

**Тема: « Электрический заряд. Закон сохранения электрического заряда.  
Взаимодействие точечных зарядов. Закон Кулона»**

**Электростатика – это раздел электродинамики, который изучает взаимодействие неподвижных зарядов.**

Всё на свете взаимодействует ( по закону всемирного тяготения) но мы этого не замечаем.

Можно создать условия, когда лёгкие тела притягиваются друг к другу, значит на этих телах возникает что-то что заставляет частицы и тела притягиваться друг к другу. Это взаимодействие получило название электростатического взаимодействия.

Значит, на эбонитовой и стеклянной палочках возникает что-то, что заставляет мелкие тела притягиваться к ней. Это что-то называется электрическим зарядом.

**Электрический заряд – это то, присутствие чего на телах вызывает их электростатическое взаимодействие.**

**Электризация – процесс появления электрического заряда на телах.**

Установим различия между гравитационным взаимодействием и электростатическим.

Гравитационное взаимодействие	Электростатическое взаимодействие
Всегда притяжение	Может быть как притяжение, так и отталкивание

Опыт со стеклянной и эбонитовой палочкой.

При трении происходит разделение зарядов.

**$q$  – электрический заряд**

Была принята договорённость, что

Эбонит  $q < 0$

Стекло  $q > 0$

Откуда же берутся эти заряды?

Они находятся внутри тела в атомах

**Закон сохранения заряда**

**Система, в которую не поступают электрические заряды из которой эти заряды ни уходят – изолированная система.**

**Суммарный заряд всех элементов, образующих изолированную систему остаётся неизменным при любых процессах в этой системе.**

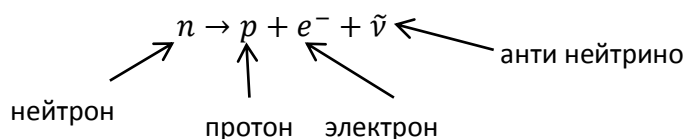


$$q_1 + q_2 = 0$$

$$q'_1 + q'_2 = 0$$

Это в макромире.

В микромире происходит тоже самое, только в меньших масштабах. Например, если оставить нейтрон в свободном состоянии, то он будет существовать очень не долго (около  $10^{-9}$  с), а потом распадётся.



$$q_n = q_p + q_e + q_{\bar{\nu}}$$

С современной точки зрения, носителями зарядов являются элементарные частицы. Все обычные тела состоят из атомов, в состав которых входят положительно заряженные протоны, отрицательно заряженные электроны и нейтральные частицы – нейтроны. Протоны и нейтроны входят в состав атомных ядер, электроны образуют электронную оболочку атомов. Электрические заряды протона и электрона по модулю в точности одинаковы и равны элементарному заряду  $e$ .

В нейтральном атоме число протонов в ядре равно числу электронов в оболочке. Это число называется атомным номером. Атом данного вещества может потерять один или несколько электронов или приобрести лишний электрон. В этих случаях нейтральный атом превращается в положительно или отрицательно заряженный ион.

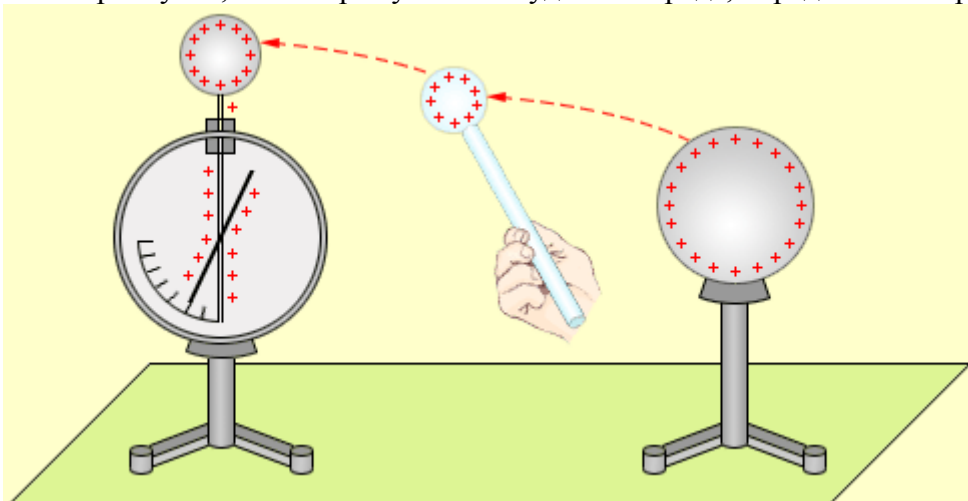
Заряд может передаваться от одного тела к другому только порциями, содержащими целое число элементарных зарядов. Таким образом, электрический заряд тела – дискретная величина:

$$q = \pm ne \quad (n = 0, 1, 2, \dots).$$

Физические величины, которые могут принимать только дискретный ряд значений, называются квантованными. Элементарный заряд  $e$  является квантом (наименьшей порцией) электрического заряда. Следует отметить, что в современной физике элементарных частиц предполагается существование так называемых кварков – частиц с

дробным зарядом и, однако, в свободном состоянии кварки до сих пор наблюдать не удалось.

