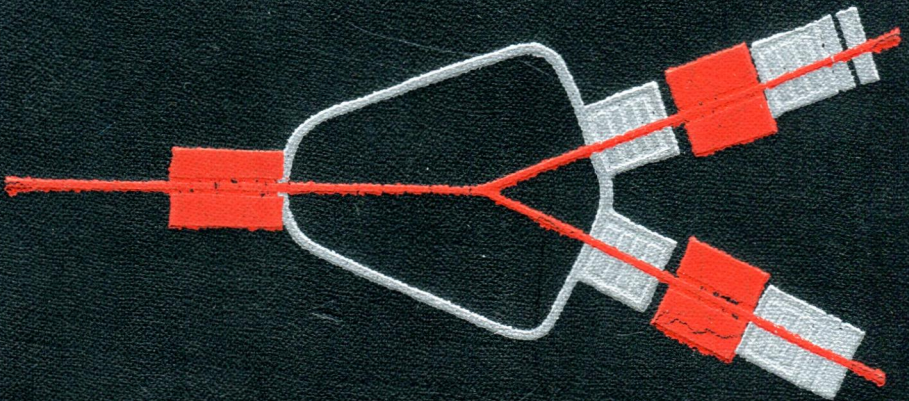


**К. Н. МУХИН**

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ  
ЯДЕРНАЯ  
ФИЗИКА**



**II. ФИЗИКА  
ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ**

К. Н. МУХИН

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА

Том II

ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

ИЗДАНИЕ ТРЕТЬЕ, ПЕРЕРАБОТАННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ

*Допущено Министерством высшего и среднего специального образования СССР в качестве учебника для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Физика»*



МОСКВА АТОМИЗДАТ 1974

УДК 539.1(075.8)

**Мухин К. Н. Экспериментальная ядерная физика. В двух томах. Т. II. Физика элементарных частиц. Учебник для вузов. Изд. 3-е. М., Атомиздат, 1974, с. 336.**

Второй том учебника «Экспериментальная ядерная физика» посвящен описанию свойств элементарных частиц и взаимодействий, в которых они участвуют (сильных, электромагнитных, слабых). Здесь рассмотрены нуклон-нуклонные взаимодействия при различных энергиях, ядерные силы, теория дейтона, структура нуклонов, свойства лептонов, мезонов, гиперонов и резонансов, физика античастиц, унитарная симметрия.

Книга рассчитана на студентов инженерно-физических и физико-технических высших учебных заведений и факультетов, а также на студентов университетов.

В книге 180 рисунков, 24 таблицы.

