українську мову?

**5.3 Напишіть**, чи може утворювати елемент **X** хімічні сполуки? **Поясніть**, чому.

**5.4 Вкажіть** щонайменше 2 області використання елемента **X**.

## Задача 6. Добрива

Фосфоритна мука – ключова сировина для виробництва мінеральних добрив. Її головним компонентом є фосфат **A**, що містить 19,97 % Фосфору.

**6.1 Встановіть** формулу **A**.

Зразок фосфориту (містить 2 солі та інертні домішки) масою 10,00 г повністю розклали хлоридною кислотою. При цьому виділився газ **B** (156,8 мл за н. у., густина за Гелієм 11), залишився нерозчинний залишок та розчин об'ємом 106 мл, що містить сіль **C** (утворена двома елементами). Загальна концентрація фосфору в цьому розчині склала 0,016 г/мл.

**6.2 Встановіть** кількісний склад фосфориту.

Фосфоритну муку як самостійне добриво вже майже не використовують через малу розчинність **A**. Якщо **A** обробити певною кількістю кислоти **D**, то єдиним продуктом реакції буде сіль **E**. Маса **E** перевищує масу **A** у 2,26 рази, а вміст Фосфору складає 26,47%.

**6.3 Встановіть** формули сполук **D** та **E**.

Технічну кислоту отримують з **A**, обробляючи його розведеною сульфатною кислотою.

**6.4 . Розрахуйте**, яку масу технічного фосфориту (вміст **A** складає 75 %) та 40 %-ї сульфатної кислоти треба використати для приготування 1 тонни 85 %-го розчину **D**.

## 8 клас. 2 тур.

### Задача 1. Вовк, який пожирає царя



Гравюра, XVII ст.

Давним давно в Великих горах жив дракон. Великий, страшний. Багато лиха зробив людям. Та одного разу прийшла звістка, що він помер. Все селище святкувало, але одна бабуся гірко плакала. Коли в неї спитали, чого ж вона плаче, та відповіла, що дракон помер, але кров його залишилась, і вона принесе більше горя, ніж сам живий дракон. З тих пір люди знаходили в горах червоне каміння, схоже на шматки м'яса. Назвали їх кров дракона. Широко використовували, але не знали, що це каміння було вкрай отруйне. Багато жителів села просто з'їхали з глузду...

Якщо взяти кров дракона, покласти в залізний посуд, закрити його глиною та розвести під ним вогонь, то через деякий час на кришці з'являться краплі з блиском срібла, але рідкі, як вода (речовина А).

**1.1 Встановіть** речовину А та формулу крові дракона, якщо відомо, що це бінарна сполука, масова частка неметалу в якій складає 13,78 %, а при спалюванні крові дракона утворюється газ з неприємний запахом та густиною за воднем 31,78. **Напишіть**, яку назву зараз має кров дракона. **Наведіть** рівняння реакції, яка відбулася.

На початку завдання наведено гравюру XVII ст. «Вовк, який пожирає царя». Вона алегорично ілюструє властивості крапель з блиском срібла, але рідких, як вода.

**1.2 Напишіть**, про які два метали йдеться на цій гравюрі? **Вкажіть**, які 2 властивості одного з металів вона ілюструє?

При розчиненні речовини А у концентрованій нітратній кислоті утворюється розчин речовини В, яка може реагувати в речовину А з утворенням речовини С. Речовина С під дією луку утворює речовини А та D, причому остання має червоний або жовтий колір. Речовину D також можна отримати з речовини В в одну стадію.

**1.3 Визначте** формули речовин В–D, **наведіть** всі рівняння реакцій, про які йдеться, якщо відомо, що речовини В та С мають однаковий якісний, але різний кількісний склад.

Речовина А зараз знаходить широке використання в побуті.

**1.4 Наведіть** два приклади використання речовини А. **Напишіть**, яка фізична властивість є причиною небезпечності А?

## Задача 2. Єгипетський синій

Протягом багатьох століть жителі Стародавнього Єгипту використовували синій пігмент, що у XIX сторіччі здобув назву «єгипетський синій». Цей пігмент вважається одним із перших в історії *синтетичних* (тобто, штучних) пігментів. Він використовувався давніми єгиптянами для фарбування різноманітних предметів побуту, для розпису стін та гробниць. На жаль, зі зникненням стародавньої єгипетської цивілізації зникла і методика виробництва єгипетського синього. У рукописах Римської імперії, датованих I ст. до н. е., залишилися лише згадки про одержання цього барвника. На початку XIX ст. учені, у тому числі сер Гемфрі Деві, зацікавились виробництвом синього пігменту і провели цілу низку досліджень. Було встановлено брутто-формулу пігменту, яка може бути подана як комбінація трьох оксидів – **X**, **Y** та **Z**.



Для одержання 10 г єгипетського синього необхідно приготувати стехіометричну суміш твердих речовин (2,94 г солі **A**, 2,66 г солі **B** і 6,38 г оксиду **Z**) та нагріти її до 900°C. У результаті реакції, окрім пігменту, утворюється також суміш газів **C** і **D** ( $M_{\text{середня}} = 37,51$  г/моль, причому  $M_{\text{C}} > M_{\text{D}}$ ), яка може поглинатися водним розчином лугу.

**2.1 Напишіть**, хто такий Гемфрі Деві та чим він відомий у хімічному суспільстві.

**2.2 Визначте** якісний та кількісний (у об'ємних %) склад суміші речовин **C** і **D**, враховуючи, що:

- при пропусканні суміші газів **C** і **D** через трубку, заповнену сухим  $\text{CaCl}_2$ , об'єм газової фази зменшується в 1,333 рази;
- солі **A** і **B** – відомі мінерали, що є карбонатами.

**2.3 Визначте** формули речовин **A**, **B**, **X**, **Y**, **Z**, якщо:

- при прожарюванні сухої солі **A** утворюється еквімолярна суміш газів **C** і **D** та чорний оксид **X**, при розчиненні якого у розведній сульфатній кислоті утворюється розчин блакитного кольору;
- при нагріванні 26,62 г солі **B** утворюється оксид **Y** та 5,959 л (н. у.) газу **C**;
- формульна одиниця оксиду **Z** складається з трьох атомів, для яких загальна кількість протонів – 30.  $M(\text{Z}) < 61$  г/моль.

**2.4 Запишіть** назви мінералів, що відповідають за хімічним складом сполукам **A**, **B** і **Z**.

**2.5 Розрахуйте** брутто-формулу єгипетського синього і виразіть її як комбінацію трьох оксидів.



### Задача 3. Філософська сіль

Сіль **X** знали ще древні єгиптяни. Згідно одній з легенд, назва цієї речовини пов'язана із давньоєгипетським богом сонця Амоном, жерці якого в другому тисячолітті до н. е. навчилися отримувати з верблюжого гною безбарвні кристали **X**. В середні віки алхіміки використовували інший негігієнічний спосіб отримання **X**: вони випарювали людську сечу, причому, на їхню думку, годилася не будь-яка сеча, а взята тільки у юнаків. У наш час кожен справжній хімік знає про сіль **X**.

Одним з незвичайних методів отримання **X** є реакція газів (за н. у.) **A** і **B**, взятих у стехіометричному співвідношенні та нагрітих до високої температури. Під час реакції утворюється трикомпонентна газова суміш, що складається з **A**, **C** і **D**. При температурі нижче 340°C об'єм суміші зменшується в 13 разів, а в газовій фазі залишається чиста речовина **D**.

**3.1 Визначте** речовини **A**, **B**, **C**, **D** і **X**, якщо при 400°C та нормальному атмосферному тиску густина трикомпонентної газової суміші дорівнює 0,4860 г/л, до складу всіх речовин входять тільки неметалічні елементи, гази **B** та **D** – прості речовини, а вміст деякого елемента у сполуці **X** складає 26,19 %. **Запишіть** рівняння реакцій, що відбуваються.

**3.2 Напишіть** рівняння реакцій **X** з хлором, гідроксидом Натрію, оксидом Купруму (II), магнієм, нітридом Калію. **Вкажіть** умови, за яких перебігають дані реакції.

**3.3** Сіль **Y** має в своєму складі той же катіон, що і **X**. Цікаво, що **Y** є бінарною сполукою. **Напишіть** формулу та назву **Y**. **Наведіть** структурну формулу **Y**. **Наведіть** структурну формулу будь-якого ізомеру **Y** (речовини з тією ж молекулярною формулою).

--

### Задача 4. Якісний аналіз

Якісний аналіз полягає у встановленні складу суміші речовин шляхом проведення певних реакцій. Запропонована вам задача полягає у тому, щоб на основі даних якісного аналізу суміші солей встановити, які солі однозначно присутні (**П**), відсутні (**В**), або ж їх вміст неможливо встановити (**Н**). Наприклад, **суміш 1** може містити  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{CaCl}_2$ . **Суміш 1** повністю розчиняється у воді, а при додаванні розчину  $\text{HCl}$  спостерігається утворення бульбашок газу.

**4.1 Визначте**, які компоненти присутні у суміші, які відсутні, а які неможливо встановити? Відповідь **підтвердіть** рівняннями хімічних реакцій.

**4.2 Запропонуйте** додаткові тести, які допомогли підтвердити однозначно присутність компоненту (компонентів) у суміші. **Наведіть** рівняння реакцій.

Наступна **суміш 2**, можливо, містить такі солі:  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{S}$ ,  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ . Зразок повністю розчинили у воді, а утворений розчин розділили на три частини. Додавання  $\text{AgNO}_3$  до першої частини призводить до утворення чорного осаду, нерозчинного у концентрованому розчині аміаку. Нагрівання другої частини з  $\text{NaOH}$  призводить до утворення газу, що забарвлює лакмусовий папірець у блакитний колір. Третя частина дає білий осад при додаванні  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .

**4.3 Визначте**, які компоненти **П**, **В** або **Н**? **Підтвердіть** свій вибір хімічними реакціями.

--

## Задача 5. Магічні ядра

Всім вам добре відома оболонкова модель атома. Це вивчається ще на початку шкільного курсу хімії. Та от про що у шкільних підручниках не пишуть, так це про оболонкову модель атомного ядра. Його подають часто як сукупність нейтронів і протонів, не вдаючись у тонкощі.

Нуклони у ядрі, згідно з цією моделлю, знаходяться у певному квантовому стані і теж формують свого роду «нуклонні оболонки». До того ж, у протонів «своя» оболонка, а у нейтронів – «своя», і ці оболонки існують окремо одна від одної. Ядра, що мають заповнену оболонку, вирізняються з-поміж інших своєю стійкістю. Зазначимо, що елементи з такими ядрами можуть бути радіоактивними, але у порівнянні з сусідніми вони помітно стійкіші. Ядра такого типу називаються «магічними» (одна з оболонок заповнена) та «двічі магічними» (обидві оболонки заповнені). Заповнена оболонка містить кількість нуклонів, що дорівнює магічному числу.

Набори магічних чисел:

– для протонів: 2, 8, 20, 50, 82, 114, 126, 164;

– для нейтронів: 2, 8, 20, 28, 50, 82, 126, 184, 196, 228, 272, 318.

**5.1 Наведіть** 4 відомих вам стабільних «магічних» чи «двічі магічних» ядра.

**5.2 Напишіть,** який з ізотопів Плюмбуму, на Вашу думку, є найстійкішим?

30 травня 2012 року було затверджено назву «Флеровій» (Fl) для одного з трансуранових елементів. Це перший трансурановий елемент, що має «магічну» кількість протонів.

**5.3 Визначте,** який порядковий номер цього елемента? **Вкажіть,** в якій підгрупі Періодичної системи він має знаходитися?

У Флеровія гіпотетично має існувати «двічі магічний» ізотоп, нуклонне число якого не перевищує 300. Період його напіврозпаду теоретично має складати 10–11 хв. Можливою реакцією його добування є взаємодія ядер Меркурію-204 та Ксенону-136. Окрім потрібного ізотопу Флеровію, мають утворюватись ядра «двічі магічного» кальцію та нейтрони.

**5.4 Напишіть** рівняння цієї ядерної реакції.

**5.5 Напишіть** рівняння реакцій синтезу: а) Астату-211 з Вісмуту-209 та альфа-частинок; б) Технецію-97 з Молібдену-96 та ядер дейтерію.

## Задача 6. «Прості речовини»

*Усе має бути викладено настільки просто,  
наскільки це можливо, але не простіше.*

*Альберт Ейнштейн*

Деякий метал **A** масою 1,344 г повністю прореагував з газом **B** (проста речовина, густина за повітрям 0,138) з утворенням речовини **C**. Сполука **C** при 500°C згоряє в газі **D** (проста речовина за н. у.), утворюючи при охолодженні до н. у. бінарну тверду речовину **E** масою 2,248 г та безбарвний газ **F** (тип гібридизації центрального атому у молекулі **F** становить  $sp^3$ , густина за повітрям 0,69). Газ **D** може бути отриманий з речовини **E'** під час її вибухонебезпечного розкладу.

**6.1** Визначте зашифровані речовини, якщо речовини **E** та **E'** мають однаковий якісний склад, а масова частка металу в **E'** становить менше 15%.

**6.2** Наведіть рівняння згаданих реакцій.

**6.3** Укажіть, для чого використовуються: речовини **A**, **B** та **D** або їхні сполуки?

## 9 клас. 1 тур.

### Задача 1. Аналіз сплаву.

В аналітичну лабораторію потрапила деталь масою 5,00 г, виготовлена зі сплаву двох розповсюджених металів **A** та **B**. Виявилось, що при розчиненні цієї деталі в надлишку хлоридної кислоти за стандартних умов виділилось 0,752 л безбарвного газу **C** та утворився нерозчинний залишок масою 3,00 г. Цей осад відфільтрували, фільтрат зберегли (фільтрат **X**), а залишок, що не розчинився, промили дистильованою водою та повністю розчинили у надлишку концентрованої нітратної кислоти. При цьому виділився бурий газ **D**, об'єм якого за нормальних умов становить 2,10 л.

1.1. Розшифруйте речовини **A**, **B**, **C** та **D**.

A =	B =	C =	D =
-----	-----	-----	-----

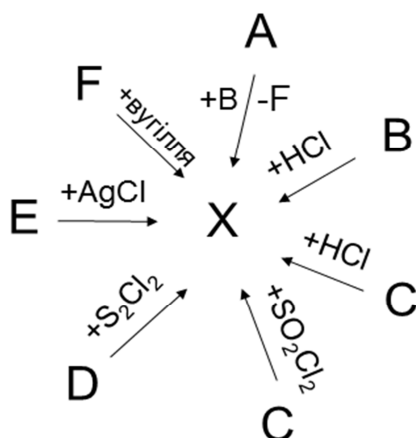
1.2. Визначте масові частки металів **A** та **B** у сплаві. Яку назву має цей сплав?

$\omega(A) =$ %	$\omega(B) =$ %	Назва сплаву:
-----------------	-----------------	---------------

1.3. За яких умов можна розчинити метал **B** у хлоридній кислоті?

--

### Задача 2. Сім чудесних методів отримання **X**



Бінарна сполука **X** містить 77,45 % одного з елементів. З 15,35 г **F** (за реакцією з вугіллям) можна отримати 13,75 г **X**. Для отримання такої ж кількості **X** потрібно використати 31,275 г **A** або 42,75 г **E** за наведеними на схемі реакціями. Сполуку **D** отримують за реакцією **G** (якісний склад такий ж, які у **B**) та CaO. Відомо, що  $M(C)=0,6263 \cdot M(D)$ .

2.1. Встановіть невідомі речовини, якщо **E** містить два типи ковалентних зв'язків.

--

2.2. Запишіть рівняння семи методів отримання **X**, наведених в умові задачі.

--

2.3. Зобразіть будову молекул **X**, **A**, **F**. Вкажіть гібридизацію центрального атома у кожному випадку.

X	A	F

### Задача 3. Гази

Газ **A** об'ємом 0,448 л (н.у.) при взаємодії з 2,12 г твердої речовини **X** утворює тверду речовину **Y** масою 1,68 г та суміш двох газів (**B** та **C**) об'ємом 0,672 л (н.у.). При пропусканні цієї газової суміші через розчин речовини **Z** поглинається 0,448 л газу. Якщо дане поглинання б пройшло наполовину, то густина газової суміші на виході зменшилась в порівнянні з вихідною та була б рівною густині газу **A**.

