

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .....	3
Список обозначений .....	5
Список сокращений .....	7
Введение .....	8

## РАЗДЕЛ I. ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА

<b>Глава 1. Химические реакции в растворах как источник аналитической информации .....</b>	<b>17</b>
1.1. Общие принципы химических методов анализа .....	17
1.1.1. Основные понятия и законы .....	17
1.1.2. Растворы и их основные характеристики .....	20
1.1.3. Химическое равновесие в растворе .....	25
1.1.4. Кинетика химических реакций в растворах .....	29
1.1.5. Факторы, оказывающие влияние на протекание химических реакций в растворах .....	31
1.2. Реакции, лежащие в основе химических методов анализа .....	35
1.2.1. Кислотно-основные реакции .....	35
1.2.2. Реакции комплексообразования .....	52
1.2.3. Окислительно-восстановительные реакции .....	57
1.2.4. Реакции образования малорастворимых соединений .....	66
<b>Глава 2. Титриметрические методы анализа .....</b>	<b>75</b>
2.1. Общие представления о титриметрии .....	75
2.1.1. Основные понятия .....	75
2.1.2. Кривые титрования .....	76
2.1.3. Классификация титриметрических методов .....	78
2.2. Кислотно-основное титрование .....	81
2.2.1. Основные понятия .....	81
2.2.2. Кривые кислотно-основного титрования .....	86
2.2.3. Погрешности кислотно-основного титрования .....	93
2.3. Комплексометрическое титрование .....	94
2.3.1. Основные понятия .....	94
2.3.2. Кривые комплексометрического титрования .....	98
2.3.3. Индикаторы в комплексометрическом титровании .....	102
2.3.4. Приемы (способы) комплексометрического титрования .....	105
2.3.5. Погрешности комплексометрического титрования .....	109
2.4. Редоксиметрическое титрование .....	109
2.4.1. Основные понятия .....	109
2.4.2. Кривые редоксиметрического титрования .....	110
2.4.3. Индикаторы в редоксиметрическом титровании .....	115

2.4.4. Варианты редоксиметрического титрования .....	116
2.4.5. Погрешности редоксиметрического титрования .....	119
2.5. Осадительное титрование .....	119
<b>Глава 3. Гравиметрия .....</b>	<b>124</b>
3.1. Общие принципы гравиметрического анализа .....	124
3.2. Получение осаждаемой формы аналита .....	125
3.3. Получение гравиметрической формы и определение массы аналита .....	129
<b>Глава 4. Кинетические методы анализа .....</b>	<b>133</b>
4.1. Общие принципы кинетических методов .....	133
4.2. Метод каталитического кинетического анализа .....	134
4.3. Метод ферментативного каталитического кинетического анализа .....	137
<b>Глава 5. Термические методы .....</b>	<b>140</b>
5.1. Общая характеристика .....	140
5.2. Дифференциальная сканирующая калориметрия .....	141
5.3. Дифференциальный термический анализ .....	143
5.4. Термогравиметрия .....	145
5.5. Дериватография .....	147
5.6. Термометрическое титрование .....	149
5.7. Энтальпиметрия .....	151
5.8. Дилатометрия .....	152

## РАЗДЕЛ II. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА

<b>Глава 6. Общая классификация электрохимических методов анализа .....</b>	<b>155</b>
6.1. Электрохимические процессы и их аналитическая информативность .....	155
6.2. Групповая классификация .....	158
6.3. Индивидуальная классификация .....	158
<b>Глава 7. Равновесные электрохимические методы .....</b>	<b>164</b>
7.1. Гальванические ячейки и электродвижущие силы. Электроды и электродные потенциалы .....	164
7.1.1. Термодинамические закономерности равновесных электрохимических процессов в гальванических ячейках .....	164
7.1.2. Термодинамические закономерности равновесных электрохимических процессов на границе электрод/раствор .....	165
7.1.3. Стандартный водородный электрод. Электродные потенциалы .....	167
7.1.4. Классификация электродов .....	170
7.1.5. Диффузионный потенциал .....	172
7.1.6. Классификация гальванических ячеек .....	173
7.2. Ионоселективные электроды .....	175
7.2.1. Мембранные электроды. Уравнение Никольского .....	175
7.2.2. Оценка селективности ионоселективных электродов .....	180
7.2.3. Классификация мембранных ионоселективных электродов .....	182
7.2.4. Аналитические характеристики мембранных ионоселективных электродов .....	188
7.2.5. Детектирующие устройства на основе ионоселективных электродов .....	191
7.3. Потенциометрические методы анализа .....	196
7.3.1. Общие принципы .....	196
7.3.2. Прямая потенциометрия .....	197

