



55 Всеукраїнська учнівська олімпіада з ХІМІЇ

IV етап

Завдання та розв'язки



Полтава

25 – 30 травня 2018



Голова журі

Гавриленко К.С.

Заступники голови журі

Волочнюк Д.М.

Куратори

Пунін С.В.
Жикол О.А.
Рябухін С.В.
Усенко О.Ю.

Експерт олімпіади

Комаров І.В.

Представник Інституту модернізації змісту освіти
України, заступник голови оргкомітету

Черепіна Н.В.

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

Сергія Алексєєва
Антон Ганапольського
Олега Бородіна
Дмитра Волочнюка
Михайла Виборного
Олександра Григоренка
Костянтина Гавриленка
Віктора Гончарова
Лілії та Віталія Дубенських
Олексія Желавського
Олега Жикола
Ірини Запорожець
Олександра Корсуна
Дмитра Кандаскалова
Сергія Колотілова

Івана Кондратова
Олександра Ляпунова
Костянтина Мельникова
Микити Оніжука
Євгена Остапчука
Миколи Пашка
Михайла Пашка
Галини Пиріг
Руслана Полуніна
Дмитра Радченка
Анатолія Редчука
Сергія Рябухіна
Тараса Сеха
Наталії Усенко

© 2018 Предметно-методична комісія 55-ї
Всеукраїнської учнівської олімпіади з
хімії

Web-сайт українських хімічних олімпіад:

<http://www.ukrchemolimp.com/>

Адреса Facebook-сторінки Хімічної олімпіади:

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

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

Пам'яті Холіна Юрія Валентиновича



Рівно ОДИН РІК назад, 01 травня 2017 р на 56-му році життя раптово помер видатний вчений, багаторічний голова журі Всеукраїнської хімічної олімпіади, експерт, керівник команди України на міжнародній олімпіаді, перший проректор Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна, доктор хімічних наук, професор Холін Юрій Валентинович.

Рік минув, а відчуття невідновлюваної втрати не зникло. З нами не стало людини, яка присвятила олімпіадному руху в нашій країні більше ніж 30 років свого життя. Перший раз прийнявши участь в хімічній олімпіаді ще учнем, він в подальшому став членом журі, куратором, головою журі, експертом олімпіади. Очоливши журі олімпіади в далекому 2002-му, Юрій Валентинович впевнено очолював

його до 2013 року. Ці 12 років запам'ятаються всім членам журі та учасникам олімпіади, як одні з найкращих за всю історію олімпіадного руху в нашій країні. Окрім журі Юрій Валентинович керував роботою науково-методичної комісії по складанню завдань олімпіади, особисто консультував своїх колег по підготовці експериментального туру. Практично кожен рік, починаючи з 2008, Юрій Валентинович особисто організував і проводив у Харкові на базі Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна засідання науково-методичної комісії. За участю та під безпосереднім керівництвом Юрія Валентиновича з 2002 по 2013 роки проходили відбірково-тренувальні збори по формуванню команди нашої країни на Міжнародну учнівську олімпіаду з хімії. До 2014 року професор Холін особисто возив команду нашої країни на Міжнародну олімпіаду. Системність підходу Юрія Валентиновича, його організаторський талант та його особисті якості дозволили вивести підготовку юних хіміків на якісно новий рівень та створити повноцінний «олімпіадний цикл» починаючи з участі школярів у Всеукраїнській олімпіаді та закінчуючи виступом нашої збірної на Міжнародній олімпіаді. За всі роки, коли Юрій Валентинович керував підготовкою та виступом команди України на Міжнародній

олімпіаді, **жоден** з наших учнів не приїхав без медалі! 11 золотих, 16 срібних та 17 бронзових медалей – ось вклад Юрія Валентиновича в нашу олімпіадну скарбничку за ті 11 років. І за кожною з цих нагород стоїть ЮНИЙ ХІМІК з яким Юрій Валентинович працював особисто! Мене завжди захоплювало, що він знав і пам'ятав по іменам всіх членів наших збірних за багато років та підтримував з ними зв'язки і після того, як вони закінчували свою олімпіадну кар'єру. Для нього не було колишніх олімпіадників!!!

Спогади його товаришів і колег не зможуть повернути нам цю світлу людину, але дозволять зберігти пам'ять про Юрія Валентиновича та його вклад у розвиток олімпіадного руху в Україні.

Гавриленко Костянтин Сергійович, голова журі Всеукраїнської хімічної олімпіади, кандидат хімічних наук. Особисто я перший раз зустрівся з Юрієм Валентиновичем у 1995 році, коли мене перший раз залучили до роботи журі Всеукраїнської олімпіади, яка проходила у м. Сімферополі.



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

Я тоді ще був студентом першого курсу Київського університету імені Т. Шевченка. Юрій Валентинович тоді дуже вразив мене своїм зростом (ефект першого враження). У подальшому ми регулярно зустрічалися з ним на олімпіадах, працювали разом, обговорювали хімічні теми. Для мене було дивним, що не дивлячись на велику різницю у віці (я був молодший Юрія Валентиновича на 15 років), з ним завжди було дуже легко спілкуватися.

У 1998 році ми разом з Сергієм Колотіловим приймали участь у Всеукраїнській студентській олімпіаді, яка того року проходила у Харкові. Юрій Валентинович був головою журі тієї олімпіади. Після закінчення олімпіади він запросив нас до себе на кафедру і саме в той період ми з Юрієм Валентиновичем стали не просто колегами, а й ще друзями.



Ю.В.Холін з учасниками Всеукраїнської студентської олімпіади – К.Гавриленком (ліворуч) та С.Колотіловим (праворуч).

Харків, травень 1998 р.

Наступного 1999 року, на фіналі Всеукраїнської олімпіади у Харкові, на заключному банкеті, Нелі Тимофеевна Малеева, тоді куратор 11 класу, у своєму тості про майбутнє наших олімпіад сказала, що вірить, що буде час, коли головою буде Юрій Валентинович... що ж, вже тоді організаторський талант та лідерські якості

Юрія Валентиновича було дуже легко розгледіти. Чомусь, мені дуже врізався в пам'ять цей її виступ. Через 4 роки її «пророцтво» збулося повною мірою.



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

З 2000-го по 2007-й роки я працював членом журі, приймав участь у складанні олімпіадних завдань. У 2003 р., після передчасної смерті свого попередника, І.І.Кочерги, Юрій Валентинович очолив журі Всеукраїнської олімпіади на наступні 11 років. Ці роки запам'ятаються всім членам журі та учасникам олімпіади як одні з найкращих за всю історію олімпіадного руху в нашій країні. Окрім журі, Юрій Валентинович керував роботою науково-методичної комісії по складанню завдань олімпіади, особисто консультував своїх колег щодо підготовки експериментального туру. Практично кожен рік, починаючи з 2008-го, Юрій Валентинович особисто організовував і проводив у Харкові на базі Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна засідання науково-методичної комісії зі складання теоретичного комплекту задач Всеукраїнської хімічної олімпіади. Також за участю та під безпосереднім керівництвом Юрія Валентиновича з 2002-го по 2013-й роки на базі ХНУ проходили відбірково-тренувальні збори з формування команди нашої країни для участі на Міжнародній учнівській олімпіаді з хімії. До 2014-го року професор Холін очолював команду нашої країни на Міжнародній олімпіаді. Восени



2007 р. Юрій Валентинович, будучи в Києві, запропонував мені стати куратором класу. Тоді я зрозумів, що таке робота з ним! Підготовка комплекту завдань і кураторство класом на Всеукраїнській олімпіаді вимагають дуже багато часу та уваги, а Юрій Валентинович особисто та перманентно контролював цей процес і, якщо була потреба, підключався і до обговорення, і до складання завдань.

У 2008 році Юрій Валентинович запропонував мені поїхати на Міжнародну олімпіаду, яка того року відбувалася в м. Будапешт (Угорщина) в якості спостерігача від України. Як я вже писав, командою України на той час керував Юрій Валентинович. Відмовитись було неможливо!

На тій, першій для мене Міжнародній олімпіаді, Ю.В. познайомив мене з колегами зі складу міжнародного журі та загрузив роботою... Вичитування та переклад завдань, інспекція лабораторій, перевірка, арбітраж та робота на засіданнях журі – все це поглинуло мене і стало новим етапом розвитку для мене як олімпіадника. Причому Ю.В. сам, виконуючи лівову частку роботи, знаходив можливість передати мені свій досвід та знання. Відверто кажучи, практично всі мої навички по підготовці членів нашої команди, по роботі в складі міжнародного журі, з перевірки робіт наших учасників та арбітражу сформувалися саме під впливом Юрія Валентиновича. Системність підходу Юрія Валентиновича, його особиста відповідальність за все, що відбувається на олімпіаді неодноразово викликали моє захоплення. Перевірка робіт часто закінчувалася далеко за північ, і я добре пам'ятаю моменти, коли я, просинаючись вночі, бачив, як Ю.В. сидить і передивляється нашу перевірку, робить помітки, шукаючи аргументи на користь наших учнів для арбітражу.

Системність підходу Юрія Валентиновича, його організаторський талант та його особисті якості дозволили вивести підготовку юних хіміків на якісно новий рівень та створити повноцінний «олімпіадний цикл» починаючи з участі школярів у Всеукраїнській олімпіаді та закінчуючи виступом нашої збірної на Міжнародній олімпіаді. За всі роки, коли Юрій Валентинович керував підготовкою та виступом команди України на Міжнародній олімпіаді, **жоден** з наших учнів не приїхав без медалі! 11 золотих, 16 срібних та 17 бронзових медалей – ось внесок Юрія Валентиновича в нашу олімпіадну скарбничку за ті 11 років. І за кожною з цих нагород стоїть ЮНІЙ ХІМІК, з яким Юрій Валентинович працював особисто! Мене завжди захоплювало, що він знав і пам'ятав по іменам усіх членів наших збірних за багато років та підтримував з ними зв'язки і після того, як вони закінчували свою олімпіадну кар'єру. Для нього не було колишніх олімпіадників.

Незважаючи на великий обсяг роботи на олімпіаді, Ю.В. завжди знаходив час і для відпочинку: подивитися музеї, пройтися новими місцями, просто посидіти з колегами за келихом пива. Він дуже багато і цікаво розповідав, жартував, міг і побешкетувати, як на фото нижче.



У Залізничному музеї (м. Будапешт) на закритті 40-ї МХО (штовхають вагон: ліворуч – науковий спостерігач К.Гавриленко, праворуч – керівник команди Білорусі В.Хвалюк)

Далі були інші країни, інші олімпіади, але ця олімпіада в Будапешті для мене стала однією з найбільш пам'ятних. Кембрідж, Вашингтон, Анкара, Баку... на всіх цих олімпіадах, де ми були разом з Ю.В., він постійно знаходив можливість передати мені трохи свого досвіду, навичок, умінь. У 2015 р. у м. Баку Ю.В. оголосив нам, колегам і друзям по міжнародному журі про закінчення своєї роботи у журі МХО. Не те, щоб це було як сніг на голову, адже Ю.В. вже декілька років передбачав завершення своїх поїздок на Міжнародну олімпіаду, але вірити в це не хотілося. Думаю, що в першу чергу це сталося через дуже велику завантаженість Ю.В. як проректора ХНУ.



*Команда України на 48-й Міжнародній хімічній олімпіаді.
Баку, липень 2015 р.*

Юрій Валентинович також особисто створив і багато років підтримував першу версію сайту Всеукраїнських хімічних олімпіад, слідкуючи за своєчасним оновленням інформації на ньому.

Нажаль для нас і на щастя для всіх інших, хто працював з Юрієм Валентиновичем, його діяльність не обмежувалася лише олімпіадами. Талановитий науковець та видатний організатор, Юрій Валентинович був дуже зайнятий науково-організаційною роботою у своїй *alma mater* –Харківському національному університеті імені В.Н. Каразіна, де він пройшов шлях від доцента до першого проректора. У 2014 році, у зв'язку з великим навантаженням в університеті, Юрій Валентинович передав мені керування нашим олімпіадним рухом. Але всі ці три роки аж до останнього часу Юрій Валентинович приймав найактивнішу участь у проведенні олімпіадного циклу. Збори науково-методичної комісії зі складання завдань олімпіади так само проходили на початку поточного року у Харкові. Протягом року Юрій Валентинович неодноразово приїздив до Києва, і ми обговорювали з ним актуальні олімпіадні питання, адже у нього було багато ідей щодо вдосконалення нашої системи роботи з дітьми. Щось з його ініціатив ми вже запровадили, щось ще плануємо зробити.

Система, яку створила ця талановита людина – живе. Живе і працює команда, яку Юрій Валентинович створив і багато років очолював. Команда, якій він передав своє захоплення олімпіадами, свої ідеї, свій підхід до роботи.

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

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

Мальченко Галина Іванівна, методист Інституту інноваційних технологій і змісту освіти, координатор інтелектуальних змагань з хімії МОН України.

ХОЛІН Юрій Валентинович... його внесок у виховання молодого покоління – юних хіміків – не можна переоцінити.

Проведення Всеукраїнських учнівських олімпіад на високому науковому і методичному рівні, результативність участі українських школярів в Міжнародних олімпіадах – це беззаперечно копітка і наполеглива праця самих учасників змагань, їх вчителів, наставників, науковців, методистів ОІППО. Але без таких творчих особистостей, як Юрій Холін, це було б неможливим.

Хімія – найзахоплюючий шкільний предмет, але не треба забувати, що ця наука експериментальна і, коли не вистачає реактивів, відповідного обладнання, підтримувати інтерес учнів до хімії, спонукати їх до активного здобуття хімічних знань, до участі в інтелектуальних змаганнях дуже складно. Це вдалося здійснити Юрію Холіну, завдяки його особистим рисам і здібностям.

Все життя Юрія Валентиновича було пов'язане з хімією, починаючи від захоплення у шкільні роки, коли він особисто брав участь в олімпіадах, до становлення висококласним фахівцем. Про хімічні олімпіади Ю.В. знав все – як кажуть, “із середини”. Його ентузіазм, натхненна і безкорисна праця активно впливала не тільки на пропагування хімічних знань серед учнів, але й на залучення до олімпіадного руху широкого кола науковців, студентів, учителів. Він зібрав навколо себе таких як він сам – завзятих, серйозних, наполегливих та

цілеспрямованих особистостей, переважна більшість з яких самі були переможцями інтелектуальних змагань.

Як голова журі і науковий керівник, Ю.В. розумів свою моральну відповідальність і дуже ретельно ставився до формування складу журі і науково-методичної комісії. Це було запорукою високого рівня професійності членів журі, поваги один до одного та гідного ставлення до учасників олімпіад.

Починаючи з 2001 по 2011 роки, основний склад, ядро Всеукраїнського журі залишився майже без змін – це висококваліфіковані фахівці і однодумці Юрія Холіна. Вони стали не тільки його опорою, помічниками, але й друзями. Дружні стосунки не заважали, а сприяли виконанню спільної мети.

Потрапити до складу Всеукраїнського журі було почесно, але нелегко. Перш за все треба бути автором завдань, які відповідають певним вимогам (цікаві за змістом і формою, творчі, креативні). Тут ніякі особисті відносини не діяли. Холін був непохитним.

Багато зусиль і часу потребувало складання завдань, як пропонувались учасникам Всеукраїнських олімпіад і учасникам відбірково-тренувальних зборів. Необхідно було врахувати зміни у шкільних програмах і Програмах Міжнародних олімпіад, а також зміст завдань підготовчих комплектів, які щороку господарі міжнародних олімпіад надсилали до країн-учасниць (доречі, англійською мовою), в них окреслювались тематика та рівень складності завдань.

Юрій Валентинович з великим ентузіазмом підтримав молодих вчених, які вигадали для молодших школярів задля підтримки інтересу до хімії нові форми і типи завдань теоретичних турів олімпіад – демонстраційний експеримент. Це були досліди з яскравими зовнішніми ефектами, відео та анімація, застосування творчих завдань, ребусів тощо.

Завдяки його відкритості, порядності, доброзичливості за роки нашої спільної праці між нами склались теплі стосунки. Ми довіряли один одному. Я завжди могла звернутись до нього за допомогою і була впевнена, що він не відмовить, незважаючи на велику завантаженість на своїй основній роботі.

Якщо людина талановита, то вона талановита у всьому. Ю.В. любив музику, цікавився мистецтвом, знаходив можливість відвідати музеї, вистави, був дуже духовною людиною, але при цьому ніколи не нав'язував свої думки. З ним було цікаво, легко і приємно спілкуватись.

Я впевнена у майбутньому хімічних олімпіад завдяки Ю.В.Холіну, який зробив все можливе і неможливе на виконання головної мети хімічних олімпіад – через творче розв'язання задач стимулювати інтерес і прагнення до знань у такій перспективній галузі науки, як хімія.

Його справа буде гідно продовжуватися Командою, яку він виховав.

Я дякую долі за те, що на моєму життєвому шляху був Юрій Валентинович.



Дуже боляче, утрата велика, я буду згадувати Ю.В. з вдячністю, він назавжди залишиться в моїй пам'яті.

Колотилов Сергей Владимирович, заведующий отдела пористых веществ и материалов Института физической химии им. Л.В.Писаржевского НАН Украины, член жюри Всеукраинской химической олимпиады в 1996–2017 гг., доктор химических наук.

Кто-то знает Юрия Валентиновича как проректора Харьковского университета, кто-то в первую очередь подумает о нём, как о члене жюри и о председателе жюри Всеукраинских химических олимпиад. И в той, и в другой роли Юрий Валентинович сделал очень много для организации работы с молодыми людьми – и студентами, и одаренными школьниками. Думаю, не будет преувеличением, если я напишу, что работа с олимпиадниками долгие годы держалась именно на энтузиазме Юрия Валентиновича и той команды, которую он собрал. Благодаря заложенной основе, работа со школьниками продолжается и теперь, после того, как Юрий Валентинович ушёл от нас, и, думаю, продолжение дела Юрия Валентиновича может быть лучшей памятью о нём.

Хочу отметить доброту Юрия Валентиновича, скромность и отсутствие даже намёка на какое-либо высокомерие в общении с людьми. В разных ситуациях, в которых мне приходилось видеться с Юрием Валентиновичем – и на конференциях разного уровня, и на химических олимпиадах, и на неформальных встречах, Юрий Валентинович вел себя искренне, старался помочь, внимательно слушал других. Несмотря на свою занятость, Юрий Валентинович никогда не забывал то, о чем его просили, он помнил даже о мелочах, а когда нужна была его помощь, он сам интересовался, всё ли он сделал. Люди всегда тянулись к Юрию Валентиновичу. Я благодарен Юрию Валентиновичу прежде всего за то, что он показал своим примером – можно очень многого достичь, если строить жизнь, опираясь на принципы доброты, теплоты и уважения.

Колосов Максим Александрович, доцент кафедры органической химии ХНУ имени В.Н.Каразина, член жюри Всеукраинской химической олимпиады в 2002–2017 гг. Юрий Валентинович любил и ценил людей. В эту фразу, мне кажется, можно вместить всю его жизнь, самоотверженную работу в университете, олимпиадном деле и науке. Даже не работу – служение. Каким бы ни было настроение, самочувствие или обстоятельства, он всё время трудился на наше с вами благо, благо Университета и Родины. Работал много, планомерно, умно. Чтобы стало лучше по сравнению с тем, что есть теперь.

Вне зависимости ни от чего, Человек всегда для него был главным. Будь это наши многочисленные олимпиадники и студенты, коллектив преподавателей или конкретный сотрудник – Юрий Валентинович всегда искал возможность помочь,



подсказать, подтолкнуть в нужном направлении, обеспечить корректное и логичное выполнение работы, часто – попросить о выполнении того или иного и редко – заставить.

Не нажив себе личного богатства, Юрий Валентинович совершил, прежде всего, огромный задел в создании и воспитании самой большой ценности – человеческого потенциала. Им созданы и в прямом смысле выпестованы коллективы в университете и в большой олимпиадной семье. Люди, долго и тесно работавшие с ним, думаю, навсегда прониклись его упорством в достижении цели, равнодушием и честностью.

Авторитет Юрия Валентиновича был связан с его высочайшим интеллектуальным и духовным уровнем, его взвешенностью, грамотностью, вежливостью и логичностью, а также, конечно, колоссальным объемом обязательств, которые он взвалил на себя и ответственно выполнял. В различных ситуациях его понимание вопроса и способность ориентироваться в ситуации даже не требовала принуждать к чему-либо людей, – собеседник сам приходил к определенному выводу. В то же время, такая глыба, как Юрий Валентинович, не угнетал и не подавлял человека в его собственных привязанностях и стремлениях.

Вспоминая его религиозность, знание поэзии, музыки и живописи, чувство юмора, простое и никогда не скучное общение в неофициальной обстановке, массу добрых вещей, которые он сделал для меня лично, я чувствую искреннюю благодарность и жуткую боль утраты.

Я буду помнить Юрия Валентиновича всегда и постараюсь продолжить его дело.

1 травня 2018 р

Всеукраїнській учнівській олімпіаді з хімії– 55

Якщо ви бажаєте, щоб діти творили, створювали художні образи, перенесіть з вогника своєї творчості хоча б одну іскру в свідомість дитини. Якщо ви не вмієте творити, або вам здається пустою забавою спуститися до світу дитячих інтересів,— нічого не вийде.

В. О. Сухомлинський

*З народженням кожної людини
в світ вноситься щось нове,
чого ще не було,
щось первозданне і неповторне.
Обов'язок кожного – знати і не забувати,
що він у світі єдиний у своїй якості
і що ще ніколи не з'являвся хтось такий, як він,
адже якби вже був такий, як він,
то не було б необхідності в ньому самому”*

Мартін Бубер

В умовах динамічного розвитку цивілізації перед системою освіти постають нові завдання, зумовлені необхідністю адекватно реагувати на виклики часу, на кардинальні зміни вимог, що висуває до неї суспільство. Найбільші трансформації відчуває система загальної освіти, змушена подолати традиційно притаманні їй інертність і консерватизм і працювати в умовах інформатизації і відкритого доступу до інтернет-мережі, в умовах перманентного оновлення змісту, програм і засобів навчання, а головне – в умовах приходу до школи нового покоління дітей, які по-іншому сприймають інформацію, по-іншому її засвоюють, володіють іншими вміннями.

Сучасний вчитель має бути здатним ефективно використовувати високотехнологічний педагогічний інструментарій для проектування предметно-навчального середовища, створення комфортних умов для набуття кожним учнем тих нових предметних і ключових компетенцій, які визнані необхідними для життя, діяльності, здобуття подальшої освіти в суспільстві 21 ст. У цьому ракурсі гостро



постає питання готовності педагога опанувати новітні засоби подання навчальної інформації, творчо й ефективно використовувати їх у практиці навчання.

У ході запровадження компетентнісно-орієнтованого навчання виникає потреба повному подивитися на систему ефективних уроків, на їх структуру, форми, технології проведення. Зробити уроки більш цікавими, насиченими і продуктивними.

Пріоритетними є технології і форми організації роботи, що найбільш ефективні в процесі формування компетентної особистості, здатної критично мислити, приймати виважені рішення.

Так, необхідною умовою формування ключових компетентностей учнів є прикладна спрямованість навчання, інтенсифікація навчання, програмування та планування досліджень у навчанні, організація кооперативного, колективного, інтерактивного, проектно-орієнтованого навчання. Широко використовується інтегрована модель навчання, яка поєднує елементи диференційованого, проблемного, інтерактивного навчання, інформаційно-комунікаційних, проектних технологій і яка забезпечує індивідуальну освітню траєкторію розвитку учня. Сьогодні в умовах реалізації реформи школи актуальною стає проблема виробити стійкий інтерес до знань і прагнення самостійно опанувати їх, навчити учнів мислити, свідомо застосовувати здобуті знання до розв'язування практичних завдань. Найпопулярнішим та дієвим методом роботи, на сьогодні, виявлення підтримки та розвитку обдарованих дітей є проведення учнівських олімпіад — від районних до всеукраїнських, конкурсів різних рівнів — від місцевих до міжнародних. Актуальне питання сьогодення — навчання обдарованих, талановитих дітей, їхня підготовка до професійної реалізації в самостійному житті. З огляду на це основними завданнями сучасної освіти є розвиток інтелектуальних і творчих здібностей, природної обдарованості учнів, формування в них творчого потенціалу, мислення, вміння самореалізуватися. Підтримка та розвиток обдарованості є одним із пріоритетних напрямків сучасної освіти, оскільки поступ будь-якої країни, регіону, міста залежить саме від здатності її громадян нестандартно, креативно мислити, впроваджувати перспективні інновації в різні сфери суспільного життя. Всебічний розвиток обдарувань школярів здійснюють не тільки в ході навчальної діяльності, а й під час проведення різноманітних конкурсів, олімпіад, під час яких учні не тільки поглиблюють знання з предметів, а й мають можливість розвивати інтелект, ерудицію, вміння спілкуватись. Учні здебільшого зорієнтовані на здобуття знань,

необхідних для успішного навчання у старшій профільній школі, для участі в предметних олімпіадах та конкурсах. Успіхів на цій ділянці роботи можна досягти лише тоді, коли проведено добре продуману індивідуальну роботу з найбільш здібними та обдарованими дітьми.



Талановиті діти — це той ресурс, із якого створюється інтелектуальна еліта. Інтелектуальну еліту будь-якого народу становлять особистості творчі, яскраві, мислячі. Щоб це потенційне національне багатство зберегти й примножити, необхідно вміти відбирати таких дітей, допомагати їм знайти себе й правильно оцінити, підтримувати їхній розвиток.

Одним з основних напрямків роботи вчителів є підготовка здібних учнів до участі в різноманітних змаганнях. Значна роль у досягненні успіху школярами на олімпіадах, конкурсах та інших змаганнях належить різним видам позакласних занять. Звичайно, до цих занять залучаються учні, які мають певні здібності. Здібності як прояв спеціальної обдарованості можуть бути різноплановими. На олімпіадах найбільше навантаження припадає на інтелектуальні здібності, які потребують миттєвого проявлення. Обдарований учень потребує індивідуального підходу до розвитку його нахилів, інтересів, здібностей. Сучасна школа — це простір, де дитина набуває певних знань, умінь та навичок й уможливорює реалізацію себе як особистості. Особливе місце в цьому належить учнівським олімпіадам, які забезпечують можливість створення свого майбутнього власними силами. Олімпіади допомагають школярам повірити в себе, наблизитися до більш якісної освіти та зміцнити свій соціальний статус. Цьому передують клопітка наполеглива щоденна праця учня й учителя, методичної служби, учителів-практиків.

Олімпіада — це конкурс, у якому переможцями стають найсильніші, а інші учасники збагачуються новими знаннями і здобувають необхідний досвід. Тільки добровільний принцип і зацікавленість допомагають залучати учнів до осмисленої плідної роботи в період підготовки до олімпіад. Під час підготовки до шкільної олімпіади слід особливо ретельно підбирати завдання, доступні учням, виконання яких дає можливість відчути радість подолання труднощів.

Олімпіада — це «свято», на якому сяють яскраві ідеї і красиві судження. Без системної роботи на уроці і після уроків велика перемога в олімпіаді неможлива. Олімпіада — це позакласна форма навчання. Для вчителя підготовка учнів до олімпіад є благодатним полем експериментальної діяльності. Усі творчі знахідки, методичні нароби можуть бути впроваджені в педагогічну практику й принести

вагомі результати. Олімпіади однозначно потрібні дітям як шлях до самовираження, до розвитку. Не можна заборонити будь-якій дитині брати участь у шкільній олімпіаді, а такі випадки траплялися. Іноді дитина з нестандартним мисленням може не порозумітися з учителем, прогулювати уроки, бо їй там не цікаво, а на олімпіаді виявляє свою обдарованість. На олімпіадах учням пропонують завдання, які потребують уміння логічно і нестандартно мислити. Підготовка до олімпіад повинна відбуватись систематично і планомірно.

Хімічні олімпіади школярів у системі роботи з обдарованою молоддю посідають далеко не останнє місце. Чимало учасників олімпіад обирають хімію чи хімічну технологію своїм фахом, а з часом отримують міжнародне визнання як першокласні дослідники.



Всеукраїнські хімічні олімпіади 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 Івановича Кочергу, Юрія Валентиновича Холіна, експертів – Луку Корнійовича Мушкала, Дмитра Івановича Шейка, Віталія Костянтинівича Яцимирського. В хімічній науці та освіти, в олімпіадному русі, в житті всіх, кому пощастило бути з ними знайомими, вони залишили глибокий,

незабутній слід.

Проведення олімпіад було б неможливим без натхненної і безкорисної праці десятків ентузіастів – викладачів провідних університетів країни, науковців, учителів, аспірантів, студентів. Серед тих, хто особливо багато зробив, працюючи на олімпіадній ниві, – голова журі к.х.н. К.С. Гавриленко, експерти олімпіади І.В. Комаров, П.П. Попель, С.А. Неділько, куратори класів і окремих турів д.х.н. Д.М. Волочнюк, к.х.н. О.А. Жикол, доц. М.О. Колосов, доц. Т.С. Куратова, доц. Н.Т. Малєєва,



проф. В.В. Павліщук, доц. Г.М. Розанцев, д.х.н. С.В. Колотілов, О.Ю. Усенко, багаторічні члени журі доц. С.О. Алексеев, заслужений учитель України, к.п.н. О.В. Березан, М.А. Виборний, доц. С. А. Волкова, проф. В.Ф. Варгалюк, народний учитель України С. О. Вест, к.х.н. О.О. Григоренко, доц. С.В. Грузнова, доц. І.І. Довгий, С. Г. Джавахішвілі, доц. б М.М. Заєць, Є.О. Калініченко, PhD Д.В. Кандаскалов, доц. В.В. Кінжибало, заслужений учитель України О.О. Коваленко, к.х.н. І.С. Кондратов, О.М. Корсун, доц. В.В. Косминін, М.О. Крючков, проф. С.В. Крятов, проф. Л.П. Логінова, к.х.н. О.Ю. Ляпунов, к.х.н. П.К. Михайлюк, проф. С.В. Михаловський, доц. Н.Н. Мушкало, к.х.н. Є.М. Остапчук, проф. В.Г. Пивоваренко, С.В. Пунін, к.х.н. Д.С. Радченко, проф. О.А. Рибак-Акімова, С.М. Романов, к.х.н. С.В. Рябухін, доц. Л.О. Слета, доц. В.М. Сомов, проф. В.І. Староста, доц. В.В. Стецик, О.П. Сугатов, А.М. Ткаченко, доц. М.Т. Хіменко, доц. О.М. Швед, доц. А.В. Чорний, методисти Г.М. Дубковецька, Л.М. Зламанюк, Л.А. Мамонтова, І.П. Сірко, Л.В. Степанова, А.Ф. Стоєцький, Л.В. Рижова, Г.П. Рязанцева, І. О. Філоненко, працівники міністерства, відповідальні за підготовку та проведення олімпіад, Г.М. Ніколаєва, Є.С. Березняк, С.П. Курило, Н.Ф. Толок, Л.І. Титаренко, С.В. Василенко, Г.І. Мальченко, багато інших висококласних фахівців.

Останніми роками проведенню Всеукраїнських олімпіад, підготовці команд України до участі у Всесвітніх олімпіадах суттєву допомогу надає ТОВ «НВП «Укрорганізація» та компанія «Єнамін».

Підсумовуючи сказане, слід ще раз підкреслити, що турбота про розвиток обдарованих дітей сьогодні — це турбота про розвиток науки, культури, соціальний розвиток суспільства в майбутньому. Увага до розвитку обдарованої дитини має широке соціальне значення.

методист вищої категорії
відділу по роботі з обдарованою молоддю
Інститут модернізації змісту освіти

Черепіна Наталія Василівна

Пам'ятка учаснику олімпіади

1. На розв'язання теоретичних завдань **відводиться 4 години (11 клас – 5 годин)**. Час закінчення туру вказується на дошці. Затримка з припиненням роботи на 5 хвилин чи більше веде до скасування результатів туру.
2. **Не розкріпляйте зшиті листи** з умовами та полями для відповідей!
3. По закінченні туру **особисто** здайте заповнену довідку учасника та виданий вам комплект умов і листів відповідей **куратору класу**.
4. При виконанні завдань дозволяється користуватися лише ручкою і довідковими матеріалами, виданими організаторами. Дозволяється також користуватися власними олівцями, лінійками і непрограмованими калькуляторами. Користуватися шпаргалками, мобільними телефонами, додатковими довідковими матеріалами, консультуватися з будь-якими особами, окрім кураторів класів і чергових, **заборонено**.
5. З питаннями щодо правильного розуміння змісту завдань звертайтеся до куратора, якого до класу запросить черговий.
6. Всі результати повинні бути записаними лише у **відведених для цього полях**. Все, що написано в будь-якому іншому місці, не оцінюється. В якості чернетки ви можете використовувати зворотній бік листів або чистий папір. Якщо вам потрібно замінити зіпсований лист відповідей, звертайтеся до чергового.
7. Повно та аргументовано відповідайте на **питання, поставлені в умові задачі**. Правильні твердження, що не мають відношення до поставлених у задачі питань, не оцінюються. Правильна відповідь, не підкріплена логічними аргументами чи розрахунками, оцінюється лише мінімальною кількістю балів.
8. Викладайте розв'язки завдань зручною для вас мовою. Граматичні помилки не впливають на оцінку роботи.
9. Якщо в умові задачі не сказано інше, при розрахунках використовуйте значення молярних мас елементів з двома знаками після коми.

10. ТАБЛИЦЯ ПЕРІОДИЧНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕМЕНТІВ

1 H 1.008																	2 HE 4.003
3 Li 6.941	4 Be 9.012											5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18
11 Na 22.99	12 Mg 24.31	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.07	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.87	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.64	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.90	36 Kr 83.80
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.96	43 Tc [98]	44 Ru 101.07	45 Rh 102.91	46 Pd 106.42	47 Ag 107.87	48 Cd 112.41	49 In 114.82	50 Sn 118.71	51 Sb 121.76	52 Te 127.60	53 I 126.90	54 Xe 131.29
55 Cs 132.91	56 Ba 137.33	57 La 138.91	72 Hf 178.49	73 Ta 180.95	74 W 183.84	75 Re 186.21	76 Os 190.23	77 Ir 192.22	78 Pt 195.08	79 Au 196.97	80 Hg 200.59	81 Tl 204.38	82 Pb 207.2	83 Bi 208.98	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)
87 Fr (223)	88 Ra 226.0	89 Ac (227)	104 Rf (261)	105 Ha (262)													
58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm (145)	62 Sm 150.36	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.93	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.05	71 Lu 174.97				
90 Th 232.04	91 Pa 231.04	92 U 238.03	93 Np 237.05	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (254)	100 Fm (257)	101 Md (256)	102 No (254)	103 Lr (257)				

Довідкові матеріали

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

8 клас. 1 тур.

Завдання 1. «П'ять тижнів на повітряній кулі»

Автор: Запорожець Ірина

Герої пригодницького роману Жуля Верна збираються у мандрівку Африкою на повітряній кулі “Вікторія”. Перш ніж вирушити назустріч пригодам, доктор Фергюсон має провести чимало розрахунків. Тож давайте йому допоможемо.

«Для наповнення кулі воднем було використано 1860 галонів сульфатної кислоти ($w=98\%$, $\rho=1,84 \text{ г/см}^3$), 16050 фунтів залізного брухту та 966 галонів води».



- 1.1 Запишіть** рівняння реакції отримання водню та **розрахуйте** кількість речовини водню, що було отримано, якщо залізний брухт на 97% складається із заліза, а всі інші компоненти нерозчинні у кислоті. (1 галон = 4,546 л, 1 англійський фунт = 453,6 г)

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1860 \cdot 4,546 \cdot 1840 \cdot 0,98 / 98,086 = 1,55 \cdot 10^5 \text{ моль}$$

$$n(\text{Fe}) = 16050 \cdot 453,6 \cdot 0,97 / 55,85 = 1,26 \cdot 10^5 \text{ моль}$$

Отже, кислоту взято у надлишку, а кількість речовини водню дорівнює кількості речовини заліза і складає $1,26 \cdot 10^5$ моль

- 1.2 Поясніть**, навіщо при отриманні водню використовували воду

Для того, щоб отримати водень, необхідно використовувати розведену сульфатну кислоту. Концентрована сульфатна кислота пасивує залізо.

«Фергюсон дійшов висновку, що повітряна куля разом зі своїм вмістом має важити 4000 англійський фунтів». Куля не піднімається і не опускається, якщо $V\rho = m$, де V та m — об'єм та маса кулі, ρ — густина повітря

- 1.3 Розрахуйте** об'єм кулі, що триматиметься в повітрі за тиску 1 атм та температури 300 К. **Визначте**, чи вистачить для заповнення кулі водню, отриманого в пункті 1.

Розрахуємо густину повітря за стандартних умов.

В

$$\rho = \frac{1,013 \cdot 10^5 \cdot 29}{8,314 \cdot 300} = 1,18 \cdot 10^3 \text{ г/м}^3$$

За тих самих умов об'єм $1,26 \cdot 10^5$ моль водню складає $3,10 \cdot 10^3 \text{ м}^3$ Отже, водню вистачить.

Фергюсон планував керувати своєю кулею, нагріваючи водень всередині до потрібної температури. При цьому збільшення чи зменшення об'єму кулі дозволить врахувати зміну густини повітря.

- 1.4 Розрахуйте**, на скільки відсотків збільшиться об'єм 1 моль водню при А) збільшенні температури на 10,0% за постійного тиску;

Б) зменшенні тиску на 5,0 % за постійної температури.

Відповідь округліть до десятих відсотка.

Для відповіді на питання можна використати закони Бойля-Маріотта та Гей-Люссака, або вивести відповідні співвідношення із об'єднаного газового закону чи рівняння Менделєєва-Клапейрона.

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2 p_1}{T_1 p_2}$$

Зміна густини у відсотках складає $\delta V = \left(\frac{V_2 - V_1}{V_1} \right) \cdot 100\% = \left(\frac{V_2}{V_1} - 1 \right) \cdot 100\%$

А) $\delta V = \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right) \cdot 100\% = \left(\frac{1,1T_1}{T_1} - 1 \right) \cdot 100\% = 10\%$

Б) $\delta V = \left(\frac{p_1}{p_2} - 1 \right) \cdot 100\% = \left(\frac{p_1}{0,95 p_1} - 1 \right) \cdot 100\% = 5,3\%$

Для того, щоб подолати гори, мандрівникам необхідно буде підійматися на висоту 6000 футів (1 фут = 0,3048 м). Відомо, що при збільшенні висоти на кожні 100 м тиск зменшується на 10 мм рт. ст., а температура – на 0,6 °С. Тиск всередині кулі дорівнює зовнішньому тиску. 1 атм = 760 мм рт. ст. = 101325 Па.

1.5 Розрахуйте температуру, до якої треба нагріти водень у кулі, щоб піднятися з рівня моря (р=1 атм, Т=300 К) на висоту 6000 футів. Кількість речовини водню постійна і складає змінюється з висотою.

$$\rho = \frac{pM_{\text{повітря}}}{RT_{\text{повітря}}}$$

З пункту 3 відомо, що $V\rho = m$. З іншого боку, $V_{H_2} = \frac{n_{H_2} RT_{H_2}}{p}$. Комбінуючи ці три рівняння,

отримуємо

$$\frac{M_{\text{повітря}} n_{H_2} T_{H_2}}{T_{\text{повітря}}} = m$$

Розрахуємо температуру висоті 6000 футів

$$T_{H_2} = \frac{m T_{\text{повітря}}}{M_{\text{повітря}} n_{H_2}}$$

Отже, $T_{H_2} = \frac{4000 \cdot 453,6 \cdot 289}{29 \cdot 6,0 \cdot 10^4} = 301K$

Задача 2. «Важливий сплав».

Автор: Пашко Михайло

Сплав двох простих речовин має доволі широке застосування. Він використовується для виготовлення деталей складної конфігурації головним чином у авто-, авіа- та суднобудуванні, хімічному машинобудуванні.

При повному розчиненні 10,000 г сплаву у надлишку концентрованого розчину натрій гідроксиду утворюється 12,873 л водню (н.у) та розчин двох солей. До отриманого розчину додали надлишок хлоридної кислоти. Утворений осад відфільтрували і прожарили за температури 1000 °С. Утворилася бінарна сполука, яка не відноситься до класу солей, з масовою часткою одного з елементів 46,74%.

До фільтрату додали надлишок розчину натрій карбонату. При цьому утворився драглистий осад, його відфільтрували і прожарили за температури 800 °С, в результаті утворилось лише два оксиди: твердий і рідкий (агрегатний стан вказано за кімнатної температури), а маса твердого залишку зменшилась на 34,6%.

2.1 Встановіть якісний склад сплаву.

Можна припустити що бінарна сполука, яка не відноситься до класу солей, з масовою часткою одного з елементів 46,74% це оксид одного з компонентів сплаву.

$$X_2O_n, \frac{2x}{2x+16n} = \omega, x = \frac{16\omega}{2-2\omega} n,$$

$$\omega(X) = 46,74\%, X = 7n, n=4 X=Si$$

$\omega(O) = 46,74\%, X = 9.12n, n=3 X=Al$ (Але цей варіант не підходить, бо оксид алюмінію розчиняється в хлороводневій кислоті)

Отже один з компонентів сплаву це **кремній**.

З умови задачі можна зрозуміти що драглистий осад це гідроксид металу. Тоді:

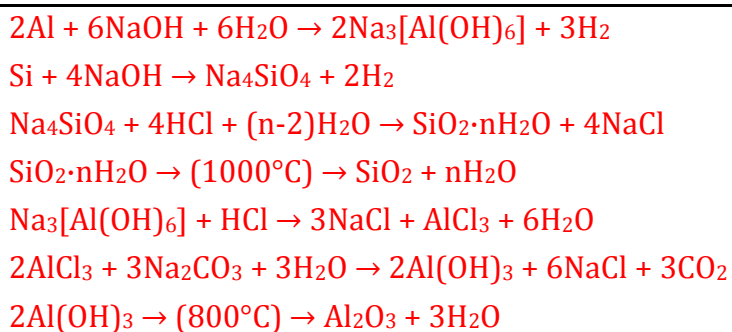


$$m(\text{г}) \quad 25.43 \quad 16.63$$

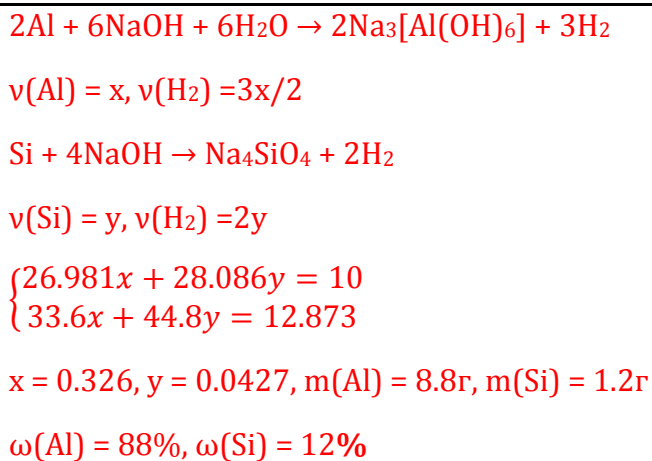
$$v(\text{моль}) \quad \frac{25,43}{M(\text{Me}) + 17n} \quad \frac{16.63}{2M(\text{Me}) + 16n}$$

$$\frac{25,43}{M(\text{Me}) + 17n} = \frac{16.63}{2M(\text{Me}) + 16n} * 2, M(\text{Me}) = 9n, n=3 \text{ Me} = \text{Al. Отже два компоненти сплаву це Si і Al}$$

2.2 Напишіть рівняння всіх згаданих хімічних реакцій.



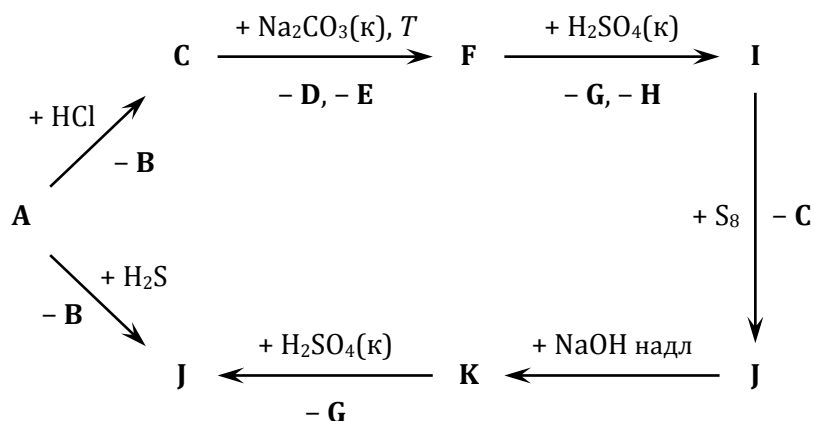
2.3 Розрахуйте масові частки компонентів сплаву.



Задача 3. «Міжгрупові перетворення».

