

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	17
ВВЕДЕНИЕ	19
§ 1. Этапы развития физики микромира	19
§ 2. Типы взаимодействий между частицами	19
§ 3. Типы атомных систем и их состав	20
§ 4. Типичные значения расстояний, энергий и времен жизни в атомной физике	21
§ 5. Деление частиц на релятивистские и нерелятивистские	23
§ 6. Атомная физика как физика квантовых явлений	25
6.1. Отличие макроскопических и микроскопических явлений	25
6.2. Об общих характерных свойствах микрочастиц	27
Часть первая. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ И РАЗВИТИЕ ИДЕЙ ФИЗИКИ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ	29
Глава 1. АТОМНО-МОЛЕКУЛЯРНОЕ СТРОЕНИЕ ВЕЩЕСТВА	29
§ 1.1. Формирование современных представлений о корпускулярном строении вещества	29
1.1.1. Истолкование химических и физических свойств тел на основе атомистической гипотезы	29
1.1.2. Химическая атомистика	30
1.1.3. Физическая атомистика	32
1.1.4. Число частиц как характеристика корпускулярного строения вещества	33
1.1.5. Массы и размеры атомов	34
§ 1.2. Периодический закон химических элементов	36
§ 1.3. Закономерности в атомных спектрах и комбинационный принцип	38
1.3.1. Оптические спектры простейших атомов	38
1.3.2. Комбинационный принцип	40

Глава 2. АТОМ КАК СИСТЕМА ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ	43
§ 2.1. Понятие об элементарном электрическом заряде и открытие электрона	43
2.1.1. Дискретность структуры электричества	43
2.1.2. Опыты Томсона по исследованию свойств катодных лучей	44
§ 2.2. Рентгеновское и радиоактивное излучения	49
2.2.1. Открытие рентгеновского и радиоактивного излучений	49
2.2.2. Природа рентгеновского и радиоактивного излучений	50
2.2.3. Закон спонтанных превращений и его вероятностный характер	51
§ 2.3. Модели атома	54
2.3.1. Ранние модели атома	54
2.3.2. Исследования рассеяния α -частиц	55
2.3.3. Ядерная модель	57
2.3.4. Теория рассеяния α -частиц Резерфорда и ее экспериментальная проверка	58
2.3.5. Понятие радиуса ядра и его определение из опытов по рассеянию α -частиц	59
§ 2.4. Методы получения рентгеновского излучения и исследования его свойств	60
2.4.1. Кристалл как естественная дифракционная решетка для рентгеновского излучения	60
2.4.2. Методы Дебая – Шерера и Брэгга	62
§ 2.5. Заряд ядра. Экспериментальные методы его определения	63
2.5.1. Гипотеза Ван ден Брука	63
2.5.2. Закон Мозли	63
2.5.3. Прямые опыты по определению заряда ядра	64
§ 2.6. Масса ядра. Экспериментальные методы ее определения	65
2.6.1. Протон-электронная модель	65
2.6.2. Протон-нейтронная модель	66
2.6.3. Единица измерения атомных масс	67
2.6.4. Элементы масс-спектрологии	67
Глава 3. КВАНТЫ, УРОВНИ ЭНЕРГИИ И КВАНТОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ ..	73
§ 3.1. Квантовая гипотеза	73
3.1.1. Равновесное излучение и его законы	73
3.1.2. Квантовая гипотеза в применении к веществу. Закон Планка	79
3.1.3. Универсальный характер закона Планка	82
3.1.4. Квантовая гипотеза в применении к излучению	84
3.1.5. Квантование энергии вещества и его следствия	85
3.1.6. Две формы квантования энергии электромагнитного излучения	87

