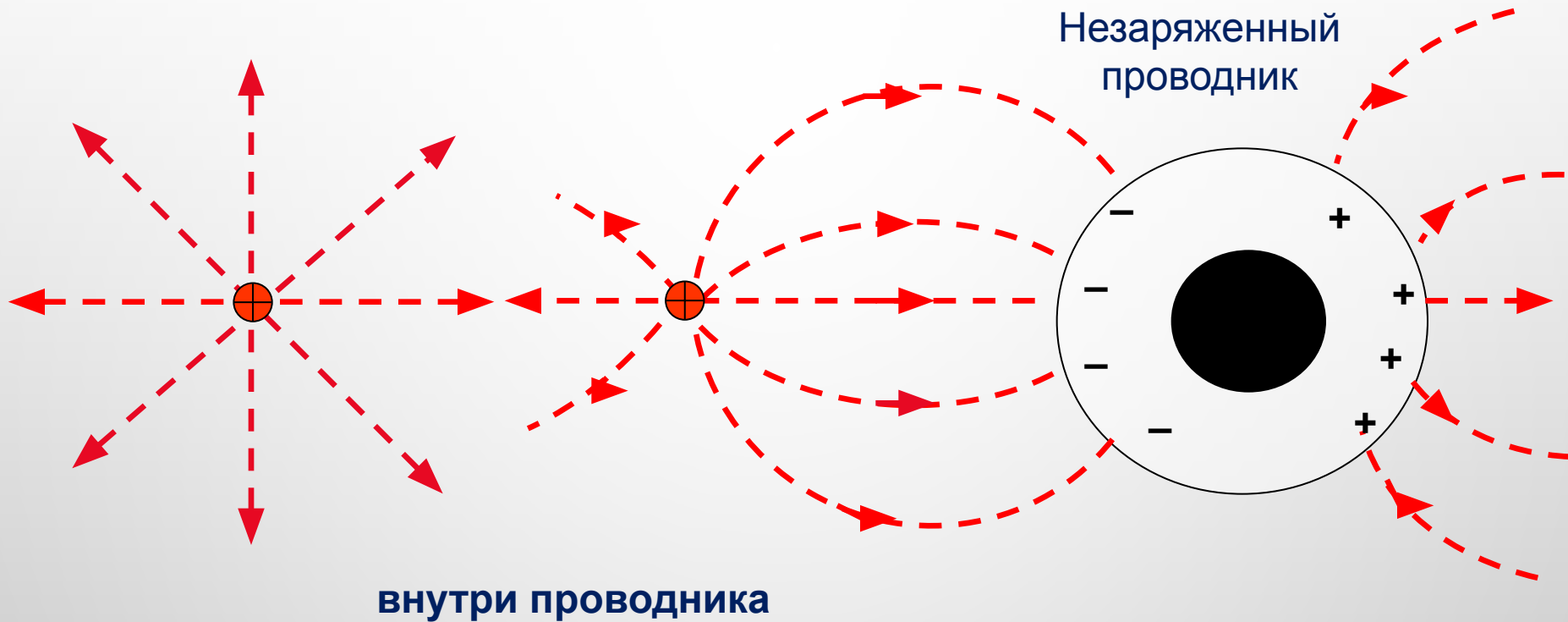




ЛЕКЦИЯ 3

ПРОВОДНИКИ В ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОМ
ПОЛЕ. КОНДЕНСАТОРЫ. ЭНЕРГИЯ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАРЯДОВ В ПРОВОДНИКЕ



внутри проводника

$$\vec{E} = 0$$

$$\phi = const$$

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАРЯДОВ В ЗАРЯЖЕННОМ ПРОВОДНИКЕ

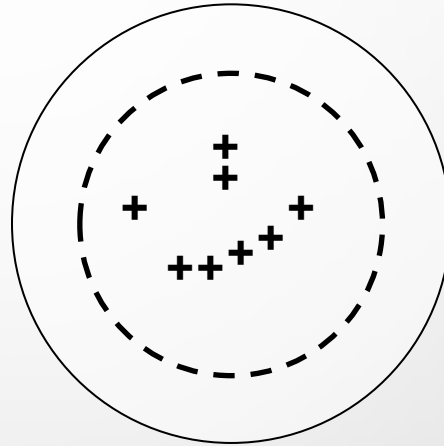
Внутри проводника
избыточных зарядов нет

