

# Оглавление

Глава 1. Механика . . . . .	14
1.1. Производная . . . . .	15
1.1.1. Предел . . . . .	16
1.1.2. Мгновенная скорость . . . . .	18
1.1.3. Определение производной . . . . .	20
1.1.4. Табличные производные . . . . .	21
1.1.5. Правила дифференцирования . . . . .	22
1.1.6. Обозначения производной в физике . . . . .	24
1.1.7. Предел векторной величины . . . . .	26
1.1.8. Дифференцирование векторов . . . . .	27
1.2. Механическое движение . . . . .	29
1.2.1. Относительность движения . . . . .	30
1.2.2. Основная задача механики . . . . .	30
1.2.3. Материальная точка . . . . .	31
1.2.4. Траектория, путь, перемещение . . . . .	31
1.2.5. Скорость . . . . .	32
1.2.6. Ускорение . . . . .	33
1.2.7. Примеры вычисления скорости и ускорения . . . . .	34
1.2.8. Закон сложения скоростей . . . . .	35
1.2.9. Виды механического движения . . . . .	36
1.3. Равномерное прямолинейное движение . . . . .	37
1.3.1. Закон движения . . . . .	38
1.3.2. Интегрирование . . . . .	39
1.4. Равноускоренное движение . . . . .	40
1.4.1. Зависимость скорости от времени . . . . .	40
1.4.2. Закон движения . . . . .	41
1.4.3. Прямолинейное равноускоренное движение . . . . .	41
1.4.4. Свободное падение . . . . .	42
1.4.5. Горизонтальный бросок . . . . .	43
1.4.6. Бросок под углом к горизонту . . . . .	44
1.5. Равномерное движение по окружности . . . . .	45
1.5.1. Угловая скорость . . . . .	46
1.5.2. Закон движения . . . . .	46
1.5.3. Центробежное ускорение . . . . .	47
1.5.4. Почему ускорение направлено к центру окружности? . . . . .	47
1.6. Путь при неравномерном движении . . . . .	48
1.7. Первый закон Ньютона . . . . .	52
1.7.1. Инерциальные системы отсчёта . . . . .	52
1.7.2. Принцип относительности . . . . .	53
1.8. Масса и плотность . . . . .	54
1.9. Второй и третий законы Ньютона . . . . .	54
1.9.1. Принцип суперпозиции . . . . .	55
1.9.2. Второй закон Ньютона . . . . .	55

1.9.3.	Третий закон Ньютона . . . . .	56
1.9.4.	Как найти закон движения? . . . . .	56
1.10.	Сила упругости . . . . .	57
1.10.1.	Деформация . . . . .	57
1.10.2.	Закон Гука . . . . .	58
1.10.3.	Модуль Юнга . . . . .	59
1.11.	Сила тяготения . . . . .	59
1.11.1.	Закон всемирного тяготения . . . . .	59
1.11.2.	Сила тяжести . . . . .	60
1.11.3.	Вес тела. Невесомость . . . . .	61
1.11.4.	Искусственные спутники . . . . .	62
1.12.	Сила трения . . . . .	63
1.12.1.	Сухое трение . . . . .	64
1.12.2.	Вязкое трение . . . . .	66
1.13.	Статика твёрдого тела . . . . .	67
1.13.1.	Момент силы . . . . .	68
1.13.2.	Условия равновесия . . . . .	68
1.14.	Статика жидкостей и газов . . . . .	70
1.14.1.	Гидростатическое давление . . . . .	71
1.14.2.	Закон Паскаля . . . . .	71
1.14.3.	Гидравлический пресс . . . . .	72
1.14.4.	Закон Архимеда . . . . .	73
1.14.5.	Плавание тел . . . . .	75
1.15.	Импульс . . . . .	76
1.15.1.	Второй закон Ньютона в импульсной форме . . . . .	76
1.15.2.	Пример вычисления силы . . . . .	78
1.15.3.	Импульс системы тел . . . . .	79
1.15.4.	Закон сохранения импульса . . . . .	80
1.15.5.	Закон сохранения проекции импульса . . . . .	82
1.16.	Энергия . . . . .	83
1.16.1.	Работа . . . . .	83
1.16.2.	Мощность . . . . .	85
1.16.3.	Механическая энергия . . . . .	85
1.16.4.	Кинетическая энергия . . . . .	86
1.16.5.	Потенциальная энергия тела вблизи поверхности Земли . . . . .	87
1.16.6.	Потенциальная энергия деформированной пружины . . . . .	88
1.16.7.	Закон сохранения механической энергии . . . . .	89
1.16.8.	Закон изменения механической энергии . . . . .	89
1.17.	Простые механизмы . . . . .	90
1.17.1.	Рычаг . . . . .	91
1.17.2.	Неподвижный блок . . . . .	91
1.17.3.	Подвижный блок . . . . .	92
1.17.4.	Наклонная плоскость . . . . .	93
1.17.5.	Золотое правило механики . . . . .	94
1.17.6.	КПД механизма . . . . .	94
1.18.	Механические колебания . . . . .	96
1.18.1.	Гармонические колебания . . . . .	96
1.18.2.	Уравнение гармонических колебаний . . . . .	98
1.18.3.	Пружинный маятник . . . . .	99
1.18.4.	Математический маятник . . . . .	100

