

**Лекция: Электрический заряд
и его свойства. Закон
сохранения заряда. Закон
Кулона**

Электрический заряд

- **Электростатика** – раздел учения об электричестве, изучающий взаимодействие неподвижных электрических зарядов и свойства постоянного электрического поля.
- **Электрический заряд** – это внутреннее, индивидуальное *свойство* тел или частиц, характеризующее их способность к электромагнитному взаимодействию.
- **Электрический заряд q** – *физическая величина*, которая определяет интенсивность электромагнитного взаимодействия.
- Единица электрического заряда – **кулон (Кл)** – электрический заряд, проходящий через поперечное сечение проводника при силе тока 1 А (ампер) за 1 с.

Свойства электрического заряда

- 1. **Носители электрического заряда** – заряженные элементарные частицы:
 - протон и электрон;
 - их античастицы – **антипротон** и **позитрон**;
 - нестабильные частицы - **π -мезоны**, **μ -мезоны** и т.д.

Заряженные частицы взаимодействуют друг с другом с силами, которые убывают с расстоянием так же медленно, как гравитационные, но во много раз превышающими их по величине.

Свойства электрического заряда

- 2. Электрический заряд *аддитивен*: заряд любой системы тел (частиц) равен сумме зарядов тел (частиц), входящих в систему:

$$q = q_1 + q_2 + \dots + q_i + \dots + q_N = \sum_{i=1}^N q_i$$

- Здесь i -номер заряда (тела или частицы); N – количество тел (частиц) в системе.

Свойства электрического заряда

- 3. Электрический заряд *дискретен*: заряд q любого тела кратен элементарному заряду e :

$$q = Ne$$

- Элементарный заряд: $e = 1,602 \cdot 10^{-19}$ Кл.
- Поскольку тело не может приобрести или потерять долю электрона, суммарный заряд тела должен быть целым кратным элементарного заряда. Говорят, что *заряд квантуется* (т.е. может принимать лишь *дискретные* значения).
- Однако, поскольку заряд электрона очень мал, мы обычно не замечаем дискретности макроскопических зарядов (заряду 1 мкКл соответствуют примерно 10^{13} электронов) и считаем заряд непрерывным.

Свойства электрического заряда

- 4. Электрический заряд существует в двух видах – *положительный* и *отрицательный*. Одноименные заряды отталкиваются, разноименные заряды притягиваются.
- За положительный заряд принят заряд протона ($+e$). Заряд электрона – отрицательный ($-e$).
- Если в состав макроскопического тела входит различное количество протонов N_p и электронов N_e , то оно оказывается *заряженным*. Заряд тела:

$$q = e(N_p - N_e)$$

Свойства электрического заряда

- 5. Электрический заряд *инвариантен*: его величина не зависит от системы отсчета, т.е. от того, движется он или покоится:

$$q = \text{inv}$$

Свойства электрического заряда

- 6. Электрический заряд подчиняется **закону сохранения электрического заряда**: *алгебраическая сумма электрических зарядов замкнутой системы остается неизменной, какие бы процессы не происходили внутри данной системы*

$$q = \sum_{i=1}^N q_i = \text{const}$$

- (под **замкнутой системой** понимается система, которая не обменивается зарядами с внешними телами)

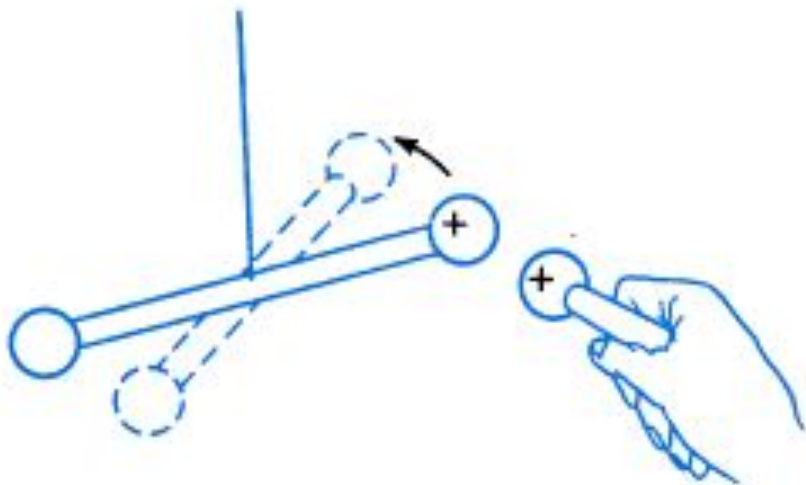
Закон Кулона

- **Точечные электрические заряды** – элементарные частицы или заряженные тела, размеры которых малы по сравнению с расстоянием между ними.
- **Закон Кулона.** *Сила взаимодействия F между двумя точечными зарядами q_1 и q_2 , находящимися в вакууме, прямо пропорциональна произведению этих зарядов и обратно пропорциональна квадрату расстояния r между ними:*

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

- Величина $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м – **электрическая постоянная**, относящаяся к числу фундаментальных физических констант.