§ 3.2. Постулаты Бора и объяснение важнейших закономерностей атомных спектров	88
3.2.1. Постулаты Бора и объяснение комбинационного принципа	88
3.2.2. Невырожденные и вырожденные стационарные состояния	92
3.2.3. Графическое изображение уровней энергии	93
§ 3.3. Экспериментальные доказательства существования уровней энергии атомов	94
3.3.1. Механизмы возбуждения свободных атомов и молекул	94
3.3.2. Опыты Франка и Герца	94
3.3.3. Энергия ионизации атомов и ионов	97
§ 3.4. Заселенности уровней энергии и вероятности оптических переходов	98
3.4.1. Заселенности уровней энергии и термическое возбуждение	98
3.4.2. Спонтанное испускание, поглощение и вынужденное испускание фотонов	101
3.4.3. Связь между коэффициентами Эйнштейна	103
§ 3.5. Квантовые усилители и генераторы	105
Глава 4. ПРИНЦИП СООТВЕТСТВИЯ И МОДЕЛЬ АТОМА БОРА	110
§ 4.1. Модель атома Бора как промежуточный этап в развитии квантовых представлений	110
§ 4.2. Принцип соответствия	111
4.2.1. Связь классической и квантовой теории и принцип соответствия	111
4.2.2. Применение принципа соответствия к модели атома водорода и вывод выражения постоянной Ридберга	112
§ 4.3. Характеристики боровских круговых орбит	115
4.3.1. Радиус круговой орбиты и скорость орбитального электрона ..	115
4.3.2. Правило квантования орбитального момента импульса	118
Глава 5. КОРПУСКУЛЯРНО-ВОЛНОВОЙ ДУАЛИЗМ	120
§ 5.1. Корпускулярно-волновой дуализм как общее свойство микрообъектов	120
§ 5.2. Корпускулярные свойства излучения	123
5.2.1. Флуктуации излучения	123
5.2.2. Опыты Вавилова	125
5.2.3. Опыты Комптона. Эффект Комптона	126
5.2.4. Передача импульса при процессах излучения	129
§ 5.3. Волновые свойства микрочастиц	132
5.3.1. Опыты Дэвиссона и Джермера	132

5.3.2. Опыты Тартаковского и Томсона	134
5.3.3. Значения дебройлевских длин волн для различных частиц и их волновые свойства	135
§ 5.4. Объяснение корпускулярно-волнового дуализма	136
Часть вторая. ОСНОВЫ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ	143
Глава 6. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О КВАНТОВОЙ МЕХАНИКЕ	143
§ 6.1. Создание квантовой теории	143
§ 6.2. Основные константы квантовой теории	144
§ 6.3. Соотношение неопределенностей. Связь квантовой механики с классической	145
§ 6.4. Волновая функция	148
§ 6.5. Принцип суперпозиции	150
Глава 7. ЭЛЕМЕНТЫ НЕРЕЛЯТИВИСТСКОЙ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ	151
§ 7.1. Допущения, при которых справедлива волновая механика Шредингера	151
§ 7.2. Операторы физических величин, их собственные функции и собственные значения	152
§ 7.3. Постулаты квантовой механики	156
§ 7.4. Конкретный вид важнейших операторов квантовой механики	157
§ 7.5. Уравнение Шредингера	158
§ 7.6. Простейшие одномерные задачи квантовой механики	160
7.6.1. Частица в прямоугольной потенциальной яме	160
7.6.2. Туннельный переход	164
7.6.3. Уровни энергии при двух и больше минимумах потенциальной энергии	166
7.6.4. Гармонический осциллятор	169
§ 7.7. Коммутативность операторов и их связь с общей полной системой собственных функций	172
§ 7.8. Средние значения физических величин и их изменение со временем	174
§ 7.9. Соотношение неопределенностей между произвольными физическими величинами	176
§ 7.10. Чистые и смешанные состояния	178
§ 7.11. Симметрия микросистем	179
7.11.1. Общая характеристика симметрии микросистем	179
7.11.2. Операции пространственной и перестановочной симметрий	180

