

# Содержание

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| Предисловие . . . . .              | 3 |
| Как работать с учебником . . . . . | 5 |

## Раздел I. ОСНОВЫ МЕХАНИКИ

|                                                                        |          |
|------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>ГЛАВА 1. Кинематика движения материальной точки . . .</b>           | <b>8</b> |
| § 1.1. Основные понятия кинематики . . . . .                           | 8        |
| § 1.2. Прямолинейное движение материальной точки . . . . .             | 12       |
| § 1.3. Криволинейное движение материальной точки . . . . .             | 15       |
| § 1.4. Равномерное движение материальной точки по окружности . . . . . | 16       |
| § 1.5. Небесные координаты . . . . .                                   | 19       |
| § 1.6. Геоцентрическая и гелиоцентрическая системы мира . . . . .      | 24       |
| § 1.7. Измерение времени . . . . .                                     | 28       |
| Контрольные вопросы . . . . .                                          | 31       |
| Задачи . . . . .                                                       | 31       |

|                                                                                    |           |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ГЛАВА 2. Динамика материальной точки и элементы небесной механики . . . . .</b> | <b>33</b> |
| § 2.1*. Основная задача динамики . . . . .                                         | 33        |
| § 2.2. Масса. Импульс . . . . .                                                    | 33        |
| § 2.3. Сила . . . . .                                                              | 36        |
| § 2.4. Законы Ньютона . . . . .                                                    | 40        |
| § 2.5. Сила тяжести. Вес . . . . .                                                 | 42        |
| § 2.6*. Задачи динамики и начальные условия . . . . .                              | 43        |
| § 2.7*. Момент импульса . . . . .                                                  | 45        |
| § 2.8. Работа. Мощность . . . . .                                                  | 48        |
| § 2.9. Кинетическая энергия . . . . .                                              | 50        |

|                                                               |                                                                       |           |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------|
| § 2.10.                                                       | Потенциальная энергия . . . . .                                       | 51        |
| § 2.11.                                                       | Закон сохранения энергии в механике . . . . .                         | 54        |
| § 2.12.                                                       | Определение расстояний до небесных тел<br>и их массы . . . . .        | 55        |
|                                                               | Контрольные вопросы . . . . .                                         | 59        |
|                                                               | Задачи . . . . .                                                      | 60        |
| <b>ГЛАВА 3.</b>                                               | <b>Специальная теория относительности . . . . .</b>                   | <b>61</b> |
| § 3.1.                                                        | Принцип относительности<br>Галилея — Эйнштейна . . . . .              | 61        |
| § 3.2.                                                        | Преобразования Галилея.<br>Закон сложения скоростей . . . . .         | 63        |
| § 3.3.                                                        | Скорость света и ее измерение . . . . .                               | 65        |
| § 3.4.                                                        | Постулаты специальной теории<br>относительности . . . . .             | 67        |
| § 3.5.                                                        | Релятивистский закон сложения скоростей . . . . .                     | 70        |
| § 3.6.                                                        | Относительность промежутков времени<br>и длин отрезков . . . . .      | 72        |
| § 3.7.                                                        | Релятивистский импульс и сила . . . . .                               | 78        |
| § 3.8.                                                        | Полная энергия и энергия покоя . . . . .                              | 81        |
|                                                               | Контрольные вопросы . . . . .                                         | 82        |
|                                                               | Задачи . . . . .                                                      | 83        |
| <br><b>Раздел II. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА<br/>И ТЕРМОДИНАМИКА</b> |                                                                       |           |
| <b>ГЛАВА 4.</b>                                               | <b>Молекулярно-кинетическая теория . . . . .</b>                      | <b>84</b> |
| § 4.1.                                                        | Основы молекулярно-кинетической теории.<br>Скорость молекул . . . . . | 84        |
| § 4.2.                                                        | Броуновское движение. Диффузия . . . . .                              | 88        |
| § 4.3.                                                        | Давление . . . . .                                                    | 90        |
| § 4.4.                                                        | Давление идеального газа . . . . .                                    | 92        |
| § 4.5.                                                        | Температура. Основное уравнение<br>кинетической теории . . . . .      | 95        |
| § 4.6.                                                        | Уравнение газового состояния<br>(Менделеева — Клапейрона) . . . . .   | 100       |

