

Роль фізичних методів дослідження у підготовці студентів хімічних і біологічних спеціальностей педагогічних університетів

Анатолій Сільвейстр

В статті розглядаються питання пов'язані з використанням фізичних методів дослідження у студентів хімічних і біологічних спеціальностей педагогічних університетів. Застосовуючи фізичні методи для дослідження явищ як живої так і неживої природи, студенти даних спеціальностей переконуються, що вони є обов'язковою умовою для пізнання хімічних і біологічних процесів.

The article deals with issues related to the use of physical methods of research students in chemical and biological specialties of pedagogical universities. Using physical methods to study the phenomena as living and inanimate students these specialties are convinced that they are a prerequisite for the knowledge of chemical and biological processes.

Ключові слова: курс фізики, закони, явища, фізичні методи дослідження, студенти хімічних і біологічних спеціальностей, жива і нежива природа, природничі науки.

Key words: physics course, laws, phenomena, physical research methods, students of chemical and biological specialties, animate and inanimate nature, natural sciences.

Постановка проблеми. Курс фізики для майбутніх учителів хімії і біології передбачає не тільки вивчення наукових фактів, фізичних принципів та ідей, але й засвоєння методів, які приводять до пізнання явищ природи. На сьогодні існує досить велика кількість фізичних методів дослідження, які мають свої переваги і недоліки та широко застосовуються у природничих науках. Це цілком природно, оскільки завдання, які ставить кожна наука досить різноманітні і всі вони мають свої особливості. Використання фізичних методів дослідження у хімії і біології дає студентам даних спеціальностей краще

зрозуміти та засвоїти хімічні і біологічні процеси та явища.

Аналіз останніх досліджень. Як зазначає ряд науковців та методистів, важливим є не тільки розповідь про саме дослідження і пояснення про те, як воно було задумано, заплановано, що очікували вчені від нього та вклад великої праці вченого в пошуках наукової істини, а й отримання нового відкриття. Саме під час відкриттів і досліджень народжуються нові методи дослідження. Питання пов'язанні з фізичними методами дослідження розглядаються у роботах К. Бенуелла, Л. Вілкова, Р. Драго, Б. Йоффе, Р. Костикова, Ю Пентіна, В. Разіна та інших.

Мета статті: теоретично обґрунтувати та показати роль фізичних методів дослідження у підготовці студентів хімічних і біологічних спеціальностей педагогічних університетів.

Виклад основного матеріалу. На сьогодні під методом розуміють особливий прийом або систему прийомів, які застосовуються в будь-якій науково-практичній діяльності. Жоден прийом не є повноцінним і завжди реалізується в сукупності дій, але саме за особливостями окремого прийому відрізняють та систематизують методи. Тому алгоритм може відрізнятися в одному особливому етапі за окремими ознаками дії, інструментами, технологічними особливостями процесу, що дає значну множину розмаїття методів, які можуть зводитися до основних або, навіть, основного [5, с. 8].

Фізичні методи дослідження базуються на фізичних законах, явищах та широко використовуються в різноманітних галузях науки та техніки: для встановлення оптимальних параметрів технологічних процесів; під час розробки нових технологій; для створення нових матеріалів та їх удосконалення у різних галузях господарства. Фізичні методи дослідження дають можливість отримувати значення різноманітних характеристик властивостей речовин та виробів, які можна класифікувати за окремими групами [5, с. 7].

В історичному розвитку природничих наук, фізика завжди служила базисом розвитку інших природничих наук. І в сучасному природознавстві

відкриття нових наукових фактів спирається на тісний взаємозв'язок всіх природничих наук і широке використання фізичних методів дослідження. Серед таких методів можна відзначити як експериментальний та теоретичний. Щодо експериментального методу, то до нього можна віднести ті експерименти, які в першу чергу привели до наукових відкриттів та мали фундаментальне значення для фізики. Як приклад, можна навести: з розділу «Механіка» дослід Галілея з падінням тіл, дослід Кавендіша, у якому була виміряна сила гравітації між масами в лабораторних умовах; з розділу «Молекулярна фізика і термодинаміка» дослід Штерна, на основі якого визначено швидкість молекул газів; з розділу «Електрика і магнетизм» дослід Кулона – закон взаємодії заряджених тіл, дослід Фарадея з електромагнітної індукції; з розділу «Оптика» дослід Столетова, який наочно демонструє явище зовнішнього фотоефекту; з розділу «Атомна фізика» дослід Резерфорда з розсіювання α -частинок тощо.

