

Г.О. Сіренко, О.В. Кузишин

Навчальна програма поглибленого вивчення курсу «Хімія аналітична» (для студентів спеціальності «Біологія»)

*Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,
вул. Шевченка, 57, м. Івано-Франківськ, 76018, Україна*

Сіренко Г.О., Кузишин О.В. Навчальна програма поглибленого вивчення курсу «Хімія аналітична» (для студентів спеціальності «Біологія»). – Івано-Франківськ: Прикарп. нац. ун-т ім. В. Стефаника, 2013. – 10 с.

Репрезентовано програму навчальної дисципліни «Хімія аналітична», яка належить до циклу природничо-наукової підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр напряму підготовки 6.040101 «Біологія». Програма складається із наступних частин: теоретичні основи аналітичної хімії; якісний хімічний аналіз катіонів та аніонів; кількісний аналіз; фізичні та фізико-хімічні методи аналізу.

Друкується за рішенням кафедри неорганічної та фізичної хімії (протокол № 1 від 28 серпня 2013 року).

Програма навчальної дисципліни складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра напряму підготовки 6.040101 «Біологія». Літ. джерел 83.

Ключові слова: якісний аналіз, кількісний аналіз, гравіметричний аналіз, титриметричний аналіз, метод нейтралізації, методи осадження, катіон, аніон, мас-спектроскопія, коливальна спектроскопія, ядерний магнітний резонанс, світлорозсіяння, електронна ультрафіолетова спектроскопія, видима спектроскопія, нейтронне розсіяння, X-промінева спектроскопія, фотоелектронна спектроскопія.

Навчальна програма поступила до редакції 28.08.2013; прийнята до друку 30.09.2013.

I. Теоретичні основи аналітичної хімії

1.1. Вступ до аналітичної хімії. Предмет і завдання аналітичної хімії. Короткі історичні відомості про розвиток аналітичної хімії. Роль аналітичної хімії в лабораторній діагностиці. Якісний та кількісний аналіз.

1.2. Термодинаміка та кінетика хімічних процесів. Швидкість хімічних реакцій. Хімічна рівновага. Вплив природи і концентрації реагентів на швидкість хімічних реакцій. Вплив температури на швидкість реакції. Закон діючих мас. Хімічна рівновага. Основні типи хімічних реакцій та рівноваг, які використовуються в аналітичній хімії.

1.3. Рівновага в розчинах електролітів. Електроліти, сильні і слабкі електроліти, стан сильних електролітів у розчинах. Кислотно-основні рівноваги. Розчини електролітів та їх значення. Теорія сильних електролітів. Електролітична дисоціація сильних і слабких електролітів. Йонний добуток води, рН середовища. Розрахунок величин рН розчинів сильних, слабких кислот та основ, солей. Вплив природи розчинника на силу електролітів. Теорії кислот і основ. Рівноваги в розчинах слабких кислот та основ. Гідроліз солей. Ступінь та константа гідролізу. Рівноваги в розчинах солей, які гідролізуються. Розрахунок кислотності (рН)

водних розчинів кислот, основ та солей. Амфотерність та її використання в аналітичній хімії. Буферні розчини. Рівноваги в буферних розчинах. Буферні системи, їх характеристики, означення буферної ємності. Буферна дія. Протолітичні рівноваги в буферних системах. Використання буферних розчинів у аналізі. Приготування буферного розчину із заданим рН. Рівноваги в розчинах амфотерних речовин. Використання амфотерності в аналітичній хімії.

1.4. Рівновага в гетерогенних системах. Гетерогенні системи. Гетерогенні рівноваги у розчині. Добуток розчинності як характеристика ступеня розчинності сполуки. Константа рівноваги гетерогенних реакцій. Типи осадів. Умови утворення і розчинення осадів. Вплив різних факторів на розчинність осаду (сторонні електроліти, рН, комплексоутворюючі реагенти). Визначення концентрації йонів у насиченому розчині над осадом.

1.5. Комплексні (координаційні) сполуки. Теорія утворення і будови комплексних сполук. Склад комплексних сполук. Природа хімічного зв'язку та ізомерія комплексних сполук. Добування, класифікація і номенклатура комплексних сполук. Циклічні та хелатні комплекси. Властивості комплексних сполук. Рівноваги в розчинах комплексних сполук. Константи нестійкості комплексів. Застосування методу комплексоутворення в хімічному аналізі.

1.6. Розчини. Характеристика розчинів. Способи вираження складу розчинів. Обчислення, пов'язані з приготуванням розчинів різної концентрації. Перехід від одного способу вираження складу розчину до іншого. Методики та формули розрахунку концентрацій. Типове лабораторне обладнання та прилади для базових хімічних процедур. Приготування розчинів хімічних сполук заданої концентрації.

1.7. Окисно-відновні реакції. Типи окисно-відновних реакцій. Реакції диспропорціонування. Окисно-відновний потенціал. Рівняння Нернста. Залежність величин редокс-потенціалів систем від різних чинників (ЕРС реакції, рН). Константа рівноваги окисно-відновної реакції. Значення окисно-відновних реакцій та їх застосування в аналітичній хімії. Теоретичні основи окисно-відновних реакцій. Складання рівнянь окисно-відновних реакцій. Кількісні характеристики і напрямленість окисно-відновних реакцій.

II. Якісний хімічний аналіз катіонів та аніонів

2.1. Основні означення якісного аналізу. Предмет та завдання якісного аналізу. Методи якісного аналізу. Дробний та систематичний аналіз. Аналітичні реакції та їх характеристика. Способи виконання якісних реакцій. Умови виконання та чутливість аналітичних реакцій. Обладнання і техніка якісного аналізу. Правила роботи в аналітичній лабораторії і техніка безпеки. Загальні правила. Техніка безпеки. Перша допомога в разі нещасних випадків. Визначення аналітичної групи катіонів та аніонів. Аналітична група. Якісний аналіз катіонів. Аналітичні класифікації катіонів. Кислотно-основна та сірководнева класифікація катіонів. Групові реагенти для визначення аналітичної групи катіонів. Зв'язок аналітичних властивостей катіонів з положенням у періодичній системі відповідних елементів.

2.2. Перша аналітична група катіонів. Загальна характеристика групи. Біологічна роль і медичне застосування сполук. Аналітичні реакції катіонів I аналітичної групи: Na^+ , K^+ , Li^+ , NH_4^+ . Систематичний аналіз суміші катіонів першої аналітичної групи.

2.3. Друга аналітична група катіонів. Загальна характеристика групи та біологічна роль катіонів. Груповий реагент на II аналітичну групу катіонів, особливості його застосування. Аналітичні реакції катіонів II аналітичної групи: Ag^+ , Pb^{2+} , Hg_2^{2+} . Систематичний аналіз суміші катіонів другої аналітичної групи.