7.3.3. Потенциометрическое титрование .....	200
7.3.4. Редоксиметрия .....	203
<b>Глава 8. Неравновесные электрохимические методы .....</b>	<b>210</b>
8.1. Процессы и явления, лежащие в основе неравновесных электрохимических методов .....	210
8.1.1. Электродные процессы в неравновесных условиях .....	210
8.1.2. Диффузия и ее роль в проявлении характеристических свойств аналита .....	211
8.1.3. Влияние на скорость электродного процесса медленной электрохимической стадии .....	214
8.1.4. Двойной электрический слой, его роль в электродных процессах .....	218
8.1.5. Химические стадии, их влияние на скорость электродного процесса .....	223
8.1.6. Фарадеевские и нефарадеевские процессы .....	224
8.1.7. Регистрация аналитического сигнала в неравновесных условиях .....	225
8.2. Вольтамперометрия .....	227
8.2.1. Классификация вольтамперометрических методов .....	227
8.2.2. Ячейки и электроды для вольтамперометрии .....	227
8.2.3. Вольтамперометрические методы, основанные на характеристических свойствах аналитов, проявляемых в условиях нестационарных электродных процессов .....	237
8.2.4. Методы, в которых характеристические свойства аналитов проявляются в форме зависимостей потенциала или силы тока от времени .....	256
8.2.5. Вольтамперометрия в условиях стационарных электродных процессов .....	258
8.2.6. Амперометрия .....	267
8.2.7. Техника и условия выполнения вольтамперометрических измерений .....	275
8.3. Кулонометрия .....	279
8.3.1. Общие принципы метода .....	279
8.3.2. Потенциостатическая кулонометрия .....	281
8.3.3. Гальваностатическая кулонометрия .....	283
8.3.4. Косвенная кулонометрия (кулонометрическое титрование) .....	283
8.4. Электрическая проводимость растворов и ее аналитическая информативность .....	284
8.4.1. Электропроводность растворов электролитов .....	284
8.4.2. Аналитические следствия электропроводности растворов электролитов .....	286
8.4.3. Измерение электропроводности растворов .....	288
8.4.4. Кондуктометрические сенсоры .....	289

### **РАЗДЕЛ III. МЕТОДЫ, ОСНОВАННЫЕ НА ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ВЕЩЕСТВА С ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ ИЗЛУЧЕНИЯМИ И КОРПУСКУЛЯРНЫМИ ПОТОКАМИ**

<b>Глава 9. Общие принципы методов, основанных на взаимодействии электромагнитных излучений и корпускулярных потоков с веществом .....</b>	<b>292</b>
9.1. Природа электромагнитных излучений и корпускулярных потоков и их взаимодействие с веществом .....	292
9.2. Общие представления о спектрах электромагнитного излучения и их применении в анализе .....	298
<b>Глава 10. Оптическая атомная спектрометрия .....</b>	<b>304</b>
10.1. Природа оптических спектров атомов .....	304
10.1.1. Внешние электроны атома и их энергетические состояния .....	304

