



# **ЛЕКЦИЯ 1**

## **ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ**



# ВИДЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

- ГРАВИТАЦИОННОЕ

- ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ

- СЛАБОЕ

- СИЛЬНОЕ

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЗАРЯД –  
МЕРА СПОСОБНОСТИ ТЕЛА  
ПРИНИМАТЬ УЧАСТИЕ В  
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ  
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ

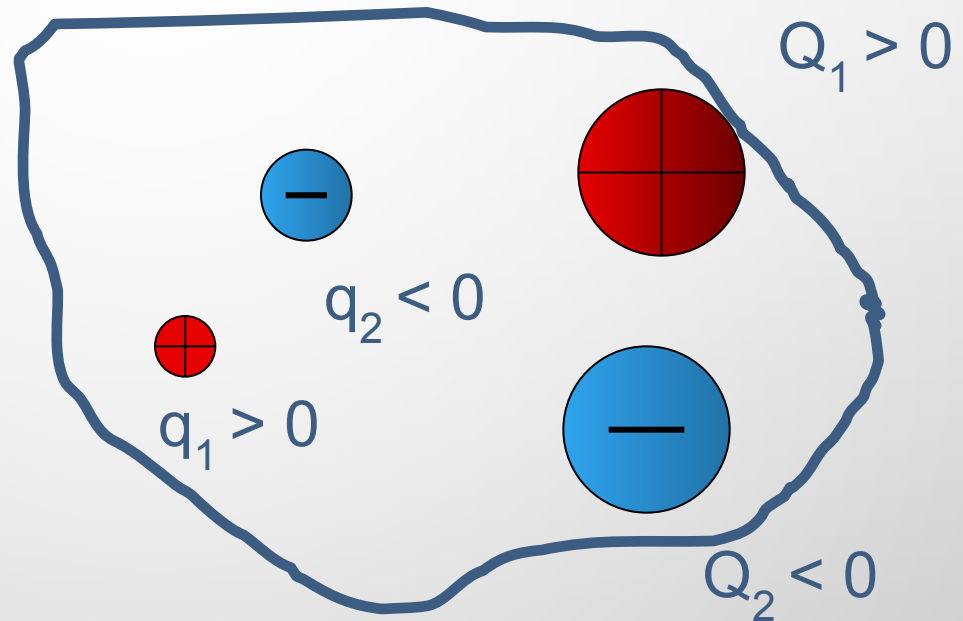
В СИСТЕМЕ СИ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЗАРЯД  
ИЗМЕРЯЕТСЯ В КУЛОНАХ (КЛ)

# ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЗАРЯДА

$$q = q_1 + q_2$$

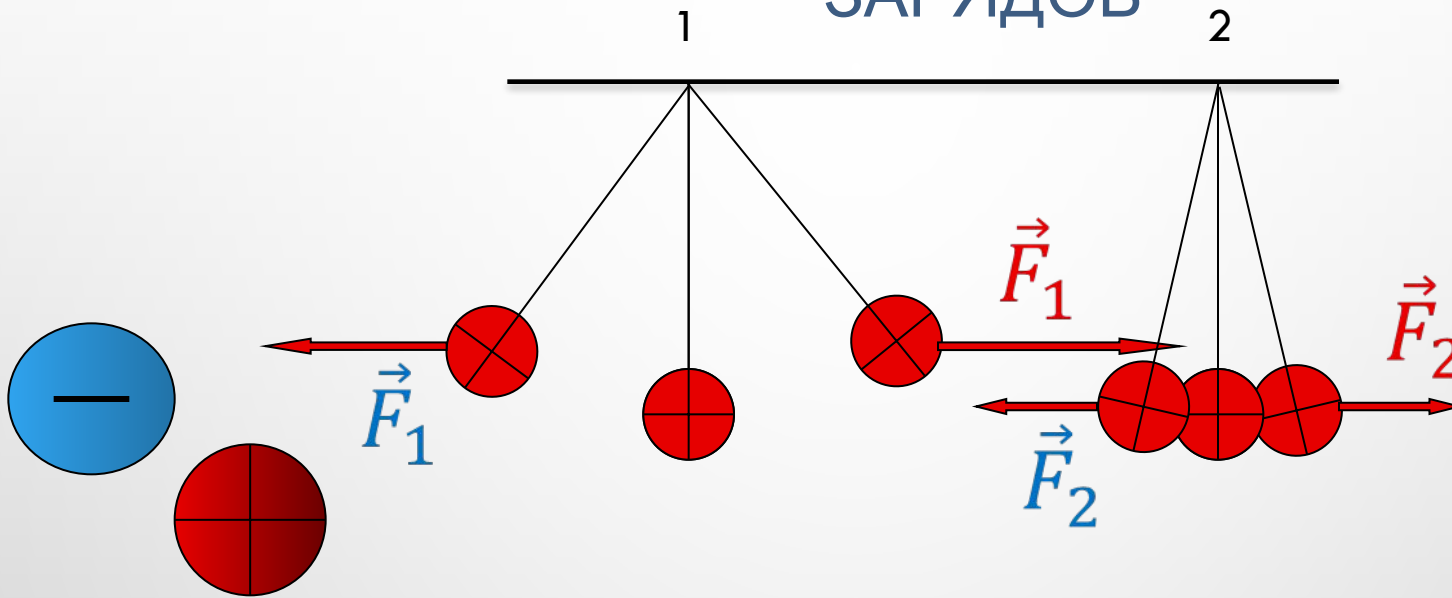
$$|Q_1| = |Q_2|$$

$$q = q_1 + q_2 + Q_1 + Q_2$$



- ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЗАРЯД ЭЛЕКТРИЧЕСКИ ИЗОЛИРОВАННОЙ (ЗАМКНУТОЙ) СИСТЕМЫ ЕСТЬ ВЕЛИЧИНА ПОСТОЯННАЯ

# ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЗАРЯДОВ



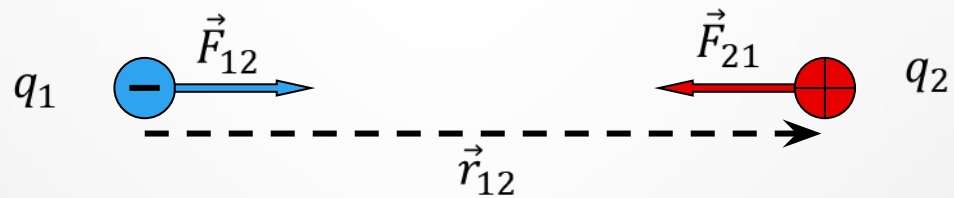
## Закон Кулона

$$\vec{F}_{21} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \vec{e}_{r_{12}}$$

- $$\vec{F}_{21} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \vec{e}_{r_{12}}$$

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

- $$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{М}^2}{\text{КЛ}^2}$$

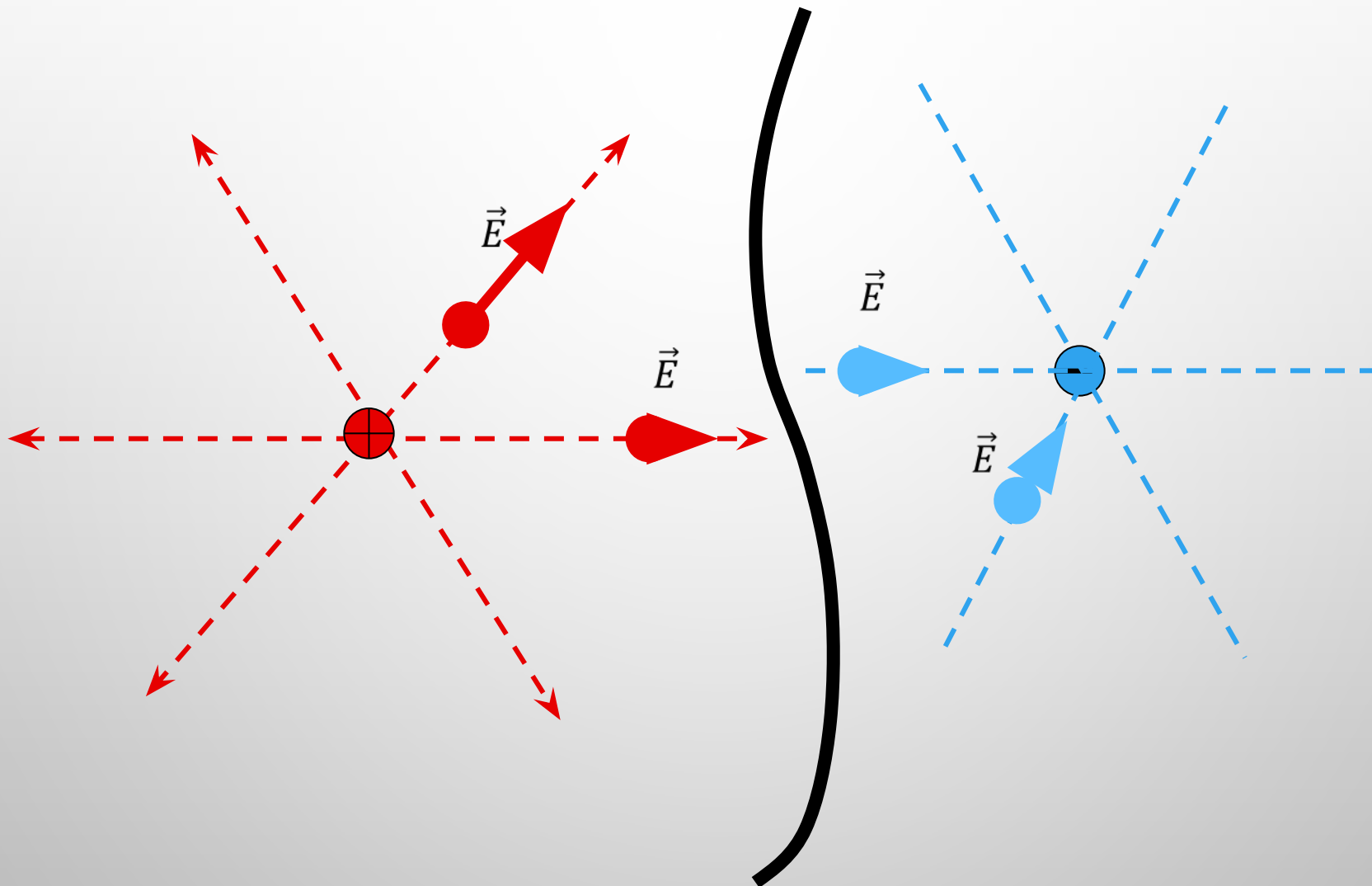


$$\vec{F}_{21} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \vec{e}_{r_{12}}$$

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1}{r_{12}^2} \vec{e}_{r_{12}}$$