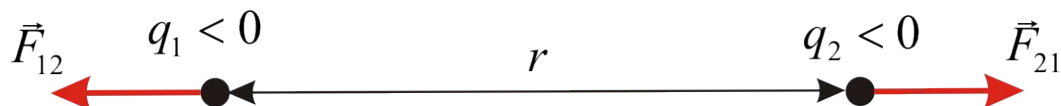
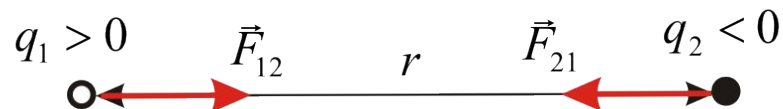
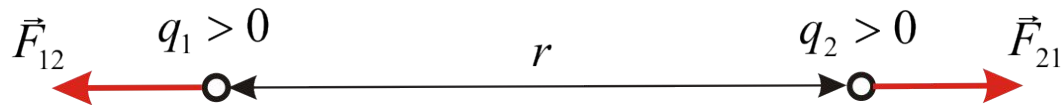
Схема опыта Кулона (1780 г.)



- Когда к шарикку на конце стержня, подвешенного на нити, подносят заряд, стержень слегка отклоняется, нить закручивается, и угол закручивания нити пропорционален действующей между зарядами силе (крутильные весы).
- С помощью этого прибора Кулон определил зависимость силы от величины зарядов и расстояния между ними.

Закон Кулона

Сила \vec{F} направлена вдоль прямой, соединяющей заряды q_1 и q_2 , т.е. является **центральной силой**, и соответствует *притяжению*, если $q_1q_2 < 0$ (заряды разноименные) и *отталкиванию*, если $q_1q_2 > 0$ (заряды одного знака).

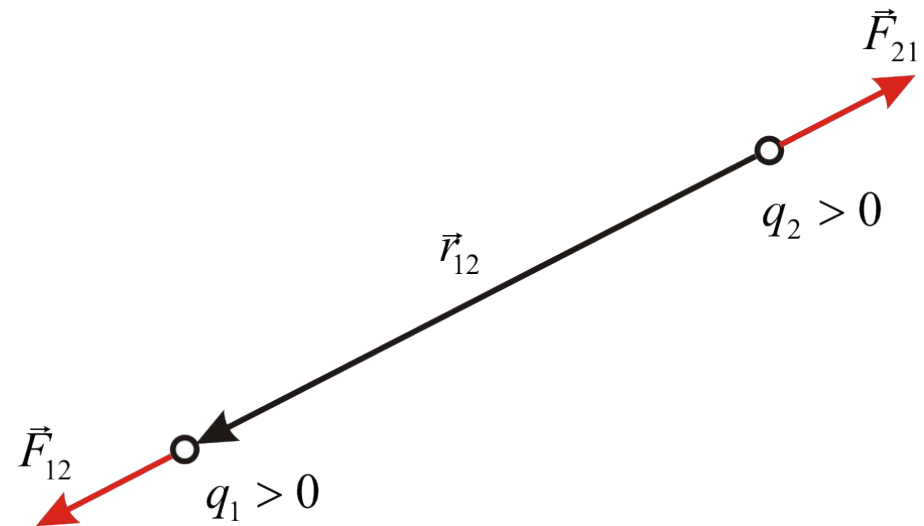


Закон Кулона в векторной форме

- Формула, выражающая закон Кулона, в векторной форме: сила \mathbf{F}_{12} , действующая на заряд q_1 со стороны заряда q_2 :

$$\mathbf{F}_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r_{12}^3} \mathbf{r}_{12}$$

- Здесь \mathbf{r} – радиус-вектор, проведенный из заряда q_2 к заряду q_1 .



На электрический заряд q_2 , согласно третьему закону Ньютона, действует сила $\mathbf{F}_{21} = -\mathbf{F}_{12}$.

Принцип суперпозиции сил

- К кулоновским силам применим рассмотренный в механике **принцип суперпозиции сил**: *результатирующая сила, действующая со стороны нескольких точечных зарядов $q_1, q_2, \dots, q_i, \dots, q_N$, на точечный заряд q , равна векторной сумме сил, приложенных к нему со стороны каждого из зарядов в отдельности:*

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_N = \sum_{i=1}^N \vec{F}_i$$

$$\vec{F} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq_i}{r_i^3} \vec{r}_i = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^N \frac{q_i \vec{r}_i}{r_i^3}$$

- Здесь \vec{r}_i – радиус-вектор, проведенный из заряда q к заряду q_i ; r_i – расстояние между зарядами q и q_i .