2.4. Третя аналітична група катіонів. Загальна характеристика групи. Біологічна роль і медичне застосування сполук. Груповий реагент на III аналітичну групу катіонів, особливості його застосування. Аналітичні реакції катіонів III ана-

літичної групи: Ba^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} . Систематичний аналіз суміші катіонів третьої аналітичної групи.

2.5. Четверта аналітична група катіонів. Загальна характеристика групи. Біологічна роль і значення сполук катіонів IV групи для медицини. Груповий реагент на IV аналітичну групу катіонів, особливості його застосування. Аналітичні реакції катіонів IV аналітичної групи: Al^{3+} , Zn^{2+} , Cr^{3+} , As^{3+} , As^{5+} , Sn^{2+} , Sn^{4+} . Систематичний аналіз суміші катіонів четвертої аналітичної групи.

2.6. П'ята аналітична група катіонів. Загальна характеристика групи. Біологічна роль і медичне застосування сполук. Груповий реагент на V аналітичну групу катіонів, особливості його застосування. Аналітичні реакції катіонів V аналітичної групи: Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Bi^{3+} , Mg^{2+} , Sb^{3+} , Sb^{5+} . Аналіз суміші катіонів п'ятої аналітичної групи.

2.7. Шоста аналітична група катіонів. Загальна характеристика групи. Біологічна роль і значення сполук катіонів VI аналітичної групи для медицини. Груповий реагент на VI аналітичну групу катіонів, особливості його застосування. Аналітичні реакції катіонів VI аналітичної групи: Cd^{2+} , Co^{2+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} , Hg^{2+} . Аналіз суміші катіонів шостої аналітичної групи дробним методом. Систематичний аналіз суміші катіонів шостої аналітичної групи.

2.8. Аналіз суміші катіонів першої – шостої аналітичних груп. Систематичний аналіз катіонів I-III аналітичних груп за кислотно-основною класифікацією. Систематичний аналіз катіонів IV-VI аналітичних груп за кислотно-основною класифікацією.

2.9. Якісні реакції аніонів. Аналіз невідомої речовини та вмісту деяких домішок у ній. Класифікація аніонів на групи. Аналіз аніонів. Групові реагенти, особливості застосування групових реагентів під час аналізу суміші аніонів.

2.10. Перша аналітична група аніонів. Загальна характеристика групи. Біологічна роль і медичне застосування сполук. Якісні реакції аніонів SO_4^{2-} , SO_3^{2-} , PO_4^{3-} , CO_3^{2-} , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6^{2-}$, $\text{HC}_6\text{H}_5\text{O}_7^{2-}$ та умови їх виконання.

2.11. Друга аналітична група аніонів. Загальна характеристика групи, біологічна роль і медичне застосування сполук. Якісні реакції аніонів Cl^- , Br^- , I^- , S^{2-} , $\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-$ та умови їх виконання.

2.12. Третя аналітична група аніонів. Загальна характеристика групи, біологічна роль і медичне застосування сполук. Якісні реакції аніонів NO_2^- , NO_3^- , MnO_4^- , CH_3COO^- , $\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})\text{COO}^-$ та умови їх виконання.

2.13. Реакції аніонів органічних кислот. Особливі випадки в аналізі аніонів. Аналіз суміші аніонів I-III груп.

2.14. Визначення ймовірних елементів, катіонів, аніонів у неорганічній сполуці на основі попереднього випробування зразку. Алгоритм попереднього випробування неорганічної сполуки з

метою її подальшої ідентифікації. Аналіз сполуки невідомого складу. Аналіз сумішей сухих солей. Випробування на чистоту і визначення деяких домішок у лікарських препаратах.

2.15. Методи розділення та концентрування. Екстракція. Закони розподілу. Константа екстракції. Коефіцієнт розподілу. Коефіцієнт абсолютно-го концентрування. Ступінь вилучення. Класифікація екстракційних процесів. Умови екстракції органічних та неорганічних сполук. Визначення коефіцієнту розподілу речовини між водною та органічною фазами.

III. Кількісний аналіз

3.1. Предмет і завдання кількісного аналізу. Класифікація та характеристика методів кількісного аналізу. Вимоги до реакцій. Стандартні речовини та стандартні розчини. Похибки в кількісному аналізі. Класифікація похибок. Математична обробка результатів аналізу.

3.2. Гравіметричний (ваговий) аналіз. Суть гравіметричного аналізу. Принципи гравіметричного аналізу. Класифікація методів гравіметричного аналізу. Хімічний гравіметричний аналіз. Аналітичні терези. Демпферні терези і зважування на них. Аналітичні терези системи ТЛР-200. Посуд і обладнання для гравіметричного аналізу. Важливі операції гравіметричного аналізу. Техніка гравіметричного аналізу. Алгоритм визначення вмісту речовин гравіметричним методом. Застосування гравіметричного аналізу. Приклади визначень методом гравіметрії. Гравіметричне визначення фосфатів.

3.3. Титриметричні методи аналізу. Сутність титриметричного (об'ємного) аналізу. Вимоги до реакцій, які використовують у титриметричному аналізі. Теоретичні основи титриметричних методів аналізу. Характеристика і класифікація методів титриметрії. Загальні положення титриметрії. Розчини, які використовують у титриметрії. Приготування робочих (титрованих) розчинів. Методики титрування і обчислення в титриметричному аналізі. Розрахунки концентрацій у різних одиницях виміру. Концентрація. Способи вираження концентрацій розчинів: молярна концентрація, масова частка, нормальність, титр. Еквівалент. Формули перерахунків концентрацій. Розрахункові формули в титриметричному аналізі. Титрант, точка еквівалентності, точка кінця титрування, індикатор, його характеристики та вимоги до нього. Одиниці виміру титранту. Визначення кількості титранту в точці еквівалентності під час титрування. Техніка титрування. Вимірювання об'ємів. Мірний посуд. Точність аналізу. Класифікація хімічних сполук. Вибір методу титриметрії для певних хімічних сполук.

3.4. Метод нейтралізації (кисотно-основне титрування). Загальна характеристика методу. Теоретичні основи та класифікація методів кислотно-основного титрування. Кислотно-основні

індикатори. Теорії індикаторів. Криві титрування методу нейтралізації і правила вибору індикаторів за кривими титрування. Похибки кислотно-основного титрування. Можливості кислотно-основного титрування. Вибір індикаторів за продуктами реакції. Техніка титрування. Кислотно-основне титрування у неводних середовищах. Класифікація розчинників. Вибір розчинника для титрування. Титранти методу. Індикація кінцевої точки титрування. Застосування в аналізі. Методи визначення концентрації кислот у розчині. Приклади алкаліметричних і ацидиметричних визначень. Методи визначення карбонат-йонів у розчині. Визначення вмісту натрій карбонату методом ацидиметричного титрування. Визначення вмісту оцтової кислоти методом алкаліметричного титрування. Алкаліметричне титрування та типові індикатори.

