

1.19. Электричество и магнетизм

Принято считать, что электричество стало известно с того момента, когда юная дочь Фалеса Мелетского, пытаясь очистить свое янтарное веретено от приставших к нему пылинок и ниток, заметила, что они снова стремятся прильнуть к нему.

Видимо, свойства потертого янтаря притягивать пыль и мелкие лоскуты ткани были известны и до Фалеса, и не только в Мелете. Достаточно обратить внимание на названия янтаря у разных народов. Греки называли его «электрон» (притягивающий к себе), римляне – «харпакс» (грабитель), персы – «кавуба» (притягивающий к себе мякину).

В Средние века свойства янтаря привлекли внимание английского исследователя Вильяма Гильберта Колчестерского, лейб-медика королевы Елизаветы. Все свое свободное время он посвящал исследованию электричества и магнетизма. Само слово «электрика» введено в Науку именно В. Гильбертом. В те времена в Европе господствовала схоластическая теория о «магнитах» и «феаедах». К «магнитам» принадлежали предметы, притягивающие друг друга: магнит и железо, янтарь и пылинки, мужчина и женщина, моллюски-прилипалы и днище корабля, пчела и цветок и т. д. К «феаедам» относилось то, что внушало антипатию друг к другу: магнит и пламя свечи, мужчина и женщина, собаки и кошки. В. Гильберт путем экспериментов пришел к выводу, что притяжение магнита и притяжение янтаря имеют разную природу, т. е. он разделил магнитные и электрические явления, которые после его работ исследовались отдельно. Гильберт открыл много веществ, которые, так же как и янтарь, могут притягивать мелкие кусочки материи и пыль.

Испробовав эти вещества, бургомистр немецкого города Магдебург Отто Фон Герике изготовил машину (шар из серы, приводимый в движение несложным механизмом). Если сферу при вращении придерживали руками, то на ней скапливался значительный электрический заряд, который по цепочке передавался металлическому бруску. С этим заряженным бруском можно было проводить много различных экспериментов. Машина Фон Герика получила сразу же большое распространение в Европе и в Америке. С помощью этой машины в лейденской лаборатории студентом Канеусом и профессором Мушенбреком была обнаружена возможность создания первого источника постоянного электрического тока – лейденской банки. Вскоре лейденская банка стала неотъемлемым атрибутом любой физической лаборатории Европы.

Французский ученый Алессандро Вольта в то время ставил несколько другие опыты. Он брал две монеты обязательно из разных металлов и клал их себе в рот одну на язык другую – под язык, соединив эти монеты проволокой. При этом он чувствовал кислостный вкус. В результате этих исследований Вольта в конце концов изобрел электрическую батарею (корону сосудов), состоящую из последовательно соединенных цинковых и медных пластин, опущенных попарно в сосуды с разбавленной кислотой.

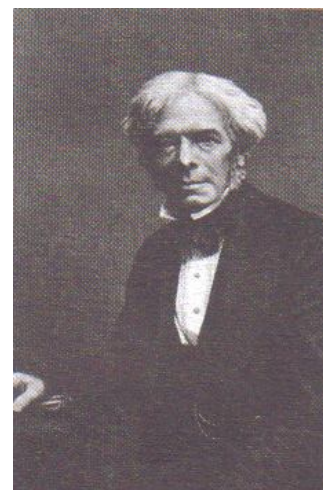
Большой вклад в развитие теории электричества внес американец Бенджамин Франклин (1706 – 1790). Франклин доказал, что молнии, занимавшие внимание человечества на протяжении всей его истории, есть не что иное, как электрический разряд между облаками и землей. Он изобрел громоотвод, ввел в Науку понятия «положительный» и «отрицательный» заряд, «батарея», «проводник», «обмотка». Многие, однако, полагали, что «молния в руках Провидения – оружие возмездия, поэтому грех этому противиться».

