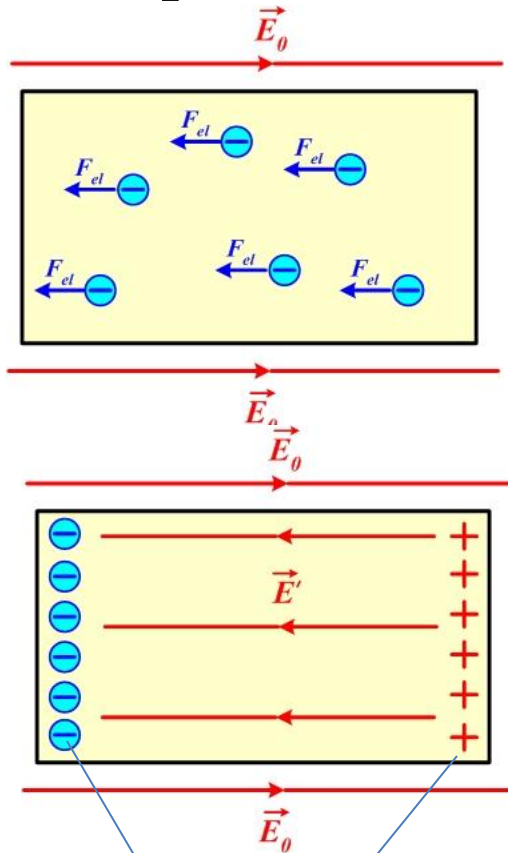


ЭЛЕКТРОСТАТИКА

**ПРОВОДНИК В
ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОМ ПОЛЕ.
ЭЛЕКТРОЕМКОСТЬ. ЭНЕРГИЯ**

1. Проводник во внешнем электростатическом поле



Индукционные заряды

Типичными проводниками - металлы (концентрация свободных носителей заряда - электронов проводимости - составляет примерно 10^{22} см^{-3})

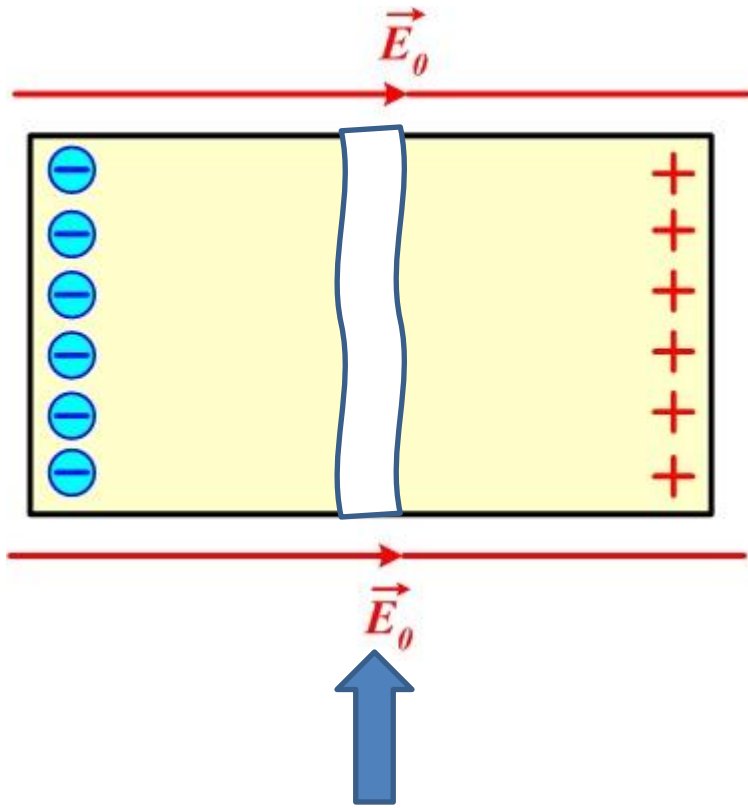
В состоянии равновесия:

