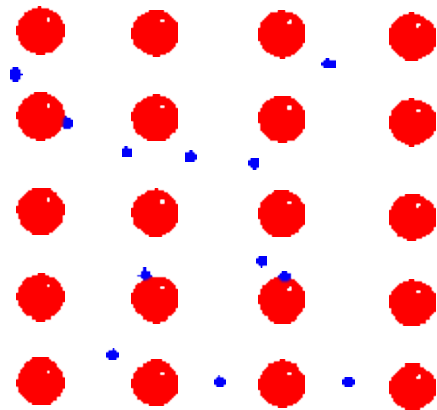


Лекция 24

Проводники в электрическом поле

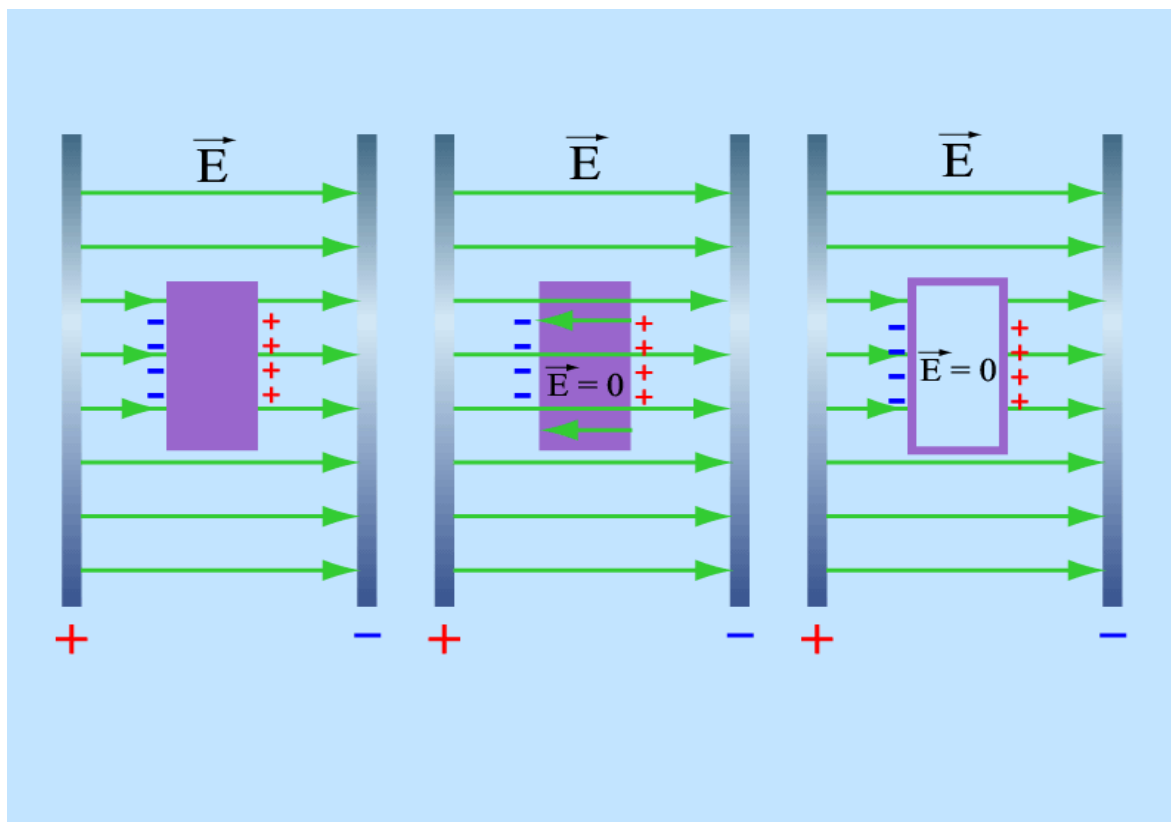
Металлы

Атом металла состоит из положительного ядра, вокруг которого вращаются электроны. Количество внешних (валентных) электронов невелико, и они слабо связаны с ядром.



