

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра фізичної хімії
Кафедра неорганічної хімії
Кафедра хімічної метрології
Кафедра органічної хімії
Кафедра хімічного матеріалознавства
Кафедра прикладної хімії

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Перший проректор

“ _____ ” _____ 2013 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Фізичні методи дослідження

За напрямом підготовки 040101 "хімія"

для спеціальності 6.040101 "хімія"

хімічного факультету

Кредитно-модульна система
організації навчального процесу

Робоча програма навчальної дисципліни “**Фізичні методи дослідження**” для студентів за напрямом підготовки 040101 "хімія" для спеціальності 6.040101 "хімія".

Розробники: **Калугін Олег Миколайович**, к.х.н., доцент кафедри неорганічної хімії, декан хімічного факультету, **Черножук Тетяна Василівна**, ст. викладач кафедри неорганічної хімії, **Іванов Володимир Венедиктович**, д.х.н., професор кафедри хімічного матеріалознавства, **Шкумат Анатолій Петрович**, к.х.н., доцент кафедри хімічного матеріалознавства, **Рубцов Володимир Іванович**, к.х.н., доц. кафедри фізичної хімії, **Дорошенко Андрій Олегович**, д.х.н., професор кафедри органічної хімії, **Беліков Костянтин Миколайович**, к.х.н., доц. кафедри хімічної метрології, **Комихов Сергій Олександрович**, к.х.н., доцент кафедри прикладної хімії.

Схвалено методичною комісією хімічного факультету

Протокол № 10 від “14” 05 _____ 2014 р.

“14” _____ 05 _____ 2014 р.

Голова _____

Юрченко О.І.

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
Кількість кредитів – 10.0	Галузь знань 0401 “Природничі науки”	денна форма навчання нормативна
Модулів – 6	Напрямок підготовки 040101 "хімія" Спеціальність 6.040101 "хімія"	Рік підготовки: IV -й
Загальна кількість годин 360		Семестр 7 -й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 8 самостійної роботи студента – 31	Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр	Лекції 16 год.
		Лабораторні 96 год.
		Самостійна робота 248 год.
		Види контролю: лабораторні роботи залік

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: Сформувати уявлення про сучасні фізичні методи дослідження хімічних речовин та аналіз даних, отриманих з їх допомогою.

У результаті вивчення даного курсу студент повинен:

знати: теоретичні основи сучасних фізичних методів дослідження;

вміти: використовувати ці методи на практиці та за результатами досліджень визначати характеристики молекул та речовин.

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1. Лекції (частина 1)

Тема 1. Електрична провідність розчинів електролітів: основні потягтя визначення та одиниці виміру. Застосування закону Ома для провідників другого роду.

Експериментальні основи методу. Вимірювання електропровідності (опору) розчинів електролітів. Похибки вимірювання та способи їх усунення. Стандарти ЕП та калібровка кондуктометричних комірок.

Концентраційна залежність молярної ЕП. Можливості кондуктометрії для визначення констант іонних рівноваг та граничних молярних провідностей в електролітних розчинах. Переваги та недоліки методу.

Математичні основи методу. Моделі електролітного розчину. Теоретичні рівняння для коефіцієнтів активності та молярної електричної провідності. Розрахунок рівноважного складу електролітного розчину з урахуванням коефіцієнтів активності. Застосування нелінійного МНК та методів багатомірної нелінійної оптимізації.

Несиметричні, змішані і складно асоційовані електроліти.

Можливості кондуктометрії для визначення констант компелксоутворення.

Модуль 1. Лабораторні заняття (частина 2)

Тема 2. Калібровка кондуктометричної комірки.

Тема 3. Експериментальне дослідження концентраційної залежності молярної електричної провідності розчину 1-1 електроліту.

Тема 4. Розрахунок констант асоціації (дисоціації) 1-1 електролітів у водних та неводних розчинниках за літературними даними за допомогою програми LOPT.

Тема 5. Обробка власних експериментальних кондуктометричних даних та визначення термодинамічної константи асоціації (дисоціації) 1-1 електроліту у розчині за допомогою програми LOPT.

