

УДК 539.1
ББК 22.386
МЗЗ

А

Рецензенты:

доктор физико-математических наук, ведущий научный
сотрудник Лаборатории физики высоких энергий Объединенного
института ядерных исследований **А.С. Артемов**;
доктор физико-математических наук, профессор, заведующий
кафедрой радиофизики и электроники Сыктывкарского
государственного университета **Л.Н. Котов**;
доктор физико-математических наук, профессор, профессор
Туринского политехнического университета
в г. Ташкенте **Д.У. Матрасулов**

Матвеев, В.И.

МЗЗ Непertурбативные методы в теории столкновений быстрых тяжелых ионов с атомами и молекулами: монография / В.И. Матвеев, Д.Н. Макаров; Сев. (Арктич.) федер. ун-т. – Архангельск: ИПЦ САФУ, 2012. – 153 с.
ISBN 978-5-261-00742-5

В монографии излагаются физические принципы и непertурбативные методы теории столкновений быстрых и релятивистских тяжелых многозарядных ионов в области неприменимости теории возмущений. Рассматриваются процессы потерь энергии, возбуждения и ионизации как снарядов, так и мишеней. Особое внимание уделяется так называемым качественным методам получения оценок, характерных для рассматриваемых эффектов величин. Тем самым восполняется значительный пробел в научной и учебной литературе, посвященной этой интенсивно развивающейся области. Книга написана в физически прозрачной манере и рассчитана на широкий круг читателей, прежде всего экспериментаторов и молодых ученых, работающих в этой области. Часть более сложного материала по процессам потерь энергии может быть интересна физикам-теоретикам.

УДК 539.1
ББК 22.386

ISBN 978-5-261-00742-5

© Матвеев В.И., Макаров Д.Н., 2012
© Северный (Арктический) федеральный
университет им. М.В. Ломоносова, 2012

А

Оглавление

Введение	3
Глава 1. Высокоэнергетические приближения	6
1.1. Приближения эйконала и его модификации	6
1.1.1. Нерелятивистское потенциальное рассеяние	6
1.1.2. Предельные случаи	8
1.1.3. Релятивистское потенциальное рассеяние	9
1.1.4. Столкновения с нерелятивистской системой частиц ..	10
1.1.5. Столкновение с релятивистской системой	13
1.2. Приближение внезапных возмущений	16
1.2.1. Общее рассмотрение	16
1.2.2. Применение к кулоновскому полю	19
1.3. Борновское приближение и асимптотика Бете в методе параметра удара	21
1.3.1. Метод параметра удара	22
1.3.2. Импульсное представление	23
1.3.3. Дипольное приближение	25
Глава 2. Сечения неупругих процессов	30
2.1. Наглядное представление столкновения иона большого заряда с атомом	31
2.2. Метод сшивки	37
2.3. Столкновения с водородоподобными атомами	41
2.4. Возбуждение и ионизация гелиеподобного атома	46
2.4.1. Однократная ионизация	49
2.4.2. Двойная ионизация	50
2.4.3. Возбуждение автоионизационных состояний	52
2.4.4. Полные неупругие сечения	55
2.5. Сечения неупругих процессов при столкновениях реляти- вистских структурных тяжёлых ионов с атомами.....	58
Глава 3. Потеря электронов тяжёлыми структурными ионами	66
3.1. Одноэлектронная обдирка снаряда при произвольной судьбе мишени	67
3.2. Столкновение многоэлектронных систем.....	71
3.3. Обдирка водородоподобного снаряда на многоэлектрон- ном атоме	76
3.4. Многократная потеря электронов	78

Глава 4. К теории потерь энергии быстрыми заряженными частицами	85
4.1. Поправка Блоха	88
4.2. Погрешности при вычислении поправки Блоха на свободных электронах	94
4.3. Потери энергии при столкновениях с атомами в приближении эйконала	97
4.4. Обобщение на сложные атомы.....	103
4.5. Результаты расчетов	108
4.6. Непертурбативная оболочечная поправка	112
4.7. Непертурбативная оболочечная поправка для водородоподобных атомов	113
4.8. Непертурбативная оболочечная поправка для сложных атомов	116
4.9. Поправка Баркаса	120
Выводы	125
Глава 5. Флуктуации потерь энергии быстрыми заряженными частицами	126
5.1. Непертурбативное описание страгглинга и поправка к формуле Фано	129
5.2. Расчеты и оценки для простейшей мишени	135
5.3. Непертурбативная формула для расчёта энергетического страгглинга на сложных атомах	141
Приложение. Система атомных единиц	145
Список литературы	146