

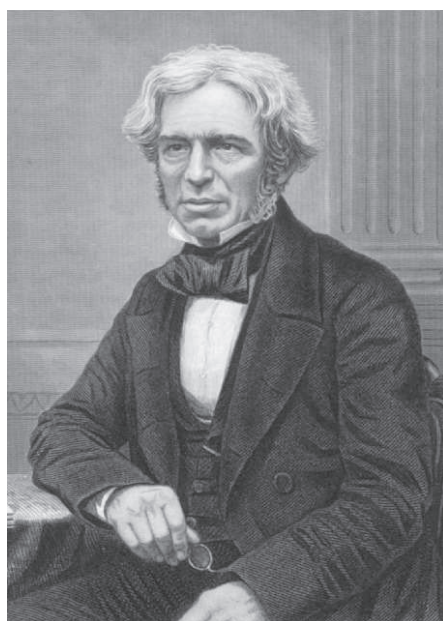
# Майкл Фарадей<sup>1</sup>

(К 225-летию со дня рождения и 150-летию со дня смерти)

Есть нечто символическое в том, что в год рождения Фарадея (1791 г.) был опубликован трактат Луиджи Гальвани с первым описанием нового физического явления — электрического тока, а в год его смерти (1867 г.) стал известен принцип самовозбуждения генератора постоянного тока, т.е. появился надежный, экономичный и удобный в эксплуатации источник электрической энергии. Жизнь великого ученого, хронологически размещившаяся между этими датами, и его неповторимая по своим методам, содержанию и значению деятельность не только открыли новую главу физики, но и сыграли решающую роль в рождении новых отраслей техники: электротехники и радиотехники.

Вот уже много лет поколения учащейся молодежи во всех культурных странах мира на уроках физики и из многочисленных книг узнают историю замечательной жизни сына английского кузнеца, разносчика газет и переплетчика в юности и самого знаменитого ученого, члена 68 научных обществ и академий в его зрелые годы. Обычно имя Майкла Фарадея связывают с самым значительным и потому наиболее известным открытием — явлением электромагнитной индукции, сделанным им в 1831 г. Но за год до этого, в 1830 г., за исследования в области химии и электромагнетизма Фарадей был избран почетным членом Петербургской академии наук, членом же Лондонского Королевского общества он был избран еще в 1824 г. Начиная с 1816 г., когда увидела свет первая научная работа Фарадея, посвященная химическому анализу тосканской извести, и по 1831 г., когда стали публиковаться знаменитые «Экспериментальные исследования по электричеству», Фарадеем было опубликовано свыше 60 научных трудов.

Огромное трудолюбие, жажда знаний, прирожденные ум и наблюдательность позволили Фарадею достичь небывалых результатов во всех тех областях научных исследований, к которым обращался ученый. Признанный «король экспериментаторов» любил повторять: «Искусство экспериментатора



состоит в том, чтобы уметь задавать природе вопросы и понимать ее ответы».

Каждое исследование Фарадея отличалось такой обстоятельностью и настолько согласовывалось с предыдущими результатами, что среди современников почти не находилось критиков его работ. Любопытно свидетельство автора «Экспериментальных исследований по электричеству», содержащееся в предисловии к первому тому: «Да будет мне позволено выразить мое глубокое удовлетворение тем, что различные части, написанные с перерывами на протяжении 7 лет, оказались столь согласующимися друг с дру-

гом. В этом не было бы ничего особенного, если бы факты, к которым эти части имеют отношение, были хорошо известны до написания каждой из них; но так как каждая часть претендует на то, что содержит какие-либо оригинальные открытия или исправление общепринятых взглядов, то даже я, при всем моем возможном пристрастии, удивлен тем, в какой степени они, на мой взгляд, оказываются взаимно согласующимися и вообще точными».

Если исключить из рассмотрения химические исследования Фарадея, которые в своей области также составили эпоху (достаточно вспомнить об опытах сжижения газов, об открытии бензола, бутилена), то все прочие его работы, на первый взгляд иногда разрозненные как мазки на полотне художника, взятые вместе, образуют изумительную картину всестороннего исследования двух проблем: взаимопревращений различных форм энергии и физического содержания среды.