Важко переоцінити роль фізичних методів та фізичної апаратури в біолого-хімічних дослідженнях. У хімічних і біологічних дисциплінах часто використовуються методи, які класифікують: за характером взаємодії речовини з випромінюванням, полем чи потоком частинок (методи оптичної і радіоспектроскопії, дифракційні, електричні, іонізаційні, рентгеноструктурний і люмінесцентний аналізи тощо); за визначуваними властивостями речовини (молекулярна спектроскопія, методи визначення геометричної будови молекул, дипольних моментів, електронних коливальних та обертальних енергетичних станів і спектрів молекул, симетрії, силових полів, енергій йонізації тощо).

Оскільки студенти спеціальності «Хімія» вивчають дисципліни «Загальна хімія», «Фізична і колоїдна хімія», «Аналітична хімія», «Загальна хімічна технологія» (нормативні дисципліни), «Фізико-хімічні методи дослідження», «Хімія високомолекулярних сполук», «Хімія і технологія очищення води» (вибіркові дисципліни), а студенти спеціальності «Біологія» вивчають біофізику, ботаніку, загальну екологію, екологію людини, екологію рослин і тварин, зоологію, охорону природи, радіобіологію, фізіологію людини і тварин,

фізіологію рослин (нормативні дисципліни); біоніку, молекулярну біологію (вибіркові дисципліни), то, як правило, у своїх дослідженнях вони використовують фізичні методи дослідження. Так, у дисциплінах хімічного спрямування широко застосовується термодинамічний метод, який дає змогу розв'язати ряд важливих питань про перетворення різних видів енергії в хімічних процесах, про напрям і характер хімічних процесів та фазових переходів, про хімічну рівновагу. Тут знайшов своє використання і статистичний метод: розв'язання задач хімічної кінетики, задач про рівновагу і її зміщення, кінетики адсорбційних процесів, кінетики процесів, що відбуваються в колоїдних розчинах [2, с. 6].

У курсі «Аналітична хімія» [1, с. 14-16] часто використовують наступні методи фізичного дослідження: спектральний, метод фотометрії полум'я, метод атомної абсорбції, рентгено-флуоресцентний метод, радіоактиваційний метод та ін. У цих методах визначають кількість речовини вимірюванням параметра певної фізичної властивості речовини (густина, температура, теплопровідність, твердість, електропровідність, потенціал, інтенсивність забарвлення, кут заломлення світла, кут обертання площини поляризації світла, радіоактивність тощо), причому хімічні реакції або зовсім не проводяться, або мають другорядне значення. Виходячи з розгляду даних методів, можна стверджувати, що на розвиток хімічної науки значний вплив здійснює фізика. Як правило, вона є фундаментом сучасної хімії.

Дослідження спектрів за допомогою ядерного магнітного резонансу дає уявлення про будову і просторове розміщення атомних груп, а також про зміни їх взаємного розташування в процесі реакцій. Ядерний магнітний резонанс (протонний) широко застосовується при дослідженні органічних з'єднань насичених ядрами водню. Цей метод отримав широке застосування в дослідженнях мікроструктур і широко використовуються в фізиці, хімії, біології, медицині, техніці [3, с. 231].

Важливе значення у дослідженні хімічних процесів мають оптичні методи дослідження для визначення розмірів, форми, будови часточок,

швидкості їх переміщення тощо. Це пов'язано з тим, що мікрогетерогенні і ультрамікрогетерогенні дисперсійні системи, у тому числі й колоїдні розчини, завдяки сумірності розмірів часточок дисперсної фази з довжиною світлових хвиль характеризуються специфічними оптичними властивостями. Оптичні характеристики аерозолів (туманів, хмар, пилу), ступінь мутності водоймищ мають велике значення для авіації, метрології, контролю за чистотою навколишнього середовища тощо [2, с. 236-237].

Головні методи дослідження анізотропії речовини ґрунтуються на поляризації світла, - це поляризована люмінесценція, дихроїзм, оптична активність і подвійне заломлення. За допомогою поляризації люмінесценції можна досліджувати взаємодію молекул у рідких і твердих тілах, міграцію енергії в кристалах, анізотропію полімерних плівок, що підлягають механічним деформаціям.

