

В. Ф. Миткевич

Магнитный поток и его преобразование

Физика

Москва
«Книга по Требованию»

УДК 53
ББК 22.3
В11

В11 **В. Ф. Миткевич**
Магнитный поток и его преобразование: Физика / В. Ф. Миткевич – М.: Книга по Требованию, 2023. – 359 с.

ISBN 978-5-458-34977-2

В этой книге содержится многое, на что не всегда обращается должное внимание, когда речь идет о магнитном потоке, и что не было до сих пор достаточно определенно высказано или не было объединено в какой-либо отдельной монографии. Помимо нового освещения главнейших определений и некоторых закономерностей, относящихся к области магнитных явлений (Главы II и III), читатель встретится здесь с логическим развитием имеющих весьма важное значение мыслей Фарадея и Максвелла по вопросу о процессах, происходящих в магнитном поле. Изложение книги рассчитано на читателя, уже знакомого с учением об электрических и магнитных явлениях и с основами теоретической электротехники.

ISBN 978-5-458-34977-2

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2023
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2023

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.

ВВЕДЕНИЕ

Среди многочисленных научно-исследовательских работ Фарадея, относящихся к области электрических и магнитных явлений, совершенно исключительное значение имеет сделанное им в конце 1831 г. открытие электромагнитной индукции тока. Открытие это весьма расширило и углубило теоретические представления, с которыми мы оперируем в данной области физических знаний, и предоставило в распоряжение человечества мощное средство для преобразования механической работы, получаемой за счет неисчерпаемых природных ресурсов, в энергию электрического тока. До настоящего времени во всем мире электрические станции применяют электромагнитные генераторы, основанные на фарадеевском достижении.

В самой непосредственной связи с указанным открытием Фарадея стоят его исследования новых, ранее неизвестных свойств магнитного поля. Он сосредоточил особое внимание на различных проявлениях физической реальности, которую мы теперь называем магнитным потоком. По всей справедливости мы должны считать Фарадея основоположником учения о магнитном потоке.

Настоящая книга главным образом посвящена именно рассмотрению и некоторому развитию идей Фарадея, относящихся к учению о магнитном потоке. Мы полагаем, что весьма назидательно и целесообразно хотя бы вкратце ознакомиться с главнейшими обстоятельствами из жизни этого великого ученого, наложившими своеобразный отпечаток на его физическое мышление и методы его научной работы.

Михаил Фарадей родился 22 сентября 1791 г. в семье бедного лондонского кузнеца. Ограниченность средств не позволила отцу Михаила Фарадея дать ему систематическое образование. Не закончив обучения даже в начальной школе, Михаил с 13 лет должен был поступить учеником в переплетную мастерскую, где овладел этим ремеслом. Он проработал в качестве переплетчика до 22-летнего возраста. Побуждаемый необычайной жадью знания, молодой Фарадей всё свое свободное время посвящал чтению книг из области естествознания, преимущественно по химии и физике. Обстоятельства до некоторой степени способствовали этому, так как положение переплетчика при книжной лавке предоставляло в его распоряжение много интересных книг. Кроме того, он не упускал случая посещать по окончании дневного труда различные популярные лекции, дававшие ему более или менее систематизированные знания и будившие его пытливую мысль. Так, путем самообразования и упорного непрерывного труда над собою Михаил Фарадей приобрел много ценных знаний. Ремесло переплетчика уже не удовлетворяло молодого ученого-самоучку, стремившегося к дальнейшему росту. В 1813 г. ему удалось, наконец, поступить на должность лабораторного служителя в Королевский Институт, бывший самым выдающимся научно-исследовательским учреждением в Лондоне.

Постоянное общение с крупнейшими учеными того времени и лабораторная обстановка благоприятствовали попыткам Фарадея начать самостоятельные научные исследования. В 1816 г. была напечатана его первая научная работа. Вскоре он обратил на себя всеобщее внимание несколькими достижениями большого значения. В 1821 г. Фарадею удалось осуществить непрерывное превращение электрической энергии в механическую работу. Он добился длительного вращения проводника с током вокруг магнитного полюса и, наоборот, вращения магнитного полюса вокруг проводника с током. Это открытие, таившее в себе принципиальную схему простейшего электродвигателя, представляло собой чрезвычайно важный вклад в науку и доставило его автору мировую известность.

