

Высшее образование

Т. И. ТРОФИМОВА

КУРС ФИЗИКИ

Для студентов
инженерно-технических специальностей
высших учебных заведений

25-е издание, стереотипное



Москва
Издательский центр «Академия»
2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Введение	4
Предмет физики и связь с другими науками	4
Единицы физических величин	5

Часть 1

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИКИ

Глава 1. Элементы кинематики	7
§ 1. Модели в механике. Система отсчета. Траектория, длина пути, вектор перемещения	7
§ 2. Скорость	9
§ 3. Ускорение и его составляющие ..	10
§ 4. Угловая скорость и угловое ускорение	12
Контрольные вопросы	13
Задачи	14
Глава 2. Динамика материальной точки и поступательного движения твердого тела	14
§ 5. Первый закон Ньютона. Масса. Сила	14
§ 6. Второй закон Ньютона	15
§ 7. Третий закон Ньютона	17
§ 8. Силы трения	17
§ 9. Закон сохранения импульса. Центр масс	19
§ 10. Уравнение движения тела переменной массы	21
Контрольные вопросы	22
Задачи	22
Глава 3. Работа и энергия	23
§ 11. Энергия, работа, мощность	23
§ 12. Кинетическая и потенциальная энергии	24
§ 13. Закон сохранения механической энергии	27

§ 14. Графическое представление энергии	29
§ 15. Удар абсолютно упругих и неупругих тел	30
Контрольные вопросы	33
Задачи	34
Глава 4. Механика твердого тела ...	34
§ 16. Момент инерции	34
§ 17. Кинетическая энергия вращения	36
§ 18. Момент силы. Уравнение динамики вращательного движения твердого тела	37
§ 19. Момент импульса и закон его сохранения	38
§ 20. Свободные оси. Гироскоп	40
§ 21. Деформации твердого тела	42
Контрольные вопросы	45
Задачи	45
Глава 5. Тяготение. Элементы теории поля	46
§ 22. Законы Кеплера. Закон всемирного тяготения ...	46
§ 23. Сила тяжести и вес. Невесомость	48
§ 24. Поле тяготения и его напряженность	49
§ 25. Работа в поле тяготения. Потенциал поля тяготения	49
§ 26. Космические скорости	51
§ 27. Неинерциальные системы отсчета. Силы инерции	52
Контрольные вопросы	55
Задачи	56
Глава 6. Элементы механики жидкостей	57
§ 28. Давление жидкости и газа	57
§ 29. Уравнение неразрывности	58

§ 30. Уравнение Бернулли и следствия из него	59	по скоростям и энергиям теплового движения	87
§ 31. Вязкость (внутреннее трение). Ламинарный и турбулентный режимы течения жидкостей	62	§ 45. Барометрическая формула. Распределение Больцмана	90
§ 32. Методы определения вязкости	63	§ 46. Среднее число столкновений и средняя длина свободного пробега молекул	91
§ 33. Движение тел в жидкостях и газах	64	§ 47. Опытное обоснование молекулярно-кинетической теории	92
Контрольные вопросы	66	§ 48. Явления переноса в термодинамически неравновесных системах	94
Задачи	66	§ 49. Вакуум и методы его получения. Свойства ультраразреженных газов	96
Глава 7. Элементы специальной (частной) теории относительности ...	67	Контрольные вопросы	98
§ 34. Преобразования Галилея. Механический принцип относительности	67	Задачи	99
§ 35. Постулаты специальной (частной) теории относительности	68	Глава 9. Основы термодинамики	99
§ 36. Преобразования Лоренца	70	§ 50. Число степеней свободы молекулы. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы молекул ..	99
§ 37. Следствия из преобразований Лоренца	71	§ 51. Первое начало термодинамики	101
§ 38. Интервал между событиями ...	75	§ 52. Работа газа при изменении его объема	102
§ 39. Основной закон релятивистской динамики материальной точки	76	§ 53. Теплоемкость	103
§ 40. Энергия в релятивистской механике	77	§ 54. Применение первого начала термодинамики к изопроцессам	105
Контрольные вопросы	79	§ 55. Адиабатный процесс. Политропный процесс	106
Задачи	79	§ 56. Обратимые и необратимые процессы. Круговой процесс (цикл)	108
Часть 2		§ 57. Энтропия, ее статистическое толкование и связь с термодинамической вероятностью	109
ОСНОВЫ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕРМОДИНАМИКИ		§ 58. Второе начало термодинамики	111
Глава 8. Молекулярно-кинетическая теория идеальных газов	81	§ 59. Тепловые двигатели и холодильные машины. Цикл Карно и его КПД для идеального газа	113
§ 41. Статистический и термодинамический методы. Опытные законы идеального газа	81	Контрольные вопросы	115
§ 42. Уравнение Клапейрона — Менделеева	84	Задачи	116
§ 43. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеальных газов	86		
§ 44. Закон Максвелла о распределении молекул идеального газа			