3.5. Методи оксидиметрії (окисно-відновне титрування). Теоретичні основи та класифікація методів окисно-відновного титрування. Рівняння Нернста. Вплив різноманітних факторів на швидкість окисно-відновної реакції та значення рівновагового редокс-потенціалу. Способи титрування. Фіксування кінцевої точки титрування в методах окисно-відновного титрування. Редокс-індикатори. Криві окисно-відновного титрування. Розрахунок фактора еквівалентності та стехіометричного співвідношення. Перманганатометрія. Суть методу перманганатометрії. Приготування робочого розчину калій перманганату та встановлення його концентрації. Перманганатометричне титрування та особливості індикатору. Приклади визначень у перманганатометрії. Перманганатометричне визначення вмісту феруму (II). Методи кількісного визначення відновників. Йодометрія. Теоретичні основи методу йодометрії. Приготування титрованих розчинів. Приклади визначення відновників і окисників. Йодометричне визначення вмісту кисню у розчині. Йодометричне титрування та його застосування для визначення концентрацій різних сполук (зокрема кисню, аскорбінової кислоти). Крохмаль як специфічний індикатор при йодометрії. Нітритометрія, броматометрія та бромометрія. Хімічні реакції, на яких засновані методи. Титранти, їх приготування і стандартизація. Індикатори методів. Визначення лікарських речовин у медичних препаратах. Хроматометрія. Дихроматометрія. Йодхлорометрія. Цериметрія.

3.6. Методи осадження (осаджувальне титрування). Сутність титриметричних методів осадження. Теоретичні основи та класифікація методів осаджувального титрування. Вимоги до реакцій. Криві методів осаджувального титрування. Індикатори осаджувального титрування. Методи аргентометрії. Способи визначення кінцевої точки титрування: безіндикаторні та індикаторні способи. Класифікація аргентометричних методів залежно від обраного індикатору. Визначення хлоридів методом Мора: титрант, його приготування та стандартизація, індикатор, умови визначення, за-

стосування в аналізі. Визначення хлоридів методом Фаянса-Ходакова (метод адсорбційних індикаторів): адсорбційні індикатори, механізм їх дії; умови визначення, застосування в аналізі. Метод зворотного титрування за Фольгардом (роданометрія): пряме і зворотне титрування; титранти, їх приготування і стандартизація, індикатор, умови визначення, застосування в аналізі. Приклади визначень методом аргентометрії. Меркурометрія: сутність методу, титрант, його приготування і стандартизація, індикатори, умови визначення, застосування в аналізі.

3.7. Комплексонометрія (комплексометричне титрування). Теоретичні основи методу комплексонометрії. Загальна характеристика комплексометричних методів аналізу. Приклади визначення катіонів металів методом комплексонометрії. Меркурометрія. Комплексонометрія (трилонометрія). Комплексонометричне визначення сумарного вмісту солей кальцію та магнію. Комплексонометричне титрування та його застосування під час визначення вмісту біогенних елементів та важких металів. Металохромні індикатори.

IV. Фізичні та фізико-хімічні методи аналізу

Вступ. Загальна характеристика фізичних методів дослідження речовини. Пряме і зворотне завдання методів. Спектроскопічні методи дослідження. Дифракційні методи. Оптичні та інші методи дослідження. Значення фізичних методів дослідження речовини для теоретичної та прикладної хімії. Сучасний рівень та перспективи розвитку фізичних методів дослідження речовини.

4.1. Термічний аналіз.

Основні означення.

Диференціальний термічний аналіз (ДТА). Суть методу. Термічні криві «час-температура»: прямий і диференціальний запис. Приклади, що застосовують у ДТА. Термопар. Схеми простої та диференціальної термопар. Комбінована термопара. Матеріали для термопар. Дзеркальні гальванометри. Характеристики пірометрів. Тиглі. Зразок та еталон. Теоретично можливі криві топлення та твердіння зразка. Приклади термограм утворення та розкладу твердих розчинів та хімічних сполук. Діаграми стану подвійних та потрійних конденсованих систем у координатах «температура – час».

Термогравіметричний аналіз (ТГА). Ізотермічний гравіметричний аналіз (ІТГА). Динамічний термогравіметричний аналіз (ДТГА). Характеристичні точки термогравіметричної кривої. Загальні закономірності термічного розкладу речовини. Механізми і кінетика термічного розкладу речовини.

Термоволюметричний аналіз.

4.2. Методи мас-спектроскопії.

Основні принципи мас-спектроскопії. Процеси йонізації. Утворення мас-спектру. Йонізація атомів і молекул. Процес йонізації та типи йонів.

Методи йонізації. Джерело йонів. Мас-аналізатор. Реєструючий пристрій (детектор йонного струму). Система введення речовини, яка аналізується, в йонне джерело. Явище сорбції та «пам'яті» в мас-спектрометрії.

Принципові схеми мас-спектрометрів. Магнітний мас-спектрометр. Динамічні мас-спектрометри. Спектрометр йон-циклотронного резонансу. Аналітичне застосування електронів низької енергії.

Вакуум. Фізичний вакуум. Вакууметрія. Вакуумна техніка. Вакуумна система мас-спектрометра. Вакуумна арматура. Вакуумні помпи: механічні, струменні, сорбційні, йонні, конденсаційні (кріогенні). Ділянки вакууму та дії різних вакуумних pomp. Вакуумні оливи. Вакуумні матеріали.

Обладнання для мас-спектрометрії. Мас-спектрометри з простим фокусуванням. Методи введення зразків, які застосовуються в мас-спектрометрії. Мас-спектрометри високого розв'язання. Квадрупольні мас-спектрометри.

Апаратура та методика піролітичної мас-спектрометрії. Піролізна комірка. Введення продуктів деструкції в мас-спектрометр. Електроударна піролітична мас-спектрометрія. Йонізація в електричному полі. Лазерна піролітична мас-спектрометрія. Атомно-йонна мас-спектрометрія. Поєднання піролітичної газової хроматографії з мас-спектрометрією. Мас-спектрометрія з електрогідродинамічною йонізацією.

Методи аналізу даних піролітичної мас-спектрометрії. Отримання та використання мас-термограм. Визначення кінетичних характеристик. Встановлення структури продуктів деструкції за мас-спектрами.

Застосування мас-спектрометрії. Ідентифікація та встановлення будови речовин. Визначення потенціалів йонізації молекул та появи йонів. Мас-спектральні термодинамічні дослідження. Мас-спектрометрія в хімічній кінетиці.

Застосування мас-спектрометрії для характеристики та аналізу органічних речовин. Якісний аналіз, ідентифікація та встановлення структури органічних сполук. Кількісний аналіз. Кількісний аналіз продуктів деструкції високомолекулярних сполук. Мас-спектри вуглеводнів, спиртів, оксигенвмісних сполук, галогенвмісних сполук, сульфурвмісних сполук, нітрогенвмісних сполук, силіційвмісних та інших сполук.

4.3. Методи визначення електричних дипольних моментів молекул.

