

# **Постоянный электрический ТОК.**

# Электрический ток

– упорядоченное (направленное) движение электрических зарядов.

- В проводнике под действием приложенного электрического поля свободные электрические заряды перемещаются: положительные – по полю, отрицательные – против поля.
- Носители зарядов совершают сложное движение:
  - 1) хаотическое со средней скоростью  $v \sim (10^3 \div 10^4 \text{ м/с})$ ,
  - 2) направленное со средней скоростью  $v \sim E$  (доли мм/с).

## ***Условия появления и существования тока проводимости:***

1. Наличие в среде свободных носителей заряда (металле - электроны проводимости; в электролитах – положительные и отрицательные ионы; в газах – положительные, отрицательные ионы и электроны.
2. Наличие в среде электрического поля

# Электрический ток

- За **направление тока** условно принято направление движения положительных зарядов.
- **Сила тока** – количественная мера (характеристика) электрического тока.

В СИ: [1А = 1Кл / 1с].

$$I = \frac{dq}{dt}$$

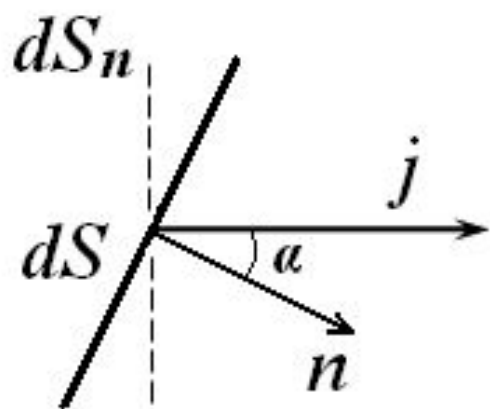
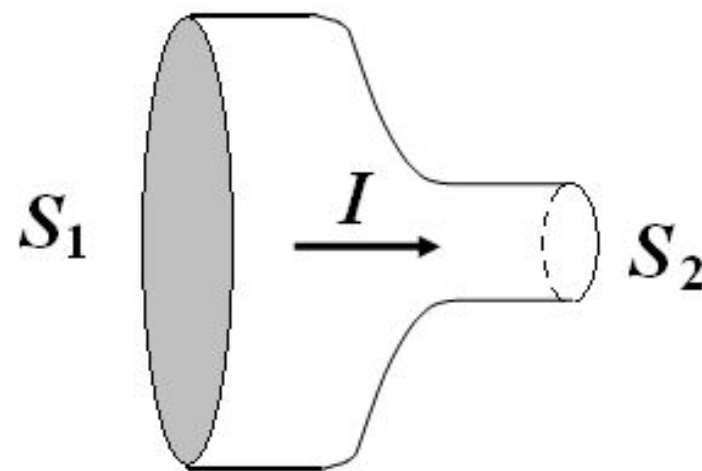
Для постоянного тока:

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

- **Вектор плотности тока  $\mathbf{j}$**  вводится для характеристики распределения заряда по сечению проводника .

В СИ: [А / м<sup>2</sup>].

$$\mathbf{j} = \frac{dq}{dS_n dt} = \frac{dI}{dS_n}$$



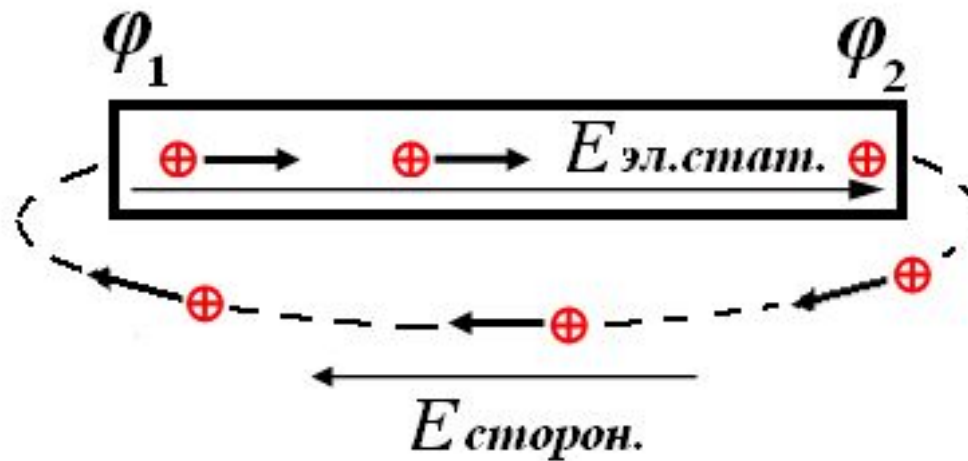
$$\mathbf{j} = \frac{I}{dS} = ne\langle v \rangle.$$

$e$  – элементарный заряд.

$n$  – концентрация зарядов в объеме проводника

$\langle v \rangle$  – средняя скорость упорядоченного движения зарядов.

