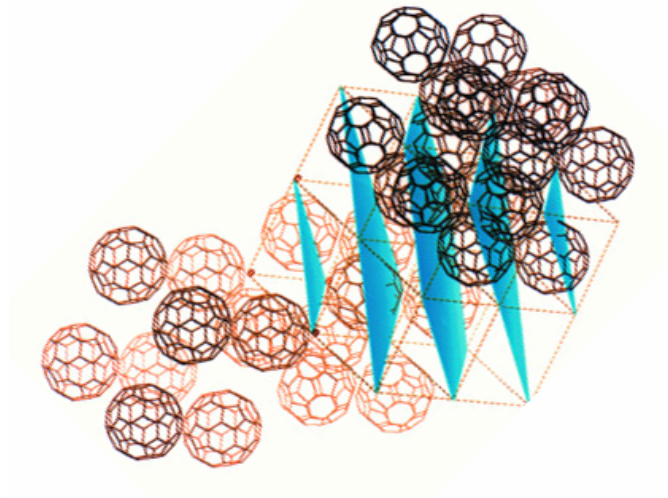


до епохи нанотехнологій



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

Теоретичні тури

Завдання і розв'язки

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 використано авторські задачі та ідеї

М. Виборного

О. Ляпунова

Д. Волочнюка

К. Мельникова

К. Гавриленка

П. Михайлюка

О. Григоренка

С. Неділька

О. Дєтїстова

Є. Остапчука

О. Жикола

Р. Полунїна

Є. Калїніченка

П. Попеля

Д. Кандаскалова

С. Пунїна

О. Коваленко

С. Рябухіна

М. Колосова

В. Сомова

С. Колотїлова

В. Старости

І. Комарицького

О. Усенка

І. Комарова

Ю. Холїна

І. Кондратова

А. Чорного

Л. Логїнової

© 2008 Журі 45 Всеукраїнської
олїмпіади з хїмїї

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)**

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 науки 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 ХХІ 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. Й 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	Денисенко Деніс		Бурикін Деніс Колотилов Сергій Нужа Юрій	
1995	42	22		Філінчук Ярослав	Крючков Максим Самотейкін Антон	
1996	45	7		Гранжан Антон Ходаківський Павло Марина Володимир	Федоровський Максим	
1997	47	12	Дерда Ратмир	Волочнюк Дмитро Язєв Олег	Федоровський Максим	
1998	47	18		Ушаков Дмитро Язєв Олег	Предеус Олександр	Кузько Віталій

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

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 I-III ступенів № 10 м. Керчі Автономної Республіки Крим
УСЕНКО О.Ю.	директор ТОВ "Сігмафарм" (за згодою)
ЧЕРНІЙ М.В.	вчитель ЗОШ I-III ступенів № 4 м. Вінниці

Теоретичні тури 45-ї Всеукраїнської олімпіади з хімії

Завдання і розв'язки
(українською та російською мовами)

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 ⁻¹	мольний об'єм ідеального газу за н.у. 22.4 л·моль ⁻¹ .
заряд електрона $1.6021892 \cdot 10^{-19}$ Кл	рівняння стану ідеального газу (Менделєєва-Клапейрона) $PV = nRT$
універсальна газова стала $R = 8.314$ Дж·моль ⁻¹ ·К ⁻¹	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 ⁻¹	$\Delta_r G^\circ = -RT \ln K = -nFE_{cell}^\circ$
стала Фарадея $1 F = 96500$ Кл·моль ⁻¹	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°C , тиск 1 атм.	рівняння Арреніуса $k = A \exp\left(-\frac{E_A}{RT}\right)$
	$1 \text{ атм} = 1,01325 \text{ Бар} = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ Па} =$ $= 760 \text{ мм рт. ст.}$

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 -

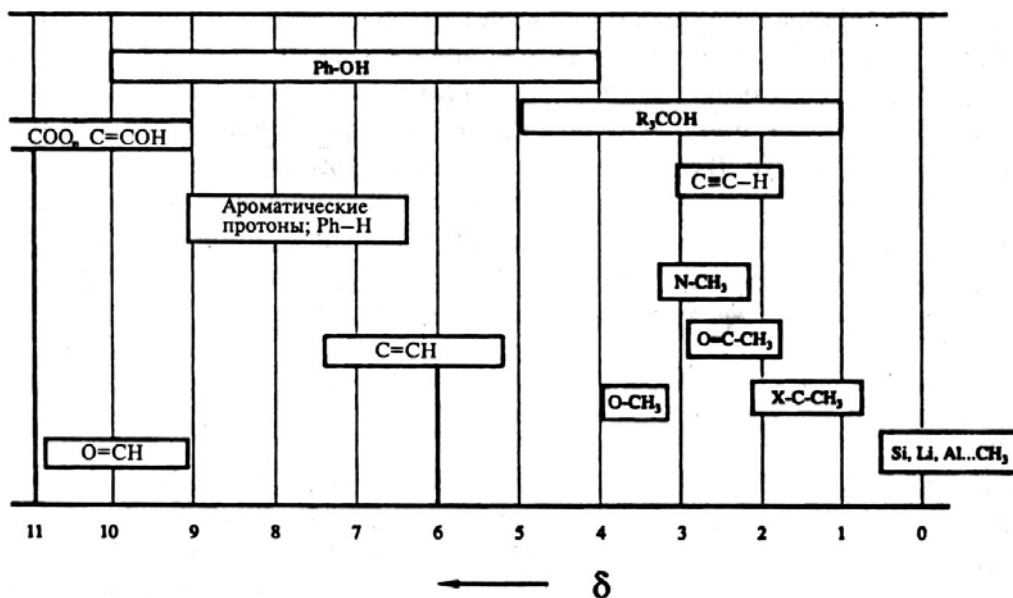
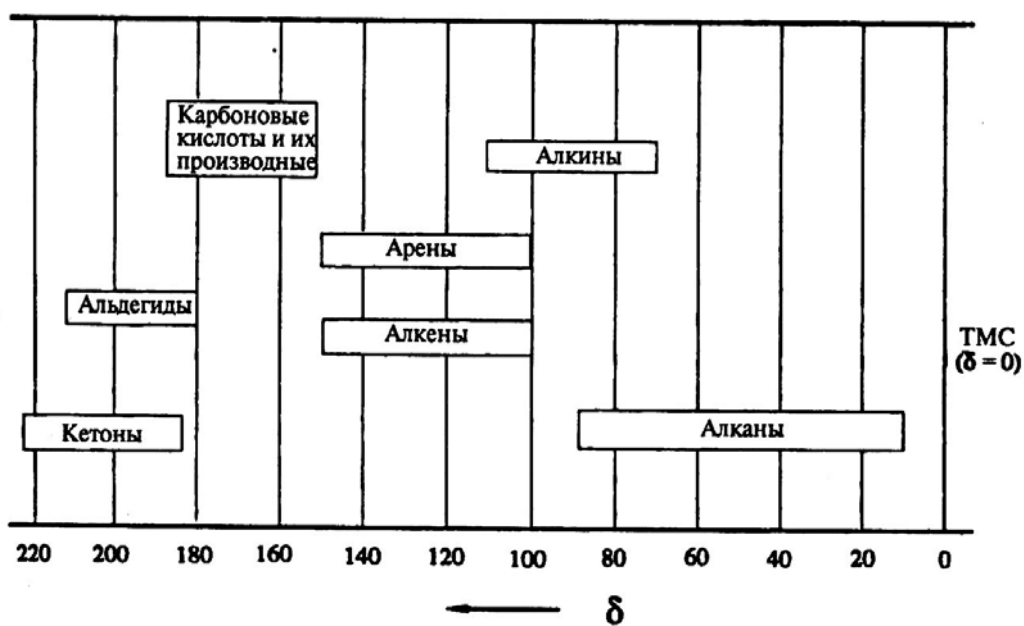
Довідкові матеріали для учнів 11 класу

Таблиця розчинності неорганічних сполук

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

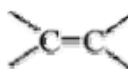

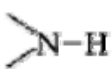



Обозначения: р - хорошо растворимый, м - малорастворимый, н - практически нерастворимый, + - полностью реагирует с водой или не осаждается из водного раствора, - - не существует, ? - данные о растворимости отсутствуют.

Довідкові матеріали для учнів 11 класу

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

Довідкові матеріали для учнів 11 класу

Характеристичні частоти поглинання деяких груп атомів

Структурная единица	Частота, см ⁻¹	Структурная единица	Частота, см ⁻¹
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 ² C–H	3100–3000	ацилгалогениды 	1815– 1770
sp ³ C–H	2950–2850	сложные эфиры 	1780– 1730
		амиды 	1780– 1600
sp ² C–O	1200	–C≡C–	2200– 2100
sp ³ C–O	1200–1025	–C≡N	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 1. Историческая химия

На протяжении XVII-XIX вв. химики активно вели поиск новых элементов. Юный химик собрал некоторые данные относительно этих ученых и открытых ими элементов в таблицу, но со временем потерял этот листок и попробовал восстановить все данные по памяти. Вот что он смог вспомнить:

<i>Автор открытия</i>	<i>Элемент</i>	<i>Происхождение названия с латыни</i>	<i>Год открытия</i>
Даниэль Резерфорд	N	образующий воду	1772
Бранд	O	образующий кислоты	1774
Арфведсон	P	камень	1669
Пристли и Шееле	H	образующий селитру	1766
Муассан	F	несущий свет	1886
Кавендиш	He	течь	1895
Рамзай	Li	солнце	1817

При этом Юный химик запомнил точно только год открытия каждого элемента.

1. Исправьте все несоответствия в таблице Юного химика, создав свою таблицу.

2. Какие простые вещества (и сколько) отвечают приведенным элементам? Назовите их. Укажите агрегатное состояние и цвет каждого в стандартных условиях.

3. Какие из простых веществ, образованных этими элементами, реагируют с водой? В каких условиях? Приведите уравнения соответствующих химических реакций.

4. Какие бинарные соединения с приведенными элементами может образовывать фосфор? В каком из них массовая доля фосфора наибольшая? Рассчитайте ее.

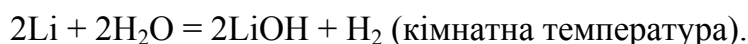
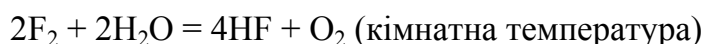
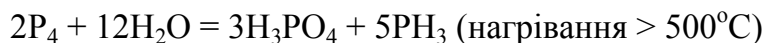
Розв'язок

1. Правильна таблиця

Автор відкриття	Елемент	Походження назви елементу	Рік відкриття
Даніель Резерфорд	N	<i>Nitron genes</i> – той, що утворює селітру	1772
Прістлі і Шеєле	O	<i>Oxy genes</i> – той, що утворює кислоти	1774
Бранд	P	<i>Phosphoros</i> – той, що несе світло	1669
Кавендиш	H	<i>Hydro genes</i> – той, що утворює воду	1766
Муасан	F	<i>Fluere</i> – тікти	1886
Рамзай	He	<i>Helios</i> – сонце	1895
Арфведсон	Li	<i>Lithos</i> – камінь	1817

До речі, прийнята російськими хіміками назва флуору, як і українська назва простої речовини – *фтор* – походить не від слова *fluere* – тікти, а від грецького *phóros* – руйнування.

2. Нітрогену відповідає єдина проста речовина – азот N_2 (безбарвний газ). Оксигену відповідають дві прості речовини – кисень O_2 (безбарвний газ) та озон O_3 (блідо-синій газ). Фосфору відповідають принаймні дві метастабільні форми – білий фосфор P_4 (біла тверда речовина), червоний фосфор $P_{4-\infty}$ (тверда речовина від оранжевого до фіолетового кольору) та стабільна модифікація – чорний фосфор P_{∞} . Гідроген утворює єдину просту речовину – водень H_2 (безбарвний газ). Флуор утворює єдину просту речовину – фтор F_2 (жовто-зелений газ). Гелій існує у вигляді одноатомних молекул і є безбарвним газом. Літій є металом та являє собою тверду сріблясту речовину.



4. P_3N_5 , PN , P_4O_{10} , P_4O_6 , PH_3 , PF_3 , PF_5 , Li_3P . Максимальний масова частка фосфору у PH_3 – 91.1%.

Задача 2. Перестав та визнач!

За даними хімічного аналізу було встановлено кількісний склад сполук:

1) CaCl_2O ; 2) 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 2. Переставь и определи!

По данным химического анализа был установлен количественный состав соединений: 1) CaCl_2O ; 2) HClMgO ; 3) $\text{BaC}_2\text{H}_2\text{O}_6$; 4) $\text{H}_4\text{N}_2\text{O}_3$; 5) $\text{H}_{14}\text{ZnSO}_{11}$.

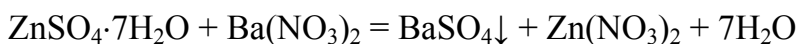
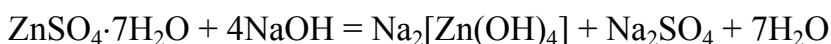
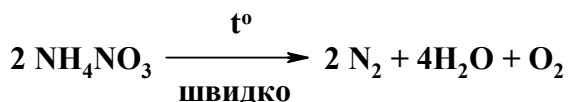
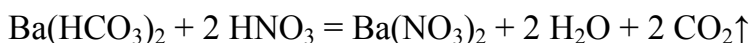
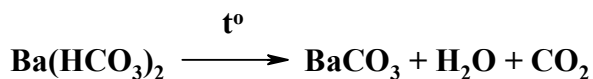
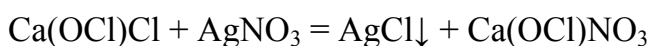
1. Определите соединения, назовите их, приведите их формулы. К каким классам они относятся?

2. Приведите для каждого из этих соединений по две принципиально различные реакции.

Розв'язок

1. $\text{Ca}(\text{OCl})\text{Cl}$ – сіль, хлорид-хлорат кальцію (хлорне вапно); 2) $\text{Mg}(\text{OH})\text{Cl}$ – сіль, гідроксохлорид магнію (основний хлорид магнію); 3) $\text{Ba}(\text{HCO}_3)_2$ – сіль, гідрокарбонат барію; 4) NH_4NO_3 – сіль, нітрат амонію; 5) $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – кристалогідрат солі, гептагідрат сульфату цинку.

2. Можливі реакції:



Задача 3. Вуглекислий газ у біосфері

Первинним джерелом діоксиду карбону в біосфері є вулканічна діяльність, пов'язана з дегазацією мантиї та нижніх горизонтів земної кори. Круговорот та утилізація CO₂ у природі здійснюється двома основними шляхами: а) за рахунок живих організмів (поглинання рослинами під час фотосинтезу та виділення CO₂ під час дихання); б) так званім карбонатним шляхом, коли надлишок вуглекислого газу відкладається у вигляді мармуру та крейди. Останнім часом вміст CO₂ 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 °С, 1 атм)? Розчинність вуглекислого газу у воді за цих умов складає 88 см³/100 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 CO₂ 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 CO₂? Який механізм дії вуглекислого газу?

Задача 3. Углекислый газ в биосфере

Первичным источником диоксида углерода в биосфере является вулканическая деятельность, связанная с дегазацией мантии и нижних горизонтов земной коры. Круговорот и утилизация CO₂ в природе осуществляется двумя основными путями: а) за счет живых организмов (поглощение растениями во время фотосинтеза и выделение CO₂ во время дыхания); б) так называемым карбонатным путем, когда избыток углекислого газа откладывается в виде мрамора и мела. В последнее время

содержание CO_2 в атмосфере быстро возрастает, обуславливая глобальное повышение температуры на Земле.

1. Где больше массовая доля углекислого газа – в воде или в воздухе и во сколько раз (20°C , 1 атм)? Растворимость углекислого газа в воде в этих условиях составляет $88 \text{ см}^3/100 \text{ мл}$ воды, а в воздухе его объемная доля равна $0,030\%$. Среднюю молярную массу воздуха примите равной 29 г/моль , а плотность воды – 1 г/мл . Разницей объемов воды и раствора CO_2 пренебрегите.

2. Как изменилась бы температура воды, если бы весь углекислый газ, который в ней содержится, мгновенно превратился бы в глюкозу? Для расчетов используйте термохимическое уравнение образования глюкозы:



Удельная теплоемкость воды составляет $4.18 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{К)}$. Изменением объема раствора пренебрегите.

3. Куда переносится посредством мирового океана углекислый газ (от экватора к полюсам или наоборот)? Какие отрицательные последствия возможны при отсутствии такого переноса?

4. Как называется глобальное повышение температуры Земли, обусловленное увеличением концентрации CO_2 ? Какой механизм действия углекислого газа?

Розв'язок

1. Розрахуємо масову частку вуглекислого газу у повітрі. Прийmemo, що кількість речовини $n(\text{пов}) = 1 \text{ моль}$, тоді $m(\text{CO}_2) = (0,0003 \text{ моль}) \times 44 \text{ г/моль} = 0,0132 \text{ г}$,
 $w_{\text{пов}}(\text{CO}_2) = (0,0132/29) \times 100\% = 0,0455 \%$.

Розрахунок масової частки вуглекислого газу у воді.

Прийmemo $V(\text{води}) = 100 \text{ мл}$, тоді її маса дорівнює 100 г .

$$m(\text{CO}_2) = M(\text{CO}_2) \cdot v(\text{CO}_2) = M(\text{CO}_2) \cdot \frac{pV}{RT} = \frac{44 \text{ г/моль} \cdot 1 \text{ атм} \cdot 0,088 \text{ л}}{293 \text{ К} \cdot 1 \text{ атм} \cdot 22,4 \text{ л/моль}} \cdot \frac{273 \text{ К}}{273 \text{ К}} = 0,161 \text{ г}.$$

$$w_{\text{вода}}(\text{CO}_2) = 0,161 / (100 + 0,161) = 0,161\%.$$

$$w_{\text{вода}}(\text{CO}_2) / w_{\text{пов}}(\text{CO}_2) = 0,161 / 0,0455 = 3,54.$$

2. Кількість речовини CO_2 в 1 л водного розчину:

$$n(\text{CO}_2) = (0,088 \times 10 \times 273) / (22,4 \times 293) \text{ моль} = 3,66 \cdot 10^{-2} \text{ моль}.$$

Кількість теплоти, що поглинеться при його перетворенні на глюкозу:

$$Q = (-2692 \times 0.0366 / 6) \text{ кДж} = -16.4 \text{ кДж.}$$

Зміна температури $\Delta t^\circ = -16.4 / 4.18 \text{ }^\circ\text{C} = -3.9 \text{ }^\circ\text{C}$.

3. Внаслідок зменшення розчинності вуглекислого газу у воді при нагріванні відбувається перенос CO_2 від північних та південних широт до екватору, де вуглекислий газ зв'язується внаслідок інтенсивного фотосинтезу. За відсутності такого переносу виникне порушення чинної екологічної рівноваги, що може призвести до катастрофічних змін на Землі внаслідок зміщення кліматичних зон.

4. Так званий парниковий ефект зумовлений тим, що CO_2 пропускає сонячні промені, але частково поглинає теплове випромінювання земної поверхні. Внаслідок цього надлишок CO_2 не дозволяє Землі ефективно охолоджуватися.

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 $46 \pm 2\%$. 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 4. Почти незаменимый оксид

Распространенный в природе оксид неметалла **Е** имеет огромное практическое значение и широко используется в народном хозяйстве. Юный химик проанализировал оксид **Е** и обнаружил, что массовая доля **Е** в нем составляет $46 \pm 2\%$. Известно, что указанный оксид не реагирует с водой, а **Е** находится в 14 группе Периодической системы элементов.

1. Определите формулу оксида.

2. Напишите по одному уравнению реакций этого оксида с металлом, неметаллом, кислотой и солью, укажите условия проведения реакций и где они используются.

Розв'язок

1. SiO_2 .

2. Можливі реакції:



$2C + SiO_2 = 2CO + Si$ або $3C + SiO_2 = 2CO + SiC$ (добування технічного кремнію та карборунду);

$4HF + SiO_2 = 2H_2O + SiF_4 \uparrow$ (травлення скла)

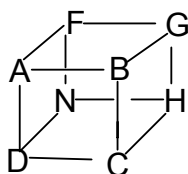
$CaCO_3 + SiO_2 = CaSiO_3 + CO_2 \uparrow$ (виробництво скла)

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° або на 180° . Зобразіть новий кубик, що утвориться, та вкажіть напрям та умови перетворень, що відповідають його ребрам.

Обов'язкові правила гри у хімічний “кубик-рубик”:

А. Зображаючи кубик-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).

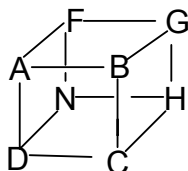
Порада: найпростіше почати гру, прийнявши речовину А простою.

Задача 5. Химический “кубик-рубик”

«Правильное решение должно оказаться не только изящным, но и простым»

Уотсон Дьюи

Миллионы людей любят прекрасную игрушку – кубик Рубика. На первый взгляд, достаточно сложно сразу найти правильную комбинацию перестановок, которая привела бы игрушку в начальное состояние. Но через некоторое время было доказано, что классический кубик Рубика можно собрать, используя не более, чем 26 поворотов. Последний рекорд времени сборки этой логической игрушки был установлен 14 октября 2007 года. Он составляет всего 9.77 секунды! Мы предлагаем вам новую игру – химический “кубик-рубик”. Правила этой игры немного проще. В вершинах куба расположены некоторые химические вещества, зашифрованные буквами:



1. Предложите такие вещества, которые отвечали бы этим превращениям с самопроизвольным течением реакции. Направление превращений произвольно.

2. Поверните одну из граней кубика на 90° или на 180° . Изобразите новый кубик, который получится, и укажите направление и условия превращений, которые отвечают его ребрам.

Обязательные правила игры в химический “кубик-рубик”:

А. Изображая кубик-рубик, на схеме стрелочкой необходимо указывать направление превращений (например, переход $A \rightarrow B$ отвечает переходу от вещества А к веществу В).

Б. Для каждого химического превращения нужно записать уравнение реакции.

В. Вещества в игрушке не должны повторяться.

Г. Игрок может использовать необходимые ему реагенты (неорганические кислоты, щелочи, газы и т.д.).

Совет: начните игру с самого простого, приняв вещество А простым.

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 сполуці 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/см³; 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 густину 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 6. «Карман, полный ржи»

В романе Агаты Кристи “Карман, полный ржи” Рекс Фортескью умер после завтрака дома, в так называемой “тисовой хижине”. Инспектор Нил выяснил, что причиной мистера Фортескью было отравление алкалоидом таксином, который содержится в ягодах и листьях именно тисового дерева. Этот алкалоид действует

через несколько часов после попадания в организм, поражая нервную систему и органы пищеварения. По предположению инспектора, настойку тисовых ягод преступник подлил в кофе, который также горький, и это помешало заметить яд на вкус.

В молекулу таксина входят углерод (массовая доля в соединении 66,37%), водород (7,62%), кислород (23,92%) и один атом неизвестного элемента. Молярная масса таксина меньше 1000 г/моль.

Массовая доля таксина в ягодах 0,15%; диаметр ягоды 5 см; плотность ягоды 0,4 г/см³; смертельная доза таксина 0,0001 моль. Учтите, что лишь 85% таксина из ягод переходит в настойку. Считайте ягоды абсолютно сферическими.

1. Определите молекулярную формулу таксина и рассчитайте его молярную массу.
2. При сгорании таксина в избытке кислорода образуются три продукта (20°C): газ, жидкость и простое вещество. Какие это продукты?
3. Рассчитайте плотность образующейся газовой смеси при нормальных условиях (1 атм, 0 °C).
4. Используя приведенные выше данные, рассчитайте минимальное количество ягод, необходимое для приготовления ядовитой настойки (считайте, что ядовитым в этой настойке является только таксин).

Розв'язок

1. Визначимо формулу таксину: масова частка невідомого елемента X

$$w(X) = (100 - 66,37 - 7,62 - 23,92)\% = 2,09\%$$

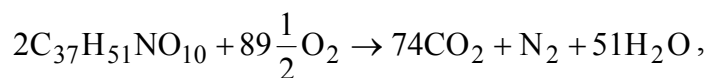
$$\begin{aligned} n(C) : n(H) : n(O) : n(X) &= \frac{w(C)}{A_r(C)} : \frac{w(H)}{A_r(H)} : \frac{w(O)}{A_r(O)} : \frac{w(X)}{A_r(X)} = \frac{66,37}{12} : \frac{7,62}{1} : \frac{23,92}{16} : \frac{2,09}{A_r(X)} = \\ &= 5,531 : 7,62 : 1,495 : \frac{2,09}{A_r(X)} = 3,7 : 5,1 : 1 : \frac{1,398}{A_r(X)} = 37 : 51 : 10 : \frac{13,98}{A_r(X)} \end{aligned}$$

Підходить єдиний варіант: $\frac{13,98}{A_r(X)} = 1 \Rightarrow A_r(X) = 13,98 \text{ г/моль} \Rightarrow X \equiv N$, оскільки

при припущені, що $\frac{13,98}{A_r(X)} = 0,5$, $A_r(X) = 28 \text{ г/моль} \Rightarrow X \equiv Si$, але сполука $C_{74}H_{102}SiO_{20}$

має молекулярну масу, більшу за 1000 г/моль. Отже, формула таксіну $C_{37}H_{51}NO_{10}$, молярна маса 669 г/моль.

2-3. Продукт згоряння – CO_2 , H_2O та N_2 .



продуктами згоряння таксіну є CO_2 , N_2 та H_2O .

Середня молярна маса газової суміші $M(\text{суміш}) = 43,79$ г/моль, її густина за нормальних умов $1,95$ г/см³.

Летальна доза таксіну: $m = v \cdot M = 0,0001 \cdot 669 = 0,0669$ (г).

Визначимо вміст таксіну в одній ягоді.

$$\text{Об'єм ягоди } V_{\text{ягоди}} = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 = \frac{4}{3} \cdot 3,14 \cdot \left(\frac{5}{2}\right)^3 = 65,4 \text{ см}^3, \text{ маса ягоди}$$

$m = \rho \cdot V_{\text{ягоди}} = 0,4 \cdot 65,4 = 26,2$ г. Маса таксіну в одній ягоді становить $0,0393$ г, а до настоянки з однієї ягоди переходить $0,0334$ г. Отже, для отруєння потрібні 2 ягоди.

Задача 7. Нукліди

Відомі основні види радіоактивного розпаду: α та β . α -Розпад, характерний для елементів з атомними масами понад 140 а.о.м, полягає у випромінненні α -частинки (ядро гелію, ${}^4_2\text{He}$). β -Розпад являє собою викидання ядром β -частинки (електрон, ${}_{-1}e$) та часто конкурує з α -розпадом. До явищ β -розпаду також відносять електронне захоплення (К-захоплення) та позитронний розпад, який завжди супроводжує К-захоплення та полягає у викиданні ядром позитрону (β^+ -частинка або позитрон, ${}_{+1}e$). γ -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 – α -розпад (34 %) та β -розпад (64 %).

1. Запишіть схеми перетворень, якщо відомо, що обидва продукти ядерних реакцій перетворюються на стабільний нуклід Pb.

2. Запишіть схеми α -розпаду таких ядер: ${}^{233}\text{U}$, ${}^{228}\text{Th}$, ${}^{231}\text{Pa}$.

3. Запишіть рівняння β^+ -розпаду та К-захоплення для нукліда ${}^{26}\text{Al}$.

Відомі 4 радіоактивні ряди, родоначальниками яких є такі елементи:

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

^{235}U ($T_{1/2} = 7,0 \cdot 10^8$ років), ^{237}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}Ra ($T_{1/2} = 1600$ років) та ^{218}Po ($T_{1/2} = 3$ хв.), але відсутній ізотоп ^{233}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.

Задача 7. Нуклиды

Известны основные виды радиоактивного распада: α и β . α -Распад, характерный для элементов с атомными массами более 140 а.е.м., состоит в испускании α -частицы (ядро гелия, ${}^4_2\text{He}$). β -Распад представляет выброс ядром β -частицы (электрон, ${}_{-1}\text{e}$) и часто конкурирует с α -распадом. К явлениям β -распада также относят электронный захват (К-захват) и позитронный распад, который всегда сопровождает К-захват и состоит в испускании ядром позитрона (β^+ -частица или позитрон, ${}_{+1}\text{e}$). γ -Лучи (жесткое излучение) наблюдаются при указанных видах распада, а также при превращении нестабильных ядерных изомеров в стабильные.

При распаде нуклида ^{212}Bi конкурируют два основных процесса – α -распад (34 %) и β -распад (64 %).

1. Запишите схемы превращений, если известно, что оба продукта ядерных реакций превращаются в стабильный нуклид Pb.

2. Запишите схемы α -распада таких ядер: ^{233}U , ^{228}Th , ^{231}Pa .

3. Запишите уравнение β^+ -распада и К-захвата для нуклида ^{26}Al .

Известны 4 радиоактивных ряда, родоначальниками которых являются такие элементы:

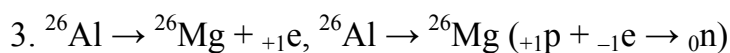
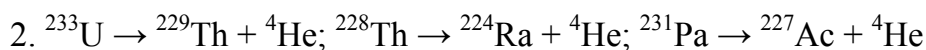
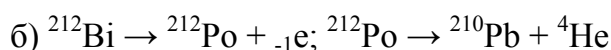
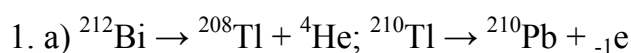
^{232}Th ($T_{1/2} = 1,4 \cdot 10^{10}$ лет), ^{238}U ($T_{1/2} = 4,5 \cdot 10^9$ лет),

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

4. Объясните тот факт, что, несмотря на сравнительно малый период полураспада, на Земле всегда присутствуют изотопы ^{226}Ra ($T_{1/2} = 1600$ лет) и ^{218}Po ($T_{1/2} = 3$ мин.), но отсутствует изотоп ^{233}U ($T_{1/2} = 1,6 \cdot 10^5$ лет).

Для отнесения того или иного нуклида к определенному ряду необходимо, чтобы разница в атомных массах этого нуклида и родоначальника ряда делилась без остатка на 4. Время существования Земли оценивается приблизительно в 4,51 млрд. лет.

Розв'язок



4. Нукліди ^{226}Ra та ^{218}Po відносяться до радіоактивного ряду ^{238}U , а ^{233}U – до ряду ^{237}Np . Оскільки для ^{238}U час напіврозпаду порівняний з часом існування Землі, то будь-який з його членів можна знайти у природі. ^{233}U , як і всі інші члени цього ряду, у природі не зустрічається, оскільки навіть для найбільш стабільного з них – ^{237}Np – пройшло приблизно $10^9/10^6 = 1000$ періодів напіврозпаду.

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 ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, CuSO_4 , FeCl_3 , 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	A	_____	_____	<input type="text"/>
2	B	_____	_____	<input type="text"/>
3	C	_____	_____	<input type="text"/>
4	D	_____	_____	<input type="text"/>

Зміни, що спостерігаються

A + C	_____
→ + D	_____
B + C	_____
→ + D	_____
C + D	_____

Напишіть рівняння реакцій

5	A + C:	_____	<input type="text"/>
6	B + C:	_____	<input type="text"/>
7	[продукт реакцій 5 або 6] + D:	_____	<input type="text"/>
8	B + D	_____	<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 1. Неустойчивые вещества

Просмотрите демонстрацию и заполните таблицу. Воспользуйтесь памяткой.

План эксперимента

В пробирках находятся водные растворы сульфата меди, йодида калия, хлорида железа (III) и тиосульфата натрия ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, CuSO_4 , FeCl_3 , KI). В две пробирки с голубым и желтоватым растворами по очереди приливают один из бесцветных растворов, причем в каждой из пробирок появляется коричневое окрашивание. При приливании второго бесцветного раствора к пробиркам с коричневым продуктом реакции окраска исчезает.

Если смешать два других исходных раствора, то в пробирке образуется красно-фиолетовый раствор, окраска которого постепенно исчезает в течение нескольких минут.

		Определите вещества		Балл
Вещество		Цвет раствора	Формула	
1	A	_____	_____	<input type="checkbox"/>
2	B	_____	_____	<input type="checkbox"/>
3	C	_____	_____	<input type="checkbox"/>
4	D	_____	_____	<input type="checkbox"/>

Наблюдаемые изменения

A + C _____

→ + D _____

B + C _____

→ + D _____

C + D _____

Напишіть уравнения реакцій

- 5 **A + C:** _____
- 6 **B + C:** _____
- 7 [продукт реакцій **5**
или **6**] + **D:** _____
- 8 **B + D** _____
- 9 Почему соли, которые должны получиться в реакциях обмена, не существуют?
- _____
- _____
- 10 Почему реакции **5** и **6** проходят мгновенно, а **8** – медленно?
- _____
- _____
- _____

**Розв'язок**

Визначте речовини			Бал
Речовина	Забарвлення розчину	Формула	
1 A Блакитний		CuSO_4	<input type="checkbox"/>
2 B Біло-жовтий		FeCl_3	<input type="checkbox"/>
3 C Безбарвний		KI	<input type="checkbox"/>
4 D Безбарвний		$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	<input type="checkbox"/>

Зміни, що спостерігаються

- A + C** Розчин набуває коричневого забарвлення, випадає осад
- + D** Розчин знебарвлюється, осад залишається
- B + C** Розчин стає коричневим
- + D** Розчин знебарвлюється
- C + D** Розчин миттєво забарвлюється у фіолетовий колір та впродовж двох хвилин знебарвлюється

Напишіть рівняння реакцій

- 5 **A + C:** $2\text{CuSO}_4 + 4\text{KI} = 2\text{CuI} + 2\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{I}_2$
- 6 **B + C:** $2\text{FeCl}_3 + 2\text{KI} = 2\text{FeCl}_2 + 2\text{KCl} + \text{I}_2$
- 7 **[A,B+C] + D:** $2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{I}_2 = \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6 + 2\text{NaI}$
- 8 **B + D** $\text{Fe}^{3+} + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} = [\text{Fe}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^-$ (обернено, швидко)
 $2\text{Fe}^{3+} + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} = 2\text{Fe}^{2+} + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$ (необернено, повільно)

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

Присутність окисника та відновника в одній молекулі робить її нестійкою, що призводить до внутрішньомолекулярної окисно-відновної реакції

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

5 та **6** – “звичайні” окисно-відновні реакції між іонами в розчині, у випадку **8** реакційні частинки зв’язані в комплекс, в результаті чого концентрація вільних іонів у розчині суттєво нижча, що й призводить до зменшення швидкості реакції



Задача 2. Хамелеон

Передивіться демонстрацію та дайте відповіді на питання. Використайте нам’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 луку, 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 **H**.

Відомо, що в завданні зашифровані такі речовини: CrSO_4 , $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$, $\text{Cr}(\text{OH})_3$, $\text{Na}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6]$, Na_2CrO_4 , $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, CrO_3 , CrO_5

I		Визначте речовини А – Н		Бал
		Колір / агрегатний стан	Формула речовини	
1	A	Блакитний розчин	_____	<input type="checkbox"/>
2	B	Зелений розчин	_____	<input type="checkbox"/>
3	C	Сіро-зелений осад	_____	<input type="checkbox"/>

4	D	Темно-зелений розчин	_____	<input type="checkbox"/>
5	E	Жовтий розчин	_____	<input type="checkbox"/>
6	F	Оранжевий розчин	_____	<input type="checkbox"/>
7	G	Вишневий осад	_____	<input type="checkbox"/>
8	H	Темно-синій розчин	_____	<input type="checkbox"/>
II				
Напишіть рівняння реакцій (у молекулярній формі)				
9	A → B:	_____		<input type="checkbox"/>
10	B → C:	_____		<input type="checkbox"/>
11	C → D:	_____		<input type="checkbox"/>
12	D → E:	_____		<input type="checkbox"/>
13	E → F:	_____		<input type="checkbox"/>
14	F → G:	_____		<input type="checkbox"/>
15	F → H:	_____		<input type="checkbox"/>
III				
16	Що у перекладі означає назва металу, що входить у сполуки A – H ?			<input type="checkbox"/>

17	Напишіть рівняння реакції, за допомогою якої можна отримати розчин чистої солі A			<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 луку 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 2. Хамелеон

Просмотрите демонстрацию и дайте ответы на вопросы. Воспользуйтесь памяткой.