Теоретичні основи методів. Електричний дипольний момент молекули. Енергія молекули в зовнішньому електричному полі. Орієнтаційна поляризація молекул. Ефект Штарка і квантомеханічний підхід до виведення орієнтаційної поляризації молекул. Діелектрик в електричному полі.

Експериментальні методики та застосування даних за електричними дипольними моментами в хімії. Перший метод Дебая – визначення електрич-

ного дипольного моменту пари речовин. Другий метод Дебая – визначення електричних дипольних моментів молекул речовин у розбавлених розчинах. Відхилення молекулярного пучка в неоднорідному електричному полі. Метод електричного резонансу. Використання даних за дипольними моментами в хімії.

4.4. Методи визначення геометричної будови молекул.

Мікрохвильовий метод дослідження обертальних спектрів молекул. Обертальні спектри поглинання молекул. Методика експерименту в мікрохвильовій обертальній спектроскопії. Методи розрахунку геометричних параметрів молекул. Визначення електричних дипольних моментів молекул. Дослідження внутрішнього обертання та інверсії молекул. Деякі результати мікрохвильових досліджень.

Чисто обертальні спектри комбінаційного розсіяння (КР). Теоретичні основи методу. Методика експерименту обертальної спектроскопії КР. Визначення геометрії молекул.

Метод газової електроннографії.

1. Розсіяння електронів атомами. Пружне розсіяння електронів атомами. Непружне розсіяння електронів атомами. Повна інтенсивність атомного розсіяння.

2. Розсіяння електронів молекулами. Молекулярна складова інтенсивності розсіяння. Перетворення Фур'є в газовій електроннографії. Двоатомні молекули. Принципова схема електроннографа. Мікрофотометрування. Виділення молекулярної складової інтенсивності розсіяння.

3. Розшифрування електроннограм. Вплив внутрімолекулярних коливань на конфігурацію молекул, яку визначають методом газової електроннографії. Можливості методу газової електроннографії. Визначення геометрії молекул під час сумісного використання електроннографічних та спектроскопічних даних. Деякі стереохімічні результати електронно-графічних досліджень.

4.5. Методи коливальної спектроскопії. Методи інфрачервоної (ІЧ) спектроскопії та спектроскопії комбінаційного розсіяння (КР) світла.

Теоретичні основи коливальної спектроскопії. Квантомеханічне представлення коливальних спектрів. Основи класичної теорії коливальних спектрів. Практичний розрахунок коливальних спектрів.

Симетрія молекул і нормальних коливань. Загальні уявлення про симетрію молекул. Якісні уявлення про симетрію коливань. Результати теоретико-групового аналізу коливань. Резонанс Фермі. Ефекти кристалічності.

Аналіз та інтерпретація спектрів. Визначення симетрії і структури молекул. Висліди із співставлення ІЧ та КР спектрів. Поляризація смуг у спектрах КР. Контури обертальної структури смуг. Групові або характеристичні частоти. Ізотопні ефекти.

Інше застосування коливальних спектрів. Визначення силових полів молекул. Кореляція силових сталих молекул з іншими властивостями. Крутильні коливання та потенціальні перешкоди внутрішнього обертання. Використання фундаментальних частот для розрахунку коливальних вкладів у термодинамічні функції. Ідентифікація сполуки та якісний аналіз сумішей. Кількісний аналіз. Дослідження рівноваг. Комплекси з водневими зв'язками. Кінетичні дослідження. Коливальна спектроскопія високомолекулярних сполук.

Прилади та експериментальна техніка.

1. Техніка та методики ІЧ-спектроскопії. Принципи будови та дії ІЧ-спектрометрів. Двопроменевий спектрометр. Оптичні матеріали для ІЧ-спектроскопії. Поводження з оптичними матеріалами, які використовуються в ІЧ-спектроскопії, та їх зберігання. Підготовка зразків різного типу. Методика приготування зразків: тверді полімери, ізотропні плівки, орієнтовані плівки. Вирізання полімерних зразків. Видалення із спектрів плівкових зразків інтерференційних смуг. Зменшення розсіяння від поверхні зразків. Приготування зразків полімерних гелів для спектроскопічних досліджень. Приготування волокон для спектроскопічних досліджень. Мікроспектроскопія окремих волокон. Спектроскопія пучків волокон. Рідкі полімери. Розчини. Багатопрхідні кювети. Додаткові прилади. Дослідження зразків спеціального призначення. Якісний аналіз в ІЧ-спектроскопії. Визначення ступеня кристалічності полімерів методом інфрачервоної спектроскопії. Інфрачервона спектроскопія поверхні полімерних кристалів. Вимірювання мікродзеркального відбивання. Спектроскопія внутрішнього відбивання. Інфрачервона відбивально-абсорбційна спектроскопія. Інфрачервона фур'є-спектроскопія. Близня інфрачервона спектроскопія. Дальня інфрачервона спектроскопія.

2. Порушене повне внутрішнє відбивання.

3. Техніка спектроскопії КР. Спектральна апаратура та зразки. Резонансне та інверсійне КР. Методи нелінійної спектроскопії КР.

Коливання карбон-карбонівих та карбон-гідрогенових зв'язків: валентних, деформаційних та карбонівого ланцюга алканів, алкенів, алкінів та алленів, ароматичних сполук.

Коливання карбон-оксигенових та оксиген-гідрогенових зв'язків: валентних, міжмолекулярних, внутрішньомолекулярних та деформаційних зв'язків спиртів, фенолів, етерів, пероксидів, галогенвмісних сполук, карбонатів, альдегідів, кетонів, карбонівих кислот, естерів.

Коливання карбон-нітрогенних та нітроген-гідрогенових зв'язків: валентних та деформаційних коливань амідів, білків та поліпептидів, аміно- та амідокислот, амінів, гетероциклічних ароматичних сполук.

Коливання між елементами структури зв'язків сполук, що містять Фосфор, Галогени, Силіцій, Сульфур та інші елементи.

4.6. Методи електронної ультрафіолетової (УФ) та видимої спектроскопії.

Основи теорії електронних спектрів молекул. Загальна характеристика властивостей електронних станів. Номенклатура та символіка електронних станів. Класифікація електронних переходів, їх відносне положення. Правила відбору та інтенсивність переходів.

Застосування електронних спектрів. Структурно-спектральні кореляції: органічні сполуки, неорганічні та комплексні сполуки. Аналітичні застосування: якісний аналіз та ідентифікація речовин, кількісний аналіз.

Техніка, прилади, методики електронної спектроскопії. Апаратура абсорбційної спектроскопії. Прилади для електронної спектроскопії. Двопроменевий спектрометр. Кювети для зразків та кювети порівняння. Кювети високого тиску для оптичних досліджень. Розчинники для ультрафіолетової спектроскопії. Підготовка зразків. Спектроскопія з диференціюванням, спектроскопія різниці (відмінності) та двохвильова спектроскопія. Спектри люмінесценції: теоретичні основи, практичне застосування та техніка люмінесцентної спектроскопії.

