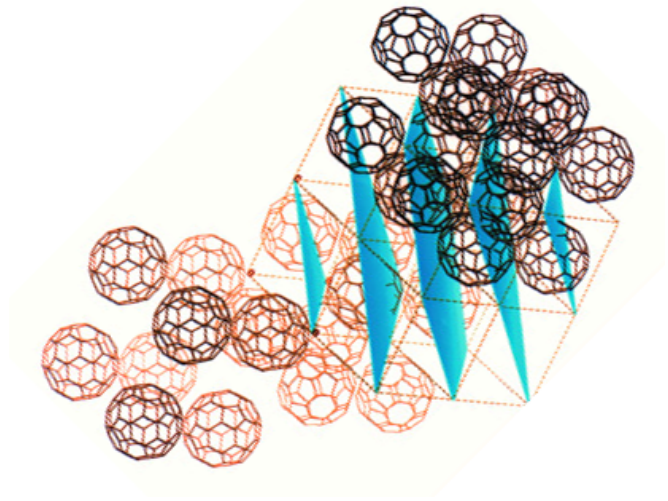
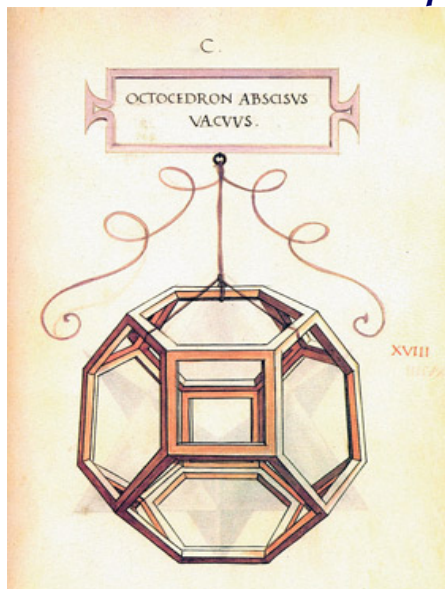


*до епохи нанотехнологій*



# **45 Всеукраїнська олімпіада з хімії IV етап**

*від знахідок Леонардо*



**Чернігів**

**2008**

**Міністерство освіти і науки України**

**Інститут інноваційних технологій і змісту освіти**

**Журі 45 Всеукраїнської олімпіади з хімії**

# **45 Всеукраїнська олімпіада з хімії**

## **IV етап**

### **Завдання**

**Web-сайт олімпіади**

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

**Голова журі**

Ю. В. Холін

**Заступники голови журі**

К.С. Гавриленко  
С.А. Неділько

**Куратори класів і турів**

О. Ю. Усенко  
Д. М. Волочнюк  
К.С. Гавриленко  
М.О. Колосов  
О. Ю. Ляпунов

**Представник Міністерства  
освіти і науки України, заступник  
голови оргкомітету**

Г. І. Мальченко

**Експерт олімпіади**

І. В. Комаров

При підготовці завдань теоретичних турів використано авторські задачі та ідеї

**М. Виборного**

**С. Колотілова**

**Р. Полуніна**

**Д. Волочнюка**

**І. Комарицького**

**П. Попеля**

**К. Гавриленка**

**І. Комарова**

**С. Пуніна**

**О. Григоренка**

**І. Кондратова**

**С. Рябухіна**

**О. Детістова**

**Л. Логінової**

**В. Сомова**

**О. Жикола**

**О. Ляпунова**

**В. Старости**

**Є. Калініченка**

**К. Мельникова**

**О. Усенка**

**Д. Кандаскалова**

**П. Михайлюка**

**Ю. Холіна**

**О. Коваленко**

**С. Неділька**

**А. Чорного**

**М. Колосова**

**Є. Остапчука**

Завдання експериментальних турів підготовлено викладачами Чернігівського державного педагогічного університету ім. Т.Г. Шевченка

**С. Грузною, А. Демченко, Т. Куратовою, І. Курмаковою,  
О. Макей, П. Самойленко**

© 2008 Журі 45 Всеукраїнської олімпіади з хімії

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

# **ЗМІСТ**

**До 45-річчя Всеукраїнських хімічних олімпіад**

**Журі 45-ї Всеукраїнської олімпіади з хімії**

**Теоретичні тури 45-ї Всеукраїнської олімпіади з хімії.  
Завдання і розв'язки (українською та російською мовами)**

**Експериментальні тури 45-ї Всеукраїнської олімпіади з хімії**

**Програма IV етапу Всеукраїнської олімпіади з хімії**

**До викладачів, науковців, учителів, студентів, аспірантів**

# **До 45-річчя Всеукраїнських хімічних олімпіад**



## Українським хімічним олімпіадам – 45 років

Нобелівський лауреат Ганс Сельє стверджував: «Культура, здоров'я й міць нації залежать перш за все від її творчих фундаментальних дослідників, від яйцеголових. Але важливо рано розпізнати перспективного фундаментального дослідника тоді, коли він потребує підтримки для розвитку своїх особливих дарувань».



На Україні збереглася система виявлення обдарованої молоді, роботи з нею. Цю систему складають предметні олімпіади юних математиків, фізиків, хіміків, Мала академія наук, турніри школярів, спеціалізовані ліцеї й гімназії. Ця система діє. Завдяки ній і сьогодні юний український Ломоносов знайде свою стежку до хорошої освіти й науки. Школярі, які рано показали свої здібності, перемагали на олімпіадах і конкурсах, часто в майбутньому стають ученими-дослідниками, іноді й найвищого рівня. У них змалку виховуються працьовитість, наполегливість, вміння заздалегідь планувати свою роботу, тверезо оцінювати свої досягнення і не пасувати перед труднощами та тимчасовими невдачами. Хіба не такими хочемо ми бачити інтелектуалів XXI сторіччя, здатних розвивати науково-технологічний потенціал України?

На жаль, гарантій, що наш Ломоносов реалізує свій потенціал на рідній землі, немає. Скажімо, переважна більшість членів команд України на Міжнародних хімічних олімпіадах 1994-2002 років (тих, хто вже здобув вищу освіту) зараз працює за фахом або навчається в аспірантурі в далекому та ближньому зарубіжжі. Причини цього явища добре відомі. Вони пов'язані з матеріальним забезпеченням освітян і науковців, занепадом матеріальної бази наукових досліджень, а, головне, з неготовністю українського суспільства та еліт докладати зусилля, вкладати серйозні ресурси, навіть нести жертви заради переводу країни на інноваційний шлях розвитку.

Попри всі труднощі, шанси на такий розвиток зберігаються. Ї існуватимуть доти, доки національна система освіти буде здатною відтворювати інтелектуалів, обізнаних в методах і проблемах сучасного природознавства, здатних розв'язувати складні творчі завдання.

Невід'ємною складовою саме такої вітчизняної освітньої системи вже сорок п'ять років є й мають залишитися на майбутнє предметні олімпіади школярів. Додає оптимізму той факт, що олімпіадний рух став насправді всесвітнім, охопив усі континенти. Так, кількість країн-учасниць Міжнародних олімпіад зросла с трьох у 1968 році до сімдесяти цього року. І до числа цих країн вже півтора десятиріччя входить Україна. Результати участі команд України в Міжнародних та Менделєєвських хімічних олімпіади переконливо свідчать, що українські школярі на рівних змагаються з кращими збірними інших країн, що усталена система олімпіад – від шкільних до всеукраїнських – забезпечує збереження на Україні належного рівня роботи з обдарованою учнівською молоддю. Не можна не подякувати ентузіастам – вчителям, авторам задач, методистам, меценатам, які роблять все від них залежне, аби захоплені хімією талановиті юнак чи дівчина мали умови, щоб проявити свої здібності й успішно виступати на престижних інтелектуальних змаганнях. У цьому контексті слід згадати імена фахівців, які методично та організаційно забезпечували підготовку команд України та їхню участь у Міжнародних хімічних олімпіадах – доц. Г.М. Розанцева, Л.І. Титаренко, проф. В.В. Павлішука, С.В. Василенко, проф. В.К. Яцимирського, Г.І. Мальченко, проф. Ю.В. Холіна.

Я впевнений у майбутньому українських хімічних олімпіад, оскільки кожного року до роботи з обдарованими учнями і підготовки олімпіадних завдань долучаються нові творчі особистості, а автори задач (серед них чимало тих, хто ще вчора сам перемагав на олімпіадах) винаходять все нові типи завдань і роблять все можливе, щоб запропонувати учасникам насправді цікаві завдання.

Важливим чинником й те, що олімпіади, попри невпинний плин часу, зберігають найкращі традиції, закладені ще десятиріччя тому. Важко перелічити всіх, завдяки кому українські хімічні олімпіади стали важливим феноменом не лише освіти, але й суспільного життя в цілому. Проте, пригадуючи довгу і славу історію олімпіадного руху на Україні, не можу не згадати з глибокою шаною яскравих особистостей, високласних учених і педагогів, безкорисних ентузіастів – голів журі Всеукраїнських олімпіад Льва Івановича Бударіна, Івана Петровича Середу, Івана Івана Кочергу, експертів – Луку Корнійовича Мушкала та Дмитра Івановича Шейка. В хімічній науці та освіти, в олімпіадному русі, в житті всіх, кому пощастило бути з ними знайомими, вони залишили глибокий, незабутній слід.

Березень 2008 року

**Ю. Холін**, голова журі 45 Всеукраїнської олімпіади, доктор хімічних наук, професор, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки

**Від задуму до сьогодні****(до 40-річчя Всеукраїнських хімічних олімпіад)**

Серед різноманітних форм позакласної й позашкільної роботи з хімії олімпіади, активізуючи пропаганду хімічних знань, надаючи значну допомогу вчителям і методистам середньої школи, значно сприяють удосконаленню хімічної освіти в нашій країні, а за тим – і розвитку хімічної науки й промисловості.

Задум перших хімічних олімпіад почали реалізовувати у 1938 році в заочній формі Московський та Ленінградський університети. Наступного року була проведена і перша Всесоюзна олімпіада. Одночасно зароджувались і олімпіади з фізики та математики. Але лише в 1963 році стають реальними Всесоюзні предметні олімпіади за участю команд республік Союзу. Перша Всесоюзна хімічна олімпіада відбулася в Дніпропетровську. Надалі олімпіади стали проводити регулярно за участю в якості організаторів навчальних закладів, органів освіти, хімічного товариства ім. Д. І. Менделєєва.

Перша Всеукраїнська олімпіада юних хіміків була організована й проведена у Дніпропетровську на базі Дніпропетровського хіміко-технологічного інституту. Цей вуз провів перші десять олімпіад, а потім їх стали проводити інші навчальні заклади – класичні університети та педінститути із залученням вузів іншого підпорядкування.

За час проведення Всеукраїнських олімпіад юних хіміків сформувалась методична комісія при Міністерстві освіти України (Малеева Н.Т., Розанцев Г.М., Холін Ю.В., Попель П.П., Кочерга І.І., Волкова С.А., Швед О.М., Усенко О.Ю. та інші), яка виробила стратегію поетапного проведення, наповненості турів тощо. Складовою частиною діяльності методкомісії було постійне спілкування з методистами інститутів удосконалення вчителів, учителями. У свою чергу, методисти сприяли поширенню інформації щодо новин у хімії, методиці її викладання серед учителів шкіл у своїх областях. Помітний слід у становленні олімпіад та їх результативності залишили методисти: Мамонтова Л.А., Лемешук М.А., Івасенко О.І., Стоєцький А.Ф., Пучков М.П., Алексєєва О.А., Іванов О.В., Рижкова Л.В., Рязанцева Г.П.

Безперечно, рівень олімпіад визначали викладачі вищої школи України та вчені закладів Академії Наук, які працювали як голови журі (Середа І.П., Бударін Л.І., Ільченко А.Я.), експерти (Скопенко В.В., Шейко Д.І., Мушкало Л.К.), члени журі олімпіад Телегус В.С., Заєць М.М., Кінжибало В.В., Найдан В.М., Павліщук В.В.

Організаційно значний внесок зробили працівники Міністерства освіти України, які відповідали за стан і рівень олімпіад, – Ніколаєва Г.М., Березняк Є.С., Курило С.П., Толлок Н.Ф., Титаренко Л.І., Василенко С.В.

Зусилля організаторів за сорокарічну історію олімпіад в Україні сторицею віддячили результатами й нагородами учнів на Всесоюзній (тепер – Міжнародній Менделєєвській) та Міжнародній олімпіадах.

Лютий 2003 року

**І. Кочерга**, декан Ніжинського державного педагогічного університету ім. М. В. Гоголя, член журі Всеукраїнських хімічних олімпіад з 1973 року, член журі обласних хімічних олімпіад з 1965 року



„Через творче розв'язання задач стимулювати потяг учнів до хімії; сприяти встановленню дружніх відносин між молоддю різних країн; зміцнювати міжнародне співробітництво та взаєморозуміння”.

Правила Міжнародних хімічних олімпіад”, § 1



### Команди України на Міжнародних хімічних олімпіадах

Рік	Кількість країн-учасниць	Місце у неофіційному командному заліку	Нагороди			
			Золоті медалі	Срібні медалі	Бронзові медалі	Почесні грамоти
1994	39	18	<b>Денисенко Деніс</b>		<b>Бурикін Деніс</b> <b>Колотилов Сергій</b> <b>Нуза Юрій</b>	
1995	42	22		<b>Філінчук Ярослав</b>	<b>Крючков Максим</b> <b>Самотейкін Антон</b>	
1996	45	7		<b>Гранжан Антон</b> <b>Ходаківський Павло</b> <b>Марина Володимир</b>	<b>Федоровський Максим</b>	
1997	47	12	<b>Дерда Ратмир</b>	<b>Волочнюк Дмитро</b> <b>Язєв Олег</b>	<b>Федоровський Максим</b>	
1998	47	18		<b>Ушаков Дмитро</b> <b>Язєв Олег</b>	<b>Предеус Олександр</b>	<b>Кузько Віталій</b>

Рік	Кількість країн-учасниць	Місце у неофіційному командному заліку	Нагороди			
			Золоті медалі	Срібні медалі	Бронзові медалі	Почесні грамоти
1999	52	8		<b>Григоренко</b> Олександр <b>Черніченко</b> Костянтин <b>Артемов</b> Максим <b>Букреєв</b> Сергій		
2000	53	24		<b>Волін</b> Дмитро	<b>Михайлюк</b> Павло <b>Кулаго</b> Артем <b>Білоусов</b> Володимир	
2001	54	24			<b>Маринчук</b> Андрій <b>Смурний</b> Єгор <b>Опанасенко</b> Максим <b>Вшивенко</b> Сергій	
2002	57	4	<b>Панов</b> Дмитро	<b>Вечоркін</b> Олег <b>Радченко</b> Дмитро <b>Горохов</b> Антон		
2003	59	12	<b>Ковальов</b> Сергій	<b>Павленко</b> Сергій	<b>Туков</b> Олександр <b>Барнич</b> Богдан	
2004	64	4	<b>Драль</b> Павло <b>Полунін</b> Руслан	<b>Ткаченко</b> Антон <b>Забільський</b> Максим		
2005	59	11-12		<b>Виборний</b> Михайло <b>Забільський</b> Максим <b>Вітрук</b> Ігор	<b>Шелеп'юк</b> Андрій	
2006	66	15	<b>Шевченко</b> Максим	<b>Ломака</b> Михайло <b>Глущенко</b> Микола	<b>Мельничук</b> Іван	
2007	68	17		<b>Червак</b> Остап	<b>Ткаченко</b> Володимир <b>Поліщук</b> Кирило <b>Балабон</b> Ольга	
<b>Разом</b>			<b>7</b>	<b>25</b>	<b>22</b>	<b>1</b>

## **ЖУРІ**

### **45 Всеукраїнської олімпіади з хімії**

ХОЛІН Ю.В.	проректор Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, професор, доктор хімічних наук (голова)
ГАВРИЛЕНКО К.С.	старший науковий співробітник Науково-виробничого хіміко-біологічного центру Київського національного університету імені Тараса Шевченка, кандидат хімічних наук (заступник голови)
НЕДІЛЬКО С.А.	професор Київського національного університету імені Тараса Шевченка, доктор хімічних наук (заступник голови)
ЧУЙКО Ю.І.	методист Харківського обласного науково-методичного інституту безперервної освіти (секретар)
БАСАНЕЦЬ В.В.	вчитель Богородчанської ЗОШ І-ІІІ ступенів № 1 Івано-Франківської області
БЕРЕЗАН О.В.	вчитель Нововолинського обласного ліцею-інтернату Волинської області, кандидат педагогічних наук
ВАРГАЛЮК В.Ф.	декан Дніпропетровського національного університету, професор, доктор хімічних наук
ВИБОРНИЙ М.А.	студент Київського національного університету імені Тараса Шевченка
ВОЛОЧНЮК Д.М.	науковий співробітник Інституту органічної хімії НАН України, кандидат хімічних наук (за згодою)
ГРИГОРЕНКО О.О.	інженер Київського національного університету імені Тараса Шевченка, кандидат хімічних наук
ГРУЗНОВА С.В.	доцент Чернігівського державного педагогічного університету ім.Т.Г.Шевченка, кандидат хімічних наук
ДЕМЧЕНКО А.М.	професор Чернігівського державного педагогічного університету ім.Т.Г.Шевченка, доктор фармацевтичних наук
ДОВГИЙ І.І.	старший викладач Севастопольського Інституту ядерної енергії й промисловості
ДЯЧЕНКО В.Д.	декан Луганського національного педагогічного університету імені Тараса Шевченка, професор, доктор хімічних наук
ЖИКОЛ О.А.	науковий співробітник НТК "Інститут монокристалів" НАН України, кандидат хімічних наук (за згодою)
ЗІЛЬБЕРМАН А.А.	старший викладач Одеського обласного інституту удосконалення вчителів
КАЛІНІЧЕНКО Є.О.	аспірант Донецького національного університету
КАНДАСКАЛОВ Д.В.	студент Київського національного університету імені Тараса Шевченка
КОЛОСОВ М.О.	доцент Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна, кандидат хімічних наук
КОЛОТІЛОВ С.В.	старший науковий співробітник Інституту фізичної хімії НАН України, кандидат хімічних наук (за згодою)
КОНДРАТОВ І.С.	інженер Інституту біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України (за згодою)

---

КУРАТОВА Т.С.	доцент Чернігівського державного педагогічного університету ім.Т.Г.Шевченка, кандидат хімічних наук
КУРМАКОВА І.М.	завідувач кафедри Чернігівського державного педагогічного університету ім. Т.Г. Шевченка, доцент, кандидат хімічних наук
ЛОГІНОВА Л.П.	завідувач кафедри Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна, доктор хімічних наук
ЛЯПУНОВ О.Ю.	науковий співробітник Інституту фізико-органічної хімії ім. Богатського НАН України, кандидат хімічних наук (за згодою)
МАКЕЙ О.П.	старший викладач Чернігівського державного педагогічного університету ім. Т.Г. Шевченка, кандидат фармацевтичних наук
МАЛАХОВА Н.М.	доцент Одеського національного університету ім. І.І. Мечникова, кандидат хімічних наук
МАЛЄЄВА Н.Т.	доцент Донецького національного університету, кандидат хімічних наук
МОСКАЛЕНКО О.В.	завідувач кафедри Ніжинського державного університету ім. Миколи Гоголя, доцент, кандидат хімічних наук
ОСТАПЧУК Є.О.	науковий співробітник НВП ТОВ "Снамин"(за згодою)
ОМЕЛЬЯНЧИК Л.О.	декан Запорізького національного університету, професор, доктор фармацевтичних наук
ПОЛУНІН Р.А.	студент Київського національного університету імені Тараса Шевченка
ПОПЕЛЬ П.П.	доцент Київського національного університету імені Тараса Шевченка, кандидат хімічних наук
ПРОЦ Д.І.	завідувач кафедри Волинського національного університету ім. Лесі Українки, доцент, кандидат хімічних наук
ПУНІН С.В.	науковий співробітник НВП "Укроргсинтез" (за згодою)
РОЗАНЦЕВ Г.М.	доцент Донецького національного університету, кандидат хімічних наук
РЯБУХІН С.В.	науковий співробітник НВП ТОВ "Снамин" (за згодою)
САМОЙЛЕНКО П.В.	доцент Чернігівського державного педагогічного університету ім. Т.Г. Шевченка, кандидат педагогічних наук
СЛЄТА Л.О.	доцент Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна, кандидат хімічних наук
СОЛДАТКІНА Л.М.	доцент Одеського національного університету ім. І.І. Мечникова, кандидат хімічних наук
СОМОВ В.М.	старший викладач Волинського національного університету ім. Лесі Українки
СТАРОСТА В.І.	професор Ужгородського національного університету, доктор педагогічних наук, кандидат хімічних наук
СУГАТОВ О.П.	вчитель ЗОШ І-ІІІ ступенів № 10 м. Керчі Автономної Республіки Крим
УСЕНКО О.Ю.	директор ТОВ "Сігмафарм" (за згодою)
ЧЕРНІЙ М.В.	вчитель ЗОШ І-ІІІ ступенів № 4 м. Вінниці

# **Теоретичні тури 45-ї Всеукраїнської олімпіади з хімії**

## **Завдання**

### Шановні учасники олімпіади!

1. При виконанні завдань дозволяється користуватися лише зошитом, ручкою і таблицею Періодичної системи елементів і довідковими матеріалами, виданими організаторами. Дозволяється користуватися власними олівцями, лінійками і непрограмованими калькуляторами. Користуватися шпаргалками, мобільними телефонами, додатковими довідковими матеріалами, консультуватися з будь-якими особами, окрім кураторів класів, **ЗАБОРОНЕНО**. ПОРУШЕННЯ ЦИХ ПРАВИЛ МОЖЕ ПРИВЕСТИ ДО СКАСУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ТУРУ.