|                 |                                                                                   |            |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|
| § 4.7.          | Изопроцессы . . . . .                                                             | 103        |
| § 4.8.          | Взаимодействие молекул . . . . .                                                  | 104        |
| § 4.9.          | Модель «спокойного» Солнца . . . . .                                              | 107        |
|                 | Контрольные вопросы . . . . .                                                     | 112        |
|                 | Задачи . . . . .                                                                  | 113        |
| <b>ГЛАВА 5.</b> | <b>Основы термодинамики . . . . .</b>                                             | <b>114</b> |
| § 5.1.          | Внутренняя энергия . . . . .                                                      | 114        |
| § 5.2.          | Работа как мера изменения внутренней<br>энергии . . . . .                         | 115        |
| § 5.3.          | Теплообмен . . . . .                                                              | 117        |
| § 5.4.          | Количество теплоты . . . . .                                                      | 118        |
| § 5.5.          | Первое начало термодинамики . . . . .                                             | 119        |
| § 5.6.          | Внутренняя энергия одноатомного<br>идеального газа . . . . .                      | 120        |
| § 5.7.          | Теплоемкость . . . . .                                                            | 121        |
| § 5.8.          | Адиабатный процесс . . . . .                                                      | 123        |
| § 5.9.          | Необратимость тепловых процессов . . . . .                                        | 125        |
| § 5.10.         | Второе начало термодинамики . . . . .                                             | 126        |
| § 5.11.         | Тепловая машина и ее к.п.д. . . . .                                               | 130        |
|                 | Контрольные вопросы . . . . .                                                     | 135        |
|                 | Задачи . . . . .                                                                  | 136        |
| <b>ГЛАВА 6.</b> | <b>Твердые тела и жидкости. . . . .</b>                                           | <b>137</b> |
| § 6.1.          | Кристаллическая структура твердых тел . . . . .                                   | 137        |
| § 6.2.          | Дефекты кристаллической решетки<br>и их движение . . . . .                        | 139        |
| § 6.3.          | Деформации. Закон Гука . . . . .                                                  | 141        |
| § 6.4*.         | Типы кристаллических связей . . . . .                                             | 144        |
| § 6.5*.         | Типы кристаллических структур . . . . .                                           | 146        |
| § 6.6.          | Структура жидкости . . . . .                                                      | 152        |
| § 6.7.          | Аморфное состояние тела . . . . .                                                 | 154        |
| § 6.8.          | Энергия поверхностного слоя<br>и поверхностное натяжение . . . . .                | 154        |
| § 6.9.          | Давление под искривленной поверхностью<br>жидкости. Капиллярные явления . . . . . | 157        |

|                 |                                                                  |            |
|-----------------|------------------------------------------------------------------|------------|
| § 6.10.         | Тепловое расширение жидкостей<br>и твердых тел . . . . .         | 159        |
|                 | Контрольные вопросы . . . . .                                    | 162        |
|                 | Задачи . . . . .                                                 | 163        |
| <b>ГЛАВА 7.</b> | <b>Агрегатные состояния и фазовые переходы</b>                   | <b>164</b> |
| § 7.1.          | Фаза и фазовые переходы . . . . .                                | 164        |
| § 7.2.          | Испарение. Насыщенный пар . . . . .                              | 165        |
| § 7.3.          | Гидросфера и атмосфера Земли . . . . .                           | 168        |
| § 7.4.          | Влажность воздуха . . . . .                                      | 169        |
| § 7.5.          | Кипение . . . . .                                                | 172        |
| § 7.6.          | Сублимация в космосе. Кометы . . . . .                           | 173        |
| § 7.7.          | Критическое состояние вещества . . . . .                         | 174        |
| § 7.8.          | Изменение внутренней энергии при<br>фазовых переходах . . . . .  | 176        |
| § 7.9.          | Диаграммы равновесных состояний<br>и фазовых переходов . . . . . | 179        |
| § 7.10*.        | Растворы и сплавы . . . . .                                      | 182        |
| § 7.11.         | Модели Земли и планет . . . . .                                  | 184        |
| § 7.12.         | Физические условия на планетах<br>и их атмосферы . . . . .       | 185        |
|                 | Контрольные вопросы . . . . .                                    | 187        |
|                 | Задачи . . . . .                                                 | 188        |

