

## § 2. Количество электричества. Закон Кулона

Существуют два, и только два, рода электричества: *положительное* и *отрицательное*. Эти названия — «положительное» электричество и «отрицательное» — оправданы тем, что при появлении одного рода электричества всегда появляется равное количество другого рода электричества. (Так, при трении стекла о кожу стекло заряжается электричеством того рода, которое называют положительным, тогда как кожа заряжается в равной степени электричеством другого рода — отрицательным. При трении эбонита о шерсть шерсть заряжается положительным электричеством, а эбонит — отрицательным электричеством.)

Нет ни одного явления, при котором создавался бы или исчезал заряд одного рода; всегда происходит только то или иное распределение зарядов между различными телами. При соприкосновении заряженного и незаряженного тел заряд, не изменяясь по величине, распределяется между соприкасающимися телами. При трении и при всяком другом способе электризации одно тело электризуется положительно, другое — отрицательно, но так, что *алгебраическая сумма зарядов остается неизменной*. Это — закон сохранения электрического заряда, напоминающий собой закон сохранения количества вещества. Электрический заряд мы можем поэтому с полным правом называть *количеством электричества*. Закон сохранения количества электричества является одним из основных законов физики.

Взаимодействие наэлектризованных тел определяется законом Кулона: сила взаимодействия  $F$  двух точечных электрических зарядов  $Q_1$  и  $Q_2$  направлена по прямой, соединяющей точки, в которых расположены эти заряды  $Q_1$  и  $Q_2$ ; по величине указанная сила взаимодействия  $F$  *пропорциональна произведению электрических зарядов и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними*:

$$F = K \frac{Q_1 Q_2}{r^2}. \quad (1)$$

Здесь  $K$  есть численный коэффициент, величина которого для случая зарядов, расположенных в вакууме, зависит только от выбранных единиц.

Если величины  $Q_1$  и  $Q_2$  имеют одинаковые знаки, то их произведение положительно; поэтому положительный знак силы в формуле Кулона означает отталкивание одноименных зарядов, а отрицательный знак — притяжение разноименных зарядов.

Применяя закон Кулона к определению взаимодействия между наэлектризованными телами и понимая под  $Q_1$  и  $Q_2$  суммарные электрические заряды этих тел, следует иметь в виду, что формула (1) справедлива только в том случае, когда линейные размеры наэлектризованных тел весьма малы в сравнении с расстоянием  $r$  между

этими телами. Если же линейные размеры наэлектризованных тел недостаточно малы в сравнении с расстоянием между телами, то в этом случае сила взаимодействия определится как равнодействующая всех сил, возбужденных всеми наэлектризованными точками тел.

Закон Кулона был установлен и многократно проверен посредством так называемых *крутильных весов*, изображенных на рис. 1. Шарикам  $n$  и  $m$  сообщают одноименный электрический заряд. Чтобы уравновесить силу отталкивания, возникающую между двумя одноименно заряженными шариками, закручивают (посредством поворота диска  $T$ ) тонкую проволочку, на которой подвешено коромысло с шариком  $m$ . По углу кручения проволоки определяют силу взаимодействия наэлектризованных шариков.

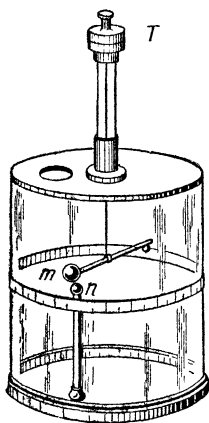


Рис. 1. Крутильные весы, при помощи которых Кулон в 1785 г. установил закон взаимодействия наэлектризованных тел.

За единицу электрического заряда принимают такой заряд, который действует на равный ему заряд, находящийся на расстоянии 1 см, с силой 1 дина. Нетрудно видеть, что при таком выборе единицы количества электричества коэффициент пропорциональности  $K$  в законе Кулона обращается в единицу.

Следовательно, в указанных единицах закон Кулона будет иметь вид

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \text{ дин.} \quad (2)$$

Установленную таким образом единицу количества электричества называют *абсолютной электростатической единицей*. Впоследствии (§ 60) мы познакомимся с другой единицей количества электричества, выведенной из законов явлений электромагнетизма, которая носит название *абсолютной электромагнитной единицы* и в  $3 \cdot 10^{10}$  раз превосходит электростатическую единицу. Мы будем абсолютные электростатические единицы обозначать CGSE.

В практических применениях электростатическая единица количества электричества не употребляется, так как она слишком мала и величины, встречающиеся в практике, выражались бы очень большими числами; поэтому за *практическую* единицу количества электричества принимают один *кулон*, причем

$$1 \text{ кулон} = 3 \cdot 10^9 \text{ CGSE.}$$

Количество электричества, равное 1 кулону, иначе называют *ампер-секундой* (так как при токе в 1 ампер через поперечное сечение проводника в 1 сек. протекает количество электричества,

как раз равное 1 кулону). Сокращенно кулон принято обозначать через  $\kappa$ .

Понятно, что если заряды  $Q_1$  и  $Q_2$  выражены в кулонах,  $r$  — в сантиметрах и  $F$  — в динах, то коэффициент пропорциональности  $K$  в формуле Кулона равен уже не единице, а  $9 \cdot 10^{18}$ .

Чтобы получить ясное представление о том, какое громадное количество электричества представляет собой кулон в сравнении с электростатической единицей, вычислим силу, с которой 1 кулон действует на другой такой же заряд, находящийся на расстоянии 1 см. По закону Кулона имеем:

$$F = \frac{9 \cdot 10^{18}}{(10^5)^2} \text{ дин} = 9 \cdot 10^8 \text{ дин, или в круглых числах } F = 900 \text{ кг.}$$

Практически, однако, невозможно наэлектризовать тело так, чтобы заряд его сделался равным или близким 1 кулону. Такой заряд невозможно удержать на теле; он пробьет любую изоляцию. Мы умеем приводить в движение громадные количества электричества, но принуждены ограничиваться ничтожными зарядами, когда хотим иметь электрический заряд в покое.

Обращает на себя внимание формальная аналогия между законом Кулона и ньютоновым законом тяготения: в обоих случаях сила взаимодействия обратно пропорциональна квадрату расстояния и пропорциональна произведению зарядов или масс. Однако аналогия этим исчерпывается; она радикально нарушается уже тем, что одноименные заряды отталкиваются, а не притягиваются. Далее, картина электрических взаимодействий чрезвычайно усложняется (в сравнении с тяготением масс) влиянием, которое оказывают на взаимодействие зарядов находящиеся вблизи зарядов тела и сама среда, в которой помещены заряды. По отношению к электрическим зарядам все тела (вещества) могут быть разделены на два класса: на *изоляторы (диэлектрики)* и *проводники*. Вблизи зарядов изоляторы «поляризуются», а проводники «электризуются по влиянию» (эти явления подробно рассмотрены ниже). Что касается влияния среды, то опыт показывает, что *сила взаимодействия двух наэлектризованных тел, погруженных в какую-либо диэлектрическую среду, всегда меньше, чем в пустоте, в некоторое число раз  $\epsilon$ , характерное для данной среды*. Закон Кулона в этом случае должен быть записан следующим образом:

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{\epsilon r^2}. \quad (3)$$

Величину  $\epsilon$  называют *диэлектрической проницаемостью среды*, или, иначе, *диэлектрической постоянной среды*. Диэлектрическая постоянная вакуума равна (при применении системы единиц CGSE) единице.