2. З питаннями щодо правильного розуміння змісту завдань звертайтеся до куратора, якого до класу запросить черговий.

3. На розв'язання завдань відводиться 4 години. Час закінчення туру вказується на дошці. Затримка зі здачею зошиту з розв'язками на 5 хвилин чи більше веде до скасування результатів туру.

4. 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.

5. Розв'язання кожної задачі розпочинайте з нової сторінки. Чітко позначайте номер задачі, що розв'язується. Якщо до розв'язування певної задачі ви поверталися декілька разів, наприкінці кожного з фрагментів розв'язку пишiть: "Продовження розв'язку див. після задачі \_\_\_".

6. Якщо для відповіді на питання задачі вам видано АРКУШ ВІДПОВІДЕЙ, всі свої відповіді записуйте лише у спеціально відведених для цього місцях на АРКУШІ ВІДПОВІДЕЙ.

7. Для чернетки виділяється друга половина зошиту. Записи в чернетці не перевіряються і не оцінюються.

8. При нестачі паперу звертайтеся до чергового в класі з проханням видати додатковий зошит.

9. Викладайте розв'язки завдань зручною для вас мовою. Граматичні помилки не впливають на оцінку роботи.

### Корисна інформація

стала Авогадро $N_A = 6.02 \cdot 10^{23}$ моль <sup>-1</sup>	мольний об'єм ідеального газу за н.у. $22.4$ л·моль <sup>-1</sup> .
заряд електрона $1.6021892 \cdot 10^{-19}$ Кл	рівняння стану ідеального газу (Менделєєва-Клапейрона) $PV = nRT$
універсальна газова стала $R = 8.314$ Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup>	формула Планка $E = h\nu$
стала Планка $h = 6.63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с	закон Бера-Бугера-Ламберта $A = \epsilon c l$
швидкість світла у вакуумі $c = 3 \cdot 10^8$ м·с <sup>-1</sup>	$\Delta_r G^\circ = -RT \ln K = -nFE_{cell}^\circ$
стала Фарадея $1 F = 96500$ Кл·моль <sup>-1</sup>	рівняння Нернста $E = E^0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{\Pi(Ox_i)^{v_i}}{\Pi(Red_i)^{v_i}}$
нормальні умови (н.у.): температура $0^\circ\text{C}$ , тиск $1$ атм.	рівняння Арреніуса $k = A \exp\left(-\frac{E_A}{RT}\right)$
	$1$ атм = $1,01325$ Бар = $1,01325 \cdot 10^5$ Па = = $760$ мм рт. ст.

## Періодична система елементів Д.І. Менделєєва

1 H 1.008																	18 He 4.003
3 Li 6.94	4 Be 9.01											13 B 10.81	14 C 12.01	15 N 14.01	16 O 16.00	17 F 19.00	18 Ne 20.18
11 Na 22.99	12 Mg 24.30	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.06	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 -	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	57-71	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 -	85 At -	86 Rn -
87 Fr -	88 Ra -	89-103	104 Rf -	105 Db -	106 Sg -	107 Bh -	108 Hs -	109 Mt -	110 Ds -	111 Rg -							

57 La 138.91	58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm -	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
89 Ac -	90 Th 232.04	91 Pa 231.04	92 U 238.03	93 Np -	94 Pu -	95 Am -	96 Cm -	97 Bk -	98 Cf -	99 Es -	100 Fm -	101 Md -	102 No -	103 Lr -

## Довідкові матеріали для учнів 11 класу

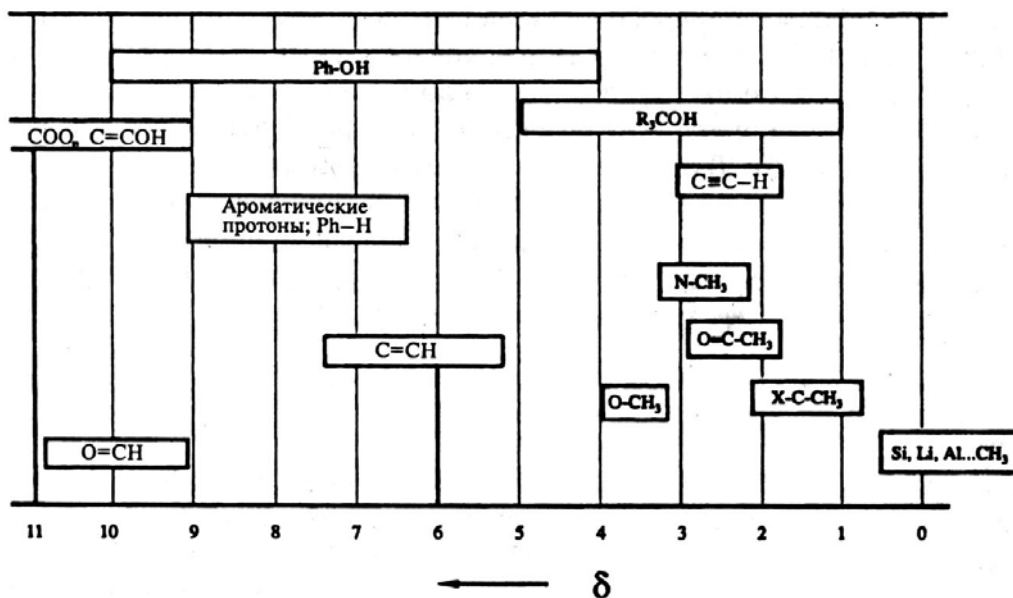
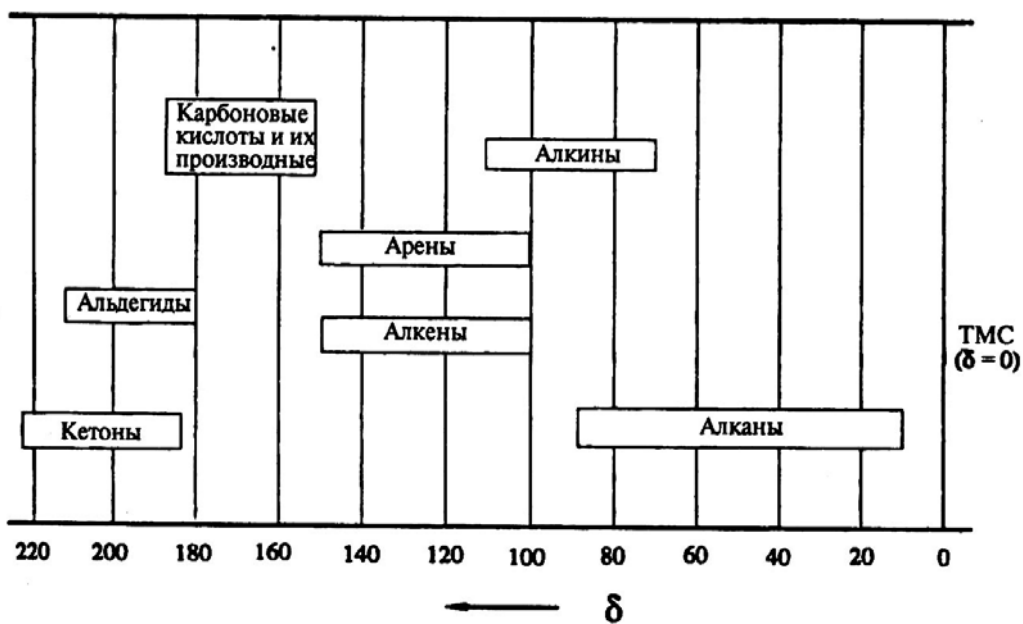
## Таблиця розчинності неорганічних сполук

Ионы	Br <sup>-</sup>	CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	CN <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>	I <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	OH <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	S <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
Ag <sup>+</sup>	н	м	н	н	н	р	н	р	-	н	н	м
Al <sup>3+</sup>	р	+	?	-	р	м	р	р	н	н	+	р
Ba <sup>2+</sup>	р	р	р	н	р	м	р	р	р	н	р	н
Be <sup>2+</sup>	р	+	?	+	р	р	р	р	н	н	+	р
Ca <sup>2+</sup>	р	р	р	н	р	н	р	р	м	н	м	м
Cd <sup>2+</sup>	р	р	м	+	р	р	р	р	н	н	н	р
Co <sup>2+</sup>	р	р	н	+	р	р	р	р	н	н	н	р
Cr <sup>3+</sup>	р	+	н	-	р	м	н	р	н	н	+	р
Cs <sup>+</sup>	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р
Cu <sup>2+</sup>	р	р	н	+	р	р	-	р	н	н	н	р
Fe <sup>2+</sup>	р	р	н	+	р	м	р	р	н	н	н	р
Fe <sup>3+</sup>	р	-	-	-	р	н	-	р	н	н	-	р
Hg <sup>2+</sup>	м	р	р	-	р	+	н	+	-	н	н	+
Hg <sub>2</sub> <sup>2+</sup>	н	м	-	н	н	м	н	+	-	н	-	н
K <sup>+</sup>	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р
Li <sup>+</sup>	р	р	р	р	р	н	р	р	р	м	р	р
Mg <sup>2+</sup>	р	р	р	м	р	н	р	р	н	н	н	р
Mn <sup>2+</sup>	р	р	н	+	р	р	р	р	н	н	н	р
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	р	р	р	р	р	р	р	р	р	-	+	р
Na <sup>+</sup>	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р
Ni <sup>2+</sup>	р	р	н	+	р	р	р	р	н	н	н	р
Pb <sup>2+</sup>	м	р	н	+	м	м	м	р	н	н	н	н
Rb <sup>+</sup>	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р
Sn <sup>2+</sup>	+	+	-	-	+	м	м	+	н	н	н	р
Sr <sup>2+</sup>	р	р	р	н	р	р	р	р	м	н	р	н
Tl <sup>+</sup>	м	р	р	р	м	н	н	р	р	м	н	м
Zn <sup>2+</sup>	р	р	н	+	р	м	р	р	н	н	н	р

**Обозначения:** р - хорошо растворимый, м - малорастворимый, н - практически нерастворимый, + - полностью реагирует с водой или не осаждается из водного раствора, - - не существует, ? - данные о растворимости отсутствуют.

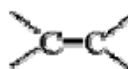
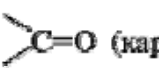
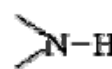
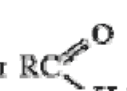

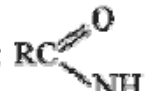




## Довідкові матеріали для учнів 11 класу

Хімічні зсуви ядер  $^1\text{H}$  в органічних сполукахХімічні зсуви ядер  $^{13}\text{C}$  в органічних сполуках

## Довідкові матеріали для учнів 11 класу

## Характеристичні частоти поглинання деяких груп атомів

Структурная единица	Частота, см <sup>-1</sup>	Структурная единица	Частота, см <sup>-1</sup>
Валентные колебания			
Одинарные связи		Кратные связи	
О–Н (спирты)	3600–3200	 (алкены)	1680–1620
О–Н (карбоновые кислоты)	3600–2500	 (карбонильные соединения)	1750–1710
	3500–3350	карбоновые кислоты	1725–1700
sp C–H	3320–3310	ангидриды кислот	1850–1740
sp <sup>2</sup> C–H	3100–3000	ацилгалогениды 	1815–1770
sp <sup>3</sup> C–H	2950–2850	сложные эфиры 	1780–1730
		амиды 	1780–1600
sp <sup>2</sup> C–O	1200		2200–2100
sp <sup>3</sup> C–O	1200–1025		2280–2240

*«И во внутренней логике химии,  
и в ее структуре, во всем, что  
создает химия, есть красота  
строгости логики, доказатель-  
ности, совершенства»*

*Академік РАН Анатолій Бучаченко*

## 8 клас

### I тур

#### Задача 1. Історична хімія

Протягом XVII-XIX ст. хіміки активно вели пошук нових елементів. Юний хімік зібрав деякі дані щодо цих учених та відкритих ними елементів у таблицю, але з часом загубив цей папірець та спробував відновити усі дані по пам'яті. Ось що він зміг згадати:

<i>Автор відкриття</i>	<i>Елемент</i>	<i>Походження назви елементу з латини</i>	<i>Рік відкриття</i>
Даніель Резерфорд	N	той, що утворює воду	1772
Бранд	O	той, що утворює кислоти	1774
Арфведсон	P	камінь	1669
Прістлі і Шеєле	H	той, що утворює селітру	1766
Муассан	F	той, що несе світло	1886
Кавендиш	He	тікти	1895
Рамзай	Li	сонце	1817

При цьому Юний хімік запам'ятав точно лише рік відкриття кожного з елементів.

1. Виправте всі невідповідності в таблиці Юного хіміка, створивши свою таблицю.

2. Які прості речовини (і скільки) відповідають наведеним елементам? Назвіть їх. Вкажіть агрегатний стан та колір кожної за стандартних умов.

3. Які з простих речовин, утворених даними елементами, реагують з водою? За яких умов? Наведіть рівняння відповідних хімічних реакцій.

4. Які бінарні сполуки з наведеними елементами може утворювати фосфор? В якій з них масова частка фосфору найбільша? Розрахуйте її.

### Задача 2. Перестав та визнач!

За даними хімічного аналізу було встановлено кількісний склад сполук: 1)  $\text{CaCl}_2\text{O}$ ; 2)  $\text{HClMgO}$ ; 3)  $\text{BaC}_2\text{H}_2\text{O}_6$ ; 4)  $\text{H}_4\text{N}_2\text{O}_3$ ; 5)  $\text{H}_{14}\text{ZnSO}_{11}$ .

1. Встановіть сполуки, назвіть їх, наведіть їхні формули. До яких класів вони відносяться?

2. Наведіть для кожної з цих сполук по дві принципово різні реакції.

### Задача 3. Вуглекислий газ у біосфері

Первинним джерелом діоксиду карбону в біосфері є вулканічна діяльність, пов'язана з дегазацією мантії та нижніх горизонтів земної кори. Круговорот та утилізація  $\text{CO}_2$  у природі здійснюється двома основними шляхами: а) за рахунок живих організмів (поглинання рослинами під час фотосинтезу та виділення  $\text{CO}_2$  під час дихання); б) так званім карбонатним шляхом, коли надлишок вуглекислого газу відкладається у вигляді мармуру та крейди. Останнім часом вміст  $\text{CO}_2$  в атмосфері стрімко зростає, зумовлюючи глобальне підвищення температури на Землі.

1. Де більша масова частка вуглекислого газу – у воді чи в повітрі й у скільки разів ( $20\text{ }^\circ\text{C}$ , 1 атм)? Розчинність вуглекислого газу у воді за цих умов складає  $88\text{ см}^3/100\text{ мл}$  води, а у повітрі його об'ємна частка дорівнює 0,030%. Середню молярну масу повітря прийміть за 29 г/моль, а густину води за 1 г/мл. Різницею об'ємів води та розчину  $\text{CO}_2$  знехтуйте.

2. Як би змінилась температура води, якби весь вуглекислий газ, що в ній міститься, миттєво перетворився би на глюкозу? Для розрахунків використайте термохімічне рівняння утворення глюкози:



Питома теплоємність води складає 4,18 кДж/(кг·К). Зміною об'єму розчину знехтуйте.

3. Куди переноситься під дією світового океану вуглекислий газ (від екватора до полюсів чи навпаки)? Які негативні наслідки можливі за відсутності такого переносу?

4. Як називається глобальне підвищення температури біосфери Землі, зумовлене зростанням концентрації CO<sub>2</sub>? Який механізм дії вуглекислого газу?

#### Задача 4. Майже незамінний оксид

Розповсюджений у природі оксид неметала **Е** має величезне практичне значення та широко використовується у народному господарстві. Юний хімік проаналізував оксид **Е** і знайшов, що масова частка **Е** у цьому оксиді складає 46±2%. Відомо, що зазначений оксид не реагує з водою, а **Е** знаходиться у 14 групі Періодичної системи елементів.

1. Визначте формулу оксиду.

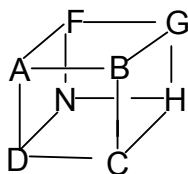
2. Напишіть по одному рівнянню реакцій цього оксиду з металом, неметалом, кислотою та сіллю, вкажіть умови проведення реакцій та де вони використовуються.

#### Задача 5. Хімічний «кубик-рубик»

*«Правильний розв'язок має бути не лише витонченим, але й простим»*

*Уотсон Дьюї*

Мільйони людей любляють чудову іграшку – кубик Рубіка. На перший погляд, досить важко одразу знайти правильну комбінацію перестановок, що б привела іграшку у початковий вигляд. Але згодом було доведено, що класичний кубик Рубіка можна зібрати, використавши не більше, ніж 26 поворотів. Останній рекорд часу зборки цієї логічної іграшки був встановлений 14 жовтня 2007 року. Він складає лише 9,77 секунди! Ми пропонуємо вам нову гру – хімічний “кубик-рубик”. Правила цієї гри трохи простіші. У вершинах куба розташовані деякі хімічні речовини, зашифровані літерами:



1. Запропонуйте такі речовини, які б відповідали даним перетворенням зі спонтанним перебігом реакції. Напрямок перетворень є довільним.

2. Поверніть одну з граней кубіка на  $90^\circ$  або на  $180^\circ$ . Зобразіть новий кубік, що утвориться, та вкажіть напрям та умови перетворень, що відповідають його ребрам.

**Обов'язкові правила гри у хімічний «кубик-рубик»:**

А. Зображаючи кубік-рубик, на схемі стрілочкою необхідно вказувати напрями перетворень (наприклад, перехід  $A \rightarrow B$  відповідає переходу від речовини А до речовини В).

Б. Для кожного хімічного перетворення потрібно записати рівняння реакції.

В. Речовини в іграшці не повинні повторюватись.