4.7. Емісійна спектроскопія.

Ексімери та ексіплекси.

Флуоресценція. Прилади для флуоресцентної спектроскопії: флуоресцентні спектрофотометри. Методи вимірювання тривалості флуоресценції. Метод рахунку окремих фотонів. Осцилографічний імпульсний метод. Метод, пов'язаний із зсувом фаз.

Поляризована флуоресценція. Вивчення молекулярної рухливості флуоресцентним методом.

Фосфоресценція. Прилади для фосфоресцентної спектроскопії: фосфоресцентні спектрофотометри. Вимірювання тривалості фосфоресценції.

Імпульсна кінетична спектроскопія.

Наносекундна імпульсна спектроскопія.

Хемілюмінесценція і термолюмінесценція.

Застосування емісійної спектроскопії для дослідження полімерів.

4.8. Аналіз нейтронного розсіяння.

Властивості нейтронів.

Прилади для аналізу нейтронного розсіяння: джерела нейтронів, спектрометри розсіяння нейтронів. Детектори нейтронів. Приготування зразків.

Застосування аналізу нейтронного розсіяння для вивчення структури полімерів.

4.9. Аналіз анігіляції позитронів.

Властивості позитронів.

Експериментальні методи.

Прилади для аналізу анігіляції позитронів: джерела позитронів, гамма-сцинтиляційні лічильники. Система вимірювання часу життя позитрона. Приготування зразків.

Застосування аналізу анігіляції позитронів для дослідження структури полімерів.

4.10. Методи X-променевої і фотоелектронної спектроскопії.

Фізичні основи методів та експериментальна техніка.

1. Загальні принципи.

2. Параметри і структура фотоелектронних спектрів. Хімічний зсув. Спін-орбітальний зв'язок у молекулах та деякі інші ефекти. Коливальна структура фотоелектронних спектрів. Інтенсивність фотоелектронних піків. Глибина виходу фотоелектронів.

3. Техніка і методика експерименту. Апаратура. Стандарти для обліку зарядки зразків і калібрування спектрометрів. Комплексні установки та методики. X-променевофлуоресцентні спектрометри.

Застосування методів фотоелектронної спектроскопії в хімії.

1. Структурно-аналітичне застосування. Елементний аналіз і ідентифікація сполук. Структурна інформація. Кількісний аналіз.

2. Теоретичне моделювання та пояснення хімічних зсувів.

3. Деякі закономірності та кореляції хімічних зсувів. Зв'язок із ефективним зарядом та ступенем окиснення. Адитивність хімічних зсувів. Кореляція хімічних зсувів з даними інших методів.

4. Адсорбція, каталіз та інші галузі застосування.

4.11. Методи ядерного магнітного та парамагнітного резонансу.

Основи ядерного магнітного резонансу (ЯМР). Основи фізичної теорії спектроскопії ЯМР. Ядерний спін. Система координат, що обертається (СКО). Імпульсне збудження ядерних спінів. Частотне і часове представлення сигналу ЯМР. Позарезонансні ефекти. Параметри спектрів ЯМР. Хімічні зсуви. Спін-спінова взаємодія (ССВ). Хімічний зсув і спін-спінова взаємодія. Екранування ядер електронами, хімічні зсуви сигналів ЯМР. Спін-спінова взаємодія і мультиплетність спектрів ЯМР. Інтенсивність сигналів. Поведінка в СКО хімічних зсувів та розщеплень. Імпульсні послідовності. Релаксація спінів. Спін-спінова взаємодія з квадрупольним ядром. Методи розв'язки (декаплінгу) ядерних спінів. Фізичні основи декаплінгу. Гомоядерний декаплінг. Зсуви Блоха-Сігерта. Ядерний ефект Овергавзера (ЯЕО). Стационарні ЯЕО. ЯЕО у двоспіновій системі. ЯЕО і молекулярний рух. ЯЕО і відстані між спінами. Гетероядерні ЯЕО. ЯЕО в багато спінових системах. Додаткові шляхи релаксації. Визначення міжспінових відстаней. Непрямі ефекти і дифузія спінів. Перенесення насичення. Перенесення поляризації. Дія імпульсних градієнтів поля на поперечну намагніченість.

Фізичні принципи методу. Магнітний момент ядра та його взаємодія з магнітним полем. Умови ядерного магнітного резонансу. Реалізація умов магнітного резонансу.

Застосування і техніка експерименту.

1. Застосування в структурних дослідженнях.

2. Фізико-хімічні застосування.

3. Динамічний ЯМР.

4. Техніка та методика експерименту. Спектрометри ЯМР.

4.1. Спектрометр ЯМР. Імпульсне збудження. Детектування сигналу. Відбір точок спаду вільної індукції (СВІ). Квадратурне детектування. Фазові цикли, селекція сигналів. Згладжувальні функції (функції аподизації). Фазова корекція. Підготовка зразка. Підготовка спектрометра. Калібрування спектрометра.

4.2. Спектр ЯМР на ядрах ^1H . Кореляції будови структурних фрагментів молекул з хімічними зсувами в спектрах на ядрах ^1H . Кореляції структурних фрагментів з виглядом сигналів у спектрах ПМР. Аналіз спектру чистої сполуки з неспівпадаючими сигналами. Аналіз спектру сполуки, що містить домішки. Аналіз складних спектрів ПМР. Знаходження спектральних параметрів. Зв'язок величин константи спіні-спінової взаємодії (КССВ) на ядрах ^1H зі структурою хімічних сполук. Кореляції хімічних зсувів ядер ^{13}C зі структурою молекули. Константи спіні-спінової взаємодії ядер ^{13}C - ^1H . Адитивні схеми обчислення хімічних зсувів ядер ^{13}C . Аналіз вуглецевого спектру сполуки. Основні закономірності спектрів ^{19}F . Програми обробки спектрів. Динамічні ефекти в ЯМР.

4.3. Одномірні методики ЯМР. Оптимізація одноімпульсного експерименту. Вимірювання спектрів ядерного ефекту Овергавзера. Кількісне вимірювання ЯЕО. Застосування спектрів ЯЕО. Використання ароматичних розчинників для спрощення спектру ЯМР. Придушення сигналу розчинника. Гетероядерний декаплінг. Редагування спектрів ^{13}C за допомогою спінової луни. Визначення квадрупольних ядер.

4.4. Двомірна спектроскопія ЯМР. Подвійний резонанс. Зразки, розчинники, стандарти. Генерація двомірних спектрів. Вступ до двомірних методик. Генерація другого виміру. Методи графічного подання двомірних спектрів. Тонка структура піків. Інтерпретація структури мультиплетів. Ускладнення, що виникають при інтерпретації спектрів.

Спектроскопія електронного парамагнітного резонансу (ЕПР).