### Раздел III. ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

|                 |                                                                              |            |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>ГЛАВА 8.</b> | <b>Электрическое поле . . . . .</b>                                          | <b>189</b> |
| § 8.1.          | Электризация тел при их контакте.<br>Электрические заряды . . . . .          | 189        |
| § 8.2.          | Строение вещества и электризация . . . . .                                   | 191        |
| § 8.3.          | Электростатическая индукция.<br>Закон сохранения электрического заряда . . . | 193        |
| § 8.4.          | Закон Кулона . . . . .                                                       | 194        |
| § 8.5.          | Электрическое поле. Напряженность поля . .                                   | 198        |
| § 8.6.          | Электрические поля и их изображение . . .                                    | 202        |

|         |                                                                |     |
|---------|----------------------------------------------------------------|-----|
| § 8.7.  | Работа силы электрического поля . . . . .                      | 205 |
| § 8.8.  | Электрический потенциал . . . . .                              | 207 |
| § 8.9.  | Поле в диэлектрике.<br>Диэлектрическая проницаемость . . . . . | 210 |
| § 8.10. | Электрическая емкость . . . . .                                | 212 |
| § 8.11. | Энергия электрического поля . . . . .                          | 216 |
|         | Контрольные вопросы . . . . .                                  | 217 |
|         | Задачи . . . . .                                               | 218 |

## **ГЛАВА 9. Постоянный электрический ток . . . . . 219**

|         |                                                                                                       |     |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| § 9.1.  | Электрический ток.<br>Электродвижущая сила и напряжение . . . . .                                     | 219 |
| § 9.2.  | Сила тока . . . . .                                                                                   | 222 |
| § 9.3.  | Закон Ома. Сопротивление . . . . .                                                                    | 225 |
| § 9.4.  | Реостат. Потенциометр . . . . .                                                                       | 228 |
| § 9.5.  | Зависимость электрического сопротивления<br>проводника от температуры.<br>Сверхпроводимость . . . . . | 229 |
| § 9.6*. | Правила Кирхгофа . . . . .                                                                            | 232 |
| § 9.7.  | Работа и мощность постоянного тока.<br>Закон Джоуля — Ленца . . . . .                                 | 236 |
| § 9.8.  | Термоэлектричество . . . . .                                                                          | 238 |
|         | Контрольные вопросы . . . . .                                                                         | 240 |
|         | Задачи . . . . .                                                                                      | 241 |

## **ГЛАВА 10. Электрический ток в различных средах . . . 242**

|         |                                                                            |     |
|---------|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| § 10.1. | Природа носителей электрического<br>заряда в металлах . . . . .            | 242 |
| § 10.2. | Электрический ток в металлах . . . . .                                     | 244 |
| § 10.3. | Ток в вакууме. Электронно-лучевая трубка . . .                             | 247 |
| § 10.4. | Электрический ток в полупроводниках.<br>Собственная проводимость . . . . . | 249 |
| § 10.5. | Примесная проводимость.<br>Электронно-дырочный переход . . . . .           | 252 |
| § 10.6. | Транзистор . . . . .                                                       | 255 |
| § 10.7. | Электропроводность электролитов.<br>Законы Фарадея . . . . .               | 258 |

|                                                                                       |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| § 10.8*. Гальванический элемент. Аккумулятор . . . . .                                | 260        |
| § 10.9. Электрический ток в газах.<br>Несамостоятельный разряд . . . . .              | 261        |
| § 10.10. Самостоятельный разряд. Плазма . . . . .                                     | 264        |
| Контрольные вопросы . . . . .                                                         | 266        |
| Задачи . . . . .                                                                      | 267        |
| <b>ГЛАВА 11. Магнитное поле . . . . .</b>                                             | <b>268</b> |
| § 11.1. Взаимодействие токов. Магнитные силы . . . . .                                | 268        |
| § 11.2. Магнитное поле. Линии индукции<br>магнитного поля . . . . .                   | 271        |
| § 11.3. Характеристики магнитного поля.<br>Сила Лоренца . . . . .                     | 274        |
| § 11.4. Магнитное поле тока некоторых<br>простейших систем . . . . .                  | 277        |
| § 11.5. Сила Ампера . . . . .                                                         | 279        |
| § 11.6. Электрические двигатели и измерительные<br>приборы постоянного тока . . . . . | 282        |
| § 11.7. Магнитные свойства вещества.<br>Пара- и диамагнетизм . . . . .                | 284        |
| § 11.8. Ферромагнетизм . . . . .                                                      | 287        |
| § 11.9. Магнитная запись и хранение информации . . . . .                              | 292        |
| § 11.10. Масс-спектрометры и ускорители . . . . .                                     | 293        |
| Контрольные вопросы . . . . .                                                         | 298        |
| Задачи . . . . .                                                                      | 298        |
| <b>ГЛАВА 12. Электромагнитная индукция . . . . .</b>                                  | <b>300</b> |
| § 12.1. Явление электромагнитной индукции.<br>Э.д.с. индукции . . . . .               | 300        |
| § 12.2. Закон индукции Фарадея. Правило Ленца . . . . .                               | 303        |
| § 12.3. Самоиндукция . . . . .                                                        | 307        |
| § 12.4. Энергия электромагнитного поля . . . . .                                      | 311        |
| § 12.5. Индукционные токи в сплошных проводниках. . . . .                             | 313        |
| § 12.6. Плазма в магнитном поле. МГД-генератор . . . . .                              | 315        |
| Контрольные вопросы . . . . .                                                         | 317        |
| Задачи . . . . .                                                                      | 317        |

