

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

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).

**Авторы:** А. В. Грачёв, В. А. Погожев, А. М. Салецкий, П. Ю. Боков  
Издание выходит в pdf-формате.

**Физика** : 11-й класс : базовый и углублённый уровни : учебник : издание в pdf-формате / А. В. Грачёв, В. А. Погожев, А. М. Салецкий, П. Ю. Боков. — 9-е изд., стер. — Москва : Просвещение, 2022. — 462, [2] с. : ил. + 8 пол. вкл. : ил.

ISBN 978-5-09-101628-4 (электр. изд.). — Текст : электронный.

ISBN 978-5-09-093224-0 (печ. изд.).

Учебник предназначен для изучения физики в 11 классе общеобразовательных организаций. Дополнительные к базовому уровню материалы позволяют изучить предмет на углублённом уровне, подготовиться к единому государственному экзамену по физике.

Учебник вместе с рабочими тетрадями, тетрадь для лабораторных работ и методическим пособием для учителей составляет учебно-методический комплект по физике для 11 класса. Представлены разделы: «Электromагнитные явления», «Оптические явления» и «Квантовые явления», «Строение Вселенной».

Учебник соответствует Федеральному государственному образовательному стандарту среднего общего образования.

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

## Условные обозначения



*Это важно:* основные положения в тексте параграфа



*Комментарии:* вспомогательные тексты, поясняющие отдельные положения параграфа, различные напоминания и т. п.



*Справочные материалы:* сведения из истории физики, интересная дополнительная информация, данные для решения задач и др.



*Для углублённого уровня:* материалы, дополняющие базовый курс физики и предназначенные для тех, кто изучает предмет на углублённом уровне

\* *Задания повышенной сложности*



*Задания для совместной работы*



*Задания по проектной и исследовательской деятельности*

ISBN 978-5-09-101628-4  
(электр. изд.)  
ISBN 978-5-09-093224-0  
(печ. изд.)

© Грачёв А. В., Погожев В. А., Салецкий А. М., Боков П. Ю., 2012  
© Грачёв А. В., Погожев В. А., Салецкий А. М., Боков П. Ю., 2019,  
с изменениями  
© АО «Издательство «Просвещение», 2021  
© Художественное оформление.  
АО «Издательство «Просвещение», 2021  
Все права защищены

## Оглавление

<b>ЭЛЕКТРОДИНАМИКА (продолжение)</b>	<b>3</b>
<b>Глава 1. Постоянный электрический ток</b>	<b>4</b>
§ 1. Условия возникновения и существования электрического тока. Направление и сила тока	4
§ 2. Свободные носители заряда. Электрический ток в проводниках	9
§ 3. Вольтамперная характеристика проводника. Закон Ома для участка цепи. Сопротивление проводника	13
§ 4. Расчёт сопротивления системы, состоящей из нескольких проводников, соединённых между собой. Измерение силы тока и напряжения	19
§ 5. Работа и мощность постоянного тока. Закон Джоуля – Ленца	26
§ 6. Источник тока. Электродвижущая сила. Замкнутая электрическая цепь. Закон Ома для полной цепи	30
§ 7. Полезная и полная мощность тока в замкнутой цепи. Как передаётся электрическая энергия	36
§ 8. Закон Ома для участка цепи с источником тока. Правила Кирхгофа	39
§ 9. Экспериментальные обоснования электронной проводимости металлов и сплавов	45
§ 10. Электрический ток в электролитах. Электролиз и его применение	47
§ 11. Электрический ток в газах. Плазма	52
§ 12. Электрический ток в газах. Газовые разряды	56
§ 13. Электрический ток в вакууме	59
§ 14. Электрический ток в полупроводниках	65
§ 15. Полупроводниковые приборы	69
§ 16. Перезарядка конденсатора	75
<b>Глава 2. Магнитное поле</b>	<b>84</b>
§ 17. Магнитное взаимодействие	84
§ 18. Магнитное поле. Индукция магнитного поля. Сила Лоренца	88
§ 19. Линии магнитной индукции. Картины магнитных полей	92
§ 20. Движение заряженных частиц в магнитном поле	98
§ 21. Действие магнитного поля на проводник с током. Сила Ампера	106
§ 22. Магнитное взаимодействие проводников с токами. Единица силы тока – ампер	108
§ 23. Действие магнитного поля на рамку с током. Электромотор постоянного тока. Гальванометр. Динамик	111
§ 24. Магнитные свойства вещества	118

