

И.И. Боргман

**Основания учения об
электрических и магнитных
явлениях. Часть 2**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 53
ББК 22.3
И11

И11 **И.И. Боргман**
Основания учения об электрических и магнитных явлениях. Часть 2 / И.И. Боргман – М.: Книга по Требованию, 2022. – 508 с.

ISBN 978-5-458-57824-0

ISBN 978-5-458-57824-0

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2022

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2022

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 первозданном 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.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

ГЛАВА XXV.

Магнитная энергія.

§§	СТРАН.
303. Работа, совершаемая при намагничении системы тѣлъ. Магнитная энергія системы тѣлъ	122
304. Стремленіе слабомангнитныхъ тѣлъ къ движенію въ магнитномъ полѣ	125
305. Выраженія внутреннихъ силъ натяженія и давленія, являющихся при намагничении изотропныхъ тѣлъ	127
306. Выдѣленіе тепла въ ферромагнитныхъ металлахъ при циклическихъ намагниченіяхъ ихъ	135

ГЛАВА XXVI.

Расчетъ намагниченія нѣкоторыхъ простыхъ ко формъ тѣлъ.

307. Магнитный потенциалъ однородно намагниченнаго тѣла	139
308. Магнитный моментъ однородно намагниченнаго тѣла	141
309. Магнитный потенциалъ однородно намагниченнаго шара и размагничивающая сила внутри его	142
310. Магнитный потенциалъ однородно намагниченнаго эллипсоида и размагничивающая сила внутри его	143
311. Намагниченіе однороднаго изотропнаго шара въ однородномъ магнитномъ полѣ	146
312. Намагниченіе однороднаго изотропнаго эллипсоида, помѣщеннаго въ однородное магнитное поле	148
313. Магнитная сила и магнитная индукція въ точкахъ, лежащихъ внутри однороднаго изотропнаго эллипсоида вращенія, находящагося въ однородномъ магнитномъ полѣ	150
314. Положеніе магнитныхъ полюсовъ въ однородно намагниченномъ эллипсоидѣ, имѣющемъ магнитную ось по направленію одной изъ своихъ осей	151
315. Магнитная сила въ точкахъ пространства, ограниченнаго сферическимъ слоемъ, подвергающимся намагниченію отъ дѣйствія внѣшнихъ причинъ. Магнитный экранъ	153
316. Намагниченіе однороднаго изотропнаго кольца (тора) при посредствѣ электрическаго тока, проходящаго по проволоцѣ, правильно обмотанной вокругъ кольца	156
317. Намагниченіе цилиндра. Распредѣленіе свободнаго магнетизма въ цилиндрическихъ магнитахъ	158
318. Распредѣленіе свободнаго магнетизма въ постоянныхъ стальныхъ магнитахъ	159

ГЛАВА XXVII.

Основныя свѣдѣнія относительно земнаго магнетизма.

319. Элементы земнаго магнетизма	161
320. Опредѣленіе магнитнаго склоненія	162
321. Опредѣленіе магнитнаго наклоненія	165
322. Опредѣленіе горизонтальной составляющей силы земнаго магнетизма	169
323. Опредѣленіе вертикальной составляющей силы земнаго магнетизма	175
324. Среднія величины элементовъ земнаго магнетизма	177

§§	СТРАН.
325. Измѣненія элементовъ земного магнетизма.	177
326. Среднія годовыя величины элементовъ земного магнетизма для нѣкоторыхъ пунктовъ Россіи и Европы	179
327. Магнитныя карты.	179
328. Основанія теоріи земного магнетизма, предложенной Гауссомъ	182
329. Магнитный экваторъ и магнитные полюсы земного шара.	184

ОТДѢЛЪ IV.

Электромagnetизмъ и электродинамика.

ГЛАВА XXVIII.

Взаимодѣйствіе электрическихъ токовъ и магнитовъ.