В 1824 г., в возрасте 33 лет, Фарадей за свои научные заслуги был избран членом лондонской Академии Наук (Королевского Общества). В 1825 г. он был назначен директором лабораторий Королевского Института, в котором 12 лет назад начал работать в самой скромной должности.

Открытое Фарадеем явление электромагнитной индукции тока, значительно пополнившее ряд изучаемых соотношений между электричеством и магнетизмом, дало большой импульс развитию науки. Во всем мире ученые занялись дальнейшим обследованием электромагнитного поля на основе того, что было получено Фарадеем. Наиболее существенное развитие его научных достижений было выполнено Клерком Максвеллом, гениальным продолжателем трудов Фарадея, полностью воспринявшим его основные физические установки. Максвелл облек в математическую форму многое из его идей. Как известно, сам Фарадей не владел математическим анализом и не пользовался им в своей научной работе. В полном соответствии с идеями Фарадея, Максвелл обобщил закон электромагнитной индукции, распространив его на случай какого угодно контура, независимо от того, проводящий он или не проводящий. По существу, половина максвелловых уравнений электромагнитного поля представляет собой не что иное, как именно дифференциальную форму обобщенного закона электромагнитной индукции. Максвелл своими уравнениями положил начало теории электромагнитного поля и учения об электромагнитных волнах. Вместе с тем он установил электромагнитную природу света. Герц, продолжая работу Максвелла, на опыте воспроизвел электромагнитные волны сравнительно большой длины и показал, что они действительно обладают теми же свойствами, что и световые колебания. Вся современная радиотехника возбудилась к жизни после опытных исследований Герца и явилась одним из многочисленных доказательств правильности основных физических воззрений Фарадея.

В предисловии к „Трактату об электричестве и магнетизме“¹ Максвелл коснулся вопроса об особенностях своего труда, отличающих его от других трудов этого рода, опубликованных главным образом в Германии, и приводит по данному поводу следующие разъяснения:

„Одна из причин этого состоит в том, что прежде, чем я начал изучать электричество, я принял решение не читать никаких математических сочинений, посвященных данному вопросу, до прочтения фарадеевских „Опытных исследований по электричеству“ (Experimental Researches in Electricity) от начала до конца. Я был осведомлен, что высказывалось мнение о различии между фарадеевским методом понимания явлений и методами математиков, так что ни Фарадей,

¹ James Clark Maxwell. A Treatise on Electricity and Magnetism. 1873.

ни математики не были удовлетворены языком друг друга. Я имел также твердую уверенность в том, что это разногласие не является результатом ошибок той или другой стороны. Я получил такую уверенность прежде всего благодаря сэру Вильяму Томсону,¹ советам и помощи, а также опубликованным трудам которого я очень многим обязан из того, что я изучил по этому вопросу.

Когда я стал углубляться в изучение Фарадея, я заметил, что его метод понимания явлений также оказывается математическим, хотя и не представлен в условной форме математических символов. Я нашел также, что этот метод может быть выражен в обычной математической форме и, таким образом, может быть сопоставлен с методами признанных математиков.

Например, Фарадей своим мысленным оком видел силовые линии, проходящие по всему пространству там, где математики видели центры сил, притягивающие на расстоянии. Фарадей видел промежуточную среду там, где они ничего не видели, кроме расстояния. Фарадей искал сущность явлений в том, что в действительности происходит в среде, другие удовлетворялись тем, что находили эту сущность в способности действия на расстоянии, которою одарены электрические жидкости.

Когда я перевел то, что я рассматривал как фарадеевские идеи, на математический язык, я нашел, что в общем результаты обоих методов совпадают, так что одни и те же явления учитываются обоими этими методами, и они приводят к одним и тем же законам действия...

Я нашел также, что некоторые из наиболее плодотворных методов исследования, открытых математиками, могут быть много лучше выражены в терминах, вытекающих из идей Фарадея, чем в их оригинальной форме.

В связи с приведенными словами Максвелла необходимо подчеркнуть, что формально-математический метод оперирует с внешним эффектом, обнаруживаемым в явлении, в фарадеевском же методе главным объектом внимания служит внутренняя обстановка, при наличии которой и благодаря которой возникает рассматриваемое явление. Ясно поэтому, что метод Фарадея должен приводить исследователя к более тесному контакту с тем, что в действительности происходит в природе.

Стремясь углубиться в понимание сущности физических явлений, Фарадей чутко прислушивался к голосу опыта, практики. Он шел совершенно самостоятельным путем, часто вразрез с общепринятыми установками, имевшими в большинстве случаев чисто формальный характер.

