

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие . . . . .	3
Введение . . . . .	5
§ 1. Задачи и цели курса . . . . .	5
§ 2. Понятие «спектральный анализ», классификация его типов . . . . .	6
§ 3. Элементный и изотопный спектральный анализ . . . . .	8
§ 4. Молекулярный спектральный анализ . . . . .	11
§ 5. Анализ структурных элементов сложных молекулярных соединений . . . . .	16

### Раздел I

#### ЭМИССИОННЫЙ СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

<i>Глава 1</i> ЭМИССИОННЫЕ СПЕКТРЫ АТОМОВ И ОСНОВЫ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА	
§ 6. Эмиссионные спектры атомов . . . . .	21
§ 7. Основы эмиссионного спектрального анализа . . . . .	28
<i>Глава 2</i> АППАРАТУРА И ИСТОЧНИКИ СВЕТА ДЛЯ ЭМИССИОННОГО СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА	
§ 8. Спектральные приборы для эмиссионного спектрального анализа, их основные характеристики . . . . .	31
§ 9. Источники возбуждения спектров при эмиссионном спектральном анализе . . . . .	47
§ 10. Вспомогательные приборы и принадлежности . . . . .	59
<i>Глава 3</i> КАЧЕСТВЕННЫЙ И ПОЛУКОЛИЧЕСТВЕННЫЙ ЭМИССИОННЫЙ СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ	
§ 11. Качественный анализ . . . . .	65
§ 12. Полуколичественные методы спектрального анализа . . . . .	70
<i>Глава 4</i> ЭМИССИОННЫЙ КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ	
§ 13. Физические основы эмиссионного количественного спектрального анализа. Концентрационная чувствительность . . . . .	73
§ 14. Визуальные методы эмиссионного количественного спектрального анализа . . . . .	77
§ 15. Измерение относительных интенсивностей методом фотографического фотометрирования . . . . .	82
§ 16. Фотографические методы эмиссионного количественного спектрального анализа . . . . .	89
§ 17. Фотоэлектрические методы эмиссионного количественного спектрального анализа . . . . .	95
§ 18. Особые случаи построения аналитических кривых . . . . .	106
§ 19. Спектральный анализ редкоземельных и актинидных элементов. . . . .	110
§ 20. Точность количественного спектрального анализа . . . . .	113

### Раздел II

#### ИЗОТОПНЫЙ СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

<i>Глава 5</i> ИЗОТОПИЧЕСКАЯ И СВЕРХТОНКАЯ СТРУКТУРА В АТОМНЫХ И МОЛЕКУЛЯРНЫХ СПЕКТРАХ	
§ 21. Структура спектральных линий . . . . .	117
§ 22. Изотопический эффект в атомных спектрах . . . . .	120
§ 23. Сверхтонкая структура в атомных спектрах . . . . .	125
§ 24. Изотопический эффект в молекулярных спектрах . . . . .	130

## Глава 6 ОСНОВЫ ИЗОТОПНОГО СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА

- § 25. Принципы изотопного спектрального анализа по атомным спектрам . . . . . 133
- § 26. Зависимость отношения интенсивностей двух изотопических линий от относительной концентрации изотопов . . . . . 134
- § 27. Принципы изотопного спектрального анализа по молекулярным спектрам . . . . . 140

## Глава 7 ИСТОЧНИКИ СВЕТА И СПЕКТРАЛЬНАЯ АППАРАТУРА

- § 28. Источники света . . . . . 142
- § 29. Спектральные приборы . . . . . 146

## Глава 8 МЕТОДЫ ИЗОТОПНОГО СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

- § 30. Применение изотопного спектрального анализа . . . . . 152
- § 31. Методы количественного анализа . . . . . 153
- § 32. Изотопный спектральный анализ газообразных смесей водорода и дейтерия . . . . . 155
- § 33. Изотопный спектральный анализ тяжелой воды . . . . . 159
- § 34. Изотопный спектральный анализ лития . . . . . 161
- § 35. Изотопный спектральный анализ обогащенного урана . . . . . 165
- § 36. Точность методов изотопного спектрального анализа . . . . . 168

