

Э. Парселл

Берклеевский курс физики

Том 2

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 53
ББК 22.3
Э1

Э1 **Э. Парселл**
Берклеевский курс физики: Том 2 / Э. Парселл – М.: Книга по Требованию, 2024. – 445 с.

ISBN 978-5-458-30057-5

Книга представляет собой второй том курса общей физики, созданного преподавателями Калифорнийского университета в г. Беркли (США). Она написана проф. Э. Парселлом, который известен своими исследованиями ядерного магнетизма. Излагая явления электромагнетизма с точки зрения специальной теории относительности, автор продолжает научно-методические принципы, положенные в основу первого тома «Механика». Книга снабжена большим количеством задач и примеров.

ISBN 978-5-458-30057-5

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2024
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2024

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

- проницаемость вакуума 430
- сфера 326 — 328, 344
- Добротности коэффициент 275
- , связь с шириной резонанса 282, 284
- Домена граница 393
- Друде* 136
- Единственности теорема 103 — 106
- Емкость, определение 111, 112
- Железо, B — H кривая 393, 394
- для магнитов 396
- , насыщение магнитное 388, 389
- Закон преобразования сил 179, 180
- Заряд магнитный, его отсутствие 352, 377
- Заряд электрический 18-46
- —, время релаксации 151, 152
- —, закон-сохранения 19, 20, 125, 259
- —, инвариантность 162 — 165
- —, квантование 20—22, 164
- —, распределение на сфере 40, 41
- —, — непрерывное 36, 37
- —, моменты распределения 255—298
- — свободный и связанный 329, 342
- —, энергия системы зарядов 26-30
- Зарядовая плотность линейная 20
- Заряженный диск, потенциал и поле 60—64
- Затухание в резонансной цепи 275, 276
- Земное магнитное поле 394
- Изображений метод 109
- Изолированная система, определение 19
- Изолятор 95
- Импеданс 284—287
- Импульс 429
- Инверсия в сфере 403
- Индуктивное сопротивление 278
- Индуктивность взаимная 248, 249
- LR -контур 253—256
- связанных и последовательно соединенных катушек 267
- , теорема взаимности 250—252
- Индукция 228—270
- , закон Фарадея 244
- магнитная 385
- Индукцированный магнитный момент 365 — 367
- электрический дипольный момент 303 — 308
- Ион водорода отрицательный 416
- Ионизационная камера 410
- Ионная ловушка 130
- Ионный кристалл 30, 31
- Искра электрическая 135
- Катушка самоиндукции 260, 415
- , энергия, запасенная в ней 258
- Катушки магнитное поле 209, 210
- Квадрупольный момент 299
- Квадруполя поле 404
- Квантование заряда 20—22, 164
- Квантовая механика парамагнетизма и диамагнетизма 372
- электродинамика 18
- Кислород жидкий в магнитном поле 349, 350, 352
- —, его парамагнетизм 372
- Клаузиуса — Мосотти формула 424
- Количество движения 429
- Кольцо тока, магнитное поле 207, 208
- Комплексные числа в теории переменного тока 283, 284
- Конденсатор 112, 292, 319
- , энергия, запасенная им 116
- Корреляция направлений скорости 131
- Коэффициенты емкости 116, 403
- Кристаллическая решетка 30, 31
- Критическое затухание 275
- Кулон Чарльз* 24

