

„Культура, здоров'я й міць нації залежать перш за все від її творчих фундаментальних дослідників, від яйцеголових. Але важливо рано розпізнати перспективного фундаментального дослідника тоді, коли він потребує підтримки для розвитку своїх особливих дарувань”.

Ганс Сельє, лауреат Нобелівської премії

Ю.В. Холін, Г.І. Мальченко

Міжнародні хімічні олімпіади та участь у них команд України

Організація і проведення олімпіад

Починаючи з 1968 року, в липні відбуваються Міжнародні хімічні олімпіади (МХО) – всесвітні інтелектуальні змагання молоді віком до 20 років. З 1994 року окремою командою на цих олімпіадах представлена Україна. Мета олімпіад, сформульована в § 1 Правил Міжнародних хімічних олімпіад, – стимулювати інтерес молоді до хімії, укріпляти дружбу молодих людей із різних країн, сприяти міжнародній співпраці та взаєморозумінню.

На першій олімпіаді змагалися команди лише трьох країн, а в 2011 році кількість команд-учасниць досягла 70, науковими спостерігачами були представлені ще три країни (рис. 1, 2).

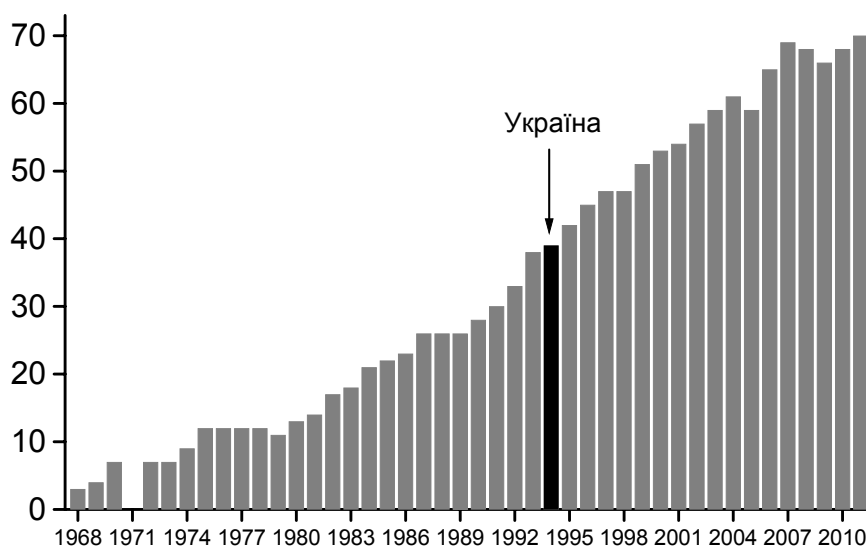


Рис. 1. Кількість країн-учасниць МХО.

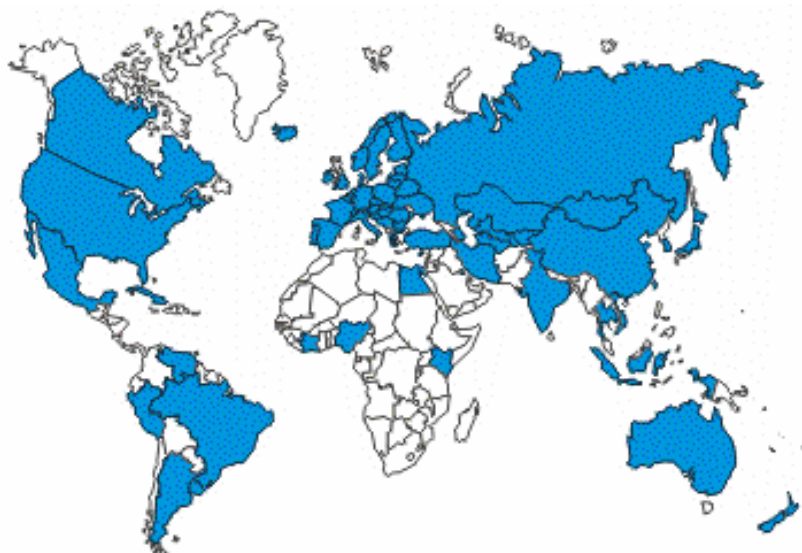


Рис. 2. Країни-учасниці МХО.

Очікується, що в 2012 році на олімпіаді будуть присутні делегації 74 країн.

До кожної делегації входять 4 учасники, два ментори і, можливо, 1-2 наукових спостерігача.

Організаторами олімпіади, як правило, виступають уряди країн-господарів або такі потужні організатори, як Американське хімічне товариство. Суттєву допомогу в проведенні змагань надають великі міжнародні та національні корпорації (Merck, Dow Chemical, Hitachi, Microsoft, BASF, Samsung, Du Pont та багато інших). Надає підтримку, в тому числі і фінансову, Міжнародний союз чистої та прикладної хімії – головне фахове об'єднання хіміків світу. Відповідальність за наукову складову олімпіад покладається на провідні університети країн-господарів (табл. 1). Патронами олімпіад часто виступають лауреати Нобелівських премій.

Таблиця 1.

Країни-організатори МХО та відповідальні університети (2002-2013 роки)

Рік	Країна-господар	Університет-організатор
2002	Нідерланди	Університет Гронінгену
2003	Греція	Університет Афін
2004	Німеччина	Університет Кіля
2005	Тайвань	Педагогічний університет Тайваню (м. Тайбей)
2006	Корея	Йєнганський університет (м. Г'йонгсан)
2007	Росія	Московський державний університет ім. М.В. Ломоносова
2008	Угорщина	Університет Етваша Ларанда в Будапешті
2009	Великобританія	Університет Кембриджу, університет Оксфорду
2010	Японія	Університет Васеда, університет Токіо
2011	Туреччина	Технічний університет Середнього Сходу (м.

		Анкара)
2012	США	Університет Меріленду
2013	Росія	Московський державний університет ім. М.В. Ломоносова

Типовий бюджет міжнародних олімпіад становить 3-5 млн. доларів, причому держава вносить 70-80% коштів, а решту становлять спонсорські кошти та організаційні внески команд-учасниць.

Головним керівним органом олімпіади є Міжнародне журі. Теперішня структура та повноваження журі були визначені в Правилах олімпіади в 1993 році. До Міжнародного журі входять голова та члени. Голова журі призначається організаторами олімпіади. Членами журі є ментори всіх команд-учасниць змагань і голова Наглядового комітету олімпіади.

Міжнародне журі напередодні турів обговорює запропоновані організаторами задачі, їхні розв'язки та правила оцінювання робіт учасників, вносить необхідні зміни та затверджує остаточні умови завдань і схеми оцінювання розв'язків. За підсумками перевірки робіт та арбітражу журі приймає рішення про розподіл медалей. Воно також затверджує зміни до правил проведення олімпіади і майбутніх організаторів МХО.

Журі має повноваження (й іноді ним користується) дискваліфікувати окремих учасників чи всю команду, що порушили правила, в першу чергу, за порушення принципів академічної чесності.

Ментори перекладають офіційні англійські версії завдань та аркушів відповідей на національні мови та після проведення турів перевіряють роботи членів своєї команди.