Г. Гравець може використовувати необхідні йому реагенти (неорганічні кислоти, луги, гази тощо).

**Порада:** найпростіше почати гру, прийнявши речовину А простою.

**Задача 6. «Зернятка в кишені»**

В романі Агати Крісті «Зернятка в кишені» Рекс Фортескью сконав після сніданку вдома, у так званій «тисовій хижині». Інспектор Ніл з'ясував, що причиною смерті містера Фортескью було отруєння алкалоїдом таксіном, який міститься в ягодах та листі саме тисового дерева. Цей алкалоїд діє через декілька годин після надходження до організму, вражаючи нервову систему та органи травлення. За припущенням інспектора, настоянку з тисових ягід злочинець підлив у каву, яка також є гіркою, і це завадило помітити отруту на смак.

До молекули таксіну входять карбон (масова частка в сполучі 66,37%), гідроген (7,62%), кисень (23,92%) та один атом невідомого елемента. Молярна маса таксіну менша за 1000 г/моль.

Масова частка таксіну в ягодах 0,15 %; діаметр ягоди 5 см; густина ягоди 0,4 г/см<sup>3</sup>; смертельна доза таксіну 0,0001 моль. Врахуйте, що лише 85% таксіну з ягід переходить в настоянку. Вважайте ягоди абсолютно сферичними.

1. Визначте молекулярну формулу таксіну та розрахуйте його молярну масу.
2. При згоранні таксіну в надлишку кисню утворюється три продукти (20°C): газ, рідина та проста речовина. Які це продукти?
3. Розрахуйте густина утвореної газової суміші за нормальних умов (1 атм, 0 °C).
4. Використовуючи наведені вище дані, розрахуйте мінімальну кількість ягід, необхідну для приготування отруйної настоянки (вважайте, що отруйним в цій настоянці є лише таксін).

### Задача 7. Нукліди

Відомі основні види радіоактивного розпаду:  $\alpha$  та  $\beta$ .  $\alpha$ -Розпад, характерний для елементів з атомними масами понад 140 а.о.м, полягає у випромінненні  $\alpha$ -частинки (ядро гелію,  ${}^4_2\text{He}$ ).  $\beta$ -Розпад являє собою викидання ядром  $\beta$ -частинки (електрон,  $-1e$ ) та часто конкурує з  $\alpha$ -розпадом. До явищ  $\beta$ -розпаду також відносять електронне захоплення (К-захоплення) та позитронний розпад, який завжди супроводжує К-захоплення та полягає у викиданні ядром позитрону ( $\beta^+$ -частинка або позитрон,  $+1e$ ).  $\gamma$ -Промені (жорстке випромінювання) спостерігаються при вказаних видах розпаду, а також при перетворенні нестабільних ядерних ізомерів на стабільні.

При розпаді нукліда  ${}^{212}\text{Bi}$  конкурують два основних процеси –  $\alpha$ -розпад (34 %) та  $\beta$ -розпад (64 %).

1. Запишіть схеми перетворень, якщо відомо, що обидва продукти ядерних реакцій перетворюються на стабільний нуклід Pb.
2. Запишіть схеми  $\alpha$ -розпаду таких ядер:  ${}^{233}\text{U}$ ,  ${}^{228}\text{Th}$ ,  ${}^{231}\text{Pa}$ .
3. Запишіть рівняння  $\beta^+$ -розпаду та К-захоплення для нукліда  ${}^{26}\text{Al}$ .

Відомі 4 радіоактивні ряди, родоначальниками яких є такі елементи:

${}^{232}\text{Th}$  ( $T_{1/2} = 1,4 \cdot 10^{10}$  років),  ${}^{238}\text{U}$  ( $T_{1/2} = 4,5 \cdot 10^9$  років),

${}^{235}\text{U}$  ( $T_{1/2} = 7,0 \cdot 10^8$  років),  ${}^{237}\text{Np}$  ( $T_{1/2} = 2,1 \cdot 10^6$  років).

4. Поясніть той факт, що, не дивлячись на порівняно малий період напіврозпаду, на Землі завжди присутні природні ізотопи  $^{226}\text{Ra}$  ( $T_{1/2} = 1600$  років) та  $^{218}\text{Po}$  ( $T_{1/2} = 3$  хв.), але відсутній ізотоп  $^{233}\text{U}$  ( $T_{1/2} = 1,6 \cdot 10^5$  років).

Для віднесення того чи іншого нукліда до певного ряду необхідно, щоб різниця в атомних масах цього нукліда та родоначальника ряду ділилася без залишку на 4. Час існування Землі оцінюється приблизно у 4,51 млрд. років.



## 8 клас

## II тур

## Задача 1. Нестійкі речовини

*Передивіться демонстрацію та заповніть таблицю. Використайте пам'ятку*

## План експерименту

У пробірках знаходяться водні розчини сульфату міді, йодиду калію, хлориду заліза(III) та тіосульфату натрію ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{KI}$ ). У дві пробірки з блакитним та жовтуватим розчинами по черзі приливають один з безбарвних розчинів, причому в кожній з пробірок з'являється коричневе забарвлення. При доливанні другого безбарвного розчину до пробірок з коричневим продуктом реакції забарвлення зникає.

Якщо змішати два інших вихідних розчини, у пробірці утворюється червоно-фіолетовий розчин, забарвлення якого поступово зникає впродовж декількох хвилин.

		Визначте речовини		Бал
Речовина		Забарвлення розчину	Формула	
1	<b>A</b>	_____	_____	<input type="text"/>
2	<b>B</b>	_____	_____	<input type="text"/>
3	<b>C</b>	_____	_____	<input type="text"/>
4	<b>D</b>	_____	_____	<input type="text"/>

## Зміни, що спостерігаються

<b>A + C</b>	_____
<b>→ + D</b>	_____
<b>B + C</b>	_____
<b>→ + D</b>	_____
<b>C + D</b>	_____
	_____

## Напишіть рівняння реакцій

5	<b>A + C:</b>	_____	<input type="text"/>
6	<b>B + C:</b>	_____	<input type="text"/>
7	[продукт реакцій 5 або 6] + <b>D:</b>	_____	<input type="text"/>
8	<b>B + D</b>	_____	<input type="text"/>
		_____	<input type="text"/>

9 Чому солі, які повинні утворитися у реакціях обміну, не існують?

---

10 Чому реакції **5** та **6** проходять миттєво, а **8** – повільно?

---

---

---

### Задача 2. Хамелеон

**Передивіться демонстрацію та дайте відповіді на питання. Використайте пам'ятку**

Колба з блакитним розчином (небесного кольору) відкривається та розчин у стакані поступово переходить у темно-зелений. До отриманого розчину обережно додають луг, при цьому випадає сіро-зелений осад. До нього додають надлишок лугу, при цьому осад розчиняється з утворенням темно-зеленого розчину. При дії пероксиду водню на цей розчин утворюється жовтий розчин. Жовтий розчин стає оранжевим при дії сульфатної кислоти. До частини розчину доливають надлишок сульфатної кислоти, при цьому випадає вишневий осад. Спирт при контакті з цим осадом самозаймається. При реакції оранжевого розчину з пероксидом водню утворюється синій розчин речовини **Н**.

**Відомо, що в завданні зашифровані такі речовини:  $\text{CrSO}_4$ ,  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Na}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6]$ ,  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{CrO}_3$ ,  $\text{CrO}_5$**

I		Визначте речовини А – Н		Бал
		Колір / агрегатний стан	Формула речовини	
1	<b>A</b>	Блакитний розчин	<hr/>	<input type="checkbox"/>
2	<b>B</b>	Зелений розчин	<hr/>	<input type="checkbox"/>
3	<b>C</b>	Сіро-зелений осад	<hr/>	<input type="checkbox"/>
4	<b>D</b>	Темно-зелений розчин	<hr/>	<input type="checkbox"/>
5	<b>E</b>	Жовтий розчин	<hr/>	<input type="checkbox"/>
6	<b>F</b>	Оранжевий розчин	<hr/>	<input type="checkbox"/>
7	<b>G</b>	Вишневий осад	<hr/>	<input type="checkbox"/>
8	<b>H</b>	Темно-синій розчин	<hr/>	<input type="checkbox"/>
<b>II</b>				
Напишіть рівняння реакцій (у молекулярній формі)				
9	<b>A</b> → <b>B</b> :	<hr/>		<input type="checkbox"/>
10	<b>B</b> → <b>C</b> :	<hr/>		<input type="checkbox"/>
11	<b>C</b> → <b>D</b> :	<hr/>		<input type="checkbox"/>

- |    |                       |       |                          |
|----|-----------------------|-------|--------------------------|
| 12 | <b>D</b> → <b>E</b> : | _____ | <input type="checkbox"/> |
| 13 | <b>E</b> → <b>F</b> : | _____ | <input type="checkbox"/> |
| 14 | <b>F</b> → <b>G</b> : | _____ | <input type="checkbox"/> |
| 15 | <b>F</b> → <b>H</b> : | _____ | <input type="checkbox"/> |

**III**

- |    |   |                          |
|----|---|--------------------------|
| 16 | Що у перекладі означає назва металу, що входить у сполуки <b>A</b> – <b>H</b> ?         | <input type="checkbox"/> |
| 17 | Напишіть рівняння реакції, за допомогою якої можна отримати розчин чистої солі <b>A</b> | <input type="checkbox"/> |
|    | _____   |                          |
|    | _____   |                          |



Розчин **A** зберігається у герметично закритій колбі у розчині сульфатної кислоти

Речовина **B** утворюється “спонтанно” з **A** при відкритті колби

Осад **C** утворюється з **B** при обережному додаванні лугу та розчиняється у його надлишку з утворенням **D**.

Речовина **E** утворюється з **D** при дії пероксиду водню

Речовина **F** утворюється з **E** при підкисленні, а при додаванні надлишку сульфатної кислоти випадає **G**.

Речовина **H** утворюється при дії пероксиду водню на підкислений розчин **F**.

**Задача 3. Молекули у просторі**

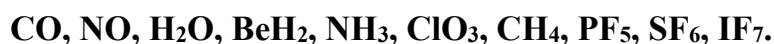
*Передивіться просторові зображення та заповніть таблицю*

I. Знайдіть відповідність між формулою та структурою чотириатомних молекул:



	Структура	Формула	Бал
1	<b>A</b>	_____	<input type="checkbox"/>
2	<b>B</b>	_____	<input type="checkbox"/>
3	<b>C</b>	_____	<input type="checkbox"/>

II. Знайдіть відповідність між формулою та структурою бінарних молекул різної стехіометрії. Зауважте, що деякі молекули можуть існувати у незвичайній формі.



	Структура	Формула	
4	<b>A</b>	_____	
5	<b>B</b>	_____	
6	<b>C</b>	_____	
7	<b>D</b>	_____	
8	<b>E</b>	_____	
9	<b>F</b>	_____	
10	<b>G</b>	_____	
11	<b>H</b>	_____	
12	<b>I</b>	_____	
13	<b>J</b>	_____	

#### Задача 4. Мінерали

*Співставте назви 10 відомих мінералів з їхніми хімічними формулами та зображеннями*

Мінерали: Алмаз, Галіт, Гіпс, Кварц, Кіновар, Малахіт, Пірит, Піролюзит, Рубін, Самородна сірка.

	Формула	Назва мінералу	Зображення	Бал
1	S	_____	_____	
2	(CuOH) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	_____	_____	
3	NaCl	_____	_____	
4	C	_____	_____	
5	HgS	_____	_____	
6	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	_____	_____	
7	FeS <sub>2</sub>	_____	_____	
8	CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	_____	_____	
9	MnO <sub>2</sub>	_____	_____	
10	SiO <sub>2</sub>	_____	_____	

*Зображення мінералів містять підказки!*

## 9 клас

## I тур

**Задача 1. Зелень Шеєле**

Зелень Шеєле є нерозчинною у воді основною сіллю, яка раніше використовувалася як компонент зеленої фарби для шпалер. Фарби на її основі мали красивий колір і були поширеними в Парижі XVIII – XIX ст. За високої вологості повітря один з елементів, що входить до складу цієї солі, утворює летючі отруйні речовини. Цей процес був причиною повільного отруєння тих, хто вирішив прикрасити свій будинок такими шпалерами. Існує думка, що Наполеон в 1821 році отримав таке хронічне отруєння на о. Св. Олени, що і стало причиною його смерті.

При розчиненні «зелені Шеєле» масою 5,90 г в розчині хлоридної кислоти, випадає білий осад масою 1,98 г. Цей осад відфільтрували та відновили цинком в хлоридній кислоті. При цьому віділилося 0,448 л газу (н.у.). Якщо до фільтрату додати луг, то утворюється синій осад, при прожарюванні якого утворюється чорний залишок масою 3,20 г, який можна відновити воднем до червоного металу. При прожарюванні на повітрі «зелень Шеєле» втрачає 12,2 % маси.

1. Визначте формулу «зелені Шеєле» та наведіть рівняння всіх згаданих реакцій.
2. Який з елементів, що входить до складу «зелені Шеєле», був причиною повільного отруєння?

**Задача 2. Активний хлор**

Вміст так званого «активного хлору» визначається в дезінфікованій ним питній воді та стічних водах, які доводиться хлорувати. Основною формою активного хлору є гіпохлоритна кислота  $\text{HClO}$  та її солі.

Для визначення концентрації активного хлору в шкільному басейні працівник санітарно-епідеміологічної станції приготував наважку  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  масою 0,125 г, розчинив її у воді, підкислив сульфатною кислотою та додав надлишок KI. На титрування добутого розчину з крохмалем в якості індикатора пішло 21,30 мл розчину  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Аналітик відібрав 1000 мл води з басейну, підкислив  $\text{HCl}$ , додав

надлишок KI і відтитрував розчином натрій тіосульфату з крохмальним індикатором. На титрування пішло 16,50 мл розчину  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ .

1. Визначте концентрацію активного хлору (мг/л) в шкільному басейні, прийнявши, що весь хлор знаходиться у вигляді  $\text{NaClO}$ , а масова частка активного хлору (%) у речовині чисельно дорівнює масі молекулярного хлору, що виділяє з розчину KI таку ж кількість  $\text{I}_2$ , що і 100 г речовини, яку аналізують.

2. Як змінюється молярна концентрація еквівалента розчину  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  при тривалому зберіганні? Відповідь аргументуйте.

3. Наведіть приклади трьох речовин, в яких масова частка активного хлору перевищує 100 %, розрахуйте значення масових часток.

4. Напишіть рівняння всіх згаданих реакцій.

### Задача 3. Кольорова задача

При взаємодії 14,04 г металу X з розчином кислоти Y (масова частка гідрогену складає 1,587%) виділяється безбарвний газ Z (об'єм за стандартних умов 1,06 л) та залишається розчин солі A. При взаємодії водних розчинів солей A та B утворюється осад C (молярна маса складає 925 г/моль), який має цікаві властивості: за  $t < 50^\circ\text{C}$  він жовтого кольору, а при  $t > 50^\circ\text{C}$  – червоного. Сіль B добувають так: метал D розчиняють в гарячій нітратній кислоті (при цьому утворюється сполука E – нітрат двовалентного металу з молярною масою  $300 \text{ г/моль} < M(\text{нітрат}) < 350 \text{ г/моль}$ ). При додаванні до розчину солі E розчину солі F (масова частка елемента J складає 76,5%) утворюється оранжево-червоний осад G, який розчиняється в надлишку розчину F, утворюючи прозорий розчин солі B.

1. Розшифруйте речовини A–G та X, Y, Z.

2. Напишіть рівняння реакцій.

3. Розрахуйте масу осаду C, що утворюється з 53,265 г металу D, якщо практичний вихід становить 65% від теоретично можливого.

4. Яка реакція відбувається при розчиненні речовини D в холодній розведеній нітратній кислоті?

**Задача 4. Електроліз**

Електроліз 400 г водного розчину з масовою часткою  $\text{CuSO}_4$  8% в електролізері з інертними електродами при силі струму 21,44 А продовжували до того моменту, поки маса розчину не зменшилася на 20,5 г.

1. Напишіть рівняння реакцій, що відбуваються на електродах при електролізі.
2. Розрахуйте масові частки сполук у розчині, добутому після завершення електролізу, та маси речовин, які утворилися на електродах.
3. Запишіть рівняння, що подають залежність від часу (с) загальної маси речовин, що утворюються на електродах під час електролізу.
4. Побудуйте графік залежності зміни маси розчину від часу.

**Задача 5. Розчинність**

Відомо, що  $\text{BaCO}_3$  – речовина малорозчинна.

1. Розрахуйте розчинність  $\text{BaCO}_3$  у воді (г/л).
2. Поясніть, чому при пропусканні  $\text{CO}_2$  через розчин  $\text{BaCl}_2$  не утворюється осад  $\text{BaCO}_3$ , тоді як при пропусканні  $\text{CO}_2$  через баритову воду осад утворюється.
3. Зобразіть просторову будову іона  $\text{CO}_3^{2-}$ , молекул  $\text{H}_2\text{O}$  та  $\text{CO}_2$ , вкажіть типи гібридизації центральних атомів та кратність усіх зв'язків.

Для довідки: добуток розчинності  $K_{\text{SO}}(\text{BaCO}_3) = 5 \cdot 10^{-9}$ , ступінчасті константи дисоціації  $K_{\text{a1}}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 4,5 \cdot 10^{-7}$ ,  $K_{\text{a2}}(\text{HCO}_3^-) = 4,7 \cdot 10^{-11}$ .

**Задача 6. Прожарювання доломіту**

При прожарюванні 2,30 г доломіту отримали 560 мл газу А (нормальні умови, густина 1,964 г/л) та твердий залишок Б, який містив дві речовини. Нагрівання цього залишку з вугіллям з наступною обробкою водою призвело до утворення трьох фаз: 0,42 л (н.у.) газової суміші В (густина за воднем  $D_{\text{H}_2} = 15,33$ ); осаду Г, маса якого після прожарювання склала 0,50 г; 500 мл розчину речовини Д. На титрування 25 мл цього розчину було витрачено 12,50 мл 0,1 М розчину  $\text{HCl}$ .

1. Визначте зашифровані речовини, якщо відомо, що А дає осад при пропусканні крізь надлишок баритової води.
2. Наведіть рівняння хімічних реакцій, згаданих у тексті.

3. Визначте масові частки (%) компонентів газової суміші.



## 9 клас

## II тур

## Задача 1. Незвичайна взаємодія

Юні хіміки знають, що при розчиненні вуглекислого газу у воді реакція середовища стає кислою. Менш відомо, що при низьких температурах між  $\text{CO}_2$  і  $\text{H}_2\text{O}$  відбувається взаємодія принципово іншого типу. Її наслідком є утворення продукту **X**, який є дуже нестійким і з підвищенням температури розкладається з утворенням вуглекислого газу та води (для реакції утворення **X**  $\Delta H^0 = -20,6$  кДж/моль). При розчиненні 1,000 г сполуки **X** у розрахованій кількості розведеного розчину  $\text{NaOH}$  утворюється розчин соли **Y**. Випарювання утвореного розчину та прожарювання залишку при високій температурі дає 0,697 г цієї ж соли **Y** у зневодненому стані.

Для довідки:  $\Delta H_{f,298}^{\circ}(\text{CO}_{2(g)}) = -394$  кДж/моль,  $\Delta H_{f,298}^{\circ}(\text{H}_2\text{O}_{(p)}) = -286$  кДж/моль,  $\Delta H_{f,298}^{\circ}(\text{NaOH}_{(тв)}) = -427$  кДж/моль,  $\Delta H_{f,298}^{\circ}(\text{Y}_{(тв)}) = -1132$  кДж/моль; ентальпії розчинення:  $\text{NaOH}$ : -42,4 кДж/моль, соли **Y**: -22,9 кДж/моль.