$$\vec{F} = q\vec{E} = q(\vec{E}_0 + \vec{E}') = 0.$$

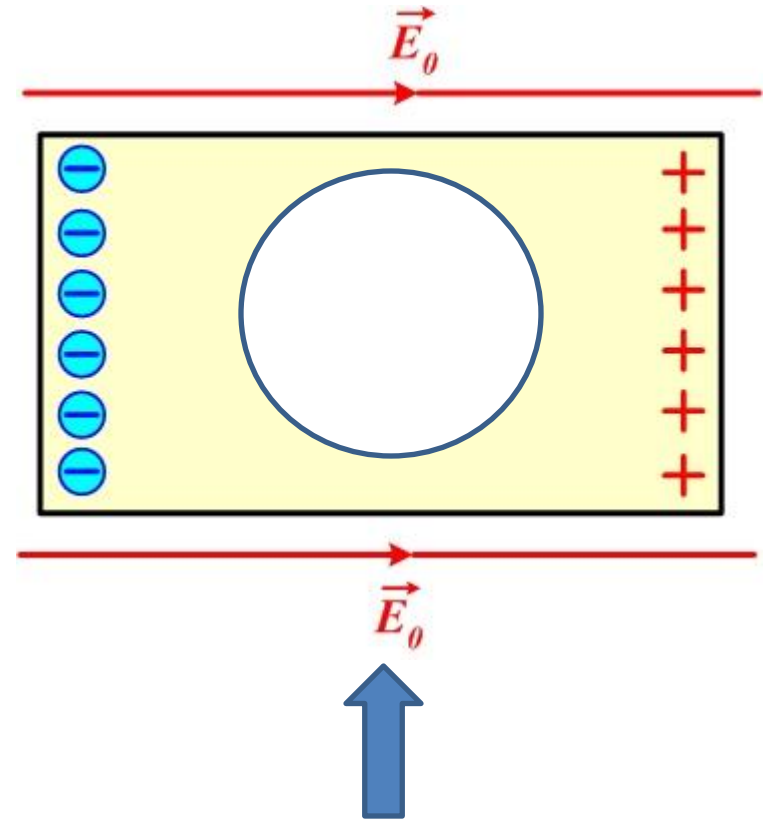
$$|\vec{E}_0| = |\vec{E}'| \quad \vec{E} = 0.$$

Перераспределение зарядов в проводнике под действием внешнего электростатического поля называется **явлением электростатической индукции.**

Индукцированные заряды располагаются на поверхности проводника. Они исчезают после удаления проводника из электростатического поля.



Так можно получить два заряженных тела, с одинаковыми по величине, но противоположными по знаку зарядами.



Принцип электростатической защиты (экранирование)

Во всех точках внутри проводника напряженность равна нулю.
Согласно теореме Гаусса

$$q = \frac{1}{\epsilon_0} \oint_S \vec{E} dS = 0$$

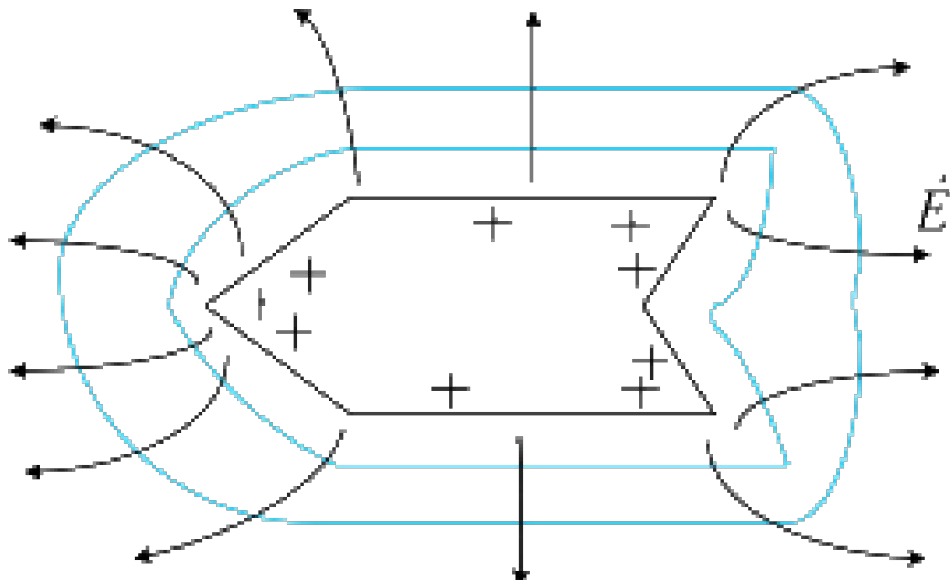
$$\left. \begin{array}{l} \vec{E} = 0, \\ q = \int_V \rho dV, \\ q = 0, \end{array} \right\} \longrightarrow \rho = 0.$$

Вывод: внутри проводника объемная плотность свободного заряда ρ равна нулю, а сам заряд располагается на его поверхности.

$$\left. \begin{array}{l} \text{Внутри проводника } \vec{E} = 0. \\ \vec{E} = -grad\varphi, \end{array} \right\} \longrightarrow \varphi = const.$$

Поверхность проводника является эквипотенциальной поверхностью и весь объем проводника представляет собой эквипотенциальную область

2. Поле заряженного проводника



В состоянии равновесия:

$$\vec{E} = 0. \quad \varphi = const.$$

$$\rho = 0. \quad E_n = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

Вблизи поверхности проводника за его пределами напряженность направлена перпендикулярно поверхности.