Колба с голубым раствором (небесного цвета) открывается и раствор в стакане постепенно переходит в тёмно-зелёный. К полученному раствору осторожно приливают щёлочь, при этом выпадает серо-зелёный осадок. К нему добавляют избыток щёлочи, при этом осадок растворяется с образованием тёмно-зелёного раствора. При действии пероксида водорода на этот раствор образуется желтый раствор. Желтый раствор становится оранжевым при действии сульфатной кислоты.

К части раствора приливают избыток сульфатной кислоты, при этом выпадает вишневый осадок. Спирт при контакте с этим осадком воспламеняется. При реакции оранжевого раствора с пероксидом водорода образуется синий раствор вещества **H**.

Известно, что в задании зашифрованы такие вещества: CrSO_4 , $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$, $\text{Cr}(\text{OH})_3$, $\text{Na}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6]$, Na_2CrO_4 , $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, CrO_3 , CrO_5

I		Определите вещества А – Н		Балл
		Цвет / агрегатное состояние	Формула вещества	
1	A	Голубой раствор	_____	<input type="text"/>
2	B	Зелёный раствор	_____	<input type="text"/>
3	C	Серо-зелёный осадок	_____	<input type="text"/>
4	D	Тёмно-зелёный раствор	_____	<input type="text"/>
5	E	Желтый раствор	_____	<input type="text"/>
6	F	Оранжевый раствор	_____	<input type="text"/>
7	G	Вишнёвый осадок	_____	<input type="text"/>
8	H	Тёмно-синий раствор	_____	<input type="text"/>
II		Напишите уравнения реакций (в молекулярной форме)		
9	A → B :	_____		<input type="text"/>
10	B → C :	_____		<input type="text"/>
11	C → D :	_____		<input type="text"/>
12	D → E :	_____		<input type="text"/>
13	E → F :	_____		<input type="text"/>
14	F → G :	_____		<input type="text"/>
15	F → H :	_____		<input type="text"/>
III				
16	Что в переводе означает название металла, входящего в соединения А – Н?			<input type="text"/>
17	Напишите уравнение реакции, с помощью которой можно получить раствор чистой соли А			<input type="text"/>



Раствор А хранится в герметично закрытой колбе в растворе сульфатной кислоты. Вещество В образуется из А “самопроизвольно” при вскрытии колбы. Осадок С образуется из В при осторожном прибавлении щёлочи и растворяется в её избытке с образованием D. Вещество E образуется из D при действии пероксида водорода. Вещество F образуется из E при подкислении, а при добавлении избытка сульфатной кислоты выпадает G. Вещество H образуется при действии пероксида водорода на подкисленный раствор F.

Розв'язок

I		Визначте речовини А – Н		Бал
		Колір / агрегатний стан	Формула розчиненої речовини	
1	A	Блакитний розчин	CrSO_4	<input type="text"/>
2	B	Зелений розчин	$\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$	<input type="text"/>
3	C	Сіро-зелений осад	$\text{Cr}(\text{OH})_3$	<input type="text"/>
4	D	Темно-зелений розчин	$\text{Na}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6]$	<input type="text"/>
5	E	Жовтий розчин	Na_2CrO_4	<input type="text"/>
6	F	Оранжевий розчин	$\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	<input type="text"/>
7	G	Вишневий осад	CrO_3	<input type="text"/>
8	H	Темно-синій розчин	CrO_5	<input type="text"/>
II		Напишіть рівняння реакцій (у молекулярній формі)		
9	A → B :	$4\text{CrSO}_4 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{O}_2 = 2\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 2\text{H}_2\text{O}$		<input type="text"/>
10	B → C :	$\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{NaOH} = 2\text{Cr}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{Na}_2\text{SO}_4$		<input type="text"/>
11	C → D :	$\text{Cr}(\text{OH})_3 + 3\text{NaOH} = \text{Na}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6]$		<input type="text"/>
12	D → E :	$2\text{Na}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6] + 3\text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{Na}_2\text{CrO}_4 + 2\text{NaOH} + 8\text{H}_2\text{O}$		<input type="text"/>
13	E → F :	$2\text{Na}_2\text{CrO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$		<input type="text"/>
14	F → G :	$\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{CrO}_3\downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$		<input type="text"/>
15	F → H :	$\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{CrO}_5 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}$		<input type="text"/>
III				
16	Що у перекладі означає назва металу, що входить у сполуки А – Н? У перекладі з грецької <i>chrōma</i> значить “колір, фарба”			<input type="text"/>
17	Напишіть рівняння реакції, за допомогою якої можна отримати розчин чистої солі А $\text{Cr} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CrSO}_4 + \text{H}_2\uparrow$			<input type="text"/>

Задача 3. Молекули у просторі

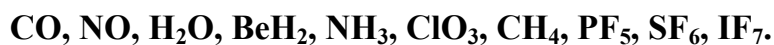
Передивіться просторові зображення та заповніть таблицю

I. Знайдіть відповідність між формулою та структурою чотириатомних молекул:



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

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



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

Задача 3. Молекулы в пространстве

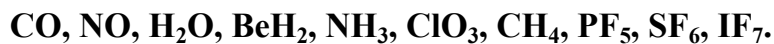
Просмотрите трёхмерные изображения молекул и заполните таблицу

I. Найдите соответствие между формулой и структурой 4-х атомных молекул:



	Структура	Формула	Балл
1	A	_____	
2	B	_____	
3	C	_____	

II. Найдите соответствие между формулой и структурой бинарных молекул разной стехиометрии. Примите во внимание, что некоторые молекулы могут существовать в необычной форме.



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

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) ₂ CO ₃	_____	_____	
3	NaCl	_____	_____	
4	C	_____	_____	
5	HgS	_____	_____	
6	Al ₂ O ₃	_____	_____	
7	FeS ₂	_____	_____	
8	CaSO ₄ ·2H ₂ O	_____	_____	
9	MnO ₂	_____	_____	
10	SiO ₂	_____	_____	

Зображення мінералів містять підказки!

Задача 4. Минералы

Сопоставьте названия 10 известных минералов с их химическими формулами и изображениями

Минералы: Алмаз, Галит, Гипс, Кварц, Киноварь, Малахит, Пирит, Пирролюзит, Рубин, Самородная сера.

Балл

	Формула	Название минерала	Изображение	
1	S	_____	_____	
2	(CuOH) ₂ CO ₃	_____	_____	
3	NaCl	_____	_____	
4	C	_____	_____	
5	HgS	_____	_____	
6	Al ₂ O ₃	_____	_____	
7	FeS ₂	_____	_____	
8	CaSO ₄ ·2H ₂ O	_____	_____	
9	MnO ₂	_____	_____	
10	SiO ₂	_____	_____	

Изображения минералов содержат подсказки!

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 1. Зелень Шеєле

Зелень Шеєле – нерастворимая в воде основная соль, которую раньше использовали как компонент зеленой краски для обоев. Краски на ее основе имели прекрасный цвет и были широко распространены в Париже в XVIII – XIX ст. При высокой влажности воздуха один из элементов, входящих в состав этой соли, образует летучие отравляющие вещества. Этот процесс был причиной медленного отравления тех, кто решил украсить свой дом такими обоями. Существует мнение, что Наполеон в 1821 году подвергся такому хроническому отравлению на о. Св. Елены, что и привело его к смерти.

При растворении «зелени Шееле» массой 5,90 г в растворе хлоридной кислоты, выпадает белый осадок массой 1,98 г. Этот осадок отфильтровали и восстановили цинком в хлоридной кислоте. При этом выделилось 0,448 л газа (н.у.). Если к фильтрату добавить щелочь, то образуется синий осадок, при прокаливании которого образуется черный остаток массой 3,20 г, который можно восстановить водородом до красного металла. При прокаливании на воздухе «зелень Шееле» теряет 12,2 % массы.

1. Определите формулу «зелени Шееле» и приведите уравнения всех упомянутых реакций.
2. Какой из элементов, входящих в состав «зелени Шееле», был причиной медленного отравления?

Розв'язок

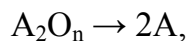
Оскільки «зелень Шееле» складається з чотирьох елементів, то її можна представити у вигляді трьох оксидів, одним з яких обов'язково є вода:



При прожарюванні цієї сполуки маса втрачається за рахунок видалення води, та, можливо, ще якогось леткого оксиду.

За якісною оцінкою можна припустити, що синій осад – $\text{Cu}(\text{OH})_2$, який розкладається на CuO ($m = 3,20$ г), тоді при прожарюванні сполука втрачає лише воду ($m = 5,90 \cdot 0,122 = 0,72$ г), а маса третього оксиду $5,90 - 3,20 - 0,72 = 1,98$ г. Отже, цей осад – оксид, який далі відновлюється, утворюючи газ ($v = 0,02$ моль).

Якщо відбувається процес



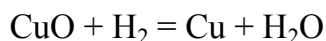
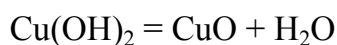
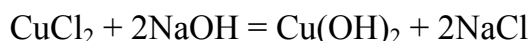
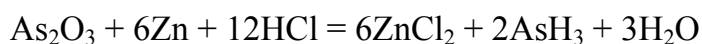
$$v_{\text{A}} = 0,02 \text{ моль} \Rightarrow v_{\text{A}_2\text{O}_n} = 0,01 \text{ моль}$$

$$M(\text{A}_2\text{O}_n) = \frac{1,98}{0,01} = 198 \text{ г / моль}$$

$$M(\text{A}) = \frac{198 - 16n}{2} \quad \text{при } n = 3 \quad \text{A} - 75 (\text{As})$$

$$n_{\text{CuO}} : n_{\text{As}_2\text{O}_3} : n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{3,2}{80} : \frac{1,98}{198} : \frac{0,72}{18} = 4 : 1 : 4$$

Формула речовини $4\text{CuO} \cdot \text{As}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, або $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{Cu}_3(\text{AsO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$.



Задача 2. Активний хлор

Вміст так званого «активного хлору» визначається в дезинфікованій ним питній воді та стічних водах, які доводиться хлорувати. Основною формою активного хлору є гіпохлоритна кислота 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 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 NaClO , а масова частка активного хлору (%) у речовині чисельно дорівнює масі молекулярного хлору, що виділяє з розчину KI таку ж кількість 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 2. Активный хлор

Содержание так называемого «активного хлора» определяют в дезинфицированной им питьевой воде и в сточных водах, которые приходится

хлорировать. Основной формой активного хлора является гипохлоритная кислота NaClO и ее соли.

Для определения концентрации активного хлора в школьном бассейне работник санитарно-эпидемиологической станции приготовил навеску $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ массой 0,125 г, растворил ее в воде, подкислил сульфатной кислотой и прибавил избыток KI . На титрование полученного раствора в присутствии крахмала как индикатора пошло 21,30 мл раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Аналитик отобрал 1000 мл воды из бассейна, подкислил HCl , прибавил избыток KI и оттитровал раствором тиосульфата натрия с крахмальным индикатором. На титрование пошло 16,50 мл раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

1. Определите концентрацию активного хлора (мг/л) в школьном бассейне, приняв, что весь хлор находится в виде NaClO , а массовая доля активного хлора (%) в веществе численно равна массе молекулярного хлора, который выделяет из раствора KI такое же количество I_2 , что и 100 г анализируемого вещества.

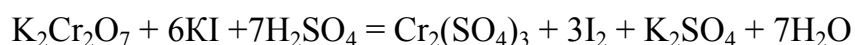
2. Как меняется молярная концентрация эквивалента раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ при длительном хранении? Ответ обоснуйте.

3. Приведите примеры трех веществ, в которых массовая доля активного хлора больше 100 % и рассчитайте значения массовых долей.

4. Напишите уравнения всех упомянутых реакций.

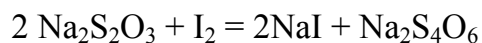
Розв'язок

1. Знайдемо кількість речовини I_2 , що утворилась при взаємодії з $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$:



$$n(\text{I}_2) = 3n(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 3 \cdot 0,125 / 294 = 1,28 \cdot 10^{-3} \text{ (моль)}$$

Знайдемо концентрацію розчину $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$:



$$n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 2n(\text{I}_2) = 2 \cdot 1,28 \cdot 10^{-3} = 2,56 \cdot 10^{-3} \text{ (моль)}$$

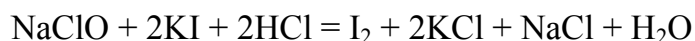
$$C(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) / V(\text{р-н}) = 2,56 \cdot 10^{-3} / 21,3 \cdot 10^{-3} = 0,12 \text{ (моль/л)}$$

Знайдемо кількість I_2 , що утворилась при взаємодії KI з NaClO :

$$n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 16,50 \cdot 10^{-3} \cdot 0,12 = 1,98 \cdot 10^{-3} \text{ моль,}$$

$$n(\text{I}_2) = 0,5 \cdot n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0,99 \cdot 10^{-3} \text{ моль.}$$

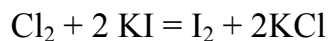
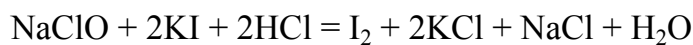
Знайдемо масу NaClO в 1 л води:



$$n(\text{NaClO}) = n(\text{I}_2) = 0,99 \cdot 10^{-3} \text{ моль,}$$

$$m(\text{NaClO}) = 0,99 \cdot 10^{-3} \cdot 74,5 = 73,8 \cdot 10^{-3} \text{ г.}$$

Знайдемо масову частку активного хлору в NaClO:



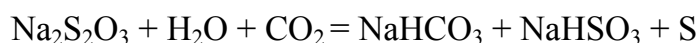
$$w(*\text{Cl}) = 71,0/74,5 = 0,953$$

Знайдемо масу активного хлору, що міститься в $73,8 \cdot 10^{-3}$ г NaClO та його концентрацію:

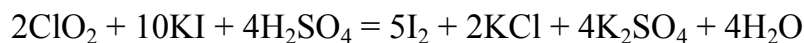
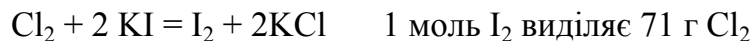
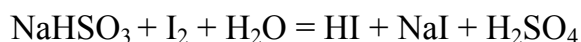
$$m(*\text{Cl}) = 0,953 \cdot 73,8 \cdot 10^{-3} \text{ г} = 70,3 \cdot 10^{-3} \text{ г}$$

$$C(*\text{Cl}) = 70,3 \cdot 10^{-3} \text{ г} / 1 \text{ л} = \underline{70,3 \text{ мг/л}}$$

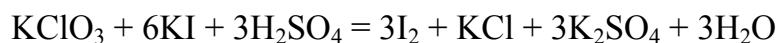
Молярна концентрація еквівалента розчину $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ при тривалому зберіганні дещо збільшується за рахунок реакції з вуглекислим газом повітря:



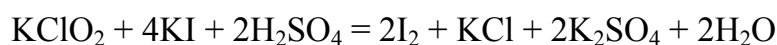
Утворений NaHSO₃, на відміну від Na₂S₂O₃, реагує з йодом в мольному співвідношенні 1:1:



$$1 \text{ моль } \text{I}_2 \text{ виділяє } 27 \text{ г } \text{ClO}_2 \quad w(*\text{Cl}) = (71/27) \cdot 100 = 263 \%$$



$$1 \text{ моль } \text{I}_2 \text{ виділяє } 40,8 \text{ г } \text{KClO}_3 \quad w(*\text{Cl}) = (71/40,8) \cdot 100 = 174 \%$$



$$1 \text{ моль } \text{I}_2 \text{ виділяє } 53,25 \text{ г } \text{KClO}_2 \quad w(*\text{Cl}) = (71/53,25) \cdot 100 = 133 \%$$

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 А. При взаємодії водних розчинів солей А та В утворюється осад С (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 В добувають так: метал Д

розчиняють в гарячій нітратній кислоті (при цьому утворюється сполука Е – нітрат двовалентного металу з молярною масою $300 \text{ г/моль} < M(\text{нітрат}) < 350 \text{ г/моль}$). При додаванні до розчину солі Е 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 В.

1. Розшифруйте речовини А–G та X, Y, Z.
2. Напишіть рівняння реакцій.
3. Розрахуйте масу осаду С, що утворюється з 53,265 г металу Д, якщо практичний вихід становить 65% від теоретично можливого.
4. Яка реакція відбувається при розчиненні речовини Д в холодній розведений нітратній кислоті?

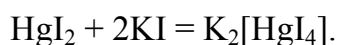
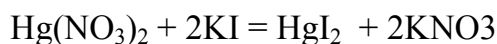
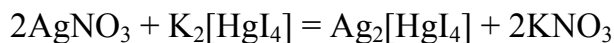
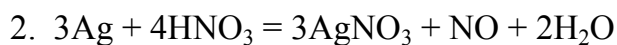
Задача 3. Цветная задача

При взаимодействии 14,04 г металла X с раствором кислоты Y (массовая доля водорода составляет 1,587%) выделяется бесцветный газ Z (при стандартных условиях объем 1,06 л) и остается раствор соли А. При взаимодействии водных растворов солей А и В образуется осадок С (молярная масса составляет 925 г/моль) с интересными свойствами: при $t < 50^\circ\text{C}$ он желтый, а при $t > 50^\circ\text{C}$ – красный. Соль В получают следующим способом: металл Д растворяют в горячей нитратной кислоте (при этом образуется соединение Е – нитрат двухвалентного металла с молярной массой $300 \text{ г/моль} < M(\text{нитрат}) < 350 \text{ г/моль}$). При добавлении к раствору Е раствора соли F (массовая доля элемента J составляет 76,5%) образуется оранжево-красный осадок G, который растворяется в избытке раствора F, образуя прозрачный раствор соли В.

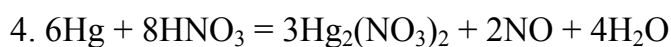
1. Расшифруйте вещества А–G и X, Y, Z.
2. Напишите уравнения реакций.
3. Рассчитайте массу осадка С, который образуется из 53,265 г металла Д, если практический выход составляет 65% от теоретически возможного.
4. Какая реакция происходит при растворении вещества Д в холодной разбавленной нитратной кислоте?

Розв'язок

1. X – Ag, Y – HNO₃, Z – NO, A – AgNO₃, B – K₂[HgI₄], C – Ag₂[HgI₄], D – Hg, E – Hg(NO₃)₂, F – KI, G – HgI₂.



3. $m(\text{Ag}_2[\text{HgI}_4])_{\text{прак.}} = 159 \text{ г.}$

**Задача 4. Електроліз**

Електроліз 400 г водного розчину з масовою часткою CuSO₄ 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.

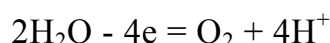
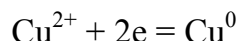
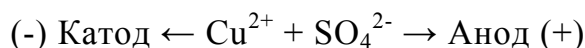
1. Напишіть рівняння реакцій, що відбуваються на електродах при електролізі.
2. Розрахуйте масові частки сполук у розчині, добутому після завершення електролізу, та маси речовин, які утворилися на електродах.
3. Запишіть рівняння, що подають залежність від часу (с) загальної маси речовин, що утворюються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

Задача 4. Электролиз

Электролиз 400 г водного раствора с массовой долей CuSO₄ 8% в электролизере с инертными электродами при силе тока 21,44 А проводили до тех пор, пока масса раствора не уменьшилась на 20,5 г.

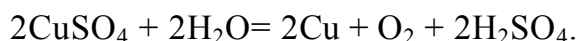
1. Напишите уравнения реакций, происходящих на электродах при электролизе.
2. Рассчитайте массовые доли соединений в растворе, полученном после окончания электролиза, и массы веществ, образовавшихся на электродах.
3. Запишите уравнения, выражающие зависимость от времени (с) общей массы веществ, образующихся на электродах во время электролиза.
4. Постройте график зависимости изменения массы раствора от времени.

Розв'язок

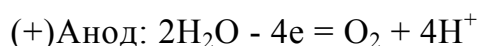
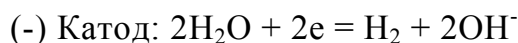


У розчині знаходилось $m = 0.08 \cdot 400 = 32$ (г) CuSO_4 , що складає $v = 32/160 = 0.2$ (моль).

При електролізі на електродах виділяється мідь та кисень:



При повному відновленні іонів купруму до міді на електродах виділяється 0.2 моль міді та 0.1 моль кисню, $m_1 = 0.2 \cdot 64 + 0.1 \cdot 32 = 16$ (г). Після осадження міді починається електроліз розчину сірчаної кислоти і на катоді буде виділятися водень:



Маса води, що розклалася, складає $20.5 - 16 = 4.5$ (г) або $4.5/18 = 0.25$ (моль).

Отже, на електродах виділилось:

Катод: 0.2 моль (12.8 г) міді та 0.25 моль (0.5 г) водню.

Анод: $0.1 + 0.25/2 = 0.225$ моль (7.2 г) кисню.

В розчині залишилось 0.2 моль або $0.2 \cdot 98 = 19.6$ (г) сірчаної кислоти.

Масова доля сірчаної кислоти: $\omega = \frac{19.6}{400 - 20.5} \cdot 100\% = 5.16\%$

За законом Фарадея визначимо, за який час пройде повне відновлення міді:

$$m = \frac{M}{n_e} \cdot \frac{I \cdot t}{F},$$

$$t = \frac{m_{\text{Cu}} \cdot n_e \cdot F}{M_{\text{Cu}} \cdot I} = \frac{12.8 \cdot 2 \cdot 96485}{64 \cdot 21.44} = 1800 \text{ (с)}.$$

Визначимо час проведення електролізу:

$$t = \frac{m_{\text{O}_2} \cdot n_e \cdot F}{M_{\text{O}_2} \cdot I} = \frac{7.2 \cdot 4 \cdot 96485}{32 \cdot 21.44} = 4050 \text{ (с)}$$

Аналітичні залежності маси речовин, що утворюються на електродах:

$$m_{\text{Cu}} = \frac{M_{\text{Cu}}}{n_e} \cdot \frac{I \cdot t}{F} = \frac{64 \cdot 21.44}{2 \cdot 96485} t = 0.00711 \cdot t, \text{ де } t \leq 1800 \text{ с}$$

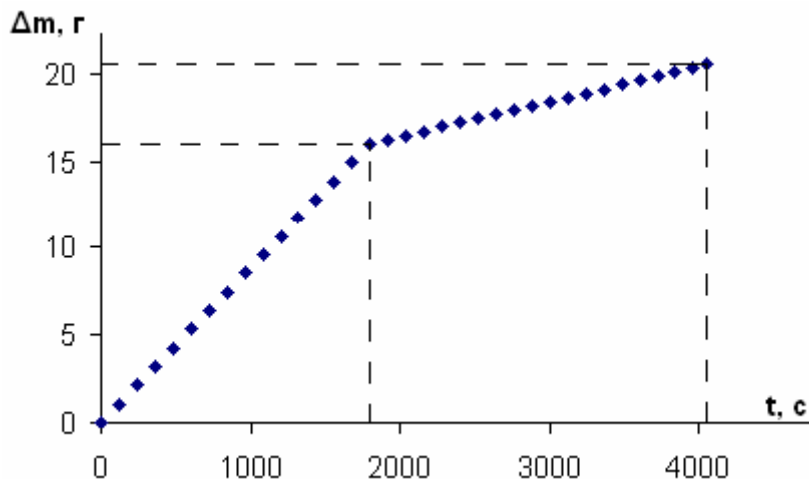
$$m_{H_2} = \frac{M_{H_2}}{n_e} \cdot \frac{I \cdot t}{F} = \frac{2 \cdot 21.44}{2 \cdot 96485} t = 0.00022 \cdot t, \text{ де } 1800 \leq t \leq 4050 \text{ с}$$

$$m_{O_2} = \frac{M_{O_2}}{n_e} \cdot \frac{I \cdot t}{F} = \frac{32 \cdot 21.44}{4 \cdot 96485} t = 0.00178 \cdot t, \text{ де } t \leq 4050 \text{ с}$$

Таким чином, зміна маси розчину від часу складає:

$$\text{А) } \Delta m = (0.00711 + 0.00178)t = 0.00889 \cdot t, \text{ де } t \leq 1800 \text{ с}$$

$$\text{Б) } \Delta m = (0.00022 + 0.00178)t = 0.00200 \cdot t, \text{ де } 1800 \leq t \leq 4050 \text{ с}$$



Задача 5. Розчинність

Відомо, що BaCO_3 – речовина малорозчинна.

1. Розрахуйте розчинність BaCO_3 у воді (г/л).
2. Поясніть, чому при пропусканні CO_2 через розчин BaCl_2 не утворюється осад BaCO_3 , тоді як при пропусканні CO_2 через баритову воду осад утворюється.
3. Зобразіть просторову будову іона CO_3^{2-} , молекул H_2O та CO_2 , вкажіть типи гібридизації центральних атомів та кратність усіх зв'язків.

Для довідки: добуток розчинності $K_{S0}(\text{BaCO}_3) = 5 \cdot 10^{-9}$, ступінчасті константи дисоціації $K_{a1}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 4,5 \cdot 10^{-7}$, $K_{a2}(\text{HCO}_3^-) = 4,7 \cdot 10^{-11}$.

Задача 5. Растворимость

Известно, что BaCO_3 – вещество малорастворимое.

1. Рассчитайте растворимость BaCO_3 в воде (г/л).

2. Об'ясните, почему при пропускании CO_2 через раствор BaCl_2 не образуется осадок BaCO_3 , тогда как при пропускании CO_2 через баритовую воду осадок образуется.

3. Изобразите пространственное строение иона CO_3^{2-} , молекул H_2O и CO_2 , укажите типы гибридизации центральных атомов и кратность всех связей.

Для справки: произведение растворимости $K_{\text{S0}}(\text{BaCO}_3) = 5 \cdot 10^{-9}$, ступенчатые константы диссоциации $K_{\text{a1}}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 4,5 \cdot 10^{-7}$, $K_{\text{a2}}(\text{HCO}_3^-) = 4,7 \cdot 10^{-11}$.

Розв'язок

- $K_{\text{S0}}(\text{BaCO}_3) = [\text{Ba}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}] = S^2 = 5 \cdot 10^{-9}$, звідки розчинність карбонату барію $S = 14 \cdot 10^{-3}$ г/л.
- У випадку розчину хлориду барію при утворенні його карбонату повинна утворюватись більш сильна кислота – хлоридна.
- CO_3^{2-} – рівнобічний трикутник, С – sp^2 , кратність зв'язків С–О дорівнює 1,333; H_2O – кутова молекула, О – sp^3 , кратність зв'язків Н–О дорівнює 1; CO_2 – лінійна молекула, С – sp , кратність зв'язків С–О дорівнює 2.

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 HCl .

- Визначте зашифровані речовини, якщо відомо, що А дає осад при пропусканні крізь надлишок баритової води.
- Наведіть рівняння хімічних реакцій, згаданих у тексті.
- Визначте масові частки (%) компонентів газової суміші.

Задача 6. Прокаливание доломита

При прокаливании 2,30 г доломита получили 560 мл газа А (нормальные условия, плотность 1,964 г/л) и твердый остаток Б, содержащий два вещества. Нагревание этого остатка с углем и последующая обработка водой привели к

образованию трех фаз: 0,42 л (н.у.) газовой смеси В (плотность по водороду $D_{H_2} = 15,33$); осадка Г, масса которого после прокаливания составила 0,50 г; 500 мл раствора вещества Д. На титрование 25 мл этого раствора израсходовали 12,50 мл 0,1 М раствора HCl.

1. Определите зашифрованные вещества, если известно, что А дает осадок при пропускании через избыток баритовой воды.
2. Приведите уравнения химических реакций, упомянутых в тексте.
3. Определите массовые доли (%) компонентов газовой смеси.

Розв'язок

1. $M_A = 22,4 \times 1,964 = 44$ г/моль – це CO_2 , тоді доломіт – це карбонатний мінерал, а твердий залишок після його прожарювання – суміш оксидів. Її маса складає

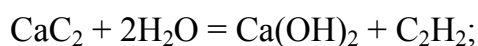
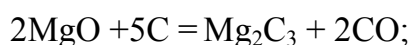
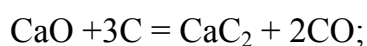
$$2,30 - 0,56 \times 1,964 = 1,200 \text{ г.}$$

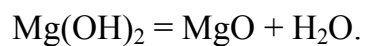
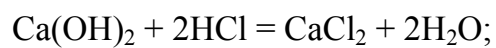
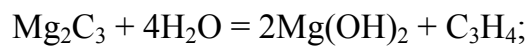
Продуктами нагрівання цієї суміші з вуглецем будуть карбіди, які розкладаються водою з утворенням вуглеводнів та гідроксидів. При прожарюванні гідроксиду Г утворюється його оксид. Таким чином, маса другого оксиду складає $1,20 - 0,50 = 0,70$ г, а його молярна маса еквівалента дорівнює

$$(0,7 \times 25)/(12,5 \times 0,1 \times 0,5) = 28 \text{ г/моль.}$$

Молярна маса еквівалента металу, що входить до складу оксиду, дорівнює $28 - 8 = 20$ г/моль. Шляхом перебору знаходимо, що це Ca (відповідний карбід CaC_2). Маса другого карбонату складає $2,30 - 0,7 \times 100/56 = 1,05$ г. Виходячи з цих даних, складаємо пропорцію: $1,05/(x + 30) = 0,5/(x + 8)$, де x – молярна маса еквівалента другого металу. Знаходимо, що $x = 12$ г/моль, другий метал – Mg. Одним з газів суміші В є ацетилен C_2H_2 . Тоді молярна маса другого газу дорівнює 40 г/моль – це пропін C_3H_6 , тобто другий карбід – Mg_2C_3 . Таким чином: доломіт – $CaCO_3 \cdot MgCO_3$; А – CO_2 ; Б – суміш оксидів CaO та MgO; В – суміш ацетилену C_2H_2 та пропіну C_3H_4 ; Г – $Mg(OH)_2$; Д – $Ca(OH)_2$.

2. Реакції, що наведені в задачі:





3. $m(\text{C}_2\text{H}_2) = 0,0125 \times 26 = 0,325 \text{ г}; m(\text{C}_3\text{H}_4) = 0,00625 \times 40 = 0,25 \text{ г};$

$w(\text{C}_2\text{H}_2) = 56,52\%; w(\text{C}_3\text{H}_4) = 43,48\%.$

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 CO_2 і H_2O 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 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: 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 NaOH .
3. Розрахуйте, яка кількість теплоти виділилася при розчиненні 1,000 г сполуки **X** у розрахованій кількості розведеного розчину NaOH .
4. До якого класу сполук належить речовина **X**?

Задача 1. Необычное взаимодействие

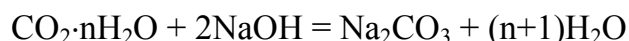
Юные химики знают, что при растворении углекислого газа в воде реакция среды становится кислой. Менее известно, что при низких температурах между CO_2 и H_2O происходит взаимодействие принципиально иного типа. Его результатом является образование продукта **X**, который очень неустоек и с повышением температуры разлагается с образованием углекислого газа и воды (для реакции образования **X** $\Delta H^0 = -20,6$ кДж/моль). При растворении 1,000 г вещества **X** в рассчитанном количестве разбавленного раствора NaOH образуется раствор соли **Y**. Упаривание полученного раствора и прокаливание остатка при высокой температуре дает 0,697 г соли **Y** в безводном состоянии.

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

1. Установите формулы X и У.
2. Напишите уравнение реакции растворения X в растворе NaOH.
3. Рассчитайте, какое количество теплоты выделилось при растворении 1,000 г соединения X в рассчитанном количестве разбавленного раствора NaOH.
4. К какому классу соединений принадлежит вещество X?

Розв'язок

1. Сполука X може мати лише формулу $\text{CO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, де n – будь-яке число, оскільки вона утворена з вуглекислого газу та води. Тоді У може бути лише Na_2CO_3 або NaHCO_3 . Другий варіант не підходить, оскільки NaHCO_3 розкладається при нагріванні, а за умовою задачі сіль У після прожарювання залишилася тією ж. Отже, У – Na_2CO_3 . Рівняння реакції У з розчином гідроксиду натрію:



Маємо:

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0.697 \text{ г}$$

$$\nu(\text{Na}_2\text{CO}_3) = m(\text{Na}_2\text{CO}_3)/M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0.697/106 = 0.00658 \text{ (моль)}$$

$$\nu(\text{CO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}) = \nu(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0.00658 \text{ моль}$$

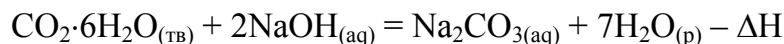
$$M(\text{CO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}) = m(\text{CO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O})/\nu(\text{CO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}) = 152 \text{ (г/моль)}$$

$$44 + 18n = 152$$

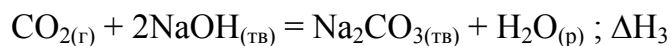
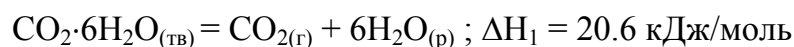
$$n = (152 - 44)/18 = 6$$

Отже, формула X – $\text{CO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

2. $\text{CO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{CO}_3 + 7\text{H}_2\text{O}$
3. Термохімічне рівняння реакції:



Цю реакцію можна умовно представити як лінійну комбінацію таких реакцій:



$$\Delta H_3 = \Delta H_{f,298}^\circ(\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{тв})) + \Delta H_{f,298}^\circ(\text{H}_2\text{O}(\text{р})) - \Delta H_{f,298}^\circ(\text{CO}_2(\text{г})) - 2\Delta H_{f,298}^\circ(\text{NaOH}(\text{тв})) =$$

$$= -1132 + (-286) - (-394) - 2 \cdot (-427) = -170 \text{ (кДж/моль)}$$

$$\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{тв}) = \text{Na}_2\text{CO}_3(\text{ақ}); \Delta H_4 = \Delta H_{\text{solv}}(\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{тв})) = -22.9 \text{ кДж/моль}$$

Тоді, за законом Гесса

$$\Delta H = \Delta H_1 + 2\Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_4 = 20.6 + 2 \cdot 42.4 - 170 - 22.9 =$$

$$= -87.5 \text{ (кДж/моль)}$$

$$Q = -\Delta H \cdot \nu(\text{CO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}) = 87.5 \cdot 0.0658 \cdot 1000 = 576 \text{ (Дж)}$$

Отже, при розчиненні 1.000 г сполуки **X** у розрахованій кількості розведеного розчину гідроксиду натрію виділиться 576 Дж теплоти.

4. $\text{CO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ належить до клатратів, або сполук включення.

