

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПОЛЯ ВОКРУГ ПРОВОДНИКОВ

3.1. Проводники и изоляторы

Уже первые эксперименты в области электричества установили, что вещества различаются по своей способности сохранять «нечто электрическое». Некоторые вещества можно легко наэлектризовать трением и удержать их в этом состоянии; другие, по-видимому, не могут быть наэлектризованы таким образом: они не сохраняют электрическое «нечто». Экспериментаторы начала восемнадцатого столетия составили классификацию, согласно которой вещества разделяются на *электрики* и *неэлектрики*. Примерно в 1730 г. в Англии Стефан Грэй произвел опыты, из которых следовало, что «электрическое нечто» может передаваться от одного тела к другому по горизонтальной веревке на расстояния в несколько сотен метров, если сама веревка подвешена на шелковых нитях *). Как только было обнаружено различие между проводимостью и непроводимостью, электротехники того времени заметили, что даже *неэлектрик* можно сильно наэлектризовать, если расположить его на стекле или подвесить на шелковых нитях. Наиболее эффектным номером, демонстрировавшимся на одной из тогдашних популярных выставок по электричеству, была, вероятно, электризация мальчика, подвешенного на шелковых нитях: его волосы вставали дыбом и с кончика носа можно было снимать искры. После работ Грэя и его современников *электрики* и *неэлектрики* стали называть электрическими *изоляторами* и электрическими *проводниками*. Это различие в свойствах вещества является до сих пор одним из наиболее поразительных контрастов природы. Электрическая проводимость обычных хороших проводников, например металлов, превышает электрическую проводимость обычных изоляторов, подобных стеклу и пластмассе, при-

*) Несомненно, что «веревка», которую он использовал в своих опытах, была довольно плохим проводником, по сравнению с металлическим проводом, но она оказалась вполне пригодной для перенесения заряда в электростатических опытах. Грэй обнаружил также, что тонкий медный провод является проводником, однако для перенесения зарядов на большие расстояния он пользовался веревкой.

мерно в 10^{20} раз. Экспериментаторы восемнадцатого столетия, Грэй и Бенджамин Франклин, объяснили бы это различие так: металлический шар, расположенный на металлической подставке, может терять свою электризацию за миллионную долю секунды, а тот же шар на стеклянной подставке сохранил бы это «нечто» в течение ряда лет. (Для подтверждения последнего факта следовало бы принять некоторые меры предосторожности, которые были невозможны в лаборатории восемнадцатого столетия. Можете ли вы назвать некоторые из них?)

Хороший проводник и хороший изолятор так же сильно различаются по своим электрическим свойствам, как жидкость и твердое тело по механическим свойствам. Это не совсем случайно. И электрическое и механическое поведение тела зависит от подвижности атомных частиц: электрическая проводимость — от подвижности носителей заряда, электронов или ионов, механические свойства — от подвижности атомов или молекул, образующих структуру вещества. Аналогия усилится, если мы вспомним о веществах, занимающих промежуточное положение между твердым телом и жидкостью, например о таких, как вар или лед. Действительно, некоторые вещества — хорошим примером является стекло — при изменении температуры на несколько сотен градусов постепенно и непрерывно меняют свои свойства, переходя из подвижного жидкого состояния в очень устойчивое и жесткое твердое состояние. Электрическая проводимость некоторых веществ также меняется в широком диапазоне от «хороших проводников» до «хороших изоляторов» в зависимости от их температуры. Этим свойством и некоторыми еще более любопытными свойствами обладает особый и широкоиспользуемый класс веществ, называемых полупроводниками.

Одно и то же вещество можно считать твердым или жидким, в зависимости от выбранного масштаба времени и, вероятно, также от масштаба расстояний. Если вы держите в руке кусок обыкновенного асфальта, то он кажется вам достаточно твердым. С точки же зрения геологии он принадлежит к жидкостям, просачивающимся из подземных отложений и даже образующим озера. По аналогичным причинам мы должны считать вещество изолятором или проводником, в зависимости от масштаба времени того явления, которое нас интересует. Мы обнаружим, что для довольно простого и общего класса явлений критерием служит только время, а не расстояние.

3.2. Проводники в электростатическом поле

Сначала рассмотрим электростатические системы, которые содержат проводники. Нас, следовательно, будет интересовать стационарное состояние заряда и электрическое поле, которое установится после всех перераспределений зарядов в проводниках. Все изоляторы мы будем считать совершенными. Как уже упоминалось, обыкновенные изоляторы почти удовлетворяют этой идеализации, поэтому системы, которые мы будем рассматривать, не