

ВВЕДЕНИЕ

Почему возникают электрические силы? Как они передаются? Что при этом происходит в пространстве? Подобные вопросы возникают сами собой при первом же знакомстве с электричеством. Даже сегодня, когда картина во многом прояснилась и человечество достигло грандиозных успехов в изучении и использовании электричества, все еще нельзя дать на них исчерпывающие ответы. *Электродинамика*, изучающая электромагнитные процессы, является сейчас одной из самых разработанных областей человеческих знаний, а уравнения Максвелла, описывающие электромагнитное поле и получившие многочисленные подтверждения на опыте, не могут не вызывать чувства восхищения своим изяществом и красотой*.

Электродинамика находит применения в таких разделах современной физики, как нелинейная оптика и физика плазмы, теория ускорителей и физика атомного ядра. Учет квантовых свойств материи привел к созданию квантовой электродинамики, предсказания которой отличаются высочайшей точностью. Что же представляет собой электродинамика?

В буквальном переводе «электродинамика» — это учение о движении и взаимодействии электрических зарядов. Но такая трактовка не отражает существа дела, ибо главное содержание электродинамики есть *учение об электромагнитном поле* и его связи с зарядами и токами.

Первоначально делались попытки свести все электрические явления к прямому взаимодействию электрических зарядов, т. е. предполагалось, что электрические силы мгновенно передаются через пустоту, а само их существование является природным свойством заряженных тел. Все внимание при таком подходе было сосредоточено на электрических зарядах и токах, поле же вводилось по аналогии с гравитационным полем лишь как удобное математическое понятие. Эти взгляды разделяли Ампер, Риман, Вебер, Кирхгоф, Гельмгольц и др. Это была эпоха господства *теории дальнего действия*.

Нужна была проницательность *М. Фарадея*, чтобы искать причину не в самих зарядах и токах, а в окружающем их пространстве. Он представлял себе силовые линии как вполне реальные образования и провел множество хитроумнейших экспериментов по их обнаружению. Один из них привел его к открытию электромагнитной индукции. Но умозрительные представления Фарадея явно проигрывали в сравнении с безупречно математически оформленной электродинамикой дальнего действия и поэтому не могли рассчитывать на признание.

Нужен был гений *Дж. К. Максвелла*, чтобы увидеть в неуклюжем языке фарадеевых силовых линий гармонию математики. Тщательно проштудировав

* История создания уравнений Максвелла очень поучительна, и читатель может ознакомиться с ней, например, по увлекательно написанной книге *В. П. Карцева* «Приключения великих уравнений». М., 1986.

труды Фарадея, Максвелл сумел сконцентрировать все их содержание в восьми коротких уравнениях, которым суждено было стать краеугольным камнем теории электромагнитного поля. Так благодаря трудам Фарадея и Максвелла стала пробивать себе дорогу *теория близкодействия*, в основе которой лежало фарадеево представление об особом материальном носителе электромагнитных сил — *электромагнитном поле*.

Эволюция представлений об электромагнитном поле имеет долгую историю. Отметим лишь наиболее значительные ее вехи.

Максвелл был сторонником механистической точки зрения и представлял электромагнитное поле в виде натяжений и деформаций особой всепроникающей среды — *эфира*. Исторически эти представления сыграли положительную роль, так как помогли Максвеллу найти правильную математическую форму для уравнений электродинамики. Одним из следствий этих уравнений было предсказание Максвеллом электромагнитной природы света.

Творец электронной теории *Г. А. Лоренц* тоже был сторонником эфира. Считая, что электромагнитное поле — это особое состояние эфира, он тем не менее уже не наделял последний какими-либо механическими свойствами. Напротив, в конце концов он пришел к выводу, что присутствие эфира не может быть замечено ни в одном электродинамическом опыте. Эфир у Лоренца оставался непознаваемой «вещью в себе». Сознывая его бесполезность, Лоренц все же не смог сделать последний решительный шаг — отказаться от эфира. Это было сделано создателем теории относительности *А. Эйнштейном*. Позже постепенно сложилось представление об электромагнитном поле как о самостоятельной материальной сущности, являющейся носителем электромагнитных взаимодействий и распределенной в пространстве. Это представление полностью разделяется и современной наукой.

Сейчас мы обладаем многими несомненными доказательствами разнообразнейших материальных проявлений электромагнитного поля. Сюда относятся и опыты *Г. Герца* (1887) по обнаружению электромагнитных волн, и опыты *П. Н. Лебедева* по измерению светового давления (1901), и прецизионные опыты *Р. Паунда* и *Г. Ребки* (1960) по «взвешиванию» света, и многие другие.

В настоящее время помимо электромагнитных сил известны также и наиболее универсальные, присущие всем объектам гравитационные силы, и мощные ядерные силы, действующие на чрезвычайно малых расстояниях порядка 10^{-13} см внутри ядер, и сравнительно небольшие, но важнейшие в микромире, слабые взаимодействия, вызывающие распады элементарных частиц. В первом (классическом) приближении современная атомистическая картина строения материи может выглядеть следующим образом: материя состоит из заряженных и нейтральных элементарных частиц (электронов и нуклонов) и различного вида полей (электромагнитного, ядерного, гравитационного и др.), обуславливающих взаимодействие элементарных частиц. При более детальном (квантовом) описании материи полям также нужно сопоставлять особые частицы — кванты поля (кванты электромагнитного поля — фотоны, ядерного — мезоны и т. д.).

Однако в отличие от короткодействующих ядерных и слабых сил электромагнитные и гравитационные силы являются далекодействующими, т. е. наиболее медленно убывающими с расстоянием между частицами. Именно это позволяет рассматривать электромагнитные и гравитационные поля как *макроскопические объекты* и ограничиться лишь классическим (а не квантовым) описанием.

Уравнения Максвелла как раз и представляют собой математически строгое и полное выражение законов движения электромагнитного поля как макроскопического объекта.