Задача 2. Загадкова рідина

При пропусканні сухого газуватого 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 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 2. Загадочная жидкость

При пропусканні сухого газообразного BF_3 над жидким оксидом **A** (молярная масса 240,06 г/моль) до затвердження полученной смеси, с последующим гидролизом продукта реакции 70%-ной сульфатной кислотой и дальнейшим выделением маслянистой фракции удается выделить шесть соединений общего состава $\text{X}_n\text{Z}_{3n-1}\text{Y}_2$, где n принимает значение от 2 до 7. При термическом разложении $\text{X}_n\text{Z}_{3n-1}\text{Y}_2$ получается газовая смесь соединений **B** (получается при нагревании **A**) и **F** (массовая доля элемента **Y** 37,25%). Массовые доли элемента **Y** в этих соединениях приведены в таблице:

n	2	3	4	5	6	7
массовая доля Y, %	20,89	14,5	11,11	9,00	7,57	6,53

1. Расшифруйте элементы **X**, **Z**, **Y**, оксид **A** и газы **B**, **F**. Ответ подтвердите расчетами.
2. Изобразите пространственное строение молекул соединений, входящих в маслянистую фракцию. Укажите тип гибридизации атома **Z** в этих соединениях.
3. Изобразите пространственное строение молекул оксида **A** и BF_3 .

Гидролизом любого из соединений $\text{X}_n\text{Z}_{3n-1}\text{Y}_2$ можно получить смесь двух кислот. При $n = 4$ кислоты образуются в мольном соотношении 1:1. При $n = 3$ соотношение составляет 1:2. Одну из этих кислот получают взаимодействием **A** с безводной **HY**.

4. Установите формулы неизвестных кислот.
5. Рассчитайте рН раствора, который образуется при гидролизе 22 мл ($\rho = 1,88$ г/мл) фракции с $n = 3$ в 12 л дистиллированной воды.

Розв'язок

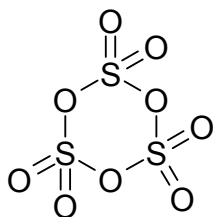
1. Масові частки елемента **Y** у кожній сполуці, що входить до складу

маслоподібної фракції, $w(\text{Y}) = \frac{2 * M(\text{Y})}{n * M(\text{X}) + (3n - 1) * M(\text{Z}) + 2 * M(\text{Y})}$

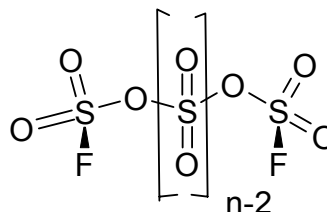
Склавши систему рівнянь для будь-яких трьох n , можна знайти: $M(Z) = 16$ г/моль, $M(X) = 32$ г/моль, $M(Y) = 19$ г/моль. Отже $Z - O$, $X - S$, $Y - F$, оксид $A - S_3O_9$.

Термічним розкладом S_3O_9 отримуємо лише SO_3 (газ B). Якщо уважно проаналізувати склад рідин, то його можна записати як $SO_2F_2 \cdot (n - 1) SO_3$. Тому газ $F -$ сульфурил фторид (підтверджується розрахунком масової частки флуору)

2 – 3 . Оксид A :

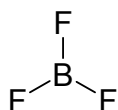


Сполуки $S_nO_{3n-1}F_2$:

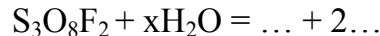


Гібридизація атому сульфуру sp^3 .

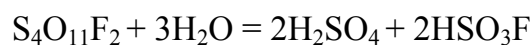
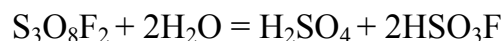
$BF_3 - sp^2$ гібридизація:



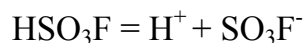
4. Розглянемо схему гідролізу сполук з $n = 3$ та 4 :



Варіант з фторидною та сульфатною кислотами не підходить за відносними кількостями утворених кислот. Підказка про те, що однією з кислот є фторсульфонова (утворюється з тримеру триоксиду та фтороводню), дає правильний розв'язок :



5. Обидві кислоти дуже сильні у водному розчині:



$$pH = -\lg[H^+] = -\lg[4\rho V_{\text{сполуки}}/M_{\text{сполуки}} V_{\text{розчину}}] = 1.28.$$

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 «ліпотон». 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°C?

Задача 3. Ліпотон

«Ліпотон» – белое твердое вещество, которое используется как пигмент. Получить его очень просто: при сливании водных растворов бинарного соединения **A** и сульфата двухвалентного металла **B** образуется белый осадок **C** (после фильтрования и высушивания массовая доля S 19,4%), который и является «ліпотон». Известно, что «ліпотон» частично растворяется в концентрированной нитратной кислоте с образованием белого остатка **D**, в котором после фильтрования и высушивания массовая доля S равна 13,7 %.

1. Установите неизвестные вещества
2. Напишите уравнения всех упомянутых в задаче реакций.
3. Что произойдет, если остаток **D** нагреть до 1000°C?

Розв'язок

Логічно припустити, що **D** – сульфат якогось металу. Розрахунок дає $E(\text{Me}) = 68.8$ г/моль, що відповідає барію ($E(\text{Ba}) = 68.7$ г/моль). Дійсно, BaSO_4 не розчиняється в концентрованій азотній кислоті.

Напевно, осад **C** – суміш двох речовин, однією з яких є BaSO_4 . Нехай **A** – MSO_4 , а **B** – Ba_xY_2 , тоді $x\text{MSO}_4 + \text{Ba}_x\text{Y}_2 \rightarrow x\text{BaSO}_4\downarrow + \text{M}_x\text{Y}_2\downarrow$

$$\omega(\text{S}) = 32 / (233x + \text{M}_x + 2\text{Y}) = 0.194$$

$$165 = 233x + \text{M}_x + 2\text{Y}.$$

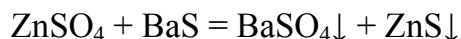
Останнє рівняння не має прийняттого рішення, оскільки щонайменше одна зі змінних є від'ємною величиною.

Отже, Y^- це аніон, що також містить в своєму складі сірку. В найпростішому випадку це $[\text{SO}_z]^{2-}$, тоді $\text{MSO}_4 + \text{BaSO}_z \rightarrow \text{BaSO}_4\downarrow + \text{MSO}_z\downarrow$

$$\omega(\text{S}) = 32 + 32 / (233 + \text{M} + 32 + 16z) = 0.194$$

$$M = 65 - 16z$$

При $z = 0$ $M = 65$ г/моль, тобто метал Zn. При $z > 0$ рішень немає.



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 KNO_3 з сірчаною кислотою, то виявиться, що ця реакція йде з поглинанням теплоти.

1. Запишіть рівняння реакції KNO_3 з сірчаною кислотою та розрахуйте для неї стандартну зміну ентальпії (ΔH) та енергії Гіббса (ΔG).

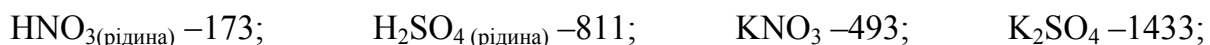
2. Поясніть, чому можливе протікання цієї реакції, незважаючи на її ендотермічний характер.

3. Чи можна добути H_2SO_4 шляхом взаємодії HNO_3 з K_2SO_4 ? Відповідь обґрунтуйте.

4. Наведіть приклад ще однієї кислоти, яку можна використати замість сірчаної для добування 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 ΔH_f^{298} , кДж/моль:



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



Задача 4. Направление реакций

Раньше одним из распространенных методов получения безводной азотной кислоты было взаимодействие твердых азотатов с концентрированной серной кислотой. Но если определить изменение энтальпии в реакции KNO_3 серной кислотой, то обнаружится, что реакция идет с поглощением теплоты.

1. Запишите уравнение реакции KNO_3 с серной кислотой и рассчитайте для нее стандартное изменение энтальпии (ΔH) и энергии Гиббса (ΔG).

2. Поясніть, чому ця реакція відбувається, незважаючи на ендотермічний характер.
3. Чи можна отримати H_2SO_4 взаємодією HNO_3 з K_2SO_4 ? Відповідь обґрунтуйте.
4. Приведіть приклад ще однієї кислоти, яку можна використовувати для отримання HNO_3 з нітратів. Якими критеріями ви користувались для вибору цієї кислоти?
5. Наскільки правильно твердження «сильні кислоти витісняють слабкі з їх солей»?

Для справки: значення ентальпій утворення ΔH_f^{298} , кДж/моль:

HNO_3 (жидк) -173 ; H_2SO_4 (жидк) -811 ; KNO_3 -493 ; K_2SO_4 -1433 ;

значення ентропій ΔS^{298} , Дж/(моль·К): HNO_3 (жидк) $156,2$;

H_2SO_4 (жидк) $156,9$; KNO_3 $132,9$; K_2SO_4 $175,7$.

Розв'язок

1. $\text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{KHSO}_4 + \text{HNO}_3$; $2\text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{HNO}_3$
 $\Delta H = 18$ кДж; $\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$; $\Delta G = -1,5$ кДж.
2. Реакція перебігає при підвищенні температури і проходить повністю, оскільки летка HNO_3 видаляється (відганяється) з реакційної суміші. ΔG цієї реакції менша нуля.
3. При взаємодії HNO_3 з K_2SO_4 в реакційній суміші буде утворюватися H_2SO_4 , але виділити її в чистому вигляді неможливо – при спробі відігнати кислоту буде відганятися HNO_3 , а інші методи, без додавання інших реагентів (наприклад, виморожування), не дозволять добути чисту речовину.
4. Можна брати будь-які нелеткі кислоти (термічна стабільність кислоти та її солі має бути достатньо високою, щоб можна було відігнати HNO_3), наприклад, H_3PO_4 .
5. Це твердження не зовсім вірне. Якщо обидві кислоти HA і HB розчинні і стійкі, то в реакції, наприклад, $\text{KA} + \text{HB} = \text{HA} + \text{KB}$ встановиться рівновага, і обидві кислоти будуть присутні в розчині. Щоб довести реакцію до кінця, потрібно видаляти продукт реакції – він може відганятися (HNO_3 , HCl), розкладатися (H_2CO_3 , H_2SO_3), випадати в осад (H_2SiO_3 , H_2TiO_3). Можливість повного проходження реакції не

пов'язана з силою кислоти (тобто з константою дисоціації). В водному розчині H_2SO_4 чи HNO_3 – кислоти однакової сили (практично повністю дисоційовані).

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 H_2CO_3 за другим ступенем?

Для довідки. $K_{a1}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 4,45 \cdot 10^{-7}$; константа Генрі для CO_2 $K_H = 3,3 \cdot 10^{-2}$ моль/л·атм.

Задача 5. Дождевая вода

Дождевая вода, которая находится в равновесии с атмосферным воздухом, имеет значение рН 5,6 за счет присутствия в воздухе углекислого газа, причем другие примеси, которые увеличивают кислотность, в воздухе отсутствуют.

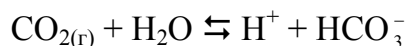
1. Во сколько раз должна увеличиться концентрация углекислого газа, чтобы рН уменьшилось на 0,2? Температура воздуха 298 К, давление 101,3 кПа (1 атм).

2. Почему при вычислениях нет необходимости учитывать диссоциацию H_2CO_3 по второй ступени?

Для справки. $K_{a1}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 4,45 \cdot 10^{-7}$; константа Генри для CO_2 $K_H = 3,3 \cdot 10^{-2}$ моль/л·атм.

Розв'язок

1. Середовище є кислим завдяки реакції



$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg(K_1 K_H (\text{CO}_2) P_{\text{CO}_2})^{1/2}$$

$$-\lg(4,45 \cdot 10^{-7} \cdot 3,3 \cdot 10^{-2} \cdot x)^{1/2} = 5,6; x = 3,5 \cdot 10^{-4} \text{ атм}$$

$$C_{(\text{CO}_2)} = \frac{P_{\text{CO}_2} \cdot 100}{P_{\text{заг}}} = 0,035\%(\text{об.}) \text{ (без врахування парціального тиску парів води),}$$

$$-\lg(4,45 \cdot 10^{-7} \cdot 3,3 \cdot 10^{-2} \cdot x_1)^{1/2} = 5,4; x_1 = 1,08 \cdot 10^{-3} \text{ атм.}$$

$$C_{1(\text{CO}_2)} = 0,108\% \text{ (об.)}$$

$$n = \frac{0,108}{0,035} = 3,1$$

2. Константа дисоціації карбонатної кислоти за другим ступенем приблизно на чотири порядки менша, ніж константа дисоціації за першим ступенем, тому процес дисоціації за другим ступенем можна не брати до уваги.

Задача 6. Бінарні сполуки неметалів

Елементи X та Y утворюють ряд бінарних сполук A–D, причому масові частки Y в цих сполуках складають: в A – 13,02 %, в B – 30,99 %, в C – 42,81 %, в D – 51,17 %. Сполука B утворюється при взаємодії простих речовин цих елементів, взятих у відповідних співвідношеннях, при -78°C . При проведенні синтезу просту речовину, утворену елементом Y, розводять інертним газом. Сполуку A синтезують із B та простої речовини, утвореної елементом X, протягом декількох діб при -40°C . Сполуку C добувають при взаємодії простих речовин при нагріванні, а сполуку D – при взаємодії C з надлишком простої речовини елемента Y при нагріванні.

1. Визначте X, Y, A–D.
2. Навіщо при синтезі B просту речовину Y розводять інертним газом?
3. Чи реагують речовини A–D з водою? Якщо так, наведіть рівняння відповідних реакцій.

Задача 6. Бинарные соединения неметаллов

Элементы X и Y образуют ряд бинарных соединений A–D, причем массовые доли Y в этих соединениях составляют: в A – 13,02 %, в B – 30,99 %, в C – 42,81 %, в D – 51,17 %. Соединение B образуется при взаимодействии простых веществ этих элементов, взятых в соответствующем соотношении, при -78°C . При синтезе простое вещество, образованное элементом Y, разбавляют инертным газом. Соединение A синтезируют из B и простого вещества, образованного элементом X, в течение нескольких суток при -40°C . Соединение C получают при взаимодействии простых

веществ при нагревании, а вещество D – при взаимодействии C с избытком простого вещества элемента У при нагревании.

1. Определите X, У, А–D.
2. Зачем при синтезе В простое вещество У разбавляют инертным газом?
3. Реагируют ли вещества А–D с водой? Если да, приведите уравнения соответствующих реакций.

Розв'язок

1. Оскільки експериментальні дані вкрай розпливчасті, слід використати їх для підтвердження результату, а спиратися при розв'язанні на склад речовин А–D.

Нехай x – молярна маса еквівалента елемента X, y – молярна маса еквівалента елемента У, a – молярна маса еквівалента речовини А. Тоді:

$$a = x + y; a = y/0.1302 \quad (1),$$

Для речовини В, яка відрізняється від А на n еквівалентів y ,

$$\frac{ny + y}{a + ny} = 0.3099 \quad (2).$$

У (2) підставимо a з (1):

$$\frac{ny + y}{(y/0.1302) + ny} = 0.3099, \text{ звідки } n = 2.$$

Аналогічно для речовини С:

$$\frac{my + y}{(y/0.1302) + my} = 0.4281, \text{ звідки } m = 4.$$

Для речовини D:

$$\frac{ky + y}{(y/0.1302) + ky} = 0.5117, \text{ звідки } k = 6.$$

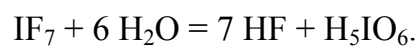
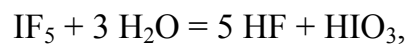
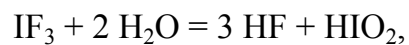
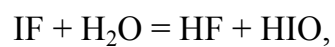
Отже, маємо такі можливі речовини: XY, XY₃, XY₅, XY₇. Зважаючи на неможливість існування сполук типу X₂Y₁₄, X₃Y₂₁ тощо, зупиняємося саме на XY, XY₃, XY₅, XY₇. Враховуючи хімічні особливості речовин, цілком логічно припустити, що це – інтергалогеніди. З (1) знайдемо співвідношення молярних мас еквівалентів x/y :

$$\frac{y}{x + y} = 0.3099, \text{ звідки } x/y = 6,68.$$

Таким чином, X – I, У – F, А – IF, В – IF₃, С – IF₅, D – IF₇.

2. При фторуванні фтор розводять азотом, аргоном або іншим інертним газом для меншого нагрівання суміші та контрольованого перебігу реакції.

3. Можливі реакції:



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 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 CuSO_4 , але замість чорного осаду $\text{Cu}(\text{OH})_3$ отримав червоний осад та темно-синій розчин.

1,00 г червоного осаду він розчинив у нітратній кислоті та додав до цього розчину Na_2S . При цьому він добув 1,34 г чорного осаду (кількість Na_2S достатня для повного осадження сполук купруму, але середовище при цьому залишається сильноокислим).

1. В чому була помилка юного хіміка, яка не дозволила йому отримати $\text{Cu}(\text{OH})_3$?
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 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 1. Соединения меди

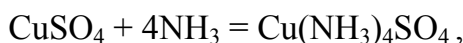
Юный химик прочитал в учебнике, что соединения меди (II) окисляются в щелочной среде хлорной водой до гидроксида меди(III). Желая провести этот эксперимент, он взял CuSO_4 , хлорную воду и водный раствор аммиака, при помощи которого он решил создать щелочную среду. Он смешал аммиак с хлорной водой и прилил к этой смеси раствор CuSO_4 , однако вместо черного осадка $\text{Cu}(\text{OH})_3$ получил красный осадок и темно-синий раствор.

1,00 г красного осадка он растворил в азотной кислоте и добавил к этому раствору Na_2S . При этом он получил 1,34 г черного осадка (количество Na_2S достаточно для полного осаждения соединений меди, но при этом среда остается сильнокислой).

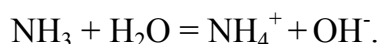
1. В чем была ошибка Юного химика, которая не позволила ему получить $\text{Cu}(\text{OH})_2$?
2. Напишите уравнения всех реакций, упомянутых в задаче.
3. Подтвердите состав красного осадка расчетом.
4. Почему раствор аммиака имеет щелочную среду?
5. Можно ли осадить гидроксид меди(II) путем взаимодействия CuSO_4 с избытком раствора аммиака?
6. Понятно, что хлорную воду можно получить путем растворения хлора в воде, а как можно получить хлор в лаборатории, исходя из хлорида натрия?

Розв'язок

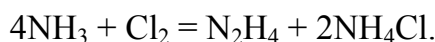
Юний хімік зробив такі помилки. Розчин аміаку не можна використовувати для створення лужного середовища в даному випадку, оскільки, по-перше, він утворює комплексні сполуки з солями купрум(II):



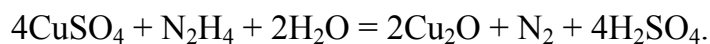
незважаючи на те, що середовище дійсно є лужним:



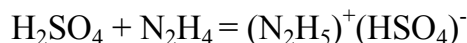
По-друге, аміак реагує з хлорною водою, утворюючи гідразин:



Гідразин, навпаки, не окиснює, а відновлює солі купрум(II):



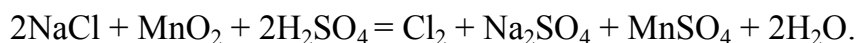
Сірчана кислота зв'язується іншими молекулами гідразину:



Червоний осад – Cu_2O , чорний – CuS . $M(\text{Cu}_2\text{O}) = 143$ г/моль, $n = 7 \cdot 10^{-3}$ моль;

$M(\text{CuS}) = 95,5$ г/моль, $n = 1,4 \cdot 10^{-2}$ моль, $m = 1,34$ г.

Інші рівняння реакцій:



Задача 2. Бромовання звичайне

В газовій фазі при 200 °С 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 броду атомів гідродену 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 броду. Розрахуйте склад газової суміші (у % за об'ємом), що утворилася після того, як прореагувало 10% броду (вважайте, що утворюються лише монобромпохідні).

Задача 2. Бромирование обычное

В газовой фазе при 200°С при освещении проводили бромирование 2-метилбутана.

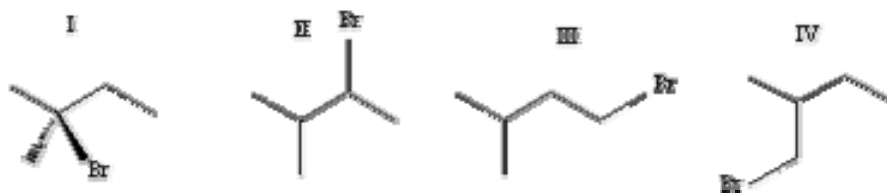
1. Изобразите структурные формулы всех монобромпроизводных 2-метилбутана.
2. Изобразите наиболее и наименее устойчивые конформации основного продукта реакции монобромирования.
3. Напишите механизм образования основного продукта реакции монобромирования.

Скорости замещения на атомы брома атомов водорода при первичном, вторичном, третичном атомах углерода относятся друг к другу как 1:30:600.

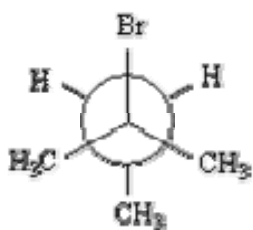
4. В реакцию ввели 1 моль 2-метилбутана и 0,01 моль брома. Рассчитайте состав газовой смеси (в объемных %), которая образовалась после того, как прореагировало 10% брома (считайте, что образуются только монобромпроизводные).

Розв'язок

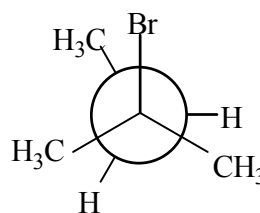
1.



2.



Найстійкіша конформація



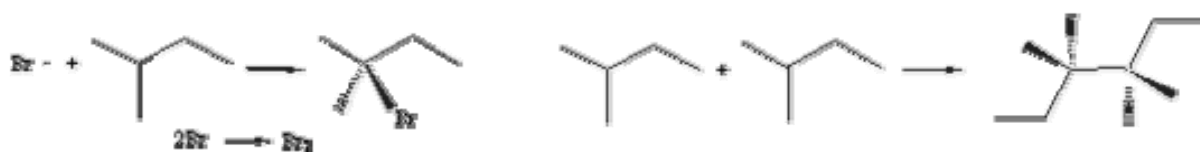
Найменш стійка конформація

3. Зародження ланцюгу: $Br_2 \xrightarrow{h\nu/T} 2Br\cdot$

Ріст ланцюгу:



Обрив ланцюгу:



4. Кількості речовини ізомерів, що утворюються, залежать від швидкостей їх утворення та кількості С–Н зв'язків даного типу:

$$v_I : v_{II} : v_{III} : v_{IV} = (600 \cdot 1) : (30 \cdot 2) : (1 \cdot 3) : (1 \cdot 6) = 600 : 60 : 3 : 6 = 200 : 20 : 1 : 2$$

Далі розраховують кількості речовини продуктів і склад суміші.

Задача 3. Дивні кристали

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

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

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

1. Про яку кислоту йде мова?

2. Запишіть рівняння реакцій, які згадувалися у задачі.

3. 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.

4. 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 3. Удивительные кристаллы

Кислота А представляет собой легкорастворимые бесцветные кристаллы, расплывающиеся на воздухе. Кислоту А можно получить двумя методами:

- а) действием хлора на суспендированный в воде йод;
- б) взаимодействием йода с концентрированной азотной кислотой.

При нагревании А до 200 °С образуется белый кристаллический порошок соответствующего ангидрида кислоты А.

1. О какой кислоте идёт речь?

2. Запишите уравнения реакций, упомянутые в задаче.

3. Рассчитайте объём хлора (101325 Па, 305 К), необходимый для получения 5,00 г кислоты А по методу а). Выход реакции 87%, йод находится в избытке.

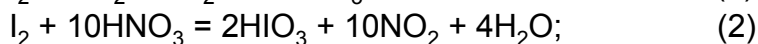
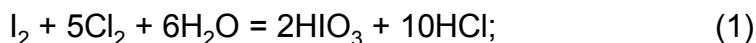
4. Какая масса йода потребуется для получения 7,00 г ангидрида кислоты А, если кислоту получать по методу б)? Выходы реакций составляют: на стадии получения кислоты 84%, на стадии получения ангидрида 80%.

Розв'язок

1. Виходячи з умови задачі, мова йде про кислоти з загальною формулою HIO_x . З таких кислот відомі: HIO , HIO_3 та HIO_4 .

HIО не підходить, оскільки вона існує лише в розчинах. HIО₄ можна виділити з розчину у вигляді безбарвних кристалів HIО₄·2H₂O, але відповідний ангідрид невідомий. Отже, А – HIО₃ а ангідрид – I₂O₅.

2. Рівняння реакцій:



3. За рівнянням реакції (1)

$$n(Cl_2) = 5m(HIО_3) / (2M(HIО_3)) = 5 \cdot 5 / 2 \cdot 176 = 0,071 \text{ моль.}$$

$$V(Cl_2)_{\text{теор.}} = n(Cl_2) \cdot R \cdot T / p = 0,071 \cdot 8,314 \cdot 305 / 101,325 = 1,78 \text{ л.}$$

$$\text{При виході } 87\% \quad V(Cl_2) = 1,78 / 0,87 \approx 2,05 \text{ л.}$$

4. За рівняннями реакцій (2) та (3) $n(I_2) = n(I_2O_5) = 7 / 334 = 0,021$ моль.

$$m(I_2)_{\text{теор.}} = 0,021 \cdot 254 = 5,33 \text{ г.}$$

Враховуючи виходи за стадіями,

$$m(I_2) = m(I_2)_{\text{теор.}} / (\mu_1 \cdot \mu_2) = 5,33 / 0,84 \cdot 0,8 \approx 7,93 \text{ г.}$$

Задача 4. Найкрасивіша молекула

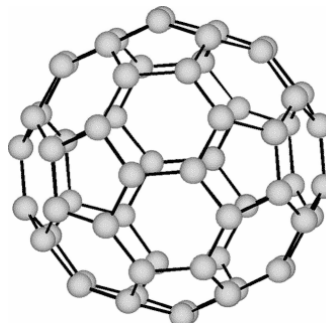
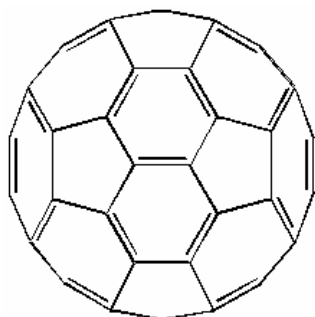
«Мы искали совсем другие соединения. Фуллерен обнаружился случайно»

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 бакмінстерфулереном (або просто фулереном). За це відкриття Г. Крото, Р. Керл та Р. Смоллі у 1996 році були відзначені Нобелівською премією з хімії.

Фулерен C₆₀ являє собою багатогранник, зібраний з 12 п'ятикутників та 20 шестикутників. Подібні геометричні фігури в XVI ст. розглядав Леонардо да Вінчі. Спочатку фулерен називали футболеном, оскільки він дуже нагадує покришку футбольного м'яча.

При взаємодії фулерену C_{60} з реактивом Соїферта (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 Соїферта, 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} ?

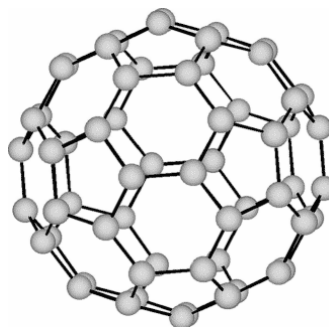
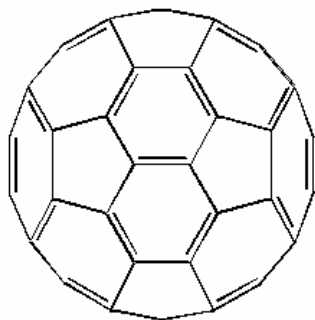
Задача 4. Самая красивая молекула

В 1985 году интернациональный научный коллектив, исследуя масс-спектры графита в парах, обнаружил новую аллотропную модификацию углерода. В честь архитектора Бакминстера Фуллера ее назвали бакминстерфуллереном (или просто фуллереном). За это открытие Г. Крото, Р. Керл и Р. Смолли в 1996 г. были удостоены Нобелевской премии по химии.

Фуллерен C_{60} представляет собой многогранник, собранный из 12 пятиугольников и 20 шестиугольников. Подобные геометрические фигуры рассматривал в XVI в. Леонардо да Винчи. Вначале фуллерен называли футболеном, поскольку он очень напоминает крышку футбольного мяча.

При взаимодействии фуллерена C_{60} с реактивом Соїферта (в мольном соотношении 1:1) образуется вещество **A** из которого при нагревании генерируется

нестабільний карбеновий інтермедіат, через який происходит образование соединений **B** (в масс-спектре присутствует молекулярный ион $m/z = 1452$) и **C** (молекулярный ион $m/z = 1464$).



Проекционная формула и шаростержневая модель молекулы фуллерена C_{60}

1. Назовите еще три аллотропные модификации углерода.
2. Какова формула реактива Сойферта, если он содержит такие элементы: С (массовая доля 15,87%), Н (массовая доля 0,94%), Hg (массовая доля 37,9%) и бром, а в ПМР спектре присутствуют только сигналы ароматических протонов? В молекуле реактива нет связи металл-галоген.
3. Расшифруйте неизвестные вещества **A-C**.
4. Сколько сигналов присутствует в ^{13}C ЯМР спектре фуллерена C_{60} ?

Розв'язок

1. Графіт, алмаз, карбін.
2. Визначимо співвідношення атомів в реактиві:

$$n_C : n_H : n_{Hg} : n_{Br} = \frac{15,87}{12} : \frac{0,94}{1} : \frac{37,9}{201} : \frac{100 - 15,87 - 0,94 - 37,9}{80} = 7 : 5 : 1 : 3.$$

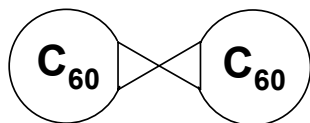
Отже, молекулярна формула реактиву C_7H_5HgBr .

Оскільки всі атоми гідрогену ароматичні, то реактив має монозаміщене бензольне кільце. Тому реактив може мати такі структурні формули: $PhHgCBr_3$ та $PhC(HgBr)Br_2$, але згідно з умовою нас влаштовує лише перший варіант.

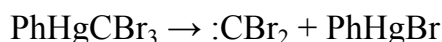
Молекулярні йони (M^+) в мас спектрах сполук **B** та **C** кратні 12, тобто ці сполуки містять лише атоми карбону (оскільки в інших можливих атомів – Н, Br, Hg – атомні маси не є кратними 12). Таким чином, $B - C_x$, де $x = 1452/12 = 121$, та $C -$

C_y , де $y = 1464/12 = 122$. З цього випливає, що сполуки В і С містять по дві фулеренових сфери C_{60} , з'єднаних одним та двома атомами карбону, відповідно.

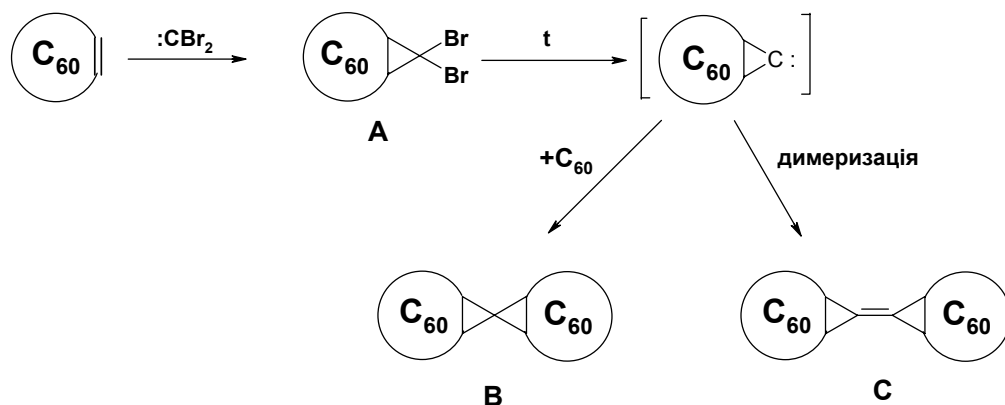
Єдиний можливий варіант будови В:



З цього випливає, що реактив Соїферта генерує дибромкарбенієвий іон:



3.



5. Один сигнал.

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 гідроксиду 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 **Y** безпосередньо з розчином гідроксиду натрію. При цьому утворюється також розчин речовини **Е**, змішування якого з розчином **B** при підвищеній температурі призводить до додаткового виділення **Г** та утворення розчину речовини **Ж**.

1. Визначте зашифровані речовини, якщо **X** та **Y** є простими речовинами, відношення густини парів яких дорівнює 2,05, формули солей **E** та **Ж** відрізняються тільки кількістю атомів одного з елементів.
2. Наведіть рівняння реакцій, згаданих в умові задачі.
3. Наведіть просторову будову молекул речовин **A**, **B**, **G** та **Y**.

Задача 5. Черное + белое = оранжевое

Взаимодействие темно-серого (почти черного) вещества **X** с белым веществом **Y** приводит к образованию соединения **A** оранжевого цвета (массовая доля одного из элементов 10,88%). Если смешать **A** с соответствующим количеством **Y** и понемногу прибавлять воду при постоянном нагревании, то можно отогнать белое соединение **B** (массовая доля водорода 2,47%) и получить раствор кислоты **B**, в которой все элементы находятся в максимальных степенях окисления. Реакция **B** с эквивалентным количеством гидроксида натрия приводит к выделению газообразного вещества **G** и образованию нейтрального раствора вещества **D**. Газ **G** (плотность 1,518 г/л при н.у.) можно также получить по реакции **Y** непосредственно с раствором гидроксида натрия. При этом также образуется раствор вещества **E**, смешивание которого с раствором вещества **B** при повышенной температуре приводит к дополнительному выделению **G** и образованию раствора вещества **Ж**.

1. Определите зашифрованные вещества, если **X** и **Y** – простые вещества, отношение плотности паров которых равно 2,05, формулы солей **E** и **Ж** отличаются только количеством атомов одного элемента.
2. Приведите уравнения реакций, упомянутых в условии задачи.
3. Приведите пространственное строение молекул веществ **A**, **B**, **G** и **Y**.

Розв'язок

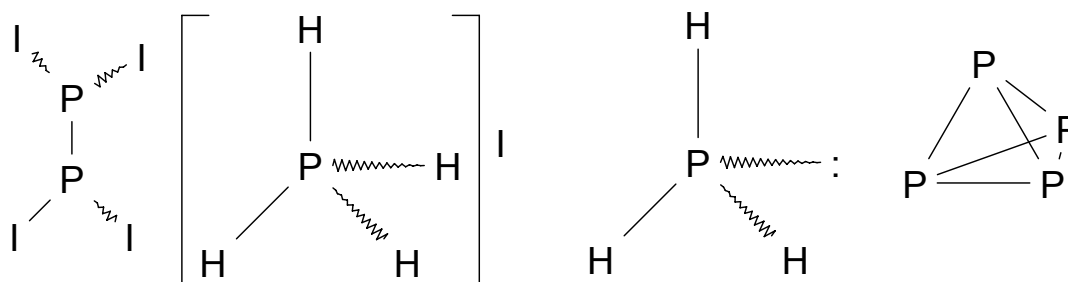
1. З густини газу **G**, знаходимо, що його молярна маса складає $1,518 \cdot 22,4 = 34$ г/моль. Оскільки **G** добувають за реакцією простої речовини **Y** з розчином NaOH, то це може бути лише PH_3 (фосфін). Відповідно, **Y** – білий фосфор, P_4 , речовина **E** – гіпофосфіт натрію, NaH_2PO_2 . Тоді молярна маса **X** дорівнює $31 \cdot 4 \cdot 2,05 = 254$ г/моль, що відповідає йоду I_2 . Логічно припустити, що в умові вказано вміст фосфору в сполуці **A**. Тоді найпростішим співвідношенням буде PI_2 . Але ця сполука існує тільки

у вигляді димеру, тобто А – це P_2I_4 . З того, що Б при реакції з лугом дає фосфін, впливає, що Б – PH_4I (це підтверджується вмістом водню). Речовина В – це H_3PO_4 (інші кислоти фосфору(V) перетворюються саме на цю кислоту при взаємодії з водою при підвищеній температурі). Тоді Ж – дигідрофосфат натрію NaH_2PO_4 .