В обычных лабораторных опытах для обнаружения и измерения электрических зарядов используется электрометр – прибор, состоящий из металлического стержня и стрелки, которая может вращаться вокруг горизонтальной оси (рис. 1). Стержень со стрелкой изолирован от металлического корпуса. При соприкосновении заряженного тела со стержнем электрометра, электрические заряды одного знака распределяются по стержню и стрелке. Силы электрического отталкивания вызывают поворот стрелки на некоторый угол, по которому можно судить о заряде, переданном стержню электрометра.



Электрометр является достаточно грубым прибором; он не позволяет исследовать силы взаимодействия зарядов.

Впервые закон взаимодействия неподвижных зарядов был открыт французским физиком Ш. Кулоном в 1785 г. В своих опытах Кулон измерял силы притяжения и отталкивания заряженных шариков с помощью сконструированного им прибора – крутильных весов (рис. 2), отличавшихся чрезвычайно высокой чувствительностью. Так, например, коромысло весов поворачивалось на  $1^\circ$  под действием силы порядка  $10^{-9}$  Н.

Идея измерений основывалась на блестящей догадке Кулона о том, что если заряженный шарик привести в контакт с точно таким же незаряженным, то заряд первого разделится между ними поровну. Таким образом, был указан способ изменять заряд шарика в два, три и т. д. раз. В опытах Кулона измерялось взаимодействие между шариками, размеры которых много меньше расстояния между ними. Такие заряженные тела принято называть **точечными зарядами**.

***Точечным зарядом называют заряженное тело, размерами которого в условиях данной задачи можно пренебречь.***

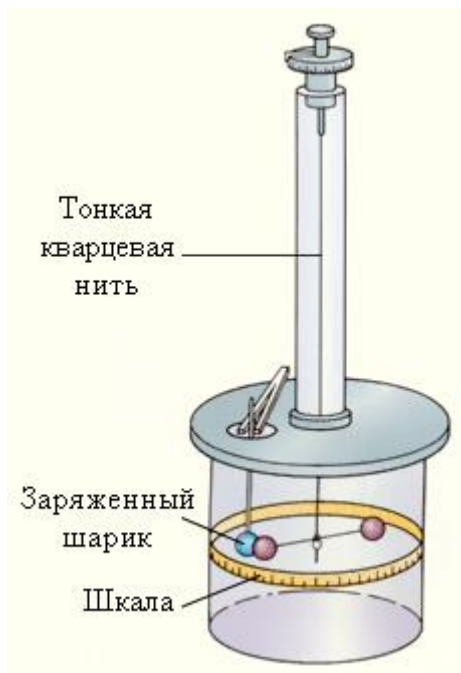


Рис.2.Прибор Кулона

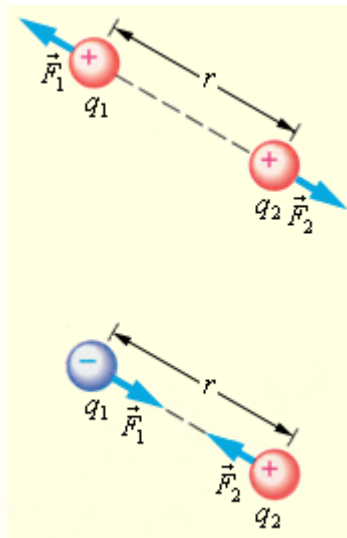


Рис.3.Силы взаимодействия одноименных и

разноименных зарядов

На основании многочисленных опытов Кулон установил следующий закон:

$$F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}.$$

**Силы взаимодействия неподвижных зарядов прямо пропорциональны произведению модулей зарядов и обратно пропорциональны квадрату расстояния между ними:**

Силы взаимодействия подчиняются третьему закону Ньютона:  $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$ . Они являются силами отталкивания при одинаковых знаках зарядов и силами притяжения при разных знаках (рис.3). Взаимодействие неподвижных электрических зарядов называют электростатическим или кулоновским взаимодействием. Раздел электродинамики, изучающий кулоновское взаимодействие, называют электростатикой.

Закон Кулона справедлив для точечных заряженных тел. Практически закон Кулона хорошо выполняется, если размеры заряженных тел много меньше расстояния между ними.

**Коэффициент пропорциональности  $k$**  в законе Кулона зависит от выбора системы единиц. В Международной системе СИ за единицу заряда принят кулон (Кл).

**Кулон – это заряд, проходящий за 1 с через поперечное сечение проводника при силе тока 1 А. Единица силы тока (ампер) в СИ является наряду с единицами длины, времени и массы основной единицей измерения.**

*1 Кулон это огромный заряд! Если взять 2 сферы с зарядом в 1 Кулон каждая, и расположить их на расстоянии 1м, то они будут взаимодействовать с силой 9 миллиардов Ньютонов.*

Помните, что заряд протона и электрона – это очень маленький заряд, такой заряд называется **элементарным**. Обозначается он ***e*- элементарный заряд**.