1. Визначте формули **X** та **Y**.
2. Напишіть рівняння реакції розчинення **X** у розчині  $\text{NaOH}$ .
3. Розрахуйте, яка кількість теплоти виділилася при розчиненні 1,000 г сполуки **X** у розрахованій кількості розведеного розчину  $\text{NaOH}$ .
4. До якого класу сполук належить речовина **X**?

## Задача 2. Загадкова рідина

При пропусканні сухого газуватого  $\text{BF}_3$  над рідким оксидом **A** (молярна маса 240,06 г/моль) до затвердіння утвореної суміші з наступним гідролізом продукту реакції 70%-ною сульфатною кислотою та подальшим виділенням олієподібної фракції вдається виділити шість сполук загального складу  $\text{X}_n\text{Z}_{3n-1}\text{Y}_2$ , де  $n$  приймає значення від 2 до 7. При термічному розкладі  $\text{X}_n\text{Z}_{3n-1}\text{Y}_2$  утворюється газова суміш сполук **B** (утворюється при нагріванні **A**) та **F** (масова частка елемента **Y** 37,25%). Масові частки елемента **Y** у цих сполуках наведено в таблиці.

n	2	3	4	5	6	7
масова частка Y, %	20,89	14,50	11,11	9,00	7,57	6,53

1. Розшифруйте елементи **X**, **Z**, **Y**, оксид **A** та гази **B**, **F**. Відповідь підтвердить розрахунками.
2. Зобразіть просторову будову молекул сполук, що входять до олієподібної фракції. Вкажіть тип гібридизація атома **Z** у цих сполуках.
3. Зобразіть просторову будову молекул оксиду **A** та  $\text{BF}_3$ .

Гідролізом будь-якої сполуки  $\text{X}_n\text{Z}_{3n-1}\text{Y}_2$  можна добути суміш двох кислот. При  $n = 4$  кислоти утворюються у мольному співвідношенні 1:1. При  $n = 3$  співвідношення складає 1:2. Одну з цих кислот отримують взаємодією **A** з безводною **HY**.

4. Встановіть формули невідомих кислот.
5. Розрахуйте рН розчину, що утворюється при гідролізі 22 мл ( $\rho = 1,88$  г/мл) фракції з  $n = 3$  у 12 л дистильованої води.

### Задача 3. Ліпотон

“Ліпотон” – біла тверда речовина, що використовується як пігмент. Добути її дуже просто: при зливанні водних розчинів бінарної сполуки **A** та сульфату двовалентного металу **B** утворюється білий осад **C** (після фільтрування та висушування масова частка  $S$  19,4%), який і є “ліпотоном”. Відомо, що “ліпотон” частково розчиняється в концентрованій нітратній кислоті з утворенням білого залишку **D**, в якому після фільтрування та висушування масова частка  $S$  складає 13,7 %.

1. Встановіть невідомі речовини.
2. Наведіть рівняння всіх згаданих в задачі реакцій.
3. Що станеться, якщо залишок **D** нагріти до  $1000^\circ\text{C}$ ?

### Задача 4. Напрямок реакцій

Раніше одним з поширених методів добування безводної нітратної кислоти була взаємодія твердих нітратів з концентрованою сірчаною кислотою. Але, якщо визначити зміну ентальпії при реакції  $\text{KNO}_3$  з сірчаною кислотою, то виявиться, що ця реакція йде з поглинанням теплоти.

1. Запишіть рівняння реакції  $\text{KNO}_3$  з сірчаною кислотою та розрахуйте для неї стандартну зміну ентальпії ( $\Delta H$ ) та енергії Гіббса ( $\Delta G$ ).
2. Поясніть, чому можливе протікання цієї реакції, незважаючи на її ендотермічний характер.
3. Чи можна добути  $\text{H}_2\text{SO}_4$  шляхом взаємодії  $\text{HNO}_3$  з  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ? Відповідь обґрунтуйте.
4. Наведіть приклад ще однієї кислоти, яку можна використати замість сірчаної для добування  $\text{HNO}_3$  з нітратів. Якими критеріями ви користувалися для вибору цієї кислоти?
5. Чи правильне твердження: "сильні кислоти витісняють слабкі з їх солей"?

Для довідки: значення ентальпій утворення  $\Delta H_f^{298}$ , кДж/моль:

$\text{HNO}_3$ (рідина)  $-173$ ;  $\text{H}_2\text{SO}_4$ (рідина)  $-811$ ;  $\text{KNO}_3$   $-493$ ;  $\text{K}_2\text{SO}_4$   $-1433$ ;

значення ентропій  $S^{298}$ , Дж/(моль·К):  $\text{HNO}_3$ (рідина)  $156,2$ ;

$\text{H}_2\text{SO}_4$ (рідина)  $156,9$ ;  $\text{KNO}_3$   $132,9$ ;  $\text{K}_2\text{SO}_4$   $175,7$ .

### Задача 5. Дощова вода

Дощова вода, що знаходиться в рівновазі з атмосферним повітрям, має значення рН 5,6 за рахунок присутності вуглекислого газу, причому інші домішки, що збільшують кислотність, в повітрі відсутні.

1. В скільки разів повинна зрости концентрація вуглекислого газу, щоб рН зменшився на 0,2? Температура повітря 298 К, тиск 101,3 кПа (1 атм).
2. Чому при обчисленнях немає необхідності враховувється дисоціацію  $\text{H}_2\text{CO}_3$  за другим ступенем?

Для довідки.  $K_{a1}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 4,45 \cdot 10^{-7}$ ; константа Генрі для  $\text{CO}_2$   $K_H = 3,3 \cdot 10^{-2}$  моль/л·атм.

### Задача 6. Бінарні сполуки неметалів

Елементи X та Y утворюють ряд бінарних сполук А–D, причому масові частки Y в цих сполуках складають: в А – 13,02 %, в В – 30,99 %, в С – 42,81 %, в D – 51,17 %. Сполука В утворюється при взаємодії простих речовин цих елементів, взятих у відповідних співвідношеннях, при  $-78^\circ\text{C}$ . При проведенні синтезу просту речовину,

утворену елементом У, розводять інертним газом. Сполуку А синтезують із В та простої речовини, утвореної елементом Х, протягом декількох діб при  $-40^{\circ}\text{C}$ . Сполуку С добувають при взаємодії простих речовин при нагріванні, а сполуку D – при взаємодії С з надлишком простої речовини елемента У при нагріванні.

1. Визначте Х, У, А–D.
2. Навіщо при синтезі В просту речовину У розводять інертним газом?
3. Чи реагують речовини А–D з водою? Якщо так, наведіть рівняння відповідних реакцій.

## 10 клас

## I тур

**Задача 1. Сполуки купруму**

Юний хімік прочитав у підручнику, що сполуки купруму(II) окиснюються у лужному середовищі хлорною водою до гідроксиду купруму(III). Бажаючи провести цей дослід, він взяв  $\text{CuSO}_4$ , хлорну воду та водний розчин аміаку, за допомогою якого він вирішив створити лужне середовище. Він змішав аміак з хлорною водою та прилив до цієї суміші розчин  $\text{CuSO}_4$ , але замість чорного осаду  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  отримав червоний осад та темно-синій розчин.

1,00 г червоного осаду він розчинив у нітратній кислоті та додав до цього розчину  $\text{Na}_2\text{S}$ . При цьому він добув 1,34 г чорного осаду (кількість  $\text{Na}_2\text{S}$  достатня для повного осадження сполук купруму, але середовище при цьому залишається сильноокислим).

1. В чому була помилка юного хіміка, яка не дозволила йому отримати  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ?
2. Напишіть рівняння усіх реакцій, згаданих у задачі.
3. Підтвердить склад червоного осаду розрахунком.
4. Чому розчин амоніаку має лужну реакцію?
5. Чи можна осадити гідроксид міді(II) шляхом взаємодії  $\text{CuSO}_4$  з надлишком розчину аміаку?
6. Зрозуміло, що хлорну воду можна отримати шляхом розчинення хлору в воді, а як можна добути хлор в лабораторії, виходячи з хлориду натрію?

**Задача 2. Бромовання звичайне**

В газовій фазі при  $200\text{ }^\circ\text{C}$  при освітленні проводили бромовання 2-метилбутану.

1. Зобразіть структурні формули всіх монобромпохідних 2-метилбутану.
2. Зобразіть найбільш та найменш стійкі конформації основного продукту реакції монобромовання.
3. Напишіть механізм утворення основного продукту реакції монобромовання.

Швидкості заміщення на атоми бромом атомів гідрогену при первинному, вторинному, третинному атомах карбону відносяться одна до одної як 1:30:600.

4. У реакцію ввели 1 моль 2-метилбутану та 0,01 моль бромом. Розрахуйте склад газової суміші (у % за об'ємом), що утворилася після того, як прореагувало 10% бромом (вважайте, що утворюються лише монобромпохідні).

### Задача 3. Дивні кристали

Кислота А являє собою легкокорозчинні безбарвні кристали, які розпливаються на повітрі. Кислоту А можна добути двома методами:

- дією хлору на суспендований у воді йод;
- взаємодією йоду з концентрованою азотною кислотою.

При нагріванні А до 200 °С утворюється білий кристалічний порошок відповідного ангідриду кислоти А.

- Про яку кислоту йде мова?
- Запишіть рівняння реакцій, які згадувалися у задачі.
- Розрахуйте об'єм хлору (101325 Па, 305 К), необхідний для добування 5,00 г кислоти А за методом а). Вихід реакції 87%, йод знаходиться у надлишку.
- Яка маса йоду необхідна для добування 7,00 г ангідриду кислоти А, якщо кислоту добувати за другим методом? Виходи реакцій становлять: на стадії добування кислоти 84%, на стадії добування ангідриду 80%.

### Задача 4. Найкрасивіша молекула

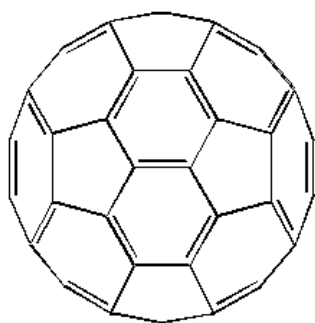
*«Мы искали совсем другие соединения. Фуллерен обнаружился случайно»*

*Гарольд Крото*

В 1985 році інтернаціональний науковий колектив, досліджуючи мас-спектри графіту в парі, виявив нову алотропну модифікацію карбону. На честь архітектора Бакмінстера Фуллера її назвали бакмінстерфуллереном (або просто фуллереном). За це відкриття Г. Крото, Р. Керл та Р. Смоллі у 1996 році були відзначені Нобелівською премією з хімії.

Фулерен  $C_{60}$  являє собою багатогранник, зібраний з 12 п'ятикутників та 20 шестикутників. Подібні геометричні фігури в XVI ст. розглядав Леонардо да Вінчі. Спочатку фулерен називали футболом, оскільки він дуже нагадує покрішку футбольного м'яча.

При взаємодії фулерену  $C_{60}$  з реактивом Соєфєрта (у мольному відношенні 1:1) утворюється речовина **A**, з якої при нагріванні генерується нестійкий карбеновий інтермедіат, через який відбувається утворення сполук **B** (в мас-спектрі наявний молекулярний іон  $m/z = 1452$ ) та **C** (молекулярний іон  $m/z = 1464$ ).



#### Проекційна формула та шарострижнева модель молекули фулерену $C_{60}$

1. Назвіть ще три алотропні модифікації карбону.
2. Яка формула реактиву Соєфєрта, якщо він містить такі елементи: С (масова частка 15,87%), Н (масова частка 0,94%), Нg (масова частка 37,9%) та бром, а в ПМР спектрі наявні лише сигнали ароматичних протонів? В молекулі реактиву немає зв'язку метал-галоген.
3. Розшифруйте невідомі речовини **A-C**.
4. Скільки сигналів наявні в  $^{13}C$  ЯМР спектрі для фулерену  $C_{60}$ ?

#### Задача 5. Чорне + біле = оранжеве

Взаємодія темно-синьої (майже чорної) речовини **X** з білою речовиною **Y** приводить до утворення сполуки **A** оранжевого кольору (масова частка одного з елементів 10,88%). Якщо змішати **A** з відповідною кількістю **Y** та потроху додавати воду при постійному нагріванні, можна відігнати білу сполуку **B** (масова частка гідрогену 2,47 %) та отримати розчин кислоти **B**, в якій всі елементи знаходяться у максимальних ступенях окиснення. Реакція **B** з еквівалентною кількістю розчину

гідрооксиду натрію призводить до виділення газуватої речовини Г та утворення нейтрального розчину сполуки Д. Газ Г (густина 1,518 г/л за н.у.) можна також добути за реакцією У безпосередньо з розчином гідрооксиду натрію. При цьому утворюється також розчин речовини Е, змішування якого з розчином В при підвищеній температурі призводить до додаткового виділення Г та утворення розчину речовини Ж.

1. Визначте зашифровані речовини, якщо Х та У є простими речовинами, відношення густини парів яких дорівнює 2,05, формули солей Е та Ж відрізняються тільки кількістю атомів одного з елементів.
2. Наведіть рівняння реакцій, згаданих в умові задачі.
3. Наведіть просторову будову молекул речовин А, Б, Г та У.

#### Задача 6. Бінарні сполуки

Бінарні речовини А, В, С містять один і той же елемент Х. Масова частка Х в усіх сполуках дорівнює 12,5%. Речовина А є твердою, а при нагріванні розкладається. Речовина В є рідиною ( $t_{\text{кип}} = 113,5^{\circ}\text{C}$ ). Речовина С – це безбарвний газ, який є гарним відновником, а при окисненні киснем утворює поширену тверду речовину. Густина суміші газоподібних сполук В і С не залежить від відношення їхніх парціальних тисків.

1. Визначте речовини А–С.
2. Напишіть для кожної з них по два рівняння реакцій, що характеризують їхні хімічні властивості.
3. Запропонуйте по одному способу добування речовин А-С.



## 10 клас

## II тур

**Задача 1. Нетривіальне бромовання**

При бромованні 2,3-диметилбутану великим надлишком бром утворюється сполука **X**, яка має лише один сигнал у ПМР-спектрі та два сигнали у  $^{13}\text{C}$  ЯМР-спектрі. Елементний аналіз цієї сполуки виявив досить велику масову частку бром – 79,96%. При дослідженні цієї реакції було встановлено, що речовина **Y**, яку було виділено, є інтермедіатом. Речовина **Y** має три сигнали у  $^{13}\text{C}$  ЯМР спектрі та містить 66,60% бром. Крім того, було встановлено, що речовина **X** також утворюється при вичерпному бромованні 3,3-диметил-2-бутанолу.

1. Встановіть структуру речовин **X** та **Y**.
2. Наведіть вірогідні схеми вищезгаданих перетворень.

**Задача 2. Розчинення алюмінію**

Відомо, що алюміній повільно розчиняється у водному розчині алюміній хлориду.

1. Чи буде цей метал реагувати з водними розчинами хлоридів калію, барію, цинку, купруму(II), феруму(III)?
2. Алюміній розчиняється в розчинах лугів. А чи буде він розчинятися в розчинах аміаку та карбонату натрію?

Відповіді мотивуйте, напишіть рівняння відповідних реакцій.

**Задача 3. Вуглеводень X**

Деякий вуглеводень **X** не приєднує бром в розчині тетрахлорметану, проте його бромовання під дією світла приводить до утворення єдиної можливої монобромпохідної (масова частка бром у 50,96%). Дані щодо її гідролізу в розчині  $\text{NaOH}/\text{H}_2\text{O}$  за кімнатної температури наведено у таблиці.

Час, хв.	0	20	40	60	80	150	180	$\infty$
pH	12,090	12,084	12,078	12,073	12,068	12,054	12,049	12,009

1. Запишіть структурну формулу **X** та його монобромпохідної. Яка історична назва вуглеводню **X**?
2. Визначте порядок реакції гідролізу даного броміду.
3. Розрахуйте константу швидкості гідролізу, виходячи з експериментальних даних.
4. Якому механізму відповідає отримана кінетична залежність? Відповідь поясніть.

#### Задача 4. Так що ж відкрив Муассан?

Елемент **X** відкрив у 1886 році майбутній Нобелівський лауреат Анрі Муассан. Він виділив у вільному стані просту газувату речовину **P**, утворену елементом **X**, здійснивши електроліз в U-подібному платиновому електролізері розчину в кислоті **Y** її кислої калієвої солі **Z** (масова частка калію 50%).

Тривалий час вважали, що добути **P** суто хімічним шляхом є дуже складним завданням. Газ **P** утворюється лише при розкладі бінарних сполук **X** з елементами у високих ступенях окиснення. Однак ці сполуки важкодоступні і погано зберігаються.

В 1987 році як джерело елемента **X** було запропоновано сіль **A**. При обережному нагріванні 1,235 г солі **A** (містить 3 елемента, масова частка **X** 46,15%) з 2,170 г бінарної сполуки **B** утворюється, окрім газу **P**, 2,750 г солі **C** та 0,560 г бінарної сполуки **D** (масова частка **X** 50,89%).

1. Який елемент відкрив **X** Муассан?
2. Встановіть сполуки **A – D, P, Y, Z**, якщо відомо, що всі вони містять **X**.
3. Наведіть рівняння всіх згаданих в умові перетворень.
4. Яку роль в згаданому синтезі відіграє сполука **B**?
5. Наведіть просторову будову аніону солі **Z**.

#### Задача 5. Визначення кисню в р. Десна

Кисень у воді визначають методом йодометричного титрування.

Методика визначення:

**1<sup>й</sup> крок:** “фіксація кисню”. Кисень у розчинах окиснює в лужному середовищі  $Mn^{2+}$  до  $Mn(IV)$  з утворенням  $MnO(OH)_2$ .

**2<sup>й</sup> крок:** При додавання кислоти  $MnO(OH)_2$  реагує з надлишком  $Mn^{2+}$ , утворюючи іони  $Mn^{3+}$ .

**3<sup>й</sup> крок:** Добуті іони  $Mn^{3+}$  окиснюють йодид, що додається, з утворенням йоду, а самі відновлюються до  $Mn^{2+}$ .

**4<sup>й</sup> крок:** Йод, що виділився на кроці 3, відтитрують розчином тіосульфату.

1. Напишіть рівняння реакцій, що відбуваються на кроках 1–4.

При аналізі води з р. Десни одержали такі дані.

а) Стандартизацію розчину тіосульфату проводили титруванням розчину  $KIO_3$  в кислому середовищі (йодат відновлюється до йодиду). На титрування 25,00 мл розчину з концентрацією  $KIO_3$  174,8 мг/л витратили 12,45 мл розчину тіосульфату.

б) На титрування при 20°C свіжої проби річкової води об'ємом 103,50 мл витратили 11,80 мл стандартизованого розчину тіосульфату.

в) Другу пробу ( $V = 102,20$  мл,  $t = 20^\circ C$ ) витримали 5 діб при 20°C у відкритій склянці. На титрування проби витратили 6,75 мл стандартизованого розчину тіосульфату.

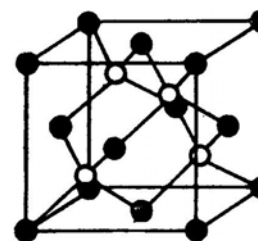
2. Напишіть в іонному виді рівняння реакції, що відбувається при стандартизації розчину тіосульфату.

3. Розрахуйте молярну концентрацію розчину тіосульфату.

4. Розрахуйте концентрацію кисню (в мг/л) у свіжій пробі річкової води та в пробі, витриманій протягом 5 діб.

### Задача 6. Алотропія

Бінарна речовина X, утворена елементами А і В, які розташовані в одному періоді таблиці Менделєєва, була відкрита у 1842 р. і виявляла властивості, подібні до графіту. Одним з продуктів взаємодії цієї речовини з лугом при нагріванні є



бінарний газ Y з різким запахом, який є легшим за повітря.