---

1.18.5. Свободные и вынужденные колебания . . . . .	101
1.19. Механические волны . . . . .	103
1.19.1. Продольные и поперечные волны . . . . .	103
1.19.2. Звук . . . . .	105
<b>Глава 2. Молекулярная физика и термодинамика . . . . .</b>	<b>106</b>
2.1. Основные положения МКТ . . . . .	106
2.1.1. Атомы и молекулы . . . . .	107
2.1.2. Тепловое движение атомов и молекул . . . . .	109
2.1.3. Взаимодействие частиц вещества . . . . .	109
2.2. Газы, жидкости и твёрдые тела . . . . .	110
2.2.1. Газы . . . . .	110
2.2.2. Твёрдые тела . . . . .	111
2.2.3. Жидкости . . . . .	112
2.3. Основные формулы молекулярной физики . . . . .	113
2.4. Температура . . . . .	115
2.4.1. Термодинамическая система . . . . .	115
2.4.2. Тепловое равновесие . . . . .	115
2.4.3. Температурная шкала. Абсолютная температура . . . . .	116
2.5. Уравнение состояния идеального газа . . . . .	117
2.5.1. Средняя кинетическая энергия частиц газа . . . . .	118
2.5.2. Основное уравнение МКТ идеального газа . . . . .	118
2.5.3. Энергия частиц и температура газа . . . . .	119
2.5.4. Уравнение Менделеева—Клапейрона . . . . .	119
2.6. Изопроцессы . . . . .	120
2.6.1. Термодинамический процесс . . . . .	121
2.6.2. Изотермический процесс . . . . .	121
2.6.3. Графики изотермического процесса . . . . .	122
2.6.4. Изобарный процесс . . . . .	123
2.6.5. Графики изобарного процесса . . . . .	124
2.6.6. Изохорный процесс . . . . .	124
2.6.7. Графики изохорного процесса . . . . .	125
2.7. Насыщенный пар . . . . .	126
2.7.1. Испарение и конденсация . . . . .	126
2.7.2. Динамическое равновесие . . . . .	127
2.7.3. Свойства насыщенного пара . . . . .	128
2.7.4. Влажность воздуха . . . . .	129
2.8. Внутренняя энергия . . . . .	130
2.8.1. Внутренняя энергия одноатомного идеального газа . . . . .	131
2.8.2. Функция состояния . . . . .	131
2.8.3. Изменение внутренней энергии: совершение работы . . . . .	132
2.8.4. Изменение внутренней энергии: теплопередача . . . . .	132
2.8.5. Теплопроводность . . . . .	132
2.8.6. Конвекция . . . . .	133
2.8.7. Тепловое излучение . . . . .	134
2.9. Количество теплоты . . . . .	136
2.9.1. Удельная теплоёмкость вещества . . . . .	136
2.9.2. Уравнение теплового баланса . . . . .	137
2.10. Фазовые переходы . . . . .	138