|                                                                                |            |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>ГЛАВА 13. Электромагнитные колебания</b>                                    | <b>319</b> |
| § 13.1. Гармонические колебания                                                | 319        |
| § 13.2. Скорость, ускорение и собственная частота при гармонических колебаниях | 325        |
| § 13.3. Колебательный контур                                                   | 328        |
| § 13.4. Затухание свободных колебаний                                          | 333        |
| § 13.5. Автоколебания                                                          | 335        |
| § 13.6. Генератор незатухающих электромагнитных колебаний                      | 337        |
| § 13.7. Модуляция                                                              | 339        |
| § 13.8. Аналогия между механическими и электрическими колебаниями              | 342        |
| Контрольные вопросы                                                            | 344        |
| Задачи                                                                         | 344        |
| <b>ГЛАВА 14. Переменный электрический ток</b>                                  | <b>345</b> |
| § 14.1. Получение переменного тока. Синхронный генератор в цепи с резистором   | 345        |
| § 14.2. Действующее значение силы тока и напряжения                            | 347        |
| § 14.3. Цепи переменного тока с индуктивностью и емкостью                      | 348        |
| § 14.4. Закон Ома для цепи переменного тока                                    | 354        |
| § 14.5. Мощность переменного тока                                              | 356        |
| § 14.6. Резонанс                                                               | 358        |
| § 14.7. Трансформатор                                                          | 362        |
| § 14.8. Получение постоянного тока                                             | 364        |
| § 14.9. Получение трехфазного тока и его характеристики                        | 367        |
| § 14.10*. Использование трехфазного тока                                       | 369        |
| § 14.11. Проблемы электрификации страны                                        | 373        |
| Контрольные вопросы                                                            | 375        |
| Задачи                                                                         | 376        |
| <b>ГЛАВА 15. Электромагнитные волны</b>                                        | <b>378</b> |
| § 15.1. Упругие волны                                                          | 378        |
| § 15.2. Характеристики волн                                                    | 381        |

|         |                                                                   |     |
|---------|-------------------------------------------------------------------|-----|
| § 15.3. | Электромагнитные волны . . . . .                                  | 384 |
| § 15.4. | Энергетические характеристики<br>электромагнитной волны . . . . . | 387 |
| § 15.5. | Физические основы радиопередачи<br>и радиоприема . . . . .        | 389 |
| § 15.6. | Усилитель. . . . .                                                | 391 |
| § 15.7. | Основы радиоастрономии. Космическая<br>радиосвязь . . . . .       | 392 |
|         | Контрольные вопросы . . . . .                                     | 395 |
|         | Задачи . . . . .                                                  | 396 |

## Раздел IV. ОПТИКА

### ГЛАВА 16. Световые волны . . . . . 397

|         |                                                                    |     |
|---------|--------------------------------------------------------------------|-----|
| § 16.1. | Природа света. Шкала электромагнитных волн                         | 397 |
| § 16.2. | Законы преломления и отражения волн.<br>Принцип Гюйгенса . . . . . | 400 |
| § 16.3. | Полное внутреннее отражение . . . . .                              | 404 |
| § 16.4. | Фотометрические величины и единицы . . . . .                       | 406 |
| § 16.5. | Звездные величины . . . . .                                        | 411 |
|         | Контрольные вопросы . . . . .                                      | 414 |
|         | Задачи . . . . .                                                   | 415 |

