

ПОЛЯ ДВИЖУЩИХСЯ ЗАРЯДОВ

5.1. От Эрстеда до Эйнштейна

Зимой 1819/20 г. Ганс Христиан Эрстед читал в Копенгагенском университете студентам старших курсов лекции по электричеству, гальванизму и магнетизму. *Электричество* означало тогда электростатику; *гальванизмом* назывались явления, вызываемые постоянным током, получаемым от батарей,— этот раздел возник в результате случайного открытия Гальвани и последующих опытов Вольта; *магнетизм* имел дело с давно известными свойствами железных руд, со стрелкой компаса, с земным магнитным полем. Кое-кто чувствовал, что между гальваническим током и электрическими зарядами должна существовать связь, хотя прямых доказательств этого не было, если не считать того, что оба явления вызывали у человека сильные ощущения. С другой стороны, казалось, что магнетизм и электричество не имеют между собой ничего общего. У Эрстеда была, однако, быть может смутная, но неотвязная мысль о том, что магнетизм, как и гальванический ток, может оказаться одной из «скрытых форм» электричества. В поисках такой связи он попытался проделать перед аудиторией опыт с пропусканием тока через проволоку, подвешенную над стрелкой компаса под прямым углом к ней. Опыт не дал никакого эффекта. После лекции что-то побудило его продолжить опыт, но с проволокой, параллельной стрелке компаса. Стрелка сильно отклонилась, а когда гальванический ток был пущен в обратном направлении, она отклонилась в другую сторону!

Научный мир был вполне готов к восприятию этого откровения, и как только весть о нем достигла других лабораторий, заработал фермент опытов и открытий. Прошло немного времени и Ампер, Фарадей и другие произвели полное и точное исследование магнитного действия электрических токов. Открытие Фарадеем электромагнитной индукции, имевшее фундаментальное значение, произошло менее чем через 12 лет после опыта Эрстеда, тогда как за два столетия после опубликования в 1600 г. великой работы Уильяма Гильберта «De Magnete» человеческое понимание природы магнетизма не продвинулось ни на шаг! Из этих экспериментальных от-

крытий выросла затем полная классическая теория электромагнетизма. Максвелл придал ей математическую формулировку, а Герц в 1888 г. блестяще подтвердил ее экспериментально, показав существование электромагнитных волн.

Специальная теория относительности уходит своими историческими корнями в электромагнетизм. Лоренц, исследуя электродинамику движущихся зарядов, очень близко подошел к окончательной формулировке Эйнштейна, и великая работа Эйнштейна, появившаяся в 1905 г., была озаглавлена не «Теория относительности», а «Об электродинамике движущихся тел». Сегодня в постулатах теории относительности и в их следствиях мы видим широкую картину, охватывающую все физические законы, а не только законы электромагнетизма. Мы требуем, чтобы любая полная физическая теория была релятивистски инвариантной. Рассказ о событиях должен звучать одинаково во всех инерциальных системах отсчета. Случилось так, что в физике, задолго до того как осознали важность релятивистской инвариантности, уже существовала одна релятивистски инвариантная теория — теория электромагнетизма Максвелла. Могли ли возникнуть идеи специальной теории относительности в отсутствие полной теории электромагнитного поля — это вопрос для историков науки; возможно, на него не будет ответа. Мы можем только сказать, что в действительной истории путь, ведущий от стрелки компаса Эрстеда к постулатам Эйнштейна, обозначен довольно ясно.

В этой и в следующей главе мы проследим этот путь почти в обратном направлении. Это не означает пренебрежения к истории. Мы полагаем, что человеку, интересующемуся историей этих великих открытий только поможет ясное представление о глубокой связи между электричеством и магнетизмом. Эту связь можно легко и непосредственно обнаружить, взглянув на то, что мы уже знаем об электрическом заряде и электрическом поле с точки зрения специальной теории относительности. Но перед этим сделаем обзор некоторых явлений, которые мы попытаемся объяснить.

5.2. Магнитные силы

Два параллельных провода, по которым текут одинаково направленные токи, притягиваются друг к другу. Сила, приходящаяся на единицу длины любого из проводов, пропорциональна произведению обоих токов и обратно пропорциональна расстоянию между проводами (рис. 5.1, а). Перемена направления одного из токов превращает силу притяжения в силу отталкивания. Так, два куска провода на рис. 5.1, б, являющиеся частью одной цепи, стремятся разойтись. Между двумя нитями с постоянным электрическим током существует нечто вроде «действия на расстоянии». Оно не имеет ничего общего с каким-либо статическим электрическим зарядом на поверхности проволоки. Такие заряды могут существовать и провода могут находиться под разными потенциалами, однако сила, о которой мы говорим, зависит только от движения зарядов по