2.10.1. Плавление и кристаллизация . . . . .	138
2.10.2. График плавления . . . . .	139
2.10.3. Удельная теплота плавления . . . . .	140
2.10.4. График кристаллизации . . . . .	141
2.10.5. Парообразование и конденсация . . . . .	142
2.10.6. Кипение . . . . .	143
2.10.7. График кипения . . . . .	145
2.10.8. График конденсации . . . . .	146
2.11. Первый закон термодинамики . . . . .	147
2.11.1. Работа газа в изобарном процессе . . . . .	147
2.11.2. Работа газа в произвольном процессе . . . . .	148
2.11.3. Работа, совершаемая над газом . . . . .	148
2.11.4. Первый закон термодинамики . . . . .	149
2.11.5. Применение первого закона термодинамики к изопроцессам . . . . .	149
2.11.6. Адиабатный процесс . . . . .	150
2.12. Тепловые машины . . . . .	150
2.12.1. Тепловые двигатели . . . . .	151
2.12.2. Холодильные машины . . . . .	153
2.12.3. Тепловая машина Карно . . . . .	155
2.12.4. Тепловые двигатели и охрана окружающей среды . . . . .	156
2.13. Второй закон термодинамики . . . . .	157
2.13.1. Необратимость процессов в природе . . . . .	157
2.13.2. Постулаты Клаузиуса и Кельвина . . . . .	158
2.13.3. Эквивалентность постулатов Клаузиуса и Кельвина . . . . .	158
2.13.4. Обратимые процессы . . . . .	159
2.13.5. Обратимость машины Карно . . . . .	160
<b>Глава 3. Электродинамика . . . . .</b>	<b>162</b>
3.1. Электрический заряд . . . . .	163
3.1.1. Два вида заряда . . . . .	164
3.1.2. Электризация тел . . . . .	165
3.1.3. Закон сохранения заряда . . . . .	167
3.2. Закон Кулона . . . . .	168
3.2.1. Принцип суперпозиции . . . . .	169
3.2.2. Закон Кулона в диэлектрике . . . . .	170
3.3. Напряжённость электрического поля . . . . .	170
3.3.1. Дальнодействие и близкодействие . . . . .	171
3.3.2. Электрическое поле . . . . .	171
3.3.3. Напряжённость поля точечного заряда . . . . .	172
3.3.4. Принцип суперпозиции электрических полей . . . . .	174
3.3.5. Поле равномерно заряженной плоскости . . . . .	175
3.3.6. Линии напряжённости электрического поля . . . . .	176
3.4. Потенциал электрического поля . . . . .	177
3.4.1. Консервативные силы . . . . .	177
3.4.2. Потенциальность электростатического поля . . . . .	178
3.4.3. Потенциальная энергия заряда в однородном поле . . . . .	179
3.4.4. Потенциальная энергия взаимодействия точечных зарядов . . . . .	180
3.4.5. Потенциал . . . . .	181
3.4.6. Разность потенциалов . . . . .	182