Глава 10. Реальные газы, жидкости и твердые тела	117
§ 60. Силы и потенциальная энергия межмолекулярного взаимодействия	117
§ 61. Уравнение Ван-дер-Ваальса	119
§ 62. Изотермы Ван-дер-Ваальса и их анализ	120
§ 63. Внутренняя энергия реального газа	122
§ 64. Эффект Джоуля — Томсона	123
§ 65. Сжижение газов	125
§ 66. Свойства жидкостей. Поверхностное натяжение	126
§ 67. Смачивание	128
§ 68. Давление под искривленной поверхностью жидкости	130
§ 69. Капиллярные явления	131
§ 70. Твердые тела. Моно- и поликристаллы	132
§ 71. Типы кристаллических твердых тел	133
§ 72. Дефекты в кристаллах	137
§ 73. Теплоемкость твердых тел	138
§ 74. Испарение, сублимация, плавление и кристаллизация. Аморфные тела	139
§ 75. Фазовые переходы I и II рода	141
§ 76. Диаграмма состояния. Тройная точка	142
Контрольные вопросы	144
Задачи	145

Часть 3 ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

Глава 11. Электростатика	146
§ 77. Закон сохранения электрического заряда	146
§ 78. Закон Кулона	147
§ 79. Электростатическое поле. Напряженность электростатического поля	148
§ 80. Принцип суперпозиции электростатических полей. Поле диполя	150

§ 81. Теорема Гаусса для электростатического поля в вакууме	152
§ 82. Применение теоремы Гаусса к расчету некоторых электростатических полей в вакууме	153
§ 83. Циркуляция вектора напряженности электростатического поля	155
§ 84. Потенциал электростатического поля	156
§ 85. Напряженность как градиент потенциала. Эквипотенциальные поверхности	158
§ 86. Вычисление разности потенциалов по напряженности поля	159
§ 87. Типы диэлектриков. Поляризация диэлектриков	160
§ 88. Поляризованность. Напряженность поля в диэлектрике	162
§ 89. Электрическое смещение. Теорема Гаусса для электростатического поля в диэлектрике	163
§ 90. Условия на границе раздела двух диэлектрических сред	164
§ 91. Сегнетоэлектрики	166
§ 92. Проводники в электростатическом поле	167
§ 93. Емкость уединенного проводника	170
§ 94. Конденсаторы	170
§ 95. Энергия системы зарядов, уединенного проводника и конденсатора. Энергия электростатического поля	173
Контрольные вопросы	175
Задачи	176

Глава 12. Постоянный электрический ток	177
§ 96. Электрический ток, сила и плотность тока	177
§ 97. Сторонние силы. Электродвижущая сила и напряжение	178

