

15. Проводники в электрическом поле.

(Индукцированные заряды, поле внутри и снаружи проводника, теорема Фарадея)

При внесении любого вещества во внешнее электрическое поле происходит частичное разделение положительных и отрицательных зарядов. В отдельных местах появляется нескомпенсированные макроскопические заряды различного знака. Это называется электростатической индукцией, а также заряды - наведенными (индуцированными) зарядами. Они создают собственное поле.

Проводники - вещества, в которых много свободных зарядов (зарядов способных перемещаться в пределах вещества на значительные расстояния).

В металлах - электроны не связанные с решеткой.

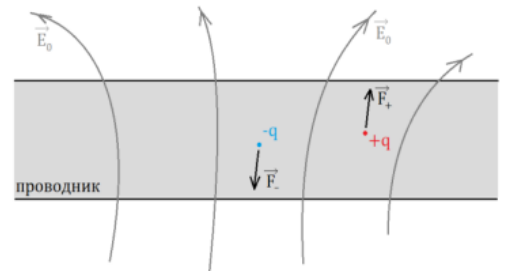
Также электролиты - в них отрицательные и положительные ионы.

$$\vec{F}_+ = q\vec{E}_0$$
$$\vec{F}_- = -q\vec{E}_0$$

Т.е. положительные пойдут вверх по $\uparrow \vec{E}_0$

А отрицательные $\uparrow \downarrow \vec{E}_0$

Так до тех пор, пока поле внутри не обратится в 0.

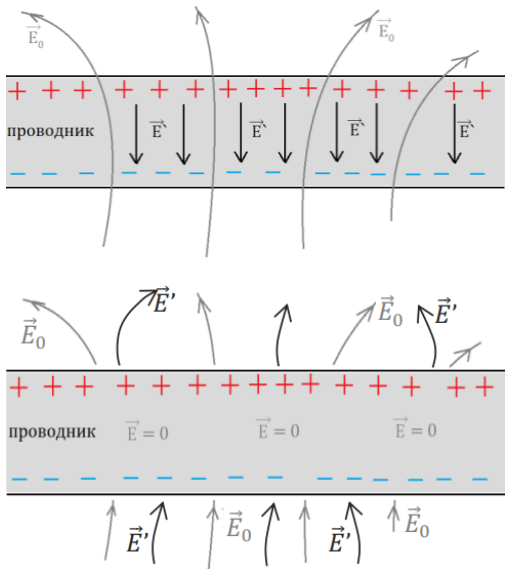


\vec{E}' - поле индукционных зарядов

$$\vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{E}'; \quad \vec{E}' \uparrow \downarrow \vec{E}_0 \Rightarrow \|\vec{E}_0\| = \|\vec{E}'\|$$

Получается, что проводник "вытесняет" из себя электрическое поле.

Т.е. $E_{\text{внут}} = 0 \Rightarrow \text{div} \vec{E} = 0 \Rightarrow \rho = 0 \Rightarrow$ плотность индукционных зарядов внутри проводника = 0 \Rightarrow нет индукционных зарядов.



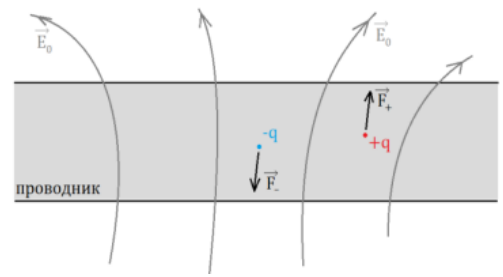
$$\vec{F}_+ = q\vec{E}_0$$

$$\vec{F}_- = -q\vec{E}_0$$

Т.е. положительные пойдут вверх по $\uparrow \vec{E}_0$

А отрицательные $\uparrow\downarrow \vec{E}_0$

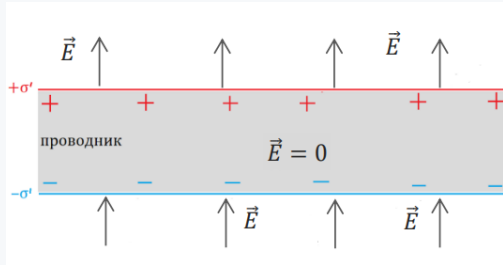
Так до тех пор, пока поле внутри не обратится в 0.



Все заряды на тонком слое на краю плотностью

$$+\sigma \text{ и } -\sigma$$

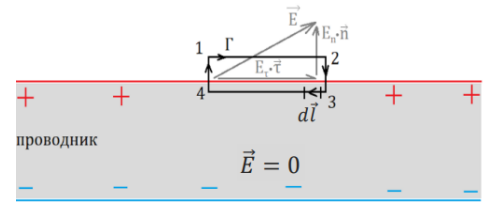
$\vec{E} = -\text{grad}\varphi = \nabla\varphi \Rightarrow \varphi$ в проводнике const \Rightarrow в проводнике область эквипотенциальна \Rightarrow плоскость эквипотенциальна $\Rightarrow \vec{E}$ направлен только параллельно нормали.



Проанализируем поле вне проводника используя: $\begin{cases} \text{Th. Гаусса} : \oint \vec{E} d\vec{S} = \frac{q_{\text{вн}}}{\epsilon_0} \\ \text{Th. о циркуляции} : \oint \vec{E} d\vec{S} = 0 \end{cases}$

Th. о циркуляции:

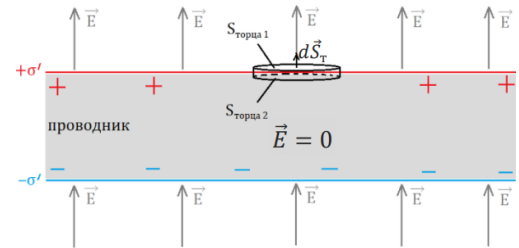
1. Γ - прямоугольник, $l_{41}, l_{23} \rightarrow 0$ (Ищем у поверхности)
2. $\oint \vec{E} d\vec{l} = \int_1^2 \vec{E} d\vec{l}_{12} + \int_2^3 \vec{E} d\vec{l}_{23} + \int_3^4 \vec{E} d\vec{l}_{34} + \int_4^1 \vec{E} d\vec{l}_{41} = \int_1^2 \vec{E} d\vec{l}_{12} = \int_1^2 \vec{E}_\tau \vec{\tau} + E_n \vec{n} dl \vec{\tau} = \int_1^2 \vec{E}_\tau dl = E_\tau l_{12}$
3. 0
4. $E_z l_{12} = 0 \Rightarrow E_\tau = 0 \Rightarrow \text{только } E_n; \vec{E} = E_n \vec{n}$



Th. Гаусса:

1. S - цилиндр.
2. $\oint \vec{E} d\vec{S} = \int \vec{E} d\vec{S}_{T_1} + \int \vec{E} d\vec{S}_6 + \int \vec{E} d\vec{S}_{T_2} = ES_T$
3. $q_{\text{вн}} = \sigma' S_T$
4. $ES_T = \frac{\sigma S_T}{\epsilon_0}$ - электрическое поле вблизи проводнике вне его.

$$E = \begin{cases} \frac{\sigma}{\epsilon_0} & - \text{снаружи} \\ 0 & - \text{внутри} \end{cases}$$



Теорема Фарадея - замкнутая проводящая оболочка разделяет всё пространство на внутреннюю и внешнюю части в электрическом соотношении никак не зависящие друг от друга.