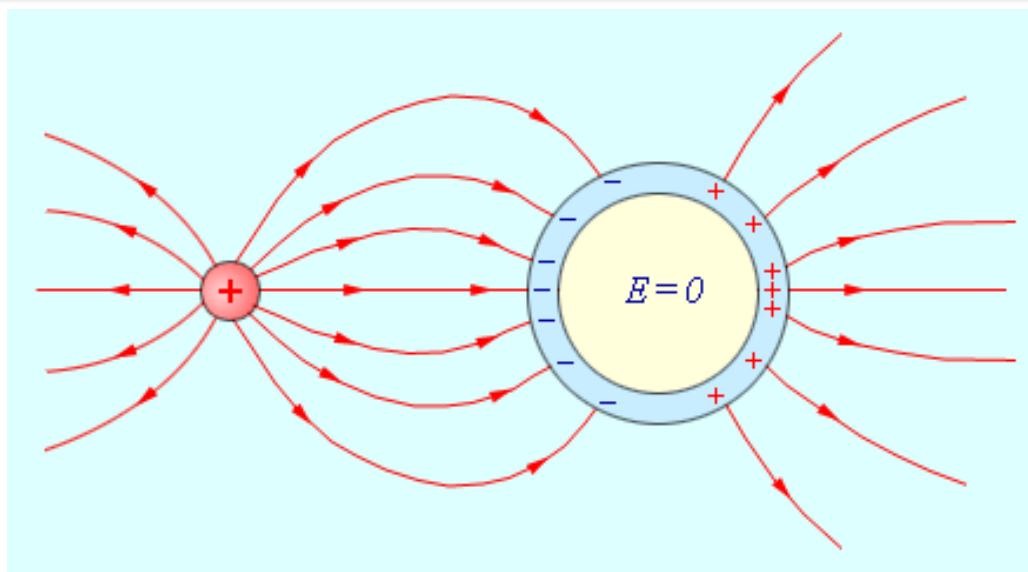
При переходе из жидкого состояния в твердое атомы металла образуют кристаллическую решетку. Валентные электроны обобществляются, становятся свободными. Совокупность свободных электронов образует электронный газ.

Проводник в электрическом поле



Явление перераспределения поверхностных зарядов на проводнике во внешнем электростатическом поле называется электростатической индукцией.

Проводник в электрическом поле



Внутри проводника

$$E = 0$$

На поверхности проводника

$$E_{\tau} = 0$$

$$E_n \neq 0$$

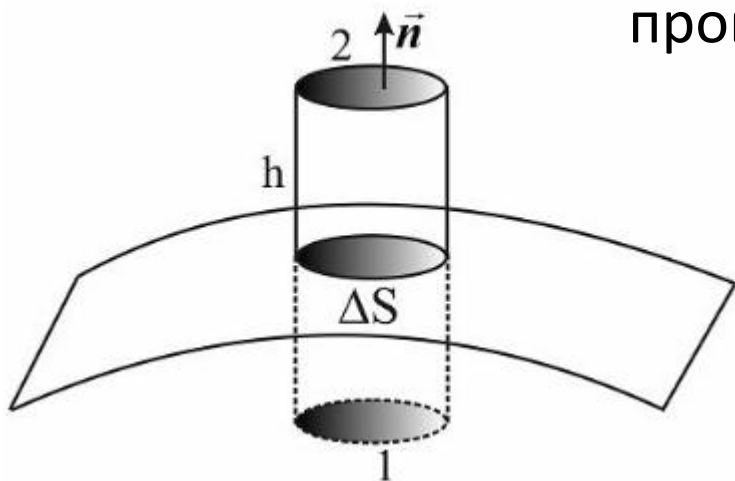
$$E_{\tau} = -\frac{d\varphi}{dl}$$

$$\varphi = const$$

Поверхность проводника – эквипотенциальна.

Распределение зарядов по поверхности заряженного проводника

Если проводник заряжен, то характер распределения зависит от формы проводника, но не от величины заряда.



