



**55 Всеукраїнська  
учнівська олімпіада з  
ХІМІЇ  
IV етап  
Завдання**



**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 Малєєва, 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 постійно 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 ліву 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 ЮНИЙ 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 (итовхають 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 ОШПО. 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 одностайні 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 (доречи, англійською мовою), в них окреслювались тематика та рівень складності завдань.

Юрій Валентинович з великим ентузіазмом підтримував 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 звернутися 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 своєї 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.

***Колотилів 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, неравнодушием 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 по-новому 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, уміння 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 відчувати 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 вагомий результат. 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 шаную 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 Костянтиновича 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. Алексєєв, заслужений учитель України, к.п.н. О.В. Березан, М.А. Выборний, 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. 6 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 «Укроргсинтез» 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<br>H<br>1.008   |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                   | 2<br>He<br>4.003   |                    |                    |                    |                   |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                   |                    |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                    |                    |                    |                    |
| 3<br>Li<br>6.941  | 4<br>Be<br>9.012   |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 5<br>B<br>10.81    | 6<br>C<br>12.01    | 7<br>N<br>14.01    | 8<br>O<br>16.00    | 9<br>F<br>19.00   | 10<br>Ne<br>20.18  |                    |                    |                    |                   |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                   |                    |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                    |                    |                    |                    |
| 11<br>Na<br>22.99   | 12<br>Mg<br>24.31  | 3                  | 4                  | 5                  | 6                  | 7                  | 8                  | 9                  | 10                 | 11                 | 12                 | 13<br>Al<br>26.98  | 14<br>Si<br>28.09  | 15<br>P<br>30.97   | 16<br>S<br>32.07   | 17<br>Cl<br>35.45 | 18<br>Ar<br>39.95  |                    |                    |                    |                   |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                   |                    |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                    |                    |                    |                    |
| 19<br>K<br>39.10  | 20<br>Ca<br>40.08  | 21<br>Sc<br>44.96  | 22<br>Ti<br>47.87  | 23<br>V<br>50.94   | 24<br>Cr<br>52.00  | 25<br>Mn<br>54.94  | 26<br>Fe<br>55.85  | 27<br>Co<br>58.93  | 28<br>Ni<br>58.69  | 29<br>Cu<br>63.55  | 30<br>Zn<br>65.38  | 31<br>Ga<br>69.72  | 32<br>Ge<br>72.64  | 33<br>As<br>74.92  | 34<br>Se<br>78.96  | 35<br>Br<br>79.90 | 36<br>Kr<br>83.80  |                    |                    |                    |                   |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                   |                    |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                    |                    |                    |                    |
| 37<br>Rb<br>85.47   | 38<br>Sr<br>87.62  | 39<br>Y<br>88.91   | 40<br>Zr<br>91.22  | 41<br>Nb<br>92.91  | 42<br>Mo<br>95.96  | 43<br>Tc<br>[98]   | 44<br>Ru<br>101.07 | 45<br>Rh<br>102.91 | 46<br>Pd<br>106.42 | 47<br>Ag<br>107.87 | 48<br>Cd<br>112.41 | 49<br>In<br>114.82 | 50<br>Sn<br>118.71 | 51<br>Sb<br>121.76 | 52<br>Te<br>127.60 | 53<br>I<br>126.90 | 54<br>Xe<br>131.29 |                    |                    |                    |                   |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                   |                    |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                    |                    |                    |                    |
| 55<br>Cs<br>132.91  | 56<br>Ba<br>137.33 | 57<br>La<br>138.91 | 72<br>Hf<br>178.49 | 73<br>Ta<br>180.95 | 74<br>W<br>183.84  | 75<br>Re<br>186.21 | 76<br>Os<br>190.23 | 77<br>Ir<br>192.22 | 78<br>Pt<br>195.08 | 79<br>Au<br>196.97 | 80<br>Hg<br>200.59 | 81<br>Tl<br>204.38 | 82<br>Pb<br>207.2  | 83<br>Bi<br>208.98 | 84<br>Po<br>(209)  | 85<br>At<br>(210) | 86<br>Rn<br>(222)  |                    |                    |                    |                   |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                   |                    |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                    |                    |                    |                    |
| 87<br>Fr<br>(223)   | 88<br>Ra<br>226.0  | 89<br>Ac<br>(227)  | 104<br>Rf<br>(261) | 105<br>Ha<br>(262) |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                   |                    |                    |                    |                    |                   |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                   |                    |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                    |                    |                    |                    |
| <table border="1"> <tr> <td>58<br/>Ce<br/>140.12</td> <td>59<br/>Pr<br/>140.91</td> <td>60<br/>Nd<br/>144.24</td> <td>61<br/>Pm<br/>(145)</td> <td>62<br/>Sm<br/>150.36</td> <td>63<br/>Eu<br/>151.96</td> <td>64<br/>Gd<br/>157.25</td> <td>65<br/>Tb<br/>158.93</td> <td>66<br/>Dy<br/>162.50</td> <td>67<br/>Ho<br/>164.93</td> <td>68<br/>Er<br/>167.26</td> <td>69<br/>Tm<br/>168.93</td> <td>70<br/>Yb<br/>173.05</td> <td>71<br/>Lu<br/>174.97</td> </tr> <tr> <td>90<br/>Th<br/>232.04</td> <td>91<br/>Pa<br/>231.04</td> <td>92<br/>U<br/>238.03</td> <td>93<br/>Np<br/>237.05</td> <td>94<br/>Pu<br/>(244)</td> <td>95<br/>Am<br/>(243)</td> <td>96<br/>Cm<br/>(247)</td> <td>97<br/>Bk<br/>(247)</td> <td>98<br/>Cf<br/>(251)</td> <td>99<br/>Es<br/>(254)</td> <td>100<br/>Fm<br/>(257)</td> <td>101<br/>Md<br/>(256)</td> <td>102<br/>No<br/>(254)</td> <td>103<br/>Lr<br/>(257)</td> </tr> </table> |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                   |                    | 58<br>Ce<br>140.12 | 59<br>Pr<br>140.91 | 60<br>Nd<br>144.24 | 61<br>Pm<br>(145) | 62<br>Sm<br>150.36 | 63<br>Eu<br>151.96 | 64<br>Gd<br>157.25 | 65<br>Tb<br>158.93 | 66<br>Dy<br>162.50 | 67<br>Ho<br>164.93 | 68<br>Er<br>167.26 | 69<br>Tm<br>168.93 | 70<br>Yb<br>173.05 | 71<br>Lu<br>174.97 | 90<br>Th<br>232.04 | 91<br>Pa<br>231.04 | 92<br>U<br>238.03 | 93<br>Np<br>237.05 | 94<br>Pu<br>(244) | 95<br>Am<br>(243) | 96<br>Cm<br>(247) | 97<br>Bk<br>(247) | 98<br>Cf<br>(251) | 99<br>Es<br>(254) | 100<br>Fm<br>(257) | 101<br>Md<br>(256) | 102<br>No<br>(254) | 103<br>Lr<br>(257) |
| 58<br>Ce<br>140.12  | 59<br>Pr<br>140.91 | 60<br>Nd<br>144.24 | 61<br>Pm<br>(145)  | 62<br>Sm<br>150.36 | 63<br>Eu<br>151.96 | 64<br>Gd<br>157.25 | 65<br>Tb<br>158.93 | 66<br>Dy<br>162.50 | 67<br>Ho<br>164.93 | 68<br>Er<br>167.26 | 69<br>Tm<br>168.93 | 70<br>Yb<br>173.05 | 71<br>Lu<br>174.97 |                    |                    |                   |                    |                    |                    |                    |                   |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                   |                    |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                    |                    |                    |                    |
| 90<br>Th<br>232.04  | 91<br>Pa<br>231.04 | 92<br>U<br>238.03  | 93<br>Np<br>237.05 | 94<br>Pu<br>(244)  | 95<br>Am<br>(243)  | 96<br>Cm<br>(247)  | 97<br>Bk<br>(247)  | 98<br>Cf<br>(251)  | 99<br>Es<br>(254)  | 100<br>Fm<br>(257) | 101<br>Md<br>(256) | 102<br>No<br>(254) | 103<br>Lr<br>(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.)  | $T = 0 \text{ }^\circ\text{C} = 273,15 \text{ К};$<br>$P = 1 \text{ атм} = 760 \text{ Торр} = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ Па}$                      |
| Стандартні умови (с.у.)   | $T = 25 \text{ }^\circ\text{C} = 298 \text{ К};$<br>$P = 1 \text{ Бар} = 10^5 \text{ Па}$   |
| Середня молярна маса повітря  | $29 \text{ г/моль}$   |
| Розмірність Ньютону   | $1 \text{ Н} = 1 \text{ кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^{-2}$   |
| Значення електрон-вольту в Дж   | $1 \text{ еВ} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$  |
| Зв'язок між ентальпією та внутрішньою енергією                              | $\Delta H = \Delta U + p\Delta V$<br>(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<br>(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 Жуль 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)

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

«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,  $\rho$  — 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.

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 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 ( $p=1 \text{ атм}$ ,  $T=300 \text{ К}$ ) на висоту 6000 футів. Кількість речовини водню постійна і складає змінюється з висотою.

### 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.

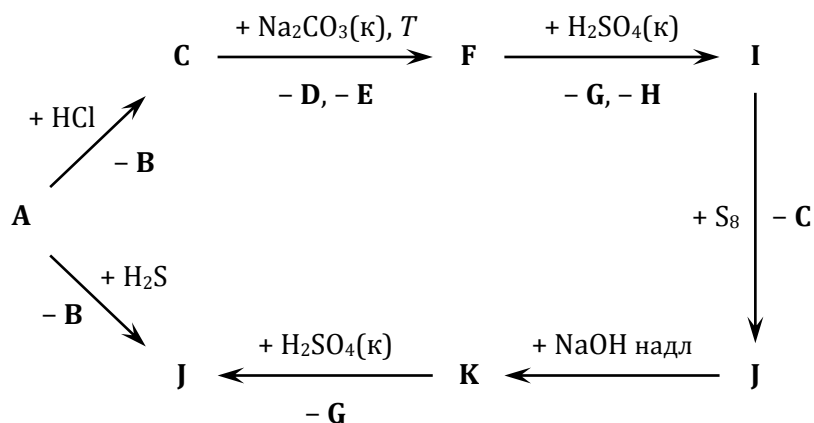
**2.2 Напишіть** рівняння всіх згаданих хімічних реакцій.

**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.

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.

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

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  $20\text{ }^\circ\text{C}$  за тиску 2,5 атм.

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

#### 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**.

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.

**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.

**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.

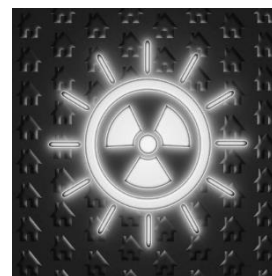
**4.6 Вкажіть** яку назву має винайдена в древньому Китаї суміш речовин **1, 3 та 4**.



### Задача 5. «Нітон, Торон, Актинон».

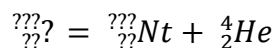
Автор: Ляпунов Олександр

Елемент **X**, що утворює газоподібну просту речовину, відкривали багато разів: подружжя Кюрі, Е. Резерфорд, 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.).



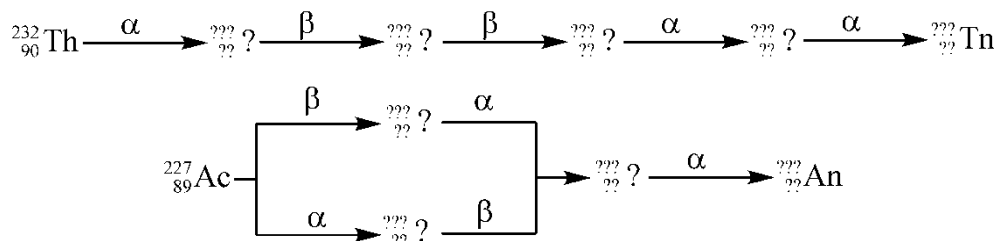
#### 5.1 Визначте елемент **X** та «Нітон».

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**.