Одним із найбільш цінних результатів є визначення орієнтації молекул сторонніх домішок в основній ґратці при малих концентраціях домішок. Справа в тому, що чутливість інших методів (наприклад, рентгеноструктурного аналізу) дозволяє проводити дослідження тільки концентрацій порядку відсотка. Поляризаційно-люмінесцентний метод може застосовуватися до концентрацій порядку десятитисячних часток відсотка.

У природі і в технологічних процесах зустрічається багато плівок і волокон з частковою анізотропією - природного або штучного походження. Як приклад, можна назвати профарбовані флуорохромами деякі нервові волокна, волокна штучного шовку, витягнуті нитки овечої вовни, що мають власну люмінесценцію в ультрафіолетовій області, вісь пташиного пір'я [5, с. 170].

За допомогою поляризованого світла можна також досліджувати анізотропію полімерних плівок, які підлягають механічним деформаціям (наприклад, розтяг – це важливий і поширений технологічний процес у виробництві полімерів і пластмас). Для цієї цілі можуть слугувати подвійне заломлення, дихроїзм і знову ж таки поляризована люмінесценція. В останньому випадку можна скористатися як власною люмінесценцією полімеру

(якщо така є), так і люмінесценцією спеціально введеного в полімер барвника з анізотропними молекулами, які орієнтуються довгою віссю вздовж напрямку розтягу плівки. Орієнтація отримується, як правило, неповною і залежить від ступеня розтягу. Мірою орієнтації є ступінь поляризації люмінесценції, що збуджується природним світлом і спостерігається в напрямку збудження.

Дещо більш складними методами можна досліджувати й інші деформації плівки, наприклад, двовірний плоский розтяг також важливий у технологічному відношенні. Аналогічну інформацію про часткову орієнтацію плівок можна отримати незалежним шляхом, вимірюючи ступінь дихроїзму плівки. Наявність двох різних способів експериментального дослідження підвищують достовірність висновків. За допомогою цих простих методів можна, наприклад, здійснювати технологічний контроль у виробництві полімерів.

У дисциплінах біологічного напрямку не менш важливе значення мають методи добування та очищення дисперсних систем, розчинів високомолекулярних сполук. Важливе значення для дослідження біологічних систем мають інші спеціальні методи: інфрачервона спектроскопія, ядерний і протонний магнітний резонанс, рентгенографія. Поява та вдосконалення багатьох таких методів значною мірою стимулюються потребою біологічних дисциплін, перш за все біофізики, молекулярної біології і радіобіології [6, с. 65].

У дисципліні «Молекулярна біологія» визначними є фізичні методи дослідження структури й активності біомакромолекул (методи безпосереднього спостереження, рентгеноструктурний аналіз, дослідження структури макромолекул у розчині, методи дослідження одиночних макромолекул тощо). Найпотужнішим засобом аналізу складних білкових сумішей є мас-спектрометрія, принцип якої полягає в розділенні пучка заряджених частинок в електричному та магнітному полі на окремі фракції з однаковим відношенням маси до заряду. Сучасні методи іонізації зразків дозволяють іонізувати й переводити в газову фазу великі органічні сполуки, у тому числі олігопептиди та білки [4, с. 357].

За допомогою електронних мікроскопів успішно вивчаються найдрібніші об'єкти живої і неживої природи. Методом рентгеноструктурного аналізу розшифрована складна структура молекул ДНК і ряду важливих білкових сполук, що містять величезну кількість атомів. Біопотенціали серця, мозку і м'язів надійно реєструються за допомогою чутливих фізичних пристроїв. Надзвичайно плідною для хімії та молекулярної біології виявився метод магнітного резонансу. Метод спектрального аналізу надійно служить людині вже багато десятиліть.

Багатообіцяючим є застосування лазерного випромінювання в природничих науках. У природничих науках знаходить місце не тільки вивчення принципу роботи лазера, але й застосування лазерного випромінювання для вивчення біологічних об'єктів, зокрема для вивчення явища дифракції світла, використання лазерного випромінювання для оцінки розмірів клітин тощо. Впровадження досягнень фізики в біологію йде дуже швидко і у всезростаючих масштабах. В результаті тісної взаємодії біології та фізики виникла і швидко розвивається нова перспективна галузь науки - біофізика. Знання фізичних законів і вміння їх застосовувати надає неоціненну допомогу дослідникам природничих дисциплін в їх практичній діяльності.