Одночасно роботи також перевіряють організатори олімпіади. Ментори кожної команди й організатори МХО, які здійснювали перевірку робіт, на процедурі арбітражу обговорюють розбіжності в оцінці робіт і намагаються дійти до узгоджених оцінок. Якщо згоди досягти не вдається, остаточне рішення про оцінку приймається на засіданні Міжнародного журі (в історії МХО не зафіксовано випадків, коли б засідання журі змінило оцінку, виставлену організаторами).

На останньому засіданні члени журі затверджують пропозиції організаторів щодо розподілу медалей. За Правилами, кількість золотих медалістів становить від 8 до 12% від загальної кількості учасників, срібних – від 18 до 22% і бронзових – від 28 до 32%. Цікаво, що члени журі (ментори) знають лише бали, набрані членами їхньої команди, але не мають інформації ані щодо оцінок інших учасників, ані щодо максимально набраних балів і приймають рішення щодо визначення медалістів, фактично, всліпу. Інтрига стосовно того, хто з учасників стане медалістом і яку медаль одержить, залишається до закінчення церемонії нагородження.

До повноважень Міжнародного журі входить і обрання членів Наглядового комітету МХО. Вперше Наглядовий комітет був створений у 1992 році, коли після утворення нових незалежних держав різко збільшилася

кількість країн-учасниць МХО і, як результат, зросла складність організації та проведення олімпіад. Наглядний комітет є постійно діючим консультативним органом. Члени Наглядового комітету обираються журі таємним голосуванням на два роки не більше ніж на два терміни поспіль. Від Америки, Азії та Європи обираються по одному представнику, ще три члена комітету можуть представляти будь-який регіон. В якості консультантів без права вирішального голосу до роботи Наглядового комітету залучаються голови оргкомітетів попередньої та двох наступних олімпіад, попередній голова комітету та експерти, які мають великий досвід проведення МХО. Наглядний комітет готує для Міжнародного журі пропозиції щодо змін у правилах проведення олімпіад, допомагає організації наступних олімпіад, обговорює рівень складності та зміст завдань, що можуть пропонуватися учасникам олімпіади. Протоколи засідань комітету розсилаються членам Міжнародного журі та оприлюднюються на веб-сайтах олімпіад.

Ще одним важливим органом МХО є Міжнародний інформаційний центр, що знаходиться в Братиславі. Очолює центр д-р Антон Сирота, який брав участь у проведенні ще 1-ї Міжнародної олімпіади. Центр збирає і зберігає документацію олімпіад, підтримує веб-сайт, що містить інформацію про історію та правила МХО, протоколи засідань Міжнародного журі та Наглядового комітету. Важливим результатом діяльності роботи центру стала публікація в 2009 році англійською мовою умов та розв'язків теоретичних і практичних завдань перших 40 міжнародних олімпіад.

Підготовка олімпіади – процес тривалий. За декілька років до запланованої олімпіади майбутні організатори (міністерство освіти або інший орган, що надаватиме основну частку коштів на проведення олімпіади) направляє листа Міжнародному журі. Вказується, яка організація виступатиме головним організатором, які університети відповідатимуть за наукову складову змагань, та сповіщається про готовність країни-організатора додержуватися визначених правилами науково-методичних засад проведення МХО та забезпечити належне проведення олімпіади. Зокрема, організатор зобов'язується забезпечити зустріч і всі перевезення членів делегацій під час олімпіади, розмістити менторів і наукових спостерігачів в готелі рівня не менше трьох зірок, а учасників – у студентському хостелі в кімнатах на одну чи дві особи, забезпечити рівні умови виконання завдань для всіх учасників та безпечні умови під час олімпіади. Слід зауважити, що за умов, коли у змаганнях беруть участь понад 270 юних хіміків, забезпечення рівних умов виконання експериментальних завдань становить для організаторів особливо серйозну проблему. Адже доводиться закупати комплекти коштовного хімічного обладнання та матеріалів і, що ще складніше, знаходити чи обладнувати майже 300 ідентичних місць у хімічних лабораторіях. Розв'язати таке завдання під силу лише великим і потужним університетам.

Якщо пропозиція країни щодо проведення олімпіади приймається, організатори збирають кошти, готують місця проживання учасників і менторів та проведення турів, культурно-екскурсійні заходи. Організатори

також розробляють проекти завдань експериментального і теоретичного турів. Не пізніше, ніж за 6 місяців до проведення олімпіади організатори оприлюднюють англійською мовою підготовчі задачі до наступної олімпіади. Кількість цих задач повинна бути не менше 30. Вони мають натякнути майбутнім учасникам на тематичні напрями олімпіади, що виходять за межі програм з хімії загальноосвітніх шкіл, та на рівень складності олімпіадних задач. Варто зауважити, що при підготовці підготовчих та олімпіадних завдань організатори у складності та тематичному різноманітті задач себе, за звичай, не обмежують.

Олімпіада, згідно з правилами, триває 10 днів. Змагання олімпіади складаються з експериментального та теоретичного турів, кожен з яких триває 5 годин. Максимальна оцінка за виконання завдань експериментального туру складає 40 балів, теоретичного – 60.

Типовим прикладом програми олімпіад може слугувати програма 39 МХО (Москва, 2007 рік, (табл. 2, 3). Програми для учасників олімпіади і менторів суттєво різняться, адже більшу частину часу вони ізольовані одні від одних. Учасників і менторів розділяють для того, щоб запобігти поширенню інформації про зміст завдань і розв'язків. Учасники олімпіади до завершення змагань позбавлені можливості користуватися Інтернет та комунікативними пристроями.

Кожну команду під час олімпіади постійно супроводжує гід, як правило, з числа студентів та аспірантів, які вільно володіють англійською мовою.

Таблиця 2.

Програма для студентів на 39 МХО

День	Час	Захід
15 липня, неділя	протягом дня	Прибуття, реєстрація (хімічний факультет МДУ ім. М. В. Ломоносова), розміщення в готелі «Олімпієць»
	18-00	Урочиста вечора в готелі «Олімпієць»
16 липня, понеділок	11-00 – 13-00	Урочисте відкриття олімпіади (Фундаментальна бібліотека МДУ ім. М. В. Ломоносова)
	13-00 – 15-00	Урочистий обід в МДУ ім. М. В. Ломоносова
	15-00 – 18-00	Екскурсія по Москві
	20-00 – 24-00	Дискотека
17 липня, вівторок	9-00 – 17-00	Екскурсія на кораблі
	19-00 – 21-00	Інструктаж з техніки безпеки при роботі в хімічних лабораторіях
18 липня, середа	10-00 – 15-00	Виконання завдань експериментального туру (хімічний факультет МДУ ім. М. В. Ломоносова)
	17-00 – 18-30	Прогулянка по Воробйовим горам
	19-00 – 22-00	Відвідування цирку
19 липня,	8-30 – 19-30	Екскурсія до Свято-Троїцької Сергієвої Лаври

четвер		
20 липня, п'ятниця	10-00 – 15-00 18-00 – 22-00	Виконання завдань теоретичного туру (хімічний факультет МДУ ім. М. В. Ломоносова) Зустріч з менторами. Прогулянка на кораблі.
21 липня, субота	10-00 – 14-00 15-00 – 18-00	Екскурсія до Кремля Екскурсія до зоопарку
22 липня, неділя	9-00 – 13-00 14-00 – 18-00 19-00 – 23-00	Спортивні ігри Вільний час Дискотека
23 липня, понеділок	9-00 – 12-00 15-00 – 18-00 19-00 – 23-00	Вільний час Урочисте закриття олімпіади (зал засідань Ученої ради МДУ ім. М. В. Ломоносова) Завершальний банкет (Президія Російської академії наук)
24 липня, вівторок	9-00 – 12-00	Від'їзд

Таблиця 3.

