

# ФИЗИКА

**11 класс**

УГЛУБЛЁННЫЙ УРОВЕНЬ

**Учебник**

*Под редакцией А. А. Пинского,  
О. Ф. Кабардина*

Допущено  
Министерством просвещения  
Российской Федерации

*8-е издание, стереотипное*

Москва  
«Просвещение»  
2022

УДК 373.167.1:53+53(075.3)  
ББК 22.3я721.6  
Ф50

**Авторы:** О. Ф. Кабардин, А. Т. Глазунов, В. А. Орлов,  
А. А. Пинский, А. Н. Малинин

В научном редактировании активное участие приняли:  
д-р пед. наук, канд. физ.-мат. наук М. Ю. Королев,  
д-р пед. наук Е. Б. Петрова

На учебник получены **положительные** заключения  
**научной** (заключение РАО № 955 от 18.11.2016 г.),  
**педагогической** (заключение РАО № 726 от 21.11.2016 г.)  
и **общественной** (заключение РКС № 441-ОЭ от 19.12.2016 г.)  
экспертиз.

Издание выходит в pdf-формате.

**Физика** : 11-й класс : углублённый уровень : учебник : изда-  
ние в pdf-формате / О. Ф. Кабардин, А. Т. Глазунов, В. А. Орлов  
[и др.] ; под ред. А. А. Пинского, О. Ф. Кабардина. — 8-е изд.,  
стер. — Москва : Просвещение, 2022. — 415, [1] с. : ил.

ISBN 978-5-09-101638-3 (электр. изд.). — Текст : электронный.  
ISBN 978-5-09-088064-0 (печ. изд.).

В учебнике, завершающем предметную линию учебно-методических комплектов по физике для учащихся 10—11 классов, рассмотрены теория электромагнитных колебаний и волн, вопросы квантовой физики, а также строения и эволюции Вселенной.

Учебный материал содержит задания, позволяющие обеспечить достижение личностных, метапредметных и предметных результатов образования.

Учебник подготовлен в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта среднего (полного) общего образования и реализует углублённый уровень образования учащихся 11 классов.

УДК 373.167.1:53+53(075.3)  
ББК 22.3я721.6

ISBN 978-5-09-101638-3 (электр. изд.) © АО «Издательство «Просвещение», 2014, 2019  
ISBN 978-5-09-088064-0 (печ. изд.) © Художественное оформление.  
АО «Издательство «Просвещение», 2014, 2019  
Все права защищены

## ОГЛАВЛЕНИЕ

### Раздел I. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

#### Глава 1. Электромагнитные колебания и физические основы электротехники . . . . .

§ 1.	Гармонические колебания . . . . .	4
§ 2.	Сложение колебаний . . . . .	8
§ 3*.	Негармонические колебания . . . . .	11
§ 4.	Свободные электромагнитные колебания . . . . .	14
§ 5.	Собственная частота электромагнитных колебаний в контуре . . .	19
§ 6*.	Автоколебательный генератор незатухающих электромагнитных колебаний . . . . .	23
§ 7.	Вынужденные электромагнитные колебания. Переменный ток . . .	25
§ 8.	Активное сопротивление . . . . .	27
§ 9.	Индуктивное и ёмкостное сопротивления . . . . .	29
§ 10.	Закон Ома для электрической цепи переменного тока . . . . .	33
§ 11.	Мощность в цепи переменного тока . . . . .	38
§ 12.	Резонанс в электрических цепях переменного тока . . . . .	40
§ 13.	Трансформатор . . . . .	45
§ 14.	Производство электрической энергии . . . . .	49
§ 15.	Передача и потребление электрической энергии . . . . .	51

#### Глава 2. Электромагнитные волны и физические основы радиотехники . . . . .

§ 16.	Открытие электромагнитных волн . . . . .	—
§ 17*.	Генерация электромагнитных волн . . . . .	59
§ 18.	Отражение электромагнитных волн . . . . .	63
§ 19.	Преломление электромагнитных волн . . . . .	66
§ 20.	Интерференция электромагнитных волн . . . . .	69
§ 21.	Дифракция и поляризация электромагнитных волн . . . . .	74
§ 22.	Диапазоны электромагнитных излучений . . . . .	77
§ 23*.	Эффект Доплера . . . . .	81
§ 24.	Принцип радиотелефонной связи . . . . .	84
§ 25.	Телевидение . . . . .	90
§ 26.	Развитие средств связи . . . . .	93
§ 27*.	Радиоастрономия . . . . .	99

#### Глава 3. Световые волны . . . . .

§ 28.	Электромагнитная природа света. Скорость света . . . . .	—
§ 29.	Интерференция света . . . . .	109
§ 30.	Применение интерференции . . . . .	115
§ 31.	Дифракция света . . . . .	118
§ 32.	Дифракционная решётка . . . . .	124
§ 33*.	Голография . . . . .	129
§ 34.	Дисперсия света . . . . .	132
§ 35.	Поляризация света . . . . .	136

