



**РАЗДЕЛ 3.  
ЭЛЕКТРОДИНАМИКА  
ТЕМА 3.2. ПОСТОЯННЫЙ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК**

# Основные понятия

- **Электрическим током** называется упорядоченное движение электрических зарядов
- **Проводники** – это вещества, в которых возможно возникновение электрического тока
- **Диэлектрики** – это вещества, в которых невозможно возникновение электрического тока

# Постоянный электрический ток и сила тока

- **Силой тока** называется скалярная физическая величина, которая равна количеству электрических зарядов, переносимых током через сечение проводника за единицу времени
- **Постоянным** называется электрический ток, сила которого сохраняется в течение времени

$$I = \frac{q}{t}$$

$$I = en\bar{v}S$$

# Средняя плотность, скорость и время установления тока

- Вектор плотности тока – это векторная физическая величина, которая определяет ток, приходящийся на единицу площади поперечного сечения проводника
- Количество свободных электронов  $n$  практически постоянно в металлах и не зависит от температуры (но не в электролитах и полупроводниках)
- Скорость электронов имеет значение порядка  $10^{-4}$  м/с при наибольших допустимых плотностях токов
- Электрический ток устанавливается практически мгновенно во всем проводнике

$$j = ne\bar{v} = \frac{I}{S}$$

$$\vec{j} \parallel \vec{v}$$

$$t = \frac{L}{c}$$

$$e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

# Необходимые условия возникновения и поддержания постоянного электрического тока

- На заряженные частицы должны воздействовать силы, обеспечивающие их упорядоченное движение в течение конечного промежутка времени
- Кулоновские силы электростатического взаимодействия не могут стать причиной возникновения постоянного электрического тока
- Напряженность электрического поля в проводнике должна быть отлична от нуля и не должна меняться с течением времени
- Цепь постоянного тока проводимости должна быть замкнута
- На заряженные частицы должны действовать неэлектростатические силы, которые могут быть созданы источниками постоянного тока
- Благодаря этим силам заряженные частицы движутся в проводниках в сторону, противоположную действию ЭСП
- На концах цепи поддерживается разность потенциалов

# Стороннее электрическое поле

- Сторонним электрическим полем называется неэлектростатическое поле, в котором движутся свободные электрические заряды в условиях, когда действуют сторонние силы
- Стороннее электрическое поле обладает напряженностью, равной

$$E^{\text{СТ}} = \frac{F^{\text{СТ}}}{q}$$

# Электродвижущая сила и напряжение

- Внутри проводника, по которому протекает ПЭТ, напряженность электрического поля равна сумме напряженности ЭСП и напряженности статического поля
- Работа по перемещению заряда из точки 1 в точку 2 есть работа кулоновских и сторонних сил
- **Электродвижущая сила**, это работа, которую совершают внешние силы по перемещению заряда из точки 1 в точку 2
- **Напряжением** называется величина равная полной работе кулоновских сил и ЭДС

$$E = E^{\text{кул}} + E^{\text{ст}}$$

$$A = A^{\text{кул}} + A^{\text{ст}}$$

$$\frac{A}{q} = \frac{A^{\text{кул}}}{q} + \frac{A^{\text{ст}}}{q}$$

$$\frac{A^{\text{кул}}}{q} = \varphi_1 - \varphi_2$$

$$\mathcal{E} = \frac{A^{\text{ст}}}{q}$$

$$U = (\varphi_1 - \varphi_2) + \mathcal{E}$$

# Сопротивление

- **Электрическим сопротивлением (сопротивлением)** участка цепи – это одна из характеристик электрических свойств данного участка цепи, влияющая на упорядоченное движение свободных зарядов
- Сопротивление зависит от материала проводника, температуры, геометрической формы и размеров
- **Удельное сопротивление** – это сопротивление проводника, изготовленного из определенного материала, имеющего единичную длину и площадь сечения
- Величина, обратная удельному сопротивлению называется **удельной проводимостью**

$$R = \rho \frac{l}{S}$$
$$\lambda = \frac{1}{\rho}$$

# Закон Ома

Напряжение (падение напряжения) на участке цепи равно произведению силы тока на сопротивление на этом участке цепи

$$U = RI$$

Для цепи без ЭДС

$$I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R}$$

Для полной цепи

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{\text{вн}} + r}$$

Внешняя цепь

$$U = \varepsilon - Ir$$

Для плотности

$$j = \lambda E = \frac{1}{\rho} E$$

# Зависимость сопротивления от температуры

- Удельное сопротивление проводника зависит от его температуры и характеризуется **температурным коэффициентом сопротивления**
- **Сверхпроводимость** – явление, которое обнаруживается у некоторых металлов и сплавов, заключающееся в том, что при низких температурах удельное сопротивление становится исчезающе малым

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha t)$$

$$\alpha = \frac{\rho - \rho_0}{\rho_0 t}$$

# Разветвление токов

- Электрическая цепь – это совокупность источников электрического тока и проводников
- Расчет разветвленной цепи – это поиск значений силы токов в каждом участке цепи по заданным параметрам
- Первое правило Кирхгофа – алгебраическая сумма сил токов, сходящихся в узле равна нулю
- Второе правило Кирхгофа – в любом замкнутом контуре сумма произведений сил тока на сопротивления участков контура равна сумме ЭДС контуров

# Соединения проводников

## Последовательное

$$I = \text{const}$$

$$U = U_1 + U_2$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

## Параллельное

$$I = I_1 + I_2$$

$$U = \text{const}$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

$$\Lambda = \Lambda_1 + \Lambda_2 + \dots + \Lambda_n$$

$$\Lambda = \frac{1}{R} \text{ — проводимость}$$

# Работа и мощность тока.

## Закон Джоуля-Ленца

- Кулоновские и сторонние силы совершают работу по перемещению зарядов в проводнике. При этом все энергия преобразуется в данную работу
- Мощность тока – это работа тока, совершаемая за единицу времени
- Закон Джоуля-Ленца:  
Количество теплоты, которое выделяется током в проводнике прямо пропорционально силе тока, времени его прохождения по проводнику и падению напряжения на нем

$$W = A = IUt$$

$$P = \frac{A}{t} = IU$$

В калориях:

$$Q = W = IUt$$

В остальных единицах СИ

$$Q = 0,24IUt$$