- Кулона закон 22—25, 181, 431
 — — и закон Гаусса 42
Кэвендиш Генри 25
 Кюри точка 388, 391
 Лапласа оператор, определение 77, 78
 — — для сферически симметричных функций 400
 Лзрмора частота 368
 Лейденская банка 343
 Ленца закон 239, 247
 Линейная плотность заряда 45
 Линейный заряд, его поле 45
 — —, — — вблизи проводящей плоскости 120
 — —, потенциал 58-60
 — интеграл по замкнутому пути 81
 — — — — — в магнитном поле 200
 — — — — — в электрическом поле 51-53
Лоренц 136, 157
 Лоренцевское сокращение 157-166
 Магнетит 349, 351, 387
 Магнетрон 424
 Магнит постоянный 387 393
 — —, поле его 353, 380-383
 Магнитная восприимчивость 374 —375
 — гидродинамика 214
 — индукция 385
 Магнитного потока трубка 236
 Магнитное поле в веществе, сравнение с электрическим полем 378
 — —, влияние на химические процессы 351
 — — внутри намагниченного цилиндра 386
 — —, дивергенция 201, 256
 — —, единицы 196 — 198
 — — кольца с током 207, 208
 — —, определение 190
 — — петли с током 355 — 359
 — —, преобразования 217, 218
 — — прямого провода 191
 — —, ротор его 201
 — —, сила действующая на различные вещества 347—349
 — — соленоида 209, 210
 Магнитные величины **В, Н, М**, единицы 157, 196
 Магнитный диполь, единица измерения 362
 — —, момент, действующий на него 359 —361, 371
 — —, сравнение с электрическим 357—359
 — момент, связанный со спином электрона 370—372, 388
 — монополь 354
 — полюс 352, 386
 — поток 235
 Магнитомеханическое отношение орбитальное 365
 Макроскопические поля 317, 378, 381
Максвелл Джеймс Клерк 110, 157, 261,263, 330
 Максвелла уравнения 263, 264
 Масса, ее инвариантность 162, 163
 Метана молекула, поляризуемость 308
 Микроскопическое поле магнитное 375 — 378
 — — электрическое 318
 Микрофарада 112
 МКС рационализированные единицы 430 — 431
 Момент вращения 30, 372, 416
 — количества движения 429
 — — —, сохранение в магнитном поле 429
 — — — орбитальный, связь с магнитным моментом 364
 Моменты распределения зарядов 295—299

- Мостовая схема 154
 Мощность в цепи переменного тока
 287—289
 Намагниченного вещества внешнее
 магнитное поле 375—377
 Намагниченность 54, 393
 — насыщение 387
 — кривая для аллико 393
 Намагниченный диск 382, 383, 394
 Намагниченный цилиндр, его поле
 381, 382
 Нейтрона магнитные свойства 382
 Непрерывное распределение заряда
 36, 37
 Неразрывности урагнение 259
 Ньютон (единица) 342, 431
Ньютон Исаак 44
 Обратных квадратов расстояния
 закон 24, 25
 Октуиольный момент 299
 Ом (единица) 129, 431
 Ома закон 126—128, 137
 Орбитальный магнитный момент 364
 Остатбное поле 393
 Отклоняющий магнит 395, 396
 Параллельный *RLC* резонансный
 контур 292
 Парамагнетизм 349, 350, 372
 Пары рождение 19
 Переменного тока схема 271, 282—
 284
 — —, мощность и энергия 287—289
 Переменный ток 277 — 283
 Переходные явления в цепи
 переменного тока 278
 Пикофарада 112
 Поверхностный заряд, определение
 46
 — —, сила, действующая на него
 64—67
 Подвижность ионная 408, 409
 Полупроводник 96, 136, 138
 Полюс магнитный 352, 386
 Поляризации плотность 314
 Поляризация магнитная 373
 Поляризованная сфера 322—326
 Поляризованный цилиндр, его
 магнитное поле 381, 383
 Поляризуемости тензор 309
 — —, его симметрия 424
 Полярные молекулы 312, 313
 — —, их ориентация 337, 338
 Последовательная *RLC* цепь 271
 Постоянная времени *RC* цепи
 150
 — Планка 17, 370
 Постоянный магнит 387,
 393
 — —, его поле 353, 380—383
 — электрический дипольный момент
 310 — 313
 Потенциал 51—92
 — векторный 202—204, 250
 — двух точечных зарядов 58
 — заряженного диска 60—63
 — электрического диполя 300
 — Юкавы 404
 Потенциала коэффициенты 116
 Потенциалов разность,
 определение 53
 Потенциальная энергия 28,55
 — — системы зарядов 67—
 69
 Поток магнитный 235
 — электрического поля 38—
 43
 Потока трубка 236
 Преобразования электрического и
 магнитного полей 217
Пристли Джозеф 25
 Проводимость 126 — 131, 284—287
 — металлов 136 — 138
 — при наличии магнитного поля
 221—224
 Проводник 95 — 120
 — вблизи точечного заряда 104 —
 108
 — металлический, его парамагнетизм

