

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ  
ОСНОВНЫХ ВЕЛИЧИН  
ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ



METHODS OF EXPERIMENTAL PHYSICS

VOL. V, A. *NUCLEAR PHYSICS*

EDITED BY

LUKE C. L. YUAN  
BROOKHAVEN NATIONAL  
LABORATORY

CHIEN-SHIUNG WU  
COLUMBIA UNIVERSITY

FUNDAMENTAL PRINCIPLES  
AND METHODS  
OF PARTICLE DETECTION

Academic Press  
NEW YORK — LONDON  
1961

# МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ОСНОВНЫХ ВЕЛИЧИН ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАРЯДОВ,  
ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ ЯДЕР,  
ИМПУЛЬСОВ И ЭНЕРГИЙ БЫСТРЫХ ЧАСТИЦ  
И  $\gamma$ -ЛУЧЕЙ

*Составители-редакторы*

ЛЮК К. Л. ЮАН и ВУ ЦЗЯНЬ-СЮН

*Перевод с английского*

М. Н. ФЛЕРОВОЙ

*Под редакцией*

академика Л. А. АРЦИМОВИЧА

ИЗДАТЕЛЬСТВО «МИР»

Москва 1964

## О Г Л А В Л Е Н И Е

От редактора перевода . . . . .	5
Введение . . . . .	7

### Часть I. Измерение заряда и размеров атомных ядер и частиц

Глава 1. Заряды атомных ядер и частиц . . . . .	11
§ 1. Резерфордское рассеяние . . . . .	11
§ 2. Характеристические рентгеновские спектры . . . . .	16
§ 3. Определение заряда частиц методом толстослойных эмульсий . . . . .	21
Глава 2. Основные методы измерения размеров ядер . . . . .	30
§ 1. Введение . . . . .	30
§ 2. Описание основных методов измерения размеров ядер . . . . .	31
1. Методы ядерных сил . . . . .	31
2. Электрические и магнитные методы . . . . .	42
3. Комбинированные методы . . . . .	53
4. Угловые характеристики ядер . . . . .	57

### Часть II. Измерение импульса и энергии

Глава 3. Заряженные частицы . . . . .	61
§ 1. Измерение импульса. Электрический и магнитный анализы . . . . .	61
1. Введение . . . . .	61
2. Параметры, характеризующие магнитный спектрометр . . . . .	63
3. Различные типы магнитных спектрометров . . . . .	67
4. Измерение импульса с помощью камер Вильсона и пузырьковых камер . . . . .	93
5. Измерение импульса с помощью ядерных эмульсий . . . . .	106
§ 2. Измерение энергии . . . . .	125
1. Измерение энергии с помощью ионизационных камер . . . . .	125
2. Сцинтилляционная спектрометрия заряженных частиц . . . . .	127
3. Измерение пробегов и энергий камерами Вильсона и пузырьковыми камерами . . . . .	153
§ 3. Определение скорости . . . . .	155
1. Метод времени пролета . . . . .	155
2. Измерение скорости . . . . .	160
3. Измерение скорости с помощью черенковских счетчиков . . . . .	171
Глава 4. Нейтроны . . . . .	179
§ 1. Измерение потока, энергии, импульса и спинового момента нейтронов методом ядер отдачи . . . . .	179
1. Введение . . . . .	179
2. Измерение потока, энергии и импульса . . . . .	179
3. Измерение спинового момента . . . . .	181

4. Аппаратура для измерений величины потока и энергии . . .	183
5. Дифференциальное рассеяние: измерение импульса . . . . .	200
6. Поляризация . . . . .	203
7. Приложения . . . . .	205
§ 2. Метод времени пролета . . . . .	212
1. Введение . . . . .	212
2. Тепловые нейтроны . . . . .	215
3. Спектрометры по времени пролета для надтепловых нейтронов	234
4. Применение метода времени пролета к исследованиям на бы- стрых нейтронах . . . . .	263
5. Временные анализаторы для спектроскопии тепловых и над- тепловых нейтронов . . . . .	275
§ 3. Дифракция нейтронов на кристаллах . . . . .	289
§ 4. Определение импульса и энергии нейтронов с помощью нейтронно- го спектрометра с $\text{He}^3$ . . . . .	294
1. Введение . . . . .	294
2. Спектрометр . . . . .	296
3. Определение спектра нейтронов по измеренному распределению импульсов . . . . .	301
4. Применение спектрометра . . . . .	303
5. Дальнейшее усовершенствование спектрометра . . . . .	305
<b>Глава 5. Гамма-лучи . . . . .</b>	<b>306</b>
§ 1. Линии внутренней и внешней конверсии . . . . .	306
1. Введение . . . . .	306
2. Внешняя конверсия . . . . .	310
3. Внутренняя конверсия . . . . .	319
§ 2. Определение импульса и энергии $\gamma$ -квантов с помощью спектро- метра с изогнутым кристаллом . . . . .	324
1. Основные элементы фокусирующего спектрометра с изогну- тым кристаллом в двух расположениях . . . . .	324
2. Применения спектрометров с изогнутым кристаллом . . . . .	331
§ 3. Сцинтилляционная $\gamma$ -спектрометрия . . . . .	341
1. Сцинтилляторы для $\gamma$ -лучей . . . . .	341
2. Монтаж кристаллов . . . . .	343
3. Чувствительность спектрометра с кристаллом $\text{NaJ(Tl)}$ . . . . .	345
4. Измерение интенсивностей $\gamma$ -лучей . . . . .	362
§ 4. Определение энергии $\gamma$ -квантов спектрометром электронно-позит- ронных пар . . . . .	366
§ 5. Ливневые детекторы . . . . .	377
1. Введение . . . . .	377
2. Необходимость ливневых детекторов . . . . .	379
3. Принцип действия . . . . .	379
4. Размеры ливневых детекторов . . . . .	380
5. Правило подобия . . . . .	386
6. Другие теоретические методы . . . . .	387
7. Данные, полученные с ливневыми детекторами . . . . .	388
8. Возможности метода . . . . .	391
9. Заключение . . . . .	393
§ 6. Гамма-телескопы . . . . .	394
§ 7. Измерение энергии $\gamma$ -лучей по поглощению . . . . .	397
§ 8. Регистрация и измерение $\gamma$ -лучей с помощью фотоэмульсии . . . . .	402
1. Измерение энергии электронно-позитронных пар . . . . .	402
2. Угол раскрытия пар . . . . .	403
3. Ионизационный метод . . . . .	404
4. Гамма-лучи от распада $\pi$ -мезонов . . . . .	405

---

Глава 6. Нейтрино . . . . .	409
§ 1. Реакции с участием нейтрино . . . . .	409
§ 2. Определение энергии нейтрино . . . . .	410
1. Бета-распад . . . . .	410
2. Опыты со свободными нейтрино . . . . .	412
§ 3. Определение импульсов и спина нейтрино . . . . .	419
1. Опыты по отдаче нейтрино . . . . .	419
2. Спин нейтрино . . . . .	425
Дополнение. Эксперименты с нейтрино высоких энергий ( <i>С. С. Герштейн</i> ) . . . . .	425
Литература . . . . .	436