Модуль 2. Лекції (частина 1)

Тема 6. Молекулярна спектроскопія УФ і видимій області (структурно-хімічний аспект).

Електронні спектри поглинання. Частотні інтервали. Уявлення про колір речовини. Співвідношення між основними і додатковими кольорами. Феноменологічні характеристики спектрів: інтенсивності, спектральні зсуви. Поняття про хромофор і ауксохром. Закон Бугера-Ламберта-Берра.

Квантово-хімічна теорія електронної спектроскопії. Основне і збуджені стани. Енергії переходів, перехідні моменти, сили осциляторів. Основні характеристики електронно-збуджених станів (геометрія, дипольні моменти, зарядовий розподіл, локалізація збудження). Орбітальна природа електронних переходів.

Вплив розчинників на електронні спектри поглинання.

Зв'язок молекулярної структури і спектрів. Бензольне поглинання (Систематика переходів за Кларом і Платтом). Ціанінові барвники, халкони, донорно-акцепторні похідні бензолу і нафталіну. Трифенілметанові барвники.

Техніка експерименту: призмові спектральні прилади, спектральні прилади з дифракційними решітками (гратками); однопроменеві спектрофотометри, двопробеневі спектрофотометри для УФ- і видимої області, двоххвильові спектрофотометри.

Похибки спектрофотометричних вимірювань. Способи підвищення точності вимірів. Спектроскопія з диференціюванням (похідна спектроскопія), різницева спектроскопія і двоххвильова спектроскопія.

Методи дослідження оптично активних речовин. Дисперсія оптичного обертання (ДОВ). Круговий дихроїзм. Квантово-механічний розгляд оптичної активності і спіральна модель органічних молекул. Симетрія молекул і оптична активність.

Використання спектрополяриметрії в хімії. Експериментальне дослідження ДОВ.

Модуль 2. Лабораторні заняття (частина 2)

Тема 7. Дослідження форми спектральної кривої (використання кювет змінної товщини, похідна спектроскопія, дослідження форми спектральних кривих органічних речовин в залежності від різних агрегатних станів тощо).

Тема 8. Фотометричне титрування (дослідження залежності спектру поглинання і оптичної густини фенолового червоного при 550 нм від рН).

Тема 9. Визначення стехіометрії комплексу - Hg (II) с дифенілкарбазоном за Йоу-Джонсом (метод молярних серій) та Остромисленським-Жоба (метод ізомолярних серій) при $\lambda = 520$ нм.

Тема 10. Фотометричне титрування суміші слабких кислот – мета і паранітрофенолів при $\lambda = 545$ нм.

Модуль 3. Лекції (частина 1)

Тема 11. Суть методу електрорушійних сил (ЕРС) гальванічних кіл. Прямі та посередні потенціометричні дослідження.

Електроди, типи електродів. Електроди першого, другого, третього роду. Окисно-відновлювальні електроди. Мембранні електроди. Скляний електрод, теорія скляного електроду. Рівняння Нернста для електроду та гальванічного елемента. Класифікація гальванічних елементів. Хімічні та концентраційні елементи Термодинаміка електрохімічних елементів. Ланцюги з переносом та без переносу. Дифузійний потенціал та його оцінка.

Властивості розчинів електролітів, що можна визначити за допомогою гальванічних кіл без переносу: стандартні ЕРС гальванічних елементів, концентраційні коефіцієнти активності, первинний ефект середовища, константи дисоціації слабких електролітів, константи комплексоутворення, іонний добуток розчинника, термодинамічні характеристики дисоціації та сольватації іонів у розчинах.

Використання гальванічних кіл з переносом для визначення констант дисоціації слабких електролітів, іонного добутку розчинника, добутку розчинності.

Іонометрія. Потенціометричне визначення кислотності у воді та неводних розчинах, стандартизація буферних розчинів за методом АНБС.