7.11.3. Четные и нечетные, симметричные и антисимметричные состояния атомных систем	181
Глава 8. МОМЕНТЫ ИМПУЛЬСА И МАГНИТНЫЕ МОМЕНТЫ МИРОСИСТЕМ	184
§ 8.1. Квантование квадрата момента импульса и его проекции	184
8.1.1. Законы квантования квадрата момента импульса и его проекции	184
8.1.2. Уточнение понятия вырождения стационарных состояний в квантования механике	190
§ 8.2. Сложение моментов импульса	191
§ 8.3. Магнитные моменты и их связь с механическими моментами ..	197
§ 8.4. Пространственное квантование. Опыты Штерна и Герлаха	201
§ 8.5. Прецессия и взаимодействие магнитных моментов	203
Глава 9. ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ИЗЛУЧЕНИЯ	211
§ 9.1. Дипольное излучение	211
9.1.1. Излучение классического осциллятора и классического диполя	211
9.1.2. Понятие электрического дипольного момента в квантовой механике	213
9.1.3. Связь вероятностей излучательных переходов с матричными элементами D_{jk}	214
§ 9.2. Правила отбора и правила поляризации для дипольного излучения	216
§ 9.3. Излучение атомных систем различной мультипольности	219
9.3.1. Представление об излучении атомов различной мультипольности	219
9.3.2. Учет запаздывания электромагнитной волны	220
§ 9.4. Правила отбора для атомных систем различной мультипольности	222
9.4.1. Зависимость правил отбора от симметрии атомной системы ...	222
9.4.2. Правила отбора для квантового числа J	224
§ 9.5. Естественная ширина уровней энергии и спектральных линий	225
Глава 10. ПРОБЛЕМА МНОГИХ ЧАСТИЦ В КВАНТОВОЙ МЕХАНИКЕ	232
§ 10.1. Обменное вырождение	232

§ 10.2. Принцип неразличимости частиц и принцип Паули. Фермионы и бозоны	234
§ 10.3. Конденсация Бозе – Эйнштейна	235
Глава 11. ЭЛЕМЕНТЫ РЕЛЯТИВИСТСКОЙ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ И КВАНТОВОЙ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ	240
§ 11.1. Уравнение Дирака. Некоторые представления релятивистской квантовой механики	240
11.1.1. Теория Дирака	240
11.1.2. Физическая интерпретация состояний с отрицательной энергией	243
§ 11.2. Элементы квантовой электродинамики	244
11.2.1. Электрон-позитрон-фотонное поле	244
11.2.2. Виртуальные состояния и виртуальные частицы	245
11.2.3. S-матрица	246
11.2.4. Диаграммы Фейнмана	247
11.2.5. Радиационные поправки к уровням энергии	248
11.2.6. Теория перенормировки	250
Часть третья. СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА АТОМОВ	253
Глава 12. ОДНОЭЛЕКТРОННЫЕ АТОМЫ	253
§ 12.1. Нерелятивистская квантово-механическая теория одноэлектронного атома	253
12.1.1. Классификация одноэлектронных атомных систем	253
12.1.2. Решение уравнения Шредингера для одноэлектронного атома	253
§ 12.2. Квантовые числа одноэлектронного атома и степень вырождения его уровней	259
§ 12.3. Характеристика стационарных состояний одноэлектронного атома	262
§ 12.4. Квантовые переходы между энергетическими уровнями одноэлектронных атомов ..	272
12.4.1. Правила отбора для одноэлектронных атомов	272
12.4.2. Спектральные серии атомарного водорода	274
12.4.3. Зависимость спектров одноэлектронных атомов от заряда и массы ядра	276
§ 12.5. Тонкая структура уровней энергии и спектральных линий	279
12.5.1. Спин-орбитальное взаимодействие	279
12.5.2. Релятивистская поправка к основной структуре энергетических уровней	281