Програма для менторів та спостерігачів на 39 МХО

День	Час	Захід
15 липня, неділя	протягом дня 22-00 – 24-00	Прибуття, реєстрація (хімічний факультет МДУ ім. М. В. Ломоносова), розміщення в готелі «Holiday Inn» Урочиста вечеря в готелі «Holiday Inn»
16 липня, понеділок	11-00 – 13-00 13-00 – 15-00 15-00 – 16-00 16-30 18-00 – 19-00 20-00 – 24-00	Урочисте відкриття олімпіади (Фундаментальна бібліотека МДУ ім. М. В. Ломоносова) Урочистий обід в МДУ ім. М. В. Ломоносова Інспекція лабораторій експериментального туру Отримання умов завдань експериментального туру Зустріч з авторами задач Перше засідання Міжнародного журі
17 липня, вівторок	9-00 – 24-00	Переклад завдань експериментального туру
18 липня, середа	9-30 – 14-30 16-00 17-00 – 19-00 20-00 – 24-00	Екскурсія Отримання завдань теоретичного туру Зустріч з авторами задач Друге засідання Міжнародного журі
19 липня, четвер	9-00 – 24-00	Переклад завдань теоретичного туру
20 липня, п'ятниця	8-00 – 18-00 18-00 – 22-00	Екскурсія до Свято-Троїцької Сергієвої Лаври Зустріч з учасниками олімпіади. Прогулянка на кораблі.
21 липня,	10-00 – 22-00	Перевірка робіт учасників олімпіади

субота	22-00 – 24-00	Третє засідання Міжнародного журі
22 липня, неділя	8-00 – 20-00	Арбітраж
	20-00 – 21-00	Зустріч з першим заступником голови уряду Російської Федерації Д.А. Медведевим та міністром освіти і науки А.О. Фурсенко
	21-00 – 22-00	Четверте засідання Міжнародного журі
23 липня, понеділок	9-00 – 12-30	Вільний час
	15-00 – 18-00	Урочисте закриття олімпіади (зал засідань Ученої ради МДУ ім. М. В. Ломоносова)
	19-00 – 23-00	Завершальний банкет (Президія Російської академії наук)
24 липня, вівторок	9-00 – 12-00	Від'їзд

Відкриття та закриття олімпіади – урочисті церемонії, в яких беруть участь видатні вчені, члени уряду, президент або віце-президент Міжнародного союзу чистої та прикладної хімії, ректори університетів, залучених до проведення олімпіади, представники спонсорів. Частиною церемоній є концерти, що знайомлять гостей з кращими надбаннями національного мистецтва. Звичайно хід олімпіади широко висвітлюють національні та місцеві медіа.

Програма і завдання олімпіад

За понад 40 років історії МХО суттєво змінювалися підходи до формування програми олімпіад. На перших трьох олімпіадах взагалі ніяких програм не існувало. Перед 4-ю МХО, що відбувалася в СРСР у 1972 році, організатори вперше розіслали 7 країнам-учасникам умови 60 підготовчих задач. З огляду на те, що шкільні програми у різних країнах значно відрізняються, це нововведення було сприйнято з великим ентузіазмом.

З часом кількість країн-учасниць стрімко зростала, кожен організатор мав власні підходи до укладання комплектів олімпіадних завдань, і все більш необхідною виявлялася потреба у загальній програмі МХО. Останній варіант програми був підготовлений Наглядним комітетом із широким залученням членів Міжнародного журі у 2005-2008 роках. Ця програма, затверджена в 2009 році, є додатком до правил МХО. Програма містить приблизний перелік теоретичних знань та експериментальних навичок, з якими, як передбачається, учасники олімпіади повинні були ознайомитися під час навчання в загальноосвітній школі. Відповідні задачі без усяких попереджень організатор може включати до комплекту завдань МХО. Якщо ж планується готувати для олімпіади задачі з тем, що в середніх школах не вивчаються, організатор повинен помістити до підготовчого комплекту задачі з такої тематики. Перелік теоретичних знань та експериментальних навичок, які, як передбачається, здобувають в усіх загальноосвітніх школах, наведено в додатку 1; додаток 2 містить приклади теоретичних концепцій та експериментальних навичок, з якими учасники МХО мають бути

ознайомлені через комплекти підготовчих задач. У правилах МХО встановлені обмеження на термін спеціальної підготовки майбутніх учасників олімпіад, але проконтролювати дотримання цих правил Міжнародне журі і Наглядовий комітет не мають можливостей. У чималому числі країн формування і навчання національних команд є довготривалим й інтенсивним і проводиться на базі провідних університетів і наукових закладів висококваліфікованими викладачами ВНЗ і науковцями. Фактично, за такої підготовки участь в олімпіадах стає для школярів різновидом професійного спорту. Це питання було предметом обговорення на засіданні Наглядового комітету 8-11 грудня 2011 року, але ніяких рішень, які б сприяли створенню рівних умов для всіх команд-учасниць МХО, запропонувати не вдалося.

За даними опитувань менторів команд, вартість підготовки учасників підготовчих зборів наприкінці 90-х років XX ст. становила від 50 до 200 доларів США на одну особу за добу¹.

Не зважаючи на наявність програми МХО, олімпіади досить суттєво відрізняються за складністю завдань та вимогами до знань і вмінь учасників. Це і не дивно, оскільки завдання готують організатори олімпіади, спираючись на систему викладання хімічних дисциплін в своїх університетах і традиції проведення національних олімпіад.

Про те, наскільки відрізняються за складністю комплекти завдань МХО різних років, свідчать результати переможців. Так, на 39-й МХО (2007 рік, Москва) абсолютний переможець набрав 76 балів зі 100 можливих, а найнижча оцінка, що все ще забезпечувала золоту медаль, становила 57,4 бали. А от на 43-й МХО (2011 рік, Анкара) для одержання золотої медалі треба було набрати більше 90 балів (найвищий результат – 97,3 бали). 76 балів, набрані на цій олімпіаді, забезпечували учаснику лише бронзову медаль.

При підготовці завдань для МХО, організатори намагаються висвітлити досягнення сучасної хімічної науки, показати величезний вплив хімії на життя суспільства й окремої людини, її нерозривний зв'язок з фізикою, біологією, медициною, матеріалознавством, необхідність широкого використання в хімії математичних методів.