Необычайная плодотворность научных достижений Фарадея теснейшим образом связана именно с его правильным подходом к пониманию физических явлений. Этот гениальный сын кузнеца выковал четкие представления об общем характере процессов, происходящих в области электричества и магнетизма, и, в частности, о природе открытого им явления электромагнитной индукции тока. Подобный характер научного творчества Фарадея необходимо рассматривать в качестве одной из главнейших причин того, что данное открытие оказалось способным немедленно же породить целый ряд практических применений, из которых на первом месте стоят электромагнитные генераторы тока. Трудно и даже совершенно невозможно представить себе в настоящее время теорию и расчет разли-

¹ „Я пользуюсь настоящим случаем для выражения моей признательности сэру В. Томсону и профессору Тэту за многие ценные советы, поданные ими во время печатания этой работы“.

чных электромагнитных механизмов, не основанные на фарадеевском методе физической трактовки процессов, происходящих в этих механизмах.

Электротехники всего мира высоко чтут имя Михаила Фарадея, так как вся современная электроэнергетика развилась на базе его научных работ.

В 70-х годах прошлого столетия Максвелл следующими замечательными словами охарактеризовал значение открытия электромагнитной индукции:

„Всё величие и оригинальность фарадеевского достижения могут быть оценены путем рассмотрения последующей истории этого открытия. Как и следовало ожидать, оно немедленно сделалось предметом исследований со стороны всего ученого мира, но некоторые из наиболее опытных физиков оказались неспособными избежать ошибок в формулировке изучаемого явления, полагая при этом, что они применяют более научный язык, чем язык Фарадея. До настоящего времени математики, которые отвергли фарадеевский метод формулировки его закона как не соответствующий точности их науки, никогда не были в состоянии установить какое-либо существенно отличающееся соотношение для полного выражения содержания явлений без того, чтобы не вводить гипотез относительно взаимодействия вещей, физически не существующих, подобно, например, элементам токов, которые вытекают из ничего, затем текут по проводнику и, наконец, опять входят в ничто.

После почти полувековой работы этого рода мы можем сказать, что, хотя практические приложения фарадеевского открытия возросли и продолжают каждый год возрастать в отношении их численности и ценности, ни одного исключения из формулировки этих законов, данной Фарадеем, не было открыто, ни одного нового закона не было добавлено к ним, и фарадеевская оригинальная формулировка остается по сей день единственной, которая выражает не более того, что может быть установлено экспериментом, и единственной, при помощи которой теория явления может быть представлена так, чтобы она была точна и количественно правильна, оставаясь в то же время в рамках простых методов изложения“.¹

Эти строки были написаны около 70 лет тому назад и вместе с тем, однако, содержание их производит такое впечатление, как будто бы они написаны теперь, в наши дни. Трудно себе представить более меткую и более острую характеристику того разрыва между указанными Фарадеем путями физического мышления и формально-математическими методами рассмотрения физических явлений, — разрыва, который, к сожалению, до сих пор еще имеет место и даже достиг в последнее время своего апогея. В связи с этим необходимо констатировать, что многое из фарадеевских высказываний, относящихся к области физических процессов, еще недостаточно оценено. Его „Опытные исследования по электричеству“ продолжают оставаться арабской книгой за семью печатями для тех, кто вследствие чрезмерного увлечения формальными методами исследования утратил в большей или меньшей степени способность понимать изложенное простыми словами. Всякая же истина, если она действительно есть истина, может и должна найти свое выражение в простых словах.

Фарадей дал нам лучший образец того, чем должна быть физическая мысль. Он был физик-мыслитель в самом высоком значении этого слова.

¹ Encyclopaedia Britannica.

МАГНИТНЫЙ ПОТОК КАК ФИЗИЧЕСКАЯ РЕАЛЬНОСТЬ

§ 1. Общая характеристика магнитного поля

а. Из числа разнообразных проявлений магнитного поля, известных в настоящее время, механическое воздействие этого поля на расположенные в нем магнитные полюсы раньше всего привлекло к себе внимание со стороны естествоиспытателей. В течение очень длительного периода указанное свойство магнитного поля было главным объектом всестороннего изучения и обследования. Этим именно и объясняется то обстоятельство, что все основные определения и понятия, относящиеся к магнитному полю, носят на себе более или менее явный отпечаток представлений, возникших в связи с механическими проявлениями магнитного поля.