- 372
- полый, электрическое поле внутри 104, 105
 - Проводящая среда в однородном поле 344, 406
 - Проводящий стержень, движущийся в магнитном поле 231—233
 - Пуассона уравнение 78
 - Равновесие в электростатическом поле 79
 - Реактанс индуктивный 277
 - Резонирующая полость как LC-контур 291
 - Резонансный контур 271—276
 - —, добротность 281, 282
 - — магнетрона 424
 - —, частота 277
 - Резонансный пик, его ширина 281, 283
 - Релаксационный метод 117, 118, 404, 405
 - Ротор 81—91
 - Ротор магнитного поля 201
 - поля скоростей 87, 88
 - Роуланд Генри* 221
 - Роуланда опыт 220, 222
 - Самоиндукция 252—254
 - L^{\wedge} -контур 254—256
 - Сантиметр как единица емкости 111
 - Сверхпроводимость 138
 - Свет, скорость распространения 25
 - Свободное пространство, его проницаемость
 - диэлектрическая 430
 - —, — — магнитная 431
 - Свободных зарядов плотность тока 383
 - Связанных зарядов плотность тока 383
 - — ток 340—342
 - СГС единицы 431, 432
 - Северный полюс, определение 352
 - Сила взаимодействия параллельных токов 195, 196
 - , действующая на движущийся заряд в электрическом поле 177—180
 - , — — магнитный диполь 381—383
 - , — — различные вещества в магнитном поле 347
 - , — — слой с током 212, 213
 - Силовые линии поля 35, 36, 353
 - Силы, закон преобразования 179, 180
 - Скалярная магнитная функция 382
 - потенциальная функция 382
 - Скорость носителей заряда 130
 - 134
 - света независимо от длины волны 25
 - Смещение электрическое D 331, 384
 - Соленоид, 208—210, 347
 - Сопротивление внутреннее элемента 149, 150
 - однородной проволоки 138
 - параллельно соединенных элементов схемы 141, 142
 - среды между концентрическими цилиндрами 139
 - Статвольт 53
 - Стационарные токи 124 — 126
 - Стокса теорема 83
 - Столкновения частиц 131—133
 - Суперпозиция, определение 24
 - полей соленоидов 413
 - потенциалов 57
 - электромагнитных волн 266, 267
 - Сферическое распределение зарядов 40,41
 - Температура, ее влияние на проводимость 139
 - Тензор 128, 218
 - молекулярной поляризуемости 423

- , поведение при вращении 423, 424
- Тесла (единица) 431
- Ток смещения 261, 262
- Тока плотность, определение 123
- Тока распределение, эквивалентное неоднородной намагниченности 379, 380
- —, — однородной намагниченности 376
- слой, его магнитное поле 211, 212
- —, сила, действующая на него 211, 212
- Токи, их флуктуации 133, 134
- параллельные, силы взаимодействия 196, 197
- переменные 149 — 152
- постоянные 124 — 126
- свободные и связанные 383, 384
- Толмэна — Стюарта опыт 410
- Тороидальная катушка 257, 415
- Точечный заряд вблизи проводящей плоскости 22, 107, 108
- Удельная магнитная восприимчивость 373
- Удельное сопротивление различных веществ 127, 129, 138
- Уравнение Лапласа 78, 79, 103
- — и упругая поверхность 407
- —, пример, вариационный метод 408
- —, —, метод релаксации 404, 405
- Фазовый угол 278, 282
- Фарада 111, 112, 150
- Фарадей Михаил* 156, 221, 263
- , открытие индукции 228—231
- Фарадея закон индукции 245
- Фейнман Ричард* 119
- Феноменологическая теория 350
- Ферромагнетизм 349, 350, 387 — 393
- Хлористого натрия решетка, ее электрическая энергия 30, 31
- Хлористый водород, электрический дипольный момент 311—313
- Холла эффект 222, 223, 217
- Цепей элементы 140
- Цепи 139 — 144
- *LC* 291
- *LR* 254—256
- *RC* 150
- *RLC* 273, 291
- —, мощность и энергия в них 287 — 289
- переменного тока 272, 282—284
- , постоянная времени 150, 256
- постоянного тока 413
- Цилиндры намагниченные 381
- параллельные, проводящие 406
- поляризованные 381
- Циркуляция вектора 81—83, 171
- Частота резонансная 275
- Эйнштейн Альберт* 157
- Эквивалентные схемы 411, 412
- Эквипотенциальная поверхность 58, 63
- Электрическая восприимчивость 321
- — и атомная поляризуемость 331 — 336
- проводимость 126 — 139
- — и закон Ома 126 — 128, 134 — 136
- — металлов 136 — 138
- — различных веществ 139
- Электрический заряд 17—46
- —, взаимодействие зарядов (закон Кулона) 22—25
- —, инвариантность 162 — 165
- —, квантование 20—22, 164
- — меньше e 21
- —, распределение 45, 295—298
- Электрический заряд, сохранение 19, 20, 125, 259
- Электрическое поле 32—35
- — бесконечного плоского слоя