3.4.7.	Принцип суперпозиции для потенциалов . . . . .	183
3.4.8.	Однородное поле: связь напряжения и напряжённости . . . . .	183
3.4.9.	Эквипотенциальные поверхности . . . . .	184
3.5.	Проводники в электрическом поле . . . . .	185
3.5.1.	Поле внутри проводника . . . . .	186
3.5.2.	Заряд внутри проводника . . . . .	188
3.5.3.	Поле вне проводника . . . . .	188
3.5.4.	Потенциал проводника . . . . .	189
3.5.5.	Напряжённость и потенциал поля проводящей сферы . . . . .	189
3.6.	Диэлектрики в электрическом поле . . . . .	191
3.6.1.	Диэлектрическая проницаемость . . . . .	191
3.6.2.	Полярные диэлектрики . . . . .	192
3.6.3.	Неполярные диэлектрики . . . . .	193
3.7.	Конденсатор. Энергия электрического поля . . . . .	194
3.7.1.	Ёмкость уединённого проводника . . . . .	194
3.7.2.	Ёмкость плоского конденсатора . . . . .	195
3.7.3.	Энергия заряженного конденсатора . . . . .	198
3.7.4.	Энергия электрического поля . . . . .	200
3.8.	Постоянный электрический ток . . . . .	201
3.8.1.	Направление электрического тока . . . . .	202
3.8.2.	Действие электрического тока . . . . .	202
3.8.3.	Сила и плотность тока . . . . .	203
3.8.4.	Скорость направленного движения зарядов . . . . .	204
3.8.5.	Стационарное электрическое поле . . . . .	205
3.9.	Закон Ома . . . . .	207
3.9.1.	Закон Ома для участка цепи . . . . .	208
3.9.2.	Электрическое сопротивление . . . . .	208
3.9.3.	Удельное сопротивление . . . . .	209
3.10.	Соединения проводников . . . . .	210
3.10.1.	Резисторы и подводящие провода . . . . .	210
3.10.2.	Последовательное соединение . . . . .	211
3.10.3.	Параллельное соединение . . . . .	212
3.10.4.	Смешанное соединение . . . . .	214
3.11.	Работа и мощность тока . . . . .	215
3.11.1.	Работа тока . . . . .	215
3.11.2.	Мощность тока . . . . .	216
3.11.3.	Закон Джоуля—Ленца . . . . .	216
3.12.	ЭДС. Закон Ома для полной цепи . . . . .	217
3.12.1.	Сторонняя сила . . . . .	217
3.12.2.	Закон Ома для полной цепи . . . . .	218
3.12.3.	КПД электрической цепи . . . . .	219
3.12.4.	Закон Ома для неоднородного участка . . . . .	220
3.13.	Электрический ток в металлах . . . . .	222
3.13.1.	Свободные электроны . . . . .	222
3.13.2.	Опыт Рикке . . . . .	223
3.13.3.	Опыт Стюарта—Толмена . . . . .	224
3.13.4.	Зависимость сопротивления от температуры . . . . .	225
3.14.	Электрический ток в электролитах . . . . .	227
3.14.1.	Электролитическая диссоциация . . . . .	227
3.14.2.	Ионная проводимость . . . . .	230

3.14.3. Электролиз . . . . .	231
3.15. Электрический ток в газах . . . . .	232
3.15.1. Свободные заряды в газе . . . . .	233
3.15.2. Несамостоятельный разряд . . . . .	235
3.15.3. Вольт-амперная характеристика газового разряда . . . . .	236
3.15.4. Самостоятельный разряд . . . . .	237
3.16. Полупроводники . . . . .	238
3.16.1. Ковалентная связь . . . . .	239
3.16.2. Кристаллическая структура кремния . . . . .	239
3.16.3. Собственная проводимость . . . . .	240
3.16.4. Примесная проводимость . . . . .	243
3.16.5. <i>p-n</i> -переход . . . . .	246
3.17. Магнитное поле. Линии . . . . .	248
3.17.1. Взаимодействие магнитов . . . . .	248
3.17.2. Линии магнитного поля . . . . .	249
3.17.3. Опыт Эрстеда . . . . .	249
3.17.4. Магнитное поле прямого провода с током . . . . .	251
3.17.5. Магнитное поле витка с током . . . . .	252
3.17.6. Магнитное поле катушки с током . . . . .	252
3.17.7. Гипотеза Ампера. Элементарные токи . . . . .	254
3.18. Магнитное поле. Силы . . . . .	254
3.18.1. Сила Лоренца . . . . .	255
3.18.2. Сила Ампера . . . . .	255
3.18.3. Рамка с током в магнитном поле . . . . .	257
3.19. Электромагнитная индукция . . . . .	259
3.19.1. Магнитный поток . . . . .	260
3.19.2. ЭДС индукции . . . . .	262
3.19.3. Закон электромагнитной индукции Фарадея . . . . .	262
3.19.4. Правило Ленца . . . . .	263
3.19.5. Взаимодействие магнита с контуром . . . . .	264
3.19.6. Закон Фарадея + Правило Ленца = Снятие модуля . . . . .	265
3.19.7. Вихревое электрическое поле . . . . .	266
3.19.8. ЭДС индукции в движущемся проводнике . . . . .	268
3.20. Самоиндукция . . . . .	270
3.20.1. Индуктивность . . . . .	271
3.20.2. Электромеханическая аналогия . . . . .	273
3.20.3. Энергия магнитного поля . . . . .	273
3.21. Электромагнитные колебания . . . . .	274
3.21.1. Колебательный контур . . . . .	274
3.21.2. Энергетические превращения в колебательном контуре . . . . .	277
3.21.3. Электромеханические аналогии . . . . .	278
3.21.4. Гармонический закон колебаний в контуре . . . . .	279
3.21.5. Вынужденные электромагнитные колебания . . . . .	281
3.22. Переменный ток. 1 . . . . .	282
3.22.1. Условие квазистационарности . . . . .	283
3.22.2. Резистор в цепи переменного тока . . . . .	284
3.22.3. Конденсатор в цепи переменного тока . . . . .	285
3.22.4. Катушка в цепи переменного тока . . . . .	287
3.23. Переменный ток. 2 . . . . .	289
3.23.1. Метод вспомогательного угла . . . . .	289