Іноді організаторам вдається скласти по-справжньому цікаві задачі, розв'язання яких неможливе без нешаблонного мислення та заснованої на глибоких знаннях хімічної інтуїції. Прикладом саме такого, „креативного” комплекту можуть слугувати завдання 40-ї МХО, що проходила в 2008 році в Будапешті. Більшість авторів цих завдань раніше самі були учасниками міжнародних олімпіад, що і допомогло їм розробити творчі завдання, уникнувши звернення до складних і занадто спеціальних розділів університетських курсів хімії.

¹ International Chemistry Olympiad: Survey on the Circumstances of its Participant Countries / M.M. Ito, T. Tatsumi, H. Hosoya, e.a. // Chemical Education Journal. – 2001. – V. 5, No. 1.
<http://ce.t.soka.ac.jp/ichocej/cejicho1.pdf>

Приклади деяких теоретичних та експериментальних задач МХО наведені у Додатку 3.

Підготовка та участь команд України в Міжнародних олімпіадах.

На Україні діє система виявлення обдарованої молоді та позашкільної роботи з нею. Найбільшим сегментом цієї системи є предметні олімпіади.

Всеукраїнські олімпіади з хімії ведуть свою історію з 1963 року. Вони стали важливим чинником розвитку природничої освіти, допомогли багатьом школярам знайти свою стежку до високої науки, свідомо обрати фах, сформували потяг до творчої наукової діяльності.

За маже 50 років проведення всеукраїнських олімпіад з хімії неодноразово змінювалися рівень складності завдань, кількість і наповнення турів. Сьогодні при проведенні IV туру всеукраїнських олімпіад враховуються і потреби формування і підготовки команд України на Міжнародні олімпіади. Завдання укладаються на основі програми підготовки до Всеукраїнських олімпіад, зміст якої систематично оновлюється з урахуванням, зокрема, змін у задачах МХО.

На олімпіаді учасникам, які виступають за 11 клас, на двох теоретичних турах пропонується 12-14 задач, що відповідають не лише змісту шкільних програм з хімії, але й включають теми, що найчастіше зустрічаються на Міжнародних олімпіадах. Під час експериментального туру перевіряються базові практичні навички учасників. На жаль, переважна більшість учасників олімпіади лише на олімпіаді знайомиться навіть з найпростішими хімічними операціями й експериментальними методиками аналізу та синтезу.

Підготовка команд України для участі в МХО вимагає окремих зусиль. Адже навіть відносно прості завдання МХО здатні розв'язати лише учні, які мають отримали глибоку теоретичну та експериментальну підготовку. Переможці всеукраїнської олімпіади, які здобули право взяти участь у відбірково-тренувальних зборах з формування національної команди, одержують комплект підготовчих задач майбутньої МХО, умови та розв'язки останніх міжнародних олімпіад та настанови з теоретичної та експериментальної підготовки.

Відбірково-тренувальні збори звичайно проводяться в травні й тривають від 6 до 10 днів. Під час зборів досвідчені викладачі і науковці, серед яких чимало і колишніх переможців олімпіад, читають учасникам лекції, проводять семінари з найскладніших питань, що увійшли до програми майбутньої міжнародної олімпіади. Учасники зборів виконують експериментальні роботи, що відбивають зміст підготовчого комплексу, розв'язують теоретичні і практичні задачі, які за рівнем складності, змістовним наповненням і формою відповідають завданням МХО.

Традиційно найбільше проблем при підготовці команд України до участі в МХО викликає практична підготовка. Це пов'язано як з майже повним зникненням хімічного експерименту із загальноосвітніх шкіл, так і з

невідповідністю матеріального оснащення базових хімічних практикумів в українських університетах (та й у більшості інших ВНЗ на пост-радянському просторі) сучасним міжнародним вимогам.

От два характерні приклади. В 2007 році Міжнародна олімпіада проходила на базі Московського державного університету ім. М.В. Ломоносова. При обговоренні експериментальних задач один з менторів виступив з рішучим протестом проти наданого учасникам лабораторного обладнання. Справа в тому, що учасникам надали піпетки для вимірювання об'ємів, що десятиріччями використовуються у навчальному процесі хімічних факультетів на теренах колишнього СРСР і досі випускаються промисловістю. А от в країні, що заявила протест, такі піпетки можна побачити лише в музеї; звичайно, школярі цієї країни необхідними навичками роботи не володіли.

Другий приклад. Під час однієї з міжнародних олімпіад члену команди України довелося виконувати експериментальні завдання поруч з китайським школярем. Членів команд КНР відрізняє надзвичайно високий рівень як теоретичної, так і практичної підготовки. Зрозуміло, наш учасник постарався „підглянути”, що робить сусід і скористатися цими спостереженнями у своїй роботі. Але китайський школяр виконував завдання з таким відпрацьованим автоматизмом і настільки швидко, що відтворити його дії нашому учаснику було просто не по силам. Наш учасник знав, як виконувати експеримент, але, на відміну від китайського колеги, проходив підготовку на обладнанні, яке в закордонних освітніх закладах вже давно зникло.

І все ж таки, завдяки функціонуванню усталеної системи національних хімічних олімпіад, натхненної праці десятків викладачів провідних університетів, науковців, учителів, аспірантів, студентів, команди України на Міжнародних хімічних олімпіадах на рівних змагаються з кращими збірними інших країн. За 18 років 72 українських учасника МХО завоювали 70 медалей – 10 золотих, 30 срібних, 30 бронзових.

Довготривалий ефект міжнародних олімпіад

Часом доводиться чути, навіть і від учителів: „А навіщо взагалі олімпіади, особливо високого рівня? Скільки їх, юних Ломоносових? Чого варті їх успіхи на конкурсах й олімпіадах з точки зору впливу на всю освітню систему? І, взагалі, підвищена турбота про еліту виховує в юнацтві аж ніяк не найкращі людські якості – самовдоволеність, егоїзм, нечулість”. Такі питання лунають не лише в нашій країні. На тлі усталеної хемофобії, зменшення потягу молоді у багатьох країнах до природничо-технічної освіти їх не можна залишити без відповіді.

Почнемо з останнього питання. Так, за особливих умов навчання й виховання талановита молодь дорослішає швидше, у юнаків та дівчат формується особлива вдача. Не виключені й прояви загостреного самолюбства, бажання добиватися результату за будь яку ціну, зверхнє ставлення до ровесників. Ранні успіхи часом бувають небезпечними для подальшої долі самих талантів: здобувши в юному віці занадто багато знань,

вони часто психологічно втомлюються, втрачають інтерес до навчання й іноді навіть кидають вуз і змінюють професію. Проблема існує. Її розв'язання вимагає великих спільних зусиль психологів та педагогів. Але справедливим є й інше. Зі школярів, які рано показали свої здібності, перемагали на олімпіадах, виростає багато вчених-дослідників, часто найвищого рівня. У них змалку виховуються працьовитість, наполегливість, вміння заздалегідь планувати свою роботу, здатність тверезо оцінювати свої досягнення і не пасувати перед труднощами та тимчасовими невдачами. Хіба не такими хочемо ми бачити інтелектуалів ХХІ сторіччя? Красномовний факт: з 36 українських учасників МХО у 1994-2002 роках не менше половини вже стали кандидатами хімічних наук або докторами філософії, а один колишній юний хімік захистив дисертацію на здобуття наукового ступеня доктора хімічних наук.