## 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 вказуйте символ хімічного елемента 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 елемента були передбачені ще Дмитром Менделєєвим до відкриття елемента. Його хімічні властивості дещо схожі на хімічні властивості Ренію.
- 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.
- 6.3** Проста речовина, утворена цим елементом, за температури 100 °С і тиску 2 атм має густину 3,137 г/л.
- 6.4** При розчиненні оксиду цього елемента у воді утворюється розчин відразу двох кислот. Валентність елемента в одній з них дорівнює трьом, а в іншій – чотирьом. Якщо ж до цього розчину додати еквівалентну кількість КОН, а потім випарити і нагріти до 400 °С, то у твердому залишку буде лише одна речовина.
- 6.5** Кристалогідрат сульфату цього елемента 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.
- 6.6** Запишіть код, який допоможе Індіані Джонсенку вибратися із зачиненої лабораторії.

## 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 елементу **D** стали широко застосовувати у складі барвників значно пізніше - у 18-19 сторіччях.

Бінарна сполука елементу **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

Оксид металу **D** ( $w(D) \approx 70\%$ ) став заміником сполуки елементу **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.

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**.

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 залізну 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.

#### 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.

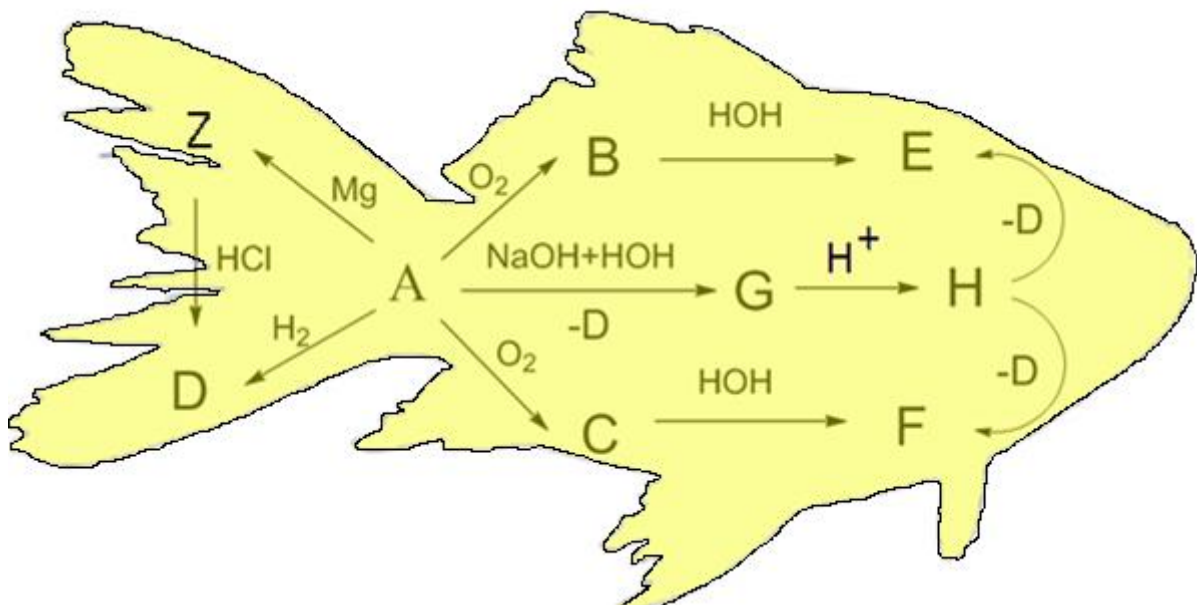
## Задача 2. «Золота рибка».

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 **A**.
- 2.4 **Зобразіть** просторову будову кислоти **E**.
- 2.5 Як риби пов'язані з елементом **A**?

## 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  $\text{CuSO}_4$  становить 77 г на 100 г води) до 25 °С (розчинність  $\text{CuSO}_4$  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.
- 3.2 **Розрахуйте** масу води, яку необхідно випарити першокурсникові, щоб отримати насичений розчин за температури 100 °С.
- 3.3 **Розрахуйте** масу мідного купоросу, що викристалізується з отриманого насиченого розчину при його охолодженні від 100 °С до 25 °С.
- 3.4 **Розрахуйте** теоретичний вихід проведеної перекристалізації.
- 3.5 Однак далеко не всі речовини доречно очищати методом перекристалізації. **Запропонуйте три** можливі **причини**, які можуть зробити перекристалізацію малоефективною або ж взагалі неможливою.

#### 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  $\text{BaCl}_2$  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.

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

|  |  |
|--|--|
| В періоді періодичної системи зліва направо: |  |
|  |  |
| В групі періодичної системи зверху вниз:     |  |
|  |  |

**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 |      |                                |
| Найменша електронегативність  |      |                                |

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

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

**5.5 Дайте визначення** ковалентного зв'язку

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

**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 ( $\delta^+$  та  $\delta^-$ ).

|                         |  |  |  |
|-------------------------|--|--|--|
| Ковалентний полярний:   |  |  |  |
| Ковалентний неполярний: |  |  |  |

**5.8 Дайте визначення** йонного хімічного зв'язку?

**5.9 Вкажіть тип** хімічного зв'язку в сполуках CsF, ClF, LiF, F<sub>2</sub> та **розташуйте** їх в порядку зменшення полярності відповідних молекул:

|              |  |  |  |  |
|--------------|--|--|--|--|
| Сполука:     |  |  |  |  |
| тип зв'язку: |  |  |  |  |

**5.10** На відміну від йонного, ковалентний зв'язок є просторово направленим. **Вкажіть** тип гібридизації некінцевих атомів та **зобразіть** просторову будову наступних молекул: CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, SOCl<sub>2</sub>, POCl<sub>3</sub>, PH<sub>3</sub>, SF<sub>6</sub>.

### 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 ізоотопів <sup>15</sup>Gv и <sup>16</sup>Gv, а елемент Пуніум (Pn) з трьох – <sup>19</sup>Pn, <sup>20</sup>Pn та <sup>21</sup>Pn.

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

Pn та Gv здатні утворювати сполуку GvPn<sub>3</sub>.

**6.2 Визначте** мольні частки ізоотопів природного Пуніуму на планеті Альфа, якщо відомо, що молекулярна маса GvPn<sub>3</sub> складає 72,7 а.о.м, а кількості атомів ізоотопів <sup>20</sup>Pn та <sup>21</sup>Pn відносяться як 2:1.

**6.3 Визначте** кількість протонів, нейтронів та електронів у <sup>15</sup>Gv та <sup>19</sup>Pn, якщо відомо, що <sup>21</sup>Pn містить 12 нейтронів.

**6.4 Наведіть** електронну конфігурацію <sup>15</sup>Gv та <sup>19</sup>Pn.

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

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

## 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 галуну (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 ( $\text{AgNO}_3$ ,  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{S}$ ,  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{K}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HCl}$ ) 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 <sup>+</sup> | Li <sup>+</sup> | K <sup>+</sup> | Na <sup>+</sup> | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | Ba <sup>2+</sup> | Sr <sup>2+</sup> | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | Al <sup>3+</sup> | Cr <sup>3+</sup> | Fe <sup>2+</sup> | Fe <sup>3+</sup> | Ni <sup>2+</sup> | Mn <sup>2+</sup> | Zn <sup>2+</sup> | Ag <sup>+</sup> | Hg <sup>2+</sup> | Pb <sup>2+</sup> | Cu <sup>2+</sup> |   |
|----------------------------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|---|
| OH <sup>-</sup>                  | /              | P               | P              | P               | P                            | P                | M                | M                | H                | H                | H                | H                | H                | H                | H                | H                | -               | -                | H                | H                |   |
| F <sup>-</sup>                   | P              | M               | P              | P               | P                            | M                | H                | H                | H                | M                | H                | H                | H                | P                | P                | P                | P               | -                | H                | P                |   |
| Cl <sup>-</sup>                  | P              | P               | P              | P               | P                            | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P               | H                | P                | M                | P |
| Br <sup>-</sup>                  | P              | P               | P              | P               | P                            | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P               | H                | M                | M                | P |
| I <sup>-</sup>                   | P              | P               | P              | P               | P                            | P                | P                | P                | P                | P                | ?                | P                | ?                | P                | P                | P                | P               | H                | H                | H                | P |
| S <sup>2-</sup>                  | P              | P               | P              | P               | P                            | -                | H                | -                | -                | -                | -                | H                | -                | H                | H                | H                | H               | H                | H                | H                | H |
| SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>    | P              | P               | P              | P               | P                            | H                | H                | H                | M                | ?                | -                | H                | ?                | H                | ?                | M                | H               | H                | H                | H                | ? |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>    | P              | P               | P              | P               | P                            | H                | H                | M                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | M               | -                | H                | P                |   |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>     | P              | P               | P              | P               | P                            | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P               | P                | P                | P                | P |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>     | P              | P               | P              | P               | P                            | P                | P                | P                | P                | ?                | ?                | ?                | ?                | P                | ?                | ?                | M               | ?                | ?                | ?                |   |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>    | P              | H               | P              | P               | -                            | H                | H                | H                | H                | H                | H                | H                | H                | H                | H                | H                | H               | H                | H                | H                | H |
| CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>    | P              | P               | P              | P               | P                            | H                | H                | H                | H                | ?                | ?                | H                | ?                | H                | H                | H                | H               | ?                | H                | H                |   |
| CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup> | P              | P               | P              | P               | P                            | P                | P                | P                | P                | -                | P                | P                | -                | P                | P                | P                | P               | P                | P                | P                |   |
| SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>   | 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 розведений 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 **D**. Упарювання розчину досуха при 100°C призводить до виділення, крім HCl та H<sub>2</sub>O, 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 **D** та **Ж**. Відповідь підтвердіть розрахунком.

За результатами рентгенфлюоресцентного аналізу, суміш солей **B** та **Г** містить (за масою): 9,58% металу **X**, 34,53% металу **Z** та 55,89% хлору. Сполуки **A**, **B** та **Г** містять метали в однакових ступенях окиснення.

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

**1.8** Розрахуйте масові частки компонентів у вихідній суміші.

**1.9** Запишіть рівняння всіх реакцій, використаних в аналізі суміші.

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

## 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.

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

Запис безпомилкової гри:

Переможець:

1. \_\_\_\_\_ — \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ — \_\_\_\_\_

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

Запис безпомилкової гри:

Переможець:

1. \_\_\_\_\_ — \_\_\_\_\_  
 2. \_\_\_\_\_ — \_\_\_\_\_

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

Запис безпомилкової гри:

Переможець:

1. \_\_\_\_\_ — \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_ — \_\_\_\_\_

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:

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

### Завдання 3. Смертоносний макіяж

Автор: Бородин 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**.

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:  $\lg K_s(\mathbf{A}) = -46,98$ ;  $\lg K_a(\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}) = -4,76$ ;  $\lg K_w = -14,0$ ;  $\lg K_H = 16,7$ , 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





Н

, інші фізико-хімічні процеси (комплексоутворення, виділення газу тощо) не відбуваються.

#### 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.

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:        |           |           |                    |
| <b>A:</b>      | <b>B:</b> | <b>C:</b> |                    |

**Запишіть** рівняння згаданих в умові задачі хімічних реакцій.

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

Відоме емпіричне правило щодо того, що сила кислоти  $\text{H}_m\text{XO}_n$  зростає при збільшенні значення  $n$ .

**Поясніть** причину такого ефекту.

**Застосуйте правило** для кислот, аніони яких утворюють солі **A**, **B**, **C**. Якщо воно десь не спрацьовує, **поясніть**, чому.

## 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). Охолодженням утвореної суміші отримують **X** з дуже високим виходом і 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 (165°C) з подальшим витисканням стисненим повітрям на поверхню. Процес дозволяє отримати **X** високої чистоти (99,5-99,9%).

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

**Визначте** речовини **X** та **Z**.

**Зобразіть** просторову структуру молекули **X**.

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

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

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

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

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

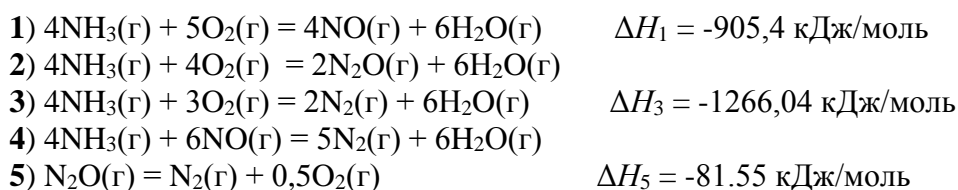
Чому **Z** обов'язково необхідно відділити в процесі переробки нафти?