Опыт показывает, что магнитное поле наблюдается в пространстве, окружающем естественные и искусственные магниты. При этом полюсы магнитов механически взаимодействуют между собою. Мы знаем, что разноименные полюсы притягивают, а одноименные отталкивают друг друга. Под влиянием земного магнитного поля, связанного с земным шаром, который представляет собою как бы естественный магнит космического масштаба, небольшая магнитная стрелка, сделанная легко подвижной, стремится расположиться в плоскости магнитного меридиана, т. е. приблизительно в направлении с юга на север. На этом основано устройство магнитных компасов, изобретенных еще в глубокой древности и представляющих собой первое практическое приложение свойств магнитного поля.

Кулон сформулировал основной закон механического взаимодействия магнитных полюсов, установив зависимость силы указанного взаимодействия от расстояния между полюсами и от количества гипотетических магнитных масс (количества магнетизма), сосредоточенного в каждом из полюсов. Этим было положено начало математической теории магнитного поля, получившей большое развитие благодаря последующим трудам ряда крупнейших ученых (Гаусс, Вебер, Кельвин и др.).

После того как Эрстед обнаружил отклонение магнитной стрелки электрическим током, значительно расширилась область представлений о магнитном поле и его источниках. Началось всестороннее изучение магнитного поля, связанного с проводником, по которому течет электрический ток. Трудами Ампера, Био и Савара, Лапласа и других ученых был выяснен общий характер магнитного поля тока и был выражен в математической форме закон механического взаимодействия электрического тока и магнитных полюсов, а также закон механического взаимодействия двух электрических токов друг с другом. Вместе с тем была высказана гипотеза о том, что всякий магнит состоит из большого

количества элементарных токов, надлежащим образом ориентированных, и что магнитное поле так называемых постоянных магнитов по существу тождественно с магнитным полем электрических токов. Эта гипотеза всё более и более подтверждалась последующими исследованиями, и в настоящее время можно считать окончательно установленным, что магнитное поле всегда и безусловно всегда сопутствуется электрическим током и, наоборот, не существует в природе такого электрического тока, который не сопровождался бы соответствующим магнитным полем, органически связанным с данным током. Значение этого научного достижения чрезвычайно велико.

Электромагнитная индукция, открытая Фарадеем, представляла собою существенно новое проявление свойств магнитного поля. Существенно новым здесь было то обстоятельство, что указанное явление совершенно не имеет характера чисто механических действий. Это открытие послужило мощным стимулом к развитию наших знаний, касающихся взаимных соотношений между магнитными и электрическими процессами, и дало повод для пересмотра ряда привычных взглядов на сущность этих процессов.

б. На всем протяжении до-фарадеевского периода физическая мысль, обращавшаяся к вопросу о сущности электрических и магнитных взаимодействий, почти исключительно оперировала с представлением об *actio in distans*, т. е. о действии на расстоянии. Согласно этой точке зрения, взаимодействие различных физических объектов может быть рассматриваемо как результат присущей данным объектам способности оказывать влияние друг на друга сквозь пустое пространство, на расстоянии.

Основная идея, руководившая Фарадеем во всех его работах и составлявшая, так сказать, неизменный фон его научного мышления, заключалась в том, что все взаимодействия, наблюдаемые в природе вообще, а следовательно, и взаимодействия электрического и магнитного характера, могут осуществляться не иначе, как при неприменном участии той среды, которая находится между взаимодействующими телами и окружает их. Мысль об этом постоянно привлекала к себе внимание Фарадея. Питая глубокую антипатию к идее действия на расстоянии, он рассматривал всякого рода притяжения и отталкивания как проявления особого состояния среды. По Фарадею, подобное действие одного физического объекта на другой передается, вообще говоря, по кривым путям, которые он назвал „силовыми линиями“ и которые в его окончательном представлении рисуются не как отвлеченные математические линии, а как „физические силовые линии“, т. е. как нитевидные элементы поля, существующие в действительности и распределенные соответствующим образом по всему пространству, занимаемому физическим полем. С рассматриваемой точки зрения, притяжения и отталкивания, а также другие явления, наблюдаемые в поле, должны быть объясняемы особенными свойствами указанных нитевидных элементов поля.