Модуль 3. Лабораторні заняття (частина 2)

Тема 12. Визначення іонного добутку розчинника методом ЕРС в ланцюгах без переносу з застосуванням водневого електроду.

Тема 13. Визначення константи дисоціації слабкої кислоти у буферних розчинах методом ЕРС з застосуванням гальванічних кіл без переносу.

Тема 14. Визначення добутку розчинності малорозчинної солі за результатами потенціометричного титрування по осадженню.

Тема 15. Розрахунково-графічна лабораторна робота за вибором студента за однієї з тем:

1. Визначення стандартних ЕРС гальванічних елементів та коефіцієнтів активності іонів сильних електролітів в ланцюгах без переносу.
2. Визначення величини ra_n^+ буферних розчинів за допомогою метода АНБС.
3. Визначення термодинамічних характеристик сольватації стехіометричної суміші іонів методом ЕРС в ланцюгах без переносу.

Модуль 4. Лекції (частина 1)

Тема 16. Метод ядерного магнітного резонансу в хімії. Фізичні основи методу ЯМР. Апаратура, експериментальні прийоми. Завдання, що вирішуються в хімії за допомогою методу ЯМР. Природа хімічного зсуву у методі ядерного магнітного резонансу та фактори, що визначають його величину. Принципи формування тонкої структури спектру ЯМР. Спін-спінова взаємодія у методі ядерного магнітного резонансу: гемінальна, віцинальна, далека. Основні правила, яких треба дотримуватись при інтерпретації спектру ядерного магнітного резонансу. Основи та принципи застосування методу ядерного магнітного резонансу в хімії. Подвійний резонанс, ядерний ефект Оверхаузера, двовимірні спектри ЯМР.

Модуль 4. Лабораторні заняття (частина 2)

Тема 17. Вимірювання, первинна обробка та інтерпретація спектру ЯМР.

Тема 18. Спін-спінова взаємодія - аналіз тонкої структури спектра ЯМР

Тема 19. Визначення просторової конфігурації органічної сполуки за даними спектроскопії ЯМР.

Тема 20. Встановлення будови органічної речовини за даними елементного аналізу та спектру ЯМР.

Модуль 5. Лекції (частина 1)

Тема 21. Атомно-емісійна спектрометрія з індуктивно-зв'язаною плазмою (ICP-AES). Історія розвитку. Формування аналітичного сигналу. Характеристики спектральних ліній. Апаратурне забезпечення методу. Спектральні та несектральні впливи на аналітичний сигнал. Приклади застосування ICP-AES.

Модуль 5. Лабораторні заняття (частина 2)

Тема 22. Оптимізація умов проведення вимірювань аналітичного сигналу в атомно-емісійній спектрометрії з індуктивно-зв'язаною плазмою.

Тема 23. Вивчення концентраційних залежностей аналітичного сигналу елементів, що легко іонізуються

Тема 24. Дослідження депресуючого впливу мінеральних кислот на аналітичний сигнал.

Модуль 6. Лекції (частина 1)

Тема 25. Мас-спектр та його основні параметри. Задачі, що вирішують за допомогою мас-спектрометрії. Іонізація молекул. Методи іонізації: Електронна іонізація, хімічна іонізація, інші. Принцип мас-спектрометрії.

Основи інтерпретації мас-спектрів. Молекулярний іон та його ідентифікація.

Модуль 3. Лабораторні заняття (частина 2)

Тема 26. Спектри EI. Молекулярний іон та його аналіз.

Тема 27. Спектри EI. Фрагментація молекулярних іонів.

Тема 28. Спектри CI та їх інтерпретація.

Тема 29. Спектри MALDI-TOF.