## Раздел III

### МОЛЕКУЛЯРНЫЙ АНАЛИЗ ПО КОЛЕБАТЕЛЬНЫМ СПЕКТРАМ

- I. Молекулярный анализ по инфракрасным спектрам поглощения . . . . . 172

#### Глава 9 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРИРОДЕ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ СПЕКТРОВ МНОГОАТОМНЫХ МОЛЕКУЛ

- § 37. Характер молекулярных спектров . . . . . 172
- § 38. Нормальные колебания молекулы и их свойства . . . . . 174
- § 39. Характеристичность частот в колебательном спектре молекул . . . . . 184
- § 40. Характеристичность интенсивности в колебательном спектре молекул . . . . . 189

#### Глава 10 ОСНОВЫ АБСОРБЦИОННОЙ СПЕКТРОФОТОМЕТРИИ

- § 41. Законы поглощения света. Способы представления спектрофотометрических величин . . . . . 191
- § 42. Физико-химические и инструментальные причины отклонений от закона Бугера — Ламберта — Бера . . . . . 196

#### Глава 11 ТЕХНИКА ИНФРАКРАСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

- § 43. Источники излучения . . . . . 201
- § 44. Монохроматоры . . . . . 203
- § 45. Приемники инфракрасного излучения . . . . . 205
- § 46. Методы усиления и регистрации сигналов в инфракрасной области спектра . . . . . 210
- § 47. Об измерении спектрального состава излучения в инфракрасной области спектра . . . . . 216
- § 48. Современные модели инфракрасных спектрометров . . . . . 224
- § 49. Градуировка призмных инфракрасных спектрометров . . . . . 231
- § 50. Техника приготовления образцов для анализа . . . . . 235

#### Глава 12 КАЧЕСТВЕННЫЙ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗЫ ПО ИНФРАКРАСНЫМ СПЕКТРАМ

- § 51. Инфракрасные спектры нормальных и разветвленных парафинов . . . . . 246
- § 52. Инфракрасные спектры олефинов . . . . . 251
- § 53. Ацетилен и его производные . . . . . 254
- § 54. Ароматические соединения . . . . . 254
- § 55. Карбонильные соединения . . . . . 256
- § 56. Амиды и аминокислоты . . . . . 258
- § 57. Использование инфракрасной спектроскопии при исследовании строения высокомолекулярных веществ . . . . . 261
- § 58. Системы документации инфракрасных спектров . . . . . 265
- § 59. Техника проведения качественных анализов . . . . . 266
- § 60. Количественный анализ по инфракрасным спектрам поглощения . . . . . 271
- II. Молекулярный анализ по спектрам комбинационного рассеяния света . . . . . 285

<b>Глава 6</b> ОСНОВЫ ИЗОТОПНОГО СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА	
§ 25. Принципы изотопного спектрального анализа по атомным спектрам	133
§ 26. Зависимость отношения интенсивностей двух изотопических линий от относительной концентрации изотопов	134
§ 27. Принципы изотопного спектрального анализа по молекулярным спектрам	140

<b>Глава 7</b> ИСТОЧНИКИ СВЕТА И СПЕКТРАЛЬНАЯ АППАРАТУРА	
§ 28. Источники света	142
§ 29. Спектральные приборы	146

<b>Глава 8</b> МЕТОДЫ ИЗОТОПНОГО СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ	
§ 30. Применение изотопного спектрального анализа	152
§ 31. Методы количественного анализа	153
§ 32. Изотопный спектральный анализ газообразных смесей водорода и дейтерия	155
§ 33. Изотопный спектральный анализ тяжелой воды	159
§ 34. Изотопный спектральный анализ лития	161
§ 35. Изотопный спектральный анализ обогащенного урана	165
§ 36. Точность методов изотопного спектрального анализа	168