Як приклад, розглянемо методи анізотропії випромінювання атомів молекул у біологічних процесах. Методи експериментального перетворення природного світла в поляризоване і зміна типу поляризації можуть ґрунтуватися на будь-яких оптичних явищах, при яких світло так чи інакше поляризується або змінює поляризацію. Такі явища досить багаточисельні і різноманітні. Найбільш відомі: відбивання і заломлення на межі ізотропних діелектриків; подвійне заломлення кристалів; дихроїзм (залежність поглинання світла від його поляризації); розсіювання світла.

Важливе значення у хімічних і біологічних дослідженнях має поляризаційна люмінесценція. Цей метод широко застосовується для дослідження білкових молекул і їх вторинних структур. Завдяки дуже великих розмірів молекул вдається отримати поляризовану люмінесценцію мічених

білкових молекул навіть у водних розчинах. Ця обставина багато в чому спрощує експериментальну сторону справи. Така методика застосовується і в галузі технології полімерів, наприклад, для вивчення закріплення молекул у процесі полімеризації, для вивчення колоїдів й інших об'єктів.

Поляризаційний метод корисний при вивченні в'язкості різних біологічних мікрооб'єктів, наприклад, плазми клітин. Люмінесцентна речовина (часто використовується барвник акрідіновий помаранчевий), введена в клітину, знаходиться всередині в двох станах – розчиненому в рідкій частині цитоплазми і адсорбованому на внутріклітинних структурах. Можна визначити частку тієї або іншої фракції. Вимірявши поляризацію люмінесценції розчиненої фракції, підбирають такий розчинник (наприклад, суміш гліцерину з водою), в якому барвник має ту ж поляризацію що і в клітині. Якщо витриманий ряд необхідних умов (однакова температура, концентрація тощо), то можна сказати, що в'язкість підібраного розчинника дорівнює в'язкості цитоплазми [5, с. 175-176].

В біології і медицині методи люмінесцентного аналізу застосовуються вже давно. Тут головним чином використовуються методи якісного аналізу, за допомогою якого розв'язуються дуже важливі завдання. Особливо плідним є спостереження люмінесценції мікроскопічних об'єктів, що проводиться за допомогою люмінесцентного мікроскопа.

Перед люмінесцентним аналізом ставляться завдання швидкого виявлення і розпізнання бактерій і мікробів, зокрема хвороботворних, вивчення будови клітин рослин і тварин та їх змін при захворюваннях, спостереження за перебігом захворювання, за зміною клітин тканини організму і поширення меж ураженої ділянки.

В сільському господарстві люмінесцентний аналіз застосовується для контролю якості продуктів, особливо умови зберігання, а також для виявлення і встановлення діагнозу різних захворювань тварин і рослин тощо.

Таким чином, методи якісного аналізу придатні для роботи в області хімії, біології, медицини і сільського господарства, виявляються корисними і в

судовій медицині, криміналістиці тощо, при врахуванні деяких специфічних властивостей. На сьогодні ці методи все більш упроваджуються в практику і вже отримали широке визнання і поширення.

Для кращого розуміння та оцінки фізичних процесів, явищ, що відбуваються в природі нами розроблений посібник «Фізичні методи дослідження». Запропонований посібник (рис. 1) створений спільною працею авторів Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова та Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського. Посібник призначений насамперед для студентів фізико-математичних інститутів (факультетів) та факультетів із спеціальностями: «Технологічна освіта», «Хімія» і «Біологія» III-IV рівнів акредитації. В основу посібника покладено програму з дисципліни «Фізика і фізичні методи дослідження» для хімічних спеціальностей. У посібнику зроблено спробу доступно викласти програмний матеріал відповідно до сучасного стану розвитку фізичних методів дослідження. При написанні посібника ми виходили з того, що студенти I-III курсів уже мають достатній рівень знань з фізики, тому, щоб уникнути надмірного збільшення обсягу посібника, зупинилися тільки на фізичних методах дослідження.



Рис. 1.