330. Дѣйствіе электрическаго тока на магнитную стрѣлку. Открытіе Эрстада.	188
331. Дѣйствіе на проводникъ съ электрическимъ токомъ другого проводника съ токомъ, дѣйствіе на него земного шара и магнита. Правило Ампера для дѣйствія электрическаго тока на магнитную стрѣлку	190
332. Намагниченіе желѣза и стали электрическимъ токомъ	192
333. Опыты Біо и Савара	193
334. Дѣйствіе элемента тока на магнитный полюсъ. Законъ Лапласа—Біо—Савара.	197
335. Дѣйствіе замкнутаго тока на магнитный полюсъ	200
336. Дѣйствіе очень длиннаго прямолинейнаго тока на магнитный полюсъ	201
337. Дѣйствіе кольцевого проводника съ электрическимъ токомъ на магнитный полюсъ, находящійся въ точкѣ на оси кольца	202
338. Мультипликаторъ. Астатическая система магнитныхъ стрѣлокъ. Астатическій гальванометръ В. Томсона. Бронированный гальванометръ Дю-Буа и Рубенса	204
339. Тангенсъ-гальванометры	210
340. Дѣйствіе магнитнаго полюса на элементъ электрическаго тока	215
341. Вращеніе проводника съ токомъ около магнита	220
342. Дѣйствіе магнитнаго поля, создаваемого какою-либо причиною, на элементъ тока. Дѣйствіе однороднаго магнитнаго поля на прямолинейный проводникъ съ токомъ.	222
343. Магнитное дѣйствіе электрическаго заряда, находящагося въ движеніи.	224
344. Сила тока, эквивалентнаго электрической конвекціи	232

ГЛАВА XXIX.

Взаимодѣйствіе электрическихъ токовъ.

345. Элементарный электродинамическій законъ Ампера	233
346. Электродинамическая единица силы тока	241
347. Электродинамическое дѣйствіе между двумя параллельными прямолинейными проводниками съ токами.	242
348. Электродинамическое дѣйствіе замкнутаго тока на элементъ тока	244
349. Электродинамическое дѣйствіе между двумя замкнутыми проводниками съ токами.	246
350. Дѣйствіе очень малаго замкнутаго тока на элементъ тока	248
351. Дѣйствіе электродинамическаго соленоида на элементъ тока	251

§§	СТРАН.
352. Дѣйствіе одного соленоида на другой	253
353. Эквивалентность магнитныхъ и электромагнитныхъ дѣйствій дѣйствіямъ электродинамическимъ. Представленіе Ампера о магнитахъ	255
354. Опытная повѣрка электродинамическаго закона Ампера. Опыты Вебера	259
355. Электродинамометръ, какъ приборъ для измѣренія силы тока	265
356. Абсолютный электродинамометръ и электродинамическіе вѣсы	267
357. Формулы Грассмана и Неймана для выраженія элементарнаго электродинамическаго дѣйствія	272
358. Теорія электродинамическихъ явленій, предложенная Веберомъ	273

ГЛАВА XXX.

Магнитныя дѣйствія токовъ и дѣйствія на нихъ магнитнаго поля.

359. Замѣна замкнутыхъ электрическихъ токовъ двойными магнитными слоями	275
360. Магнитныя силовыя линіи около прямолинейнаго тока. Зависимость магнитной силы очень длиннаго прямолинейнаго тока отъ разстоянія между магнитнымъ полюсомъ, испытывающимъ эту силу, и токомъ. Опытъ Максвелла	278
361. Магнитный потенциалъ очень длиннаго (безконечно длиннаго) прямолинейнаго тока	280
362. Теорема Стокса	282
363. Магнитный потенциалъ замкнутаго тока	285
364. Эквивалентность замкнутаго тока и двойнаго магнитнаго слоя	288
365. Абсолютная электромагнитная единица силы тока	289
366. Работа, совершаемая при передвиженіи единицы количества сѣвернаго магнетизма въ пространствѣ, въ которомъ находится замкнутый токъ, изъ данной точки по замкнутому пути обратно въ первоначальное положеніе	291
367. Многозначность функціи, выражающей магнитный потенциалъ замкнутаго тока	294
368. Магнитныя силовыя линіи тока	295
369. Уравненія электрическаго тока, данныя Максвелломъ	295
370. Механическое дѣйствіе магнитнаго поля на замкнутый токъ	298
371. Дѣйствіе магнитнаго поля на элементъ тока	301
372. Выраженія проекцій на координатныя оси электромагнитной силы, отнесенной къ единицѣ объема	302
373. Дѣйствіе между замкнутыми токами	303
374. Выраженіе элементарнаго электродинамическаго закона Ампера въ случаѣ, когда силы токовъ выражаются въ абсолютныхъ электромагнитныхъ единицахъ (системы C. G. S.).	306
375. Электродинамическій потенциалъ	306

ГЛАВА XXXI.