## Завдання 6. Оптимізація виробництва

Автор: Паішко 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.

**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  $\Delta H^\circ_f(\text{H}_2\text{O}, \text{г})$  більша за  $\Delta H^\circ_f(\text{NH}_3, \text{г})$  у 5,23 раза.

Для подальших розрахунків будуть корисними такі довідкові дані:

|                               | $\text{O}_2(\text{г})$ | $\text{NO}(\text{г})$ | $\text{NH}_3(\text{г})$ | $\text{H}_2\text{O}(\text{г})$ | $\text{H}_2\text{O}(\text{р})$ | $\text{NO}_2(\text{г})$ | $\text{HNO}_3(\text{р})$ |
|-------------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| $\Delta H^\circ_f$ , кДж/моль | 0                      |                       |                         |                                | -285,84                        | 39,89                   | -173                     |
| $S^\circ$ , 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  $\text{NH}_3$ .

**Розрахуйте** зміну енергії Гіббса для реакції утворення NO з  $\text{NH}_3$  при температурі 800°C. Застосовуйте такі формули:

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

**Поясніть** використання високої температури та високого тиску при окисненні аміаку.

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  $\text{NO}_2$ . **Розрахуйте** зміну енергії Гіббса та константу рівноваги для цього процесу при 25°C.

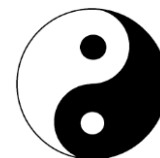
**Запропонуйте умови** (тиск і температура) для проведення реакції утворення нітратної кислоти в промисловості.

## 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 *тишу*.

**1.1 Визначте** якісний та кількісний склад суміші.

**1.2 Запишіть** рівняння реакцій.

**Вкажіть** використання цих двох простих речовин.

**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.



## 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** брутто-формулу вуглеводню.

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

**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 |  |  |  |

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

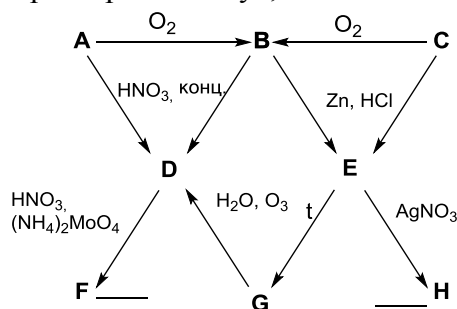
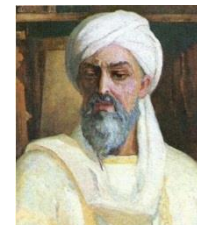
**Впорядкуйте** формули з п.2.3 за зменшенням структурної напруженості.

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

### 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**( $w(\mathbf{X})=60,90\%$ ) та **C**( $w(\mathbf{X})=70,03\%$ ) 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** ( $w(\mathbf{X})=3,901\%$   $w(\text{Mo})=59,96\%$ ) містить атоми 5 елементів.

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

**Визначте** сполуки **A-H**.

**Наведіть** рівняння усіх реакцій, зазначених на схемі перетворень.

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**.

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

#### Завдання 4. Різноманітна гібридизація

Автор: Кандаскалов Дмитро

Є набір бінарних молекул:  $\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{BeH}_2$ ;  $\text{ClF}_3$ ;  $\text{SO}_3$ ;  $\text{SiH}_4$ ; **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                        | $\text{H}_2\text{O}$ | $\text{BeH}_2$ | $\text{ClF}_3$ | $\text{SO}_3$ | $\text{SiH}_4$ | <b>X</b> | <b>Y</b> |
| Гібридизація                    |                      |                |                |               |                |          |          |
| Геометрія                       |                      |                |                |               |                |          |          |
| Кількість електронів в молекулі |                      |                |                |               |                |          |          |

Зобразіть просторову будову цих молекул з указаними неподіленими електронними парами.

#### Завдання 5. Кластерна хімія

Автор: Мельніков Костянтин

При нагріванні деякого металу **X** в атмосфері фосгену  $\text{COCl}_2$  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.

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.

Сіль **A** здатна взаємодіяти з розчином  $\text{AgNO}_3$ .

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

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.

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

Поясніть це явище.



## 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  $\text{AgNO}_3$  до нього додали 50 мл 0,200 М розчину  $\text{NaCl}$ .

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



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

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:  $\text{NaBr}$ ,  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$ ,  $\text{Na}_3\text{AsO}_4$ . Довідкова інформація:

К

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

А

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

Г

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

К

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

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

Г

С

Г

О

К

С

Р

А

Г

А

С

О

## 9 клас (експериментальний тур)

### Задача. ДОСЛІДЖЕННЯ АДСОРБЦІЇ ОЦТОВОЇ КИСЛОТИ АКТИВОВАНИМ ВУГІЛЛЯМ

Автор: Редчук Анатолій

**Обладнання та реактиви.** Розчини  $\text{CH}_3\text{COOH}$  концентрації приблизно 0,2М, 0,1М, 0,05М та 0,025М (всі по 100 мл, точна концентрація кожного розчину вказана на дошці); 0,1М розчин  $\text{NaOH}$ ; 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 **адсорбентом**, а речовину, яку адсорбент зв'язує, – **адсорбатом**. Кількісно адсорбцію характеризують **питомою адсорбцією** ( $\Gamma$ ), 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  $\Gamma$  – 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 кожену 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                 |                                |   |   |         |

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| <b>Бали за титрування (п.1)</b> |  |
|---------------------------------|--|

- Запишіть рівняння реакції, що відбувається при титруванні

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

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

**Таблиця 2**

| $C_0$<br>ммоль/л | $C$<br>ммоль/л | $\Gamma$<br>ммоль/г | $\lg C$ | $\lg \Gamma$ |
|------------------|----------------|---------------------|---------|--------------|
| 0                | 0              | 0                   | –       | –            |
|                  |                |                     |         |              |
|                  |                |                     |         |              |
|                  |                |                     |         |              |
|                  |                |                     |         |              |

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

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

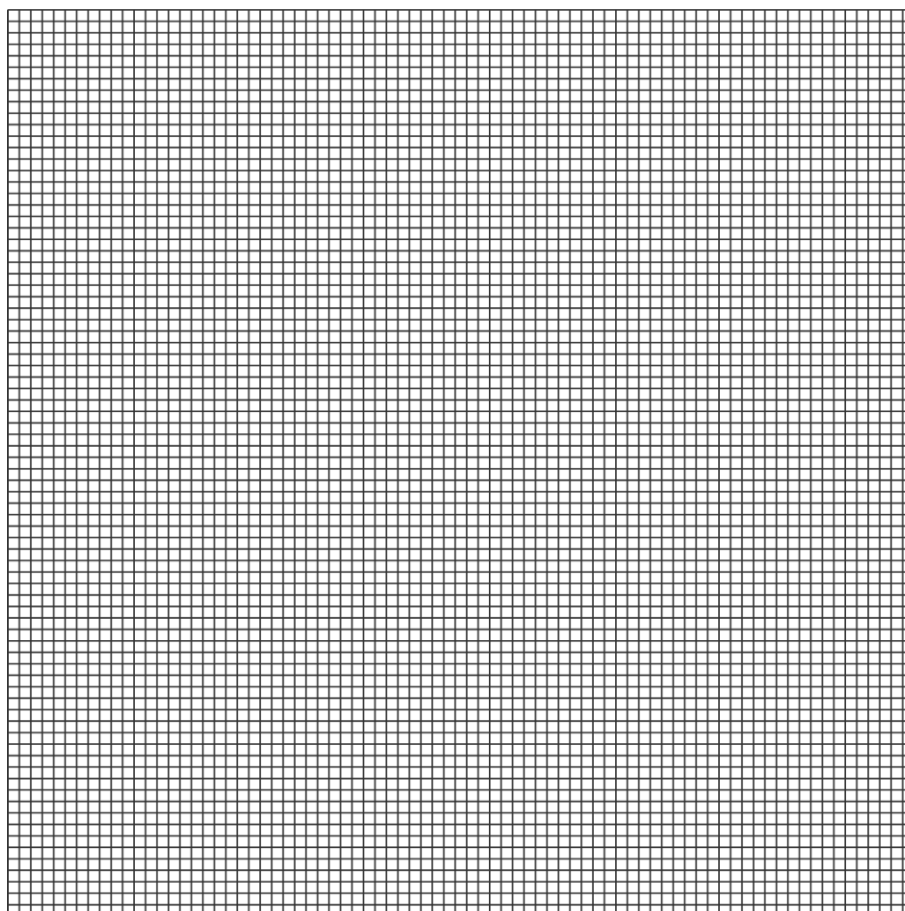
|  |  |
|--|--|
| <b>Бали за графік ізотерми адсорбції(п.4)</b>              |  |
| <b>Бали за графік <math>\lg \Gamma - \lg C</math>(п.5)</b> |  |

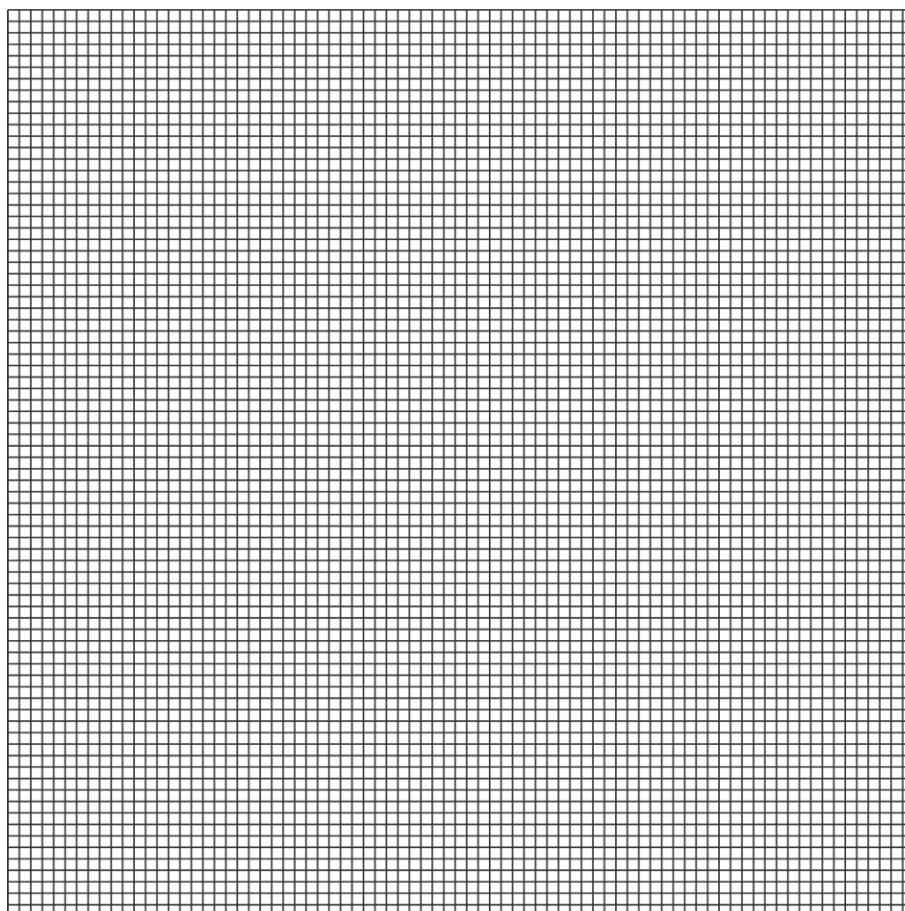
7. На основі останнього графіка знайдіть константи рівняння Фрейндліха.

