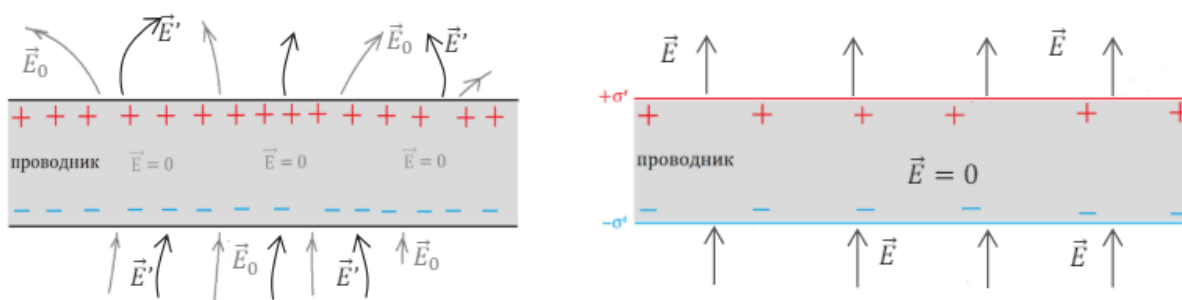


15. Проводники в электрическом поле

Проводники – вещества, в которых много свободных зарядов – зарядов способных перемещаться в пределах вещества на значительные расстояния. В металлах такими свободными зарядами являются не связанные с ионами кристаллической решетки электроны, которые в пределах вещества могут перемещаться на какие угодно расстояния. Также проводниками являются электролиты, в них роль свободных зарядов играют положительные и отрицательные ионы.

проводник «вытесняет» из себя электрическое поле: в любой точке внутри проводника поле равно нулю $\vec{E} = 0 \Rightarrow$ внутри проводника в любой его точке обратится в ноль и дивергенция поля: $\text{div } \vec{E} = 0 \Rightarrow$ внутри проводника в любой точке: $\rho = 0 \Rightarrow$ плотность индуцированных зарядов внутри проводника всюду равна нулю \Rightarrow внутри проводника индуцированных зарядов нет

Индуцированные заряды появляются лишь на поверхности проводника с некоторой плотностью σ' (поверхностная плотность индуцированного заряда)



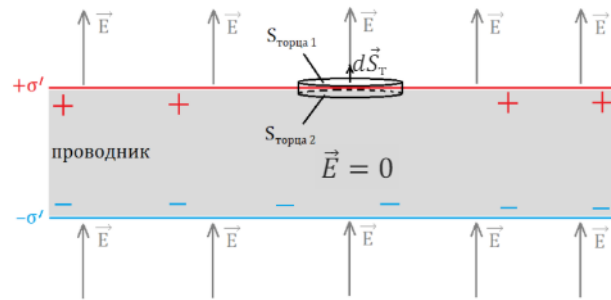
сторонние (первичные) заряды – заряды, являющиеся источниками внешних полей

индуцированные заряды – заряды, возникающие благодаря этим внешним полям

$\vec{E} = -\text{grad } \varphi = -\nabla \varphi \Rightarrow$ потенциал φ в проводнике одинаков во всех его точках: любой проводник в электростатическом поле представляет собой эквипотенциальную область, а его поверхность является эквипотенциальной \Rightarrow поле \vec{E} непосредственно у поверхности проводника направлено по нормали к ней в каждой точке

Связь между напряжённостью электрического поля \vec{E} вблизи поверхности проводника и поверхностной плотностью индуцированного заряда по теореме

Гаусса: $\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{q_{\text{внутр}}}{\epsilon_0}.$



поток Φ_S через вспомогательный цилиндр (см. §3: поле заряженной плоскости)

$$\begin{aligned} \Phi_S &= \oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \oint_{\text{цилиндр}} \vec{E} \cdot d\vec{S} = \int_{T_1} \vec{E} \cdot d\vec{S} + \int_{T_2} \vec{E} \cdot d\vec{S} + \int_{\text{боковая поверхность}} \vec{E} \cdot d\vec{S} = \\ &= \int_{T_1} \underbrace{\vec{E} \cdot d\vec{S}_{T1}}_{\vec{E} \uparrow \downarrow d\vec{S}_{T1}} + \int_{T_2} \underbrace{\vec{E} \cdot d\vec{S}_{T2}}_{=0, \text{ } E=0 \text{ внутри проводника}} + \int_{\text{боковая поверхность}} \underbrace{\vec{E} \cdot d\vec{S}_{\text{бок}}}_{=0, \text{ } \vec{E} \perp d\vec{S}_{\text{бок}}} = \int_{T1} E \cdot dS_T = \\ &= E \int_{T1} dS_T = E \cdot S_T. \end{aligned}$$

заряд, попавший внутрь вспомогательной поверхности – заряд внутри цилиндра:

он есть только в точках, которые выбранный нами прямой цилиндр вырезает на

поверхности проводника, т.е. в пределах площади сечения S_T : $q_{\text{внутр}} = \sigma' \cdot S_T.$

$$E \cdot S_T = \frac{\sigma' \cdot S_T}{\epsilon_0} \Rightarrow \boxed{E = \frac{\sigma'}{\epsilon_0}} - \text{электрическое поле вблизи поверхности}$$

проводника вне его

Если $\sigma' > 0$, то и $E > 0$, т.е. вектор \vec{E} направлен от поверхности проводника – совпадает с нормалью \vec{n} к этой поверхности; если же $\sigma' < 0$, то и $E < 0$ – вектор \vec{E} направлен к поверхности проводника: $\vec{E} \uparrow \downarrow \vec{n}.$