### Раздел III

#### МОЛЕКУЛЯРНЫЙ АНАЛИЗ ПО КОЛЕБАТЕЛЬНЫМ СПЕКТРАМ

I. Молекулярный анализ по инфракрасным спектрам поглощения	172
--	-----

<b>Глава 9</b> ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРИРОДЕ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ СПЕКТРОВ МНОГОАТОМНЫХ МОЛЕКУЛ	
§ 37. Характер молекулярных спектров	172
§ 38. Нормальные колебания молекулы и их свойства	174
§ 39. Характеристичность частот в колебательном спектре молекул	184
§ 40. Характеристичность интенсивности в колебательном спектре молекул	189

<b>Глава 10</b> ОСНОВЫ АБСОРБЦИОННОЙ СПЕКТРОФОТОМЕТРИИ	
§ 41. Законы поглощения света. Способы представления спектрофотометрических величин	191
§ 42. Физико-химические и инструментальные причины отклонений от закона Бугера — Ламберта — Бера	196

<b>Глава 11</b> ТЕХНИКА ИНФРАКРАСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ	
§ 43. Источники излучения	201
§ 44. Монохроматоры	203
§ 45. Приемники инфракрасного излучения	205
§ 46. Методы усиления и регистрации сигналов в инфракрасной области спектра	210
§ 47. Об измерении спектрального состава излучения в инфракрасной области спектра	216
§ 48. Современные модели инфракрасных спектрометров	224
§ 49. Градуировка призмных инфракрасных спектрометров	231
§ 50. Техника приготовления образцов для анализа	235

<b>Глава 12</b> КАЧЕСТВЕННЫЙ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗЫ ПО ИНФРАКРАСНЫМ СПЕКТРАМ	
§ 51. Инфракрасные спектры нормальных и разветвленных парафинов	246
§ 52. Инфракрасные спектры олефинов	251
§ 53. Ацетилен и его производные	254
§ 54. Ароматические соединения	254
§ 55. Карбонильные соединения	256
§ 56. Амиды и аминокислоты	258
§ 57. Использование инфракрасной спектроскопии при исследовании строения высокомолекулярных веществ	261
§ 58. Системы документации инфракрасных спектров	265
§ 59. Техника проведения качественных анализов	266
§ 60. Количественный анализ по инфракрасным спектрам поглощения	271
II. Молекулярный анализ по спектрам комбинационного рассеяния света	285

### Глава 13 ТЕХНИКА СПЕКТРОСКОПИИ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ СВЕТА

§ 61. Спектральная аппаратура	285
§ 62. Источники возбуждения комбинационного рассеяния	290
§ 63. Осветительные системы	292
§ 64. Сосуды для жидких образцов	294
§ 65. Условия освещения щели спектрографа	295
§ 66. Общие сведения об измерении основных параметров линий комбинационного рассеяния	298
§ 67. Измерение частот линий комбинационного рассеяния	300
§ 68. Измерение интенсивности линий комбинационного рассеяния в их максимуме	302
§ 69. Измерение контура линий комбинационного рассеяния	305
§ 70. Нахождение истинного контура линии комбинационного рассеяния по наблюдаемому при непосредственных методах измерения	308
§ 71. Определение интегральных интенсивностей линий комбинационного рассеяния	313
§ 72. Измерение степени деполаризации линий комбинационного рассеяния	315

### Глава 14 МОЛЕКУЛЯРНЫЙ КАЧЕСТВЕННЫЙ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ПО СПЕКТРАМ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ СВЕТА

§ 73. Подготовка пробы к оптическому исследованию	320
§ 74. Задачи качественного анализа	321
§ 75. Применение качественного анализа для решения структурных задач	322
§ 76. Определение индивидуального состава смеси	325
§ 77. Основы количественного молекулярного анализа по методу комбинационного рассеяния света	328
§ 78. Количественный анализ фотографическим методом с помощью табличных значений интенсивностей	330
§ 79. Приближенные методы анализа	340
§ 80. Применение фотоэлектрического метода для молекулярного анализа	341
§ 81. Применение комбинационного рассеяния света к исследованию газовой фазы	343