1. Теоретичні основи методу: умови ЕПР. Положення резонансного сигналу та g-фактор. Електрон-ядерна взаємодія і тонка структура спектрів ЕПР анізотропних систем. Інтенсивність, ширина і форма лінії.

2. Додатки спектроскопії ЕПР. Структурні дослідження. Кінетичні та інші дослідження.

3. Техніка та експериментальні методики спектроскопії ЕПР. Загальні відомості. Методи подвійного резонансу. Хімічна поляризація ядер та електронів.

4.12. Методи ядерного квадрупольного резонансу та ядерного гамма-резонансу.

Ядерний квадрупольний резонанс (ЯКР).

1. Основи теорії. Загальні відомості. Електро-статична взаємодія квадрупольного ядра з електричним полем. Квадрупольні рівні енергії та переходи. Інтенсивність, ширина і мультиплетність сигналу.

2. Додатки та інтерпретація спектрів ЯКР. Частоти ЯКР. Структурні додатки. Інтерпретація градієнту неоднорідного електричного поля на ядрі. Кореляції спектральних параметрів ЯКР з іншими фізико-хімічними характеристиками.

3. Техніка і методи експерименту.

Мессбауерівська та імпедансна спектроскопія.

1. Загальна характеристика та теоретичні основи методу.

2. Параметри мессбауерівських спектрів. Ізомерний (хімічний) зсув. Квадрупольне розщеплення. Надтонка структура магнітних взаємодій.

3. Застосування в хімії. Емпіричні кореляції і структурні дослідження. Динамічні ефекти.

4. Техніка та методи експерименту.

4.13. Методи дослідження оптично-активних речовин.

Оптичні методи.

1. Властивості електромагнітного випромінювання.

2. Спектроскопічні методи для дослідження полімерів. Абсорбційна спектроскопія.

3. Неспектроскопічні оптичні методи дослідження полімерів. Поляризоване випромінювання.

4. Оптичні матеріали.

5. Джерела світла. Дейтерієві джерела світла. Жарівки на інертному газі. Ртутні дугові жарівки.

6. Лазери. Гелієво-неоновий лазер. Аргонний йонний лазер. Рубіновий лазер. Лазери на органічних барвниках.

7. Оптичні детектори. Фотопровідні і фотоелектричні детектори. Теплові детектори. Фотоплівка.

Показник заломлення.

1. Визначення інкременту показника заломлення.

2. Автоматичний диференціальний рефрактометр.

3. Визначення питомого об'єму розчиненої речовини за показником заломлення розчину.

Дисперсія оптичного обертання (ДОО). Лінійно поляризоване випромінювання. Кругова поляризація світла. Квантомеханічний розгляд оптичної активності та спіральна модель молекули. Симетрія молекул та оптична активність. Криві ДОО. Ефект Коттона. Принципова схема експерименту.

Круговий дихроїзм (КД). Поглинання променів з різною круговою поляризацією. Зв'язок кругового дихроїзму та обертальної сили переходу. Схема експерименту. Формування променів з круговою поляризацією.

Застосування спектрополяриметрії в хімії. Загальні питання застосування методів ДОО та

КД. Емпіричні закономірності. Правила Брюстера та октантів.

4.14. Світлорозсіяння.

Ширококутове розсіяння світла. Розсіяння маленькими частинками у розчині. Визначення молекулярної маси маленьких часточок методом світлорозсіяння. Розсіяння розчинами макромолекул. Визначення середньомасової молекулярної маси методом світлорозсіяння. Метод асиметрії. Метод Зімма. Визначення другого віріального коефіцієнта методом світлорозсіяння. Визначення середньоквадратичної відстані між кінцями полімерного ланцюга методом світлорозсіяння. Прилади для вимірювання світлорозсіяння. Приготування зразків для вимірювання розсіяння світла. Застосування світлорозсіяння для дослідження полімерів.

Імпульсно-індуковане критичне розсіяння.

Малокутове лазерне світлорозсіяння.

Спектроскопія відбиття світла.

Спектроскопія Релея-Бріллюена. Інтерферометри Фабрі-Перо.

4.15. Методи вивчення поляризованості та магнітної оптичної активності.

Релеєвське розсіяння світла. Релеєвське розсіяння світла в газах та розчинах. Схема та умови експерименту.

Ефект Керра. Закон Керра. Методика експерименту. Теорія ефекту Керра. Застосування методу релеєвського розсіяння світла та ефекту Керра: визначення головних значень еліпсоїда поляризованості молекул; визначення головних значень еліпсоїда поляризованості хімічного зв'язку та групи атомів; вивчення конформацій і внутрішнього обертання молекул.

4.16. Ефект Фарадея.

Явище Фарадея. Схема експерименту.

Теорія ефекту. Зв'язок з ефектом Зеємана.

Магнітний круговий дихроїзм (МКД) і дисперсія магнітного оптичного обертання (ДМОО).

Застосування ефекту Фарадея в хімії. Адитивні властивості сталої Верде. Вивчення електронних переходів у комплексних сполуках за допомогою МКД. Аналітичне застосування ефекту Фарадея.

4.17. Аномальне розсіяння X-променів. Метод визначення абсолютної конфігурації.

Абсолютна конфігурація молекул у декартовій системі координат.

Нормальне розсіяння і закон Фріделя.

Розсіяння X-променів у ділянці поглинання атома.

Аномальне розсіяння та визначення абсолютної конфігурації молекул.

4.18. Метод гамма-спектроскопії.

Метод гамма-спектроскопії. Фізична суть методу. Джерела гамма-випромінювання. Характеристика гамма-випромінювання. Гамма-радіоактивні ізотопи. Характеристика сцинтиляційного гамма-спектрометра. Підготовка проб до аналізу. Омолітний апарат оцінки результатів. Чутливість та відтворюваність результатів. Різновидності гамма-спектроскопії. Обмеження методу. Галузі використання методу.

4.19. Метод нейтронно-активаційного аналізу.

Фізична суть нейтронної активації. Основний принцип методу. Розрахунок числа радіоактивних атомів. Основні стадії методу. Чутливість методу. Лабораторне обладнання. Принцип будови ядерних (атомних) реакторів. Будова реактора ІР-100. Характеристика нейтронних потоків. Експериментальні канали. Геометрія зразків для дослідження. Система обчислення гамма-спектрів досліджуваних речовин. Підготовка проб до аналізу. Структура програмного пакету. Аналітична система LABSOCS та її переваги. Фізичні та хімічні обмеження нейтронно-активаційного аналізу. Застосування нейтронно-активаційного аналізу.

4.20. Методи атомної емісійної спектроскопії.

