

УДК 373.167.1:53+53(075.3)  
ББК 22.3я721  
К28

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).

**Касьянов, Валерий Алексеевич.**  
**К28 Физика : 11-й класс : углублённый уровень : учебник /**  
**В. А. Касьянов. — 11-е изд., стер. — Москва : Просвещение,**  
**2023. — 493, [3] с. : ил., 7 л. цв. вкл.**

**ISBN 978-5-09-103622-0**

Учебник предназначен учащимся 11 классов, в которых физика изучается на углублённом уровне, и является продолжением учебника «Физика. Углублённый уровень. 10 класс» того же автора.

Учебник соответствует Федеральному государственному образовательному стандарту среднего общего образования. Включён в Федеральный перечень учебников в составе завершённой предметной линии.

Книга создана с учётом современных научных представлений, включает следующие разделы: «Электродинамика», «Электромагнитное излучение», «Физика высоких энергий», «Элементы астрофизики».

Достоинством учебника является тщательно разработанный методический аппарат, включающий вопросы, задачи различной степени сложности, творческие задания, описания лабораторных работ. Книга хорошо иллюстрирована.

К учебнику изданы тетради для контрольных работ и дидактические материалы.

Раздел «Лабораторные работы» подготовлен при участии Г. Г. Никифорова.

Творческие задания составлены О. А. Крысановой и Н. В. Ромашкиной.

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

**ISBN 978-5-09-103622-0**

© АО «Издательство «Просвещение», 2021

© Художественное оформление.

АО «Издательство «Просвещение», 2021

Все права защищены

# Оглавление

## ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

### 1. Постоянный электрический ток

§ 1. Электрический ток .....	3
§ 2. Сила тока .....	5
§ 3. Источник тока .....	7
§ 4. Источник тока в электрической цепи .....	10
§ 5. Закон Ома для однородного проводника (участка цепи) .....	13
§ 6. Сопротивление проводника .....	16
§ 7. Зависимость удельного сопротивления проводников и полупроводников от температуры .....	18
§ 8. Сверхпроводимость .....	22
§ 9. Соединения проводников .....	26
§ 10. Расчёт сопротивления электрических цепей .....	30
§ 11. Закон Ома для замкнутой цепи .....	34
§ 12. Расчёт силы тока и напряжения в электрических цепях .....	39
§ 13. Измерение силы тока и напряжения .....	42
§ 14. Тепловое действие электрического тока. Закон Джоуля—Ленца ...	45
§ 15. Передача электроэнергии от источника к потребителю .....	49
§ 16. Электрический ток в растворах и расплавах электролитов .....	52
<i>Основные положения</i> .....	58

### 2. Магнитное поле

§ 17. Магнитное взаимодействие .....	61
§ 18. Магнитное поле электрического тока .....	63
§ 19. Линии магнитной индукции .....	67
§ 20. Действие магнитного поля на проводник с током .....	70
§ 21. Рамка с током в однородном магнитном поле .....	73
§ 22. Действие магнитного поля на движущиеся заряженные частицы ..	79
§ 23. Масс-спектрограф и циклотрон .....	83
§ 24. Пространственные траектории заряженных частиц в магнитном поле .....	85
§ 25. Взаимодействие электрических токов .....	87
§ 26. Магнитный поток .....	90
§ 27. Энергия магнитного поля тока .....	92

§ 28. Магнитное поле в веществе .....	95
§ 29. Ферромагнетизм .....	99
<i>Основные положения</i> .....	104

### 3. Электромагнетизм

§ 30. ЭДС в проводнике, движущемся в магнитном поле .....	108
§ 31. Электромагнитная индукция .....	111
§ 32. Способы получения индукционного тока .....	114
§ 33. Токи замыкания и размыкания .....	117
§ 34. Использование электромагнитной индукции .....	120
§ 35. Генерирование переменного электрического тока .....	124
§ 36. Передача электроэнергии на расстояние .....	127
<i>Основные положения</i> .....	130

### 4. Цепи переменного тока

§ 37. Векторные диаграммы для описания переменных токов и напряжений .....	131
§ 38. Резистор в цепи переменного тока .....	134
§ 39. Конденсатор в цепи переменного тока .....	137
§ 40. Катушка индуктивности в цепи переменного тока .....	143
§ 41. Свободные гармонические электромагнитные колебания в колебательном контуре .....	146
§ 42. Колебательный контур в цепи переменного тока .....	150
§ 43. Примесный полупроводник — составная часть элементов схем ...	155
§ 44. Полупроводниковый диод .....	158
§ 45. Транзистор .....	163
<i>Основные положения</i> .....	168

## ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

### 5. Излучение и приём электромагнитных волн радио- и СВЧ-диапазона

§ 46. Электромагнитные волны .....	170
§ 47. Распространение электромагнитных волн .....	173
§ 48. Энергия, переносимая электромагнитными волнами .....	178
§ 49. Давление и импульс электромагнитных волн .....	182
§ 50. Спектр электромагнитных волн .....	185
§ 51. Радио- и СВЧ-волны в средствах связи .....	191
§ 52. Радиотелефонная связь, радиовещание .....	194
<i>Основные положения</i> .....	200

## 6. Геометрическая оптика

§ 53. Принцип Гюйгенса .....	202
§ 54. Отражение волн .....	204
§ 55. Преломление волн .....	209
§ 56. Дисперсия света .....	216
§ 57. Построение изображений и хода лучей при преломлении света .....	218
§ 58. Линзы .....	223
§ 59. Собирающие линзы .....	226
§ 60. Изображение предмета в собирающей линзе .....	231
§ 61. Формула тонкой собирающей линзы .....	237
§ 62. Рассеивающие линзы .....	241
§ 63. Изображение предмета в рассеивающей линзе .....	245
§ 64. Фокусное расстояние и оптическая сила системы из двух линз .....	248
§ 65. Человеческий глаз как оптическая система .....	251
§ 66. Оптические приборы, увеличивающие угол зрения .....	257
<i>Основные положения</i> .....	263

## 7. Волновая оптика

§ 67. Интерференция волн .....	267
§ 68. Взаимное усиление и ослабление волн в пространстве .....	270
§ 69. Интерференция света .....	275
§ 70. Дифракция света .....	279
§ 71. Дифракционная решётка .....	286
<i>Основные положения</i> .....	290

## 8. Квантовая теория электромагнитного излучения и вещества

§ 72. Тепловое излучение .....	293
§ 73. Фотоэффект .....	298
§ 74. Корпускулярно-волновой дуализм .....	302
§ 75. Волновые свойства частиц .....	305
§ 76. Строение атома .....	310
§ 77. Теория атома водорода .....	313
§ 78. Поглощение и излучение света атомом .....	317
§ 79. Лазер .....	321
§ 80. Электрический разряд в газах .....	326
<i>Основные положения</i> .....	334

## ФИЗИКА ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

### 9. Физика атомного ядра

§ 81. Состав атомного ядра . . . . .	337
§ 82. Энергия связи нуклонов в ядре . . . . .	343
§ 83. Естественная радиоактивность . . . . .	347
§ 84. Закон радиоактивного распада . . . . .	351
§ 85. Искусственная радиоактивность . . . . .	356
§ 86. Использование энергии деления ядер. Ядерная энергетика . . . . .	361
§ 87. Термоядерный синтез . . . . .	365
§ 88. Ядерное оружие . . . . .	368
§ 89. Биологическое действие радиоактивных излучений . . . . .	370
<i>Основные положения . . . . .</i>	<i>374</i>

### 10. Элементарные частицы

§ 90. Классификация элементарных частиц . . . . .	377
§ 91. Лептоны как фундаментальные частицы . . . . .	381
§ 92. Классификация и структура адронов . . . . .	384
§ 93. Взаимодействие кварков . . . . .	388
<i>Основные положения . . . . .</i>	<i>391</i>

## ЭЛЕМЕНТЫ АСТРОФИЗИКИ

### 11. Эволюция Вселенной

§ 94. Структура Вселенной, её расширение . . . . .	393
§ 95. Расширяющаяся Вселенная . . . . .	403
§ 96. Космологическая модель ранней Вселенной. Эра излучения . . . . .	405
§ 97. Нуклеосинтез в ранней Вселенной . . . . .	413
§ 98. Образование астрономических структур . . . . .	418
§ 99. Эволюция звёзд . . . . .	422
§ 100. Образование Солнечной системы . . . . .	428
§ 101. Эволюция Солнечной системы . . . . .	431
§ 102. Органическая жизнь во Вселенной . . . . .	438
<i>Основные положения . . . . .</i>	<i>442</i>

## Лабораторные работы

<b>Вычисление погрешности электроизмерительного прибора . . . . .</b>	<b>444</b>
1. Исследование смешанного соединения проводников . . . . .	448
2. Изучение закона Ома для полной цепи . . . . .	453
3. Изучение явления электромагнитной индукции . . . . .	456
4. Измерение показателя преломления стекла . . . . .	461

5. Наблюдение интерференции и дифракции света .....	464
6. Измерение длины световой волны с помощью дифракционной решётки .....	468
7. Наблюдение линейчатого и сплошного спектров испускания .....	474
8. Изучение взаимодействия частиц и ядерных реакций (по фотографиям) .....	476
<b>Ответы к задачам</b> .....	479
<b>Предметно-именной указатель</b> .....	481
<b>Приложения</b> .....	488