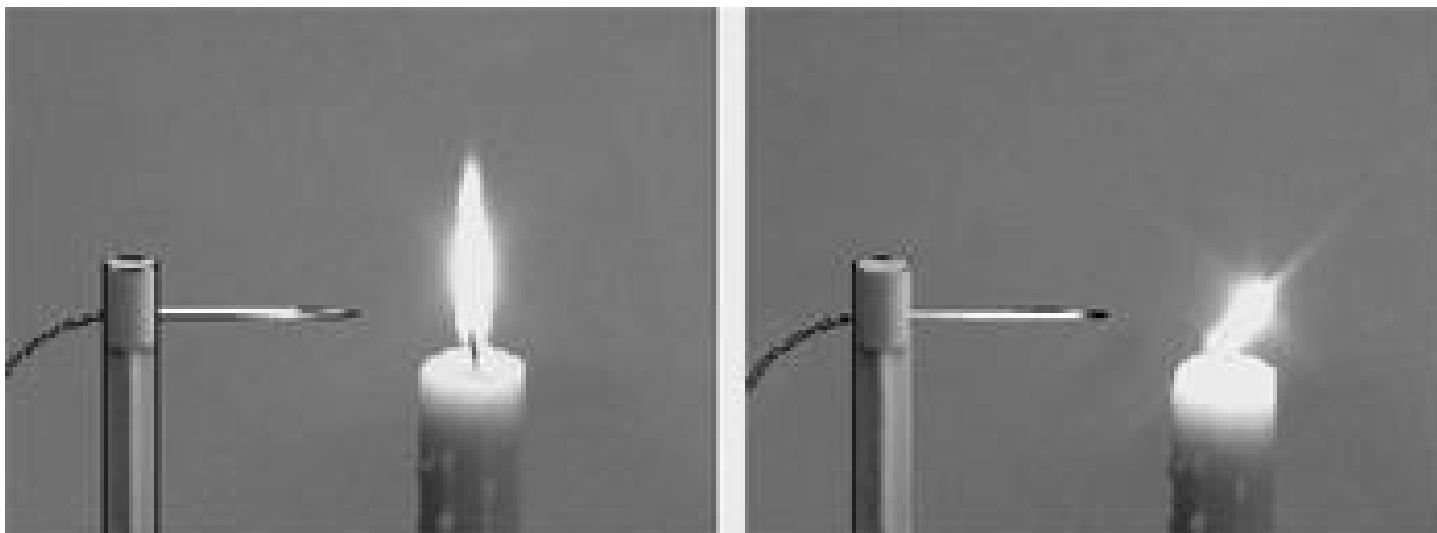
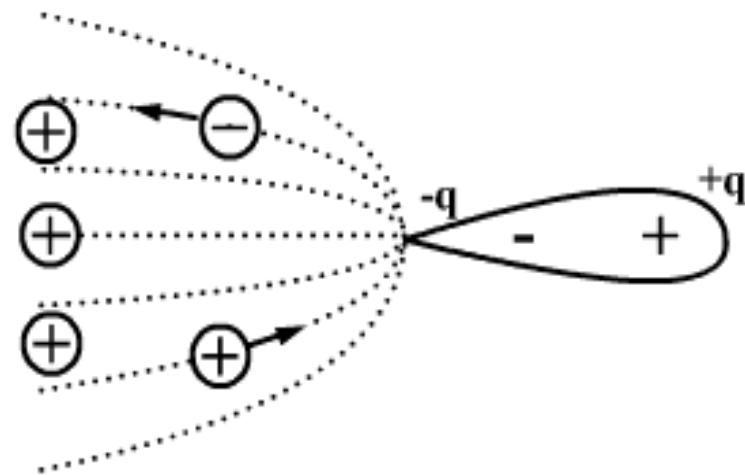
$$\sigma = qf(x, y, z)$$

$$\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_B = \frac{\sigma \Delta S}{\epsilon_0}$$

$$\Phi_1 = \Phi_B = 0 \quad \Phi_2 = E_n \Delta S$$

$$E_n = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

Электрический ветер



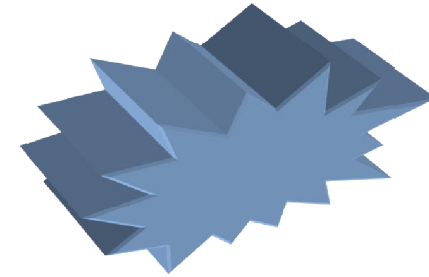
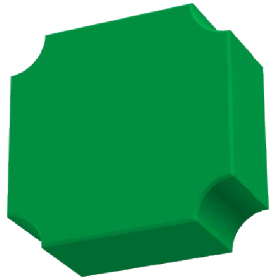
Электроемкость проводника

Электроемкость (емкость) проводника – величина, равная отношению электрического заряда проводника к его потенциалу.