Автор: Корсун Олександр

Нижче наведено ланцюжок перетворень за участю неорганічних сполук, що утворені елементами головних підгруп сусідніх груп Періодичної таблиці (символ «к» означає концентрований водний розчин). Зверніть увагу, що у багатьох реакціях, зображених на схемі, в якості **продукту** або **реагенту** бере участь вода.



Вихідна бінарна сполука **A** за н.у. є газоподібною та містить елемент, для якого характерне найбільше значення електронегативності серед усіх відомих елементів.

3.1 Вкажіть, який елемент має найбільше значення електронегативності та коротко **поясніть** причину максимального значення електронегативності.

Флуор. Велика густина заряду (7 електронів на зовнішньому рівні при малому радіусі атому) є причиною найбільшої електронегативності.

Масова частка одного з елементів у складі сполуки **A** становить 0,2962. Речовина **C** є простою. Ступені окиснення одного з елементів у складі сполук **F** та **H** (а також **G** та **K**) відрізняються на дві одиниці. Речовина **I** містить 33 електрони у своєму складі. Речовини **D**, **I** та **J** є бінарними. Молекулярна маса речовини **E** більша за молекулярну масу речовини **D**.

3.2 Розшифруйте ланцюжок перетворень, **наведіть** рівняння згаданих хімічних реакцій та формули невідомих сполук **A–K**. Відповіді запишіть навпроти відповідних позначок.

Масова частка Флуору в складі вихідної сполуки складає $1 - 0,2962 = 0,7038$. Тоді молярна маса еквіваленту для невідомого елемента становить $8,00 \text{ г моль}^{-1}$, тобто вихідна сполука – це дифторид оксигену.

A → C:	$\text{OF}_2 + 4\text{HCl} = 2\text{Cl}_2 + 2\text{HF} + \text{H}_2\text{O}$
C → F:	$3\text{Cl}_2 + 3\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{к}) = \text{NaClO}_3 + 5\text{NaCl} + 3\text{CO}_2$
F → I:	$3\text{NaClO}_3 + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{к}) = 2\text{ClO}_2 + \text{NaClO}_4 + 2\text{NaHSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

I → J:	$8\text{ClO}_2 + \text{S}_8 = 8\text{SO}_2 + 4\text{Cl}_2$	
J → K:	$\text{SO}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	
K → J:	$\text{Na}_2\text{SO}_3 + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{к}) = \text{SO}_2 + 2\text{NaHSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$	
A → J:	$3\text{OF}_2 + 2\text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O} = 2\text{SO}_2 + 6\text{HF}$	
A = OF₂	B = HF	C = Cl₂
D = CO₂	E = NaCl	F = NaClO₃
G = NaHSO₄	H = NaClO₄	I = ClO₂
J = SO₂	K = Na₂SO₃	X = ?

3.3 У чому полягає принципова відмінність між вихідною сполукою **A** та бінарними проміжними речовинами **D**, **I** та **J**?

Сполука A відноситься до фторидів (флуоридів), а речовини D, I та J – до оксидів

Для проведення перетворення **A → J** у закритий вакуумований реактор внесли стехіометричні кількості реагентів: 1,5 моль речовини **A**, 34 г H_2S та 9 г води. Початкова температура в реакторі складала 20 °C за тиску 2,5 атм.

3.4 Обчисліть яким стане тиск в реакторі після закінчення реакції та його охолодження до початкової температури



Оскільки об'єм води дуже малий в порівнянні з об'ємом газоподібних речовин, то ним можна знехтувати. В ході реакції з 5 об'ємів реагентів утворюється 8 об'ємів продуктів. Тобто, за сталого об'єму реактору тиск зросте у 8/5 рази і складе 4 атм

Задача 4. «Вогняні ліки».

Автор: Ганопольський Антон

Середньовічний Китай відомий своїми незвичайними відкриттями в хімії. Зокрема в одному з відомих текстів середини 9-го сторіччя зазначається: «Вони змішали разом **1**, **2** і **3** з медом та побачили дим і полум'я. Їхні руки і обличчя були спалені, а весь дим, в якому вони працювали, згорів». Спочатку це дослідження планувалося для відкриття лікарських засобів. Саме тому описана суміш отримала назву «вогняних ліків».

Відомо, що **1** є простою речовиною жовтого кольору, яка і зараз використовується в подібних до «вогняних ліків» сумішах. У природі вона досить поширена.

4.1 **Визначте** речовину **1**.

Сірка

Бінарну речовину **2** можна знайти в природі у вигляді вишуканих кристалів червоного кольору. З арабської мови назва цієї сполуки перекладається як «порошок шахти». До сьогодні використовується суміш **2** з калій хлоратом під назвою «червона вибухівка»

Для встановлення формули сполуки **2** провели такий експеримент. Однакові маси **1** і **2** спалили в надлишку кисню. У випадку речовини **1** твердого залишку немає. У випадку сполуки **2** в тиглі залишилася тверда речовина, маса якої на 7,5% більша за масу початкової сполуки. В обох реакціях виділяється один і той самий газоподібний продукт (єдиний в обох випадках), проте відношення об'ємів газів, що виділилися дорівнює 3,343.

4.2 **Визначте** речовину **2**. Вважайте, що твердим залишком є сполука, у якій елемент, що міститься також і в сполуці **2**, знаходиться у максимальному ступені окиснення.

Очевидно, що речовина **2** є сульфідом, при горінні якого утворюються два оксиди – X_2O_n та SO_2 . Крім того, масова частка Сульфуру в речовині **2** складає $1/3,343=0,2991$

Тоді:

$$X_2S_y \rightarrow X_2O_n, \quad \frac{2x+16n}{2x+32y} = 1,075 \quad \text{та} \quad \frac{32y}{32y+2x} = \frac{1}{3,343}$$

Звідки: $x=14,98n$

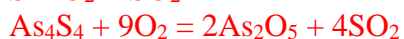
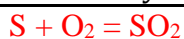
$n=5 \quad x=74,9 \text{ (As)}$

Речовина **2** - **As₂S₂ (As₄S₄, AsS)**

4.3 **Визначте** **3**, якщо продуктами його термічного розкладу є нітрит та кисень. Метал, що входить до нітриту, знаходиться у четвертому періоді, а його солі не дають осаду з амоній карбонатом.

KNO₃

4.4 **Запишіть** рівняння реакцій горіння речовин **1** і **2** та реакції термічного розкладу сполуки **3**.



Пізніше, у аналогічній суміші використовувалися речовини **1, 3 і 4** у мольному співвідношенні 1:2:3. Речовина **4** є простою. Ця суміш зберігає свої вибухові властивості навіть за відсутності кисню. При цьому утворюється бінарна газова суміш з молярною масою 40 г/моль.

4.5 Визначте речовину **4** та напишіть рівняння реакції.

Оскільки кисень не приймає участі в реакції, то окисником є N^{+5} . Співвідношення об'ємів N_2 та іншого газу 1:3

$$0,25 \cdot 28 + 0,75 \cdot x = 40$$

$$x = 44$$



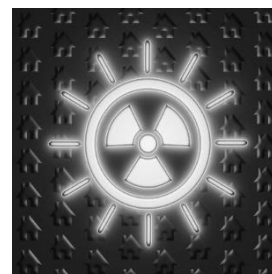
4.6 Вкажіть яку назву має винайдена в древньому Китаї суміш речовин **1, 3 та 4**.

Порох (димний).

Задача 5. «Нітон, Торон, Актинон».

Автор: Ляпунов Олександр

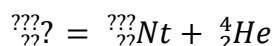
Елемент **X**, що утворює газоподібну просту речовину, відкривали багато разів: подружжя Кюрі, Е. Резефорд, Ф Дорн, А.Л. Деб'єрн (1899–1904). Тільки в 1908 році В. Рамзаю вдалось визначити густину простої речовини, утвореної ізотопом нового елемента, який він назвав Нітон (**Nt**). Вона склала 9,911 г/л (н.у.).



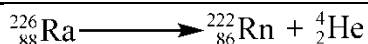
5.1 Визначте елемент **X** та «Нітон».

$M = \rho \times V_M = 9,911 \times 22,4 = 222$. Серед ізотопів з масовим числом 222 газом є тільки **Радон**. $Nt - {}^{222}_{86}\text{Rn}$

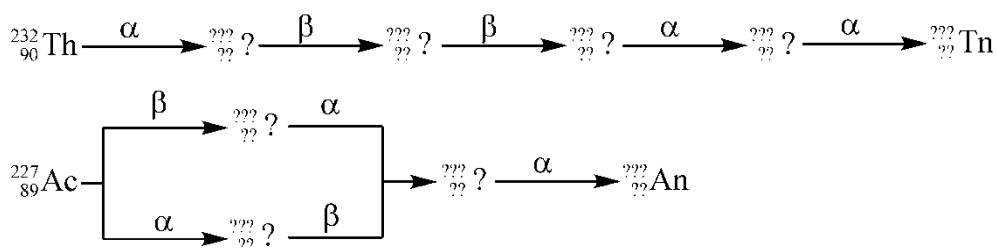
У природних умовах «Нітон» утворюється внаслідок перетворення:



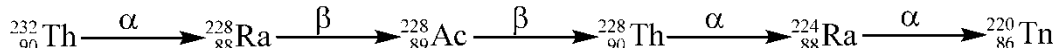
5.2 Запишіть рівняння реакції.

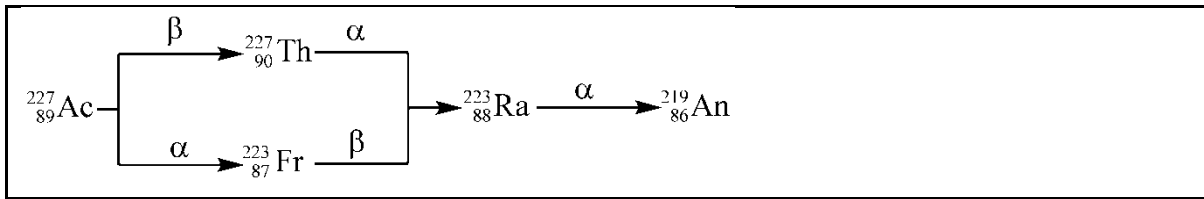


«Відкриті» Дорном та Резерфордом за кілька років до цього «Торон» (Tn) і «Актинон» (An) є також ізотопами елемента **X**. У природі вони утворюються за наступними схемами (літерами над стрілками позначено типи радіоактивного розпаду):



5.3 Визначте відносні атомні маси «Торона» і «Актинона». Визначте зашифровані нукліди.





Y – одна з небагатьох відомих сполук X. Питома активність (число розпадів на одиницю маси в одиницю часу) Y складає 85,4% від активності X.

5.4 **Встановіть** формулу речовини Y.

Питома активність радіоактивного зразку залежить від масової частки радіонукліду в сполуці або суміші. Знаючи атомну масу X можна визначити молярну масу Y:

$$M(Y) = 222/0,854 = 260 \text{ г/моль. Це може бути тільки RnF}_2$$

Задача 6. «Індіана Джонсенко та п'ять елементів».

Автор: Ганопольський Антон

Під час чергової наукової експедиції український вчений-мандрівник Індіана Джонсенко потрапив до занедбаної лабораторії. На жаль, двері за ним несподівано зачинилися. Для того, щоб вийти з лабораторії, потрібно ввести код, що складається з порядкових номерів п'яти елементів, які є відповідями до питань 6.1-6.5. Вам пропонується допомогти героїчному мандрівнику. У відповіді вкажіть символ хімічного елементу та відповідні розрахунки (там, де вони необхідні для отримання відповіді).

6.1 Елемент, знаходиться в середині періодичної системи, однак він є радіоактивним. Деякі хімічні властивості цього елементу були передбачені ще Дмитром Менделєєвим до відкриття елементу. Його хімічні властивості дещо схожі на хімічні властивості Ренію.

Tc

6.2 Проста речовина, утворена цим елементом, є газом (н.у.). Вона дуже реакційноздатна і безпосередньо не реагує лише з азотом та інертними газами. Елемент у своїх сполуках може мати лише один ступінь окиснення.

F

6.3 Проста речовина, утворена цим елементом, за температури 100 °С і тиску 2 атм має густину 3,137 г/л.

O

6.4 При розчиненні оксиду цього елементу у воді утворюється розчин відразу двох кислот. Валентність елементу в одній з них дорівнює трьом, а в іншій – чотирьом. Якщо ж до цього розчину додати еквівалентну кількість KOH, а потім випарити і нагріти до 400 °С, то у твердому залишку буде лише одна речовина.

N

6.5 Кристалогідрат сульфату цього елементу при нагріванні втрачає 55,93% своєї маси. Причому подальше нагрівання до втрати маси більше не призводить. При розчиненні 1,00 г цього кристалогідрату в 100 г води утворюється розчин з концентрацією розчиненої речовини 0,0307 моль/л. Концентрація ж невідомого катіону металу в цьому розчині складає 0,0614 моль/л. Вважайте густину розчину рівною 1 г/мл.

Na

6.6 Запишіть код, який допоможе Індіані Джонсенку вибратися із зачиненої лабораторії.

4398711

8 клас. 2 тур.

Задача 1. «Новий погляд на дуже стару картину».

Автор: Ганопольський Антон

У 2017 році група науковців з Бельгії вирішила дослідити одну з картин, що досі вважалася класичним зразком середньовічного мистецтва, – «Гентський вівтар» (брати ван Ейки, 1432р). Дослідники встановили, що насправді картина складається з декількох шарів, що були нанесені в різний час. Це можливо встановити за вмістом металів **A**, **B**, **C**, що часто використовувалися ранніми голландськими художниками. Крім того, елемент **D**, який було знайдено у великих кількостях, майже не входив до складу тогочасних барвників. Оксид елемента **D** стали широко застосовувати у складі барвників значно пізніше - у 18-19 сторіччях.

Бінарна сполука елемента **A** була досить поширеним барвником. Проте через токсичність більше не застосовується. За хімічними властивостями ця сполука дуже інертна. Вона не реагує з розбавленими кислотами і лугами, однак на повітрі може горіти з утворенням **A** (рідка речовина за н.у.) і газу **E** з сильним неприємним запахом. Цей газ розчиняється в лугах та дає білий осад при пропусканні крізь розчин барій хлориду.

1.1 Встановіть елемент **A**, газ **E** та хімічну формулу барвника

A - Hg, **E** - SO₂,
HgS

Оксид металу **D** ($w(D) \approx 70\%$) став заміником сполуки елемента **A**. Він нерозчинний у воді, відновлюється до чистого металу **D** при використанні CO або термітного процесу з алюмінієм.

1.2 Встановіть D та формулу його оксиду, напишіть рівняння реакцій відновлення металу з оксиду.

D - Fe
Fe₂O₃
Fe₂O₃ + 3CO = 2Fe + 3CO₂
Fe₂O₃ + 2Al = Al₂O₃ + 2Fe

Метал **B** не належить до перехідних. Його основний карбонат **X** використовували як білило на даній картині. Він розчиняється в кислотах з виділенням газу **G**. При додаванні до отриманого розчину хлоридної кислоти випадає осад **H**, який розчиняється при нагріванні. Якщо взяти 1,000 г **X**, то при його розчиненні утвориться 57,76 мл **G** та 1,076 г осаду **H** (н.у.).

1.3 Встановіть сполуки **X, G, H** та елемент **B**.

B – Pb

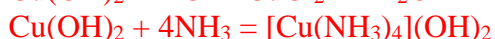
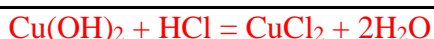
X – $\text{Pb}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{PbCO}_3$

G – CO_2

H – PbCl_2

Основний карбонат металу **C** використовували в давнину для отримання синьої фарби. Гідроксид металу **C** блакитного кольору є нерозчинним у воді, проте розчиняється у кислотах і в розчині амоніаку з утворенням синього розчину. При нагріванні гідроксиду в атмосфері водню через деякий час твердий залишок забарвлюється у червоний колір.

1.4 Визначте елемент **C**. Напишіть рівняння реакцій розчинення його гідроксиду у хлоридній кислоті та в розчині амоніаку.



Гідроксид металу **C** розчинили в еквівалентній кількості сульфатної кислоти, а потім занурили в утворений розчин залізму пластинку масою 20,00 г. Через деякий час пластинку витягли з розчину, промили та висушили. Її маса дорівнювала 20,50 г.

1.5 Обчисліть масу металу **C**, що міститься на пластинці.

При осадженні 1 моль міді маса пластинки змінюється на $63,55 - 55,85 = 7,70$ г. Оскільки маса змінилася на 0,50 г, то осіло $0,5/7,7 = 0,065$ моль міді. **$m(\text{Cu}) = 4,13$ г.**

1.6 Обчисліть молярну концентрацію солей в утвореному розчині, якщо відомо, що для розчинення гідроксиду металу **C** використали 200 г розчину сульфатної кислоти з густиною 1,1 г/мл і концентрацією 14,7%. Зміною густини та об'єму розчину знехтуйте.

$$n(\text{FeSO}_4) = 0,065 \text{ моль}$$

$$n(\text{CuSO}_4)_0 = n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,3 \text{ моль}$$

$$n(\text{CuSO}_4) = 0,3 - 0,065 = 0,235 \text{ моль}$$

$$V = 0,182 \text{ л}$$

$$n(\text{FeSO}_4) = 0,36 \text{ М}$$

$$n(\text{CuSO}_4) = 1,29 \text{ М}$$

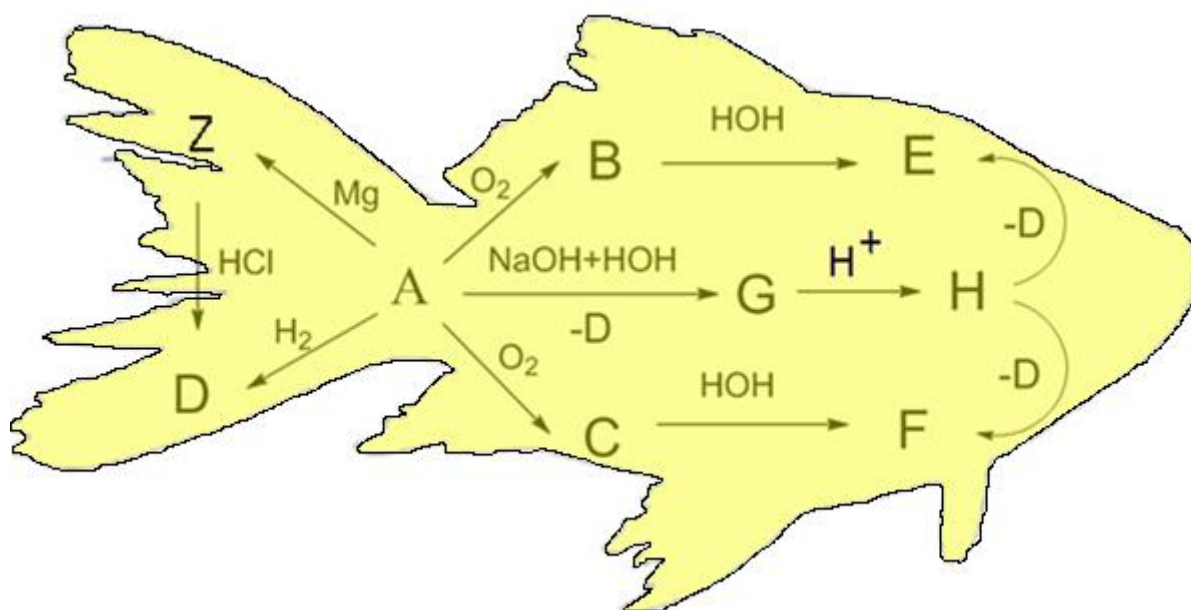
Задача 2. «Золота рибка».

Автор: Кандаскалов Дмитро

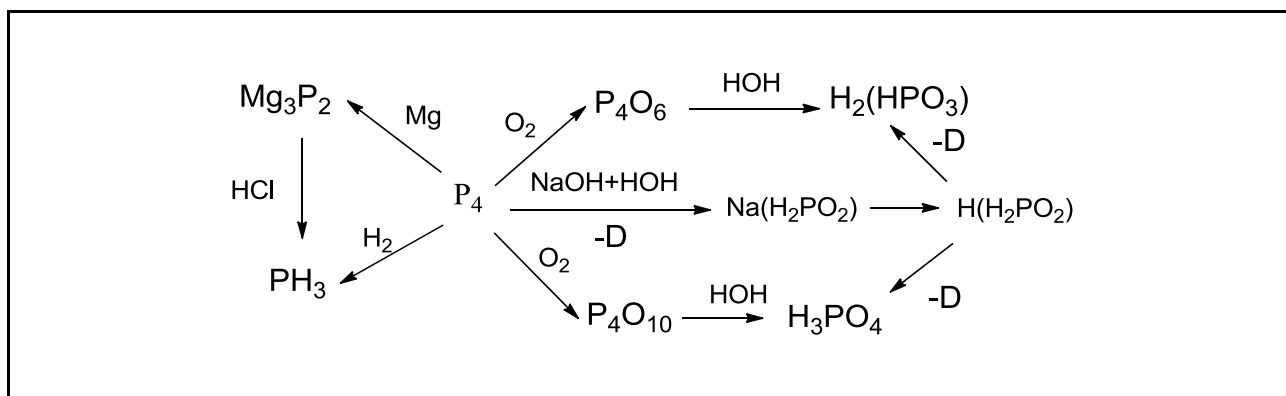
Речовина **A** знайома людству з давніх давен. Існують відомості, що цю речовину вміли отримувати арабські алхіміки ще у XII сторіччі, а Лавуазьє показав, що речовина **A** є простою.

При окисненні **A** може утворюватись 2 оксиди **B** і **C**, в яких сума масових часток **A** складає 100%, а різниця – 12,71%. При відновленні воднем **A** утворює газ **D**, молекулярна маса якого приблизно в чотири рази менша за молекулярну масу **A**. Гідроліз оксидів **B** та **C** призводить до утворення кислот **E** (двохосновна) та **F**. Також кислота **F** може бути отримана в одну стадію з **A** чи **D** дією концентрованої нітратної кислоти. В лужному середовищі **A** перетворюється в **G** - сіль одноосновної кислоти **H**. При нагріванні кислота **H** перетворюється на кислоту **E** та газ **D** (100 °C) за реакцією $3H \rightarrow 2E + D$ або на кислоту **F** та газ **D** (150 °C) за реакцією $2H \rightarrow F + D$

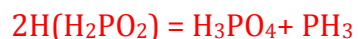
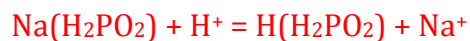
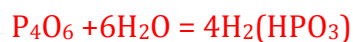
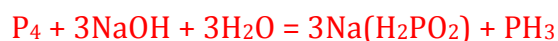
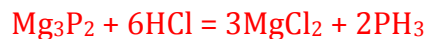
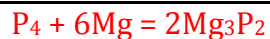
Схема всіх згаданих перетворень:



2.1 Розшифруйте невідомі речовини, що зображені на схемі.



2.2 Запишіть рівняння всіх згаданих на схемі реакцій.

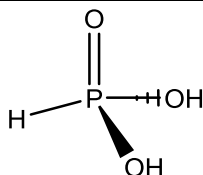


2.3 Поясніть що таке алотропія та **вказіть** три алотропні модифікації речовини А.

Алотропія – це явище існування хімічного елементу у вигляді декількох простих речовин.

Білий, червоний, чорний фосфор.

2.4 Зобразіть просторову будову кислоти Е.



2.5 Як риби пов'язані з елементом А?

Риба є одним з основних продуктів с нашого раціону, який містить Фосфор.

Задача 3. «Перекристалізація».

Автор: Ганопольський Антон

Комерційно доступні реактиви не завжди виявляються чистими, тому часто доводиться здійснювати їх додаткове очищення методом перекристалізації. Перекристалізацію також можна використовувати для очищення солей, що утворюють кристалогідрати. Так, типовою лабораторною роботою для студентів хімічних факультетів є перекристалізація мідного купоросу.

Першокурсникові необхідно було перекристалізувати 10 г мідного купоросу, що містив незначну кількість домішок, в температурному інтервалі від 100 °С (розчинність CuSO_4 становить 77 г на 100 г води) до 25 °С (розчинність CuSO_4 становить 22 г на 100 г води). Однак він помилився в розрахунках і взяв для перекристалізації 12 г води.

3.1 Поясніть чому вибір такої кількості розчинника для перекристалізації є помилковим.

Розчин не буде насиченим. Вихід перекристалізації буде низьким або ж сіль взагалі не випаде.

3.2 Розрахуйте масу води, яку необхідно випарити першокурсникові, щоб отримати насичений розчин за температури 100 °С.

$$\begin{aligned}w(\text{CuSO}_4) &= 77/177 = 0,435 \\m(\text{р-ну}) &= 6,4/0,435 = 14,7 \text{ г} \\m(\text{H}_2\text{O}) &= 10+12-14,7 = 7,3 \text{ г}\end{aligned}$$

3.3 Розрахуйте масу мідного купоросу, що викристалізується з отриманого насиченого розчину при його охолодженні від 100 °С до 25 °С.

$$\frac{22}{122} = \frac{6,4 - 0,64x}{14,7 - x}$$

$x=8,2 \text{ г}$

3.4 Розрахуйте теоретичний вихід проведеної перекристалізації.

82%

3.5 Однак далеко не всі речовини доречно очищати методом перекристалізації. **Запропонуйте три** можливі **причини**, які можуть зробити перекристалізацію малоефективною або ж взагалі неможливою.

Мала розчинність, слабка залежність розчинності від температури, термічна нестабільність.

Задача 4. «Індіана Джонсенко та п'ять сполук»

Автор: Ганопольський Антон

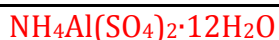
Ви напевно пам'ятаєте Індіану Джонсенка, який, сподіваємося, вдало вийшов з минулого випробовування. Проте попереду в нього нова пригода. Нажаль, його кохана дружина Джессіка Джонсенко потрапила у полон до жорстокого племені Здичавілих. Однак очільник племені описав деякі властивості п'яти різних сполук та пообіцяв відпустити Джессіку, якщо Індіана зможе принести йому ці речовини.

Допоможіть Індіані Джонсенку зрозуміти, які сполуки принести очільнику племені Здичавілих. Наведіть відповідні розрахунки та ваші міркування.

4.1 Сполука **1** використовується в лабораторії для добування кисню, а її водний розчин має фіолетове забарвлення.



4.2 Сполука **2** при розчиненні у воді утворює розчин двох солей. При додаванні до цього розчину BaCl_2 утворюється білий кристалічний осад, який не розчиняється у хлоридній кислоті. Якщо до розчину сполуки **2** додати надлишок лугу і нагріти, то виділиться газ з неприємним запахом. При нагріванні речовина **2** втрачає 52,3% своєї маси.



4.3 Сполука **3** є добре розчинним у воді газом. На нейтралізацію розчину, що містить 6,4г речовини **3** необхідно витратити 25 мл 2М розчину натрій гідроксиду.



4.4 Сполука **4** є бінарною. Якщо провести елементний аналіз її водного розчину, то виявиться, що він містить лише два хімічні елементи.



4.5 Сполука **5** є рідиною за кімнатної температури, яка «димить» на вологому повітрі. При її реакції з магнієм утворюється метал, маса якого приблизно дорівнює масі магнію, що пішла на його отримання. При окисненні цієї сполуки киснем утворюється жовто-зелений газ, який є простою речовиною.



Задача 5. «10 питань».

Автор: Гавриленко Костянтин

Електронегативність – одна з фундаментальних характеристик атомів. Це поняття було введено ще на початку XIX ст. Дж.Я.Берцеліусом і з того часу широко використовується в хімії.

5.1 Дайте визначення електронегативності

Електронегативність – це здатність атому притягувати електрони.

5.2 Електронегативність залежить від електронної будови атома. Як змінюється електронегативність? Відповідь обґрунтуйте.

В періоді періодичної системи зліва направо:	зростає
Збільшується заряд ядра, тому електрони сильніше до нього притягуються	
В групі періодичної системи зверху вниз:	зменшується
Зростає радіус атому, тому сила притягання між ядром та електронами зменшується.	

5.3 Наведіть електронну будову атомів з найбільшою та найменшою електронегативністю та поясніть, як їх електронегативність пов'язана з електронною будовою:

	Атом	Електронна будова та пояснення
Найбільша електронегативність	F	$1s^2 2s^2 2p^5$
Найменша електронегативність	Fr	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 6s^2 4f^{14} 5d^{10} 6p^6 7s^1$.

Найчастіше поняття електронегативності застосовується при визначенні полярності хімічного зв'язку. Нехай атоми **A** та **B** мають електронегативності **x** та **y** відповідно.

5.4 Запропонуйте рівняння для оцінки полярності хімічного зв'язку **A-B** в термінах електронегативності.

Варіантів відповіді багато. Наприклад:

$$\text{Полярність} = |x - y|$$

5.5 Дайте визначення ковалентного зв'язку

Ковалентний зв'язок – це зв'язок, який реалізується за рахунок спільної електронної пари.

5.6 Чим відрізняються між собою ковалентний полярний та ковалентний неполярний зв'язки?

Ковалентний неполярний зв'язок можливий за умови рівності електронегативностей атомів. В цьому випадку спільна електронна пара рівновіддалена від обох атомів, тому вони мають нульові ефективні заряди.

Ковалентний полярний зв'язок утворюється між атомами з різною електронегативністю. При цьому один з атомів отримує додатні ефективний заряд, а інший – від'ємний.

5.7 Наведіть по три приклади молекул з ковалентним полярним та ковалентним неполярним зв'язком. Вкажіть в них (там де потрібно) знак поляризації відповідних атомів (δ^+ та δ^-).

Ковалентний полярний:	H ₂ S	CO	NO
Ковалентний неполярний:	H ₂	O ₂	N ₂

5.8 Дайте визначення йонного хімічного зв'язку?

Йонний зв'язок – це зв'язок між йонами за рахунок електростатичної взаємодії.

5.9 Вкажіть тип хімічного зв'язку в сполуках CsF, ClF, LiF, F₂ та розташуйте їх в порядку зменшення полярності відповідних молекул:

Сполука:	CsF	LiF	>	ClF	F ₂
тип зв'язку:	йонний	йонний		ковалентний полярний	ковалентний неполярний

5.10 На відміну від йонного, ковалентний зв'язок є просторово направленим. Вкажіть тип гібридизації некінцевих атомів та зобразіть просторову будову наступних молекул: CO₂, SO₂, SOCl₂, POCl₃, PH₃, SF₆.

CO ₂	sp	лінійна
SO ₂	sp ²	кутова
SOCl ₂	sp ³	викривлена піраміда
POCl ₃	sp ³	викривлений тетраедр
PH ₃	sp ³	піраміда
SF ₆	sp ³ d ₂	октаедр

Задача 6. «Іншопланетна періодична система».

Автор: Рябухін Сергій

На планеті Альфа періодичний закон та періодична система елементів не відрізняються від відповідних законів на Землі. Однак періодична система Альфи містить зовсім інші елементи. Єдиним винятком з цього правила є Карбон, який теж знаходиться на 6-му місці в періодичній системі, а 1/12 його маси, як і на нашій планеті, дорівнює 1 атомній одиниці маси (1 а.о.м). Так, невідомий елемент Гавріум (Gv) складається з 2-х ізотопів ^{15}Gv і ^{16}Gv , а елемент Пуніум (Pn) з трьох – ^{19}Pn , ^{20}Pn та ^{21}Pn .

6.1 Визначте мольні частки ізотопів природного Гавріуму на планеті Альфа, якщо відомо, що його атомна маса складає 15,1 а.о.м. (Атомні маси ізотопів на планеті Альфа прийняти за цілі числа, а дефектом маси знехтувати).

Нехай мольна частка ^{15}Gv дорівнює x , тоді мольна частка ^{16}Gv – $(1-x)$.

Звідси $15x + 16(1-x) = 15,1$, вирішуємо рівняння $x=0,9$.

Тобто в природному Gv – 90% ^{15}Gv і 10% ^{16}Gv .

Pn та Gv здатні утворювати сполуку GvPn₃.

6.2 Визначте мольні частки ізотопів природного Пуніуму на планеті Альфа, якщо відомо, що молекулярна маса GvPn₃ складає 72,7 а.о.м, а кількості атомів ізотопів ^{20}Pn та ^{21}Pn відносяться як 2:1.

Атомна маса Pn дорівнює – $[m(\text{GvPn}_3) - m(\text{Gv})]/3 = 19,2$ (аом)

Нехай масова доля ^{19}Pn дорівнює x , масова доля ^{20}Pn – y , тоді масова доля ^{21}Pn – $(1-x-y)$.

Звідси $19x + 20y + 21(1-x-y) = 19,2$, $2x + y = 1,8$

З іншого боку маса $y = 2(1-x-y)$, $y = 2/3(1-x)$

Підставимо x в перше рівняння та спростимо вираз – $4x = 3,4$, $x = 0,85$

Звідси $y = 0,1$, $z = 0,05$

Тобто в природному Pn – 85% ^{19}Pn , 10% ^{20}Pn та 5% ^{21}Pn .

6.3 Визначте кількість протонів, нейтронів та електронів у ^{15}Gv та ^{19}Pn , якщо відомо, що ^{21}Pn містить 12 нейтронів.

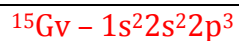
Якщо ^{21}Pn містить 12 нейтронів, то кількість протонів в ньому – $21-12 = 9$. Оскільки ізотопи відрізняються лише кількістю нейтронів, то

^{19}Pn містить 9 протонів, 10 нейтронів та 9 електронів.

Зрозуміло, що Pn не вистачає до завершення другого електронного шару та набуття стабільної електронної конфігурації лише 1-го електрону. Тобто його валентність та ступінь окислення в GvPn₃ – I, та +1 відповідно. Тоді зрозуміло, що Gv має валентність III та ступінь окислення +3. В такому випадку це може бути або елемент з 5-ма протонами, або з 7-ма. З умови задачі відомо, що на планеті існує Карбон і він знаходиться на 6-му місці. Тобто Gv містить 7 протонів (оскільки $m(\text{Gv}) > m(\text{C})$).

Відповідно ^{15}Gv містить 7 протонів, 8 нейтронів та 7 електронів.

6.4 Наведіть електронну конфігурацію ^{15}Gv та ^{19}Pn .



6.5 Вкажіть радіус атома якого з елементів більше - Pn чи Gv? Відповідь аргументуйте.

Pn має менший радіус за рахунок більшого заряду ядра при однаковій кількості електронних рівнів.

6.6 Вкажіть на які елементи нашої періодичної системи найбільше схожі Gv та Pn.

Gv – подібний до N, а Pn до F.

8 клас (експериментальний тур)

Задача 1. ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ РОЗЧИНІВ НЕОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН ЗА ДОПОМОГОЮ ДОДАТКОВИХ РЕАКТИВІВ.

Автор: Редчук Анатолій

Обладнання та реактиви. Наважки солей для аналізу, дистильована вода, набір пробірок, піпетка, шпатель, розчини натрій гідроксиду та амоніаку.

В п'яти пронумерованих пробірках знаходяться кристалогідрати індивідуальних солей: ферум(II) сульфату, ферум(III) сульфату, купрум(II) сульфату, нікель(II) сульфату і хромового галу ну (калій хром(III) дисульфат). Використовуючи наявні на столі реактиви та обладнання, визначте вміст кожної пробірки.

1. **Вкажіть** формули солей, що знаходяться у кожній з пробірок.

Пробірка №1	_____
Пробірка №2	_____
Пробірка №3	_____
Пробірка №4	_____
Пробірка №5	_____

2. **Обґрунтуйте** ваш розв'язок. Для цього **запишіть** ваші **спостереження** при додаванні до розчинів невідомих солей розчинів луку та амоніаку, а також **рівняння** відповідних хімічних реакцій.

--

Задача 2. ВИЗНАЧЕННЯ НЕОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН У ПРОБІРКАХ БЕЗ ЗАСТОСУВАННЯ ДОДАТКОВИХ РЕАКТИВІВ.

Автор: Редчук Анатолій

Обладнання та реактиви: розчини невідомих солей (AgNO_3 , AlCl_3 , Na_2S , BaCl_2 , KNO_3 , K_3PO_4 , H_2SO_4 , HCl) в пронумерованих пробірках, дистильована вода, піпетка, набір пробірок.

1. **Не використовуючи додаткових реактивів, визначте**, в якій пробірці міститься кожна з речовин.

Пробірка №1	_____	Пробірка №2	_____
Пробірка №3	_____	Пробірка №4	_____
Пробірка №5	_____	Пробірка №6	_____
Пробірка №7	_____	Пробірка №8	_____

2. **Коротко опишіть** сутність вашого підходу до ідентифікації вмісту пробірок. **Запишіть рівняння** всіх реакцій та відповідні **спостереження**, на яких ґрунтується ваші відповіді стосовно вмісту пробірок.

Розчинність деяких кислот, основ та солей у воді (кімнатна температура)

	H ⁺	Li ⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Ba ²⁺	Sr ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Ni ²⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Ag ⁺	Hg ²⁺	Pb ²⁺	Cu ²⁺
OH ⁻		P	P	P	P	P	M	M	H	H	H	H	H	H	H	H	-	-	H	H
F ⁻	P	M	P	P	P	M	H	H	H	M	H	H	H	P	P	P	P	-	H	P
Cl ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	P	M	P
Br ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	M	M	P
I ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	P	?	P	P	P	H	H	H	P
S ²⁻	P	P	P	P	P	-	H	-	-	-	-	H	-	H	H	H	H	H	H	H
SO ₃ ²⁻	P	P	P	P	P	H	H	H	M	?	-	H	?	H	?	M	H	H	H	?
SO ₄ ²⁻	P	P	P	P	P	H	H	M	P	P	P	P	P	P	P	P	M	-	H	P
NO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
NO ₂ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	P	?	?	M	?	?	?
PO ₄ ³⁻	P	H	P	P	-	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
CO ₃ ²⁻	P	P	P	P	P	H	H	H	H	?	?	H	?	H	H	H	H	?	H	H
CH ₃ COO ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	-	P	P	-	P	P	P	P	P	P	P
SiO ₃ ²⁻	H	H	P	P	?	H	H	H	H	?	?	H	?	?	H	H	?	?	H	?

P – розчиняється (> 1 г у 100 г води)

M – мало розчиняється (від 0,1 до 1 г у 100 г води)

H – не розчиняється (< 1 г у 100 г води)

- – у воді розкладається ? – немає достовірних даних про існування речовини

9 клас. 1 тур.

Завдання 1. «Цілься! Вогонь!»

Автор: Желавський Олексій

Для відстеження траєкторії стрільби з вогнепальної зброї використовують так звані «трасуючі» боєприпаси. В задній частині кулі розміщується піротехнічна суміш, що запалюється при пострілі та горить протягом польоту кулі, залишаючи за нею яскравий слід – «трасер». Зазвичай така суміш складається з порошку доволі активного металу та сполуки-окисника.



Досліджувана піротехнічна суміш складається із порошоків металу **X** та бінарної сполуки **A** (містить елемент-метал **Z**). Наважку суміші масою 2,000 г розчинили в розведеній хлоридній кислоті. При цьому виділився єдиний газ **B** об'ємом 336,6 мл (1 атм, 22°C). Отриманий розчин містив надлишок кислоти, суміш солей **B** та **Г** і сполуку **Д**. Упарювання розчину досуха при 100°C призводить до виділення, крім HCl та H₂O, єдиного газу **E** об'ємом 168,3 мл (1 атм, 22°C), а сухий залишок є сумішшю солей **B** та **Г**. Отримані об'єми газів **B** та **E** прореагували між собою при 200°C та 1 атм, об'єм реакційної суміші зменшився на 1/3, а при її охолодженні вона повністю зконденсувалася у 0,2502 г рідини **Ж**.

1.6 Визначте гази **B**, **E** та сполуки **Д** та **Ж**. Відповідь підтвердіть розрахунком.

Кількість речовини газів, ммоль: **B** 13,9, **E** 6,95; загальна 20,85, зменшена на третину 13,9
Молярна маса **Ж**: 250,2/13,9=18,0 (г/моль). Отже, **B** водень, **E** кисень.
Речовина, яка "зникає" з виділенням кисню, – гідроген пероксид.

B: водень **E**: кисень **Д**: гідроген пероксид **Ж**: вода

За результатами рентгенфлюоресцентного аналізу, суміш солей **B** та **Г** містить (за масою): однакових ступенях окиснення.

1.7 Визначте елементи **X** і **Z** та сполуки **A**, **B** і **Г**.

Оскільки кількості кисню та водню виділилися еквівалентні (тобто такі, що цілком реагують без залишку), можна стверджувати, що речовини (метал та пероксид) у вихідній суміші змішано в еквівалентних кількостях. Середня молярна маса еквівалентів двох металів така:

$$\bar{M}_{\text{екв}} = \frac{35,5 \cdot (9,58 + 34,53)}{55,89} = 27,98 \text{ (Г/моль)}$$

З іншого боку, за еквівалентного складу, відношення молярних мас еквівалентів дорівнює відношенню масових часток металів. Отже, для молярних мас еквівалентів металів маємо систему двох рівнянь:

$$\begin{cases} M_{e1} + M_{e2} = 27,98 \cdot 2 \\ M_{e1}/M_{e2} = 34,53/9,58 \end{cases}$$

Звідси $M_{e1}=12,16$, $M_{e2}=43,8$. Зважаючи на однаковий ступінь окиснення в солях, дістаємо: це магній і стронцій.

Примітка. Тим, для кого обговорення в термінах еквівалентів видається незрозумілим, слід розібрати два можливі випадки: обидва метали належать до I групи або до II групи. А якщо звернути увагу на складність добування лужного металу (його ціну) та складність роботи із

ним, актуальним взагалі залишається лише випадок лужноземельних металів.

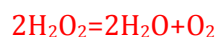
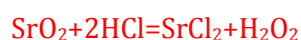
X

1.8 Розрахуйте масові частки компонентів у вихідній суміші.

Еквімолярність суміші встановлено у попередньому пункті. Можна також провести стехіометричні розрахунки за об'ємами виділених газів.

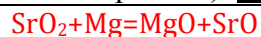
w

1.9 Запишіть рівняння всіх реакцій, використаних в аналізі суміші.



2

1.10 Напишіть рівняння горіння піротехнічної суміші (кисень повітря не бере участі в реакції). **Вкажіть** колір «трасера», виготовленого з використанням цієї суміші.



Полум'я, що виникає при горінні магнію – яскраво-біле, але присутність іонів стронцію надає йому характерний червоний колір. Такий колір мають трасуючі боеприпаси, що використовуються в арміях країн НАТО.

Завдання 2. Вільний вибір

Автор: Гончаров Віктор

Запропоновано таку хімічну гру. Є наперед заданий набір реактивів. Двоє гравців по черзі забирають з цього набору по одному реактиву. Назвемо того, хто бере першим, білими, іншого – чорними. Програє той, в кого у першого виявляться два реактиви, здатні реагувати між собою.



Виконайте аналіз, заповнивши картки для кожного із запропонованих наборів за схемою:

- Запишіть рівняння можливих реакцій між усіма парами реактивів.
- Після кожного рівняння реакції вкажіть, чи є реакція окисно-відновною (ОВ), чи проводиться як гомогенна (ГМ) або гетерогенна (ГТ).
- Вкажіть ходи суперників (1. хід білих — хід чорних) та назвіть переможця при найкращій грі обох сторін.

Набір А: Fe; Cl₂; CO; FeO

Рівняння реакцій (з указанням ОВ, ГМ/ГТ):

2



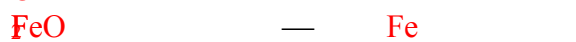
Ф

в

Запис безпомилкової гри:

Переможець:

О



білі

є



Ө

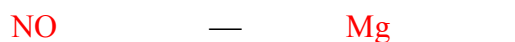
Набір Б: NO; Cl₂; O₂; Mg

Рівняння реакцій (з указанням ОВ, ГМ/ГТ):



Запис безпомилкової гри:

Переможець:

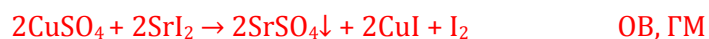


чорні



Набір **B**: $Zn(OH)_2$ – водна суспензія; NH_3 , $CuSO_4$, SrI_2 – водні розчини

Рівняння реакцій (з указанням ОВ, ГМ/ГТ):



Запис безпомилкової гри:

Переможець:

Z

нічия

$CuSO_4$ _____ — _____ $NH_3 \cdot H_2O$ _____

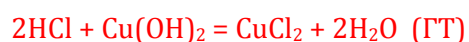
H

Замініть перший реактив у наборі **B** так, аби результат гри з новим набором був таким самим, як із набором **A**. **Укажіть** новий реактив та **допишіть** нові реакції.

