

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

МЕТОДЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ
И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕЩЕСТВ



www.e.lanbook.com



ЛАНЬ®

ЭБС
ЛАНЬ

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

МЕТОДЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕЩЕСТВ

Под редакцией профессора Л. Н. Москвина

ДОПУЩЕНО

Учебно-методическим объединением по классическому университетскому образованию в качестве учебника для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Химия»



САНКТ-ПЕТЕРБУРГ • МОСКВА • КРАСНОДАР
2019

ББК 24.4я73

А 64

А 64 Аналитическая химия. Методы идентификации и определения веществ: Учебник / Под ред. Л. Н. Москвина. — СПб.: Издательство «Лань», 2019. — 584 с. — (Учебники для вузов. Специальная литература).

ISBN 978-5-8114-3217-2

Цикл книг содержит важнейшие разделы современной аналитической химии. Специфика учебников по сравнению с отечественными и зарубежными аналогами: наличие единой концепции, объединяющей все разделы аналитической химии. С позиции этой концепции в основе каждого аналитического метода лежат определенные характеристические свойства веществ, проявляемые ими в условиях определенных внешних воздействий на них. Проявления этих свойств позволяют идентифицировать, определять и разделять вещества.

Данный учебник охватывает методы непосредственного определения и идентификации аналитов независимо от природы объектов анализа: традиционные химические методы гравиметрии и титриметрии, кинетические и термодимические методы. В отдельные разделы выделены электрохимические методы и методы, основанные на взаимодействии веществ с электромагнитным излучением и корпускулярными потоками. В число рассматриваемых электрохимических методов входят их равновесные и неравновесные варианты. Последний раздел охватывает все многообразие спектральных методов анализа: оптическую атомную спектрометрию, рентгеновские спектральные методы, молекулярную спектрометрию в различных областях спектра, колебательную спектрометрию, радиоспектроскопические методы и методы, основанные на рассеянии, преломлении и поляризации света.

Учебник рассчитан на студентов, обучающихся по программам специалитета, магистратуры и аспирантуры направлений подготовки и специальностей, входящих в УГС: «Химия» и «Химические технологии». Книга также будет полезна магистрам и аспирантам, специализирующимся в области аналитической химии.

ББК 24.4я73

Рецензенты:

Ю. А. КАРПОВ — доктор химических наук, академик РАН;

Т. Н. ШЕХОВЦОВА — профессор,

зам. зав. кафедрой аналитической химии, зам. председателя Методической комиссии химического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова, председатель Комиссии по преподаванию аналитической химии НСАХ РАН.

Обложка

Е. А. ВЛАСОВА

© Издательство «Лань», 2019

© Коллектив авторов, 2019

© Издательство «Лань»,

художественное оформление, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>Предисловие</i>	3
<i>Список обозначений</i>	5
<i>Специальные термины и аббревиатуры</i>	7
<i>Введение</i>	10
Основные направления развития аналитической химии	17

Часть первая. Химические методы анализа

<i>Глава 1. Химические реакции в растворах как источник аналитической информации</i>	23
1.1. Общие принципы химических методов анализа	23
1.2. Реакции, лежащие в основе химических методов анализа	39
<i>Глава 2. Титриметрические методы анализа</i>	74
2.1. Общие представления о титриметрии	74
2.2. Кислотно-основное титрование	81
2.3. Комплексометрическое титрование	91
2.4. Редоксиметрическое титрование	104
2.5. Осадительное титрование	112
<i>Глава 3. Гравиметрия</i>	115
3.1. Стадии гравиметрического анализа	115
3.2. Получение осаждаемой формы аналита	116
3.3. Получение гравиметрической формы и определение массы аналита	121

<i>Глава 4. Кинетические методы анализа</i>	125
4.1. Общие принципы кинетических методов	125
4.2. Метод каталитического анализа (МККА)	126
4.3. Метод ферментативного каталитического кинетического анализа (МФККА)	129
<i>Глава 5. Термические методы</i>	131
5.1. Общая характеристика и основные принципы термических методов	131
5.2. Дифференциальная сканирующая калориметрия	132
5.3. Дифференциальный термический анализ (ДТА)	134
5.4. Термогравиметрия	135
5.5. Дериватография	138
5.6. Термометрическое титрование	139
5.7. Энтальпиметрия	141
5.8. Дилатометрия	142