Нѣкоторые частные случаи магнитныхъ дѣйствій тока.

376. Магнитный потенциалъ круговаго тока	307
377. Магнитныя силы круговаго тока	310
378. Моментъ вращенія, испытываемый отъ дѣйствія круговаго тока ко-	

§§	СТРАНИ.
роткою магнитною стрѣлкою, середина которой находится на оси этого кругового тока	311
379. Сила, съ какою дѣйствуетъ короткая, приготовленная изъ тонкой проволоки, катушка съ проходящимъ по ней токомъ на магнитный полюсъ, находящійся на оси катушки или очень близко отъ этой осп	312
380. Магнитная сила отъ тока, проходящаго по длинной прямой катушкѣ, состоящей изъ одного слоя оборотовъ тонкой проволоки	314
381. Магнитная сила внутри кольцевой обмотки съ токомъ	316
382. Сила, испытываемая прямолинейнымъ проводникомъ съ токомъ отъ дѣйствія однороднаго поля	319
383. Моментъ вращенія около вертикальной оси, испытываемый вертикальною проволочною рамкою, подвѣшенною на нити въ однородномъ магнитномъ полѣ	319
384. Взаимодѣйствіе двухъ круговыхъ токовъ	320

ГЛАВА XXXII.

Измѣреніе кратковременныхъ токовъ.

385. Баллистическій гальванометръ безъ успокоителя	325
386. Колебанія магнита при дѣйствіи на послѣдній успокоителя	327
387. Баллистическій гальванометръ съ успокоителемъ	331
388. Способъ отбрасыванія	333
389. Опредѣленіе малыхъ количествъ электричества, соответствующихъ кратковременнымъ токамъ, проходящимъ черезъ баллистическій гальванометръ. Мультипликаціонный способъ	335
390. Баллистическіе гальванометры (амметры) съ магнитнымъ полемъ, возбуждаемымъ постояннымъ подковообразнымъ магнитомъ	337

ГЛАВА XXXIII.

Способы опытнаго опредѣленія напряженія магнитнаго поля и коэффициентовъ намагниченія.

391. Опредѣленіе напряженія поля земнаго магнетизма	340
392. Опредѣленіе напряженія магнитнаго поля между полюсными поверхностями электромагнита	340
1) Способъ баллистическаго гальванометра	340
2) Способъ лорда Кельвина, основанный на механическомъ дѣйствіи магнитнаго поля на проводникъ съ токомъ	348
3) Способъ, основанный на явленіи магнитнаго вращенія плоскости поляризаціи свѣта	350
4) Способъ, основанный на измѣненіи электрическаго сопротивленія висмута подъ вліяніемъ магнитнаго поля	351
5) Способъ Квинке, основанный на поднятіи магнитной жидкости въ трубкѣ, когда уровень жидкости помѣщается въ срединѣ магнитнаго поля электромагнита	352
393. Вычисленіе напряженія магнитнаго поля внутри длинной катушки и магнитной силы, дѣйствующей внутри какого-либо изотропнаго тѣла	352
394. Важнѣйшіе способы опытнаго опредѣленія величинъ, характеризующихъ магнитныя свойства тѣлъ	353

1) Магнетометрический способ	353
2) Баллистический способ	355
3) Способ Гопкинсона	358
4) Способ магнитного перешейка (Isthmus method)	360
5) Оптический способ Дюбуа	363
6) Способ отрывания. Пермеаметръ и магнитные вѣсы	365
7) Способ, основанный на механическомъ дѣйствіи неоднороднаго магнитнаго поля на находящееся въ этомъ полѣ изслѣдуемое тѣло	367
8) Способъ Квинке для изслѣдованія магнитныхъ свойствъ жидкостей и газовъ	369
9) Способы изслѣдованія относительной магнитной восприимчивости слабомагнитныхъ и діаманитныхъ тѣлъ	370

ГЛАВА XXXIV.