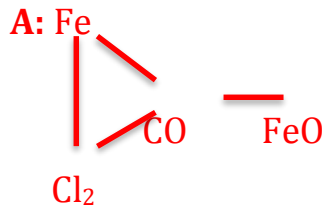
Новий реактив:

приміром, HCl

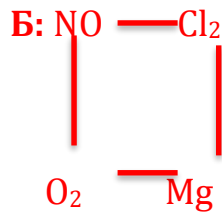
Рівняння нових реакцій (з указанням ОВ, ГМ/ГТ):



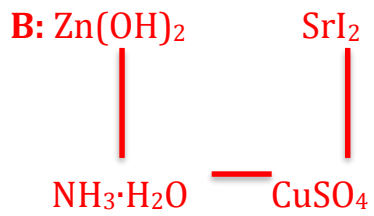
Зручний спосіб обговорення та розв'язку надає теорія графів.



вибирай більш ізольований реактив



діагональна відповідь (далі від вибору суперника)



вибирай більш ізольований реактив

Завдання 3. Смертоносний макіяж

Автор: Бородін Олег

У XIV-XVII ст. європейці активно користувалися косметичними засобами, які, як виявилось пізніше, були дуже отруйними. Одним із найпопулярніших тогочасних засобів була Венеціанська церуса, що слугувала для вибілювання обличчя, шиї та інших ділянок тіла. Біла пудра спричиняла серйозні подразнення шкіри, втрату волосся, розумові розлади. Вважають, що цим смертоносним макіяжем користувалася англійська королева Єлизавета I. Головним компонентом Венеціанської церуси була основна сіль **A** металу **X**.



Виготовляли білий пігмент таким чином: метал **X** залишали у посудині з оцтом у присутності газу **Y** на декілька тижнів. На поверхні **X** поступово утворювався білий шар **A**.

Зроблений пізніше аналіз показав, що при прожарюванні ($\approx 700^\circ\text{C}$) суміші 0,5000 г **A** з надлишком вугілля в інертній атмосфері утворюється твердий залишок масою 0,4007 г та газова суміш, що після пропускання через купрум сульфат (маса якого при цьому збільшилася на 11,62 мг) складалася з двох компонентів однакового якісного складу. У формульній одиниці **A** кількість атомів **X** менше 6.

Визначте якісний та кількісний склад речовини **A**.

При термічному розкладі основної солі може утворитися оксид металу, вода та кислотний оксид (і, можливо, кисень). При реакції оксиду металу з вугіллям може утворюватися метал та оксид Карбону (II). Враховуючи, що після прокалювання **A** з вугіллям утворюється вода (поглинається Купрум сульфатом) та суміш двох газів однакового якісного складу, очевидно, що кислотний оксид – оксид Карбону (IV), а отже, аніон солі – карбонат. Звісно, сіль **A** могла містити й інші аніони, які не давали б газоподібних речовин при термічному розкладі, але вказівок на це у тексті задачі немає.

Припустимо, що оксид металу **X**, який, можливо, утворюється при термічному розкладі **A**, повністю відновлюється вуглецем до металу **X**. Тоді можна розрахувати масову частку **X** у солі **A**. Також, знаючи масу води, що виділилася в ході розкладу солі, можна знайти масову частку гідроксид-аніону в **A**. Загальну формулу солі **A** можна записати як $\text{X}_a(\text{OH})_b(\text{CO}_3)_c$. Нехай молярна маса **X** дорівнює x г/моль.

$$w(\text{X}) = \frac{ax}{ax + 17,01b + 60,01c} = \frac{0,4007}{0,5000} = 0,8014$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 0,01161 \text{ г}; \quad m(\text{OH}) = \frac{2m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} \times M(\text{OH}) = \frac{2 \times 0,01162}{18,02} \times 17,01 = 0,02194 \text{ г}$$

$$w(\text{OH}) = \frac{17,01b}{ax + 17,01b + 60,01c} = \frac{0,02194}{0,5000} = 0,04388$$

$$\begin{cases} \frac{ax}{ax + 17,01b + 60,01c} = 0,8014 \\ \frac{17,01b}{ax + 17,01b + 60,01c} = 0,04388 \end{cases} \Rightarrow \frac{ax}{17,01b} = \frac{0,8014}{0,04388} = 18,26$$

$$x = 310,6 \times \frac{b}{a}$$

Враховуючи, що $a < b$ і $a > b$, методом підбору встановлюємо, що при $a = 3$ і $b = 2$ $x = 207,1 \approx 207$, тобто **X** – Pb. Інші метали, що також задовольняють отриманому рівнянню при інших значеннях a і b , наприклад, Rh і Re, не беремо до уваги, оскільки ці метали не були відомі у XIV-XVII ст.

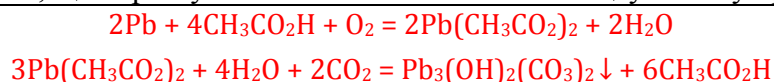
Тепер розрахуємо індекс при карбонаті.

$$M(\text{Pb}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_c) = \frac{207,2 \times 3}{0,8014} = 775,6 \text{ г/моль}$$

$$c = \frac{775,6 - 207,2 \times 3 - 17,01 \times 2}{60,01} = 2$$

Таким чином, формула **A** – $\text{Pb}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_2$ або $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$.

Напишіть рівняння усіх реакцій, які проходять при утворенні Венеціанської церуси з **X** та оцту. Зважайте, що **X** реагує з ключовим компонентом оцту лише у присутності повітря.



Відомі такі значення констант рівноваги: $\lg K_s(\text{A}) = -46,98$; $\lg K_a(\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}) = -4,76$; $\lg K_w = -14,0$; $\lg K_H = 16,7$, де $\lg K_H$ – десятковий логарифм сумарної константи протонування (по усім ступеням) негідроксидного аніону в **A**.

За допомогою розрахунку константи розчинення **A** в оцті **обґрунтуйте**, чому **A** може існувати в кислому середовищі. Зважайте, що, крім кислотно-основних реакцій за участю відбуваються.

6×	$\text{Pb}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_2 \rightleftharpoons 3\text{Pb}^{2+} + 2\text{OH}^- + 2\text{CO}_3^{2-}$, $\lg K_s = -46,98$
2×	$\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{CO}_2^- + \text{H}^+$, $\lg K_a = -4,76$
2×	$\text{H}^+ + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}$, $-\lg K_w = 14,0$
2×	$\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} \cdot \text{CO}_2$, $\lg K_H = 16,7$
	$\text{Pb}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_2 + 6\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H} \rightleftharpoons 3\text{Pb}^{2+} + 6\text{CH}_3\text{CO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O} \cdot \text{CO}_2$, $\lg K = \lg K_s + 6\lg K_a + 2\lg K_w + 2\lg K_H = -46,98 - 6 \times 4,76 + 2 \times 14 + 2 \times 16,7 = -14,14$
Таким чином, рівновага реакції розчинення основної солі в оцтовій кислоті зміщена практично повністю у бік осаду A .	

Завдання 4. Три кольори

Автор: Кандаскалов Дмитро

Є три водні розчини солей **A**, **B**, **C** з масовою часткою солі 1,5%. Всі ці розчини замерзають при температурі $-0,76\text{ }^{\circ}\text{C}$ (кріоскопічна стала води $1,86\text{ кг/моль}$). Один з цих розчинів забарвлює полум'я в фіалковий колір, інший в жовтий, а третій у карміново-червоний. При попарному зливанні цих трьох розчинів лише у випадку пари розчинів **A+C** не відбувається виділення газу. Сіль **A** походить від кислоти, яку не виділено у вільному вигляді, а при зберіганні водного розчину цієї кислоти вона розкладається.

Виведіть загальну формулу для обчислення молярної маси солей.

Перерахунок масової частки на молярність (M - молярна маса солі):

$$m = \frac{1,5 \cdot 1000}{98,5 \cdot M}$$

$$\Delta T = i \cdot K \cdot m = \frac{15,23 \cdot i \cdot K}{M}, \text{ отже, } M = \frac{15,23 \cdot i \cdot K}{\Delta T}$$

Взявши до уваги, що солі дисоціюють повністю як 1:1-електроліти, **визначте** солі та **зіставте** кожній колір полум'я.

Колір полум'я:	фіалковий	жовтий	карміново-червоний
Катіон:	K^+	Na^+	Li^+

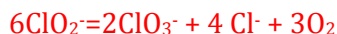
Для сильного 1:1 електроліта $i=2$, тож $M=74,5\text{ г/моль}$. Молярні маси солей майже однакові, а формульна одиниця, ймовірно, містить 1 атом хлору.

A: LiClO_2 **B:** KCl **C:** NaOCl

Запишіть рівняння згаданих в умові задачі хімічних реакцій.



(рекомендовано також приймати фотохімічний розпад із виділенням кисню:

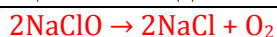


можливе також окиснення:



Якщо учасник, мотивуючи останньою реакцією, вказує на те, що задача нерозв'язна, то при правильно обчисленій молярній масі це цілком правильне рішення.

Які з цих солей здатні термічно розкладатися? **Запишіть** рівняння реакцій розкладу.



(або так: $\text{LiClO}_2 = \text{LiClO}_3 + \text{LiCl}$)

Відоме емпіричне правило щодо того, що сила кислоти H_mXO_n зростає при збільшенні значення n .

Поясніть причину такого ефекту.

Додаткові атоми кисню приєднуються до атома X, збільшуючи його ефективну електронегативність, яка в свою чергу впливає на OH-групу.

Застосуйте правило для кислот, аніони яких утворюють солі А, В, С. Якщо воно десь не спрацьовує, **поясніть**, чому.

$HCl - HClO - HClO_2$

На першому етапі не працює, бо маємо перехід від безоксигенової до оксигеновмісної кислоти. На другому працює.

Завдання 5. Борошно для хлібу хімічної промисловості

Автор: *Виборний Михайло*

Проста речовина жовтого кольору **X** зустрічається у вигляді самородного мінералу, або входить до складу таких мінералів, як халькопірит, сфалерит, гіпс, мірабіліт тощо. У промисловості **X** давно добувають за методом Клауса. Для цього 1/3 за об'ємом газу **Z**, отриманого для переробки, спалюють у струмені повітря при високій температурі. Потім газову суміш, що утворилась, змішують з залишеним **Z**, і далі пропускають над каталізатором низькою собівартістю. Газ **Z** добувають у великих кількостях з нафти як побічний продукт при її очищенні перед фракційною перегонкою.

З підземних покладів самородного мінералу **X** добувають дією перегрітої водяної пари отримати **X** високої чистоти (99,5-99,9%).

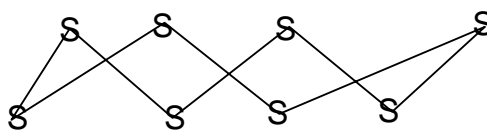
Молярна маса **X** становить приблизно 260 г/моль.

Визначте речовини **X** та **Z**.

X: S₈

Z: H₂S

Зобразіть просторову структуру молекули **X**.



Запишіть рівняння реакцій взаємодії **X** із галогенами.

Сірка реагує з фтором (утворюються SF₆, SF₄, SF₂) хлором (утворюються SCl₄, SCl₂, S₂Cl₂) та бромом (переважно SBr₂, S₂Br₂).

Запишіть формули **X**-вмісних мінералів, згаданих у задачі.

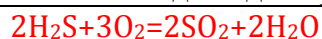
Халькопірит CuFeS₂

сфалерит ZnS

гіпс CaSO₄·2H₂O

мірабіліт Na₂SO₄·10H₂O

Запишіть рівняння реакцій, які відбуваються в процесі Клауса, та поясніть вибір умов та кількостей відповідних речовин.



При такому способі необхідна мінімальна кількість повітря і ми отримаємо майже чисту сірку.

Які домішки може містити **X**, добутий за методом Клауса?

Може містити сірководень та полісульфіди гідрогену.

Чому ці домішки майже не з'являються при другому способі добування X?

Полісульфіди термічно нестійкі, але можливі дуже невеликі домішки сірководню.

Чому Z обов'язково необхідно відділити в процесі переробки нафти?

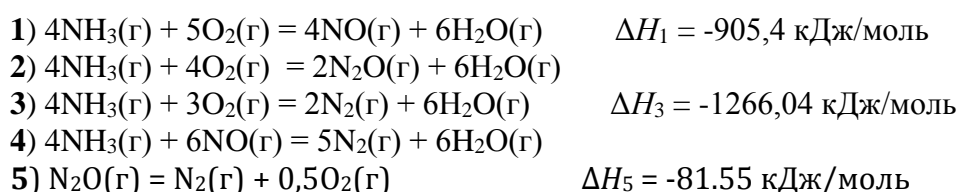
Сірководень руйнує апаратуру, утворюючи сульфіді. Водночас він є ініціатором корозії.

Завдання 6. Оптимізація виробництва

Автор: Пашко Микола

У сучасній хімічній промисловості нітратну кислоту добувають шляхом каталітичного окиснення аміаку до нітроген монооксиду NO з подальшим його окисненням киснем повітря до діоксиду та поглинанням останнього водою.

Виробництво нітратної кислоти складається з декількох етапів. На першому етапі суміш аміаку з повітрям у певному співвідношенні спалюють у спеціальному приладі. При спалюванні аміаку принципово можливі такі реакції:



Обчисліть стандартну зміну ентальпії в реакціях 2 і 4.

$$\Delta H_2 = \Delta H_3 - 2 \cdot \Delta H_5 = -1102,94 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta H_4 = 2,5 \cdot \Delta H_3 - 1,5 \cdot \Delta H_1 = -1807 \text{ кДж/моль}$$

Розрахуйте стандартні ентальпії утворення $\text{NH}_3(\text{г})$, $\text{NO}(\text{г})$ і $\text{H}_2\text{O}(\text{г})$, взявши до уваги, що $\Delta H_f^\circ(\text{H}_2\text{O}, \text{г})$ більша за $\Delta H_f^\circ(\text{NH}_3, \text{г})$ у 5,23 раза.

Позначимо $\Delta H_f^\circ(\text{H}_2\text{O}, \text{г}) = x$, $\Delta H_f^\circ(\text{NO}, \text{г}) = y$, $\Delta H_f^\circ(\text{NH}_3, \text{г}) = z$, тоді

$$\begin{cases} 6 * x + 4 * y - 4 * z = -905,4 \\ 6 * x - 4 * z = -1266,04 \\ \frac{x}{z} = 5,23 \end{cases} \text{ маємо } \begin{cases} x = -241,84 \\ y = 90,16 \\ z = -46,24 \end{cases}$$

Отже $\Delta H_f^\circ(\text{H}_2\text{O}, \text{г}) = -241,84 \text{ кДж/моль}$, $\Delta H_f^\circ(\text{NO}, \text{г}) = 90,16 \text{ кДж/моль}$, $\Delta H_f^\circ(\text{NH}_3, \text{г}) = -46,24 \text{ кДж/моль}$.

Для подальших розрахунків будуть корисними такі довідкові дані:

	$\text{O}_2(\text{г})$	$\text{NO}(\text{г})$	$\text{NH}_3(\text{г})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{г})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{р})$	$\text{NO}_2(\text{г})$	$\text{HNO}_3(\text{р})$
ΔH_f° , кДж/моль	0				-285,84	39,89	-173
S° , Дж/(моль·К)	205,3	210,62	192,5	188,74	69,96	240,45	156,16
C_p , Дж/(моль·К)	29,355	29,884	35,06	35,58	75,291	37,2	109,87

Обчисліть стандартну зміну енергії Гіббса для реакції утворення NO з NH_3 .

$$\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$$

$$\Delta S = 188,74 \cdot 6 + 210,62 \cdot 4 - 205,3 \cdot 5 - 192,5 \cdot 4 = 178,42 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}$$

$$\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S = -905400 - 298 \cdot 178,42 = -958,57 \text{ кДж/моль}$$

Розрахуйте зміну енергії Гіббса для реакції утворення NO з NH_3 при температурі 800°C . Застосуйте такі формули:

$$\Delta H_{T_2} = \Delta H_{T_1} + \Delta C_p(T_2 - T_1), \quad \Delta S_{T_2} = \Delta S_{T_1} + \Delta C_p \cdot \ln(T_2/T_1)$$

$$\Delta C_p = 35,58 \cdot 6 + 29,844 \cdot 4 - 29,355 \cdot 5 - 35,06 \cdot 4 = 45,841 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}$$

$$\Delta H_{800} = \Delta H_{298} + \Delta C_p(800 - 298) = -869,87 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta S_{800} = \Delta S_{298} + \Delta C_p \cdot \ln(800/298) = 237,07 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}$$

$$\Delta G_{800} = \Delta H_{800} - 1073 \cdot \Delta S_{800} = -1125,4 \text{ кДж/моль}$$

Поясніть використання високої температури та високого тиску при окисненні аміаку.

Зі збільшенням температури зменшується енергія Гіббса та збільшується швидкість реакції і коефіцієнт дифузії аміаку на поверхню каталізатора. Зі збільшенням тиску збільшується концентрація аміаку на поверхні каталізатора.

Під час наступних етапів добутий нітроген монооксид охолоджують і окиснюють киснем повітря до нітроген діоксиду. Далі нітроген діоксид поглинають водою і одержують розчин суміші нітратної й нітритної кислот. Нітритна кислота нестійка, особливо при нагріванні, й легко розкладається на нітроген монооксид, діоксид і воду. Процес поглинання оксидів водою проводять у надлишку кисню. Тому утворюваний за останньою реакцією нітроген монооксид відразу перетворюється на діоксид і знову входить до процесу синтезу нітратної кислоти.

Запишіть сумарне рівняння отримання нітратної кислоти з NO_2 . **Розрахуйте** зміну енергії Гіббса та константу рівноваги для цього процесу при 25°C .

Сумарне рівняння отримання азотної кислоти:



$$\Delta H = -173 \cdot 4 + 285,84 \cdot 2 - 33,89 \cdot 4 = -255,88 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta S = 156,16 \cdot 4 - 69,96 \cdot 2 - 240,45 \cdot 4 - 205,3 = -682,38 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}$$

$$\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S = -69,517 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta G = -RT \ln K_p \quad K_p = 1,53 \cdot 10^{12}$$

Запропонуйте умови (тиск і температура) для проведення реакції утворення нітратної кислоти в промисловості.

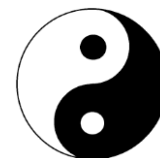
Для проведення реакції необхідна невелика температура, оскільки зі збільшенням температури енергія Гіббса буде збільшуватись, але температура має бути достатньою для розкладення нітритної кислоти. Тиск має бути достатнім, щоб змістити рівновагу в сторону утворення нітратної кислоти (за принципом Ле Шательє). В промисловості реакцію проводять при 40°C і тиску $0,1 \text{ МПа}$.

9 клас. 2 тур.

Завдання 1. Такі прості речовини

Автор: Кандаскалов Дмитро та Пиріг Галина

Зразок суміші двох простих твердих речовин важить 0,96 г. Її додавання до концентрованого розчину сульфатної кислоти призводить до утворення суміші двох газів загальним об'ємом x л (н.у.), яка повністю поглинається розчином лугу, та твердого залишку масою 0,72 г. Твердий залишок хімічно інертний. При його згорянні утворюється лише газ об'ємом x л (н.у.) який при поглинанні тим же розчином лугу не призводить до появи нових солей в розчині.

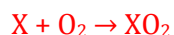


Одна з речовин є доволі цінною і її назва походить від слова *незламний*, а іншої речовини – від слова *пишу*.

1.11 Визначте якісний та кількісний склад суміші.

З розчином сірчаної кислоти реагує лише один з компонентів і його маса 0,24 г. Один із газів є SO_2 або H_2S , скоріше за все це SO_2 . Інший газ - це продукт окиснення простої речовини, а саме оксид XO_y . Друга проста речовина при окисненні дає газ XO_y або SO_2 . Якщо припустити, що це SO_2 , то виходить, що друга проста речовина сірка, але ж вона доволі реакційно здатна, і розчиняється в сірчаній кислоті! Тоді виходить, що друга речовина має бути також X , як і перша. Отже мова йде про алотропні модифікації. З умови можна визначити ступінь окиснення X .

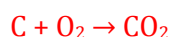
Враховуючи, що в першому випадку утворюється утричі більше газової суміші, ніж при згоранні X , ступінь окиснення X в $\text{XO}_y + 4$. Це впливає із розгляду електронного балансу: 2 молекули SO_2 отримали при утворенні з H_2SO_4 4 електрони, які віддав 1 атом простої речовини при перетворенні на XO_y .



Тоді дані елементи мають бути 4-ї або 6-ї групи, або NO_2 , ClO_2 (останні 2 не підходять, оскільки азот та хлор не є твердими). Алотропна модифікація, яка майже інертна, може наштовхнути на ідею, що мова йде про алмаз. CO_2 – газоподібний на відміну від SiO_2 GeO_2 і т.д.

Отже, дві речовини - графіт та алмаз.

1.12 Запишіть рівняння реакцій.

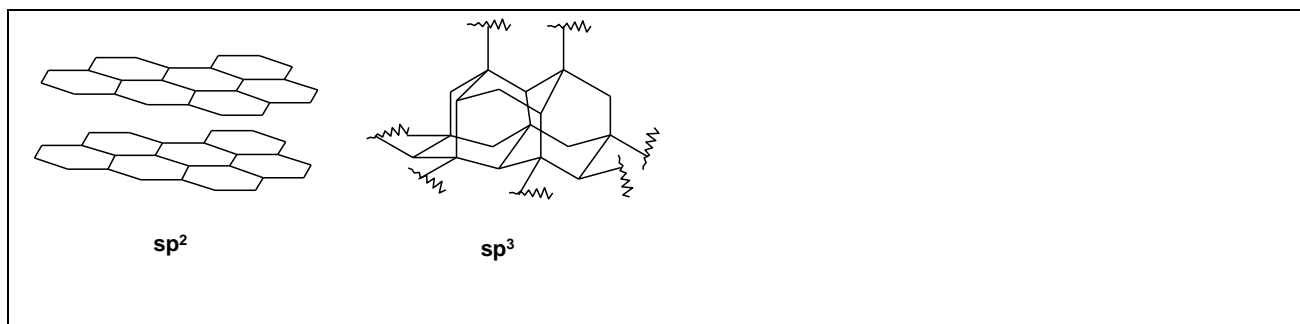


Вкажіть використання цих двох простих речовин.

Графіт використовується для виготовлення плавильних тиглів, електродів нагрівальних елементів, для отримання хімічно активних металів методом розплавлення сполук, твердих змазочних матеріалів, сповільнювач нейтронів в ядерних реакторах, синтез синтетичних алмазів.

Алмаз – ювелірна справа, інструмент, буріння свердловин.

Опишіть або зобразіть схематично будову кристалічної ґратки вихідних твердих речовин.



Відомо, що теплоти згоряння 1 моль цих речовин складають $-393,5$ та $-395,4$ кДж.

Обчисліть величину, яка зустрічається в довідниках з термохімії або хімічної термодинаміки, **поясніть** її зміст.

Ентальпія утворення алмазу (із графіту, прийнятого за стандартну речовину карбону) розраховується як $+1,9$ кДж/моль (довідкове значення $+2$ кДж/моль).

Завдання 2. Напруження

Автор: Волочнюк Дмитро та Жикол Олег

Для встановлення кількісного складу вуглеводню 1,000 г його спалили в надлишку сухого кисню. Один компонент отриманої суміші газів повністю поглинули твердим купрум сульфатом при 120°C (маса зросла на 900,3 мг), інший, після охолодження, – розчином натрій гідроксиду (маса зросла на 3,298 г).

Визначте бруutto-формулу вуглеводню.

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 0,9003 / 18,01 = 0,050 \text{ (моль)}$$

$$n(\text{CO}_2) = 3,298 / 44 = 0,075 \text{ (моль)}$$

n

C

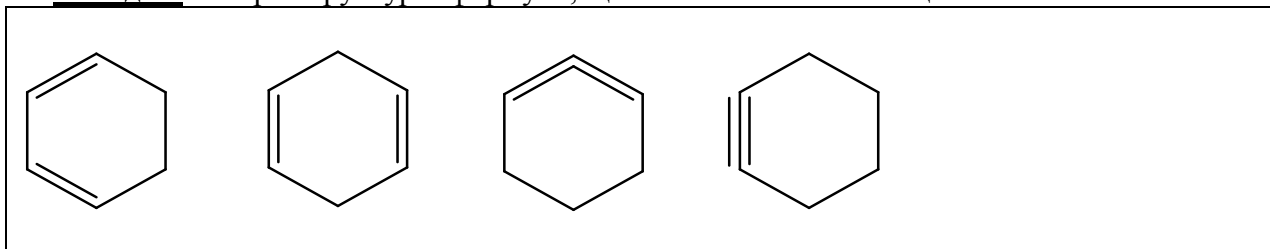
Бруutto-формула C_3H_4

Визначте молекулярну формулу вуглеводню, якщо густина його пари приблизно в 2,8 раза вища від густини повітря за тих самих умов.

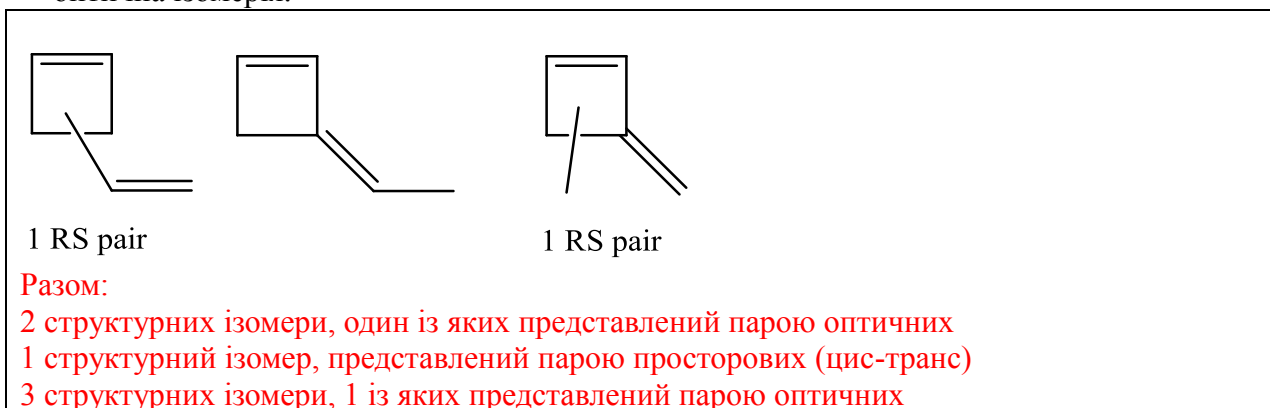
M

Молекулярна формула C_6H_8

Наведіть чотири структурні формули, що містять найбільший цикл.



Наведіть всі можливі структурні формули, які містять цикл, на 2 атоми менший від найбільшого, та 1 подвійний зв'язок у ньому. **Позначте** структури, для яких можлива оптична ізомерія.



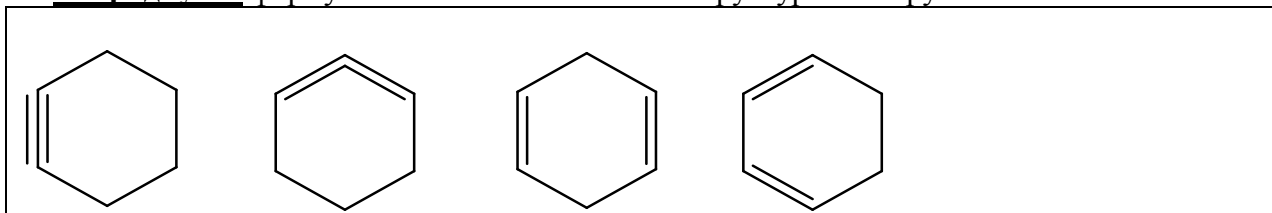
Зіставте типи гібридизації орбіталей атома карбону (sp , sp^2 , sp^3) спостережуваним валентним кутам при цьому атомі.

Валентний кут			
---------------	--	--	--

Тип гібридизації	sp^3	sp^2	sp
------------------	--------	--------	------

Структурна напруженість виникає, коли валентні кути при атомах карбону відхиляються від відповідних ідеальних значень.

Впорядкуйте формули з п.2.3 за зменшенням структурної напруженості.



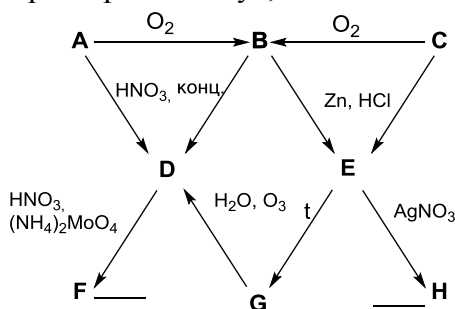
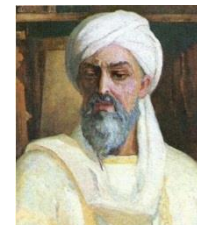
Поясніть, чому дві найменш напружені структури із п. 6 взагалі не є напруженими.

Вони неплоскі, це дозволяє кутам при насичених (sp^3 -) атомах карбону наблизитися до теоретичного значення.

Завдання 3. Жовтий, білий та червоний

Автор: Запорожець Ірина

Незважаючи на токсичність сполук елемента **X**, деякі з них тривалий час використовувались в медицині. Авіценна виділяв три "типи **X**" – «жовтий **X**», «білий **X**» та «червоний **X**» - які насправді є сполуками **A**, **B** та **C** відповідно. В наш час сполуки **X** використовують в стоматології, а «білий **X**» застосовують для лікування деяких різновидів раку крові. Нижче представлено схему перетворень сполук, що містять **X**.



Додатково відомо, що:

- Речовини **A-C**, **E**, **H** – бінарні (складаються з двох елементів кожна).
- **A** ($w(\text{X})=60,90\%$) та **C** ($w(\text{X})=70,03\%$) мають однаковий якісний склад, а формульна одиниця **A** містить на 82 електрони менше, ніж формульна одиниця **C**.
- Газувата за н.у. речовина **E** містить 96,12 % **X** за масою.
- **G** – проста речовина.
- Сіль **F** ($w(\text{X})=3,901\%$ $w(\text{Mo})=59,96\%$) містить атоми 5 елементів.

Визначте елемент **X**. Відповідь **підтвердіть** розрахунком.

Речовина **E** бінарна і містить 96,12 % **X** за масою, тоді, найімовірніше, другий елемент – **H**.

За законом еквівалентів, $\frac{96,12}{3,88} = \frac{M_{\text{екв}}(X)}{1,008}$, $M_{\text{екв}}(X) = 24,97 \text{ г/моль}$

Отже, **X-As**, **E- AsH₃**.

Визначте сполуки **A-H**.

$M(\text{C})=74,92/0,7003 = 106,98n$, де n – кількість атомів **As** у формульній одиниці. Залишок відповідає одному атому **S** на 1 атом **As**. Отже, враховуючи масову частку **X** в **A**, **A** та **C** – сульфід **As₂S₃** та **As₄S₄**.

В солі **F** $n(\text{X}) : n(\text{Mo}) = \frac{3,90}{74,92} : \frac{59,96}{95,95} = 0,0521 : 0,625 = 1 : 12$

Якщо припустити, що формульна одиниця **F** містить один атом **As**, то $M(\text{F})=74,92/0,03901=1920,5 \text{ г/моль}$.

$1921,03-74,92-12 \cdot 95,95=694,21$. Оскільки **F** – сіль, то логічно припустити, що це сіль амонію, що також містить Оксиген. Нехай **F** містить a катіонів NH_4^+ та b атомів **O**.

Тоді $\begin{cases} a - 2b + 12 \cdot 6 + 5 = 0 \\ 18,04a + 16,00b = 694,21. \end{cases}$, $a=3$, $b=40$. Отже, формула F $(\text{NH}_4)_3\text{AsMo}_{12}\text{O}_{40}$			
A As_2S_3	B As_2O_3	C As_4S_4	D H_3AsO_4
E AsH_3	F $(\text{NH}_4)_3\text{AsMo}_{12}\text{O}_{40}$	G As	H Ag_3As

Наведіть рівняння усіх реакцій, зазначених на схемі перетворень.

A → B	
C → B	
A → D	
B → D	
B → E	$\text{As}_2\text{O}_3 + 6\text{Zn} + 12\text{HCl} = 2\text{AsH}_3 + 6\text{ZnCl}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$
C → E	$\text{As}_4\text{S}_4 + 10\text{Zn} + 20\text{HCl} = 4\text{AsH}_3 + 10\text{ZnCl}_2 + 4\text{H}_2\text{S}$
E → G	$2\text{AsH}_3 = 2\text{As} + 3\text{H}_2$
G → D	$2\text{As} + 3\text{H}_2\text{O} + 5\text{O}_3 = 2\text{H}_3\text{AsO}_4 + 5\text{O}_2$
D → F	$\text{H}_3\text{AsO}_4 + 12(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4 + 21\text{HNO}_3 = (\text{NH}_4)_3\text{AsMo}_{12}\text{O}_{40} + 21\text{NH}_4\text{NO}_3 + 12\text{H}_2\text{O}$
E → H	(можливе подальше окиснення)

Валентний кут в молекулі **E** складає $91,8^\circ$. Аналоги **Y** та **Z**, що містять замість **X** елементи з тієї ж групи, мають валентні кути $107,3^\circ$ та $93,5^\circ$, відповідно.

Визначте Y та **Z** та **поясніть** зміну валентного кута при переході від **Y** до **E**.

Y NH_3	Z PH_3
Через збільшення радіуса атома при переході від N до As збільшується різниця між енергією валентних s і p орбіталей того самого рівня. Це призводить до зменшення внеску s-орбіталей у валентні гібриди, тому валентний кут наближається до 90° (кут між негібридними p-орбіталами)	

Зобразіть символ, яким алхіміки позначали **X** (підказка: цей символ зустрічається в умові задачі).



Завдання 4. Різноманітна гібридизація

Автор: Кандаскалов Дмитро

Є набір бінарних молекул: H_2O ; BeH_2 ; ClF_3 ; SO_3 ; SiH_4 ; **X** та **Y**. Нас цікавить тип гібридизації орбіталей центрального атома, геометрія молекули та кількість електронів, яку містить молекула. Ці дані зібрано в наступній таблиці, але розташовано хаотично:

Гібридизація	sp	sp^2	sp^3	sp^3	sp^3	sp^3d	sp^3d^2
Геометрія	T-подібна	кутова	тригональна піраміда	лінійна	плоский трикутник	октаедр	тетраедр
Кількість електронів в молекулі	6	10	18	34	40	44	70

Впорядкуйте дані, заповнивши таблицю правильно. **Встановіть X та Y**, обґрунтуйте вибір.

Молекула	H_2O	BeH_2	ClF_3	SO_3	SiH_4	X	Y
Гібридизація	sp^3	sp	sp^3d	sp^2	sp^3	sp^3d^2	sp^3
Геометрія	кутова	лінійна	T-подібна	плоский трикутник	тетраедр	октаедр	тригональна піраміда
Кількість електронів в молекулі	10	6	44	40	18	34 або 70	70 або 34

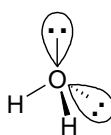
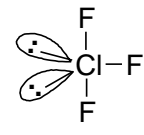
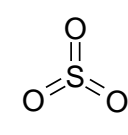
Правильно розставивши відповідні параметри для відомих молекул, для невідомих молекул залишились параметри, які ми можемо поставити у відповідність, використовуючи такі міркування.

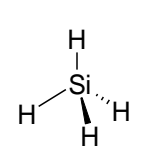
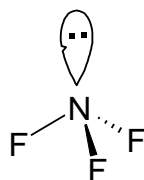
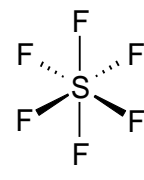
В молекулі, яка має будову октаедра, гібридизація не може бути sp^3 , тому гібридизація - sp^3d^2 . Отже, одна молекула має будову тригональної піраміди (AB_3), а інша - октаедру (AB_6). Залишається нез'ясованим, скільки електронів мають молекули **X** та **Y**. Зрозуміло, що одна з них має 34 е, а інша 70 е. Припустимо, що октаедрична має 34 е, тоді атом **B** має містити менше електронів за $\frac{\text{згальна_кількість_e}}{\text{кількість_атомів_B}} = \frac{34}{6} = 5,7$, отже це може бути лише атом **H**, тоді атом **A** містить: $34 - 6 \cdot 1 = 28e$ - це атом **Ni**, а молекули NiH_6 не існує. Тоді октаедрична молекула має 70 е, а атом **B** має містити менше електронів за $\frac{70}{6} = 11,7$, така умова підходить для атомів **H** та **F**. Якщо атом **B** - **F**, то атом **A** містить - $70 - 6 \cdot 9 = 16e$ - це атом **S**, дійсно варіант підходить. Отже, октаедрична молекула SF_6 . Варіант з атомом **H** не підходить.

Тетраедрична молекула має 34е, тоді атом **B** має містити менше електронів за $\frac{34}{3} = 11,3$, така умова підходить для атомів **H** та **F**. Якщо атом **B** - **F**, то атом **A** містить - $34 - 3 \cdot 9 = 7e$ - це атом **N**, дійсно варіант підходить. Отже, тетраедрична молекула NF_3 .

Позначки **X** та **Y** можна приписати цим двом молекулам довільно.

Зобразіть просторову будову цих молекул з указаними неподіленими електронними парами.

Молекула	H ₂ O	BeH ₂	ClF ₃	SO ₃
Просторова будова	$\text{H}-\text{Be}-\text{H}$ лінійна	 кутова	 T-подібна	 плоска трикутна

Молекула	SiH ₄	X або Y	Y або X
Просторова будова	 тетраedr	 Трикутна піраміда	 октаedr

Завдання 5. Кластерна хімія

Автор: Мельніков Костянтин

При нагріванні деякого металу **X** в атмосфері фосгену COCl_2 утворюється сіль **A**, нерозчинна у воді, але розчинна у спирті та ефірі. При нагріванні цього ж металу **X** в атмосфері хлору отримано сіль **B** з $w(\text{Cl})=64,9\%$. При термічному розкладі солі **B** утворюється сіль **C** та газоподібний хлор. При сплавленні **X** з сіллю **C** утворюється сіль **A**. При взаємодії металу **X** з концентрованим розчином нітратної кислоти утворюється малорозчинна сполука **D**, яка розчиняється в лузі з утворенням розчину солі **E**. Сіль **E** знаходить застосування в аналітичній хімії. Також сіль **E** можна добути при лужному сплавленні металу **X** в присутності окисників

Розшифруйте сполуки X-E. Наведіть рівняння реакцій згаданих перетворень.

Розшифруємо сіль B: $M(\text{B})=35,5n/0,649=54,7n$. При $n=5$ – це MoCl_5 , тоді X-Mo

A MoCl_2	B MoCl_5	C MoCl_3
D MoO_3	E Na_2MoO_4	X Mo

Рівняння реакцій:

$$\text{Mo} + \text{COCl}_2 \rightarrow \text{MoCl}_2 + \text{CO}$$

$$2\text{Mo} + 5\text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{MoCl}_5$$

$$\text{MoCl}_5 \rightarrow \text{MoCl}_3 + \text{Cl}_2$$

$$\text{Mo} + 2\text{MoCl}_3 \rightarrow 3\text{MoCl}_2$$

$$\text{Mo} + 2\text{HNO}_3 \rightarrow \text{MoO}_3\downarrow + 2\text{NO} + \text{H}_2\text{O}$$

$$\text{MoO}_3 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{MoO}_4 + \text{H}_2\text{O}$$

$$\text{Mo} + 3\text{NaNO}_3 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{MoO}_4 + 3\text{NaNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$$

Солі **A** притаманна цікава структура: кубічні фрагменти ("кластери") із атомами у вершинах кубу та в центрах граней, слабо поєднані один із одним рештою аніонів. Це надає їй особливі фізичні та хімічні властивості.

Визначте формулу й заряд одного такого кубу, опишіть його структуру.

Вершини (8) зайнято одним типом атомів, середини граней (6) – іншим. Масамо:
 або $\text{Mo}_8\text{Cl}_{16}$ як $\text{Mo}_8\text{Cl}_6^{10+} + 10\text{Cl}^-$
 або $\text{Mo}_6\text{Cl}_{12}$ як $\text{Mo}_6\text{Cl}_8^{4+} + 4\text{Cl}^-$

З умови, що зв'язок між кубами слабкий, обираємо другий варіант.

Сіль **A** здатна взаємодіяти з розчином AgNO_3 .

Розрахуйте масу утвореного осаду, якщо повністю прореагувало 10,02 г солі **A**.

Осаджується лише "активний" хлор, що не входить до складу кубів.

$n(\text{Mo}_6\text{Cl}_{12})=0,01$ моль

$n(\text{AgCl})=0,04$ моль

m

В аналітичній хімії використовується не сама сіль **E**, а її ізополісіль, де на формульну одиницю припадає 7 атомів **X**.

Для виявлення яких іонів використовується дана ізополісіль? Проілюструйте рівнянням реакції.

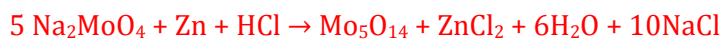
В аналітичній хімії використовується не Na_2MoO_4 , а $\text{Na}_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$. Використовується для визначення PO_4^{3-} , AsO_4^{3-} , SiO_3^{2-} , VO_3^{3-} . (Будова: октаедри, поєднані гранями; отже, 1 в центрі та 6 граней, 7 атомів Mo і склад полісолі $\text{Na}_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$.)

N

При відновленні солі **E** цинком у хлоридній кислоті виникає синє забарвлення.

Поясніть це явище.

відбувається часткове відновлення з утворенням молібденової сині:



Завдання 6. Максимальна економія

Автор: Оніжук Микита

Перед хіміком іноді ставиться завдання максимального видалення речовини із розчину. В цьому значно допомагають реакції осадження. Так, для виділення аргентуму із 50 мл розчину 0,100 М AgNO_3 до нього додали 50 мл 0,200 М розчину NaCl .

Добуток розчинності аргентум хлорида $K_{sp}(\text{AgCl}) = 1,77 \cdot 10^{-10}$.



Розрахуйте масу осаду, що виділився, та концентрацію іонів аргентуму в отриманому розчині.

Залишкова концентрація срібла дуже мала, тому для розрахунку маси осаду можна нею знехтувати.

Тоді маса осаду:

$$m(\text{AgCl}) = c(\text{AgNO}_3) \cdot V(\text{AgNO}_3) \cdot M(\text{AgCl}) = 0.1 \cdot 0.05 \cdot (107.87 + 35.45) = 0.7166 \text{ г}$$

Для визначення залишкової концентрації аргентуму треба знати надлишкову концентрацію хлору:

$$[\text{Cl}^-] = \frac{c(\text{Cl}^-) \cdot V(\text{Cl}^-) - c(\text{Ag}^+) \cdot V(\text{Ag}^+)}{V(\text{Cl}^-) + V(\text{Ag}^+)} = \frac{0.2 \cdot 50 - 0.1 \cdot 50}{100} = 0.05 \text{ М}$$

Залишкова концентрація:

$$[\text{Ag}^+] = \frac{K_{sp}}{[\text{Cl}^-]} = \frac{1.77 \cdot 10^{-10}}{0.05} = 3.54 \cdot 10^{-9} \text{ М}$$

Для подальшого видалення аргентуму розчин відфільтрували, а до 50 мл фільтрату додали 50 мл 0,050 М розчину наступного реагенту.

Приймаючи, що гідролізу не відбувається, **визначте** розрахунком яка(які) з наступних речовин призведе(-дуть) до випадення осаду: NaBr , Na_2CrO_4 , Na_3AsO_4 . Довідкова інформація: $K_{sp}(\text{AgBr}) = 5,35 \cdot 10^{-13}$, $K_{sp}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4) = 1,12 \cdot 10^{-12}$, $K_{sp}(\text{Ag}_3\text{AsO}_4) = 1,03 \cdot 10^{-22}$.

Примітка. Якщо ви не розрахували залишкову концентрацію іонів аргентуму у першому пункті, прийміть її за $2 \cdot 10^{-8}$ моль/л.

Випадення осаду відбувається за умови:

$$c^n(\text{Ag}^+) \cdot c(\text{An}^{n-}) > K_{sp}$$

Знайдемо концентрацію аргентуму в суміші:

$$c(\text{Ag}^+) = \frac{c_0(\text{Ag}^+) \cdot V(\text{Ag}^+)}{V(\text{An}^{n-}) + V(\text{Ag}^+)} = \frac{3.54 \cdot 10^{-9} \cdot 50}{100} = 1.77 \cdot 10^{-9} \text{ М}$$

При використанні іншого, наближеного, значення $c_0(\text{Ag}^+)$:

$$c(\text{Ag}^+) = \frac{c_0(\text{Ag}^+) \cdot V(\text{Ag}^+)}{V(\text{An}^{n-}) + V(\text{Ag}^+)} = \frac{2 \cdot 10^{-8} \cdot 50}{100} = 10^{-8} \text{ М}$$

Концентрація аніону:

$$c(\text{An}^{n-}) = \frac{c_0(\text{An}^{n-}) \cdot V(\text{An}^{n-})}{V(\text{An}^{n-}) + V(\text{Ag}^+)} = \frac{0,05 \cdot 50}{100} = 0,025 \text{ M}$$

Тепер для кожного з реагентів перевіряємо нерівність.