	<b>Глава 4. Оптические приборы</b> . . . . .	142
§ 36*.	Принцип Ферма . . . . .	—
§ 37.	Преломление и отражение света . . . . .	145
§ 38*.	Зеркала . . . . .	149
§ 39.	Линзы. . . . .	153
§ 40.	Глаз как оптическая система. . . . .	163
§ 41*.	Световые величины . . . . .	168
§ 42.	Оптические приборы . . . . .	172
	<b>Глава 5. Элементы теории относительности</b> . . . . .	180
§ 43.	Предельность и абсолютность скорости света . . . . .	—
§ 44.	Постулаты специальной теории относительности . . . . .	184
§ 45.	Пространство—время в специальной теории относительности . . . . .	187
§ 46.	Энергия, импульс и масса в релятивистской динамике. . . . .	194
§ 47*.	Релятивистские законы сохранения . . . . .	200
§ 48.	Закон взаимосвязи массы и энергии для системы частиц . . . . .	204
	<b>Раздел II. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА</b>	
	<b>Глава 6. Световые кванты</b> . . . . .	210
§ 49.	Возникновение учения о квантах . . . . .	—
§ 50.	Фотоэлектрический эффект. . . . .	215
§ 51.	Фотоэлементы. Применение фотоэффекта . . . . .	220
§ 52*.	Химическое действие света. . . . .	222
§ 53.	Световое давление. Импульс фотона . . . . .	224
§ 54.	Опыты, обнаруживающие корпускулярные свойства света . . . . .	227
	<b>Глава 7. Физика атома</b> . . . . .	234
§ 55.	Доказательства сложной структуры атомов . . . . .	—
§ 56.	Ядерная модель атома. . . . .	237
§ 57.	Квантовые постулаты Бора. . . . .	240
§ 58.	Объяснение происхождения линейчатых спектров . . . . .	242
§ 59.	Опыт Франка и Герца . . . . .	249
§ 60.	Волновые свойства частиц вещества . . . . .	251
§ 61.	Соотношение неопределённостей . . . . .	256
§ 62*.	Элементы квантовой механики . . . . .	259
§ 63*.	Спин электрона. . . . .	265
§ 64*.	Многоэлектронные атомы . . . . .	267
§ 65*.	Атомные и молекулярные спектры. . . . .	271
§ 66.	Лазер . . . . .	277
	<b>Глава 8. Физика атомного ядра</b> . . . . .	284
§ 67.	Атомное ядро . . . . .	—
§ 68.	Состав атомных ядер . . . . .	287
§ 69.	Энергия связи ядра . . . . .	290
§ 70.	Ядерные спектры . . . . .	295
§ 71.	Радиоактивность . . . . .	298
§ 72.	Закон радиоактивного распада. . . . .	306

§ 73.	Свойства ионизирующих излучений .....	311
§ 74.	Методы регистрации ионизирующих излучений .....	321
§ 75.	Ядерные реакции .....	325
§ 76.	Цепные ядерные реакции .....	329
§ 77.	Ядерный реактор .....	333
§ 78.	Ядерная энергетика .....	336
	<b>Глава 9. Элементарные частицы .....</b>	<b>342</b>
§ 79.	Элементарные частицы и античастицы .....	—
§ 80*.	Превращения элементарных частиц .....	347
§ 81.	Фундаментальные взаимодействия .....	350
§ 82*.	Законы сохранения в микромире .....	354
§ 83*.	Фундаментальные элементарные частицы .....	355
	<b>Раздел III. СТРОЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ ВСЕЛЕННОЙ</b>	
	<b>Глава 10. Природа тел Солнечной системы .....</b>	<b>359</b>
§ 84.	Планеты Солнечной системы и их спутники .....	—
§ 85*.	Малые тела Солнечной системы .....	368
§ 86.	Солнце .....	371
§ 87.	Происхождение Солнечной системы .....	373
	<b>Глава 11. Звёзды и звёздные системы .....</b>	<b>375</b>
§ 88.	Физические характеристики звёзд .....	—
§ 89.	Строение Галактики .....	384
§ 90.	Большая Вселенная .....	387
	<b>Лабораторные работы .....</b>	<b>395</b>
	<b>Приложение. Нобелевская премия .....</b>	<b>401</b>
	<b>Ответы к задачам для самостоятельного решения .....</b>	<b>405</b>
	<b>Ответы к образцам заданий ЕГЭ .....</b>	<b>410</b>
	<b>Предметно-именной указатель .....</b>	<b>411</b>