Відомо, що газ **A** утворюється при електролізі розплаву речовини **Y**.

**3.1.** Визначте зашифровані речовини **A-C**, **X-Z**, напишіть рівняння реакцій.

A =	B =	C =	X =	Y =	Z =
-----	-----	-----	-----	-----	-----

**3.3** Проведіть розрахунки поглинання (повне і половинне поглинання) газової суміші (гази **B** та **C**) за умови, що про надлишок розчину речовини **Z** в умові нічого не сказано, і кількість речовини **Z** в розчині дорівнює половині від розрахованої в п. **3.1**. Запишіть відповідні рівняння реакцій.

--

### Задача 4. Кольорова рівновага

При 298 К у деякій системі встановлюється рівновага між газом **X** та його  $n$  - мером **X<sub>n</sub>**, який теж є газом. При загальному тиску 1 атм парціальний тиск мономеру **X** складає 0,272 атм. Також відомі наступні фізико-хімічні параметри системи:

	X	X <sub>n</sub>
$\Delta H_f(298K)$ , кДж/моль	33.9	9.7
$\Delta S_f(298K)$ , Дж/моль	240	304

**4.1.** На основі розрахунків встановіть значення  $n$ .

--

**4.2.** Розрахуйте  $\Delta H$ ,  $\Delta S$ ,  $\Delta G$  для реакції дисоціації  $n$  - меру **X<sub>n</sub>** при 298 К.

--

**4.3.** Яка сполука може бути речовиною **X**, якщо відомо, що вона може утворюватися в невеликій кількості при пропусканні електричного розряду через повітря?

--

## Задача 5. Дивна розчинність гідроксидів

Розчинність малорозчинних сполук у воді можна розрахувати, знаючи їх добуток розчинності. Юний хімік прочитав, що розчинності  $\text{Ni}(\text{OH})_2$  та  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  становлять відповідно  $7,38 \cdot 10^{-4}$  г/л та  $6,93 \cdot 10^{-15}$  г/л. Він вирішив це перевірити і знайшов у довіднику значення добуток розчинності:  $\text{ДР}(\text{Ni}(\text{OH})_2) = 2 \cdot 10^{-15}$ ,  $\text{ДР}(\text{Cr}(\text{OH})_3) = 6,3 \cdot 10^{-38}$ .

Для одного з гідроксидів він одразу ж отримав вірний результат, а для другого гідроксиду навіть після 2017 разу перерахунку він одержував один і той же невірний результат -  $2,26 \cdot 10^8$  г/л. Тому хімік зробив висновок, що в довіднику була помилка відносно другого гідроксиду.

**5.1.** Виведіть загальну формулу для розрахунку розчинності (в моль/л) малорозчинної іонної сполуки  $\text{K}_x\text{A}_y$  виходячи з її добутку розчинності (ДР). Вважайте, що комплексні сполуки не утворюються.

**5.2.** Для якого саме гідроксиду юний хімік отримав невірний результат? Чи дійсно була помилка у довіднику? Поясніть причину та зробіть вірні розрахунки.

**5.3.** Яка частина цього гідроксиду розчинилася б у воді, якщо хімік би захотів згідно даних про розчинність зробити насичений розчин?

**5.4.** Поясніть, чому свіжеосаджені гідроксиди мають ДР, який на декілька порядків вищий, ніж для за відповідних гідроксидів, які зберігалися певний час.

## Задача 6. Ви знаєте, що таке "конпропорціювання"?

Сіль **A** ( $w(\text{K}) = 23,35\%$ ,  $w(\text{O}) = 28,74\%$ ) масою 1,67 г реагує з сіллю **B** в присутності сульфатної кислоти з утворенням 4,8 г простої речовини **B**. Додавання розчину амоніаку до **B** призводить до утворення солі **G** та газу **D**. Розчинення **B** у концентрованому розчині **E** при  $50^\circ\text{C}$  призводить до утворення **A** та **B**, а з розчину виділяється безбарвний газ **C**. Реакція **A** з простою речовиною **Ж** призводить до утворення **B** та **C**.

**6.1.** Встановіть невідомі речовини. Відповідь підтвердіть розрахунками

**6.2.** Запишіть рівняння реакцій, згаданих в умові задачі

**6.3.** Що таке диспропорціювання, що таке конпропорціювання?

## 9 клас. 2 тур.

### Задача 1. Перетворення з сіркою

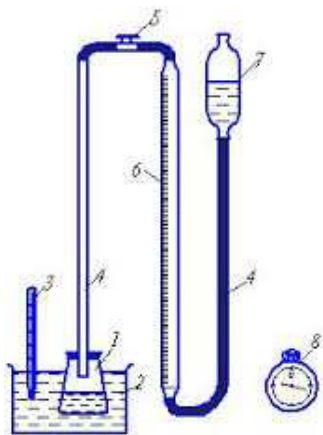
Якщо до розчину ціаніду калію додати сірку і кип'ятити, то через деякий час в розчині утвориться нова сполука **A**. При додаванні до 9,7 г **A** нітрату металу **M** випадає осад **B** з  $\omega(M)=65,06\%$ . При взаємодії **A** з стехіометричною кількістю  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$  утворюється осад **D**, при термічному розкладі якого утворюється бінарна сполука ртуті **E**, що містить 13,74% невідомого елемента, газ (за температури проведення досліду) **F** ( $\omega(\text{C})=15,8\%$ ) і тверда речовина **G** ( $\omega(\text{C})=39,1\%$ ). Якщо осад **B** помістити в надлишок  $\text{Br}_2$  (в розчині в інертному розчиннику), то випаде 18,8 г світло-жовтого осаду **J** з  $w(M)=57,45\%$ , який не розчиняється в концентрованих кислотах (не-окисниках), та виділиться газ **K** з густиною за воднем  $d_{\text{H}_2} = 58$ .

1.1 Розшифруйте речовини, згадані в умові, напишіть рівняння всіх реакцій. При розв'язанні задачі вважайте, що осадки не розчиняються та осадження відбулося повністю.

1.2 Наведіть структурну формулу кислоти, яка містить аніон солі **A**.

### Задача 2. Експеримент з перекисом водню

Дослідження розкладу перекису водню проводили з використанням приладу, наведеного на рисунку. В колбу 1 поміщали розчин перекису, який розкладали, газ по трубці 4 переходив в бюретку 6, з'єднану з склянкою 7 (потрібна для компенсації перепаду тиску. Тиск в приладі завжди дорівнює 1 атмосфері). Температура досліду – 20 °С. Як каталізатор додавали 1 мл 0,5 % розчину  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ .



В першому досліді в колбу помістили 40,0 мл розчину  $\text{H}_2\text{O}_2$  з концентрацією 0,5 М, додали 1,0 мл розчину  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  і 59 мл води, після чого почали вимірювати об'єм кисню, який виділився.

В другому досліді 80,0 мл розчину  $\text{H}_2\text{O}_2$  з концентрацією 0,5 М та додали 1,0 мл розчину  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  і 19,0 мл води після чого почали вимірювати об'єм кисню, який виділився.

Третій дослід проводили так, як і другий, але замість 1 мл розчину  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  і 19 мл води додали 2 мл розчину  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  і 18 мл води.

Результати дослідів заносили в таблицю:

Таблиця. Об'єм кисню, який виділився в досліді,  $\text{cm}^3$

№ досліду	Час, сек.				
	5	10	30	60	115
1		14	40	73	120
2	14	28	79	145	240
3				240	

2.1 Визначте порядок реакції розкладу перекису водню.

--

2.2 Оцініть константу швидкості реакції розкладу перекису водню в дослідах з 1 мл розчину  $K_2Cr_2O_7$  методом початкових швидкостей (розрахунки іншими методами також зараховуються).

--

2.3 Оцініть, у скільки разів змінюється значення константи швидкості реакції розкладу перекису водню в досліді 3 у порівнянні з дослідом 1 і 2.

--

### Задача 3. Придумай сам.

3.1 Запропонуйте хімічні речовини, якими можна заповнити таблицю. В таблиці наведено лише видимий результат реакції. Незаповнене поле означає, що видимих ознак реакції немає. Усі реакції проходять в розбавлених водних розчинах за кімнатної температури (якщо не вказано інше). Розчин **Е** - блакитний, інші розчини безбарвні. Розчин **Г** має характерний запах тухлих куриних яєць.

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>
<b>A</b>							
<b>B</b>	газ без запаху						
<b>C</b>		слабке розігрівання					
<b>D</b>	газ без запаху і білий осад		білий осад, який розчиняється при додаванні надлишку <b>C</b>				
<b>E</b>	газ без запаху і блакитний осад		блакитний осад, чорніє при нагріванні				
<b>F</b>	білий осад, розчинний в більшості кислот	білий осад, нерозчинний в конц. кислотах; розчинний в $NH_3 \cdot H_2O$	бурий осад, розчинний в більшості кислот. Розчинний в $NH_3 \cdot H_2O$	білий осад, малорозчинна сполука	білий осад, нерозчинний в конц. кислотах; розчинний в $NH_3 \cdot H_2O$		
<b>G</b>		посилення запаху тухлих яєць		білий осад, розчинний в кислотах	чорний осад, нерозчинний в конц. кислотах	сіро-чорний осад, розчинний в конц. $HNO_3$	



### 3.2 Наведіть рівняння відповідних хімічних реакцій

A + B	
C + B	
D + A	
D + C	
E + A	
E + C	
F + A	
F + B	
F + C	
F + D	
F + E	
G + B	
G + D	
G + E	
G + F	

### Задача 4. Горючі речовини.

Вуглеводень Y масою 10 г повністю спалили у стехіометричній кількості кисню в закритому посуді об'ємом 33 л, внаслідок чого кількість молекул у посуді збільшилася на 17,65 % від початкової кількості та утворилася газова суміш з температурою 432 °C та тиском 2,5 атм. Після охолодження суміші до температури 21 °C тиск у посудині зменшився у 4,8 разів.

4.1 Визначте формулу вуглеводню Y. Відповідь підтвердити розрахунками.

--

4.2 Наведіть структури можливих ізомерів Y (без врахування оптичних ізомерів, карбенів або бірадикалів). Вкажіть, які з ізомерів сполуки Y будуть знебарвлювати бромну воду.

--	--	--	--

Відомо, що при температурі 37 °C за тиску 1 атм відповідного газу у 1 м<sup>3</sup> води розчиняється 2,5 моль метану (CH<sub>4</sub>) та 10,0 моль одного з ізомерів Y. У закритий посуд об'ємом 10 м<sup>3</sup> внесли 5 м<sup>3</sup> води, а простір, що залишився, заповнили еквімолярною сумішшю метану та Y під початковим тиском 1,5 атм.

**4.3 Розрахуйте** кількість молів метану та **Y**, що розчиняться у воді після встановлення рівноваги, якщо припустити, що залежність концентрації цих газів у розчині від тиску відповідає закону Генрі.

Бінарна сполука X, молекулярна маса якої близька до молекулярної маси Y, має найвищу серед відомих речовин температуру горіння у кисні, яка досягає ~5000 °C (на ~3500 °C вище, ніж температура згорання Y, та на ~2000 °C вище, ніж температура згорання ацетилену!). X є легкокиплячою рідиною і містить 63,16 % вуглецю. За температури 80 °C і тиску 101325 Па 1,0 г цієї сполуки (у формі газу) займає об'єм 380,8 мл.

**4.4 Визначте** брутто-формулу сполуки X. **Наведіть** її структурну формулу.

## Задача 5. Розчинність.

При охолодженні водного розчину, що був отриманий нейтралізацією 10% водного розчину NaOH 20% водним розчином фторидної кислоти, до температури T утворилося 10 г кристалів фториду натрію. Якщо таку саму порцію 10% водного розчину NaOH нейтралізувати 10% водним розчином фторидної кислоти, то, при охолодженні до T, утвориться 5 г кристалів.

**5.1 Яка маса кристалів** утвориться при охолодженні до T розчину, що був отриманий нейтралізацією 10% водного розчину NaOH 30% водним розчином фторидної кислоти? При розрахунку знехтуйте можливим гідролізом NaF та використовуйте молекулярні й атомні маси округлені до цілого числа.

При додаванні до розчину надлишку фторидної кислоти маса осаду при охолодженні до T зменшується.

**5.2 Наведіть усі фактори**, що впливають на це явище, в разі потреби підтвердіть свою думку рівняннями відповідних реакцій. Вкажіть які з факторів найвпливовіші в даному випадку.

Якщо розчин, що був утворений нейтралізацією 10% водного розчину NaOH 20% водним розчином фторидної кислоти, розвести 500 мл води, то з нього перестають випадати кристали фториду натрію до його повного замерзання.

**5.3 Розрахуйте температуру замерзання** цього розчину ( $K_f(\text{H}_2\text{O}) = 1,86 \text{ К}\cdot\text{кг}/\text{моль}$ )

## Задача 6. Електролітичне рафінування.

Електролітичне рафінування міді проводять для отримання міді високої чистоти та виділення інших елементів. Електролітом при проведенні цього процесу виступає розчин мідного купоросу, що додатково містить сірчану кислоту. У якості аноду виступає "чорнова" мідь, що потребує очистки, а у якості катода – пластини з "електролітичної" міді високої чистоти.

Пластину "чорнової" міді масою 250 г піддали електролітичному рафінуванню. Після проходження струму 10 А протягом певного часу ця пластина повністю витратилася, маса катода збільшилася на 233,535 г, а після фільтрування електроліту було виділено осад **А** та одержано фільтрат **Б**. Осад **А** розчинили в азотній кислоті, до отриманого розчину додали надлишок броміду калію, внаслідок чого випав жовтуватий осад сполуки **У** масою 29.33 г, який чорніє під дією світла. До фільтрату **Б** додали надлишок водного розчину аміаку, внаслідок чого розчин змінив колір і випав осад **С**, який відфільтрували, прожарили на повітрі та зважили. Маса твердого залишку червоно-коричневого кольору склала 3,9925 г.

**6.1 Скільки елементів** міститься в чорновій міді? **Встановіть масу компонентів** у складі пластини "чорнової" міді.

**6.2 Напишіть рівняння** хімічних реакцій, що згадуються в умові.

**6.3 Скільки часу** потребує рафінування пластини, яка описана в умові задачі (вважайте, що вихід за струмом в усіх процесах дорівнює 100 %).

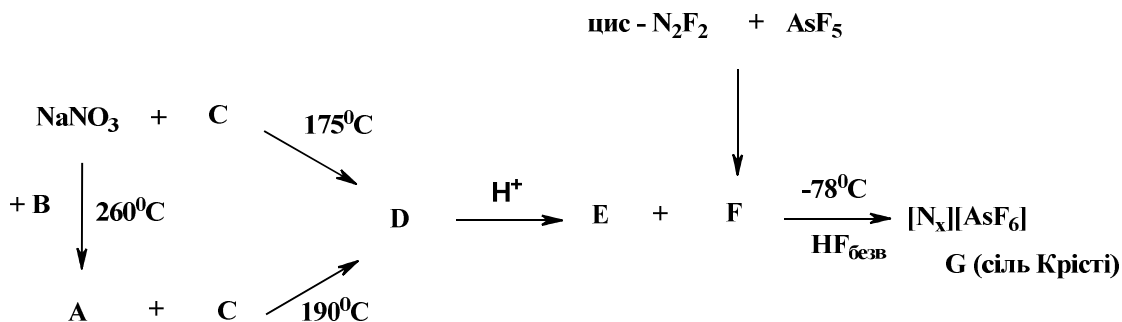
Іноді після рафінування "чорнової" міді в осаді знаходять бінарні сполуки міді(I) з елементами, о належать одній із підгруп періодичної таблиці. Вміст міді в двох таких сполуках **К** та **Ж** становить 61,68 % та 49,90 %.

**6.4 Встановіть формули** сполук **К** та **Ж**.

## 10 клас. 1 тур.

### Задача 1. «Сіль Крісті».

Неорганічні сполуки А – G вступають у наступні перетворення:



Для реакцій, зображених на схемі, наведено основний продукт, можливо також утворення інших речовин. Відомо, що за н.у. А – безбарвний газ, Е – легко кипляча ( $t_{\text{кип}}(\text{E}) = 37^\circ\text{C}$ ) надзвичайно токсична рідина ( $\omega(\text{Нітрогену}) = 97,67\%$ ), а інші речовини тверді. При розчиненні С у воді утворюється сильно лужний розчин і виділяється газ L (густина за сполукою А:  $D_A = 0,386$ ). Реакція L з хлороводнем призводить до утворення В. Для того щоб отримати 0,65 г сполуки D у реакцію потрібно ввести 0,85 г  $\text{NaNO}_3$  та 1,17 г С. Також відомо, що D та С містять два спільні елементи. Сполуки Е та F реагують у мольному співвідношенні 1:1. Утворена сіль Крісті ( $\omega(\text{Нітрогену}) = 27,03\%$ ) надзвичайно нестабільна і вибухає при контакті з водою.

