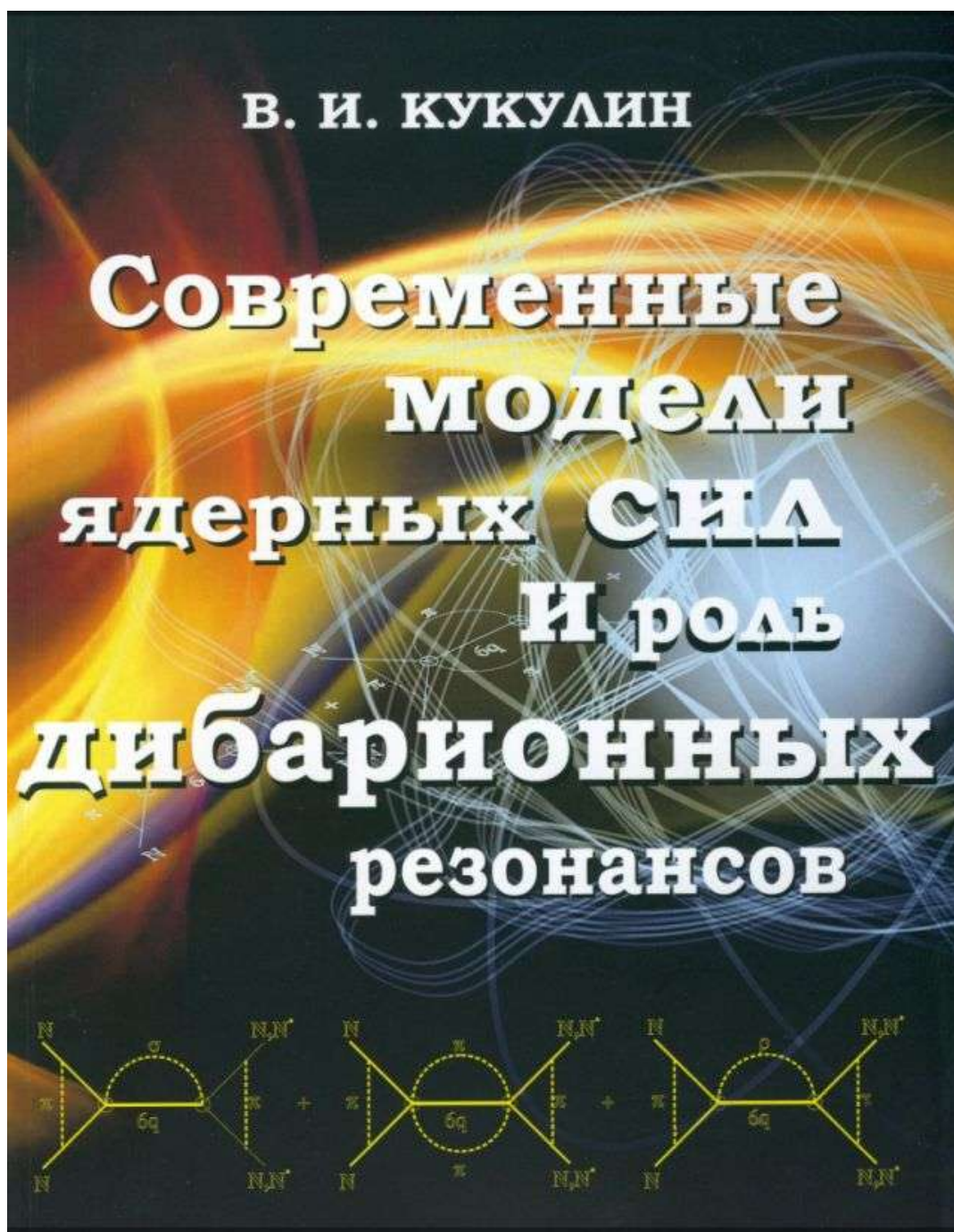




Издательство КДУ

Кукулин В.И.