§ 98. Закон Ома. Сопротивление проводников	179	§ 115. Движение заряженных частиц в магнитном поле	210
§ 99. Работа и мощность тока. Закон Джоуля — Ленца	181	§ 116. Ускорители заряженных частиц	211
§ 100. Закон Ома для неоднородного участка цепи	182	§ 117. Эффект Холла	213
§ 101. Правила Кирхгофа для разветвленных цепей	183	§ 118. Циркуляция вектора $\vec{B}$ магнитного поля в вакууме ...	214
Контрольные вопросы	185	§ 119. Магнитные поля соленоида и тороида	215
Задачи	186	§ 120. Поток вектора магнитной индукции. Теорема Гаусса для поля $\vec{B}$	217
Глава 13. Электрические токи в металлах, вакууме и газах	186	§ 121. Работа по перемещению проводника и контура с током в магнитном поле	218
§ 102. Элементарная классическая теория электропроводности металлов	186	Контрольные вопросы	219
§ 103. Вывод основных законов электрического тока в классической теории проводимости металлов	188	Задачи	220
§ 104. Работа выхода электронов из металла	191	Глава 15. Электромагнитная индукция	221
§ 105. Эмиссионные явления и их применение	191	§ 122. Явление электромагнитной индукции (опыты Фарадея)	221
§ 106. Ионизация газов. Несамостоятельный газовый разряд	194	§ 123. Закон Фарадея и его вывод из закона сохранения энергии	222
§ 107. Самостоятельный газовый разряд и его типы	196	§ 124. Вращение рамки в магнитном поле	224
§ 108. Плазма и ее свойства	200	§ 125. Вихревые токи (токи Фуко) ..	225
Контрольные вопросы	201	§ 126. Индуктивность контура. Самоиндукция	226
Задачи	202	§ 127. Токи при размыкании и замыкании цепи	227
Глава 14. Магнитное поле	202	§ 128. Взаимная индукция	229
§ 109. Магнитное поле и его характеристики	202	§ 129. Трансформаторы	230
§ 110. Закон Био — Савара — Лапласа и его применение к расчету магнитного поля	205	§ 130. Энергия магнитного поля ...	231
§ 111. Закон Ампера. Взаимодействие параллельных токов	207	Контрольные вопросы	233
§ 112. Магнитная постоянная. Единицы магнитной индукции и напряженности магнитного поля	208	Задачи	234
§ 113. Магнитное поле движущегося заряда	208	Глава 16. Магнитные свойства вещества	234
§ 114. Действие магнитного поля на движущийся заряд	209	§ 131. Магнитные моменты электронов и атомов	234
		§ 132. Диа- и парамагнетизм	236
		§ 133. Намагниченность. Магнитное поле в веществе	238
		§ 134. Условия на границе раздела двух магнетиков	240
		§ 135. Ферромагнетики и их свойства	241

§ 136. Природа ферромагнетизма ..	243
Контрольные вопросы	245
Задачи	245
Глава 17. Основы теории Максвелла для электромагнитного поля	246
§ 137. Вихревое электрическое поле	246
§ 138. Ток смещения	247
§ 139. Уравнения Максвелла для электромагнитного поля	249
Контрольные вопросы	252

Часть 4

КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

Глава 18. Механические и электромагнитные колебания	253
§ 140. Гармонические колебания и их характеристики	253
§ 141. Механические гармонические колебания	255
§ 142. Гармонический осциллятор. Пружинный, физический и математический маятники ..	256
§ 143. Свободные гармонические колебания в колебательном контуре	258
§ 144. Сложение гармонических колебаний одного направления и одинаковой частоты. Биения	261
§ 145. Сложение взаимно перпендикулярных колебаний	262
§ 146. Дифференциальное уравнение свободных затухающих колебаний (механических и электромагнитных) и его решение. Автоколебания	264
§ 147. Дифференциальное уравнение вынужденных колебаний (механических и электромагнитных) и его решение	268
§ 148. Амплитуда и фаза вынужденных колебаний	

(механических и электромагнитных).	
Резонанс	271
§ 149. Переменный ток	273
§ 150. Резонанс напряжений	276
§ 151. Резонанс токов	277
§ 152. Мощность, выделяемая в цепи переменного тока	278
Контрольные вопросы	279
Задачи	280
Глава 19. Упругие волны	281
§ 153. Волновые процессы. Продольные и поперечные волны	281
§ 154. Уравнение бегущей волны. Фазовая скорость. Волновое уравнение	283
§ 155. Принцип суперпозиции. Групповая скорость	285
§ 156. Интерференция волн	286
§ 157. Стоячие волны	287
§ 158. Звуковые волны	289
§ 159. Эффект Доплера в акустике	291
§ 160. Ультразвук и его применение	292
Контрольные вопросы	293
Задачи	294

Глава 20. Электромагнитные волны	294
§ 161. Экспериментальное получение электромагнитных волн	294
§ 162. Дифференциальное уравнение электромагнитной волны	297
§ 163. Энергия и импульс электромагнитной волны	298
§ 164. Излучение диполя. Применение электромагнитных волн	299
Контрольные вопросы	301
Задачи	301