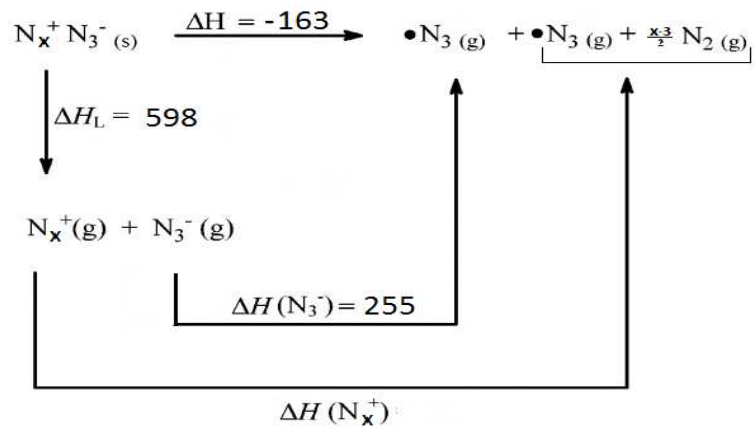
1.1 Встановіть формули речовин А, В, С, D, Е, F, L та солі Крісті G.

1.2 Зобразіть просторову будову катіону та аніону солі Крісті.

1.3 Запишіть рівняння реакцій, що відповідають схемі перетворень.

1.4 Запишіть рівняння реакції солі Крісті з водою та поясніть чому дана сполука є вибухонебезпечною.

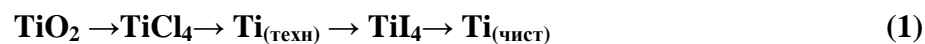
У 2003 році група вчених провела низку дослідів, маючи на меті отримати у кристалічному стані сіль  $[\text{N}_x]\text{N}_3$  однак усі спроби виявилися невдалими. Тим не менше, вченим вдалося розрахувати ентальпію утворення катіону  $[\text{N}_x]^+$ . Нижче наведено цикл Борна-Габера для розкладу солі  $[\text{N}_x]\text{N}_3$  до азид-радикалу  $\cdot\text{N}_3$  ( $\Delta H_f = 108$  кДж/моль) та азоту (всі дані в кДж/моль)



1.5 Обчисліть ентальпію утворення катіону  $[\text{N}_x]^+$ :  $0,5x\text{N}_2 = \text{N}_x^+ + e$ ,  $\Delta H_f = ?$

## Задача 2. «Йодидне рафінування».

З природного мінералу рутилу ( $\text{TiO}_2$ ), яким багата Україна, титан отримують у багатостадійному процесі за схемою:



Останнє перетворення має назву йодидного рафінування і використовується для отримання особливо чистого титану. Воно ґрунтується на оборотній реакції:



За температури  $1300^\circ\text{C}$  константа рівноваги  $K_c = 0,86$  моль/л.

2.1 Запропонуйте рівняння реакцій, що відповідають схемі (1) отримання титану.

2.2 Розрахуйте масу титану, що знаходиться в рівновазі в реакції (2), якщо для реакції в реактор об'ємом 10 л спочатку помістити 20 моль твердого  $\text{TiI}_4$ , потім відкачали повітря, і нагріли до  $1300^\circ\text{C}$ .

2.3 Розрахуйте конверсію (ступінь перетворення)  $\text{TiI}_4$  при  $1300^\circ\text{C}$ .

2.4 Обчисліть  $K_p$  реакції за температури  $1300^\circ\text{C}$ .

2.5 За температури  $600^\circ\text{C}$   $K_c = 0,52$  моль/л. Обчисліть  $\Delta H$  реакції, вважаючи, що  $\Delta H$  не залежить від температури.

### Задача 3. «Маніпуляції з розчинами».

Для приготування розчину фосфатної кислоти, відібрали 5 мл розчину  $H_3PO_4$  з концентрацією 39,2% і густиною  $1,25 \text{ г/см}^3$  та довели об'єм до 500 мл. Одержали розчин I.

Для довідки:  $K_{a1}(H_3PO_4) = 7,1 \times 10^{-3}$ ;  $K_{a2}(H_3PO_4) = 6,2 \times 10^{-8}$ ;  $K_{a3}(H_3PO_4) = 5,0 \times 10^{-12}$ .

3.1 Обчисліть рН розчину I.

3.2 Від розчину I відібрали 100 мл і розчинили в цій аліквоті 0,28 г NaOH. Одержали розчин II. Обчисліть рН розчину II

3.3 До розчину II додали 0,0196 г сульфатної кислоти. Утворився розчин III. Обчисліть рН розчину III.

3.4 До розчину II додали 20 мг NaOH. Утворився розчин IV. Обчисліть рН розчину IV.

3.5 До розчину II додали 30 мл води. Утворився розчин V. Обчисліть рН розчину V.

3.6 Зробіть висновок стосовно здатності розчину II підтримувати сталі значення рН. Наведіть приклади ще трьох розчинів, що мають таку саму здатність. Як називаються такі розчини і де вони використовуються?.

### Задача 4. «Механізм».

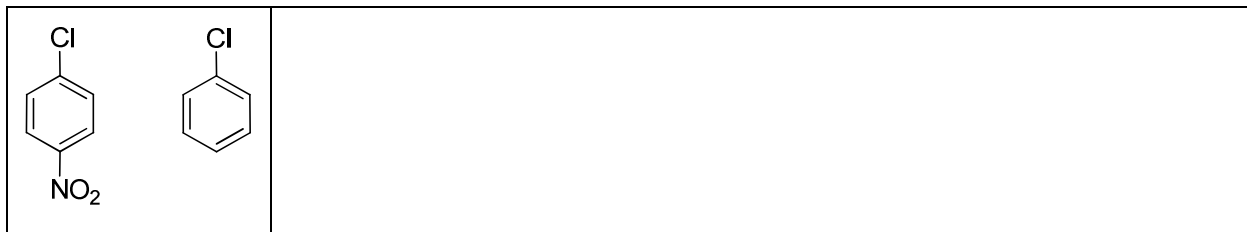
Взаємодія арилгалогенідів з амінами – одна з найбільш вивчених та часто вживаних реакцій в органічному синтезі.

4.1 Наведіть продукт наступного перетворення.

4.2 Наведіть та назвіть механізм, за яким відбувається вищезгадана реакція

4.3 **Вкажіть** яка з наведених нижче сполук буде найшвидше реагувати з діетиламіном? Яка найповільніше? **Відповідь аргументуйте.**

4.4 **Вкажіть** яка з наведених нижче сполук буде швидше реагувати з діетиламіном? **Відповідь аргументуйте.**

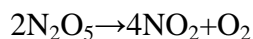


4.5 Сполука А реагує з діетиламіном повільніше ніж сполука В. **Поясніть** цей факт.



### Задача 5. «Кінетика».

Термічний розклад  $N_2O_5$  відбувається за наступною необоротною реакцією:



Для виміру кінетичних параметрів даної реакції приготували зразок  $N_2O_5$  в *інертному розчиннику* при 25 °С. Систему нагріли до деякої температури  $T$  ( $T > 25$  °С), і вимірювали концентрацію  $N_2O_5$ . Результати вимірювання наведені у таблиці:

Час, сек	0	200	400	600	1000
$c(N_2O_5)$ , моль/л	0,110	0,073	0,048	0,032	0,014

Відомо, що константа швидкості розкладу  $N_2O_5$  у *газовій фазі* за температури  $T$  складає  $4,8 \times 10^{-4} \text{ сек}^{-1}$ .

5.1 **Запропонуйте** спосіб отримання  $N_2O_5$  в лабораторії.

5.2 На основі даних таблиці **встановіть** порядок реакції та розрахуйте константу швидкості реакції розкладу  $N_2O_5$  в *інертному розчиннику*.

5.3 Обчисліть період напіврозпаду  $N_2O_5$  у газовій фазі.

Для реакції розкладу  $N_2O_5$  в газовій фазі у закритий контейнер помістили  $N_2O_5$ . Початковий тиск  $P_0(N_2O_5)$  склав 66,75 кПа за температури  $T$ . Вважайте що весь оксид знаходиться у газоподібному стані.

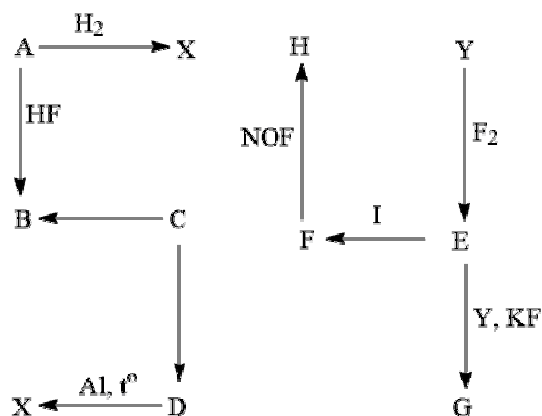
5.4 Виведіть рівняння, яке пов'язує загальний тиск у системі ( $P_t$ ) від часу, що пройшов з початку реакції розкладу ( $t$ , сек), та  $P_0(N_2O_5)$ .

5.5 Обчисліть тиск у даній системі через 10 хвилин після початку розкладу  $N_2O_5$ , а також після повного розкладу нітроген (V) оксиду.

### Задача 6. «Божественна наука».

Багато хімічних елементів отримали свою назву на честь богів міфології. Саме такими є елементи **X** та **Y**, які судячи з назви є «батьком» та «донькою». Вперше, обидва ці метали були знайдені у складі двох мінералів, з яких були отримані два оксиди **A** та **K**, в яких метали перебувають в однакових ступенях окиснення. Ці оксиди розчиняються в лугах і фторидній кислоті та не розчиняються в більшості кислот.

Наступна схема описує деякі перетворення цих елементів (на схемі сполука **C** диспропорціонує на сполуки **B** та **D**).



- ✓ Для розчинення певної маси оксиду **K** потрібно використати  $HF$  масою у 1,6624 рази більшою, ніж для розчинення такої ж маси оксиду **A**. Якщо ж провести повне відновлення однакових мас оксидів до металів, то маса утвореного металу **X** буде у 1,1717 разів більшою за масу **Y**.
- ✓ Сполуки **F** та **I** мають однаковий якісний склад, а ступінь окиснення **Y** в них однаковий.
- ✓ Сполука **G** містить 27,07% **Y**, а **H** - 43,23%.
- ✓ Ступені окиснення **X** та **Y** у сполуках **C** та **G** однакові.



6.1 **Визначте** зашифровані сполуки та метали X та Y.

6.2 **Запишіть** рівняння реакцій, що відповідають схемі перетворень.

Подібність хімічних властивостей металів X та Y призводить до значних труднощів у їх розділенні під час промислового добування з гірських порід. Одним із методів розділення є екстракція їх солей з розчинів, підкислених сульфатною кислотою, за допомогою високомолекулярного третинного аміну ( $\text{NR}_3$ ). В таблиці наведено коефіцієнти екстракції солей металів X та Y залежно від концентрації  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

*Коефіцієнт екстракції – це відношення молярної концентрації речовини, що екстрагують, в органічній фазі, до концентрації у водній.  $D = C_{\text{орг}}/C_{\text{водн}}$*

$C(\text{H}_2\text{SO}_4)$ , моль/л	0,005	0,25	5
$D(\text{X}^{n+})$	1,7	0,3	0,03
$D(\text{Y}^{n+})$	6,8	22	0,7

6.3 **Обчисліть** за якої (з трьох запропонованих) концентрації сульфатної кислоти розділення металів  $\text{X}^{n+}$  та  $\text{Y}^{n+}$  буде максимальним.

6.4 **Поясніть** в чому полягає основний недолік використання для розділення розчину з концентрацією  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , обраному в п. 6.3.

Два лаборанти проводили екстракцію солі  $\text{Y}^{n+}$  з 1 л розчину, в якому  $C(\text{Y}^{n+})=0,1 \text{ M}$ ,  $C(\text{H}_2\text{SO}_4)=5 \text{ M}$ . Перший лаборант провів одну екстракцію, використавши 500 мл  $\text{NR}_3$ , а другий – дві послідовні екстракції за допомогою 250 мл  $\text{NR}_3$  в кожній.

6.5 **Обчисліть** дії якого з лаборантів були більш ефективними. **У скільки разів?**

## Задача 7. «Робота аналітика».

Кількісний аналіз широко використовується для дослідження складу мінеральних добрив. Наприклад, визначення вмісту Сульфуру у вигляді сульфат-йону в добривах проводять за наступною методикою.

Готують чотири наважки добрива по 0,2500 г і розчиняють кожну у 25 мл води, додають 5 крапель 1 М  $\text{HCl}$ , потім розчин  $\text{BaCl}_2$ . Утворений осад відфільтровують і

промивають. Промивні води перевіряють розчином  $\text{AgNO}_3$ . Осад висушують при  $250\text{ }^\circ\text{C}$  та зважують. В серії проведених експериментів було отримано наступні маси осаду: 0,0728 г, 0,0730 г, 0,0611 г, 0,0725 г.

**7.1 Обчисліть** масову частку сульфат-йону в добриві.

**7.2 Поясніть**, чому середовище при осадженні має бути кислим.

**7.3 Поясніть**, для чого проводять тест промивних вод розчином  $\text{AgNO}_3$ .

Для аналізу зразку добрива на вміст води, хімік-аналітик використав один із найпростіших методів, що ґрунтується на вимірюванні втрати маси зразку при тривалому нагріванні до  $300\text{ }^\circ\text{C}$ . Однак з'ясувалося, що аналітик отримав хибне значення вмісту води.

**7.4** Серед наведених нижче сполук **вказіть** ті, що могли викликати помилку у невдалому досліді. Відповідь **підтвердіть** рівняннями реакцій.



Для кількісного визначення вмісту  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  у добриві можна використовувати метод К'ельдаля. Для цього 0,300 г зразку добрива, що містить невідому кількість амоній сульфату, поміщають в колбу для дистиляції. Додають дистильованої води та надлишок натрій гідроксиду. Колбу приєднують до конденсатора і нагрівають, поки в ній не залишиться лише твердий залишок. Перед початком дистиляції в колбу-приймач поміщають 100 мл 0,05М розчину  $\text{HCl}$ . Отриманий в результаті перегонки розчин титрують 0,1М розчином  $\text{NaOH}$  до досягнення точки еквівалентності.

**7.5 Обчисліть** масову частку амоній сульфату у добриві, якщо на титрування пішло 22 мл розчину натрій гідроксиду.

**7.6 Обчисліть** рН у точці еквівалентності, якщо об'єм розчину після перегонки у колбі-приймачі склав 130 мл.  $K(\text{NH}_4\text{OH}) = 1,76 \cdot 10^{-5}$

## 10 клас. 2 тур.

### Задача 1. «Роздуми про електроліз».

Термодинамічні розрахунки за електродними потенціалами іноді призводять до несподіваних результатів.

Електроліз 100 мл 0,1М водного розчину бромиду натрію проводили при струмі 200 мА в електролізері з інертними електродами, в якому катодний та анодний простір розділені мембраною.

**1.1 Запишіть** сумарне рівняння електролізу та рівняння реакцій, що відбуваються на кожному електроді у випадку електролізу з діафрагмою.

**1.2 Обчисліть** протягом якого часу необхідно проводити електроліз, щоб процес, наведений в попередньому пункті, закінчився.

У випадку використання електролізера без діафрагми, електроліз NaBr може бути ускладнений побічними процесами, наприклад, електролізом води та електрохімічним окисненням броду до бромат-іону за схемою:



**1.3 Запишіть** сумарне рівняння електролізу NaBr та рівняння реакцій, що відбуваються на кожному електроді у випадку проведення електролізу без діафрагми *для двох побічних реакцій*, згаданих вище. Вважайте, що утворення бромат-іону відбувається тільки внаслідок електрохімічної реакції окиснення броду.