Работам Фарадея в области электричества положило начало исследование так называемых электромагнитных вращений (1821 г.). Из серии опытов Эрстеда, Араго, Ампера, Био, Савара, проведенных в 1820 г., стало известно не только об электромагнетизме, но и о своеобразии взаимодействий тока и магнита: здесь действовали не привычные центральные силы, а силы иные, стремившиеся установить магнитную стрелку перпендикулярно длине проводника. Фарадей поставил перед собой вопрос: не стремится ли магнит к непрерывному движению вокруг проводника с током? Опыт подтвердил гипотезу. В чаше с ртутью размещался верти-

<sup>1</sup> Повторная публикация с некоторой правкой и небольшими сокращениями статьи О.Н. Веселовского, помещенной в «Электричестве», 1967 г. № 9.

кально поставленный магнит, а подвешенный проводник, касавшийся ртути, вращался вокруг выступавшего из ртути полюса магнита. Этот опыт явился истоком многочисленных работ, приведших к современным электродвигателям. Обратим внимание также на ртутный контакт, нашедший впоследствии широкое применение в электромеханике.

Именно с этого момента, судя по всему, у Фарадея начинают складываться представления о всеобщей «взаимопревращаемости сил». Получив при помощи электромагнетизма непрерывное механическое движение, он ставит перед собой задачу обратить явление или, по терминологии Фарадея, «превратить магнетизм в электричество».

Только абсолютная убежденность в справедливости гипотезы о «взаимопревращаемости» может объяснить целеустремленность и настойчивость, тысячи опытов и 10 лет напряженного труда, затраченные на решение сформулированной задачи. В августе 1831 г. был сделан решающий опыт, а 24 ноября на заседании в Королевском обществе была изложена сущность явления электромагнитной индукции. Ныне классические опыты Фарадея повторяются в любом школьном кабинете физики и знакомы каждому школьнику старших классов. Однако при анализе исторических явлений нужно всегда помнить известное положение о том, что исторические заслуги оценивают по тому, что дали нового исторические деятели по сравнению со своими предшественниками. Наш современник в опытах 1831 г. рассмотрит принцип действия и элементы устройства трансформатора и электромашиного генератора.

В качестве примера, характеризующего ход мыслей ученого и формирование его представлений об электромагнитном поле, рассмотрим исследование Фарадеем явления, получившего тогда название «магнетизма вращения». За много лет до работ Фарадея мореплаватели замечали тормозящее влияние медного корпуса компаса на колебания магнитной стрелки. В 1824 г. французский академик Араго описал явление «магнетизма вращения», удовлетворительно объяснить которое ни он, ни другие физики не могли. Сущность явления состояла в следующем. Подковообразный магнит подвешивался на нити, а под его полюсами находился алюминиевый диск, который мог вращаться на оси, совпадающей по направлению с осью подвески магнита. В состоянии покоя никаких взаимодействий между диском и магнитом не наблюдалось. Но стоило начать вращать магнит, как диск устремлялся вслед за ним и наоборот.

Открытие электромагнитной индукции помогло Фарадею объяснить явление Араго и уже в самом начале исследования записать: «Я надеялся сделать

из опыта г-на Араго новый источник электричества». Кратко ход рассуждений Фарадея можно изложить следующим образом. Алюминиевый (или любой другой проводящий, но немагнитный) диск можно представить в виде колеса с бесконечно большим числом спиц — радиальных проводников. При относительном движении магнита и диска эти спицы — проводники «перерезают магнитные кривые» (терминология Фарадея), и в проводниках возникает индуктированный ток. Взаимодействие же тока с магнитом было уже известно. В объяснении Фарадея обращают на себя внимание терминология и способ объяснения явления. Для определения направления индуктированного тока он вводит правило ножа, перерезающего силовые линии. Это еще не закон Ленца, для которого свойственна универсальность характеристики явления, а только попытка каждый раз путем подробных описаний установить, будет ли ток протекать от рукоятки к кончику лезвия или наоборот. Но здесь важна принципиальная картина: Фарадей, в противовес сторонникам теории дальнего действия, заполняет пространство, в котором действуют различные силы, материальной средой, эфиром, развивая эфирную теорию Эйлера, находившегося в свою очередь под влиянием идей Ломоносова.

