

# Билет №12

## Работа в цепи электрического тока.

Работа тока - это работа электрического поля по переносу электрических зарядов вдоль проводника

$$A = qU = ItU$$

## Вывод закона Джоуля-Ленца в локальной формулировке из закона Ома.

Рассмотрим модель, в которой тепло выделяется при столкновении носителей зарядов (электронов) с узлами кристаллической решетки проводника или друг с другом, т.е. их кинетическая энергия переходит в тепло.

При столкновении скорость моментально падает до нуля. А затем электрон равномерно ускоряется под действием электрического поля в проводнике.

Пусть  $\tau$  — характерное время между столкновениями электронов.

Найдем их среднюю скорость перед столкновением:

$$v = (a\tau = \frac{F\tau}{m} =) \frac{eE\tau}{m}$$

Пусть за время  $\tau$  в некотором объеме  $V$  кинетическая энергия  $n$  электронов перейдет в тепло. Тогда:

$$n \frac{mv^2}{2\tau} (= \frac{nW}{\tau} = n * dP =) \frac{P}{V}, \text{ где } dP \text{ — вклад одного электрона в общую мощность,}$$

а  $P$  — общая мощность

Поставим выражение скорости и получим:

$$n \frac{m(\frac{eE\tau}{m})^2}{2\tau} = \frac{ne^2\tau}{2m} E^2 = \sigma E^2$$

где  $\sigma = \frac{1}{\rho}$  — удельная повоидимость (= 1/удельное сопротивление) по определению. Это физическая характеристика конкретных веществ

Вспомним закон Ома в локальной формулировке:

$$j = \sigma E \text{ (плотность тока)}$$

Таким образом:

$$\frac{P}{V} = \sigma E^2 = \frac{j^2}{\sigma} = \rho j^2$$

Это уже закон Джоуля-Ленца, но мы можем преобразовать его в более привычную форму. Для этого вспомним определения:

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad \text{и} \quad j = \frac{I}{S}$$

$$\frac{P}{V} = \frac{I^2 R}{LS} \Rightarrow P = I^2 R$$

И еще более привычный вид:

$$Q = Pt = I^2 Rt$$

## Вывод закона Ома в интегральной форме из энергетических соображений

По определению ЭДС:

$$\epsilon = \frac{A}{q} = \frac{A}{It}$$

По закону Джоуля-Ленца:

$$Q = I^2 Rt = A$$

Таким образом:

$$U = IR$$