

## Глава 6. Идеи и принципы электромагнитной картины мира.

### 6.2. Изучение магнитных и электрических явлений в доклассической науке

Уже в античности было известно свойство натертого о шерстяную ткань янтаря (греч. *elektron*) притягивать легкие предметы, знали и об особом минерале — магнитном железняке (возле греческого города Магнессии находились его залежи), притягивавшем железные предметы. Древнеримский философ Л. Кар считал, что свойства магнита обусловлены потоками мельчайших атомов, вытекающих из него.

Первое дошедшее до нас описание водяного китайского компаса относится к XI в. В XIII в. появилось сочинение «*Письмо о магнитах*» француза П. Пилигрима, в котором описан изготовленный им шарообразный магнит, а также действие его на магнитную стрелку, способ намагничивания железа и т.д. Потребности мореплавания стимулировали изучение земного магнетизма, составление карт магнитных склонений и т.д.

Важным шагом в изучении электрических явлений стало изобретение в 1715 г. лейденской банки, благодаря которому физики могли получать значительные электрические заряды и экспериментировать с ними. *Лейденская банка* — первый электрический конденсатор, изобретенный голландским ученым П. ван Мушенбруком и его учеником Кюнеусом в 1745 в Лейдене. Параллельно и независимо от них сходный аппарат, под названием «медицинская банка» изобрел немецкий ученый Клейст.

Английский ученый У. Гильберт в книге «*О магните, магнитных телах и великом магните Земли*» (1600) на основе экспериментов показал: магнитные свойства присущи только магнитной руде, железу и стали. Гильберту принадлежит гипотеза о Земле как о большом шарообразном магните, он же установил, что свойством притягивать легкие предметы обладает не только янтарь, но и стекло, сера, соль и другие материалы. Сегодня их называют диэлектриками.

Электрические и магнитные явления в течение многих столетий трактовались как невесомые жидкости (положительно заряженные и отрицательно заряженные). Поскольку в каждом незаряженном теле количества положительного и отрицательного электричества совпадают, то они взаимно нейтрализуют друг друга.

Было установлено, что существует два вида тел: *проводники*, в которых электрические жидкости могут двигаться свободно (металлы, земля, человеческое тело); *изоляторы*, которые препятствуют движению электрических жидкостей (фарфор, стекло, резина и т.п.). Отголоски таких представлений сохранились до сих пор; если через водопровод перемещается вода, то через электропровод — «электрическая жидкость».

Гипотеза электрических жидкостей оказалась плодотворной. К примеру: расхождение листков электроскопа после поднесения к его головке эбонитовой палочки, натертой шерстяной тканью, объяснялось передачей электрической жидкости от этой палочки к электроскопу. По закону сообщающихся сосудов электрическая жидкость, равномерно распространяясь, заряжает оба листочка электроскопа одноименным электричеством, и они отталкиваются друг от друга.

Электрические жидкости вынужденно трактовались как *невесомые* субстанции, поскольку вес заряженного тела не отличался от веса электрически нейтрального тела.

В 1785 г. французский военный инженер Ш. О. Кулон (1736 1808) обнаружил: модуль силы взаимодействия двух точечных электрических зарядов прямо пропорционален произведению модулей этих зарядов и обратно пропорционален квадрату расстояния между ними.

По структуре *закон Кулона* напоминал закон всемирного тяготения, поэтому создавалось впечатление о способности закона всемирного тяготения служить универсальным ответом на любые задачи, а также подтверждалась идея о вещественной природе электричества.

Вплоть до начала XIX в. физики могли исследовать только статическое электричество, поскольку не существовало источников электрического тока. В частности, *лейденская банка* позволяла накапливать и хранить сравнительно большие заряды, опыты с ней стимулировали исследование электричества. В связи с этим стали более частыми попытки практического применения электричества, в том числе и лечебных целях. Электричество вошло в моду; двор французского короля Людовика XV забавлялся, пропуская разряд электричества через тень солдат.

В 1800 г. итальянский ученый Л. Вольта (1715—1827) опустил в банку с кислотой цинковую и медную пластинки и соединил их проволокой. Цинковая пластина растворялась, а на медной пластинке выделялись пузырьки газа — по проволоке протекал электрический ток. Вольта придумал первому гальваническому элементу форму вертикального цилиндра (столба, отсюда название — «Вольтов столб»), состоящего из соединенных между собой кругов цинка, меди и сукна, пропитанных кислотой. Соединение двух разных металлов вызывает поток электронов, перемещающихся между блоками через картон или сукно, смоченное в электролите.

В 1803 г. русский физик В. Петров построил самый мощный в мире Вольтов столб, он состоял из 4200 медных и цинковых кругов и развивал напряжение до 2500 В. С его помощью была открыта электрическая дуга, которую до сих пор применяют в электросварке.

Таким образом, с XIX в. к числу свойств частиц, наряду с массой, добавился *электрический заряд*. В отличие от массы, он наблюдался лишь у некоторых частиц, но был признан фундаментальным свойством материи.

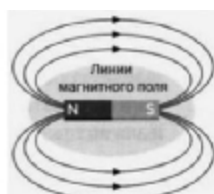
### 6.3. Становление представлений об электромагнитном поле

Датский ученый Х. К. Эрстед (1777—1851) поместил магнитную стрелку над проводником, по которому шел электрический ток; при этом стрелка отклонялась от первоначального положения. Было обнаружено явление электромагнетизма: электрический ток формирует явление магнетизма. В свою очередь, американский исследователь Г. Роиуанд обнаружил возникновение магнетизма при движении электростатически заряженного листа.