Часть 5

ОПТИКА. КВАНТОВАЯ ПРИРОДА ИЗЛУЧЕНИЯ

Глава 21. Элементы геометрической и электронной оптики	302
§ 165. Основные законы оптики. Полное отражение	302

§ 166. Тонкие линзы. Изображения предметов с помощью линз	304	§ 184. Понятие о голографии	345
§ 167. Аберрации (погрешности) оптических систем	308	Контрольные вопросы	347
§ 168. Основные фотометрические величины и их единицы	310	Задачи	348
§ 169. Элементы электронной оптики	311	Глава 24. Взаимодействие электромагнитных волн с веществом	349
Контрольные вопросы	314	§ 185. Дисперсия света	349
Задачи	314	§ 186. Электронная теория дисперсии света	350
Глава 22. Интерференция света ...	315	§ 187. Поглощение (абсорбция) света	352
§ 170. Развитие представлений о природе света	315	§ 188. Эффект Доплера	354
§ 171. Когерентность и монохроматичность световых волн	318	§ 189. Излучение Черенкова — Вавилова	355
§ 172. Интерференция света	320	Контрольные вопросы	356
§ 173. Методы наблюдения интерференции света	321	Задачи	356
§ 174. Интерференция света в тонких пленках	324	Глава 25. Поляризация света	357
§ 175. Применение интерференции света	327	§ 190. Естественный и поляризованный свет	357
Контрольные вопросы	330	§ 191. Поляризация света при отражении и преломлении на границе двух диэлектриков	359
Задачи	331	§ 192. Двойное лучепреломление	360
Глава 23. Дифракция света	331	§ 193. Поляризационные призмы и поляроиды	363
§ 176. Принцип Гюйгенса — Френеля	331	§ 194. Анализ поляризованного света	364
§ 177. Метод зон Френеля. Прямолинейное распространение света	333	§ 195. Искусственная оптическая анизотропия	366
§ 178. Дифракция Френеля на круглом отверстии и диске	335	§ 196. Вращение плоскости поляризации	367
§ 179. Дифракция Фраунгофера на одной щели	337	Контрольные вопросы	368
§ 180. Дифракция Фраунгофера на дифракционной решетке	339	Задачи	369
§ 181. Пространственная решетка. Рассеяние света	341	Глава 26. Квантовая природа излучения	369
§ 182. Дифракция на пространственной решетке. Формула Вульфа — Брэггов	342	§ 197. Тепловое излучение и его характеристики	369
§ 183. Разрешающая способность оптических приборов	343	§ 198. Закон Кирхгофа	371
		§ 199. Законы Стефана — Больцмана и смещения Вина	372
		§ 200. Формулы Рэлея — Джинса и Планка	373
		§ 201. Оптическая пирометрия. Тепловые источники света ...	376

§ 202. Виды фотоэлектрического эффекта. Законы внешнего фотоэффекта	378
§ 203. Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта. Экспериментальное подтверждение квантовых свойств света	380
§ 204. Применение фотоэффекта ...	383
§ 205. Энергия и импульс фотона. Давление света	384
§ 206. Эффект Комптона и его элементарная теория	385
§ 207. Единство корпускулярных и волновых свойств электромагнитного излучения	387
Контрольные вопросы	388
Задачи	389

Часть 6 ЭЛЕМЕНТЫ КВАНТОВОЙ ФИЗИКИ АТОМОВ, МОЛЕКУЛ И ТВЕРДЫХ ТЕЛ

Глава 27. Теория атома водорода по Бору	390
§ 208. Модели атома Томсона и Резерфорда	390
§ 209. Линейчатый спектр атома водорода	392
§ 210. Постулаты Бора	393
§ 211. Опыты Франка и Герца	393
§ 212. Спектр атома водорода по Бору	395
Контрольные вопросы	397
Задачи	397

Глава 28. Элементы квантовой механики	398
§ 213. Корпускулярно-волновой дуализм свойств вещества ...	398
§ 214. Некоторые свойства волн де Бройля	400
§ 215. Соотношение неопределенностей	400
§ 216. Волновая функция и ее статистический смысл ..	403

§ 217. Общее уравнение Шредингера. Уравнение Шредингера для стационарных состояний	406
§ 218. Принцип причинности в квантовой механике	408
§ 219. Движение свободной частицы	409
§ 220. Частица в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» с бесконечно высокими «стенками»	409
§ 221. Прохождение частицы сквозь потенциальный барьер. Туннельный эффект	412
§ 222. Линейный гармонический осциллятор в квантовой механике	415
Контрольные вопросы	417
Задачи	417

