

## Классический курс

Г. Я. Мякишев  
Б. Б. Буховцев  
В. М. Чаругин

# физика

**11 класс**

*Базовый и углублённый уровни*

**Учебник**

Под редакцией **Н. А. Парфентьевой**

Допущено  
Министерством просвещения  
Российской Федерации

13-е издание, стереотипное

Москва  
«Просвещение»  
2025

УДК 373.167:53+53(075.3)  
ББК 22.3я721  
М99

*Серия «Классический курс» основана в 2007 году*

Разделы «Основы электродинамики», «Колебания и волны», «Оптика» и «Квантовая физика» написаны **Б. Б. Буховцевым** и **Г. Я. Мякишевым**.  
Раздел «Астрономия» написан **В. М. Чаругиным**.

На учебник получены **положительные** заключения **научной** (заключение РАО № 953 от 18.11.2016 г.), **педагогической** (заключение РАО № 724 от 21.11.2016 г.) и **общественной** (заключение РКС № 439-ОЭ от 19.12.2016 г.) экспертиз.

Издание выходит в pdf-формате.

**Мякишев, Геннадий Яковлевич.**

**М99** Физика : 11-й класс : базовый и углублённый уровни : учебник : издание в pdf-формате / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, В. М. Чаругин ; под ред. Н. А. Парфентьевой. — 13-е изд., стер. — Москва : Просвещение, 2025. — 432 с. : [4] л. ил. — (Классический курс).

ISBN 978-5-09-127063-1 (электр. изд.). — Текст : электронный.  
ISBN 978-5-09-120193-2 (печ. изд.).

Материал учебника, завершающего предметную линию «Классический курс», даёт представление о современной физике: теории относительности, квантовой теории, физике атомного ядра и элементарных частиц, строении Вселенной.

Учебный материал содержит информацию, расширяющую кругозор учащегося; темы докладов на семинарах, интернет-конференциях; ключевые слова, несущие главную смысловую нагрузку по изложенной теме; образцы заданий ЕГЭ.

УДК 373.167:53+53(075.3)  
ББК 22.3я721

ISBN 978-5-09-127063-1 (электр. изд.)  
ISBN 978-5-09-120193-2 (печ. изд.)

© АО «Издательство «Просвещение»,  
2014, 2019  
© Художественное оформление.  
АО «Издательство «Просвещение»,  
2014, 2019  
Все права защищены

## ОГЛАВЛЕНИЕ

### ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ (Продолжение)

<b>Глава 1. Магнитное поле</b> .....	<b>5</b>
§ 1. Магнитное поле. Индукция магнитного поля .....	—
§ 2. Сила Ампера .....	11
§ 3.* Примеры решения задач по теме «Сила Ампера» .....	17
§ 4. Действие магнитного поля на движущуюся заряженную частицу. Сила Лоренца .....	20
§ 5.* Примеры решения задач по теме «Сила Лоренца» .....	24
§ 6. Магнитные свойства вещества .....	27
<b>Глава 2. Электромагнитная индукция</b> .....	<b>31</b>
§ 7. Электромагнитная индукция. Магнитный поток .....	—
§ 8. Правило Ленца. Закон электромагнитной индукции .....	35
§ 9.* ЭДС индукции в движущихся проводниках .....	40
§ 10.* Примеры решения задач по теме «Закон электромагнитной индукции» .....	43
§ 11. Явление самоиндукции. Индуктивность. Энергия магнитного поля .....	47
§ 12.* Примеры решения задач по теме «Самоиндукция. Энергия магнитного поля» .....	50

### КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

<b>Глава 3. Механические колебания</b> .....	<b>53</b>
§ 13. Свободные колебания .....	—
§ 14. Гармонические колебания .....	59
§ 15.* Примеры решения задач по теме «Гармонические колебания» .....	66
§ 16. Затухающие и вынужденные колебания. Резонанс .....	69
<b>Глава 4. Электромагнитные колебания</b> .....	<b>74</b>
§ 17. Свободные электромагнитные колебания .....	—
§ 18.* Аналогия между механическими и электромагнитными колебаниями .....	77
§ 19. Гармонические электромагнитные колебания в колебательном контуре. Формула Томсона .....	80
§ 20.* Примеры решения задач по теме «Гармонические электромагнитные колебания» .....	83
§ 21. Переменный электрический ток. Резистор в цепи переменного тока .....	86
§ 22.* Конденсатор и катушка индуктивности в цепи переменного тока .....	91
§ 23. Резонанс в электрической цепи .....	96
§ 24.* Примеры решения задач по теме «Переменный электрический ток» .....	98
§ 25.* Автоколебания .....	101

§ 26.*	Генератор переменного тока. Трансформатор .....	105
§ 27.*	Производство, передача и потребление электрической энергии .....	109
§ 28.*	Примеры решения задач по теме «Трансформатор. Передача электроэнергии» .....	113
<b>Глава 5.</b>	<b>Механические волны .....</b>	<b>116</b>
§ 29.	Волновые явления. Характеристики волны .....	—
§ 30.*	Распространение волн в упругих средах. Уравнение гармонической бегущей волны .....	122
§ 31.	Звуковые волны .....	125
§ 32.*	Примеры решения задач по теме «Механические волны» .....	128
§ 33.	Интерференция, дифракция и поляризация механических волн .....	131
§ 34.*	Примеры решения задач по теме «Интерференция и дифракция механических волн» .....	138
<b>Глава 6.</b>	<b>Электромагнитные волны .....</b>	<b>140</b>
§ 35.	Электромагнитное поле. Электромагнитная волна .....	—
§ 36.*	Экспериментальное обнаружение электромагнитных волн. Плотность потока электромагнитного излучения .....	146
§ 37.*	Изобретение радио А. С. Поповым. Принципы радиосвязи .....	151
§ 38.*	Модуляция и детектирование .....	155
§ 39.	Свойства электромагнитных волн .....	157
§ 40.*	Распространение радиоволн. Радиолокация .....	160
§ 41.*	Понятие о телевидении .....	163
§ 42.	Развитие средств связи .....	166
§ 43.*	Примеры решения задач по теме «Электромагнитные волны» .....	168

## ОПТИКА

<b>Глава 7.</b>	<b>Световые волны .....</b>	<b>172</b>
§ 44.	Скорость света .....	—
§ 45.	Принцип Гюйгенса. Закон отражения света .....	174
§ 46.*	Примеры решения задач по теме «Закон прямолинейного распространения света. Законы отражения света» .....	176
§ 47.	Законы преломления света .....	179
§ 48.	Полное отражение света .....	183
§ 49.*	Примеры решения задач по теме «Закон преломления света. Полное отражение света» .....	187
§ 50.	Линзы. Построение изображений в линзе .....	191
§ 51.	Формула тонкой линзы. Увеличение линзы .....	197
§ 52.*	Примеры решения задач по теме «Линзы» .....	199
§ 53.	Дисперсия света .....	203
§ 54.	Интерференция света .....	206
§ 55.*	Некоторые области применения интерференции .....	211

§ 56.	Дифракция света .....	213
§ 57.*	Границы применимости геометрической оптики .....	216
§ 58.	Дифракционная решётка .....	218
§ 59.*	Примеры решения задач по теме «Интерференция и дифракция света» .....	221
§ 60.	Поперечность световых волн. Поляризация света .....	225
<b>Глава 8.</b>	<b>Элементы теории относительности .....</b>	<b>229</b>
§ 61.*	Законы электродинамики и принцип относительности .....	—
§ 62.	Постулаты теории относительности .....	232
§ 63.	Основные следствия из постулатов теории относительности .....	236
§ 64.	Элементы релятивистской динамики .....	239
§ 65.*	Примеры решения задач по теме «Элементы специальной теории относительности» .....	242
<b>Глава 9.</b>	<b>Излучение и спектры .....</b>	<b>246</b>
§ 66.	Виды излучений. Источники света .....	—
§ 67.*	Спектры и спектральный анализ .....	249
§ 68.	Шкала электромагнитных волн .....	254

## КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

<b>Глава 10.</b>	<b>Световые кванты .....</b>	<b>260</b>
§ 69.	Фотоэффект .....	—
§ 70.*	Применение фотоэффекта .....	266
§ 71.	Фотоны. Корпускулярно-волновой дуализм .....	268
§ 72.*	Давление света. Химическое действие света .....	272
§ 73.*	Примеры решения задач по теме «Световые кванты. Фотоэффект» .....	275
<b>Глава 11.</b>	<b>Атомная физика .....</b>	<b>279</b>
§ 74.	Строение атома. Опыты Резерфорда .....	—
§ 75.	Квантовые постулаты Бора. Модель атома водорода по Бору .....	284
§ 76.*	Лазеры .....	289
§ 77.*	Примеры решения задач по теме «Атомная физика» .....	294
<b>Глава 12.</b>	<b>Физика атомного ядра .....</b>	<b>299</b>
§ 78.	Строение атомного ядра. Ядерные силы .....	—
§ 79.*	Обменная модель ядерного взаимодействия .....	303
§ 80.	Энергия связи атомных ядер .....	305
§ 81.*	Примеры решения задач по теме «Энергия связи атомных ядер» .....	308
§ 82.	Радиоактивность .....	310
§ 83.*	Виды радиоактивного излучения .....	313
§ 84.	Закон радиоактивного распада. Период полураспада .....	318
§ 85.*	Примеры решения задач по теме «Закон радиоактивного распада» .....	321

§ 86.* Методы наблюдения и регистрации элементарных частиц .....	323
§ 87. Искусственная радиоактивность. Ядерные реакции .....	327
§ 88. Деление ядер урана. Цепная реакция деления .....	332
§ 89.* Ядерный реактор .....	337
§ 90. Термоядерные реакции .....	340
§ 91.* Примеры решения задач по теме «Ядерные реакции» ....	342
§ 92. Применение ядерной энергии .....	344
§ 93.* Изотопы. Получение и применение радиоактивных изотопов .....	346
§ 94.* Биологическое действие радиоактивных излучений .....	350
<b>Глава 13. Элементарные частицы .....</b>	<b>353</b>
§ 95. Три этапа в развитии физики элементарных частиц .....	—
§ 96. Открытие позитрона. Античастицы .....	357
§ 97.* Лептоны .....	359
§ 98.* Адроны. Кварки .....	361
<b>АСТРОНОМИЯ</b>	
<b>Глава 14. Солнечная система .....</b>	<b>365</b>
§ 99.* Видимые движения небесных тел. Законы Кеплера .....	—
§ 100. Система Земля—Луна .....	371
§ 101. Физическая природа планет и малых тел Солнечной системы .....	374
<b>Глава 15. Солнце и звёзды .....</b>	<b>379</b>
§ 102. Солнце .....	—
§ 103. Основные характеристики звёзд .....	384
§ 104.* Внутреннее строение Солнца и звёзд .....	388
§ 105. Эволюция звёзд: рождение, жизнь и смерть звёзд .....	392
<b>Глава 16. Строение Вселенной .....</b>	<b>394</b>
§ 106. Млечный Путь — наша Галактика .....	—
§ 107. Галактики .....	397
§ 108.* Строение и эволюция Вселенной .....	402
§ 109.* Примеры решения задач по теме «Астрономия» .....	406
<b>Заключение .....</b>	<b>408</b>
Единая физическая картина мира .....	—
Лабораторные работы .....	413
Ответы к задачам для самостоятельного решения .....	422
Ответы к образцам заданий ЕГЭ .....	424
Предметно-именной указатель .....	426