Кристалічна

Аналогія в структурі і властивостях графіту і графітоподібної речовини X ( $\alpha$ -X) давала підставу сподіватися, що при високих тисках X може утворювати алмазоподібну модифікацію. Цю гіпотезу на практиці підтвердив у 1957 р. вчений компанії „Дженерал електрик” Р. Уенторф, який вперше добув алмазоподібну модифікацію X ( $\beta$ -X, див. рисунок). Цей матеріал вже півстоліття стоїть на службі людини, його кристали залишають подряпини навіть на алмазі; у природі  $\beta$ -X не знаходили. На Україні дослідження фазових перетворень X проводилися в Інституті проблем матеріалознавства НАН України.

гратка  
алмазоподібної  
модифікації X.

В таблиці наведено деякі властивості кристалічних модифікацій X.

Властивість	Кристалічна модифікація	
	?	?
Колір	Білий	Чорний
Тип кристалічної ґратки	?	?
Кількість формульних одиниць в елементарній комірці	10	?
Густина, г/см <sup>3</sup>	2,29	3,45
Твердість за Моосом	1-2	~10

1. Визначте речовину X та наведіть рівняння реакції її взаємодії з лугом.
2. Заповніть пропуски в таблиці.
3. Розрахуйте параметр кристалічної ґратки кубічної модифікації X.
4. Яка електронна схема утворення алмазоподібної модифікації?
5. У чому практична перевага алмазоподібної модифікації X над алмазом?

#### Задача 7. Розчини кислоти

Якщо до 100 мл 1М розчину HCl додати 1,37 г натрієвої солі деякої слабкої одноосновної органічної кислоти RCO<sub>2</sub>Na (R – вуглеводневий радикал), то рН

отриманого розчину становить 0,043, а при розчиненні 46 г цієї ж кислоти у 1 л води рН складає 3,14.

1. Визначте органічну кислоту, яку було використано у цих дослідах.
2. Обчисліть її константу дисоціації.
3. Розрахуйте рН розчину, що утворюється при додаванні 0,84 г калієвої солі цієї кислоти до 50 мл 0,020 М розчину цієї кислоти.

## 11 клас

## I тур

**Задача 1. Шкільна хімія**

В одному з демонстраційних дослідів у шкільному курсі хімії нітрат амонію розчиняють у холодній воді в термостаті. В задачі обговорюється кінцевий стан системи, добутої при змішуванні 80 г  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  з 1 кг  $\text{H}_2\text{O}$  (вихідні речовини знаходяться при  $0^\circ\text{C}$ ).

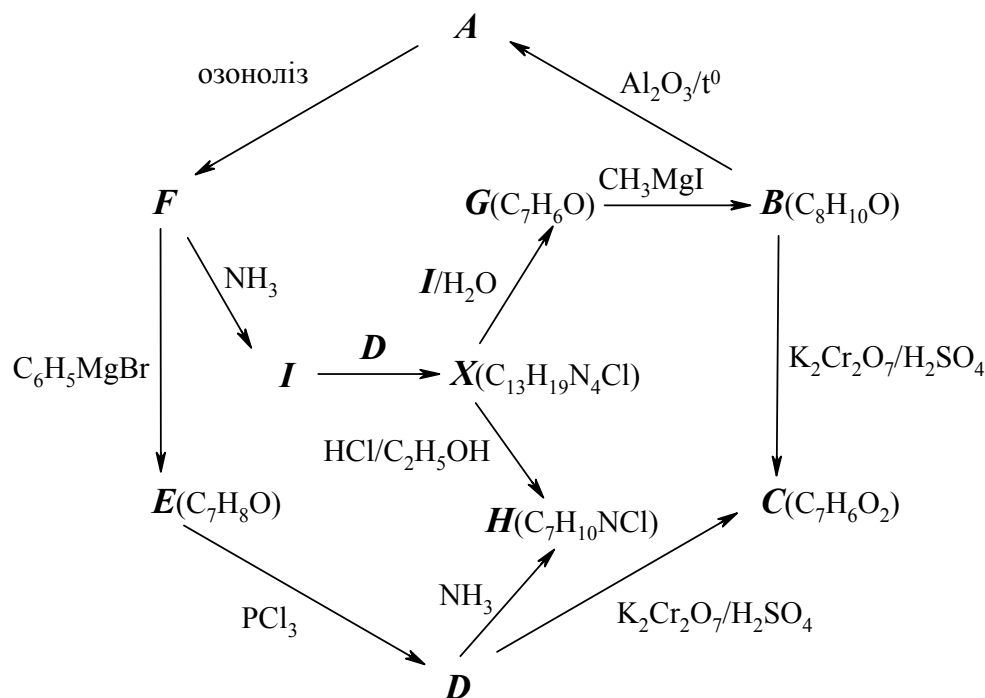
Для довідки: теплоємність рідкої води  $76 \text{ Дж}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ,  
ентальпія плавлення води  $6,01 \text{ кДж}\cdot\text{моль}^{-1}$ ,  
ентальпія розчинення нітрату амонію у воді  $25,69 \text{ кДж}\cdot\text{моль}^{-1}$ ,  
кріоскопічна стала води  $1,86 \text{ К}\cdot\text{кг}\cdot\text{моль}^{-1}$ .

**Виконавши необхідні розрахунки, оберіть правильні твердження в кожному з пунктів:**

1. Кінцева температура: а)  $1,86 \text{ К}$ ; б)  $3,72 \text{ К}$ ; в)  $3,72 \text{ }^\circ\text{C}$ ; г)  $1,86 \text{ }^\circ\text{C}$ ; д)  $-3,72 \text{ }^\circ\text{C}$ ; е)  $-3,72 \text{ К}$ ; ж)  $-1,86 \text{ К}$ ; з)  $-1,86 \text{ }^\circ\text{C}$ ; і)  $-3,83 \text{ }^\circ\text{C}$ .
2. Кінцевий стан системи: А) одна рідка і одна тверда фази; Б) одна рідка і дві тверді фази; В) одна рідка фаза; Г) одна тверда фаза; Д) дві рідкі фази; Е) дві тверді фази; Ж) дві рідкі і одна тверда фази.
3. Процес розчинення є (наведіть усі вірні варіанти): індукованим; спонтанним; оберненим; необерненим; адіабатичним; неадіабатичним; ізобарним; ізотермічним; ізохорним; ізоентальпійним; ізоенергетичним.
4. Зміна ентропії системи: а)  $\Delta S > 0$ ; б)  $\Delta S = 0$ ; в)  $\Delta S < 0$ ; г) значення  $\Delta S$  невизначене.

**Задача 2. Такий собі ланцюжок**

На схемі зашифровано перетворення за участю сполук А – Х.

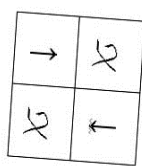


1. Визначте речовини  $A - X$ .
2. Чому безпосереднє перетворення  $D \rightarrow H$ , наведене на схемі, не є ефективним?
3. Які ще способи добування  $H$  із  $D$  ви знаєте (наведіть не більше двох)?
4. Яку тривіальну назву має  $I$ ? Які ще сполуки мають той же кістяк, що й  $I$ ?

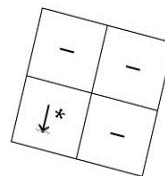
### Задача 3. Цікаві досліди

Юний хімік проводив дослід з аналітичної хімії, а саме з якісного аналізу. Його метою було визначити, які розчини знаходяться в пробірках №1 – №5 та визначити невідому сіль, яка є галогенідом металу(II). В п'яти пробірках знаходились розчини амоній хлориду, натрій гідроксиду, аргентум нітрату, калій карбонату та цинк хлориду. Хімік, зробивши необхідні досліди, склав «шахматку» та вирішив відпочити. В цей час його молодший брат (зовсім юний хімік), побачивши цікаву табличку, вирішив з неї повірізати квадратики  $2 \times 2$ . Оскільки він був ще й юним художником, то він домалював ще декілька схожих квадратиків, а на додачу ненароком розлив воду на таблицю, внаслідок чого частина даних розмилася.

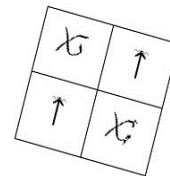
	№1	№2	№3	№4	№5	$XU_2$
№1			↓			↓
№2			↓			↓
№3	↓	↓	<del>↓</del>	<del>↓</del>	<del>↓</del>	-
№4	-	↓	<del>↓</del>	<del>↓</del>	↑	↓
№5			<del>↓</del>	<del>↓</del>	α	-
$XU_2$			-	↓	-	α



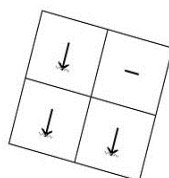
1



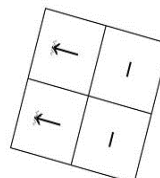
2



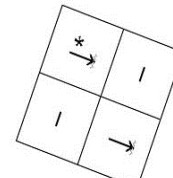
3



4



5



6

1. Допоможіть юному хіміку відновити «шахматку» та розв'язати поставлену перед ним проблему. Врахуйте, що квадратики 1 – 6 можуть бути перевернутими. Знехтуйте гідролізом амоній карбонату. Позначка ↓\* – осад, розчинний у надлишку реактиву. При зливанні  $XU_2$  з реактивами №1-5 у двох випадках утворюється два прозорі розчини, один з яких синій, і три осади, один з яких синій.

#### Задача 4. Сили електрорушійні

Потенціометрія – один з найпоширеніших та найзручніших методів визначення концентрацій речовин. За стандартних умов провели серію дослідів із визначення добутку розчинності (ДР) аргентум хлориду.

Виготовили три електроди типу А (срібні пластинки, занурені у розчини  $AgNO_3$  з концентраціями  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$  та  $10^{-4}$  моль/л).

Електроди типу Б були виготовлені з металічного срібла, на поверхню якого нанесено шар  $AgCl$ .

Електроди А і Б поєднали в гальванічне коло за допомогою сольового містка, заповненого розчином  $KNO_3$ .

1. Запишіть схему гальванічного кола. Що є джерелом електричної енергії, яку постачає елемент?
2. Запишіть рівняння напівреакцій, що відбуваються на катоді й на аноді.
3. Розрахуйте електродні потенціали трьох електродів типу А.



Виміряли електрорушійні сили ( $\Delta E$ ) трьох кіл (табл.).

$C(\text{AgNO}_3)$ , моль/л	$\Delta E$ , В
$10^{-2}$	0,1694
$10^{-3}$	?
$10^{-4}$	?

- Розрахуйте за даними вимірювань добуток розчинності  $\text{AgCl}$  при 298 К.
- Заповніть пропуски (?) в таблиці.
- Розрахуйте стандартний електродний потенціал для напівреакції  
 $\text{AgCl} + e^- = \text{Ag} + \text{Cl}^-$ .
- Розрахуйте розчинність  $\text{AgCl}$  у 1 М розчині аміаку.

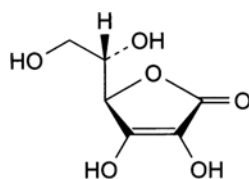
Для довідки:  $E^0(\text{Ag}^+/\text{Ag}) = 0.7991\text{В}$ ,

ступінчасті константи стійкості  $K_1(\text{Ag}^+, \text{NH}_3) = 2 \cdot 10^3$ ,  $K_2(\text{AgNH}_3^+, \text{NH}_3) = 6.9 \cdot 10^3$ .

**Порада:** Якщо ви не розраховували добуток розчинності в п. 4, у подальших розрахунках прийміть  $D(\text{AgCl}) = 10^{-10}$  моль<sup>2</sup>/л<sup>2</sup>.

### Задача 5. Мандарин

Аскорбінова кислота має формулу



і може бути окислена до дегідроаскорбінової кислоти. Для визначення вмісту аскорбінової кислоти п'ять таблеток «Вітамін С» були подрібнені й розчинені у воді. Після відділення допоміжних речовин розчин перенесли в мірну колбу і довели його об'єм водою до 100 мл. Для першого титрування взяли 20 мл одержаного розчину, додали 20 мл розчину 12 моль/л  $\text{HCl}$ , 5 мл хлороформу і відтитрували розчином йодату калію з молярною концентрацією 0.100 моль/л до знебарвлення хлороформного шару.

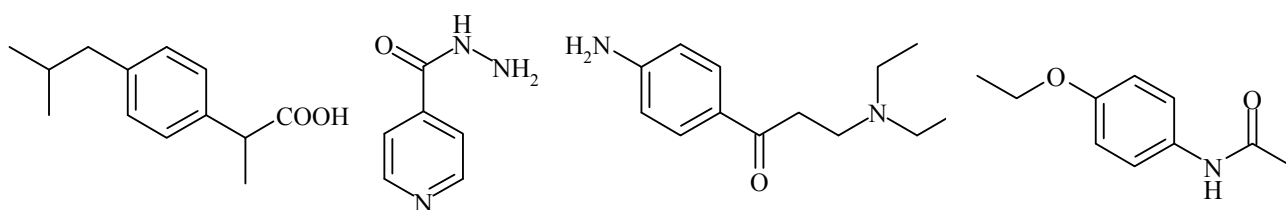
Для другого титрування взяли таку ж порцію розчину, додали 2 мл розчину 12 моль/л HCl, 3 мл розчину крохмалю, 15 мл води і відтитрували тим же розчином йодату калію до появи синього забарвлення. На друге титрування було витрачено розчину йодату калію на 4.6 мл менше, ніж на перше.

1. Обчисліть масу аскорбінової кислоти, що припадає на одну таблетку «Вітаміну С».
2. Поясніть, чому на перше і друге титрування витрачено різні об'єми розчину йодату калію.
3. Середньодобова потреба в вітаміні С становить 75 мг. Мандарини містять 22 мг аскорбінової кислоти на кожні 100 г, масова частка їх неїстівної частини складає 26 %. Яку масу мандаринів треба з'їсти людині, щоб задовольнити добову потребу в вітаміні С?
4. Скільки стереоізомерів може існувати у аскорбінової кислоти?

#### Задача 6. Нерадивий студент

Студент Грицько намагався скласти практичний іспит з лікарських засобів. Йому було запропоновано встановити будову чотирьох препаратів, що являли собою білі кристалічні сполуки.

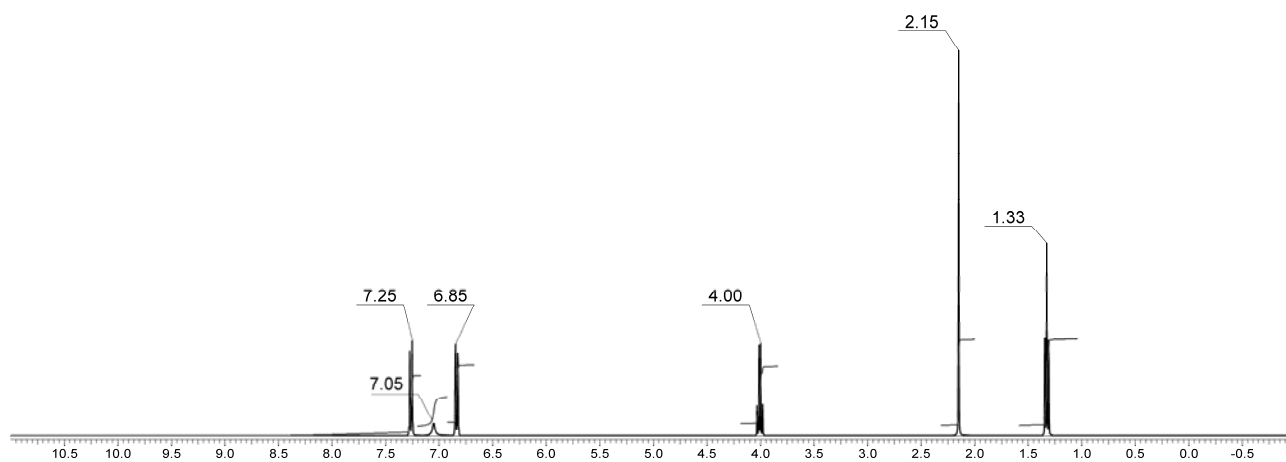
Грицьку вдалося поцупити у викладача листок з їх структурними формулами:



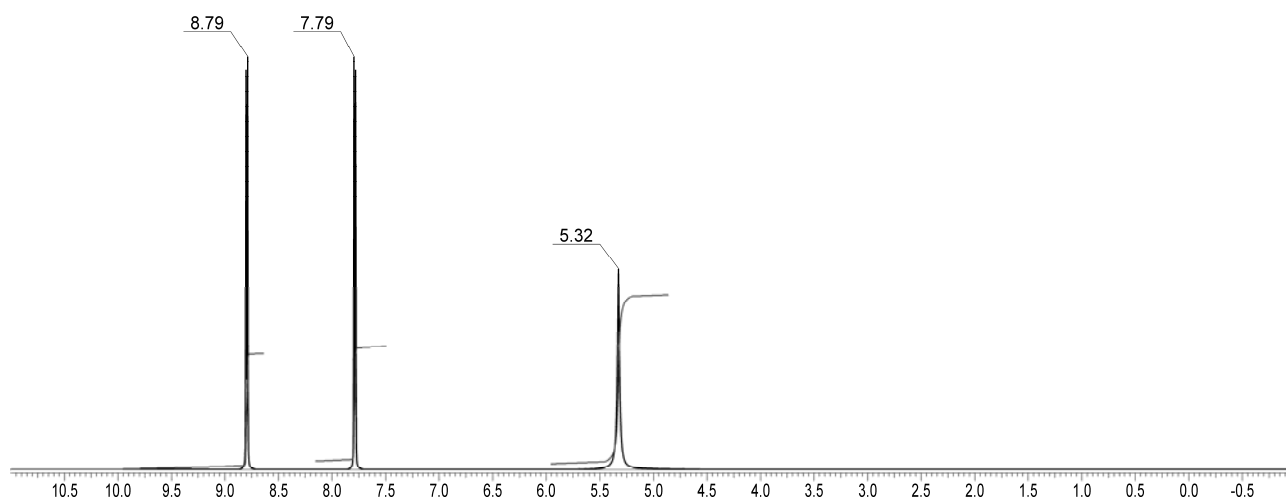
Тоді він виміряв спектри <sup>1</sup>H ЯМР препаратів, та це не дуже допомогло йому, оскільки він регулярно прогулював заняття зі спектроскопії.

Допоможіть Грицьку скласти іспит – поставте у відповідність структурні формули та назви препаратів. Проведіть також якомога повніше співвіднесення сигналів у спектрах ЯМР.