Фарадей неоднократно возвращался к вопросу о реальном существовании „силовых линий“. Особенно много внимания он считал необходимым уделять „физическим силовым линиям“ магнитного поля. Количество и густота распределения силовых магнитных линий имеют, согласно представлениям Фарадея, большое значение как обстоятельство, от которого зависит интенсивность всего того, что происходит в магнитном поле, а следовательно, и интенсивность явления электромагнитной индукции. „Физические силовые линии“ ведут себя, по Фарадею, как упругие нити. Они стремятся сократиться и взаимно отталкиваются, будучи расположены параллельно в одном и том же направлении. Они полярны,

т. е. обладают неодинаковыми свойствами по противоположным направлениям.

В своих заключительных работах „О физическом характере линий магнитной силы“ и „О физических линиях магнитной силы“ Фарадей вновь подвергает весьма обстоятельному анализу все известные ему опытные данные и окончательно утверждает в мысли, что „силовые линии“, которые мы можем себе представить в магнитном поле, обладают всеми признаками каких-то физических индивидуумов. В п. 3297 первой работы Фарадей совершенно определенно ставит вопрос в следующих словах: „Что касается важного вопроса, подлежащего рассмотрению, то он заключается только в том, имеют ли линии магнитной силы физическое существование или нет“. (Курсив принадлежит самому Фарадею.) В конце второй работы он дает ответ на поставленный вопрос и говорит, между прочим: „Итак, все эти факты и многие другие указывают на существование физических силовых линий в пространстве, окружающем магнит, так же, как и внутри него“.

В связи со всем вышеизложенным мы, стремясь возможно ближе держаться общих воззрений Фарадея, будем представлять себе магнитное поле как пространство, в котором соответствующим образом распределены „физические силовые линии“, в дальнейшем нами называемые просто *магнитными линиями*, во избежание некоторых недоразумений, могущих в настоящее время возникнуть (см. §§ 9 и 11 Главы II).

Совокупность магнитных линий принято называть *магнитным потоком*. Таким образом, мы можем сказать, что *магнитное поле есть пространство, заполненное магнитным потоком*.

в. Фарадей неоднократно подвергал разностороннему анализу всю совокупность известных ему и в значительной степени добытых им самим данных, относящихся к основным свойствам электромагнитных процессов. Как известно, этот великий естествоиспытатель обладал столь же проникновенной интуицией, сколь был глубок и плодотворен его метод анализа физических явлений. И вот, в конце концов, он был склонен думать, что из двух сторон, на которые обычно раздельно устремляется внимание изучающего область электромагнетизма и которые мы воспринимаем или как чисто электрическую сторону, или как чисто магнитную сторону некоторого электромагнитного комплекса, — из этих двух сторон основную и, так сказать, первенствующую роль играют процессы, рассматриваемые нами в качестве магнитных. Таково общее впечатление, производимое всей совокупностью высказываний Фарадея, которые относятся к заключительному периоду его научной деятельности.

г. Необходимо со всей определенностью констатировать, что общие идеи Фарадея, касающиеся магнитного поля, еще не получили должного признания со стороны физической науки. До сих пор иногда продолжают трактовать магнитный поток в качестве некоторой фикции, т. е. в качестве вспомогательного понятия, быть может, и полезного при рассмотрении ряда явлений, в магнитном поле наблюдаемых, но якобы не соответствующего их действительной природе. По этой именно причине главная цель, которую преследовал автор при написании Главы I (§§ 1—5), состояла в том, чтобы возможно убедительнее доказать объективную реальность магнитного потока и вскрыть принципиальную ошибочность противоположной точки зрения. Вообще в этой книге автор стремился выяснить, что основные фарадеевские представления о структуре магнитного потока в достаточной степени соответствуют его вероятной природе.

§ 2. 0 „физическом“ действии на расстоянии

а. Представление о действии на расстоянии необходимо рассматривать в качестве одного из наиболее ярких примеров того, что можно назвать *объективированием математических абстракций*. Дело в том, что понятия и образы, возникающие на математической почве и оказывающиеся весьма полезными и ценными в процессе математического анализа, нередко трактуются затем как некоторые объекты, существующие в действительности, или как неотъемлемые свойства, присущие реальным объектам. Упускается иногда из вида и то исключительно важное обстоятельство, что изучение некоторой физической проблемы в ряде случаев допускает использование разнообразных методов математического анализа, каждый из которых требует введения своих особых вспомогательных понятий, удобных при формальном описании явления но во многих случаях не имеющих прямого отношения к тому, что происходит на самом деле. История науки показывает, что бывало немало примеров, когда чисто условные представления становились привычными и на этой почве с течением времени возникало неправильное объективирование этих условных представлений. Их начинали рассматривать в качестве чего-то, непосредственно вскрывающего сущность изучаемых явлений природы.