2.

$P_4 + 4I_2 = 2P_2I_4$	(1)
$10P_2I_4 + 13P_4 + 128H_2O = 40PH_4I + 32H_3PO_4$	(2)
$PH_4I + NaOH = PH_3 + NaI + H_2O$	(3)
$P_4 + 3NaOH + 3H_2O = PH_3 + 3NaH_2PO_2$	(4)
$2NaH_2PO_2 + H_3PO_4 = 2NaH_2PO_4 + PH_3$	(5)

3.



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.

Задача 6. Бинарные соединения

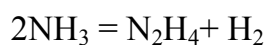
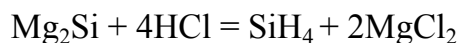
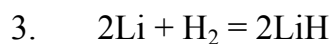
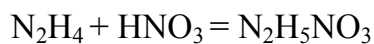
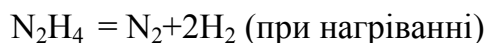
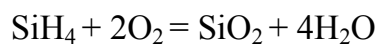
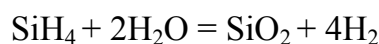
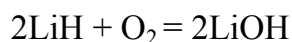
Бинарные соединения **A**, **B**, **C** содержат один и тот же элемент **X**. Массовая доля **X** во всех соединениях равна 12,5%. Вещество **A** твердое, при нагревании разлагается. Вещество **B** – жидкость ($t_{\text{кип}} = 113,5^\circ\text{C}$). Вещество **C** – бесцветный газ, который является хорошим восстановителем, а при окислении кислородом воздуха образует распространенное твердое вещество. Плотность смеси газообразных соединений **B** и **C** не зависит от отношения их парциальных давлений.

1. Определите вещества А–С.
2. Напишите для каждого из них по два уравнения реакций, характеризующих их химические свойства.
3. Предложите по одному способу синтеза веществ А-С.

Розв'язок

1. Легко здогадатись, що спільним елементом є гідроген, бо в сполуках на нього припадає 12,5% маси, а це дуже мало. За законом еквівалентів $\frac{12,5}{100-12,5} = \frac{1}{x} \Rightarrow x = 7 \text{ г/моль}$. Підходять елементи: Li(I), N(II), Si(IV), яким відповідають сполуки LiH, NH₂, SiH₄. З них твердим є LiH (речовина А).

Густина суміші газоподібних сполук В і С не залежить від відношення їхніх парціальних тисків. Це означає, що $M_B = M_C$. Тоді В – N₂H₄, SiH₄ – С (при окисненні утворює SiO₂)



10 клас

II тур

Задача 1. Нетривіальне бромовання

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

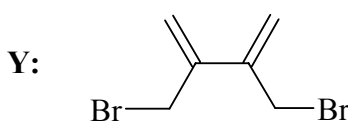
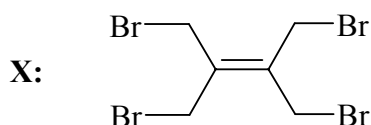
Задача 1. Нетривіальное бромирование

При бромировании 2,3-диметилбутана большим избытком брома образуется соединение **X**, которое имеет только один сигнал в ПМР-спектре и два сигнала в ^{13}C ЯМР-спектре. Элементный анализ этого соединения показал достаточно большую массовую долю брома – 79,96%. При исследовании этой реакции было установлено, что соединение **Y**, которое было выделено, является интермедиаом. Соединение **Y** имеет три сигнала в ^{13}C ЯМР спектре и содержит 66,60% брома. Кроме того, было установлено, что вещество **X** также образуется при исчерпывающем бромировании 3,3-диметил-2-бутанола.

1. Установите структуры соединений **X** и **Y**.
2. Приведите вероятные схемы вышеупомянутых превращений.

Розв'язок

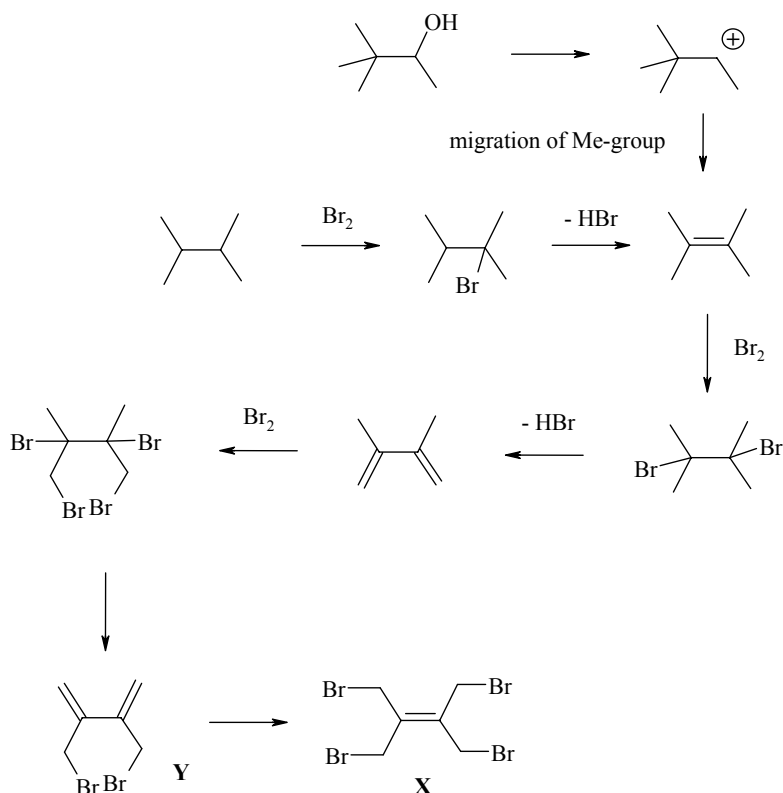
1.



X – 1,4-дибромометил-2,3-бис(бромометил)бут-2-ен,

Y – 2,3-біс(бромометил)бута-1,3-дієн.

2.



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, купрум(II), ферум(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 2. Растворение алюминия

Известно, что алюминий медленно растворяется в водном растворе хлорида алюминия.

1. Будет ли этот металл реагировать с водными растворами хлоридов натрия, бария, меди(II), железа(III)?

2. Алюміній розчиняється в розворах щелочей. А будет ли он розворається в розворах амміака и карбоната натрія?

Ответы мотивируйте, напишите уравнения соответствующих реакций.

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 броду 50,96%). Дані щодо її гідролізу в розчині NaOH/H₂O за кімнатної температури наведено у таблиці.

Час, хв.	0	20	40	60	80	150	180	∞
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 бродіду.

3. Розрахуйте константу швидкості гідролізу, виходячи з експериментальних даних.

4. Якому механізму відповідає отримана кінетична залежність? Відповідь поясніть.

Задача 3. Углеводород X

Некоторый углеводород X не присоединяет бром в растворе тетрахлорметана, однако его бромирование при действии света приводит к образованию единственно возможного монобромпроизводного (массовая доля брома 50,96%). Данные о его гидролизе в растворе NaOH/H₂O при комнатной температуре приведены в таблице.

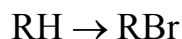
Время, мин	0	20	40	60	80	150	180	∞
pH	12,090	12,084	12,078	12,073	12,068	12,054	12,049	12,009

1. Запишите структурную формулу X и его монобромпроизводного. Какое историческое название углеводорода X ?

2. Определите порядок реакции гидролиза данного бромида.
3. Рассчитайте константу скорости гидролиза, исходя из экспериментальных данных.
4. Какому механизму отвечает полученная кинетическая зависимость? Ответ объясните.

Розв'язок

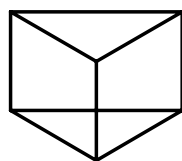
1. При бромованні утворилася єдина монобромпохідна, тому згідно схеми:



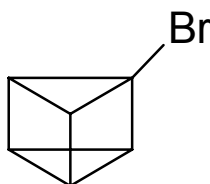
молярна маса радикалу, що входить до складу вуглеводню

$$M(R) = (80/0.5096 - 80) = 77 \text{ г/моль,}$$

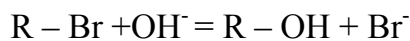
що відповідає залишку C_6H_5 . Але феніл як радикал не підходить за умовою задачі (бромбензол не гідролізується у таких м'яких умовах). Єдиний можливий та правильний варіант: вуглеводень X – бензол Ладенбурга:



Цей вуглеводень бромуються з утворенням єдиного ізомеру, тому що всі позиції в ньому ідентичні:



- 2 – 3 . Порядок реакції гідролізу – **перший**. Гідроліз відбувається за схемою:



Тому $\Delta c(OH^-) = \Delta c(R - Br)$, $c_\tau(R - Br) = c_0 - \Delta c(R - Br)$.

Для реакцій першого порядку вираз для швидкості реакції має вигляд

$$\frac{dc}{dt} = kc \Rightarrow \int_{c_0}^c \frac{dc}{c} = k \int_0^t dt \Rightarrow \ln \frac{c_0}{c_t} = kt .$$

Залежність $\ln(c_0 - \Delta c(OH^-))$ від часу t є лінійною, $c_0 = \max(\Delta c(OH^-))$.

$\ln(c_0 - \Delta c(\text{OH}^-))$	$t, \text{хв}$
-6,27	20
-6,33	40
-6,42	60
-6,51	80
-6,80	150
-6,92	180

Будуючи графік цієї залежності, отримуємо пряму, для якої

$$-\text{tg } \alpha = k = 4.1 \cdot 10^{-3} \text{ хв}^{-1}.$$

4. Перший порядок характерний для реакцій S_N1 заміщення, що підтверджується кінетичними даними та структурою бромпохідної (жорстка закріплена конформація і неможливість атаки з тилу нуклеофілом).

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 кислоти 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 4. Так что же открыл Муассан?

Элемент **X** открыл в 1886 году будущий Нобелевский лауреат Анри Муассан. Он выделил в свободном состоянии простое газообразное вещество **P**, образованное элементом **X**, проведя электролиз в U-образном платиновом электролизере раствора в кислоте **Y** ее кислой калиевой соли **Z** (массовая доля калия 50%).

Долгое время считали, что получить **P** чисто химическим путем очень сложно. Газ **P** образуется только при разложении бинарных соединений **X** с элементами в высоких степенях окисления. Однако эти соединения труднодоступны и плохо хранятся.

В 1987 году в качестве источника элемента **X** была предложена соль **A**. При осторожном нагревании 1,235 г соли **A** (содержит 3 элемента, массовая доля **X** 46,15%) с 2,170 г бинарного соединения **B** образуется, кроме газа **P**, 2,750 г соли **C** и 0,560 г бинарного соединения **D** (массовая доля **X** 50,89%).

1. Какой элемент **X** открыл Муассан?
2. Определите соединения **A** – **D**, **P**, **Y**, **Z**, если известно, что все они содержат **X**.
3. Приведите уравнения всех упомянутых в условии превращений.
4. Какую роль в упомянутом синтезе играет соединение **B**?
5. Приведите пространственное строение аниона соли **Z**.

Розв'язок

1. Флуор.
2. Сполука **P** – F_2 . Сполука **D** – фторид элемента E^1F_n :

$$E(E^1) = \frac{49,11 \times 19}{50,89} = 18,34 (\text{г/моль})$$

При $n = 3$, **D** – MnF_3 . Логічно, що фтор утворюється при розкладі нестійкого MnF_3 .

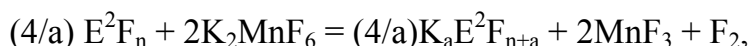
$$\nu(MnF_3) : \nu(F_2) = \frac{0,56}{112} : \frac{1,235 + 2,170 - 2,750 - 0,56}{38} = 0,005 : 0,0025 = 2 : 1,$$

тобто фтор утворюється при розкладі MnF_4 . Сіль **A** – комплексна сполука складу $Me_xMn_yF_z$:

$$y : z = \frac{0,560 \times 0,4911}{55} : \frac{1,235 \times 0,4615}{19} = 1 : 6$$

$$M(\text{Me}) = \frac{19 \times 6 \div 0,4615 - (19 \times 6 + 55)}{x} = 78/x (\text{г/моль}), \text{ при } x = 2 \text{ Me} - \text{калій, A} - \text{K}_2\text{MnF}_6.$$

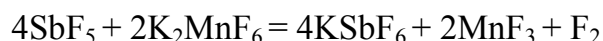
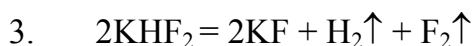
Отже, відбувається “реакція обміну”, в якій одна кислота Льюїса (сполука **B**) витісняє іншу слабкішу кислоту з її солі:



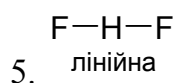
де a – основність сполуки **B**. При $a=1$

$$M(\text{E}^2) = \frac{2,170}{0,0025 \times 4} - 19n = 217 - 19n (\text{г/моль}), \text{ при } n = 5 \text{ B} - \text{SbF}_5, \text{ C} - \text{KSbF}_6.$$

Фтор також утворюється при електролізі фторидів у рідкій HF (сполука **Y**). За вмістом калію підтверджуємо, що сполука **Z** – KHF_2 .



4. SbF_5 – дуже сильна кислота Льюїса – витісняє слабкішу кислоту Льюїса MnF_4 .



Задача 5. Визначення кисню в р. Десна

Кисень у воді визначають методом йодометричного титрування.

Методика визначення:

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

2^й крок: При додавання кислоти $\text{MnO}(\text{OH})_2$ реагує з надлишком Mn^{2+} , утворюючи іони Mn^{3+} .

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

4^й 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, $t = 20^\circ\text{C}$) 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 5. Определение кислорода в р. Десна

Кислород в воде определяют методом йодометрического титрования.

Методика определения:

1^{ый} шаг: “фиксация кислорода”. Кислород в растворах окисляет в щелочной среде Mn^{2+} до Mn(IV) с образованием MnO(OH)_2 .

2^{ой} шаг: При добавлении кислоты MnO(OH)_2 реагирует с избытком Mn^{2+} , образуя ионы Mn^{3+} .

3^{ий} шаг: Полученные ионы Mn^{3+} окисляют добавляемый йодид с образованием йода, а сами восстанавливаются до Mn^{2+} .

4^{ый} шаг: Выделившийся на шаге 3 йод оттитровывают раствором тиосульфата.

1. Напишите уравнения реакций, происходящих на шагах 1–4.

При анализе воды из р. Десна получили следующие данные.

а) Стандартизацию раствора тиосульфата проводили титрованием раствора KIO_3 в кислой среде (йодат восстанавливается до йодида). На титрование 25,00 мл

раствора с концентрацией KIO_3 174,8 мг/л израсходовали 12,45 мл раствора тиосульфата.

б) На титрование при 20°C свежей пробы речной воды объемом 103,50 мл израсходовали 11,80 мл стандартизованного раствора тиосульфата.

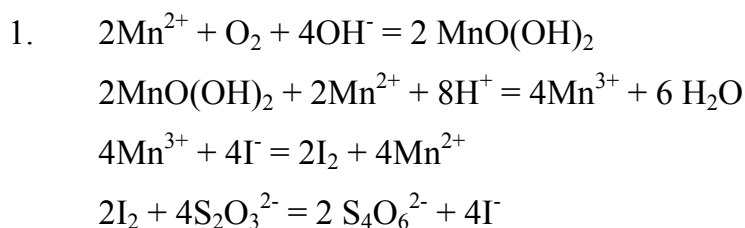
в) Вторую пробу ($V = 102,20$ мл, $t = 20^\circ\text{C}$) выдержали 5 суток при 20°C в открытом сосуде. На титрование пробы израсходовали 6,75 мл стандартизованного раствора тиосульфата.

2. Напишите в ионном виде уравнение реакции, происходящей при стандартизации раствора тиосульфата.

3. Рассчитайте молярную концентрацию раствора тиосульфата.

4. Рассчитайте концентрацию кислорода (в мг/л) в свежей пробе речной воды и в пробе речной воды, выдержанной в открытом сосуде 5 суток.

Розв'язок



$$c(\text{IO}_3^-) = \frac{174,8 \cdot 10^{-3}}{214,0} = 8,168 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

$$c(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = \frac{6 \cdot c(\text{IO}_3^-) \cdot V(\text{IO}_3^-)}{V(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})} = 9,841 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

4. Свежа проба:

$$n(\text{O}_2) = 0,25 \cdot c(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) \cdot V(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = 0,25 \cdot 9,841 \cdot 10^{-3} \cdot 11,80 = 2,903 \cdot 10^{-2} \text{ ммоль в}$$

$$103,50 \text{ мл, } c(\text{O}_2) = \frac{2,903 \cdot 10^{-2}}{103,50} \times 32,00 = 8,976 \text{ мг/л.}$$

Витримана проба:

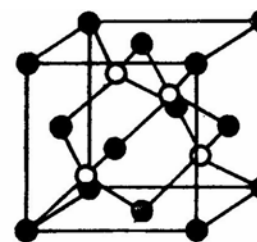
$$n(\text{O}_2) = 0,25 \cdot c(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) \cdot V(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = 0,25 \cdot 9,841 \cdot 10^{-3} \cdot 6,75 = 0,0166 \text{ ммоль в } 102,20 \text{ мл,}$$

$$c(\text{O}_2) = \frac{0,0166}{102,20} \times 32,00 = 5,20 \text{ мг/л.}$$

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.

Аналогія в структурі і властивостях графіту і графітоподібної речовини X (α -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 (β -X, див. рисунок). Цей матеріал вже півстоліття стоїть на службі людини, його кристали залишають подряпини навіть на алмазі; у природі β -X не знаходили. На Україні дослідження фазових перетворень X проводилися в Інституті проблем матеріалознавства НАН України.



Кристалічна гратка алмазоподібної модифікації X.

В таблиці наведено деякі властивості кристалічних модифікацій X.

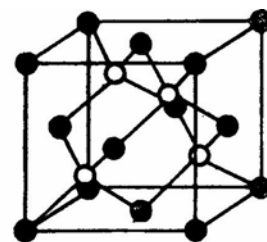
Властивість	Кристалічна модифікація	
	?	?
Колір	Білий	Чорний
Тип кристалічної гратки	?	?
Кількість формульних одиниць в елементарній комірці	10	?
Густина, г/см ³	2,29	3,45
Твердість за Моосом	1-2	~10

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

Задача 6. Аллотропия

Бинарное соединение X, образованное элементами А и В, которые расположены в одном периоде таблицы Менделеева, было открыто в 1842 г. и по свойствам оказалось похожим на графит. Одним из продуктов взаимодействия этого вещества со щелочью при нагревании является бинарный газ Y с резким запахом и легче воздуха.

Аналогия в структуре и свойствах графита и графитоподобного вещества X (α -X) позволяла надеяться, что при высоких давлениях X может образовывать алмазоподобную модификацию. Эта гипотеза была подтверждена в 1957 г. ученым компании «Дженерал электрик» Р. Уэнторфом, впервые получившим алмазоподобную модификацию X (β -X, см. рисунок). Этот материал уже более полувека находит промышленное применение. Кристаллы этого вещества царапают даже алмаз; в природе вещество β -X не встречается. На Украине фазовые превращения X исследовали в Институте проблем материаловедения НАН Украины.



Кристаллическая решетка алмазоподобной модификации X.

В таблице приведены некоторые свойства кристаллических модификаций X.

Свойство	Кристаллическая модификация	
	?	?
Цвет	Белый	Черный
Тип кристаллической решетки	?	?
Количество формульных единиц в элементарной ячейке	10	?
Плотность, г/см ³	2,29	3,45
Твердость по Моосу	1-2	~10

1. Определите вещество X и приведите уравнение реакции, описывающей его взаимодействие со щелочью.
2. Заполните пропуски в таблице.
3. Рассчитайте параметр кристаллической решетки кубической модификации X.
4. Какая электронная схема образования алмазоподобной формы X?
5. В чем заключается практическое преимущество алмазоподобной модификации X по сравнению с алмазом?

Розв'язок

1. X – BN. $\text{BN} + 3\text{NaOH} = \text{Na}_3\text{BO}_3 + \text{NH}_3$.
- 2.

Властивість	Кристалічна модифікація	
	α -BN	β -BN
Колір	Білий	Чорний
Тип кристалічної ґратки	Гексагональна	Кубічна
Кількість формульних одиниць в елементарній комірці	10	4
Густина, г/см ³	2,29	3,45
Твердість за Моосом	1-2	~10

У даному випадку 4 атоми елемента **В** належить повністю одній комірці. У вершинах комірки містяться 8 атомів **А**, а оскільки кожен з них належить одночасно 8 сусіднім коміркам, то в одній комірці міститься $8 \cdot \frac{1}{8} = 8$ атомів **А**. На гранях містяться 6 атомів **А**, а оскільки кожен з них належить одночасно двом сусіднім коміркам, то в одній комірці міститься $6 \cdot \frac{1}{2} = 3$ атоми **А**. Таким чином, у комірці є чотири формульних одиниці нітриду бору.

3. 0,364 нм.
4. Електронна схема утворення BN може бути представлена наступним чином: атоми бора, в яких в ізольованому стані s^2p^1 електронна конфігурація, внаслідок $s \rightarrow p$ переходу набувають конфігурацію sp^2 , а потім у результаті залучення одного електрону атома нітрогену – конфігурацію sp^3 . Валентні електрони атома нітрогену відповідно здійснюють таку трансформацію: $s^2p^3 \rightarrow sp^4 \rightarrow sp^3 + p$ -електрон, а, передаючи p -електрон бору, набувають конфігурацію sp^3 .

5. β -BN (боразон) володіє практично однаковою з алмазом густиною і твердістю, але сильно переважає алмаз за термічною стійкістю й ударною міцністю. Цей матеріал витримує нагрівання аж до 2000 °С, тоді як алмаз на повітрі спалахує біля 870 °С. Важлива перевага боразону також у значній стійкості обробленого ним ріжучого інструмента підчас швидкісної обробки сталі та чавуну. Алмаз для таких цілей малопридатний, оскільки контакт із розпеченим залізом прискорює його графітизацію.

Задача 7. Розчини кислоти

Якщо до 100 мл 1М розчину HCl додати 1,37 г натрієвої солі деякої слабкої одноосновної органічної кислоти RCO_2Na (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.

Задача 7. Растворы кислоты

При добавлении к 100 мл 1М раствора HCl 1,37 г натриевой соли некоторой слабой одноосновной органической кислоты RCO_2Na (где R – углеводородный радикал) образуется раствор с рН 0,043, а при растворении 46 г этой же кислоты в 1 л воды – с рН 3,14.

1. Определите органическую кислоту, которая использовалась в экспериментах, описанных выше.
2. Вычислите ее константу диссоциации.
3. Рассчитайте рН раствора, который образуется при добавлении 0,84 г калиевой соли этой кислоты к 50 мл 0,020 М раствора этой кислоты.

Розв'язок

1. $[\text{H}^+] = 0,905\text{M}$, $[\text{H}^+]_0 = 1\text{M}$, $V = 0,1\text{л}$, $\Delta n(\text{H}^+) = (1-0,905) \cdot 0,1 = 0,0095\text{моль}$.

$M(\text{сіль}) = 1,37/0,0095 = 144\text{г/моль}$. Формула солі: $\text{C}_y\text{H}_x\text{CO}_2\text{Na}$.

$12y + x + 44 + 23 = 144$; $12y + x = 77$. $y = 6$, $x = 5$.

Формула кислоти: $C_6H_5CO_2H$, бензойна кислота.

2. $C_6H_5CO_2H = C_6H_5CO_2^- + H^+$. $[H^+] = 7,24 \cdot 10^{-4}$, $C_{\text{кислоти}} = 0,377$ М.

$$K = (7,24 \cdot 10^{-4})^2 / (0,377 - 7,24 \cdot 10^{-4}) = 1,393 \cdot 10^{-6}. \text{ p}K_a = 5,86.$$

3. $C_{\text{кислота}} = 0,02$ М, $C_{\text{сіль}} = 0,00525$ М.

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \lg(C_{\text{сіль}}/C_{\text{кислоти}}) = 5,28.$$

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 NH_4NO_3 з 1 кг H_2O (вихідні речовини знаходяться при 0°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 ΔS невизначене.

Задача 1. Школьная химия

В одном из демонстрационных опытов в школьном курсе химии нитрат аммония растворяют в воде в термостате. В задаче обсуждается конечное состояние системы, полученной при смешивании 80 г NH_4NO_3 с 1 кг H_2O (исходные вещества находились при 0°C).

Для справки: теплоемкость жидкой воды $76 \text{ Дж}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$,
энтальпия плавления воды $6.01 \text{ кДж}\cdot\text{моль}^{-1}$,

энтальпия растворения нитрата аммония в воде $25.69 \text{ кДж}\cdot\text{моль}^{-1}$,
криоскопическая постоянная воды $1.86 \text{ К}\cdot\text{кг}\cdot\text{моль}^{-1}$.

Выполнив необходимые расчеты, выберите правильные утверждения в каждом из пунктов:

1. Конечная температура: а) 1.86 К ; б) 3.72 К ; в) 3.72°C ; г) 1.86°C ; д) -3.72°C ; е) -3.72 К ; ж) -1.86 К ; з) -1.86°C ; и) -3.83°C .
2. Конечное состояние системы: А) одна жидкая и одна твердая фаза; Б) одна жидкая и две твердые фазы; В) одна жидкая фаза; Г) одна твердая фаза; Д) две жидкие фазы; Е) две твердые фазы; Ж) две жидкие и одна твердая фазы.
3. Процесс растворения является (укажите все правильные варианты): индуцированным; самопроизвольным; обратимым; необратимым; адиабатическим; неадиабатическим; изобарным; изотермическим; изохорным; изоэнтальпийным; изоэнергетическим.
4. Изменение энтропии системы: а) $\Delta S > 0$; б) $\Delta S = 0$; в) $\Delta S < 0$; г) значение ΔS не определено.

Розв'язок

Змішування є ендотермічним, процес проходить в адіабатичних умовах (джерелом тепла може виступати тільки розчин). Оскільки вода знаходиться при температурі її замерзання, вона має тенденцію замерзати, але утворення розчину буде знижувати температуру замерзання завдяки присутності розчинених речовин. Значна кількість тепла, необхідна для розчинення, буде призводити до замерзання частини води.

Термохімічний цикл Гесса у цьому випадку складається з трьох кроків:

I. Змішування при 0°C з $\Delta H_1 > 0$.

II. Зниження температури суміші до її кінцевого значення з $\Delta H_2 < 0$.

III. Замерзання частини води масою m_S з $\Delta H_3 < 0$.

Кінцева температура визначається за рівнянням:

$$\Theta_2 = -K_f 2 \frac{n}{m - m_S}, \text{ де } K_f \text{ – криоскопічна константа, } 2 \text{ – кількість частинок, на які}$$

дисоціює молекула нітрату амонію, n – кількість речовини нітрату амонію, m – загальна маса води.

$$\Delta H_1 = \Delta h_{sn} = 25,69 \text{ кДж/моль} \times 1 \text{ моль} = 25,69 \text{ кДж.}$$

$$\Delta H_2 = c_p \frac{m}{M} \Theta_2, \text{ де } c_p \text{ – мольна теплоємність води, а } M \text{ – її молярна маса.}$$

$$\Delta H_3 = -\Delta h_f \frac{m_s}{M}, \text{ де } \Delta h_f \text{ – мольна ентальпія плавлення.}$$

$\Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 = \Delta H_{tot} = 0$, оскільки процеси проходять в адіабатичних умовах.

Розв'язання цього рівняння відносно m_s дає такий вираз:

$$m_s = \frac{m}{2} + \frac{\Delta h_s}{\Delta h_f} \frac{nM}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{m}{2} - \frac{\Delta h_s}{\Delta h_f} \frac{nM}{2}\right)^2 + \frac{2nK_f c_p m}{\Delta h_f}}$$

У випадку «+» розв'язок не має фізичного сенсу, тому в результаті $m_s = 28,52 \text{ г льоду.}$

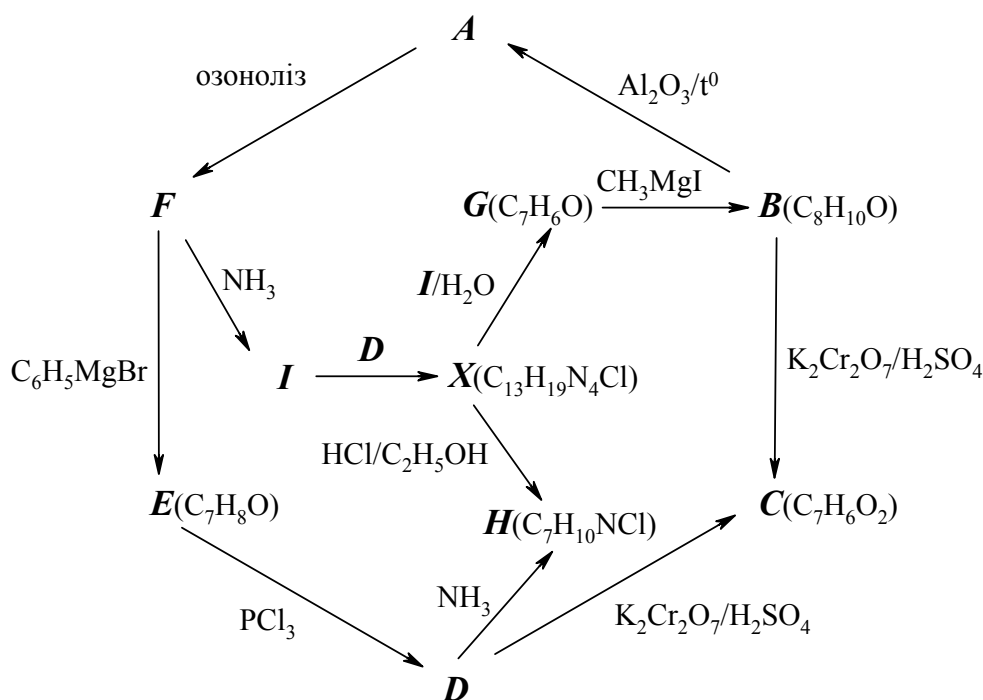
$$\Theta_2 = -3,83 \text{ }^\circ\text{C.}$$

Процес розчинення є спонтанним, необоротним, адіабатичним, ізобарним, ізоентальпійним, приблизно ізоенергетичним.

$$\Delta G < 0, \Delta H = 0, \text{ отже, } \Delta S > 0.$$

Задача 2. Такий собі ланцюжок

На схемі зашифровано перетворення за участю сполук $A - X$.

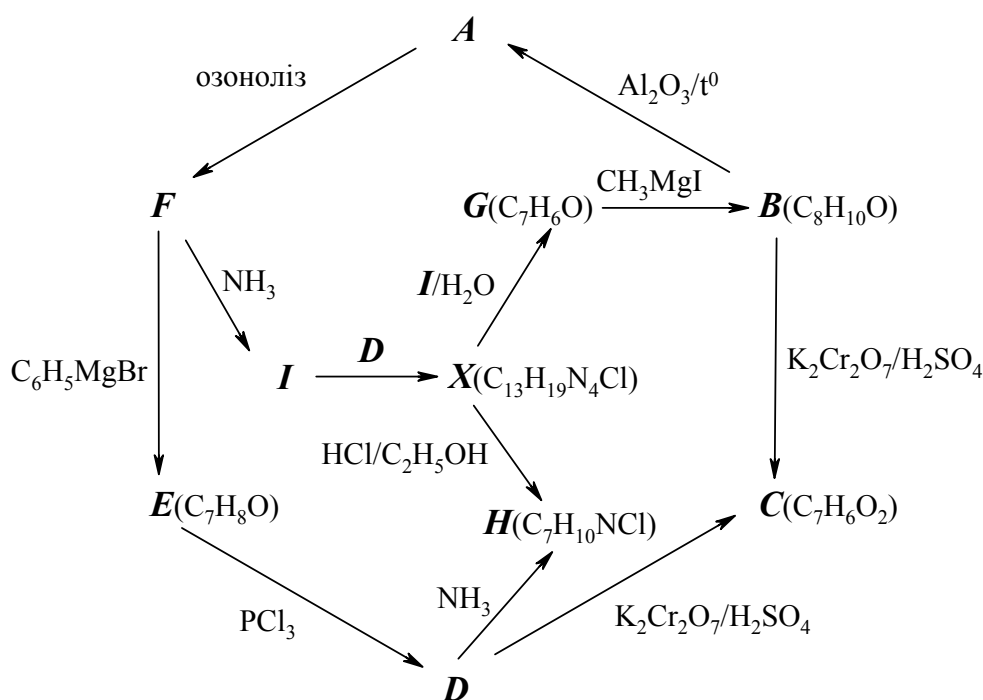


1. Визначте речовини $A - X$.

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 2. Цепочка превращений

На схеме зашифрованы превращения с участием соединений $A - X$.

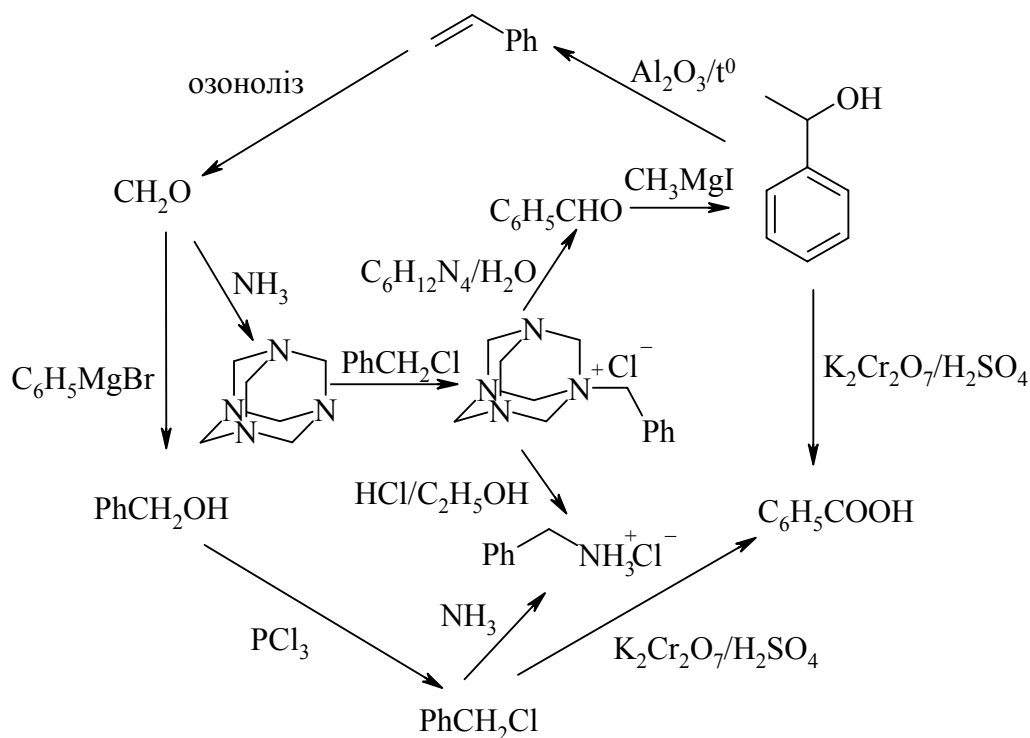


1. Определите вещества $A - X$.
2. Почему непосредственное превращение $D \rightarrow H$, приведенное на схеме, не является эффективным?
3. Какие еще способы получения H из D вы знаете (приведите не больше двух)?
4. Какое тривиальное название имеет вещество I ? Какие еще соединения имеют тот же скелет, что и I ?