4. Структура навчальної дисципліни

Модулі і теми	Кількість годин					
	Денна форма					
	Усього	у тому числі				
лекції		практикум	лабораторні	інд	ср	
1	2	3	4	5	6	7
Модуль 1						
Тема 1	12	2.5				9.5
Тема 2	12			4		8
Тема 3	12			4		8
Тема 4	12			4		8
Тема 5	12			4		8
Разом за модулем 1	60	2.5		16		41.5
Модуль 2						
Тема 6	12	3.5				8.5
Тема 7	12			4		8
Тема 8	12			4		8
Тема 9	12			4		8
Тема 10	12			4		8
Разом за модулем 2	60	3.5		16		40.5
Модуль 3						
Тема 11	12	2.5				9.5
Тема 12	12			4		8
Тема 13	12			4		8
Тема 14	12			4		8
Тема 15	12			4		8
Разом за модулем 3	60	2.5		16		41.5
Модуль 4						
Тема 16	12	2.5				9.5
Тема 17	12			4		8
Тема 18	12			4		8
Тема 19	12			4		8
Тема 20	12			4		8
Разом за модулем 4	60	2.5		16		41.5
Модуль 5						
Тема 21	12	2.5				9.5
Тема 22	12			4		8
Тема 23	18			6		12
Тема 24	18			6		12
Разом за модулем 5	60	2.5		16		41.5
Модуль 6						
Тема 25	12	2.5				9.5
Тема 26	12			4		8
Тема 27	12			4		8
Тема 28	12			4		8
Тема 29	12			4		8
Разом за модулем 6	60	2.5		16		41.5
Усього годин	360	16		96		248

5. Теми лабораторних занять

№ Теми	Назва теми	Кількість годин
2	Калібровка кондуктометричної комірки.	
3	Експериментальне дослідження концентраційної залежності молярної електричної провідності розчину 1-1 електроліту.	4
4	Розрахунок констант асоціації (дисоціації) 1-1 електролітів у водних та неводних розчинниках за літературними даними за допомогою програми LOPT.	4
5	Обробка власних експериментальних кондуктометричних даних та визначення термодинамічної константи асоціації (дисоціації) 1-1 електроліту у розчині за допомогою програми LOPT.	4
7	Дослідження форми спектральної кривої (використання кювет змінної товщини, похідна спектроскопія, дослідження форми спектральних кривих органічних речовин в залежності від різних агрегатних станів тощо).	4
8	Фотометричне титрування (дослідження залежності спектру поглинання і оптичної густини фенолового червоного при 550 нм від рН).	4
9	Визначення стехіометрії комплексу - Hg (II) с дифенілкарбазоном за Йоу-Джонсом (метод молярних серій) та Остромисленським-Жоба (метод ізомолярних серій) при $\lambda = 520$ нм.	4
10	Фотометричне титрування суміші слабких кислот – мета і паранітрофенолів при $\lambda = 545$ нм.	4
12	Визначення іонного добутку розчинника методом ЕРС в ланцюгах без переносу з застосуванням водневого електроду.	4
13	Визначення константи дисоціації слабкої кислоти у буферних розчинах методом ЕРС з застосуванням гальванічних кіл без переносу.	4
14	Визначення добутку розчинності малорозчинної солі за результатами потенціометричного титрування по осадженню.	4
15	Розрахунково-графічна лабораторна робота за одною з тем, що вибрана студентом.	4
17	Вимірювання, первинна обробка та інтерпретація спектру ЯМР.	4
18	Спін-спінова взаємодія - аналіз тонкої структури спектра ЯМР	4
19	Визначення просторової конфігурації органічної сполуки за даними спектроскопії ЯМР.	4
20	Встановлення будови органічної речовини за даними елементного аналізу та спектру ЯМР.	4
22	Оптимізація умов проведення вимірювань аналітичного сигналу в атомно-емісійній спектроскопії з індуктивно-зв'язаною плазмою.	4
23	Вивчення концентраційних залежностей аналітичного сигналу елементів, що легко іонізуються	6
24	Дослідження депресуючого впливу мінеральних кислот на аналітичний сигнал.	6
26	Спектри ЕІ. Молекулярний іон та його аналіз.	4
27	Спектри ЕІ. Фрагментація молекулярних іонів.	4
28	Спектри СІ та їх інтерпретація.	4
29	Спектри MALDI-TOF.	4