Французский Буржуа де Виссери, поставивший на своем доме в Сент-Омере громоотвод, подвергся яростному нападению соседей, которые подали на него в суд. Процесс длился четыре года. Интересно, что Защитником громоотвода на этом процессе был малоизвестный тогда адвокат Максимильтян Робеспьер, а на стороне противников громоотвода выступала в качестве эксперта не менее одиозная личность – Жан-Поль Марат. Де Виссери был оправдан.

В отношении к магнитным явлениям в средневековой Европе сформировались значительно более смутные представления. Магниты были окутаны плотным таинственным ореолом, им приписывали невероятные свойства. Но основная польза магнита на протяжении многих веков состояла в его способности указывать на полярную звезду, в каком бы месте Земли ни находились мореплаватели и путешественники. Мореходы помещали магнитную стрелку на плавающей платформе в емкость с водой, при этом эта стрелка всякий раз поворачивалась в направлении севера.

Магнетизм интересовал еще Платона и Эпикура, но его природа оказалась значительно более загадочной, чем их механические представления. После великих греков многие пытались осознать это явление. Но природа открывает свои секреты только самым настойчивым.

Датский физик Ганс Христиан Эрстед исследовал связь электричества с дру-



Майкл Фарадей [141]

гими явлениями – светом, теплом, звуком и т. д. Лишь одна связь не давалась ему – связь электричества с магнетизмом. Эрстед постоянно искал эту неуловимую связь на протяжении многих лет. 15 февраля 1820 г. профессор Эрстед читал студентам Копенгагенского университета лекцию о связи электричества и теплоты (точнее, о тепловых действиях электрического тока). Во время лекции любопытный студент обратил внимание, что при протекании по проволоке электрического тока стрелка компаса (никакого отношения к лекции не имевшего) поворачивается. Эрстед сразу понял, что это может означать только то, что электрический ток порождает магнитное поле.

Далее события развивались стремительно. Уже 15 сентября 1820 г. Араго заметил, что провод, по которому течет ток, притягивает железные опилки и намагничивает стальные иголки, лежащие под прямым углом к нему. Чуть позже Ампер и Араго свернули проволоку в спираль, получив тем самым первый соленоид. Задача превращения электричества в магнетизм была решена.

Другая задача – превращение магнетизма в электричество была решена Майклом Фарадеем (1791 – 1867). После открытия Эрстеда Фарадей провел множество экспериментов, в результате которых он обнаружил, что рамка, сделанная из проводника, по которой течет электрический ток, поворачивается в магнитном поле. Это открытие привело сначала к созданию электродвигателя, а затем и генератора электрического тока. Фарадей обнаружил также эффект магнитной индукции. В момент ввода магнита внутрь соленоида он обнаружил возникновение электрического тока в цепи соленоида. Данное обстоятельство в конце концов привело к созданию электромагнитных реле и трансформаторов.

В 60-х годах XIX в., основываясь на идеях Фарадея, Джеймс Клерк Максвелл окончательно объединил электричество и магнетизм в рамках единой теории. В 1855 г., в возрасте 23-х лет, Максвелл опубликовал свою первую статью по теории электромагнитного поля – «О силовых линиях Фарадея». В этой и последующих работах Максвелл ставил перед собой цель перевести физические исследования Фарадея на язык математических формул. На Максвелла сильное влияние оказали работы Уильяма Томсона, барона Кельвина (1824 – 1907). Томсон отдавал предпочтение механическому объяснению электрических и магнитных явлений и имел обыкновение сводить их к течениям жидкости, потокам тепла и упругости. Механические аналогии Томсон распространял и на эфир, рассматривая его как материальную среду, в которой происходит взаимодействие частиц. Используя представления об эфире как об упругой среде, Максвелл рассматривал электрические и магнитные поля как точки смещения в этой среде. В 1865 г. Максвелл опубликовал свою основополагающую работу «Динамическая теория электромагнитного поля», где он приводит правильные математические уравнения электродинамики. Система уравнений Максвелла позволила сформировать представления об электромагнитном поле и объяснить множество электромагнитных явлений.