Следовательно, по
теореме Гаусса,

$$\Phi_E = 0$$

$$\vec{E} = 0$$

$$\phi = \text{const}$$



РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАРЯДОВ В ПРОВОДНИКЕ

внутри проводника

$$\vec{E} = 0$$

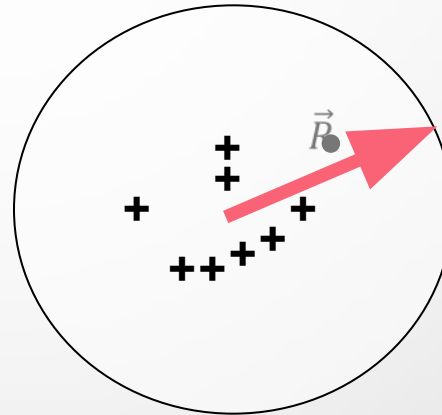
$$\phi = \text{const}$$

На поверхности и вне проводника

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

$$\phi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \cdot \frac{q}{r}$$

Заряженный проводник



На поверхности проводника

$$\vec{r} = \vec{R}$$

На поверхности и внутри проводника

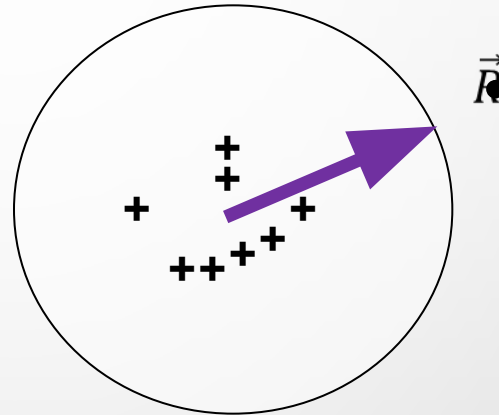
$$\phi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \cdot \frac{q}{R}$$

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЁМКОСТЬ

Заряженный проводник

На поверхности и внутри проводника

$$\phi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \cdot \frac{q}{R}$$



Электрическая ёмкость

$$C = \frac{q}{\phi}$$

Электрическая ёмкость сферы

$$C = \frac{q}{\phi} = 4\pi\epsilon_0\epsilon R$$

$$[\epsilon_0] = \frac{\Phi}{\text{м}}$$
$$[C] = \frac{\text{Кл}}{\text{В}} = \Phi$$

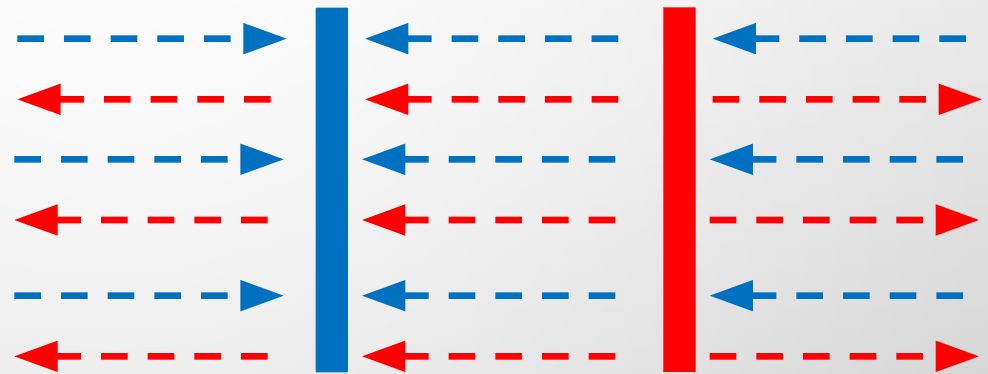
КОНДЕНСАТОР

- *ДВА ПРОВОДНИКА, ОБЛАДАЮЩИЕ ОДИНАКОВЫМИ ПО МОДУЛЮ, НО ПРОТИВОПОЛОЖНЫМИ ПО ЗНАКУ ЗАРЯДАМИ, ОБРАЗУЮТ КОНДЕНСАТОР.*

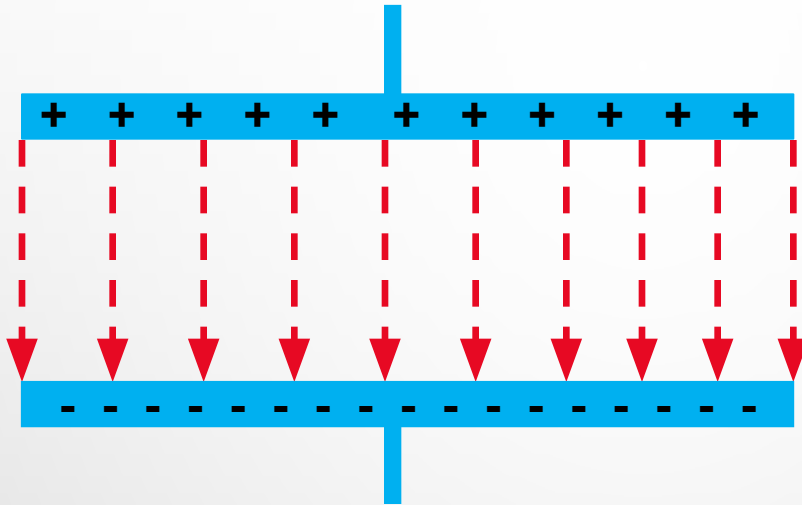
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ ПЛОСКОГО КОНДЕНСАТОРА

