

Экспериментальная  
ядерная физика

*Под редакцией Э. Сегре*



# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА

*Под редакцией*  
Э. СЕГРЕ

**Том I**

*Перевод с английского*

**И \* Л**

ИЗДАТЕЛЬСТВО  
ИНОСТРАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

*Москва, 1955*

# EXPERIMENTAL NUCLEAR PHYSICS

Volume I

E. SEGRÈ, Editor

New York — London, 1953

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|                       |   |
|-----------------------|---|
| От редакции . . . . . | 3 |
| Предисловие . . . . . | 4 |

### ЧАСТЬ I

*Ганс Штауб*

#### Методы регистрации

|  |     |
|--|-----|
| § 1. Введение . . . . .  | 7   |
| § 2. Основные принципы регистрации частиц . . . . .                      | 8   |
| А. Движение ионов и электронов в газах . . . . .                         | 8   |
| Б. Ионизационные камеры . . . . .  | 18  |
| В. Пропорциональные счетчики . . . . .                                   | 29  |
| Г. Счетчики Гейгера — Мюллера . . . . .                                  | 36  |
| Д. Кристаллические счетчики . . . . .                                    | 44  |
| Е. Сцинтилляционные счетчики . . . . .                                   | 46  |
| Ж. Камеры Вильсона . . . . .   | 48  |
| З. Метод фотопластинок . . . . .   | 57  |
| И. Счетчики Черенкова . . . . .  | 63  |
| § 3. Электронные приборы . . . . .                                       | 64  |
| А. Усилители . . . . .   | 64  |
| Б. Дискриминаторы и пересчетные схемы . . . . .                          | 77  |
| В. Различные схемы . . . . .   | 85  |
| Г. Интегрирующие приборы . . . . .                                       | 97  |
| § 4. Конструкции и работа различных счетчиков и камер Вильсона . . . . . | 103 |
| А. Счетчики $\alpha$ -частиц и протонов . . . . .                        | 103 |
| Б. Детекторы нейтронов . . . . .   | 112 |
| В. Детекторы $\beta$ - и $\gamma$ -излучений . . . . .                   | 127 |
| Г. Камеры Вильсона . . . . .   | 130 |
| Литература . . . . .   | 137 |

### ЧАСТЬ II

*Ганс А. Бете и Юлиус Ашкин*

#### Прохождение излучения через вещество

|   |     |
|---|-----|
| § 1. Прохождение тяжелых частиц через вещество . . . . .  | 143 |
| А. Соотношение между пробегом и энергией . . . . .  | 143 |
| Б. Связь между потерями энергии и ионизацией . . . . .  | 199 |
| В. Разброс пробегов. Определение среднего пробега по экстраполированному пробегу . . . . .      | 207 |
| Г. Упругое и неупругое рассеяния тяжелых частиц атомами . . . . .                               | 212 |
| § 2. Прохождение $\beta$ -частиц через вещество . . . . .                                       | 215 |
| А. Потери энергии . . . . .   | 215 |
| Б. Интенсивность и угловое распределение излучения, испускаемого быстрыми электронами . . . . . | 229 |

|   |     |
|---|-----|
| В. Вторичные электроны . . . . .                              | 233 |
| Г. Упругое рассеяние электронов атомами . . . . .             | 235 |
| Д. Многократное рассеяние заряженных частиц . . . . .         | 239 |
| Е. Прохождение через фольги. Измерения энергии . . . . .      | 247 |
| § 3. Прохождение $\gamma$ -излучения через вещество . . . . . | 257 |
| А. Фотоэффект . . . . .                                       | 261 |
| Б. Комптоновское рассеяние . . . . .                          | 267 |
| В. Образование пар . . . . .                                  | 273 |
| Г. Полное сечение поглощения . . . . .                        | 285 |
| Д. Ядерный, мезонный и другие малые эффекты . . . . .         | 287 |
| Литература . . . . .  | 291 |

### ЧАСТЬ III

*Норман Ф. Рамзей*

#### Моменты и статистика ядер

|   |            |
|---|------------|
| § 1. Введение . . . . .   | 301        |
| Общие характеристики . . . . .  | 301        |
| § 2. Взаимодействие ядер с атомными и молекулярными полями . . . . .  | 302        |
| А. Электростатическое взаимодействие . . . . .  | 302        |
| Б. Магнитное взаимодействие . . . . .   | 307        |
| <i>Приложение I. Электрическое квадрупольное взаимодействие ядра . . . . .</i>  | <i>312</i> |
| <i>Приложение II. Теоретические ограничения порядков электрических мультиполей . . . . .</i>  | <i>317</i> |
| <i>Приложение III. Постоянные магнитной сверхтонкой структуры . . . . .</i>   | <i>319</i> |
| § 3. Экспериментальные исследования моментов и статистики ядер . . . . .  | 320        |
| А. Сверхтонкая структура оптических спектров атомов . . . . .   | 320        |
| Б. Изучение полосатых спектров . . . . .  | 323        |
| В. Нерезонансные методы изучения молекулярных и атомных пучков . . . . .  | 325        |
| Г. Резонансные методы изучения молекулярных пучков . . . . .  | 328        |
| Д. Резонансный метод изучения пучка нейтронов . . . . .   | 340        |
| Е. Методы ядерного резонансного поглощения и ядерной индукции . . . . .   | 341        |
| Ж. Методы радиоспектроскопии . . . . .  | 349        |
| З. Различные методы . . . . .   | 351        |
| § 4. Результаты измерений моментов и статистики ядер . . . . .  | 353        |
| А. Результаты экспериментов по определению абсолютных значений магнитных моментов ядер . . . . .  | 353        |
| Б. Магнитное экранирование и сдвиги резонансов . . . . .  | 354        |
| В. Таблицы моментов ядер . . . . .  | 358        |
| Г. Значение результатов измерений моментов ядер . . . . .   | 358        |
| § 5. Применения в химии и физике твердого тела . . . . .  | 377        |
| А. Введение . . . . .   | 377        |
| Б. Квадрупольные взаимодействия ядер в молекулах. Природа химической связи . . . . .  | 377        |
| В. Квадрупольные взаимодействия ядер в жестких кристаллах . . . . .   | 379        |
| Г. Непосредственное взаимодействие между спинами ядер в свободных молекулах. Расстояние между ядрами и вид колебательного потенциала молекулы . . . . . | 380        |
| Д. Непосредственные взаимодействия между спинами ядер в жестких кристаллах. Расстояния между атомами и углы между связями . . . . .                     | 381        |

