

**Д.К. Максвелл**

**Трактат об электричестве и  
магнетизме. Том 1**

**Классики науки**

**Москва  
«Книга по Требованию»**

УДК 53  
ББК 22.3  
Д11

Д11 **Д.К. Максвелл**  
Трактат об электричестве и магнетизме. Том 1: Классики науки / Д.К. Максвелл – М.: Книга по Требованию, 2013. – 416 с.

**ISBN 978-5-458-33151-7**

Выпуск в свет перевода «Трактата об электричестве и магнетизме» Д. К. Максвелла — необходимое (хотя и несколько запоздалое) пополнение русской научной библиотеки. С точки зрения научной информации мировое сообщество становится все менее и менее многоязычным, и уже сейчас представитель любой страны оказывается в состоянии принимать полноценное участие в научно-образовательном и творческом процессе, опираясь всего лишь на два-три языка, к числу которых относится и русский. «Трактат» Максвелла составляет неперенную часть этого наследия: он принадлежит к тем выдающимся произведениям цивилизации, которые, подобно «Началам» Ньютона, произвели крупномасштабные изменения в развитии естествознания и не только в части проникновения в тайны мироздания, но и в отношении совершенствования способов мышления, принципов «понимания понимания», новых подходов к методам познания природы.

**ISBN 978-5-458-33151-7**

© Издание на русском языке, оформление  
«YOYO Media», 2013

© Издание на русском языке, оцифровка,  
«Книга по Требованию», 2013

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.







## ВМЕСТО ПРЕДИСЛОВИЯ

Выпуск в свет перевода «Трактата об электричестве и магнетизме» Д. К. Максвелла — необходимое (хотя и несколько запоздалое) пополнение русской научной библиотеки. С точки зрения научной информации мировое сообщество становится все менее и менее многоязычным, и уже сейчас представитель любой страны оказывается в состоянии принимать полноценное участие в научно-образовательном и творческом процессе, опираясь всего лишь на два-три языка, к числу которых относится и русский. В связи с этим на нашу науку накладываются определенные обязательства — создавать людям, избравшим русский язык в качестве основного, достаточно полное культурное обеспечение, включающее в себя возможность знакомства со всемирным наследием классиков естествознания. «Тракtrat» Максвелла составляет непреходящую часть этого наследия: он принадлежит к тем выдающимся произведениям цивилизации, которые, подобно «Началам» Ньютона, произвели крупномасштабные изменения в развитии естествознания и не только в части проникновения в тайны мироздания, но и в отношении совершенствования способов мышления, принципов «понимания понимания», новых подходов к методам познания природы.

Публиковавшиеся ранее отдельные главы «Трактата» и несколько вариантов перевода Предисловия, конечно же, не могли утолить любознательность и удовлетворить потребность как историков науки, так и просто тех ее тружеников, кто в своих профессиональных продвижениях привык общаться непосредственно с классиками, извлекать из первоисточников поучительные уроки творческих блужданий и терпеливого напряжения мыслей, сосредоточенных в главных направлениях поиска.

Тем более, что «Тракtrat» являет собой пример первого в истории физики объединения ранее разрозненных концепций в единую систему. Речь идет об электричестве, магнетизме и оптике. Сейчас, когда физики всех стран предпринимают штурм всеобщего объединения взаимодействий, «Тракtrat» обретает дополнительный, поучительный интерес, как первый (и сразу удачный!) опыт на этом пути. Удивительно и другое. В свое время «Тракtrat» считался по ряду причин необычно сложным даже для профессионалов, — в частности, многие читатели затруднялись в оценке его целостности и окончательности. В какой-то мере их нерасположение можно понять. Максвелл писал «Тракtrat» так, как читал лекции, творя по ходу изложения, не страшась излишеств или незавершенностей. Зато сейчас,

с высоты нашей электродинамической образованности, такая «рукопись» «Трактата» представляется нам даже выигршной.

Инициатива перевода «Трактата» Максвелла исходила от Петра Леонидовича Капицы. Он предполагал даже написать предисловие к русскому изданию. К сожалению, это уже не может быть исполнено: П. Л. Капица ушел из жизни, и мы не знаем, как он оценил бы нашу работу сейчас, по ее завершении. Только из-за этой неуверенности мы не решились посвятить свою работу его памяти. Отношение Петра Леонидовича Капицы к «Трактату» не в последнюю очередь определялось еще и тем, что он много лет проработал в Кавендишской лаборатории, и если бы обстоятельства сложились иначе, то П. Л. Капица стал бы Кавендишским профессором после Э. Резерфорда. Напомним, что первым Кавендишским профессором и основателем Кавендишской лаборатории был сам Максвелл.