Имя Дж. К. Максвелла числится также среди создателей молекулярно-кинетической теории газа. Полученное Максвеллом распределение молекул газа по скоростям до сих пор входит в основание статистической физики. Эйнштейн писал: «Согласно ньютоновской системе физическая реальность характеризуется понятиями пространства, времени, материальной точки и силы (взаимодействия материальных точек)... После Максвелла физическая реальность мыслилась уже в виде непрерывных полей, описываемых дифференциальными уравнениями в частных производных».

Объединение успехов электродинамики с корпускулярной теорией вещества за счет приписывания корпускулам свойств заряженных частиц позволило к концу XIX в. выстроить величественное здание классической физики.

В конце XIX в. физическая общественность была разделена на две противоборствующие группы: «энергетистов» и «атомистов». Энергетисты полагали, что принципы термодинамики являются новыми законами, не сводимыми к традиционной физике. А атомисты упорно не желали отказаться от программы сведения сложности явлений Природы к простоте поведения корпускул (элементарных единиц вещества).

Проблемы перехода от микроскопического уровня организации материи к макроскопическому уровню оказались необычайно плодотворными для физики в целом. Одним из первых разработчиков данной программы был Людвиг Больцман (1844–1906). Следуя по стопам Максвелла, Больцман применил вероятностные методы к описанию сложных процессов.

Представления о столкновениях атомов и молекул газов были развиты Клаузиусом и Максвеллом. Тем самым была создана база для статистического описания термодинамических явлений. Максвеллу удалось получить распределение скоростей молекул газа, имеющее место в его равновесном состоянии при определенной температуре. Равновесное состояние газа, по Максвеллу, возникает в результате многократных энергетических обменов между хаотически движущимися и сталкивающимися молекулами. Оказалось, что такое распределение описывается гауссовой кривой, соответствующей максимуму энтропии системы (т. е. максимально возможной хаотичности движе-



Людвиг Больцман

ния молекул при заданной температуре).

Больцман пошел дальше. Он проанализировал не только состояние равновесия, но и эволюцию системы к состоянию равновесия. На Больцмана большое влияние оказала эволюционная теория Дарвина. Его мечтой было стать Дарвином эволюции материи. При этом возникла проблема асимметрии между прошлым и будущим. Больцман обнаружил, что процессы в неорганическом мире имеют определенную направленность – от менее вероятных состояний к более вероятным. Больцман впервые стал рассматривать понятие «энтропия» как меру хаотичности движения атомов и молекул. Но особо велико достижение Больцмана с концептуальной точки зрения: различие между обратимыми и необратимыми процессами. Больцман низвел проблему обратимости процессов с макроскопического на микроскопический уровень организации материи. Изменение распределения скоростей молекул из-за их свободного движения соответствует обратимой части процесса, а вклад, вносимый в изменение состояния системы столкновения молекул газов, – необратимой частью.

Людвиг Больцман наряду с американцем Уиллардом Гиббсом был основателем современной статистической механики. Говорят, что самоубийство Больцмана в 1906 г., по крайней мере отчасти, было вызвано философской оппозицией его работам.

Успехи кинетической теории газов в конце XIX столетия еще более укрепили корпускулярную направленность научной мысли. Характерной чертой ученых XVIII в. был оптимизм. Их преемники в XIX в. отличались необычайной самоуверенностью. Двести лет успеха вскружили им головы настолько, что нашлись отвергающие Исток Природы – Б-ГА. Наука стала походить на Вавилонскую башню – чем выше, тем больше «независимости» от обстоятельств Природы. Естествознание образца начала XX столетия вменяло себе в заслугу освобождение от духов, дьяволов, потусторонних сил и другой мистики. Правда, позже духи вернулись в физику в виде отрицательных членов в пропагаторах квантово-полевых и струнных теорий, приводящих к отрицательным вероятностям. В начале XX столетия на передовых рубежах Науки воцарились депрессия и пессимизм.