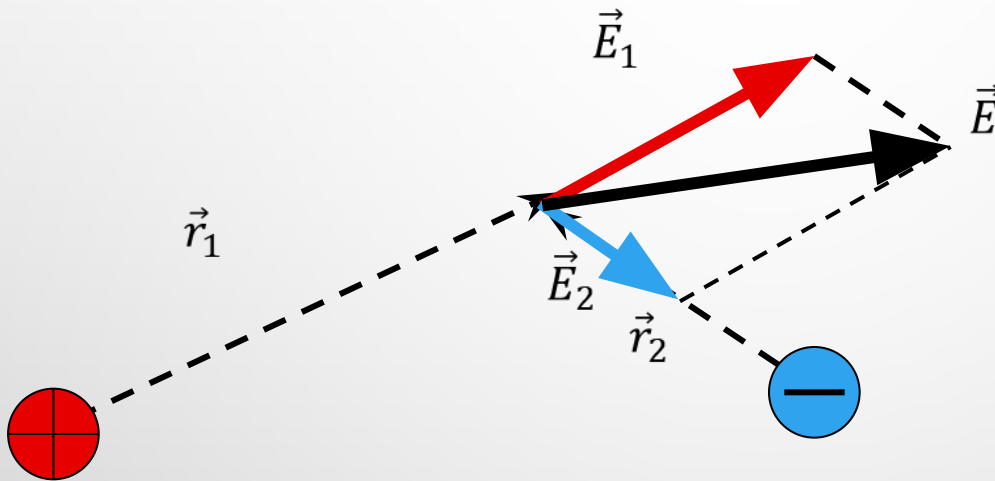
$$\vec{F}_{21} = q_2 \cdot \vec{E}$$

# НАПРЯЖЕННОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ





# ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

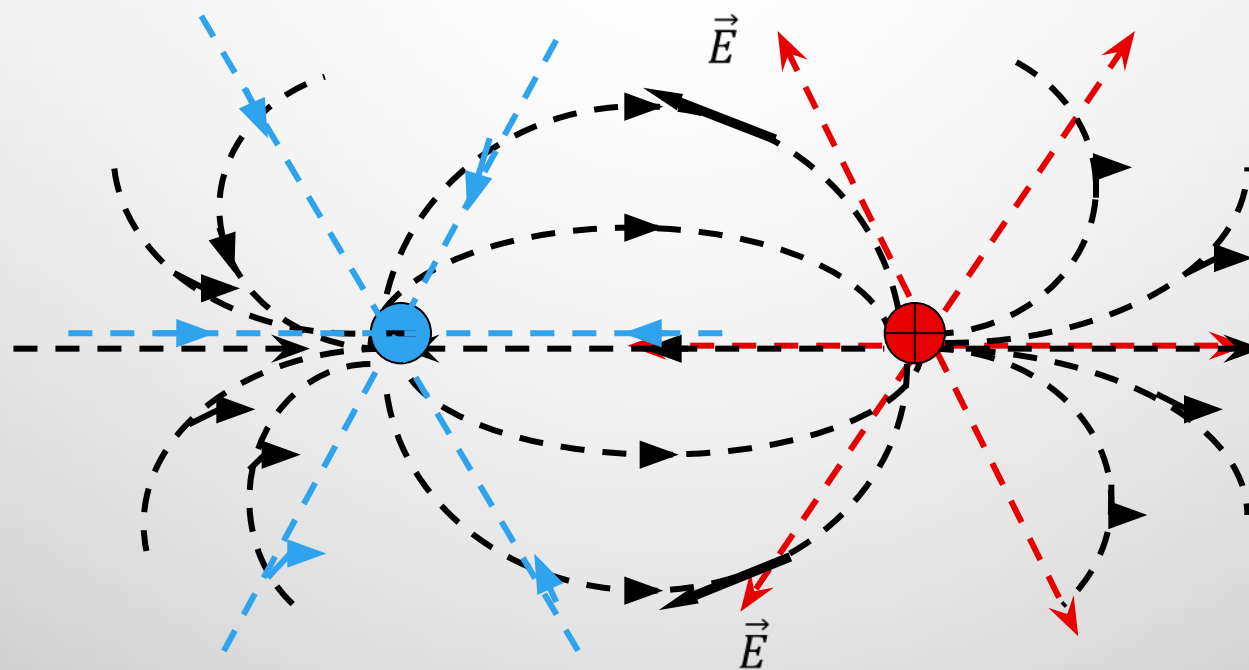


$$\vec{E} = \sum_i \vec{E}_i$$

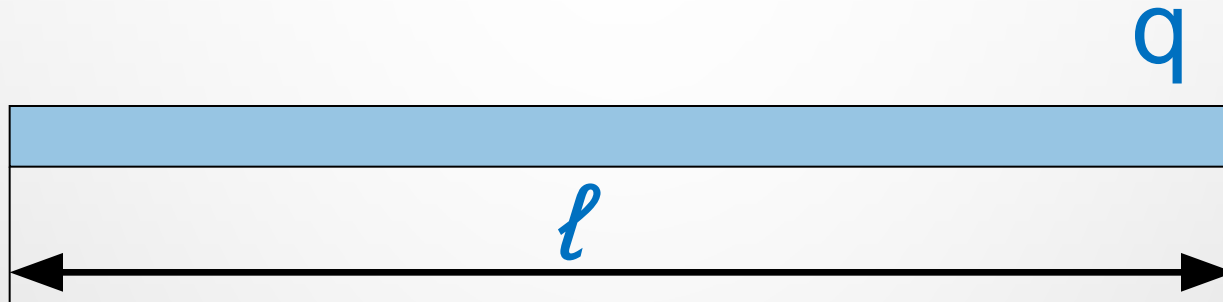
$$\vec{E}_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1}{r_1^3} \vec{r}_1$$

$$\vec{E}_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_2}{r_2^3} \vec{r}_2$$

# НАПРЯЖЕННОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ



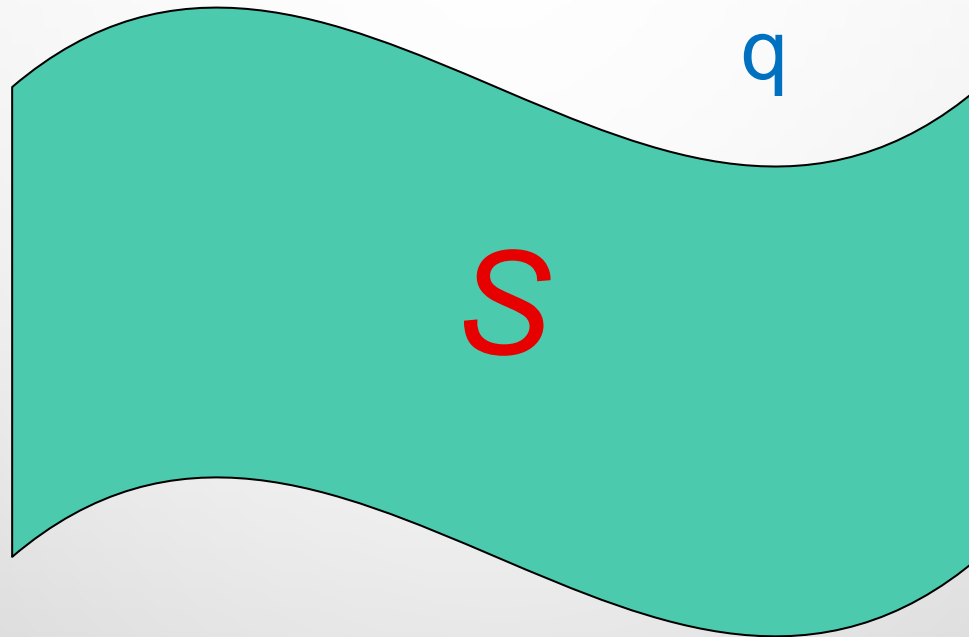
# ЛИНЕЙНАЯ ПЛОТНОСТЬ ЗАРЯДА



$$\lambda = \tau = \frac{\partial q}{\partial \ell}$$

$$\lambda_{\text{CP}} = \bar{\lambda} = \langle \lambda \rangle = \frac{q}{\ell}$$