Известно, что Фарадей придавал магнитным, а затем при исследовании диэлектриков и электрическим силовым линиям физическую реальность, наделил их свойством упругости и находил очень правдоподобные объяснения самым различным электромагнитным явлениям, пользуясь представлениями об этих упругих линиях, похожих на резиновые нити.

Прошло много лет, а мы до сих пор не нашли более наглядного способа и схемы объяснения явлений, связанных с индукцией и электромеханическими действиями, чем знаменитая концепция фарадеевских линий, которые и поныне нам представляются вещественно ощутимыми.

Из опыта Араго Фарадей действительно сделал новый источник электричества. Заставив вращаться алюминиевый или медный диск между полюсами магнита, Фарадей наложил на ось диска и на его периферию щетки. Таким образом, была сконструирована электрическая машина, получившая позднее наименование униполярного генератора.

Просмотрим оглавление одного из сборников работ Фарадея: «Опыт истории электромагнетизма» (1821—1822 гг.), «Об индукции электрических токов» (1831 г.), «Идентичность электрических, получаемых из различных источников» (1833 г.), «Количественное соотношение между обыкновенным и вольтовым электричествами» (1833 г.), «Об электрохимическом разложении» (1834 г.), «Невероят-

ность гипотезы контактной силы» (1839 г.), «О магнетизации света и об освещении магнитных силовых линий» (1845 г.) «О возможной связи тяготения и электричества» (1850 г.), «О соотношении физических сил» (1859 г.). Даже в этом далеко не полном перечне заголовков работ Фарадея отчетливо проявляется генеральная идея, которая разрабатывалась великим ученым всю его творческую жизнь. Читая Фарадея, трудно отделаться от впечатления, что он занимался только одной проблемой взаимопревращений различных форм энергии, а все его открытия свершались между делом и служили лишь целям иллюстрации главной идеи. Он исследует различные виды электричества (животное, гальваническое, статическое, «магнитное», термоэлектричество) и, доказывая их качественную тождественность, открывает законы электролиза. При этом электролиз, как и вздрагивание мышц препарированной лягушки, служили первоначально лишь доказательством того, что все виды электричеств проявляются в одинаковых действиях.

Исследования статического электричества и явления электростатической индукции привели Фарадея к формированию представлений о диэлектриках, к окончательному разрыву с теорией дальнего действия, к замечательным исследованиям разряда в газах (открытие фарадеева темного пространства). Дальнейшее исследование взаимодействий и взаимопревращения «сил» привело его к открытию магнитного вращения плоскости поляризации света, к открытию диамагнетизма и парамагнетизма. Убежденность во всеобщности взаимопревращений заставила Фарадея даже обратиться к исследованию связи между магнетизмом и электричеством, с одной стороны, и силой тяжести, с другой. Правда, остроумные опыты Фарадея не дали положительного результата, но это не поколебало его уверенности в наличии связи между этими явлениями.

Насколько близко подошел Фарадей к открытию закона сохранения и превращения энергии — этого абсолютного, определяемого как закон природы, свидетельствует следующее высказывание, относящееся к 1840 г.: «Мы имеем много процессов, при которых форма силы может претерпеть такие изменения, что происходит явное превращение ее в другую. Так мы можем превратить химическую силу в электрический ток или ток в химическую силу. Прекрасные опыты Зеебека и Пельтье показывают взаимную превращаемость теплоты и электричества; а опыты Эрстеда и мои собственные показывают взаимную превращаемость электричества и магнетизма. Но ни в одном случае, даже с электрическим угрем и скатом, нет чистого сотворения силы; нет производства силы без соответ-

ствующего израсходования чего-либо, что питает ее». Конечно, нашему современнику ясно, что в этих словах содержится формулировка закона сохранения и превращения энергии, но, к сожалению, это не было столь же ясно самому Фарадею и его современникам. Беда Фарадея состояла в том, что в интересовавших его областях науки еще не установилась однозначная терминология, еще не было общепринятых систем единиц. В описании каждого опыта Фарадей приводит массу деталей (длина и сечение проводника, число пар пластин вольтова столба и т.п.), вводит для характеристики поля малопонятное наименование «электротоническое состояние» и совершенно запутывает читателя термином «сила», в который вкладывается различное содержание». Но более существенно другое.