10.1.2. Интенсивность излучения и поглощения света атомами .....	306
10.1.3. Естественное уширение спектральных линий .....	308
10.1.4. Возбуждение атомов в газоразрядной плазме и влияние условий возбуждения на контур спектральной линии .....	309
10.1.5. Влияние температуры плазмы на интенсивность (амплитудную характеристику контура) спектральных линий .....	311
10.1.6. Факторы, влияющие на контур (ширину, форму) спектральных линий .....	312
10.2. Методы оптической атомной спектromетрии .....	316
10.3. Источники света для атомного спектрального анализа .....	317
10.3.1. Аналитическое пламя .....	317
10.3.2. Дуговой разряд .....	321
10.3.3. Высоковольтный искровой разряд .....	326
10.3.4. Тлеющий разряд постоянного тока .....	328
10.3.5. Индуктивно-связанная плазма .....	332
10.3.6. Лазеры и источники света с использованием лазерного излучения .....	335
10.4. Спектральные приборы .....	338
10.4.1. Оптическая схема спектрального прибора .....	338
10.4.2. Характеристики спектрального прибора .....	339
10.4.3. Системы освещения входной щели спектрального прибора .....	344
10.5. Регистрация спектра и фотометрия спектральных линий .....	345
10.5.1. Визуальная регистрация .....	345
10.5.2. Фотографическая регистрация .....	346
10.5.3. Фотоэлектрическая регистрация .....	347
10.5.4. Многоканальные твердотельные детекторы излучения .....	348
10.6. Специфика различных вариантов атомного спектрального анализа .....	349
10.6.1. Атомно-эмиссионный спектральный анализ .....	349
10.6.2. Атомно-абсорбционный спектральный анализ .....	352
10.6.3. Атомно-флуоресцентный спектральный анализ .....	356
<b>Глава 11. Методы, основанные на взаимодействии вещества с рентгеновским излучением .....</b>	<b>362</b>
11.1. Рентгеновское излучение .....	362
11.2. Спектр характеристического рентгеновского излучения .....	364
11.3. Общие представления о взаимодействии рентгеновского излучения с веществом .....	366
11.4. Рентгеноспектральные методы элементного анализа .....	370
11.4.1. Техника рентгеноспектрального элементного анализа .....	370
11.4.2. Рентгенофлуоресцентный анализ .....	376
11.4.3. Рентгеноэмиссионный анализ .....	379
11.4.4. Рентгеноабсорбционный анализ .....	380
11.5. Фотоэлектронная спектromетрия .....	381
<b>Глава 12. Молекулярная спектromетрия в ультрафиолетовой и видимой областях спектра .....</b>	<b>388</b>
12.1. Энергетические состояния молекул .....	388
12.2. Абсорбционная молекулярная спектromетрия в ультрафиолетовой и видимой областях спектра .....	391
12.2.1. Физические основы фотометрических методов .....	391
12.2.2. Фотоколориметрия и спектromетрия .....	394
12.2.3. Выбор оптимальных условий проведения фотометрических измерений .....	396
12.2.4. Фотометрические формы аналитов и реакции их образования .....	400