---

3.23.2. Колебательный контур с резистором . . . . .	289
3.23.3. Резонанс в колебательном контуре . . . . .	291
3.24. Мощность переменного тока . . . . .	294
3.24.1. Мощность тока через резистор . . . . .	295
3.24.2. Мощность тока через конденсатор . . . . .	296
3.24.3. Мощность тока через катушку . . . . .	298
3.24.4. Мощность тока на произвольном участке . . . . .	299
3.25. Электроэнергия . . . . .	300
3.25.1. Производство электроэнергии . . . . .	300
3.25.2. Передача электроэнергии . . . . .	302
3.25.3. Трансформатор . . . . .	303
3.26. Электромагнитное поле . . . . .	307
3.26.1. Гипотеза Максвелла . . . . .	308
3.26.2. Понятие электромагнитного поля . . . . .	309
3.26.3. Об уравнениях Максвелла . . . . .	310
3.27. Электромагнитные волны . . . . .	311
3.27.1. Открытый колебательный контур . . . . .	312
3.27.2. Свойства электромагнитных волн . . . . .	314
3.27.3. Плотность потока излучения . . . . .	315
3.27.4. Виды электромагнитных излучений . . . . .	317
<b>Глава 4. Оптика . . . . .</b>	<b>321</b>
4.1. Световые лучи . . . . .	322
4.1.1. Законы геометрической оптики . . . . .	323
4.1.2. Геометрическая тень . . . . .	324
4.2. Отражение света . . . . .	325
4.2.1. Закон отражения . . . . .	325
4.2.2. Плоское зеркало . . . . .	326
4.3. Преломление света . . . . .	328
4.3.1. Закон преломления (частный случай) . . . . .	329
4.3.2. Обратимость световых лучей . . . . .	330
4.3.3. Закон преломления (общий случай) . . . . .	331
4.3.4. Полное внутреннее отражение . . . . .	332
4.4. Линзы. Ход лучей . . . . .	333
4.4.1. Двояковыпуклая линза . . . . .	334
4.4.2. Двояковогнутая линза . . . . .	336
4.4.3. Виды собирающих и рассеивающих линз . . . . .	337
4.5. Тонкие линзы. Ход лучей . . . . .	338
4.5.1. Понятие тонкой линзы . . . . .	338
4.5.2. Оптический центр и фокальная плоскость . . . . .	340
4.5.3. Ход луча через оптический центр . . . . .	341
4.5.4. Ход лучей в собирающей линзе . . . . .	342
4.5.5. Ход лучей в рассеивающей линзе . . . . .	343
4.6. Тонкие линзы. Построение изображений . . . . .	345
4.6.1. Собирающая линза: действительное изображение точки . . . . .	345
4.6.2. Собирающая линза: действительное изображение предмета . . . . .	348
4.6.3. Собирающая линза: мнимое изображение точки . . . . .	349
4.6.4. Собирающая линза: мнимое изображение предмета . . . . .	351
4.6.5. Собирающая линза: предмет в фокальной плоскости . . . . .	352