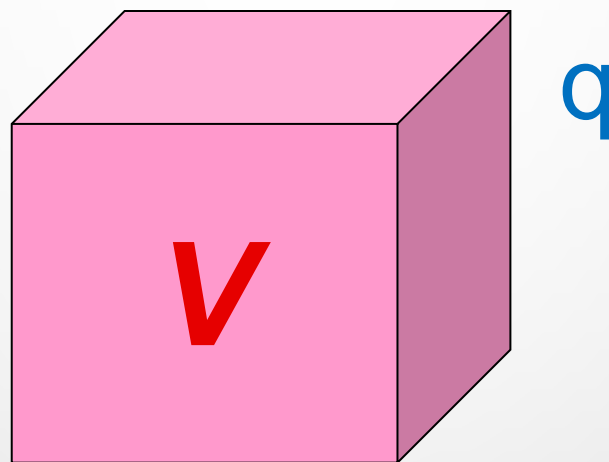
# ПОВЕРХНОСТНАЯ ПЛОТНОСТЬ ЗАРЯДА



- $$\sigma = \frac{\partial q}{\partial S}$$

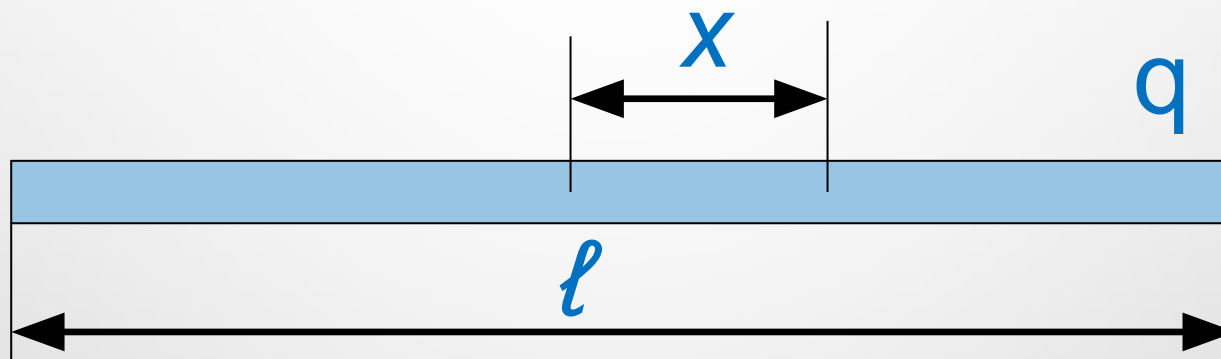
$$\sigma_{\text{CP}} = \frac{q}{S}$$

# ОБЪЁМНАЯ ПЛОТНОСТЬ ЗАРЯДА



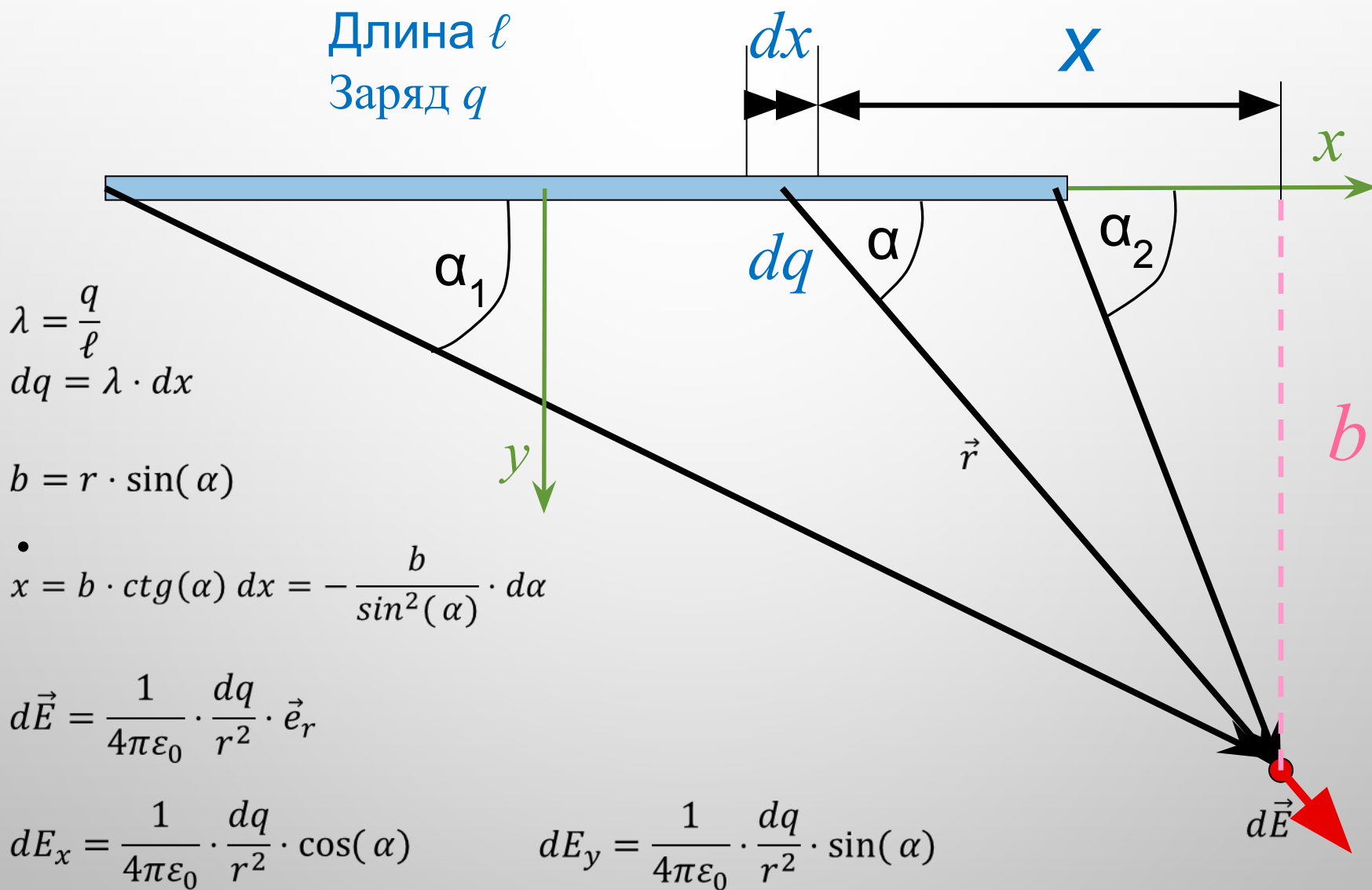
- $$\rho = \frac{\partial q}{\partial V} \quad \rho_{\text{CP}} = \frac{q}{V}$$

# РАСЧЕТ НАПРЯЖЕННОСТИ ПОЛЯ РАСПРЕДЕЛЁННОГО ЗАРЯДА



- $$\lambda(x) = \lambda_{\text{CP}} = \frac{q}{l}$$

# РАСЧЕТ НАПРЯЖЕННОСТИ ПОЛЯ РАСПРЕДЕЛЁННОГО ЗАРЯДА



$$\lambda = \frac{q}{\ell}$$

$$dq = \lambda \cdot dx$$

$$b = r \cdot \sin(\alpha)$$

$$x = b \cdot \operatorname{ctg}(\alpha)$$

$$dx = -\frac{b}{\sin^2(\alpha)} \cdot d\alpha$$

$$dE_x = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{dq}{r^2} \cdot \cos(\alpha)$$

$$dE_y = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{dq}{r^2} \cdot \sin(\alpha)$$

$$E_x = \int dE_x = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \int \frac{dq}{r^2} \cdot \cos(\alpha) = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \frac{\lambda \cdot d\alpha \cdot b \cdot \sin^2(\alpha)}{\sin^2(\alpha) \cdot b^2} \cdot \cos(\alpha) =$$

$$= -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{\lambda}{b} \cdot \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \cos(\alpha) \cdot d\alpha = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{\lambda}{b} \cdot (\sin(\alpha_1) - \sin(\alpha_2))$$