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

Фарад – емкость проводника, потенциал которого при сообщении заряда 1 Кл изменится на 1 В.

Электроемкость проводника



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



$$\sigma = qf(x, y, z)$$

$$d\varphi = \frac{qf(x, y, z)}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r} dS$$



$$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \oint \frac{f(x, y, z)}{r} dS$$

$$C = \frac{4\pi\epsilon\epsilon_0}{\oint \frac{f(x, y, z)}{r} dS}$$

Электроемкость проводника зависит от формы, размеров, свойств окружающей среды и наличия иных тел.

Емкость заряженной сферы (шара)

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 R} = \frac{q}{C}$$

$$C = 4\pi\varepsilon_0 R$$

Эффект неединенности

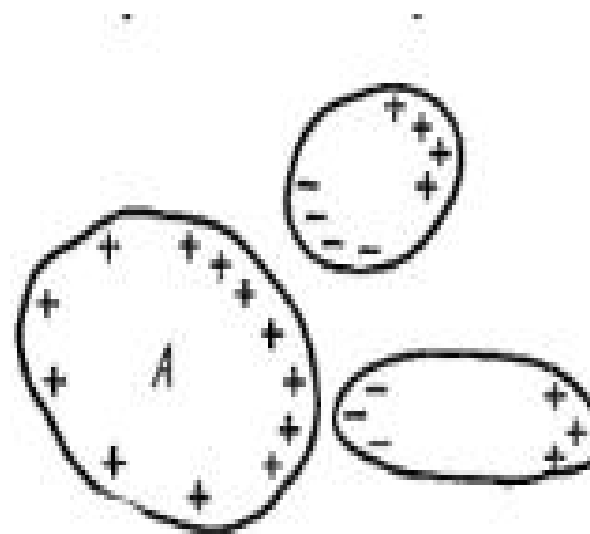
Уединенные проводники – проводники, находящиеся в вакууме вдали от других тел. Неуединенные – все остальные.

$$C_y = 4\pi\epsilon_0 R$$

$$C_n = 4\pi\epsilon\epsilon_0 R$$

$$C_y < C_n$$

Если вблизи заряженного проводника поместить незаряженный проводник, то на незаряженном возникнут индуцированные заряды. Потенциал заряженного проводника уменьшится, а его емкость возрастет.



Конденсатор

Взаимная емкость двух проводников – физическая величина, численно равная заряду, который нужно переместить с одного проводника на другой, изменив при этом разность потенциалов между ними на 1 В .

$$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2}$$

Взаимная емкость зависит от формы и размеров проводников, от их взаимного расположения и относительной диэлектрической проницаемости среды, заполняющей пространство между ними.

Электрический конденсатор – система из двух проводников, заряженных разноименно, но равными по абсолютной величине зарядами, имеющих такое расположение и форму, что создаваемое ими электрическое поле полностью или почти полностью находится в ограниченной части пространства.

Сферический конденсатор

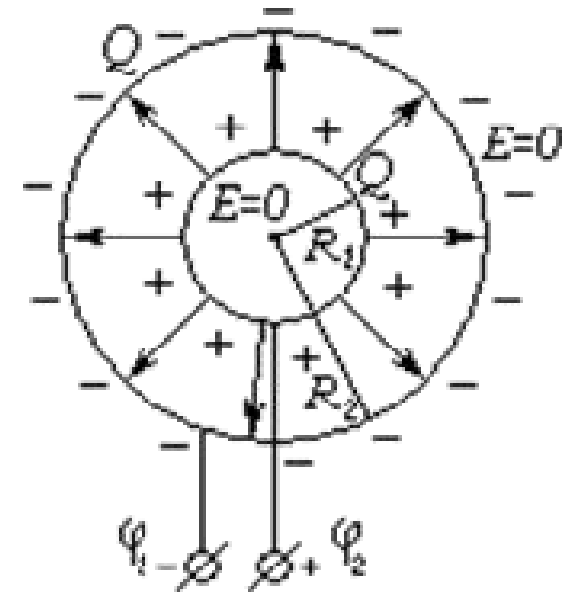
Сферический конденсатор – это две разноименно заряженные концентрические сферы.

$$\varphi(r) = \begin{cases} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r}, & r \geq R \\ \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{R}, & r < R \end{cases}$$