4.6.6.	Рассеивающая линза: мнимое изображение точки . . . . .	353
4.6.7.	Рассеивающая линза: мнимое изображение предмета . . . . .	355
4.7.	Глаз человека . . . . .	355
4.7.1.	Строение глаза . . . . .	355
4.7.2.	Аккомодация . . . . .	356
4.7.3.	Угол зрения . . . . .	358
4.7.4.	Расстояние наилучшего зрения . . . . .	359
4.7.5.	Близорукость . . . . .	359
4.7.6.	Дальновзоркость . . . . .	360
4.8.	Оптические приборы . . . . .	361
4.8.1.	Невооружённый глаз . . . . .	361
4.8.2.	Лупа . . . . .	362
4.8.3.	Микроскоп . . . . .	364
4.8.4.	Труба Кеплера . . . . .	366
4.8.5.	Труба Галилея . . . . .	367
4.9.	Принцип Гюйгенса . . . . .	368
4.9.1.	Волновые поверхности и лучи . . . . .	368
4.9.2.	Сферическая волна . . . . .	370
4.9.3.	Плоская волна . . . . .	370
4.9.4.	Вторичные волны . . . . .	371
4.9.5.	Вывод закона отражения . . . . .	373
4.9.6.	Вывод закона преломления . . . . .	374
4.10.	Интерференция волн . . . . .	375
4.10.1.	Сложение колебаний . . . . .	376
4.10.2.	Интенсивность волны . . . . .	377
4.10.3.	Когерентные источники . . . . .	378
4.10.4.	Условие максимума и минимума . . . . .	378
4.10.5.	Интерференционная картина . . . . .	379
4.10.6.	Схема Юнга . . . . .	381
4.11.	Интерференция света . . . . .	383
4.11.1.	Усреднение интенсивности . . . . .	383
4.11.2.	Некогерентность независимых источников . . . . .	384
4.11.3.	Зеркала Френеля . . . . .	386
4.11.4.	Интерференция в тонких плёнках . . . . .	387
4.11.5.	Кольца Ньютона . . . . .	388
4.11.6.	Просветление оптики . . . . .	391
4.12.	Дифракция света . . . . .	391
4.12.1.	Принцип Гюйгенса—Френеля . . . . .	392
4.12.2.	Опыт Юнга . . . . .	394
4.12.3.	Дифракционная решётка . . . . .	395
4.12.4.	Дифракционная решётка как спектральный прибор . . . . .	398
4.13.	Дисперсия света . . . . .	399
4.13.1.	Опыт Ньютона . . . . .	399
4.13.2.	Хроматическая аберрация . . . . .	400
<b>Глава 5.</b>	<b>Теория относительности . . . . .</b>	<b>401</b>
5.1.	Принцип относительности Галилея . . . . .	401
5.1.1.	Наблюдатель на корабле . . . . .	401
5.1.2.	Инвариантность законов механики . . . . .	402

---

5.2.	Принципы СТО . . . . .	405
5.2.1.	Гипотеза о мировом эфире . . . . .	405
5.2.2.	Постулаты Эйнштейна . . . . .	407
5.3.	Релятивистская кинематика . . . . .	410
5.3.1.	Одновременность событий . . . . .	410
5.3.2.	Относительность одновременности . . . . .	413
5.3.3.	Относительность промежутков времени . . . . .	414
5.3.4.	Относительность расстояний . . . . .	416
5.3.5.	Преобразования Лоренца . . . . .	418
5.3.6.	Релятивистский закон сложения скоростей . . . . .	419
5.4.	Релятивистская динамика . . . . .	421
5.4.1.	Релятивистская энергия . . . . .	421
5.4.2.	Релятивистский импульс . . . . .	424
5.4.3.	Связь энергии и импульса . . . . .	426
5.4.4.	Релятивистское уравнение движения . . . . .	427
<b>Глава 6.</b>	<b>Квантовая физика . . . . .</b>	<b>430</b>
6.1.	Фотоэффект . . . . .	430
6.1.1.	Опыты Столетова . . . . .	431
6.1.2.	Зависимость фототока от напряжения . . . . .	432
6.1.3.	Законы фотоэффекта . . . . .	433
6.1.4.	Трудности классического объяснения фотоэффекта . . . . .	434
6.1.5.	Гипотеза Планка о квантах . . . . .	435
6.1.6.	Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта . . . . .	436
6.2.	Фотоны . . . . .	438
6.2.1.	Энергия фотона . . . . .	438
6.2.2.	Импульс фотона . . . . .	439
6.2.3.	Давление света . . . . .	439
6.2.4.	Двойственная природа света . . . . .	441
6.3.	Корпускулярно-волновой дуализм . . . . .	441
6.3.1.	Гипотеза де Бройля . . . . .	442
6.3.2.	Дифракция электронов . . . . .	443
6.3.3.	Соотношение неопределённостей . . . . .	444
6.4.	Линейчатые спектры . . . . .	445
6.4.1.	Спектр испускания . . . . .	445
6.4.2.	Спектр поглощения . . . . .	446
6.4.3.	Спектральный анализ . . . . .	446
6.5.	Строение атома . . . . .	447
6.5.1.	Модель Томсона . . . . .	447
6.5.2.	Опыты Резерфорда . . . . .	448
6.5.3.	Планетарная модель атома . . . . .	449
6.6.	Атом Бора . . . . .	450
6.6.1.	Постулаты Бора . . . . .	451
6.6.2.	Атом водорода . . . . .	452
6.6.3.	Достоинства и недостатки теории Бора . . . . .	455
6.7.	Лазер . . . . .	456
6.7.1.	Индукцированное излучение . . . . .	457
6.7.2.	Инверсная населённость . . . . .	458
6.7.3.	Трёхуровневая система рубина . . . . .	459