Книга написана на основе соответствующего лекционного курса, читаемого автором для студентов второго курса магистратуры кафедры общей ядерной физики физического факультета МГУ. Курс лекций позволяет слушателям понять основные моменты и тенденции развития в современной теории ядерных сил, а также глубокую связь этих сил с основными явлениями и законами квантовой хромодинамики, такими как конфайнмент, киральная симметрия и ее нарушение, динамика цветных струн. Обсуждаются многочисленные эксперименты, подтверждающие дибарионную концепцию ядерных сил. Делается попытка объяснить основные моменты физики ядра на основе такой концепции ядерных взаимодействий.



Содержание

Предисловие	7
Лекция 1. Мезонные теории ядерных сил	8
1.1. Исторический экскурс	8
1.2. Виртуальные и реальные частицы: в чем различие?	11
1.3. Псевдоскалярная природа пиона и πN -связи.	11
1.4. Экспериментальные доказательства существования тензорного NN-потенциала в дейтроне	12
1.5. Построение феноменологических NN-потенциалов	13
1.5.1. Понятие о парциальных фазовых сдвигах рассеяния	13
1.5.2. Каковы фазовые сдвиги NN-рассеяния на самом деле?	15
1.6. Современное развитие Юкавской модели ядерных сил	17
1.7. Эффективная теория поля для NN-взаимодействия	18
1.8. Выводы	21
Литература	21
Лекция 2. Трудности мезонной теории ядерных сил	22
2.1. Проблема квадрупольного момента дейтрона	22
2.2. Проблема скалярного σ -обмена и NN-притяжения на средних расстояниях	22
2.3. Роль заблуждений в науке	24
2.4. Проблемы ядерных сил в задаче трех тел	26
2.4.1. Точные результаты для энергии связи ядер ${}^3\text{H}$ и ${}^3\text{He}$	26
2.4.2. Упругое Nd-рассеяние при низких и средних энергиях: дифференциальные сечения	28
2.4.3. Упругое Nd-рассеяние при низких и средних энергиях: спиновые наблюдаемые	29
2.4.4. Сечения трехчастичного развала $N+d \rightarrow N+n+p$	32
2.4.5. Упругое pd-рассеяние под большими углами	33
2.5. Выводы	36
Литература	36
Лекция 3. Основные понятия кварковой модели	37
3.1. Вводные замечания	37
3.2. SU(3) симметрия элементарных частиц и восьмеричный путь	37
3.3. Предсказание Ω^- -гиперона	38
3.4. Кварки u и d	
3.5. Цвет кварков	
3.6. Взаимодействие кварков. Глюоны	41
3.7. Цвет кварков и структура адронов.	
3.8. Конфайнмент кварков	42
3.9. Струнная модель адронов.	43
3.10. Струнная модель и струны адронов	44
3.11. Многокварковые системы,	45
3.11.1. Симметрии многокварковых волновых функций	45
3.11.2. Осцилляторная модель	45
3.12. Выводы	46
Литература.	46

Лекция 4. Взаимодействие составных частиц, кварковая модель и Московский NN-потенциал _____ 47

4.1. Взаимодействие составных частиц и принцип Паули,	
4.1.1. Стационарный узел волновой функции относительного движения кластеров вместо отталкивающего кора.	47
4.1.2. Притяжение вместо отталкивания? _____	48
4.1.3. Выводы. _____	51
4.2. Московский NN-потенциал.....	51
4.3. Физические следствия Московского потенциала для ядерной физики в целом.....	59
4.4. Выводы.....	60
Литература.....	60

Лекция 5. Суперсимметрия _____ 61

5.1. Что такое суперсимметрия и зачем она нужна?	61
5.2. Супералгебра Виттена. _____	61
5.3. Суперсимметричные партнеры _____	62
5.4. Связь спектров суперсимметричных партнеров.,	62
5.5. Преобразование SUSY _____	64
5.6. Суперсимметричные свойства Московского потенциала.....	66
5.7. Выводы _____	70
Литература. _____	71