Нѣкоторые результаты опытныхъ изслѣдованій магнитныхъ свойствъ тѣлъ.

395. Ферромагнитныя тѣла	372
а) Желѣзо	373
б) Никкель и кобальтъ	382
в) Сплавы ферромагнитныхъ металловъ съ другими металлами	384
г) Сплавы ферромагнитныхъ металловъ	384
е) Ферромагнитные сплавы, состоящіе изъ слабомагнитныхъ металловъ	385
ф) Ферромагнитные минералы	387
396. Вліяніе температуры на магнитныя свойства ферромагнитныхъ металловъ	388
397. Вліяніе механическихъ дѣйствій на магнитныя свойства желѣза, стали, никкеля и кобальта	390
398. Измѣреніе гистерезиса	393
399. Постоянные магниты	395
400. Электромагниты	397
401. Парамагнитныя и діаманитныя тѣла	401

ГЛАВА XXXV.

Явленія, возникающія подъ вліяніемъ магнитныхъ силъ.

402. Измѣненіе размѣровъ и формы тѣлъ при намагниченіи (Магнетострикція)	410
403. Вліяніе магнитнаго поля на электрическое сопротивленіе проводниковъ	418
404. Вліяніе магнитнаго поля на теплопроводность и на нѣкоторые другія физическія свойства тѣлъ	423
405. Явленіе Холла	424
406. Тепловое явленіе Холла. Термомагнитныя и гальваномагнитныя явленія	435
407. Магнитное вращеніе плоскости поляризаціи свѣта	438
408. Явленіе Зеемана	451
409. Явленіе Штарка	459
410. Магнитное явленіе Керра	460
411. Двойное лучепреломленіе въ магнитномъ полѣ	462

ГЛАВА XXXVI.

Кинетическая теорія магнетизма, развитая Ланжевеномъ и Вейсомъ.

§§	СТРАН.
412. Теорія Ланжевена.	465
413. Теорія Вейсса. Молекулярное поле .	475
414. Магнетонъ.	482
Именной указатель . .	486
Предметный указатель .	492

Предисловіе.

Второй томъ «Основаній ученія объ электрическихъ и магнитныхъ явленіяхъ» былъ почти полностью подготовленъ къ печати покойнымъ Иваномъ Ивановичемъ Боргманомъ. При его жизни было напечатано 14 листовъ. Остальной матеріалъ пришлось печатать послѣ его смерти. Мнѣ было поручено редактированіе, но матеріалъ былъ въ такомъ обработанномъ видѣ, что требовались лишь самыя незначительныя вставки.

Рукопись Ивана Ивановича оборвалась на вопросѣ о магнитномъ вращеніи плоскости поляризаціи. Начиная съ § 407 главы XXXV изложеніе вопросовъ о магнитномъ вращеніи плоскости поляризаціи, о явленіяхъ Зеемана, Штарка и Керра и о двойномъ лучепреломленіи въ магнитномъ полѣ принадлежитъ Карлу Карловичу Баумгарту. Имъ же составлена и XXXVI глава о работахъ по магнетизму Ланжевена и Вейсса.

Н. Булаковъ.

Отдѣлъ III.

Магнетизмъ.

ГЛАВА XXI.

Основныя свѣдѣнія.

255. Магниты, магнитное поле, свойства и возникновеніе послѣдняго. Наиболѣе характерный признакъ, по которому мы называемъ какое-либо тѣло *магнитомъ*, заключается въ способности этого тѣла притягивать къ себѣ желѣзо и въ свою очередь притягиваться послѣднимъ. Но, кромѣ этого свойства, магниты обладаютъ и другими особенностями.

Магниты дѣйствуютъ механически другъ на друга, притягиваясь или отталкиваясь своими концами. Такое дѣйствіе между магнитами проявляется иной разъ даже тогда, когда они находятся на значительномъ разстояніи одинъ отъ другого. Помѣщенные между ними какія-либо другія тѣла (только не желѣзные, чугуныя или стальныя массы) не оказываютъ, повидимому, вліянія на это дѣйствіе. Однако болѣе точныя изслѣдованія обнаруживаютъ, что подобное взаимодѣйствіе магнитовъ, при сохраненіи всѣхъ прочихъ условій одинаковыми, измѣняется вмѣстѣ съ измѣненіемъ среды, въ которой наблюдается это дѣйствіе. *Вліяніе окружающей среды на величину силы отталкиванія или притяженія между магнитами несомнѣнно существуетъ, хотя оно вообще очень мало.*

Магниты подвержены особому вліянію на нихъ земли, что заставляетъ насъ разсматривать и самую землю, т.-е. весь земной шаръ, какъ большой магнитъ.