6.7.4.	Устройство лазера . . . . .	460
6.8.	Строение ядра . . . . .	461
6.8.1.	Нуклонная модель ядра . . . . .	461
6.8.2.	Изотопы . . . . .	461
6.9.	Радиоактивность . . . . .	462
6.9.1.	Виды радиоактивных излучений . . . . .	463
6.9.2.	Радиоактивные превращения . . . . .	464
6.9.3.	Закон радиоактивного распада . . . . .	465
6.10.	Энергия связи ядра . . . . .	467
6.10.1.	Ядерные силы . . . . .	468
6.10.2.	Атомная единица массы . . . . .	468
6.10.3.	Удельная энергия связи . . . . .	471
6.10.4.	Насыщение ядерных сил . . . . .	472
6.11.	Ядерные реакции . . . . .	473
6.11.1.	Энергетический выход ядерной реакции . . . . .	474
6.11.2.	Деление ядер . . . . .	477
6.11.3.	Цепная ядерная реакция . . . . .	479
6.11.4.	Термоядерная реакция . . . . .	479
<b>Глава 7.</b>	<b>Приложение. Векторы в физике . . . . .</b>	<b>482</b>
7.1.	Скалярные и векторные величины . . . . .	482
7.2.	Сложение векторов . . . . .	484
7.2.1.	Правило треугольника . . . . .	484
7.2.2.	Правило параллелограмма . . . . .	485
7.2.3.	Свойства сложения векторов . . . . .	487
7.2.4.	Вычитание векторов . . . . .	489
7.3.	Умножение скаляра на вектор . . . . .	490
7.3.1.	Что такое умножение скаляра на вектор? . . . . .	491
7.3.2.	Свойства умножения скаляра на вектор . . . . .	491
7.4.	Угол между векторами . . . . .	494
7.4.1.	Что такое угол между векторами? . . . . .	494
7.4.2.	Угол между вектором и осью . . . . .	494
7.5.	Проекция вектора на ось . . . . .	495
7.5.1.	Что такое проекция вектора на ось? . . . . .	495
7.5.2.	Свойства проектирования вектора на ось . . . . .	496
7.5.3.	Операция проектирования в физике . . . . .	499
7.6.	Векторы и координаты на плоскости . . . . .	499
7.6.1.	Разложение вектора по базису . . . . .	499
7.6.2.	Нахождение модуля вектора по его проекциям . . . . .	500
7.7.	Векторы и координаты в пространстве . . . . .	501
7.7.1.	Разложение вектора по базису . . . . .	501
7.7.2.	Нахождение модуля вектора по его проекциям . . . . .	502
7.8.	Скалярное произведение векторов . . . . .	502
7.8.1.	Что такое скалярное произведение? . . . . .	503
7.8.2.	Свойства скалярного произведения . . . . .	504
7.8.3.	Скалярное произведение в физике . . . . .	505
7.8.4.	Вычисление скалярного произведения в координатах . . . . .	505