§ 12.6. Лэмбовский сдвиг уровней	283
Глава 13. МНОГОЭЛЕКТРОННЫЕ АТОМЫ	286
§ 13.1. Квантовые состояния электронов сложного атома	286
13.1.1. Взаимодействие электронов в сложных атомах. Понятие самосогласованного поля	286
13.1.2. Зависимость энергии электрона сложного атома от квантовых чисел	289
§ 13.2. Физическое объяснение периодического закона	290
13.2.1. Исходные положения периодической системы элементов. Принцип Паули	290
13.2.2. Электронные слои и оболочки и их заполнение	292
13.2.3. Зависимость энергии электрона от азимутального квантового числа	296
13.2.4. Ход заполнения электронных слоев и оболочек	298
§ 13.3. Основы общей систематики сложных спектров	302
13.3.1. Сложение орбитальных и спиновых моментов и типы связи ..	302
13.3.2. Характеристика нормальной связи	305
13.3.3. Термы конфигураций, состоящих из эквивалентных электронов	312
13.3.4. Мультиплетное расщепление	315
13.3.5. Мультиплеты в спектрах	317
13.3.6. Типы оптических атомных спектров	317
§ 13.4. Уровни энергии и спектры атомов щелочных металлов	319
13.4.1. Теория атома щелочного металла	319
13.4.2. Уровни энергии атомов щелочных металлов	321
13.4.3. Тонкая (дуплетная) структура уровней атомов щелочных металлов	321
13.4.4. Спектр атомов щелочных металлов	322
§ 13.5. Уровни энергии и спектры атома гелия	326
13.5.1. Теория атома гелия	326
13.5.2. Энергия атома гелия в синглетном и триплетном состояниях	331
13.5.3. Правила отбора для сложного атома.....	332
13.5.4. Спектр атома гелия	333
§ 13.6. Процессы образования рентгеновских спектров испускания и поглощения и их основные свойства	334
13.6.1. Особенности рентгеновских спектров	334
13.6.2. Механизм возникновения рентгеновских спектров испускания	335
13.6.3. Оже-эффект	336
13.6.4. Энергия рентгеновского излучения. Разделение атомов электронов по признаку прочности связи	336

13.6.5. Механизм возникновения рентгеновских спектров поглощения	339
13.6.6. Дуплетный характер рентгеновских спектров	340
§ 13.7. Методы рентгеновской спектроскопии	342
13.7.1. Рентгеновская флуоресцентная спектроскопия	342
13.7.2. Рентгеновская абсорбционная спектроскопия	343
§ 13.8. Методы электронной спектроскопии	345
13.8.1. Общие представления о методах электронной спектроскопии	345
13.8.2. Ультрафиолетовая электронная спектроскопия	345
13.8.3. Электронная спектроскопия для химического анализа	346
13.8.4. Электронная оже-спектроскопия	349
Глава 14. АТОМЫ ВО ВНЕШНИХ ПОЛЯХ	352
§ 14.1. Эффект Зеемана	352
14.1.1. Открытие эффекта Зеемана	352
14.1.2. Общая характеристика явления Зеемана	353
14.1.3. Множитель Ланде в случае нормальной и (j, j)-связей	356
14.1.4. Явление Зеемана в слабых полях	359
14.1.5. Явление Зеемана в сильных и промежуточных полях	366
§ 14.2. Методы магнитного резонанса	372
14.2.1. Основные принципы	372
14.2.2. Метод Раби	373
14.2.3. Метод ЭПР	375
14.2.4. Циклотронный резонанс	377
14.2.5. Двойной радиооптический резонанс	378
§ 14.3. Эффект Штарка	379
14.3.1. Открытие эффекта Штарка	379
14.3.2. Общая характеристика эффекта Штарка	380
14.3.3. Явление Штарка для атома водорода	383
Глава 15. СВЕРХТОНКАЯ СТРУКТУРА И УШИРЕНИЕ АТОМНЫХ УРОВНЕЙ ЭНЕРГИИ	388
§ 15.1. Общие представления о ядерных моментах	388
15.1.1. Спиновый момент ядра	388
15.1.2. Электрические и магнитные моменты ядер	389
15.1.3. Магнитный резонанс, связанный с магнитными моментами ядер	391
15.1.4. Ядерный квадрупольный резонанс	393
§ 15.2. Уровни сверхтонкой структуры и переходы между ними	393