Перевод выполнен с третьего английского издания 1891 г. Оно несколько отличается от двух предшествующих, первое из которых было выпущено в 1873 г. самим Максвеллом, а второе, посмертное, отредактировано проф. У. Нивеном. Редактором третьего издания, приобретшего репутацию канонического, был Д. Д. Томсон.

Трактат состоит из двух томов. Каждому тому предпослано содержание, где приводятся пояснения (в виде ключевых мыслей) соответствующих параграфов (пунктов). Сами же параграфы в тексте трактата пронумерованы непрерывно и — за редким исключением — никак не озаглавлены; названиями снабжены только части (их четыре) и главы. Первый том объединяет Электростатику (часть I) и Постоянные токи (часть II), второй том — Магнитостатику (часть III) и Электродинамику (часть IV). Максвелловская структура «Трактата» сохранена с той нетронутостью, с которой это вообще можно сделать при переводе с одного языка на другой. Это относится и к предметно-именному указателю, составленному самим Максвеллом весьма своеобразно, указатель не подчинен какому-либо единому правилу.

Далее, чтобы не отвлекать читателя от последовательного восприятия собственно максвелловского текста, мы перенесли в конец второго тома предисловия ко второму и третьему изданию, написанные соответственно Нивеном и Томсоном. Там же помещены комментарии и редакторское послесловие, где даны пояснения особенностей (структурных, стилистических, научных) «Трактата» и тех принципов, которых мы придерживались при его переводе.

В работе над русским текстом «Трактата» участвовала «небольшая бригада» переводчиков и редакторов. Мы стремились как-то сгладить разнородности манер и сохраняем иллюзии, что читатель не обнаружит стилистического разнобоя в главах, переведенных разными людьми. Над электростатическим разделом



---

«Трактата» работал И. Л. Бурштейн, широко образованный и эрудированный физик, знаток электродинамики, имевший большой опыт перевода научной и научно-исторической литературы. Но ему не суждено было увидеть результаты этого его труда: он скончался незадолго до выпуска «Трактата» в свет. Токовый раздел переведен Б. М. Болотовским, а весь второй том, равно как Предварительная глава и вся сопутствующая основному тексту «атрибутика» — М. А. Миллером и Е. В. Суворовым.

Редакторы и переводчики надеются на жизнеспособность максвелловского «Трактата» на русском языке.

*Редакторы и переводчики*

Март 1989 г.

## ПРЕДИСЛОВИЕ К ПЕРВОМУ ИЗДАНИЮ

Тот факт, что у некоторых тел после их натирания появляется способность притягивать другие тела, был известен еще в древности. В наше время обнаружено множество других разнообразных явлений и установлено, что они связаны с этими явлениями притяжения. Все они были отнесены к классу *Электрических* явлений, названных по имени янтаря — ἤλεκτρον (электрон) — вещества, для которого было впервые дано их описание.

Давно известно также, что феномен действия на расстоянии проявляют и другие тела, в частности магнитный железняк или куски железа и стали, подвергнутые определенной обработке. Оказалось, что эти явления вместе с другими им родственными явлениями отличаются от электрических; они были отнесены к классу явлений *Магнитных*, поскольку в фессальской магнезии был обнаружен магнитный железняк — μαγνήτις (магнес).

В дальнейшем было установлено, что явления этих двух классов связаны между собой, и эти связи между различными явлениями обоих классов, насколько их удалось выявить, составили содержание учения об электромагнетизме.

В нижеследующем трактате я намерен описать наиболее важные из этих явлений, показать, как они могут быть подвергнуты измерениям, а также проследить математические связи между измеряемыми величинами. Получив таким образом данные для математической теории электромагнетизма и показав, как эта теория может быть применена к расчету явлений, я постараюсь ясно, насколько смогу, осветить взаимосвязи между математической формой этой теории и математической формой основополагающей науки Динамики, чтобы в какой-то мере подготовиться к выделению того класса динамических явлений, среди которого следует искать иллюстрации или объяснения явлений электромагнитных.

При описании явлений я буду отбирать те из них, которые наиболее отчетливо иллюстрируют основные идеи теории, опуская другие явления или откладывая их рассмотрение до той поры, пока читатель не станет более подготовленным.

С математической точки зрения наиболее важным понятием при рассмотрении любого явления является понятие измеряемой величины. Поэтому я буду подходить к электрическим явлениям главным образом с точки зрения их измеримости, описывая методы измерения и определяя эталоны, от которых они зависят.

Применяя математику для вычисления электрических величин, я буду стараться в первую очередь делать наиболее общие выводы из данных, имеющихся в нашем распоряжении, и уже на следующем этапе применять полученные результаты к избранным простейшим случаям. Я буду по возможности избегать касаться

тех вопросов, которые, хотя и способствовали выявлению искусности математиков, но не расширили наших научных познаний.

