

**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 -  **$\pi$ -мезоны**,  **$\mu$ -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)

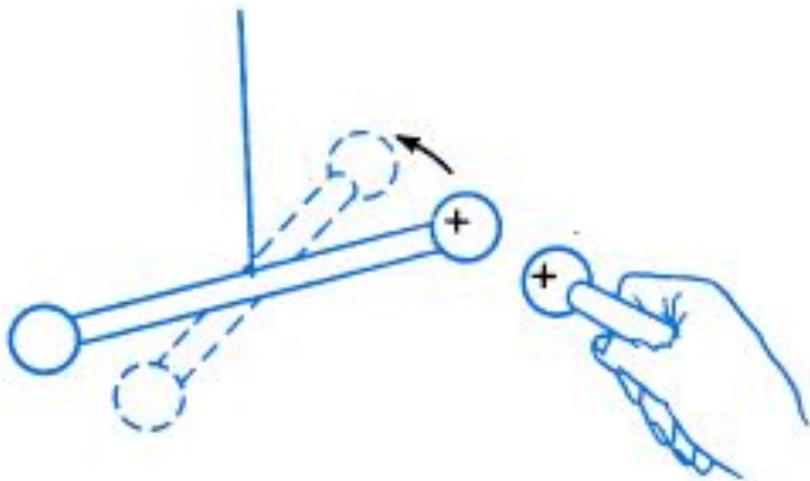
# Закон Кулона

- **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.

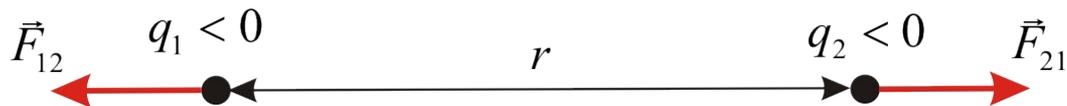
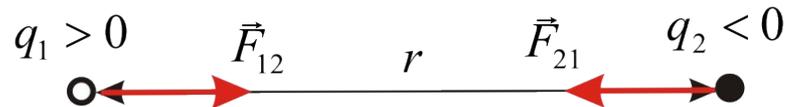
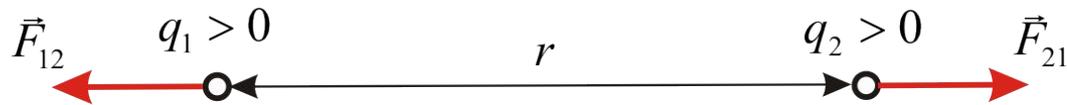
# Схема опыта Кулона (1780 г.)



- 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  $q_1 q_2 < 0$  (заряды разноименные) и *отталкиванию*, если  $q_1 q_2 > 0$  (заряды одного знака).

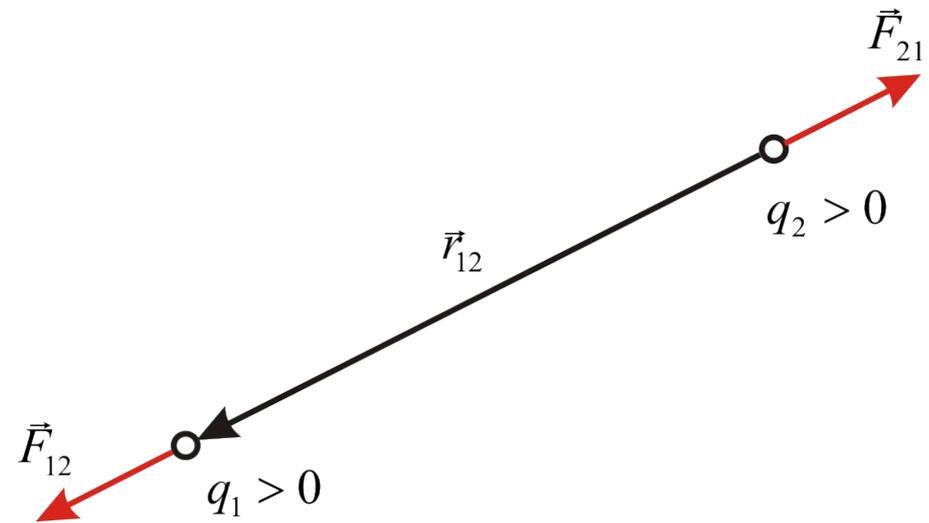


# Закон Кулона в векторной форме

- 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  $q_i$ .