

УДК 373.167.1:53+53(075.3)  
ББК 22.3я72  
Ф50

**Авторский коллектив:**

Г. Я. Мякишев, М. А. Петрова, О. С. Угольников, С. В. Пилипенко,  
В. В. Кудрявцев, С. В. Степанов, В. Ф. Комиссаров, А. А. Заболотский

Учебник допущен к использованию при реализации имеющих государственную аккредитацию образовательных программ начального общего, основного общего, среднего общего образования организациями, осуществляющими образовательную деятельность, в соответствии с Приказом Министерства просвещения Российской Федерации № 254 от 20.05.2020 (в редакции приказа № 766 от 23.12.2020).

Издание выходит в pdf-формате.

**Физика : 11-й класс : учебник : базовый уровень : издание в pdf-Ф50 формате / Г. Я. Мякишев, М. А. Петрова, О. С. Угольников [и др.]. — 4-е изд., стер. — Москва : Просвещение, 2022. — 476, [4] с. : ил.**

ISBN 978-5-09-101634-5 (электр. изд.). — Текст : электронный.  
ISBN 978-5-09-087865-4 (печ. изд.).

Учебник предназначен для учащихся 11 классов, изучающих физику на базовом уровне, создан с учётом современных научных представлений и включает следующие разделы: «Электродинамика (продолжение)», «Колебания и волны», «Квантовая физика и астрофизика».

Методический аппарат учебника составляют вопросы, система заданий, включающих вычислительные и графические задачи, вопросы для обсуждения, содержащие качественные задачи, задания для экспериментальной проектной деятельности, темы рефератов и проектов, описания лабораторных работ.

Большое количество красочных иллюстраций, графиков и схем, разнообразные вопросы и задания, а также дополнительные сведения и любопытные факты способствуют эффективному усвоению учебного материала.

Учебник соответствует Федеральному государственному образовательному стандарту среднего общего образования.

УДК 373.167.1:53+53(075.3)  
ББК 22.3я72

ISBN 978-5-09-101634-5 (электр. изд.)  
ISBN 978-5-09-087865-4 (печ. изд.)

© АО «Издательство «Просвещение», 2021  
© Художественное оформление.  
АО «Издательство «Просвещение», 2021  
Все права защищены

## ОГЛАВЛЕНИЕ

### ЭЛЕКТРОДИНАМИКА (ПРОДОЛЖЕНИЕ)

#### ГЛАВА 1. ПОСТОЯННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК

§ 1.	Условия существования электрического тока. Электрический ток в проводниках .....	4
§ 2.	Закон Ома для участка цепи. Зависимость сопротивления от температуры .....	11
§ 3.	<b>Сверхпроводимость</b> .....	17
§ 4.	Соединение проводников .....	20
§ 5.	Работа и мощность электрического тока. Закон Джоуля—Ленца .....	26
	ЭТО ЛЮБОПЫТНО... Из истории развития физики и техники .....	31
§ 6.	Измерение силы тока, напряжения и сопротивления в электрической цепи .....	32
§ 7.	Электродвижущая сила. Источники тока .....	37
	ЭТО ЛЮБОПЫТНО... Из истории развития физики и техники .....	42
§ 8.	Закон Ома для полной цепи .....	43
	ЗАДАНИЯ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ И ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ...	50

#### ГЛАВА 2. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В СРЕДАХ

§ 9.	Экспериментальные обоснования электронной проводимости металлов .....	51
§ 10.	Электрический ток в растворах и расплавах электролитов. Законы электролиза .....	54
§ 11.	Электрический ток в газах .....	61
§ 12.	<b>Различные типы самостоятельного разряда. Плазма</b> .....	67

<b>§ 13.</b>	Электрический ток в вакууме . . . . .	72
	ЭТО ЛЮБОПЫТНО...	
	Из истории развития физики и техники . . . . .	78
<b>§ 14.</b>	Электрический ток в полупроводниках . . . . .	79
	ЭТО ЛЮБОПЫТНО...	
	На переднем крае науки . . . . .	84
	ЗАДАНИЯ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ И ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ . . .	86

