

Тот заряд, который мы называем отрицательным, можно было бы с тем же успехом назвать положительным и наоборот. Выбор названия был исторической случайностью. Наша Вселенная представляет собой хорошо уравновешенную смесь положительных и отрицательных электрических зарядов, что не удивительно, поскольку одинаковые заряды отталкиваются.

Для понимания электрического строения вещества существенны два известные свойства электрического заряда: заряд сохраняется и заряд квантуется. Эти свойства относятся к количеству заряда и, следовательно, означают возможность его измерения. В этой главе мы точно определим, как можно измерить заряд, пользуясь понятием силы, действующей между зарядами, помещенными на определенном расстоянии друг от друга и т. д. Но пока будем считать это известным и рассмотрим вышеупомянутые фундаментальные факты.

1.2. Сохранение заряда

Полный заряд изолированной системы представляет собой величину, которая никогда не изменяется. Под изолированной мы понимаем такую систему, через границы которой не может проникнуть никакое другое вещество. Свет может входить и выходить из системы, не нарушая этого принципа, так как фотоны не несут зарядов. Например, в тонкостенном ящике, помещенном в вакууме и подвергающемся действию гамма-лучей, можно наблюдать создание пары — отрицательного и положительного электронов, при котором фотон с высокой энергией прекращает свое существование (рис. 1.1). Произошло создание двух новых электрически заряженных частиц, но изменение полного заряда внутри и снаружи ящика равно нулю. Закон сохранения заряда был бы нарушен в случае создания положительно заряженной частицы без одновременного создания отрицательно заряженной. Такое явление никогда не наблюдалось.

Конечно, если бы электрические заряды электрона и позитрона не были в точности равны по величине, то создание пары нарушило бы строгий закон сохранения заряда. Но опыт показывает, что их заряды равны. Интересную экспериментальную проверку этого равенства дает атомная система, называемая позитронием. Она состоит из электрона и позитрона. Этот любопытный «атом» может существовать достаточно долго, чтобы его можно было подробно изучить — примерно около одной десятой доли микросекунды. Он ведет себя так, как будто он электрически совершенно нейтрален. Большинство

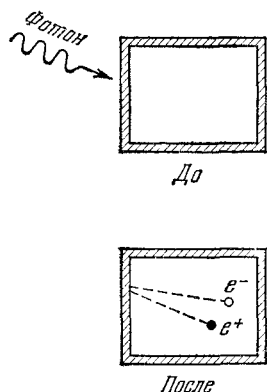


Рис. 1.1. Заряженные частицы рождаются парами с равными и разноименными зарядами.

физиков были бы очень удивлены или отнеслись бы весьма скептически к наблюдению какой-нибудь разницы в величине зарядов электрона и позитрона. Действительно, соотношение между электроном и позитроном аналогично соотношению между частицей и античастицей. В этом абсолютном равенстве зарядов, а также в равенстве масс проявляется какая-то универсальная симметрия природы, свойственная частице и античастице. Можно думать, что сохранение заряда является тогда только следствием несколько более общего закона сохранения, управляющего созданием и уничтожением частиц. Но может быть и так, что сохранение заряда представляет собой первичное требование, которому должны подчиняться все остальные законы. Имеют ли смысл эти вопросы? Пока что мы не знаем этого.

В процессе изучения электромагнетизма становится ясным, что несохранение заряда было бы совершенно несовместимым со строением нашей современной электромагнитной теории. Следовательно, закон сохранения заряда мы можем сформулировать либо как постулат теории, либо как эмпирический закон, подкрепленный всеми без исключения наблюдениями, проводившимися до сих пор:

В изолированной системе полный электрический заряд, т. е. алгебраическая сумма положительного и отрицательного зарядов, остается постоянным.

Рано или поздно мы должны будем спросить: удовлетворяет ли этот закон условию релятивистской инвариантности? Гл. 5 посвящена обсуждению этого важного вопроса. Ответ будет положительным и не только в том смысле, что вышеприведенная формулировка справедлива в любой заданной инерциальной системе координат, но и в более строгом смысле; расположенные в различных системах координат наблюдатели, измеряя заряд, получают одно и то же число. Другими словами, полный электрический заряд изолированной системы является релятивистски инвариантным числом.

1.3. Квантование заряда

Опыт Милликэна с каплей масла и ряд других экспериментов показали, что в природе электрические заряды состоят из дискретных зарядов постоянной величины. Эта величина обозначается через e и является зарядом электрона. Мы уже отмечали, что позитрон обладает в точности таким же количеством электричества. Еще более замечательным фактом является точное равенство зарядов всех других заряженных частиц — равенство по величине, например, положительного заряда протона и отрицательного заряда электрона.

Последнее равенство — а именно равенство зарядов протона и электрона — было проверено в очень тонком эксперименте, который