Сильные магниты (точнѣе—*сильные электромагниты*) дѣйствуютъ механически на *всѣ* тѣла природы: они притягиваютъ нѣкоторыя изъ

этих тѣлъ и отталкиваютъ другія. Кромѣ этого магниты производятъ замѣтныя измѣненія въ различныхъ физическихъ свойствахъ тѣлъ, помѣщенныхъ по близости къ нимъ. Такое измѣненіе обнаруживается и въ тепловыхъ, и въ свѣтовыхъ, и въ электрическихъ свойствахъ. Въ желѣзѣ, никкелѣ и кобальтѣ возможно даже наблюдать измѣненіе размѣровъ, когда эти металлы подвергаются дѣйствию очень сильнаго магнита.

Принимая во вниманіе разнообразныя явленія, замѣчаемыя вблизи магнитовъ и даже тогда, когда эти магниты находятся въ наиболѣе совершенной пустотѣ, мы можемъ прійти къ предположенію, что непосредственная причина всѣхъ этихъ явленій заключается въ особыхъ измѣненіяхъ, деформацияхъ, какія претерпѣваетъ эфиръ, заполняющій собою пространство, окружающее магниты. Такое пространство вокругъ магнита, гдѣ обнаруживаются дѣйствія этого магнита, гдѣ возникаютъ *«магнитныя силы»*, носить названіе *«магнитнаго поля»*.

Магнитное поле со всѣми его отличительными свойствами возможно получить и безъ употребленія магнитовъ. Всякій проводникъ, по которому проходитъ электрическій токъ, производитъ въ окружающемъ пространствѣ многія изъ тѣхъ явленій, какія возбуждаются и подъ вліяніемъ магнита. Итакъ, *проводникъ съ токомъ окруженъ, какъ и магнитъ, магнитнымъ полемъ*.

Между обыкновеннымъ магнитомъ и проводникомъ съ токомъ получается качественно полная аналогія во всѣхъ внѣшнихъ дѣйствіяхъ, когда проводникъ представляетъ собою катушку, имѣющую по внѣшности форму, подобную формѣ магнита и приготовленную изъ проволоки, при чемъ отдѣльные обороты этой проволоки изолированы одинъ отъ другого. Разница между дѣйствіями такой катушки съ токомъ и подобнымъ ей магнитомъ наблюдается только въ пространствѣ, находящемся внутри катушки, и въ соотвѣтственномъ объемѣ въ магнитѣ. Такъ, напр., прямая катушка, по которой проходитъ токъ, и цилиндрическій полый магнитъ качественно подобны другъ другу во всѣхъ дѣйствіяхъ, какія получаютъ отъ нихъ *во внѣшнемъ* пространствѣ. Но дѣйствія катушки и магнита не одинаковы въ объемахъ, заключенныхъ *внутри* оборотовъ катушки и *внутри* полаго цилиндра.

Всѣ магнитныя или, какъ ихъ принято называть, *электромагнитныя* дѣйствія катушки съ проходящимъ по ней электрическимъ токомъ количественно значительно увеличиваются, когда внутрь такой катушки помѣщается желѣзный стержень или пучокъ желѣзныхъ проволокъ, т.-е. когда устраивается *электромагнитъ*. Желѣзный стержень или пучокъ желѣзныхъ проволокъ обращаются при этомъ въ магниты, т.-е. пріобрѣтаютъ всѣ свойства обыкновенныхъ магнитовъ. *Электромагниты* при соотвѣствующихъ размѣрахъ катушки и желѣзныхъ *сердечниковъ* и при соотвѣствующихъ силахъ тока могутъ значительно превосходить по своимъ дѣйствіямъ самые сильные обыкно-