### ГЛАВА 3. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

<b>§ 15.</b>	Магнитные взаимодействия.	
	Магнитное поле токов . . . . .	87
<b>§ 16.</b>	Индукция магнитного поля . . . . .	91
<b>§ 17.</b>	Линии магнитной индукции . . . . .	96
<b>§ 18.</b>	Действие магнитного поля на проводник с током.	
	Закон Ампера . . . . .	99
<b>§ 19.</b>	Движение заряженных частиц в магнитном поле.	
	Сила Лоренца . . . . .	108
<b>§ 20.</b>	Магнитные свойства вещества . . . . .	114
	ЭТО ЛЮБОПЫТНО...	
	Интересные факты. . . . .	119
	ЗАДАНИЯ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ И ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ . . .	120

### ГЛАВА 4. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ

<b>§ 21.</b>	Опыты Фарадея. Магнитный поток . . . . .	121
<b>§ 22.</b>	Закон электромагнитной индукции.	
	Вихревое электрическое поле . . . . .	127
<b>§ 23.</b>	Самоиндукция. Индуктивность.	
	Энергия магнитного поля тока . . . . .	134
	ЭТО ЛЮБОПЫТНО...	
	Интересные факты . . . . .	139
	ЗАДАНИЯ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ И ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ . . .	140

## КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

### ГЛАВА 5. МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

<b>§ 24.</b>	Условия возникновения механических колебаний.	
	Две модели колебательных систем . . . . .	142
<b>§ 25.</b>	Кинематика колебательного движения.	
	Гармонические колебания . . . . .	146
<b>§ 26.</b>	Динамика колебательного движения . . . . .	152
<b>§ 27.</b>	Превращение энергии при гармонических колебаниях.	
	Затухающие колебания . . . . .	157

ЭТО ЛЮБОПЫТНО...	
Из истории развития физики и техники	162
<b>§ 28.</b> Вынужденные колебания. Резонанс	163
<b>§ 29.</b> Механические волны	169
<b>§ 30.</b> Волны в среде. Звук	174
ЭТО ЛЮБОПЫТНО...	
Интересные факты.	179
ЗАДАНИЯ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ И ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	180

## ГЛАВА 6. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

<b>§ 31.</b> Свободные электромагнитные колебания. Колебательный контур	181
<b>§ 32.</b> Процессы при гармонических колебаниях в колебательном контуре	187
<b>§ 33.</b> Вынужденные электромагнитные колебания. Переменный ток	192
<b>§ 34.</b> Резистор в цепи переменного тока. Действующие значения силы тока и напряжения	196
<b>§ 35.</b> Конденсатор и катушка индуктивности в цепи переменного тока	199
<b>§ 36.</b> Закон Ома для цепи переменного тока. Резонанс в электрической цепи	204
<b>§ 37.</b> Трансформатор	208
ЭТО ЛЮБОПЫТНО...	
Из истории развития физики и техники	213
<b>§ 38.</b> Производство, передача и использование электрической энергии	214
<b>§ 39.</b> Электромагнитные волны	220
<b>§ 40.</b> Принципы радиосвязи и телевидения	226
ЗАДАНИЯ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ И ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	232

## ГЛАВА 7. ЗАКОНЫ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИКИ

<b>§ 41.</b> Закон прямолинейного распространения света. Закон отражения света	233
ЭТО ЛЮБОПЫТНО...	
Из истории развития физики и техники.	240
<b>§ 42.</b> Закон преломления света	241
ЭТО ЛЮБОПЫТНО...	
Интересные факты.	246
<b>§ 43.</b> Явление полного внутреннего отражения	249
<b>§ 44.</b> Линзы. Формула тонкой линзы	252
<b>§ 45.</b> Построение изображений в тонких линзах	259

