

И.В. САВЕЛЬЕВ

КУРС ОБЩЕЙ ФИЗИКИ

в 4-х томах

ТОМ 2

- ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ
- ВОЛНЫ
- ОПТИКА



КНОРУС

И.В. САВЕЛЬЕВ КУРС ОБЩЕЙ
ФИЗИКИ
в 4-х томах

ТОМ 2 ● электричество
и магнетизм
● ВОЛНЫ
● ОПТИКА

Под общей редакцией В.И. Савельева

Допущено Научно-методическим советом по физике
Министерства образования и науки Российской Федерации
в качестве **учебного пособия** для студентов
высших учебных заведений, обучающихся
по техническим направлениям и специальностям

Тверской государственный университет



Научная библиотека 00320572

КНОРУС

МОСКВА
2009

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|-----|
| ПРЕДИСЛОВИЕ | 8 |
| МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ | 9 |
| ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ | |
| ГЛАВА 1. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ В ВАКУУМЕ | |
| 1.1. Электрический заряд | 15 |
| 1.2. Закон Кулона | 17 |
| 1.3. Системы единиц | 19 |
| 1.4. Рационализованная запись формул | 20 |
| 1.5. Электрическое поле. Напряженность поля | 22 |
| 1.6. Потенциал | 26 |
| 1.7. Энергия взаимодействия системы зарядов | 31 |
| 1.8. Связь между напряженностью электрического поля и потенциалом | 32 |
| 1.9. Диполь | 35 |
| 1.10. Поле системы зарядов на больших расстояниях | 43 |
| 1.11. Описание свойств векторных полей | 45 |
| 1.12. Циркуляция и ротор электростатического поля | 64 |
| 1.13. Теорема Гаусса | 65 |
| 1.14. Вычисление полей с помощью теоремы Гаусса | 68 |
| ГЛАВА 2. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ В ДИЭЛЕКТРИКАХ | |
| 2.1. Полярные и неполярные молекулы | 74 |
| 2.2. Поляризация диэлектриков | 76 |
| 2.3. Поле внутри диэлектрика | 78 |
| 2.4. Объемные и поверхностные связанные заряды | 79 |
| 2.5. Вектор электрического смещения | 85 |
| 2.6. Примеры на вычисление поля в диэлектриках | 88 |
| 2.7. Условия на границе двух диэлектриков | 93 |
| 2.8. Силы, действующие на заряд в диэлектрике | 97 |
| 2.9. Сегнетоэлектрики | 98 |
| ГЛАВА 3. ПРОВОДНИКИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ | |
| 3.1. Равновесие зарядов на проводнике | 100 |
| 3.2. Проводник во внешнем электрическом поле | 102 |
| 3.3. Емкость | 103 |
| 3.4. Конденсаторы | 105 |