Внутренние взаимосвязи различных отраслей науки, которую нам предстоит изучить, более многочисленны и сложны, чем у любой другой из развитых до сих пор наук. Ее внешние связи, с одной стороны, с динамикой, а с другой — с теплотой, светом, химическим действием и строением тел, по-видимому, указывают на особую важность науки об электричестве, как подспорья в истолковании природы.

Поэтому мне кажется, что изучение электромагнетизма во всей его полноте приобрело сейчас первостепенное значение, являясь средством стимулирования прогресса науки.

Математические законы явлений обоих классов разработаны в значительной степени удовлетворительно.

Исследованы также и связи между этими классами явлений, а вероятность того, что экспериментальные законы обладают строгой точностью, значительно возросла благодаря более широким знаниям об их соотношениях друг с другом.

Наконец, удалось достигнуть известного прогресса в сведении электромагнетизма к динамике, показав, что ни одно электромагнитное явление не противоречит предположению о том, что оно определяется чисто динамическим действием.

Однако все, что было сделано до сих пор, никоим образом не истощило поля деятельности в области электричества, а скорее открыло его, указав на объекты для изучения и снабдив нас средствами исследований.

Вряд ли необходимо распространяться о полезности результатов исследований по магнетизму для навигации, о важности знания истинного направления стрелки компаса и влияния железа на корабле. Но усилия тех людей, которые посредством магнитных наблюдений старались сделать навигацию более надежной, одновременно значительно ускорили прогресс чистой науки.

Гаусс, будучи членом Германского магнитного союза, вложил свой могучий интеллект в теорию магнетизма и методы его наблюдения. И он не только многое привнес в наше знание теории притяжений, но и перестроил всю науку о магнетизме в отношении используемых приборов, методов наблюдения и расчета результатов, так что его труды по земному магнетизму могут быть взяты за образец физического исследования для всех, кто занимается измерением любых сил в природе.

Важные применения электромагнетизма в телеграфии также оказали обратное воздействие на чистую науку, придав точным электрическим измерениям коммерческую ценность и предоставив возможность исследователям в области электричества использовать аппаратуру в масштабах, значительно превышающих мас-

штабы обычной лаборатории. Этот спрос на знания по электричеству, а также экспериментальные возможности их приобретения уже возымели весьма значительные последствия как для стимулирования активности передовых исследователей в области электричества, так и для распространения среди практиков такой степени точности знания, которая, видимо, должна привести к общему научному прогрессу всей инженерной профессии.

Существует несколько трактатов, где электрические и магнитные явления изложены популярно. Однако они не отвечают потребностям тех людей, которые лицом к лицу сталкиваются с величинами, подлежащими измерениям, и чей ум не остается удовлетворенным опытами в лекционном зале.

Существует также масса математических работ, представляющих огромную важность для науки об электричестве, но они упрятаны в объемистых трудах ученых обществ; они не образуют единой связанной системы, очень неравноценны по своим достоинствам и в большинстве своем находятся за пределами понимания кого бы то ни было, кроме признанных (professed) математиков.

Поэтому я полагал, что будет полезен трактат, который имел бы главной своей задачей охват всего предмета в целом с общей методической позиции, трактат, в котором было бы указано, как каждая часть этого предмета становится доступной проверке путем действительных измерений.

Общее построение трактата существенно отличается от построения нескольких превосходных трудов по электричеству, в большинстве своем опубликованных в Германии. Может показаться даже, что я несправедливо поскупился отдать должное исследованиям некоторых знаменитых ученых в области электричества и математики. Одна из причин состоит в том, что, прежде чем начать изучение электричества, я решил не читать никаких математических работ по этому предмету, пока не проштудирую вначале «Экспериментальные исследования по электричеству» Фарадея («Experimental Researches in Electricity»).

Мне было известно, что между пониманием явлений Фарадеем и математиками предполагается существование таких различий, что ни он, ни они не были удовлетворены языком друг друга. У меня было также убеждение в том, что это расхождение не возникло вследствие чьей-либо неправоты. Впервые меня убедил в этом сэр Уильям Томсон<sup>1</sup>, советам и помощи которого, равно как и его опубликованным работам, я обязан большей части знаний, приобретенных мною по данному предмету.

По мере изучения Фарадея я осознал, что его подход к пониманию явлений тоже является математическим, хотя и не представлен в общепринятой форме

---

<sup>1</sup> Я пользуюсь случаем выразить свою признательность сэру У. Томсону и профессору Тэту (Tait) за многие ценные предложения, сделанные во время печатания этой книги.

через математические символы. Я нашел также, что его методы могут быть выражены в обычных математических формах и, таким образом, сопоставлены с методами признанных математиков.

