

Г. Я. Мякишев, А. З. Сияков

ФИЗИКА

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

УГЛУБЛЁННЫЙ УРОВЕНЬ

Учебник

Допущено
Министерством просвещения
Российской Федерации

13-е издание, стереотипное

Москва
«Просвещение»
2025

А

10
11
классы

УДК 373.167.1:53+53(075.3)
ББК 22.3я721
М99

В соответствии с Приказом Министерства просвещения Российской Федерации № 858 от 21.09.2022 г. в отношении учебника установлен предельный срок использования.

Методический аппарат учебника разработан
О. А. Крысановой, Н. В. Ромашкиной

Издание выходит в pdf-формате.

Мякишев, Геннадий Яковлевич.

М99 Физика. Электродинамика : 10—11-е классы : углублённый уровень : учебник : издание в pdf-формате / Г. Я. Мякишев, А. З. Синяков. — 13-е изд., стер. — Москва : Просвещение, 2025. — 476, [4] с. : ил.

ISBN 978-5-09-127071-6 (электр. изд.). — Текст : электронный.

ISBN 978-5-09-124698-8 (печ. изд.).

В учебнике на современном уровне изложены фундаментальные вопросы школьной программы, представлены основные применения законов физики, рассмотрены методы решения задач.

Книга адресована учащимся физико-математических классов и школ, слушателям и преподавателям подготовительных отделений вузов, а также читателям, занимающимся самообразованием и готовящимся к поступлению в вуз.

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

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

ISBN 978-5-09-127071-6
(электр. изд.)
ISBN 978-5-09-124698-8
(печ. изд.)

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

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Роль электромагнитных сил в природе и технике ...	3
Электрический заряд и элементарные частицы	8
Глава 1. Электростатика	14
§ 1.1. Заряженные тела. Электризация тел	14
§ 1.2. Основной закон электростатики — закон Кулона	19
§ 1.3. Единицы электрического заряда	23
§ 1.4. Взаимодействие неподвижных электрических зарядов внутри однородного диэлектрика	26
§ 1.5. Оценка предела прочности и модуля Юнга ионных кристаллов	28
§ 1.6. Примеры решения задач	31
Упражнение 1	37
§ 1.7. Близкодействие и действие на расстоянии	40
§ 1.8. Электрическое поле	42
§ 1.9. Напряжённость электрического поля. Принцип суперпозиции полей	48
§ 1.10. Линии напряжённости электрического поля .	52
§ 1.11. Теорема Гаусса	57
§ 1.12. Поле заряженной плоскости, сферы и шара ..	63
§ 1.13. Проводники в электростатическом поле	68
§ 1.14. Диэлектрики в электростатическом поле	71
§ 1.15. Поляризация диэлектриков	75
§ 1.16. Примеры решения задач	79
Упражнение 2	87
§ 1.17. Потенциальность электростатического поля	91
§ 1.18. Потенциальная энергия заряда в однородном электрическом поле. Энергия взаимодействия точечных зарядов	92

§ 1.19. Потенциал электростатического поля и разность потенциалов	98
§ 1.20. Связь между напряжённостью электростатического поля и разностью потенциалов. Эквипотенциальные поверхности	102
§ 1.21. Измерение разности потенциалов	106
§ 1.22. Экспериментальное определение элементарного электрического заряда	109
§ 1.23. Примеры решения задач	112
Упражнение 3	117
§ 1.24. Электрическая ёмкость	121
§ 1.25. Конденсаторы	125
§ 1.26. Различные типы конденсаторов. Соединения конденсаторов	131
§ 1.27. Энергия заряженных конденсаторов и проводников. Применения конденсаторов	134
§ 1.28. Примеры решения задач	139
Упражнение 4	145
Глава 2. Постоянный электрический ток	151
§ 2.1. Что такое электрический ток?	151
§ 2.2. Плотность тока. Сила тока	154
§ 2.3. Электрическое поле проводника с током.	159
§ 2.4. Закон Ома для участка цепи. Сопротивление проводника	165
§ 2.5. Зависимость электрического сопротивления от температуры	173
§ 2.6. Сверхпроводимость	177
§ 2.7. Работа и мощность тока. Закон Джоуля—Ленца	182
§ 2.8. Электрические цепи. Последовательное и параллельное соединения проводников	185
§ 2.9. Измерение силы тока, напряжения и сопротивления	191
§ 2.10. Примеры решения задач	197
Упражнение 5	208
§ 2.11. Электродвижущая сила	213
§ 2.12. Гальванические элементы	217
§ 2.13. Аккумуляторы	224
§ 2.14. Закон Ома для полной цепи	227
§ 2.15. Закон Ома для участка цепи, содержащего ЭДС	230
§ 2.16. Работа и мощность тока на участке цепи, содержащем ЭДС	232

