

*ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ  
ЗАРЯД И ЕГО  
СВОЙСТВА.  
ЗАКОН КУЛОНА.*



## ВОПРОСЫ:

- 1. Электромагнетизм как один из четырех типов фундаментальных взаимодействий в природе.
- 2. Электрический заряд и его свойства. Закон сохранения заряда.
- 3. Закон Кулона.
- 4. Электрическое поле. Напряженность поля. Полевая трактовка закона Кулона.
- 5. Принцип суперпозиции электрических полей.



# 1. Электромагнетизм как один из четырех типов фундаментальных взаимодействий в природе.

Тип взаимодействия	Причина	Зависимость от расстояния	Условия проявления
Сильное	–	$r=10^{-15}$	Взаимодействие нуклонов внутри ядра
Электромагнитное	q	$r=10^{-2}$	Силы трения, упругости, солнечный свет и т. д.
Слабое	–	–	При взаимопревращениях элементарных частиц (имеют малую интенсивность)
Гравитационное	m	$r=10^{-2}$	Астрономический масштаб объекта

## 2. Электрический заряд и его свойства. Закон сохранения заряда.

Частицы, участвующие в электромагнитном взаимодействии, обладают специальным свойством - *электрическим зарядом*.

Электрический заряд - неотъемлемое свойство элементарной частицы, посредством которого осуществляется электромагнитное взаимодействие.



# Свойства электрического заряда:

- Опыт показывает, что заряды бывают двух типов: “+” и “-”.
- Электрический заряд является дискретным. В природе существует минимальный заряд, равный  $e = 1.6 \cdot 10^{-19}$  Кл, это заряд электрона. Заряды всех тел кратны величине  $e$ :

$$Q_n = e \cdot n \quad (1.1)$$

где  $n = 0; \pm 1; \pm 2 \dots$

- Элементарный заряд релятивистки инвариантен, т.е.  $q$  не зависит от скорости движения заряженной частицы или тела  $q \neq q(v)$
- Закон сохранения заряда: полный элементарный заряд замкнутой системы сохраняется  $\sum_{i=1}^n q_i = const$



### 3. Закон Кулона

Основной количественный закон электростатики был открыт Кулоном в 1785 году.

#### *Закон Кулона:*

Сила взаимодействия двух точечных тел в вакууме направлена вдоль прямой соединяющей эти заряды, пропорциональна их величинам  $q_1$  и  $q_2$  и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними  $r_{12}$ .

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \quad (2.1)$$

Чтобы учесть направление действия силы введем единичный вектор:  $\vec{e} = \frac{\vec{r}_{12}}{r_{12}}$

Тогда

$$\vec{F}_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r_{12}^3} \vec{r}_{12} \quad (2.2)$$



## 4. Электрическое поле. Напряженность поля. Полевая трактовка закона Кулона.

В 1831 – 1855 годах м. Фарадей сформулировал теорию близкодействия. Всякий электрический заряд изменяет свойства окружающего пространства – создает электрическое поле

Возьмем пробный единичный заряд  $q$  на расстоянии  $r$  от источника поля. Тогда  $\vec{F}_{\text{на}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{qq_1}{r^3} \vec{r}$

Так как величина поля не зависит от величины пробного заряда разделим обе части равенства на  $q$  :  $\vec{E} = \frac{\vec{F}_{\text{на}}}{q} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1}{r^3} \vec{r}$

Величина  $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$  (2.3)

где  $\vec{F}$  – сила, действующая на заряд, есть количественная характеристика поля, которая называется **напряженностью электрического поля**  $\vec{E}$



## Полевая трактовка закона Кулона:

- Всякий точечный заряд  $q_1$  создает в окружающем пространстве электрическое поле с напряженностью 
$$\vec{E}(\vec{r}) = \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0 r^3} \vec{r}$$
 (2.4)

- На любой заряд  $q$ , находящийся в поле действует со стороны поля сила 
$$\vec{F} = q\vec{E}$$
 (2.5)

где  $\vec{E}$  – напряжённость поля в точке нахождения заряда  $q$ .





## 5. Принцип суперпозиции электрических полей

Пусть поле создается зарядами  $q_1$  и  $q_2$ , тогда на заряд действуют силы  $F_{13}$  и  $F_{23}$  со стороны этих зарядов.

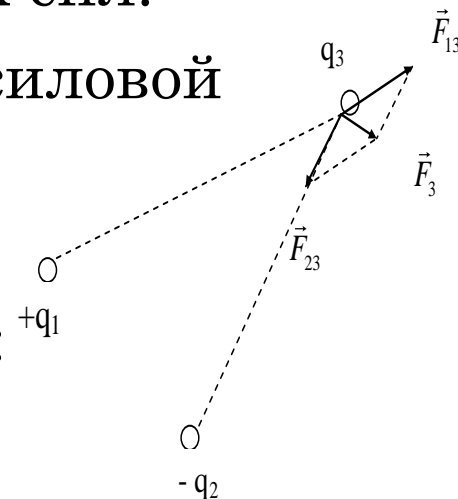
Результирующая сила, действующая на заряд  $q_3$  будет равна геометрической сумме всех сил действующих на этот заряд:  $\vec{F}_3 = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23}$

$$\vec{F}_{рез} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i$$

(2.6) – суперпозиция электрических сил.

Так как напряженность является силовой характеристикой электрического поля (2.3) для нее тоже можно применить принцип суперпозиции:

$$\vec{E} = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i \quad (2.7)$$



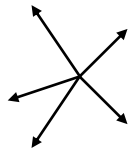
## Домашнее задание:

- Повторить из курса математического анализа:

1) Как найти поток вектора  $\vec{A}$  через поверхность  $d\vec{S}$  ( $\vec{N} = \vec{A}d\vec{S}$ )

2) Теорему Остроградского-Гаусса ( $\int_{(S)} \vec{A}d\vec{S} = \int_{(V)} \text{div}\vec{A}dV$ )

3) Что такое  $\text{div}\vec{A}$ ?



$$\text{div}\vec{A} > 0$$



$$\text{div}\vec{A} < 0$$

$\text{div}\vec{A} = 0$  нет источника вектора