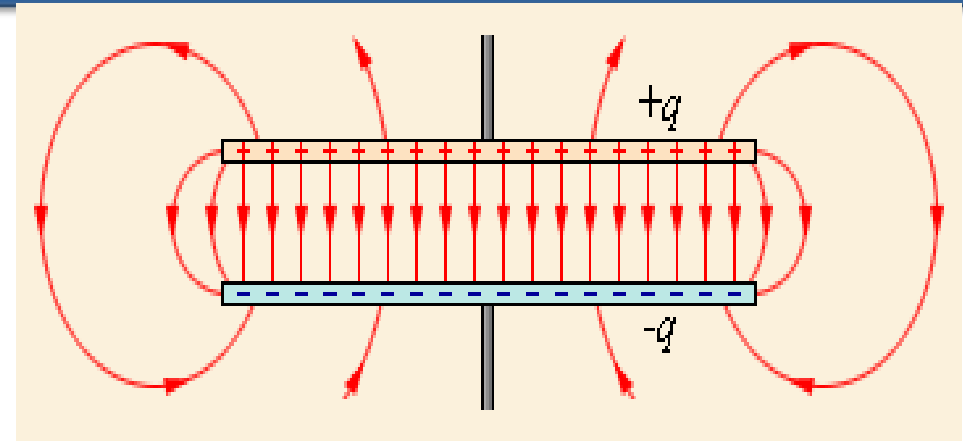
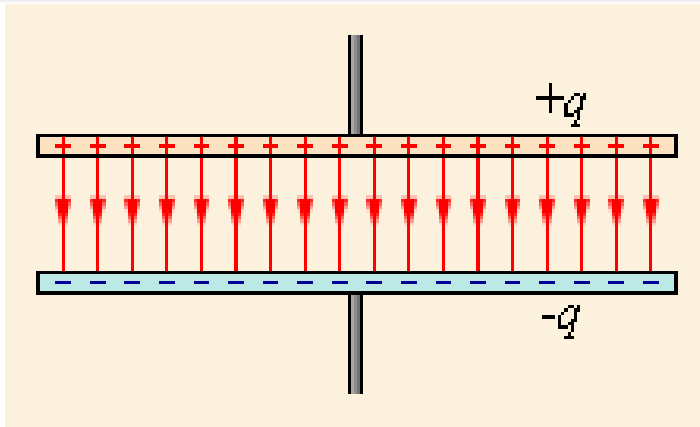
$$\varphi_2 = \varphi_{21} + \varphi_{22} = \frac{+q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 R_2} + \frac{-q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 R_2} = 0$$

$$\varphi_1 = \varphi_{11} + \varphi_{12} = \frac{q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 R_1} + \frac{-q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 R_2} = \frac{q}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{q(R_2 - R_1)}{4\pi\epsilon\epsilon_0 R_1 R_2} \quad C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} \quad C = \frac{4\pi\epsilon\epsilon_0 R_1 R_2}{(R_2 - R_1)}$$



Плоский конденсатор



$$E = \frac{\sigma}{\epsilon\epsilon_0} = \frac{q}{S\epsilon\epsilon_0}$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = Ed = \frac{q}{S\epsilon\epsilon_0} d$$

