

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Глава 1. <b>Электрохимические методы анализа</b> . . . . .	8
1.1. Основные понятия . . . . .	8
1.2. Потенциометрические методы анализа . . . . .	11
1.2.1. Индикаторные электроды и электроды сравнения . . . . .	11
1.2.2. Ионоселективные электроды . . . . .	13
1.2.3. Выполнение потенциометрических измерений . . . . .	22
1.2.4. Потенциометрическое титрование . . . . .	27
1.3. Вольтамперометрические методы анализа . . . . .	29
1.3.1. Общие сведения . . . . .	29
1.3.2. Постоянноточковая полярография . . . . .	30
1.3.3. Количественный анализ в полярографии . . . . .	45
1.3.4. Аналитические возможности постоянноточковой полярографии . . . . .	46
1.3.5. Некоторые варианты полярографии . . . . .	49
1.3.6. Вольтамперометрия . . . . .	56
1.4. Кулонометрические методы анализа . . . . .	69
1.4.1. Общие сведения . . . . .	69
1.4.2. Прямая кулонометрия . . . . .	71
1.4.3. Косвенная кулонометрия (кулонометрическое титрование) . . . . .	78
1.5. Кондуктометрические методы анализа . . . . .	83
Контрольные задания . . . . .	86
Список литературы . . . . .	88
Глава 2. <b>Спектроскопические методы</b> . . . . .	89
2.1. Общая характеристика и классификация спектроскопических методов . . . . .	89
2.2. Излучение и его взаимодействие с веществом . . . . .	91
2.3. Приборы для спектрального анализа . . . . .	98
2.4. Атомные спектральные методы . . . . .	101
2.4.1. Основные принципы атомного спектрального анализа . . . . .	101
2.4.2. Атомно-эмиссионная спектроскопия . . . . .	110
2.4.3. Атомно-абсорбционная спектроскопия . . . . .	120
2.4.4. Атомно-флуоресцентная спектрометрия . . . . .	124
2.5. Молекулярные спектральные методы . . . . .	128
2.5.1. Молекулярно-абсорбционный анализ в ультрафиолетовой и видимой областях спектра . . . . .	128
2.5.2. Молекулярно-абсорбционный анализ в инфракрасной области . . . . .	139
2.5.3. Спектроскопия комбинационного рассеяния . . . . .	151
2.5.4. Люминесцентный анализ . . . . .	157
2.6. Рентгеновский спектральный анализ . . . . .	178
2.7. Рефрактометрический анализ . . . . .	184
Контрольные задания . . . . .	187
Список литературы . . . . .	190

<b>Глава 3. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия</b> .....	191
3.1. Основы метода рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС) ..	191
3.1.1. Краткая история создания метода .....	191
3.1.2. Определение поверхности твердого тела .....	193
3.1.3. Рентгеновский фотоэлектронный спектр и обозначения фотоэлектронных линий .....	193
3.1.4. Глубина отбора аналитической информации .....	194
3.1.5. Получение чистой поверхности в сверхвысоком вакууме .....	195
3.1.6. Электронный спектрометр .....	196
3.2. Определение элементного и химического состава поверхности методом РФЭС .....	201
3.2.1. Качественное определение элементного состава .....	201
3.2.2. Количественное определение элементного состава .....	202
3.2.3. Качественное и количественное определение химического состава .....	204
3.2.4. Пробоподготовка .....	206
3.3. Информация, получаемая из спектров РФЭС .....	207
3.3.1. Терминология и интерпретация спектров .....	208
3.3.2. Химический сдвиг .....	210
3.3.3. Обработка данных РФЭС .....	210
3.3.4. Простые операции с данными .....	210
3.3.5. Вычитание фона .....	212
3.3.6. Искажения спектров .....	213
3.4. Анализ сложных спектров РФЭС .....	213
3.4.1. Синтез огибающих кривых .....	214
3.4.2. Уширение линий .....	217
3.4.3. Расчет толщины измененных слоев .....	218
3.5. Ионное травление .....	218
3.6. Аналитические характеристики и применение метода РФЭС .....	219
3.7. Сопоставление РФЭС и других методов исследования поверхности .....	219
3.8. Базы данных, программы для обработки спектров и другая информация о РФЭС .....	228
Контрольные задания .....	228
Список литературы .....	228
<b>Глава 4. Спектроскопия ядерного магнитного резонанса</b> .....	230
4.1. Основные понятия .....	230
4.2. Параметры спектров ЯМР .....	235
4.2.1. Ширина линий .....	235
4.2.2. Химический сдвиг .....	236
4.2.3. Константы спин-спинового взаимодействия .....	240
4.3. Регистрация спектров ЯМР .....	243
4.4. Принцип работы импульсного спектрометра ЯМР .....	247
4.5. Методы двойного резонанса в спектроскопии ЯМР .....	249
4.6. Характеристики спиновых систем .....	251
4.7. Динамические эффекты в спектроскопии ЯМР .....	253
4.8. Изотопный обмен .....	255
4.9. Использование импульсных последовательностей в спектроскопии ЯМР .....	256