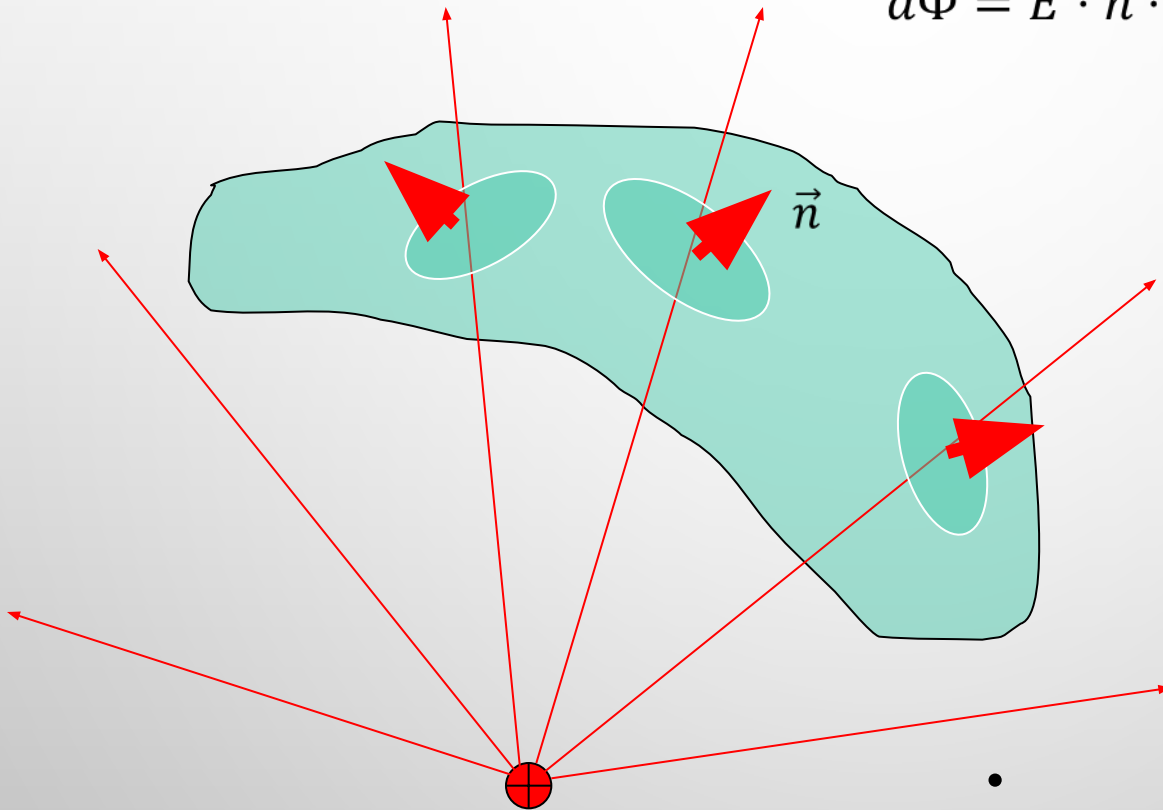
$$E_y = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{\lambda}{b} \cdot (\cos(\alpha_2) - \cos(\alpha_1))$$