Так именно и случилось с представлением о действии на расстоянии применительно к области магнитных и электрических явлений. Это представление настолько глубоко внедрилось в науку об указанных явлениях, что его стали трактовать в качестве „физического“ действия на расстоянии, т. е. в качестве подлинной причины притяжений и отталкиваний, наблюдаемых в магнитных и электрических полях. Только благодаря трудам Фарадея, который указал на важную роль промежуточной среды в процессе всякого рода взаимодействий, начала в достаточной степени обнаруживаться несостоятельность идеи о „физическом“ действии на расстоянии.

Фарадей совершенно не допускал возможности базироваться на точке зрения действия на расстоянии при изучении и объяснении каких бы то ни было явлений природы. В своих рассуждениях он неоднократно ссылался на авторитет Ньютона. Между прочим, Фарадей, перечисляя обстоятельства, могущие служить обоснованием его взглядов,¹ указывает и следующее:

„5. Твердое убеждение, выраженное сэром Исааком Ньютоном, что даже тяготение не может осуществляться в виде производимого на расстоянии эффекта иначе, как через посредство какого-то промежуточного агента,² выполняющего условия некоторой физической силовой линии“.

Как известно, представление о действии на расстоянии, рассматриваемом в качестве первичного физического явления, возникло в связи с работами Ньютона, который дал математическую формулировку открытого им закона всемирного тяготения. Сам Ньютон совершенно неповинен в приписываемом ему некоторыми учеными введении в науку идеи о „физическом“ действии на расстоянии. Он ясно понимал, что область применения представлений, казалось бы, диктуемых законом всемирного тяготения, ограничивается рамками чисто математи-

¹ Faraday. Experimental Researches in Electricity, Vol. III, § 3305.

² Здесь Фарадей в особом примечании полностью приводит цитату из переписки Ньютона с Бентлеем (см. эту именно цитату несколькими строками дальше).

ческого анализа явлений тяготения и ни в коем случае не должна быть распространяема на вопросы, касающиеся самой сущности тяготения. Великий математик, показавший весьма совершенные образцы надлежащего использования формулированного им закона и тем положивший основание всей небесной механики, Ньютон, будучи одновременно и великим физиком, вполне отчетливо и достаточно категорически высказывал свое мнение о природе тяготения. По этому поводу он писал (в третьем письме к Бентлею):

„Что тяготение должно быть врожденным, присущим и важнейшим свойством материи, так что одно тело может взаимодействовать с другим на расстоянии через *пустоту* без участия чего-то иного, при посредстве чего и через что их действие и сила могут передаваться от одного к другому, это мне кажется столь большим абсурдом, что я не представляю себе, чтобы кто-нибудь, владеющий способностью компетентно мыслить в области вопросов философского характера, мог к этому притти. Тяготение должно обуславливаться каким-то агентом, непрерывно действующим согласно известным законам; но представляет ли собою этот агент что-либо материальное или нематериальное, это я предоставляю усмотрению моих читателей“.¹

В развитии математической теории магнитных и электрических полей роль закона Ньютона сыграли всем известные законы Кулона, относящиеся к магнитным и электрическим взаимодействиям и по форме своей очень напоминающие ньютоновский закон тяготения. На почве законов Кулона и их применений создались представления, которые мало-помалу начали внедряться в наше физическое мышление, вообще говоря, без достаточных оснований. В области учения о магнитных явлениях стало широко использоваться понятие магнитных масс или количеств магнетизма, которое было введено в науку Кулоном в качестве вспомогательного понятия, удобного при математическом описании механических взаимодействий магнитных полюсов. Фиктивность магнитных масс вскрылась благодаря исследованиям Фарадея и в настоящее время может считаться окончательно установленной. В какой мере осторожно подходил Кулон к чисто условному понятию магнитных масс, явствует