Фізична суть емісійних процесів. Види спектроскопії: атомна, ядерна, суб'ядерна. Прикладні аспекти аналізу: лазерна, ядерна (атомна) енергетика. Атомна емісійна спектроскопія з індуктивно зв'язаною аргонною плазмою. Склад плазми та особливості її використання в аналітичній хімії. Атомний емісійний спектрометр Плазмоквант PQ-110. Будова спектрометра. Основні модулі структури PQ-110. ІСП-модуль. Спектрометр, система управління приладом. Допоміжні модулі: система охолодження, гідридна система. Система автоматичної подачі проб. Програмне забезпечення для управління і обробки результатів дослідження. Основні ознаки і переваги пакету програм. Чутливість, точність та відтворюваність результатів. Основні галузі застосування атомно-емісійних спектрометрів.

Рекомендована література

1. Ю.В. Агибалов, Н.Г. Будковская, А.Б. Цыпин, БМЭ: Микроскоп (Сов. энциклопедия, Москва, 1981).
2. А.П. Аверина, А.М. Григорьев, Л.П. Хавкин, БСЭ: Вакуумметрия (Сов. энциклопедия, Москва, 1971).
3. Б.В. Айвазов, Практическое руководство по хроматографии (Высш. шк., Москва, 1968).
4. С.И. Аксенов, В.И. Крутских, БМЭ: Ядерный магнитный резонанс (Сов. энциклопедия, Москва, 1986).
5. Р.А. Алиев, Ю.А. Сапожников, С.Н. Калмыков, Гамма-спектрометрический анализ. Методическое руководство к курсу "Основы радиохимии и радиоэкологии" (Химический ф-ет МГУ, Москва, 2004).
6. Д.Н. Астров, БСЭ: Термопара (Сов. энциклопедия, Москва, 1976).
7. А.К. Бабко, А.Т. Пилипенко, Фотометрический анализ: Методы определения неметаллов (Химия, Москва, 1974).
8. А.В. Балицкий, БСЭ: Вакуумная арматура (Сов. энциклопедия, Москва, 1971).

9. Л. Беллами, Инфракрасные спектры сложных молекул / Пер. с англ. В.М.Акимова, Ю.А.Пентина, Э.Г.Тетерина: Под ред. Ю.А.Пентина с издания: The infra-red spectra of complex molecules by L.J. Bellamy. – London: Methuen and co.LTD; New York: John Wiley and Sons, Inc. (Издательство, Москва, 1963).
10. К. Бенуэлл, Основы молекулярной спектроскопии (Москва, 1985).
11. Л.Д. Бобрівник, В.М. Руденко, Г.О. Лезенко, Органічна хімія: Підручник (Перун, Київ-Ірпінь, 2005).
12. В.В. Болотов, О.М. Свечнікова, М.Ю. Голік та ін., Аналітична хімія: Якісний та кількісний аналіз: Навчальний конспект лекцій (Нова книга, Вінниця, 2011).
13. М.И. Булатов, И.П. Калинин, Практическое руководство по фотоколориметрическим и спектрофотометрическим методам анализа (Химия, Ленинград, 1976).
14. БСЭ: Вакуумная спектроскопия (Сов. энциклопедия, Москва, 1971).
15. В.П. Васильев, Л.А. Кочергина, Т.Д. Орлова, Аналитическая химия. Сборник вопросов, упражнений и задач (Дрофа, Москва, 2003).
16. В.П. Васильев, Р.П. Морозова, Л.А. Кочергина, Практикум по аналитической химии (Химия, Москва, 2000).
17. Ю.М. Воловенко, О.В. Туров, Ядерний магнітний резонанс: Підручник для студентів вищих навчальних закладів (Перун, Київ – Ірпінь, 2007).
18. С.В. Вонсовский, БСЭ: Ферромагнитный резонанс (Сов. энциклопедия, Москва, 1977).
19. С.В. Вонсовский, БСЭ: Ферромагнетизм (Сов. энциклопедия, Москва, 1977).
20. С.В. Вонсовский, БСЭ: Ферромагнетики (Сов. энциклопедия, Москва, 1977).
21. В.К. Гаранин, Г.П. Кудрявцев, Т.В. Посухова, Н.Е. Сергеева, Электронно-зондовые методы изучения минералов (Издательство Московского университета, Москва, 1987).
22. Дж. Грассели, М. Снайвили, Б. Балкин, Применение спектроскопии КР в химии (Москва, 1984).
23. Р.Л. Гроб, Хроматографический анализ окружающей среды (Химия, Москва, 1979).
24. Е.Н. Дорохова, Г.В. Прохорова, Задачи и вопросы по аналитической химии (Мир, Москва, 2001).
25. D. De Soete, R. Gijbels, J. Hoste, Neutron activation analysis (L., 1972).
26. М.А. Ельяшевич, БСЭ: Фотоэлектронная спектроскопия (Сов. энциклопедия, Москва, 1977).
27. Л.Л. Жуков, БСЭ: Константан (Сов. энциклопедия, Москва, 1973).
28. Л.Л. Жуков БСЭ: Манганін (Сов. энциклопедия, Москва, 1974).
29. Е.И. Зайцев, Ю.П. Сотсков, Р.С. Резников, Нейтронно-активационный анализ горных пород на редкие элементы (Москва, 1978).
30. А.Д. Зимон, Н.Ф. Лещенко, Физическая химия: Ученик (Химия, Москва, 2000).
31. Ю.А. Золотов, Е.Н. Дорохова, В.И. Фадеева [и др.], Основы аналитической химии: в 2 кн. Кн. 1. Общие вопросы. Методы разделения (Высш. шк., Москва, 1999).
32. Г.С. Попова, Л.И. Тарутина, Л.Н. Пирожная и др., Инфракрасные спектры поглощения полимеров и вспомогательных веществ: Атлас ИК-спектров (Химия, Ленинград, 1969).
33. В.П. Карнаузов, В.М. Смольянинов, БМЭ: Микроспектральный анализ (Сов. энциклопедия, Москва, 1981).
34. Х. Хэллэм, Дж. Тернер, И. Битти и др., Колебательная спектроскопия: Современные воззрения. Тенденции развития (Мир, Москва, 1981).
35. В.П. Колотов, Многоэлементный нейтронно-активационный анализ с субстехиометрическим выделением: ил РГБ ОД 61:85-2/34.
36. БСЭ: Копель (Сов. энциклопедия, Москва, 1973).
37. М.Я. Корн, В.А. Варшавский, Я.Е. Хесин, БМЭ: Люминесцентная микроскопия (Сов. энциклопедия, Москва, 1980).
38. П.Г. Костюк, Ю.В. Агибалов, А.Б. Цыпин, БМЭ: Микроэлектродный метод исследования (Сов. энциклопедия, Москва, 1981).
39. С.М. Кочергин, Г.А. Добренков, В.Н. Никулин и др., Краткий курс физической химии: Учеб. пособ. / Под ред. С.Н. Кондратьева (Высш. шк., Москва, 1978).
40. А.П. Крешков, Основы аналитической химии: в 3 т. (Химия, Москва, 1980).
41. Р.А. Кузнецов, Активационный анализ (Москва, 1974).
42. У. Кунце, Г. Шведт, Основы качественного и количественного анализа (Мир, Москва, 1997).
43. Р.Р. Лидеман, В.И. Билькевич, БМЭ: Фотометрия (Сов. энциклопедия, Москва, 1985).
44. Р.Р. Лидеман, Н.П. Матвеева, БМЭ: Люминесценция: Методы анализа и приборы (Сов. энциклопедия, Москва, 1981).
45. Б.Л. Литвин, А.Л. Романюк, Фізичні методи дослідження органічних речовин: навч-метод. Посібник (Прикарп. нац. ун-т. ім. В. Стефаника, Івано-Франківськ, 2003).
46. Д.Д. Луцевич, А.С. Мороз, О.В. Грибальська, Аналітична хімія: Підручник. 2-е вид., перероб. і доп. (Медицина, Київ, 2009).
47. А.Я. Потапенко, Ю.В. Новиков, В.А. Пеккель, В.В. Томилин, БМЭ: Люминесценция (Сов. энциклопедия, Москва, 1980).