| | |
|--|--|
| ГЛАВА 4. ЭНЕРГИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ | |
| 4.1. | Энергия заряженного проводника 108 |
| 4.2. | Энергия заряженного конденсатора 108 |
| 4.3. | Энергия электрического поля 111 |
| ГЛАВА 5. ПОСТОЯННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК | |
| 5.1. | Электрический ток 115 |
| 5.2. | Уравнение непрерывности 118 |
| 5.3. | Электродвижущая сила 119 |
| 5.4. | Закон Ома. Сопротивление проводников 121 |
| 5.5. | Закон Ома для неоднородного участка цепи 124 |
| 5.6. | Разветвленные цепи. Правила Кирхгофа 126 |
| 5.7. | Мощность тока 129 |
| 5.8. | Закон Джоуля–Ленца 130 |
| ГЛАВА 6. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ В ВАКУУМЕ | |
| 6.1. | Взаимодействие токов 132 |
| 6.2. | Магнитное поле 135 |
| 6.3. | Закон Био–Савара–Лапласа 138 |
| 6.4. | Поле движущегося заряда 140 |
| 6.5. | Сила Лоренца 143 |
| 6.6. | Закон Ампера 146 |
| 6.7. | Магнитное взаимодействие как релятивистский эффект 148 |
| 6.8. | Контур с током в магнитном поле 155 |
| 6.9. | Магнитное поле контура с током 161 |
| 6.10. | Работа, совершаемая при перемещении тока в магнитном поле 164 |
| 6.11. | Дивергенция и ротор магнитного поля 168 |
| 6.12. | Поле соленоида и тороида 173 |
| ГЛАВА 7. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ В ВЕЩЕСТВЕ | |
| 7.1. | Намагничивание магнетика 178 |
| 7.2. | Напряженность магнитного поля 179 |
| 7.3. | Вычисление поля в магнетиках 185 |
| 7.4. | Условия на границе двух магнетиков 188 |
| 7.5. | Виды магнетиков 192 |
| 7.6. | Магнитомеханические явления 192 |
| 7.7. | Диамагнетизм 198 |
| 7.8. | Парамагнетизм 201 |
| 7.9. | Ферромагнетизм 204 |
| ГЛАВА 8. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ | |
| 8.1. | Явление электромагнитной индукции 210 |
| 8.2. | Электродвижущая сила индукции 211 |
| 8.3. | Методы измерения магнитной индукции 215 |
| 8.4. | Токи Фуко..... 217 |

| | | |
|---|--|-----|
| 8.5. | Явление самоиндукции | 218 |
| 8.6. | Ток при замыкании и размыкании цепи | 221 |
| 8.7. | Взаимная индукция | 223 |
| 8.8. | Энергия магнитного поля | 225 |
| 8.9. | Работа перемещения ферромагнетика | 228 |
| ГЛАВА 9. УРАВНЕНИЯ МАКСВЕЛЛА | | |
| 9.1. | Вихревое электрическое поле | 230 |
| 9.2. | Ток смещения | 232 |
| 9.3. | Уравнения Максвелла | 237 |
| ГЛАВА 10. ДВИЖЕНИЕ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ | | |
| 10.1. | Движение заряженной частицы в однородном магнитном поле | 240 |
| 10.2. | Отклонение движущихся заряженных частиц электрическим и магнитными полями | 242 |
| 10.3. | Определение заряда и массы электрона | 246 |
| 10.4. | Определение удельного заряда ионов. Масс-спектрографы | 252 |
| 10.5. | Ускорители заряженных частиц | 256 |
| ГЛАВА 11. КЛАССИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ МЕТАЛЛОВ | | |
| 11.1. | Природа носителей тока в металлах | 262 |
| 11.2. | Элементарная классическая теория металлов | 264 |
| 11.3. | Эффект Холла | 269 |
| ГЛАВА 12. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В ГАЗАХ | | |
| 12.1. | Несамостоятельная и самостоятельная проводимости | 272 |
| 12.2. | Несамостоятельный газовый разряд | 272 |
| 12.3. | Ионизационные камеры и счетчики | 276 |
| 12.4. | Процессы, приводящие к появлению носителей тока при самостоятельном разряде | 281 |
| 12.5. | Плазма | 286 |
| 12.6. | Тлеющий разряд | 291 |
| 12.7. | Дуговой разряд | 294 |
| 12.8. | Искровой и коронный разряды | 296 |
| ГЛАВА 13. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ | | |
| 13.1. | Квазистационарные токи | 300 |
| 13.2. | Свободные колебания в контуре без активного сопротивления | 300 |
| 13.3. | Свободные затухающие колебания | 304 |
| 13.4. | Вынужденные электрические колебания | 308 |
| 13.5. | Переменный ток | 313 |

ВОЛНЫ**ГЛАВА 14. УПРУГИЕ ВОЛНЫ**

| | | |
|--------|---|-----|
| 14.1. | Распространение волн в упругой среде | 319 |
| 14.2. | Уравнение плоской и сферической волн | 323 |
| 14.3. | Уравнение плоской волны, распространяющейся в произвольном направлении | 326 |
| 14.4. | Волновое уравнение | 327 |
| 14.5. | Скорость упругих волн в твердой среде | 329 |
| 14.6. | Энергия упругой волны | 331 |
| 14.7. | Стоячие волны | 336 |
| 14.8. | Колебания струны | 339 |
| 14.9. | Звук | 340 |
| 14.10. | Скорость звука в газах | 343 |
| 14.11. | Эффект Доплера для звуковых волн | 348 |