Слід відзначити, що курс на випереджальний розвиток елітної освіти (загальнодоступної, але при цьому якісної), зокрема, через всіляке стимулювання національних олімпіад та ґрунтовну підготовку національних команд до участі в МХО, взяли азіатські країни, економіка яких слугує прикладом вдалого інноваційного розвитку. Протягом останнього десятиріччя на МХО домінують команди КНР. Визначних успіхів досягають юні хіміки Кореї, Таїланду, Сінгапуру, Індії, В'єтнаму, Туреччини, Індонезії. Очевидно, в цих країнах серйозно турбуються про підготовку кваліфікованих фахівців, здатних забезпечити науково-технологічний поступ у висококонкурентному глобалізованому світі.

Важливим є й те, що система олімпіад, разом з її найвищою ланкою, стимулює розвиток всієї освітньої галузі та впливає на суспільство. Японське хімічне товариство опитало представників 24 країн, що беруть участь в МХО, про суспільне значення олімпіадного руху. В доповіді професора М. Іто „International Chemistry Olympiad: its Impact on Community”, матеріали якої були поширені під час 43-ї МХО в Туреччині, відзначається, що найбільш поширеними є думки про те, що олімпіади

- підвищують суспільну обізнаність та повагу до науки, зокрема, хімії;
- привертають увагу громадськості до проблем середньої і вищої природничої освіти, сприяють природничій освіті у загальноосвітніх школах;
- стимулюють потяг молоді до природничо-технічних наук;
- підвищують суспільне визнання і повагу до вчителів;
- залучають хіміків-професіоналів до елітної хімічної освіти;
- допомагають юнакам і дівчатам з бідних родин та депресивних регіонів здобути якісну вищу освіту;
- залучають вищі навчальні заклади та хімічні компанії до розв'язання питань освіти;
- зміцнюють міжнародне співробітництво та взаєморозуміння молодих людей із різних країн,
- підвищують якість національних стандартів освіти через поширення інформації про хімічну освіту в різних країнах світу, ознайомлення зі

світовими трендами в теоретичній та практичній підготовці школярів і студентів;

- готують юних хіміків до успішної дослідницької діяльності.

Підсумовуючи досвід участі команд України в МХО, можна стверджувати, що національна освітня система зберегла здатність відтворювати інтелектуалів, обізнаних в методах і проблемах сучасного природознавства і готових до розв'язання складних творчих завдань. Але не можна не помічати і того, що без відтворення у нас культу науки і національних наукових надбань, без відновлення суспільного попиту на дослідницьку діяльність як професію, без залучення великого хімічного бізнесу до проведення всеукраїнських олімпіад і підготовки команд до МХО, надалі буде все важче зберігати наші здобутки у цій царині та підтримувати належний міжнародний авторитет національної хімічної освіти.

Додаток 1

Теоретичні знання та експериментальні навички, якими повинні володіти всі випускники загальноосвітніх шкіл, які беруть участь в МХО

Теоретичні концепції

Оцінювання експериментальних похибок, правила переносу похибок, значущі цифри.

Нукліди, ізотопи, радіоактивний розпад та ядерні реакції.

Квантові числа та атомні орбіталі у воденьподібних атомах.

Електронні конфігурації атомів та іонів. Правило Гунда. Принцип Паулі.

Періодичний закон та періодичність у зміні електронегативності, енергій іонізації, розмірів атомів та іонів, температур плавлення, реакційної здатності.

Ковалентні, іонні, металічні зв'язки. Міжмолекулярні сили.

Будова та геометрія молекул. Застосування теорії Гіллеспі для передбачення молекулярної геометрії.

Емпіричні формули. Кількість речовини. Число Авогадро. Стехіометричні розрахунки.

Хімічна рівновага. Принцип Ле-Шательє. Константи рівноваги K_p , K_x , K_c .

Теорії кислот і основ Арреніуса та Бренстеда. рН розчинів. Автоіонізація води. Кислотно-основні рівноваги, гідролітичні процеси та рівноваги гідролізу у розчинах, розрахунок рН, буферні розчини. Рівноваги за участю осадів. Добуток розчинності.

Координаційні сполуки. Рівноваги комплексоутворення у розчинах. Загальні та ступінчасті константи стійкості комплексів.

Основи електрохімії: електрорушійна сила, рівняння Нернста, електроліз, закони Фарадея.

Швидкість хімічних реакцій. Елементарні реакції. Кінетичні рівняння гомогенних та гетерогенних реакцій, константи швидкості, порядок реакції, координата реакції та залежність енергії від координати реакції, перехідний стан, енергія активації, каталіз та каталізатори.

Енергія, теплота, робота, ентальпія, ентропія, теплоємність, закон Гесса, стандартні ентальпії утворення, розчинення, сольватації. Ентальпія зв'язку. Енергія Гіббса, другий закон термодинаміки. Спонтанні реакції.

Закон ідеального газу. Парціальні тиски.

Властивості сполук гідрогену. Властивості сполук s- і p-елементів. Властивості сполук перехідних металів III періоду. Властивості Ag(I), Zn(II), Hg(I), Hg(II).

Неорганічний якісний аналіз.

Пряме та зворотне титрування.

Ацидометрія. Алкаліметрія. Криві титрування. Вибір індикаторів для ацидометрії.

Окисно-відновне титрування. Перманганатометрія. Йодометрія.

Комплексометрія.

Осаджувальне титрування.

Закон Бугера-Ламберта-Бера.

Зв'язок між будовою та реакційною здатністю органічних сполук.

Полярність, електрофільність, нуклеофільність, індуктивний ефект.

Гібридизація орбіталей карбонових атомів у зв'язку з молекулярною геометрією, σ -, π -зв'язки, делокалізація електронів, ароматичність, резонанс, мезомерні структури.

Види ізомерії. Тавтомерія.

Стереохімія (E-, Z-; цис-, транс-ізомери, хіральність, оптична активність, система Кана-Інголда-Прелога, проекції Фішера).

Типові електрофіли та нуклеофіли.

Електрофільне приєднання по кратним зв'язкам. Регіоселективність.

Електрофільне заміщення в ароматичних ядрах, вплив замісників на реакційну здатність та регіоселективність. Електрофіли.

Відщеплення від sp^3 -гібридизованого атому карбона: реакції за E_1 та E_2 -механізмами, стереохімія, кислотно-основний каталіз, типові групи, що відходять.

Нуклеофільне заміщення при sp^3 -гібридизованому атомі карбона: реакції за S_{N1} та S_{N2} механізмами, стереохімія,

Нуклеофільне приєднання по подвійним та потрійним зв'язкам карбон-карбон, карбон-гетероатом, реакції приєднання-відщеплення, кислотно-основний каталіз.

Радикальне заміщення.

Окиснення та відновлення: переходи між класами органічних сполук.

Конформації циклогесану.

Реакції Грин'єра, Фелінга, Толленса.