$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2}$$



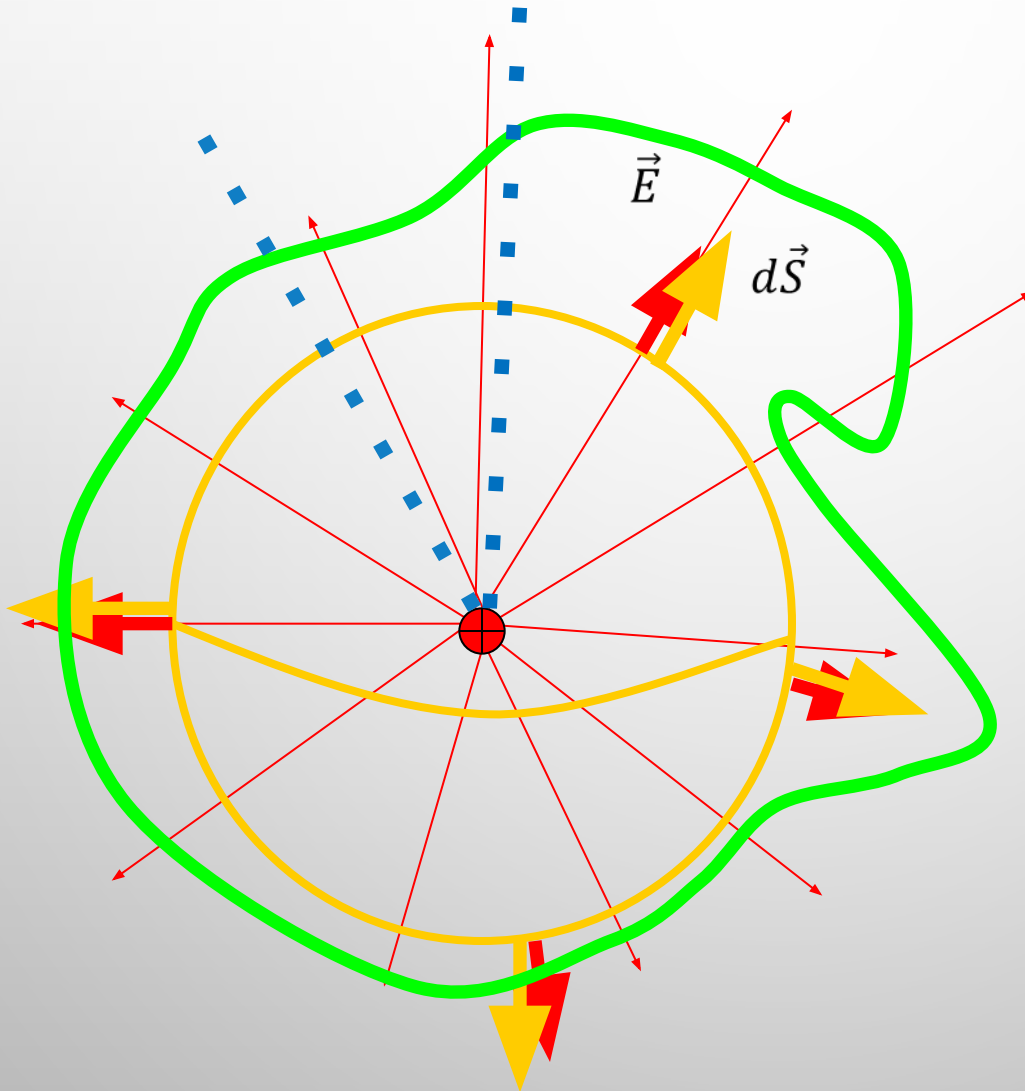
# ПОТОК ВЕКТОРА НАПРЯЖЕННОСТИ

$$d\Phi = \vec{E} \cdot \vec{n} \cdot dS = \vec{E} d\vec{S} = EdS \cos \alpha$$



$$\Phi = \int_S \vec{E} d\vec{S} = \int_S E \cos \alpha dS$$

# ΤΕΟΡΕΜΑ ΓΑΥΣΣΑ



$$\Phi = \oint_S \vec{E} d\vec{S} = E \cdot S$$

$$\bullet S = 4\pi r^2$$

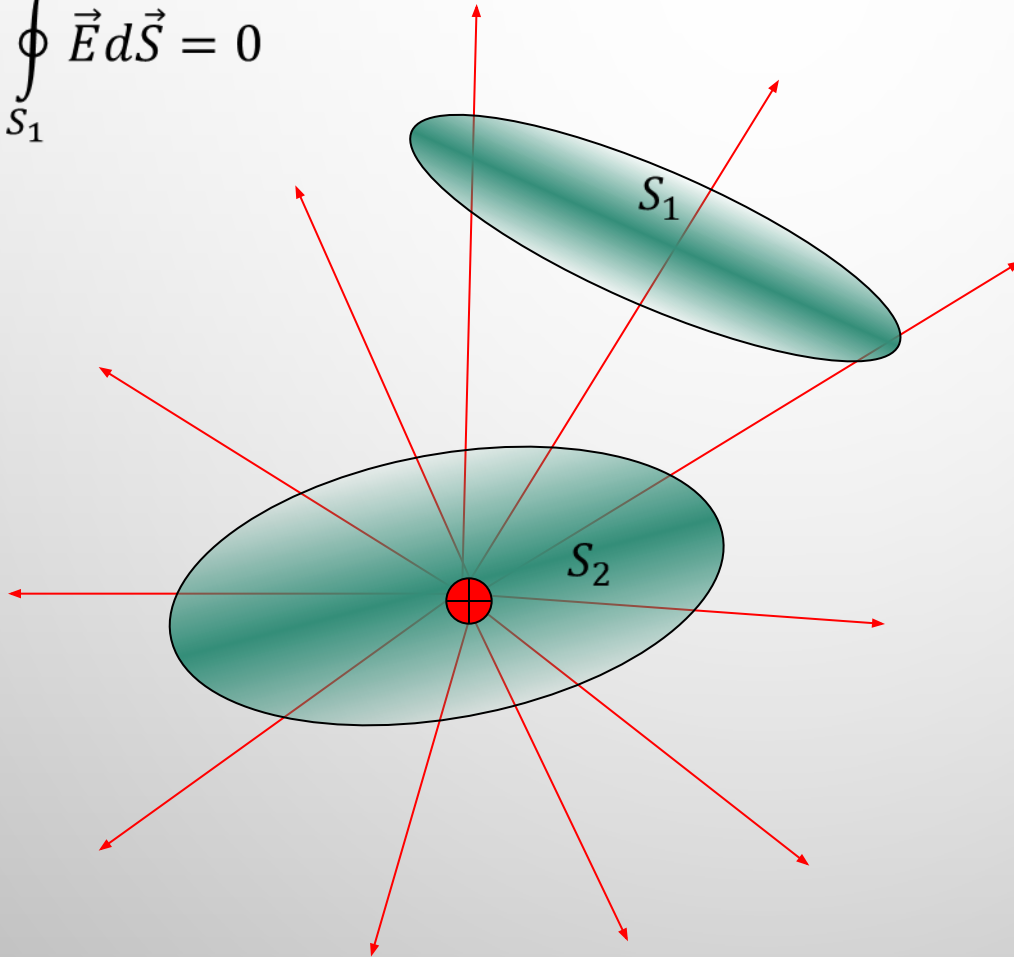
$$\bullet E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2}$$

$$\bullet \Phi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2} \cdot 4\pi r^2 = \frac{q}{\epsilon_0}$$

# ТЕОРЕМА ГАУССА

$$\dot{\Phi}_1 = \oint_{S_1} \vec{E} d\vec{S} = 0$$

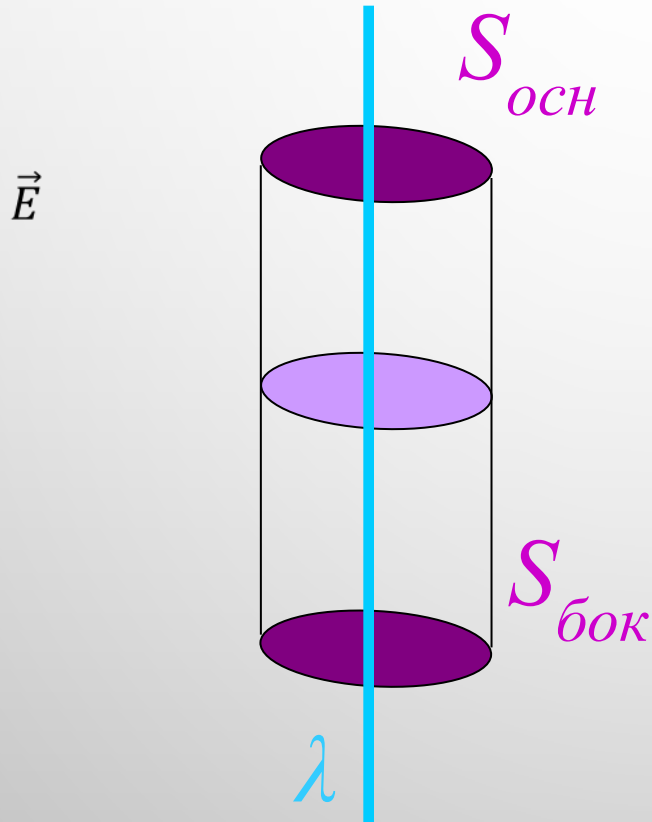
$$\dot{\Phi}_2 = \oint_S \vec{E} d\vec{S} = \frac{q}{\epsilon_0}$$