ГЛАВА 15. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ

| | | |
|-------|---|-----|
| 15.1. | Волновое уравнение для электромагнитного поля | 351 |
| 15.2. | Плоская электромагнитная волна | 353 |
| 15.3. | Экспериментальное исследование электромагнитных волн | 356 |
| 15.4. | Энергия электромагнитных волн | 357 |
| 15.5. | Импульс электромагнитного поля | 360 |
| 15.6. | Излучение диполя | 363 |

ОПТИКА**ГЛАВА 16. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ**

| | | |
|-------|---|-----|
| 16.1. | Световая волна | 369 |
| 16.2. | Представление гармонических функций с помощью экспонент | 373 |
| 16.3. | Отражение и преломление плоской волны на границе двух диэлектриков | 374 |
| 16.4. | Световой поток | 382 |
| 16.5. | Фотометрические величины и единицы | 384 |
| 16.6. | Геометрическая оптика | 387 |
| 16.7. | Центрированная оптическая система | 392 |
| 16.8. | Тонкая линза | 400 |
| 16.9. | Принцип Гюйгенса | 402 |

ГЛАВА 17. ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА

| | | |
|-------|--|-----|
| 17.1. | Интерференция световых волн | 404 |
| 17.2. | Когерентность | 409 |
| 17.3. | Способы наблюдения интерференции света | 419 |
| 17.4. | Интерференция света при отражении от тонких пластинок | 421 |
| 17.5. | Интерферометр Майкельсона | 431 |
| 17.6. | Многолучевая интерференция | 434 |

| | |
|--|-----|
| ГЛАВА 18. ДИФРАКЦИЯ СВЕТА | |
| 18.1. Введение | 443 |
| 18.2. Принцип Гюйгенса–Френеля | 444 |
| 18.3. Зоны Френеля | 446 |
| 18.4. Дифракция Френеля от простейших преград | 452 |
| 18.5. Дифракция Фраунгофера от щели | 464 |
| 18.6. Дифракционная решетка | 472 |
| 18.7. Дифракция рентгеновских лучей | 481 |
| 18.8. Разрешающая сила объектива | 488 |
| 18.9. Голография | 490 |
| ГЛАВА 19. ПОЛЯРИЗАЦИЯ СВЕТА | |
| 19.1. Естественный и поляризованный свет | 495 |
| 19.2. Поляризация при отражении и преломлении | 499 |
| 19.3. Поляризация при двойном лучепреломлении | 503 |
| 19.4. Интерференция поляризованных лучей | 508 |
| 19.5. Прохождение плоскополяризованного света через кристаллическую пластинку | 510 |
| 19.6. Кристаллическая пластинка между двумя поляризаторами | 513 |
| 19.7. Искусственное двойное лучепреломление | 516 |
| 19.8. Вращение плоскости поляризации | 519 |
| ГЛАВА 20. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН С ВЕЩЕСТВОМ | |
| 20.1. Дисперсия света | 522 |
| 20.2. Групповая скорость | 522 |
| 20.3. Элементарная теория дисперсии | 528 |
| 20.4. Поглощение света | 533 |
| 20.5. Рассеяние света | 534 |
| 20.6. Эффект Вавилова–Черенкова | 537 |
| ГЛАВА 21. ОПТИКА ДВИЖУЩИХСЯ СРЕД | |
| 21.1. Скорость света | 540 |
| 21.2. Опыт Физо | 542 |
| 21.3. Опыт Майкельсона | 546 |
| 21.4. Эффект Доплера | 549 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ | 553 |
| Векторный потенциал | 553 |
| Основные формулы электромагнетизма в СИ и в гауссовой системе | 560 |
| ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ | 561 |