зарядов 36
— — в поляризованном веществе 316
— — в проводнике 97
— — в различных системах
координат 165, 166
— — внутри полого проводника 104,
105
— —, вычисление по потенциалу 57
— —, графическое представление 33,
34
— — движущегося точечного заряда
170
— —, закон преобразования 169, 217,
218
— — заряженного диска 60—63
— — индуцированное 247
— —, интеграл по поверхности 40
Электрическое поле, линейный
интеграл в нем 51—53
— — макроскопическое 318
— — на поверхности проводника 99,,
100
— — непрерывного распределения
зарядов 36, 37
— —, поток его 38—43
— —, равновесие в нем 79
— —, теорема Гаусса 40—43
— — электрического диполя 300, 301
Электрического поля линии 35, 36,
353
Электродвижущая сила (э. д. с.) 145

— 149, 235
Электромагнит 395, 396
Электромагнитная индукция см.
Индукция
Электромагнитное поле,
преобразование 217, 218
Электромагнитные волны 264
Электрона спин 370—372
— —, влияние температуры на
ориентацию 374, 389
— — и магнитный момент 370, 388
Электронной орбиты диамагнетизм
368—370
— магнитный момент 364
Электростатика, определение 18
Электрические единицы (СГСЭ) 23
Электростатическое поле, законы
преобразования 169
— —, равновесие в нем 79
Элемент Вестона 146 —
148
— Вольта 145
Энергия, запасенная в емкости 116
—, — в магнитном поле 256—258
— кристаллической решетки 30,31
— системы зарядов 26 — 30
Эрстед, Ганс Христиан 156, 181, 230
Эрстед (единица H) 385, 431
Эффективное значение переменного
тока 288
Юкавы потенциал 400

ПРЕДИСЛОВИЕ ОБЩЕГО РЕДАКТОРА РУССКОГО ПЕРЕВОДА

Мы являемся свидетелями возникновения новых отраслей физики и все более глубокого проникновения ее во все области современной науки и техники. Возникает вопрос: как при этом правильно поставить преподавание общей физики, являющейся основой мировоззрения и специальных знаний будущего ученого и инженера. Что действительно важно понять и знать и чем можно пренебречь?

Вопросы об улучшении преподавания общего курса физики часто обсуждаются, однако принимаемые решения обычно не идут дальше очередного изменения программ. Одной из попыток создания современного курса общей физики были «Фейнмановские лекции по физике», получившие у нас заслуженное признание. Другая попытка радикального решения этой проблемы была предпринята в университете г. Беркли (США, Калифорния), где в 1961 г. был создан специальный комитет из ученых, поставивших своей целью создание учебника нового типа. Первые два тома этого учебника (механика, электричество и магнетизм) вышли в 1965 г., в последние годы закончено издание трех остальных томов (волны, квантовая и статистическая физика). Кроме того, три небольшие книги содержат описание тридцати шести работ Берклевской физической лаборатории, идейно связанной с новым общим курсом.

Создатели Берклевского курса стремились изложить в учебнике классическую физику, органически связав ее с основными идеями специальной теории относительности, квантовой физики и статистики, — именно в этом-то и заключены основные достоинства учебника.

Курс предназначен не только для физиков, но и для будущих инженеров, химиков и биологов. Объем его значительно превосходит даже претензии физиков и оставляет поэтому как преподавателю, так и студенту большую свободу в выборе материала.

Следует отметить прекрасную организацию курса. Превосходные рисунки, большое количество задач различной трудности (часто

из смежных с физикой областей), описание классических опытов и выдержки из оригинальных работ увеличивают ценность и привлекательность курса.