AgBr:

$$c(\text{Ag}^+) \cdot c(\text{Br}^-) = 1,77 \cdot 10^{-9} \cdot 0,025 = 4,425 \cdot 10^{-11} > K_{\text{sp}}$$

Отже, AgBr буде випадати.

Ag₂CrO₄:

$$c^2(\text{Ag}^+) \cdot c(\text{CrO}_4^{2-}) = (1,77 \cdot 10^{-9})^2 \cdot 0,025 = 7,83 \cdot 10^{-20} < K_{\text{sp}}$$

Отже, Ag₂CrO₄ не буде випадати.

Ag₃AsO₄:

$$c^3(\text{Ag}^+) \cdot c(\text{AsO}_4^{3-}) = (1,77 \cdot 10^{-9})^3 \cdot 0,025 = 1,39 \cdot 10^{-28} < K_{\text{sp}}$$

Отже, Ag₃AsO₄ не буде випадати.

Аналогічний результат із $c_0(\text{Ag}^+) = 2 \cdot 10^{-8} \text{ M}$.

Чи випаде осад із:		
AgBr	Ag ₂ CrO ₄	Ag ₃ AsO ₄
так	ні	ні

Укажіть залишкову концентрацію аргентуму в розчині при використанні найбільш ефективного з цих реагентів.

Найбільш ефективний – той, що приводить до випадення осаду. Це тільки **AgBr**. Для нього залишкова концентрація:

$$[\text{Ag}^+] = \frac{K_{\text{sp}}}{[\text{Br}^-]} = \frac{5,35 \cdot 10^{-13}}{0,025} = 2,14 \cdot 10^{-11} \text{ M}$$

Одним із простих способів може бути електрохімічне виділення металу з розчину.

Запишіть рівняння катодного, анодного процесу та реакції, що відбуватиметься при електролізі вихідного розчину солі аргентуму.

Катод	$\text{Ag}^+ + \text{e}^- = \text{Ag} \downarrow$
Анод	$2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- = \text{O}_2 + 4\text{H}^+$
Реакція	$4\text{AgNO}_3 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{Ag} \downarrow + \text{O}_2 \uparrow + 4\text{HNO}_3$

Обчисліть час, необхідний на повне виділення металу з цього розчину за сили струму 0,10 А.

n

9 клас (експериментальний тур)

Задача. ДОСЛІДЖЕННЯ АДСОРБЦІЇ ОЦТОВОЇ КИСЛОТИ АКТИВОВАНИМ ВУГІЛЛЯМ

Автор: Редчук Анатолій

Обладнання та реактиви. Розчини CH_3COOH концентрації приблизно 0,2М, 0,1М, 0,05М та 0,025М (всі по 100 мл, точна концентрація кожного розчину вказана на дощці); 0,1М розчин NaOH; активоване вугілля в таблетках, маса чотирьох таблеток складає 1,00 г; індикатор фенолфталеїн.

Бюретка, лійка мала, піпетки Мора 10 і 20 мл, колби для титрування, чотири колби об'ємом 200 – 250 мл, лійка велика, фільтри паперові.

Теоретичні основи. Адсорбцією називають процес концентрування речовини на поверхні розділу фаз. У випадку поверхні тверде тіло – газ або тверде тіло – рідина адсорбцію можна розглядати як результат зв'язування речовини поверхнею твердого тіла. У цьому випадку тверде тіло називають **адсорбент**, а речовину, яку адсорбент зв'язує, – **адсорбат**. Кількісно адсорбцію характеризують **питомою адсорбцією (Γ)**, яку визначають як відношення кількості молів адсорбату, що утримуються адсорбентом, до величини поверхні адсорбенту, або, якщо величина поверхні не може бути виміряна, то до його маси:

$$\Gamma = \frac{v(\text{адсорбату})}{m(\text{адсорбенту})}$$

Криву, що описує залежність питомої адсорбції від концентрації адсорбату (а при адсорбції з газової фази – від його тиску) в стані рівноваги за сталої температури називають **ізотермою адсорбції**. У випадку адсорбентів з неоднорідною поверхнею, до яких відноситься активоване вугілля, ізотерма адсорбції добре описується емпіричним (знайденим на основі експериментів) рівнянням Фрейндліха:

$$\Gamma = kC^n,$$

де Γ – питома адсорбція, C – рівноважна концентрація адсорбату в розчині, k і n – константи, що визначаються експериментально.

Константи рівняння Фрейндліха знаходять, методом найменших квадратів або графічно, як коефіцієнти прямої в координатах $\lg C - \lg \Gamma$:

$$\lg \Gamma = \lg k + \frac{1}{n} \lg C.$$

Мета роботи. Виконати дослідження адсорбції оцтової кислоти активованим вугіллям при кімнатній температурі у діапазоні вихідних концентрацій 0,2 – 0,025 моль/л. На основі виконаних досліджень побудувати ізотерму адсорбції в діапазоні 0 – 0,2 моль/л та знайти константи k і n рівняння Фрейндліха.

Виконання експерименту

1. У чотири пронумеровані сухі колби об'ємом 200 – 250 мл помістіть по 4 таблетки активованого вугілля в кожну і додайте по 100 мл (**об'єми вже відміряні!**) розчинів оцтової кислоти різних концентрацій: у першу – 0,2М, у другу – 0,1М і т.д. Відмітьте час по годиннику і залиште колби мінімум на 15

хвилин для встановлення рівноваги. Протягом цього часу вміст колб слід періодично перемішувати круговими рухами.

УВАГА! НА СКЛЯНКАХ З КИСЛОТОЮ ВКАЗАНА НАБЛИЖЕНА КОНЦЕНТРАЦІЯ КИСЛОТИ. ТОЧНА КОНЦЕНТРАЦІЯ, ЯКУ СЛІД ВИКОРИСТОВУВАТИ В РОЗРАХУНКАХ І ЗАНОСИТИ В ТАБЛИЦЮ 2, НАПИСАНА НА ДОШЦІ!

- Доки ви чекаєте встановлення рівноваги, приготуйте обладнання для титрування і заповніть бюретку розчином натрій гідроксиду. Також приготуйте лійку, фільтр і колбу для фільтрування.
- Після того, як розчини були витримані з вугіллям протягом 15 хвилин, відфільтруйте розчини в чисті колби, міняючи фільтр на новий для кожного розчину, і потім титруйте їх розчином натрій гідроксиду. Для титрування за допомогою піпетки Мора відберіть аліквоту об'ємом 10 мл (для розчинів 0,2М та 0,1М) або 20 мл (для розчинів 0,05М та 0,025М) у колбу для титрування, додайте 2 краплі фенолфталеїну і титруйте розчином натрій гідроксиду з бюретки. Титрування кожного розчину повторіть тричі, за результат оберіть середнє значення. Якщо у перших двох титруваннях ви отримали однакові результати, третій раз можна не титрувати. Результати титрування занесіть у таблицю 1.

Таблиця 1

Наближена концентрація кислоти (М)	Об'єм піпетки (мл)	Результати титрування розчинів			
		$V_{\text{розч. лугу}}$ (мл)			
		1	2	3	середнє
0,025	20				
0,05	20				
0,1	10				
0,2	10				

Бали за титрування (п.1)	
---------------------------------	--

4. Запишіть рівняння реакції, що відбувається при титруванні

--

<i>Бали за рівняння(п.2)</i>	
------------------------------	--

5. На основі отриманих результатів розрахуйте для кожної дослідженої концентрації величину адсорбції, заповніть таблицю 2 (C_0 і C – відповідно **точно** початкова й рівноважна концентрації кислоти **ммоль/л**, Γ – адсорбція в **ммоль/г**).

Таблиця 2

C_0 ммоль/л	C ммоль/л	Γ ммоль/г	$\lg C$	$\lg \Gamma$
0	0	0	–	–

<i>Бали за розрахунки (п.3)</i>	
---------------------------------	--

6. За даними таблиці 2 побудуйте ізотерму адсорбції і графік залежності $\lg \Gamma$ від $\lg C$.

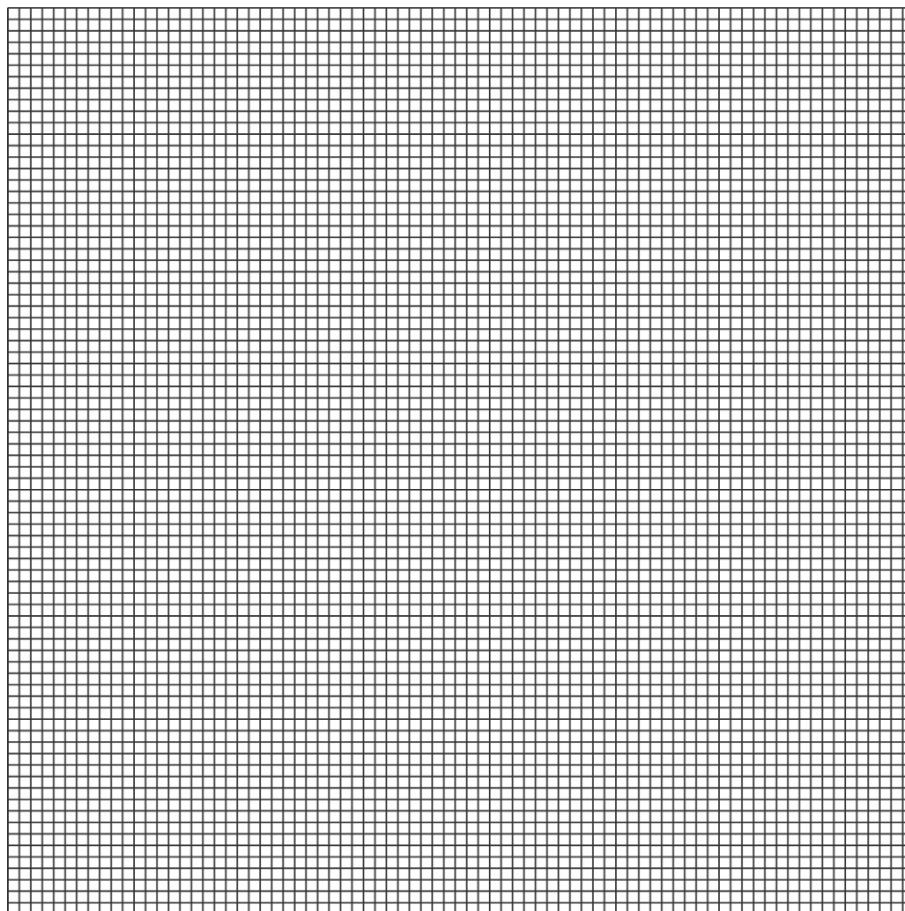
<i>Бали за графік ізотерми адсорбції(п.4)</i>	
---	--

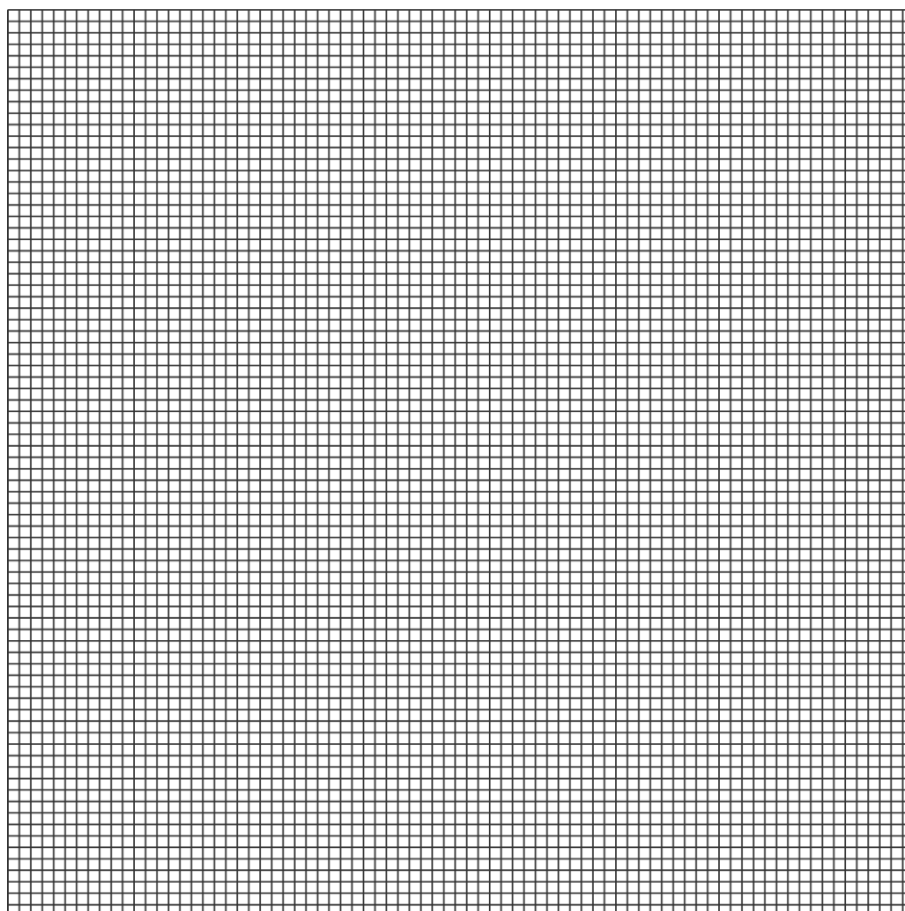
<i>Бали за графік $\lg \Gamma - \lg C$(п.5)</i>	
--	--

7. На основі останнього графіка знайдіть константи рівняння Фрейндліха.

$\lg k =$		$1/n =$	
$k =$		$n =$	

<i>Бали за відповідь (п.6)</i>	
--------------------------------	--





10 клас. 1 тур.

Задача 1. «Спалить. Спалить їх усіх...»

Автор: Пашко Михайло

Стандартна ентальпія спалювання це ентальпія реакції повного окиснення киснем. При цьому речовини повинні знаходитись в агрегатному стані, що відповідає стандартним умовам ($T = 298\text{K}$, $p = 1\text{ атм}$).

	$\text{CH}_4(\text{r})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{r})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{p})$	$\text{H}_2(\text{r})$	$\text{CO}(\text{r})$	$\text{CO}_2(\text{r})$
$\Delta H_{f,298}^0$ (кДж/моль)	-74,86		-285,84			-393,50
$\Delta H^0_{\text{спалювання}}$ (кДж/моль)		---	---	-285,84	-283,00	
$S^0_{f,298}$ (Дж/моль)	186,19	188,74	69,96	130,52	197,50	213,70

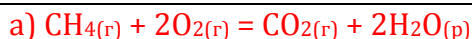
$\Delta H^0_{f,298}$ – стандартна ентальпія утворення при 298К.

$\Delta H^0_{\text{спалення}}$ – стандартна ентальпія спалювання.

$S^0_{f,298}$ – стандартна ентропія утворення при 298К.

Виходячи з даних, що наведені у таблиці:

1.1 Заповніть порожні поля у таблиці, що наведена в умові задачі. Відповідь **підтвердіть** розрахунками.



$$\Delta H^0_{\text{спалення}}(\text{CH}_4(\text{r})) = 2\Delta H^0_{f,298}(\text{H}_2\text{O}(\text{p})) + \Delta H^0_{f,298}(\text{CO}_2(\text{r})) - \Delta H^0_{f,298}(\text{CH}_4(\text{r})) - 2\Delta H^0_{f,298}(\text{O}_2(\text{r}))$$

Оскільки стандартна ентальпія утворення простих речовин в агрегатних станах, що відповідають стандартним умовам, дорівнює нулю, то $\Delta H^0_{f,298}(\text{O}_2(\text{r})) = 0$. Тобто

$$\Delta H^0_{\text{спалення}}(\text{CH}_4(\text{r})) = -890,32 \text{ (кДж/моль)}$$



$$\Delta S^0_{\text{ф.п.}} = S^0_{f,298}(\text{H}_2\text{O}(\text{r})) - S^0_{f,298}(\text{H}_2\text{O}(\text{p})), \Delta H^0_{\text{ф.п.}} = \Delta H^0_{f,298}(\text{H}_2\text{O}(\text{r})) - \Delta H^0_{f,298}(\text{H}_2\text{O}(\text{p}))$$

з іншого боку $\Delta H^0_{\text{ф.п.}} = T_{\text{ф.п.}} \Delta S^0_{\text{ф.п.}}$, тобто

$$\Delta H^0_{f,298}(\text{H}_2\text{O}(\text{r})) = T_{\text{ф.п.}} \Delta S^0_{\text{ф.п.}} + \Delta H^0_{f,298}(\text{H}_2\text{O}(\text{p})) = -241,54 \text{ (кДж/моль)}$$



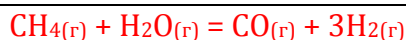
$$\Delta H^0_{\text{спалення}}(\text{CO}(\text{r})) = \Delta H^0_{f,298}(\text{CO}_2(\text{r})) - \Delta H^0_{f,298}(\text{CO}(\text{r})) - 1/2\Delta H^0_{f,298}(\text{O}_2(\text{r})), \text{ тобто}$$

$$\Delta H^0_{f,298}(\text{CO}(\text{r})) = \Delta H^0_{f,298}(\text{CO}_2(\text{r})) - \Delta H^0_{\text{спалення}}(\text{CO}(\text{r})) = -110,50 \text{ (кДж/моль)}$$



1.2 Розрахуйте стандартні ентальпію ($\Delta H^0_{R,298}$), ентропію ($\Delta S^0_{R,298}$) та енергію Гіббса ($\Delta G^0_{R,298}$) для реакції $\text{CH}_4(\text{r}) + \text{H}_2\text{O}(\text{r}) = \text{CO}(\text{r}) + 3\text{H}_2(\text{r})$

Якщо вам не вдалося знайти $\Delta H_{f,298}^0(\text{H}_2\text{O}_{(г)})$ в п. 1.1, прийміть її рівною **-240 кДж/моль** для подальших розрахунків.



$$\Delta H_{R,298}^0 = \Delta H_{f,298}^0(\text{CO}_{(г)}) + 3\Delta H_{f,298}^0(\text{H}_2_{(г)}) - \Delta H_{f,298}^0(\text{CH}_{4(г)}) - \Delta H_{f,298}^0(\text{H}_2\text{O}_{(г)}) = 205,90 \text{ (кДж/моль)}$$

$$\Delta S_{R,298}^0 = S_{f,298}^0(\text{CO}_{(г)}) + 3S_{f,298}^0(\text{H}_2_{(г)}) - S_{f,298}^0(\text{CH}_{4(г)}) - S_{f,298}^0(\text{H}_2\text{O}_{(г)}) = 214,13 \text{ (Дж/моль)}$$

$$\Delta G_{R,298}^0 = \Delta H_{R,298}^0 - T\Delta S_{R,298}^0 = 142,09 \text{ (кДж/моль)}$$

$$\text{Для } \Delta H_{f,298}^0(\text{H}_2\text{O}_{(г)}) = -240 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta H_{R,298}^0 = 204,36 \text{ (кДж/моль)}$$

$$\Delta G_{R,298}^0 = 140,55 \text{ (кДж/моль)}$$

1.3 Розрахуйте для реакції з п.1.2 $K_{p,298}$ та температуру (Т) при котрій $K_p=1$.

(вважайте що в цьому інтервалі температур ΔH_R^0 та ΔS_R^0 не змінюються)

$$\Delta G_{R,298}^0 = -RT \ln(K_{p,298}), \text{ тобто } K_{p,298} = \Delta G_{R,298}^0 / e^{-RT} = \mathbf{1,26 \cdot 10^{-25}}$$

$$\text{для } K_p = 1 - \Delta G_R^0 = 0, \text{ тобто } \mathbf{T = \Delta H_R^0 / \Delta S_R^0 = 962 \text{ (К)}}$$

$$\text{Для } \Delta H_{f,298}^0(\text{H}_2\text{O}_{(г)}) = -240 \text{ кДж/моль}$$

$$K_{p,298} = \mathbf{2,31 \cdot 10^{-25}}$$

$$\mathbf{T = 954 \text{ (К)}}$$

1.4 Еквімолярну суміш $\text{CH}_{4(г)}$ та $\text{H}_2\text{O}_{(г)}$ нагріли до 1000К. **Знайдіть** константу рівноваги для температури 1000К.

$$\text{Виходячи з } \ln(K_{p,1000}/K_{p,298}) = \Delta H_R^0(1/T_{298} - 1/T_{1000})/R, \mathbf{K_{p,1000} = 2,66}$$

$$\text{Для } \Delta H_{f,298}^0(\text{H}_2\text{O}_{(г)}) = -240 \text{ кДж/моль}$$

$$\mathbf{K_{p,1000} = 3,24}$$

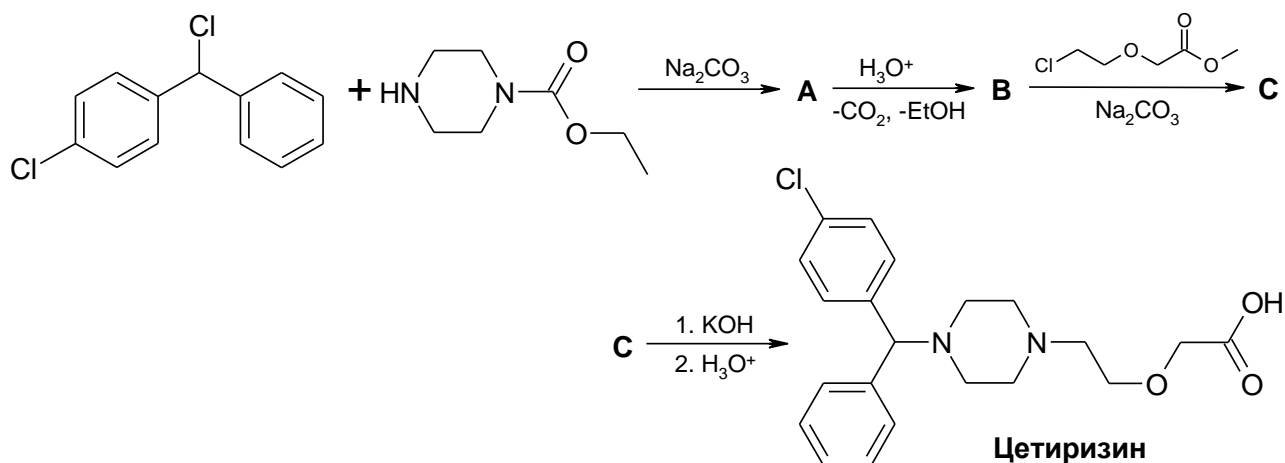
1.5 Знайдіть константу рівноваги для температури 1000К альтернативним шляхом, якщо відомо, що ступінь проходження реакції при цій температурі 54,6% (прийміть, що у стані рівноваги загальний тиск дорівнює 1 атм).

	CH_4	+	H_2O	=	CO	+	3H_2
Візначальне	1		1				
Вреагувало	α		α		α		3α
Взалишилось	$1 - \alpha$		$1 - \alpha$		α		3α
Взагальне рівн.				$2+2\alpha$			
χ	$\frac{1 - \alpha}{2 + 2\alpha}$		$\frac{1 - \alpha}{2 + 2\alpha}$		$\frac{\alpha}{2 + 2\alpha}$		$\frac{3\alpha}{2 + 2\alpha}$
P_i	$\frac{1 - \alpha}{2 + 2\alpha} P$		$\frac{1 - \alpha}{2 + 2\alpha} P$		$\frac{\alpha}{2 + 2\alpha} P$		$\frac{3\alpha}{2 + 2\alpha} P$
	$K_{\text{exp}} = \frac{(3\alpha)^3 \alpha}{(2 + 2\alpha)^2 (1 - \alpha)^2} P^2 = 1.22 \text{ (атм}^2\text{)}$						

Задача 2. «Алергія, шановний, це хвороба. Її лікувати треба...»

Автор: Радченко Дмитро

Цетиризин – лікарський засіб, що використовується для боротьби з симптомами алергії. Метод отримання цетиризину наведений на наступній схемі:



2.1 Розшифруйте структури сполук А-С.

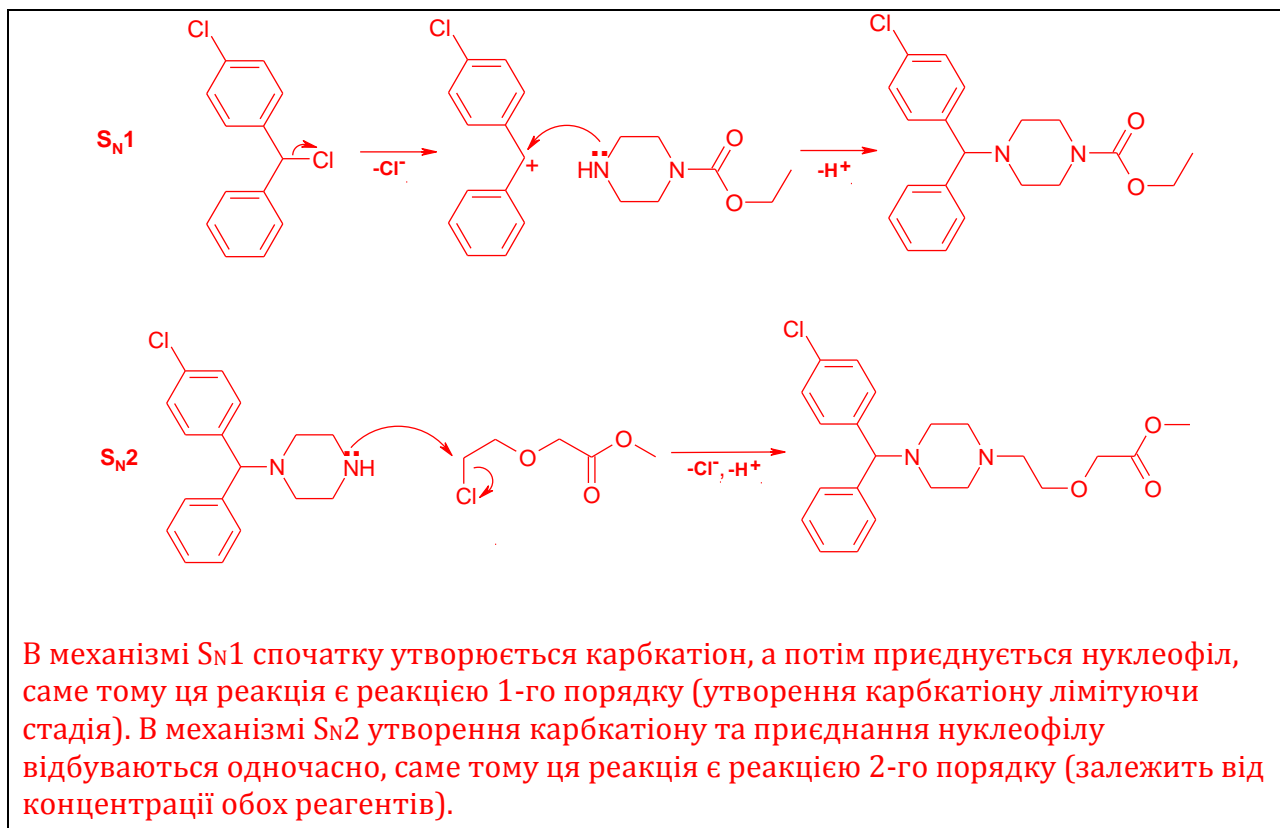
A	B	C

В схемі присутні дві реакції нуклеофільного заміщення. Одна з них протікає за механізмом S_N1 , а інша – S_N2 .

2.2 Вкажіть ці реакції.

Утворення А – S_N1 , перетворення В в С – S_N2 .

2.3 Наведіть відповідні механізми та поясніть різницю між ними.



2.4 Обґрунтуйте свій вибір, виходячи з теоретичних міркувань.

Вибір механізму протікання реакції нуклеофільного заміщення залежить від стійкості можливого карбкатіону, чим він стійкіший тим більше вклад S_N1. В нашому випадку первинний карбкатіон нестійкий, а вторинний по-перше більш стійкий, а по друге – додатково стабілізований за рахунок делокалізації позитивного заряду по π-системах двох бензольних кілець.

Для вивчення кінетики першої стадії було проведено дослід, в якому через певні проміжки часу фіксувалась концентрація вихідного хлориду в реакційній суміші. У таблиці наведено дані по зміні його концентрації в реакції утворення А. Зауважте, що для дослідів використовували однакові початкові концентрації реагуючих речовин - хлориду та аміну.

Час, хв.	0	30	60	220	450	750
C(хлорид), моль/л	0.352	0.335	0.318	0.245	0.166	0.098
ln C	-1.044	-1.094	-1.146	-1.406	-1.796	-2.323
k (розр.)	-	1.65×10^{-3}	1.74×10^{-3}	1.63×10^{-3}	1.69×10^{-3}	1.76×10^{-3}
1 / C	2.841	2.985	3.145	4.082	6.024	10.204
k (розр.)	-	4.81×10^{-3}	5.32×10^{-3}	5.86×10^{-3}	8.45×10^{-3}	1.39×10^{-2}

2.5 На основі даних з таблиці **встановіть** порядок реакції утворення А та розрахуйте константу швидкості цієї реакції.

Для реакції першого порядку константу можна розрахувати за рівнянням: $k = \frac{\ln(\frac{c_1}{c_2})}{t_2 - t_1}$

Для реакції другого порядку константу можна розрахувати за рівнянням: $k = \frac{\frac{1}{c_2} - \frac{1}{c_1}}{t_2 - t_1}$

Константа швидкості, розрахована виходячи з припущення що реакція має перший порядок, не залежить від вибору точок для розрахунку. Це підтверджує припущення. Середнє значення константи швидкості рівно 1.69×10^{-3} моль \cdot л $^{-1}$ \cdot с $^{-1}$.

Задача 3. «Математика – двигун хімічного прогресу...»

Автор: Желавський Олексій

Сполуки Z_1 , Z_2 та Z_3 мають загальну формулу AB_x , є безбарвними газами та сильними окисниками. Вони широко застосовуються в хімічному синтезі. Окрім цього, газ Z_2 був кандидатом на роль окиснювача для ракетного палива та хімічної зброї. Відношення молярних мас Z_2 та Z_1 дорівнює 1.698, а різниця молярних мас Z_3 та Z_1 дорівнює 76 г/моль. Відомо також, що індекси x в цих сполуках є першими трьома членами арифметичної прогресії з різницею $d=2$, а їх сума дорівнює 9.

Довідка: Арифметична прогресія – це послідовність чисел $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, де кожний наступний член прогресії більше попереднього на різницю d .

3.1 За допомогою розрахунків **визначте** елементи **A, B** та формули сполук Z_1 - Z_3 .

Спочатку визначимо індекси в сполуках за властивістю прогресії:

$$x_2 = x_1 + d; x_3 = x_2 + d = x_1 + 2d; x_1 + x_2 + x_3 = 3x_1 + 3d = 9.$$

$$x_1 = (9 - 3d)/3 = (9 - 3 \times 2)/3 = 1; x_2 = 3; x_3 = 5.$$

За різницею молярних мас та їх відношенням легко встановити елементи A та B:

$$M(Z_3) - M(Z_1) = M(A) + x_3M(B) - M(A) - x_1M(B) = 4M(B) = 76 \text{ (г/моль)};$$

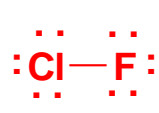
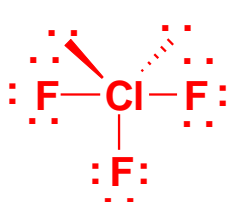
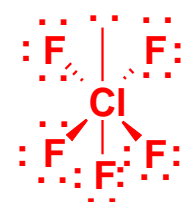
$M(B) = 19 \text{ (г/моль)}$ – флуор.

$$M(Z_2)/M(Z_1) = (M(A) + x_2M(B))/(M(A) - x_1M(B)) = 1,698;$$

$M(A) = 35.45 \text{ (г/моль)}$ – хлор.

A	B	Z_1	Z_2	Z_3
Cl	F	ClF	ClF ₃	ClF ₅

3.2 **Зобразіть** структури Льюїса для сполук Z_1 - Z_3 та **визначте** гібридизацію центральних атомів.

Z_1	Z_2	Z_3
		
-	sp^3d	sp^3d^2

3.3 **Визначте** просторову будову Z_1 - Z_3 .

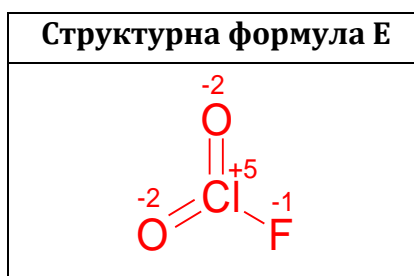
Z ₁	Z ₂	Z ₃
лінійна	плоска T-подібна	квадратна піраміда

Сполуки Z₁-Z₃ бурхливо реагують з водою. При цьому зі сполуки Z₁ утворюються А (у вигляді простої речовини), кисень та кислота С. Зі сполуки Z₂ – кисень і суміш кислот С та D. А при реакції з водою Z₃ за певних умов утворюються речовини С та Е (що складається з А, В та 37.02% кисню).

3.4 Визначте сполуки С, D та Е та **наведіть** рівняння згаданих реакцій.

С	D	Е
HF	HCl	FClO ₂
$4\text{ClF} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{Cl}_2 + 4\text{HF} + \text{O}_2$ $\text{ClF}_3 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{O}_2 + \text{HCl} + 3\text{HF}$ $\text{ClF}_5 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{FClO}_2 + 4\text{HF}$		

3.5 Зобразіть структурну формулу Е та **вказіть** ступені окиснення кожного атому.



Задача 4. «Ізомери, де ж тут ізомери...»

Автор: Остапчук Євген

Ізомерія – явище існування хімічних сполук, що мають однаковий якісний та кількісний атомний склад, але відрізняються за будовою та/або просторовим розташуванням атомів, що входять до складу молекули. Як наслідок цього – ізомери речовин з однаковою брутто-формулою можуть мати абсолютно різні властивості. Саме завдяки явищу ізомерії існує велика кількість та різноманіття органічних сполук.

4.1 Визначіть брутто-формулу ізомерів сполуки **X**, при спалюванні 3,7 г суміші яких утворюється 8,8 г CO_2 та 4,5 г H_2O .

Розрахуємо $x:y:z$ у $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$

$n(\text{C}) = n(\text{CO}_2) = m(\text{CO}_2)/M(\text{CO}_2) = 8,8/44 = 0,2$ (моль), звідки $m(\text{C}) = 2,4$ (г)

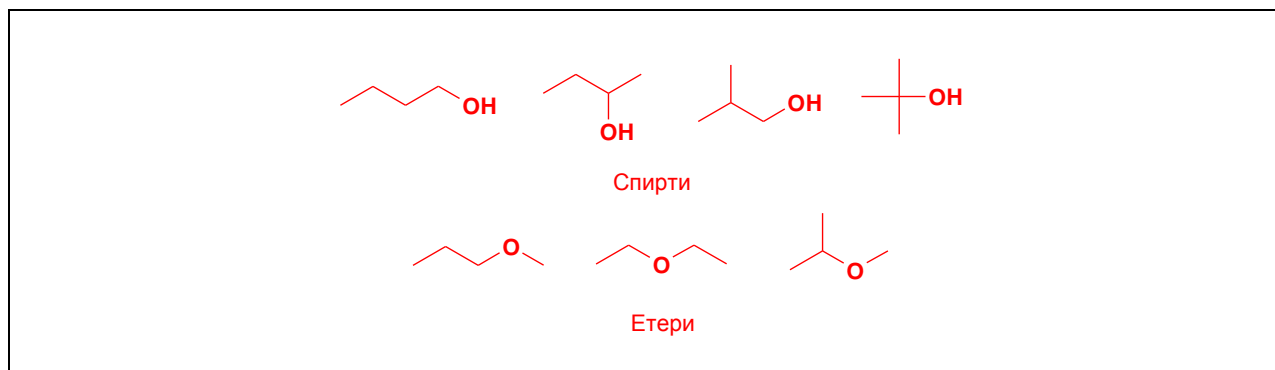
$n(\text{H}) = 2n(\text{H}_2\text{O}) = 4,5/18 = 0,5$ (моль), звідки $m(\text{H}) = 0,5$ (г)

$m(\text{O}) = m(\text{X}) - m(\text{C}) - m(\text{H}) = 0,8$ (г), звідки $n(\text{O}) = 0,05$ (моль)

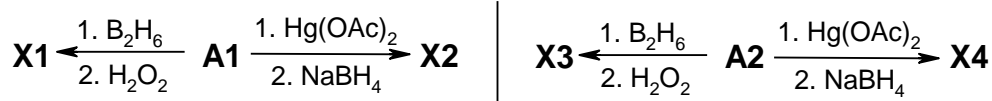
$x:y:z = 0,2:0,5:0,05 = 4:10:1$ – **$\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ (єдиний можливий варіант).**

Сполуки **X** – яскравий приклад ізомерії функціональних груп, так званої міжкласової ізомерії.

4.2 Наведіть структурні формули усіх ізомерів **X** та визначте, до яких класів органічних сполук вони відносяться.



Ізомери **X**, що відносяться до класу **Y**, рухливі рідини, температури кипіння усіх представників якого вищі, ніж у відповідних представників класу **Z**. Їх можна отримати виходячи з ізомерних вуглеводнів **A1** та **A2** за наступними схемами:



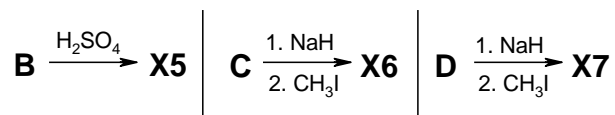
4.3 Визначіть сполуки **X1-X4**, якщо відомо, що температури їх кипіння зменшуються в ряду **X1>X3>X2>X4**, **поясніть** свій вибір.

X1	X2	X3	X4
В ряду ізомерів, речовини з більш розгалуженою будовою мають температуру кипіння нижче ніж з менш розгалуженою.			


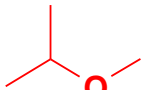
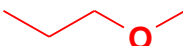
4.4 Визначіть вуглеводні **A1, A2** та поясніть регіоселективність утворення відповідних ізомерів за допомогою механізмів реакції на прикладі утворення **X1** та **X2**.

	A1	A2
A1 → X1		
A1 → X2		

Ізомери **X**, що відносяться до класу **Z**, рухливі низькокиплячі рідини, для яких характерна висока інертність по відношенню до переважної більшості органічних реагентів. Їх можна отримати, виходячи зі сполук, що належать до класу **Y**, за наступними схемами:



4.5 Розшифруйте схему перетворень та визначіть сполуки **X5-X7**, якщо відомо, що температури кипіння вихідних сполук зменшуються в ряду **D>C>B**, **поясніть** свій вибір.

		
X5	X6	X7
<p>За аналогією з пп.5-3. В ряду ізомерів, речовини з більш розгалуженою будовою мають температуру кипіння нижче ніж з менш розгалуженою. X6 та X7 – явно метилові етери, тоді X5 – етиловий.</p>		

Задача 5. «У нас все як в аптеці...»

Автор: Волочнюк Дмитро та Рябухін Сергій

Значення рН 0,226 % водного розчину одноосновної кислоти дорівнює 2,536. При розведенні вдвічі значення рН зростає до 2,692.

5.1 Розрахуйте константу дисоціації кислоти.

Запишемо вираз для константи дисоціації одноосновної кислоти: $K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$

Враховуючи, що $[A^-] = [H^+]$ та $[HA] = C_0(HA) - [H^+]$ отримаємо $K_a = \frac{[H^+]^2}{C_0(HA) - [H^+]}$

Знаючи значення рН при початковій концентрації кислоти C_0 та $0,5 C_0$ отримаємо два рівняння :

$$\begin{cases} K_a = \frac{[H^+]_1^2}{C_0(HA) - [H^+]_1} \\ K_a = \frac{[H^+]_2^2}{0,5C_0(HA) - [H^+]_2} \end{cases} \text{ в яких } [H^+]_1 = 2,91 \cdot 10^{-3} \text{ та } [H^+]_2 = 2,032 \cdot 10^{-3}$$

з системи рівнянь отримуємо вираз для K_a :

$$K_a = \frac{[H^+]_1^2 - 2[H^+]_2^2}{2[H^+]_2 - [H^+]_1}$$

Звідки $K_a = 1,82 \cdot 10^{-4}$

5.2 Розрахуйте концентрацію кислоти в вихідному розчині.

Для розрахунку концентрації кислоти в вихідному розчині прирівняємо вирази для K_a у початковому та вдвічі розбавленому розчинах:

$$\frac{[H^+]_1^2}{C_0(HA) - [H^+]_1} = \frac{[H^+]_2^2}{0,5C_0(HA) - [H^+]_2}$$

Виразимо з цього рівняння початкову концентрацію кислоти:

$$C_0 = \frac{[H^+]_1 * [H^+]_2^2 - [H^+]_1^2 * [H^+]_2}{[H^+]_2^2 - 0,5[H^+]_1^2}$$

Звідки $C_0 = 0,0494 \text{ M}$

5.3 Визначить молярну масу та запропонуйте хімічну формулу кислоти, якщо густина всіх розчинів дорівнює 1 г/см^3 .

$$M_r(HA) = \frac{m(HA)}{\nu(HA)} = \frac{2,26}{0,0494} = 45,75 \text{ г/моль}$$

Таку молярну масу має мурашина кислота, отже **HA - HCOOH**.

5.4 Виведіть рівняння для верхньої та нижньої границь зміни рН при n -кратному розведенні водного розчину будь-якої **слабкої** одноосновної кислоти.

Для слабкої одноосновної кислоти $K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$, якщо кислота дуже слабо дисоціює, то можна вважати що $[HA]=C_0$, тоді $K_a = \frac{[H^+]^2}{C_0}$ і вираз для рН буде наступним:

$$pH = -\log\sqrt{K_a * C_0} = \frac{1}{2}(pK_a - \log C_0)$$

При розведенні кислоти в n разів початкова концентрація кислоти стає рівною $\frac{C_0}{n}$ і вираз для рН буде:

$$pH = -\log\sqrt{\frac{K_a * C_0}{n}} = \frac{1}{2}(pK_a - \log\frac{C_0}{n})$$

5.5 Визначіть яку кількість 0,01 М розчину NaOH треба додати до вихідного розчину 0,226 % одноосновної кислоти з рН 2,536, щоб рН став 2,692. (в об'ємах кислоти)

При добавлянні гідроксиду натрію буде утворюватись буферний розчин, рН якого знаходиться за формулою:

$$pH = pK_a + \log\frac{C_{\text{солі}}}{C_{\text{кисл.}}}$$

Виразимо концентрацію солі з врахуванням розбавлення:

$$C_{\text{солі}} = \frac{C_{NaOH} * V_{NaOH}}{V_{\text{кисл.}} + V_{NaOH}}$$

Виразимо концентрацію кислоти з врахуванням розбавлення:

$$C_{\text{кисл.}} = \frac{C_{\text{кисл.}} * V_{\text{кисл.}} - C_{NaOH} * V_{NaOH}}{V_{\text{кисл.}} + V_{NaOH}}$$

Підставимо ці вирази у формулу для рН і отримаємо:

$$pH = pK_a + \log\frac{C_{NaOH} * V_{NaOH}}{C_{\text{кисл.}} * V_{\text{кисл.}} - C_{NaOH} * V_{NaOH}} = pK_a + \log\frac{C_{NaOH}}{C_{\text{кисл.}} * \frac{V_{\text{кисл.}}}{V_{NaOH}} - C_{NaOH}}$$

Отримаємо рівняння:

$$2.692 = 3.74 + \log\frac{0.01}{0.0494 * \frac{V_{\text{кисл.}}}{V_{NaOH}} - 0.01}$$

Звідки знайдемо відношення об'ємів кислоти і гідроксиду натрію:

$$\frac{V_{\text{кисл.}}}{V_{NaOH}} = 2.463$$

$$\text{Звідки } V_{NaOH} = 0.406 * V_{\text{кисл.}}$$

Задача 6. «Це дуже рідкісні метали... Набагато дорожчі золота...»

Автор: Григоренко Олександр

Надзвичайно рідкісний метал **X** добувають як з природних руд, так і з відходів виробництва інших елементів, де він знаходиться разом з іншими благородними металами. Цікавим джерелом **X** до другої половини двадцятого століття був деякий мінерал, що є сплавом **X** та металу **Y** і, як правило, зустрічається у невеликих кількостях разом із золотом. Один з варіантів відділення цього мінералу базується на обробці вихідної сировини царською водою, оскільки ані **X**, ані **Y** при цьому не розчиняються. З метою подрібнення відділену суміш стоплюють з цинком і потім обробляють соляною кислотою. Нерозчинний залишок стоплюють з BaO_2 та $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ при високій температурі; при цьому з **X** та **Y** утворюються солі **A** та **B**, що містять 36.4% та 35.1% барію, відповідно. Після стоплення, утворену суміш розчиняють у соляній кислоті та додають суміш сульфатної та нітратної кислот. Утворений осад відфільтровують. Після випаровування **Y** відділяють за рахунок утворення леткого оксиду **B** (74.8% **Y**), тоді як **X** залишається у розчині у вигляді кислоти **G**, аніон якої містить лише один атом металу. Додавання хлориду амонію приводить до утворення малорозчинної солі **D** (6.3% нітрогену, 48.5% хлору та 43.3% **X**), прожарювання якої дає змогу отримати метал **X**.