Фізичні методи дослідження — бурхливо розвиваються і вдосконалюються. Щороку у фізиці з'являються все нові й нові підходи до дослідження тих чи інших об'єктів природи. Тому ми не мали на меті охопити

абсолютно всі методи фізичних досліджень, а вважали за необхідне зробити їх узагальнення і надати конкретний матеріал на прикладі найбільш характерних, що дадуть змогу студентам творчо підійти до засвоєння програмного матеріалу.

Посібник складається зі вступу і п'яти розділів. У вступі «Методи пізнання» описано, наведено та подано класифікацію загальних методів пізнання явищ природи, методів пізнання у фізиці та фізичних методів дослідження. У першому розділі «Механіка» розглядаються такі методи дослідження речовини: зважування тіл на аналітичних терезах; опис рухів у механіці; вивчення руху рідини або газу; визначення в'язкості рідини; метод Лагранжа; визначення швидкості поширення звуку. Другий розділ «Молекулярна фізика і термодинаміка» має можливість ознайомити студентів з методами молекулярної фізики і термодинаміки; вимірювання питомої теплоємності тіл; зрідження газів; визначення вологості повітря. В третьому розділі «Електрика і магнетизм» йдеться про методи визначення питомого заряду електрона; опору в електричному колі; електрорушійної сили джерела; електричного зварювання металів та дослідження квазістаціонарних струмів. У четвертий розділ «Оптика» ввійшли методи фотометрії; хвильової і геометричної оптики; оптики рухомих середовищ і теорії відносності; вимірювання теплового випромінювання тіл; дослідження корпускулярних властивостей світла. П'ятий розділ «Атомна і ядерна фізика» включає експериментальні методи фізики атомного ядра і елементарних частинок.

Отже, ми сподіваємося, що запропонований посібник допоможе студентам глибоко засвоїти теоретичний матеріал, свідомо і творчо підійти до застосування відповідних методів у практичних цілях при виконанні лабораторних досліджень.

З наведених прикладів бачимо, що тісний взаємозв'язок і переплетення суміжних наук - характерна риса розвитку науки в наш час. Практика показує, що найбільш цінні наукові дані добуваються на стику наук при найтіснішій їх взаємодії. При вивченні будь-якої природничої проблеми ми щоразу переконуємося в тому, що природа єдина, а поділ на науки є умовним. Ця

обставина накладає особливий відбиток на викладання природничих дисциплін у школі та має враховуватися при підготовці майбутніх учителів хімії і біології. Викладачі різних дисциплін природничого циклу повинні будувати навчання таким чином, щоб у студентів в кінцевому підсумку складалася єдина несуперечлива картина світу.

Висновки. Використовуючи фізичні методи дослідження для явищ як живої так і неживої природи можна стверджувати, що вони є обов'язковою умовою для пізнання наукових дисциплін як хімічного так і біологічного циклу. З наведених прикладів видно, що науковий рівень курсу фізики реалізується через наукові дослідження природничих дисциплін, які пов'язані з відповідними методами дослідження.

Бібліографія:

1. Жаровский Ф.Г. Аналитическая химия /Ф.Г. Жаровский, А.Т. Пилипенко, И.В. Пятницкий. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Вища школа, 1982. – 544 с.
2. Каданер Л.И. Физическая и коллоидная химия /Л.И. Каданер. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Вища школа, 1983. – 287 с.
3. Лаврова И.В. Курс физики. Учебн. пос. для студ. биолого-хим. фак. пед. институт. /И.В. Лаврова. – М.: Просвещение, 1981. – 256 с.
4. Сиволоб А.В. Молекулярна біологія: підручник /А.В. Сиволоб. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. – 384 с.
5. Сиротюк В.Д. Фізичні методи дослідження /Сиротюк В.Д., Сільвейстр А.М., Моклюк М.О. – К.: НПУ імені М.П. Драгоманова, - 2013. – 261 с.
6. Усков І.О. Колоїдна хімія з основами фізичної хімії високомолекулярних сполук: Підручник /І.О. Усков, Б.В. Єременко, С.С. Пелішенко, В.В. Нижник. – К.: Вища шк., 1995, - 142 с.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

Сільвейстр Анатолій Миколайович – кандидат педагогічних наук, доцент, докторант кафедри теорії і методики навчання фізики та астрономії Національного педагогічного

університету імені М.П. Драгоманова.

Коло наукових інтересів: проблеми навчання фізики у майбутніх учителів хімії і біології.