Часть вторая. Электрохимические методы анализа

<i>Глава 6. Общая классификация электрохимических методов анализа</i>	147
6.1. Электрохимические процессы и их аналитическая информативность	147
6.2. Групповая классификация	150
6.3. Индивидуальная классификация	150
<i>Глава 7. Равновесные электрохимические методы</i>	156
7.1. Гальванические ячейки и электродвижущие силы. Электроды и электродные потенциалы	156
7.2. Ионоселективные электроды	164
7.3. Разновидности потенциометрических методов анализа	177
<i>Глава 8. Неравновесные электрохимические методы</i>	189
8.1. Процессы и явления, лежащие в основе неравновесных электрохимических методов	189
8.2. Вольтамперометрия	205
8.3. Кулонометрия	257
8.4. Электрическая проводимость растворов и ее аналитическая информативность	265

**Часть третья. Методы обнаружения и определения,
основанные на характеристических свойствах,
проявляемых при взаимодействии веществ с
электромагнитными излучениями
и корпускулярными потоками**

<i>Глава 9.</i> Общие принципы методов, основанных на взаимодействии электромагнитных излучений и корпускулярных потоков с веществом	275
9.1. Природа электромагнитных излучений и корпускулярных потоков и их взаимодействие с веществом	275
9.2. Общие представления о спектрах ЭМИ и их применении в анализе	281
<i>Глава 10.</i> Оптическая атомная спектрометрия	285
10.1. Природа оптических спектров атомов и методы оптической атомной спектрометрии.	285
10.2. Методы оптической атомной спектрометрии	296
10.3. Источники света для атомного спектрального анализа.	298
10.4. Специфика различных вариантов атомного спектрального анализа	318
<i>Глава 11.</i> Аналитические методы, основанные на взаимодействии с веществом рентгеновского излучения	358
11.1. Рентгеновское излучение	358
11.2. Спектр характеристического рентгеновского излучения	360
11.3. Общие представления о взаимодействии рентгеновского излучения с веществом	362
11.4. Рентгеноспектральные методы элементного анализа	366
11.5. Фотоэлектронная спектрометрия	376
11.6. Области применения РФЭС и ОЭС	381
<i>Глава 12.</i> Молекулярная спектрометрия в УФ и видимой областях спектра	382
12.1. Энергетические состояния молекул	382
12.2. Абсорбционная молекулярная спектрофотометрия в УФ и видимой областях спектра.	385
12.3. Люминесцентные методы анализа	422

<i>Глава 13. Колебательная спектрометрия, ее варианты.</i>	
Аналитическая информативность	430
13.1. Особенности взаимодействия фотонов с молекулами веществ, сопровождающегося возбуждением их колебательных состояний	430
13.2. ИК-спектрометрия	431
13.3. Колебательная аналитическая спектрометрия комбинационного рассеяния света	445
13.4. Методы оптической калориметрии	456
 <i>Глава 14. Ядерно-физические методы</i>	 467
14.1. Ядра атомов как носители химико-аналитической информации	467
14.2. Активационный анализ	473
14.3. Метод изотопного разбавления (МИР)	477
14.4. Радионуклиды как трассеры химических и биохимических процессов	477
14.5. Ядерный микроанализ	478
14.6. Мессбауэровская спектроскопия	481
 <i>Глава 15. Радиоспектроскопические методы</i>	 492
15.1. Взаимодействие ядер и электронов с внешними магнитными и электрическими полями	493
15.2. Спектроскопия ядерного магнитного резонанса (ЯМР)	499
15.3. Спектроскопия электронного парамагнитного резонанса (ЭПР)	511
15.4. Ядерный квадрупольный резонанс (ЯКР)	516
 <i>Глава 16. Ионизационные методы</i>	 520
16.1. Ионизация атомов и молекул как способ проявления их характеристических свойств	520
16.2. Ионизационные методы с использованием в качестве источника ионизирующих излучений радиоактивных препаратов	521
16.3. Фотоионизационные методы	528
16.4. Пламенно-ионизационный метод	534
16.5. Термоионный метод	538
16.6. Метод ионизации в высокочастотном газовом разряде	541

<i>Глава 17. Методы, основанные на характеристических свойствах, проявляемых в рассеянии, преломлении и поляризации света при его прохождении через вещество.</i>	542
17.1. Аналитическая информативность процессов упругого рассеяния света	542
17.2. Фотометрия рассеяния света (ФРС)	550
17.3. Рефрактометрия.	552
17.4. Поляриметрия	559

Приложения

П. Спектральные приборы	563
П. 1. Общие сведения о спектральных приборах	563
П. 2. Регистрация спектра и фотометрия спектральных линий	570
<i>Литература.</i>	574