Так, например, Фарадей своим мысленным взором видел пронизывающие все пространство силовые линии там, где математики видели центры сил, притягивающие на расстоянии. Фарадей видел среду там, где они не видели ничего, кроме расстояния. Фарадей усматривал местонахождение явлений в тех реальных процессах, которые происходят в среде, а они довольствовались тем, что нашли его в силе (power) действия на расстоянии, которая прикладывается к электрическим жидкостям.

Когда я облек все то, что считал идеями Фарадея, в математическую форму, то обнаружил, что в целом результаты обоих подходов совпадают, так что оба метода объясняют одни и те же явления и выводят одни и те же законы действия; но методы Фарадея напоминают те, в которых, начиная с общего, путем анализа приходят к частному, тогда как обычные математические методы основаны на принципе отправления от частного и построения общего путем синтеза.

Я обнаружил также, что некоторые из наиболее плодотворных методов исследования, открытых математиками, могли бы быть выражены в терминах представлений, заимствованных у Фарадея, значительно лучше, чем они выражались в их оригинальной форме.

Так; например, вся теория потенциала, рассматриваемого в качестве некоторой величины, удовлетворяющей определенному дифференциальному уравнению в частных производных, по существу относится к методу, названному мною фарадеевским. Согласно же другому методу потенциал, если его вообще следует вводить, должен рассматриваться как результат суммирования зарядов электризованных частиц, каждый из которых поделен на его расстояние до заданной точки. Поэтому многие из математических открытий, сделанных Лапласом, Пуассоном, Грином и Гауссом, занимают должное место в этом трактате и находят соответствующее свое выражение на языке представлений, в основном заимствованных у Фарадея.

Огромный прогресс учения об электричестве был достигнут главным образом в Германии благодаря тем, кто культивировал теорию действия на расстоянии. Ценные электрические измерения Вебера интерпретируются им в соответствии с этой теорией, а электромагнитные воззрения, которые исходили от Гаусса и были продолжены Вебером, И. и К. Нейманами, Лоренцом и другими, опирались на теорию действия на расстоянии, но, правда, действия, зависящего либо непосредственно от относительной скорости частиц, либо от постепенного распространения чего-либо — потенциала или силы — от одной частицы к другой. Тот большой успех, которого достигли эти выдающиеся люди в применении матема-

тики к электрическим явлениям, придает, и это естественно, дополнительный вес их теоретическим построениям, и поэтому те, кто при изучении электричества обращаются к ним, как к величайшим авторитетам в области математической теории электричества, должны бы, вероятно, впитать в себя, наряду с их математическими приемами, также и их физические гипотезы.

Эти физические гипотезы, однако, совершенно чужды принятому мною взгляду на вещи. Одна из целей, которую я преследую, состоит в том, чтобы дать возможность людям, пожелавшим изучить электричество, увидеть, читая этот трактат, что существует и другой способ рассмотрения данного предмета, не менее пригодный для объяснения явлений, и хотя местами, как может показаться, менее определенный, но, я думаю, более достоверно соответствующий нашим истинным знаниям как в том, что утверждается, так и в том, что остается неразрешенным.

Более того, с общенаучной (philosophical) точки зрения было бы очень важно провести сравнение этих двух методов — ведь каждый из них преуспел в объяснении главных электромагнитных явлений, в рамках обоих методов была предпринята попытка объяснить распространение света как явления электромагнитного и фактически вычислена его скорость. В то же время их основные взгляды на то, что происходит в действительности, а также большая часть вторичных предположений о соответствующих величинах коренным образом различаются.

Поэтому я принял на себя скорее роль адвоката, чем судьи, и скорее проиллюстрировал примерами один из этих методов, чем пытался дать беспристрастное описание обоих. Я не сомневаюсь в том, что метод, названный мною немецким, также найдет себе сторонников и будет изложен с мастерством, достойным его изобретательности.

Я не пытался дать исчерпывающего перечисления электромагнитных явлений, экспериментов и приборов. Изучающим эти предметы и желающим прочитать все известное о них большую помощь окажет «Трактат об электричестве» профессора А. де ля Рива (A. de la Rive, «Traité d'Electricité»), а также несколько немецких трактатов, таких, как «Гальванизм» Видемана (Wiedemann, «Galvanismus»), «Электризация трением» Рисса (Riess, «Reibungselektricität»), «Введение в электростатику» Бэра (Beer, «Einleitung in die Elektrostatik») и др.

Я почти целиком ограничивался математической трактовкой предмета, но рекомендовал бы изучающему его, после того как он усвоит — по возможности экспериментально, — какие явления следует наблюдать, внимательно прочитать «Экспериментальные исследования по электричеству» Фарадея. Он найдет там строго современный исторический отчет о некоторых величайших открытиях и исследованиях в области электричества, выполненных в том порядке и в той последовательности, которые едва ли могли быть улучшены, даже если заранее были бы известны их результаты; они изложены языком человека, который уде-