**1.4 Виведіть** рівняння залежності електродного потенціалу напівреакції, що призводить до утворення калій бромату, від рН,  $[\text{BrO}_3^-]$  та  $[\text{Br}^-]$ . **Вкажіть** який з цих трьох чинників має найбільший вплив на потенціал.

**1.5 Розрахуйте**, за якого рН настане момент, коли виділення на аноді  $\text{BrO}_3^-$  стане термодинамічно вигіднішим, ніж броду. Вважайте, що в результаті електролізу можуть відбуватися тільки процеси, зазначені в п. 1.1 та п. 1.3. Прийміть, що концентрації всіх бромвмісних частинок дорівнюють 1 М,  $T = 298 \text{ К}$ .

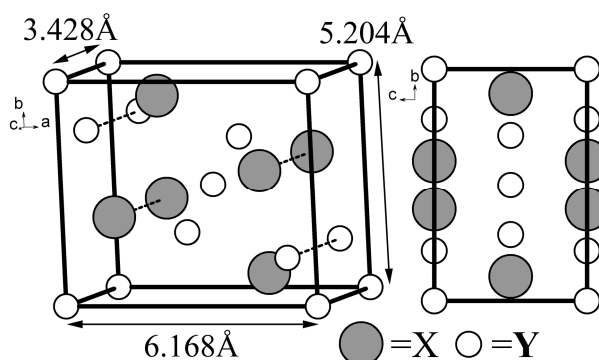
Довідкові дані: Стандартні електродні потенціали  $E^0(\text{Br}_2/2\text{Br}^-) = 1,087 \text{ В}$ ,  $E^0(\text{BrO}_3^-/\text{Br}_2) = 1,48 \text{ В}$

**1.6 Розрахуйте**, якими були б масові частки компонентів кінцевого розчину після електролізу, якби електроліз відбувався виключно з утворенням  $\text{NaBrO}_3$ . Вважайте, що електроліз перебігає протягом часу, розрахованого Вами у п. 1.2, а густина всіх розчинів дорівнює  $1 \text{ г/см}^3$ . Зміною маси розчину в процесі електролізу знехтуйте.

**1.7** Реальні процеси, що відбуваються при електролізі часто не співпадають з розрахованими за електродними потенціалами. **Поясніть**, чому розрахунки за електродними потенціалами можна використовувати для гальванічних елементів, але вони призводять до несподіваних і невірних висновків для електролізу?

## Задача 2. «МАРД».

Речовина А є рідкісним прикладом серед сполук свого класу, привертаючи увагу своєю незвичайною будовою. Її кристалічна структура наведена на малюнку. Елементарна комірка представляє собою прямокутний паралелепіпед, справа на малюнку зображений вид зверху. Атоми, з'єднані суцільною лінією знаходяться у вершинах, пунктирною лінією – на гранях комірки, не з'єднані з іншими атомами – всередині комірки.



**2.1 Визначте** елементарну стехіометричну формулу речовини А.

При взаємодії А з водою утворюється газова фаза, що містить тільки суміш ізомерних сполук  $C_1$  та  $C_2$  (технічна назва МАРД (англ. MAPD)), а в розчині залишається осад речовини В. Взаємодія МАРД з водою за певних умов та у присутності каталізатору призводить до єдиного продукту D, маса якого на 45% перевищує масу вихідної суміші. Відомо, що речовини  $C_1$  та  $C_2$  не є циклічними.

**2.2 Визначте** якісний склад МАРД, **занишіть** формулу D.

**2.3 Визначте** формулу А та В, якщо густина А становить  $2,556 \text{ г/см}^3$ .

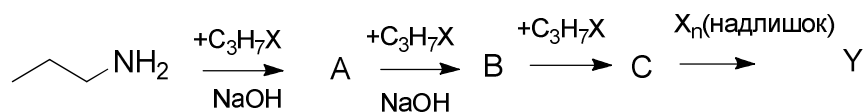
При пропусканні МАРД крізь аміачний розчин аргентум (I) оксиду суміш збагачується компонентом  $C_2$ , при спалюванні 1 л (н.у.) якого виділяється 82830 Дж енергії. При нагріванні  $C_2$  до  $200^\circ\text{C}$  та  $350^\circ\text{C}$  утворюється рівноважна суміш ( $C_1+C_2$ ), яка містить 21,2% та 27,8%  $C_2$  відповідно. При спалюванні 1 л МАРД (н.у.) виділяється 82656 Дж енергії.

**2.4 Визначте** кількісний склад МАРД.

**2.5 Поясніть**, що означає аббревіатура МАРД.

### Задача 3. «Y - рекордсмен».

У 2011 році групою німецьких вчених була синтезована йонна кристалічна речовина Y з незвичним аніоном. Схему синтезу цієї речовини наведено на нижче:



Відомо, що біла кристалічна сполука C містить лише первинні та вторинні атоми Карбону (у співвідношенні 1:2). Проста речовина X<sub>n</sub> представляє собою рідину (за н.у.), а сполука Y - червоні кристали (T<sub>пл</sub>=37.5°C), які мають порівняно високу електропровідність у кристалічному стані. При нагріванні до 235°C сполука Y втрачає 70,6% своєї маси, перетворюючись на речовину C. За даними рентгеноструктурного аналізу вдалося встановити, що аніон сполуки Y має тетраедричну симетрію і в ньому присутні два типи зв'язку X-X: з довжиною 235 пм та 295 пм.

**3.1 Встановіть** структурні формули невідомих речовин A, B, C, X<sub>n</sub>.

**3.2** Зобразіть геометричну будову аніону в сполуці Y, та поясніть наявність двох типів відстаней між атомами X.

**3.3** До якого типу сполук належить аніон в Y? Наведіть приклад ще однієї сполуки цього типу.

**3.4** Запропонуйте схему синтезу C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>X, використовуючи речовини, що містять не більше двох атомів Карбону.

### Задача 4. «Бентежне хімічне життя».

Елемент X був успішно отриманий у 1937 році Еміліо Сегре та Карло Перьєртом в результаті ядерної реакції між атомами Дейтерію та Молібдену-96. Починаючи з 1828 року, багато вчених заявляли про відкриття X, і навіть намагалися дати йому ім'я 11 (!!!) разів.

**4.1 Встановіть** елемент X та **запишіть** рівняння ядерної реакції його отримання.

*Підказка: в результаті реакції утворюються нейтрони.*

В наш час просту речовину X в промислових кількостях отримують з відходів ядерних реакторів, а її хімічні властивості досить добре досліджені. Спалювання деякого ізотопу X (найстабільнішого та найпоширенішого у використанні) в атмосфері чистого кисню

призводить до утворення сполуки **A**. Розчинення 3,1 г **A** у 100 г води призводить до утворення розчину сполуки **B** з масовою часткою розчиненої речовини  $\omega(\mathbf{B}) = 3,18 \%$ . Додавання до цього розчину, підкисленого хлоридною кислотою, надлишку калій йодиду веде до утворення сполуки **C** масою 7,8 г.

**4.2 Встановіть** невідомі речовини **A**, **B**, **C** та **запишіть** рівняння згаданих реакцій.

Сполука **B** реагує з водним розчином амоніаку, утворюючи **D**. При термічному розкладі, **D** перетворюється на **E** ( $\omega(\mathbf{X}) = 75,57 \%$ ). Нагріванням **D** в атмосфері  $\text{CO}$  можна отримати сполуку **F** ( $\omega(\text{Оксигену}) = 33,47 \%$ ). Відновлення **D** металічним калієм призводить до утворення сполуки **G** ( $\omega(\text{Гідрогену}) = 4,9 \%$ ). Пропускання безбарвного газу **K** (відношення молярних мас  $M(\mathbf{F}) / M(\mathbf{K}) = 14,06$ ) над підкисленим хлоридною кислотою розчином **D** призводить до утворення осаду **L** ( $\omega(\mathbf{X}) = 46,92 \%$ ).

**4.3 Встановіть** невідомі речовини **D** – **L** та запишіть рівняння відповідних реакцій.

## Задача 5. «Вавилон».

Хельцький цар Мурсілл зруйнував Вавилон у 1595р. до н.е., чим поклав кінець правлінню Першої Вавилонської династії. В 1962 році археологічна експедиція на березі Ефрату знайшла поряд зі стародавнім Вавилоном хельцький воєнний одяг XVI ст. до н.е. Дослідження тканини показали, що вміст  $^{14}\text{C}$  ( $\tau_{1/2} = 5703$  років) складає  $64,9 \pm 0,4\%$  від норми.

**5.1** Основним джерелом Карбону-14 в атмосфері є реакція між тепловими нейтронами та атомами Нітрогену, що відбувається в верхніх шарах тропосфери та стратосфери. **Наведіть** рівняння реакції утворення  $^{14}\text{C}$  в атмосфері.

**5.2 Наведіть** рівняння радіоактивного розпаду  $^{14}\text{C}$  та **обчисліть** константу розпаду.

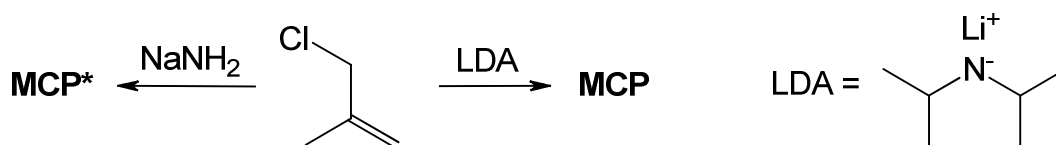
**5.3 Коротко та змістовно поясніть** сутність методу  $^{14}\text{C}$ -датування археологічних об'єктів.

**5.4 Визначте** інтервал датування битви та відносну похибку аналізу.

**5.5 Обчисліть** у скільки разів, порівняно з датою битви, зменшилась радіоактивність зразка тканини у 1962 році.

## Задача 6. «Інгібітор дозрівання».

Багато хто знає, що гормоном дозрівання багатьох овочів та фруктів є звичайний етилен. Але не всі знають, що його антагоністом є газуватий за кімнатної температури циклічний ненасичений вуглеводень (МСР), якій широко використовується в харчовій промисловості для продовження строку зберігання овочів та фруктів. Торгівельною формою цієї сполуки є суспензія в парафіні її літєвої солі, яку отримують взаємодією 3-хлор-2-метилпропена-1 з LDA (сильна нуклеофільна основа):



МСР поступово виділяється з парафінових пігулок за рахунок гідролізу його солі вологою повітря. Повний гідроліз парафінових пігулок масою 10 г призводить до утворення 158,8 мл газу (при 298 К та 101,1 кПа) з густиною за етиленом 1,93.

**6.1 Визначте** формулу МСР.

**6.2 Обчисліть** масову частку МСР у пігулках.

Якщо замість LDA при реакції з 3-хлор-2-метилпропеном-1 використовувати амід натрію, то утвориться ізомерна сполука МСР\*.

**6.3 Зобразіть** структурні формули МСР та МСР\*, якщо МСР\* має площину симетрії.

Нижче на схемі наведено декілька перетворень в які вступає МСР. Зауважте, що в обох перетвореннях використовується один еквівалент галогену.



**6.4 Визначте** зашифровані речовини, якщо в сполуці В є два асиметричних атоми, а в С – жодного. Сполука С не є лінійною.

**6.5 Наведіть** механізм перетворення МСР→В, намалуйте всі можливі просторові ізомери продукту цього перетворення та **вказіть** конфігурацію асиметричних центрів в цих сполуках за RS-номенклатурою.

6.6 Сполука С утворюється у вигляді двох стереоізомерів. Намалюйте їх структурні формули.

6.7 Наведіть будову продуктів реакції взаємодії циклопентадієну зі сполуками МСР та МСР\* (реакція Дільса-Альдера). Позначте кількість асиметричних атомів Карбону в них.

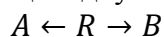
### Задача 7. «Кінетичний та термодинамічний контроль».

Іноді, гортаючи підручники, здається, що кінетика та термодинаміка в хімічних реакціях є дещо відокремленими одне від одного. Насправді, хімічні реакції можуть знаходитися під термодинамічним і кінетичним *контролем* залежно від умов реакції.

7.1 Виберіть правильні відповіді (може бути одна і більше правильних відповідей). Для того щоб досягти кінетично вигідного продукту потрібно:

- Підвищити температуру, тому що реагенти будуть швидше проходити активаційний бар'єр;
- Знизити температуру, тому що рівновага не буде встановлюватися при низькій температурі;
- Підвищити температуру, тому що термодинамічно вигідний продукт буде нестабільним при цій температурі;
- Знизити температуру, тому що при низькій температурі рівновага буде зсунута в сторону реагентів.

Наступні криві ілюструють два процеси, що відбуваються за схемою:

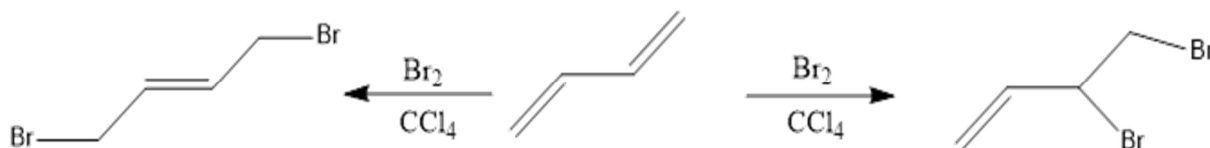


7.2 Вкажіть вірні твердження щодо кривих (може бути одна і більше правильних відповідей):



- На першій кривій за будь-якої температури експерименту буде переважати продукт В.
- За високих температур на першій кривій А і В будуть в рівновазі.
- У реакції на другій кривій на відміну від першої продукт В не є кінетично вигідним.
- За низьких температур вихід продукту А у першій реакції буде більшим ніж на другій
- На обох кривих R за низьких температур буде швидко руйнуватися та повільно утворюватися.

Яскравою ілюстрацією того, що при різних температурах можуть утворюватися різні продукти є реакція бутадієну з  $\text{Br}_2$  в  $\text{CCl}_4$ .



За температури  $0\text{ }^\circ\text{C}$  1,2-продукт є більш вигідним (71:29), тоді як при  $40\text{ }^\circ\text{C}$  переважно утворюється 1,4-продукт.

**7.3 Зобразіть** механізми реакцій 1,2-приєднання та 1,4-приєднання. **Вкажіть**, який з цих продуктів є кінетично, а який термодинамічно контрольованим?

**7.4 Розрахуйте** різницю енергій активації утворення 1,4 та 1,2-продуктів при  $0\text{ }^\circ\text{C}$ .

# 11 клас. 1 тур.

## Задача 1. Ізомери 1



Лебедєв С. В.    Остромисленський І. І.

Серед сполук з формулою  $C_4H_6$  найбільш відомою є 1,3-бутадиєн, обсяг світового виробництва якого складає  $12,3 \cdot 10^6$  тон на рік. Вперше він був виділений французьким хіміком Джозефом Кавентоу у 1863 році а його структура була встановлена у 1886 році англійським хіміком Генрі Армстронгом. Однак у більшості науковців ця сполука асоціюється з іменами двох російських хіміків: Сергія Васильовича Лебедєва та Івана Івановича Остромисленського. Ці два вчені розробили синтетичні методи отримання 1,3-бутадиєну, що дало змогу промислово виготовляти вироби з гуми.

У методі Лебедєва, що був впроваджений у Радянському Союзі і використовувався на території всієї Східної Європи та Бразилії до кінця 70-х років минулого століття, етанол пропускали над каталізатором  $SiO_2-Al_2O_3$  при  $370 - 450$  °С. Унікальність цього процесу полягала у його простоті і селективності, яка досягала 70%. Метод Остромисленського, який був впроваджений у 1942 році у США і досі використовується у Китаї та Індії, є двостадійним процесом. На першій стадії етанол окислюється до оцтового альдегіду при дії  $Cu_2Cr_2O_5$  як каталізатора при  $200$  °С. Потім еквімолярну суміш оцтового альдегіду та етанолу пропускають над каталізатором  $SiO_2-Ta_2O_5$  з утворенням бутадиєну з високим виходом.

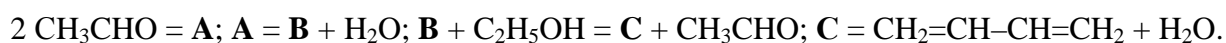
### 1.1 Запишіть хімічні рівняння процесів Лебедєва та Остромисленського.

