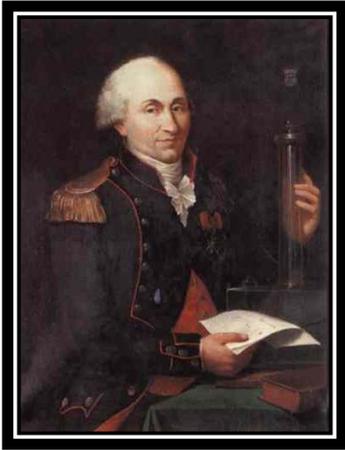
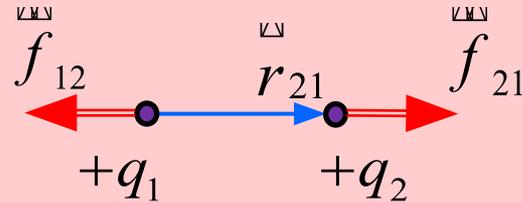


## 1. Основные постулаты электростатики.



1. 2 типа зарядов (+,-)...
2. Кратность величины заряда...  $\rightarrow Q = N \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}$
3. З-н сохранения заряда в изолированной системе.
4. Инвариантность заряда.
5. З-н Кулона (1785 г.):

$$\vec{f}_{21} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r_{21}^2} \frac{\vec{r}_{21}}{r_{21}}$$



Электрическая постоянная

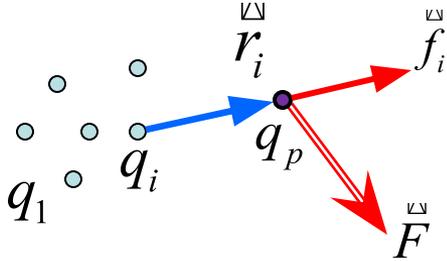
$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$$

$$\vec{f}_{12} = -\vec{f}_{21}$$

**Закон Кулона:** сила взаимодействия между двумя неподвижными точечными зарядами пропорциональна величине зарядов и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними (в вакууме).

## 2. Характеристики электростатического поля.

Рассмотрим систему:  
*N* неподвижных точечных зарядов...



$q_p$  - Пробный заряд, помещенный  
 - в произвольную точку поля...



точечный...  
 малый по  
 величине...

$$\vec{f}_{i\text{ на } q_p} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_i q_p}{r_i^2} \frac{\vec{r}_i}{r_i} \dots$$

$$\vec{F} = \sum_{i=1}^N \vec{f}_i = \frac{q_p}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^N \frac{q_i}{r_i^2} \frac{\vec{r}_i}{r_i}$$



$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_p} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^N \frac{q_i}{r_i^2} \frac{\vec{r}_i}{r_i}$$



Напряженность электростатического поля,  
создаваемого системой N неподвижных  
точечных зарядов в данной точке – силовая  
характеристика поля, равная силе,...



$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_p}$$

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_p} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^N \frac{q_i}{r_i^2} \frac{\vec{r}_i}{r_i}$$

$$N = 1$$

Напряженность поля  
точечного заряда

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}$$



Принцип суперпозиции  
для напряженности  
электростатического  
поля...

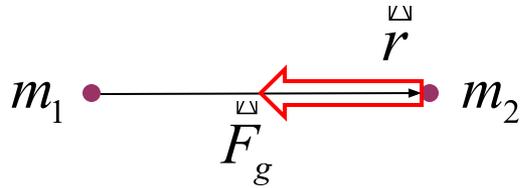
$$\vec{E} = \sum_{i=1}^N \vec{E}_i$$



$$\vec{E}_i = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_i}{r_i^2} \frac{\vec{r}_i}{r_i}$$

Напряженность поля,  
создаваемого зарядом...