$$E_{\text{внеш.}} = 0$$

$$E_{\text{внут.}} = 2 \cdot E_{\text{пл.}} = \frac{\sigma_{\text{связ}}}{\epsilon_0} = \frac{P}{\epsilon_0}$$



ЭЛЕКТРОЁМКОСТЬ КОНДЕНСАТОРА



Ёмкость конденсатора

$$C = \frac{q}{\phi_1 - \phi_2} \quad \phi_1 - \phi_2 = U$$

Ёмкость плоского конденсатора

$$\vec{E} = \frac{\sigma}{\epsilon\epsilon_0} \quad \sigma = \frac{q}{S} \quad \vartheta = E \cdot d \quad U = \frac{q \cdot d}{\epsilon\epsilon_0 S} \quad C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d}$$

Ёмкость сферического конденсатора

$$C = \frac{4\pi\epsilon\epsilon_0 R_1 R_2}{R_2 - R_1}$$

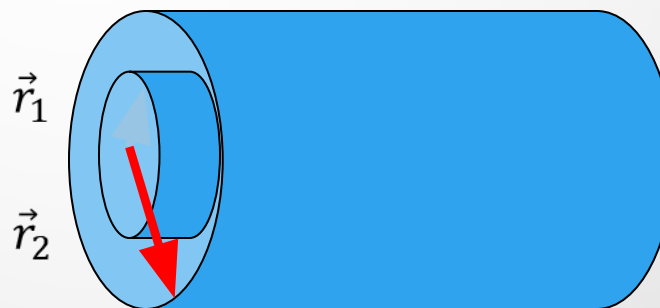
ЁМКОСТЬ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО КОНДЕНСАТОРА

l – длина конденсатора; r_1 , r_2 – радиусы электродов

Заряд: $q = \tau \cdot l$

$$r_1 < r < r_2$$

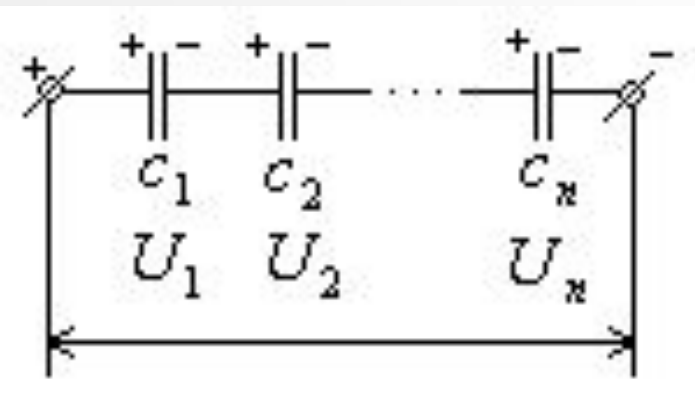
$$E = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0\epsilon r}$$



$$\bullet \quad U = \phi_1 - \phi_2 = \int_{r_1}^{r_2} \frac{\tau dr}{2\pi\epsilon_0\epsilon r} = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0\epsilon} \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r} = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0\epsilon} (\ln r_2 - \ln r_1) = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0\epsilon} \ln \frac{r_2}{r_1}$$

$$C = \frac{q}{U} = \frac{\tau \cdot l}{\tau \ln \frac{r_1}{r_2}} \cdot 2\pi\epsilon_0\epsilon = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon l}{\ln \frac{r_1}{r_2}}$$