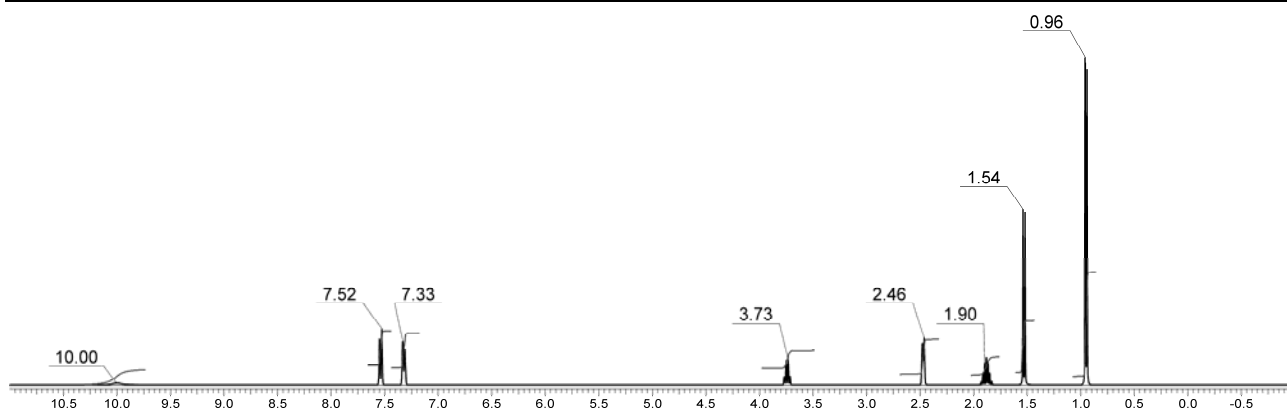
## Фенацетин



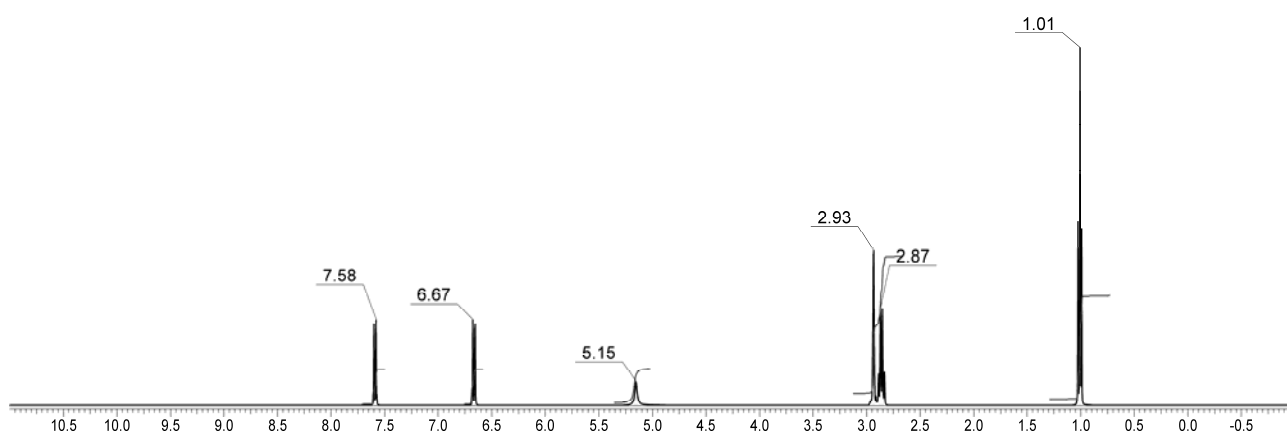
## Ізоніазид



## Ібупрофен

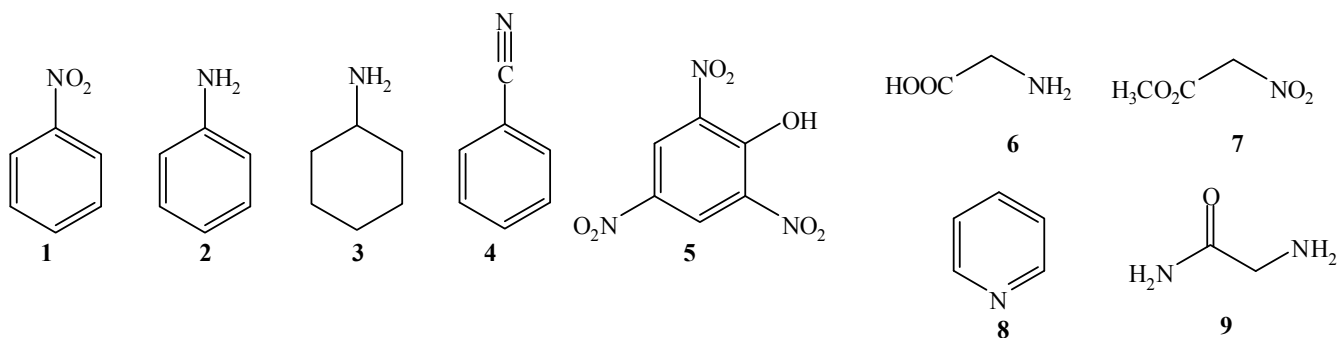


Прокаїн



### Задача 7. Нітрогеновмісні сполуки

Нітрогеновмісні органічні сполуки займають дуже важливе місце в сучасній органічній хімії. Нижче наведені формули деяких з цих сполук.

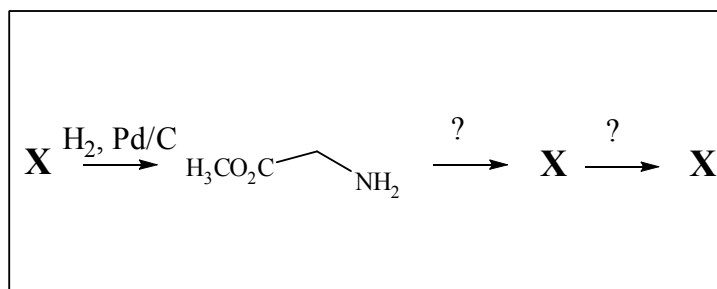
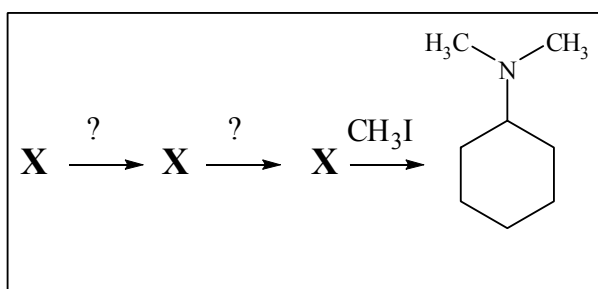


1. Які з наведених речовин належать до: а) ароматичних сполук; б) аліфатичних сполук; в) нітросполук; г) амінів; д) інших класів органічних сполук (вказати яких)?

2. Наведіть два приклади сполук, які відносяться до класів нітрогеновмісних органічних сполук, що не представлені серед сполук 1-9.

3. Які з наведених сполук і чому проявляють властивості а) слабкої або сильної основи; б) слабкої або сильної кислоти? Порівняйте і дайте пояснення відмінності кислотно-основних властивостей сполук 2 та 3.

4. Доповніть наведені нижче схеми синтезу, вказавши замість “?” умови реакцій, а замість кожного з “X” – одну з речовин 1-9.



5. Запропонуйте двостадійний метод добування сполуки 2 з 4.

**11 клас****II тур****Задача 1. Зміна кольорів**

При обережному нагріванні жовтої речовини **A** (масова частка флуору 28,53%) її маса зменшується на 21,62%. При цьому утворюється темно-червона речовина **B**, що має такий же якісний склад, як і **A**. При тривалому нагріванні цих речовин при температурі 180°C в струмені азоту добувають бінарний синювато-сірий фторид **C** (масова частка флуору 45,89%).

Бінарна речовина **D** (масова частка флуору 50,44%) за певних умов реагує з  $KF$  у мольному співвідношенні 1:3 з утворенням речовини **E**, а з оксидом **F** (масова частка елемента **X** 70%) при нагріванні до 950°C утворює чорну нерозчинну у воді речовину **G** (масова частка флуору 20,88%).

1. Знайдіть речовини **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **F**, **G**, якщо відомо, що всі вони містять елемент **X**, і визначте цей елемент.
2. Напишіть рівняння всіх реакцій.

**Задача 2. Пептиди**

Серед розмаїття біологічно активних пептидів важливе місце займають нейропептиди, тобто пептиди, що можуть впливати на функції центральної нервової системи. Дуже невелика кількість таких сполук вивчена в достатній мірі, а в механізмі їх дії на людський мозок залишається ще чимало таємниць...

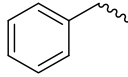

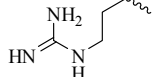
Одним з вивчених нейропептидів є  $\beta$ -неоендорфін, вперше виділений із гіпофіза свині. Одну порцію цього лінійного пептиду, що складається з дев'яти амінокислотних залишків, піддали частковому гідролізу за допомогою дипептидиламінопептидази (відщеплює по черзі від поліпептида дипептиди, починаючи з N-кінця), а іншу порцію – за допомогою дипептидилкарбоксіпептидази (відщеплює по черзі від поліпептида дипептиди, починаючи з C-кінця).

В таблиці наведено перелік продуктів, які при цьому утворюються (напис формул дипептидів починається з N-кінця):

дипептидиламінопептидаза	дипептидилкарбоксипептидаза
Gly-Phe; Leu-Arg; Tyr-Gly; Lys-Tyr; Pro	Phe-Leu; Gly-Gly; Arg-Lys; Tyr-Pro; Tyr

- Встановить первинну структуру  $\beta$ -неоендорфіну.
- Скільки ізомерів  $\beta$ -неоендорфіну мають давати таку ж суміш продуктів при дії дипептидиламінопептидази?
- Які з утворених в обох випадках дипептидних продуктів а) є ахіральними; б) мають ізоелектричну точку при  $\text{pH} > 7$ ; в) найважче піддаються гідролізу на вільні амінокислоти? Відповідь поясніть.
- Структура іншого нейропептиду –  $\alpha$ -неоендорфіну відрізняється від структури  $\beta$ -неоендорфіну наявністю амінокислотного залишку лізину (Lys), приєднаного  $\alpha$ -аміногрупою до С-кінця. Запропонуйте метод одержання  $\alpha$ -неоендорфіну, виходячи з  $\beta$ -неоендорфіну.
- Передбачте, яку суміш продуктів даватиме  $\alpha$ -неоендорфін при дії дипептидиламінопептидази та дипептидилкарбоксипептидази

**Довідка:** будова та назви амінокислот

Скорочена назва	Gly	Phe	Leu	Arg
Повна назва	гліцин	фенілаланін	лейцин	аргінін
Замісник R в $\text{H}_2\text{N}-\overset{\text{R}}{\text{C}}-\text{COOH}$	H-			

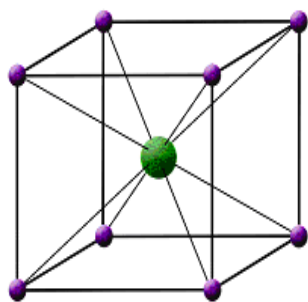
Скорочена назва	Tyr	Lys	Pro *
Повна назва	тирозин	лізин	пролін
Замісник R в $\text{H}_2\text{N}-\overset{\text{R}}{\text{C}}-\text{COOH}$			

\* Для Pro вказано структуру амінокислоти

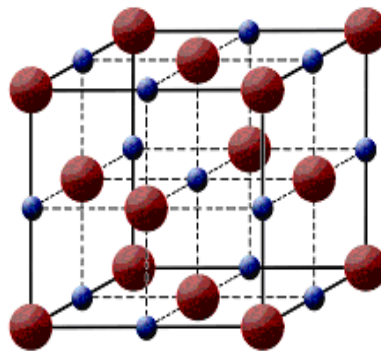
## Задача 3. Гратка



Одного разу учень одержав завдання за значенням добутку густини солі ( $\rho$ , г/см<sup>3</sup>) на об'єм елементарної комірки ( $a^3$ , см<sup>3</sup>) визначити галогенід лужного металу **A**. Густина солі 2,77 г/см<sup>3</sup>, значення  $\rho a^3$  2.79·10<sup>-22</sup> г. Учень припустив, що галогенід **A** має кубічну елементарну комірку **1**, розрахував його молярну масу і дійшов до висновку про склад **A**. Але він дуже здивувався, оскільки в довіднику для цієї солі була вказана зовсім інша густина – 3,97 г/см<sup>3</sup>. Тоді він зрозумів, що помилився у типі комірки, розв'язав задачу заново, вважаючи, що комірка є кубічною гранецентрованою (**2**), і все ж таки визначив галогенід **A**.



(1)



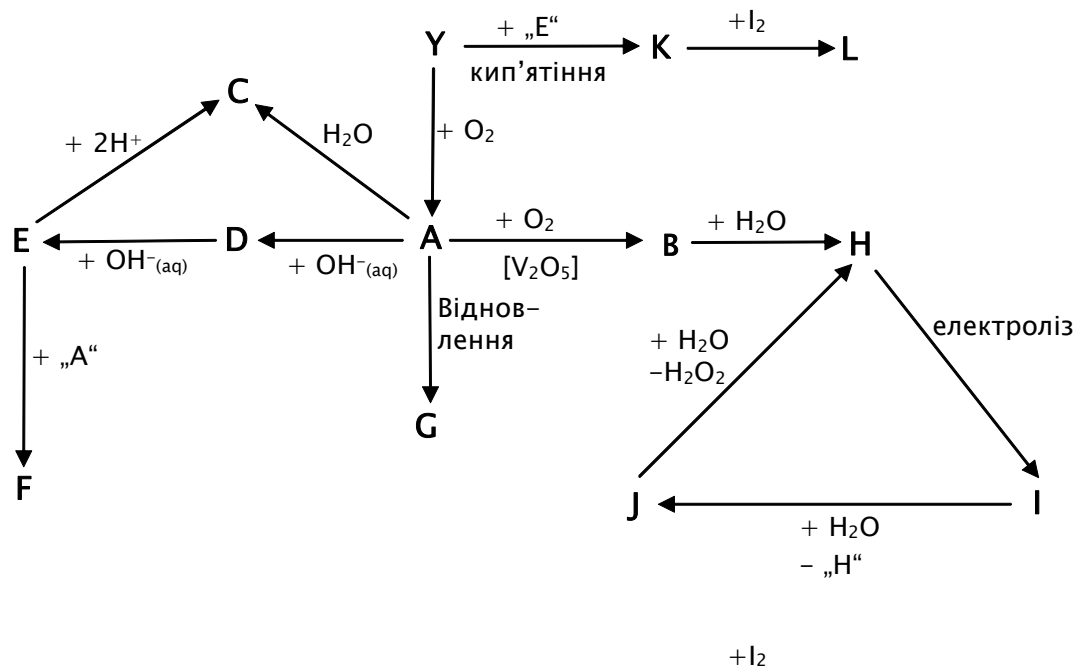
(2)

1. Визначте галогенід **A** та галогенід лужного металу **B** ( $\rho = 3,97$  г/см<sup>3</sup>,  $\rho a^3 = 2.79 \cdot 10^{-22}$  г, елементарна комірка кубічна (**1**)).
2. Які відстані від центрів катіонів до центрів найближчих аніонів у солях **A** і **B**?
3. Вкажіть координаційні числа катіонів у цих солях.



4. Розрахуйте відношення радіусів катіона та аніона  $r_+/r_-$  в кубічній елементарній комірці **1**, вважаючи, що сусідні аніони дотикаються один до одного, а також катіонів.

#### Задача 4. АБВГДейка



- Молекули та частинки від **A** до **L** окрім елемента **Y** містять тільки кисень та/або гідроген.
- **B** є склоподібною твердою речовиною за температури нижче  $17^\circ\text{C}$  і має важливе промислове значення (зокрема, є вихідною речовиною для синтезу сильної кислоти **H**).
- Речовину **B** неможливо добути прямим спалюванням простої речовини, утвореної елементом **Y**, але вона утворюється при каталітичному окисненні сполуки **A**.
- Сполука **A** є газом з різким запахом і при розчиненні у воді утворює кислоту середньої сили, яка не існує у вільному стані.
- Взаємодія надлишку газу **A** з  $Mg(OH)_2$  приводить до утворення розчину, що містить іони **D**. Цей розчин використовується для промислового виробництва целюлози.

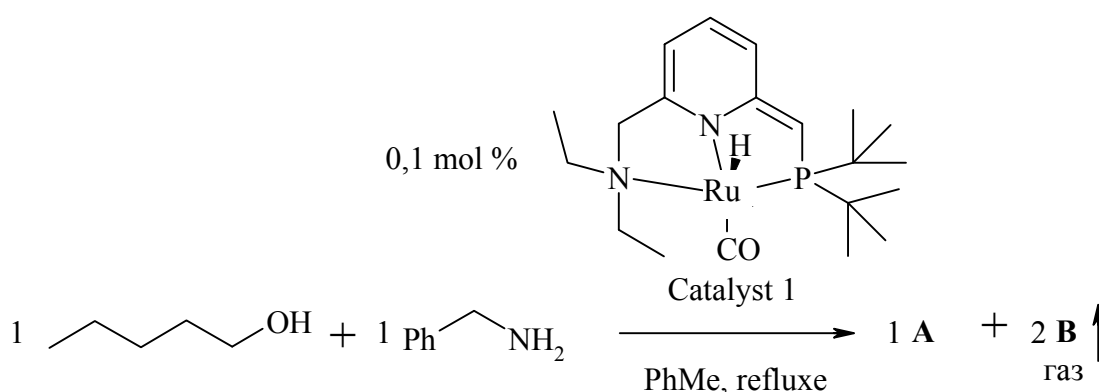
- Взаємодія **A** (кислота Льюїса) з **E** (основа Льюїса) приводить до утворення іона **F**. Калійна сіль **F** використовується для дезинфекції завдяки можливості утворення **A** при її гідролітичному розщепленні.
- Відновлення **A** сильними відновниками приводить до утворення кислоти **G**. Аніон кислоти **G** є настільки сильним відновником в лужному середовищі, що здатний виділяти срібло з розчину його нітрату.
- Сполука **I** має молекулярну формулу  $H_2Y_2O_8$  та при гідролізі відщеплює молекулу кислоти **H** і утворює речовину **J**, яка має тривіальну назву «кислота Каро».
- Аніони **K** здатні до утворення стійких комплексів з іонами срібла.

**РОЗВ'ЯЗОК ЦІЄЇ ЗАДАЧІ ЗАПISУЙТЕ ЛИШЕ НА АРКУШІ ВІДПОВІДЕЙ  
У ВІДПОВІДНИХ МІСЦЯХ!**

1. Визначте елемент **Y**.
2. Розшифруйте сполуки **A – L**.
3. Які частинки безпосередньо беруть участь в електрохімічному окисненні речовини **H** до **I**?
4. Наведіть електронну та просторову будову іона **E** за методом відштовхування електронних пар валентних оболонок Гіллеспі.
5. Виберіть правильну відповідь щодо кута зв'язків в іоні **E**.

## Задача 5. Каталітичний цикл

На сучасному етапі розвитку металокомплексного каталізу все частіше відкривають каталізатори, що дають змогу проводити неможливі, на перший погляд, перетворення. Так, нещодавно група хіміків з Ізраїлю опублікувала у найпрестижнішому науковому журналі («Science», 2007 рік, том 317, сторінка 790) повідомлення про відкриття нової речовини, що каталізує таке перетворення:



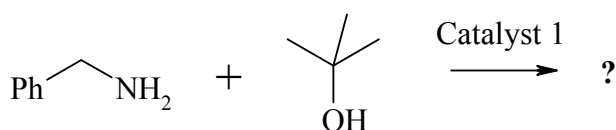
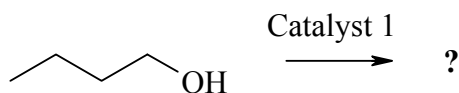
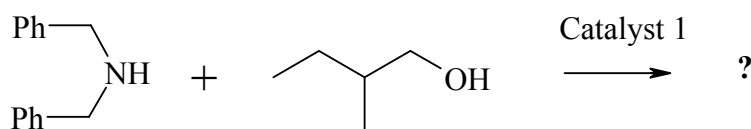
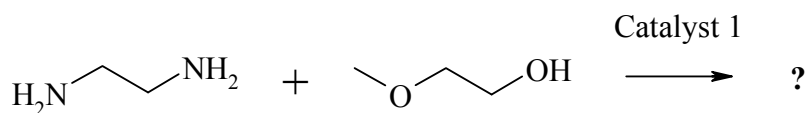
1. Встановіть сполуки А та В, якщо відомо:

- у мас-спектрі А реєструється пік молекулярного іона  $m/z = 191$ ;
- у спектрі  $^1\text{H}$  ЯМР сполуки А спостерігається 17 сигналів (в тому числі поглинання в ароматичній області з сумарною інтегральною інтенсивністю 5 протонів, в аліфатичній області – з сумарною інтегральною інтенсивністю 9 протонів, поглинання одного протону, якій обмінюється з дейтерованою водою);
- у спектрі  $^{13}\text{C}$  ЯМР спостерігається 10 сигналів, один з них при 172 м.ч.;
- в ІЧ-спектрі спостерігається інтенсивна смуга поглинання при  $1650\text{ см}^{-1}$ .