6.1 Визначіть метали **X** та **Y**.

Нехай **B** – Y_2O_n . Тоді

$$2M(\text{Y}) : 16n = 74.8 : (100 - 74.8); M(\text{Y}) = 23.75n$$

n	1	2	3	4	5	6	7	8
Y	(Na, Mg)	(Ti)	-	-	(Sn)	-	-	Os

Таким чином, **Y** – Os, **B** – OsO_4 .

Інші варіанти не підходять за валентностями чи хімічними властивостями.

За сумою вмістів елементів у **D** очевидно, що до її складу входить ще гідроген (невеликий залишковий вміст у 1.7%). Нехай її формула $\text{N}_x\text{H}_y\text{XCl}_t$. Тоді:

$$14x : y : M(\text{X}) : 35.45t = 6.3 : 1.9 : 43.3 : 48.5$$

$$x : y : M(\text{X}) : t = 0.45 : 1.7 : 43.3 : 1.365 = 1 : 4 : 96.2 : 3$$

Отже, формула **D** – $(\text{NH}_4)_x\text{XCl}_{3x}$; $M(\text{X}) = 96.2x$.

x	1	2	3	4
X	(Mo)	Ir	(Fl)	-

Таким чином, **X** – Ir, **D** – $(\text{NH}_4)_2\text{IrCl}_6$, **G** – H_2IrCl_6 .

A та **B** можна представити у вигляді $\text{Ba}_n(\text{MO}_m)_2$. Тоді для **A**

$$137.3n \approx 0.364(137.3n + 2 \cdot 192.2 + 32m); 240n \approx 32m + 384; m \approx 7.5n - 12$$

При $n = 2$ $m = 6$. Отже **A** – BaIrO_3 .

Для **B**

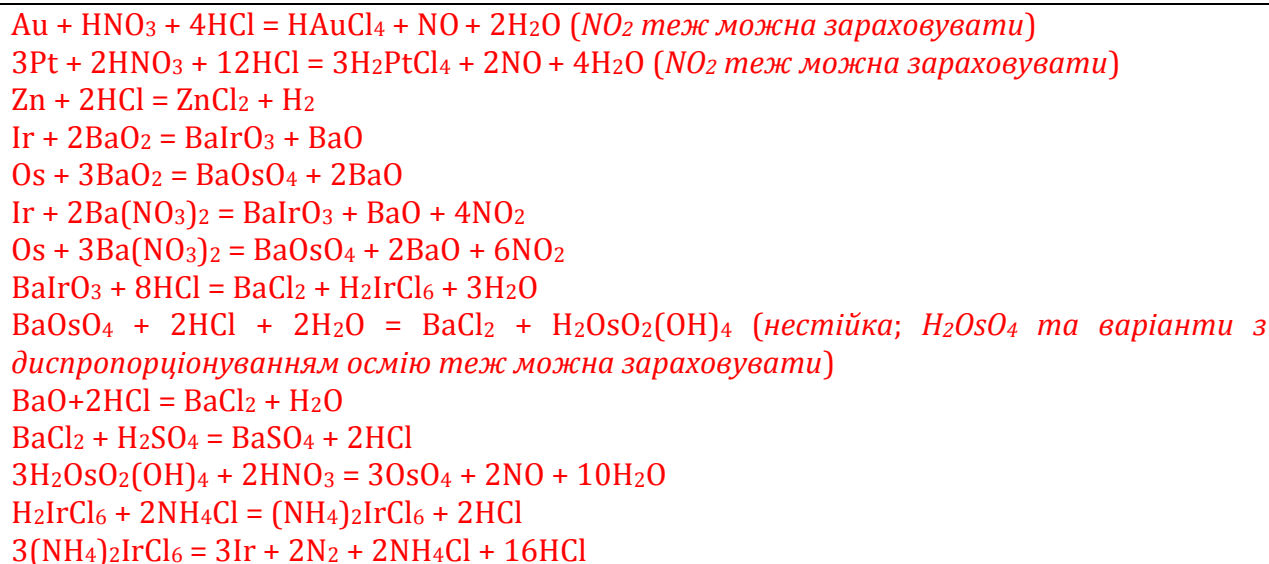
$$137.3n \approx 0.351(137.3n + 2 \cdot 190 + 32m); 254n \approx 32m + 380; m \approx 8n - 12;$$

При $n = 2$ $m = 8$. Отже **B** – BaOsO_4 .

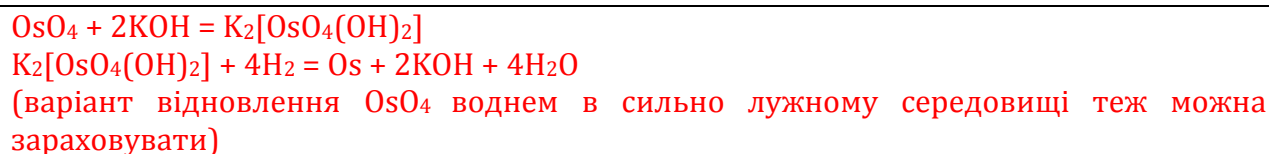
6.2 Визначіть сполуки **A**–**D**.

А – BaIrO ₃	Б – BaOsO ₄	В – OsO ₄	Г – H ₂ IrCl ₆	Д – (NH ₄) ₂ IrCl ₆
-------------------------------	-------------------------------	-----------------------------	---	--

6.3 Наведіть рівняння усіх згаданих перетворень (має бути 14 рівнянь з коефіцієнтами).



6.4 Наведіть рівняння подальших перетворень оксиду **В** для отримання чистого **У**.



6.5 На деяких виробництвах для отримання **Х**, замість прожарювання солі **Д**, використовують її відновлення воднем. **Напишіть** рівняння реакції, що при цьому відбувається, та **поясніть** переваги та недоліки цього методу порівняно з прожарюванням.



Переваги – більш м'який та селективний метод, тобто більш ефективний.
Недоліки – Більш небезпечний, та потребує більш дорогого обладнання.

10 клас. 2 тур.

Задача 1. «Ідіть. І щоб все було чисто...»

Автор: Колотілов Сергій

Інженер одного з хімічних виробництв зіткнувся із задачею очищення стічного водного розчину від флуоридної кислоти. Для цього він запропонував осаджувати з розчину флуорид кальцію, розмірковуючи, що невеликий надлишок іонів Ca^{2+} не буде забруднювати навколишнє середовище. Для проведення лабораторних дослідів та перевірки можливості очищення витоків таким способом, інженери змішали 50,0 мл 0,40 М розчину HF і 100,0 мл 0,10 М розчину CaCl_2 . Концентрація іонів Ca^{2+} в розчині після фільтрування осаду CaF_2 (**Розчин А**) становила $9,30 \cdot 10^{-4}$ М. Ця величина суттєво перевищувала величину, на яку очікували інженери, виходячи з розрахунку за добутком розчинності CaF_2 (Для довідки: $DP(\text{CaF}_2) = 3,2 \cdot 10^{-11}$).

1.1 Визначіть, яку концентрацію Ca^{2+} очікував одержати в розчині інженер, якщо для розрахунку він використав лише добуток розчинності та кількості Ca^{2+} та F^- , які були в реакційній суміші?

Інженер змішав: $n(\text{CaCl}_2) = 0,1 \text{ л} \cdot 0,1 \text{ М} = 0,01 \text{ моля}$

$n(\text{HF}) = 0,05 \text{ л} \cdot 0,4 \text{ М} = 0,02 \text{ моля}$

В розчині Ca^{2+} в F^- в стехіометричному співвідношенні, надлишку одного з іонів немає.

$DP(\text{CaF}_2) = [\text{Ca}^{2+}][\text{F}^-]^2$

Нехай $[\text{Ca}^{2+}] = x$, тоді $[\text{F}^-] = 2x$

$x \cdot (2x)^2 = 3,2 \cdot 10^{-11}$

$4x^3 = 3,2 \cdot 10^{-11}$

$x^3 = 8 \cdot 10^{-12}$

$x = 2 \cdot 10^{-4}$ (кубічний корень в цій задачі можна розрахувати без електронного обладнання)

Тобто, інженери очікували, що $[\text{Ca}^{2+}] = 2 \cdot 10^{-4} \text{ М}$

1.2 Поясніть, чому фактична концентрація Ca^{2+} в **Розчині А** перевищувала очікувану інженером.

В розчині пройшла реакція:

$\text{CaCl}_2 + 2\text{HF} = \text{CaF}_2 + 2\text{HCl}$

При цьому утворюється сильна кислота, що сприяє зсуву рівноваги процесу

$\text{HF} = \text{H}^+ + \text{F}^-$ вліво.

Відповідно, концентрація F^- не дорівнює повній концентрації фтору (у складі HF і F^-) в розчині, та в осад випадає менше CaF_2 , ніж можна було очікувати.

1.3 Розрахуйте рН в **Розчині А** (гідролізом та комплексоутворенням знехтуйте).

За рівнянням $\text{CaCl}_2 + 2\text{HF} = \text{CaF}_2 + 2\text{HCl}$

кількість H^+ в розчині вдвічі більша за кількість Ca^{2+} в осаді (HCl дисоціює повністю, а внесок процесів, пов'язаних з дисоціацією/асоціацією HF нехтовно малий, оскільки сумарна концентрація фторвмісних частинок в розчині становить $1,87 \cdot 10^{-3} \text{ M}$ - див. наступне питання).

Сумарний об'єм розчину 150 мл.

$n(\text{Ca}^{2+})$ в осаді = $0,01 \text{ моля} - 9,30 \cdot 10^{-4} \text{ M} \cdot 0,15 \text{ л} = 9,861 \cdot 10^{-3} \text{ моля}$

$n(\text{H}^+)$ в розчині = $2 \cdot 9,8605 \cdot 10^{-3} \text{ моля} = 1,972 \cdot 10^{-2} \text{ моля}$

$[\text{H}^+]$ в розчині = $1,972 \cdot 10^{-2} \text{ моля} / 0,15 \text{ л} = 0,13 \text{ M}$

$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = 0,89$

1.4 Оцініть співвідношення $[\text{F}^-]/[\text{HF}]$ в **Розчині А**, якщо $K_a(\text{HF}) = 5,62 \cdot 10^{-4}$ (гідролізом та комплексоутворенням знехтуйте).

Знайдемо сумарну кількість фториду в розчині А.

$n(\text{Ca}^{2+})$ в осаді = $9,861 \cdot 10^{-3} \text{ моля}$

$n(\text{F}^-)$ в осаді = $2 \cdot 9,861 \cdot 10^{-3} \text{ моля} = 1,972 \cdot 10^{-2} \text{ моля}$

$n(\text{F}^-) + n(\text{HF})$ в розчині = $0,02 \text{ моля} - 1,972 \cdot 10^{-2} \text{ моля} = 2,8 \cdot 10^{-4} \text{ моля}$

$c(\text{F}^- + \text{HF}) = 2,8 \cdot 10^{-4} \text{ моля} / 0,15 \text{ л} = 1,867 \cdot 10^{-3} \text{ M}$

$[\text{H}^+][\text{F}^-]/[\text{HF}] = 5,62 \cdot 10^{-4}$

$0,13 \cdot [\text{F}^-]/[\text{HF}] = 5,62 \cdot 10^{-4}$

$[\text{F}^-]/[\text{HF}] = 4,3 \cdot 10^{-3}$

1.5 Запропонуйте, що потрібно змінити інженерам в їх методиці для більш повного очищення розчину від флуоридів? Врахуйте, що на заводі є велика кількість CaCl_2 , який бажано використовувати.

Треба підвищити рН в **Розчині А**. Для цього до **Розчину А** можна додавати будь-який луг, соду, вапно тощо.

Задача 2. «Ну, ну... подивимося, на що воно там перетворилося...»

Автор: *Виборний Михайло*

Пентакристалогідрат нітрату **A** (містить 46.19 % кисню) масою 9.7 г внесли у 100 г води. При цьому утворений розчин помутнів. До цього розчину додали надлишок розчину сечовини $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ у етанолі. Утворений розчин прогріли, в результаті чого утворилось 5.1 г осаду **B** (вважати, що вихід дорівнює 100%). Сполуку **B** також можливо отримати додаванням карбонату натрію до підкисленого нітратною кислотою розчину **A**. Термічний розклад **B** призводить до утворення двох бінарних сполук – твердої **B** та газу **Г** (за н.у.) у масовому співвідношенні 10.591:1. При пропусканні хлору крізь суспензію сполуки **B** у 40% водному розчині КОН в осад випадає сполука **Д** (містить 13.18 % калію).

2.1 Розшифруйте невідомі сполуки А-Д.

Загальна формула пентакристалогідрату $X(\text{NO}_3)_y \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Відповідний масовий вміст кисню в **A** задається наступною формулою:

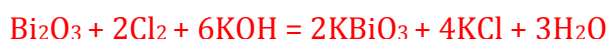
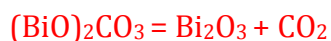
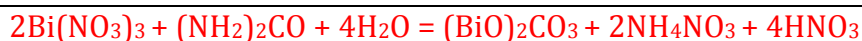
$$w = (48y + 80) / (M(X) + 62y + 90) = 0,4619, \text{ тобто } M(X) = 41,92y + 83,20$$

перебираючи у отримуємо єдиний можливий варіант – $y=3$, $M(X) = 208,96$ (Bi).

речовина **A** - $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Виходячи з методу отримання, речовина **B** є карбонатом, **B** оксидом вісмуту Bi_2O_3 , а **Г** відповідно CO_2 . Мольне співвідношення Bi_2O_3 до CO_2 складає 1:1. Єдиним раціональним поясненням такого співвідношення є утворення оксокатиону вісмуту BiO^+ . Дане припущення повністю підтверджується розрахунком отриманої маси **B**. При пропусканні хлору вісмут переходить у стан окиснення +5. Припустивши, що до складу **Д** входить один атом калію, то відповідний аніон має формулу BiO_3^- .

A	B	B	Г	Д
$\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	$(\text{BiO})_2\text{CO}_3$	Bi_2O_3	CO_2	KBiO_3

2.2 Наведіть рівняння згаданих реакцій.

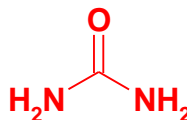


2.3 Поясніть, чому при розчиненні **A** у воді розчин мутніє. Відповідь **підтвердіть** рівнянням реакції.

Відбувається гідроліз: $\text{Vi}^{3+} + \text{H}_2\text{O} = \text{ViO}^+ + 2\text{H}^+$

2.4 Наведіть структурну формулу сечовини.

Структурна формула сечовини



2.5 Наведіть рівняння реакцій, що можуть відбуватись при пропусканні хлору крізь 40% водний розчин KOH при відсутності **В. Вкажіть** умови їх проведення.

$\text{Cl}_2 + 2\text{KOH} = \text{KCl} + \text{KClO} + \text{H}_2\text{O}$ – на холод.

$3\text{Cl}_2 + 6\text{KOH} = 5\text{KCl} + \text{KClO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ – при підвищеній температурі.

Задача 3. «От зараз ми і визначимо який у вас потенціал...»

Автор: Пашко Микола

Потенціометрія - метод фізико-хімічного аналізу, заснований на експериментальному визначенні електродних потенціалів за допомогою вимірювання ЕРС (електрорушійної сили) відповідних електрохімічних ланцюгів. За допомогою потенціометрії можна визначати термодинамічні характеристики реакцій, активності електролітів, рН розчинів і т.п.

Для вимірювання ЕРС зазвичай використовують електроди порівняння, наприклад хлорсрібний. Нижче записана електрохімічна комірка для вимірювання потенціалу бромсрібного електроду.

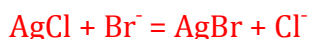


3.1 Визначте стандартний потенціал бромсрібного електроду якщо $E^0_{\text{AgCl}/\text{Ag},\text{Cl}^-} = 0.222 \text{ В}$, а ЕРС комірки 0,151 В.

$$\text{ЕРС} = E^0_{\text{AgCl}/\text{Ag},\text{Cl}^-} - E^0_{\text{AgBr}/\text{Ag},\text{Br}^-} = 0.151 \text{ (В)}$$

$$E^0_{\text{AgBr}/\text{Ag},\text{Br}^-} = 0.222 - 0.15 = 0.071 \text{ (В)}$$

3.2 Запишіть сумарне рівняння, що відбувається у комірці.



Для визначення концентрації бромід-іону у розчині в нього помістили срібну пластину, покриту шаром бромиду срібла, та хлорсрібний електрод. Після замикання ланцюгу вольтметр показав напругу 0,1055 В.

3.3 Визначте концентрацію Br^- у розчині.

Потенціал бромсрібного електроду змінився, бо змінилася концентрація Br^- .

Цю залежність описує рівняння Нернста: $E = E^0 + [RT \ln(\alpha_{\text{ox}}/\alpha_{\text{red}})]/nF$

Тобто $E_{\text{AgBr}/\text{Ag},\text{Br}^-} = E^0_{\text{AgBr}/\text{Ag},\text{Br}^-} + [RT \ln(1/[\text{Br}^-])]/nF = \text{ЕРС} - E^0_{\text{AgCl}/\text{Ag},\text{Cl}^-}$, звідки

$$[\text{Br}^-] = 0.17 \text{ (моль/л)}$$

3.4 Розрахуйте добуток розчинності броміду срібла, якщо $E^0_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} = 0,799 \text{ В}$.

Запишемо рівняння, які нам відомі, та константу рівноваги (ДР), яку необхідно знайти:



Знайдемо енергію Гіббса третього рівняння як різницю енергій Гіббса другого і першого рівнянь: $\Delta G_3 = \Delta G_2 - \Delta G_1 = -n_2FE_2 + n_1FE_1 = 70,241 \text{ (кДж/моль)}$

$$\Delta G = -RT \ln(\text{ДР}) = 70241$$

$$\text{Звідки } \text{ДР} = 4,87 \cdot 10^{-13}$$

3.5 Запропонуйте електроди для визначення концентрації іонів S^{2-} та SO_4^{2-} .



Задача 4. «Ізомери такі, ізомери сякі...»

Автор: Кондратов Іван

Довгий час будову циклічного вуглеводню **A** приписували іншій сполуці. Так, вперше про її утворення шляхом відновлення вуглеводню **X** надлишком йодоводню (HI) за високої температури повідомив французький хімік Марселен Бертло у 1867 році. Через три роки німецький хімік Адольф фон Байер повторив експеримент і також охарактеризував одержану сполуку, як речовину **A**. В свою чергу, у 1890 році російський вчений Марковніков приписав будову **A** речовині, яку він виділив з кавказької нафти. Проте його сполука значно відрізнялась від тої, що одержували Бертло та Байер, за температурою кипіння. Марковнікову разом з колегами знадобилося 5 років, щоб експериментально довести, що сполуці Бертло/Байера насправді відповідає будова ізомерної сполуки **B** циклічної будови.

4.1 Встановіть будову сполук **A**, **B**, **X**, якщо відомо, що:

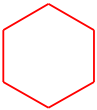
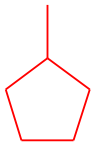
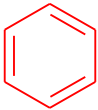
- Сполуки **A**, **B**, **X** – ахіральні.
- У сполуки **A** існує одна монобромпохідна, а у сполуки **B** – чотири (не враховуючи стереоізомерів).
- При згорянні 4,2 г сполуки **A** утворюється 6,72 л CO₂ (н.у.), така ж сама кількість CO₂ утворюється при згорянні 3.9 г сполуки **X**.

Розрахуємо молярну масу сполук **A** та **X**:

$M_w(A) = 22.4n \cdot 4.2 / 6.72 = 14n$; $M_w(X) = 22.4x \cdot 3.9 / 6.72 = 13n$, де n - це кількість атомів карбону.

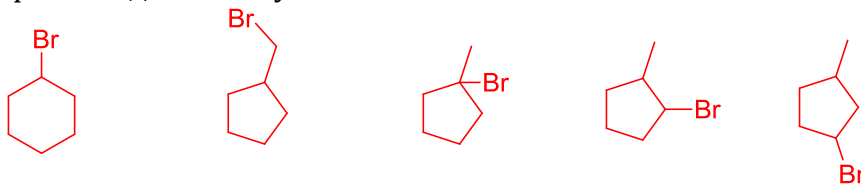
Отже **A** – це циклоалкан (CH₂)_n, а **X** – циклічний полієн (CH)_n, або за умови $n = 6$ – бензен.

Тоді **A** – циклогексан. **B** – згідно умови – метил циклопентан.

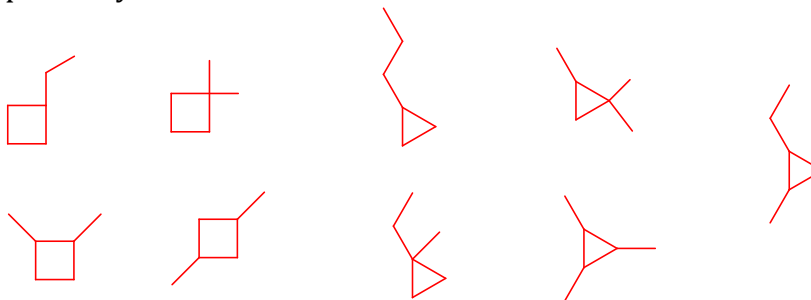
A	B	X
		

4.2 Наведіть будову усіх монобромпохідних сполук **A** та **B**, а також усіх інших циклічних вуглеводнів – ізомерів **A** та **B** (не враховуючи стереоізомерів).

Будова монобромпохідних сполук **A** та **B**:



Циклічні ізомери сполук **A** та **B**:



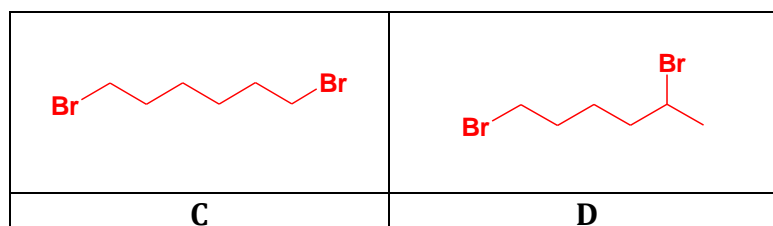
4.3 Для сполук з п.4.2 **визначіть** ті, що можуть мати оптичні ізомери. **Поясніть** причину виникнення оптичної ізомерії в цих сполуках, та **наведіть** кількість можливих ізомерів.

Оптична ізомерія пов'язана з наявністю хіральних центрів. Кількість ізомерів дорівнює 2^n , де n – кількість хіральних центрів

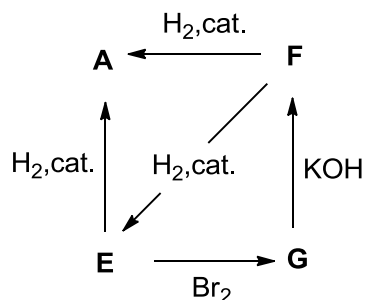
4 ізомери (2 центри)	4 ізомери (2 центри)	4 ізомери (2 центри)	2 ізомери (1 центр)	2 ізомера*
* – оптичні ізомери існують лише для транс-стереоізомера, у випадку цис- наявна площина симетрії і, відповідно, дана сполука ахіральна (мезоформа).				

У 1894 році англійськими хіміками Перкіним-мол. та Хевортом було здійснено синтез сполуки **A** обробкою металічним натрієм ациклічного галогеналкану **C** (масова частка карбону складає 29.5%).

4.4 Встановіть будову сполуки **C**. Визначіть сполуку **D**, що є ізомером **C** та може бути використана для отримання **B** за аналогічною реакцією.



В наші часи, в промисловості, сполуку **A** також одержують із вуглеводню **X** шляхом каталітичного гідрування. За різних умов продуктами цієї реакції є також циклічні вуглеводні **E** та **F**, які можна пов'язати зі сполукою **A** та між собою наступними перетвореннями:



4.5 Встановіть структури сполук **E** та **F**. **Наведіть** можливі стереоізомери сполуки **G** та **визначте** той (або ті) з них, які утворюються під час бромовання сполуки **E**. Відповідь **підтвердіть** механізмом бромовання.

E	F	
Стереоізомери сполуки G :		
<p>Механізм бромовання:</p> <p>Реакція відбувається стереоселективно даючи транс-дибромциклогексан, оскільки йде через бромонієвий катіон, з наступною атакою Br⁻ з протележного боку циклу, що унеможливує утворення <i>цис</i>-ізомеру</p>		
Тобто в наслідок бромовання утворюються лише G2 та G3 .		

Задача 5. «Між ними був справжній подвійний зв'язок...»

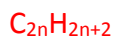
Автор: Волочнюк Дмитро

Дендралени – клас ациклічних крос-спряжених вуглеводнів. Найпростішим дендраленом, який називається [2]-дендрален, є 1,3-бутадієн. Структура [5]-дендралену наведено в таблиці.

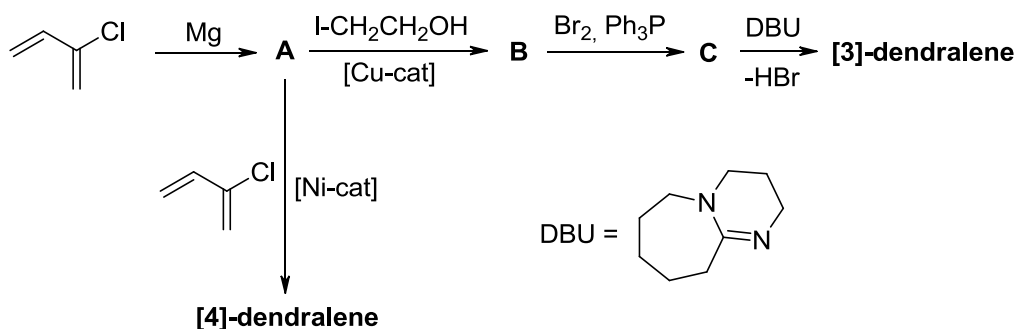
5.1 Наведіть структури [3]-дендралену та [4]-дендралену.

[2]-дендрален	[3]-дендрален	[4]-дендрален	[5]-дендрален

5.2 Виведіть загальну брутто-формулу для [n]-дендралену.



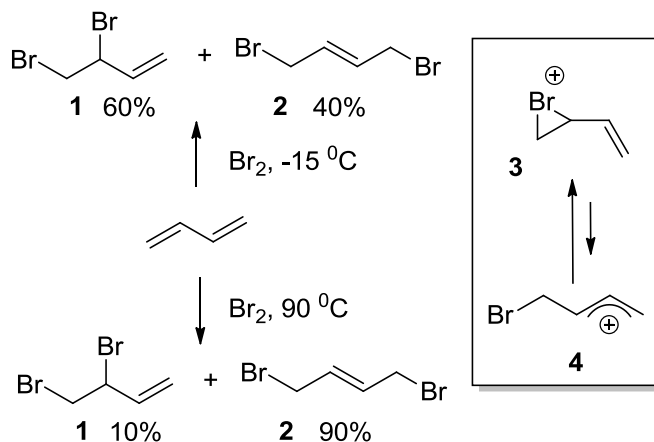
Нижче наведено схему синтезу для [3]-дендралену та [4]-дендралену.



5.3 Визначіть структурні формули сполук А-С.

A	B	C

Нижче наведено одне з характерних перетворень для дендралену-2:



5.4 У наведеній схемі перетворень **вказіть** який продукт є кінетичним. **Що** треба зробити, щоб збільшити його кількість (виберіть потрібні варіанти відповідей)?

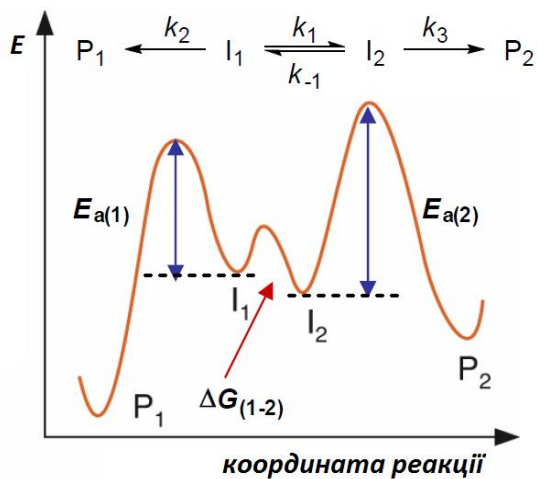
Кінетичний продукт:

- A) 1 – вірна відповідь
- B) 2

Для збільшення кількості кінетичного продукту потрібно:

- A) Знизити температуру. – вірна відповідь
- B) Проводити реакцію при опроміненні.
- B) Додати перекис водню

Відомо, що реакція, згадана у п. 5.3, перебігає через інтермедіати **3** та **4**, що знаходяться у рівновазі, причому рівновага зміщена у сторону інтермедіату **3**. Нижче наведена енергетична діаграма, що описує такі явища.



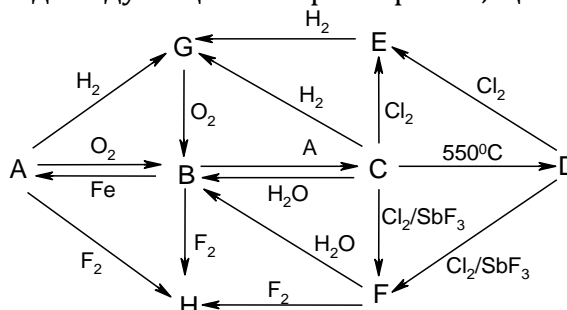
5.5 Співвіднесіть продукти (1,2) та інтермедіати (3,4) на цій діаграмі.

1	2	3	4
P₁	P₂	I₁	I₂

Задача 6. «Про всяк випадок, є тут у нас одна цікава схема...»

Автор: Рябухін Сергій

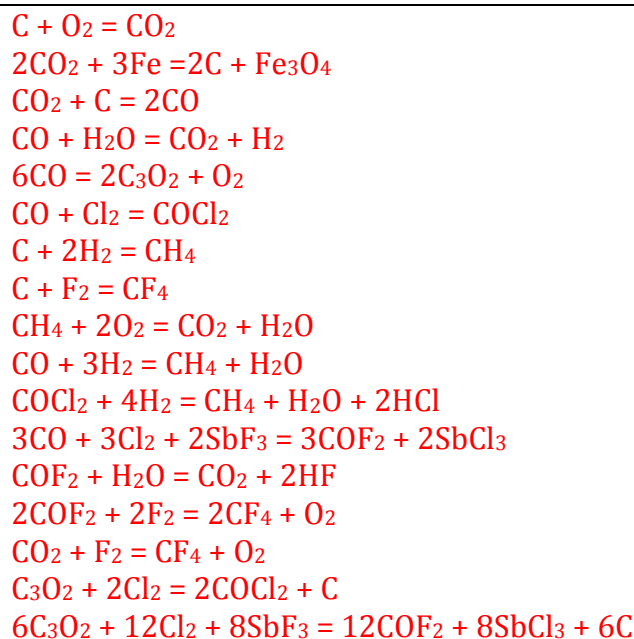
Для простої речовини **A** відомі дуже цікаві перетворення, що наведені на схемі:



6.1 Розшифруйте схему перетворень, якщо відомо, що усі речовини, окрім **A**, є газами за звичайних умов (1 атм, 298K).

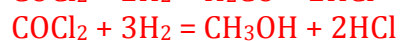
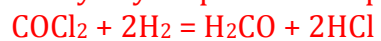
C	CO₂	CO	C₃O₂
A	B	C	D
COCl₂	COF₂	CH₄	CF₄
E	F	G	H

6.2 Наведіть рівняння усіх реакцій (має бути 17 рівнянь з коефіцієнтами). Якщо відомо, що більшість реакцій відбувається при високих температурах та/або тисках.

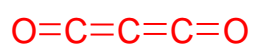


6.3 Які інші продукти можуть утворюватись при взаємодії E та H₂? **Наведіть** відповідні умови та рівняння.

Можуть утворюватись продукти не повного відновлення фосгену:



6.4 Наведіть структурну формулу сполуки D.



6.5 Як, на вашу думку, буде відбуватись взаємодія D з H₂ та H₂O? **Наведіть** відповідні рівняння.



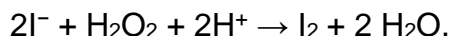
10 клас (експериментальний тур)

Задача 1. ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ ОКИСНЕННЯ ЙОДУ ГІДРОГЕН ПЕРОКСИДОМ

Автор: Редчук Анатолій

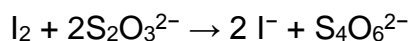
Обладнання та реактиви. Калій йодид, розчин 0,05М; гідроген пероксид, розчин 0,025М; натрій тіосульфат, розчин 0,025М; сульфатна кислота, розчин 0,5М; крохмаль, розчин 0,5%; амоній молібдат, насичений розчин; дистильована вода; колби конічні 250мл і 50 мл; піпетка Мора 10 мл; мірний циліндр; мірна пробірка; бюретка; лійка; секундомір.

Реакція окиснення іона I^- гідроген пероксидом у кислому середовищі має перший порядок по H_2O_2 і описується рівнянням



Дослідження кінетики цієї реакції можна проводити зокрема контролюючи кількість йоду, що виділяється, яка еквівалентна кількості, що вступила в реакцію.

Залежність кількості йоду, що виділяється, від часу (тобто залежність кількості гідроген пероксиду, що вступив у реакцію від часу) зручно визначати додаючи до розчину, де відбувається реакція, точно виміряні кількості натрій тіосульфату і визначаючи час до появи забарвлення індикатору на йод – крохмалю. В цьому випадку йод, що виділяється в результаті реакції з пероксидом, швидко відновлюється тіосульфатом:



Синє забарвлення йод-крохмального комплексу з'являється у той момент, коли увесь доданий тіосульфат витрачається на реакцію. У цей момент треба відмітити час і додати нову порцію тіосульфату.

Зручність такого підходу полягає ще і в тому, що процес іде фактично при сталій концентрації іонів I^- .

Виконання експерименту

1. Заповніть бюретку 0,025М розчином $Na_2S_2O_3$.
2. У колбу об'ємом 200 – 250 мл налейте 50 мл 0,05М розчину KI , 50 мл дистильованої води і 5 мл 0,5М розчину H_2SO_4 .
3. Додайте до реакційної суміші 1 мл розчину натрій тіосульфату з бюретки і 1 мл крохмалю. Перемішайте суміш круговим рухом
4. В другу колбу об'ємом 50 мл налейте 10 мл 0,025М розчину H_2O_2 .
5. Приготуйте секундомір. Вилийте розчин H_2O_2 в колбу з розчином KI перемішайте круговим рухом, швидко увімкніть секундомір і чекайте появи синього забарвлення.
6. При появі синього забарвлення, не зупиняючи секундомір, відмітьте час, додайте ще 1 мл розчину тіосульфату з бюретки і знову відмітьте час появи синього забарвлення. Результати вимірювання часу записуйте у таблицю 1.
7. Процедура додавання тіосульфату і вимірювання часу слід повторити всього 5 раз, не зупиняючи секундомір до останнього виміру. Якщо при черговому додаванні розчину

- тіосульфату ви помилились (наприклад, додали не 1 мл, а 1,1 мл), відмітьте точне значення об'єму по бюретці в таблиці.
- Після запису результату п'ятого виміру часу додайте до реакційної суміші 5 крапель розчину амоній молібдату для прискорення реакції окиснення йоду.
 - Не доливаючи розчин у бюретку, титруйте йод, що виділився, до знебарвлення розчину. В кінці титруйте повільно. Результати титрування також занесіть у таблицю 1, як об'єм, що відповідає $t = \infty$.
 - Знову заповніть бюретку розчином тіосульфату, вимийте посуд і підготуйтеся до повторення досліду.
 - У колбу об'ємом 200 мл налейте 100 мл розчину KI і 5 мл розчину H_2SO_4 .
 - Повторіть пункти 3 – 9, записуючи результати в таблицю 2.

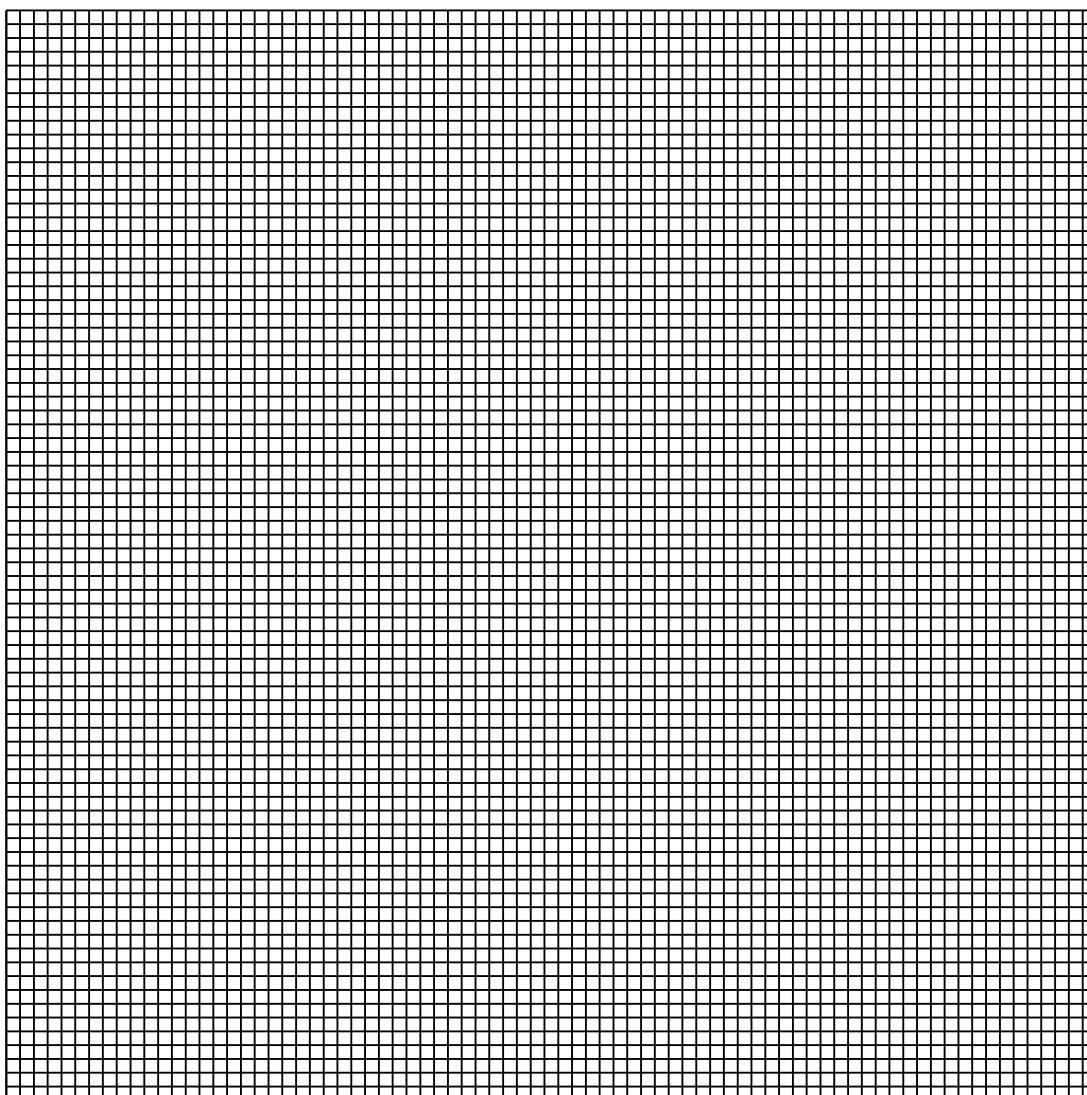
Таблиця 1

t (с)						∞
$V(Na_2S_2O_3)$ (мл)	1	2	3	4	5	

Таблиця 2

t (с)						∞
$V(Na_2S_2O_3)$ (мл)	1	2	3	4	5	

- Вважаючи, що реакція йодид-іону з гідроген пероксидом має перший порядок по H_2O_2 , а концентрація Γ залишається незмінною впродовж досліду, **визначте для кожного з двох дослідів умовну константу швидкості** ($k' = k \cdot [\Gamma]^n$) графічно. Для цього побудуйте графіки залежності $\ln([H_2O_2]_0/[H_2O_2])$ від часу. Врахуйте, що загальна кількість тіосульфату, що йде на дослід (5 раз по 1 мл + титрування), еквівалентна початковій кількості H_2O_2 у розчині. Результати необхідних обчислень занесіть у пусті рядки відповідних таблиць. Для зручності час виразіть у годинах. **Вкажіть розмірності констант k' і k .**



Бали 1.1	Заповнює журі	Дослід 1	$k' =$	Дослід 2	$k' =$
Бали 1.2	Заповнює журі	Розмірність k'		Розмірність k	

2. Виходячи з одержаних значень k' **оцініть порядок реакції по Γ^- (n)**. Одержане значення порядку реакції округліть до цілого і **оцініть величину константи швидкості k** . Об'єм розчину прийміть рівним 100 мл. **Запишіть кінетичне рівняння для реакції окиснення калій йодиду гідроген пероксидом.**

Бали 2.1	Заповнює журі	$n =$	$k =$
Бали 2.2	Заповнює журі	Кінетичне рівняння	

11 клас. 1 тур.

Задача 1. Паливний елемент

Автор: Усенко Наталія

1.1 Користуючись термодинамічною інформацією, поданою в таблиці, **розрахуйте** скільки енергії може виділитись при спалюванні 1 моль таких видів палива як газоподібні водень, метан, а також рідкі метанол та етанол. Результати наведіть для випадку утворення газоподібної води внаслідок спалювання.

Середні енергії зв'язків, кДж·моль ⁻¹	$E_{\text{H-H}}$	$E_{\text{C-H}}$	$E_{\text{O-H}}$	$E_{\text{C-C}}$	$E_{\text{C-O}}$	$E_{\text{C=O}}$	$E_{\text{O=O}}$	
		436	412	463	346	358	799	497
Речовина	H ₂ (г)	CH ₄ (г)	CH ₃ OH(р)	C ₂ H ₅ OH(р)	CO ₂ (г)	H ₂ O(р)	H ₂ O (г)	O ₂ (г)
S_{298}° , Дж·К ⁻¹ ·моль ⁻¹	130,7	186,3	126,8	160,7	213,7	69,9	188,8	205,1
Ентальпія випаровування, $\Delta_v H_{298}^{\circ}$, кДж·моль ⁻¹			38,7	42,6		44,0		

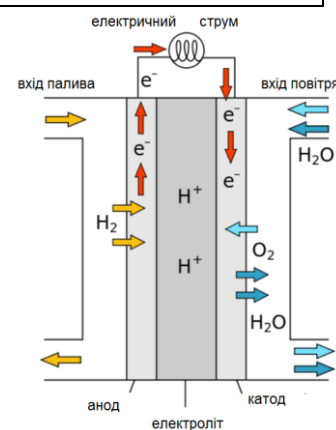
Реакц. (1): $\text{H}_2(\text{г}) + 1/2\text{O}_2(\text{г}) = \text{H}_2\text{O}(\text{г}); \quad \Delta H_{298}^{\circ} \approx E_{\text{H-H}} + 1/2E_{\text{O=O}} - 2E_{\text{O-H}} = -241,5 \text{ кДж}\cdot\text{моль}^{-1};$

Реакц. (2): $\text{CH}_4(\text{г}) + 2\text{O}_2(\text{г}) = \text{CO}_2(\text{г}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{г}); \quad \Delta H_{298}^{\circ} \approx 4E_{\text{C-H}} + 2E_{\text{O=O}} - 2E_{\text{C=O}} - 4E_{\text{O-H}} = -808 \text{ кДж}\cdot\text{моль}^{-1};$

Реакц. (3): $\text{CH}_3\text{OH}(\text{р}) + 3/2\text{O}_2(\text{г}) = \text{CO}_2(\text{г}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{г});$
 $\Delta H_{298}^{\circ} \approx 3E_{\text{C-H}} + E_{\text{C-O}} + 3/2E_{\text{O=O}} - 2E_{\text{C=O}} - 3E_{\text{O-H}} + \Delta_v H_{\text{CH}_3\text{OH}}^{\circ} = -608,8 \text{ кДж}\cdot\text{моль}^{-1};$

Реакц. (4): $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{р}) + 3\text{O}_2(\text{г}) = 2\text{CO}_2(\text{г}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{г});$
 $\Delta H_{298}^{\circ} \approx 5E_{\text{C-H}} + E_{\text{C-C}} + E_{\text{C-O}} + 3E_{\text{O=O}} - 4E_{\text{C=O}} - 5E_{\text{O-H}} + \Delta_v H_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}}^{\circ} = -1213,4 \text{ кДж}\cdot\text{моль}^{-1};$

Як відомо, цю енергію можна використати у двигуні внутрішнього згоряння, але ККД таких двигунів знаходиться в межах 20–25%. Паливний елемент перетворює енергію хімічної реакції в електричну із значно вищими значеннями ККД (в межах 45–60%). Схему пристрою показано на рисунку. На аноді паливо (наприклад, водень) дисоціює під впливом ефективного каталізатора на атоми, віддаючи електрони в ланцюг, протони проходять через протоніообмінну мембрану, після чого сполучаються з аніонами кисню, які утворилися на катоді, внаслідок розпаду молекул кисню з повітря на окремі атоми та отримання ними електронів. В



результаті утворюється вода. Енергію реакції утворення води використовують у вигляді електричного струму.