### ГЛАВА 17. Волновые свойства света . . . . . 416

|          |                                               |     |
|----------|-----------------------------------------------|-----|
| § 17.1.  | Интерференция света . . . . .                 | 416 |
| § 17.2.  | Когерентность . . . . .                       | 420 |
| § 17.3.  | Опыт Юнга. Спектр . . . . .                   | 421 |
| § 17.4*. | Цвета тонких пленок. Кольца Ньютона . . . . . | 423 |
| § 17.5.  | Дифракция света . . . . .                     | 425 |
| § 17.6.  | Дифракционная решетка . . . . .               | 428 |
| § 17.7.  | Дисперсия света . . . . .                     | 430 |
| § 17.8.  | Поглощение света . . . . .                    | 431 |
| § 17.9.  | Поляризация света . . . . .                   | 433 |
| § 17.10. | Оптические пучки и лучи . . . . .             | 436 |
| § 17.11. | Сферическое зеркало . . . . .                 | 439 |

|                                                      |     |
|------------------------------------------------------|-----|
| § 17.12. Линза . . . . .                             | 440 |
| § 17.13. Построение изображений в тонкой линзе . . . | 443 |
| § 17.14. Глаз как оптическая система . . . . .       | 445 |
| § 17.15. Телескоп . . . . .                          | 448 |
| § 17.16. Призма . . . . .                            | 451 |
| § 17.17*. Голография . . . . .                       | 453 |
| Контрольные вопросы . . . . .                        | 456 |
| Задачи . . . . .                                     | 457 |

## Раздел V. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

### ГЛАВА 18. Квантовая оптика . . . . . 458

|                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------|-----|
| § 18.1. Тепловое излучение . . . . .                                     | 458 |
| § 18.2. Законы излучения абсолютно черного тела . .                      | 460 |
| § 18.3. Фотоэлектрический эффект . . . . .                               | 463 |
| § 18.4. Фотоэлементы . . . . .                                           | 466 |
| § 18.5. Люминесценция . . . . .                                          | 468 |
| § 18.6. Основы телевидения . . . . .                                     | 470 |
| § 18.7. Световое давление. Импульс фотона . . . .                        | 472 |
| § 18.8. Эффект Комптона . . . . .                                        | 474 |
| § 18.9. Корпускулярно-волновая двойственность<br>свойств света . . . . . | 476 |
| Контрольные вопросы . . . . .                                            | 478 |
| Задачи . . . . .                                                         | 478 |

### ГЛАВА 19. Физика атома . . . . . 480

|                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| § 19.1. Ядерная модель атома . . . . .                                             | 480 |
| § 19.2. Линейчатые спектры . . . . .                                               | 483 |
| § 19.3. Атом водорода по Бору . . . . .                                            | 486 |
| § 19.4. Корпускулярно-волновая двойственность<br>свойств частиц вещества . . . . . | 489 |
| § 19.5. Понятие о квантовой теории строения атома .                                | 491 |
| § 19.6. Спектральный анализ . . . . .                                              | 493 |
| § 19.7. Спектры звезд . . . . .                                                    | 494 |
| § 19.8. Эффект Доплера . . . . .                                                   | 495 |

|                                                    |            |
|----------------------------------------------------|------------|
| § 19.9. Квантовый генератор . . . . .              | 497        |
| Контрольные вопросы . . . . .                      | 501        |
| Задачи . . . . .                                   | 501        |
| <b>ГЛАВА 20. Физика атомного ядра . . . . .</b>    | <b>503</b> |
| § 20.1. Экспериментальные методы ядерной физики .  | 503        |
| § 20.2. Радиоактивность . . . . .                  | 506        |
| § 20.3. Закон радиоактивного распада . . . . .     | 510        |
| § 20.4. Доза излучения . . . . .                   | 514        |
| § 20.5. Строение ядра . . . . .                    | 516        |
| § 20.6. Энергия связи . . . . .                    | 518        |
| § 20.7. Ядерный реактор . . . . .                  | 521        |
| § 20.8. Элементарные частицы . . . . .             | 525        |
| § 20.9. Фундаментальные взаимодействия . . . . .   | 527        |
| Контрольные вопросы . . . . .                      | 528        |
| Задачи . . . . .                                   | 529        |
| <b>ГЛАВА 21. Термоядерный синтез.</b>              |            |
| <b>Строение и эволюция звезд и Вселенной . .</b>   | <b>530</b> |
| § 21.1. Термоядерные реакции . . . . .             | 530        |
| § 21.2. Солнце — ближайшая звезда . . . . .        | 532        |
| § 21.3. Мир звезд. . . . .                         | 534        |
| § 21.4. Белые карлики, пульсары, черные дыры . . . | 535        |
| § 21.5. Эволюция звезд и Вселенной . . . . .       | 537        |
| § 21.6. Будущее Вселенной . . . . .                | 539        |
| Контрольные вопросы . . . . .                      | 542        |
| Задачи . . . . .                                   | 543        |
| <b>Ответы . . . . .</b>                            | <b>544</b> |
| <b>Краткий предметный указатель . . . . .</b>      | <b>546</b> |
| <b>Содержание . . . . .</b>                        | <b>550</b> |