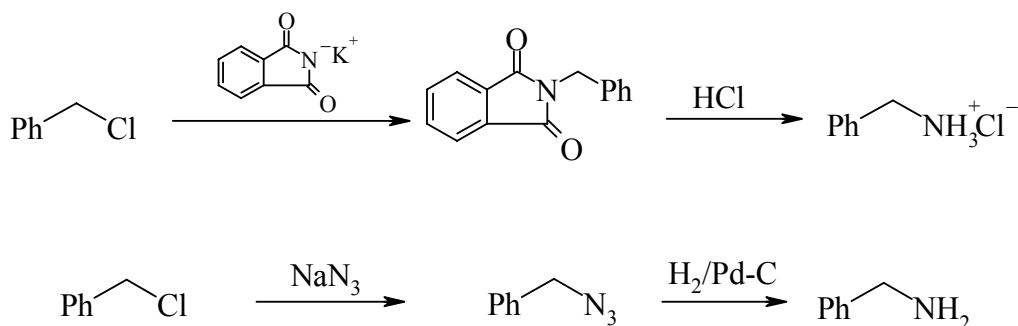
Розв'язок

На схемі є багато точок, з яких можна розпочати її розшифрування. Досить легко розшифровується зовнішній шестикутник. Так, перетворення $F \rightarrow E$ призводить до сполучення залишку фенілу (C_6H_5) з фрагментом CH_3O , або CH_2OH . Отже, F – формальдегід, E – бензиловий спирт. Тоді D – бензилхлорид, C – бензойна

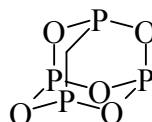
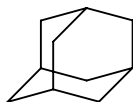
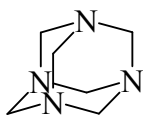
кислота. **H** – хлорид бензиламонію. Формула **I** – $C_6H_{12}N_4$ (різниця **X** та **D**); це уротропін. **X** – хлорид *N*-бензилуротропіну. Тоді **G** – бензальдегід, а **B** – 1-фенілетанол. Нарешті, **A** – стирен.



Реакція бензилхлориду з аміаком призводить до утворення суміші продуктів моно-, ди- три- і навіть тетраалкілування, яку, в принципі, можна розділити. Проте вихід бензиламіну не буде високим. Тому зазвичай застосовують обхідні шляхи, як от алкілування уротропіну (реакція Делепіна). Окрім цього, в якості еквівалента аміаку застосовуються фталімід калію, азид натрію:



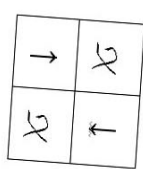
Уротропін має в своїй основі скелет адамантану. Окрім похідних цього вуглеводню, подібну будову мають оксиди фосфору (P_4O_6 , P_4O_{10}); адамантанову структуру має елементарна комірка алмазу.



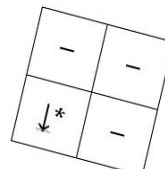
Задача 3. Цікаві досліди

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 повирізати квадратики 2×2 . 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.

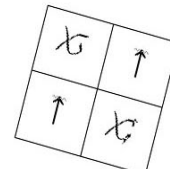
	№1	№2	№3	№4	№5	Xy_2
№1			↓			↓
№2			↓			↓
№3	↓	↓	↓	↓	↓	-
№4	-	↓	↓	↓	↑	↓
№5			↓	↓	α	-
Xy_2			-	↓	-	α



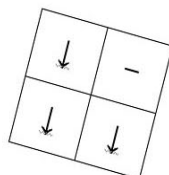
1



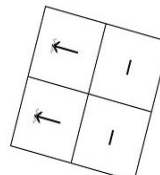
2



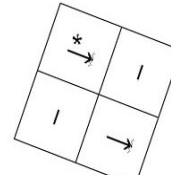
3



4



5



6

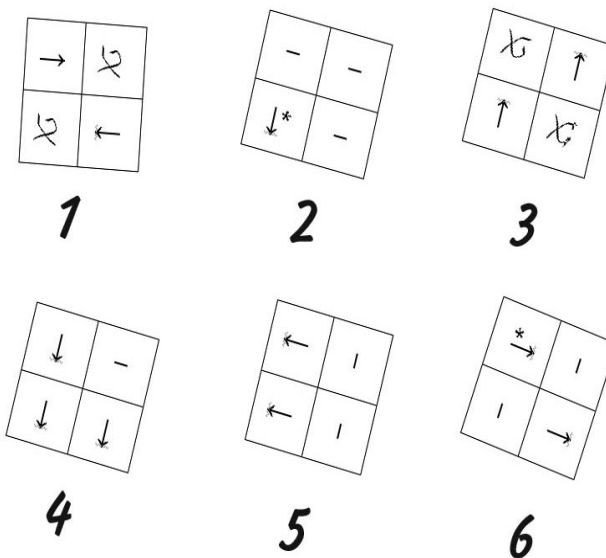
1. Допоможіть юному хіміку відновити «шахматку» та розв'язати поставлену перед ним проблему. Врахуйте, що квадратики 1 – 6 можуть бути перевернутими.

Знехтуйте гідролізом амоній карбонату. Позначка \downarrow^* – 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 3. Цікаві досліді

Юный химик проводил эксперимент по аналитической химии, а именно по качественному анализу. Его целью было определить, какие растворы находятся в пробирках №1 – №5, а также определить неизвестную соль являющуюся галогенидом металла (II). В пяти пробирках находились растворы аммоний хлорида, натрий гидроксида, аргентум нитрата, калий карбоната и цинк хлорида. Химик, проделав необходимые опыты, составил «шахматку» и решил отдохнуть. В это время его младший брат (совсем юный химик), увидев интересную табличку, решил вырезать из нее квадратики 2×2 . Поскольку он был еще и юным художником, то дорисовал несколько похожих квадратиков, а в придачу случайно разлил воду на таблицу, и часть данных расплылась.

	№1	№2	№3	№4	№5	XU_2
№1			\downarrow			\downarrow
№2			\downarrow			\downarrow
№3	\downarrow	\downarrow	↓	↓	↓	-
№4	-	\downarrow	↓	↓	\uparrow	\downarrow
№5			↓	↓	\downarrow	-
XU_2			-	\downarrow	-	\downarrow



1. Помогите юному химику восстановить «шахматку» и решить поставленную перед ним задачу. Учтите, что квадратики 1 – 6 могут быть перевернутыми. Пренебрегите гидролизом аммоний карбоната. Обозначение \downarrow^* – осадок, растворимый в избытке реактива. При сливании XU_2 с реактивами № 1-5 в

двох случаях образуются два прозрачных раствора, один из которых синий, и три осадка, один из которых синий.

Розв'язок

Зробимо спочатку свою «шахматку» з 5 речовинами:

	NH ₄ Cl	NaOH	AgNO ₃	K ₂ CO ₃	ZnCl ₂	ефекти
NH ₄ Cl	X	↑	↓	-	-	1 ↓ + 2 - + 1 ↑
NaOH	↑	X	↓	-	↓	2 ↓ + 1 - + 1 ↑
AgNO ₃	↓	↓	X	↓	↓	4 ↓
K ₂ CO ₃	-	-	↓	X	↓	2 ↓ + 2 -
ZnCl ₂	-	↓*	↓	↓	X	3 ↓ + 1 -

Загалом 14 ефектів при зливанні розчинів відомих речовин.

З виділенням газу відбувається лише одна реакція, тож квадратики можна перевернути таким чином, щоб всі стрілочки дивилися униз. Єдина реакція, яка відбувається з виділенням газу – NH₄Cl + NaOH. Отже, розчини №4 та №5 – це розчини NaOH та NH₄Cl (необов'язково відповідно).

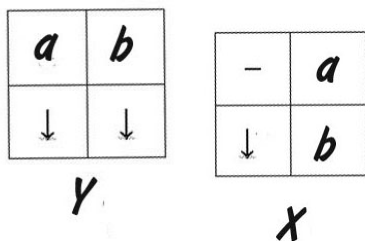
Перейдемо до квадратиків.

<table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <tr><td style="padding: 2px;">X</td><td style="padding: 2px;">↓</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">↑</td><td style="padding: 2px;">X</td></tr> </table>	X	↓	↑	X	<table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <tr><td style="padding: 2px;">-</td><td style="padding: 2px;">-</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">↓*</td><td style="padding: 2px;">-</td></tr> </table>	-	-	↓*	-	<table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <tr><td style="padding: 2px;">X</td><td style="padding: 2px;">↓</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">↓</td><td style="padding: 2px;">X</td></tr> </table>	X	↓	↓	X	<table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <tr><td style="padding: 2px;">↓</td><td style="padding: 2px;">-</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">↓</td><td style="padding: 2px;">↓</td></tr> </table>	↓	-	↓	↓	<table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <tr><td style="padding: 2px;">-</td><td style="padding: 2px;">-</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">↓</td><td style="padding: 2px;">↓</td></tr> </table>	-	-	↓	↓	<table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <tr><td style="padding: 2px;">-</td><td style="padding: 2px;">↓*</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">↓</td><td style="padding: 2px;">-</td></tr> </table>	-	↓*	↓	-
X	↓																												
↑	X																												
-	-																												
↓*	-																												
X	↓																												
↓	X																												
↓	-																												
↓	↓																												
-	-																												
↓	↓																												
-	↓*																												
↓	-																												
1	2	3	4	5	6																								

Відразу помітно, що квадратик 1 – неправильний (намальований молодшим братом). Цей висновок впливає з того, що квадратик несиметричний відносно головної діагоналі, а також має знак ↑.

Очевидно, що квадратик 3 був вирізаний з верхнього лівого кутка «шахматки».

Тепер використаємо властивість симетричності «шахматки» відносно головної діагоналі. Вона симетрична, крім єдиного випадку, а саме: реакції ZnCl₂ + NaOH, в якій від порядку зливання залежить, чи буде утворюватися осад, чи буде він розчинятися (↓*).



Робимо висновок, що знизу був вирізаний квадратик з фрагментом У, тобто 4 або 5 (обидва мають два знаки ↓ в двох нижніх клітинках), а справа верхній квадратик має містити фрагмент Х, де *a* та *b* – деякі ефекти чи їх відсутність.

Тоді це, можливо, квадратики 2, 5, 6.

Зазначеним умовам підходять пари 4-6 та 5-2.

Розглянемо перший варіант, пару 4 – 6.

	№1	№2	№3	№4	№5	XU_2
№1	X	↓	↓	↓*	-	↓
№2	↓	X	↓	-	-	↓
№3	↓	↓	X	?	?	-
№4	-	↓	?	X	↑	↓
№5	↓	-	?	?	X	-
XU_2	↓	↓	-	↓	-	X

Знак ↓* говорить про те, що №1 – $ZnCl_2$, №4 – $NaOH$, тоді №5 – NH_4Cl , але тоді не вдається співставити інші два розчини. Отже, цей варіант неправильний.

Вивчимо варіант 5 – 2.

	№1	№2	№3	№4	№5	XU_2
№1	X	↓	↓	-	-	↓
№2	↓	X	↓	↓*	-	↓
№3	↓	↓	X	?	?	-
№4	-	↓	?	X	↑	↓
№5	-	-	?	?	X	-
XU_2	↓	↓	-	↓	-	X

Очевидно, що №2 – $ZnCl_2$, №4 – $NaOH$, №5 – NH_4Cl . Оскільки розчин №5 (NH_4Cl) на дає ефектів з реактивами №1 та №2, реактив №3 – $AgNO_3$. Розчин №1 дає ефекти ($2 \downarrow + 2 -$), що відповідає K_2CO_3 .

Цікаво, що з $AgNO_3$ XU_2 не утворює осаду, це фторид. За характерними реакціями встановлюємо, що катіоном є Cu^{2+} . Отже, XU_2 – CuF_2 .

Відповідь:**№1: K_2CO_3** **№2: $ZnCl_2$** **№3: $AgNO_3$** **№4: $NaOH$** **№5: NH_4Cl** **XU_2 : CuF_2** **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 (ΔE) трьох кіл (табл.).

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

- Розрахуйте за даними вимірювань добуток розчинності AgCl при 298 К.
- Заповніть пропуски (?) в таблиці.
- Розрахуйте стандартний електродний потенціал для напівреакції
 $\text{AgCl} + e^- = \text{Ag} + \text{Cl}^-$.
- Розрахуйте розчинність 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 $D(\text{AgCl}) = 10^{-10}$ моль²/л².

Задача 4. Силы электродвижущие

Потенциометрия – один из самых распространенных и удобных методов определения концентраций веществ. При стандартных условиях провели серию опытов по определению произведения растворимости (ПР) хлорида серебра.

Изготовили три электрода типа А (серебряные пластинки, погруженные в растворы AgNO_3 с концентрациями 10^{-2} , 10^{-3} и 10^{-4} моль/л).

Электроды типа Б были изготовлены из металлического серебра, на поверхность которого нанесен слой AgCl .

Электроды А и Б соединили в гальванический элемент с помощью солевого мостика, заполненного раствором KNO_3 .

- Запишите схему гальванического элемента. Что является источником электрической энергии, вырабатываемой элементом?
- Запишите уравнения полуреакций, происходящих на катоде и на аноде.
- Рассчитайте электродные потенциалы трех электродов типа А.

Измерили электродвижущие силы (ΔE) трех элементов (табл.).

C(AgNO ₃), моль/л	ΔE, В
10 ⁻²	0,1694
10 ⁻³	?
10 ⁻⁴	?

4. Рассчитайте по данным измерений произведение растворимости AgCl при 298 К.

5. Заполните пропуски (?) в таблице.

6. Рассчитайте стандартный электродный потенциал для полуреакции
 $\text{AgCl} + e^- = \text{Ag} + \text{Cl}^-$.

7. Рассчитайте растворимость AgCl в 1 М растворе аммиака.

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

ступенчатые константы устойчивости $K_1(\text{Ag}^+, \text{NH}_3) = 2 \cdot 10^3$, $K_2(\text{AgNH}_3^+, \text{NH}_3) = 6.9 \cdot 10^3$.

Совет: Если вам не удалось рассчитать произведение растворимости в п. 4, в дальнейших расчетах примите $\text{ПР}(\text{AgCl}) = 10^{-10}$ моль²/л².

Розв'язок

1. (-) Ag(тв) | AgCl(нас.р-н) || Ag⁺ | Ag(тв) (+)

Джерелом електричної енергії є робота вирівнювання концентрацій іонів Ag⁺ у розчинах А і Б.

$$3. E = E^0 + \frac{RT}{F} \ln [\text{Ag}^+] = E^0 + 0,059 \lg [\text{Ag}^+]$$

[Ag ⁺], моль/л	E _A , В
10 ⁻²	0,6808
10 ⁻³	0,6217
10 ⁻⁴	0,5625

4. $\Delta E = E_A - E_B$.

При використанні електроду типу А з концентрацією 10⁻² моль/л

$$\Delta E = 0,1694 \text{ В} = 0,6808 \text{ В} - E_B, E_B = 0,5114 \text{ В},$$

$E_B = 0,5114 = 0,7991 + 0,059 \lg [\text{Ag}^+_{\text{насич. р-н AgCl}}]$, концентрація іонів Ag⁺ у розчині, контактуючому з осадом $[\text{Ag}^+] = 1,33 \cdot 10^{-5}$ моль/л, $\text{ДР}(\text{AgCl}) = 1,78 \cdot 10^{-10}$.

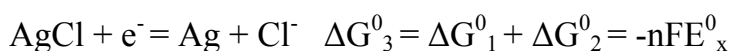
5. Заповнена таблиця:

C(AgNO ₃), моль/л	ΔE, В
10 ⁻²	0,1694
10 ⁻³	0,1103
10 ⁻⁴	0,051

6.

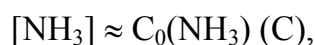
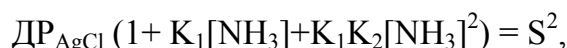
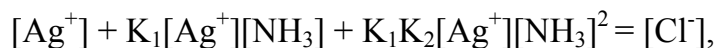
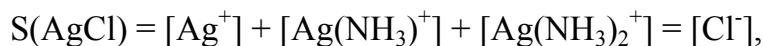


+



$$E_x = 0.223 \text{ В (0.208 В)}$$

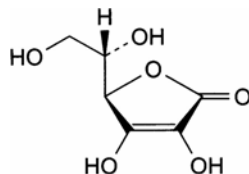
7. Розчинність хлориду срібла



$$S = \sqrt{\text{ДР}(\text{AgCl}) \cdot (1 + K_1C + K_1K_2C^2)} = 0.0496 \text{ моль/л (0.037 моль/л)}.$$

Задача 5. Мандарин

Аскорбінова кислота має формулу



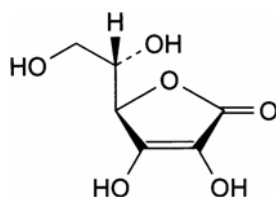
і може бути окислена до дегідроаскорбінової кислоти. Для визначення вмісту аскорбінової кислоти п'ять таблеток «Вітамін С» були подрібнені й розчинені у воді. Після відділення допоміжних речовин розчин перенесли в мірну колбу і довели його об'єм водою до 100 мл. Для першого титрування взяли 20 мл одержаного розчину, додали 20 мл розчину 12 моль/л 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 5. Мандарин

Аскорбиновая кислота имеет формулу



и может быть окислена до дегидроаскорбиновой кислоты. Для определения содержания аскорбиновой кислоты пять таблеток «Витамин С» были размельчены и растворены в воде. После отделения вспомогательных веществ раствор перенесли в мерную колбу и довели его объем водой до 100 мл. Для первого титрования взяли 20 мл полученного раствора, добавили 20 мл раствора 12 моль/л HCl , 5 мл хлороформа и оттитровали раствором йодата калия с концентрацией 0.100 моль/л до обесцвечивания хлороформного слоя.

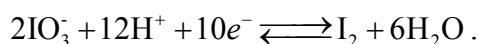
Для второго титрования взяли такую же порцию раствора, добавили 2 мл раствора 12 моль/л HCl , 3 мл раствора крахмала, 15 мл воды и оттитровали тем же раствором йодата калия до появления синего окрашивания. На второе титрование потрачено раствора йодата калия на 4,6 мл меньше, чем на первое.

1. Вычислите массу аскорбиновой кислоты, которая приходится на одну таблетку «Витамин С».
2. Объясните, почему на первое и второе титрование израсходованы разные количества раствора калия йодата.
3. Среднесуточная потребность в витамине С составляет 75 мг. Мандарины содержат 22 мг аскорбиновой кислоты на каждые 100 г, массовая доля их несъедобной части составляет 26 %. Какую массу мандаринов надо съесть человеку для удовлетворения суточной потребности в витамине С?
4. Сколько стереоизомеров может существовать у аскорбиновой кислоты?

Розв'язок

1-2. Реакції в двох титруваннях відбуваються в присутності різної кількості хлоридної кислоти: у першому титруванні концентрація HCl 6 моль/л, у другому – близько 1 моль/л.

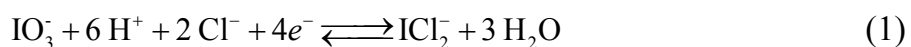
У присутності великої кількості HCl внаслідок утворення ICl або ICl₂⁻ стабілізується відновлена форма I⁺. На початку титрування йодат-іони відновлюються до йоду, який забарвлює шар хлороформу в фіолетовий колір.



При подальшому додаванні йодату калію йод окислюється до ICl або ICl₂⁻; шар хлороформу знебарвлюється:



Сумарне рівняння напівреакції має вигляд:

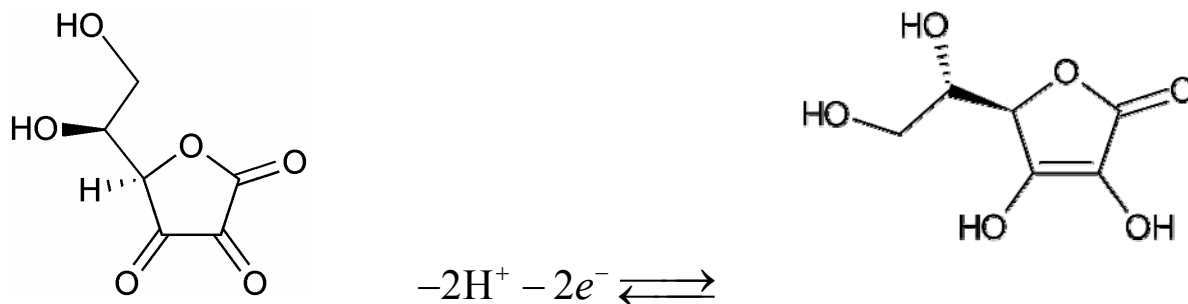


У другому титруванні відновлення йодату відбувається за рівнянням



синій колір з'являється у розчині, що містить крохмаль, коли в кінці титрування йодид надлишком йодату окислюється до йоду.

Аскорбінова кислота окислюється:



Згідно кількості електронів у цьому рівнянні та рівняннях (1) і (2) знаходимо відношення кількостей речовини йодату й аскорбінової кислоти (позначено АК) в кожному титруванні.

В першому титруванні кількість речовини витраченого йодату: $n_1(\text{IO}_3^-) = \frac{n(\text{АК})}{2}$;

в другому титруванні йодату витрачено менше: $n_2(\text{IO}_3^-) = \frac{n(\text{АК})}{3}$.

3. Різниця кількостей речовини йодату, витраченого в двох титруваннях, дорівнює $n_1(\text{IO}_3^-) - n_2(\text{IO}_3^-) = 0.100 \text{ моль/л} \cdot 4.6 \cdot 10^{-3} \text{ л} = \frac{n(\text{АК})}{2} - \frac{n(\text{АК})}{3}$,

Звідси кількість речовини аскорбінової кислоти в кожному титруванні

$$\left(\frac{1}{2} - \frac{1}{3}\right) \cdot n(\text{АК}) = 4.6 \cdot 10^{-4} \text{ моль}, \quad n(\text{АК}) = \frac{4.6 \cdot 10^{-4} \text{ моль}}{0.167} = 2.75 \cdot 10^{-3} \text{ моль}.$$

Молярна маса аскорбінової кислоти 176.1 г/моль. Загальна маса кислоти:

$$\frac{2.75 \cdot 10^{-3} \text{ моль} \cdot 176.1 \text{ г/моль} \cdot 100 \text{ мл}}{20 \text{ мл}},$$

Маса аскорбінової кислоти в перерахунку на одну таблетку:

$$\frac{1}{5} \frac{2.75 \cdot 10^{-3} \text{ моль} \cdot 176.1 \text{ г/моль} \cdot 100 \text{ мл}}{20 \text{ мл}} = 0.485 \text{ г} \quad \text{або} \quad 485 \text{ мг}.$$

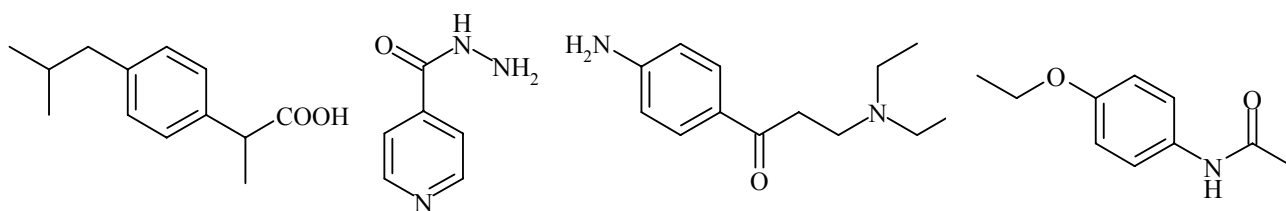
Маса мандаринів дорівнює $\frac{75 \text{ мг} \cdot 100 \text{ г}}{22 \text{ мг} \cdot 0.74} \approx 460 \text{ г}$.

4. У молекулі аскорбінової кислоти два асиметричні атоми карбону, отже, можливі чотири стереоізомери.

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.

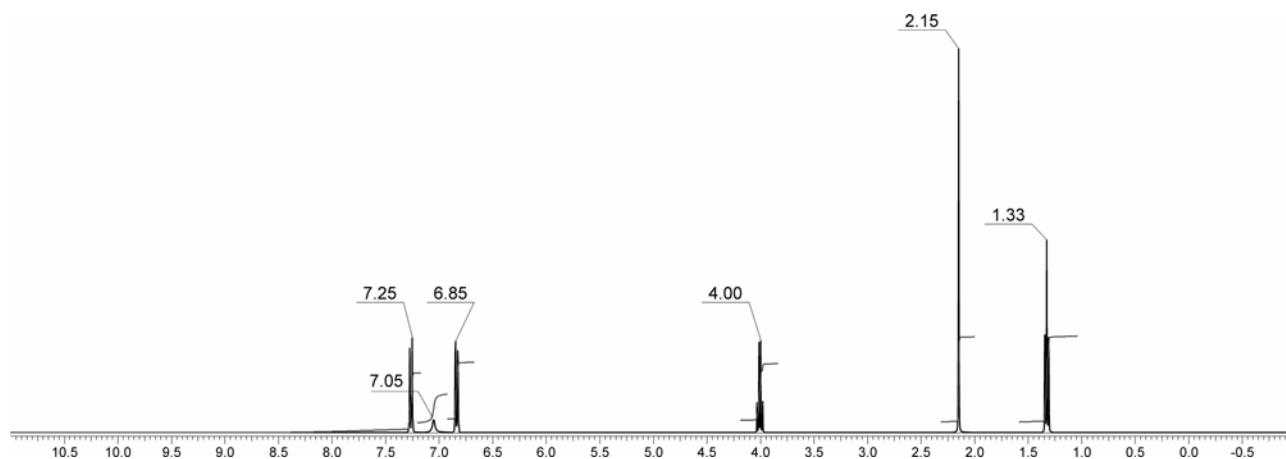
Грицьку вдалося поцупити у викладача листок з їх структурними формулами:



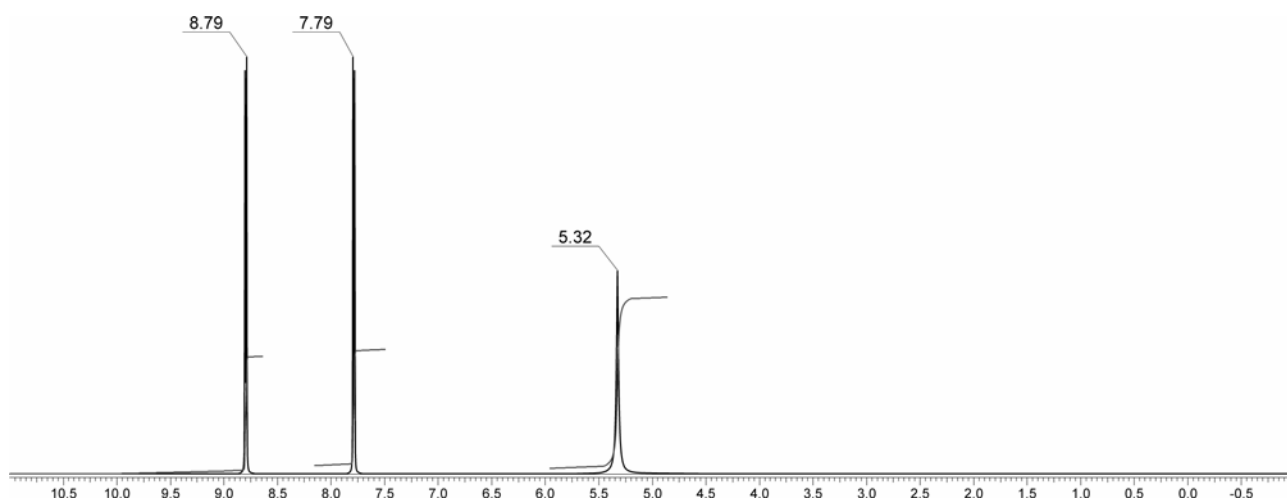
Тоді він виміряв спектри ^1H ЯМР препаратів, та це не дуже допомогло йому, оскільки він регулярно прогулював заняття зі спектроскопії.

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

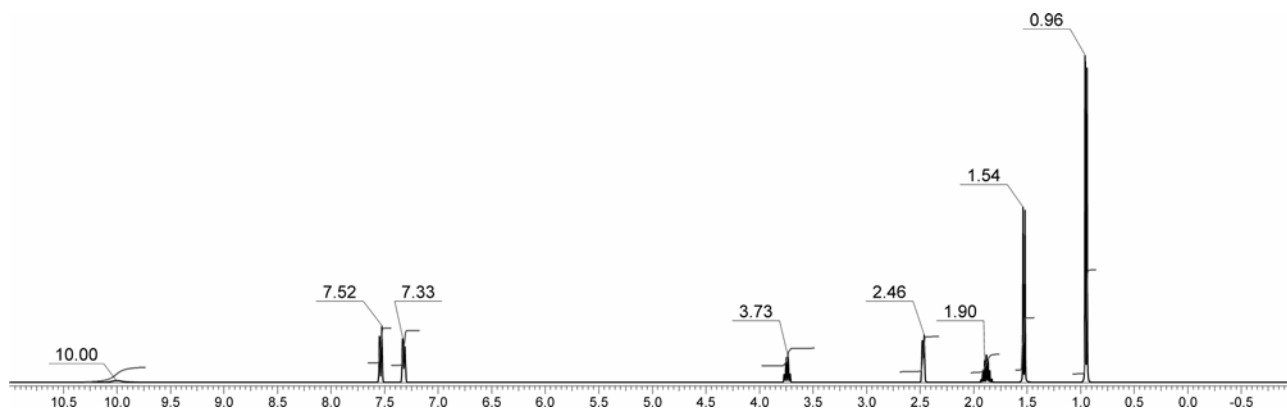
Фенацетин



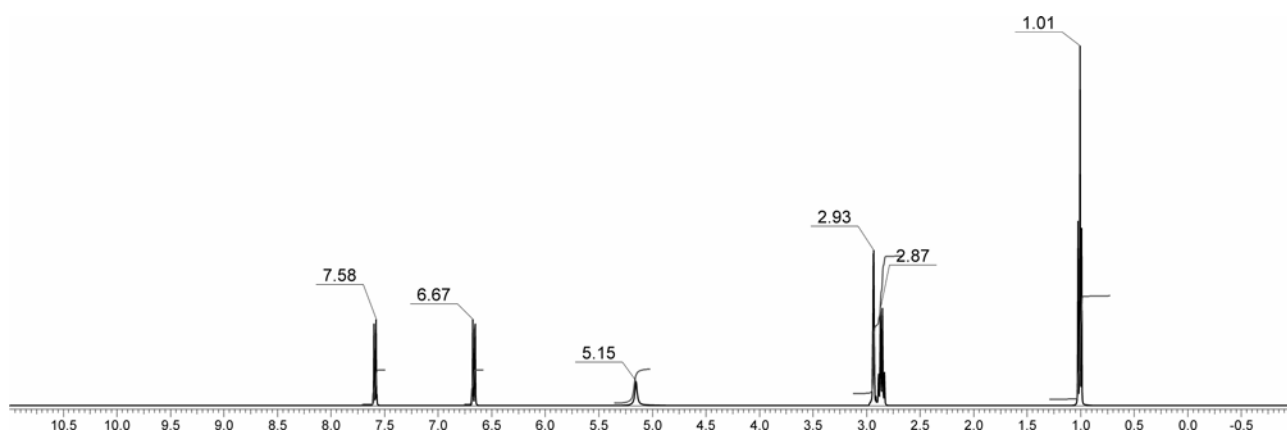
Ізоніазид



Ібупрофен



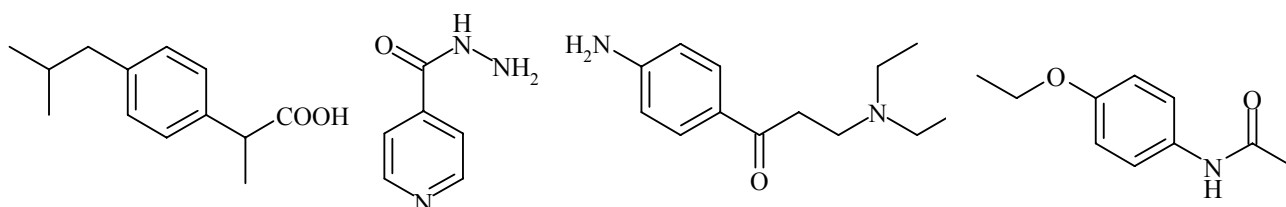
Прокаїн



Задача 6. Нерадивий студент

Студент Грицько пытался сдать практический экзамен по лекарственным средствам. Ему было предложено установить строение четырех препаратов, представляющих собой белые кристаллические соединения.

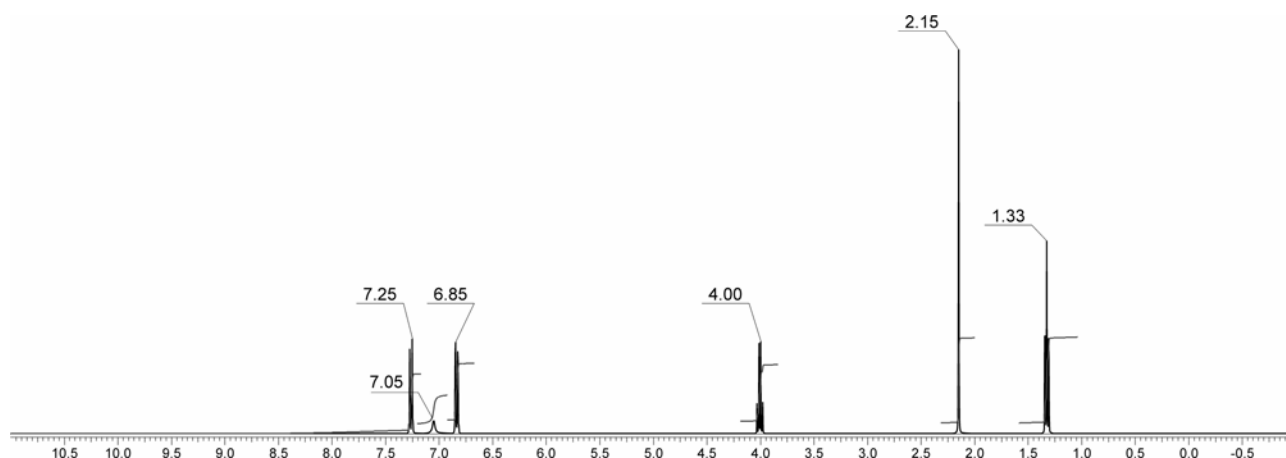
Грицьку удалось стащить у преподавателя листок с их структурными формулами:



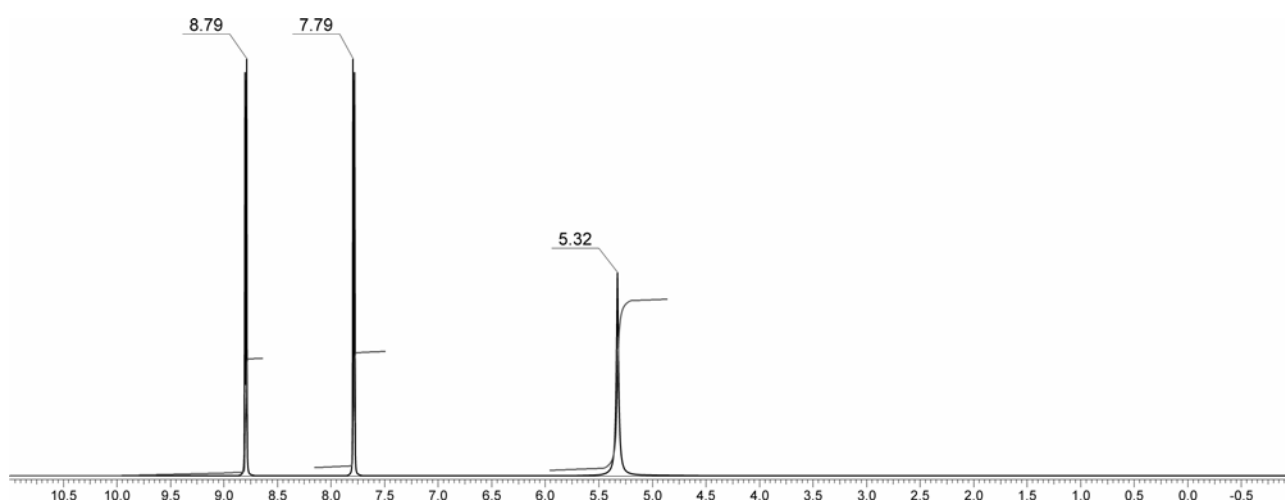
Тогда он измерил спектры ^1H ЯМР препаратов. Но это не очень помогло ему, поскольку он регулярно прогуливал занятия по спектроскопии.