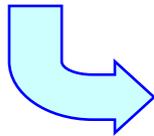
## Работа силы тяготения.



$$F_g \propto \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad F_g = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

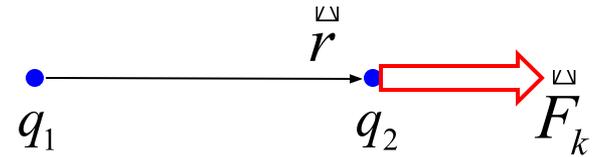
$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{м}^3}{\text{кг} \cdot \text{с}^2}$$

$$\vec{F}_g = -G \frac{m_1 m_2}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r}$$



$$\vec{F} = \alpha \frac{\vec{r}}{r^3}$$

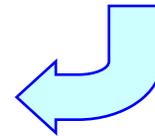
## Работа силы Кулона



$$F_k \propto \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad F_k = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

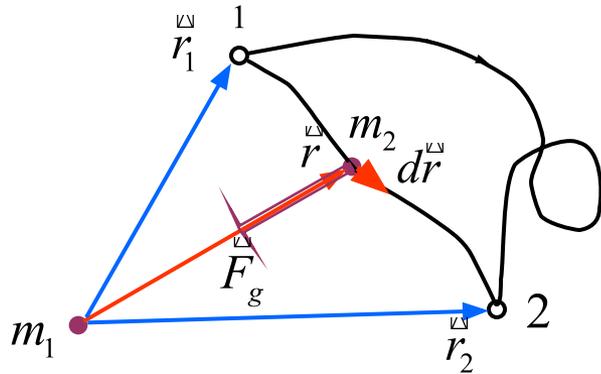
$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{В} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$$

$$\vec{F}_k = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r}$$

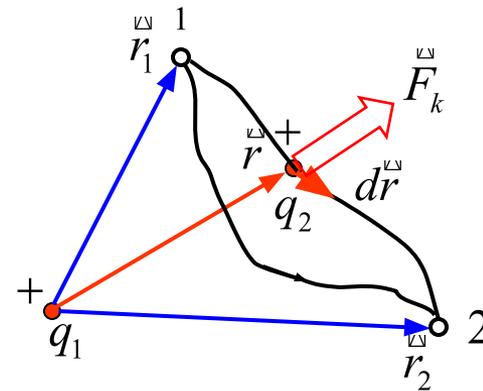


## Вычисление работы центральной силы

Перемещение тела в поле другого тела из точки (1) в точку (2)



Перемещение заряда в поле другого заряда из точки (1) в точку (2)



**Работа силы:**  $\rightarrow A = \int_{(1)}^{(2)} \alpha \frac{r}{r^3} dr = \alpha \int_{(1)}^{(2)} \frac{1}{r^3} r dr = \alpha \int_{(1)}^{(2)} \frac{1}{r^3} r (dr)_r$

$(dr)_r$



*Проекция элементарного перемещения на направление радиус-вектора*

$(dr)_r = dr$

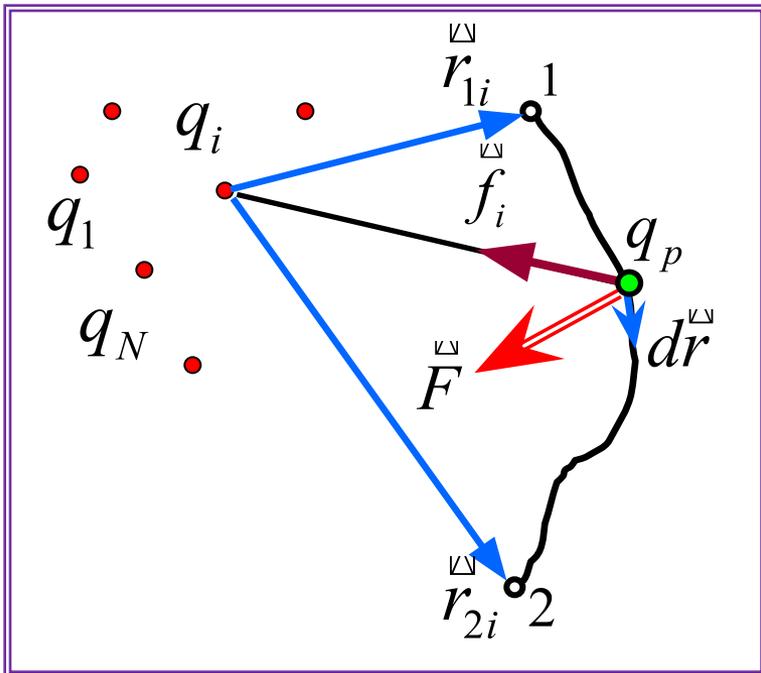
$$A = \alpha \int_{r_1}^{r_2} \frac{1}{r^2} dr = \alpha \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