Лебедєв	
Остромисленський	

### 1.2 Визначте роль каталізаторів у вищезгаданих процесах (необхідне відмітити ×).

Каталізатор\Роль	Дегідрування	Дегідратація
$SiO_2-Al_2O_3$		
$Cu_2Cr_2O_5$		
$SiO_2-Ta_2O_5$		

Не зважаючи на те, що ці два процеси відомі вже дуже давно, їх детальний механізм вивчається досі. Так наприклад квантово-механічні розрахунки процесів на поверхні каталізатору були виконані китайськими вченими в 2015 році. Однак всі дослідження вказують на те, що процеси Лебедєва та Остромисленського відбуваються за однаковою схемою, а першою стадією процесу Лебедєва є окислення етанолу. Загалом ця схема зображена нижче.



**1.3 Розшифруйте структурні формули речовин А-С**

А	В	С
---	---	---

**1.4** Окрім 1,3-бутадієну є ще ряд вуглеводнів з формулою  $C_4H_6$ . **Зобразіть їх структурні формули. Чи є серед них оптично активні?**


Чи є оптично активні:

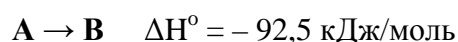
**1.5** Слід зазначити, що на даний момент всі можливі ізомери вуглеводнів  $C_4H_6$  синтезовані і вивчені. Нижче наведена таблиця з деякими їх властивостями. **Заповніть пусті клітинки таблиці.**

**Таблиця 1.** Структурні особливості ізомерних вуглеводнів  $C_4H_6$ .

#	Структура	Кількість типів еквівалентних протонів	Кількість типів еквівалентних ядер карбону	Наявність вісі (вісей) симетрії	Наявність площини (площин) симетрії
1		3	2	так	так
2		3	4	ні	так
3		3	4		
4		3	3		
5		2	3		
6		2	2		
7					
8		1			

## Задача 2. Сонячні батареї.

Вуглеводень квадрициклен (**A**) має потенційне використання у сонячній енергетиці. Під дією ультрафіолетового випромінювання речовина **B** ізомеризується у **A**. Обратне перетворення  $A \rightarrow B$  відбувається з виділенням тепла. Завдяки цій властивості реакція була запропонована для запасання сонячної енергії.



Розглянемо сонячну батарею з 10 молями **B**. Під дією світла речовина **B** перетворюється у **A** на 85%, після чого батарею більше не опромінюють.

**2.1 Розрахуйте максимальну кількість енергії**, яку можна отримати з цієї батареї при ККД приймача 65%?

--

Основна проблема використання квадрициклону - це підбір каталітичних систем для прискорювання екзотермічної реакції  $A \rightarrow B$  при температурах використання батарей. У відсутності каталізатора термічна ізомеризація **A** при кімнатній температурі майже не відбувається, а починається при підвищених температурах (час напівперетворення при 160 °C складає 2,58 години, а при 200 °C складає 5,14 хв).

**2.2 Розрахуйте енергію активації** ізомеризації  $A \rightarrow B$ , якщо ця реакція є першого порядку.

--

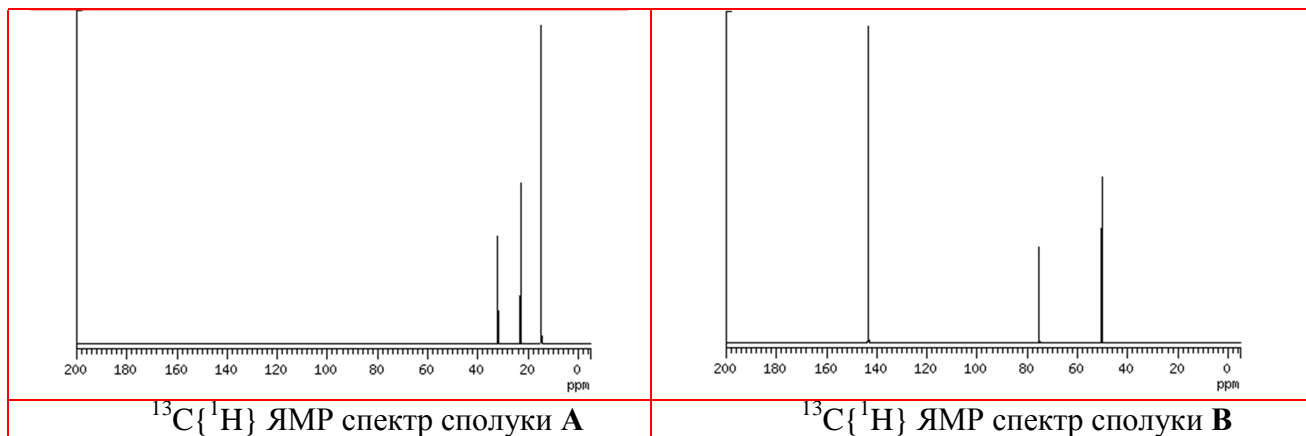
**2.3 Розрахуйте**, за який час приймач може отримати 90% енергії, накопиченої у сполуці **A** при температурі 25 °C за умови відсутності каталізатору.

--

Основний метод синтезу вуглеводню **B** це реакція сполуки **C** та бінарного газу **D** при 350 °C. **C** та **D** є речовинами, що активно використовуються у промисловості. Газ **D** у промисловості отримують взаємодією бінарної речовини **E** (містить 62,53% металу **M**) з водою. Сполука **C** також є вуглеводнем, який є рідиною за нормальних умов, але спонтанно димеризується у твердий димер **F**. Обробка **C** сильними основами призводить до утворення ароматичного аніону **G**, що має вісь симетрії 5-го порядку.

**2.4 Розшифруйте** структурні формули вищезгаданих сполук **A – G** та металу **M**, якщо відомо, що речовини **A** та **B** мають однакову симетрію, а їх <sup>13</sup>C ЯМР спектри наведені нижче.

--	--	--	--



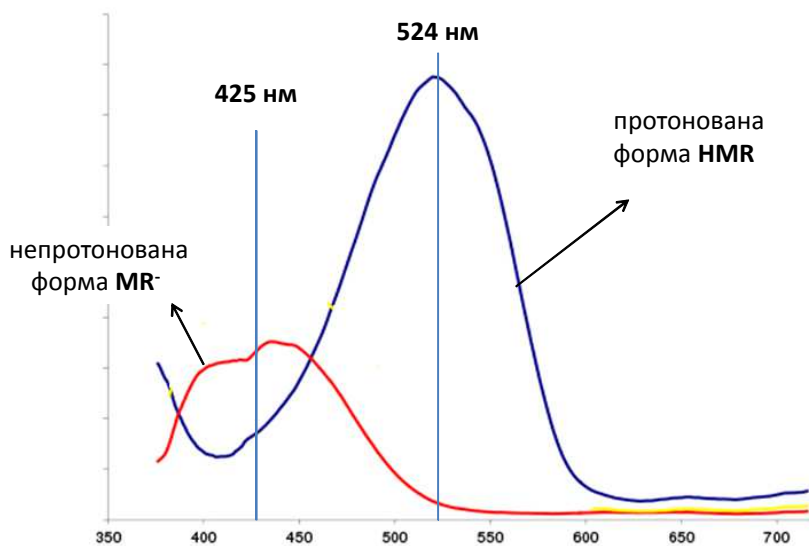
### Задача 3. Гра з кольорами.

Метилевий червоний (**NaMR**) – відомий кислотно-основний індикатор, що знайшов своє застосування у спектрофотометричному визначенні рН.

Для визначення  $pK_a$  метилового червоного було застосовано наступний метод. До 10 мл стандартного розчину **NaMR** додають 25 мл 0,04 М натрій ацетату, деяку кількість 0,02 М розчину оцтової кислоти та розчин доводять до 100 мл. рН отриманого розчину дорівнює 4,80. Помістивши розчин в кювету з довжиною шляху 1 см, вимірюють поглинання при двох значення довжини хвилі: 425 нм та 524 нм; вони дорівнюють відповідно 0,280 та 0,852.

метилевий червоний  
 $M_r = 291.29$

Нижче наведено спектри поглинання та відповідні екстинкції кислоти та основної форм метилового червоного.



$$\begin{aligned} \epsilon_{524}(\text{HMR}) &= 44\,640 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1} \\ \epsilon_{425}(\text{HMR}) &= 3\,860 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1} \\ \epsilon_{524}(\text{MR}^-) &= 740 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1} \\ \epsilon_{425}(\text{MR}^-) &= 18\,530 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1} \end{aligned}$$

3.1 Наведіть структурні формули кислоти та основної форм метилового червоного **MR<sup>-</sup>** та **HMR**.

<b>MR<sup>-</sup></b>	<b>HMR</b>

**3.2 Якого кольору** розчин метилового червоного?

при рН = 1: \_\_\_\_\_

при рН = 8: \_\_\_\_

**3.3** З наведених вище даних **розрахуйте** рКа індикатора.

**3.4 Розрахуйте**, який об'єм 0,02 М розчину оцтової кислоти було додано у методиці. рКа (CH<sub>3</sub>COOH) = 4,8

**3.5 Розрахуйте**, яка кількість NaMR (у міліграмах) містилась у 10 мл стандартного розчину з методики.

## Задача 4. Кристалографія.

Проста речовина **X** за звичайних умов існує у стійкій кристалічній модифікації, кубічну елементарну комірку якої зображено на Рис. 1. Стала кристалічної ґратки  $a$ , тобто довжина ребра цієї комірки, становить 5,4309 Å (1 Å = 10<sup>-10</sup> м), а густина речовини 2,329 г/см<sup>3</sup>.

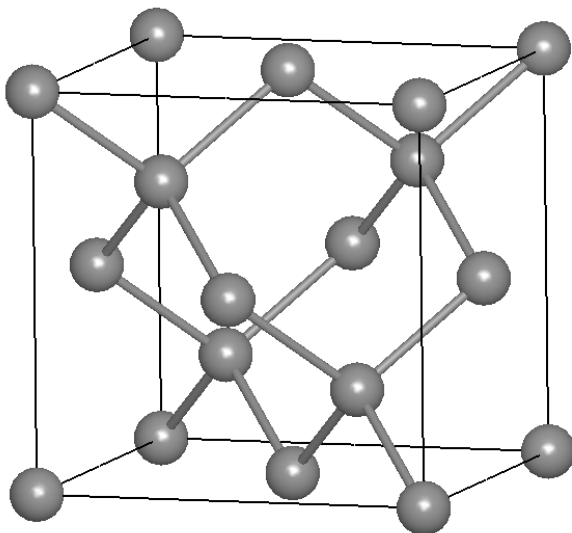


Рис. 1

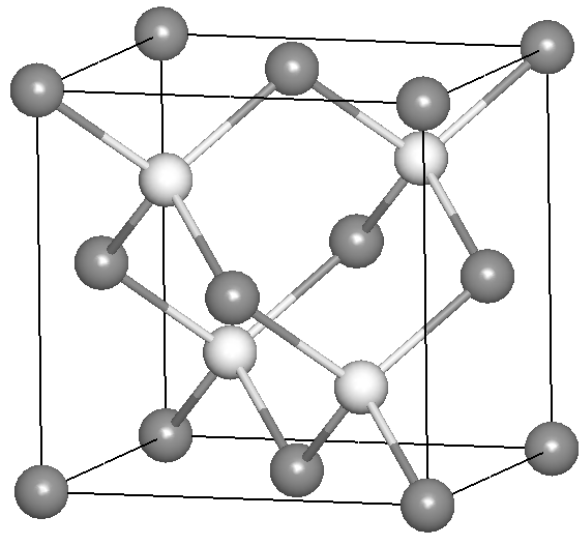
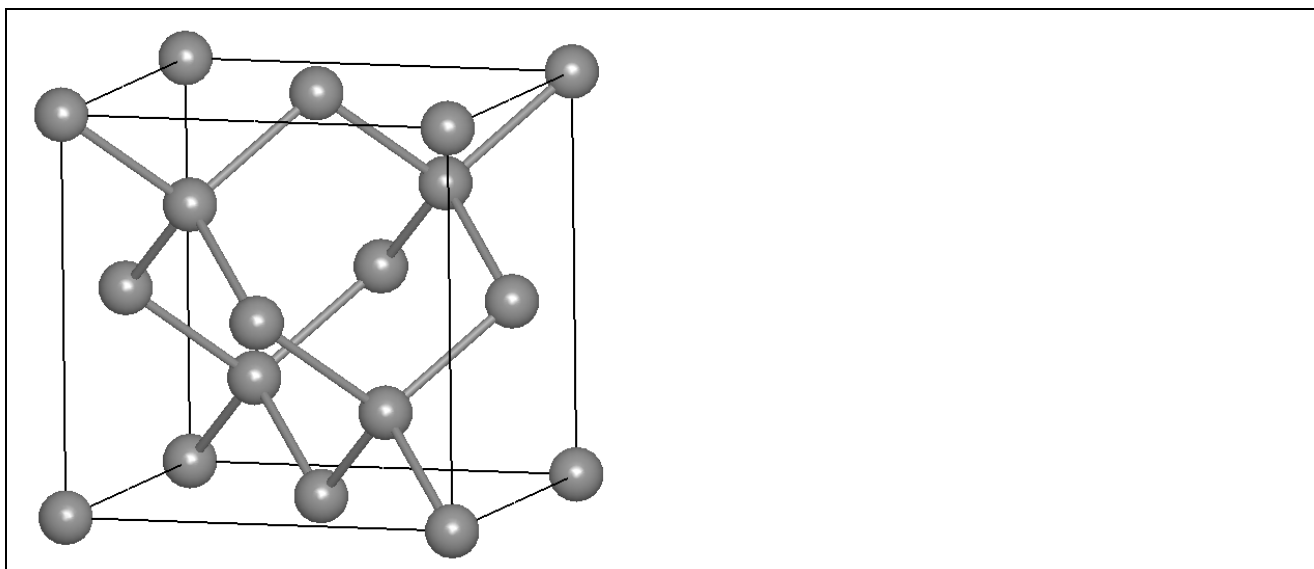


Рис. 2

**4.1 Як називають** такий тип структури? **Вкажіть** координаційне число атомів у ній.

**4.2** Ця структура побудована із двох гранецентрованих кубічних ґраток, вставлених одна в одну. **Зашифруйте атоми**, які належать до одної з цих ґраток.



Однакові сфери при найщільнішому пакуванні заповнюють собою приблизно 74% простору.

**4.3 Порівняйте** з цим значенням частку простору, яку заповнюють атоми на Рис. 1, **обчисливши** її. **Поясніть**, чому ковалентні кристали неметалів не бувають найщільніше упакованими.

**4.4 Визначте** речовину **X**. **Завдяки якій фізичній властивості** вона широко використовується і де саме?

Якщо на Рис. 1 розфарбувати атоми через один так, аби з'єднаними були лише атоми різного кольору, отримаємо модель елементарної комірки одного із структурних типів неорганічних кристалів (Рис. 2). Зокрема, так кристалізується речовина **ZA**, густина якої  $4,090 \text{ г/см}^3$ , а стала ґратки  $5,4093 \text{ \AA}$ . Масова частка одного з елементів у ній 32,9%.

**4.5** Вкажіть склад двох гранецентрованих ґраток, визначених у п.2.

**4.6 Знайдіть** речовину **ZA**, **назвіть** її мінерал та структурний тип ґратки.

## Задача 5. Термінатор.

*Джон Коннор. Час настав.  
Ти прийшов мене вбити?  
Ні. Ти повинен жити.*

Термінатор 3: Повстання машин

Ендоскелет термінатора серії T600 складається з легкого і міцного сплаву. При взаємодії сплаву з газоподібним хлором при нагріванні утворюється летка рідина **A** і тверда речовина **B**. Маса продуктів перевищує масу сплаву в 4 рази. Наважка **A** бурхливо взаємодіє з водою, утворюючи газ **C** і твердий залишок, який після прожарювання утворює білу речовину **D** масою 0,8 г. Ця ж наважка **A**, поміщена у вакуумовану посудину об'ємом 1 л і нагріта до  $248^\circ\text{C}$ , створює тиск 43,38 кПа. Наважка **B** масою 2,59 г,





поміщена в цю ж посудину, створює тиск 55,96 і 205,59 кПа при температурах 420 і 1000°C відповідно.