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

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







## 10 клас. 1 тур.

### Задача 1. «Спаліть. Спаліть 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 ( $T = 298\text{K}$ ,  $p = 1 \text{ атм}$ ).

|                                    | $\text{CH}_{4(g)}$ | $\text{H}_2\text{O}_{(g)}$ | $\text{H}_2\text{O}_{(p)}$ | $\text{H}_{2(g)}$ | $\text{CO}_{(g)}$ | $\text{CO}_{2(g)}$ |
|------------------------------------|--------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| $\Delta H_{f,298}^0$ (кДж/моль)    | -74,86             |                            | -285,84                    |                   |                   | -393,50            |
| $\Delta H^0$ спалювання (кДж/моль) |                    | ---                        | ---                        | -285,84           | -283,00           |                    |
| $S_{f,298}^0$ (Дж/моль)            | 186,19             | 188,74                     | 69,96                      | 130,52            | 197,50            | 213,70             |

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

$\Delta H^0$  спалення – стандартна ентальпія спалювання.

$S_{f,298}^0$  – 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.

**1.2 Розрахуйте** стандартні ентальпію ( $\Delta H_{R,298}^0$ ), ентропію ( $\Delta S_{R,298}^0$ ) та енергію Гіббса ( $\Delta G_{R,298}^0$ ) для реакції  $\text{CH}_{4(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(g)} = \text{CO}_{(g)} + 3\text{H}_{2(g)}$

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

**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  $\Delta H_R^0$  та  $\Delta S_R^0$  не змінюються)

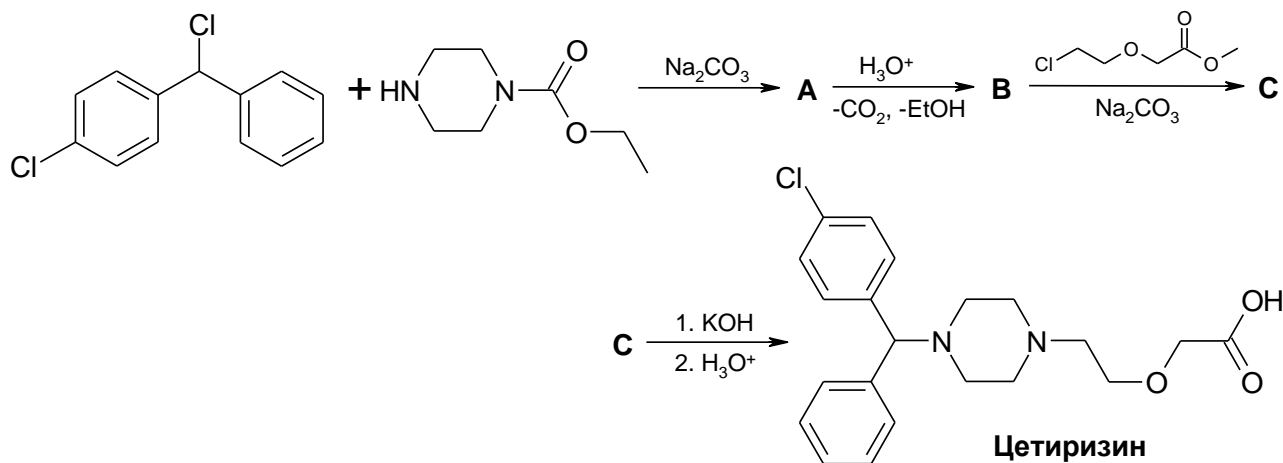
**1.4** Еквімолярну суміш  $\text{CH}_{4(g)}$  та  $\text{H}_2\text{O}_{(g)}$  нагріли до 1000К. **Знайдіть** константу рівноваги для температури 1000К.

**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).

**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.

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

**2.2 Вкажіть** ці реакції.

**2.3 Наведіть** відповідні механізми та поясніть різницю між ними.

**2.4 Обґрунтуйте** свій вибір, виходячи з теоретичних міркувань.

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 дослідження 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 |
|                   |       |       |       |       |       |       |



|  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

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

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

*Автор: Желавський Олексій*

Сполуки **Z<sub>1</sub>**, **Z<sub>2</sub>** та **Z<sub>3</sub>** мають загальну формулу **AB<sub>x</sub>**, є безбарвними газами та сильними окисниками. Вони широко застосовуються в хімічному синтезі. Окрім цього, газ **Z<sub>2</sub>** був кандидатом на роль окиснювача для ракетного палива та хімічної зброї. Відношення молярних мас **Z<sub>2</sub>** та **Z<sub>1</sub>** дорівнює 1.698, а різниця молярних мас **Z<sub>3</sub>** та **Z<sub>1</sub>** 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<sub>1</sub>-Z<sub>3</sub>**.

**3.2** **Зобразіть** структури Льюїса для сполук **Z<sub>1</sub>-Z<sub>3</sub>** та **визначте** гібридизацію центральних атомів.

**3.3** **Визначте** просторову будову **Z<sub>1</sub>-Z<sub>3</sub>**.

Сполуки **Z<sub>1</sub>-Z<sub>3</sub>** бурхливо реагують з водою. При цьому зі сполуки **Z<sub>1</sub>** утворюються **A** (у вигляді простої речовини), кисень та кислота **C**. Зі сполуки **Z<sub>2</sub>** – кисень і суміш кислот **C** та **D**. **A** при реакції з водою **Z<sub>3</sub>** за певних умов утворюються речовини **C** та **E** (що складається з **A**, **B** та 37.02% кисню).

**3.4** **Визначте** сполуки **C**, **D** та **E** та **наведіть** рівняння згаданих реакцій.

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

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

*Автор: Остапчук Євген*

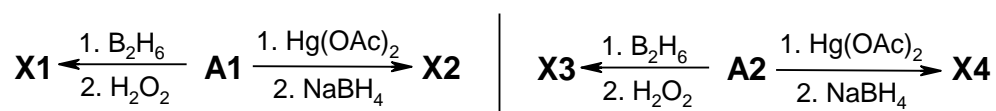
Ізомерія – явище існування хімічних сполук, що мають однаковий якісний та кількісний атомний склад, але відрізняються за будовою та/або просторовим розташуванням атомів, що входять до складу молекули. Як наслідок цього – ізомери речовин з однаковою брутто-формулою можуть мати абсолютно різні властивості. 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<sub>2</sub> та 4,5 г H<sub>2</sub>O.

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.

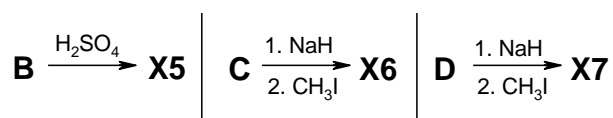
Ізомери **X**, що відносяться до класу **Y**, рухливі рідини, температури кипіння усіх представників якого вищі, ніж у відповідних представників класу **Z**. Їх можна отримати виходячи з ізомерних вуглеводнів **A1** та **A2** за наступними схемами:



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

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

**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.

**5.2 Розрахуйте** концентрацію кислоти в вихідному розчині.

**5.3 Визначіть** молярну масу та **запропонуйте** хімічну формулу кислоти, якщо густина всіх розчинів дорівнює 1 г/см<sup>3</sup>.

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

**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)

**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  $\text{BaO}_2$  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 легкого 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**.

**6.2 Визначіть** сполуки **A–D**.

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

**6.4 Наведіть** рівняння подальших перетворень оксиду **B** для отримання чистого **Y**.

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

## 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  $\text{Ca}^{2+}$  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  $\text{CaCl}_2$ . Концентрація іонів  $\text{Ca}^{2+}$  в розчині після фільтрування осаду  $\text{CaF}_2$  (**Розчин А**) становила  $9,30 \cdot 10^{-4}$  М. Ця величина суттєво перевищувала величину, на яку очікували інженери, виходячи з розрахунку за добутком розчинності  $\text{CaF}_2$  (Для довідки:  $\text{ДР}(\text{CaF}_2) = 3,2 \cdot 10^{-11}$ ).

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

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

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

**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).

**1.5** Запропонуйте, що потрібно змінити інженерам в їх методиці для більш повного очищення розчину від флуоридів? Врахуйте, що на заводі є велика кількість  $\text{CaCl}_2$ , який бажано використовувати.

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

*Автор: Выборний Михайло*

Пентакристалогідрат нітрату **А** (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 **Б** (вважати, що вихід дорівнює 100%). Сполуку **Б** також можливо отримати додаванням карбонату натрію до підкисленого нітратною кислотою розчину **А**. Термічний розклад **Б** призводить до утворення двох бінарних сполук – твердої **В** та газу **Г** (за н.у.) у масовому співвідношенні 10.591:1. При пропусканні хлору крізь суспензію сполуки **В** у 40% водному розчині КОН в осад випадає сполука **Д** (містить 13.18 % калію).

**2.1** Розшифруйте невідомі сполуки **А-Д**.

**2.2 Наведіть** рівняння згаданих реакцій.

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

**2.4 Наведіть** структурну формулу сечовини.

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

**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  $0,151 \text{ В}$ .

**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  $0,1055 \text{ В}$ .

**3.3 Визначте** концентрацію  $\text{Br}^-$  у розчині.

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

**3.5 Запропонуйте** електроди для визначення концентрації іонів  $\text{S}^{2-}$  та  $\text{SO}_4^{2-}$ .

**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 Бергло та Байер, за температурою кипіння. Марковнікову разом з колегами знадобилося 5 років, щоб експериментально довести, що сполуці Бергло/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  $\text{CO}_2$  (н.у.), така ж сама кількість  $\text{CO}_2$  утворюється при згорянні 3,9 г сполуки **X**.

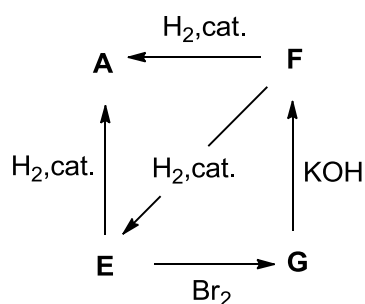
**4.2 Наведіть** будову усіх монобромпохідних сполук **A** та **B**, а також усіх інших циклічних вуглеводнів – ізомерів **A** та **B** (не враховуючи стереоізомерів).

**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.

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.

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

Автор: Волочнюк Дмитро

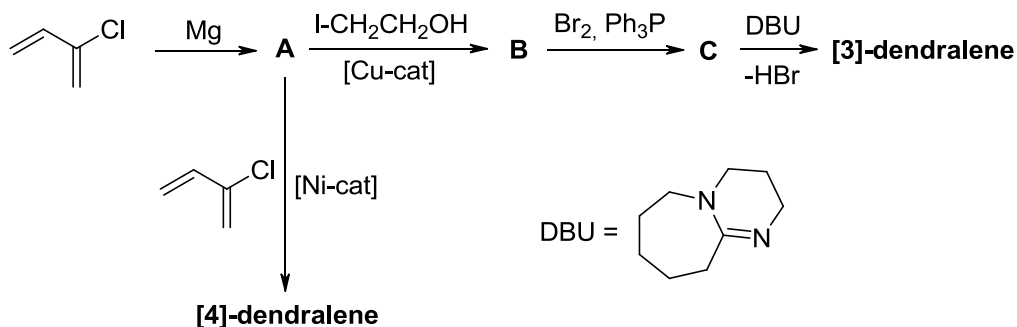
Дендралени – клас ациклічних крос-спряжених вуглеводнів. Найпростішим дендраленом, який називається [2]-дендрален, є 1,3-бутадієн. Структура [5]-дендралену наведено в таблиці.

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

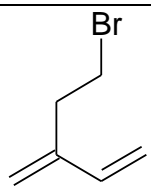
|   |                      |                      |   |
|---|----------------------|----------------------|---|
|  |                      |                      |  |
| <b>[2]-дендрален</b>  | <b>[3]-дендрален</b> | <b>[4]-дендрален</b> | <b>[5]-дендрален</b>  |

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

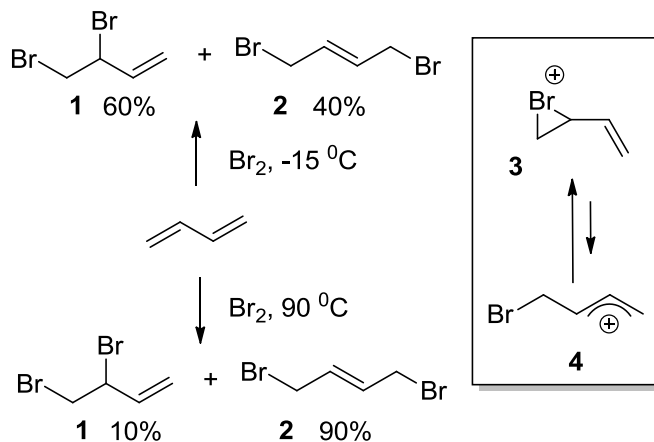
Нижче наведено схему синтезу для [3]-дендралену та [4]-дендралену.