Помогите Грицьку сдать экзамен – поставьте в соответствие структурные формулы и названия препаратов. Проведите наиболее полное соотнесение сигналов в спектрах ЯМР.

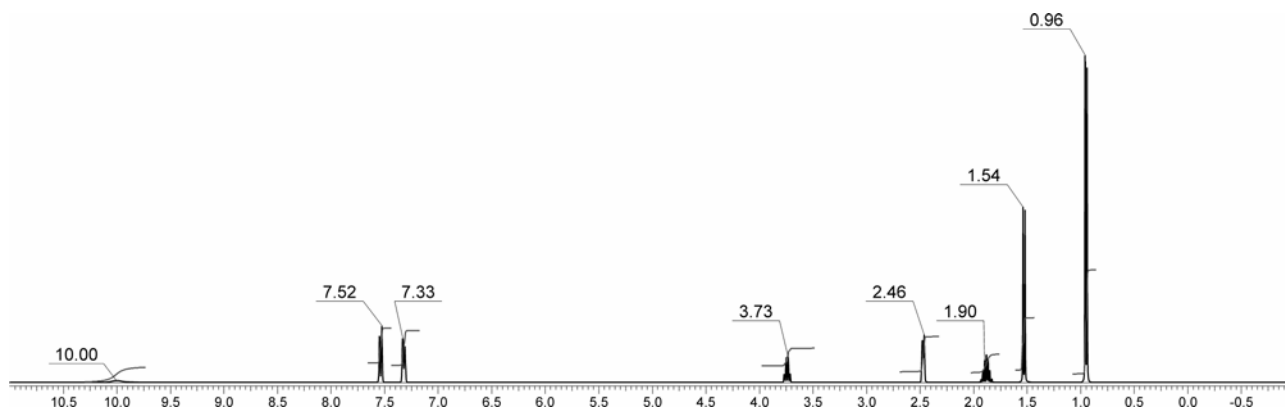
Фенацетин



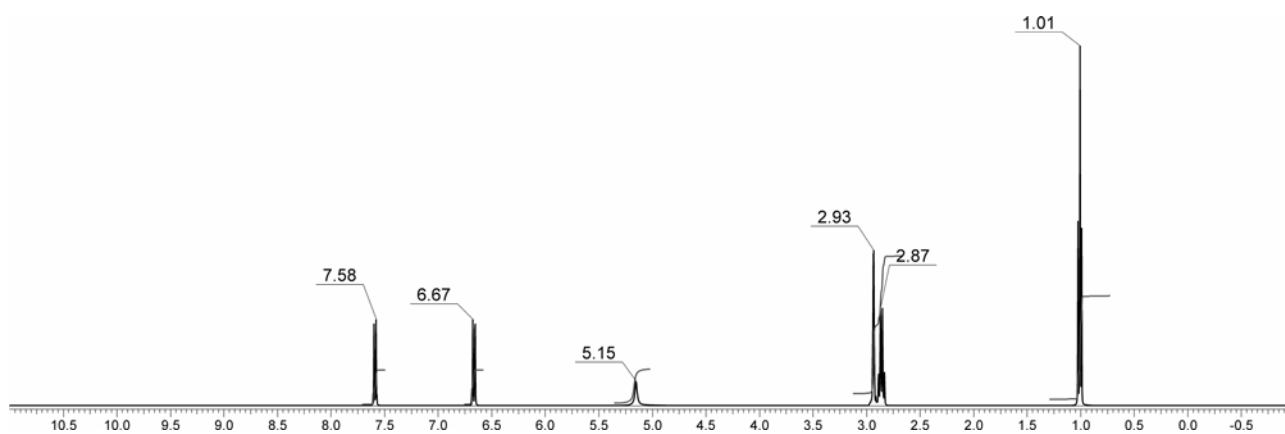
Изониазид



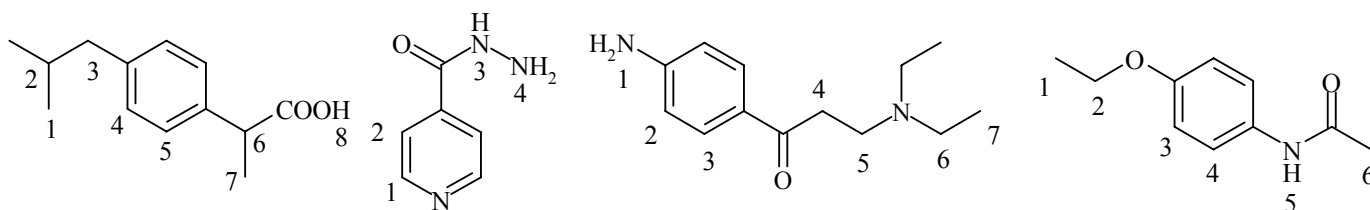
Ибупрофен



Прокаин



Відповідь



ібупрофен

ізоніазид

прокаїн

фенацетин

Ібупрофен: 1 – 0.95, 2 – 1.88, 3 – 2.47, 4 – 7.32, 5 – 7.53, 6 – 3.74, 7 – 1.53, 8 – 10.00.

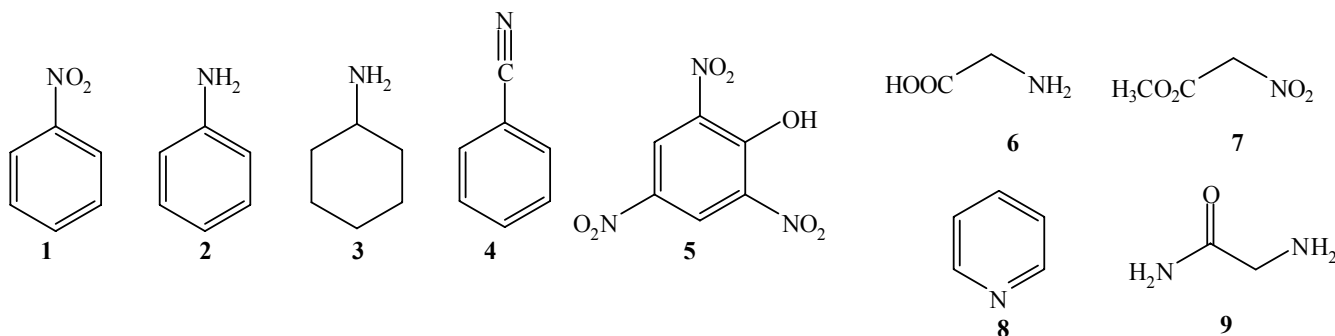
Ізоніазид: 1 – 8.79, 2 – 7.79, 3-4 – 5.32.

Прокаїн: 1 – 5.15, 2 – 6.66, 3 – 7.59, 4-5 – 2.93 та 2.87, 6 – 2.86, 7 – 1.01.

Фенацетин: 1 – 1.33, 2 – 4.00, 3 – 6.83, 4 – 7.26, 5 – 7.05, 6 – 2.15.

Задача 7. Нітрогеновмісні сполуки

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

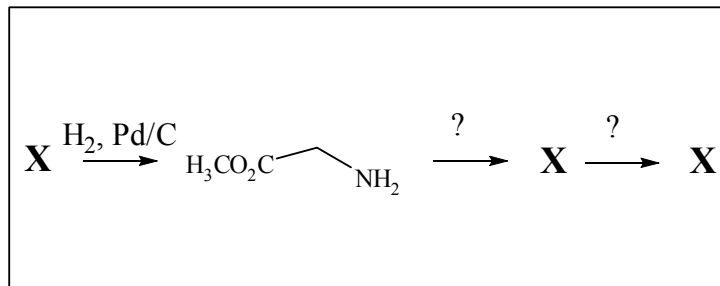
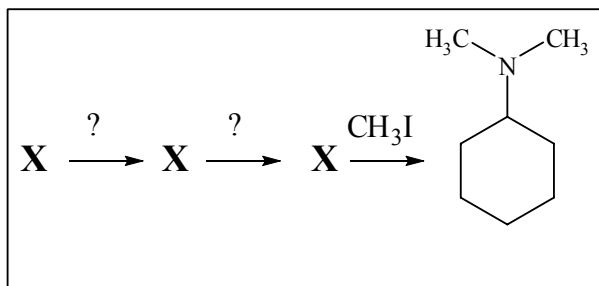


1. Які з наведених речовин належать до: а) ароматичних сполук; б) аліфатичних сполук; в) нітросполук; г) амінів; д) інших класів органічних сполук (вказати яких)?

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**.

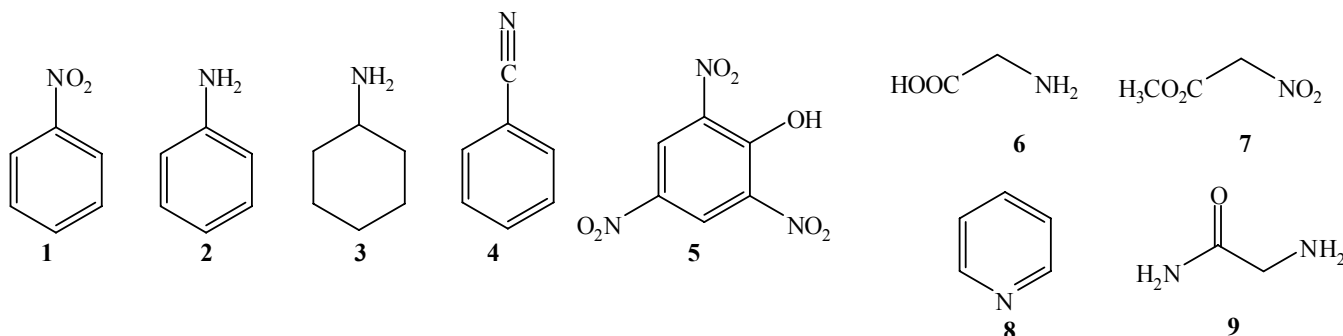
4. Доповніть наведені нижче схеми синтезу, вказавши замість “?” умови реакцій, а замість кожного з “X” – одну з речовин **1-9**.



5. Запропонуйте двостадійний метод добування сполуки **2** з **4**.

Задача 7. Азотсодержащие соединения

Азотсодержащие органические соединения занимают важное место в современной органической химии. Ниже приведены формулы некоторых из них.

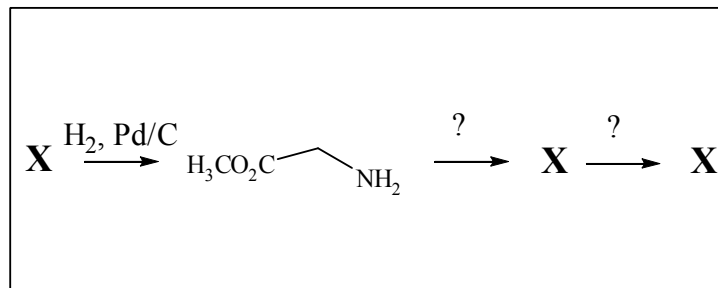
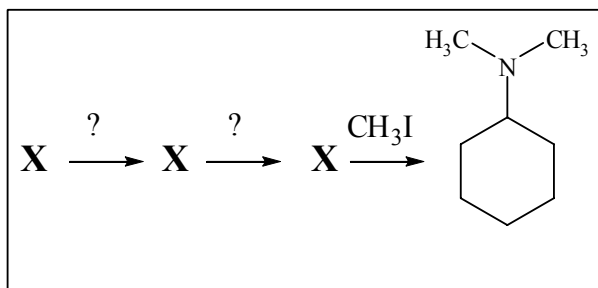


1. Какие из приведенных веществ принадлежат к: а) ароматическим соединениям; б) алифатическим соединениям; в) нитросоединениям; г) аминам; д) другим классам органических соединений (указать каких)?

2. Приведите два примера соединений, которые относятся к классам азотсодержащих органических соединений, которые не представлены среди соединений **1-9**.

3. Какие из приведенных соединений и почему проявляют свойства а) слабого или сильного основания; б) слабой или сильной кислоты? Сравните и дайте объяснение отличию кислотно-основных свойств соединений **2** и **3**.

4. Дополните приведенные ниже схемы синтеза, укажите вместо “?” условия реакций, а вместо каждого из “X” – одно из веществ 1–9.



5. Предложите способ получения соединения 2 из 4 в две стадии.

Розв'язок

1. а) 1, 2, 4, 5, 8; б) 3, 6, 7, 9; в) 1, 5, 7; г) 2, 3, 6, 9; д) 4 (нітрили); 8 (нітрогеновмісні гетероциклічні сполуки); 9 (аміди).

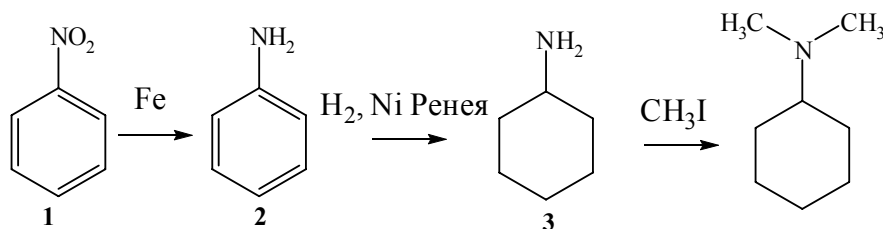
2. Приклади інших класів нітрогеновмісних сполук:

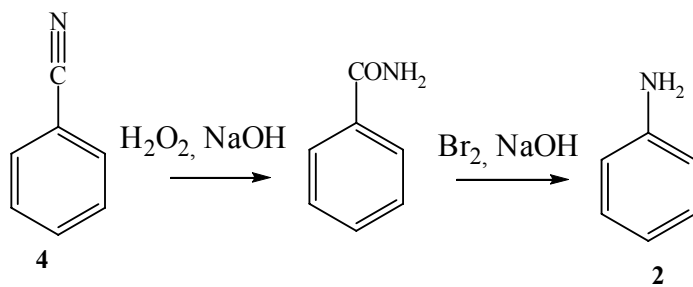
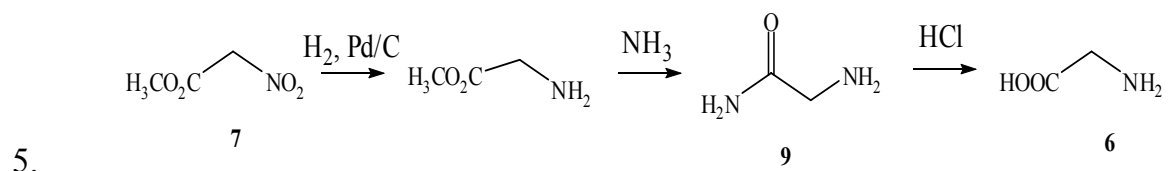
CH_3NHNH_2 (гідразини), C_6H_5NO (нітросполуки), $C_6H_5N_2^+ Cl^-$ (діазонієві солі).

3. а) 2, 3, 6, 8, 9 (наявність електронної пари при атомі нітрогену); б) 5 (наявність електроноакцепторних нітрогруп підвищує кислотність ОН-групи), 7 (наявність електроноакцепторних замісників NO_2 та CO_2CH_3 підвищує С-Н кислотність CH_2 -групи), 6 (наявність карбоксильної групи).

Сполука 3 є набагато більш основною, ніж 2, оскільки в сполуці 2 пара електронів при атомі нітрогену бере участь у спряженні з π -системою ароматичного кільця.

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 1. Смена цветов

При осторожном нагревании желтого вещества **A** (массовая доля фтора 28,53%) его масса уменьшается на 21,62%. При этом образуется темно-красное вещество **B**, имеющее такой же качественный состав, как и **A**. При длительном нагревании этих веществ при температуре 180°C в токе азота получают бинарный синевато-серый фторид **C** (массовая доля фтора 45,89%).

Бинарное вещество **D** (массовая доля фтора 50,44%) при некоторых условиях реагирует с KF в мольном соотношении 1:3 с образованием вещества **E**, а с оксидом **F** (массовая доля элемента **X** 70%) при нагревании до 950°C образует черное нерастворимое в воде вещество **G** (массовая доля фтора 20,88%).

1. Расшифруйте вещества **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **F**, **G**, если известно, что все они содержат элемент **X**, и определите этот элемент.
2. Составьте уравнения упомянутых реакций.

Розв'язок

1. Знайдемо елемент **X** та оксид **F**.

З вмісту **X** знаходимо молярну масу еквівалента **X** 18,77 г/моль, що відповідає Fe(III).

X – Fe, **F** – Fe₂O₃.

Знайдемо фторид **C**. Вміст флуору в **C** є проміжним між масовими частками цього елемента в FeF₂ та FeF₃ (40,4 та 50,4%, відповідно). З цього робимо висновок, що речовина **C** – Fe₂F₅ (масова частка флуору збігається з даними умови).

Знайдемо речовину **D**. $19n/0,5044 - 19n = 18,7n$. При $n = 3$ $M_D = 56$ г/моль, що дійсно відповідає феруму. Тоді **D** – FeF₃.

$FeF_3 + 3KF = K_3[FeF_6]$ – речовина **E**

Знаходимо речовину **G**: $19/0,2088 - 19 - 56 = 16$ (г/моль). Таким чином, речовина **G** – FeFO

З умови завдання можливо зробити висновок, що **A** – це кристалогідрат, який при обережному нагріванні виділяє частину води. Оскільки продуктом термічного розкладу **A** і **B** виявляється Fe₂F₅, то їх загальний склад FeF₃·FeF₂·*m*H₂O.

Знайдемо речовину **A**. $19 \cdot 5/0,2853 = 333$ г/моль, $333 - 95 - 2 \cdot 56 = 126$ г/моль, $126:18 = 7$, звідки **A** – FeF₃·FeF₂·7H₂O.

$M_B = 333 - 333 \cdot 0,2162 = 261$ (г/моль), $(261 - 207) / 18 = 3$, звідки **B** – FeF₃·FeF₂·3H₂O.

Відповідь:

X – Fe

A – FeF₃·FeF₂·7H₂O,

B – FeF₃·FeF₂·3H₂O,

C – Fe₂F₅,

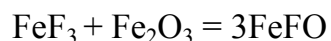
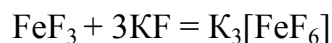
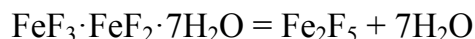
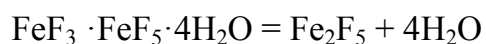
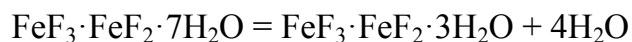
D – FeF₃,

E – K₃[FeF₆],

F – Fe₂O₃,

G – FeFO.

2. Рівняння 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 β -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):

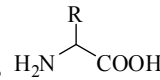
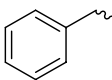

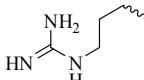
дипептидиламінопептидаза	дипептидилкарбоксіпептидаза
Gly-Phe; Leu-Arg; Tyr-Gly; Lys-Tyr; Pro	Phe-Leu; Gly-Gly; Arg-Lys; Tyr-Pro; Tyr

1. Встановить первинну структуру β -неоендорфіну.
2. Скільки ізомерів β -неоендорфіну мають давати таку ж суміш продуктів при дії дипептидиламінопептидази?
3. 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.
4. Структура іншого нейропептиду – α -неоендорфіну відрізняється від структури β -неоендорфіну наявністю амінокислотного залишку лізину (Lys),

приєднаного α -аміногрупою до С-кінця. Запропонуйте метод одержання α -неоендорфіну, виходячи з β -неоендорфіну.

5. Передбачте, яку суміш продуктів даватиме α -неоендорфін при дії дипептидиламінопептидази та дипептидилкарбоксіпептидази

Довідка: будова та назви амінокислот

Скорочена назва	Gly	Phe	Leu	Arg
Повна назва	гліцин	фенілаланін	лейцин	аргінін
Замісник R в 	H-			

Скорочена назва	Tyr	Lys	Pro *
Повна назва	тирозин	лізин	пролін
Замісник R в 			

* Для Pro вказано структуру амінокислоти

Задача 2. Пептиды

Среди разнообразия биологически активных пептидов особое место занимают нейропептиды, то есть пептиды, которые могут влиять на функции центральной нервной системы. Очень небольшое количество таких соединений изучено в достаточной степени, а в механизме их действия на человеческий мозг остается еще немало тайн...

Одним из изученных нейропептидов является β -неоендорфин, впервые выделенный из гипофиза свиньи. Одну порцию этого линейного пептида, который состоит из девяти аминокислотных остатков, подвергли частичному гидролизу с помощью дипептидиламінопептидази (отщепляет по очереди от полипептида дипептиды, начиная с N-конца), а другую порцію – с помощью

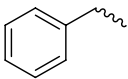

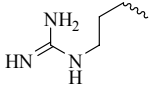
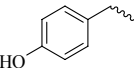
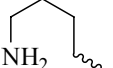
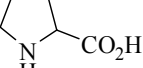
дипептидилкарбоксіпептидазы (отщепляет по очереди от полипептида дипептиды, начиная с С-конца).

В таблице приведен состав продуктов, которые при этом образуются (написание формул дипептидов начинается с N-конца):

дипептидиламинопептидаза	Дипептидилкарбоксіпептидаза
Gly-Phe; Leu-Arg; Tyr-Gly; Lys-Tyr; Pro	Phe-Leu; Gly-Gly; Arg-Lys; Tyr-Pro; Tyr

1. Установите первичную структуру β -неоэндофина.
2. Сколько изомеров β -неоэндофина должны давать такую же смесь продуктов при действии дипептидиламинопептидазы?
3. Какие из образованных в обоих случаях дипептидных продуктов а) являются ахиральными; б) имеют изоэлектрическую точку при $\text{pH} > 7$; в) сложнее всего поддаются гидролизу на свободные аминокислоты? Ответ объясните.
4. Структура другого нейропептида – α -неоэндофина отличается от структуры β -неоэндофина наличием аминокислотного остатка лизина (Lys), присоединенного α -аминогруппой к С-концу. Предложите метод получения α -неоэндофина, исходя из β -неоэндофина.
5. Предположите, какую смесь продуктов можно получить при действии дипептидиламинопептидазы и дипептидилкарбоксіпептидазы на α -неоэндофин

Для справки: строение и названия аминокислот

Сокращенное название	Gly	Phe	Leu	Arg
Полное название	глицин	фенилаланин	Лейцин	аргинин
Заместитель R в $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}(\text{R})-\text{COOH}$	H-			
Сокращенное название	Tyr	Lys	Pro *	
Полное название	тирозин	лизин	пролин	
Заместитель R в $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}(\text{R})-\text{COOH}$				

* Для Pro указана структура аминокислоты

Розв'язок

1. Очевидно, що утворені вільні амінокислоти відповідають С-кінцевому (Pro) та N-кінцевому залишам (Tyr). Зіставляючи між собою утворені дипептиди, подібно до костяшек доміно, одержуємо:

дипептидиламінопептидаза Tyr-Gly Gly-Phe Leu-Arg Lys-Tyr
 дипептидилкарбоксіпептидаза Gly-Gly Phe-Leu Arg-Lys Tyr-Pro

Звідси первинна структура β -неоендорфіну (амінокислотна послідовність):



2. З даних щодо гідролізу дипептидиламінопептидази можна однозначно встановити лише місце Pro як С-кінцевого амінокислотного залишку. Чотири дипептидні фрагменти можуть бути розташовані в довільній послідовності. Методами комбінаторики, легко встановити, що кількість таких комбінацій (а, отже, і кількість ізомерів) дорівнює $4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1 = 4! = 24$.

3. а) Gly-Gly (відсутні хіральні центри, еквівалентний своєму дзеркальному відображенню);

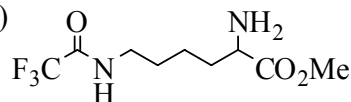
б) Leu-Arg; Lys-Tyr; Arg-Lys (наявність додаткових основних груп);

в) Tyr-Pro (амідні зв'язки, утворені вторинною аміногрупою, гідролізуються важче, ніж ті, що утворені первинною аміногрупою).

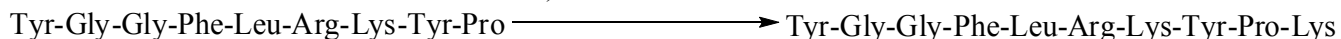
4. Можливий шлях:

1) ДЦГК;

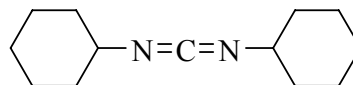
2)



3) NaOH

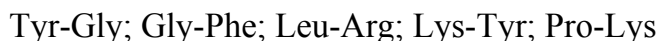


ДЦГК - дициклогексилкарбодіімід,
 конденсуючий агент



Важливим є захист ϵ -аміногрупи лізину

5. Оскільки в α -неоендорфіні парна кількість амінокислотних залишків, при дії дипептидиламінопептидази та дипептидилкарбоксіпептидази одержуватимуть однакові суміші продуктів:

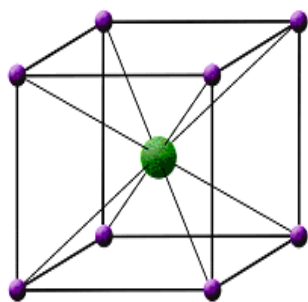


Література: Овчинников Ю.А. Биоорганическая химия. – М.: Просвещение, 1987.

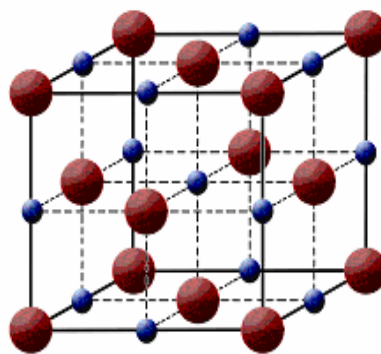
Задача 3. Гратка



Одного разу учень одержав завдання за значенням добутку густини солі (ρ , г/см³) на об'єм елементарної комірки (a^3 , см³) визначити галогенід лужного металу **A**. Густина солі 2,77 г/см³, значення ρa^3 $2.79 \cdot 10^{-22}$ г. Учень припустив, що галогенід **A** має об'ємцентровану 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/см³. 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)



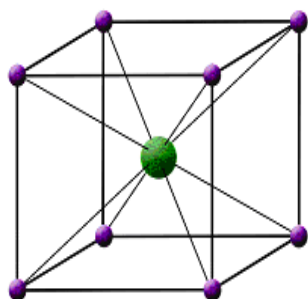
(2)

1. Визначте галогенід **A** та галогенід лужного металу **B** ($\rho = 3,97$ г/см³, $\rho a^3 = 2.79 \cdot 10^{-22}$ г, елементарна комірка об'ємцентрована 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.

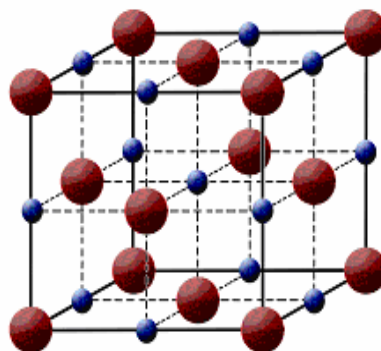
4. Розрахуйте відношення радіусів катіона та аніона r_+/r_- в кубічній елементарній комірці **1**, вважаючи, що сусідні аніони дотикаються один до одного, а також катіонів.

Задача 3. Решетка

Однажды ученик получил задание по значению произведения плотности соли (ρ , г/см³) на объем элементарной ячейки (a^3 , см³) определить галогенид щелочного металла **A**. Плотность соли 2,77 г/см³, значение $\rho a^3 = 2.79 \cdot 10^{-22}$ г. Ученик предположил, что галогенид **A** имеет объемцентрированную кубическую элементарную ячейку **1**, рассчитал его молярную массу и пришел к выводу о составе **A**. Но он очень удивился, поскольку в справочнике для этой соли была указана совсем другая плотность – 3,97 г/см³. Тогда он понял, что ошибся в типе ячейки, решил задачу заново, приняв, что ячейка является кубической гранецентрированной (**2**), и все-таки определил галогенид **A**.



(1)



(2)

1. Определите галогенид **A** и галогенид щелочного металла **B** ($\rho = 3,97$ г/см³, $\rho a^3 = 2.79 \cdot 10^{-22}$ г, элементарная ячейка объемцентрированная кубическая (**1**)).

2. Каковы расстояния от центров катионов до центров ближайших анионов в солях **A** и **B**?

3. Укажите координационные числа катионов в этих солях.

4. Рассчитайте отношение радиуса катиона и аниона r_+/r_- в кубической элементарной ячейке **1**, считая, что соседние анионы касаются друг друга, а также катионов.

Розв'язок

1. Учень визначав сіль за молярною масою M , яку знаходив за формулою

$$M = \frac{\rho \cdot a^3 \cdot N_A}{N}, \quad (1)$$

де N – кількість структурних одиниць солі в комірці. Вивід формули (1):

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{a^3} = \frac{M \cdot \nu}{a^3} = \frac{NM}{N_A a^3}.$$

Для комірки (1) $N = 1$. В комірці (2) знаходиться катіонів $\frac{1}{8} \cdot 8 + \frac{1}{2} \cdot 6 = 4$ та

аніонів $12 \cdot \frac{1}{4} + 1 = 4$, тобто $N = 4$. Звідси випливає, що справжня молярна маса солі B

$$M_B = \frac{2.79 \cdot 10^{-22} \cdot 6.02 \cdot 10^{23}}{1} = 168,4 \text{ г/моль}.$$

Це значення відповідає CsCl (підказкою може слугувати відомий факт, що переважна більшість галогенідів лужних металів має елементарну комірку NaCl , а виключенням є солі цезію).

Молярна маса солі A

$$M_A = M_B / 4 = 42 \text{ г/моль, тобто } A = \text{NaF}.$$

2. Розрахунок параметрів комірок.

$$a_{\text{NaF}} = \sqrt[3]{\frac{NM}{N_A \cdot \rho}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 42}{6,02 \cdot 10^{23} \cdot 2,77}} = 4,65 \cdot 10^{-8} \text{ см},$$

$$a_{\text{CsCl}} = \sqrt[3]{\frac{NM}{N_A \cdot \rho}} = \sqrt[3]{\frac{168,4}{6,02 \cdot 10^{23} \cdot 3,97}} = 4,13 \cdot 10^{-8} \text{ см}.$$

У випадку NaF на одну грань припадають 2 радіуси катіона та 2 радіуси

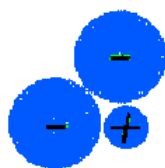
аніона. Відстань $b = \frac{a_1}{2} = \frac{4,65 \cdot 10^{-8}}{2} = 2,33 \cdot 10^{-8} \text{ см}.$

У випадку CsCl на одній діагоналі розміщуються дві такі відстані, тому

$$b = \frac{\sqrt{2}a}{2} = 2,92 \cdot 10^{-8} \text{ см}.$$

3. $KЧ(\text{Na}^+) = 6$, $KЧ(\text{Cs}^+) = 8$.

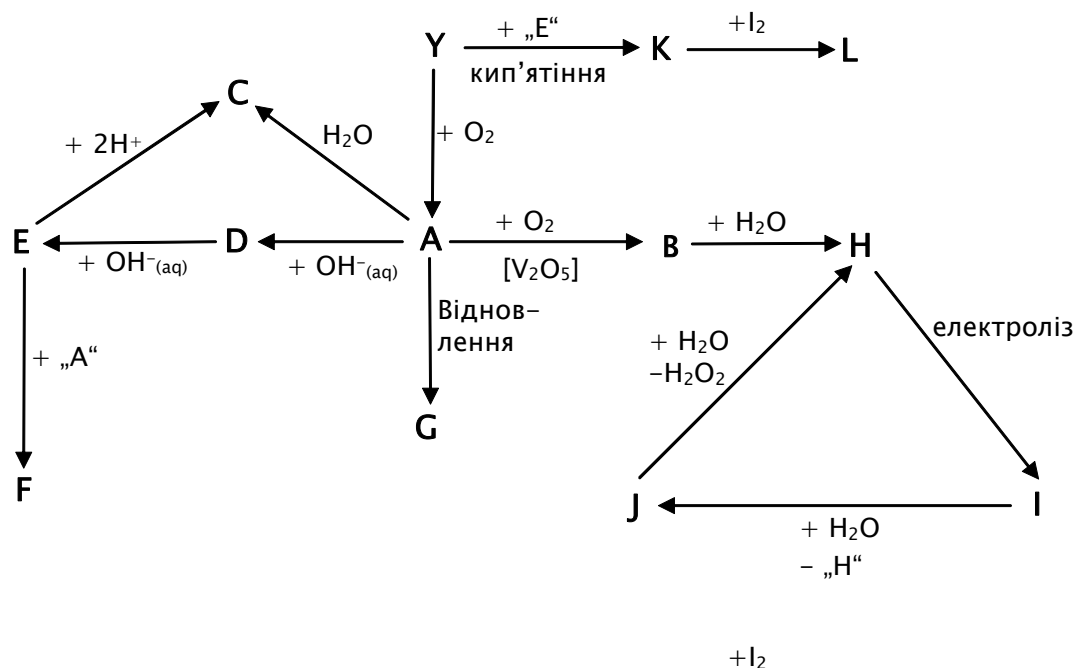
4.



За законом Піфагора довжина діагоналі $d = \sqrt{2}x = \sqrt{2}(r_+ + r_-)$. З іншого боку,

$$d = 2 \cdot r_-. \text{ Отже, } \sqrt{2}(r_+ + r_-) = 2r_-, \frac{r_+}{r_-} = \frac{2 - \sqrt{2}}{\sqrt{2}} = \sqrt{2} - 1 \approx 0.4.$$

Задача 4. АБВГДейка



➤ Молекули та частинки від А до L окрім елемента Y містять тільки кисень та/або гідроген.

➤ В є склоподібною твердою речовиною за температури нижче 17 °C і має важливе промислове значення (зокрема, є вихідною речовиною для синтезу сильної кислоти H).