Вблизи выступов на поверхности проводника градиент потенциала, величина напряженности и поверхностная плотность заряда возрастают, вблизи впадин уменьшаются.

3. Электрическая емкость

$$\varphi = C^{-1}q$$

C - электрическая емкость проводника $[C] = \Phi - \text{фарада}$

Емкость уединенного проводника зависит от его формы, размеров и диэлектрических свойств среды, в которой находится проводник, а также электрических свойств, расположения, форм и размеров окружающих тел.

Практический интерес представляет система проводников, электростатическое поле которых полностью сосредоточено в объеме, занимаемом этой системой → **конденсатор!**

$$q = C(\varphi_1 - \varphi_2) = CU \quad - \text{заряд на одной из обкладок конденсатора}$$

U – разность потенциалов двух обкладок (для конденсатора ~ напряжению)

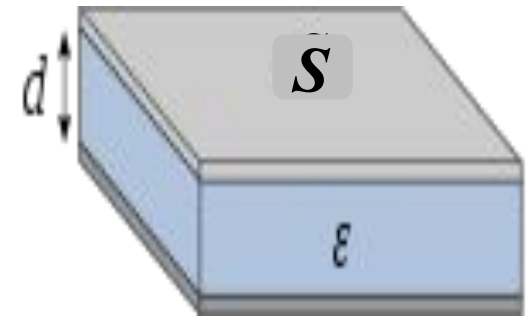
Примеры вычисления емкости

1. Емкости уединенного сферического проводника

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R} \longrightarrow C = 4\pi\epsilon_0 R$$

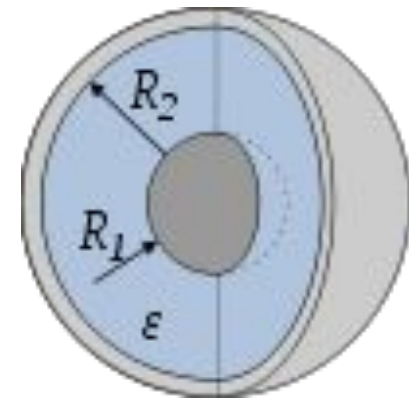
2. Емкости плоского конденсатора

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{\sigma}{\epsilon_0\epsilon} d = \frac{q}{\epsilon_0\epsilon S} d \longrightarrow C = \frac{\epsilon_0\epsilon S}{d}$$



3. Емкости сферического конденсатора

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \longrightarrow C = 4\pi\epsilon_0\epsilon \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1}$$

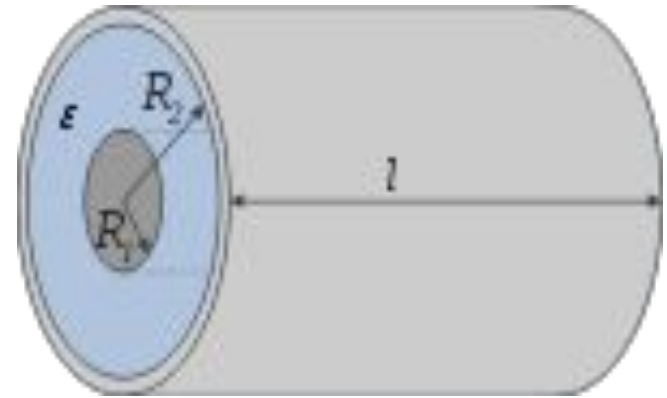


4. Электроемкости цилиндрического конденсатора

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{q}{2\pi\varepsilon_0\varepsilon l} \ln \frac{R_2}{R_1}$$



$$C = \frac{4\pi\varepsilon_0\varepsilon l}{\ln \frac{R_2}{R_1}}$$



4. Энергия электростатического поля

$$W = \frac{1}{2} q\varphi = \frac{1}{2} C\varphi^2 = \frac{1}{2C} q^2 \quad \text{Уединенного проводника}$$

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

$$W = \frac{1}{2} CU^2 = \left| \begin{array}{l} C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d} \\ U = Ed \end{array} \right| = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2} Sd = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2} V$$

$$\omega = \frac{W}{V} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2} = \frac{D^2}{2\varepsilon\varepsilon_0} = \frac{ED}{2} = \frac{(\vec{E} \vec{D})}{2} \quad \text{Объемная плотность энергии}$$

$$W = \int_V \omega(\vec{r}) dV \quad \text{Вычисление энергии в случае неоднородного поля}$$