§ 46.	Глаз как оптическая система . . . . .	266
	ЭТО ЛЮБОПЫТНО...	
	Из истории развития физики и техники. . . . .	269
§ 47.	<b>Оптические приборы</b> . . . . .	270
	ЗАДАНИЯ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ И ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ . . .	276

## ГЛАВА 8. ВОЛНОВАЯ ОПТИКА

§ 48.	Измерение скорости света. Дисперсия света . . . . .	277
§ 49.	Принцип Гюйгенса . . . . .	281
§ 50.	Интерференция волн . . . . .	284
§ 51.	Интерференция света . . . . .	288
§ 52.	Дифракция света . . . . .	294
	ЭТО ЛЮБОПЫТНО...	
	Из истории развития физики и техники. . . . .	298
§ 53.	<b>Дифракционная решётка</b> . . . . .	299
§ 54.	<b>Поляризация световых волн</b> . . . . .	304
	ЭТО ЛЮБОПЫТНО...	
	Из истории развития физики и техники. . . . .	307
	ЗАДАНИЯ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ И ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ . . .	308

## ГЛАВА 9. ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

§ 55.	Законы электродинамики и принцип относительности . . . . .	309
§ 56.	Постулаты специальной теории относительности . . . . .	313
	ЭТО ЛЮБОПЫТНО...	
	Интересные факты. . . . .	319
§ 57.	Масса, импульс и энергия в специальной теории относительности . . . . .	319

## КВАНТОВАЯ ФИЗИКА. АСТРОФИЗИКА

### ГЛАВА 10. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА. СТРОЕНИЕ АТОМА

§ 58.	Равновесное тепловое излучение . . . . .	324
§ 59.	Законы фотоэффекта . . . . .	327
	ЭТО ЛЮБОПЫТНО...	
	Интересные факты. . . . .	334
§ 60.	Давление света. Корпускулярно-волновой дуализм . . . . .	335
	ЭТО ЛЮБОПЫТНО...	
	Из истории развития физики и техники. . . . .	340
§ 61.	Планетарная модель атома . . . . .	341
§ 62.	Постулаты Бора. Модель атома водорода по Бору . . . . .	345
§ 63.	<b>Лазеры</b> . . . . .	352
	ЗАДАНИЯ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ И ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ . . .	357

## ГЛАВА 11. ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА. ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ

§ 64.	Методы регистрации заряженных частиц .....	358
§ 65.	Естественная радиоактивность .....	362
§ 66.	Радиоактивные превращения. Закон радиоактивного распада. Изотопы .....	365
	ЭТО ЛЮБОПЫТНО...	
	Интересные факты. ....	370
§ 67.	Искусственное превращение атомных ядер. Протонно-нейтронная модель атомного ядра .....	370
	ЭТО ЛЮБОПЫТНО...	
	Интересные факты. ....	374
§ 68.	Ядерные силы. Энергия связи атомных ядер .....	375
§ 69.	Цепные ядерные реакции. Ядерный реактор .....	379
	ЭТО ЛЮБОПЫТНО...	
	Из истории развития физики и техники. ....	384
§ 70.	Биологическое действие радиоактивных излучений .....	385
§ 71.	Термоядерные реакции. Термоядерный синтез .....	388
§ 72.	Элементарные частицы. Фундаментальные взаимодействия .....	391
	ЭТО ЛЮБОПЫТНО...	
	На переднем крае науки .....	395

## ГЛАВА 12. ЭЛЕМЕНТЫ АСТРОФИЗИКИ

§ 73.	Солнечная система .....	397
§ 74.	Солнце .....	407
§ 75.	Звёзды .....	411
§ 76.	Наша Галактика .....	421
§ 77.	Другие галактики .....	426
§ 78.	Пространственно-временные масштабы наблюдаемой Вселенной .....	431
§ 79.	Представления об эволюции Вселенной .....	436
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	446
	ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ .....	448
	ОТВЕТЫ К УПРАЖНЕНИЯМ .....	470