Лекция 6. Кварковая и дибарионная модели ядерных сил _____ 72

6.1. Нуклон-нуклонное взаимодействие на основе обмена голдстоуновскими бозонами между кварками.....	72
6.1.1. Симметрия шестикварковой волновой функции	72
6.1.2. Взаимодействие кварков через обмен голдстоуновскими бозонами	73
6.1.3. Нуклон-нуклонное взаимодействие в модели GBE	74
6.2. Кумулятивные процессы и мультибарионные степени свободы в ядрах	76
6.3. Ядерные силы на малых и промежуточных расстояниях	80
6.4. t- и s-канальные механизмы NN-взаимодействия	81
6.5. Дибарионный механизм рождения скалярного поля в NN-системе.....	84
6.6. Эффекты сильного σ -поля, окружающего шестикварковый мешок	85
6.7. Выводы.....	87
Литература.....	87

Лекция 7. Дибарионная модель ядерных сил в системе двух нуклонов 89

2.1. Двухканальный формализм для описания NN-системы с учетом кварк-мезонных степеней свободы	89
2.2. Фазовые сдвиги NN-рассеяния и свойства дейтрона в дибарионной модели	96
2.3. Интерпретация дибарионного механизма с помощью возбужденной струны	99
2.4. Мезонные токи в ядрах.....	100
2.5. Выводы.....	102
Литература.....	102

Лекция 8. Трехнуклонная система в рамках дибарионной модели ядерных сил 104

8.1. Трехнуклонная система в рамках дибарионной модели.....	104
8.2. Новые трехчастичные силы в дибарионной модели и свойства трехнуклонной	

системы	106
8.3. Результаты расчетов трехнуклонных ядер в рамках дибарионной модели	108
8.4. Обзор современной ситуации с описанием короткодействующих компонент	
2N- и 3N -сил	111
8.5. Выводы	119
Литература	119
<i>Лекция 9. Рождение скалярных мезонов в высокоэнергичных ядерных и адронных</i>	
<i>столкновениях. Дифотонная диагностика горячей материи</i>	<i>120</i>
9.1. Различные источники скалярных σ -мезонов (дипионов) в столкновениях	
нуклонов и ядер	120
9.2. σ -мезон и ядерные силы	123
9.3. Восстановление киральной симметрии в плотной (или горячей) ядерной материи	
и в возбужденных адронах	127
9.4. Дифотоны и дилептоны в высокоэнергичных столкновениях	130
9.5. Выводы	133
Литература	134
<i>Лекция 10. Неупругие процессы в NN-соударениях. Дибарионные</i>	
<i>резонансы в процессах одно- и двухпионного рождения</i>	<i>135</i>
10.1. О чем говорят неупругие процессы в NN-рассеянии	135
10.2. Пример: неупругие процессы в NN-канале 1D_2	136
10.3. Традиционное описание процесса однопионного рождения $pp \rightarrow d\pi^+$	136
10.4. Учет промежуточных дибарионов в реакции $pp \rightarrow d\pi^+$	142
10.5. Описание реакции $pp \rightarrow d\pi^+$ с учетом дибарионных резонансов в	
трех доминирующих парциальных волнах 1D_2P , 3P_2D и 3F_3D	143
10.6. Вклад промежуточных дибарионов в процессы упругого pp - и πd -рассеяния	148
10.7. Возможные проявления дибарионов в упругом pd -рассеянии на большие углы	149
10.8. Выводы	151
Литература	152
<i>Лекция 11. Дибарионные резонансы в процессах двухпионного рождения</i>	
11.1. Промежуточные дибарионы в процессах двухпионного рождения	153
11.2. Что такое ABC-эффект?	154
11.3. Дибарионная модель для реакции $pn \rightarrow d + (\pi\pi)_0$	157
11.4. Спектры инвариантных масс при энергии $(s)^{1/2} = 2.38$ ГэВ	159
11.5. Свойства σ -мезона проявляющиеся при описании ABC-эффекта.	
Восстановление киральной симметрии	162
11.6. Обобщение на случай реакции $pd \rightarrow {}^3\text{He} + (\pi\pi)_0$	163
11.7. Переходы между различными дибарионными состояниями	165
11.8. Современный экспериментальный статус дибарионных резонансов	167
11.9. Кварковая структура и спектроскопия дибарионов. Краткое описание	
модели Наймеген-ИТЭФ	171
11.10 Выводы	172
Литература	173
<i>Заключительные замечания</i>	<i>174</i>