**5.3 Визначіть** структурні формули сполук А-С.

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

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)?

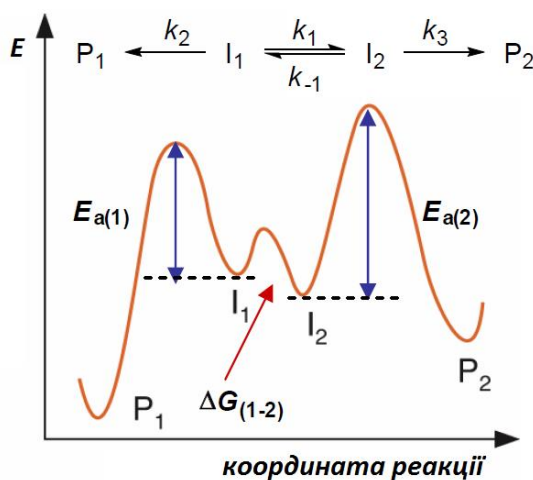
Кінетичний продукт:

- А) 1-
- Б) 2

Для збільшення кількості кінетичного продукту потрібно:

- А) Знизити температуру.
- Б) Проводити реакцію при опроміненні.
- В) 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.

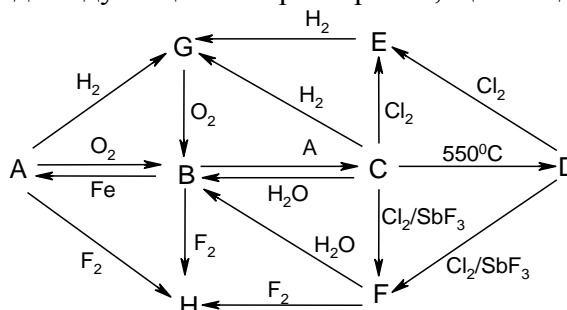


**5.5 Співвіднесіть** продукти (**1,2**) та інтермедіати (**3,4**) на цій діаграмі.

**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, 298К).

**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  $\text{H}_2$ ? **Наведіть** відповідні умови та рівняння.

**6.4** Наведіть структурну формулу сполуки **D**.

**6.5** Як, на вашу думку, буде відбуватись взаємодія **D** з  $\text{H}_2$  та  $\text{H}_2\text{O}$ ? **Наведіть** відповідні рівняння.

## 10 клас (експериментальний тур)

### Задача 1. ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ ОКИСНЕННЯ ЙОДУ ГІДРОГЕН ПЕРОКСИДОМ

*Автор: Редчук Анатолій*

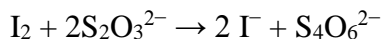
**Обладнання та реактиви.** Калій йодид, розчин 0,05М; гідроген пероксид, розчин 0,025М; натрій тіосульфат, розчин 0,025М; сульфатна кислота, розчин 0,5М; крохмаль, розчин 0,5%; амоній молібдат, насичений розчин; дистильована вода; колби конічні 250мл і 50 мл; піпетка Мора 10 мл; мірний циліндр; мірна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

Реакція окиснення іона  $\Gamma$  гідроген пероксидом у кислому середовищі має перший порядок по  $\text{H}_2\text{O}_2$  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  $\Gamma$ .

#### **Виконання експерименту**

1. Заповніть бюретку 0,025М розчином  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ .
2. У колбу об'ємом 200 – 250 мл налейте 50 мл 0,05М розчину  $\text{KI}$ , 50 мл дистильованої води і 5 мл 0,5М розчину  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .
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  $\text{H}_2\text{O}_2$ .
5. Приготуйте секундомір. Вилийте розчин  $\text{H}_2\text{O}_2$  в колбу з розчином  $\text{KI}$  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. Процедуру 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.



8. Після запису результату п'ятого виміру часу додайте до реакційної суміші 5 крапель розчину амоній молібдату для прискорення реакції окиснення йоду.
9. 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  $t = \infty$ .
10. Знову заповніть бюретку розчином тіосульфату, вимийте посуд і підготуйтеся до повторення досліду.
11. У колбу об'ємом 200 мл налейте 100 мл розчину KI і 5 мл розчину  $H_2SO_4$ .
12. Повторіть пункти 3 – 9, записуючи результати в таблицю 2.

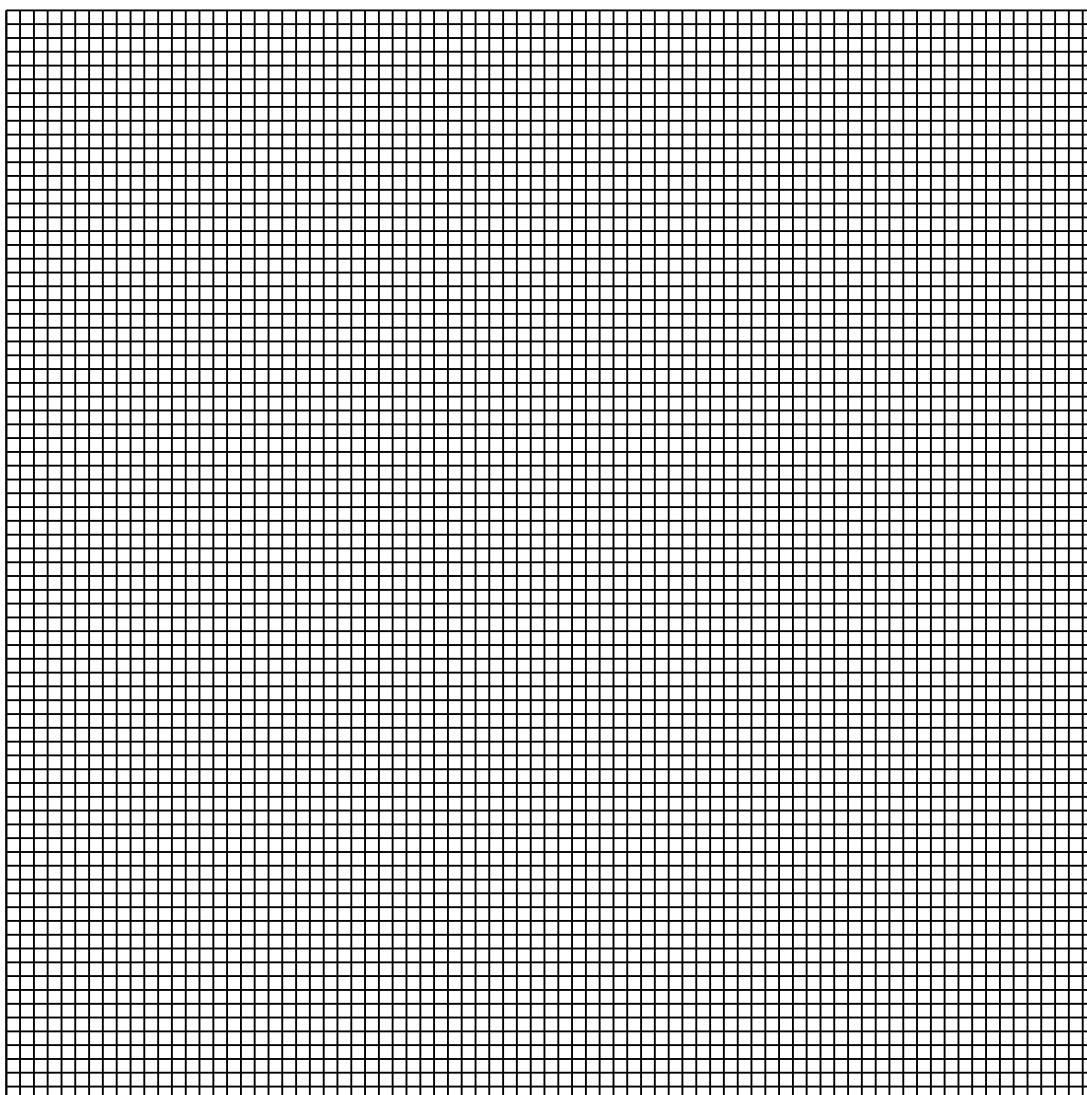
Таблиця 1

|                      |   |   |   |   |   |          |
|----------------------|---|---|---|---|---|----------|
| $t$ (с)              |   |   |   |   |   | $\infty$ |
| $V(Na_2S_2O_3)$ (мл) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |          |
|                      |   |   |   |   |   |          |

Таблиця 2

|                      |   |   |   |   |   |          |
|----------------------|---|---|---|---|---|----------|
| $t$ (с)              |   |   |   |   |   | $\infty$ |
| $V(Na_2S_2O_3)$ (мл) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |          |
|                      |   |   |   |   |   |          |

1. Вважаючи, що реакція йодид-іону з гідроген пероксидом має перший порядок по  $H_2O_2$ , а концентрація  $\Gamma$  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  $I^-$  ( $n$ )**. 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 | <i>Кінетичне рівняння</i> |       |

# 11 клас. 1 тур.

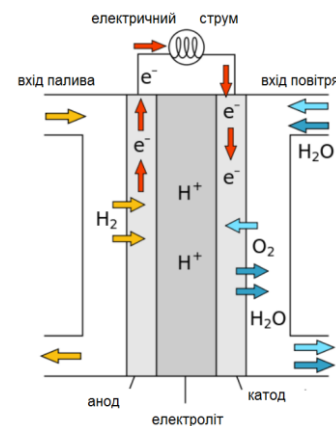
## Задача 1. Паливний елемент

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 <sup>-1</sup>                             | $E_{\text{H-H}}$   | $E_{\text{C-H}}$    | $E_{\text{O-H}}$                  | $E_{\text{C-C}}$                                | $E_{\text{C-O}}$    | $E_{\text{C=O}}$                | $E_{\text{O=O}}$     |                    |
|--|--------------------|---------------------|-----------------------------------|---|---------------------|---------------------------------|----------------------|--------------------|
|  | 436                | 412                 | 463                               | 346   | 358                 | 799                             | 497                  |                    |
| Речовина   | H <sub>2</sub> (г) | CH <sub>4</sub> (г) | CH <sub>3</sub> OH <sub>(р)</sub> | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH <sub>(р)</sub> | CO <sub>2</sub> (г) | H <sub>2</sub> O <sub>(р)</sub> | H <sub>2</sub> O (г) | O <sub>2</sub> (г) |
| $S_{298}^{\circ}$ , Дж·К <sup>-1</sup> ·моль <sup>-1</sup>                   | 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 <sup>-1</sup> |                    |                     | 38,7                              | 42,6  |                     | 44,0                            |                      |                    |

Як відомо, цю енергію можна використати у двигуні внутрішнього згорання, 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 протінообмінну 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**  $\Delta G_{373}^{\circ}$ , 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.

1.3 **Розрахуйте** ідеальну термодинамічну ефективність  $\eta$  (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.

В таблиці наведено густини перелічених видів палива в рідкому стані.

| Паливо                     | H <sub>2</sub> , зріджений | CH <sub>4</sub> , зріджений | CH <sub>3</sub> OH | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH |
|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------|----------------------------------|
| $\rho$ , г·л <sup>-1</sup> | 70                         | 400                         | 792                | 789                              |

**1.4 Оцініть** об'ємний запас енергії  $E_{\varphi}$  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).

**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.

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 ZrO<sub>2</sub> 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.

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

## 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 (ТГ<sub>1</sub>, ТГ<sub>2</sub>, ТГ<sub>3</sub>). В першому досліді після повного гідролізу зразку в розчині виявили три різні жирні кислоти (R<sub>1</sub>COOH, R<sub>2</sub>COOH та R<sub>3</sub>COOH) 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 хіральных центрів.