1.2 Розрахуйте ΔG_{373}° , для реакцій спалювання даних видів палива з утворенням газоподібної води за температури 373 К, а також напругу, що може виникати в такому елементі, якщо він працює при тисках газів 1 атм. Зміною ентальпій та ентропій речовин з температурою знехтуйте. Прокоментуйте отриманий результат.

$$\Delta G_{373}^{\circ} \approx \Delta H_{298}^{\circ} - 373 \cdot \Delta S_{298}^{\circ}; \quad E_{373} = -\frac{\Delta G_{373}^{\circ}}{zF}$$

Реакц. (1): $\Delta G_{373}^{\circ} \approx -241500 - 373 \cdot (-44,5) = -224900$ Дж; $z = 2$; $E = 1,17$ В.

Реакц. (2): $\Delta G_{373}^{\circ} \approx -808000 - 373 \cdot (-5,2) = -806060$ Дж; $z = 8$; $E = 1,04$ В.

Реакц. (3): $\Delta G_{373}^{\circ} \approx -608800 - 373 \cdot 156,9 = -667300$ Дж; $z = 6$; $E = 1,15$ В.

Реакц. (4): $\Delta G_{373}^{\circ} \approx -1213400 - 373 \cdot 217,8 = -1294600$ Дж; $z = 12$; $E = 1,12$ В.

Можна зробити висновок, що напруги, які здатні розвинути паливні елементи на зазначених видах палива зіставні за величиною.

1.3 Розрахуйте ідеальну термодинамічну ефективність η (відношення максимальної електричної роботи, яку можна отримати від пристрою до загальної кількості теплоти, що виділяється при згоранні палива) за температури 373К для паливних елементів з різними видами палива. Прокоментуйте отриманий результат.

Реакція (1): $\eta = \Delta G^{\circ} / \Delta H^{\circ} = 224,9 / 241,5 = 0,93$; Реакція (2): $\eta = 806,06 / 808,0 = 1,00$;

Реакція (3): $\eta = 667,3 / 608,8 = 1,10$; Реакція (4): $\eta = 1294,6 / 1213,4 = 1,07$

Ідеальна термодинамічна ефективність є надзвичайно високою. η вище 1, означає, що за рахунок збільшення ентропії в ході реакції, в роботу електричного струму можна перетворити частину теплоти, взятої з оточення.

В таблиці наведено густини перелічених видів палива в рідкому стані.

Паливо	H ₂ , зріджений	CH ₄ , зріджений	CH ₃ OH	C ₂ H ₅ OH
ρ , г·л ⁻¹	70	400	792	789

1.4 Оцініть об'ємний запас енергії E_{φ} в 1 л палива для паливного елемента. **Прокоментуйте**, який з видів палива є найбільш економічно вигідним з цього погляду. (Врахуйте, що зріджений водень є найбільш щільною формою зберігання водню на даний час, але масова частка водню при цьому становить близько 5% загальної маси пристроїв, що забезпечують транспортування відповідної кількості водню).

$$E_{\varphi} = \frac{\Delta H_{298}^{\circ}}{V_m} = \frac{\Delta H_{298}^{\circ}}{M} \rho;$$

Водень зріджений: $E_{\varphi} = 8,45 \text{ МДж}\cdot\text{л}^{-1}$; метан зріджений: $E_{\varphi} = 20,20 \text{ МДж}\cdot\text{л}^{-1}$;

Метанол рідкий: $E_{\varphi} = 15,07 \text{ МДж}\cdot\text{л}^{-1}$; етанол рідкий: $E_{\varphi} = 20,81 \text{ МДж}\cdot\text{л}^{-1}$.

З погляду економічності зберігання та транспортування енергії у вигляді палива найбільш привабливим є рідкий етанол, потім метанол, потім рідкий метан (враховуючи енергію, що витрачається на підтримання його перебування в рідкому стані, та масу пристроїв транспортування), і на останньому місці стоїть водень.

1.5 Спробуйте провести порівняльний аналіз згаданих видів палива за такими параметрами як екологічність процесу в паливному елементі, економічність виробництва палива, токсичність палива та економічність експлуатації паливного елемента.

Водень: дуже висока екологічність процесу в паливному елементі, не виділяються ніякі шкідливі продукти, лише вода; паливо не токсичне. Проте паливо дорого виробляти, та дорого експлуатувати.

Всі інші види: виділення шкідливих викидів CO₂ в атмосферу (парниковий ефект, останні десятиріччя вміст його в атмосфері неухильно збільшується), проте якщо паливо вироблено з біомаси, як етанол, то в атмосферу викидається той CO₂, який раніше з неї був забраний в процесі вирощування біомаси. Цього не можна сказати про метан як компонент природного газу, бо в атмосферу викидається CO₂, утилізований мільйони років тому. Паливо дешево виробляти.

Токсичним паливом є метанол.

Для всіх видів палива потрібні високоефективні та дорогі каталізатори на основі платини, паладію. Каталізатор найдовше функціонує і не отруюється при розщепленні чистого водню, далій йде метанол, і вже потім етанол, для переробки якого наразі намагаються підібрати особливі високоефективні композиції металів-каталізаторів, бо руйнування зв'язків С-С скелету призводить до швидкого отруєння каталізатора проміжними продуктами.

Вищий ККД перетворення хімічної енергії в електричну мають паливні елементи, що працюють на оксидній цирконієвій кераміці за температур 600–900°C. Вони широко використовуються на великих виробництвах, не вибагливі до різних видів палива, зокрема працюють на природному газі, вуглеводнях, етанолі, карбон(II) оксиді та різноманітних їх сумішах. Цирконієва кераміка є провідником іонів кисню, при цьому в ZrO₂ вводять, наприклад, до 15 мольних відсотків CaO.

1.6 Спробуйте пояснити, для чого це робиться, та чому такі елементи можуть працювати лише за високих температур.

При введенні оксиду кальцію до матриці діоксиду цирконію виникають вакансії на місті іонів кисню в кристалічній ґратці ZrO_2 : $CaO \xrightarrow{-ZrO_2} Ca_{Zr}'' + O_O^\times + V_O^{\bullet\bullet}$.

Мольна частка таких вакансій тим вище, чим вище концентрація CaO , верхня границя введення CaO повинна бути такою, щоб зберігалася вихідна кристалічна ґратка ZrO_2 . При цьому підвищується провідність іонів кисню в керамічній матриці.

Високі температури потрібні, щоб дифузія іонів кисню відбувалася з помітною швидкістю. (На відміну від іонів гідрогену в протонообмінних мембранах, потрібна рухливість яких досягається за значно нижчих температур.)

1.7 Спробуйте пояснити, чому високотемпературні твердооксидні паливні елементи невибагливі до виду палива.

При таких високих температурах багато дешевих перехідних 3d-металів мають гарний вплив в якості каталізаторів на швидкість процесу розщеплення та окиснення палива, ці каталізатори при такій температурі не утворюють міцних сполук з проміжними продуктами процесу розщеплення палива і практично не отруюються.

Задача 2. Триацилгліцерол

Автор: Радченко Дмитро

Триацилгліцероли (ТГ) – це складні естери гліцеролу та жирних кислот. В живих організмах ТГ виконують функцію зберігання енергії. Причому кислоти, що містяться в складі жирів, можуть бути як насичені, так і ненасичені. Ненасичені жирні кислоти, що входять до складу природних жирів, зазвичай мають *цис*-конфігурацію.

В лабораторію потрапив на аналіз зразок суміші трьох триацилгліцеролів (ТГ₁, ТГ₂, ТГ₃). В першому досліді після повного гідролізу зразку в розчині виявили три різні жирні кислоти (R₁COOH, R₂COOH та R₃COOH) та гліцерол.

2.1 Якою є максимально можлива кількість структурних ізомерів ТГ, що їх можуть утворити три різні жирні кислоти та гліцерол? Прийміть, що не всі кислоти повинні одночасно бути в складі ТГ. А якщо **врахувати можливі оптичні ізомери**? Вважайте, що залишки жирних кислот не містять хіральних центрів.

- а) Оскільки кожна з трьох гідроксильних груп гліцеролу може мати до трьох різних жирних кислот, то без урахування стереоізомерів та враховуючи симетрію молекули кількість структурних ізомерів ТГ рівна $3 \times 3 \times 2 = 18$.
- б) Для того, щоб триацилгліцерол був оптично активним, потрібно щоб замісники при первинних атомах карбону молекули гліцеролу були різні. Тоді кількість оптично активних ТГ дорівнює $3 \times 3 \times 1 = 9$. Загальна кількість ізомерів буде $9 + 18 = 27$.

Кожну з кислот вдалося виділити за допомогою хроматографічного розділення з розчину, отриманого в першому експерименті. Для того, щоб встановити їх будову, було проведено ще два досліді. В досліді № 2 кожна з кислот була відтитрована 0,1 М розчином калію гідроксиду, а в досліді № 3 було визначено об'єм 0,07 М бромної води, необхідний для повного приєднання до зазначеної наважки кислоти. Отримані дані наведено в таблиці. Вважайте, що всі реакції йдуть кількісно.

Шифр кислоти	Дослід № 2		Дослід № 3	
	m(к-ти), г	V(p-н KOH), мл	m(к-ти), г	V(p-н Br ₂), мл
R ₁ COOH	0,132	4,64	0,112	0,00
R ₂ COOH	0,148	5,24	0,118	5,97
R ₃ COOH	0,121	3,97	0,125	23,46

2.2 Знайдіть та наведіть брутто-формули кислот.

R₁COOH – C₁₈H₃₆O₂
 R₂COOH – C₁₈H₃₄O₂
 R₃COOH – C₂₀H₃₂O₂

Для подальшого дослідження вихідну суміш спочатку розділити на індивідуальні ТГ, а потім для кожного з ТГ визначили об'єм здатної до приєднання 0,07 М бромної води (дослід № 4).

ТГ ₁		ТГ ₂		ТГ ₃	
m(ТГ ₁), г	V(p-н Br ₂), мл	m(ТГ ₂), г	V(p-н Br ₂), мл	m(ТГ ₂), г	V(p-н Br ₂), мл
0,115	3,70	0,122	7,65	0,120	9,42

2.3 Визначте брутто формули ТГ₁-ТГ₃.

ТГ₁ – C₅₇H₁₀₆O₆

ТГ₂ – C₅₉H₁₀₆O₆

ТГ₃ – C₅₉H₁₀₄O₆

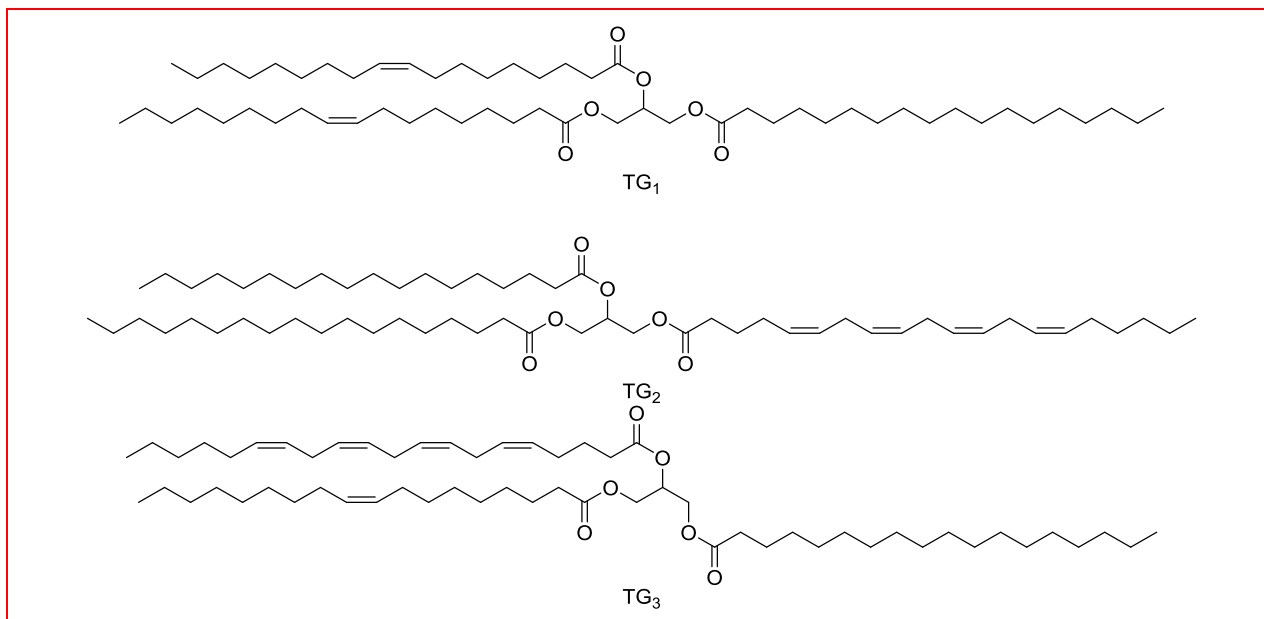
2.4 Зобразіть структурні формули ТГ₁–ТГ₃, якщо відомо що молекули зазначених жирів є оптично активними, ТГ₁–ТГ₃ містять три різні жирні кислоти при вторинному атомі карбону гліцеролу та:

а. ТГ₁ після окиснювального озонолізу та подальшого лужного гідролізу дає суміш гліцеролу, R₁COOH, нонанової кислоти та нонандіової кислоти;

б. ТГ₂ після окиснювального озонолізу та подальшого лужного гідролізу дає суміш гліцеролу, R₁COOH, гексанової кислоти, пентандіової кислоти та маленової (пропандіової) кислоти;

с. ТГ₃ після окиснювального озонолізу та подальшого лужного гідролізу дає суміш гліцеролу, R₁COOH, гексанової кислоти, пентандіової кислоти, маленової (пропандіової) кислоти, нонанової кислоти та нонандіової кислоти.

Зауважте, що природні поліненасичені жирні кислоти зазвичай містять подвійні зв'язки, розділені однією групою –CH₂–.



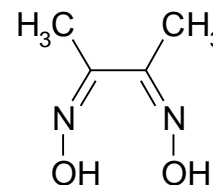
Задача 3. Кількісний аналіз

Автор: Алексєєв Сергій

Деякий сплав складається з алюмінію, нікелю, міді, цинку та свинцю. Наважку цього сплаву масою 0,2156 г повністю розчинили у 15% нітратній кислоті при нагріванні. До одержаного розчину *додали незначну кількість сечовини*, та провели електроліз (*напруга 2,5 В*) з платиновими сітчастими електродами: на катоді утворився шар осаду червоного кольору, а на аноді – коричневого. Електроди промили, висушили та зважили. Після цього катод промили нітратною кислотою, а анод – сумішшю нітратної та оксалатної кислот, що призвело до повного видалення осадів. Вага катоду при цьому зменшилася на 0,0654 г, а аноду – на 0,0436 г.

Розчин, що залишився після електролізу, *нагріли до 90°C*, та додали до нього надлишок амоніаку. Осад 1, що утворився, відфільтрували, промили, та розчинили у хлоридній кислоті. До одержаного розчину додали надлишок 8-оксихіноліну, а потім розчин CH_3COONa до створення $\text{pH} = 5,5$. Утворився осад 2, який відфільтрували, розчинили у хлоридній кислоті у мірній колбі об'ємом 100 мл. Відібрали з одержаного розчину аліквоту 10,00 мл, до якої додали надлишок KBr та 20 мл 0,05 моль/л розчину KBrO_3 , після чого залишили на 2 години у герметично закритій колбі. Після цього додали надлишок KI та відтитрували 0,1 моль/л $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, якого витратилося 16,00 мл.

До синюватого амоніачного розчину, який залишився після відділення осаду 1, додали надлишок диметилглюксиму: утворився червоний осад координаційної сполуки, у якій іон металу має координаційне число 4. Після промивання та висушування осаду його маса складала 0,0543 г, а фільтрат, що залишився, був безбарвний.



3.1 Напишіть рівняння всіх реакцій, що відбувалися. Для органічних та координаційних сполук **зобразіть** структурні формули.

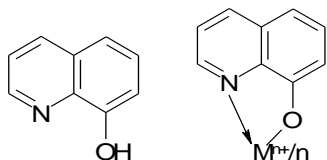
Розчинення в HNO_3 : $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$, $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$.

Електроліз: Катод: Cu

Анод: PbO_2 .

Осад 1. $\text{Al}(\text{OH})_3$.

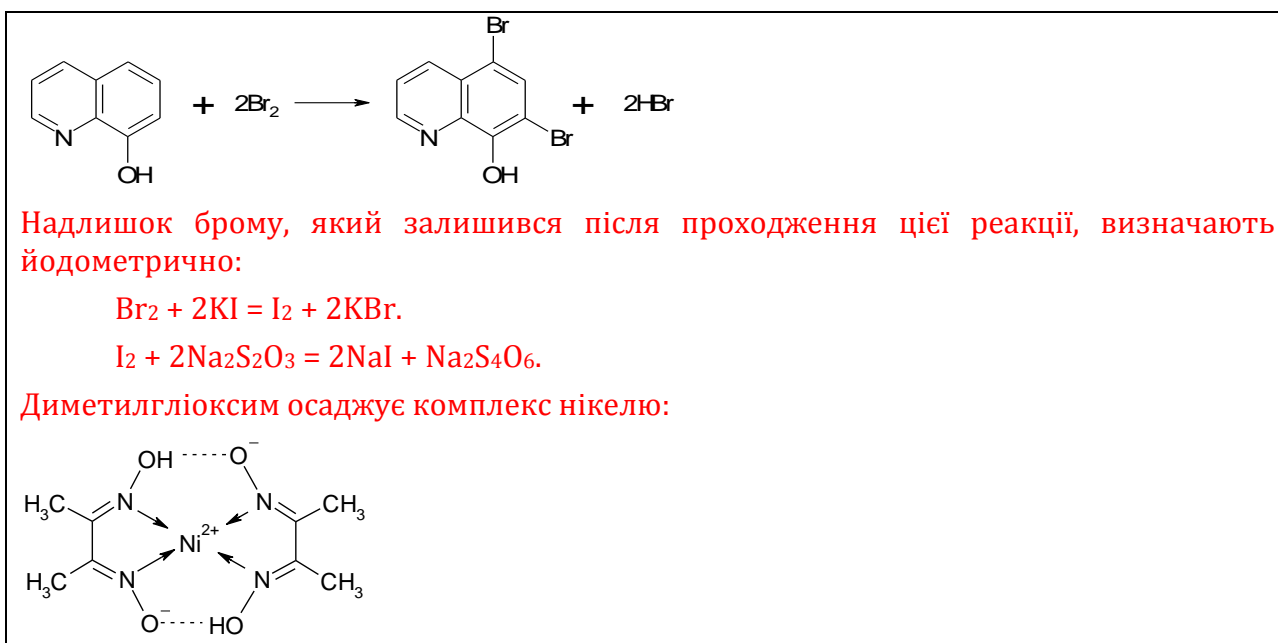
Розчинення у хлоридній кислоті та переосадження 8-оксихіноліном: осад AlOq_3 .



У кислому середовищі бромат калію реагує з бромідом з виділенням вільного брому:



8-оксихінолін, який вивільнюється при розкладі кислотою його солей, кількісно реагує з бромом за наведеною схемою з утворенням дибромпохідного:



3.2 Які метали було визначено? **Розрахуйте** склад сплаву (у масових відсотках).

Cu – 30,32%; Pb – 17,53%; Ni – 5,12 %; Al – 45,89 %, Zn – 1,14 % (як залишок).

3.3 Який з металів не визначали? **Запропонуйте** хімічний метод для його визначення.

Цинк. Відтитрувати розчин після відділення нікелю з трилоном Б (але, оскільки цинку мало, чутливість методу замала). Або спектрофотометрія з піридилазорезорцином.

3.4 Поясніть необхідність та хімічний зміст кроків методики, позначених курсивом.

Сечовина – щоб повністю видалити розчинені оксиди азоту, наявність яких заважатиме осадженню металічної міді. *Значення напруги* підібране таким чином, щоб мідь осаджувалася, а нікель – ні. *Нагрівання* – щоб аморфний осад $\text{Al}(\text{OH})_3$ коагулював, а не утворив колоїдний розчин. *На 2 години, герметично:* бромовання 8-оксихіноліну іде досить повільно, а бром легко випаровується.

3.5 Яким чином можна визначити, коли саме потрібно закінчувати електроліз?

Занурити електроди на декілька міліметрів глибше у розчин та подивитися, чи утворюється забарвлений осад на «свіжій» частині електродів.

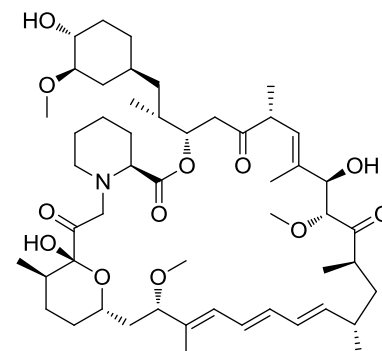
3.6 **Запропонуйте** проведення аналізу такого сплаву за сучасного рівня техніки.

Провести аналіз азотнокислого розчину проби сплаву (після її розведення) методом атомно-абсорбційної спектроскопії. Для нікелю, міді, цинку та свинцю – полуменева атомізація, для алюмінію – електротермічна атомізація. Або метод атомної емісійної спектроскопії з індуктивно-зв'язаною плазмою.

Задача 4. Ліки з острова Пасхи.

Автор: Волочнюк Дмитро та Сех Тарас

Рапаміцин (Rapamycin) – макроциклічний природний продукт, виділений вперше в 1975 році з бактерії *Streptomyces hygroscopicus* із зразків ґрунту на острові Пасхи (*Rapa Nui*). Його протигрибкова активність мало приваблювала науковців, проте подальші дослідження виявили, що рапаміцин має імунодепресантні властивості, що зумовило його клінічне використання при трансплантації органів. Не дивно, що будова цієї сполуки та його біологічна активність стимулювали науковців до його повного синтезу у 2006 році.

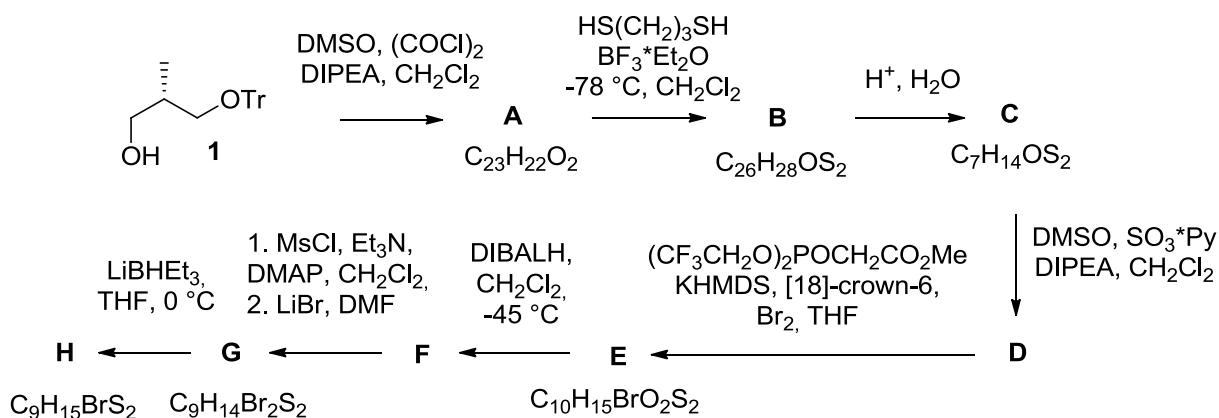


Рапаміцин

4.1 Скільки стереоцентрів має структура Рапаміцину та яка теоретична кількість його можливих стереоізомерів?

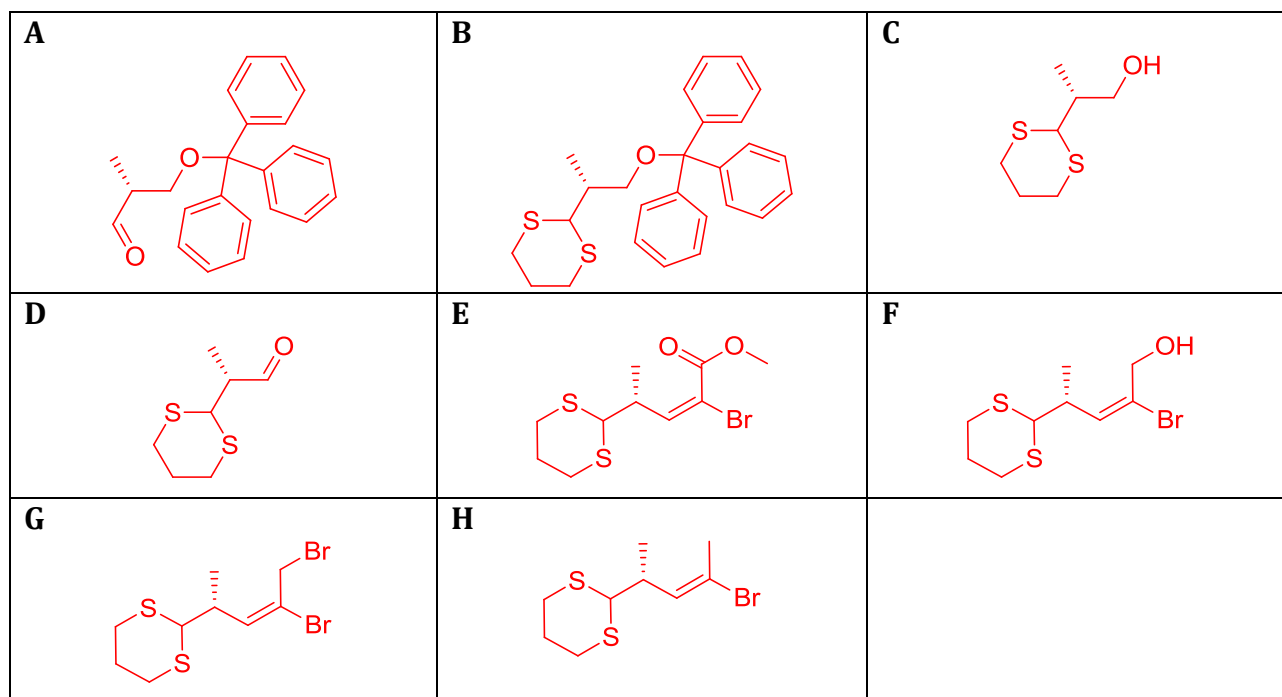
- Без врахування ізомерії подвійних зв'язків а) № центрів 15 б) № ізомерів 32768
- З врахуванням ізомерії подвійних зв'язків а) № центрів 19 б) № ізомерів 524288

Нижче наведено зашифровану схему синтезу одного з ключових інтермедіатів до Рапаміцину.



DMSO – диметилсульфоксид; **DIPEA** – диізопропілетиламін; **KHMDS** – біс(триметилсиліл) амід; **THF** – тетрагідрофуран; **DMF** – N,N-диметилформамід; **MsCl** – метансульфохлорид; **DMAP** – 4-диметиламіно піридин. **Tr** – трифенілметил; **DIBAL-H** – диізобутилалюміній гідрид; **[18]-crown-6** C₁₂H₂₄O₆, макроциклічний етер

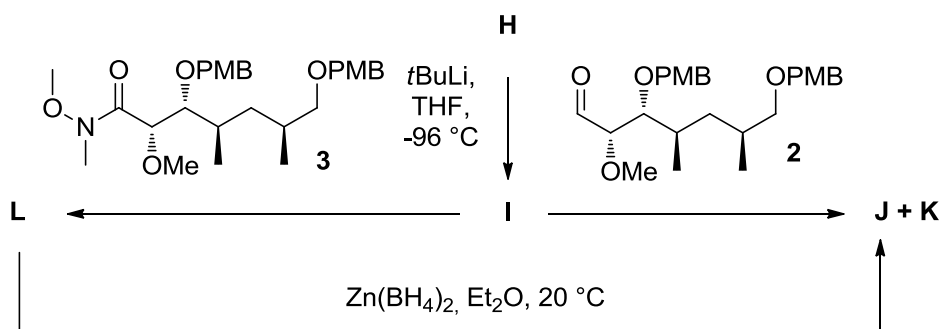
4.2 Встановіть невідомі сполуки **A–H** із зазначенням абсолютної стереохімії. Прийміть до уваги, що перетворення **D** у **E** є модифікацією реакції Хорнера-Еммонса, в якій спочатку проходить бромовання метиленової групи фосфонату, а продукт **E** є E-ізомером



4.3 **Вкажіть** роль хімічних сполук, що беруть участь у утворенні сполук **A** та **E**.

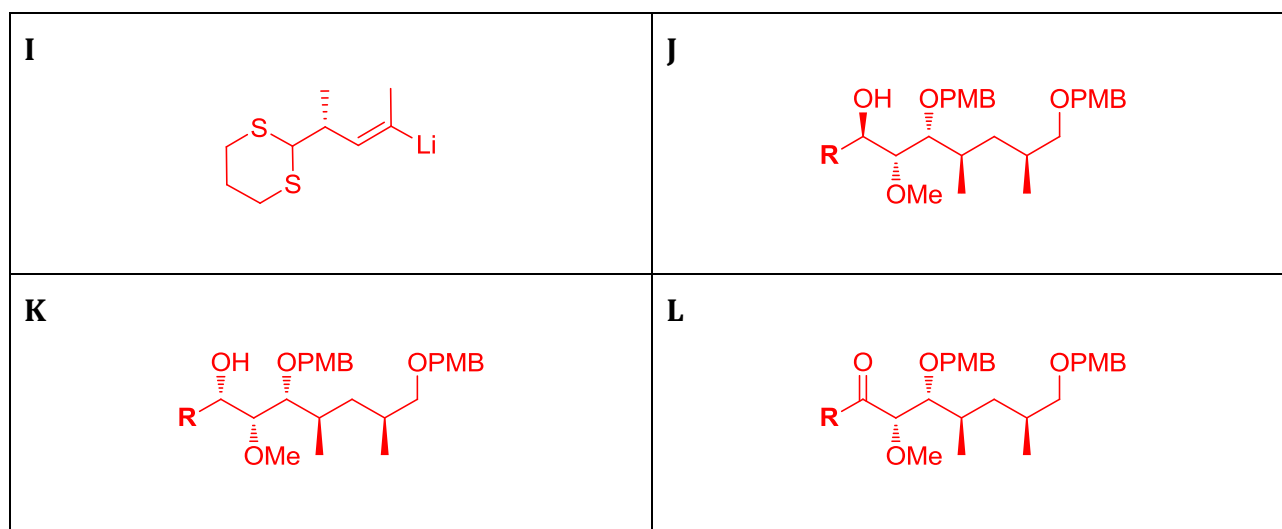
A:	DMSO	Окисник	E:	KHMDS	Основа
		_____			_____
	(COCl)₂	Водовіднімаючий агент		[18]-crown-6	Міжфазний каталізатор
		_____			_____
	DIPEA	Основа		Br₂	Бромуючий реагент
		_____			_____
	CH₂Cl₂	Розчинник		THF	Розчинник
		_____			_____

Наступним кроком у реалізації синтезу була спроба сполучення інтермедіату **H** з альдегідом **2**. Однак, це перетворення призвело до утворення суміші ізомерів **J** та **K**, з яких бажаним був лише **J**, який був мінорним. Для вирішення цієї проблеми, синтез цільового **J** було проведено у дві стадії з використанням сполуки **3**.

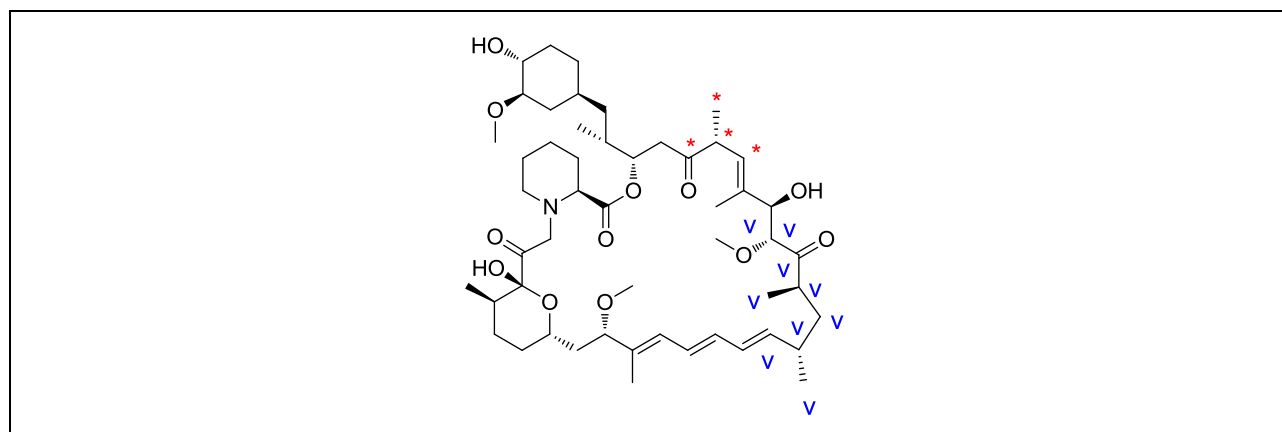


PMB – *para*-MeO-C₆H₄-CH₂; захисна група.

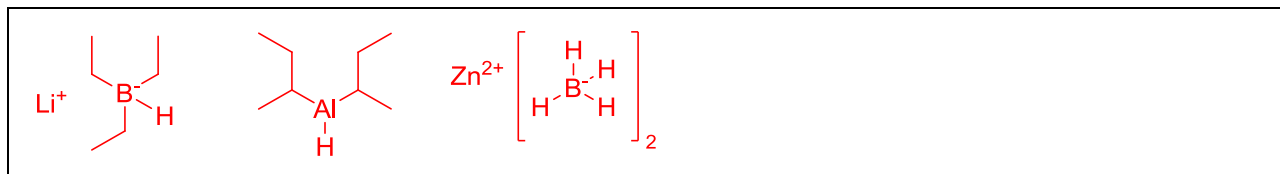
4.4 Розшифруйте сполуки **I-L**. Для спрощення запису структурних формул сполук **J-L**, та для тих, хто не зміг розшифрувати сполуку **H**, прийміть, що її структурна формула – **RBr**.



4.5 Вкажіть на структурі Рапаміцину атоми карбону, які ввійшли до неї зі сполуки **1** (зірочками) та зі сполуки **3** (галочками).



4.6 **Наведіть** структурні формули всіх реагентів, що використовувались як відновники у згаданих перетвореннях.



Задача 5. Bluetiful

Автор: Бородін Олег

У вересні 2017 року всесвітньо відома компанія Крайола – виробник продукції для малювання – оголосила про впровадження нового кольору до їхньої колекції кольорів – «Bluetiful» (співзвучно з англ. *beautiful*, тобто *красивий*). Пігмент **X**, що має цей дивовижний синій колір, на відміну від інших популярних синіх пігментів – кобальтового синього, аквамарину, азуриту, турнбулевої сині – поєднує дві цінні властивості: високу стійкість та низьку токсичність. Він поповнює скарбницю речовин та явищ, які були відкриті випадково: у 2009 році в Університеті Каліфорнії в лабораторії, де займалися виготовленням мультифероїків, спікання трьох оксидів **A**, **B** і **C** призвело до утворення малоефективного мультифероїку, але надзвичайно красивої речовини **X**.



5.1 Визначте, які саме оксиди використовувались для виготовлення **X**, якщо:

- масова частка металу в оксиді **B** більша за масову частку металу в оксиді **A** у 1,0504 рази;
- відношення молярних мас оксидів **B** та **A** становить 1,2295 ($M(\mathbf{B}) > M(\mathbf{A})$);
- формульні одиниці оксидів **A** і **B** містять однакову кількість атомів;
- формульна одиниця оксиду **C** містить 74 протона, причому $M(\mathbf{C}) < 170$ г/моль.

Нехай загальні формули оксидів **A** і **B** – Me_2O_n і $\text{Me}'_2\text{O}_m$ відповідно. Нехай $M(\text{Me}) = x$ г/моль, $M(\text{Me}') = y$ г/моль.

$$w(\text{Me}) = \frac{2x}{2x + 16n} ; w(\text{Me}') = \frac{2y}{2y + 16m}$$

$$\frac{w(\text{Me}')}{w(\text{Me})} = \frac{2y \times (2x + 16n)}{2x \times (2y + 16m)} = \frac{y \times (x + 8n)}{x \times (y + 8m)} = 1,0504$$

$$\frac{M(\mathbf{B})}{M(\mathbf{A})} = \frac{2y + 16m}{2x + 16n} = \frac{y + 8m}{x + 8n} = 1,2295$$

$$\frac{y}{x} \times \frac{1}{1,2295} = 1,0504 \Rightarrow y = 1,2915x$$

$$\frac{1,2915x + 8m}{x + 8n} = 1,2295 ; 1,2295x + 9,8360n = 1,2915x + 8m$$

$$x = 158,65n - 129,03m$$

Запишемо загальні формули усіх стехіометричних простих оксидів: E_2O , EO , E_2O_3 , EO_2 , E_2O_5 , EO_3 , E_2O_7 , EO_4 . Оксиди **A** і **B** мають однакову кількість атомів у формульних одиницях, тому їхні загальні формули або однакові, або це пари оксидів E_2O і EO_2 чи E_2O_3 і EO_4 . Якщо загальні формули оксидів однакові, то $n = m$, а отже $x = 29,62n$. При $n = 3$, $x = 88,9$, тобто $\text{Me} - \text{Y}$.

Зробивши подальші нескладні розрахунки, визначаємо, що $Me' - In$.

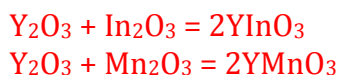
Отже, $A - Y_2O_3$, $B - In_2O_3$.

Нехай протонне число невідомого елемента в оксиді C дорівнює N . Враховуючи, що сума протонів у формульній одиниці C дорівнює 74, розрахуємо N для усіх стехіометричних простих оксидів:

Формула оксиду	Рівняння	N	Елемент	Формула оксиду	Рівняння	N	Елемент
E_2O	$2N+8=74$	33	As	E_2O_5	$2N+40=74$	17	Cl
EO	$N+8=74$	66	Dy	EO_3	$N+24=74$	50	Sn
E_2O_3	$2N+24=74$	25	Mn	E_2O_7	$2N+56=74$	9	F
EO_2	$N+16=74$	58	Ce	EO_4	$N+32=74$	42	Mo

Таким чином, єдиний можливий варіант, який задовольняє умові задачі, це Mn_2O_3 .
Оксид $C - Mn_2O_3$.

5.2 Напишіть рівняння реакцій, які відбуваються при спіканні еквімолярних сумішей:
1) A і B ; 2) A і C .



5.3 Що називають твердим розчином? **Чи може бути X** твердим розчином? **Відповідь обґрунтуйте.**

Твердий розчин – це тверда кристалічна або аморфна однорідна фаза змінного складу, що містить два чи більше компонентів. У кристалічних твердих розчинах атоми різних компонентів розташовані у спільній кристалічній ґратці.

Оскільки In та Mn мають однакову валентність, можна припустити, що X є твердим розчином, у якому співвідношення In та Mn може змінюватися. Загальну формулу X можна виразити як $YIn_xMn_{1-x}O_3$.

Від співвідношення невідомих елементів оксидів A і C у речовині X залежить колір X . Було знайдено оптимальний кількісний склад X , при якому ця речовина має найбільш красивий синій колір.

5.4 Визначте оптимальний кількісний склад X , якщо молярна маса X становить 239,75 г/моль (при сумі індексів 5).

$$88,91 + 114,82x + 54,94(1 - x) + 48 = 239,75$$

$$59,88x = 47,9 ; \quad x = 0,8$$

Отже, оптимальний складу X : $YIn_{0.8}Mn_{0.2}O_3$.

Задача 6. ЯМР, кінетика та нуклеофіл

Автор: Желавський Олексій

Спектроскопія ядерного магнітного резонансу дуже широко використовується в дослідженнях в сфері органічної хімії, в тому числі і для вивчення кінетики процесів. Щоб визначити, за яким механізмом (S_{N1} чи S_{N2}) відбувається реакція між S-1-бром-1-фенілетаном C_8H_9Br (А) та метиловим спиртом, провели такий експеримент: в колбу на 50 мл внесли 0,914 г А, розчинили в 25 мл ацетону та, зафіксувавши час, додали 0,2 мл метанолу ($\rho=0,792$ г/см³). Перебіг реакції контролювали за допомогою ЯМР – вимірювали інтенсивності сигналів I (в у.о – умовних одиницях) метильної групи метанолу та продукту реакції (Б). Залежність відношення інтенсивностей сигналів $D = I(Б)/I(CH_3OH)$ від часу наведена в таблиці.

Довідка: Інтенсивність сигналу протонів в спектрі прямо пропорційна їх кількості в зразку.

t, хв	5	10	15	20	25	30
D	0,176	0,353	0,529	0,706	0,882	1,058

6.1 Розрахуйте початкові концентрації реагентів (змінюю об'єми розчинів при змішуванні знехтуйте). **Зобразіть** структури А та Б (Б – без урахування стереохімії)

$$V=25+0,2=25,2 \text{ мл}$$

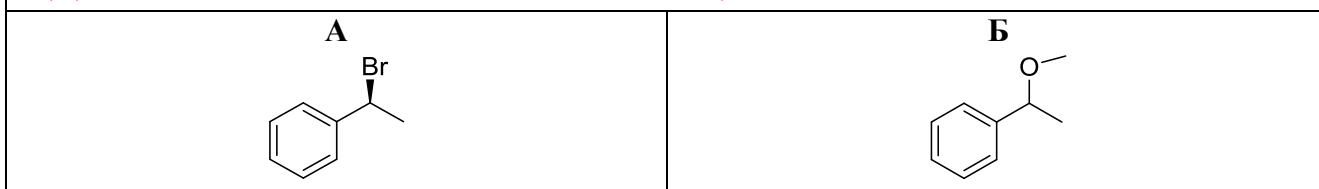
$$n(A)=0,914/185,05=4,94 \times 10^{-3} \text{ моль}$$

$$C(A)=4,94 \times 10^{-3}/0,0252=0,196 \text{ моль/л}$$

$$n(CH_3OH)=0,2 \times 0,792/32,04=4,94 \times 10^{-3} \text{ моль}$$

$$C(A)=0,196 \text{ моль/л}$$

$$C(CH_3OH)=0,196 \text{ моль/л}$$



6.2 Розрахуйте порядок та константу реакції (**вказіть** розмірність).

Згідно з умовою, може реалізовуватися перший або другий порядок. Визначимо його методом підбору – це легко зробити для кінетичного рівняння другого порядку при рівних початкових концентраціях (с та c_0 – поточна та початкова концентрації метанолу або продукту):

$$\ln \frac{c_0}{c} = kt \quad \frac{1}{c} - \frac{1}{c_0} = kt$$

Із відношення інтенсивностей виразимо с через c_0 . Інтенсивність прямо пропорційна концентрації:

$$\frac{I(Б)}{I(CH_3OH)} = \frac{c(Б)}{c} = \frac{c_0 - c}{c} = D \quad c = \frac{c_0}{D+1}$$

Підставимо в кінетичні рівняння:

$$\ln(D+1) = kt \quad \frac{D+1}{c_0} - \frac{1}{c_0} = \frac{D}{c_0} = kt$$

Тепер підставляємо значення D та часу в ці рівняння і розраховуємо константу:

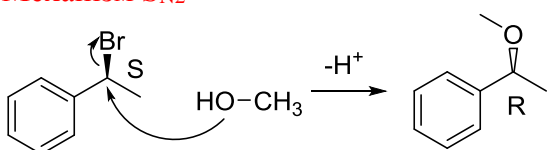
Порядок\час	5	10	15	20	25	30	Середня k
1-ий	0,032	0,030	0,028	0,027	0,025	0,024	0,0277
2-ий	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180

В іншому випадку отримали однакові значення констант (з точністю до тисячних), отже порядок реакції другий

Порядок: 2 **$k=0,180$ л/(моль·хв)**

6.3. На основі відповіді на попередній пункт, вказіть назву та напишіть механізм реакції, вказавши стереохімію продукту **Б** (продукт може бути сумішшю стереоізомерів).