Рецензент: член-корр. АН СССР И. И. Гуревич

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|  |          |
|--|----------|
| Предисловие . . . . .  | 6        |
| <b>Глава I. Нуклон-нуклонные взаимодействия и ядерные силы . . . . .</b>   | <b>7</b> |
| § 1. Введение . . . . .  | 7        |
| § 2. Мезонная теория ядерных сил. Понятие о фейнмановских диаграммах . . . . .   | 9        |
| § 3. Феноменологический подбор потенциала $(N-N)$ -взаимодействия. Элементарная теория дейтона . . . . .   | 19       |
| 1. Условие существования связанного состояния . . . . .  | 19       |
| 2. Волновая функция и радиус дейтона . . . . .   | 25       |
| 3. Отсутствие возбужденных состояний у дейтона . . . . .   | 28       |
| § 4. Теория рассеяния . . . . .  | 29       |
| § 5. Нуклон-нуклонные взаимодействия при малых энергиях ( $T < 20$ Мэв) . . . . .  | 38       |
| 1. $(n-p)$ -Рассеяние при малых энергиях и радиус действия ядерных сил . . . . .   | 39       |
| 2. Дальнейший анализ $(n-p)$ -рассеяния при малых энергиях. Спиновая зависимость и тензорный характер ядерных сил . . . . .  | 41       |
| 3. $(p-p)$ -Рассеяние при малых энергиях . . . . .   | 48       |
| 4. $(n-n)$ -Рассеяние . . . . .  | 52       |
| 5. Принцип изотопической инвариантности ядерных сил . . . . .  | 52       |
| 6. Обобщенный принцип Паули . . . . .  | 59       |
| 7. Математический аппарат изоспина . . . . .   | 62       |
| § 6. Нуклон-нуклонные взаимодействия при высоких энергиях ( $T > 100$ Мэв) . . . . .   | 64       |
| 1. Методы получения и детектирования быстрых протонов и нейтронов . . . . .  | 64       |
| 2. Общая характеристика результатов опытов по $(p-p)$ - и $(n-p)$ -рассеянию при высоких энергиях. Интенсивное взаимодействие на очень малых расстояниях . . . . . | 69       |
| 3. $\sigma_{np}(0)$ . Обменные силы. Связь с насыщением . . . . .  | 73       |
| 4. $\sigma_{pp}(0)$ . Зависимость ядерных сил от скорости. Оценка размеров области интенсивного взаимодействия . . . . .   | 76       |
| 5. Фазовый анализ $(N-N)$ -рассеяния . . . . .   | 77       |
| 6. $\sigma_{pp}(T)$ и $\sigma_{np}(T)$ . Изотопическая инвариантность ядерного взаимодействия при высоких энергиях . . . . .                                       | 83       |
| § 7. $(N-N)$ -взаимодействие при сверхвысоких энергиях ( $T > 10^3$ Мэв). Заключительные замечания о свойствах ядерных сил . . . . .                               | 85       |
| § 8. Краткое заключение к гл. I . . . . .  | 89       |

|   |     |
|---|-----|
| Глава II. Элементарные частицы и резонансы . . . . .  | 92  |
| § 9. Введение . . . . .   | 92  |
| § 10. Первые элементарные частицы . . . . .   | 94  |
| 1. Электрон и фотон, Протон и нейтрон . . . . .   | 94  |
| 2. Позитрон . . . . .   | 97  |
| 3. Фейнмановские диаграммы для античастиц. Магнитный момент электрона . . . . .                               | 100 |
| 4. Нейтрино и антинейтрино . . . . .  | 104 |
| 5. Второй этап исследования элементарных частиц . . . . .   | 106 |
| § 11. $\mu$ -Мезоны . . . . .   | 107 |
| 1. История открытия . . . . .   | 107 |
| 2. Время жизни $\mu$ -мезона . . . . .  | 110 |
| 3. Закон сохранения лептонного заряда . . . . .   | 112 |
| 4. Взаимодействие $\mu$ -мезонов с веществом . . . . .  | 116 |
| 5. Нарушение закона сохранения четности в $(\mu-e)$ -распаде . . . . .  | 118 |
| 6. Магнитный момент $\mu$ -мезона. Сходство $\mu$ -мезона с электроном. Загадка массы $\mu$ -мезона . . . . . | 119 |
| 7. Поиски частиц тяжелее $\mu$ -мезона . . . . .  | 125 |
| § 12. Фотографический метод исследования . . . . .  | 126 |
| § 13. $\pi$ -Мезоны . . . . .   | 132 |
| 1. История открытия . . . . .   | 132 |
| 2. Время жизни $\pi^\pm$ -мезонов . . . . .   | 135 |
| 3. Искусственное образование $\pi^\pm$ -мезонов . . . . .   | 135 |
| 4. Спин и четность $\pi$ -мезонов . . . . .   | 141 |
| 5. Характер взаимодействия $\pi$ -мезонов с веществом . . . . .   | 144 |
| 6. Нейтральный $\pi$ -мезон . . . . .   | 145 |
| 7. Масса $\pi^0$ -мезона . . . . .  | 150 |
| 8. Время жизни $\pi^0$ -мезона . . . . .  | 153 |
| 9. $\pi$ -Мезоны — изотопический триплет . . . . .  | 156 |
| § 14. $K$ -мезоны и гипероны . . . . .  | 162 |
| 1. Новые методы регистрации частиц. Эмульсионная и пузырьковая камеры . . . . .                               | 162 |
| 2. Открытие $K$ -мезонов . . . . .  | 165 |
| 3. $(\theta-\tau)$ -Проблема . . . . .  | 169 |
| 4. Несохранение четности в $K$ -распаде . . . . .   | 171 |
| 5. Гипероны . . . . .   | 174 |
| 6. Систематика $K$ -мезонов и гиперонов . . . . .   | 177 |
| 7. Закон сохранения странности . . . . .  | 185 |
| 8. Взаимодействие странных частиц с ядрами, нуклонами и мезонами. Свойства гиперядер . . . . .                | 191 |
| 9. $K_1^0$ - и $K_2^0$ -мезоны. Закон сохранения комбинированной четности . . . . .                           | 198 |
| 10. Нарушение комбинированной четности в $K_2^0$ -распаде. $K_S^0$ - и $K_L^0$ -мезоны . . . . .              | 209 |
| § 15. Антинуклоны и антиядра . . . . .  | 215 |
| 1. Антипротон . . . . .   | 218 |
| 2. Антинейтрон . . . . .  | 222 |
| 3. Взаимодействие антинуклонов с веществом . . . . .  | 225 |
| 4. Антиядра . . . . .   | 226 |
| § 16. Антигипероны . . . . .  | 228 |
| § 17. Нейтрино и антинейтрино . . . . .   | 234 |
| 1. Двойной $\beta$ -распад . . . . .  | 236 |
| 2. Опыты по изучению прямого взаимодействия нейтрино и антинейтрино с нуклонами . . . . .                     | 241 |