|   |     |
|---|-----|
| Е. Ширины линий ядерного парамагнитного резонанса в жидкостях и газах. Сужение за счет соударений . . . . .   | 383 |
| Ж. Влияние движения ядер на спектры ядерного резонанса в кристаллах. Заторможенные вращения, колебания, обмен и туннельные эффекты . . . . .                    | 384 |
| З. Тепловые времена релаксации . . . . .  | 386 |
| И. Сдвиг резонансной частоты в металлах. Распределение электронов в металлах . . . . .  | 388 |
| К. Магнитное экранирование и химические сдвиги . . . . .  | 389 |
| Л. Зависимость магнитного экранирования от концентрации и температуры. Ассоциация и диссоциация молекул и химический обмен . . . . .                            | 390 |
| М. Взаимодействия между спинами ядер, связанные с электронами . . . . .   | 391 |
| Н. Спиново-вращательное магнитное взаимодействие . . . . .  | 393 |
| О. Вращательные магнитные моменты. Среднеквадратичные радиусы распределения электронов в молекулах . . . . .  | 395 |
| П. Зависимость диамагнитной восприимчивости от ориентации молекулы. Среднеквадратичные значения, характеризующие распределение электронов в молекулах . . . . . | 396 |
| Р. Влияние колебаний и центробежного возмущения . . . . .   | 396 |
| С. Радиоспектроскопия . . . . .   | 397 |
| Т. Парамагнитный и ферромагнитный резонансы . . . . .   | 401 |
| Литература . . . . .  | 406 |

## ЧАСТЬ IV

*Норман Ф. Рамзей***Проблемы двух тел и введение в строение ядер**

|  |     |
|--|-----|
| § 1. Введение . . . . .                                  | 421 |
| А. Нейтроны и протоны как составные части ядер . . . . . | 421 |
| Б. Свойства ядерных сил . . . . .                        | 422 |
| § 2. Проблемы двух тел . . . . .                         | 426 |
| А. Дейтрон . . . . .                                     | 426 |
| Б. Рассеяние нейтронов свободными протонами . . . . .    | 432 |
| В. Фоторасщепление дейтрона . . . . .                    | 454 |
| Г. Захват нейтронов протонами . . . . .                  | 457 |
| Д. Рассеяние протонов протонами . . . . .                | 458 |
| Е. Мезонные теории ядерных сил . . . . .                 | 470 |
| § 3. Сложные ядра . . . . .                              | 475 |
| А. Ядерные проблемы трех и четырех тел . . . . .         | 475 |
| Б. Ядра тяжелее гелия . . . . .                          | 477 |
| Литература . . . . .                                     | 486 |

## ЧАСТЬ V

*Кеннет Т. Бейбридж***Динамика и оптика заряженных частиц. Относительная распространенность изотопов различных элементов. Массы атомов**

|  |     |
|--|-----|
| § 1. Введение . . . . .  | 495 |
| § 2. Отклонение и фокусировка заряженных частиц в магнитном и электрическом полях . . . . .            | 500 |
| А. Комбинация электрического поля цилиндрического конденсатора и однородного магнитного поля . . . . . | 500 |
| Б. Фокусировка заряженных частиц в сферическом конденсаторе . . . . .                                  | 508 |
| В. Секторное магнитное поле . . . . .  | 508 |

---

|   |     |
|---|-----|
| Г. Ионная оптика . . . . .  | 520 |
| Д. Масс-спектрографы. Двойная фокусировка всех масс . . . . .                           | 526 |
| Е. Перекрещивающиеся электрические и магнитные поля. Трохоидальные траектории . . . . . | 533 |
| Ж. Фокусировка в неоднородных полях . . . . .   | 537 |
| § 3. Относительная распространенность изотопов . . . . .                                | 537 |
| А. Введение. Применения измерений распространенности . . . . .                          | 537 |
| Б. Масс-спектрометры . . . . .  | 539 |
| В. Возможные источники ошибок при масс-спектрометрических измерениях . . . . .          | 554 |
| § 4. Измерение атомных весов изотопов . . . . .   | 564 |
| А. Масс-спектрографические измерения атомных весов . . . . .                            | 566 |
| Б. Масс-спектрометрические измерения атомных весов . . . . .                            | 573 |
| В. Радиочастотные спектрометры для точного определения атомных весов . . . . .          | 577 |
| Г. Определение атомных весов из сверхвысокочастотных спектров . . . . .                 | 581 |
| Д. Ядерные реакции . . . . .  | 582 |
| Е. Атомные веса изотопов . . . . .  | 592 |
| Литература . . . . .  | 648 |