Механізм S_N2

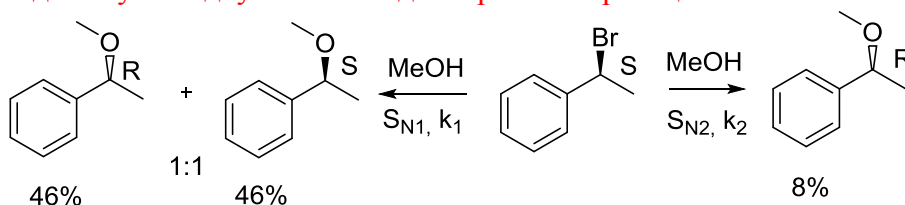


Механізм S_N2 призводить до обернення конфігурації

В іншому експерименті метанол виступав і реагентом, і розчинником. До тієї самої кількості **A** додали лише 25 мл метанолу. Час перетворення реагенту на 80% склав 48 хвилин. Продукт **Б** виявився сумішшю двох стереоізомерів: 54% *R*-ізомеру та 46% *S*-ізомеру. Це свідчить про одночасний перебіг за S_N1 та S_N2 механізмами. Для розрахунків приміть, що перебіг реакції за обома механізмами є рівноймовірним.

6.4 Розрахуйте константи швидкості реакцій за обома механізмами.

В даному випадку ми маємо дві паралельні реакції:



S-ізомер утворюється лише в реакції S_N1 , в цій же реакції стільки ж утворюється і *R*-ізомеру. Надлишок *R*-ізомеру утворюється за S_N2 -механізмом. Оскільки метанол взятий у великому надлишку, то для S_N2 -реакції реалізується псевдо перший порядок. З кінетичного рівняння для реакції першого порядку:

$$\frac{dc}{dt} = k_1c + k_2c \quad \ln \frac{c_0}{c} = (k_1 + k_2)t$$

$$\ln \frac{c_0}{(c_0 - 0.8c_0)} = (k_1 + k_2) \times 48 \quad k_1 + k_2 = 0.0335 \text{ хв}^{-1}$$

Для знаходження співвідношення констант можна використати співвідношення кількостей продуктів, що утворилися за двома реакціями:

$$\frac{[R+S]_1}{[R]_2} = \frac{k_1}{k_2} = \frac{92}{8} = 11.5$$

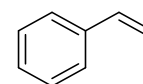
$$11.5k_2 + k_2 = 0.0335 \quad k_2 = 2.68 \times 10^{-3} \text{ хв}^{-1} \quad k_1 = 3.08 \times 10^{-2} \text{ хв}^{-1}$$

Істинне значення константи $k_2 = k_2^* \times [\text{MeOH}]$: $k_2^* = 2,68 \times 10^{-3} / (1000 \times 0,792 / 32,04) = 1,08 \times 10^{-4}$
(повний бал нараховується і без цього значення)

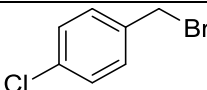
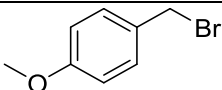
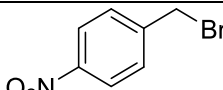
6.5 За яким механізмом буде відбуватись попередня реакція, якщо використовувати розчин натрій метилату в метанолі? Поясніть. **Зобразіть** структуру побічного продукту реакції, та **поясніть**, як температура **впливає** на його вихід.

Як більш сильний нуклеофіл, метилат натрію буде реагувати за **S_N2 – механізмом**. Побічним є продукт реакції елімінування. В цій реакції утворюється більше молекул речовин, ніж в реакціях заміщення. Отже, для елімінування $\Delta S \gg 0$. За рівнянням Гіббса-Гемгольца: $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ при підвищенні температури буде зменшуватися енергія Гіббса і зростати вихід побічного продукту.

Побічний продукт



6.6 Розташуйте наведені нижче сполуки за збільшенням їх реакційної здатності в S_N1 -реакціях (1 – найменша, 3 – найбільша):

		
2	3	1

Задача 7. Аргентометрія

Автор: Дубенська Лілія та Дубенський Віталій

Для визначення розчинених у воді хлоридів у межах концентрацій між 5 і 150 мг/дм³ національний стандарт ДСТУ 4079, а також міжнародний стандарт ISO 9297 регламентують використання аргентометричного титрування методом Мора.

Індикатором у методі Мора є розчин калій хромату, який реагує з іонами титранта AgNO₃, утворюючи цеглисто-червоний осад аргентум хромату. Якщо титрують Cl⁻ за наявності K₂CrO₄, то спочатку випадає осад AgCl білого кольору. Поява на білому осаді AgCl червоного відтінку свідчить, що досягнуто точки еквівалентності.

Для аналізу відібрали 50,00 мл природної джерельної води. На її титрування методом Мора витратили 5,75 мл стандартного розчину AgNO₃ з C_E=0,02508 моль/л.

7.1 Обчисліть вміст хлориду у воді у мг/дм³.

$$C_{\text{Ag}^+} \cdot V_{\text{Ag}^+} = C_{\text{Cl}^-} \cdot V_{\text{Cl}^-}$$

$$C_{\text{Cl}^-} = \frac{0,02508 \cdot 5,75}{50,00} = 0,002884 \text{ моль/л}$$

$$m_{\text{Cl}^-} = 102,2 \text{ мг/дм}^3$$

Метод Мора ґрунтується на використанні фракційного осадження. Фракційне осадження – це послідовне осадження осадів малорозчинних сполук, яке відбувається під час поступового додавання осаджувача: кожен наступний осад починає формуватися після того, як досягнуто повне осадження попереднього осаду. Причиною цього є різна розчинність малорозчинних сполук. Вважають, що повне осадження певної речовини досягнуто, якщо концентрація у розчині іонів, які осаджуються, зменшиться до 10⁻⁵ М і менше.

7.2 Якою буде концентрація хлорид-іонів у розчині на момент, коли почне утворюватися осад аргентум хромату, якщо концентрація індикатора в розчині проби становить приблизно 0,005 моль/л? $K_{S, \text{AgCl}} = 1,8 \cdot 10^{-10}$, $K_{S, \text{Ag}_2\text{CrO}_4} = 1,1 \cdot 10^{-12}$.

Для того, щоб почав формуватися осад Ag₂CrO₄ треба, щоб концентрація іонів Ag⁺ досягла значення

$$[\text{Ag}^+] = \sqrt{\frac{1,1 \cdot 10^{-12}}{0,005}} = 1,48 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л}$$

У такому разі концентрація Cl⁻ становитиме

$$[\text{Cl}^-] = \frac{1,8 \cdot 10^{-10}}{1,48 \cdot 10^{-5}} = 1,22 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л}$$

7.3 Титрування методом Мора необхідно виконувати у межах рН від 6,5 до 10,0. **Поясніть**, чому не можна титрувати у кислому середовищі та при рН > 10,0?

Якщо рН < 6, то іон CrO_4^{2-} перетворюється в $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ (через форму HCrO_4^-), відбувається конкуруюча реакція розчинення осаду Ag_2CrO_4 . Тому точно зафіксувати точку еквівалентності не вдається. Якщо рН > 10, то може утворюватися осад аргентум гідроксиду, який розкладається з утворенням аргентум оксиду (чорного кольору).

7.4 **В якій послідовності** будуть утворюватися осади при поступовому додаванні AgNO_3 , якщо у розчині одночасно перебуватимуть іони Cl^- , Br^- , PO_4^{3-} , CO_3^{2-} , CrO_4^{2-} за однакових концентрацій?

$$K_{S, \text{AgBr}} = 5,2 \cdot 10^{-13}, K_{S, \text{Ag}_3\text{PO}_4} = 1,3 \cdot 10^{-20}, K_{S, \text{Ag}_2\text{CO}_3} = 8,1 \cdot 10^{-12}$$

Для цього треба обчислити концентрацію іонів Ag^+ , яку треба створити у розчині, щоб почав утворюватися кожен з осадів. Концентрацію іонів, які осаджуються, можна задати будь-яку, наприклад, таку, як концентрація індикатора

$$[\text{Ag}^+]_{\text{AgCl}} = \frac{1,8 \cdot 10^{-10}}{0,005} = 3,6 \cdot 10^{-8} \text{ моль/л}$$

$$[\text{Ag}^+]_{\text{AgBr}} = \frac{5,2 \cdot 10^{-13}}{0,005} = 1,04 \cdot 10^{-10} \text{ моль/л}$$

$$[\text{Ag}^+]_{\text{Ag}_3\text{PO}_4} = \sqrt[3]{\frac{1,3 \cdot 10^{-20}}{0,005}} = 1,37 \cdot 10^{-6} \text{ моль/л}$$

$$[\text{Ag}^+]_{\text{Ag}_2\text{CO}_3} = \sqrt{\frac{8,1 \cdot 10^{-12}}{0,005}} = 4,02 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л}$$

$$[\text{Ag}^+]_{\text{Ag}_2\text{CrO}_4} = \sqrt{\frac{1,1 \cdot 10^{-12}}{0,005}} = 1,48 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л}$$

Отже, першим почне формуватися AgBr , потім AgCl , далі Ag_3PO_4 , Ag_2CrO_4 і останнім Ag_2CO_3

Аналогічний висновок можна зробити на підставі обчислення молярної розчинності малорозчинних сполук.

7.5 **Чи можливе фракційне осадження** PO_4^{3-} і CrO_4^{2-} , а отже, титрування PO_4^{3-} методом Мора? Відповідь **обґрунтуйте** обчисленням.

Треба з'ясувати, якою буде концентрація PO_4^{3-} у розчині, у момент, коли почне утворюватися осад Ag_2CrO_4 , тобто чи буде повним осадження PO_4^{3-}

$$[\text{PO}_4^{3-}] = \frac{1,3 \cdot 10^{-20}}{(1,48 \cdot 10^{-5})^3} = 4,01 \cdot 10^{-6} \text{ моль/л}$$

Отже, титрування PO_4^{3-} способом Мора можливе.

У ДСТУ зазначено, що звичайні іони, які наявні у природних водах, не заважають визначенню Cl^- методом Мора, у тому числі й CO_3^{2-} .

7.6 Розрахуйте максимально допустиму концентрацію CO_3^{2-} , яка не заважає визначенню Cl^- .

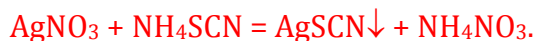
Треба обчислити концентрацію CO_3^{2-} , до значення якої утворення Ag_2CO_3 не перешкоджатиме утворенню забарвленого осаду з індикатором

$$[\text{CO}_3^{2-}] = \frac{8,1 \cdot 10^{-12}}{(1,48 \cdot 10^{-5})^2} = 0,037 \text{ моль/л}$$

7.7 Запропонуйте інші способи фіксування точки еквівалентності в методі аргентометричного титрування?

– Спосіб однакових помутнень, у якому під час титрування з аналізованого розчину відбирають дві однакові проби (по 1 мл). До однієї додають краплю титранта, а до іншої - аналізованого розчину. Якщо виникне помутніння внаслідок додавання титранта, то розчин недотитрований. Якщо помутніння з'явиться після додавання аналізованого розчину, то перетитрований. У точці еквівалентності помутніння обох проб буде однаковим.

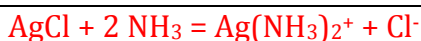
– Спосіб утворення забарвленого комплексу, зворотне аргентометричне титрування: надлишок аргентум нітрату відтитровують амоній тіоціанатом



Як індикатор до розчину додають солі Fe(III) , які утворюють з іонами титранту (SCN^-) яскраво-червоні комплексні сполуки. У процесі титрування аргентум нітрату амоній тіоціанатом утворюється малорозчинна сполука AgSCN . Після досягнення точки еквівалентності надлишок іонів SCN^- починає взаємодіяти з іонами Fe^{3+} і розчин забарвлюється в червоний колір.

– Використання адсорбційних індикаторів. Адсорбційні індикатори – це органічні барвники, які виявляють властивості слабких кислот (у розчині перебувають здебільшого у формі Ind^-). Адсорбція іонів Ind^- на поверхні осаду зумовлює зміну забарвлення. Особливістю адсорбційних індикаторів є те, що їхнє забарвлення в адсорбованому стані відрізняється від забарвлення в розчині.

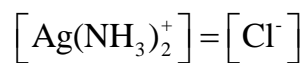
7.8 Який об'єм водного розчину амоніаку з концентрацією 0,32 моль/л треба витратити, щоб повністю розчинити 0,5 г AgCl . $\beta_{\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+} = 1,7 \cdot 10^7$



$$K = \frac{[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+] \cdot [\text{Cl}^-]}{[\text{NH}_3]^2} = \beta_{\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+} \cdot K_{\text{S, AgCl}} = 1,7 \cdot 10^7 \cdot 1,8 \cdot 10^{-10} = 3,06 \cdot 10^{-3}$$

$$M(\text{AgCl}) = 143,32 \text{ г/моль}$$

$$n(\text{AgCl}) = 0,003489 \text{ моль}$$



$$\frac{(0,003489)^2}{n_{\text{NH}_3}^2} = 3,06 \cdot 10^{-3}$$

$n_{\text{NH}_3} = 6,3 \cdot 10^{-2}$ моль – таку рівноважну кількість амоніаку треба забезпечити, щоб досягти повного розчинення AgCl.

Враховуємо також кількість NH₃, необхідну для комплексоутворення

$$n_{\text{зар}} = 6,3 \cdot 10^{-2} + 2 \cdot 0,003489 = 0,06998 \text{ моль}$$

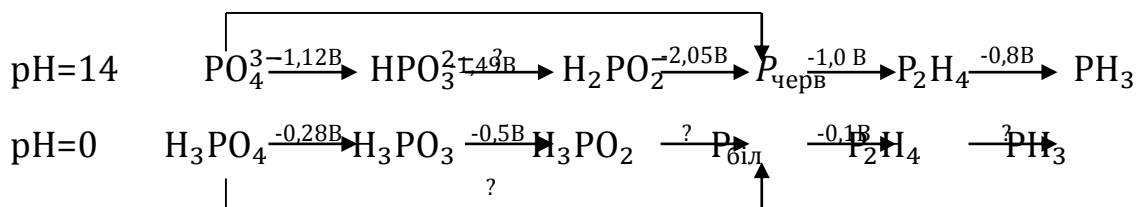
$$V_{\text{NH}_3} = \frac{0,06998}{0,32} = 0,2187 \text{ л} \approx 219 \text{ мл}$$

11 клас. 2 тур.

Задача 1.

Автор: Пашко Михайло

Діаграми Латімера – це простий і зручний спосіб запису окисно-відновних властивостей, які проявляє елемент в різних ступенях окиснення. Зліва направо виписуються сполуки елемента в порядку зниження ступеню окиснення. Якщо при одному ступені окиснення елемент існує у формі декількох частинок (молекул, іонів), то вибирається та з них, концентрація якої переважає (наприклад CrO_4^{2-} при $\text{pH} > 7$, $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ при $\text{pH} < 7$). Над стрілками записують величини $E_{\text{Ox/Red}}$ (необов'язково $E^{\circ}_{\text{Ox/Red}}$! Найчастіше $a = 1$ для всіх сполук, а $\text{pH} = 0$ або 14).



На малюнку зображена діаграма Латімера для сполук фосфору при $\text{pH}=14$ та $\text{pH}=0$.

1.1 Розрахуйте $E_{\text{HPO}_3^{2-}/\text{H}_2\text{PO}_2^-}$ ($\text{pH}=14$) та $E_{\text{P}_2\text{H}_4/\text{PH}_3}$ ($\text{pH}=0$).

$E_{\text{HPO}_3^{2-}/\text{H}_2\text{PO}_2^-}$ ($\text{pH}=14$)	
$\text{PO}_4^{3-} + 3\text{H}^+ + 2e = \text{HPO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$	$\Delta G_1 = -2FE_1$
$\text{H}_2\text{PO}_2^- + 2\text{H}^+ + e = \text{P}_{\text{черв}} + 2\text{H}_2\text{O}$	$\Delta G_2 = -FE_2$
$\text{PO}_4^{3-} + 8\text{H}^+ + 5e = \text{P}_{\text{черв}} + 4\text{H}_2\text{O}$	$\Delta G_3 = -5FE_3$
$\text{HPO}_3^{2-} + 3\text{H}^+ + 2e = \text{H}_2\text{PO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$	$\Delta G_4 = -2FE_4$

$\Delta G_4 = \Delta G_3 - \Delta G_2 - \Delta G_1$, $E_4 = \frac{5E_3 - 2E_1 - E_2}{2} = -1,58\text{В}$, $E_{\text{HPO}_3^{2-}/\text{H}_2\text{PO}_2^-} = -1,58\text{В}$
 $E_{\text{P}_2\text{H}_4/\text{PH}_3}$ ($\text{pH}=0$) буде дорівнювати стандартному потенціалу,
 $\text{P}_2\text{H}_4 + 2\text{H}^+ + 2e = 2\text{PH}_3$
 $E = E^\circ + \frac{0,0592}{2} \lg[\text{H}^+]^2$
 $E^\circ = E - \frac{0,0592}{2} \lg[\text{H}^+]^2 = 0,03\text{ В}$
 $E_{\text{P}_2\text{H}_4/\text{PH}_3} = 0,03\text{ В}$
Відповідь: $E_{\text{HPO}_3^{2-}/\text{H}_2\text{PO}_2^-} = -1,54\text{ В}$
Відповідь: $E_{\text{P}_2\text{H}_4/\text{PH}_3} = 0,03\text{ В}$

1.2 Розрахуйте енергію Гіббса фазового переходу $P_{\text{черв}} \rightarrow P_{\text{біл}}$.

$2P_{\text{черв}} + 4H^+ + 4e = P_2H_4$	$\Delta G_1 = -4FE_1^\circ$
$2P_{\text{біл}} + 4H^+ + 4e = P_2H_4$	$\Delta G_2 = -4FE_2^\circ$
$P_{\text{черв}} = P_{\text{біл}}$	$\Delta G_3 = \frac{\Delta G_1 - \Delta G_2}{2}$

$E_1^\circ = E_1 - \frac{0.0592}{4} \lg[H^+]^4 = -0.1712 \text{ В}$
 $\Delta G_1 = 66073 \text{ Дж/моль}$ $\Delta G_2 = 38594 \text{ Дж/моль}$ $\Delta G_3 = 13740 \text{ Дж/моль}$
Відповідь: 13,74 КДж/моль

1.3 Розрахуйте $E_{H_3PO_4/P_{\text{біл}}}$ (рН=0), якщо $K_a(H_3PO_2) = 7.9 \cdot 10^{-2}$.

$H_2PO_2^- + 2H^+ + e = P_{\text{черв}} + 2H_2O$	$\Delta G_1 = -FE_1^\circ$
$P_{\text{черв}} = P_{\text{біл}}$	$\Delta G_2 = 13740 \text{ Дж/моль}$
$H_3PO_2 = H_2PO_2^- + H^+$	$\Delta G_3 = -RTLn(K_a)$
$H_3PO_2 + H^+ + e = P_{\text{біл}} + 2H_2O$	$\Delta G_4 = \Delta G_3 + \Delta G_2 + \Delta G_1$

$E_1^\circ = E_1 - \frac{0.0592}{1} \lg[H^+]^2 = -0,3924 \text{ В}$
 $\Delta G_4 = 57893 \text{ Дж/моль}$

$H_3PO_2 + H^+ + e = P_{\text{біл}} + 2H_2O$	$\Delta G_4 = 57893 \text{ Дж/моль}$
$H_3PO_3 + 2H^+ + 2e = H_3PO_2 + H_2O$	$\Delta G_5 = -2FE_5^\circ$
$H_3PO_4 + 2H^+ + 2e = H_3PO_3 + H_2O$	$\Delta G_6 = -2FE_6^\circ$
$H_3PO_4 + 5H^+ + 5e = P_{\text{біл}} + 4H_2O$	$\Delta G_7 = -5FE_7^\circ$

$\Delta G_7 = \Delta G_4 + \Delta G_5 + \Delta G_6 = 208410 \text{ Дж/моль}$
 $E_7^\circ = -0.432 \text{ В}$
Відповідь: $E_{H_3PO_4/P_{\text{біл}}} = -0,432 \text{ В}$

1.4 Розрахуйте загальну константу дисоціації ортофосфорної кислоти (**K**)

($H_3PO_4 = 3H^+ + PO_4^{3-}$, $K = K_{a1} \cdot K_{a2} \cdot K_{a3}$).

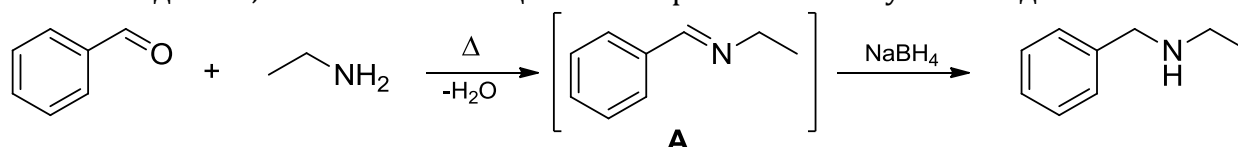
$PO_4^{3-} + 8H^+ + 5e = P_{\text{черв}} + 4H_2O$	$\Delta G_1 = -5FE_1^\circ$
$H_3PO_4 + 5H^+ + 5e = P_{\text{біл}} + 4H_2O$	$\Delta G_2 = 208410 \text{ Дж/моль}$
$P_{\text{черв}} = P_{\text{біл}}$	$\Delta G_3 = 13740 \text{ Дж/моль}$
$H_3PO_4 = PO_4^{3-} + 3H^+$	$\Delta G_4 = \Delta G_2 - \Delta G_1 - \Delta G_3$

$E_1^\circ = E_1 - \frac{0.0592}{5} \lg[H^+]^8 = -0,164 \text{ В}$, $\Delta G_1 = 79079 \text{ Дж/моль}$
 $\Delta G_4 = 115591 \text{ Дж/моль}$
 $\Delta G_4 = -RTLn(K)$
 $K = 5.6 \cdot 10^{-21}$
Відповідь: $K = 5.6 \cdot 10^{-21}$

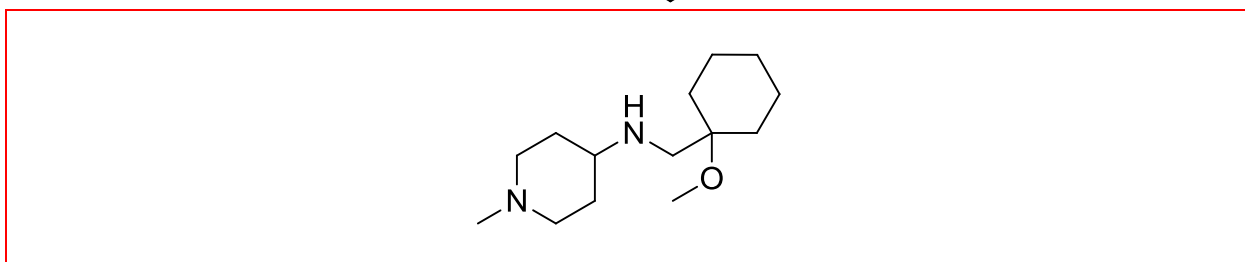
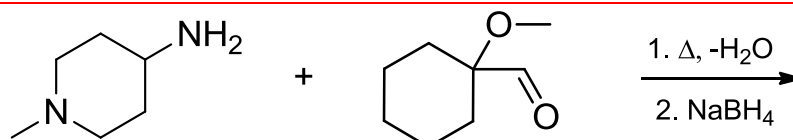
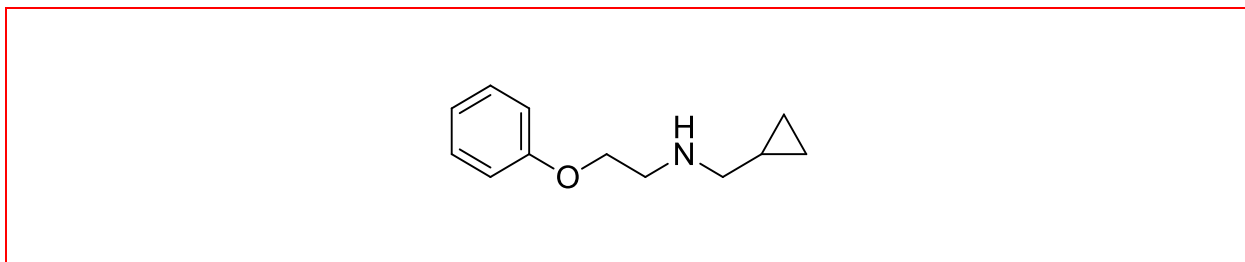
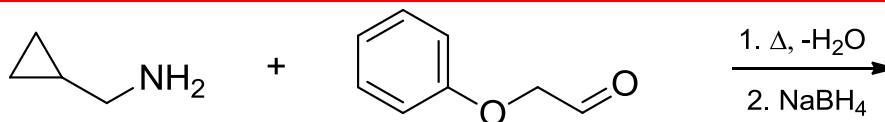
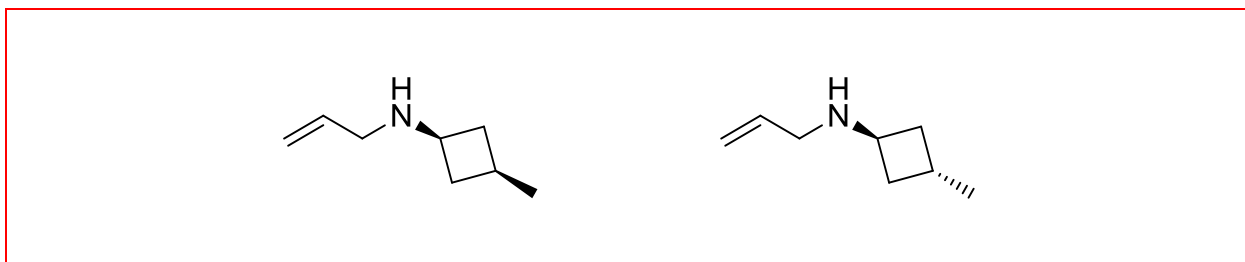
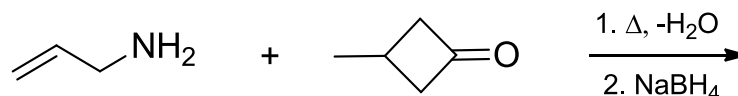
Задача 2. Реакції. Відновлювальне амінування

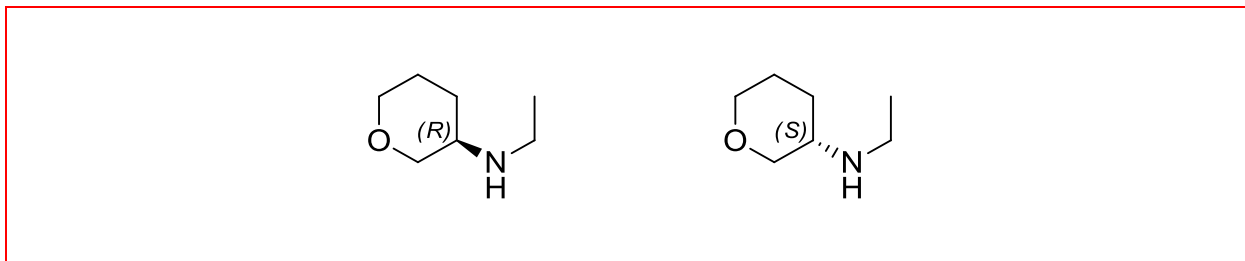
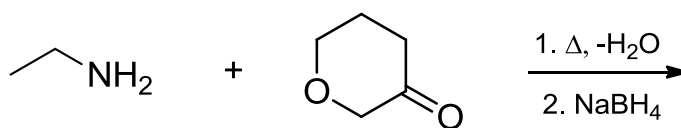
Автор: Радченко Дмитро

В загальному випадку відновлювальне амінування – це реакція, що включає в себе введення аміногрупи до складу органічної сполуки за рахунок реакції відновлення. Нижче зображена схема цієї реакції на прикладі бензальдегіду та етиламіну. Інтермедіат **A** можна виділити, а можна без очищення використати в наступній стадії.

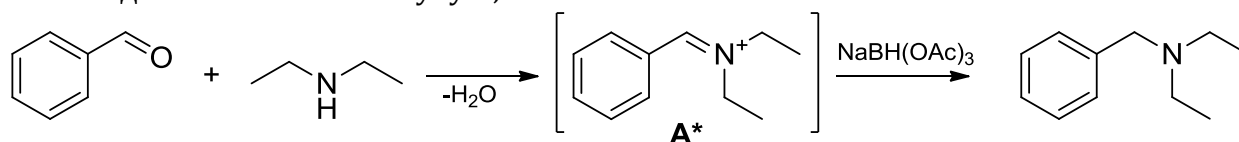


2.1 Нижче наведено приклади реакцій відновлювального амінування з використанням різних амінів та карбонільних сполук у співвідношенні 1 : 1. Зобразіть кінцевий продукт реакції. У тих випадках, де можливе утворення декількох ізомерних продуктів – наведіть структурні формули всіх продуктів.



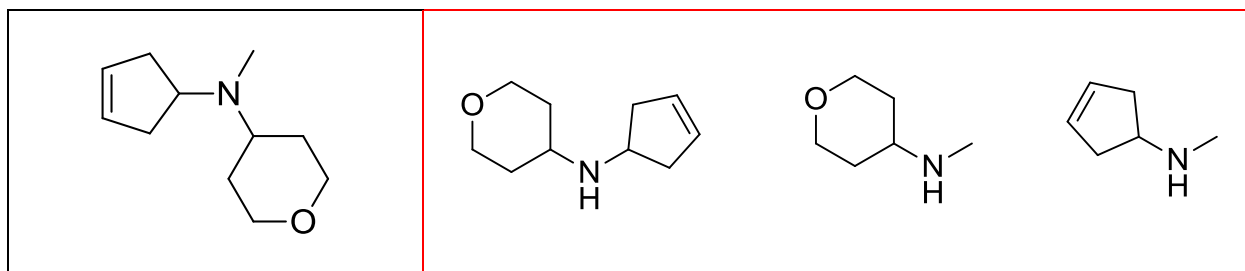


Усі вже згадані реакції включали в себе первинні аміни. При використанні вторинних амінів в реакції відновлювального амінування виділити інтермедіат стає неможливим, оскільки він є зарядженою частинкою. В цих випадках реакцію проводять в одну стадію і використовують більш селективний відновлювач – $\text{NaBH}(\text{OAc})_3$. Особливість останнього в тому, що він не відновлює карбонільні сполуки, але здатен легко відновлювати як сполуку **A**, так і **A***.

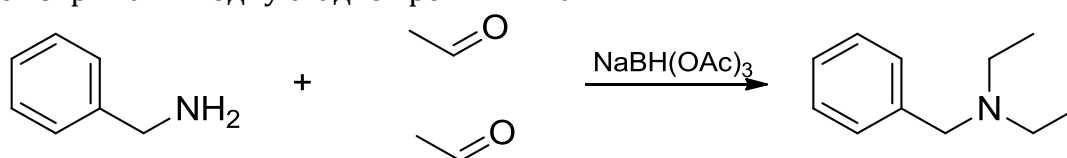


2.2 Наведіть структурні формули **вторинних** амінів, які були використані для отримання наступних продуктів відновлювального амінування з використанням $\text{NaBH}(\text{OAc})_3$. У випадку, де зображений продукт можливо отримати з декількох різних **вторинних** амінів, **наведіть** всі можливі структурні формули останніх. Знехтуйте можливість внутрішньомолекулярної реакції відновлювального амінування.

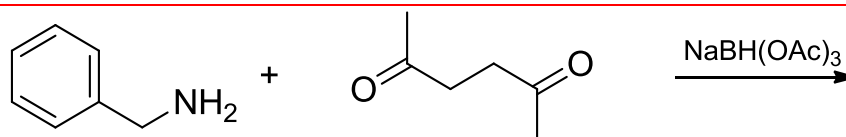
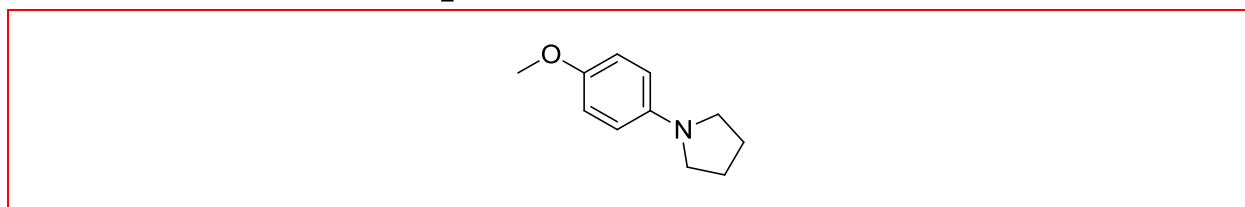
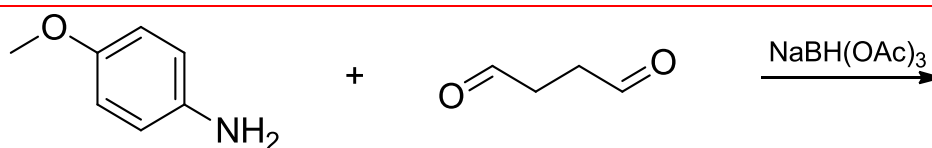
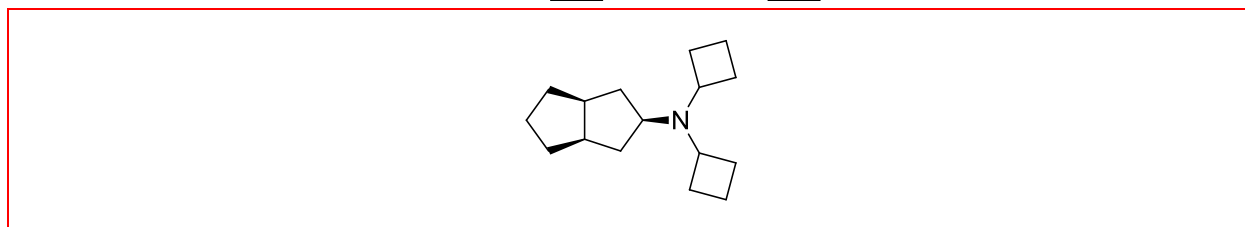
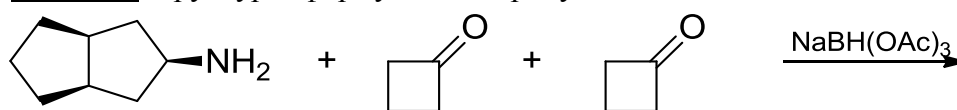
Продукт	Амін(-и)

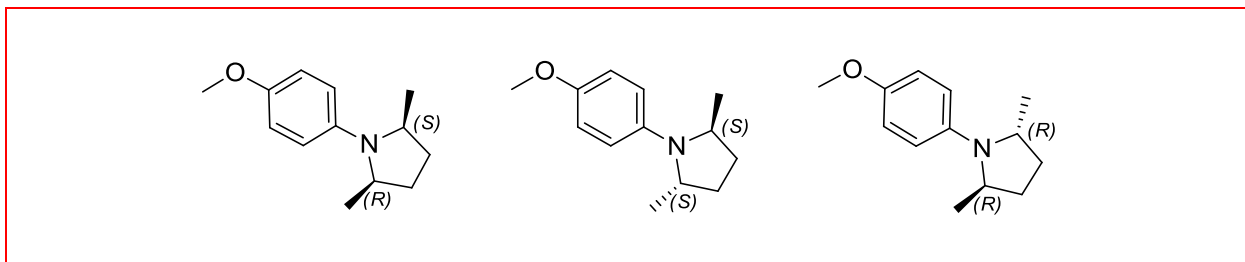


Варто зазначити, що $\text{NaBH}(\text{OAc})_3$ можна використовувати для відновлювального амінування з використанням як первинних, так і вторинних амінів. Саме тому у випадку використання двох еквівалентів карбонільної компоненти та первинного аміну вдається отримати в одну стадію третинний амін:



2.3 Нижче наведено приклади реакцій відновлювального амінування з використанням різних амінів та карбонільних сполук та надлишку $\text{NaBH}(\text{OAc})_3$. Кількість молекул реагентів, зображених на схемі, відповідає співвідношенню аміної та карбонільної компонентів. **Зобразіть** кінцевий продукт реакції. У випадку, де можливо утворення декількох ізомерних продуктів – **наведіть** структурні формули всіх продуктів.

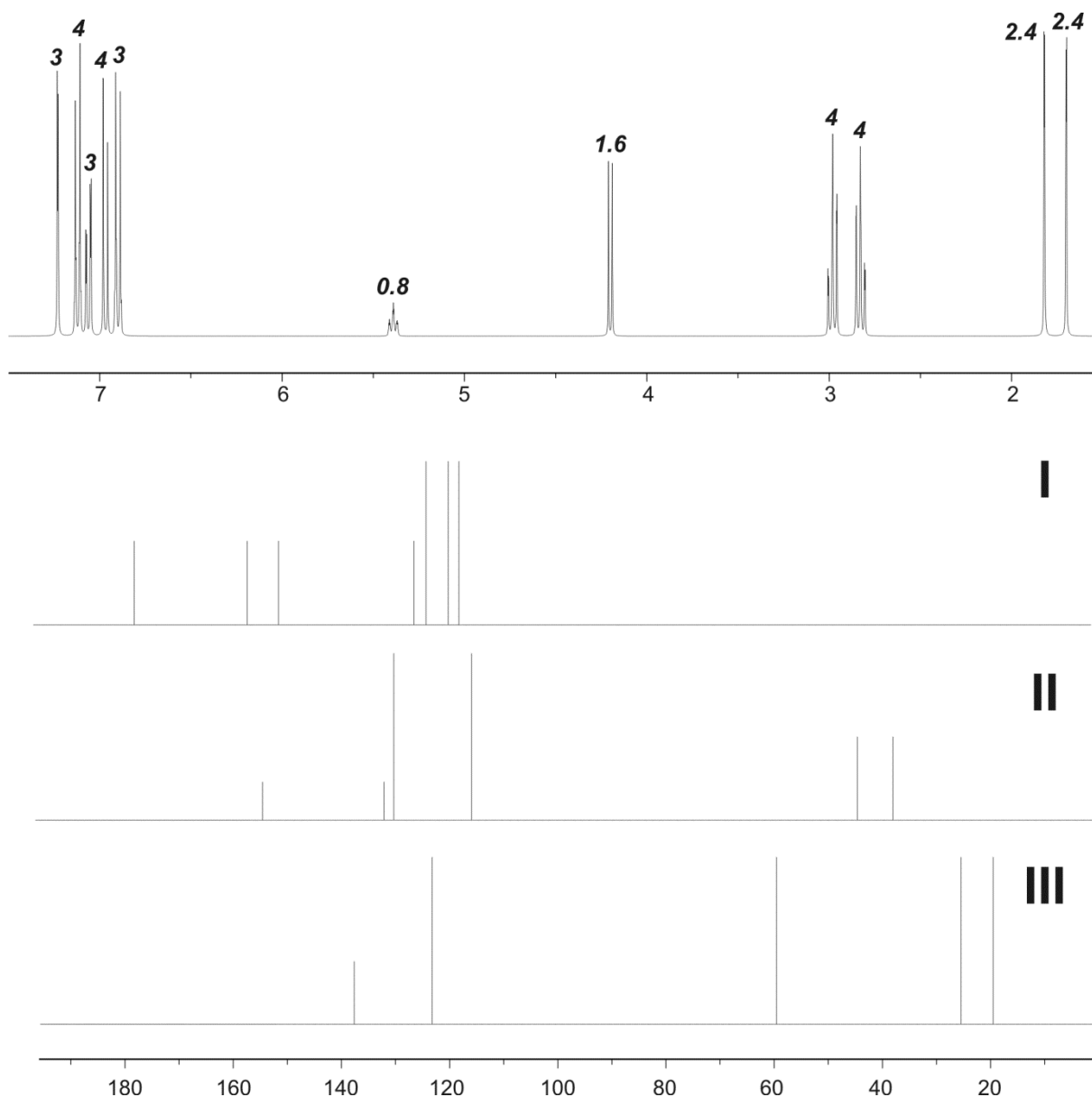




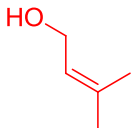
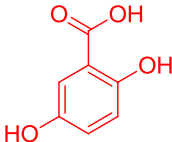
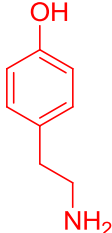
Задача 3. ^1H ЯМР спектроскопія

Автор: Григоренко Олександр

Нижче наведено ^1H ЯМР спектр суміші трьох природних сполук з брутто-формулами $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}$, $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_4$ та $\text{C}_8\text{H}_{11}\text{NO}$, знятий у CD_3OD (числа над сигналами позначають їх відносну інтегральну інтенсивність), а також ^{13}C ЯМР спектри кожної з компонент суміші у довільному порядку.



3.1 Виходячи із спектральних даних, **наведіть** структуру кожної з компонент суміші, а також **встановіть** їх відповідність ^{13}C ЯМР спектрам.

Речовина	$\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}$	$\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_4$	$\text{C}_8\text{H}_{11}\text{NO}$
№ спектру ^{13}C ЯМР	III	I	II
Структура			

3.2 **Встановіть** кількісний склад суміші у мольних відсотках.

$$v(\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}) : v(\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_4) : v(\text{C}_8\text{H}_{11}\text{NO}) = 0,8 : 3 : 2$$

$$x(\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}) = 0.8/5.8 \cdot 100\% = 13,8\%$$

$$x(\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_4) = 3/5.8 \cdot 100\% = 51,7\%$$

$$x(\text{C}_8\text{H}_{11}\text{NO}) = 2/5.8 \cdot 100\% = 34,5\%$$

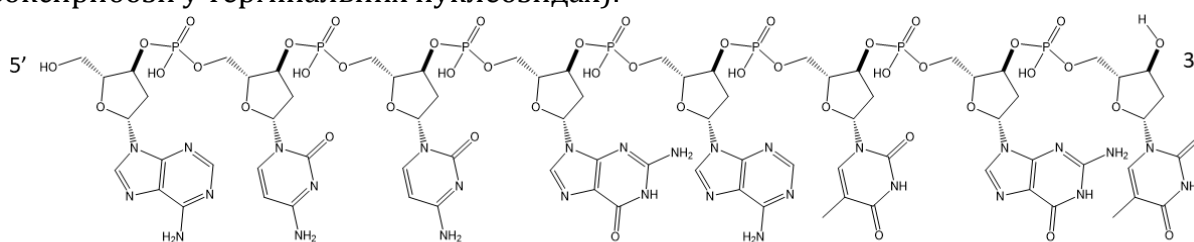
3.3 **Запропонуйте** найбільш ефективний, на вашу думку, спосіб розділення вихідної суміші.

Спирт $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}$ можна відділити шляхом відгонки. Решту сполук можна розділити з використанням кислотно-основної екстракції.

Задача 4. ДНК – базові властивості

Автор: *Виборний Михайло*

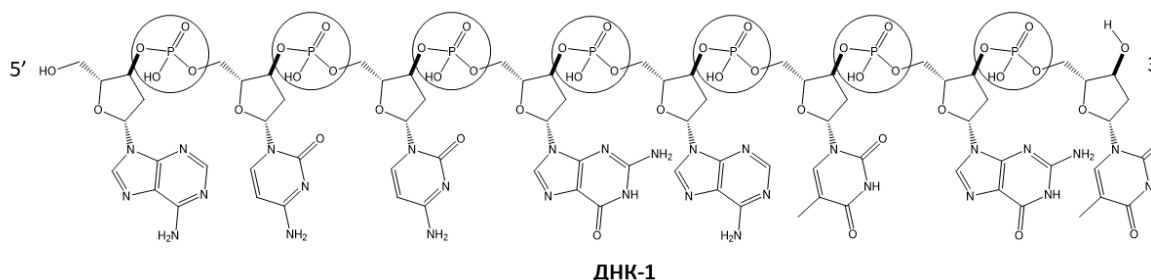
ДНК (дезоксирибонуклеїнова кислота) виконує надзвичайно важливі функції у живих організмах і може розглядатись як полімерний матеріал, що зберігає та передає інформацію. ДНК складається з чотирьох нуклеозидів – dA (дезоксиаденозин), dT (дезокситимідин), dC (дезоксцитидин), dG (дезоксигуанозин). У типовій молекулі ДНК ці фрагменти поєднані фосфодіестерним зв'язком і присутні у різній кількості та послідовності. На схемі нижче наведено молекулу **ДНК-1** яка описується ланцюгом 5'-ACCGATGT-3' (кожна літера відповідає дезоксинуклеозиду, фосфодіестерні зв'язки не позначаються, а позначення 5' та 3' відповідають гідроксильному атому карбону дезоксирибози у термінальних нуклеозидах):



ДНК-1

4.1 Скільки фосфодіестерних зв'язків міститься в ДНК-1?