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 досліди. 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 <sub>2</sub> ), мл |
| R <sub>1</sub> COOH | 0,132      | 4,64           | 0,112      | 0,00                        |
| R <sub>2</sub> COOH | 0,148      | 5,24           | 0,118      | 5,97                        |
| R <sub>3</sub> COOH | 0,121      | 3,97           | 0,125      | 23,46                       |

## 2.2 Знайдіть та наведіть брутто-формули кислот.

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

## 2.3 Визначте брутто формули ТГ<sub>1</sub>-ТГ<sub>3</sub>.

2.4 Зобразіть структурні формули ТГ<sub>1</sub>-ТГ<sub>3</sub>, якщо відомо що молекули зазначених жирів є оптично активними, ТГ<sub>1</sub>-ТГ<sub>3</sub> містять три різні жирні кислоти при вторинному атомі карбону гліцеролу та:

а. ТГ<sub>1</sub> після окиснювального озонолізу та подальшого лужного гідролізу дає суміш гліцеролу, R<sub>1</sub>COOH, нонанової кислоти та нонандіової кислоти;

б. ТГ<sub>2</sub> після окиснювального озонолізу та подальшого лужного гідролізу дає суміш гліцеролу, R<sub>1</sub>COOH, гексанової кислоти, пентандіової кислоти та маленової (пропандіової) кислоти;

с. ТГ<sub>3</sub> після окиснювального озонолізу та подальшого лужного гідролізу дає суміш гліцеролу, R<sub>1</sub>COOH, 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 -CH<sub>2</sub>-.

## Задача 3. Кількісний аналіз

*Автор: Алексєєв Сергій*

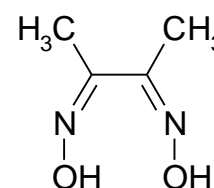
Деякий сплав складається з алюмінію, нікелю, міді, цинку та свинцю. Наважку цього сплаву масою 0,2156 г повністю розчинили у 15% нітратній кислоті при нагріванні. До одержаного розчину додали незначну кількість сечовини, та провели електроліз (напруга 2,5



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  $\text{CH}_3\text{COONa}$  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  $\text{KBr}$  та 20 мл 0,05 моль/л розчину  $\text{KBrO}_3$ , після чого залишили на *2 години у герметично закритій колбі*. Після цього додали надлишок  $\text{KI}$  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 диметилгліоксиму: 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.

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

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

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

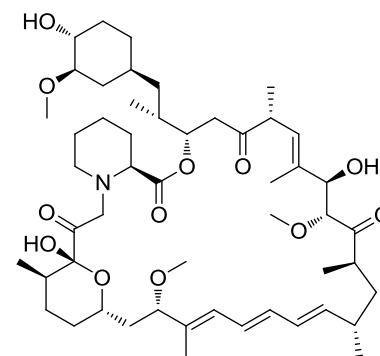
**3.5 Яким чином можна визначити**, коли саме потрібно закінчувати електроліз?

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

#### 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 hygrosopicus* 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.



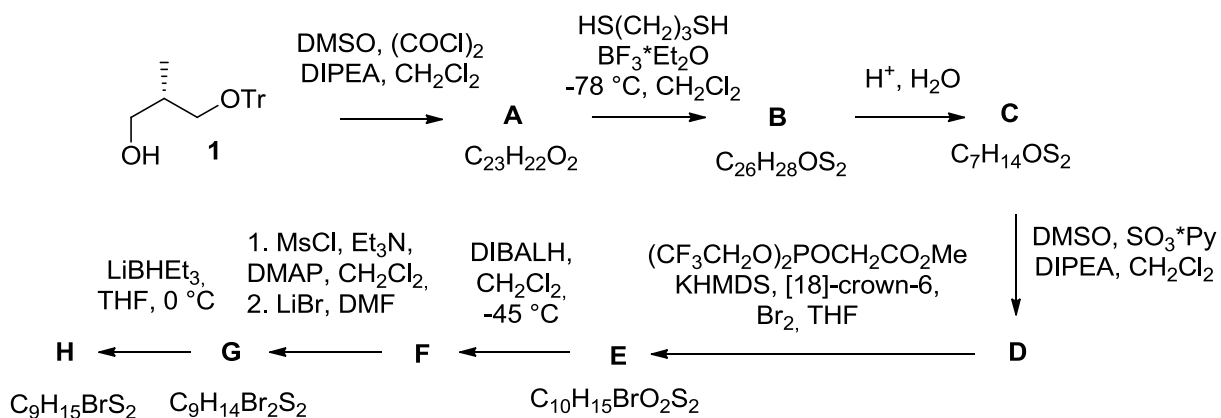
**Рапаміцин**

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

- Без врахування ізомерії подвійних зв'язків а) № центрів \_\_\_ б) № ізомерів \_\_\_\_\_

- З врахуванням ізомерії подвійних зв'язків а) № центрів \_\_\_ б) № ізомерів \_\_\_\_\_

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



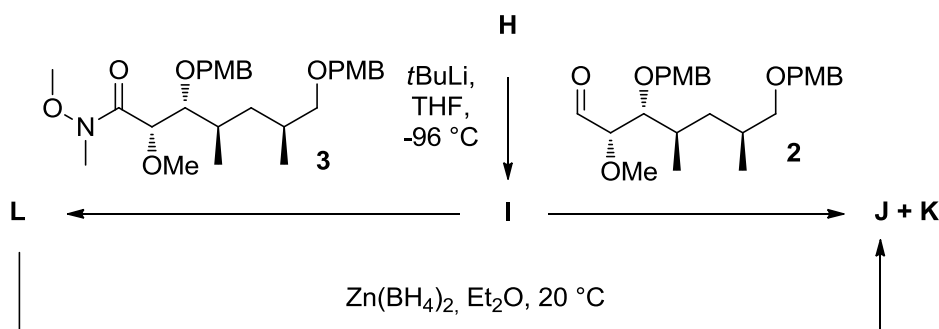
**DMSO** – диметилсульфоксид; **DIPEA** – диізопропілетиламін; **KHMDS** – біс(триметилсиліл)амід; **THF** – тетрагідрофуран; **DMF** – N,N-диметилформамід; **MsCl** – метансульфохлорид; **DMAP** – 4-диметиламіно піридин. **Tr** – трифенілметил; **DIBAL-H** – диізобутилалюміній гідрид; **[18]-crown-6** C<sub>12</sub>H<sub>24</sub>O<sub>6</sub>, 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**.

|           |                                     |       |           |                       |       |
|-----------|-------------------------------------|-------|-----------|-----------------------|-------|
| <b>A:</b> | <b>DMSO</b>                         | _____ | <b>E:</b> | <b>KHMDS</b>          | _____ |
|           | <b>(COCl)<sub>2</sub></b>           | _____ |           | <b>[18]-crown-6</b>   | _____ |
|           | <b>DIPEA</b>                        | _____ |           | <b>Br<sub>2</sub></b> | _____ |
|           | <b>CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub></b> | _____ |           | <b>THF</b>            | _____ |

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-C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>-CH<sub>2</sub>; 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 ( $M(B) > M(A)$ );
- формульні одиниці оксидів A і B містять однакову кількість атомів;
- формульна одиниця оксиду C містить 74 протона, причому  $M(C) < 170$  г/моль.

**5.2 Напишіть** рівняння реакцій, які відбуваються при спіканні еквімолярних сумішей:

1) А і В; 2) А і С.

**5.3** Що називають твердим розчином? Чи може бути X твердим розчином? Відповідь обґрунтуйте.

Від співвідношення невідомих елементів оксидів А і С 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).

## 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/см<sup>3</sup>). Перебіг реакції контролювали за допомогою ЯМР – вимірювали інтенсивності сигналів І (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 (зміною об'ємів розчинів при змішуванні знехтуйте). Зобразіть структури А та Б (Б – без урахування стереохімії)

**6.2 Розрахуйте** порядок та константу реакції (вказіть розмірність).

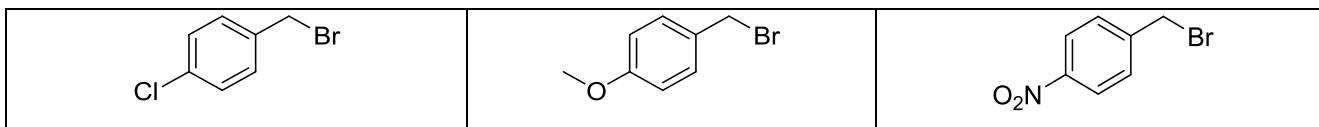
**6.3.** На основі відповіді на попередній пункт, вказіть назву та напишіть механізм реакції, вказавши стереохімію продукту Б (продукт може бути сумішшю стереоізомерів).

В іншому експерименті метанол виступав і реагентом, і розчинником. До тієї самої кількості А 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 рівномірним.

**6.4 Розрахуйте** константи швидкості реакцій за обома механізмами.

**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.

**6.6 Розташуйте** наведені нижче сполуки за збільшенням їх реакційної здатності в  $S_N1$ -реакціях (1 – найменша, 3 – найбільша):



## Задача 7. Аргентометрія

*Автор: Дубенська Лілія та Дубенський Віталій*

Для визначення розчинених у воді хлоридів у межах концентрацій між 5 і 150 мг/дм<sup>3</sup> 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  $AgNO_3$ , утворюючи цеглисто-червоний осад аргентум хромату. Якщо титрують  $Cl^-$  за наявності  $K_2CrO_4$ , 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  $AgNO_3$  з  $C_E=0,02508$  моль/л.

**7.1 Обчисліть** вміст хлориду у воді у мг/дм<sup>3</sup>.

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?  $K_{S, AgCl} = 1,8 \cdot 10^{-10}$ ,  $K_{S, Ag_2CrO_4} = 1,1 \cdot 10^{-12}$ .

**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?

**7.4 В якій послідовності** будуть утворюватися осаді 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?

$$K_{S, AgBr} = 5,2 \cdot 10^{-13}, K_{S, Ag_3PO_4} = 1,3 \cdot 10^{-20}, K_{S, Ag_2CO_3} = 8,1 \cdot 10^{-12}$$

**7.5 Чи можливе фракційне осадження**  $PO_4^{3-}$  і  $CrO_4^{2-}$ , а отже, титрування  $PO_4^{3-}$  методом Мора? Відповідь **обґрунтуйте** обчисленням.



У ДСТУ зазначено, що звичайні іони, які наявні у природних водах, не заважають визначенню  $\text{Cl}^-$  методом Мора, у тому числі й  $\text{CO}_3^{2-}$ .

**7.6 Розрахуйте** максимально допустиму концентрацію  $\text{CO}_3^{2-}$ , яка не заважає визначенню  $\text{Cl}^-$ .

**7.7 Запропонуйте** інші способи фіксування точки еквівалентності в методі аргентометричного титрування?

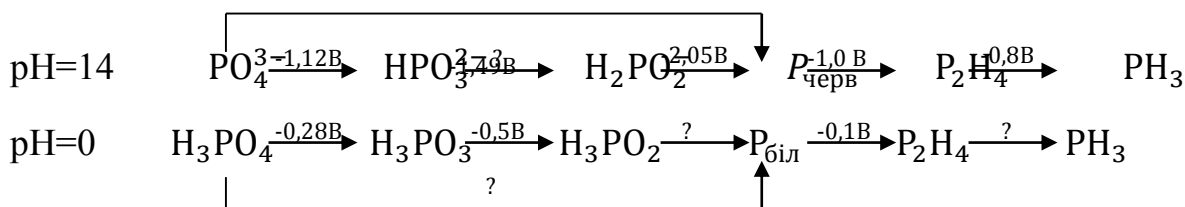
**7.8 Який об'єм** водного розчину амоніаку з концентрацією 0,32 моль/л треба витратити, щоб повністю розчинити 0,5 г  $\text{AgCl}$ .  $\beta_{\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+} = 1,7 \cdot 10^7$

## 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 випишуються 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  $\text{CrO}_4^{2-}$  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  $E_{\text{P}_2\text{H}_4/\text{PH}_3}$  ( $\text{pH}=0$ ).