$$A_g = -G \frac{m_1 m_2}{r_1} - \left( -G \frac{m_1 m_2}{r_2} \right)$$

$$A_k = \frac{kq_1 q_2}{r_1} - \frac{kq_1 q_2}{r_2}$$

*Работа силы гравитации и работа силы Кулона не зависят от траектории*, по которой движется материальная точка (заряд), а зависят от начального и конечного положения материальной точки (заряда). Сила, работа которой зависит от начального и конечного положения материальной точки (точечного заряда) и не зависит ни от вида траектории, ни от закона ее движения, называется *потенциальной (консервативной) силой*.

Вычислим работу сил электростатического поля, создаваемого системой  $N$  неподвижных точечных зарядов, по перемещению пробного заряда из точки 1 в точку 2 :



$$A_{1 \rightarrow 2} = \int_1^2 \vec{F} d\vec{r} = \int_1^2 \sum_{i=1}^N \vec{f}_i d\vec{r} = \sum_{i=1}^N \int_1^2 \vec{f}_i d\vec{r} =$$

$$= \sum_{i=1}^N \left( \frac{q_p q_i}{4\pi\epsilon_0 r_{1i}} - \frac{q_p q_i}{4\pi\epsilon_0 r_{2i}} \right) = W_{\pi 1} - W_{\pi 2}$$

$$A_{1 \rightarrow 2} = W_{\pi 2} - W_{\pi 1}$$

$$W_{\pi} = \sum_{i=1}^N \frac{q_p q_i}{4\pi\epsilon_0 r_i}$$

Потенциальная энергия взаимодействия пробного заряда со всеми зарядами системы

Потенциал электростатического поля, создаваемого системой  $N$  неподвижных точечных зарядов в данной точке – энергетическая характеристика поля, равная потенциальной энергии взаимодействия...



$$\varphi = \frac{W_{\text{п}}}{q_p} = \sum_{i=1}^N \frac{q_i}{4\pi\epsilon_0 r_i}$$

$N = 1$

Потенциал поля точечного заряда

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$$



Принцип суперпозиции для потенциала...

$$\varphi = \sum_{i=1}^N \varphi_i$$



$$\varphi_i = \frac{q_i}{4\pi\epsilon_0 r_i}$$

Потенциал поля, создаваемого зарядом...

$$A_{\text{II} \rightarrow 2} = W_{\text{II}2} - W$$



$$\frac{A_{1 \rightarrow 2}}{q_p} = \frac{W_{\text{II}1}}{q_p} - \frac{W_{\text{II}2}}{q_p} = \varphi_1 - \varphi_2 \quad \longrightarrow \quad A_{1 \rightarrow 2} = q(\varphi_1 - \varphi_2)$$



$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A_{1 \rightarrow 2}}{q_p}$$



$$\begin{aligned} \varphi_2 &\rightarrow \infty \\ \varphi_2 &\rightarrow 0 \end{aligned}$$



$$\varphi_1 = \frac{A_{1 \rightarrow \infty}}{q_p}$$



**Разность потенциалов -  
величина, равная работе  
сил поля по ...**