**5.1 Визначте** якісний та кількісний склад сплаву. **Наведіть** формули речовин А–D.

--

**5.2 Опишіть** будову речовини **В** в кристалічному, рідкому та газоподібному станах. **Наведіть** координаційні числа центрального атому.

--

Речовина **Д** є білим пігментом, що використовується для виготовлення фарби. Рекомендована витрата фарби, що містить 25% **Д** за масою, становить 110 г/м<sup>2</sup>. Фарбою, отриманою з одного Т600, можна пофарбувати огорожу площею 21115 м<sup>2</sup>.

**5.3 Розрахуйте** масу ендоскелету Т600.

--

*«Колтан хімічно та термічно більш стійкий, протистоїть більшості видів зброї, не розчиняється навіть у царській воді»*

Ендоскелет досконалішого термінатора серії Т800 складається з «гіперсплаву», головним компонентом якого є «колтан». Зразок «колтану» масою 6,89 г повільно розчинився в суміші HF і HNO<sub>3</sub>, з утворенням розчину 2-х речовин **Е** і **Ф**, що не існують у вільному стані. Розчин розбавили водою і прокип'ятили. Білий осад, що утворився, після прожарювання складається з речовин **Г** і **Н** (**Е**→**Г**, **Ф**→**Н**). Хімічні властивості **Г** і **Н** настільки схожі, що хімічно їх розділити майже неможливо. Тільки при нагріванні суміші в струмені водню з **Н** утворюється речовина **І** (синього кольору, ступінь окиснення металу зменшується на 1, а маса суміші зменшується на 0,126 г. При обробці вихідної суміші **Г** і **Н** SOCl<sub>2</sub> утворюється газ **Л** і кристалічні речовини **Ж** і **К** масою 10,742 і 4,255 г відповідно.

**5.4 Визначте** якісний та кількісний склад «колтану».

--

**5.5 Наведіть** формули речовин **Е** – **К**.

<b>Е</b>	<b>Ф</b>	<b>Г</b>	<b>Н</b>
<b>І</b>	<b>Ж</b>	<b>К</b>	<b>Л</b>

**5.6** Метал, що входить до складу **Г**, механічно та хімічно більш стійкий, ніж другий метал, і навіть сам «колтан». **Поясніть**, чому ж тоді SkyNET виробляла термінаторів з «колтану», а не з більш якісного чистого металу?

--

## Задача 6. Гримуча суміш

В товстостінному сталевому циліндрі з поршнем обережно змішали 1 моль водню та 0,5 моль кисню при тиску 101,3кПа і температурі 291 К.

**6.1 Запишіть** зміни ентальпії, ентропії та енергії Гіббса, що супроводжували процес змішування.

**6.2 Чи змінилися би значення**  $\Delta H$ ,  $\Delta S$  та  $\Delta G$ , якби процес змішування відбувався при іншій температурі, наприклад 273 К?

Суміш, що утворилася в циліндрі, швидко (теплообмін із середовищем відбутися не встиг) стиснули до об'єму 3,0 л, після чого суміш детонувала.

**6.3 Оцініть температуру** суміші на момент початку вибуху (в наближенні, що процес стискання відбувався оборотно).

**6.4 Чому** процес утворення води супроводжується вибухом?

**6.5 Наближено оцініть** температуру газу, яка була досягнута в перший момент після детонації і повного згорання водню, враховуючи, що об'єм газів в циліндрі миттєво збільшився за рахунок збільшення температури суміші, штовхаючи поршень, який створював сталий тиск 3,2 МПа.

*Довідкова інформація:*  $\Delta_f H_{298}^{\circ}(\text{H}_2\text{O}_{\text{пар}}) = -241,8$  кДж/моль. Вважайте, що  $\Delta_f H^{\circ}(\text{H}_2\text{O}_{\text{пар}})$  слабо залежить від температури. Прийміть, що теплоємність пари змінюється з температурою таким чином:  $C_p = 30,13 + 11,3 \cdot 10^{-3} T$  (Дж·моль<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>).

**6.6 Чи можна для наближеної оцінки прийняти**, що  $C_p$  пари також слабо залежить від температури і скористатись значенням  $C_p$  при температурі 298 К?

Юний хімік, зробивши наведені розрахунки, вирішив дізнатися, чи змінюються з температурою властивості рідкої води. З'ясувалося, що теплоємність  $C_p$  рідкої води практично не залежить від температури. Він вважав також, що і рН такого чудового розчинника як вода, не залежить від температури, і для неї завжди рН = 7. Але в довіднику він наштовхнувся на значення рН при різних температурах, що відрізнялися від 7. Спочатку він здивувався, але потім зрозумів, в чому справа.

**6.7 Поясніть**, зростає чи падає рН води із зростанням температури, і з чим це пов'язано. **Чи означає відхилення рН** чистої води від значення 7 при деякій температурі, що порушується нейтральність води?

**6.8 Оберіть**, які з поданих значень рН (7,00; 6,61; 7,46; 6,29) відповідають якій температурі

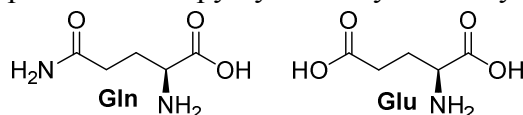
t°C	0°C	25°C	50°C	80°C
pH				

**6.9** Оцініть  $\Delta H_{298}^{\circ}$ ,  $\Delta S_{298}^{\circ}$  та  $\Delta G_{298}^{\circ}$  процесу, відповідального за зміну pH з температурою, та поясніть знаки величин  $\Delta H$  та  $\Delta S$ .

--

## Задача 7. Амінокислоти.

Природні амінокислоти глутамін (**Gln**) та глутамінова кислота (**Glu**) відрізняються лише наявністю амідної та карбоксильної груп у бічному ланцюгу відповідно.



Проте, така незначна структурна відмінність досить істотно впливає на відмінність у хімічних властивостях.

**7.1** Наведіть усі рівноваги, що існують у водному розчині кожної з амінокислот.

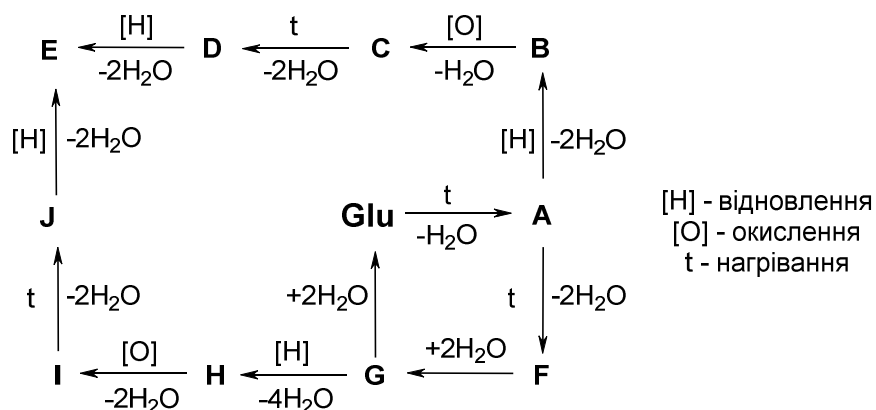
<b>Gln</b>	
<b>Glu</b>	

**7.2** Наведіть формули для розрахунку констант усіх рівноваг, що наведені у пункті 7.1 та розрахуйте ізоелектронну точку IP (pH при якому в розчині не існує електричного заряду) для кожної з амінокислот, якщо відомо:

Амінокислота\pK	pK <sub>1</sub> (кислотна)	pK <sub>2</sub> (основна)	pK <sub>3</sub> (додаткова)
Глутамін	2,17	9,13	-
Глутамінова кислота	2,19	9,67	4,25

<b>Gln</b>	
<b>Glu</b>	

**7.3** Розшифруйте схему перетворень:



Відомо, що **C** також є природною амінокислотою; **D**, **E**, **F** та **J** мають у своєму складі конденсовану трициклічну систему, а **D** та **J** є структурними ізомерами.

<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>

**7.4 Розрахуйте pH** 1М водного розчину кожної з кислот, якщо його розбавити вдвічі:

- 1М водним розчином HCl;

- 1М водним розчином NaOH;

при розрахунках використовуйте округлення до 3-ї значущої цифри.

<b>Gln</b>	
HCl	
NaOH	
<b>Glu</b>	
HCl	
NaOH	

# 11 клас. 2 тур.

## Задача 1. Спектроскопія

Нижче наведено  $^1\text{H}$  ЯМР,  $^{13}\text{C}$  ЯМР та ІЧ спектри трьох речовин А – С з однаковою бруто-формулою  $\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_2$ .

1.1 Наведіть структури речовин А – С.

<b>А</b>	<b>В</b>	<b>С</b>

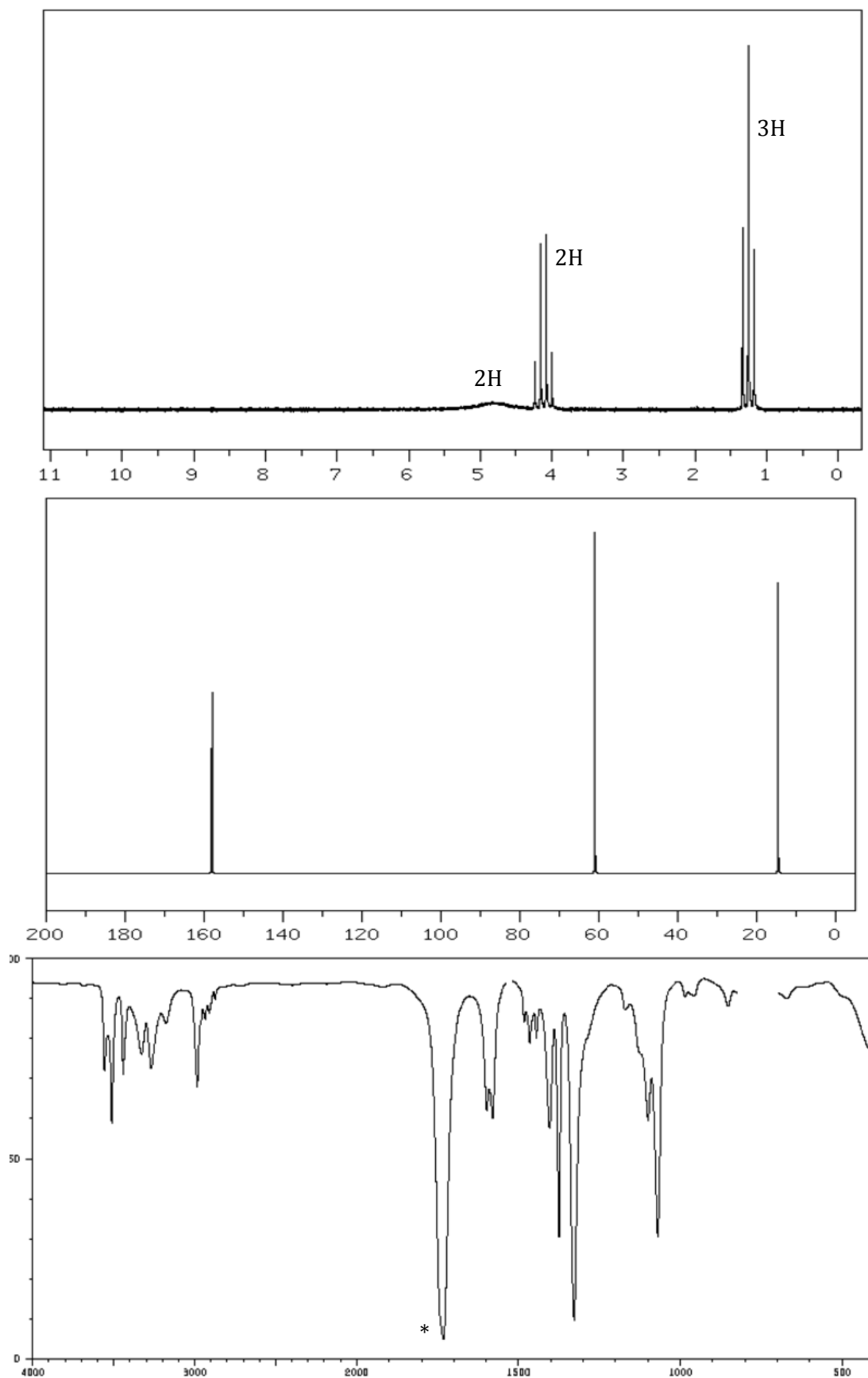
1.2 Співвіднесіть сигнали в  $^1\text{H}$  та  $^{13}\text{C}$  ЯМР спектрах. Для цього пронумеруйте атоми в знайдених у п. 1-1 вами структурних формулах речовин і позначте відповідними цифрами сигнали на спектрах.

1.3 На  $^1\text{H}$  ЯМР спектрах вказіть мультиплетність сигналів.

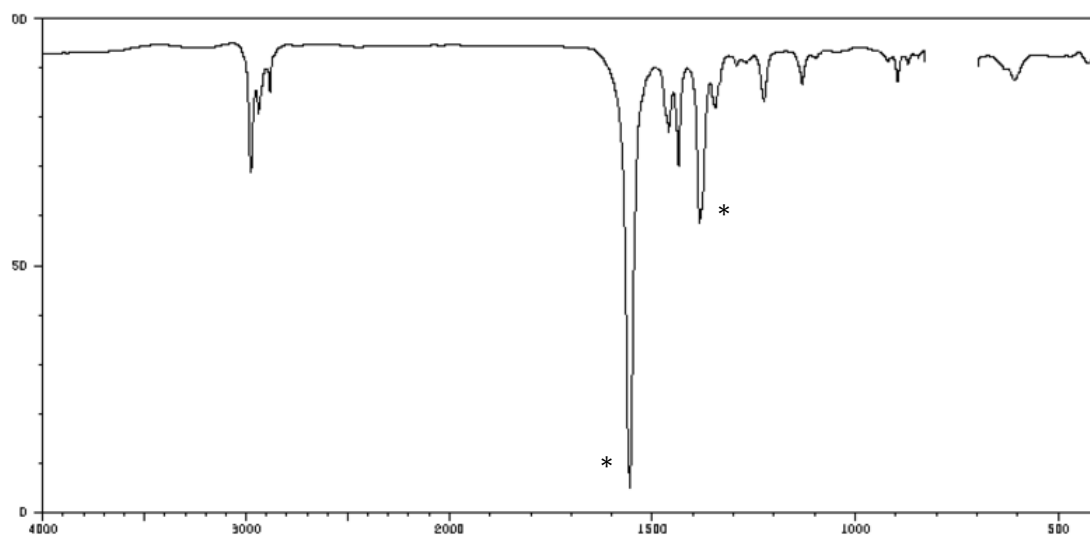
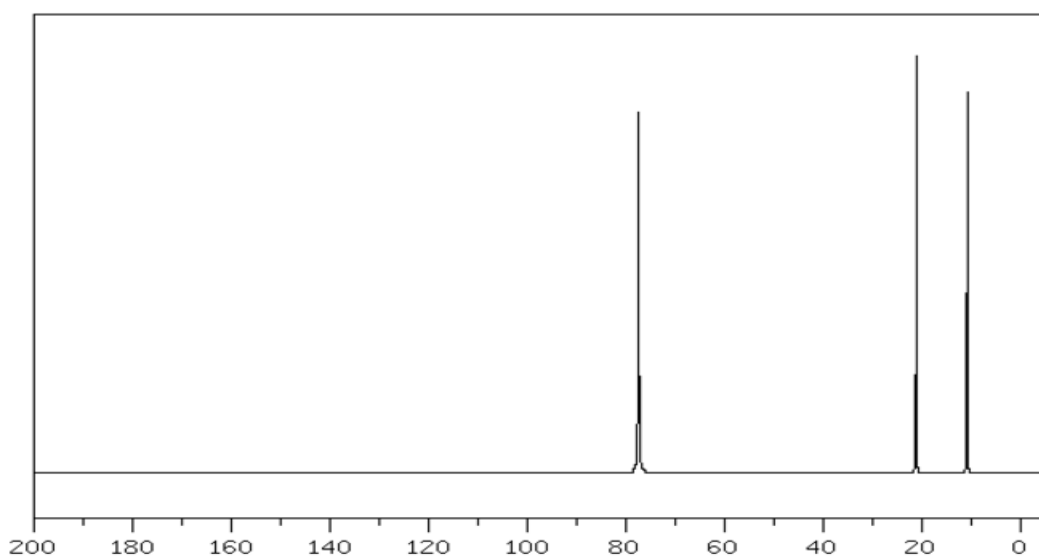
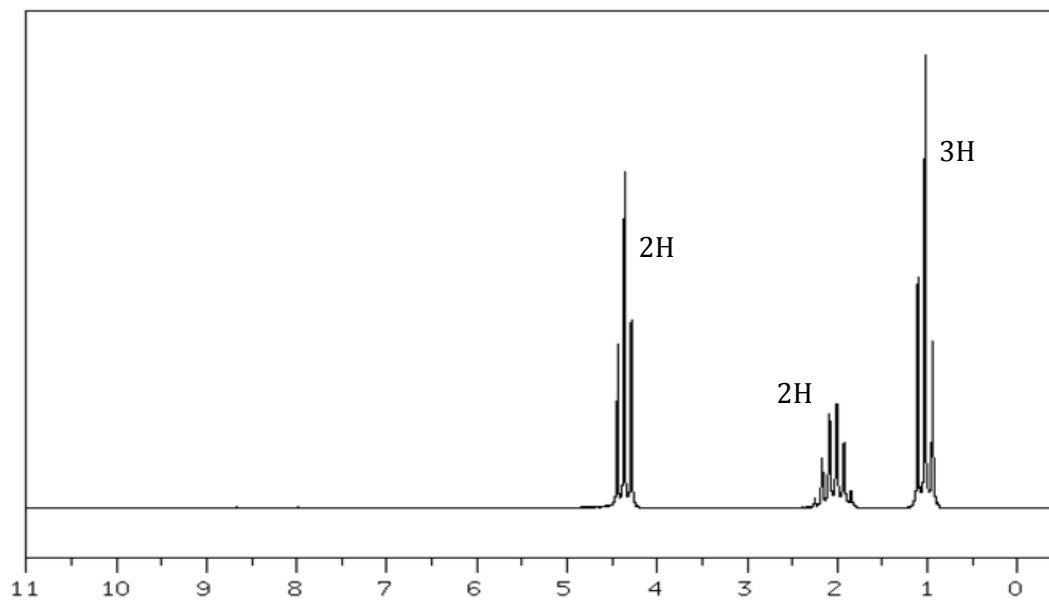
1.4 Яким групам відповідають смуги в ІЧ спектрах, позначені зірочкою (\*)? Відповідь наведіть на спектрах біля відповідних смуг.

