



Р. ФЕЙНМАН

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ

ФОТОНОВ

С АДРОНАМИ

Р. ФЕЙНМАН
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ
ФОТОНОВ
С АДРОНАМИ

ПЕРЕВОД С АНГЛИЙСКОГО
Д. И. Дьяконова и М. И. Стрикмана

ПОД РЕДАКЦИЕЙ
д-ра физ.-мат. наук *В. М. Шехтера*

ИЗДАТЕЛЬСТВО «МИР»
МОСКВА 1975

Книга представляет собой запись лекций одного из крупнейших физиков наших дней Р. Фейнмана. Лекции посвящены проблемам электромагнитного взаимодействия сильновзаимодействующих элементарных частиц (адронов) и читались в 1971—1972 гг. Использование фотонов в качестве пробных объектов позволяет получить уникальную информацию о структуре и свойствах адронов.

В книге сочетаются достоинства учебника и монографии. Подробно разбираются конкретные процессы взаимодействия фотонов с адронами. Экспериментальные результаты обсуждаются в связи с возможностями их теоретической интерпретации в духе кварковой модели, дисперсионных соотношений, алгебры токов и т. п. Детально рассматривается гипотеза о наличии внутри нуклона особых точечных объектов — партонов. Будучи автором партонной концепции, получившей в последние годы широкое признание, Р. Фейнман обсуждает различные ее аспекты. Изложение, как правило, проводится на простом общефизическом уровне, доступном и теоретикам, и экспериментаторам.

Книга полезна физикам, интересующимся строением элементарных частиц и их свойствами, — научным работникам, преподавателям, аспирантам и студентам старших курсов.

Редакция литературы по физике

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие редактора перевода	5
Предисловие автора	8
I. Основные теоретические представления	9
<i>Лекция 1</i>	<i>9</i>
Электромагнитное взаимодействие в первом порядке	11
<i>Лекция 2</i>	<i>13</i>
Сохранение тока	13
Электромагнитное взаимодействие во втором порядке	14
Унитарность второго порядка	16
Доказательство	18
Конец доказательства	21
<i>Лекция 3</i>	<i>22</i>
Сохранение тока	24
Замечание	25
<i>Лекция 4</i>	<i>26</i>
Изотопический спин, странность, обобщенные токи	26
Сохранение обобщенных токов	30
Сингулярность на световом конусе	34
Вакуумное среднее $V_{\mu\nu}(1, 2)$	34
<i>Лекция 5</i>	<i>36</i>
Реакция $e^+ + e^- \rightarrow$ (Любые адроны)	36
Замечание: досадное место	43
II. Низкоэнергетические фотонные реакции	46
<i>Лекция 6</i>	<i>46</i>
Фоторождение пионов при низкой энергии (0—2 ГэВ)	46
<i>Лекция 7</i>	<i>49</i>
<i>Лекция 8</i>	<i>53</i>

III. Кварковая модель резонансов	61
Кварковая модель	61
Лекция 9	65
Вычисление матричных элементов	68
Лекция 10	70
Модель Фейнмана, Кислинджера и Равдала	70
IV. Фоторождение псевдоскалярных мезонов; высокие энергии	81
Лекция 11	81
Лекция 12	86
V. Явления, связанные с t-канальным обменом	94
Лекция 13	94
t -канальный обмен	94
Лекция 14	101
Формула Венециано	103
Оценки констант связи	105
VI. Векторные мезоны и гипотеза доминантности векторных мезонов	108
Свойства векторных мезонов	108
Лекция 15	111
Лекция 16	116
Модель доминантности векторных мезонов (МДВМ)	117
Лекция 17	121
Лекция 18	124
ϕ как $s\bar{s}$	124
МДВМ и фотон-адронные взаимодействия	127
Лекция 19	135
Дифракционное образование ρ -, ω - и ϕ -мезонов	135
Лекция 20	138
Другие возможности проверки МДВМ	144
Лекция 21	145
Экранирование в ядрах	145
Резюме о состоянии МДВМ	145
VII. Электромагнитные формфакторы	152
Лекция 22	152
Электромагнитные формфакторы нуклонов	152
Лекция 23	155
Лекция 24	158
Формфактор пиона	158