|  |     |
|--|-----|
| 3. Понятие о теории продольно поляризованных нейтрино и спиральности электронных лептонов. Связь с законом сохранения комбинированной четности . . . . . | 245 |
| 4. Мюонные нейтрино и антинейтрино . . . . .   | 252 |
| 5. Гипотеза об универсальном слабом взаимодействии. $W$ -бозон . . . . .   | 259 |
| § 18. Структура нуклонов . . . . .   | 263 |
| 1. Форм-фактор ядра . . . . .  | 268 |
| 2. Форм-факторы нуклонов . . . . .   | 270 |
| а. Радиус нуклона. Вопрос о керне нуклона . . . . .  | 272 |
| б. Конец керна. Модель векторной доминантности . . . . .   | 273 |
| в. Упругое $(e-N)$ -рассеяние при $q^2 > 175$ ферми <sup>-2</sup> . Масштабный закон . . . . .   | 275 |
| г. Неупругое $(e-N)$ -рассеяние. Партоновая модель . . . . .   | 276 |
| § 19. Резонансы . . . . .  | 278 |
| § 20. $(\pi-\pi)$ -Взаимодействие . . . . .  | 283 |
| § 21. Взаимосвязанность и взаимопревращаемость элементарных частиц . . . . .   | 286 |
| § 22. Унитарная симметрия сильных взаимодействий . . . . .   | 288 |
| 1. Систематика адронов . . . . .   | 288 |
| 2. Классификация адронов и гипотеза об унитарной симметрии . . . . .   | 294 |
| 3. Схема Сакаги . . . . .  | 299 |
| 4. $SU(3)$ -симметрия или восьмеричный путь . . . . .  | 304 |
| 5. Кварки . . . . .  | 314 |
| 6. Понятие о $SU(6)$ -симметрии . . . . .  | 317 |
| § 23. Краткое заключение к гл. II . . . . .  | 320 |
| Приложение . . . . .   | 327 |
| I. Основные формулы . . . . .  | 327 |
| II. Основные константы и единицы . . . . .   | 328 |
| Список литературы . . . . .  | 330 |
| Предметный указатель . . . . .   | 333 |