Глава 29. Элементы современной физики атомов и молекул	418
§ 223. Атом водорода в квантовой механике	418
§ 224. 1s-Состояние электрона в атоме водорода	422
§ 225. Спин электрона. Спиновое квантовое число	423
§ 226. Принцип неразличимости тождественных частиц. Фермионы и бозоны	424
§ 227. Принцип Паули. Распределение электронов в атоме по состояниям	425
§ 228. Периодическая система элементов Менделеева	426
§ 229. Рентгеновские спектры	429
§ 230. Молекулы: химические связи, понятие об энергетических уровнях ...	431
§ 231. Молекулярные спектры. Комбинационное рассеяние света	433
§ 232. Поглощение. Спонтанное и вынужденное излучения	434

§ 233. Оптические квантовые генераторы (лазеры)	436
Контрольные вопросы	439
Задачи	440

Глава 30. Элементы квантовой

статистики

§ 234. Квантовая статистика. Фазовое пространство. Функция распределения	441
§ 235. Понятие о квантовой статистике Бозе—Эйнштейна и Ферми—Дирака	442
§ 236. Вырожденный электронный газ в металлах	444
§ 237. Понятие о квантовой теории теплоемкости. Фононы	445
§ 238. Выводы квантовой теории электропроводности металлов	447
§ 239. Сверхпроводимость. Понятие об эффекте Джозефсона	448
Контрольные вопросы	450
Задачи	450

Глава 31. Элементы физики

твердого тела

§ 240. Понятие о зонной теории твердых тел	450
§ 241. Металлы, диэлектрики и полупроводники по зонной теории	452
§ 242. Собственная проводимость полупроводников	454
§ 243. Примесная проводимость полупроводников	457
§ 244. Фотопроводимость полупроводников	459
§ 245. Люминесценция твердых тел	461
§ 246. Контакт двух металлов по зонной теории	463
§ 247. Термоэлектрические явления и их применение	465
§ 248. Выпрямление на контакте металл—полупроводник	467
§ 249. Контакт электронного и дырочного полупроводников (p - n -переход)	469

§ 250. Полупроводниковые диоды и триоды (транзисторы)	472
Контрольные вопросы	474
Задачи	475

Часть 7

ЭЛЕМЕНТЫ ФИЗИКИ

АТОМНОГО ЯДРА

И ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

Глава 32. Элементы физики

атомного ядра

§ 251. Размер, состав и заряд атомного ядра. Массовое и зарядовое числа	476
§ 252. Дефект массы и энергия связи ядра	477
§ 253. Спин ядра и его магнитный момент	478
§ 254. Ядерные силы. Модели ядра	480
§ 255. Радиоактивное излучение и его виды	481
§ 256. Закон радиоактивного распада. Правила смещения	483
§ 257. Закономерности α -распада	484
§ 258. β -Распад. Нейтрино	486
§ 259. Гамма-излучение и его свойства	488
§ 260. Резонансное поглощение γ -излучения (эффект Мёссбауэра)	490
§ 261. Методы наблюдения и регистрации радиоактивных излучений и частиц	492
§ 262. Ядерные реакции и их основные типы	496
§ 263. Позитрон. β^+ -Распад. Электронный захват	498
§ 264. Открытие нейтрона. Ядерные реакции под действием нейтронов	500
§ 265. Реакция деления ядра	502
§ 266. Цепная реакция деления	503
§ 267. Понятие о ядерной энергетике	505

§ 268. Реакция синтеза атомных ядер. Проблема управляемых термоядерных реакций	507	§ 273. Частицы и античастицы	516
Контрольные вопросы	509	§ 274. Гипероны. Странность и четность элементарных частиц	518
Задачи	510	§ 275. Классификация элементарных частиц. Кварки	520
Глава 33. Элементы физики элементарных частиц	510	Контрольные вопросы	524
§ 269. Космическое излучение	510	Задачи	525
§ 270. Мюоны и их свойства	512	Основные законы и формулы	526
§ 271. Мезоны и их свойства	513	Предметный указатель	537
§ 272. Типы взаимодействий элементарных частиц	514		