Гідрофільні та гідрофобні групи, утворення міцел.

Полімери та мономери, ланцюгова полімеризація, поліконденсація. Синтез полімерів – продуктів реакцій полімеризації та поліконденсації.

Амінокислоти, їх класифікація. Пептидний зв'язок. Ізоелектрична точка. Пептиди та протеїни.

Вуглеводи. Ліпіди. Насичені та ненасичені жирні кислоти.

Базові лабораторні навички

Нагрівання в лабораторії. Перегонка під вакуумом.

Зважування на електронних терезах.

Вимірювання об'ємів мірним циліндром, піпеткою, бюреткою, мірною колбою.

Приготування та розведення розчинів. Стандартні розчини.

Робота з магнітною мішалкою.

Проведення реакцій у пробірках.

Якісний хімічний аналіз функціональних груп органічних сполук.

Вимірювання рН за допомогою рН-метру.

Приклади теоретичних концепцій та експериментальних навичок, що можуть використовуватися на МХО лише при відображенні в комплектах підготовчих задач

Теоретичні концепції

Застосування теорії Гіллеспі для складних молекулярних структур.

Неорганічна стереохімія. Ізомерія координаційних сполук.

Закон Брега. Кристалічні решітки різних типів.

Зв'язок електрорушійних сил, констант рівноваги та енергій Гіббса.

Рівняння Арреніуса. Визначення енергії активації.

Квазістаціонарне та квазірівноважне наближення та їх застосування.

Механізми і кінетика каталітичних гомогенних і гетерогенних реакцій.

Теорія зіткнень.

Фазові діаграми. Рівняння Клаузіуса-Клапейрона.

Потрійна точка. Критична точка.

Супрамолекулярна хімія.

Механізм та кінетика реакцій полімеризації.

Ферменти, активні центри, коензіми і кофактори, механізми ферментативного каталізу.

Розрахунок складних рівноваг у розчинах.

Рівняння Шредінгера. Теорія молекулярних орбіталей.

Принципи та використання мас-спектрометрії.

Принципи та використання ЯМР-спектрів.

Лабораторні навички

Фільтрування під зниженим тиском.

Висушування та прожарювання осадів.

Тонкошарова хроматографія.

Синтез та аналіз з використанням мікрообладнання.

Вимірювання на спектрофотометрі.

Колонкова хроматографія.

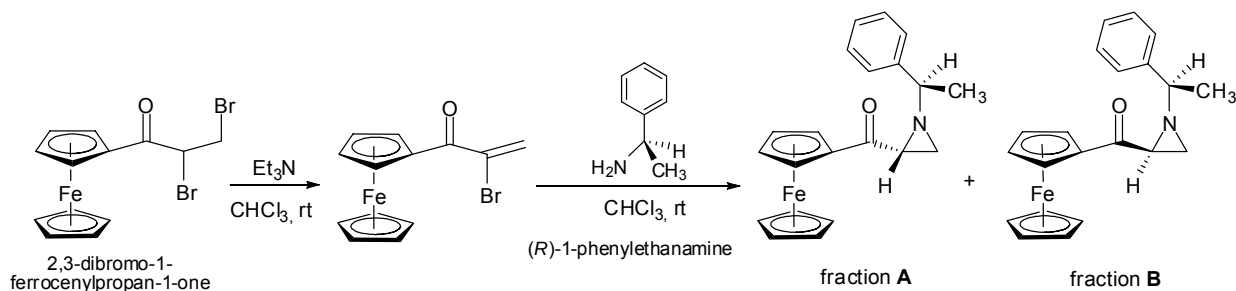
Приклади завдань Міжнародних хімічних олімпіад

Синтез, очистка й розділення суміші діастереомерів (експериментальне завдання, 43-я МХО, 2011 р., Туреччина)



Робоче місце учасника 43-ї МХО.

Багато сполук, включаючи вуглеводні, амінокислоти та стероїди, зустрічаються в природі у виді єдиного енантіомеру або діастереомеру. Деякі з них володіють біологічною активністю, через що актуальним є асиметричний синтез органічних сполук. В одному з методів асиметричного синтезу використовують металоорганічний каталізатор, у складі якого одним з лігандів є хіральна молекула. В цій задачі вам доведеться синтезувати два хіральні ліганди за схемою



Обладнання

Промивалка на 500 мл з дистильованою водою.
 Окуляри.
 Олівець, лінійка, маркер.
 Магнітна мішалка.
 Дистильована вода для заповнення промивалки.
 Латексні рукавички.
 Піпетка (1 шт.) на 2 мл.
 Мірний циліндр (1 шт.) на 250 мл.
 Колонка хроматографічна зі скляним корком, закріплена на штативі (1 шт.).
 ТСХ пластинки (2 шт.), підписані TLC1 та TLC2.
 Скляна камера для ТСХ (1 шт.).
 Капіляри (6 шт.).
 Колби Ерленмейєра: 3 шт. на 100 мл, 1 шт. на 250 мл.
 Мірний циліндр (1 шт.) на 50 мл.
 Мірна колба (1 шт.) на 10 мл з пластиковим корком.
 Фотометричні кювети (2 шт.), довжина оптичного шляху 1.0 см.
 Груша для нагнітання тиску (1 шт.) та затискувач (1 шт.).
 Шприци (2 шт.) на 2.0 мл.
 Піпетки Пастера (6 шт.).
 Пінцет (1 шт.).
 Каністра для органічних відходів.
 Контейнери для розбитого посуду та капілярів.

Реактиви

0,50 ммоль 2,3-дибромо-1-ферроценілпропанону-1 (з магнітом для перемішування).
 1,0 ммоль триетиламіну в 1,0 мл CHCl_3 .
 1,0 ммоль (R)-1-фенілетиламіну в 0,5 мл CHCl_3 .
 Еталонний зразок вихідного 2,3-дибромо-1-ферроценілпропанону-1 для нанесення на ТСХ пластинку
 Елюент – суміш гептан : етилацетат = 3:2, 500 мл.

Виконання експерименту

А. Синтез

1. У круглодонну колбу об'ємом 10 мл, в якій вже міститься 0,50 ммоль 2,3-дибромо-1-ферроценілпропанону-1, через пробку внесіть весь виданий вам розчин триетиламіну.
2. При швидкості магнітної мішалки 600 об./хв. перемішуйте реакційну суміш протягом 30 хв. за кімнатної температури.
3. Після цього введіть у реакційну колбу розчин виданий вам розчин (R)-1-фенілетиламіну.
4. Перемішуйте реакційну суміш ще 60 хв. за кімнатної температури.
5. Після виконайте тонкошарову хроматографію за такою схемою:
 - i) позначте на пластинці для ТСХ лінію старту,
 - ii) нанесіть вихідну речовину та вміст реакційної суміші на лінію старту,
 - iii) проведіть хроматографування пластинки ТСХ з використанням виданого вам елюенту, позначте лінію фронту розчинника,
 - iv) висушену пластинку покладіть у пакетик, позначений **TLC1**.

В. Колонкова хроматографія

1. Доведіть рівень елюенту в колонці до верхньої границі силікагелю.
2. Перенесіть вміст реакційної суміші у верхню частину колонки.