При створенні задачі було використано базу спектральних даних органічних сполук SDBSWeb: <http://sdfs.db.aist.go.jp> (Національний Інститут провідної промислової науки та технології Японії, дата доступу: 08.03.2017).

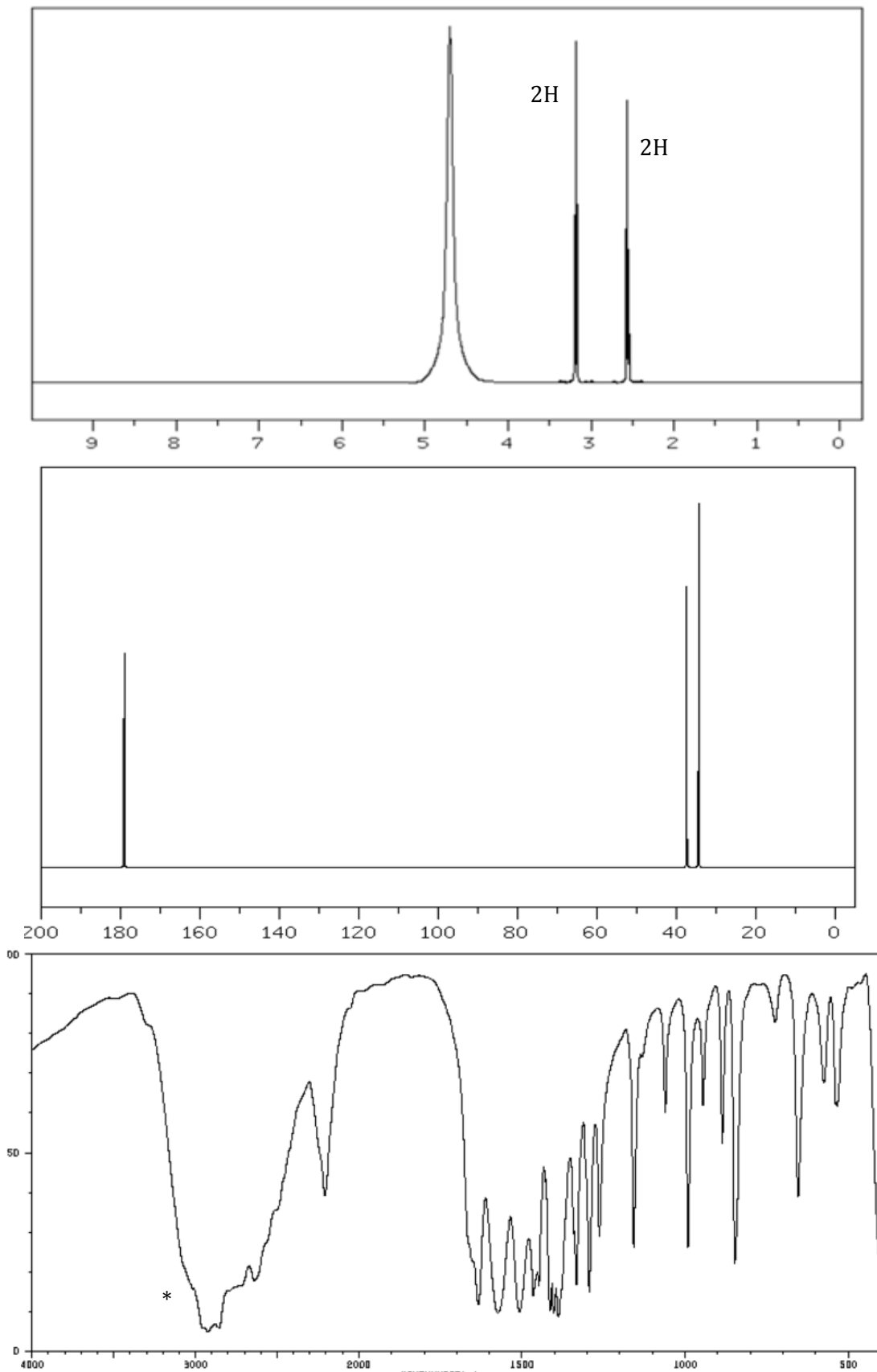
Речовина А:



Речовина **B**:



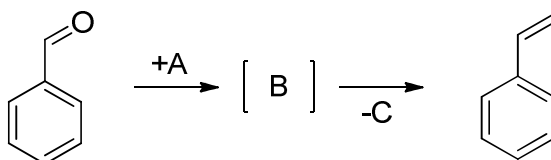
Речовина С (спектри ЯМР знято у D<sub>2</sub>O)





## Задача 2. Органічні реакції. Утворення C=C зв'язку.

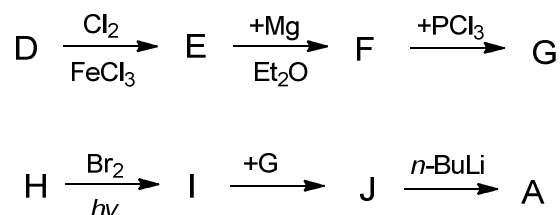
Однією з найпопулярніших реакцій утворення подвійного C=C зв'язку є реакція Віттіга, названа так на честь її першовідкривача – німецького хіміка, лауреата Нобелівської премії 1979 року Георга Віттіга. В найпростішому варіанті вона представляє собою взаємодію карбонільної сполуки, наприклад бензальдегіду, зі сполукою А. Реакція відбувається з утворенням нестійкої проміжної сполуки В, що містить чотиричленний цикл, а продуктом реакції є стирол (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>CH=CH<sub>2</sub>) та сполука С.



**2.1 Зобразіть** структурні формули сполук А–С, якщо А має наступний елементний склад – 82,59 % С; 6,20 % Н; 11,21 % Р.

<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>

Сполука А може бути отримана з бензену та метану за наступною схемою:



**2.2 Зобразіть** структурні формули сполук D–J.

<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>
<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>	

**2.3 Зобразіть** механізми утворення Е та І.

Механізми утворення Е

Механізми утворення I

### Задача 3. Періодична система.

Хімічні елементи **X**, **Y** та **Z** знаходяться в одній групі, але в різних періодах, короткого варіанту ПС елементів Менделєєва та мають наступні властивості:

- Атомний радіус збільшується в ряду **X**<**Y**<**Z**.
- **X** реагує з **Y** та **Z** з утворенням найбільш характерних сполук **YX<sub>2</sub>** та **Z<sub>2</sub>X<sub>3</sub>**.
- У своїх максимальних ступенях окислення для **Y** та **Z** характерні сполуки з **X** однакового складу **YX<sub>3</sub>** та **ZX<sub>3</sub>**.
- За певних умов **ZX<sub>3</sub>** здатен реагувати з **YX<sub>2</sub>** з утворенням **Z<sub>2</sub>X<sub>3</sub>** та **YX<sub>3</sub>**.

**Виходячи з цих даних визначте:**

**3.1 Найбільш вірогідні коефіцієнти** в сполуці **Z<sub>a</sub>Y<sub>b</sub>X<sub>c</sub>** – що є стійкою сполукою іонної будови.

<b>Z<sub>a</sub>Y<sub>b</sub>X<sub>c</sub></b>	
------------------------------------------------	--

**3.2 Хімічні елементи X, Y, Z.**

<b>X -</b>	<b>Y -</b>	<b>Z -</b>

**3.3 Якого складу** будуть характерні для інших елементів цієї групи сполуки з **X**.

--

**3.4** За допомогою правила октету та теорії валентних зв'язків **поясніть причини** менш вигідного утворення сполук **YX<sub>3</sub>** порівняно з **YX<sub>2</sub>**. **Зобразіть** відповідні резонансні структури Льюїса.

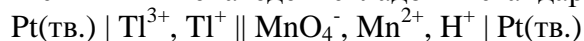
--

**3.5 За яких умов** можна провести реакцію **ZX<sub>3</sub>** з **YX<sub>2</sub>** з утворенням **Z<sub>2</sub>X<sub>3</sub>** та **YX<sub>3</sub>**? **Які продукти** будуть утворюватися при спробі проведення зворотної реакції **Z<sub>2</sub>X<sub>3</sub>** та **YX<sub>3</sub>**? **Відповідь доведіть рівняннями відповідних реакцій.**

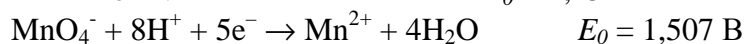
--

## Задача 4. Електрохімія.

Розглянемо електрохімічну комірку, що складається з двох склянок, з'єднаних сольовим містком. В кожну склянку занурено платиновий електрод та наліті розчини, що містять нижченаведені складові в стандартних концентраціях:



Відповідні електрохімічні напівреакції мають такий вигляд:



**4.1 Наведіть** рівняння напівреакцій та повної реакції для такої комірки і **визначте** значення  $E_0$  і константу рівноваги  $K$  повної реакції.

Анод:

Катод:

Сума:

$E^0$  (комірки) =

$K$  =

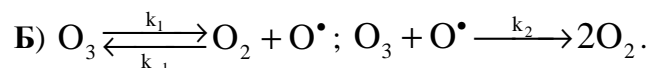
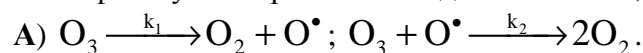
**4.2 Яка кількість** електрики (Кулон) переноситься, коли в реакції про яку йдеться в п.4.1 змінюють ступінь окиснення 5,0 мг талій катіону?

**4.3** Визначте потенціал такої комірки, якщо у склянках в момент приготування наявні такі концентрації компонентів (моль/л):  $\text{Tl}^{3+}$  та  $\text{Tl}^+$  по 0,010;  $\text{MnO}_4^-$  0,001,  $\text{Mn}^{2+}$  0,002 за  $\text{pH}=3,00$ .

**4.4 Наведіть** умовний запис електрохімічної комірки, описаної в питанні 4.3.

## Задача 5. Озон.

Для розкладу озону в газовій фазі було запропоновано два механізми, а саме:



**5.1 Вкажіть**, який з цих механізмів є більш реальним з огляду на експериментальний факт, що введення молекулярного кисню у реактор призводить до інгібування розкладу озону?

**5.2 Виведіть** рівняння швидкості розкладу озону для вибраного Вами механізму.

**5.3** Ланцюгові реакції відносять до реакцій змінного кінетичного порядку. **Підтвердіть це** для реакції розкладу озону, розглянувши початкову швидкість процесу за умови, що кисень в початковий момент реакції був відсутній.

Експериментально знайдено, що швидкість реакції розкладу озону описується рівнянням

$$-\frac{d[\text{O}_3]}{d\tau} = k_{\text{ef}} \frac{[\text{O}_3]^2}{[\text{O}_2]}$$

**5.4 Чому дорівнює  $k_{\text{ef}}$  та який висновок можна зробити** на основі цього рівняння щодо лімітуючої стадії процесу?

Експериментально знайдено, що для оборотної стадії процесу  $K_1 = 7,7 \cdot 10^4 \cdot \exp(-24600/RT)$ , а  $k_2 = 2,96 \cdot 10^{10} \cdot \exp(-6000/RT)$  л·моль<sup>-1</sup>·с<sup>-1</sup>.

**5.5 Виведіть залежність  $k_{\text{ef}}$  від температури та розрахуйте значення** цієї константи для стандартної температури.

## Задача 6. Ізомери 2.

Серед вуглеводнів формули  $C_4H_6$  є вуглеводень **X1**, що проявляє цікаві властивості у ІЧ спектрі. Вперше від був отриманий у 30-х роках минулого століття незалежно групами американських та радянських хіміків. Ці два синтези розрізнялися на початкових та кінцевих стадіях. Нижче наведено їх схему. При вивченні реакцій ізомеризації вуглеводню **X1** виявилось, що при пропусканні його у атмосфері азоту над оксидом алюмінію, імпрегнованим натрієм, утворюється виключно вуглеводень **X2**. А при пропусканні його над субмікрористалічною глиною флоридин він частково ізомеризується у 1,3-бутадієн та у вуглеводень **X3**. Нижче наведено ІЧ спектри вуглеводнів **X1-X3**.

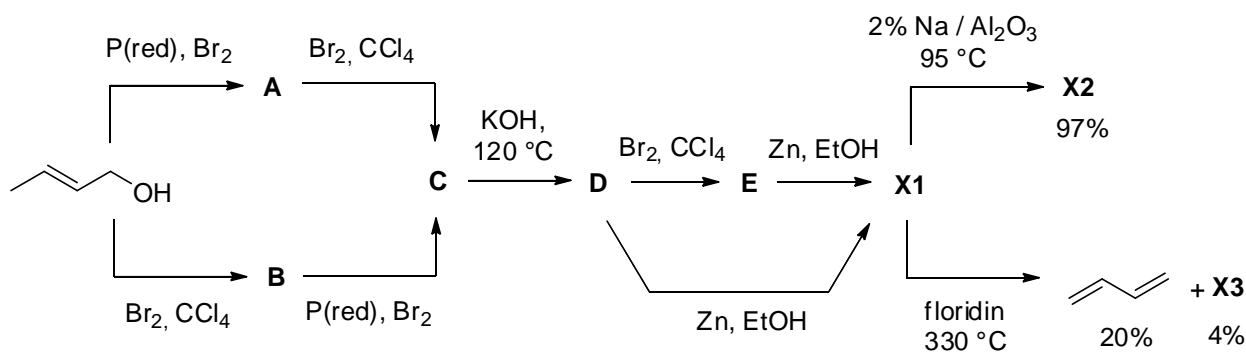
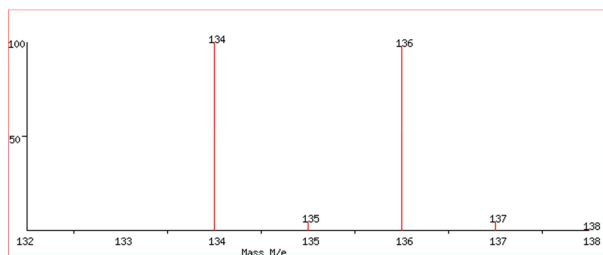
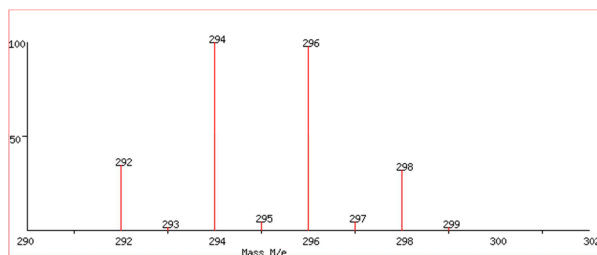


Схема 1. Отримання ізомерних вуглеводнів **X1-X3**.