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ КОНДЕНСАТОРОВ



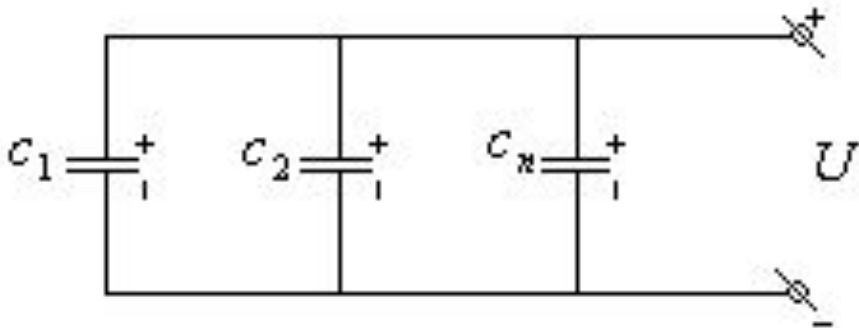
При последовательном соединении заряды на всех конденсаторах *одинаковые*, а разности потенциалов *разные*

$$q_1 = q_2 = \dots = q_n = q$$

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n = \frac{q_1}{C_1} + \frac{q_2}{C_2} + \dots + \frac{q}{C_n} = q \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n} \right) = \frac{q}{C_{\text{общ}}}$$

$$\frac{1}{C_{\text{общ}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ КОНДЕНСАТОРОВ



При параллельном соединении
напряжения на всех конденсаторах
одинаковые = U , а заряды – *разные*

$$q = q_1 + q_2 + \dots + q_n = C_1 U_1 + C_2 U_2 + \dots + C_n U_n = U(C_1 + C_2 + \dots + C_n) = C_{\text{общ}} \cdot U$$

$$C_{\text{общ}} = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

ЭНЕРГИЯ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ

$$A = W_{\infty} - W,$$

$$W_{\infty} = 0,$$

$$-W = A = q_2(\phi_{\infty}^{(1)} - \phi_1),$$

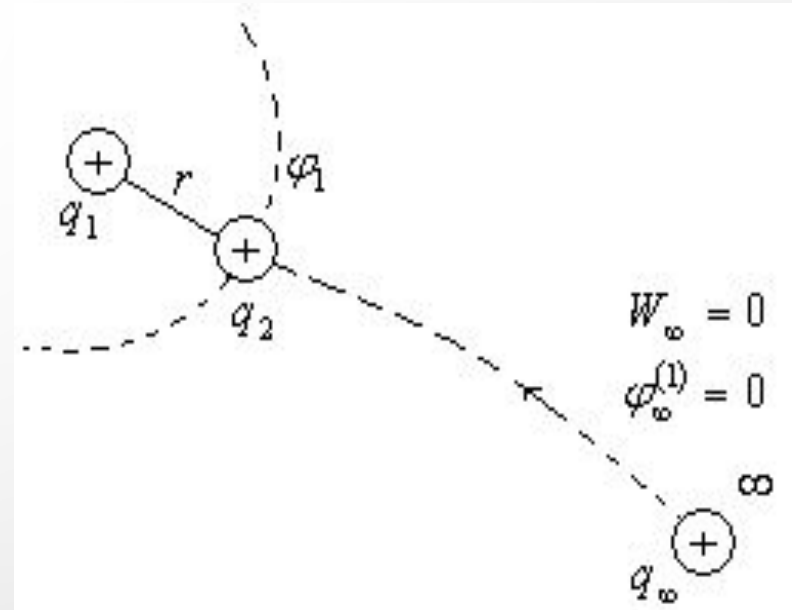
$$\phi_{\infty}^{(1)} = 0,$$

$$W = q_2\phi_1;$$

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

$$W = q_2\phi_1 = \frac{q_2 q_1}{4\pi\epsilon_0 r} = \frac{1}{2} q_2 \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0 r} + \frac{1}{2} q_1 \frac{q_2}{4\pi\epsilon_0 r}$$

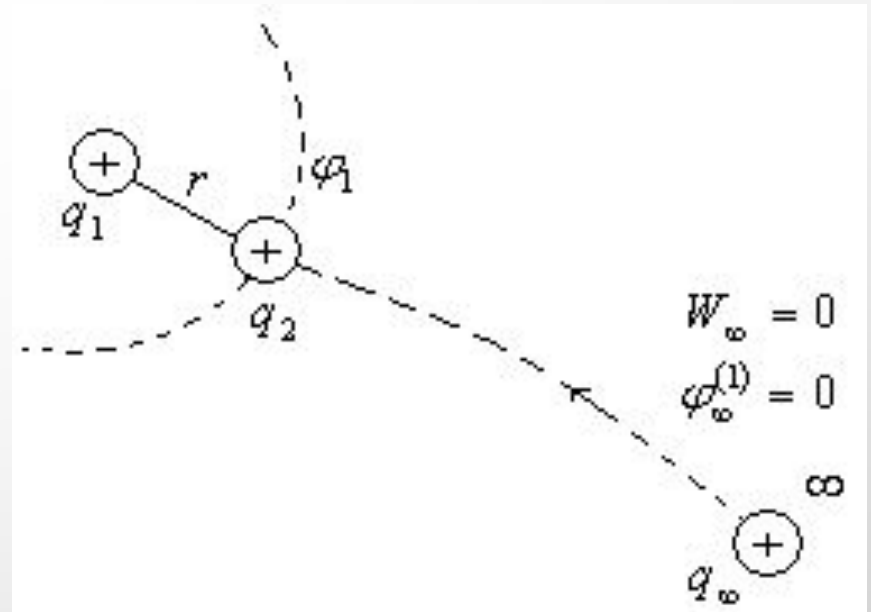
$$W = \frac{1}{2} (q_1\phi_2 + q_2\phi_1)$$