3. Використовуючи новий шприц, ополосніть реакційну колбу 0,5 мл елюенту. Перенесіть одержану суміш в колонку.
4. Додаючи нові порції елюенту по 2-3 мл, виконайте хроматографування.
5. В результаті досліду ви маєте добути дві основні фракції – **A** та **B**. Весь елюент, що вийшов з колонки до фракції **A** та між фракціями **A** та **B**, вилийте в посудину для органічних відходів.
6. Збирайте першу основну фракцію у колбу Ерленмейєра на 100 мл. Підпишіть її «**fraction A**».
7. Збирайте другу основну фракцію у колбу Ерленмейєра на 250 мл. Підпишіть її «**fraction B**».

С. Аналіз

1. Виконайте ще один ТСХ-аналіз за описаною вище процедурою. Висушену ТСХ-пластинку покладіть у пакетик, позначений **TLC2**.
2. Виміряйте об'єм фракції **A**. Результат запишіть у лист відповідей.
3. Виміряйте об'єм фракції **B**. Результат запишіть у лист відповідей.
4. Відберіть 2,0 мл фракції **A** в мірну колбу на 10 мл і доведіть до метки елюентом. Перемішайте вміст колби. Заповніть кювету для фотометрії одержаним розчином. Виміряйте світлопоглинання розчину при довжині хвилі 450 нм, результат запишіть у лист відповідей.
5. Фракція **B** не потребує розведення. Заповніть другу кювету для фотометрії фракцією **B**. Виміряйте світлопоглинання розчину при довжині хвилі 450 нм, результат запишіть у лист відповідей.

Обробка результатів

1. Зобразіть у листі відповідей пластинку TLC1.
2. Зобразіть у листі відповідей пластинку TLC2.
3. Для пластинки TLC2 розрахуйте R_f усіх речовин (фракція **A**, фракція **B**, вихідна сполука **SM**). Запишіть результати у лист відповідей.
4. Враховуючи, що молярний коефіцієнт поглинання при 450 нм речовини **A** дорівнює $404 \text{ л} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$, а речовини **B** – $400 \text{ л} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$, розрахуйте:
 - i) вихід (%) ізомеру фракції **A** відносно вихідної речовини.
 - ii) вихід (%) ізомеру фракції **B** відносно вихідної речовини.

Визначення критичної концентрації міцелоутворення ПАР (експериментальне завдання, 41-я МХО, 2009 р., Великобританія)

Однією з поверхнево-активних речовин (ПАР) є додецилсульфат натрію (SDS, $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{11}\text{OSO}_3\text{Na}$, молярна маса 288,37 г/моль). У дуже розведених розчинах SDS знаходиться у виді окремих мономерів. Якщо ж концентрація SDS перевищує критичну концентрацію міцелоутворення (ККМ), утворюються міцели. В цьому експерименті ви маєте визначити ККМ шляхом вимірювання електропровідності розчинів SDS різної концентрації.

Обладнання

Промивалка на 500 мл з дистильованою водою
 Окуляри
 Олівець, лінійка, маркер
 Кондуктометр
 Дистильована вода для заповнення промивалки
 Латексні рукавички
 Висока пластикова посудина
 Трьохходова гумова груша для заповнення піпеток (50 см³)
 Піпетка (50 см³)
 Мірна колба (250 см³)
 Бюретка (50 см³)
 Пластикова лійка (діаметр 40 мм)
 Лист міліметрового паперу з нанесеними осями
 Конверт с кодом учасника
 Утримувач лапки штативу
 Лапка штативу
 Мірний циліндр (10 см³)
 Рулон паперу
 Пластикові піпетки (3 см³)
 УФ лампа
 Електронні ваги з точністю зважування 1 мг

Реактиви

Додецилсульфат натрію: приблизно 4,3 г (на склянці вказана точна вага)
 Градувальний розчин для кондуктометру "HI 70031", 20 см³

Виконання експерименту

1. Ви маєте точну наважку SDS (~4,3 г), мірну колбу на 250 см³, бюретку на 50 см³, піпетку на 50 см³, кондуктометр, градувальний розчин і високу пластикову посудину.
2. Ви повинні виміряти електропровідність (у мкСм·см⁻¹) розчинів SDS різної концентрації, аж до 30 ммоль·дм⁻³.

УВАГА: можна вважати, що при змішуванні рідин їх об'єми додаються.

- a) Запишіть у листі відповідей концентрацію приготовленого вами вихідного розчину SDS.
- b) Запишіть результати вимірювань у таблицю в листі відповідей.
- c) За цими результатами на міліметровому папері побудуйте графік, що дозволить вам правильно визначити ККМ.
- d) Визначте ККМ.

Визначення речовин (теоретичне завдання, 40-а МХО, 2008 р., Угорщина)



Команда України на 40-й МХО.

Ігор Степаненко (золота медаль), Остап Червак (золота медаль), Роман Притуляк (срібна медаль) і Кирило Колесніков (золота медаль).

Білі кристалічні речовини **A** та **B** дуже добре розчиняються у воді, не змінюють свого складу при помірному (до 200°C) нагріванні, але розкладаються при більш сильному нагріванні. Якщо до водного розчину, що містить 20,00 г речовини **A** (розчин має $\text{pH} \approx 8,5-9$), додати водний розчин, що містить 11,52 г **B** ($\text{pH} \approx 4,5-5$), випадає білий осад **C**, маса якого після промивання і висушування складає 20,35 г. Фільтрат має практично нейтральне середовище, а додавання до нього підкисленого розчину **KI** приводить до появи коричневого забарвлення. При кип'ятінні фільтрат випаровується, не утворюючи твердого залишку.

Тверду білу речовину **D** можна отримати нагріванням **A** за відсутності повітря. Екзотермічна реакція **D** з водою приводить до утворення незабарвленого розчину. При тривалому зберіганні цього розчину на повітрі повільно утворюється білий твердий осад **E** і з часом залишається чиста вода. Якщо речовину **D** залишити на повітрі за кімнатної температури на тривалий час, воно також перетворюється на **E**. Проте нагрівання наважки **D** на повітрі при 500°C приводить до утворення іншої білої речовини **F**, яка дуже мало розчинна у воді, а її маса становить 85,8% від маси речовини **E**, що утворюється з такої ж наважки речовини **D**. При додаванні речовини **F** до підкисленого розчину **KI** з'являється коричневе забарвлення.

Речовину **E** можна перетворити назад на **D** прожарюванням при температурі вище 1400°C . Реакція **B** з **D** у водному розчині приводить до утворення осаду **C** і появи характерного запаху.

1. Визначте речовини **A** – **F**.