## Раздел IV

### МОЛЕКУЛЯРНЫЙ АНАЛИЗ ПО ЭЛЕКТРОННЫМ СПЕКТРАМ ПОГЛОЩЕНИЯ

#### Глава 15 ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОННЫХ СПЕКТРОВ СЛОЖНЫХ МОЛЕКУЛ

§ 82. Понятие о квантовомеханическом описании электронных спектров	350
§ 83. Простые хромофоры	354
§ 84. Сопряженные хромофоры	359
§ 85. Описание электронных спектров с помощью «металлической» модели	363
§ 86. Электронные спектры циклических соединений	367

#### Глава 16 ПРИБОРЫ ДЛЯ АНАЛИЗА ПО ЭЛЕКТРОННЫМ СПЕКТРАМ ПОГЛОЩЕНИЯ МОЛЕКУЛ

§ 87. Общая характеристика приборов для анализа по электронным спектрам	370
§ 88. Приемники излучения	375
§ 89. Методы измерения пропускания вещества	379
§ 90. Фотометры и спектрофотометры	383

#### Глава 17 КАЧЕСТВЕННЫЙ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗЫ ПО ЭЛЕКТРОННЫМ СПЕКТРАМ ПОГЛОЩЕНИЯ

§ 91. Качественный анализ по электронным спектрам поглощения	391
§ 92. Количественный анализ по электронным спектрам поглощения	394
§ 93. Использование электронных спектров для установления строения молекул	398
§ 94. Измерение скоростей химических реакций	401
§ 95. Определение состава комплексов в растворах	403

## Раздел V

### ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЙ АНАЛИЗ

#### Глава 18 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ И ЛЮМИНЕСЦЕНТНОМ АНАЛИЗЕ

§ 96. Основные явления люминесценции, используемые в люминесцентном анализе	406
---	-----

§ 97. Основные закономерности свечения, используемые в люминесцентном анализе	412
§ 98. Виды люминесцентного анализа и характеристика его особенностей	415
<b>Глава 19</b> АППАРАТУРА, ПРИМЕНЯЕМАЯ ПРИ ЛЮМИНЕСЦЕНТНОМ АНАЛИЗЕ	
§ 99. Источники возбуждения люминесценции	417
§ 100. Светофильтры и монохроматоры	420
§ 101. Фотометры	422
§ 102. Спектрографы и спектрофотометры	425
§ 103. Поляриметры и полярископы	428
§ 104. Фосфороскопы и флуорометры	432
§ 105. Специальная аппаратура, применяемая при качественном люминесцентном анализе	435
§ 106. Люминесцентные микроскопы	436
<b>Глава 20</b> ХИМИЧЕСКИЙ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЙ АНАЛИЗ	
§ 107. Возбуждение и регистрация свечения при качественном и количественном химическом люминесцентном анализе	440
§ 108. Качественный люминесцентный анализ	445
§ 109. Количественный люминесцентный анализ	448
§ 110. Поляризационные методы люминесцентного анализа	452
§ 111. Люминесцентный анализ неорганических соединений	456
§ 112. Люминесцентный анализ органических соединений	461
§ 113. Люминесцентный анализ минералов и руд	469
<b>Глава 21</b> ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЙ АНАЛИЗ ОБНАРУЖЕНИЯ	
§ 114. Обнаружение невидимых радиаций	472
§ 115. Люминесцентный анализ обнаружения в биологии и медицине	476
§ 116. Люминесцентный анализ обнаружения в промышленности	478
§ 117. Люминесцентный анализ обнаружения в сельском хозяйстве и пищевой промышленности	482
§ 118. Обнаружение скрытых течений	483
§ 119. Люминесцентный анализ обнаружения в палеонтологии, археологии и криминалистике	484
Приложения	489