$$W = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i \phi_i$$

ЭНЕРГИЯ СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ

$$W = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i \phi_i$$



q_i – заряд номер i ;

ϕ_i – потенциал электростатического поля, создаваемого всеми зарядами, кроме q_i , в точке, где находится заряд q_i ;

ЭНЕРГИЯ ЗАРЯЖЕННОГО КОНДЕНСАТОРА

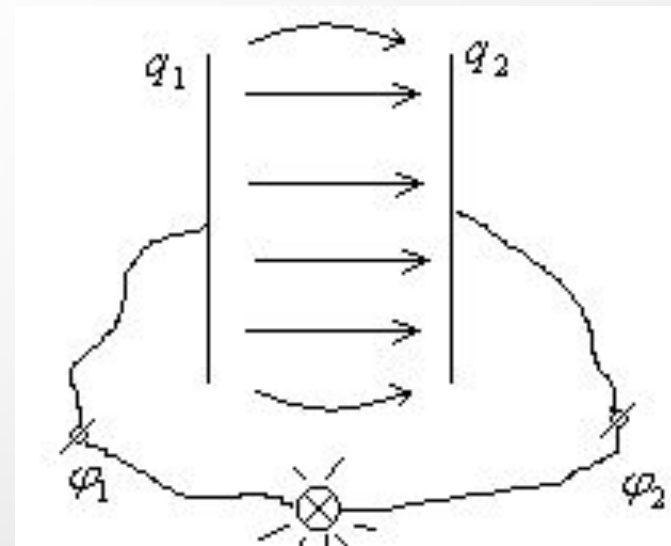
$$W = \frac{1}{2} q \phi$$

Конденсатор представляет собой пару заряженных проводников, поэтому:

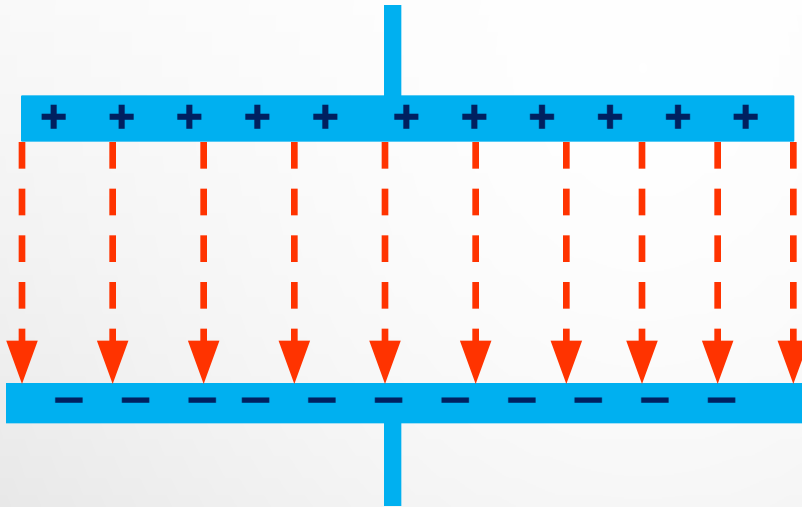
$$q_1 = -q_2 = q$$

$$W_c = W_1 + W_2 = \frac{1}{2} q_1 \phi_1 + \frac{1}{2} q_2 \phi_2 = \frac{1}{2} q (\phi_1 - \phi_2) = \frac{1}{2} q U$$

$$q = CU \quad W_c = \frac{qU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C}$$



ЭНЕРГИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ



$$W_c = \frac{qU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C}$$

$$U = E \cdot d \quad C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}$$

Объёмная плотность энергии электрического поля

$$w_e = \frac{W_e}{V} = \frac{1}{2} \varepsilon_0 \varepsilon E^2 = \frac{ED}{2}$$

$$W_c = \frac{CU^2}{2} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S \cdot E^2 d^2}{2d} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon E^2}{2} V$$

$$W_e = \frac{1}{2} \varepsilon_0 \varepsilon E^2 V$$