

15. Электрический ток

Def. Электрический ток - упорядоченное движение зарядов. Электрический ток может быть обусловлен движением как положительных, так и отрицательных зарядов. За положительное направление тока принимают направление движения положительных зарядов.

Чтобы ток мог возникнуть в веществе, в нем должны быть свободные заряды. Также одним из условий возникновения тока является разность потенциалов

Движение тока идет от большего потенциала к меньшему.

Ток характеризуется величиной силы тока $I = \frac{dq}{dt}$ - количество зарядов за определенный промежуток времени через поперечное сечение проводника

Тогда $q = \int_{t_1}^{t_2} Idt$

$$I = \frac{dq}{dt} = \frac{N \cdot |\vec{e}|}{t} = \frac{n \cdot V \cdot |\vec{e}|}{t} = \frac{n \cdot S \cdot dl \cdot |\vec{e}|}{dt} = n|\vec{e}|vS$$

$n = \frac{N}{V}$ - концентрация частиц, v - скорость упорядоченного движения

$$\vec{j} = n|\vec{e}|\vec{v} - \text{плотность тока, тогда } I = \int \vec{j}d\vec{S}$$

Для постоянного тока $\oint \vec{j}d\vec{S} = -\frac{dq}{dt} = 0$ - условие непрерывности

Однородным проводником называется участок проводник, на котором не действуют сторонние силы неэлектрической природы

Закон Ома: $I = \frac{U}{R} = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R}$

Для однородного проводника цилиндрической природы $R = \frac{\rho l}{S}$, где ρ - удельное сопротивление

$\sigma = \frac{1}{\rho}$ - удельная проводимость

$$[\sigma] = \text{Ом}^{-1}\text{м}^{-1} = \text{См}$$

Закон Ома также является одним из уравнений Максвелла: $dI = \frac{dU}{dR} = \frac{Edlds}{\rho dl} = \frac{Eds}{\rho}$. Получаем

$$j = \frac{dI}{dS} = \frac{1}{\rho}E = \sigma E - \text{закон Ома в дифференциальной форме}$$

Электродвижущая сила (ЭДС) - работа сторонних сил по переносу единичного положительного заряда

$$\varepsilon = \frac{A_{\text{стор}}}{q} \quad U = \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A_{\text{эл. сил}}}{q}$$

$I = \frac{\varepsilon}{R+r}$ - закон Ома для полной замкнутой цепи ($\varphi_1 = \varphi_2$)

Закон Джоуля-Ленца: $Q = I^2 R \Delta t = UI \Delta t = \frac{U^2}{R} \Delta t$

В интегральной форме: $Q = \int I^2(t) R dt$

$$dQ = \frac{U^2}{R} dt = \frac{E^2 dl^2 ds}{\rho dl} dt = \frac{1}{\rho} E^2 dV dt$$

Получаем количество теплоты за единицу времени и на единицу объема $\omega = \frac{dQ}{dt dV} = \frac{1}{\rho} E^2$ -
заком Джоуля-Ленца в дифференциальной форме

Правила Кирхгофа:

1. Алгебраическая сумма токов, сходящихся в узле, равна нулю: $\sum I_i = 0$
2. Алгебраическая сумма произведений сил токов в отдельных участках произвольного замкнутого контура на их сопротивления равна алгебраической сумме ЭДС, действующих на этом контуре: $\sum I_i R_i = \sum \varepsilon_i$