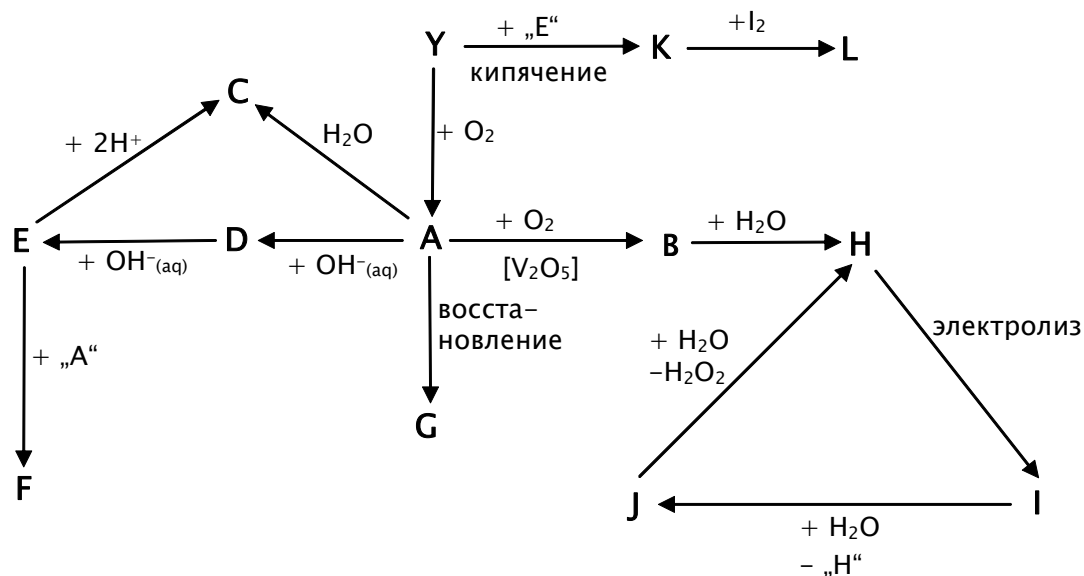
➤ Речовину В неможливо добути прямим спалюванням простої речовини, утвореної елементом Y, але вона утворюється при каталітичному окисненні сполуки А.

- 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 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 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 $\text{H}_2\text{Y}_2\text{O}_8$ 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 ЦЬОЇ 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 оболонки Гіллеспі.
5. Виберіть правильну відповідь щодо кута зв'язків в іоні **E**.

Задача 4. АБВГДейка



- Молекулы и частицы от А до L кроме элемента Y содержат только кислород и/или водород.
- В является стеклоподобным твердым веществом при температуре ниже 17°C и имеет важное промышленное значение, в частности является исходным веществом для синтеза сильной кислоты H.
- Вещество В нельзя получить прямым сжиганием простого вещества, образованного элементом Y, но оно образуется при каталитическом окислении соединения А.
- Соединение А является газом с резким запахом и при растворении в воде образует кислоту средней силы, которая не существует в свободном состоянии.
- Взаимодействие избытка газа А с Mg(OH)₂ приводит к образованию раствора, который содержит ионы D. Этот раствор используется для промышленного производства целлюлозы.
- Взаимодействие А (кислота Льюиса) с E (основание Льюиса) приводит к образованию иона F. Калийная соль F используется для дезинфекции благодаря возможности образования А при ее гидролитическом расщеплении.
- Восстановление А сильными восстановителями приводит к образованию кислоты G. Анион кислоты G является настолько сильным восстановителем в щелочной среде, что способен выделять серебро из раствора его нитрата.

➤ Соединение **I** имеет молекулярную формулу $\text{H}_2\text{Y}_2\text{O}_8$ и при гидролизе отщепляет молекулу кислоты **H** и образует вещество **J**, которое имеет тривиальное название «кислота Каро».

➤ Анионы **K** способны к образованию устойчивых комплексов с ионами серебра.

**РЕШЕНИЕ ЭТОЙ ЗАДАЧИ ЗАПИСЫВАЙТЕ ТОЛЬКО НА ЛИСТЕ ОТВЕТОВ
В СООТВЕТСТВУЮЩИХ МЕСТАХ!**

1. Определите элемент **Y**.
2. Расшифруйте соединения **A – L**.
3. Какие частицы непосредственно принимают участие в электрохимическом окислении вещества **H** в **I**?
4. Приведите электронное и пространственное строение иона **E** по методу отталкивания электронных пар валентных оболочек Гиллеспи.
5. Выберите правильный ответ относительно угла связей в ионе **E**.

Розв'язок

1. S.

2.

A	SO_2	G	$\text{S}_2\text{O}_4^{2-}$
B	SO_3	H	H_2SO_4
C	H_2SO_3	I	$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_8$
D	HSO_3^-	J	H_2SO_5
E	SO_3^{2-}	K	$\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$
F	$\text{S}_2\text{O}_5^{2-}$	L	$\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$

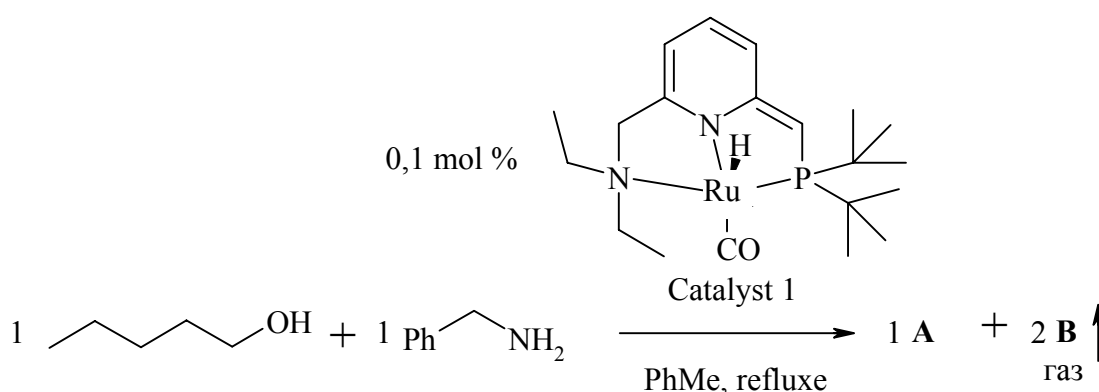
3. HSO_4^- .

4. тригональна піраміда.

5. 107.4°

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:



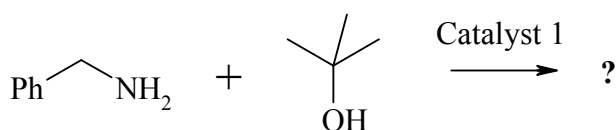
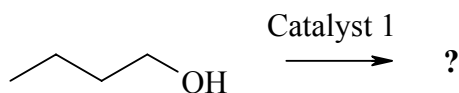
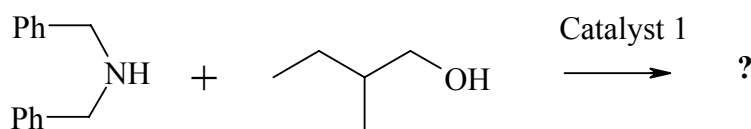
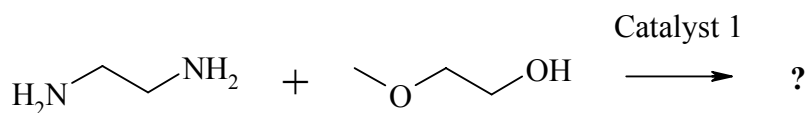
1. Встановіть сполуки А та В, якщо відомо:

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

2. Співвіднесіть наведені спектральні дані для А.

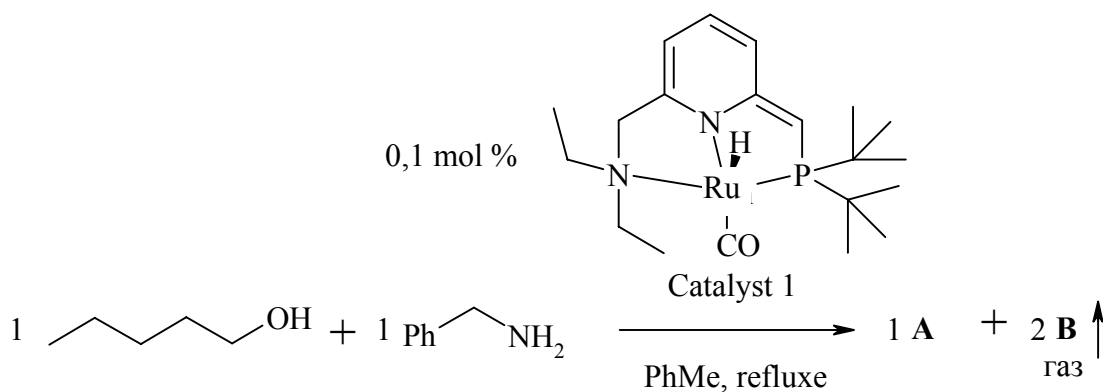
3. Наведіть можливі проміжні етапи каталітичного перетворення.

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



Задача 5. Каталитический цикл

На современном этапе развития металлокомплексного катализа все чаще открывают катализаторы, которые дают возможность проводить невозможные, на первый взгляд, превращения. Так, недавно группа химиков из Израиля опубликовала в самом престижном научном журнале («Science», 2007 год, том 317, стр. 790) сообщение об открытии нового вещества, которое катализирует следующее превращение:



1. Установите А и В, если известно:

- в масс-спектре А регистрируется пик молекулярного иона $m/z = 191$;
- в спектре ^1H ЯМР соединения А наблюдается поглощение в ароматической области с суммарной интегральной интенсивностью 5 протонов, а в алифатической области –

с суммарной интегральной интенсивностью 9 протонов и поглощение одного протона, который обменивается с дейтерированной водой;

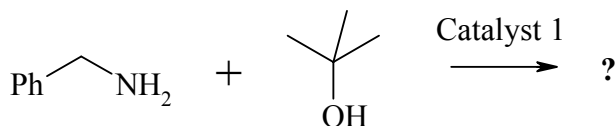
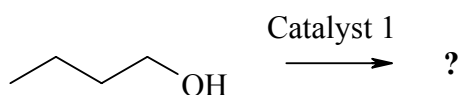
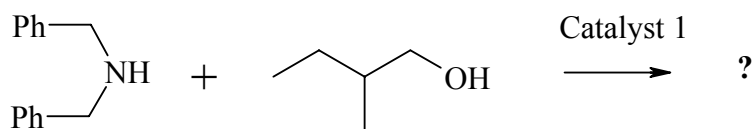
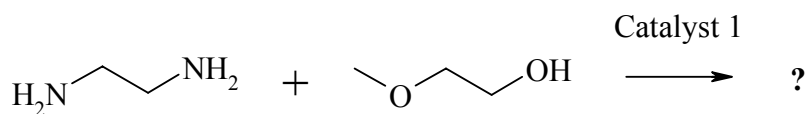
в) в ^{13}C ЯМР спектре наблюдается 10 сигналов, один из них при 172 м.ч.;

г) в ИК-спектре наблюдается интенсивная полоса поглощения при 1650 см^{-1} .

2. Соотнесите приведенные спектральные данные для А.

3. Приведите возможные промежуточные этапы каталитического превращения.

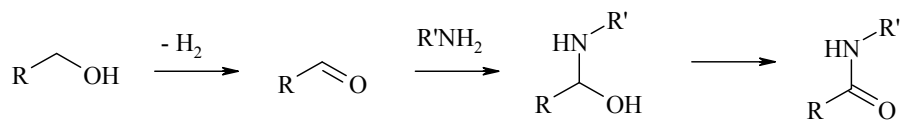
4. Происходят ли показанные ниже реакции? Если да, какие продукты образуются?



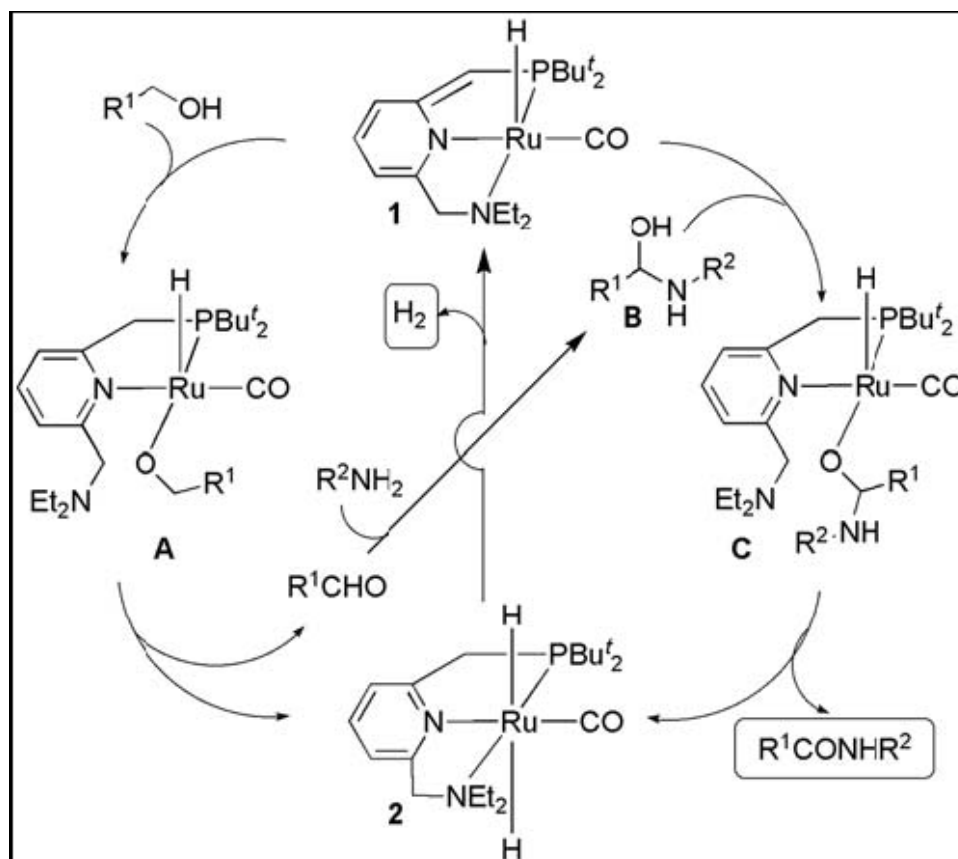
Розв'язок

1,2. Після аналізу наведених спектральних даних, можна зробити висновок, що речовина **A** має будову амідю – $\text{PhCH}_2\text{NHCO}(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$, а газ **B** – H_2 . Будова речовини **A** підтверджується наступними фактами – молекулярним іоном, наявністю «амідної» смуги поглинання у ІЧ-спектрі та сигналу амідного карбона при 172 м.ч. у спектрі ^{13}C ЯМР. Крім того, у спектрі ^1H ЯМР присутній сигнал амідного протона, який обмінюється з водою.

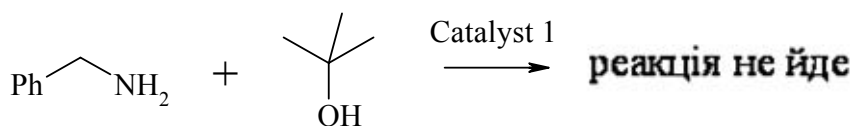
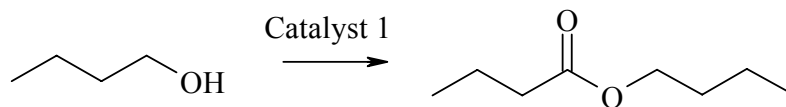
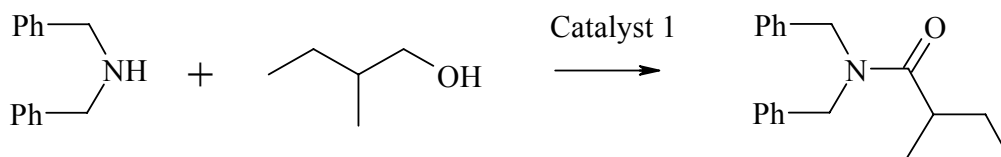
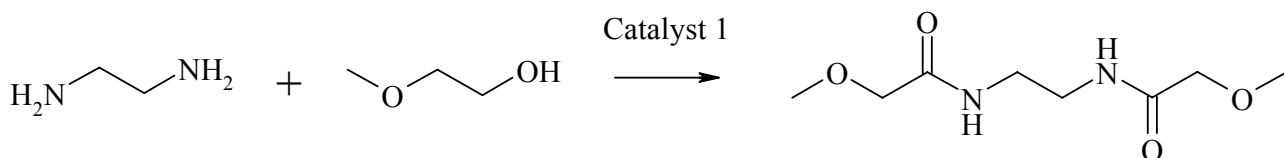
3. Виходячи з будови вихідних та кінцевих сполук можна зробити припущення, що реакція перебігає за наступною схемою: окиснення спирту до відповідного альдегіду – утворення аміналю – окиснення аміналю до кінцевого амідю:



В загальному вигляді каталітичний цикл цієї реакції є таким:



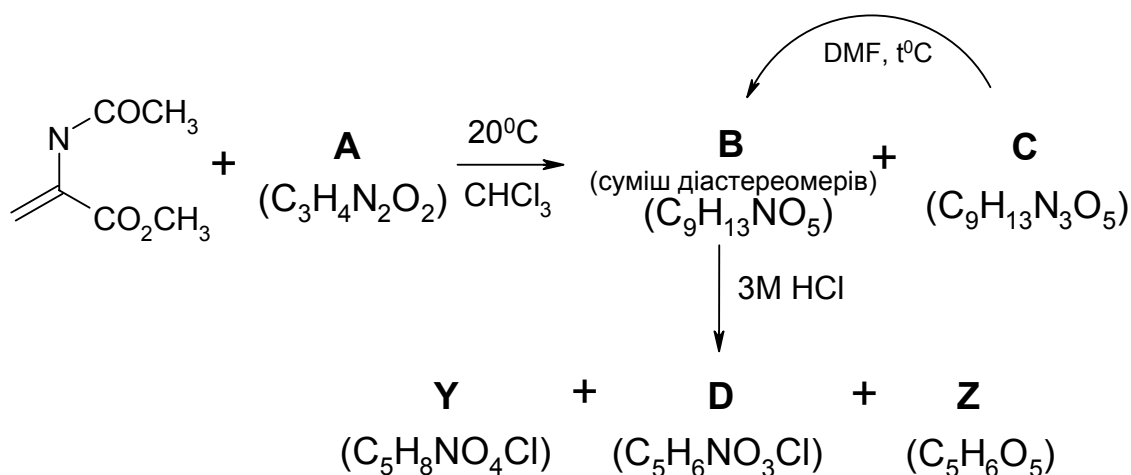
4. Грунтуючись на висновках, зроблених у відповіді на попереднє питання, можна навести продукти згаданих перетворень:



Задача 6. Біоізостери

Похідні нехіральної сполуки **X** (масові частки елементів: 13,85% N, 31,65% O) є конформаційно жорсткими біоізостерними аналогами природних α -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).



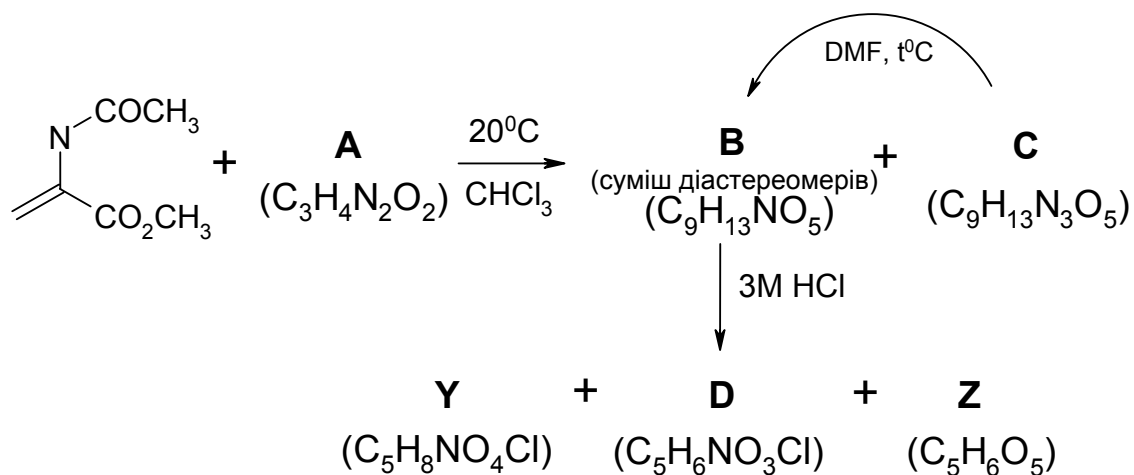
Для довідки: біоізостерні аналоги (біоізостери) – сполуки різної будови, які проявляють однотипну фізіологічну активність. Головними параметрами, приблизно однаковими для даної молекули та її біоізостеру, є “розмір молекули”, відстань між функціональними групами, а також їх кислотно-основні властивості.

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 6. Биоизостеры

Производные нехирального соединения **X** (массовые доли элементов: 13,85% N, 31,65% O) являются конформационно жесткими биоизостерными аналогами природных α -аминокислот, которые при включении в пептидную цепочку закрепляют ее пространственное строение. Благодаря этим свойствам пептиды, которые содержат остатки производных соединения **X**, используются как молекулярные зонды для изучения биохимических процессов.

Соединение **Y** (производное **X**) в свободном состоянии является очень нестойким и в растворе быстро превращается в соединение **Z**. Ниже приведен синтез соединения **Y** (в виде гидрохлорида).



Для справки: биоизостерные аналоги (биоизостеры) – соединения различного строения, которые проявляют однотипную физиологическую активность. Главными параметрами, приблизительно одинаковыми для данной молекулы и ее биоизостера, являются “размер молекулы”, расстояние между функциональными группами, а также их кислотно-основные свойства.

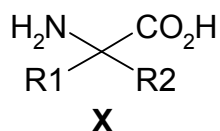
1. Определите все упомянутые в условии вещества.
2. Сколько оптических изомеров имеет соединение **B**? Приведите их строение и укажите конфигурацию хиральных центров. Какие их изомеров являются энантиомерами?
3. Из каких изомеров соединения **B** образуется вещество **D**?

4. Почему соединение **Y**, нестойкое в свободном состоянии, является стабильным в виде гидрохлорида или ацетильного производного? Приведите механизм превращения **Y** в **Z**.

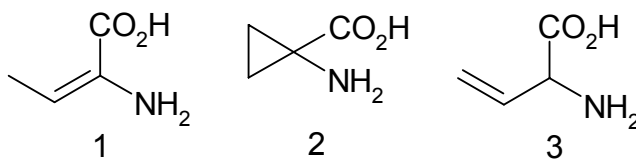
5. Уникальность соединения **Y** состоит в том, что его можно рассматривать как биоизостерный аналог сразу двух природных аминокислот. Приведите строение этих аминокислот. Какое тривиальное название они имеют?

Розв'язок

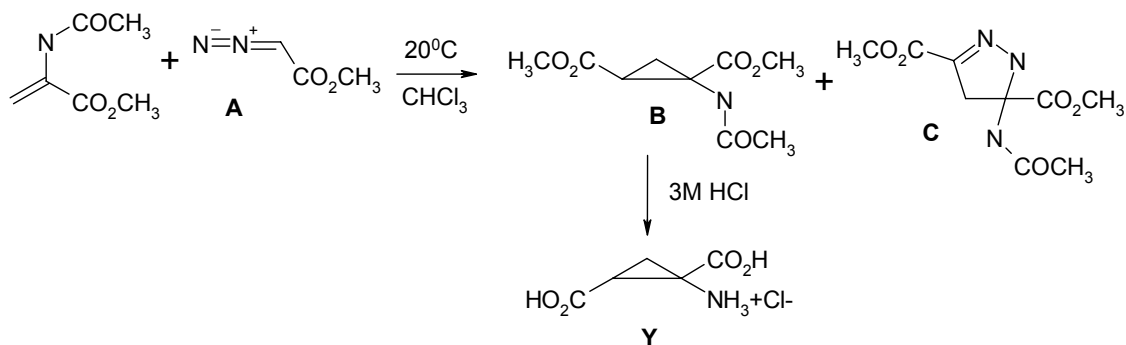
1. Нехай сполука **X** має формулу $C_aH_bN_cO_d$, $c : d = 1 : 2$. Якщо **X** містить один атом нітрогену, то $M(X) = 101$ (г/моль). Оскільки **X** є біоізостером α -амінокислот, тоді вона має будову



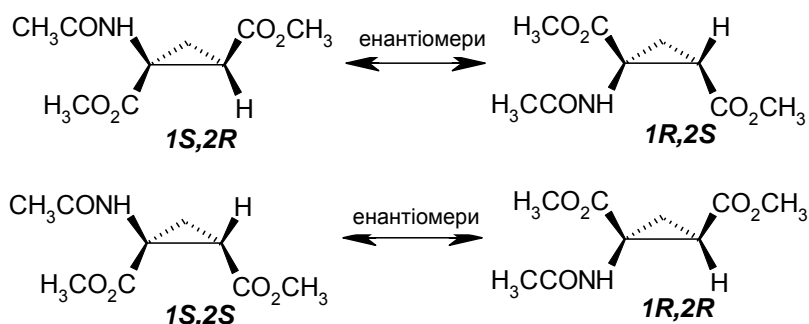
$M(R1+R2) = 101 - 45 - 16 - 12 = 28$ г/моль. Можливі структури сполуки **X**:



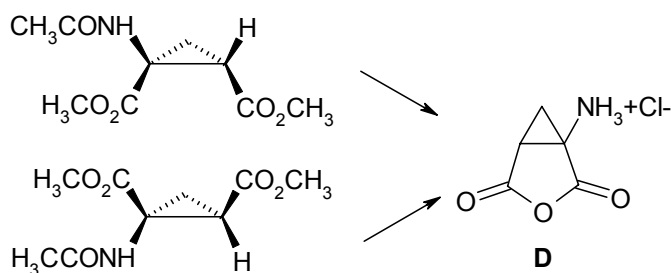
Окрім того, що сполука 1 нестійка, ще й аміногрупу в цій кислоті за основністю не можна порівнювати з α - NH_2 групою в амінокислотах. Сполука 3 хіральна. Тобто сполука **X** – α -аміноциклопропанкарбонова кислота. Звідси випливає, що сполука **Y** теж повинна мати циклопропанове кільце. Враховуючи, що **Y** – гідрохлорид, а також те, що він утворюється в результаті кислотного гідролізу, робимо висновок, що **Y** – α -аміноциклопропандикарбонова кислота. Розглянувши бруто-формули сполук **B** та **C**, легко побачити, що **C** є продуктом приєднання сполуки **A** до відповідного ацетиленаміна, а **B** – те ж саме, тільки без молекули азоту. Тобто ми маємо справу з синтезом циклопропанів через карбени, які генеруються з діазосполук. Звідси **A** – метилдіазацетат, з якого легко генерується відповідний карбен. Сполука **C** – циклічний продукт 1,3-приєднання сполуки **A**.



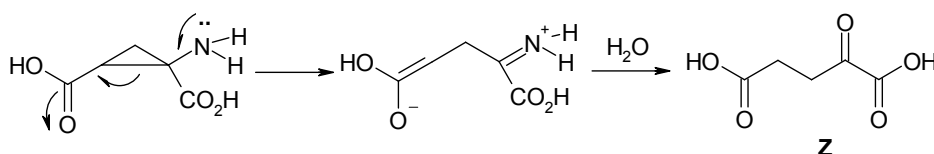
2. Сполука **B** має 2 асиметричних атоми вуглецю, тобто загальна кількість оптичних ізомерів 4:



3. Враховуючи, що сполука **D** – гідрохлорид, а бруто-формула **D** відрізняється від **Y** на молекулу води, то єдине рішення для **D** – біциклічний ангідрид відповідної 1,4-дикарбонової кислоти, який за стеричних умов може утворюватися лише з ізомерів, в яких COOCH_3 -групи знаходяться у цис-положенні – **1S,2S** та **1R,2R**:

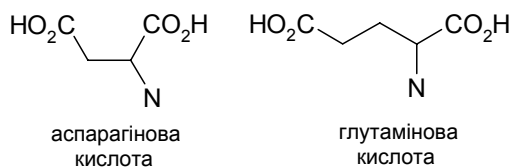


4. Сполука **Y** перетворюється на сполуку **Z** за так званим “доміно”-механізмом.



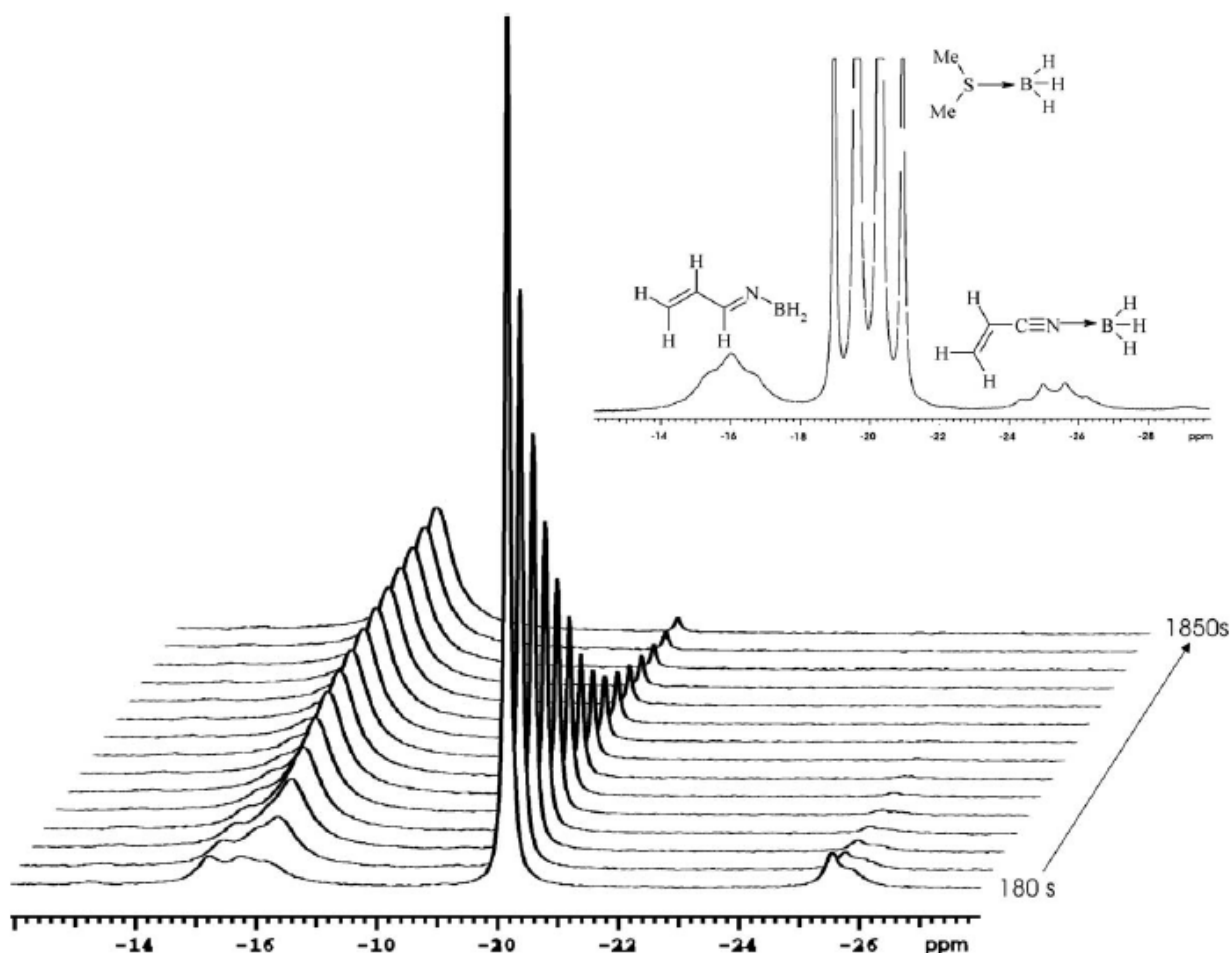
Якщо неподілена електронна пара азоту блокована (гідрохлорид) або знаходиться в супряженні (ацетильна похідна), то таке перетворення є неможливим.

5. Сполука Y є біоізомером аспарагінової кислоти та однієї з конформацій глютамінової кислоти:

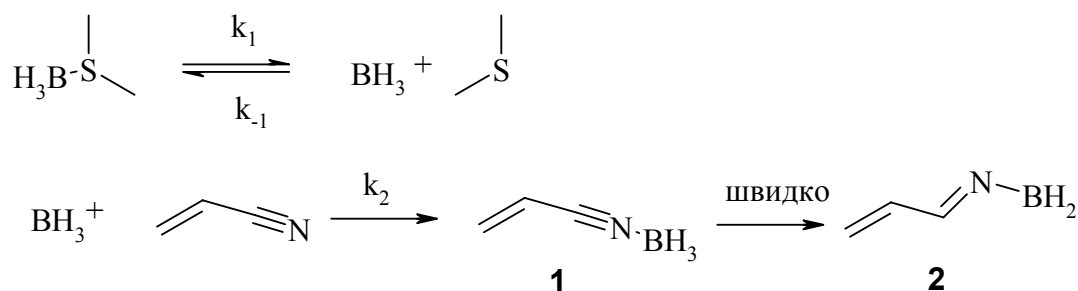


Задача 7. ЯМР у розв'язанні кінетичних задач

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}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

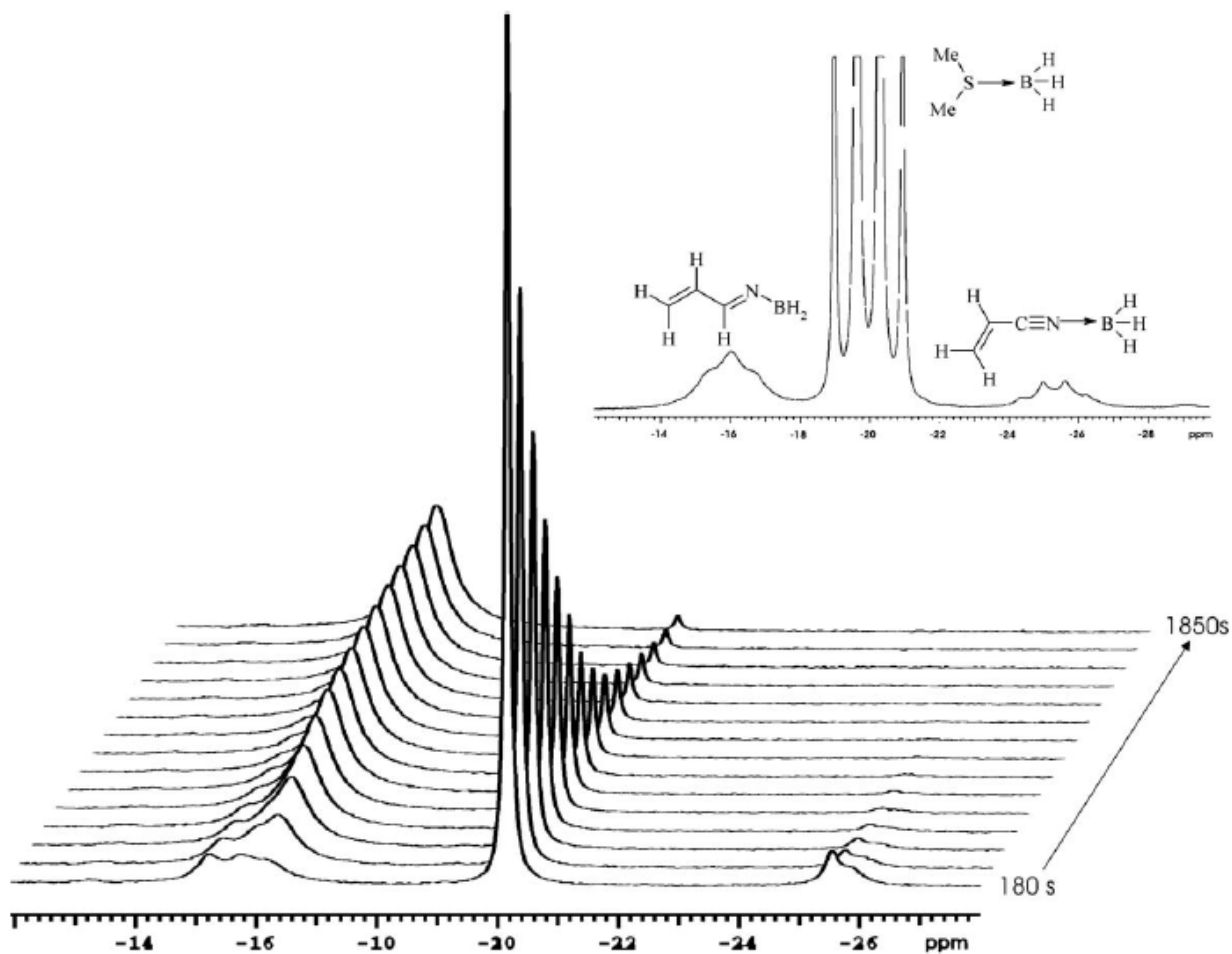
2. Встановіть порядок реакції за $\text{BH}_3 \cdot \text{SMe}_2$. Розрахуйте експериментальну константу (k_{exp}) швидкості реакції.