48. Е.Н. Мартинсон, БСЭ: Вакуумное масло (Сов. энциклопедия, Москва, 1971).
49. Е.Н. Мартинсон, Е.Г. Плещенко, БСЭ: Вакуумные материалы (Сов. энциклопедия, Москва, 1971).
50. В.А. Муминов, С. Мухаммедов, Ядернофизические методы анализа газов в конденсированных средах (Таш., 1977).
51. Nondestructive activation analysis, ed. by S. Amiel, Amst.-[a. o.], 1981.
52. В.П. Павлов, БСЭ: Вакуум физический (Сов. энциклопедия, Москва, 1971).
53. С. Паркер, Фотолюминесценция растворов / Пер. с англ. Н.Л. Комисаровой, Б.М. Ужинова: под ред. Р.Ф. Васильева (Мир, Москва, 1972).
54. В.С. Пауков, А.К. Кранчев, С.М. Клименко, БМЭ: Электронная микроскопия (Сов. энциклопедия, Москва, 1986).
55. Ю.А. Пентин, Л.В. Вилков, Физические методы исследования в химии: Учебник для вузов (Мир, АСТ, Москва, 2003).
56. Н.К. Пермяков, Г.М. Могилевский, БМЭ: Микроскопические методы исследования (Сов. энциклопедия, Москва, 1981).
57. С.А. Погодин, БСЭ: Термический анализ (Сов. энциклопедия, Москва, 1976).
58. А.А. Полякова, Р.А. Хмельницкий, Масс-спектрометрия в органической химии (Химия, Ленинград, 1972).
59. А.А. Полякова, Р.А. Хмельницкий, Введение в масс-спектрометрию органических соединений / Под ред. А.А. Петрова (Химия, Москва-Ленинград, 1966).
60. В.Я. Аносов, Н.П. Бурмистрова, М.И. Озерова, Г.Г. Цуринов, Практическое руководство по физико-химическому анализу: конденсированные неметаллические системы (Изд-во Каз. ун-та, Казань, 1971).
61. П.Ю. Плечов, Электронная версия учебника по изучению расплавных включений (<http://www.info.geol.msu.ru/LECTURES/index.html>), 1999.
62. Я. Рабек, Экспериментальные методы в химии полимеров. – В 2-х ч. – Ч. 1 / Пер с англ. Я.С. Выгодского; под ред. В.В. Коршака (Мир, Москва, 1983).
63. И.С. Рабинович, БСЭ: Вакуумный насос (Сов. энциклопедия, Москва, 1971).
64. И.С. Рабинович, БСЭ: Вакуумная техника (Сов. энциклопедия, Москва, 1971).
65. Л.С. Рейшахрит, Электрохимические методы анализа (Изд-во Ленинград. Ун-та, Ленинград, 1970).
66. М. Робертс, Ч. Макки, Химия поверхности раздела металл-газ (Мир, Москва, 1981).
67. А.М. Родин, БСЭ: Вакуум (Сов. энциклопедия, Москва, 1971).
68. Ю.А. Сапожников, Р.А. Алиев, С.Н. Калмыков, Радиоактивность окружающей среды: Теория и практика: Учеб. пособие для вузов. (Методы в химии) (Бином, Москва, 2006).
69. Ю.А. Сапожников, С.Н. Калмыков, Р.А. Алиев, Методическое руководство к курсу "Основы радиохимии и радиоэкологии" (МГУ: Химический факультет, Москва, 2003).
70. И.Я. Слоним, А.Н. Любимов, Ядерный магнитный резонанс в полимерах (Химия, Москва, 1966).
71. В.И. Фадеева, Т.Н. Шеховцова, В.М. Иванов [и др.], Основы аналитической химии. Практическое руководство (Высш. шк., Москва, 2001).
72. А.Г. Стромберг, Д.П. Семченко, Физическая химия: Учебник (Высш. шк., Москва, 1999).
73. К.Н. Тимофеев, БМЭ: Электронный парамагнитный резонанс (Сов. энциклопедия, Москва, 1986).
74. В.С. Тюрин, БМЭ: Электронный микроскоп (Сов. энциклопедия, Москва, 1986).
75. К.С. Краснов, Н.К. Воробьев, И.Н. Годнев и др., Физическая химия: Учебник. В 2-х кн. Кн. 1. Строение вещества. Термодинамика (Высш. шк., Москва, 2001).
76. К.С. Краснов, Н.К. Воробьев, И.Н. Годнев и др., Физическая химия. В 2-х кн., 3-е изд., испр. (Высш. шк., Москва, 2001).
77. Н.К. Федущак, Ю.І. Бідниченко, С.Ю. Крамаренко, В.О. Калібабчук [та ін.], Аналітична хімія: підручник для студентів напряму «Фармація» і «Біотехнологія» вищих навчальних закладів (Нова Книга, Вінниця, 2012).
78. Дж. Фритц, Г. Шекк, Количественный анализ (Мир, Москва, 1978).
79. Р.А. Хмельницкий, И.М. Лукашенко, Е.С. Бродский, Пиролитическая масс-спектрометрия высокомолекулярных соединений (Химия, Москва, 1980).
80. БСЭ: Хромель (Сов. энциклопедия, Москва, 1978).
81. В.В. Цукрук, В.В. Шилов, Структура полимерных жидких кристаллов (Наук. думка, Київ, 1990).
82. Г.Л. Шлефер, Комплексообразование в растворах: Методы определения состава и констант устойчивости комплексных соединений в растворах (Химия, Москва-Ленинград, 1964).
83. А.Л. Шпицберг, БСЭ: Алюмель (Сов. энциклопедия, Москва, 1970).

Укладачі:

Сіренко Геннадій Олександрович – доктор технічних наук, професор, академік Академії технологічних наук України, завідувач кафедри неорганічної та фізичної хімії.

Кузишин Ольга Василівна – викладач кафедри неорганічної та фізичної хімії.