*Поток вектора напряженности электрического поля через произвольную замкнутую поверхность равен алгебраической сумме зарядов, заключенных внутри этой поверхности (деленной на  $\epsilon_0$ )*

# ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРЕМЫ ГАУССА ДЛЯ РАСЧЁТА ПОЛЯ РАВНОМЕРНО ЗАРЯЖЕННОЙ БЕСКОНЕЧНОЙ НИТИ

$$\Phi_E = 2ES_{\text{осн}} \cdot \cos(90^\circ) + ES_{\text{бок}} \cdot \cos(0^\circ) = ES_{\text{бок}} = E \cdot 2\pi rh = \frac{q}{\epsilon_0}$$

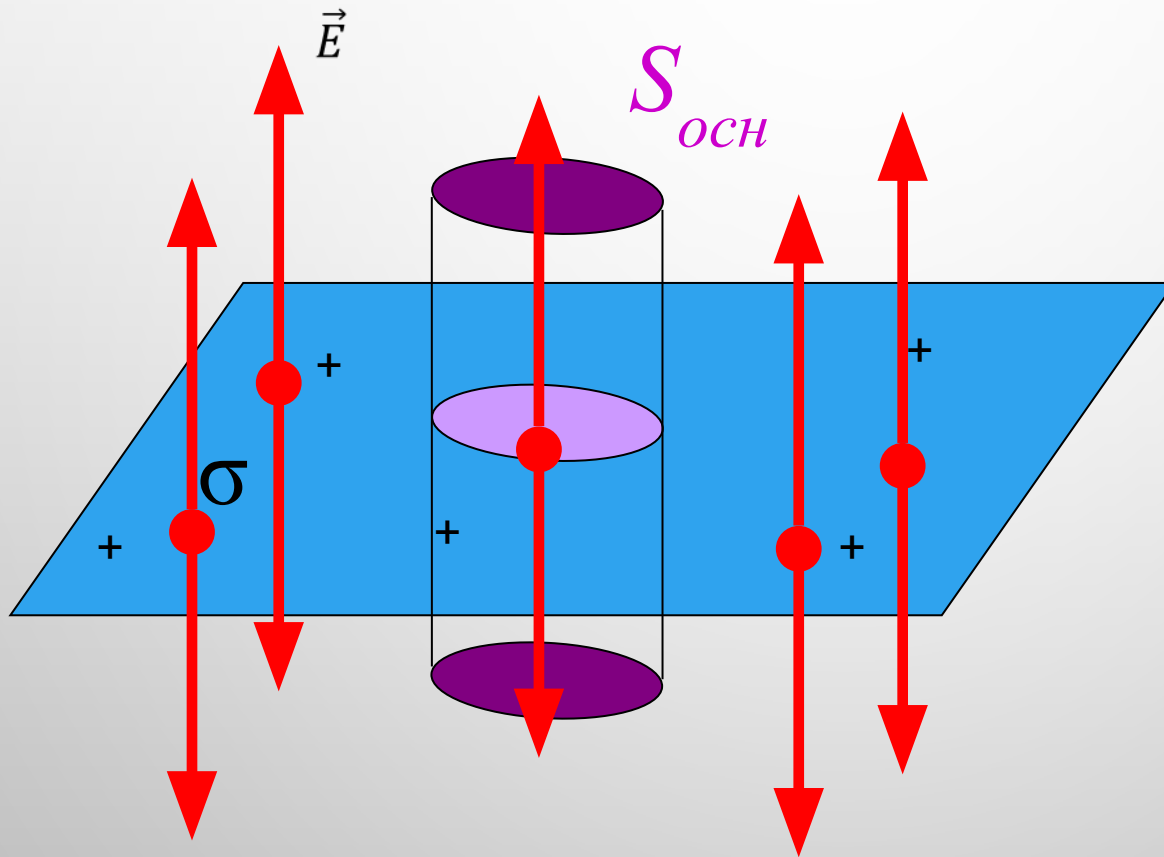


$$\bullet \quad E \cdot 2\pi rh = \frac{\lambda h}{\epsilon_0}$$

$$\bullet \quad E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r}$$

# ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРЕМЫ ГАУССА ДЛЯ РАСЧЁТА ПОЛЯ РАВНОМЕРНО ЗАРЯЖЕННОЙ БЕСКОНЕЧНОЙ ПЛОСКОСТИ

$$\Phi_E = 2ES_{\text{ОСН}} \cdot \cos(0^0) + ES_{\text{БОК}} \cdot \cos(90^0) = 2ES_{\text{ОСН}} = \frac{q}{\varepsilon_0}$$



$$\bullet \quad 2ES_{\text{ОСН}} = \frac{\sigma S_{\text{ОСН}}}{\varepsilon_0}$$

$$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$