Инициатива перевода на русский язык Берклеевского курса физики в значительной степени принадлежит проф. С. П. Капице. Настоящий том отредактирован проф. А. О. Вайсенбергом.

Мы уверены, что Берклеевский курс физики окажется интересным и полезным широкому кругу учащихся и преподавателей.

А. И. Шальников

ПРЕДИСЛОВИЕ РЕДАКТОРА ПЕРЕВОДА II ТОМА

Второй том Берклеевского курса физики посвящен изложению основ электричества и магнетизма и следует за «Механикой». Автор этого тома, лауреат Нобелевской премии, профессор Э. Парселл, известен своими работами по ядерному магнитному резонансу и открытием линии 21 см в излучении межзвездного водорода.

В своем предисловии и в замечаниях для преподавателей автор разъяснил научную и методическую программу книги. Ее отличительной чертой является последовательное применение полученных при изучении механики законов преобразования специальной теории относительности к электромагнитному полю.

Намеченная Э. Парселлом программа выполнена с большим умением. Основные физические идеи рассмотрены автором весьма обстоятельно, а прикладные вопросы, часто включаемые в учебники, почти не рассматриваются. Иногда можно слышать, что в настоящее время объем знаний, которые должен усвоить и запомнить студент, необычайно возрос. Книга Э. Парселла показывает, что развитие науки увеличивает требования не к студенческой памяти, а к методам преподавания и к отбору материала.

Особенностью книги является большое количество интересных задач различной степени трудности. Задачи тесно связаны с текстом, часто являются его развитием и дополнением, и работа над ними не менее важна, чем изучение самого текста.

Редактор надеется, что книга окажется полезной и интересной не только для физиков первых курсов, но и для студентов других специальностей, а также для преподавателей средних и высших учебных заведений.

Перевод книги выполнен Н. В. Царевой (гл. 1—3, 6—10) и А. П. Гришиным (гл. 4, 5).

* * *

В настоящем втором издании книги устранены замеченные опечатки и погрешности первого издания. Кроме того, почти все задачи, имеющие численное решение, снабжены ответами.

А. О. Вайсенберг

ИЗ ПРЕДИСЛОВИЯ К БЕРКЛЕЕВСКОМУ КУРСУ ФИЗИКИ

Предлагаемый элементарный курс физики для колледжей рассчитан на двухлетнее обучение студентов, специализирующихся в естественных и технических науках. Намерение авторов состояло в том, чтобы представить элементарную физику, насколько возможно, в таком виде, в каком она используется самими физиками, активно работающими в этой науке. Мы пытались создать такой курс, в котором особое внимание было бы уделено основам физики и согласованному изложению фундаментальных идей специальной теории относительности, квантовой и статистической физики. Наш курс доступен любому студенту, который знает физику в объеме средней школы. Курс математики, состоящий из дифференциального и интегрального исчисления, должен изучаться параллельно.

В настоящее время в США подготавливается к печати несколько новых курсов физики для колледжей. Идея их создания занимала многих физиков; она явилась следствием прогресса в естественных и технических науках и возрастающих требований к преподаванию естественных наук в средней и высшей школах. Наш собственный курс был задуман в обсуждениях, проходивших в 1961 г. с Ф. Моррисоном из Корнелльского университета и Ч. Киттелем. Мы получили поддержку от Дж. Мэйса и его коллег из Национального научного фонда и У. Мишеля, который был тогда председателем комиссии по преподаванию физики в колледжах. Для руководства курсом на его начальных стадиях был организован неофициальный комитет. Вначале он состоял из Л. Альвареца, У. Фреттера, Ч. Киттеля, У. Найта, Ф. Моррисона, Э. Парселла, М. Рудермана и Дж. Захариаса. Комитет собрался впервые в мае 1962 г. в Беркли и наметил предварительные основы совершенно нового курса физики. Из-за большой занятости некоторых членов комитета состав его был частично изменен, и с января 1964 г. этот комитет включал нижеподписавшихся лиц. Участие других авторов указано в предисловиях к отдельным томам.

Предварительные обсуждения оказали существенное влияние на окончательный результат нашей работы. В этих обсуждениях были детально рассмотрены проблемы, которые, как мы считали, следует излагать начинающим студентам колледжа естественных