Формфактор протона для положительных q^2	162
Замечание	163
Замечание о кварковой модели ФКР	166
VIII. Электрон-протонное рассеяние, глубоко неупругая область	168
<i>Лекция 25</i>	168
Другие процессы с участием фотонов при $q^2 < 0$	168
Неупругое рассеяние электрона на нуклоне	169
<i>Лекция 26</i>	172
Теория глубоко неупругого рассеяния электронов на протонах	175
IX. Партонная модель	176
Партонная модель	176
<i>Лекция 27</i>	179
<i>Лекция 28</i>	182
Область малых x	182
<i>Лекция 29</i>	186
Область вблизи $x = 1$	186
Область больших $-q^2$ и конечных M_x^2 . Резонансы	191
<i>Лекция 30</i>	194
Довод в пользу того, что $\gamma' = \gamma$	194
<i>Лекция 31</i>	196
Кварки в роли партонов	198
<i>Лекция 32</i>	204
Импульс, уносимый кварками	204
Модели	205
<i>Лекция 33</i>	206
Будущие эксперименты для проверки гипотезы, что заряженные партоны суть кварки	206
Глубоко неупругое рассеяние поляризованных частиц	210
X. Проверка партонной модели	216
<i>Лекция 34</i>	216
Угловой момент в партонных волновых функциях	216
Другие эксперименты для проверки партонной гипотезы. Реакция $p + p \rightarrow \mu^+ \mu^- +$ (Любые адроны)	216
<i>Лекция 35</i>	218
Аннигиляция электронов в адроны	220
XI. Неупругое рассеяние и свойства операторов	226
<i>Лекция 36</i>	226
Неупругое ер-рассеяние и свойства операторов	226

Лекция 37	231
Свойства операторов (продолжение)	231
XII. Алгебра на световом конусе	240
Лекция 38	240
XIII. Свойства коммутаторов в импульсном пространстве	245
Лекция 39	245
Свойства коммутаторов в импульсном пространстве	245
Область 1	250
Бозонные или фермионные кварки	252
Область 2	253
Лекция 40	254
Область 3	254
Рассеяние в представлении Дезера, Джилберта и Сударшана	256
Лекция 41	262
XIV. Электромагнитная собственная энергия	268
Лекция 42	268
Электромагнитная собственная энергия	268
Лекция 43	272
Формула Коттингэма	272
Лекция 44	277
Выражение для собственной энергии только через W	277
Другие электромагнитные энергии. Кварковая модель	278
Лекция 45	280
Разности масс с $\Delta I = 2$	286
Лекция 46	287
Дальнейшее обсуждение электромагнитных разностей масс	287
Лекция 47	290
Эффект Комптона: $\gamma p \rightarrow \gamma p$ или $\gamma n \rightarrow \gamma n$	290
Эффект Комптона при очень малых Q и ν	294
Комptonовское рассеяние вперед и нерелятивистское уравнение Шредингера	297
XV. Другие двухтоковые эффекты	299
Лекция 48	299
Другие величины, содержащие $T_{\mu\nu}$	299
Лекция 49	304
Другие двухтоковые эффекты	304
XVI. Гипотезы партонной модели	310
Лекция 50	310
Гипотезы партонной модели	310
Общая схема	311

Лекция 51	314
XVII. Адрон-адронные столкновения при сверхвысоких энергиях	320
Лекция 52	320
Лекция 53	326
Лекция 54	332
XVIII. Конечные адронные состояния в глубоко неупругом рассеянии	338
Лекция 55	339
Взаимодействие партонов с электромагнитным полем	338
Частный случай малых x	345
Область конечных значений q^2 , $\nu \rightarrow \infty$	347
Стыковка областей с конечными q^2 и малыми x	349
XIX. Кварки в роли партонов	350
Лекция 56	350
Кварки в роли партонов	350
Лекция 57	353
Предсказания для продуктов реакции	357
Приложение 1. Изоспин продуктов фрагментации кварков	366
Приложение 2. Проверка модели кварков в роли партонов	373
Примечания редактора перевода	375
Литература	380
Предметный указатель	382