2. Співвіднесіть наведені спектральні дані для А.

3. Наведіть можливі проміжні етапи каталітичного перетворення.

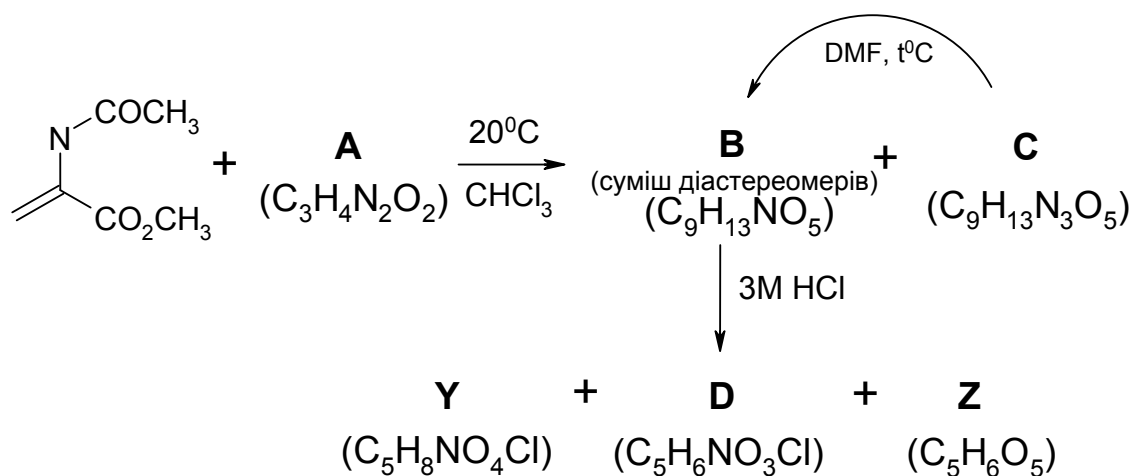
4. Чи відбуваються показані нижче реакції? Якщо так, які продукти утворюються?



### Задача 6. Біоізостери

Похідні нехіральної сполуки **X** (масові частки елементів: 13,85% N, 31,65% O) є конформаційно жорсткими біоізостерними аналогами природних  $\alpha$ -амінокислот, які при включенні до пептидного ланцюга закріплюють його просторову будову. Завдяки цим властивостям пептиди, що містять залишки похідних **X**, використовують як молекулярні зонди для вивчення біохімічних процесів.

Речовина **Y** (похідна сполуки **X**) у вільному стані є дуже нестійкою і в розчині швидко перетворюється на сполуку **Z**. Нижче наведено синтез сполуки **Y** (у виді гідрохлориду).



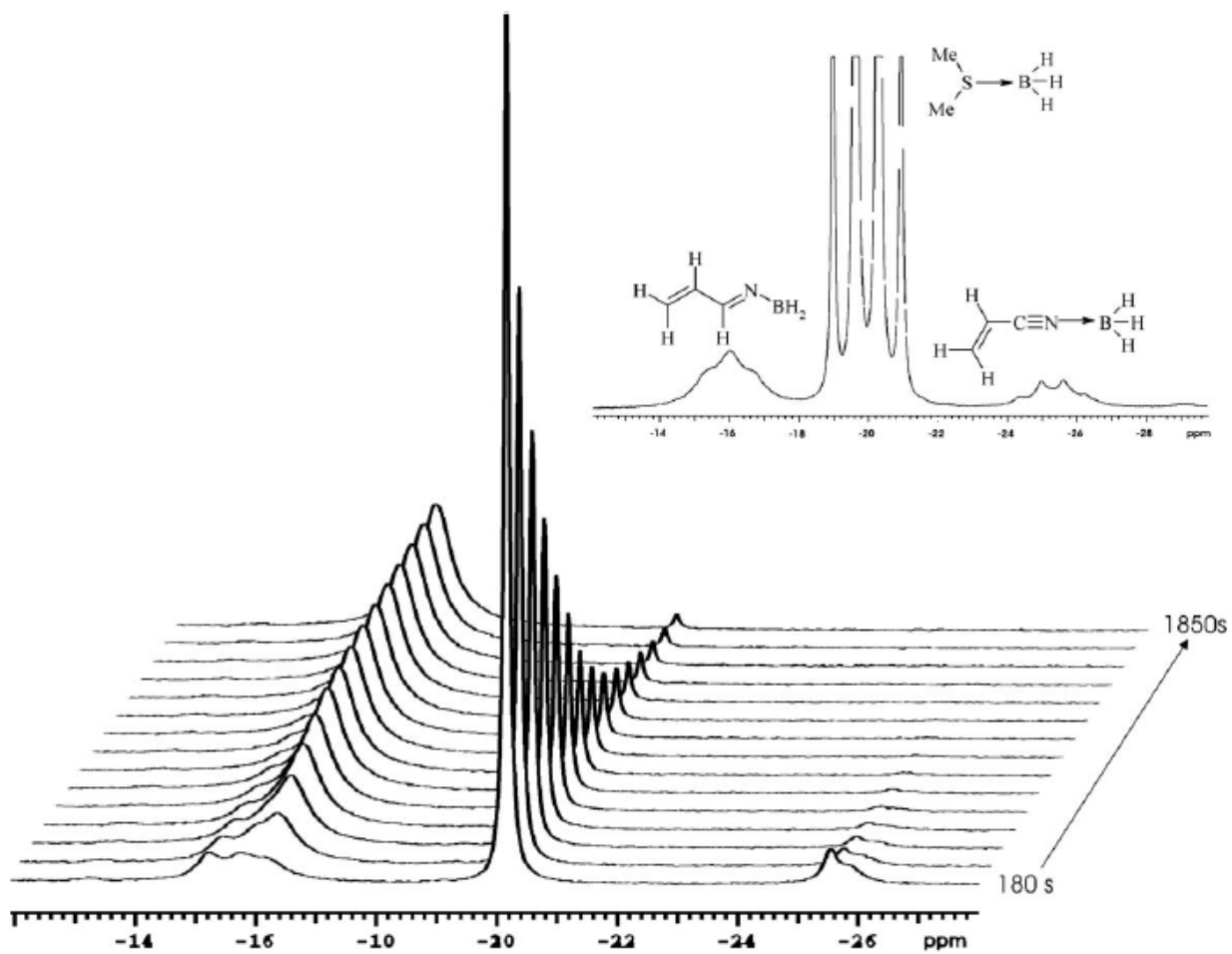
**Для довідки:** біоізостерні аналоги (біоізостери) – сполуки різної будови, які проявляють однотипну фізіологічну активність. Головними параметрами, приблизно

однаковими для даної молекули та її біоізостеру, є “розмір молекули”, відстань між функціональними групами, а також їх кислотно-основні властивості.

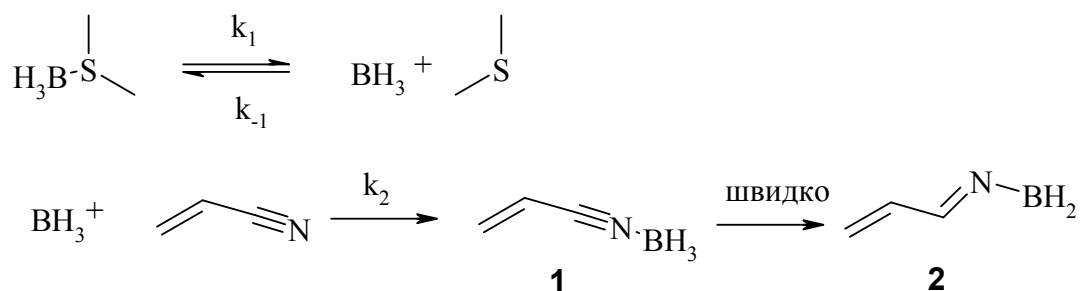
1. Визначте всі згадані в умові речовини.
2. Скільки оптичних ізомерів має сполука **B**? Наведіть їх будову та вкажіть конфігурацію хіральних центрів. Які з ізомерів є енантіомерами?
3. З яких ізомерів сполуки **B** утворюється речовина **D**?
4. Чому сполука **Y** нестійка у вільному стані, але стійка у вигляді гідрохлориду або ацетильної похідної? Наведіть механізм перетворення **Y** в **Z**.
5. Унікальність сполуки **Y** полягає в тому, що її можна розглядати як біоізостерний аналог одразу двох природних амінокислот. Наведіть будову цих амінокислот. Яку тривіальну назву вони мають?

#### Задача 7. ЯМР у розв'язанні кінетичних задач

Зараз вже напевно можна сказати, що серед сучасних напрямків хімічних досліджень практично не залишилось таких, де б активно не застосовувався ядерний магнітний резонанс. Нижче наведено приклад використання ЯМР на ядрах  $^{11}\text{B}$  для вивчення кінетичних особливостей перебігу реакції відновлення акрилонітрилу комплексом  $\text{BH}_3 \cdot \text{SMe}_2$  в умовах значного надлишку акрилонітрилу (література: *Polyhedron*, **2006**, с. 2730-2736). Протягом експерименту через певні проміжки часу вимірювали спектри реакційної суміші (див. рис.).



На підставі отриманих результатів було запропоновано такий механізм:



За цим механізмом, проміжним продуктом є комплекс **1** (його утворення є лімітуючою стадією), який швидко перетворюється в іміноборан **2**.

1. Поясніть мультиплетність піків, що спостерігаються: квартети для  $\text{BH}_3 \cdot \text{SMe}_2$  та **1**, та триплет для **2**.

Інтегруванням піків, що відповідають вихідному комплексу  $\text{BH}_3 \cdot \text{SMe}_2$ , було одержано наведені в таблиці дані (початкова концентрація  $\text{BH}_3 \cdot \text{SMe}_2$  160 ммоль/л).

Час (с)	0	180	300	410	650	750	800	880	1120	1400	1580	1850
Відносна інтегральна площа сигналів $\text{BH}_3 \cdot \text{SMe}_2$ (%)	100	79	63	53	45	37	30	25	19	15	11	9

2. Встановіть порядок реакції за  $\text{BH}_3 \cdot \text{SMe}_2$ . Розрахуйте експериментальну константу ( $k_{\text{exp}}$ ) швидкості реакції.

3. Використовуючи метод стаціонарних концентрацій (концентрацію  $\text{BH}_3$  вважати стаціонарною), покажіть, як виражається  $k_{\text{exp}}$  через константи  $k_1$ ,  $k_{-1}$ ,  $k_2$ . Покажіть, за яких умов  $k_{\text{exp}}$  є прямо пропорційною концентрації акрилонітрилу.

**Експериментальні  
тури  
45-ї Всеукраїнської  
олімпіади з хімії**



## 8 клас

**Мета роботи:** визначити речовини, запропоновані до розрізнення, та виділити окремі компоненти із запропонованої суміші.

**Завдання 1**

В п'яти пронумерованих пляшечках містяться розчини алюміній сульфату, натрій карбонату, барій хлориду, натрій гідроксиду, нітратної кислоти. Не використовуючи інших реактивів, визначити вміст пробірок.

**Контрольні питання**

- 1) Наведіть у молекулярній та йонно-молекулярній формах рівняння реакцій виявлення йонів  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$  у водних розчинах.
- 2) Передбачте ефекти, що спостерігатимуться при попарному зливанні запропонованих розчинів, та запишіть очікувані результати.
- 3) Складіть відповідні рівняння реакцій, виділіть ознаки, за якими можна ідентифікувати речовини.

**Проведення експерименту**

- 1) Виконуючи попарні реакції між розчинами речовин, спостерігайте характерні ознаки і заповніть таблицю.

	№1	№2	№3	№4	№5
№1	—				
№2		—			
№3			—		
№4				—	
№5					—

Ідентифікуйте речовини.

**Завдання 2**

Використовуючи розчини NaOH, HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, AgNO<sub>3</sub>, BaCl<sub>2</sub>, із суміші трьох твердих речовин (крейди, солей натрію та магнію, що містять однакові аніони), виділіть окремі компоненти в твердому або розчиненому вигляді. В якості аніонів в солях можуть бути хлорид-сульфат-йони.

**Контрольні питання**

- 1) Назвіть методи розділення суміші на розчинну та нерозчинну частини.
- 2) Як можна розділити суміш двох розчинних солей на окремі речовини? Складіть відповідні рівняння реакцій.

**Проведення експерименту**

Використайте фільтрування та якісні реакції на аніони.

Виділена нерозчинна речовина: \_\_\_\_\_

Визначений аніон: \_\_\_\_\_

## 9 клас

**ВИЗНАЧЕННЯ СКЛАДУ РОЗЧИНІВ МЕТОДОМ КИСЛОТНО-ОСНОВНОГО  
ТИТРУВАННЯ**

**Мета роботи:** розпізнати водні розчини натрій гідроксиду, натрій карбонату, натрій гідрогенкарбонату та їх сумішей за результатами кислотно-основного титрування та визначити молярну концентрацію запропонованих розчинів.

**Завдання роботи**

1. Дати відповіді на контрольні питання.
2. Розпізнати водні розчини натрій гідроксиду, натрій карбонату, натрій гідрогенкарбонату та їх сумішей за результатами кислотно-основного титрування соляною кислотою.
3. Розрахувати молярну концентрацію зазначеного розчину.
4. Розрахувати рН в точках еквівалентності для зазначеного розчину.

**Завдання № 1****Контрольні питання**

1. На яких принципах ґрунтується метод об'ємного аналізу?
2. Складіть рівняння реакцій, що відбуваються при титруванні водних розчинів натрій карбонату, натрій гідроксиду та натрій гідрогенкарбонату соляною кислотою. Розрахуйте рН в точках еквівалентності (на прикладі 0,1 М розчинів). Обґрунтуйте вибір індикатора.
3. Обґрунтуйте можливість визначення методом кислотно-основного титрування а) натрій гідроксиду та натрій карбонату при їх одночасній присутності у водному розчині; б) натрій гідрогенкарбонату та натрій карбонату при їх одночасній присутності у водному розчині.

**Довідкові дані**

рK<sub>a</sub> дисоціації карбонатної кислоти: рK<sub>a1</sub> = 6,35; рK<sub>a2</sub> = 10,32.

## Кислотно-основні індикатори

Індикатор	Метилловий оранжевий	Метилловий красний	Лакмус	Фенолфта- леїн	Тимолфталеїн
pT (показник титрування)	4	5	7	9	10

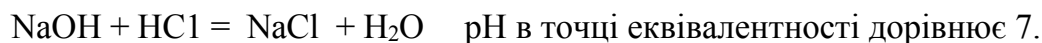
**Теоретичні відомості**

Метод об'ємного аналізу базується на визначенні точки еквівалентності, тобто моменту, коли між речовиною, що визначається, та реактивом (титрантом) існує еквівалентне співвідношення. За типом хімічної реакції розрізняють методи: кислотно-основного титрування (метод нейтралізації), осадження, комплексоутворення, окиснення-відновлення (перманганатометрія, йодометрія, хроматометрія).

Типи кислотно-основної взаємодії: сильна кислота – сильна основа, слабка кислота – сильна основа, сильна кислота – слабка основа, слабка кислота – слабка основа. Можна проводити титрування у всіх випадках, крім останнього.

Індикатори – це речовини, які змінюють забарвлення розчину, який аналізується, після додавання робочого розчину в еквівалентній кількості (наприклад, метилловий оранжевий змінює забарвлення при  $\text{pH} < 5$ ), фенолфталеїн – у слаболужному середовищі, лакмус – при  $\text{pH} \sim 7$ ). pT (показник титрування) – це значення pH, при якому індикатор змінює забарвлення.

При титруванні водного розчину натрій гідроксиду соляною кислотою відбувається реакція



Реакція між натрій карбонатом та хлоридною кислотою відбувається у дві стадії. Спочатку хлоридна кислота нейтралізує натрій карбонат до натрій гідрогенкарбонату за реакцією:



Утворений натрій гідрогенкарбонат реагує з HCl за реакцією:



Таким чином, реакція між  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  та  $\text{HCl}$  характеризується двома точками еквівалентності. Перша точка еквівалентності настає після того, як весь натрій карбонат нейтралізується  $\text{HCl}$  згідно рівняння (I). При цьому розчин містить натрій гідрогенкарбонат та натрій хлорид. Величина рН в першій точці еквівалентності становить:

$$\text{pH} = (\text{pK}_1 + \text{pK}_2)/2 = (6,35 + 10,32)/2 = 8,335.$$

Індикатором може слугувати фенолфталеїн ( $\text{pT} = 9$ ).

Друга точка еквівалентності настає після того, як весь натрій гідрогенкарбонат нейтралізовано хлоридною кислотою згідно рівняння (II). Розчин в другій точці еквівалентності містить натрій хлорид та слабку карбонатну кислоту. Значення рН в другій точці еквівалентності дорівнює:

$$\text{pH} = \frac{1}{2} \text{pK}_1 - \frac{1}{2} \lg C,$$

де  $C$  – концентрація вугільної кислоти.

Індикатором може слугувати метиловий оранжевий ( $\text{pT}=4$ ).

На цьому базується визначення концентрації у розчині натрій карбонату та натрій гідрогенкарбонату при їх сумісній присутності: спочатку з фенолфталеїном відтитровується натрій карбонат до натрій гідрогенкарбонату, а потім з метиловим оранжевим вся кисла сіль.

При титруванні розчину, що містить суміш натрій гідроксиду і натрій карбонату, хлоридною кислотою з фенолфталеїном відбувається нейтралізація всього  $\text{NaOH}$  та половини натрій карбонату. Друга точка еквівалентності встановлюється після нейтралізації натрій гідрогенкарбонату хлоридною кислотою (титрування з метиловим оранжевим).

Концентрація розчину за даними титрування розраховується на підставі закону еквівалентів:

$$C_1V_1 = C_2V_2,$$

де  $C_1$  та  $C_2$  – молярна концентрація еквівалентів кислоти та лугу відповідно, моль/л;  $V_1$  та  $V_2$  – об'єми титранта та досліджуемого розчину.

## Завдання № 2

Видано п'ять водних розчинів (склянки №1, №2, №3, №4, №5), що містять натрій гідроксид, натрій гідрогенкарбонат, натрій карбонат, суміш натрій гідроксиду та натрій карбонату, суміш натрій гідрогенкарбонату та натрій карбонату. Визначте методом кислотно-основного титрування, який розчин знаходиться в кожній склянці.

**Для виконання даного експерименту можна використовувати наступні реактиви та посуд:** 0,1 М розчин хлоридної кислоти (HCl), дистильована вода, фенолфталеїн, метиловий оранжевий, піпетка, бюретка, конічна колба.

**Хід аналізу:** в конічну колбу відміряють піпеткою 10 мл досліджуемого розчину. Додають 2-3 краплі розчину фенолфталеїну і титрують 0,1 М розчином HCl до знебарвлення. Відмічають об'єм титранту  $V_1(\text{HCl})$ . До цього ж розчину додають 2-3 краплі розчину метилового оранжевого і титрують до зміни забарвлення з жовтого на оранжеве. Відмічають об'єм титранту  $V_2(\text{HCl})$ . Результати заносять у таблицю. Кількість повторних титрувань необхідну для розпізнавання розчинів, учень визначає особисто.