**1.2 Розрахуйте** енергію Гіббса фазового переходу  $\text{P}_{\text{черв}} \rightarrow \text{P}_{\text{біл}}$ .

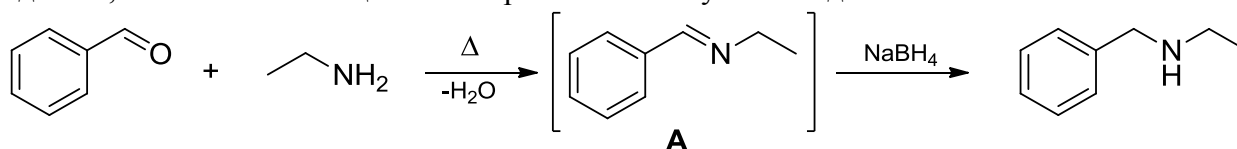
**1.3 Розрахуйте**  $E_{\text{H}_3\text{PO}_4/\text{P}_{\text{біл}}}$  ( $\text{pH}=0$ ), якщо  $K_a(\text{H}_3\text{PO}_2) = 7.9 \cdot 10^{-2}$ .

**1.4 Розрахуйте** загальну константу дисоціації ортофосфорної кислоти (**K**) ( $\text{H}_3\text{PO}_4 = 3\text{H}^+ + \text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{K} = K_{a1} \cdot K_{a2} \cdot K_{a3}$ ).

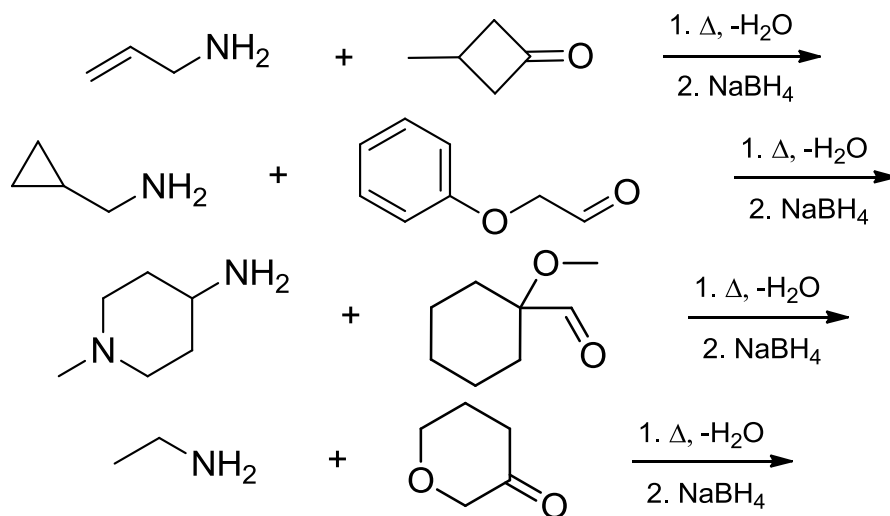
### Задача 2. Реакції. Відновлювальне амінування

Автор: Радченко Дмитро

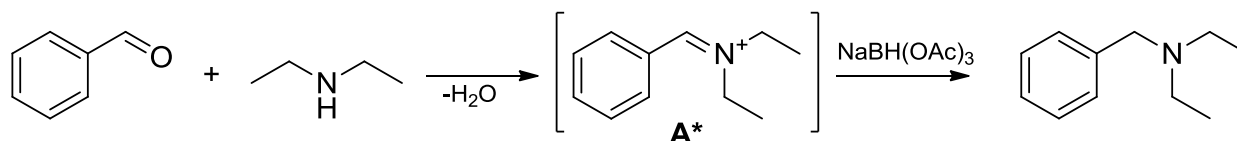
В загальному випадку відновлювальне амінування – це реакція, що включає в себе введення аміногрупи до складу органічної сполуки за рахунок реакції відновлення. Нижче зображена схема цієї реакції на прикладі бензальдегіду та етиламіну. Інтермедіат **A** можна виділити, а можна без очищення використати 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\***.

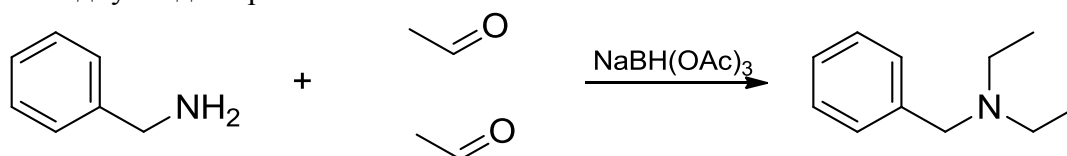


**2.2 Наведіть** структурні формули **вторинних** амінів, які були використані для отримання наступних продуктів відновлювального амінування з використанням  $\text{NaBH}(\text{OAc})_3$ . У випадку, де зображений продукт можливо отримати з декількох різних **вторинних** амінів, **наведіть** всі можливі структурні формули останніх. Знехтуйте можливість внутрішньомолекулярної реакції відновлювального амінування.

| Продукт | Амін(-и) |
|---------|----------|
|         |          |

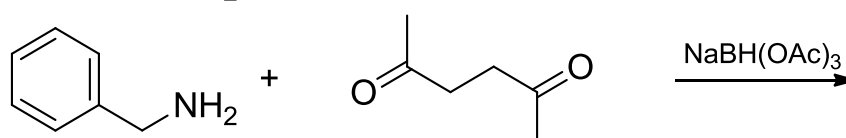
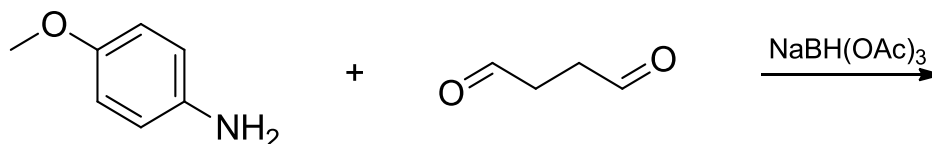
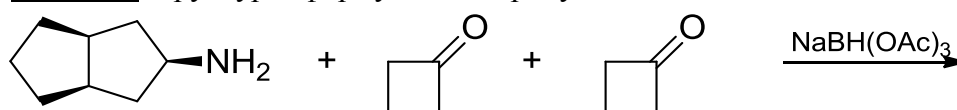
|  |  |
|--|--|
|  |  |
|  |  |

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.

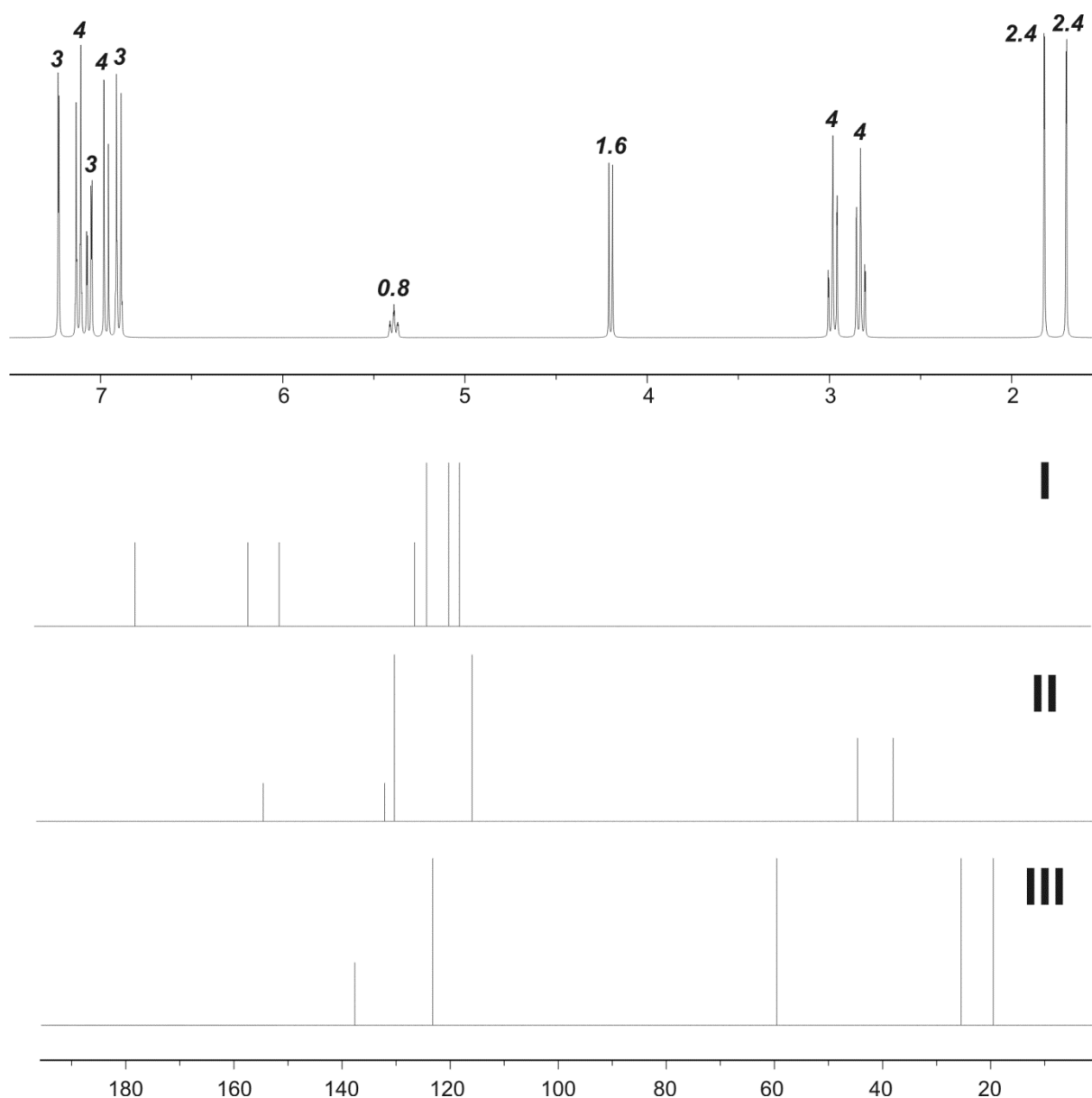
**Зобразіть кінцевий** продукт реакції. У випадку, де можливо утворення декількох ізомерних продуктів – **наведіть** структурні формули всіх продуктів.



### Задача 3. $^1\text{H}$ ЯМР спектроскопія

Автор: Григоренко Олександр

Нижче наведено  $^1\text{H}$  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  $\text{CD}_3\text{OD}$  (числа над сигналами позначають їх відносну інтегральну інтенсивність), а також  $^{13}\text{C}$  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  $^{13}\text{C}$  ЯМР спектрам.

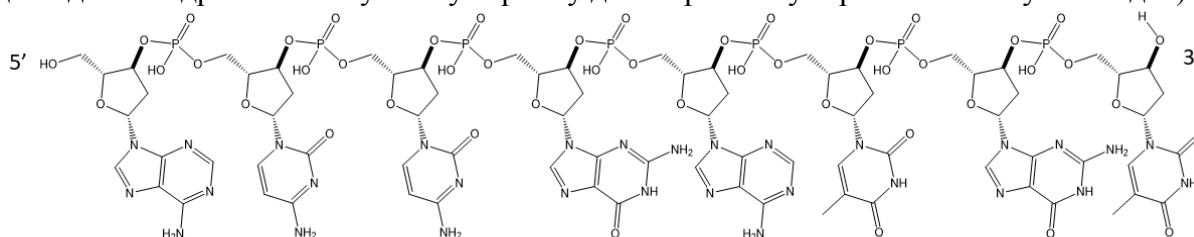
3.2 **Встановіть** кількісний склад суміші у мольних відсотках.

3.3 **Запропонуйте** найбільш ефективний, на вашу думку, спосіб розділення вихідної суміші.

#### 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

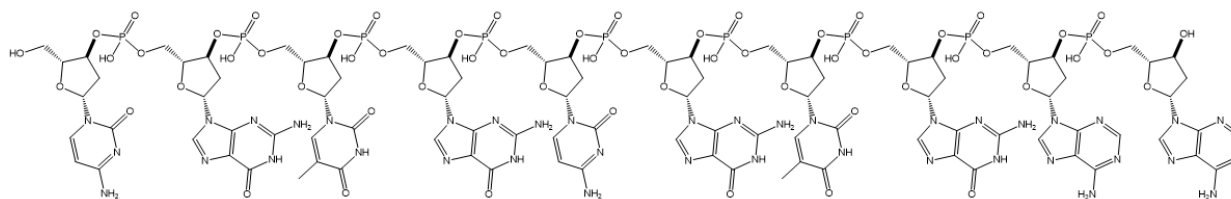
4.1 **Скільки** фосфодіестерних зв'язків міститься в **ДНК-1**?