§ 2.17. Расчёт сложных электрических цепей	234
§ 2.18. Примеры решения задач	236
Упражнение 6	248

Глава 3. Электрический ток в различных средах 253

§ 3.1. Электрическая проводимость различных веществ	253
§ 3.2. Электронная проводимость металлов	256
§ 3.3. Почему справедлив закон Ома?	258
§ 3.4. Электрический ток в растворах и расплавах электролитов	264
§ 3.5. Закон электролиза	268
§ 3.6. Техническое применение электролиза	271
§ 3.7. Электрический ток в газах	274
§ 3.8. Несамостоятельный и самостоятельный разряды	278
§ 3.9. Различные типы самостоятельного разряда и их техническое применение	283
§ 3.10. Плазма	291
§ 3.11. Электрический ток в вакууме	295
§ 3.12. Двухэлектродная электронная лампа — диод	297
§ 3.13. Трёхэлектродная электронная лампа — триод	301
§ 3.14. Электронные пучки. Электронно-лучевая трубка	304
§ 3.15. Электрический ток в полупроводниках	308
§ 3.16. Примесная электропроводность полупроводников.	311
§ 3.17. Электронно-дырочный переход ($n-p$ -переход)	313
§ 3.18. Полупроводниковый диод	316
§ 3.19. Транзистор	319
§ 3.20. Термисторы и фоторезисторы	323
§ 3.21. Примеры решения задач	327
Упражнение 7	332

Глава 4. Магнитное поле токов. 338

§ 4.1. Магнитные взаимодействия	338
§ 4.2. Магнитное поле токов	342
§ 4.3. Вектор магнитной индукции	347
§ 4.4. Линии магнитной индукции. Поток магнитной индукции	352
§ 4.5. Закон Био—Савара—Лапласа	358
§ 4.6. Закон Ампера	363
§ 4.7. Системы единиц для магнитных взаимодействий	367

§ 4.8. Применения закона Ампера. Электроизмерительные приборы	371
§ 4.9. Действие магнитного поля на движущийся заряд. Сила Лоренца	375
§ 4.10. Применение силы Лоренца. Циклический ускоритель	379
§ 4.11. Примеры решения задач	384
Упражнение 8	392
Глава 5. Электромагнитная индукция	397
§ 5.1. Открытие электромагнитной индукции	397
§ 5.2. Правило Ленца	401
§ 5.3. Закон электромагнитной индукции	404
§ 5.4. Вихревое электрическое поле	406
§ 5.5. ЭДС индукции в движущихся проводниках ...	410
§ 5.6. Индукционные токи в массивных проводниках	413
§ 5.7. Самоиндукция. Индуктивность	415
§ 5.8. Энергия магнитного поля тока	419
§ 5.9. Примеры решения задач	422
Упражнение 9	427
Глава 6. Магнитные свойства вещества	432
§ 6.1. Магнитная проницаемость — характеристика магнитных свойств вещества	432
§ 6.2. Три класса магнитных веществ	434
§ 6.3. Объяснение пара- и диамагнетизма	438
§ 6.4. Основные свойства ферромагнетиков	440
§ 6.5. О природе ферромагнетизма	445
§ 6.6. Применения ферромагнетиков	449
Заключение	452
Темы проектов	453
Обобщающие проекты.	453
Информационные ресурсы.	454
Ответы к упражнениям	455