Порівнюючи об'єми титранту  $V_1(\text{HCl})$  та  $V_2(\text{HCl})$ , роблять висновок про склад розчинів.

За даними завдання 2, розрахувати молярні концентрації розчинених речовин у розчині № \_\_\_\_ .

**10 клас****Визначення масової частки борної кислоти в препараті**

**Мета роботи:** Визначити масову частку (%) борної кислоти в препараті.

**Завдання**

- 1) Встановити концентрацію розчину натрій гідроксиду шляхом титрування хлоридною кислотою з точно відомою концентрацією.
- 2) Визначити масову частку борної кислоти в препараті, використовуючи стандартизований розчин NaOH, методом кислотно-основного титрування.
- 3) Розрахувати рН розчину в залежності від кількості доданого титранта.

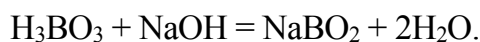
**Контрольні питання**

1. Чи можливо при визначенні концентрації натрій гідроксиду за допомогою хлоридної кислоти в якості індикатора використовувати фенолфталеїн, метилоранж? Відповідь обґрунтуйте на прикладі взаємодії 0,1 М розчинів (інтервал переходу рН фенолфталеїну – 8,2-10; метилоранжу – 3,1-4,4).
2. Яким чином можна проводити титриметричне визначення борної кислоти?
3. Побудуйте криву титрування 100 мл 0,1 М розчину  $\text{H}_3\text{BO}_3$  0,1 М розчином натрій гідроксиду. Обґрунтуйте вибір індикатора ( $K_a \text{H}_3\text{BO}_3 = 7,1 \cdot 10^{-10}$ ).
4. Вкажіть складнощі, що можуть виникати при титруванні дуже слабких кислот, та шляхи підвищення точності таких визначень на прикладі титрування борної кислоти.

**Теоретичні відомості до експериментальної частини**

Бор входить до складу багатьох гірських порід і мінералів. Оксид бору ( $\text{B}_2\text{O}_3$ ) часто міститься в деяких спеціальних сортах скла (наприклад, «Пірекс» та ін.) й інших матеріалах. При аналізі цих речовин бор звичайно визначають методом об'ємного аналізу, проводячи титрування комплексної борногліцеринової кислоти розчином їдкого натру. Борну кислоту доводиться також аналізувати при встановленні якості продажного препарату.

Борна кислота є дуже слабкою кислотою і поводить себе як одноосновна; константа дисоціації  $K_a = 7,1 \cdot 10^{-10}$  ( $pK = 9,1$ ). При титруванні кислоти утворюється метаборат натрію:

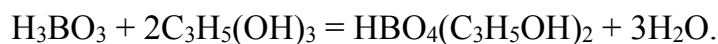


Значення  $pH$  в точці еквівалентності при титруванні  $0,1 \text{ M H}_3\text{BO}_3$   $0,1 \text{ M}$  розчином лугу можна обчислити за формулою:

$$pH = 7 + 4,55 - 0,5 = 11,05$$

Цей результат дозволяє зробити висновок, що сіль, що утворюється, сильно гідролізована, і крива титрування характеризується слабким перегином поблизу точки еквівалентності. Індикатори з  $pT = 11$  не застосовуються в об'ємному аналізі, тому безпосереднє титрування борної кислоти розчином їдкого натру ніколи не проводять.

Борна кислота реагує з деякими багатоатомними спиртами, при цьому утворюються комплексні сполуки, наприклад



Ці комплексні сполуки володіють властивостями кислот, з константами дисоціації значно більшими, ніж константа дисоціації борної кислоти ( $K_a$  борногліцеринової кислоти  $= 3 \cdot 10^{-7}$ ). Таким чином, при змішуванні нейтральних розчинів багатоатомних спиртів з розчином борної кислоти дисоціація її посилюється, стає можливим провести пряме титрування  $\text{NaOH}$  з фенолфталеїном в якості індикатора. Звичайно для цієї мети використовують глюкозу або гліцерин. Розчин багатоатомного спирту повинен бути безбарвним і нейтральним. У разі потреби розчин нейтралізують їдким натром за фенолфталеїном.

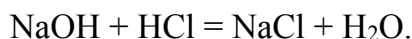
При титруванні більш різкий перехід забарвлення індикатора в точці еквівалентності виходить в тому випадку, якщо брати замість  $0,1 \text{ M}$  розчину їдкого натру більш концентрований розчин, наприклад  $0,5 \text{ M}$ .



## Хід роботи

Завдання 1. Встановлення концентрації робочого розчину NaOH.

Для визначення концентрації розчину NaOH використовують стандартизований розчин хлоридної кислоти. Проводять титрування лугом розчину кислоти (а не навпаки) в присутності фенолфталеїну. Для цього в конічну колбу відбирають за допомогою піпетки 20 або 25 мл розчину хлоридної кислоти з концентрацією **0,5303 М**. Потім до розчину додають 2-3 краплі розчину фенолфталеїну і поступово, крапля за краплею, приливають з бюретки розчин луку до появи **слабкого рожевого забарвлення** розчину, що не зникає протягом 20 секунд. В розчині проходить хімічна реакція



Титрування повторюють 3 рази. Отримані результати вносять в **таблицю 1**.

Таблиця 1

Розчин	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>сеп</sub>
HCl				
NaOH				

На основі отриманих результатів розраховують концентрацію натрій гідроксиду (з точністю чотири знака після коми).

$$v(\text{NaOH}) = v(\text{HCl})$$

$$V_{\text{сеп}}(\text{NaOH}) \cdot C(\text{NaOH}) = V_{\text{сеп}}(\text{HCl}) \cdot C(\text{HCl})$$

Значення розрахованої концентрації NaOH використовують для **виконання завдання № 2**.

Завдання 2. Визначення масової частки борної кислоти в препараті.

На аналітичних терезах зважують (з точністю чотири знака після коми) приблизно 5 г препарату.

Маса тари+наважка:

Маса тари:

Маса наважки:

Отриману наважку розчиняють в 50–100 мл теплої дистильованої води, потім розчин переносять в мірну колбу і доводять дистильованою водою до позначки. Відбирають **піпеткою** 20 – 25 мл розчину, переносять в конічну колбу, додають 4-5 крапель розчину фенолфталеїну, 5 мл 30%-вого розчину гліцерину і титрують розчином NaOH до появи **стійкого незмінного малинового забарвлення**. Потім додають ще 5 мл розчину гліцерину, причому, якщо розчин змінює забарвлення (частково або повністю знебарвлюється), його знову титрують лугом до появи **стійкого незмінного малинового забарвлення**. Додавання гліцерину і титрування розчином NaOH продовжують до тих пір, поки від чергової порції гліцерину індикатор не перестане знебарвлюватися і розчин залишатиметься забарвленим у малиновий колір.

Титрування повторюють 3 рази. Отримані результати вносять в **таблицю 2**.

Таблиця 2

Розчин	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>сеп</sub>
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>				
NaOH				
Гліцерин				

Масову частку борної кислоти в препараті обчислюють за формулою:

$$W \% = \frac{C(\text{NaOH}) \cdot V_{\text{сеп}}(\text{NaOH}) \cdot M(\text{H}_3\text{BO}_3) \cdot V_{\text{колби}} \cdot 100\%}{g \cdot V_{\text{аліквоти}}}$$

де  $C(\text{NaOH})$  — молярна концентрація розчину натрій гідроксиду;  $V_{\text{сеп}}(\text{NaOH})$  – об'єм розчину NaOH, що витрачається на титрування борної кислоти, л;  $M(\text{H}_3\text{BO}_3)$  – молярна маса борної кислоти;  $g$  – наважка, г,  $V_{\text{колби}}$  – об'єм мірної колби з розчином борної кислоти;  $V_{\text{аліквоти}}$  – середній об'єм аліквотної частини борної кислоти.

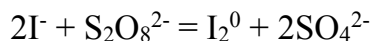
Завдання 3. Визначення рН розчину в залежності від кількості доданого титранта.

На основі даних, отриманих в завданні № 2, розрахуйте значення рН **вашого** розчину в **чотирьох точках** при титруванні аліквоти розчину борної кислоти розчином натрій гідроксиду з додаванням гліцерину:

1. додано **0%** титранта від необхідного до точки еквівалентності;
2. додано **50%** титранта від необхідного до точки еквівалентності;
3. додано **100%** титранта від необхідного до точки еквівалентності;
4. додано **150%** титранта від необхідного до точки еквівалентності.

**11 клас**

**Мета роботи:** визначити зниження енергії активації ( $\alpha$ ) окисно-відновної реакції



в присутності йонів  $\text{Cu}^{2+}$ .

**Завдання**

1) Методом фотоколориметрії визначити концентрацію розчину купрум сульфату, запропонованого для вивчення каталітичного впливу йонів  $\text{Cu}^{2+}$ .

2) Визначити швидкості реакції та зниження її енергії активації ( $\alpha$ ) за відношенням до одиниці концентрації каталізатора.

**Контрольні питання**

1. Дайте визначення швидкості хімічної реакції. Назвіть чинники, від яких вона залежить.
2. Дайте визначення каталізу і каталізаторів.
3. Дайте визначення енергії активації.
4. Чим можна пояснити повільний перебіг гомогенної окисно-відновної реакції
$$2\text{I}^- + \text{S}_2\text{O}_8^{2-} = \text{I}_2^0 + 2\text{SO}_4^{2-}?$$
5. В чому полягає роль каталізатора  $\text{Cu}^{2+}$ ? Які процеси відбуваються при каталізі? Чи можна на роль каталізатора цієї реакції запропонувати йони  $\text{Zn}^{2+}$ ?
6. Що таке оптична густина (світлопоглинання) розчину, як вона залежить від концентрації поглинаючої речовини та товщини поглинаючого шару?

**Хід роботи**

Завдання 1. Визначення концентрації йонів  $\text{Cu}^{2+}$  фотоколориметричним методом.

Для визначення концентрації каталізатора беруть стандартний розчин  $\text{CuSO}_4$  і запропонований для експериментального вивчення каталітичного впливу йонів  $\text{Cu}^{2+}$  розчин  $\text{CuSO}_4$ .

У мірну колбу об'ємом **50** мл вносять піпеткою **5** мл стандартного розчину  $\text{CuSO}_4$ , додають із циліндра **15** мл розчину аміаку (1:1) й доводять об'єм розчину

дистильованою водою до позначки. Одночасно готують розчин порівняння, який не містить  $\text{CuSO}_4$  (в мірну колбу на 50 мл вносять 15 мл розчину аміаку і доводять об'єм дистильованою водою до позначки).

Вимірювання оптичної густини стандартного розчину проводять в кюветі з товщиною поглинаючого шару 5 см при  $\lambda=670$  нм.

Аналогічно проводять підготовку проби з розчином  $\text{CuSO}_4$  невідомої концентрації та вимірюють його оптичну густину в тих же умовах фотоколориметрування.

Результати вносять у таблицю.

Розчин	l, см	C, моль/л	D
Стандартний	5	$1,3 \cdot 10^{-3}$	
Каталізатор	5		

Проводять розрахунок концентрації каталізатора

$$C_k = C_{ст} \cdot D_k / D_{ст}, \text{ моль/л}$$

Значення розрахованої концентрації  $\text{CuSO}_4$  використовують для виконання завдання №2.

Завдання 2. Визначення швидкості реакції та розрахунок зниження її енергії активації

Для виконання завдання необхідно провести 5 вимірювань швидкості реакції, змінюючи кількість взятого розчину каталізатора  $\text{CuSO}_4$  і води.

- 1) Приготувати в двох стаканах розчини № 1 та № 2 (див. таблицю), використовуючи циліндр, бюретки та піпетки.

Розчин № 1					Розчин № 2	
№	V(Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), мл	V(KI + крохмаль), мл	V(CuSO <sub>4</sub> ), мл	V (H <sub>2</sub> O), мл	V((NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> ), мл	V (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ), мл
1	20	10	0,5	49,5	10	10
2	20	10	1,0	49	10	10
3	20	10	1,5	48,5	10	10
4	20	10	2,0	48	10	10
5	20	10	2,5	47,5	10	10

- 2) За секундоміром швидко злити обидва розчини в стакан № 3, енергійно взбавити і записати початок реакції.

**НЕ ГРІТИ СТАКАН РУКАМИ!!!**

- 3) В момент початку посиніння записати час закінчення реакції. Різницю вимірювань часу записати у таблицю.

Вилити розчин, ополоснути стакан №3 дистильованою водою і повторити дослід, після чого перейти до наступної точки.

**Обробка результатів**

1. Середня швидкість реакції розраховується по формулі:

$$v = C / \tau \quad [\text{моль/л} \cdot \text{с}],$$

де  $\tau$  – середній час, с, від початку реакції до моменту посиніння,  $C$  – початкова концентрація тіосульфат-йону в реакційній суміші. Її потрібно попередньо розрахувати за формулою

$$C = C_0 \cdot V/100,$$

де  $C_0$  – концентрація вихідного тіосульфату натрію,  $V$  – його об'єм, взятий для дослідів, 100 – загальний об'єм реакційної суміші. За значенням  $v$  обчислюють  $\ln v$ .

2. Концентрацію каталізатора  $C_k$  розраховують так же, як і концентрацію тіосульфат-іона:

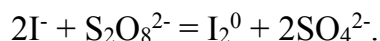
$$C_k = C_o \cdot V/100,$$

де  $C_o$  – концентрація розчину купрум сульфату, визначена в першому завданні;  $V$  – його об'єм, взятий для досліду, 100 – загальний об'єм реакційної суміші.

3. Будують графік залежності  $\ln v$  від  $C_k$  (пряма лінія), визначають кутовий коефіцієнт цієї прямої  $A = \operatorname{tg} \beta$ , а за його значенням –  $\alpha = RT \operatorname{tg} \beta$  (Дж/моль) Температура в лабораторії під час експерименту \_\_\_\_\_.

### Теоретичні відомості до експериментальної частини

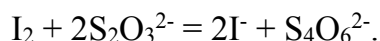
Багато хімічних реакцій за звичайних умов йдуть повільно, але їх швидкість зростає у присутності каталізаторів, дія яких є специфічною. Прикладом може бути реакція окиснення йонів  $I^-$  в кислому середовищі персульфат-іонами ( $S_2O_8^{2-}$ ) за рівнянням



Ця реакція каталізується іонами  $Cu^{2+}$ .

Повільність цієї реакції пояснюється тим, що реагуючі йони  $I^-$  та  $S_2O_8^{2-}$  мають однаковий за знаком заряди і в розчині електростатично відштовхуються один від одного. Йони  $Cu^{2+}$  заряджені протилежно і в розчині легко зближуються з йонами  $I^-$  і  $S_2O_8^{2-}$ . В умовах досліду йодид-іон відновлює  $Cu^{2+}$  до  $Cu^+$ , а персульфат-іон знов окиснює його до  $Cu^{2+}$ . Величина каталітичного впливу залежить від концентрації каталізуючих йонів і при невеликій концентрації їй пропорційна.

Контроль за швидкістю реакції можна здійснювати за йодом, що виділяється і взаємодіє в розчині з тіосульфат-йоном (реакція проходить практично миттєво) за рівнянням:



Коли всі тіосульфат-іони витрачаються, нові порції утвореного йоду забарвлюють крохмаль у синій колір.

Знаючи концентрацію тіосульфату в розчині і фіксуючи час, можна розрахувати швидкість реакції. Змінюючи концентрацію каталізатора в розчині, знаходять залежність константи швидкості реакції від його концентрації.

За рівнянням Арреніуса,  $\ln k = B - E/RT$ , де  $k$  – константа швидкості реакції,  $B$  – стала,  $E$  – енергія активації,  $T$  – абсолютна температура.

Добавка каталізатора зменшує енергію активації, при малих концентраціях каталізатора це зменшення лінійно залежить від його його концентрації:

$$E = E_0 - \alpha C_k,$$

де  $E_0$  – енергія активації процесу за відсутності каталізатора,  $E$  – енергія активації при концентрації каталізатора, що дорівнює  $C_k$ . Зниження енергії активації дорівнює добутку величини  $\alpha$  на концентрацію каталізатора, але при більших концентраціях каталізатора ускладнюються умови проведення експерименту, тому користуються концентраціями каталізатора в межах  $10^{-4} - 10^{-3}$  моль/л.

Враховуючи закон діючих мас, при постійних концентраціях реагуючих речовин і температурі маємо рівняння:

$$\ln v = B^1 + \alpha C_k / RT,$$

де  $B^1$  – стала,  $\alpha$  – величина, що характеризує активність каталізатора.

Ця залежність являє собою лінію з кутовим коефіцієнтом  $A = \text{tg}\beta = \alpha/RT$ . З цього виразу випливає, що  $\alpha = RTA$ , або  $\alpha = RT \cdot \text{tg}\beta$  ( Дж/моль).

Для проведення експерименту рекомендується використовувати такі концентрації розчинів речовин: динатрій тіосульфат – 0,0025 моль/л; калій йодид – 0,25 моль/л; діамоній персульфат – 0,5 моль/л; сірчана кислота – 0,25 моль/л. Розчин калій йодиду готують в суміші з розчином крохмалю безпосередньо перед виконанням експерименту.

Для визначення концентрації каталізатору використовують оптичні властивості комплексу  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ , який активно поглинає світло в видимій області, а залежність оптичної густини ( $D$ ) від концентрації каталізатора ( $C_k$ ) має лінійний характер.

Порівнюючи оптичні густини стандартного та досліджуваного розчинів каталізатора, визначають молярну концентрацію каталізатора за формулою:

$$C_k = C_{\text{ст}} \cdot D_k / D_{\text{ст}} .$$



**Шановні викладачі, науковці, вчителі, студенти, аспіранти!**

Запрошуємо до співробітництва. Візьміть участь у підготовці оригінальних і творчих завдань для наступних олімпіад!

Свої авторські завдання надсилайте електронною поштою на адресу [kholin@univer.kharkov.ua](mailto:kholin@univer.kharkov.ua) до **15 жовтня 2008 року**.

З прикладами завдань минулих років і програмою олімпіади можна ознайомитись на веб-сторінці Всеукраїнських хімічних олімпіад

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

При укладанні завдань ураховуйте, будь ласка, такі поради й побажання.

1. Не слід сподіватися, що учасники олімпіади знайомі з вузькоспеціальною інформацією чи деталями хімічної поведінки малопоширених елементів та сполук. У разі потреби необхідні дані слід ввести до умови задачі.

2. До одержання відповіді має вести однозначний ланцюжок логічних міркувань та математичних розрахунків; слід пам'ятати, що учні не зобов'язані відтворювати інтуїтивні припущення чи здогадки автора.

3. До умови слід включати декілька питань, формулюючи їх таким чином, щоб помилка, зроблена учнем на першому кроці розв'язку, не позбавляла його можливості одержати певну кількість балів на наступних етапах.

4. Слід чітко формулювати всі спрощення, які ви робите при укладанні задачі (наприклад, про перебіг реакцій до кінця; можливість використовувати округлені значення атомних мас; нехтувати розчинністю малорозчинних речовин тощо).

5. Треба пам'ятати, що талант – брат стислості, а занадто довгі умови погано сприймаються школярами.

6. Зміст завдань має узгоджуватися з Питаннями для підготовки до IV етапу Всеукраїнської олімпіади з хімії, оприлюдненими на веб-сайті олімпіад.

7. Український текст умов і розв'язків слід готувати за допомогою текстового процесору MS Word. Будь-які рисунки та формули в жодному разі не можна ставити "поверх тексту". Графічні об'єкти, які вставляються в документ Word із зовнішніх програм, слід належним чином конвертувати у формат "рисунок Microsoft Word".

З повагою,  
голова журі 45 Всеукраїнської  
олімпіади з хімії



Ю. Холін