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$[q] = 1 \text{ Кл (Кулон)}$$

***У электрона заряд – элементарный,***

***У протона + элементарный***

Коэффициент  $k$  в системе СИ обычно записывают в виде:

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0},$$

**Диэлектрическая проницаемость среды  $\epsilon$**

Диэлектрическая постоянная  $\epsilon$  характеризует электрические свойства среды. Для любой среды  $\epsilon \geq 1$  и зависит от самой среды;

$$\epsilon = \frac{F_{\text{в}}}{F_{\text{в}}}$$

показывает, во сколько раз сила взаимодействия точечных заряженных тел в вакууме больше их сил взаимодействия в среде при прочих равных условиях.

**Закон Кулона для среды:**

$$F = k \times \frac{|q_1| \times |q_2|}{\epsilon \times R^2}$$

В системе СИ коэффициент  $k$  выражают через электрическую постоянную  $\epsilon_0$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}, \text{ следовательно, } \epsilon_0 = \frac{1}{4\pi \times k} = 8,85 \times 10^{-12} \frac{\text{Кл}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}^2}$$

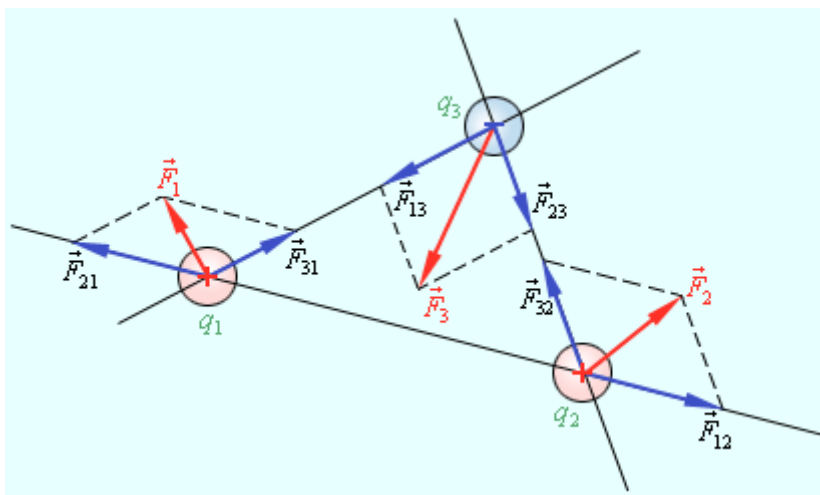
$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Кл}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}^2}$$

где – электрическая постоянная.

Опыт показывает, что силы кулоновского взаимодействия подчиняются принципу суперпозиции.

Если заряженное тело взаимодействует одновременно с несколькими заряженными телами, то результирующая сила, действующая на данное тело, равна векторной сумме сил, действующих на это тело со стороны всех других заряженных тел.

Рис.4 поясняет принцип суперпозиции на примере электростатического взаимодействия трех заряженных тел.



### ЗАКРЕПЛЕНИЕ ИЗУЧЕННОГО МАТЕРИАЛА

#### 1. Учимся решать задачи

1) Два одинаковых положительных заряда находятся на расстоянии 10 мм друг от друга и взаимодействуют с силой, равной  $7,2 \cdot 10^{-4}$  Н. Определите заряд каждого шарика. (Ответ: 2,8 нКл.)

2) Заряды двух одинаковых маленьких шариков равны соответственно 2 и 10 нКл. Шарик привели в соприкосновение и развели на предыдущую расстояние. Во сколько раз изменился модуль силы взаимодействия между ними?

Развязок. Пусть расстояние между шариками равна  $r$ . Тогда начальная сила взаимодействия между шариками

$$F_0 = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2},$$

а конечная

$$F = k \frac{q^2}{r^2}.$$

Здесь  $q$  - заряд каждого из шариков после столкновения. Согласно закону сохранения заряда  $2q = q_1 + q_2$ . Следовательно,

$$\frac{F_0}{F} = \frac{4 \cdot |q_1| \cdot |q_2|}{(q_1 + q_2)^2} \text{ або } \frac{F_0}{F} = \frac{4 \cdot 2 \cdot 10}{(-2 + 10)^2} = \frac{5}{4} = 1,25.$$

Ответ: модуль силы уменьшился в 1,25 раза.

3) На каком расстоянии нужно расположить два точечных заряда  $5 \cdot 10^{-9}$  и  $6 \cdot 10^{-9}$  Кл, чтобы они отталкивались друг от друга с силой, равной  $12 \cdot 10^{-4}$  Н? (Ответ: 15 мм)

Что мы узнали на уроке

- Точечный заряд - электрический заряд, размерами носителя которого по сравнению с расстоянием, на котором рассматривается электростатическое взаимодействие, можно пренебречь.

- Неподвижные точечные заряды  $q_1$  и  $q_2$  взаимодействуют в вакууме с силой  $F$ , прямо пропорциональной модулям зарядов и обратно пропорциональной квадрату расстояния  $r$  между зарядами:

$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2}.$$

- Два точечных заряда по 1 Кл каждый, находятся на расстоянии 1 м друг от друга, взаимодействуют с силой, равной  $9 \cdot 10^9$  Н.