Глава 17. ВИДЫ ДВИЖЕНИЯ В МОЛЕКУЛЕ И ЕЕ РАВНОВЕСНАЯ КОНФИГУРАЦИЯ	431
§ 17.1. Виды движения в молекуле	431
17.1.1. Порядки величин электронной, колебательной и вращательной энергии	431
17.1.2. Адиабатическое приближение	434
17.1.3. Равновесные конфигурации ядер молекул. Кривые и поверхности потенциальной энергии	434
§ 17.2. Равновесная конфигурация молекулы и ее свойства симметрии	439
17.2.1. Форма и размеры молекул	439
17.2.2. Симметрия равновесных конфигураций молекул	446
Глава 18. ЭЛЕКТРОННЫЕ СОСТОЯНИЯ МОЛЕКУЛ И ТЕОРИЯ ХИМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ	448
§ 18.1. Классификация электронных состояний молекул	448
18.1.1. Ионная и ковалентная связь	448
18.1.2. Характеристики молекулярных электронов	449
18.1.3. Классификация состояний σ - и π -электронов на положительные и отрицательные, четные и нечетные	450
18.1.4. Молекулярные электронные термы	451
§ 18.2. Теория молекулярных систем H_2^+ и H_2	453
18.2.1. Молекулярный ион H_2^+	453
18.2.2. Молекула H_2	456
§ 18.3. Химическая связь в двухатомных молекулах	461
18.3.1. Насыщение обменных сил и валентность атомов	461
18.3.2. Методы молекулярных орбиталей и валентных пар	462
18.3.3. Электронные состояния двухатомных молекул с центром симметрии	464
18.3.4. Электронные оболочки и химическая связь в некоторых простейших двухатомных молекулах	467
§ 18.4. Химическая связь в многоатомных молекулах	469
18.4.1. Общее представление о многоатомных молекулах	469
18.4.2. Направленная валентность	470
18.4.3. Образование химических связей четырёхвалентными атомами углерода	475
18.4.4. Нелокализованные электроны	480
Глава 19. КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ И ВРАЩАТЕЛЬНЫЕ СОСТОЯНИЯ МОЛЕКУЛ	483

§ 19.1. Колебательные и вращательные степени свободы и отделение колебаний от вращения.....	483
§ 19.2. Колебательные состояния молекул	485
19.2.1. Колебания и энергия диссоциации двухатомных молекул	485
19.2.2. Понятие о колебаниях двухатомных молекул и их характеристичности	488
§ 19.3. Вращательные состояния молекул	492
19.3.1. Общая характеристика вращения молекул	492
19.3.2. Вращательные уровни и вращательные переходы в случае линейных молекул	495
19.3.3. Вращательные уровни молекул типа сферического волчка	497
19.3.4. Моменты инерции и вращательные постоянные молекул типа симметричных и асимметричных волчков	498
19.3.5. Вращательные уровни и вращательные переходы в случае молекул типа симметричного волчка	501
19.3.6. Вращательные уровни и вращательные переходы в случае молекул типа асимметричного волчка	503
19.3.7. Вращательные спектры и структура молекул	504
Глава 20. МОЛЕКУЛЯРНЫЕ СПЕКТРЫ	507
§ 20.1. Общая картина молекулярного спектра	507
§ 20.2. Дипольный момент молекулы и процесс образования молекулярных спектров	508
§ 20.3. Классификация молекулярных спектров	509
20.3.1. Вращательные спектры	509
20.3.2. Колебательно-вращательные спектры	510
20.3.3. Электронно колебательно-вращательные спектры	510
20.3.4. Влияние изотопического состава элементов на молекулярные спектры.....	513
20.3.5. Сплошные спектры	513
§ 20.4. Мультиплетная структура электронных состояний молекул	514
§ 20.5. Комбинационное рассеяние света	519
§ 20.6. Применение метода электронной спектроскопии в химических исследованиях	522
20.6.1. Сдвиг линий в спектре ЭСХА	522
20.6.2. Изучение валентных состояний атомов и другие исследования методом ЭСХА	523
Часть пятая. СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ ТЕЛ	525
Глава 21. СТРУКТУРА И КЛАССИФИКАЦИЯ ТВЕРДЫХ ТЕЛ	525