Сім

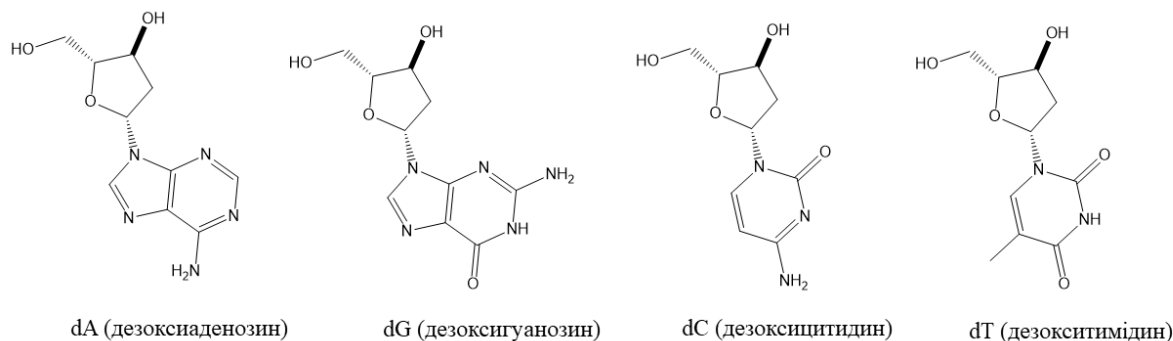


ДНК-1

4.2 Скільки нуклеозидів входить до складу ДНК-1?

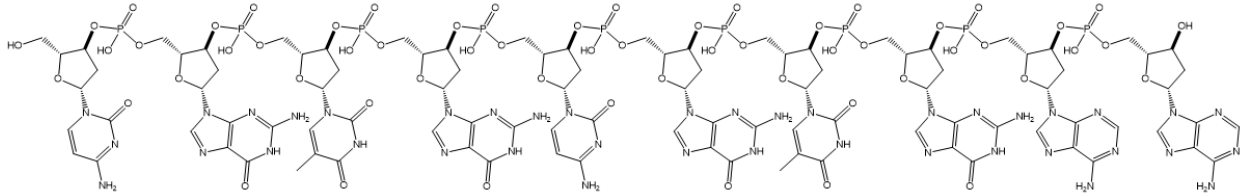
Вісім

4.3 Наведіть структури нуклеозидів dA, dG, dC, dT.



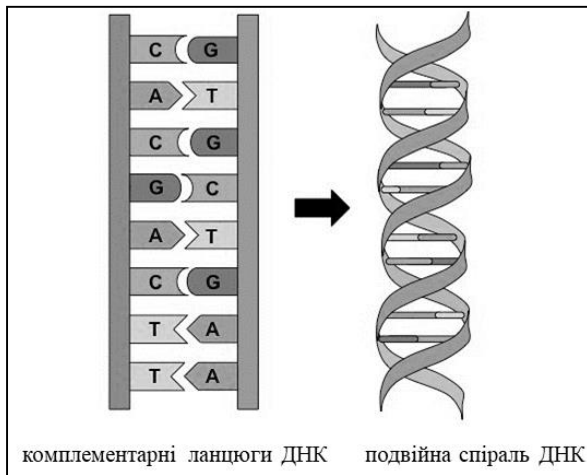
Використання літер при описі ланцюгів ДНК є досить зручним і дозволяє не використовувати громіздкі структури.

4.4 Запишіть скорочений ланцюг для наступної молекули **ДНК-2**.



ДНК-2

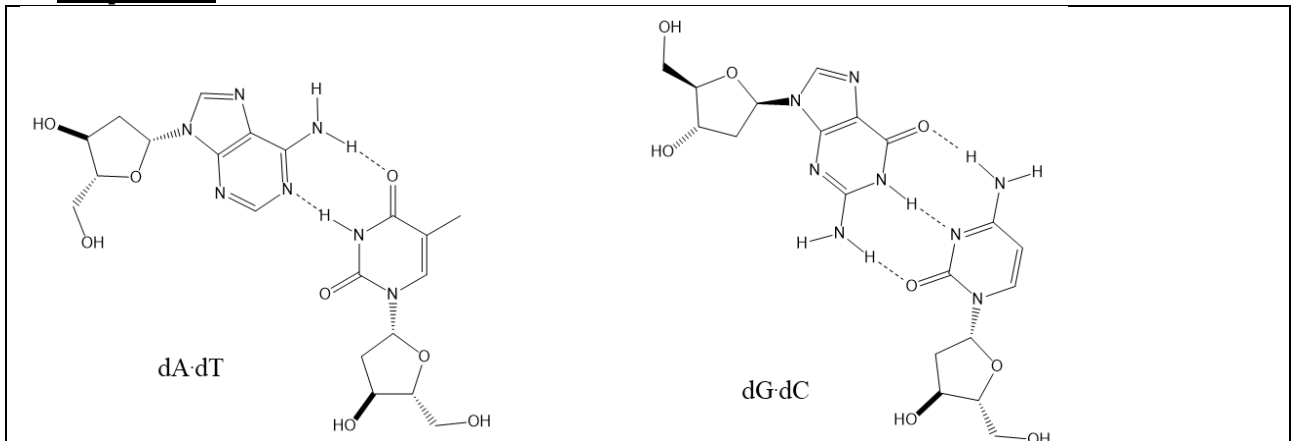
Дані структури встановлюються з зазначеного ланцюга **ДНК-1**.



Неперевершена ефективність методу біологічного кодування молекулами ДНК функцій та властивостей живих організмів ґрунтується на селективній взаємодії нуклеозидів (а саме нуклеїнових основ аденіну, тиміну, цитозину та гуаніну) через водневі зв'язки. Так, аденін формує стабільний комплекс з тиміном (**dA·dT**) через два водневих зв'язки, а гуанін з цитозином (**dG·dC**) через три водневих зв'язки. При взаємодії двох молекул ДНК з комплементарними ланцюгами можливе утворення подвійної спіралі ДНК. Наприклад

ланцюг 5'-ТТCACGCACG-3' (**ДНК-3**) є комплементарним до **ДНК-2**, їх взаємодія (гібридація) призводить до утворення подвійної спіралі **ДНК-2·ДНК-3**.

4.5 Зобразіть комплекси **dA·dT** та **dG·dC**.



4.6 Скільки водневих зв'язків містить подвійна спіраль **ДНК-2·ДНК-3**.

5'-CGTGCGTGAA-3' **ДНК-2**
3'-GCACGCACTT-5' **ДНК-3**

Дана подвійна спіраль ДНК містить 6 GC пар та 4 AT пари. Сумарна кількість водневих зв'язків складає $6 \cdot 3 + 4 \cdot 2 = 26$

4.7 **Запишіть** комплементарний ланцюг для 5'-TTCAGGCTTAC-3'.

5'-GTAAGCCTGAA-3'. Ланцюг записаний у зворотньому порядку з коректним зазначенням 5' та 3' також є вірним.

Спектрофотометричне титрування є зручним методом визначення концентрації ДНК у розчині. Єдиними компонентами ДНК, що поглинають світло при 260 нм є нуклеїнові основи, що входять до складу нуклеозидів. Їх коефіцієнти поглинання при даній довжині хвилі наведені у таблиці:

Основа	Коефіцієнт поглинання, $л \cdot моль^{-1} \cdot см^{-1}$	Основа	Коефіцієнт поглинання, $л \cdot моль^{-1} \cdot см^{-1}$
Аденін	15400	Тимін	8700
Цитозин	7400	Гуанін	11500

4.8 **Встановіть** концентрацію 5'-TGCTAGAAGGCTTTGC-3' у розчині, якщо значення поглинання (A) при 260 нм у кюветі довжиною 1 см складає 0,96.

Поглинання при 260 нм для даної молекули ДНК описується законом Бугера-Ламберта-Бера $A^{260} = \epsilon^{260} \cdot c(\text{ДНК}) \cdot l$, де $l = 1$ см та ϵ^{260} розраховується як сума індивідуальних коефіцієнтів поглинання для кожного типу нуклеїнових основ помножених на їх кількість у ланцюгу ДНК. Таким чином, $c(\text{ДНК}) = A^{260} / \epsilon^{260} = 0.96 / (15400 \cdot 3 + 7400 \cdot 3 + 8700 \cdot 5 + 11500 \cdot 5) = 5.67 \cdot 10^{-6} \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1}$

При нагріванні подвійної спіралі ДНК відбувається її зворотній розклад на два індивідуальні ланцюги ДНК. Даний процес відбувається за рахунок нестабільності водневих зв'язків за високої температури. Стабільність подвійної спіралі ДНК вимірюється температурою плавлення (T_m). За цієї температури кількість ланцюгів ДНК, що знаходяться у стані подвійної спіралі складає 50%. У таблиці наведено значення T_m для подвійної спіралі **ДНК-2·ДНК-3** в залежності від загальної концентрації ланцюгів ДНК у системі, враховуючи що $C_{\text{tot}}(\text{ДНК-2}) = C_{\text{tot}}(\text{ДНК-3})$.

Загальна концентрація ланцюгів ДНК, $моль \cdot л^{-1}$	Рівноважна концентрація подвійної спіралі при T_m , $моль \cdot л^{-1}$	T_m , °C
10^{-6}	$2,5 \cdot 10^{-7}$	45,1
10^{-5}	$2,5 \cdot 10^{-6}$	51,1

4.9 **Запишіть** вираз для розрахунку константи рівноваги K_c процесу гібридизації **ДНК-2** та **ДНК-3** з утворенням подвійної спіралі **ДНК-2·ДНК-3**.

Для процесу гібридизації:
 $\text{ДНК-2} + \text{ДНК-3} \rightleftharpoons \text{ДНК-2} \cdot \text{ДНК-3}$

$$K_c = \frac{c(\text{ДНК-2} \cdot \text{ДНК-3})}{c(\text{ДНК-2}) \cdot c(\text{ДНК-3})}$$

4.10 **Розрахуйте** значення K_c при T_m для зазначених загальних концентрацій ДНК.

За визначенням при T_m концентрація ланцюгів ДНК у стані подвійної спіралі складає 50%, або $0.5C_{tot}$. Відповідна рівноважна концентрація подвійної спіралі $C(\text{ДНК-2} \cdot \text{ДНК-3})$ менша у два рази, або $0.25C_{tot}$. Рівноважні концентрації $C(\text{ДНК-2})$ та $C(\text{ДНК-3})$ рівні і складають відповідно $0.25C_{tot}$ (різниця між вихідною концентрацією $0.5C_{tot}$ та кількістю яка знаходиться у подвійній спіралі $0.25C_{tot}$). Таким чином, $K_c = \frac{0.25 \cdot C_{tot}}{(0.25 \cdot C_{tot})^2} =$

$$\frac{4}{C_{tot}}$$

Для $C_{tot} = 10^{-6}$ моль·л⁻¹ $K_c = 4 \cdot 10^6$ л·моль⁻¹

Для $C_{tot} = 10^{-5}$ моль·л⁻¹ $K_c = 4 \cdot 10^5$ л·моль⁻¹

4.11 Заповніть таблицю, вказавши рівноважну концентрацію подвійної спіралі у розчині при T_m .

4.12 Розрахуйте значення ΔH° та ΔS° утворення $\text{ДНК-2} \cdot \text{ДНК-3}$.

Враховуючи залежність ΔG° процесу гібридизації від температури і концентрації ДНК (дивитись п.10), можна скласти наступні рівняння:

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T_m \cdot \Delta S^\circ = -RT_m \cdot \ln K_c = -RT_m \cdot \ln(4/C_{tot}), \text{ таким чином } 1/T_m = -R \cdot \ln(4/C_{tot}) / \Delta H^\circ + \Delta S^\circ / \Delta H^\circ$$

Так як відомі T_m при двох концентраціях, можна встановити значення ΔH° та ΔS°

$$1/T_{m1} - 1/T_{m2} = -R \cdot \ln(C_{tot2}/C_{tot1}) / \Delta H^\circ,$$

$$\text{та } \Delta H^\circ = -8.314 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \ln 10 / (1/(318.25\text{К}) - 1/(324.25\text{К})) = \underline{\underline{-329.25 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1}}}$$

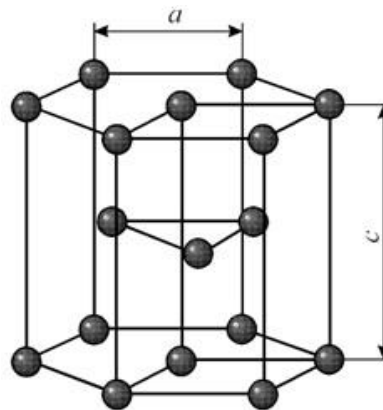
$$\underline{\underline{\Delta S^\circ = -908.2 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}}}$$

Задача 5. Про метал...

Автор: Остапчук Євген

Надчистий метал **Z** має чудові властивості – він жароміцний та тугоплавкий, стійкий до корозії та біосумісний, завдяки чому він знайшов широкого вжитку в сучасному світі. З нього виготовляють багато важливих деталей: від кислотостійких клапанів в апаратах для хімічної промисловості до скоб та пластин, необхідних при хірургічних операціях, але перш за все – це один з найважливіших конструкційних матеріалів для ядерних реакторів.

Метал **Z** ($\rho = 6,51 \text{ г/см}^3$) за нормальних умов має гексагональну кристалічну решітку ($a = 3,231 \text{ \AA}$, $c = 5,148 \text{ \AA}$)



5.1 Визначте метал **Z**.

$$A_r = \frac{\rho * V * N_A}{N}$$

Кількість атомів металу у фрагменті кристалічної решітки металу **Z**:

$$N = \frac{1}{6} * 12 + \frac{1}{2} * 2 + 1 * 3 = 6$$

Об'єм фрагменту кристалічної решітки металу **Z**:

$$V = \frac{3\sqrt{3} * a^2 * c}{2} = 139.6 \text{ \AA}^3 = 1.396 * 10^{-22} \text{ см}^3$$

$$A_r = 91,2 \text{ г/моль}$$

Метал **Z** - **Zr**

Отримання металу **Z** «реакторної чистоти» складається з декількох етапів:

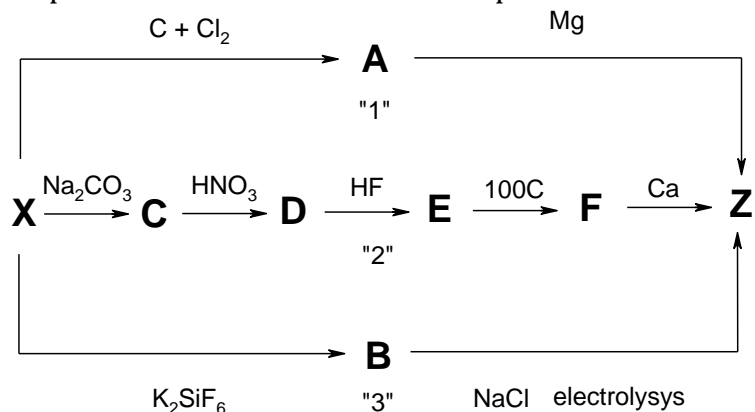
- розкладення руди
- отримання складової сировини для очистки від металу **H**
- розділення сполук металів **Z** и **H**
- отримання металічного **Z**
- рафінування металу **Z**

5.2 Зробіть припущення про метал **H**. Відповідь обґрунтуйте.

Hf

Основною сировиною для отримання металу **Z** є мінерал **X** (49,73% **Z**), за запасами якого Україна займає одне з перших місць у світі (найбагатше Малишевське родовище у Дніпропетровській обл., м. Вільногірськ).

Нижче наведені 3 різних технологічних схеми отримання **Z**:

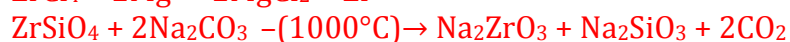


	A	B	C	D	E	F
$\omega\%(Z)$	39,14%	32,88%	49,26%	39,45%	49,24%	54,55%
Форма отримання	Кристали з температурою сублімації 331°C	Кристали, що погано розчиняються у холодній воді		Водний розчин		

5.3 Визначте речовини **A-F**, напишіть рівняння хімічних реакцій, на основі яких реалізуються дані технологічні схеми.

	A	B	C	D	E	F	X
	ZrCl₄	K₂ZrSiF₆	Na₂ZrO₃	ZrO(NO₃)₂	ZrF₄·H₂O	ZrF₄	ZrSiO₄
$\omega\%(Z)$	39,14%	32,88%	49,26%	39,45%	49,24%	54,55%	49,73%

Хто не визначив метал в пункті 1, той визначає метал в пункті 3, наприклад, за хлоридом **A**.



Для розділення сполук металів **Z** та **H** (сполуки **A**, **B**, **D** у вищенаведених схемах) застосовується один з наступних методів:

- рідинна екстракція з використанням органічних розчинників
- дробова кристалізація

- фракційна термічна перегонка

5.4 Який з методів розділення застосовується в кожній з технологічних схем, згаданих в попередньому пункті? **Чому** для отримання металу **Z** «реакторної чистоти» очищення від сполук металу **H** має принципове значення?

"1" - фракційна термічна перегонка

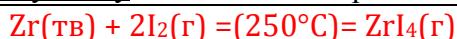
"2" - рідинна екстракція з використанням органічних розчинників

"3" - фракційна кристалізація (перекристалізація)

Тому що Hf має високий переріз захвату теплових нейтронів, що є критичним для конструювання реакторної техніки.

Метал **Z** високого ступеня чистоти отримують методом рафінування, сутність якого полягає в тому, що в прилад (ретельно дегазований) з натягнутим дротом з металу **Z** завантажують порошок металу **Z** та неметал **Y** (чорно-сірі кристали з фіолетовим металічним блиском), потім апарат вакуумують та нагрівають до 250°C (температура стінки апарату), а дріт всередині апарату нагрівають електричним струмом до 1300°C.

5.5 Напишіть рівняння хімічних реакцій, на яких базується даний метод очищення металу **Z**. Яку назву носить цей тип реакцій?



При нагріванні цирконій реагує з йодом з утворенням йодиду. Йодид сублимується і розкладається при контакті з нагрітою до 1300°C спіралі з цирконію. Таким чином натягнутий дріт вкривається чистим металом. Цей метод оснований на можливості йодиду цирконію до сублимацій та термічного розкладу.

Задача 6. Комплексні сполуки

Автор: Полунін Руслан

Добре розчинна у воді рожева сполука (нітрат) **A** ($\omega(\text{N}) = 9,62\%$; $\omega(\text{H}) = 4,12\%$) взаємодіє з карбонатом амонію у присутності надлишку амоніаку і еквівалентної кількості перекису водню з утворенням червоної сполуки **B** ($\omega(\text{N}) = 28,11\%$; $\omega(\text{H}) = 4,82\%$; $\omega(\text{C}) = 4,82\%$). Сполука **B** у розчинах є електролітом типу 1:1, а при зливанні розчинів сполуки **B** та хлориду барію ніяких змін не спостерігається.

(При розв'язуванні даної задачі використовуйте цілі значення відносних атомних мас елементів окрім хлору, для якого використовуйте значення 35,5).

6.1 Розшифруйте сполуки **A** та **B**. **Напишіть** рівняння реакції утворення **B**. **Для чого потрібен** гідроген пероксид при проведенні цієї реакції?

Визначимо співвідношення елементів у сполуці **A**:

$\text{N}/\text{H} = (9,62:14)/(4,12:1) = 1/6$, тобто у формульній одиниці на 1 атом азоту приходиться 6 атомів водню. Оскільки у складі сполуки **A** є велика кількість атомів водню, а сама сполука **A** є розчинною у воді, можна припустити, що дана сполука є кристалогідратом солі деякого металу, а саме нітратом: $\text{M}(\text{NO}_3)_x \cdot 3x\text{H}_2\text{O}$.

$\text{M}(\text{M}(\text{NO}_3)_x \cdot 3x\text{H}_2\text{O}) = 14x/0,0962 = 145,5x$ г/моль.

$A_r(\text{M}) = 29,5 \times (x = 2 - A_r(\text{M}) = 59 - \text{Co}$, оскільки кристалогідрати солей Co^{2+} забарвлені у рожевий колір, а при $x = 3$: $A_r(\text{M}) = 88,5 - \text{Y}$ – нітрат ітрію є безбарвним).

Отже сполука **A**: $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Визначимо співвідношення елементів у сполуці **B**:

$\text{N}/\text{H}/\text{C} = (28,11:14)/(4,82:1)/(4,82:12) = 5/12/1$

Оскільки у складі сполуки **B** велика кількість атомів азоту та водню, а реакція проводилася у надлишку амоніаку, то можна припустити, що в результаті реакції утворилася комплексна сполука з амоніаком (4 молекули), ще один атом азоту належить нітрат-аніону, а атом вуглецю знаходиться у складі карбонат-аніону. Перевіримо це.

$\text{M}(\text{B}) = 12y/0,0482 = 249y$ г/моль.

$\text{M}(\text{залишку}) = 249y - 4 \cdot 17y - 14y - 62y - 60y = 59y$ (що при $y = 1$ відповідає одному йону кобальту).

Отже формула сполуки **B**: $\text{Co}(\text{NH}_3)_4(\text{NO}_3)(\text{CO}_3)$.

Оскільки **B** є електролітом типу 1:1, то один з аніонів знаходиться у зовнішній сфері комплексу. Оскільки при зливанні розчинів **B** та солі барію зовнішніх змін не спостерігається, то можна зробити висновок, що карбонат-аніон є координованим до йону кобальту і знаходиться у внутрішній сфері.

Отже сполука **B**: $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{CO}_3]\text{NO}_3$

A: $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

B: $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{CO}_3]\text{NO}_3$

Рівняння:

$2\text{Co}(\text{NO}_3)_2 + 8\text{NH}_3 + 2(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{CO}_3]\text{NO}_3 + 2\text{NH}_4\text{NO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$

Роль гідроген пероксиду:

H_2O_2 є окисником (окиснює Co^{2+} до Co^{3+})

Взаємодія **B** з хлоридною кислотою з подальшою реакцією з амоніаком призводить до утворення сполуки **C** ($\omega(\text{N}) = 27,9\%$; $\omega(\text{Cl}) = 42,51\%$), що є електролітом типу 1:2.

Перетворення **В** в **С** відбувається в три стадії. Продуктом кожної стадії є катіонні частинки (**С1**, **С2** та **С3**), в яких співвідношення N:H дорівнює 1:3; 2:7 та 5:17 (наведені в довільному порядку). Врахуйте, що центральний атом у кожному з катіонів має октаедричне оточення.

6.2 Встановіть формули проміжних катіонних частинок **С1**, **С2**, **С3** та сполуки **С**

Визначимо співвідношення елементів у сполуці **С**:

$$N/Cl = (27,9:14)/(42,51:35,5) = 5/3.$$

Нехай формула сполуки **С** буде $CoN_{5x}Cl_{3x}A$ (де **A** – інші елементи у складі сполуки):

$M(C) = 250,5x$ г/моль. Припустимо, що всі атоми азоту входять до складу сполуки **С** у вигляді амоніаку: $M(\text{залишку}) = 250,5x - 3 \cdot 35,5x - 5 \cdot 17x = 59x$ (що відповідає одному іону кобальту).

Оскільки сполука **С** є електролітом типу 1:2, то два іони хлору знаходяться у зовнішній сфері, то ж формула сполуки **С**: $[Co(NH_3)_5Cl]Cl_2$,

Відповідно, у катіоні $[Co(NH_3)_5Cl]^{2+}$ співвідношення N:H = 1:3, отже це катіон **С3**.

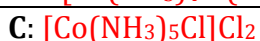
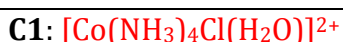
У катіоні із співвідношенням N:H = 5:17 координовано 5 молекул амоніаку (5 атомів азоту і 15 атомів водню), одже останні 2 атоми водню можуть належати координованій молекулі води:

Формула катіону: $[Co(NH_3)_5(H_2O)]^{3+}$.

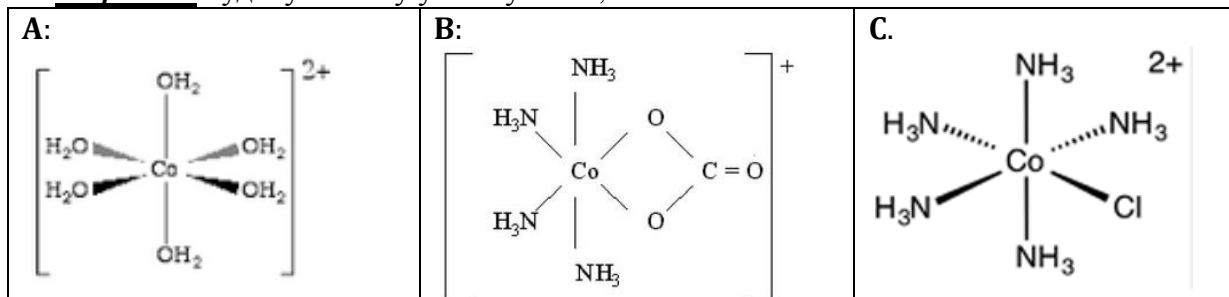
У катіоні із співвідношенням N:H = 2:7 при припущенні що присутні дві молекули амоніаку – залишається тільки 1 атом водню – можливо OH^- , але тоді для заповнення усіх координаційних позицій до октаедру потрібно 3 йону Cl^- , але тоді буде аніонна частинка $[Co(NH_3)_2(OH)Cl_3]^-$.

Якщо до йону кобальту координовано 4 молекули амоніаку, тоді залишається 2 атоми водню на молекулу води, а шосту позицію займає йон Cl^- - $[Co(NH_3)_4Cl(H_2O)]^{2+}$.

Оскільки у складі катіону $[Co(NH_3)_4Cl(H_2O)]^{2+}$ стільки ж молекул амоніаку, скільки було у вихідній сполуці **В**, то він є катіоном **С1**, а катіон **С2** - $Co(NH_3)_5(H_2O)]^{3+}$.



6.3 Зобразіть будову катіону у сполуках **А**, **В** та **С**:



Сполука **С** реагує з сіллю **W** ($\omega(N) = 20,29\%$), до складу якої входять 3 елементи, з утворенням сполуки **D1** червоного кольору, яка при нагріванні утворює сполуку **D2** жовтого кольору, склад якої ідентичний сполуці **D1**. Для сполуки **D2** можна привести 2 рівнозначні резонансні форми.

6.4 **Знайдіть** сполуки **W** та **D1**, **D2** (Аніон у складі **D1** та **D2** такий самий, як і у сполуці **C**). **Зобразіть** будову комплексних частинок у складі сполук **D1** та **D2**. **Відповідь підтвердити розрахунками.**

Визначимо молекулярну масу сполуки **W**:

$M(W) = 14x/0,2029 = 69x$ г/моль; на залишок припадає – 55x. При $x = 1$ єдиним варіантом розв'язку є нітрит натрію.

Нітрит-аніон може координуватися до іону металу як через атом азоту, так і через атом кисню.

При координації через атом азоту будову молекули можна описати через 2 рівнозначні резонансні форми, в яких один атом кисню зв'язаний з атомом азоту одинарним зв'язком, а інший – подвійним.

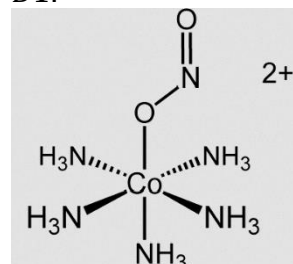
Отже, сполука **D1** - $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5(\text{ONO})]\text{Cl}_2$, **D2** - $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5(\text{NO}_2)]\text{Cl}_2$.

W: NaNO_2

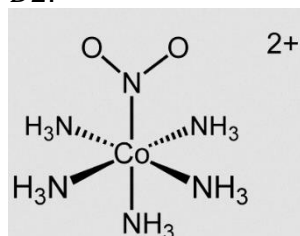
D1: $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5(\text{ONO})]\text{Cl}_2$

D2: $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5(\text{NO}_2)]\text{Cl}_2$

D1:

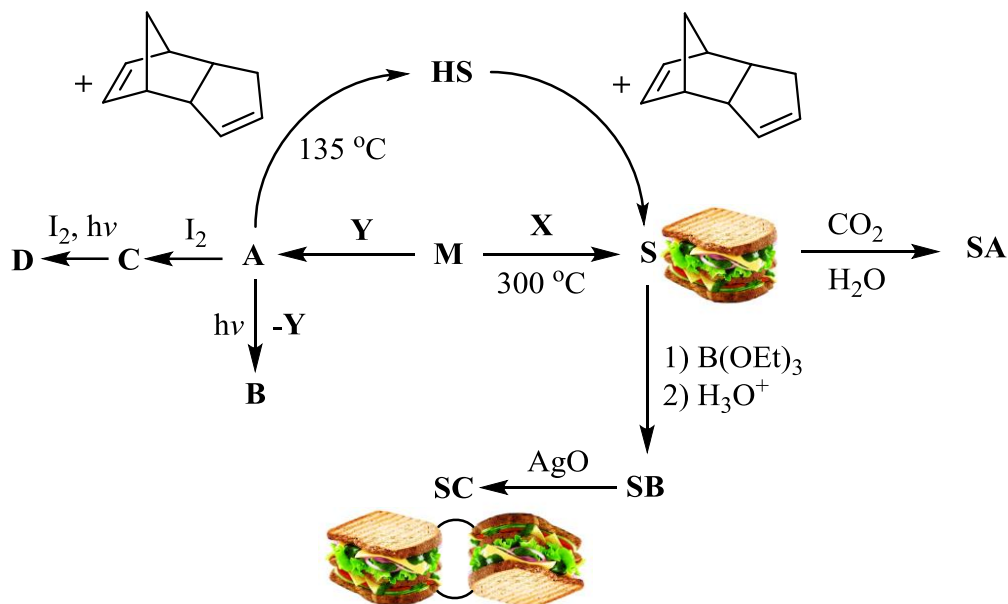


D2:

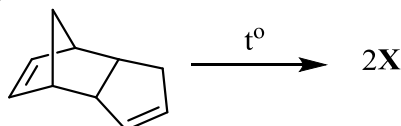


Задача 7. «Сендвіч» хімія

Автор: Оніжук Микита



Метал **М**, який є головним компонентом ядра Землі, вступає в низку цікавих реакцій з безбарвною рідиною **Х** та бінарним безбарвним газом **У**, який є легшим за повітря. **Х** в промисловості отримують за реакцією:



Масова частка одного з елементів в **У** складає $\omega = 42,88\%$.

7.1 Визначте М, Х та У. Як називається реакція, за якою отримують **Х**?

Основний компонент земного ядра – залізо (Fe)

М – Fe

М(**У**) < 29 г/моль. Під масову частку підпадає лише один газ – CO

У – CO

Ретро-реакція Дільса-Альдера

Х – мономер дициклопентадієну

М – Fe	Х – циклопентадієн 	У – CO
---------------	-------------------------------	---------------

При реакції **М** із газом **У** за підвищеної температури та тиску утворюється рідина **А** жовтого кольору (сумарна кількість усіх атомів в молекулі дорівнює 11). Під дією УФ-випромінювання в органічному розчиннику, **А** димеризується в **В**, виділяючи 1 молекулу **У** на 1 молекулу **В**. У симетричному димері є зв'язок М–М та три місткові групи. Також із **А** можна отримати нестабільний йодид металу **М**, який неможливо отримати прямою реакцією метал – галоген. Реакція проходить через отримання сполуки **С** (містить

декілька **Y**, $\omega(I) = 60,186\%$), яка під дією надлишку йоду під УФ-світлом при $-20\text{ }^\circ\text{C}$ переходить в йодид **D**.

7.2 Визначте сполуки **A–D**, вказіть структурні формули **A–C**. Наведіть рівняння реакцій.

A містить n CO та Fe:

$$2n + 1 = 11$$

$$n = 5$$

A – $\text{Fe}(\text{CO})_5$

B містить $5 \cdot 2 - 1 = 9$ CO та 2 Fe

B – $\text{Fe}_2(\text{CO})_9$

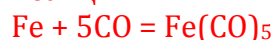
Із масової частки I для **C** існує два варіанти: $\text{Fe}(\text{CO})\text{I}$ та $\text{Fe}(\text{CO})_4\text{I}_2$. Перший не відповідає умові, тоді

C – $\text{Fe}(\text{CO})_4\text{I}_2$

Знаючи, що ферум дийодид стабільний,

D – FeI_3

Реакції:



A – $\text{Fe}(\text{CO})_5$ 	B – $\text{Fe}_2(\text{CO})_9$ 	C – $\text{Fe}(\text{CO})_4\text{I}_2$ Два ізомери: 	D – FeI_3
--	--	--	--------------------------------------

M з парами **X** утворює помаранчеві кристали речовини **S** ($\omega(M) = 30,022\%$), структура якої відкрила хімію цілого класу «сендвіч»-сполук. Вони характеризуються високою реакційною здатністю завдяки активації іоном металу органічного фрагменту. Так, **S** вступає в реакції з вуглекислим газом (**SA**), а також з $\text{B}(\text{OC}_2\text{H}_5)_3$, що після гідролізу дає речовину **SB**. Остання сполука здатна до димеризації під дією окисника (**SC**).

7.3 Визначте речовини **S–SC**, напишіть їх структурні формули. Напишіть реакцію **M** → **S**.

Із масової долі феруму

$$M(S) = 186.03 \text{ г моль}^{-1}$$

Припускаючи, що цикл не розклався, знайдемо кількість фрагментів C_5H_5 -6:

$$N = (186.03 - 55.85)/66 = 1.97 \approx 2$$

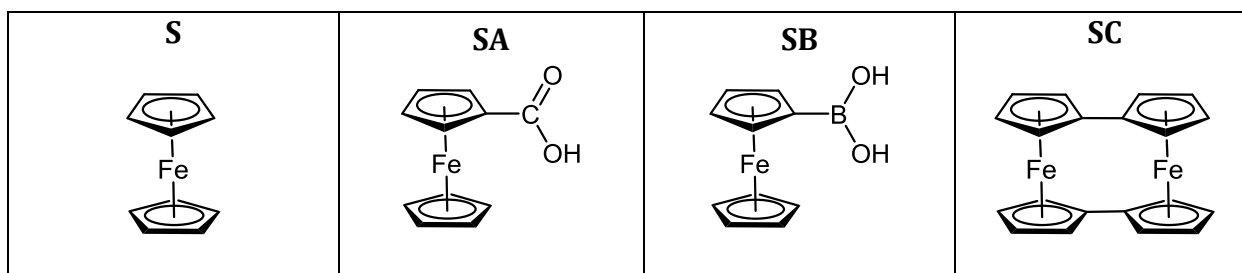
Тепер точно встановимо кількість водню:

$$N(H) = (186.03 - 55.85 - 12.01 \cdot 5 \cdot 2)/1.008 = 10$$

Тоді брутто-формула **S** $\text{FeC}_{10}\text{H}_{10}$

S – ферроцен $\text{Fe}(\text{C}_5\text{H}_5)_2$

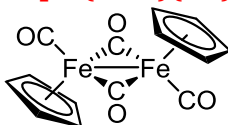




Можливим є перетворення речовини **A** в **S**, яке відбувається при нагріванні **A** з необхідним реагентом в автоклаві. Реакція веде спочатку до утворення сполуки **HS** димерної будови, що містить дві місткові групи **Y** та зв'язок **M-M**. Масова частка карбону у цій сполуці дорівнює $\omega(\text{C}) = 47,508\%$, гідрогену – $\omega(\text{H}) = 2,848\%$. При надлишку реагенту сполука **HS** переходить в **S**.

7.4 Визначте речовину **HS**. Наведіть її структурну формулу.

Виходячи із масової частки, розрахуємо $n(\text{C}) : n(\text{H}) = 7 : 5 \Rightarrow$
 мономер містить один циклопентадієніл та 2 монооксиди карбону.



11 клас (експериментальний тур)

Завдання 1. ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ БОРАТНОЇ ТА ХЛОРИДНОЇ КИСЛОТ У ВИДАНОМУ РОЗЧИНІ.

Автор: Редчук Анатолій

Обладнання та реактиви. Розчин для аналізу, розчин натрій гідроксиду (концентрація вказана на етикетці), розчин гліцеролу (1:5), дистильована вода, бюретка, лійка, конічні колби для титрування, піпетка мора 10 мл, градуйована піпетка.

Мета роботи. Визначення концентрації хлоридної та боратної кислот у водному розчині при сумісній присутності методом титрування.

Принцип методу. До проби розчину певного об'єму додають індикатор і далі поступово додають реагент (титрант) до зміни забарвлення індикатору. Індикатор підбирають відповідно до складу розчину у точці еквівалентності (у момент, коли до проби речовини, яку аналізують, додано строго еквівалентну кількість титранту). Процес додавання реагенту називають титруванням, а пробу розчину певного об'єму називають аліквотою.

Суміш соляної та боратної кислот титрують у два етапи, використовуючи два індикатори. Боратна кислота в умовах досліду титрується як одноосновна.

Хід роботи. З одержаної проби розчину за допомогою піпетки відберіть аліквоту об'ємом 10 мл у конічну колбу для титрування. До розчину в колбі додайте дві краплі індикатора метилового оранжевого і титруйте з бюретки розчином натрій гідроксиду до зміни забарвлення індикатору з рожевого на жовте. Запишіть об'єм лугу, що пішов на титрування на першому етапі (V_1) у таблицю 1. До розчину в колбі додайте три краплі індикатору фенолфталеїну та 2 мл водного розчину гліцеролу і продовжуйте титрувати до зміни забарвлення з жовтого на оранжеве. Запишіть об'єм лугу, що пішов на титрування на другому етапі (V_2) в ту ж таблицю. Титрування повторіть тричі (перше титрування пробне).

Таблиця 1

№ проби	V_1 , мл	V_2 , мл
1		
2		
3		

Розрахуйте концентрацію соляної та боратної кислот у виданому вам зразку розчину. Дайте відповіді на поставлені нижче запитання.

Завдання та запитання:

1	Концентрація HCl (г/л)	
2	Концентрація H ₃ BO ₃ (г/л)	
3	На першому етапі титрується (відмітьте хрестиком)	<input type="checkbox"/> HCl <input type="checkbox"/> H ₃ BO ₃



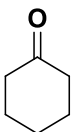
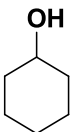
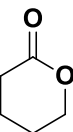



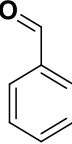
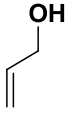
4	Чому на другому етапі титрування до розчину додають гліцерол?	
<i>Місце для розрахунків</i>		

Завдання 2. Визначення речовин.

Автор: Волочнюк Дмитро та Рябухін Сергій

В десяти шприцах, позначених як 1-10, знаходяться 10 речовин, що наведені в таблиці нижче:

2-1. Визначіть усі речовини та зробіть відповідні співвіднесення таблиці:

Для визначення речовин використовуйте набір реагентів, що дозволяють якісно визначати наявність тої чи іншої функціональної групи. Відповідний список реагентів з методиками проведення експериментів дивіться у **Додатку 1**.

Прийміть до уваги, що для визначення усіх речовин не обов'язково проводити всі можливі тести. Тому уважно прочитайте умову задачі та Додаток 1. Це дозволить скласти максимально ефективний план визначення та зекономити багато часу та реактивів. Зауважте, що видача додаткових реагентів та реактивів призводить до штрафу.

2-2. Заповніть таблицю проведення експериментів.

	KMnO ₄	CAN/ HNO ₃	FeCl ₃	DNPH/ H ₂ SO ₄	GrO ₃ / H ₂ SO ₄	ZnCl ₂ / HCl	Ag ₂ O/ NH ₃ ·H ₂ O	H ₂ O
№1								
№2								
№3								
№4								
№5								
№6								
№7								
№8								
№9								
№10								

Для заповнення таблиці використовуйте наступні умовні позначення:

+ – тест позитивний.

- – тест позитивний.

НВ – не зміг визначитись позитивний чи негативний тест.

НП – тест не проводився.

2-3. Запишіть загальні рівняння всіх реакцій функціональних груп, що були вами використані для визначення речовин за допомогою наведених реагентів.

Реагенти	Схеми реакцій
KMnO₄	
CAN	
FeCl₃	
DNPH	
CrO₃/ H₂SO₄	
ZnCl₂/ HCl	

<p>Ag₂O/ NH₃·H₂O</p>	
--	--

Додаток 1

Методики проведення тестів.

1. Тест з KMnO_4 (тест Байєра)

Помістіть 1 мл 95% етилового спирту в пробірку та додайте 2 краплі невідомої речовини. Додайте 1 краплю розчину перманганату. Тест вважати позитивним якщо перманганат знебарвився за 1-2с.

- Зверніть особливу увагу на швидкість знебарвлення.

2. Тест з $(\text{NH}_4)_2\text{Ce}(\text{NO}_3)_6$ (CAN)

Помістіть 2 краплі реактиву CAN (розчин $(\text{NH}_4)_2\text{Ce}(\text{NO}_3)_6 + \text{HNO}_3$) в пробірку та додайте 2 краплі ацетонітрилу, а потім 2 краплі невідомої речовини (**порядок важливий!**). Перемішайте суміш. При позитивній пробі колір миттєво змінюється з жовтого на помаранчево-червоний і залишається таким протягом тривалого часу.

- Порівняння пробірок з невідомою речовиною та стандарту (з етанолом) рекомендується для адекватної оцінки тесту.
- $\text{Ce}(\text{IV})$ здатен до утворення яскраво-забарвлених координаційних сполук з спиртовою О-Н групою. Константа утворення таких комплексів коливається в межах від 0,51 (метиловий спирт, кінетично нестабільний) до 2,76 (трет-бутиловий спирт, кінетично стабільний).

3. Тест з 2,4-динітрофенілгідразином (DNPH)

Розчиніть 2 краплі невідомої речовини в 1 мл 95% етилового спирту. Додайте 1 мл DNPH (розчин DNPH в водному етанолі та H_2SO_4). Перемішайте суміш та дайте відстоятись 1-2 хвилини. Позитивним можна вважати тест з утворенням осаду з забарвленням від жовтого до помаранчево-червоного.

- Утворення осаду є обов'язковим. Лише зміни забарвлення недостатньо для того, щоб вважати пробу позитивною.

4. Тест з FeCl_3 (утворення гідроксамату заліза).

Попросіть лаборанта запалити вашу спиртову горілку. Змішайте 1 мл етанольного розчину гідроксиламіну гідрохлориду з 5 краплями водного розчину гідроксиду натрію (**Увага!** Водний розчин гідроксиду натрію висококонцентрований! Додавайте його дуже обережно). Додайте 1 краплю невідомої речовини і використайте спиртову горілку для нагрівання суміші до кипіння. (Протягом нагрівання акуратно перемішуйте пробірку для запобігання розплескування реакційної суміші). Дозвольте їй трохи охолонути та додайте 2 мл розчину HCl . Додайте 5 крапель 2.5% розчину хлориду заліза (III). Спостерігайте появу пурпурного кольору при позитивній пробі. Закрийте спиртівку кришкою при закінченні досліду.

- Гідроксамові кислоти здатні утворювати яскраво-забарвлені координаційні сполуки з $\text{Fe}(\text{III})$.

5. Тест з реактивом Джонса.

Розчиніть 1 краплю невідомої речовини в 1 мл розчиннику для тесту Джонса (R1). Додайте 1 краплю реактиву Джонса (розчин CrO_3 в H_2SO_4) та перемішайте. При позитивній пробі зникає помаранчеве забарвлення реагенту та утворюється синьо-зелена суспензія.

- Синьо-зелена суспензія може утворюватись не одразу, а через деякий час.

6. Тест з реактивом Лукаса.

Додайте 2 мл реактиву Лукаса (розчин $ZnCl_2$ в HCl) в пробірку. Додайте 3 краплі невідомої речовини, закрийте пробірку та добре перемішайте. Дайте суміші відстоятись 15 хвилин періодично спостерігаючи за проходженням реакції (помутніння та/або розшарування). Позитивним результатом є наявність помутніння та/або розшарування, а також швидкість появи цих ознак.

- Швидкість заміни OH -групи на Cl залежить від стабільності карбкатиону. Реакція протікає тим швидше, чим карбкатион стабільніший.

7. Тест з реактивом Толленса.

В пробірку додайте 2 краплі невідомої речовини та 2 мл реактиву Толленса (розчин Ag_2O у водному амоніаку). Позитивним результатом є помутніння жовтого (або коричневого) початкового розчину з подальшим утворенням осаду Ag на стінках пробірки.

- Утворення осаду є обов'язковим. Лише помутніння недостатньо для того, щоб вважати пробу позитивною.
- Процес утворення осаду може займати декілька хвилин.

8. Тест на розчинення у воді.

В пробірку додайте 1 краплю невідомої речовини та 1 мл дистильованої води. Позитивною можна вважати пробу виключно у випадку утворення повністю прозорого одношарового розчину.

- Наявність помутніння та/або якихсь інших фаз на поверхні розділу свідчить про недостатню розчинність невідомої речовини.

Примітки:

1. Звичайне використання груші призводить до заповнення піпетки Пастера на ~ 1 мл.