$$C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d}$$

$$R = R_2 = R_1 + d$$

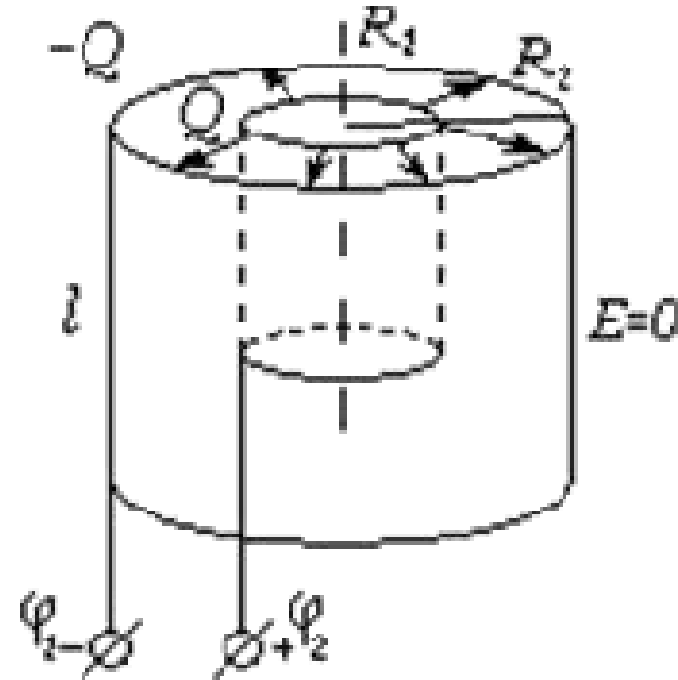
$$R \gg d$$

$$C = \frac{4\pi\epsilon\epsilon_0 R_1 R_2}{(R_2 - R_1)} \approx \epsilon\epsilon_0 \frac{4\pi R^2}{d}$$

Цилиндрический конденсатор

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{\tau}{2\pi\epsilon\epsilon_0} \ln \frac{R_2}{R_1}$$

$$C = \frac{2\pi\epsilon\epsilon_0}{\ln R_2/R_1}$$



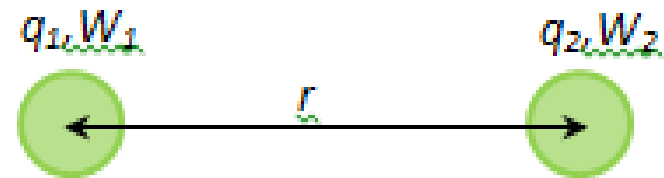
Энергия взаимодействия двух точечных зарядов

$$\varphi_{12} = \frac{q_1}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r}$$

$$W_2 = q_2\varphi_{12}$$

$$\varphi_{21} = \frac{q_2}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r}$$

$$W_1 = q_1\varphi_{21}$$



$$W = W_1 = W_2 = \frac{1}{2}(W_1 + W_2)$$

$$W = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r}$$

$$q_1 q_2 < 0$$

$$W < 0$$

$$q_1 q_2 > 0$$

$$W > 0$$

Энергия системы точечных зарядов

$$W = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N q_i \varphi_i$$

Энергия заряженного проводника

$$\varphi = \text{const}$$

$$W = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N q_i \varphi_i = \frac{\varphi}{2} \sum_{i=1}^N q_i = \frac{1}{2} q \varphi$$

$$q = C \varphi$$

$$W = \frac{1}{2} C \varphi^2 = \frac{q^2}{2C}$$

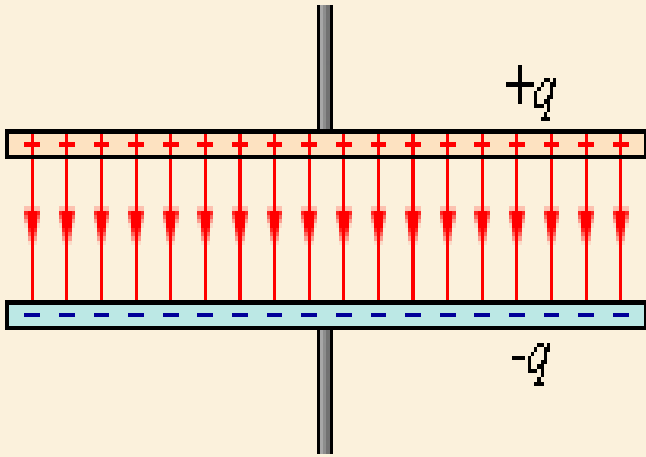
Энергия конденсатора

$$W = \frac{1}{2}(q\varphi_1 - q\varphi_2) = \frac{1}{2}q\Delta\varphi$$

$$U = \Delta\varphi$$

$$W = \frac{1}{2}qU = \frac{1}{2}CU^2 = \frac{q^2}{2C}$$

Энергия электрического поля



$$U = Ed$$

$$C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}$$

$$W = \frac{1}{2}CU^2 = \frac{1}{2} \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d} (Ed)^2 = \frac{1}{2} \varepsilon\varepsilon_0 SdE^2$$

$$w = \frac{W}{V}$$

$$D = \varepsilon\varepsilon_0 E$$

$$w = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2} = \frac{ED}{2} = \frac{D^2}{2\varepsilon\varepsilon_0}$$