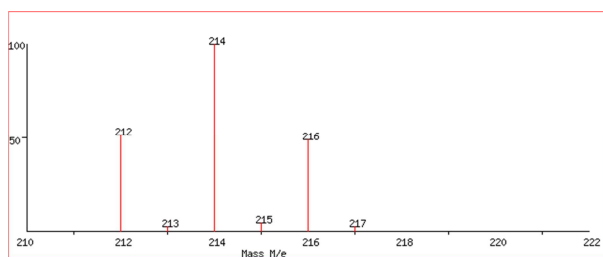
**6.1 Розшифруйте сполуки А-Е та X1-X3**, якщо додатково наведені області мас-пиків відповідних мас-спектрів сполук **A, C-E**.



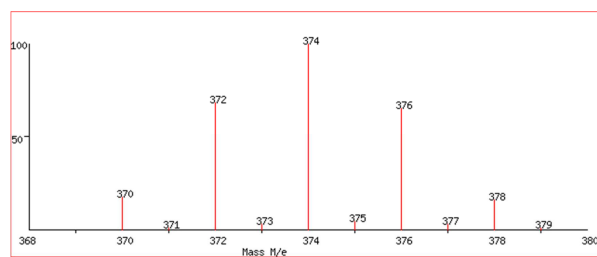
Мас-спектр сполуки **A**



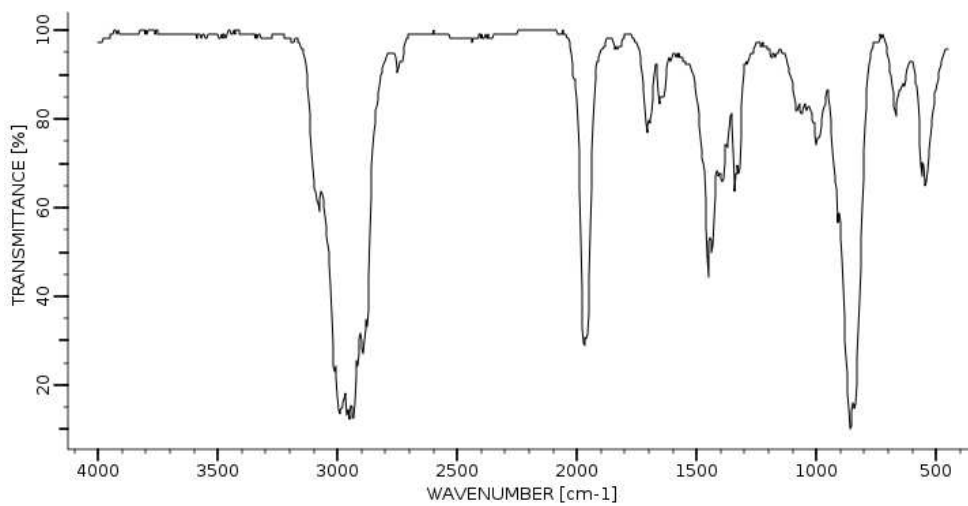
Мас-спектр сполуки **C**



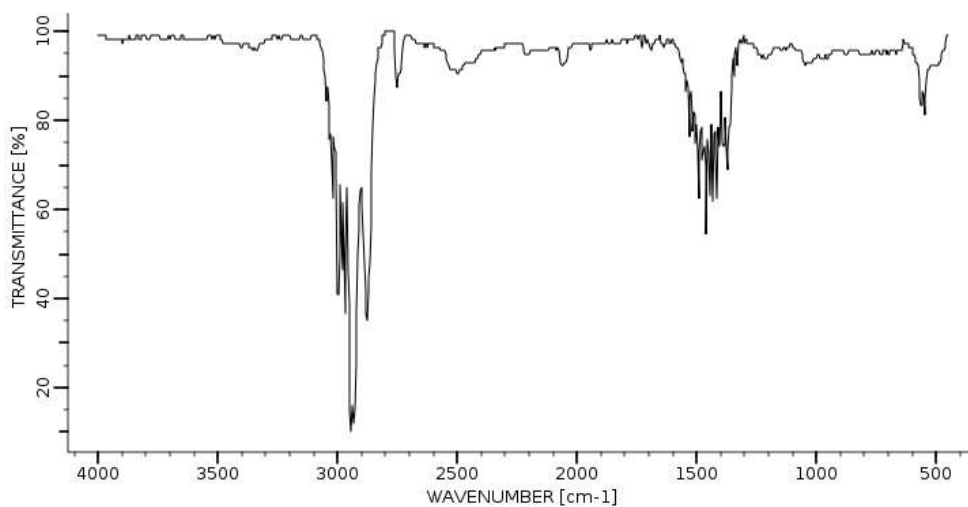
Мас-спектр сполуки **D**



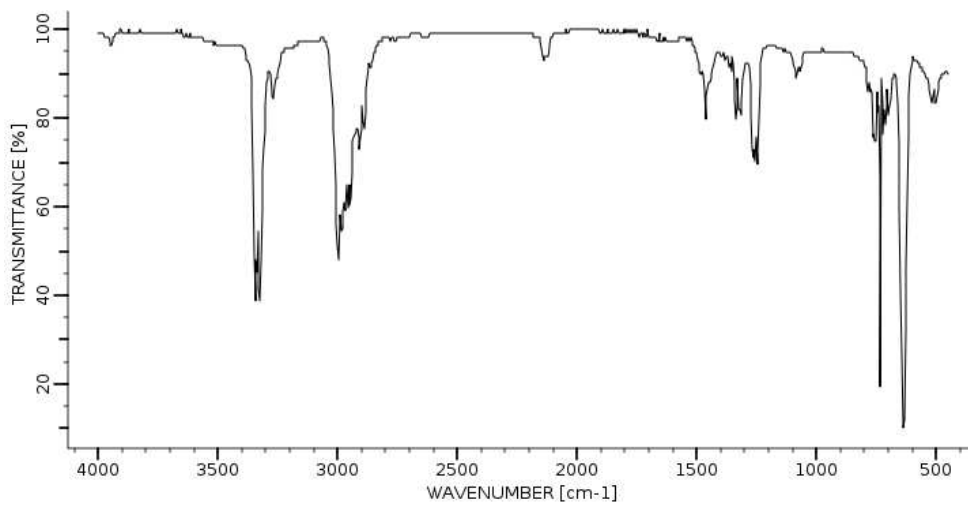
Мас-спектр сполуки **E**



**Рис.1** ІЧ спектр сполуки X1



**Рис 2** ІЧ спектр сполуки X2



**Рис 3** ІЧ спектр сполуки X3

<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
----------	----------	----------

<b>D</b>	<b>E</b>	
<b>X1</b>	<b>X2</b>	<b>X3</b>

**6.2** Поясніть, за причини присутності або відсутності яких смуг поглинання у ІЧ спектрах, Ви розшифрували структури сполук **X1-X3**. До яких груп співвідносяться ці смуги поглинання?

<b>X1</b>	
<b>X2</b>	
<b>X3</b>	

**6.3** Поясніть вид області піка молекулярного іону для сполук **B-E**.

Іншою цікавою сполукою формули  $C_4H_6$  є сполука **X4**. Препаративний метод отримання цієї сполуки був описаний Гарі Лампманом та Джеймсом Аумілером з Західно-Вашингтонського університету у 1971 році. Схема отримання **X4** наведена нижче. Цікавою спектральною особливістю цієї сполуки було те, що вона мала у  $^{13}C$  ЯМР спектрі два сигнали: при 33 та  $-3$  (!) м.ч. Крім того сполука виявляє незвичні хімічні властивості.

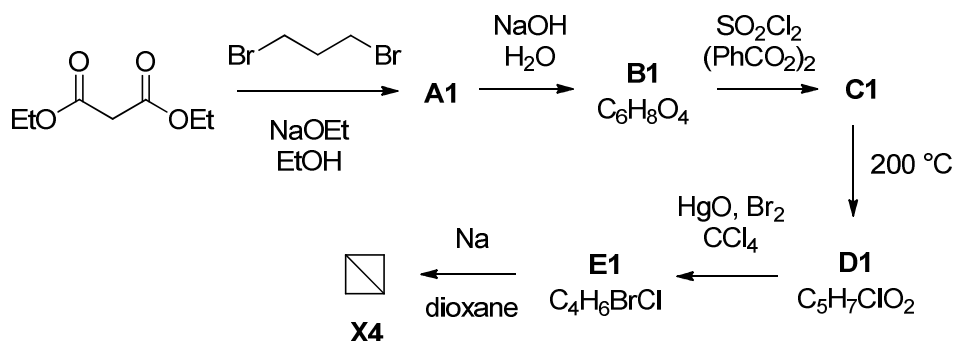
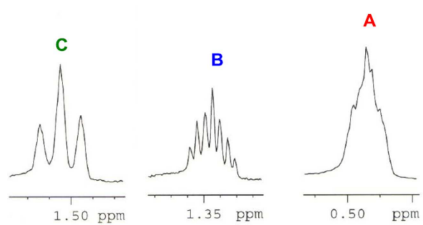


Схема 2. Отримання вуглеводню **X4**.

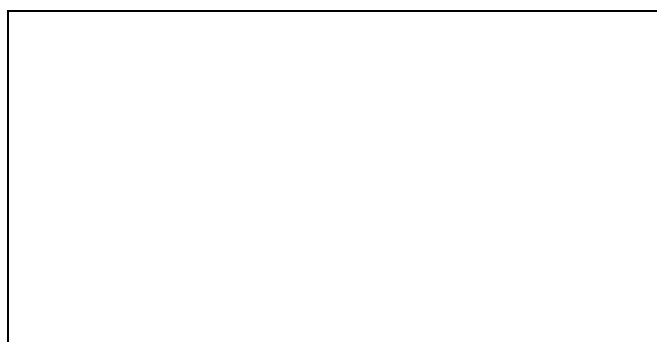
**6.4** Розшифруйте сполуки A1-E1, якщо відомо, що сполуки **D1** та **E1** існують у вигляді двох діастереомерів, кожен з яких має площину симетрії.

<b>A1</b>	<b>B1</b>	<b>C1</b>
<b>D1</b>	<b>E1</b>	

6.5 Співвіднесіть сигнали у  $^1\text{H}$  та  $^{13}\text{C}$  ЯМР спектрі сполуки **X4**.



Сигнали у  $^1\text{H}$  ЯМР спектрі сполуки **X4**





## Задача 7. Аналіз мінералу.

*Колись давно, коли телефони мали наборні диски, фотографії знімали на чорно-білу плівку і друкували вдома, комп'ютери займали цілу кімнату, а «Пенсі-Колу» продавали у скляних пляшках по 0,33 л, студенти Хімічного факультету були настільки суворі, що робили все це руками...*

Деякий оксидний мінерал містить сіліцій, алюміній, ферум, титан, кальцій, магній та натрій.

Пробу мінералу вагою близько 200 г розбили молотком на дрібні шматки, які у ступці подрібнили у грубий порошок (1-2 мм). *Цей порошок розмістили на листі паперу у вигляді кола, розділили ножом на 4 сектори, 2 протилежні сектори прибрали, а 2, що залишилися – зібрали, перемішали і знов розділили на сектори та відкинули 2 сектори з 4. Так робили доти, доки не отримали пробу вагою близько 10 г. Цю пробу ретельно перетерли в агатовій ступці.*

Відібрали 1,0000 г від одержаного порошку, змішали з 3 г  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  та сплавляли у платиновому тиглі при  $900^\circ\text{C}$ .

**7.1 Напишіть** рівняння всіх реакцій, що відбуваються.

**7.2 Вміст якого з елементів** мінералу принципово неможливо визначити при застосованій пробопідготовці?

Одержаний розплав охолодили, перенесли у фарфорову чашку, *розчинили у концентрованій хлоридній кислоті, випарили до сухого осаду та знов розчинили у хлоридній кислоті.*

Одержаний осад **1** відфільтрували, промили розведеною хлоридною кислотою, після чого – гарячою водою, перенесли у платиновий тигель, висушили та прожарили на повітрі при  $1000^\circ\text{C}$ . Маса осаду склала 0,6350 г.

**7.3 Поясніть** необхідність та хімічний зміст кроків методики, позначених курсивом. **Напишіть** рівняння всіх реакцій, що відбуваються.

**7.4 Вкажіть** склад осаду (якісний і кількісний).

Фільтрат та промивні води після відділення осаду **1** зібрали у мірну колбу 250 мл та довели до мітки (розчин **1**). Відібрали 100 мл розчину **1**, додали декілька краплин метилоранжу, *нагріли до кипіння* та додали розчин амоніаку до переходу забарвлення в оранжеве. Осад **2** промили гарячою водою, висушили та прожарили при  $1000^\circ\text{C}$ . Маса осаду склала 0,0820 г. Фільтрат та промивні води після досліду ретельно зібрали (розчин **2**).

**7.5 Поясніть** необхідність та хімічний зміст кроків методики, позначених курсивом. **Напишіть** рівняння всіх реакцій, що відбуваються.

**7.6 Вкажіть** склад осаду **2** (якісний і кількісний).

Іншу порцію розчину **1** (100 мл) осадили розчином амоніаку аналогічно до попереднього пункту. Одержаний осад **2** промили та розчинили у  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (1:4). Об'єм розчину довели до 50 мл (розчин **3**).

**7.7 Вкажіть** склад розчину **2**.

**7.8 Напишіть** рівняння всіх реакцій, що відбуваються. **Вкажіть** склад розчину **3**

До аліквоти 20 мл розчину **3** додали 5 мл розчину  $\text{SnCl}_2$  (концентрація  $\sim 0,025$  моль/л) та відтитрували 0,01 моль/л розчином  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  з потенціометричною індикацією точки еквівалентності (різниця потенціалів між платиновим та хлорсрібним електродами). Отримали криву з двома перегинами при 1,20 та 4,20 мл  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ .

**7.9 Напишіть** рівняння всіх реакцій, що відбуваються на цьому етапі аналізу розчину **3**. **Зробіть розрахунки** вмісту елементу, який визначають на цьому етапі.

Іншу аліквоту розчину **3** (10 мл) відібрали у мірну колбу об'ємом 25 мл, додали 5 мл 3%-го розчину  $\text{H}_2\text{O}_2$ , 1 мл ортофосфатної кислоти, довели водою до мітки та виміряли оптичну густину при 420 нм у кюветі 1 см. Вона становила  $A = 0,36$ .

Аналогічний дослід, проведений із додаванням у колбу об'ємом 25 мл 10 мл розчину **3**, 5 мл розчину  $\text{TiOSO}_4$  (0,1 г/л Ti), та всіх інших реактивів, дав значення оптичної густини  $A = 0,58$ .

**7.10 Поясніть** необхідність та хімічний зміст кроків методики, позначених курсивом. Розрахуйте вміст  $\text{TiO}_2$ .

Всю порцію розчину **2** підкислили декількома краплями хлоридної кислоти (до червоного забарвлення, не забувайте, індикатор там вже є ☺). Нагріли до кипіння, додали розчин 1 г оксалатної кислоти та *нейтралізували* розчином амоніака до жовтого забарвлення індикатора. Осад, що випав, відфільтрували, промили водою та розчинили у  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (1:4). Отриманий розчин нагріли до  $+50^\circ\text{C}$ , та відтитрували 0,01М розчином  $\text{KMnO}_4$ , його витратилося 13,6 мл.

**7.11 Напишіть** рівняння всіх реакцій, що відбуваються при аналізі розчину **2**.

**7.12** Підсумки аналізу мінералу. **Які елементи було визначено? Розрахуйте їх вміст** (у масових % елементів та відповідних оксидів). Який з елементів не визначали, хоча могли б це зробити?