4.10. Второе измерение в спектроскопии ЯМР . . . . .	260
4.11. Применение спектроскопии ЯМР . . . . .	261
Контрольные задания . . . . .	262
Список литературы . . . . .	263
<b>Глава 5. Ядерно-физические методы анализа . . . . .</b>	<b>264</b>
5.1. Основные понятия . . . . .	264
5.2. Активационные ядерно-физические методы . . . . .	271
5.2.1. Теоретические основы . . . . .	271
5.2.2. Нейтронно-активационный анализ . . . . .	276
5.2.3. Гамма-активационный анализ . . . . .	283
5.2.4. Активационный анализ на заряженных частицах . . . . .	284
5.3. Активационная автордиография . . . . .	285
5.4. Неактивационные ядерно-физические методы . . . . .	286
Контрольные задания . . . . .	287
Список литературы . . . . .	287
<b>Глава 6. Масс-спектрометрия . . . . .</b>	<b>288</b>
6.1. Основные понятия . . . . .	288
6.2. Принцип работы масс-спектрометра . . . . .	289
6.2.1. Система ввода образца . . . . .	290
6.2.2. Ионный источник и способы ионизации . . . . .	291
6.2.3. Разделение ионов по $m/z$ . Масс-анализаторы . . . . .	304
6.2.4. Регистрация ионов . . . . .	312
6.3. Масс-спектрометрические методы, основанные на лазерной десорбции/ионизации . . . . .	312
6.3.1. Матрично-активированная лазерная десорбция/ионизация . . . . .	313
6.3.2. Лазерная десорбция/ионизация, активируемая поверхностью . . . . .	320
6.4. Тандемная масс-спектрометрия . . . . .	324
6.5. Хромато-масс-спектрометрия . . . . .	324
6.6. Масс-спектрометры для элементного и изотопного анализа с ионизацией в плазме . . . . .	325
6.7. Количественный и качественный анализ методом масс-спектрометрии . . . . .	328
6.7.1. Определение элементного состава иона по изотопным пикам в масс-спектре . . . . .	328
6.7.2. Количественный анализ . . . . .	332
Контрольные задания . . . . .	334
Список литературы . . . . .	335
<b>Глава 7. Рентгеновский фазовый анализ . . . . .</b>	<b>336</b>
7.1. Базовые понятия и термины . . . . .	336
7.1.1. Рентгеновские лучи . . . . .	341
7.1.2. Дифракция и интерференция рентгеновских лучей . . . . .	343
7.1.3. Геометрия дифрактограмм кристаллических порошков . . . . .	343
7.1.4. Интенсивность рентгеновских дифракционных линий . . . . .	347
7.1.5. Чувствительность рентгеновского фазового анализа . . . . .	350

7.2. Инструменты для РФА и результаты измерений. . . . .	353
7.2.1. Источники рентгеновских лучей для дифрактометрии . . . . .	355
7.2.2. Монохроматизация рентгеновских лучей . . . . .	356
7.2.3. Рентгеновские порошковые дифрактометры . . . . .	360
7.3. Эксперимент для рентгеновского фазового анализа . . . . .	365
7.3.1. Образцы для рентгеновской дифрактометрии и фазового анализа . . . . .	366
7.3.2. Инструментальные ошибки дифракционного эксперимента . . . . .	367
7.3.3. Эталоны для рентгеновской дифрактометрии и фазового анализа . . . . .	368
7.3.4. Дифракционные данные и обработка результатов измерений . . . . .	370
7.4. Принципы рентгеновского фазового анализа материалов . . . . .	372
7.5. Базы данных для рентгеновского фазового анализа . . . . .	374
7.5.1. Систематизация записей (карточек) в базах данных ICDD-PDF . . . . .	376
7.5.2. Обозначение качества карточек в базах ICDD-PDF . . . . .	377
7.5.3. Варианты базы данных ICDD-PDF . . . . .	377
7.5.4. База данных PDF-4+ . . . . .	378
7.5.5. База данных PDF-2 . . . . .	379
7.6. Качественный рентгеновский фазовый анализ . . . . .	380
7.6.1. Идентификация неизвестной фазы . . . . .	380
7.6.2. Анализ многофазных систем . . . . .	381
7.7. Количественный рентгеновский фазовый анализ . . . . .	383
7.7.1. Методы количественного рентгеновского фазового анализа по отдельным линиям дифрактограммы . . . . .	384
7.7.2. Методы полнопрофильного РКФА . . . . .	390
7.8. Точность рентгеновского фазового анализа . . . . .	396
Контрольные задания . . . . .	397
Список литературы . . . . .	398
<b>Глава 8. Электронная микроскопия . . . . .</b>	<b>400</b>
8.1. Основные понятия. . . . .	400
8.2. Просвечивающая и сканирующая электронная микроскопия. . . . .	401
8.3. Электронные и ионные микроскопы. . . . .	404
8.4. Современные сканирующие (растровые) электронные микроскопы . . . . .	405
8.5. Теоретические основы метода . . . . .	408
8.6. Рентгеновский микроанализ . . . . .	413
8.7. Аналитическая электронная микроскопия . . . . .	418
Контрольные задания . . . . .	420
Список литературы . . . . .	420
<b>Глава 9. Кинетические методы анализа . . . . .</b>	<b>421</b>
9.1. Основные понятия. . . . .	421
9.2. Реакции нулевого порядка. . . . .	422
9.3. Реакции первого порядка . . . . .	423
9.4. Применение кинетических методов в аналитической химии . . . . .	424
9.5. Особенности ферментативных каталитических реакций . . . . .	429
Контрольные задания . . . . .	431
Список литературы . . . . .	431

---

Глава 10. Термогравиметрия и дифференциальная сканирующая калориметрия . . . . .	432
10.1. Из истории термических методов анализа . . . . .	432
10.2. Классификация методов термического анализа. . . . .	434
10.3. Твердофазный полиморфизм . . . . .	440
10.4. Определение чистоты органических веществ методом криометрии . . . . .	446
10.5. Термогравиметрия . . . . .	448
Контрольные задания . . . . .	454
Список литературы . . . . .	455
Приложение. . . . .	456
Предметный указатель . . . . .	464
Сведения об авторах . . . . .	469