<b>Глава 3. Электромагнитная индукция</b>	126
§ 25. Опыты Фарадея. Открытие электромагнитной индукции	126
§ 26. ЭДС индукции в движущемся проводнике	129
§ 27. Магнитный поток. Закон электромагнитной индукции. Правило Ленца	133
§ 28. Вихревое электрическое поле	139
§ 29. Индуктивность. Самоиндукция	143
§ 30. Энергия магнитного поля тока	146
<b>КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ</b>	150
<b>Глава 4. Механические колебания</b>	151
§ 31. Механические колебания. Условия возникновения свободных колебаний	151
§ 32. Кинематика колебательного движения	154
§ 33. Динамика колебательного движения	162
§ 34. Преобразование энергии при механических колебаниях. Математический маятник	169
§ 35. Затухающие и вынужденные колебания. Резонанс	175
§ 36. Метод векторных диаграмм	181
§ 37. Автоколебания	186
<b>Глава 5. Электромагнитные колебания</b>	190
§ 38. Свободные электромагнитные колебания	190
§ 39. Процессы при гармонических колебаниях в контуре	195
§ 40. Переменный ток. Источник переменного тока	198
§ 41. Активное сопротивление в цепи переменного тока	201
§ 42. Конденсатор в цепи переменного тока	205
§ 43. Катушка индуктивности в цепи переменного тока	208
§ 44. Вынужденные электромагнитные колебания. Резонанс	211
§ 45. Закон Ома для электрической цепи переменного тока	214
§ 46. Мощность в цепи переменного тока	220
§ 47. Производство, передача и потребление электрической энергии. Трансформатор	221
<b>Глава 6. Механические и электромагнитные волны</b>	229
§ 48. Механические волны	229
§ 49. Звук	235
§ 50. Электромагнитные волны	240
§ 51. Принципы радиосвязи и телевидения	245
<b>Глава 7. Геометрическая оптика</b>	250
§ 52. Законы отражения света. Построение изображения в зеркалах	251
§ 53. Закон преломления света на границе раздела двух изотропных однородных прозрачных сред. Явление полного внутреннего отражения	254

## ■ Оглавление

§ 54.	Линзы .....	261
§ 55.	Построение изображений, создаваемых тонкими линзами .....	269
§ 56.	Глаз и зрение. Оптические приборы .....	275
<b>Глава 8.</b>	<b>Свойства волн .....</b>	<b>285</b>
§ 57.	Волновой фронт. Принцип Гюйгенса .....	285
§ 58.	Поляризация волн .....	290
§ 59.	Интерференция волн .....	293
§ 60.	Интерференция света .....	298
§ 61.	Дифракция света .....	305
§ 62.	Дифракционная решётка .....	313
<b>Глава 9.</b>	<b>Элементы теории относительности .....</b>	<b>319</b>
§ 63.	Постулаты специальной теории относительности .....	320
§ 64.	Относительность одновременности событий. Замедление времени и сокращение длины .....	324
§ 65.	Закон сложения скоростей в СТО .....	330
§ 66.	Масса, импульс и энергия в СТО .....	333
	<b>КВАНТОВАЯ ФИЗИКА. АСТРОФИЗИКА .....</b>	<b>338</b>
<b>Глава 10.</b>	<b>Квантовая физика. Строение атома .....</b>	<b>339</b>
§ 67.	Равновесное тепловое излучение. Гипотеза Планка .....	339
§ 68.	Фотоэффект .....	342
§ 69.	Корпускулярно-волновой дуализм. Давление света. Гипотеза де Бройля .....	347
§ 70.	Планетарная модель атома .....	352
§ 71.	Первый постулат Бора. Правило квантования орбит .....	355
§ 72.	Второй постулат Бора. Спектры испускания и поглощения .....	359
§ 73.	Лазеры .....	362
<b>Глава 11.</b>	<b>Атомное ядро. Элементарные частицы .....</b>	<b>369</b>
§ 74.	Состав ядра .....	370
§ 75.	Ядерные силы. Энергия связи атомного ядра .....	373
§ 76.	Радиоактивность. Закон радиоактивного распада .....	380
§ 77.	Причины радиоактивности. Альфа- и бета-распады. Правила смещения .....	383
§ 78.	Ядерные реакции .....	388
§ 79.	Ядерная энергетика .....	392
§ 80.	Методы регистрации ионизирующих радиоактивных ядерных излучений .....	397
§ 81.	Биологическое действие радиоактивных излучений. Дозиметрия .....	399
§ 82.	Элементарные частицы. Фундаментальные взаимодействия .....	403

<b>Глава 12. Строение Вселенной</b>	411
§ 83. Основные методы исследования в астрономии	411
§ 84. Определение расстояний до небесных тел	413
§ 85. Солнце	415
§ 86. Солнечная система	419
§ 87. Физические характеристики звёзд	426
§ 88. Эволюция звёзд	430
§ 89. Вселенная	433
Заключение	439
Задания по проектной и исследовательской деятельности	442
Лабораторные работы	445
Ответы	453
Алфавитно-предметный указатель	456