Английский химик и физик, гениальный самоучка М. Фарадей (1791 — 1867) экспериментально показал, что *изменение* в магнитных полях (хотя само понятие «магнитного поля» еще не было сформировано) создает *электрический ток*. Он экспериментально показал, что между магнетизмом и электричеством существует прямая динамическая связь, и поэтому впервые объединил электричество и магнетизм, трактуя их как *одну и ту же* силу природы. Было открыто явление электромагнитной индукции<sup>1</sup>.

Не имея систематического образования, М. Фарадей был свободен и от научных догм и предрассудков, потому возражал против идеи о движении атомов в пустоте: если пустота — проводник, то все тела должны быть проводниками, а если пустота — непроводник, то все тела должны быть изоляторами. Ни того ни другого нет, поэтому вывод Фарадея таков: первоначально материи — поле, а атомы — это лишь «сгустки» силовых линий поля.

Осмысливая свои эксперименты, М. Фарадей ввел понятие «силовые линии» электромагнитного поля, представляя действие электрических и магнитных сил от точки к точке в их «силовом поле»



На основе представления о силовых линиях Фарадей предположил, что *существует глубокое родство электричества и света* и пришел к необычайно смелой для того времени мысли — он хотел построить и экспериментально обосновать новую оптику, в

которой свет рассматривался бы как колебания силового поля.

В 1844 г. свое открытие он выразил одной гениальной фразой: «При увеличении или уменьшении магнитной силы всегда возникает электричество; чем выше скорость увеличения или уменьшения, тем большее количество электричества образуется». Однако со времен Ньютона ученые привыкли, что подобные заявления должны излагаться языком математики, а Фарадей плохо знал математику. Поэтому хотя Фарадей и считался блестящим экспериментатором, его революционные теоретические идеи не были приняты коллегами. Фарадей был вынужден обратиться к далеким потомкам с письмом, в котором выражал твердую уверенность в существовании электромагнитных волн и сожалел, что современники этой уверенности не разделяют. Это письмо, датированное 1832 г., было обнаружено в архиве Лондонского королевского общества лишь в 1938 г.

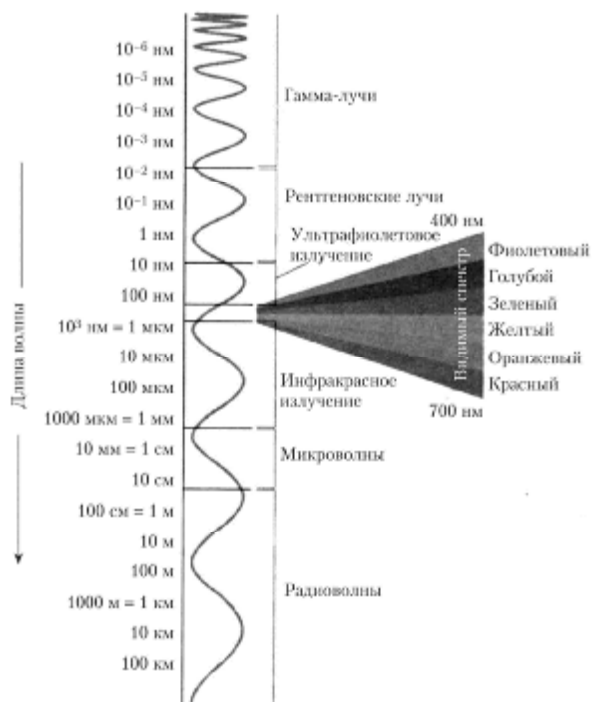
Только через 30 лет математическую обработку идей Фарадея осуществил выдающийся английский ученый Дж. К. Максвелл (1831 — 1879). В работе «Трактат об электричестве и магнетизме» (1873) он обобщил законы электромагнитных явлений (открытые Кулоном, Ампером, Био-Савара и другими), а также открытое М. Фарадеем явление электромагнитной индукции. Дж. К. Максвелл нашел систему дифференциальных уравнений, описывающих электромагнитное поле. Эти уравнения дают столь же стройную теорию, как и система ньютоновой механики.

В уравнениях Максвелла вихри электрического и магнитного полей определяются производными по времени от чужих полей: электрическое — от магнитного, а магнитное — от электрического. Поэтому если меняется со временем магнитное поле, то существует и переменное электрическое поле, которое, в свою очередь, ведет к изменению магнитного поля. В результате возникает переменное электромагнитное поле, которое уже не привязано к заряду, а отрывается от него, самостоятельно существуя и распространяясь в пространстве.

Факт из истории науки

Решающую роль в утверждении теории электромагнитного поля сыграл немецкий физик Г. Р. Герц (1857—1894). В 1886 г. он продемонстрировал «беспроволочное распространение» электромагнитных волн. В результате искровых разрядов между двумя заряженными шарами появлялись электромагнитные волны. Проходя через незамкнутое проволочное кольцо (по сути дела — виток катушки), эти волны создавали в нем токи, о появлении которых свидетельствовали искры, проскакивающие через разрыв.

Г. Герц наблюдал отражение этих волн и их интерференцию, т.е. те явления, которые характерны для световых волн, а затем он смог измерить длину электромагнитных волн и скорость их распространения, которая оказалась равна скорости света. Это стало еще одним подтверждением электромагнитной природы световых явлений.



## Выводы

Работы в области электромагнетизма положили начало крушению механистическом картины мира. С тех пор механистические представления о мире были существенно поколеблены, поскольку попытки распространить механические принципы на электрические и магнитные явления оказались несостоятельным. После экспериментов Г. Герца в физике окончательно утвердилось понятие поля как качественно нового вида материи.

Дж. К. Максвелл рассматривал значение своих работ как сугубо теоретическое и не видел прямых практических приложений своему открытию.