6. Самостійна робота

№ Теми	Назва теми	Кількість годин
1	Теоретичні основи кондуктометрії	9.5
2	Методика калібровки кондуктометричних комірок	8
3	Теорії концентраційної залежності молярної електричної провідності розчинів 1-1 електролітів	8
4	Математичні основи обробки експериментальних кондуктометричних даних	8
5	Інтерфейс програми LOPT для обробки експериментальних кондуктометричних даних	8
6	Теоретичні основи спектроскопії УФ- та видимої області	8.5
7	Техніка проведення спектроскопічного експерименту	8
8	Програмні комплекси розрахунку спектрів	8
9	Похідні (перша та друга) спектральних кривих як метод дослідження форми вібронаї структури та сумішевих кривих спектрів електронного поглинання	8
10	Техніка підготовки зразків для спектрального дослідження	8
11	Теоретичні основи потенціометрії	9.5
12	Стандартні потенціали та стандартна ЕРС. Методи визначення стандартних ЕРС гальванічних елементів.	8
13	Кислотність водних та неводних розчинів. Стандартизація рН. Експериментальне визначення рН стандартних буферних розчинів.	8
14	Термодинаміка гальванічного елемента. Розрахунок термодинамічних характеристик сольватації іонів за даними ЕРС.	8
15	Застосування електрохімічних кіл з переносом для визначення властивостей речовин та розчинів електролітів.	8
16	Теоретичні основи спектроскопії ядерного магнітного резонансу	9.5
17	Первинна обробка спектру ЯМР за допомогою програми NUTS	8
18	Аналіз мультиплетних сигналів, визначення констант спін-спінової взаємодії, номенклатура спінових систем	8
19	Подвійний резонанс, ядерний ефект Оверхаузера	8
20	Тривимірні спектри ЯМР	8
21	Основи атомно-емісійної спектрометрії з індуктивно-зв'язаною плазмою. Можливості методу для визначення якісного та кількісного складу речовини.	9.5
22	Апаратні параметри, що впливають на інтенсивність спектральних ліній	8
23	Матричні ефекти та спектральні перешкоди в ICP-EAS.	12
24	Методи корекції матричних ефектів. Вплив елементів, що легко іонізуються та мінеральних кислот на інтенсивність аналітичних ліній.	12
25	Основи мас-спектрометрії	9.5
26	Молекулярний іон у мас-спектрі: 1) розрахунок емпіричної формули сполуки, 2) ізотопний склад.	8
27	Фрагментація молекулярних іонів та основи інтерпретації мас-спектрів.	8

28	Методи іонізації (EI, CI, FI, FAB, ESI) та їх використання, особливості інтерпретації мас-спектрів.	8
29	Мас-спектрометрія високомолекулярних сполук та біоб'єктів.	8

7. Методи навчання

Лекції, виконання експериментальної частини лабораторних робіт та розрахунків, самостійна робота.

8. Методи контролю

Перевірка виконання експерименту та домашніх розрахункових завдань. Виконання письмового тестового завдання за теорією виконаних лабораторних робіт та загальних положень методу дослідження.

9. Розподіл балів, які отримують студенти

Семестровий контроль		Сума
Модуль 1	Тема 1	1.0
	Тема 2	4
	Тема 3	4
	Тема 4	4
	Тема 5	4
	Разом:	17
Модуль 2	Тема 1	0.5
	Тема 2	4
	Тема 3	4
	Тема 4	4
	Тема 5	4
	Разом:	16.5
Модуль 3	Тема 1	0.5
	Тема 2	4
	Тема 3	4
	Тема 4	4
	Тема 5	4
	Разом:	16.5
Модуль 4	Тема 1	1.0
	Тема 2	4
	Тема 3	4
	Тема 4	4
	Тема 5	4
	Разом:	17.0
Модуль 5	Тема 1	0.5
	Тема 2	5
	Тема 3	6
	Тема 4	5
	Разом:	16.5
Модуль 6	Тема 1	0.5
	Тема 2	4
	Тема 3	4
	Тема 4	4
	Тема 5	4
	Разом:	16.5
Разом а курсом:		100

1. Студент одержує підсумковий залік за умови виконання та оформлення всіх лабораторних робіт.
2. Несвоєчасне виконання або оформлення лабораторної роботи без поважної причини оцінюється лише в 75% від набраної рейтингової оцінки. Термін подання оформлених лабораторних робіт визначається викладачем, який веде практичні заняття.
3. Модуль вважається зданим, якщо рейтинг за всі виконані та оформлені роботи за модулем не менше 8 балів.