12.2.5. Органические реагенты и растворители, применяемые в фотометрическом анализе .....	406
12.2.6. Схемы выполнения фотометрического анализа .....	411
12.2.7. Способы расширения аналитических возможностей фотометрического анализа .....	413
12.2.8. Твердофазная спектрофотометрия .....	420
12.2.9. Спектрофотометрический анализ и исследование растворов светопоглощающих соединений .....	422
12.3. Люминесцентные методы анализа .....	433
12.3.1. Физические основы люминесцентных методов .....	433
12.3.2. Люминесцентные методы анализа .....	438
<b>Глава 13. Колебательная спектрометрия и ее аналитическая информативность .....</b>	<b>441</b>
13.1. Возбуждение колебательных состояний молекул под действием фотонов .....	441
13.2. ИК-спектрометрия .....	442
13.2.1. Колебательные спектры молекул .....	442
13.2.2. Техника измерения ИК спектров .....	448
13.2.3. Аналитическая информативность ИК спектров .....	452
13.3. Колебательная спектрометрия комбинационного рассеяния света .....	456
13.3.1. Природа спектров комбинационного рассеяния .....	456
13.3.2. Инструментальные средства спектроскопии комбинационного рассеяния .....	462
13.3.3. Методические аспекты спектрометрии комбинационного рассеяния света .....	465
13.4. Методы оптической калориметрии .....	470
13.4.1. Процессы, лежащие в основе методов оптической калориметрии .....	470
13.4.2. Оптоакустическая калориметрия .....	471
13.4.3. Фототермическая калориметрия. Метод тепловой линзы .....	476
<b>Глава 14. Ядерно-физические методы .....</b>	<b>480</b>
14.1. Ядра атомов как носители химико-аналитической информации .....	480
14.1.1. Основные характеристики атомных ядер .....	480
14.1.2. Радиоактивность и схемы распада радиоактивных ядер .....	480
14.1.3. Радиоактивность и закон радиоактивного распада .....	482
14.1.4. Образование радиоактивных ядер .....	483
14.2. Активационный анализ .....	486
14.2.1. Физические принципы активационного анализа .....	486
14.2.2. Методы активационного анализа .....	489
14.3. Метод изотопного разбавления .....	490
14.4. Радионуклиды как трассеры химических и биохимических процессов .....	491
14.5. Ядерный микроанализ .....	492
14.6. Мессбауэровская спектроскопия .....	495
14.6.1. Эффект Мессбауэра .....	495
14.6.2. Параметры мессбауэровских спектров .....	497
14.6.3. Аналитические возможности мессбауэровской спектроскопии .....	500
<b>Глава 15. Радиоспектроскопические методы .....</b>	<b>503</b>
15.1. Общие принципы радиоспектроскопических методов .....	503
15.2. Спектроскопия ядерного магнитного резонанса .....	504
15.2.1. Магнитный момент ядра и его взаимодействие с магнитным полем .....	504
15.2.2. Явление ядерного магнитного резонанса и его практическая реализация .....	506
15.2.3. Химический сдвиг сигналов в спектрах ЯМР .....	508

15.2.4. Техника спектроскопии ЯМР и области ее применения .....	510
15.3. Спектроскопия электронного парамагнитного резонанса .....	513
15.3.1. Условие электронного парамагнитного резонанса .....	513
15.3.2. Положение резонансного сигнала и фактор расщепления Ланде .....	515
15.3.3. Электрон-ядерное взаимодействие и сверхтонкая структура спектра ЭПР .....	516
15.3.4. Интенсивность, ширина и форма линии в спектрах ЭПР .....	518
15.3.5. Техника и экспериментальные методики спектроскопии ЭПР .....	519
<b>Глава 16. Ионизационные методы</b> .....	<b>522</b>
16.1. Ионизация атомов и молекул как способ проявления их характеристических свойств .....	522
16.2. Методы с использованием в качестве источника ионизирующих излучений радиоактивных препаратов .....	522
16.2.1. Радиоактивные источники ионизирующих излучений .....	522
16.2.2. Электрозахватный анализатор .....	524
16.2.3. Анализаторы по сечению ионизации .....	525
16.2.4. Ионизационные анализаторы с инертными газами .....	527
16.3. Фотоионизационные методы .....	531
16.3.1. Однофотонная фотоионизация .....	531
16.3.2. Лазерная многофотонная ионизация .....	532
16.4. Пламенно-ионизационный метод .....	536
16.5. Термоионный метод .....	540
16.6. Метод ионизации в высокочастотном газовом разряде .....	543
<b>Глава 17. Методы, основанные на рассеянии, преломлении и поляризации света</b> ....	<b>544</b>
17.1. Аналитическая информативность процессов упругого рассеяния света .....	544
17.1.1. Процессы, являющиеся следствием упругого рассеяния света .....	544
17.1.2. Рэлеевское рассеяние света в мутных средах .....	544
17.1.3. Преломление света .....	546
17.1.4. Поляризация и оптическая активность .....	550
17.2. Фотометрия рэлеевского рассеяния света .....	553
17.3. Рефрактометрия .....	554
17.3.1. Рефрактометрические методы анализа систем различной степени сложности .....	554
17.3.2. Анализ строения молекул органических веществ .....	559
17.4. Поляриметрия .....	561
Список литературы .....	563
Словарь терминов .....	568