3. Використовуючи метод стаціонарних концентрацій (концентрацію BH_3 вважати стаціонарною), покажіть, як виражається k_{exp} через константи k_1 , k_{-1} , k_2 . Покажіть, за яких умов k_{exp} є прямо пропорційною концентрації акрилонітрилу.

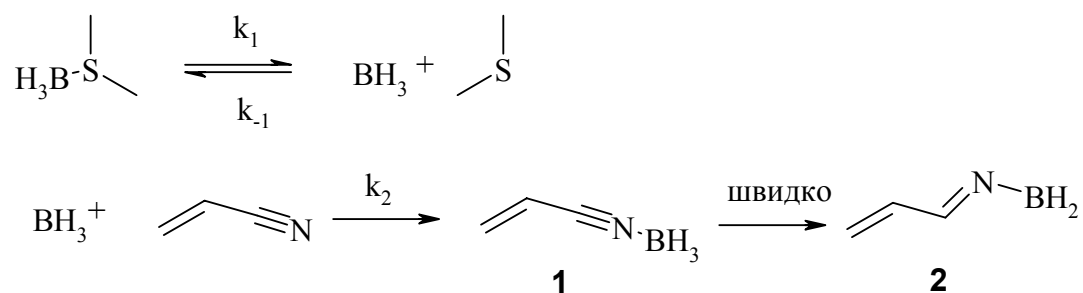
Задача 7. ЯМР в рещенні кинетических задач

Сейчас уже наверняка можно сказать, что среди современных направлений химических исследований практически не осталось таких, где бы активно не применялся ядерный магнитный резонанс. Ниже приводится пример использования ЯМР на ядрах ^{11}B для изучения кинетических особенностей протекания реакции восстановления акрилонитрила комплексом $\text{BH}_3 \cdot \text{SMe}_2$ в условиях значительного избытка акрилонитрила (литература: *Polyhedron*, **2006**, с. 2730-2736). На протяжении

експеримента через определенные промежутки времени измеряли спектры реакционной смеси (см. рис.).



На основании полученных результатов был предложен следующий механизм:



Согласно этому механизму, промежуточным продуктом является комплекс **1** (его образование является лимитирующей стадией), который быстро превращается в иминоборан **2**.

1. Объясните мультиплетность наблюдаемых пиков: квартеты для $\text{BH}_3 \cdot \text{SMe}_2$ и **1**, и триплет для **2**.

Интегрированием пиков, которые соответствуют исходному комплексу $\text{BH}_3 \cdot \text{SMe}_2$, были получены приведенные в таблице данные (начальная концентрация $\text{BH}_3 \cdot \text{SMe}_2$ 160 ммоль/л).

Время (с)	0	180	300	410	650	750	800	880	1120	1400	1580	1850
Относительная интегральная площадь сигналов $\text{BH}_3 \cdot \text{SMe}_2$ (%)	100	79	63	53	45	37	30	25	19	15	11	9

2. Установите порядок реакции по $\text{BH}_3 \cdot \text{SMe}_2$. Рассчитайте экспериментальную константу (k_{exp}) скорости реакции.

3. Используя метод стационарных концентраций (концентрацию BH_3 считать стационарной), рассчитайте, как выражается k_{exp} через константы k_1 , k_{-1} , k_2 . Покажите, при каких условиях k_{exp} прямо пропорциональна концентрации акрилонитрила.

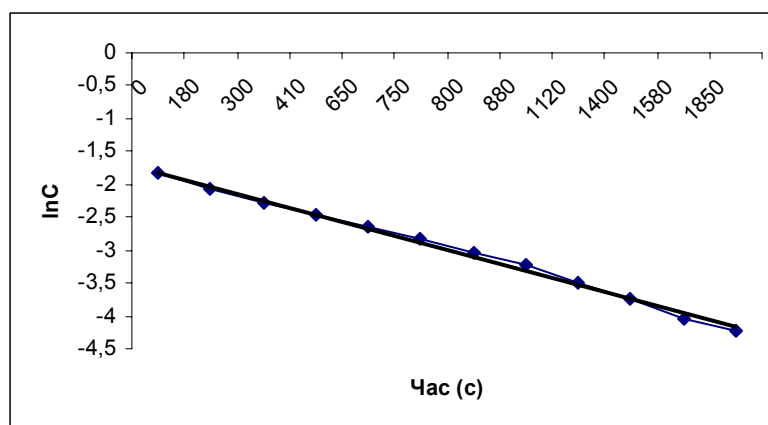
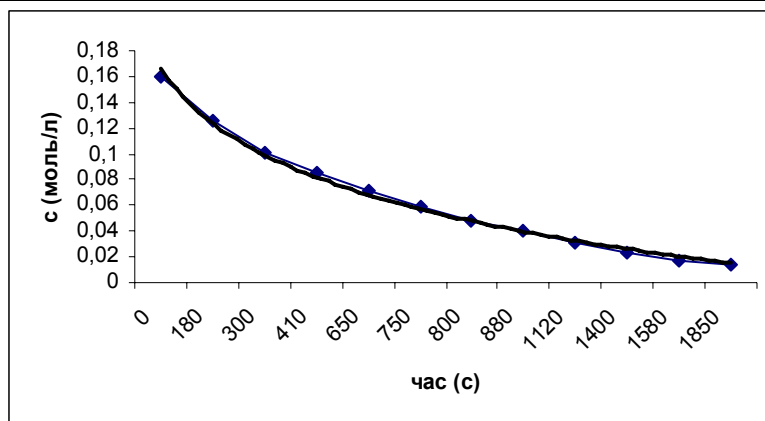
Розв'язок

1. Мультиплетність сигналів визначається залежністю $x = n+1$, де n – кількість приєднаних протонів. Отже, для трьох приєднаних протонів $x = 4$ (квартет для $\text{BH}_3 \cdot \text{SMe}_2$ та **1**), для двох приєднаних протонів $x = 3$ (триплет для **2**).

2. За характером зміни піків, яка аналогічна логарифмічній залежності, можна зробити *припущення*, що як за $\text{BH}_3 \cdot \text{SMe}_2$ так і за імінобораном **2** має перший порядок.

За даними таблиці розраховуємо концентрації $\text{BH}_3 \cdot \text{SMe}_2$ та їх логарифми, беручи до уваги те, що початкова концентрація $\text{BH}_3 \cdot \text{SMe}_2$ складає 0.16 моль/л.

Час, с	Відносна інтегральна площа сигналів $\text{BH}_3 \cdot \text{SMe}_2$ (%)	Концентрація $\text{BH}_3 \cdot \text{SMe}_2$, моль/л	$\ln C$
0	100	0,16	-1,83258
180	79	0,1264	-2,0683
300	63	0,1008	-2,29462
410	53	0,0848	-2,46746
650	45	0,072	-2,63109
750	37	0,0592	-2,82683
800	30	0,048	-3,03655
880	25	0,04	-3,21888
1120	19	0,0304	-3,49331
1400	15	0,024	-3,7297
1580	11	0,0176	-4,03986
1850	9	0,0144	-4,24053



З побудованих графіків очевидно, що реакція має перший порядок. Константа швидкості визначається за тангенсом кута нахилу прямої (другий графік):

$$k_{exp} = \Delta \ln C / \Delta t \approx 1.3 \cdot 10^{-3} \text{ с.}$$

3. Швидкість безпосередньої взаємодії ВН_3 з акрилонітрилом описується рівнянням:

$$V = k_2 C_{\text{ВН}_3} C_{\text{акрилонітрил}} \quad (1)$$

За умови стаціонарності концентрації ВН_3 :

$$dC_{\text{ВН}_3} / dt = k_1 C_{\text{ВН}_3 \cdot \text{SMe}_2} - k_{-1} C_{\text{ВН}_3} C_{\text{Me}_2\text{S}} - k_2 C_{\text{ВН}_3} C_{\text{акрилонітрил}} = 0. \quad (2)$$

Звідси

$$C_{\text{ВН}_3} = k_1 C_{\text{ВН}_3 \cdot \text{SMe}_2} / (k_{-1} C_{\text{Me}_2\text{S}} + k_2 C_{\text{акрилонітрил}}) \quad (3)$$

З (1) та (3) маємо:

$$V = k_1 k_2 C_{\text{акрилонітрил}} C_{\text{ВН}_3 \cdot \text{SMe}_2} / (k_{-1} C_{\text{Me}_2\text{S}} + k_2 C_{\text{акрилонітрил}}) = k_{exp} C_{\text{ВН}_3 \cdot \text{SMe}_2}.$$

Таким чином,

$$k_{exp} = k_1 k_2 C_{\text{акрилонітрил}} / (k_{-1} C_{\text{Me}_2\text{S}} + k_2 C_{\text{акрилонітрил}}). \quad (4)$$

Лінійна залежність між k_{exp} та $C_{\text{акрилонітрил}}$ спостерігатиметься за умов $k_{-1} C_{\text{Me}_2\text{S}} \gg k_2 C_{\text{акрилонітрил}}$, тобто при великому надлишку Me_2S в реакційній суміші.

Тоді

$$k_{exp} = k_1 k_2 C_{\text{акрилонітрил}} / k_{-1} C_{\text{Me}_2\text{S}}. \quad (5)$$

Програма IV етапу Всеукраїнської олімпіади з хімії

Редакція 2008 року

IV етап Всеукраїнської олімпіади з хімії включає два теоретичних та експериментальний тури. Нижче наведено питання, у відповідності з якими готуються комплекти завдань IV етапу олімпіад з хімії. Завдання, що відповідають розділам, включеним до програми для молодших класів, можуть входити до комплекту задач і для старших класів. Знайомство з переліком питань сприятиме самостійному навчанню майбутніх учасників олімпіад і допоможе вчителю належним чином організувати позакласні заняття.

Загальна та неорганічна хімія

8 клас

1. Фізичні й хімічні процеси. Класифікація речовин. Прості і складні речовини. Гетерогенні й гомогенні суміші, розчини. Тверді розчини, стопи, інтерметаліди, амальгами. Рідкі розчини. Способи розділення сумішей (седиментація флотація, просіювання, екстракція, магнітна сепарація, декантація, центрифугування, дистиляція, фільтрування, сорбція, хроматографія). Кількісний склад сумішей (масові, молярні, об'ємні частки).

2. Будова атома. Субатомні частинки. Типи радіоактивного випромінювання. Нукліди. Ядерні реакції. Дефект маси.

3. Іони. Ступінь окиснення. Окисники, відновники. Написання рівнянь окисно-відновних реакцій.

4. Уявлення про електронну та просторову будову молекул.

5. Кількість речовини. Розрахунки з використанням сталої Авогадро. Масові частки елементів у сполуках. Визначення хімічної формули речовини за даними про його кількісний елементний склад. Розрахунки за рівняннями хімічних реакцій. Розрахунки за рівняннями реакцій, якщо реагенти містять домішки. Розрахунки за рівняннями паралельних реакцій. Розрахунки за рівняннями послідовних реакцій.

6. Молярний об'єм ідеального газу. Закон Дальтона. Закон об'ємних відношень, закон Гей-Люссака, рівняння Менделєєва-Клапейрона. Розрахунки складу газових сумішей, в яких відбуваються хімічні реакції.

7. Термохімія. Закон Гесса. Теплоти утворення та горіння речовин, наслідки із закону Гесса. Розрахунки за термохімічними рівняннями. Тепловий ефект розчинення.

8. Розчини. Способи вираження концентрації розчину. Змішування розчинів. Розчинність газів та твердих речовин. Закон Генрі. Дисоціація солей, кислот, основ у водних розчинах. Іонні реакції у розчинах.

9. Основні класи неорганічних сполук та генетичний зв'язок між ними. Уявлення про координаційні сполуки, кристалогідрати.

10. Хімія елементів першого, другого та третього періодів. Хімія гідрогену, карбону, нітрогену, кисню, лужних та лужноземельних металів, галогенів, халькогенів, типових представників перехідних елементів.

11. Хімічний посуд. Основні операції хімічного синтезу та аналізу.

12. Основи аналітичної хімії. Гравіметрія. Якісний аналіз катіонів і аніонів у розчинах.

Загальна, неорганічна, фізична та аналітична хімія**9 клас**

1. Періодичний закон і Періодична система елементів Д.І. Менделєєва. Залежність властивостей елементів від їх розташування в періодичній таблиці. Залежність властивостей елементів від електронної будови атомів. Розміри атомів та іонів. Енергії іонізації, спорідненість до електрона, електронегативність. Взаємодія світла з речовиною.

2. Хімічний зв'язок, його характеристики Ковалентний та іонний типи зв'язку. Гібридизація. Геометрична будова молекул та іонів. Модель Гіллеспі. Будова речовини у конденсованому стані.

3. Теорія електролітичної дисоціації. Ступінь дисоціації. Слабкі та сильні електроліти. рН розчину. Гідроліз. Комплексоутворення у розчинах. Розрахунки іонних рівноваг у розчинах. Теорії кислот та основ Бренстеда-Лоурі та Льюїса. Електроліз.

4. Молярна маса еквівалента. Розрахунки із застосуванням закону еквівалентних відношень.

5. Хімія металів. Хімія неметалів.

6. Принципи функціонування хімічних виробництв. Масштабність виробництва. Екологічні проблеми хімічних виробництв. Хімічна та металургійна промисловість. Виробництво сірчаної, фосфорної, азотної кислот, лугів, содових продуктів, металів, добрив.

7. Об'ємний аналіз.

10-11 класи

1. Теорія хімічного зв'язку. Іонний та ковалентний зв'язки. Основи квантово-хімічного опису хімічного зв'язку. Резонанс та резонансні структури. Делокалізація електронів, молекулярні орбіталі, хімічний зв'язок у полієнах та ароматичних сполуках. Електронна й просторова будова та властивості координаційних сполук. Класифікація, номенклатура, ізомерія, забарвлення й магнітні властивості комплексів. Використання методів ВС та МО для опису електронної будови.

2. Основи термодинаміки. Система та її стани. Термодинамічні компоненти системи. Внутрішня енергія системи. Тепло та робота. Ентальпія, ентропія, енергія Гіббса. Оборотні (рівноважні) та необоротні (нерівноважні, спонтанні) процеси. Ізохорний, ізотермічний, ізобарний, адіабатичний, ізоентальпійний, ізоенергетичний процеси. Критерії самочинного перебігу спонтанних процесів. Термодинаміка фазових переходів. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса. Фазові діаграми стану. Правило фаз Гіббса, умови рівноваги між фазами. Константа рівноваги та способи її вираження: через парціальні тиски (K_p), через концентрації (K_c), через мольні частки (K_x). Стандартна константа рівноваги (K^0). Розрахунки рівноважного складу. Методи визначення молекулярних мас: кріоскопія, ебуліоскопія, осмометрія, ефузія.

3. Електрохімія. Гальванічні елементи, термодинамічні параметри хімічної реакції, що відбувається в гальванічному елементі. Класифікація електродів (I та II роду, газові, окисно-відновні) та електрохімічних кіл (хімічні, концентраційні). За-

лежність електрорушійної сили та потенціалів електродів від концентрації (активності) потенціаловизначаючих іонів, рівняння Нернста. Закони електролізу.

4. Основи хімічної кінетики. Механізм реакції, прості та складні реакції. Швидкість реакції, кінетичні криві, кінетичні рівняння. Порядок реакції та методи його визначення. Константа швидкості реакції, період напівперетворення. Молекулярність елементарних реакцій та її зв'язок із порядком реакції. Інтегрування кінетичних рівнянь для реакцій різних порядків. Складні реакції. Паралельні реакції. Послідовні реакції. Метод стаціонарного стану. Оборотної реакції. Теорія Арреніуса. Залежність константи швидкості від температури, енергія активації. Розрахунки енергії активації. Теорія перехідного стану. Основи гомогенного й гетерогенного каталізу.

Кінетичні схеми і механізми ферментативних реакцій. Багатосубстратні реакції. Вплив температури і рН на швидкість ферментативної реакції. Індуктори й інгібітори; інактивація ферментів. Використання ферментативних реакцій у біотехнології. Основні біотехнологічні виробництва. Промислове використання іммобілізованих ферментів.

5. Обчислення рН буферних розчинів. Електрохімічні методи аналізу: потенціометрія, кондуктометрія, амперметрія. Оптичні методи аналізу. Принципи хроматографії органічних сполук. Типи носіїв у хроматографії. Тонкошарова хроматографія.

6. Інфрачервона спектроскопія, інтерпретація ІЧ-спектрів з використанням таблиць частот груп. Спектроскопія магнітного резонансу: поняття про ЕПР-спектри; ЯМР-спектроскопія: причини виникнення сигналу, інтенсивність та хімічний зсув, тонка структура ЯМР-спектрів; спин-спінова взаємодія (константи спин-спінової взаємодії та мультиплетність сигналу). Мас-спектрометрія. Магнетизм.

Органічна хімія

10 клас

1. Будова органічних сполук. Основні типи зв'язків в органічних сполуках; σ - та π -зв'язки. Взаємодія валентних електронів (кон'югація). Полярність зв'язків. Індуктивний та мезомерний взаємний вплив атомів та груп атомів у молекулах органічних сполук.

2. Ізомерія. Типи ізомерії органічних сполук. Поняття про конфігурацію та конформацію. Хіральність. Типи хіральності органічних сполук. Енантіомери й діастереомери. Поняття про оптичну активність органічних сполук. Номенклатура органічних сполук, в тому числі *цис-*, *транс-* та оптичних ізомерів (*R,S*-номенклатура).

3. Вуглеводні. Насичені вуглеводні (алкани). Гомологічний ряд та ізомерія алканів. Властивості алканів. Поняття про вільні радикали. Добування та застосування алканів. Циклоалкани. Стереохімія циклоалканів C_3 - C_7 . Поліциклічні насичені вуглеводні – декалін і адамантан, їх стереохімія та хімічні властивості. Ненасичені вуглеводні. Етилен та його гомологи (алкени). Фізичні та хімічні властивості, електронна будова етиленових вуглеводнів. Утворення та стабільність карбокатионів. Дієнові вуглеводні та полієни. Бутадієн, ізопрен, аллен. Взаємодія електронів π -зв'язків у дієнах (кон'югація), зміщення електронної густини в кон'югованих системах атомів, вплив на хімічні властивості дієнів. 1,2- та 1,4-

приєднання електрофілів. Ацетилен та його гомологи (алкіни). Електронна будова і хімічні властивості алкінів. Ароматичні вуглеводні (арени). Бензол та його гомологи. Поняття ароматичності та антиароматичності. Небензоїдні ароматичні системи. Номенклатура ароматичних вуглеводнів. Хімічні властивості аренів. Добування та застосування ароматичних вуглеводнів. Взаємоперетворення насичених, ненасичених та ароматичних вуглеводнів.

4. Галогенопохідні вуглеводнів. Будова галогенопохідних вуглеводнів; полярність зв'язку карбон-галоген. Добування, хімічні властивості галогенопохідних вуглеводнів. Нуклеофільне заміщення при sp^3 -гібридизованому атомі карбону. Застосування галогенопохідних вуглеводнів у побуті та в органічних синтезах. Отримання та застосування металоорганічних сполук.

5. Механізми органічних реакцій. Реакції заміщення. Нуклеофільне заміщення біля насиченого атома вуглецю. Механізми S_N1 та S_N2 . Механізми нуклеофільного заміщення в ароматичних сполуках. Електрофільне заміщення в ароматичних сполуках. Механізми реакцій приєднання. Електрофільне приєднання до кратного зв'язку. Електрофільне приєднання до спряжених дієнів. Механізм нуклеофільного приєднання до кратного зв'язку.

Радикали та їх реакції. Методи утворення вільних радикалів. Просторова будова й стабільність радикалів. Приклади реакцій. Реакції, що контролюються симетрією. Реакції циклоприєднання. Реакція Дільса-Альдера. Реакції 1,3-біполярного приєднання. Сигматропні перегрупування.

6. Високомолекулярні сполуки (полімери). Поняття мономера та полімеру. Елементарна ланка полімеру. Добування полімерів методом полімеризації.

Органічна хімія та біохімія

11 клас

5. Спирти та феноли. Гомологічний ряд і номенклатура спиртів. Водневі зв'язки у спиртах. Синтез, хімічні властивості й застосування спиртів. Багатоатомні спирти. Етери, їх отримання. Феноли. Взаємний вплив атомів у молекулі фенолу і пов'язані з цим його хімічні властивості. Кислотність фенолів. Добування фенолів. Поширення в природі спиртів та фенолів.

6. Альдегіди та кетони. Поширеність альдегідів та кетонів у природі. Номенклатура альдегідів та кетонів, будова їх молекул. Хімічні властивості альдегідів та кетонів. Синтез і застосування альдегідів і кетонів.

7. Карбонові кислоти та їх похідні. Номенклатура карбонових кислот, будова їх молекул; карбоксильна група. Хімічні властивості карбонових кислот. Мурашина, оцтова, стеаринова, бензойна, щавлева, янтарна та лимонна кислоти. Синтез і застосування карбонових кислот. Аспірин. Похідні карбонових кислот: ангідриди, хлорангідриди, естери та аміді, їх отримання і хімічні властивості. Солі карбонових кислот. Поняття про поверхнево активні речовини. Міцели. Мила та мийні засоби.

8. Нітрогеномісні органічні сполуки. Аміни, поширеність у природі, номенклатура. Будова молекул амінів. Метиламін, триетиламін та анілін. Хімічні властивості амінів: реакції з кислотами (зіставлення з аміаком) та ангідридами кислот, галогеналканами. Четвертинні амонійні солі. Синтез та застосування амінів.

Нітроалкани та нітроарени, їх хімічні властивості та застосування. Оксими, гідрозони, нітрили, гідроксамові кислоти, азиди та гідразиди.

9. Сульфуровмісні органічні сполуки. Тіоли і меркаптани, їх хімічні властивості й добування. Алкіл- і арилсульфокислоти та їх естери. Хімічні властивості й добування.

10. Гетероциклічні сполуки. Поширеність гетероциклічних сполук у природі, їх застосування. Ароматичні п'яти- та шестичленні гетероцикли з одним гетероатомом. Їх синтез та хімічні властивості. Порівняння їх електронної будови і хімічних властивостей з бензолом.

11. Макроцикли: порфірини, краун-етери, криптанди, карцеранди, каліксарени, катенани, ротоксани тощо. Принципи темплатного синтезу.

12. Синтетичні та природні барвники, їх основні класи та застосування. Індиго, метилоранж, флуоресцеїн, флавоноли й халкони. Ціанінові барвники. Принципи залежності кольору органічної сполуки від її будови.

13. Ціанетилування. Реакція Міхаеля. Реакції по карбонільній групі. Приклади приєднання до карбонільної групи спиртів, тіолів, ціановодню, HSO_3 , гідрид-іону. Реакція Мейервейна-Понндорфа. Реакція Канніцаро. Ацилоїнова конденсація. Приклади реакцій приєднання-відщеплення. Реакції з похідними аміаку. Гідроліз естерів. Приєднання нуклеофілів із вуглецевим центром. Взаємодія з металоорганічними сполуками. Приєднання ацетилід-іонів. Альдольна конденсація. Приєднання нітроалканів. Реакція Перкіна. Реакція Кневенагеля та Штоббе. Естерна конденсація Клайзена. Бензоїнова конденсація. Бензилове перегрупування. Реакція Віттіга. Стереоселективність реакцій приєднання до карбонільної групи. Реакції елімінації та їх механізми. Стереохімія процесів елімінації. Правила Зайцева та Гофмана. Стабільність, структура й перегрупування карбокатионів. Секстетні перегрупування. Реакції карбаніонів. Таутомерні перетворення. Реакції приєднання та елімінації: карбоксилювання і декарбоксилювання. Приклади реакцій заміщення: дейтеро-водневий обмін, реакція Раймера-Тімана. Реакції окиснення.

14. Основні класи природних органічних сполук. Амінокислоти, пептиди, білки, склад їх молекул. Структура 20-ти природних амінокислот. Поширеність у природі. Хроматографія та електрофорез амінокислот. Взаємозв'язок будови молекул із фізичними властивостями. Хімічні властивості амінокислот. Синтез L-амінокислот та пептидів. Аналіз амінокислотної послідовності в пептидах. Структурні рівні організації білкових молекул. Денатурація і ренатурація білків. Методи виділення білків. Метаболізм білків. Чотири шляхи перетворення амінокислот у живих організмах. Практичне застосування амінокислот, пептидів та білків. Аспартам. Желатин. Ферменти, їх склад і механізм дії. Кінетика ферментативних реакцій. Роль АТФ у механізмах дії ферментів.

Вуглеводи. Поширеність у природі та застосування. Основні принципи процесу фотосинтезу вуглеводів, стадії темнова та світлова. Шляхи перетворення вуглеводів в організмі до молочної кислоти та етанолу. АТФ-баланс. Моносахариди, олігосахариди, полісахариди. α -D- і β -D-Глюкопіранози. Фруктоза. Три типи проєкцій моносахаридів: Фішера, Хеурта і сучасний тип. Дисахариди: мальтоза, целобіоза, лактоза й сахароза, склад їх молекул. Крохмаль і целюлоза.

Нуклеїнові кислоти. ДНК, РНК та їх складові. Рибоза та дезоксирибоза. Піримідинові та пуринові основи. Компліментарність основ і будова молекули ДНК.

Будова й склад хромосоми. Реплікація ДНК, транскрипція генів, механізм синтезу білка. Мутації генів. Генна інженерія.

Жири та ліпіди. Тригліцериди, фосфоліпіди, гліколіпіди. Гліцеро- та сфінголіпіди. Хімічний синтез і біосинтез ліпідів. Метаболізм ліпідів. Ліпосоми й ліпопротеїни. Будова клітинної мембрани. Транспорт речовин через мембрану.

Вітаміни А-Е, Р та їх роль у життєдіяльності організмів. Стероїди: статеві гормони, жовчні кислоти, преднізолон. Терпени: камфора, ментол, валідол. Складові парфум. Антибіотики: пеніциліни, тетрацикліни. Алкалоїди груп хініну, кофеїну та нікотину. Їх практичне використання. Простагландини і їх практичне значення. Інсектициди та гербіциди. Репеленти й аттрактанти. Регулятори росту рослин.

15. Високомолекулярні сполуки. Природні та штучні полімери. Полімеризація і поліконденсація – основні методи отримання полімерів. Регулярні та нерегулярні полімери. Типові представники полімерів різних класів. Синтетичні волокна. Синтетичні, природні та штучні полімери. Проблеми утилізації відпрацьованих полімерних матеріалів та відходів.

16. Промислове виробництво органічних сполук. Природні джерела органічної сировини. Нафта, її склад, переробка та застосування нафтопродуктів. Процеси переробки нафтопродуктів: перегонка, крекінг та риформінг. Паливно-мастильні матеріали. Природний та супутній нафтовий газ, їх склад, переробка та застосування продуктів переробки. Синтез-газ. Вугілля та його хімічне використання. Кокс.

Рослинна сировина в хімічних виробництвах. Біотехнології у виробництві хімічних сполук. Біосинтези етанолу, сахарози, фруктози та пеніциліну.

Вибрана література для підготовки до IV етапу Всеукраїнської олімпіади з хімії

Підручники і навчальні посібники

8–9 класи

1. Ахметов Н.С. Неорганическая химия. – М.: Высшая школа, 1998.
2. Браун Т., Лемей Г. Химия в центре наук. – М.: Мир, 1983.
3. Крестов Г.А., Березин Б.Д. Основные понятия современной химии. – Л.: Химия, 1986.
4. Некрасов Б.В. Основы общей химии. В 2 т. – М.: Химия, 1973.
5. Попель П.П. Складання рівнянь хімічних реакцій. – К.: Рута, 2000.
6. Реми Г. Курс неорганической химии. В 2 т. – М.: Мир, 1972.
7. Угай Я.А. Общая и неорганическая химия. – М.: Высшая школа, 1997.
8. Фиалков Ю.Я. Не только в воде. – Л.: Химия, 1976.
9. Холин Ю.В., Слета Л.А. Репетитор по химии: Для школьников и абитуриентов. – Харьков: Фолио, 1998.

10–11 класи

1. Барнард А. Теоретические основы неорганической химии. – М.: Мир, 1968.
2. Грей Г. Электроны и химическая связь. – М.: Мир, 1967.
3. Даниэльс Ф., Олберти Р. Физическая химия. – М.: Мир, 1978.

4. Драго Р. Физические методы в химии. В 2 т. – М.: Мир, 1981.
5. Еремін В.В. Теоретическая и математическая химия для школьников. – М.: МЦНМО, 2007.
6. Жданов В.П. Скорость химической реакции. – Новосибирск: Наука, 1986.
7. Иванов В.В., Слета Л.А. Квантовая химия. – Харьков: Фолио, 2007.
8. Ингольд К. Теоретические основы органической химии. – М.: Мир, 1973.
9. Ковтуненко В.О. Загальна стереохімія. – Київ: Невтес, 2001,
10. Кузьменко Н.Е., Попков В.А., Еремін В.В. Химия. Для школьников старших классов и поступающих в вузы. В помощь абитуриенту. – М.: Дрофа, 2002.
11. Кэмпбелл Дж. Современная общая химия. В 3 т. – М.: Мир, 1975.
12. Ластухін Ю.О., Воронов С.А. Органічна хімія. – Львів: Центр Європи, 2001.
13. Ленинджер А. Биохимия. – М.: Мир, 1985.
14. Марч Д. Органическая химия. В 4-х т. Т. 1-3. – М.: Химия, 1987.
15. Нейланд О.Я. Органическая химия. – М.: Высшая школа, 1990.
16. Овчинников Ю.А. Биоорганическая химия. – М.: Просвещение, 1987.
17. Пивоваренко В.Г. Основи біоорганічної хімії. Підручник для 11 класу загальноосвітньої школи з поглибленим вивченням хімії. – К.: Освіта, 1998.
18. Потапов В.М. Стереохимия. – М.: Химия, 1988.
19. Робертс Дж., Касерио М. Основы органической химии. В 2 т. – М.: Мир, 1978.
20. Сайкс П. Механизмы реакций в органической химии. – М.: Химия, 1991.
21. Скуг Д., Уэст Д. Основы аналитической химии. В 2-х томах. – М.: Мир, 1979.
22. Страйер Л. Биохимия. В 3-х томах. Т. 1. – М.: Мир, 1985.
23. Ферми Э. Термодинамика. – Харьков: Изд-во Харьковского ун-та, 1973.
24. Физическая химия. В 2 кн.: Учебное пособие для вузов / К.С. Краснов, Н.К. Воробьев, И.Н. Годнев и др. – М.: Высшая школа, 1995.
25. Эшплквист Д., Де Пьюи Ч., Райнхарт К. Введение в органическую химию. – М.: Мир, 1985.
26. Яцимирський В.К. Фізична хімія. – К.: Ірпінь, 2007.

Збірники задач

27. Олимпиады по химии. Сборник задач / И.И. Кочерга, Ю.В. Холин, Л.А. Слета, О.А. Жикол, В.Д. Орлов и С.А. Комыхов. – Харьков: Ранок, 2002.
28. Слета Л.А., Холин Ю.В. 2002 задачи по химии. – Харьков: Фолио, 2003; Росто н/Дону, 2007.
29. Адамович Т.П., Васильева Г.И., Попкович Г.А., Улазова А.Р. Сборник упражнений и усложненных задач с решениями по химии. – Минск: Высшая школа, 1979.
30. Айлетт Б., Смит Б. Задачи и упражнения по неорганической химии. – М.: Мир, 1967.
31. Будруджак П. Задачи по химии. – М.: Мир, 1989.
32. Всероссийская химическая олимпиада школьников / Под ред. Лисичкина Г.В. – М.: Просвещение, Учебная литература, 1996.

33. Гольдфарб Я.Л., Ходаков Ю.В. Сборник задач и упражнений по химии. – М.: Просвещение, 1979.
34. Еремин В.В., Кузьменко Н.Е. Сборник задач и упражнений по химии. Школьный курс. – М.: Мир и образование, 2003.
35. Ненайденко В.Г., Рыжова О.Н., Лунин В. В., Кузьменко Н.Е. Химия XXI века в задачах Международных Менделеевских олимпиад. Учебное пособие. – М.: Изд-во МГУ, 2006.
36. Николаенко В.К. Сборник задач по химии повышенной трудности. – М.: МИРОС, 1996.
37. Польские химические олимпиады / Э. Квапневский, Т. Шаршаневич, Р. Киешковский и др. – М.: Мир, 1980.
38. Свиридов В.В., Попкович Г.А., Васильева Г.И. Задачи и упражнения по общей и неорганической химии. – Минск: Изд-во БГУ, 1978.
39. Свитанько И.В. Нестандартные задачи по химии. – М.: МИРОС, 1995.
40. Середа И.П. Конкурсные задачи по химии. – К.: Вища школа, 1982.
41. Хомченко Г.П., Хомченко І.Г. Задачі з хімії для вступників до вузів: Навчальний посібник. – К.: Вища школа, 1991.
42. Хомченко І.Г. Збірник задач і вправ з хімії. – К.: Вища школа, 1992.

Полезные сайты

- Химический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова
<http://www.chem.msu.ru>
- Дистанционная подготовка к школьным олимпиадам высокого уровня по химии <http://www.chem.msu.ru/rus/olimp/dist.html>
- Химическое образование в России. Конкурсы научных работ и олимпиады студентов, аспирантов, молодых ученых
<http://www.chem.msu.ru/rus/olimp/konkurs.html>
- Химические олимпиады Беларуси <http://superhimiki.at.tut.by/>
- Неофициальный сайт Международных химических олимпиад
<http://nhb.topcities.com/Chemclub/Icho.html>

Перелік питань та список рекомендованої літератури підготували Холін Ю. В., Волочнюк Д. М., Гавриленко К.С., Жикол О. А., Колосов М.О., Комаров І. В., Неділько С. А., Пивоваренко В. Г., Слета Л. О., Усенко О. Ю., Яцимирський В. К. (2006-2008 рр.)

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 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