¹ В последнее время, в особенности после опубликования в 1937 г. записей Д. Грегори о его беседах с Ньютоном, делаются попытки обесценить ссылку Фарадея на приведенную цитату из письма к Бентлею указаниями на то, что Ньютон, осуждая идею действия на расстоянии, якобы имел в виду только такой агент, который выходит за пределы категории физических реальностей. Однако подобные попытки не трудно опровергнуть. Во-первых, не подлежит сомнению, что Ньютон во всяком случае считал абсурдной самую мысль о возможности механического взаимодействия тяготеющих масс без участия „чего-то иного“ (anything else), обладающего способностью служить посредником при передаче именно этих сил *механического* взаимодействия. Во-вторых, особенно существенно, что абсурдности идеи действия на расстоянии Ньютон противопоставлял необходимость признания промежуточного агента *совершенно независимо* от того, будет ли он материальным (по старой терминологии), или нематериальным. Следовательно, по „усмотрению... читателей“ можно мыслить этот агент материальным, а в настоящее время, конечно, и должно именно так мыслить, т. е. признавать промежуточную среду. В-третьих, в настоящее время *не имеют значения* возможные конкретные представления самого Ньютона о каком-либо „нематериальном“ агенте, быть может, отражавшие эпоху, когда он жил (около 300 лет тому назад). Это к существу дела не относится. Из всего сказанного вытекает, что Фарадей вполне законно и правильно ссылался на авторитет Ньютона для обоснования своих мыслей об участии промежуточной среды в магнитных и электрических взаимодействиях. Попытки же доказать противное свидетельствуют лишь о склонности отрицать промежуточную среду и о каком-то недопонимании общего характера физических установок Ньютона, этого великого основоположника точных наук о природе.

из следующего. В одном из своих мемуаров, посвященных магнетизму,¹ он говорит:

„Из этих экспериментов следует, что, какова бы ни была причина магнитных явлений, все эти явления могли бы быть истолкованы и подвергнуты анализу при посредстве допущения, что в стальных пластинках или в их молекулах находятся две магнитные жидкости, причем частицы каждой такой жидкости взаимно отталкиваются пропорционально их плотности и обратно пропорционально квадрату их расстояния и притягивают частицы другой жидкости в том же отношении...“

В связи с изложенным выше полезно напомнить весьма категорическое суждение О. Д. Хвольсона, который в своем „Курсе физики“² говорит:

„Термином *actio in distans*, т. е. действие на расстоянии, обозначается одно из наиболее вредных учений, когда-либо господствовавших в физике и тормозивших ее развитие...“

Таким образом, мы имеем достаточные основания, перефразируя вышеприведенные слова Ньютона, сказать следующее: физик, углубляющийся в вопрос о природе изучаемых им явлений, не может себе представить, чтобы некоторый физический объект вступал во взаимодействие магнитного или электрического характера с другим физическим объектом через абсолютную пустоту, без участия чего-то постороннего, при посредстве чего и через что их взаимодействие осуществлялось бы.

Необходимо, однако, отметить необычайную стойкость псевдофизической идеи о действии на расстоянии. Как уже отмечалось выше, до самого последнего времени иногда продолжают еще рассматривать действие на расстоянии как нечто, вполне отвечающее природе вещей, т. е. как первичное физическое явление. И это наблюдается несмотря на глубокое физическое содержание всех трудов Фарадея, Максвелла, Герца и многих других ученых. Единственное объяснение подобного положения дела можно искать в чрезмерном влиянии на наше физическое мышление методов математического анализа. Широкое и плодотворное использование высшего анализа при изучении физических явлений, необычайная утонченность и, так сказать, изящество многих математических методов естественно приводят к тому, что ученые, работающие в области физики и, вообще говоря, весьма совершенно владеющие всем аппаратом высшего анализа, до известной степени непроизвольно объективируют формы и образы, являющиеся чистыми математическими абстракциями. Форма выдвигается на первый план, заслоняя собою содержание. В этом отношении мы имеем дело с чем-то, аналогичным наблюдаемому в литературе и в области изобразительных искусств, где время от времени возникают течения, ставящие форму выше содержания.

6. Ввиду того, что идея о „физическом“ действии на расстоянии имеет еще своих защитников и в ряде случаев нет достаточной четкости в общих установках, касающихся явлений природы, целесообразно остановиться несколько подробнее на внутреннем содержании этой псевдофизической идеи. Это тем более необходимо сделать, что выявить достаточно убедительно объективную реальность магнитного потока можно, только доказав полную абсурдность самой мысли о „физическом“ действии на расстоянии.

¹ Coulomb. Collections de Mém. relatifs à la Physique. 3, p. 321.

² О. Д. Хвольсон. Курс физики, т. I, стр. 181, 1923.