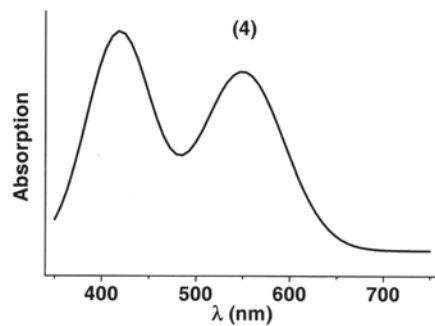
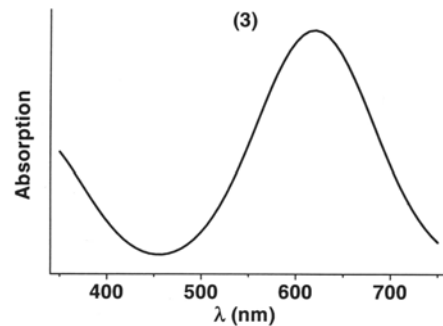
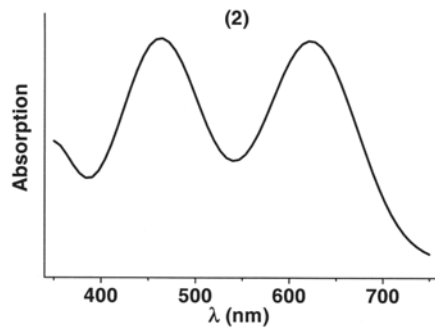
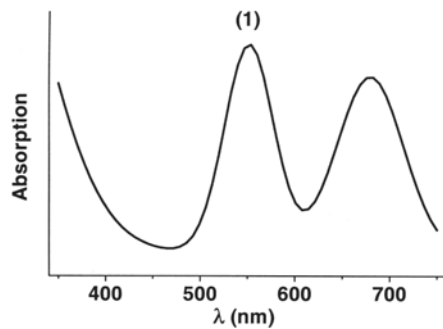
2. Запишіть рівняння реакцій, що описують всі процеси, згадані в умові задачі. Рівняння термічного розкладу **B** записувати не потрібно.

Червоний рубін (теоретичне завдання, 34-а МХО, 2004 р., Нідерланди)

Темно-червоний колір кристалів рубіну обумовлений поглинанням світла іонами Cr^{3+} , що включені до незабарвлених кристалів оксиду алюмінію.

1. Позначте, який з наведених нижче спектрів поглинання належить рубіну.

инфракрасный

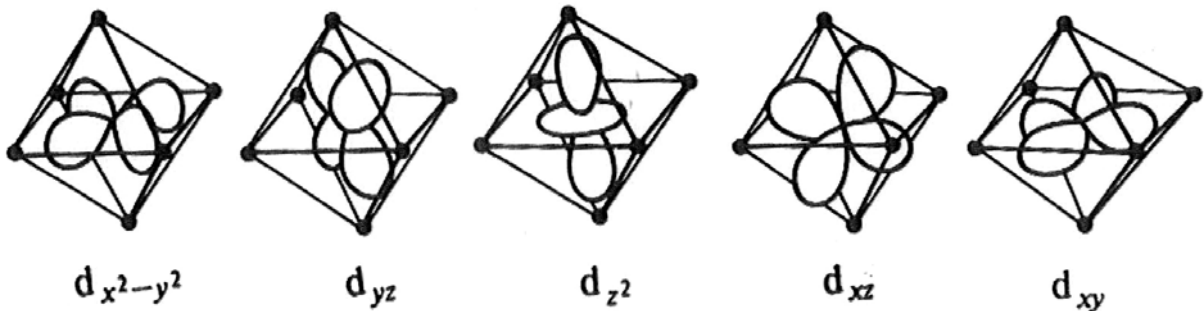


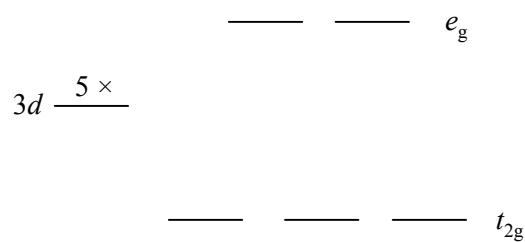
В рубінових лазерах використовують стержень, який являє собою циліндр довжиною 15,2 см і діаметром 1,15 см. Масова частка іонів Cr^{3+} в стержні дорівнює 0,0500%. Густина Al_2O_3 складає $4,05 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$. Відносна атомна маса $\text{Cr} = 52 \text{ а.о.м.}$ ($1 \text{ а.о.м.} = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$).

2. Розрахуйте кількість іонів Cr^{3+} в цьому лазерному стержні.

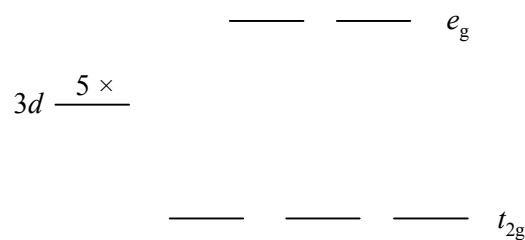
В рубінах іони Cr^{3+} знаходяться в октаедричному оточенні 6 іонів кисню. Нижче приведено форми $3d$ -орбіталей. Ще нижче показано розщеплення $3d$ -орбіталей в октаедричному полі лігандів на t_{2g} і e_g орбіталі.

3. Під назвами $3d$ -орбіталей укажіть, до якої з груп – t_{2g} чи e_g – вони належать.

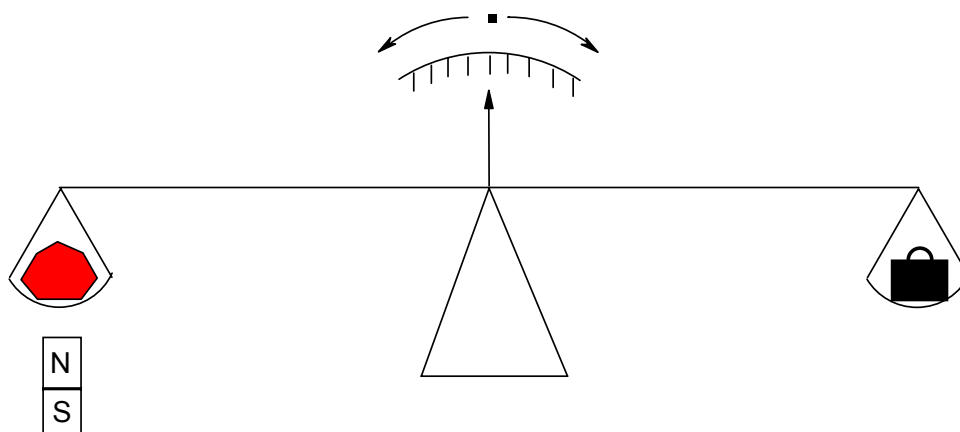




4. Покажіть стрілками розподіл по орбіталям і напрями спинів для $3d$ -електронів Cr^{3+} в основному електронному стані.



Кристал рубіну помістили на чашку немагнітних терезів. Після того, як терези урівноважили, прямо під чашку з рубіном помістили магніт.



5. Позначте правильне твердження:

- ☐ Магніт притягне рубін (чашка з кристалом опуститься),
- ☐ з рубіном нічого не відбудеться (чашка залишиться нерухомою),
- ☐ магніт відштовхне рубін (чашка с кристалом підніметься),
- ☐ магніт викликає осциляції (чашка з кристалом буде рухатися то вгору, то вниз).