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
90 – 100	A	відмінно (5)
80-89	B	добре (4)
70-79	C	
60-69	D	задовільно (3)
50-59	E	
1-49	FX	незадовільно (2)

10. Методичне забезпечення

1. Робоча програма навчальної дисципліни.
2. Навчальні посібники, методичні вказівки, монографії, наукові статті.
3. Вільно розповсюджене загальне та спеціалізоване програмне забезпечення.

11. Рекомендована література

Кондуктометрія

1. Калугин О.Н. *Математические методы неорганической химии. Методические указания по курсу.* Харьков 2006, 67 с.
2. Дж. Плэмбек. *Электрохимические методы анализа. Основы теории и применения.* - М.: Мир, 1985. - 504 с.
3. Васильев В.П. *Аналитическая химия. Т.2.Физико-химические методы анализа.* - М.: Высшая школа, 1989. - 384 с.
4. Антропов Л.И. *Теоретическая электрохимия.* - М.: Высшая школа, 1975. - 568 с.
5. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А. *Электрохимия. Учебное пособие.* - Москва, Высшая школа, 1987. - 295 с.
6. *Практикум по электрохимии.* / Под ред. Б.Б. Дамаскина. - М.: Высшая школа, 1991. - 288 с.
7. *Методы измерения в электрохимии. Т.1, т.2.* / Под ред. Э. Егера, А. Залкина. - М.: Мир, 1977. - 476 с.: Глава 1. Измерение и интерпретация электропроводности растворов электролитов. Эванс Д.Ф., Матесич М.А. - с.10-69
8. Робинстон Р., Стокс Р. *Растворы электролитов.* – М.: ИА., 1963
9. Эрден-Груз Т. *Явления переноса в водных растворах.* – М.: Мир, 1976.-592 с.
10. Barthel J., Feuerlein F. *Calibration of Conductance Cells at Various Temperatures // J. Solut. Chemistry. 2. – 1980. – Vol. 9, No. 3. – P. 209-219.*

Молекулярна спектроскопія УФ та видимої області

1. Васильев В. П. *Аналитическая химия. Часть 2. физико-химические методы анализа* М.: Вышш. шк., 1989, 320 с.
2. Вязьмин С. Ю., Рябухин Д. С., Васильев А. В. *Электронная спектроскопия соединений. Учебное пособие для студентов химических и химико-технологических специальностей высших учебных заведений СПб.: СПбГЛТА, 2011, 43 с.*
3. Бенуэлл К. *Основы молекулярной спектроскопии.*- М.: Мир, 1985. – 386с.
4. Свердлова О.В. *Электронные спектры в органической химии.* Л.: Химия, 1985. – 248с.
5. Юинг Г. *Инструментальные методы химического анализа.* М.: Мир, 1989. – 608с.
6. *Инструментальные методы анализа функциональных групп органических соединений/ Под ред. С. Сиггиа.* – М.: Мир, 1974. -464с.