§ 21.1. Основные особенности твердого тела в кристаллическом и аморфном состоянии	525
§ 21.2. Решетки Браве	528
§ 21.3. Типы связей в кристаллах	530
21.3.1. Ионная связь	531
21.3.2. Ковалентная связь	531
21.3.3. Металлическая связь	532
21.3.4. Молекулярная связь	533
21.3.5. Водородная связь	534
Глава 22. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДОКАЗАТЕЛЬСТВА СУЩЕСТВОВАНИЯ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ТВЕРДЫХ ТЕЛ.....	535
§ 22.1. Развитие взглядов на строение кристаллов	535
§ 22.2. Индексы узловой прямой и узловой плоскости	536
§ 22.3. Экспериментальные методы исследования структуры кристаллов	538
22.3.1. Рентгеноструктурный анализ	538
22.3.2. Ионный микропроектор	539
22.3.3. Нейтронография	540
22.3.4. Эффект каналирования и эффект теней	542
Глава 23. ЗОННАЯ СТРУКТУРА ТВЕРДЫХ ТЕЛ	547
§ 23.1. Теоретические соображения, приводящие к представлению о существовании зон	547
23.1.1. Модель Кронига – Пенни	547
23.1.2. Особенности прохождения электронной волны через кристалл	550
23.1.3. Физические соображения общего характера	551
§ 23.2. Экспериментальные доказательства существования зон	552
23.2.1. Анализ рентгеновских спектров испускания	552
23.2.2. Изучение электронной структуры твердого тела методом ЭСХА	553
§ 23.3. Несовершенства структуры кристаллов и соответствующие им уровни энергии	555
Глава 24. ТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ РЕШЕТКИ	556
§ 24.1. Квазичастицы твердого тела – фононы	556
24.1.1. Волны упругой деформации остова кристалла	556
24.1.2. Газ фононов	559
§ 24.2. Теплоемкость кристаллической решетки	560

§ 24.3. Анггармонизм колебаний атомов кристаллической решетки и фонон-фононные взаимодействия	564
§ 24.4. Тепловое расширение и теплопроводность кристаллов	566
24.4.1. Тепловое расширение твердого тела	566
24.4.2. Теплопроводность твердого тела	567
§ 24.5. Квантовые эффекты в веществе при сверхнизких температурах	568
Глава 25. ЭЛЕКТРОННЫЕ СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ ТЕЛ	571
§ 25.1. Квазичастицы твердого тела – электроны и электронные дырки	571
§ 25.2. Зонная структура твердых тел и их электропроводность.....	574
§ 25.3. Заселенность электронных состояний в кристаллах	577
§ 25.4. Электроны проводимости в металлах	581
25.4.1. Уровень Ферми и энергия свободного электрона	581
25.4.2. Вырождение электронного газа	583
25.4.3. Электрон-фононные взаимодействия	584
25.4.4. Электронная теплоемкость металла	586
25.4.5. Электронная теплопроводность и проводимость металла	588
§ 25.5. Носители тока в примесных полупроводниках. Электронный полупроводник (полупроводник <i>n</i> -типа)	589
§ 25.6. Экситоны и электронные возбуждения кристалла	592
25.6.1. Экситоны Ванье – Мотта	592
25.6.2. Экситоны Френкеля	594
25.6.3. Экситоны-переносчики энергии	595
Глава 26. МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ ТЕЛ	597
§ 26.1. Виды магнетизма	597
§ 26.2. Диамагнетизм и парамагнетизм	597
26.2.1. Диамагнетизм	597
26.2.2. Парамагнетизм	599
§ 26.3. Ферромагнетизм и антиферромагнетизм	602
26.3.1. Ферромагнетизм	602
26.3.2. Антиферромагнетизм	608
Глава 27. СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ	611
§ 27.1. Основные свойства сверхпроводников	611
§ 27.2. Низкотемпературные и высокотемпературные сверхпроводники	614
§ 27.3. Элементы теории сверхпроводимости	616
27.3.1. Связывание свободных электронов в куперовские пары	616

27.3.2. Теория БКШ	618
27.3.3. О механизме высокотемпературной сверхпроводимости	620
§ 27.4. Квантовые эффекты, связанные со сверхпроводимостью	621
27.4.1. Эффекты Джозефсона	621
27.4.2. Квантование магнитного потока (макроскопический квантовый эффект)	622
§ 27.5. Применение сверхпроводников	623
27.5.1. Сильноточные сверхпроводниковые технологии	623
27.5.2. Слаботочная прикладная сверхпроводимость (сверхпроводниковая электроника).....	626
27.5.3. Сверхпроводящие подвесы	627
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	629
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	636
Справочная литература	636
Литература к введению и части первой	636
Литература к части второй	637
Литература к части третьей.....	638
Литература к части четвертой	638
Литература к части пятой	640
Литература к заключению	641
ПРИЛОЖЕНИЕ. Фундаментальные физические постоянные	642
ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ	643