4.2 **Скільки** нуклеозидів входить до складу **ДНК-1**?

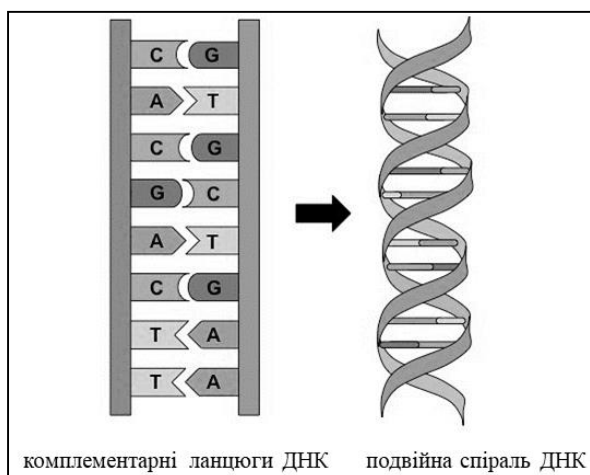
4.3 **Наведіть** структури нуклеозидів dA, dG, dC, dT.

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



комплементарним до ДНК-2, їх взаємодія (гібридизація) призводить до утворення подвійної спіралі ДНК-2·ДНК-3.

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'-TTCACGCACG-3' (ДНК-3) є

**4.5 Зобразіть** комплекси dA·dT та dG·dC.

**4.6 Скільки** водневих зв'язків містить подвійна спіраль ДНК-2·ДНК-3.

**4.7 Запишіть** комплементарний ланцюг для 5'-TTCAGGCTTAC-3'.

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,<br>$л \cdot моль^{-1} \cdot см^{-1}$ | Основа        | Коефіцієнт поглинання,<br>$л \cdot моль^{-1} \cdot см^{-1}$ |
|----------------|---|---------------|---|
| <b>Аденін</b>  | 15400   | <b>Тимін</b>  | 8700  |
| <b>Цитозин</b> | 7400  | <b>Гуанін</b> | 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.

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  $C_{tot}(ДНК-2) = C_{tot}(ДНК-3)$ .

| Загальна концентрація ланцюгів ДНК, $моль \cdot л^{-1}$ | Рівноважна концентрація подвійної спіралі при $T_m$ , $моль \cdot л^{-1}$ | $T_m$ , °C |
|---|---|------------|
| $10^{-6}$   |   | 45,1       |
| $10^{-5}$   |   | 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.

**4.10 Розрахуйте** значення  $K_c$  при  $T_m$  для зазначених загальних концентрацій ДНК.

**4.11 Заповніть** таблицю, вказавши рівноважну концентрацію подвійної спіралі у розчині при  $T_m$ .

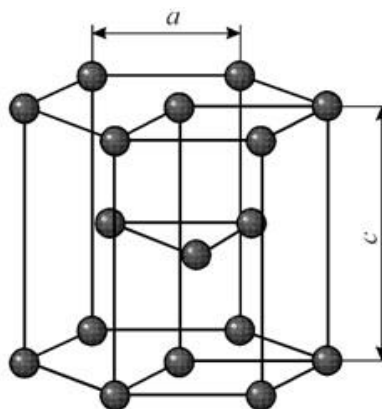
**4.12 Розрахуйте** значення  $\Delta H^\circ$  та  $\Delta S^\circ$  утворення ДНК-2-ДНК-3.

## 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**.

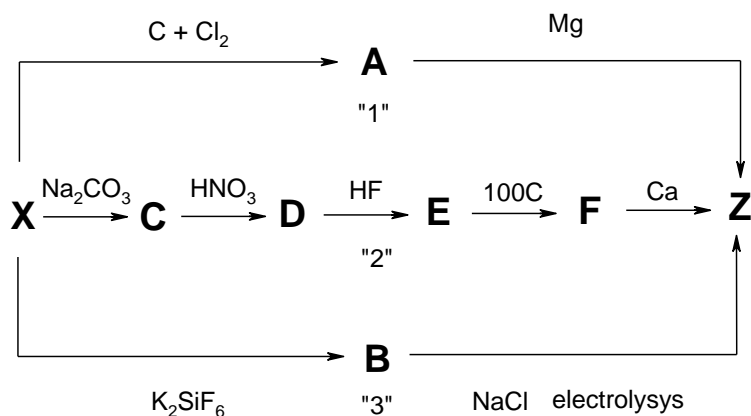
Отримання металу **Z** «реакторної чистоти» складається з декількох етапів:

- 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.

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**:



|                 | <b>A</b>                                 | <b>B</b>   | <b>C</b> | <b>D</b>      | <b>E</b> | <b>F</b> |
|-----------------|--|--|----------|---------------|----------|----------|
| $\omega\%(Z)$   | 39,14%                                   | 32,88%   | 49,26%   | 39,45%        | 49,24%   | 54,55%   |
| Форма отримання | Кристали з температурою сублимації 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.

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?

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?

## 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?

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 **B** в **C** відбувається в три стадії. Продуктом кожної стадії є катіонні частинки (**C1**, **C2** та **C3**), 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 **C1**, **C2**, **C3** та сполуки **C**

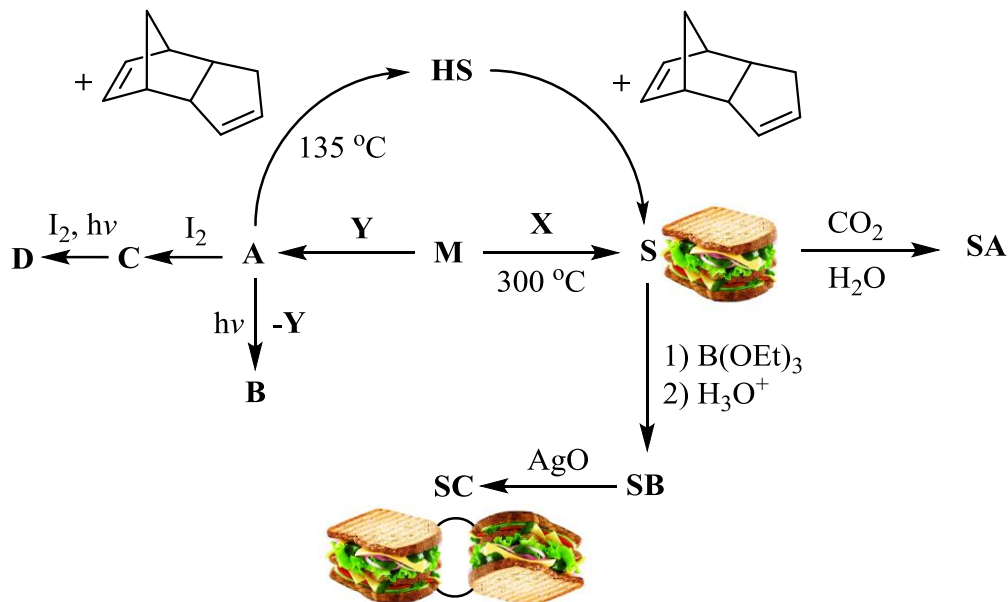
**6.3** Зобразіть будову катіону у сполуках **A**, **B** та **C**:

Сполука **C** реагує з сіллю **W** ( $\omega(\text{N}) = 20,29\%$ ), 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.

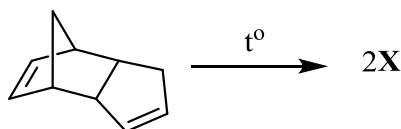
**6.4** Знайдіть сполуки **W** та **D1**, **D2** (Аніон у складі **D1** та **D2** такий самий, як і у сполуці **C**). Зобразіть будову комплексних частинок у складі сполук **D1** та **D2**. Відповідь підтвердити розрахунками.

## Задача 7. «Сендвіч» хімія

Автор: Оніжук Микита



Метал **M**, який є головним компонентом ядра Землі, вступає в низку цікавих реакцій з безбарвною рідиною **X** та бінарним безбарвним газом **Y**, який є легшим за повітря. **X** в промисловості отримують за реакцією:



Масова частка одного з елементів в **Y** складає  $\omega = 42,88\%$ .

**7.1** Визначте **M**, **X** та **Y**. Як називається реакція, за якою отримують **X**?

При реакції **M** із газом **Y** за підвищеної температури та тиску утворюється рідина **A** жовтого кольору (сумарна кількість усіх атомів в молекулі дорівнює 11). Під дією УФ-випромінювання в органічному розчиннику, **A** димеризується в **B**, виділяючи 1 молекулу **Y** на 1 молекулу **B**. У симетричному димері є зв'язок **M–M** та три місткові групи. Також із **A** можна отримати нестабільний йодид металу **M**, який неможливо отримати прямою реакцією метал – галоген. Реакція проходить через отримання сполуки **C** (містить декілька **Y**,  $\omega(\text{I}) = 60,186\%$ ), 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.

**M** з парами **X** утворює помаранчеві кристали речовини **S** ( $\omega(\text{M}) = 30,022\%$ ), 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**  $\rightarrow$  **S**.



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  $\omega(C) = 47,508\%$ , водню –  $\omega(H) = 2,848\%$ . При надлишку реагенту сполука **HS** переходить в **S**.

**7.4** Визначте речовину **HS**. Наведіть її структурну формулу.

## 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 <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> (г/л) |  |
| 3 | На першому етапі титрується (відмітьте хрестиком) | <input type="checkbox"/> HCl <input type="checkbox"/> H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> |



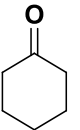
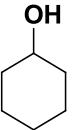
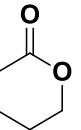



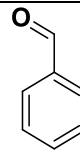
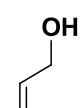
|                              |   |  |
|------------------------------|---|--|
| 4                            | Чому на другому етапі титрування до розчину додають гліцерол? |  |
| <i>Місце для розрахунків</i> |   |  |

## 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 <sub>4</sub> | CAN/<br>HNO <sub>3</sub> | FeCl <sub>3</sub> | DNPH/<br>H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | GrO <sub>3</sub> /<br>H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | ZnCl <sub>2</sub> /<br>HCl | Ag <sub>2</sub> O/<br>NH <sub>3</sub> ·H <sub>2</sub> O | H <sub>2</sub> O |
|----|-------------------|--------------------------|-------------------|---|--|----------------------------|---|------------------|
| №1 |                   |                          |                   |   |  |                            |   |                  |
| №2 |                   |                          |                   |   |  |                            |   |                  |
| №3 |                   |                          |                   |   |  |                            |   |                  |
| №4 |                   |                          |                   |   |  |                            |   |                  |
| №5 |                   |                          |                   |   |  |                            |   |                  |
| №6 |                   |                          |                   |   |  |                            |   |                  |
| №7 |                   |                          |                   |   |  |                            |   |                  |
| №8 |                   |                          |                   |   |  |                            |   |                  |

|            |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| <b>№9</b>  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>№10</b> |  |  |  |  |  |  |  |  |

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.

| <b>Реагенти</b>   | <b>Схеми реакцій</b> |
|---|----------------------|
| <b>KMnO<sub>4</sub></b>                                 |                      |
| <b>CAN</b>  |                      |
| <b>FeCl<sub>3</sub></b>                                 |                      |
| <b>DNPH</b>   |                      |
| <b>CrO<sub>3</sub>/<br/>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b> |                      |

|   |  |
|---|--|
| <b>ZnCl<sub>2</sub>/<br/>HCl</b>                          |  |
| <b>Ag<sub>2</sub>O/<br/>NH<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O</b> |  |

## Додаток 1

### Методики проведення тестів.

#### 1. Тест з $\text{KMnO}_4$ (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  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). 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 $\text{FeCl}_3$ (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  $\text{HCl}$ . 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  $\text{CrO}_3$  в  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 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 карбокатиону. Реакція протікає тим швидше, чим карбокатион 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.