7. Л.А. Грибов, Введение в молекулярную спектроскопию, М. из-во «Наука», 1976, 399 с.
8. Берштейн И.Я., Каминский Ю.Л. Спектрофотометрический анализ в органической химии. Л.: Химия, 1986. – 200с.
9. Лебедев В.В. Техника оптической спектроскопии. М: Изд. МГУ,1986. – 352с

Потенціометрія

1. Научное наследие Н.А. Измайлова и актуальные проблемы физической химии (под ред. В.И. Лебеда, Н.О. Мчедлова-Петросяна и Ю.В. Холина). –Х: ХНУ им. В.Н. Каразина, 2007. – 675 с.
2. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Цирлина Г.А. Электрохимия. –М.: Химия, КолосС, 2006. – 672 с.
3. Байрамов В.М. Основы электрохимии. - М. : АСАДЕМ1А, 2005. -238 с
4. Измайлов Н.А. Электрохимия растворов. – Х.: Изд-во Харьк.ун-та, 1959. – 958 с.
5. Харнед Г., Оун. Б. Физическая химия растворов электролитов. –М.: ИЛ, 1952. – 628 с.
6. Робинсон Р., Стокс Р. Растворы электролитов. М.: ИЛ. 1963. – 646 с.
7. Александров В.В. Кислотность неводных растворов. Харьков: Вища школа. Изд-во при Харьк. ун-те, 1981. – 152 с.
8. Бейтс Р. Определение рН. Теория и практика. – Л.: Химия, 1968. – 400 с.
9. Агасян П.К., Николаева Е.Р. Основы электрохимических методов. Потенциометрический метод. М.: Изд. МГУ. 1986. –196 с.
10. Шаталов А.Я. Введение в электрохимическую термодинамику. -М.: Высш. школа. 1984. – 215 с.
11. Скорчеллетти В.В. Теоретическая электрохимия. Л.: Химия, 1974
12. Практикум по физической химии / под ред. В.В.Буданова, Н.К.Воробьева / –М.: Химия, 1986. – 351 с.
13. Практикум по физической химии. Учебное Пособие для вузов / под ред. С.В.Горбачева. -М.: Высшая школа, 1974. – 496 с.
14. Спиридонов В.П., Лопаткин А.А. Математическая обработка физико-химических данных. -М.: МГУ. 1970. – 222 с.
15. Хартли Ф., Бергес К., Оллок Р. Равновесия в растворах. -М.: Мир, 1983. – 360 с.
16. Любиев О.Н., Численные методы в электрохимии. Уч. Пособие. 1982
17. Физическая химия. (Теоретическое и практическое руководство). // Под ред. Никольского Б.П., -Л.: Химия, 1987, – 880 с

Спектроскопія ЯМР

1. Сергеев Н.М. Спектроскопия ЯМР, 1981.
2. Ионин Б.И., Ершов Б.А., Кольцов А.М. ЯМР-спектроскопия в органической химии, 1984.
3. Лундин А.Г., Федин Э.И. ЯМР-спектроскопия, 1986.
4. Гюнтер Х. Введение в курс спектроскопии ЯМР, 1984.
5. Дероум Э. Современные методы ЯМР для химических исследований, 1992.
6. Воловенко Ю.М., Туров О.В. Ядерный магнітний резонанс, 2007.

Атомно-емісійна спектрометрія з індуктивно-зв'язаною плазмою (ICP-AES)

1. Чудинов Э.Г. Итоги науки и техники. ВИНТИ. Сер. аналитическая химия. – 1990. - 2. -251 с.
2. Томпсон М. Уолш Д.Н Руководство по спектрометрическому анализу с индуктивно-связанной плазмой. Москва: Недра. - 1988.- 288 с.
3. Чудинов Э.Г., Варванина Г.В. Журн. аналит. химии. 1989. 44. № 5. С. 814-826.

4. К.Н.Беликов, Л.И.Михайлова, Н.И.Шевцов, А.Б.Бланк. Особенности определения микропримесей в неорганических материалах методом ICP-AES // Вестник Харьковского национального университета. 2003. № 596. Химия. Вып. 10(33), с. 99-105
5. <http://www.mrfn.org/ucsb/chem/icp.pdf>

Мас-спектрометрія

1. Пентин Ю. А., Вилков Л. В. Физические методы исследования в химии – М.: Мир. –2006. -690 с.
2. Лебедев А. Т. Масс-спектрометрия в органической химии. М.: Бином, 2003. -496с.
3. Днепроvский А. С., Темникова Т. И. Теоретические основы органической химии. Л.: Химия, 1979. -520с.