Для того чтобы придать закону сохранения энергии тот смысл, который вкладывает в него современное естествознание, нужны были более обширные данные науки. Такими предпосылками к открытию закона явились, как известно, не только электромагнитные и электрохимические превращения, в исследовании которых роль Фарадея бесспорно велика, но и теплоэнергетическая практика (механический эквивалент тепла) и достижения биологии. Понадобился титанический труд в 40-х годах XIX столетия Роберта Майера, борьба которого за утверждение закона стала личной трагедией, Джоуля, Гельмгольца, понадобилась замена не всегда ясного термина «сила» термином «энергия» (лорд Кельвин) чтобы закон сохранения энергии наполнился тем содержанием, которое сделало его краеугольным камнем современного естествознания и материалистического мировоззрения. Фарадей вписал важные страницы в эту драматическую главу истории естествознания.

Биографы Фарадея любят подчеркивать тот факт, что Фарадей избегал пользоваться математикой, что на многих сотнях страниц его «Экспериментальных исследований по электричеству» нет ни одной математической формулы. В связи с этим уместно привести высказывание Максвелла, который писал следующее: «Приступив к изучению труда Фарадея, я установил, что его метод понимания явлений был также математическим, хотя и не представленным в форме обычных математических символов. Я также нашел, что этот метод можно выразить в обычной математической форме и, таким образом, сравнить с методами профессиональных математиков...»

«Когда я переводил то, что я считал идеями Фарадея, в математическую форму, я нашел, что в большинстве случаев результаты обоих методов совпадали, так что ими объяснялись одни и те же явления и выводились одни и те же законы дейст-

вия, но что методы Фарадея походили на те, при которых мы начинаем с целого и приходим к частному путем анализа, в то время как обычные математические методы были основаны на принципе «движения от частных и построения целого путем синтеза».

«Математичность» мышления Фарадея можно иллюстрировать его законами электролиза или, например, формулировкой закона электромагнитной индукции: «количество приведенного в движение электричества прямо пропорционально числу пересеченных силовых линий». Достаточно представить себе последнюю формулировку в виде математических символов, и мы немедленно получаем формулу, из которой очень быстро следует знаменитое  $d\psi/dt$ .

Максвелл, родившийся в год открытия явления электромагнитной индукции, очень скромно оценивал свои заслуги перед наукой, подчеркивая, что он лишь развил и облек в математическую форму идеи Фарадея. Максвеллову теорию электромагнитного поля по достоинству оценили ученые конца XIX и начала XX веков, когда на почве идей Фарадея—Максвелла возникла и развивалась радиотехника.

Для характеристики прозорливости Фарадея, его умения мысленным взором проникать в глубь сложнейших физических явлений важно напомнить, что еще в 1832 г. гениальный ученый рискнул предположить, что электромагнитные процессы носят волновой характер, причем «магнитные колебания» и электрическая индукция распростра-

ются с конечной скоростью. Отсюда остается лишь один шаг до максвелловой электромагнитной теории света и до теории распространения радиоволн. К сожалению, это открытие Фарадея долго оставалось неизвестным, так как было изложено в письме, хранившемся в Лондонском Королевском обществе в запечатанном виде до конца 1938 г.

Один из величайших ученых всех времен и народов, Фарадей был человеком исключительной скромности и высоких нравственных принципов. Ему были чужды тщеславие и заботы о материальном благополучии, он с исключительной сердечностью относился к простым людям и представителям того класса, выходцем из которого был сам. Знаменитые фарадеевские общедоступные лекции для детей, его популяризаторская деятельность (вспомним неповторимую «Историю свечи») являлись штрихами, дополнившими цельную натуру гениального и простого человека.

В 1862 г. Фарадей провел свой последний опыт, который был помечен номером 16041 — он начал нумеровать опыты с 1831 г., с открытия электромагнитной индукции. Ученый был уже стар и болен. В 1865 г. он прекратил всякую работу, а 25 августа 1867 г. великого деятеля науки не стало.

Майкл Фарадей — сын английского народа, имя которого принадлежит всей мировой науке. Памятные даты рождения и смерти великого ученого носят характер события не только национального, но и всемирного значения.

*Веселовский О.Н.,  
канд.техн.наук.*