- **Сторонние силы** неэлектрического происхождения, действующие на заряды со стороны источников тока.



$$E = \oint E_{cm} dl.$$

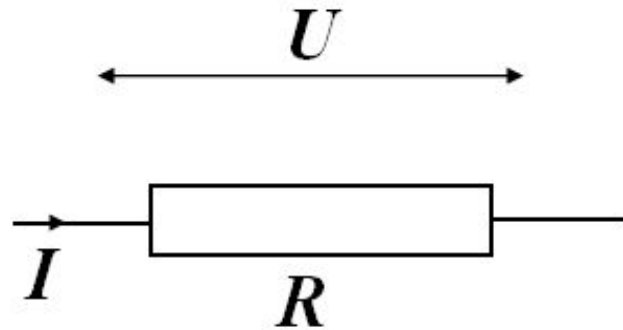
## *Напряжение на участке цепи*

- величина, численно равная работе, совершаемой полем электростатических и сторонних сил при перемещении единичного положительного заряда на этом участке цепи

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

# Закон Ома для однородного участка цепи

- **Однородным** называется участок цепи не содержащий источника э.д.с.



$$I = \frac{U}{R}.$$

- **закон Ома в интегральной форме:** сила тока прямо пропорциональна падению напряжения на однородном участке цепи и обратно пропорциональна сопротивлению этого участка.



- В СИ сопротивление  $R$  измеряется в омах [ $1\text{ Ом} = 1\text{ В} / 1\text{ А}$ ].
- Величина  $R$  зависит от формы и размеров проводника, а также от свойств материала, из которого он сделан.
- Для цилиндрического проводника :

$$R = \rho \frac{l}{S},$$

- где  $\rho$  – удельное электрическое сопротивление [ $\text{Ом}\cdot\text{м}$ ], для металлов его величина порядка  $10^{-8}$   $\text{Ом}\cdot\text{м}$ .

# Последовательное соединение проводников

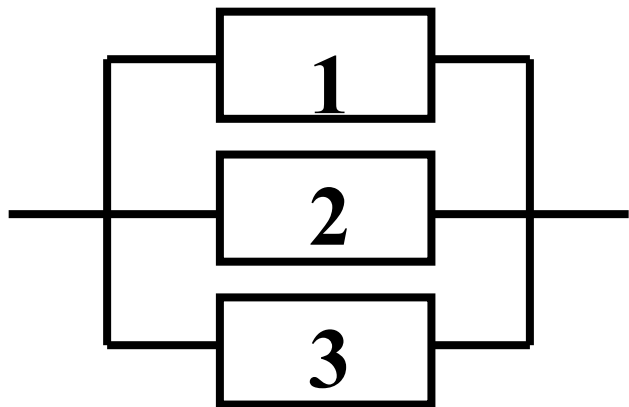


$$I_{\text{общ}} = I_1 = I_2 = I_3 = \dots$$

$$U_{\text{общ}} = U_1 + U_2 + U_3 + \dots$$

$$R_{\text{общ}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

# Параллельное соединение проводников



$$I_{\text{общ}} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$$

$$U_{\text{общ}} = U_1 = U_2 = U_3 = \dots$$

$$\frac{1}{R_{\text{общ}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

# Закон Ома в дифференциальной форме

$$d\varphi = Edl;$$

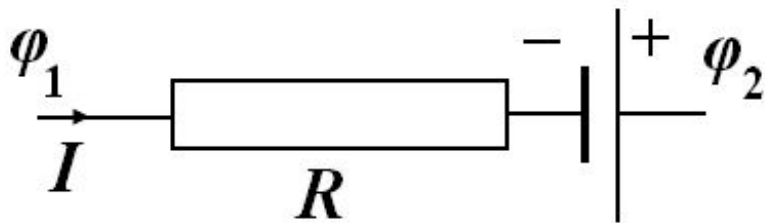
$$dI = \frac{d\varphi}{dR}, \quad jdS = \frac{Edl}{\rho dl} \cdot dS, \Rightarrow j = \frac{E}{\rho}.$$

$\sigma = 1/\rho$  – удельная электрическая проводимость, [сименс на метр, См/м].

$$\vec{j} = \sigma \vec{E}.$$

## Закон Ома для неоднородного участка цепи

- Если источник э.д.с. включен таким образом, что в направлении протекания тока он повышает потенциал электрической цепи, то он берется с плюсом + E.

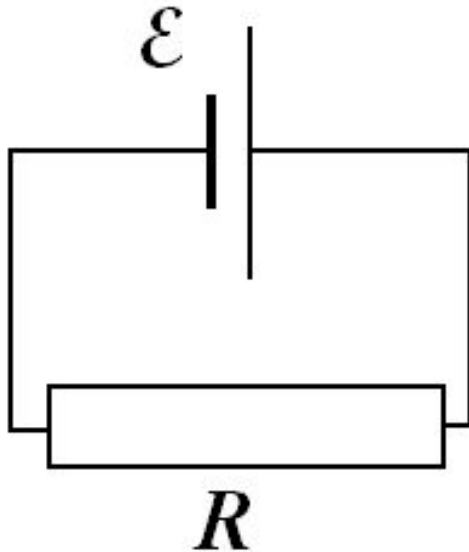


$$I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2 + E}{R}$$

# Закон Ома для замкнутой цепи

- Если цепь **замкнутая**, то  $\varphi_1 = \varphi_2$ .

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_{\text{полн}}}; \quad R_{\text{полн}} = r_{\text{внутр.ист.т.}} + R_{\text{внеш.цепи}}.$$

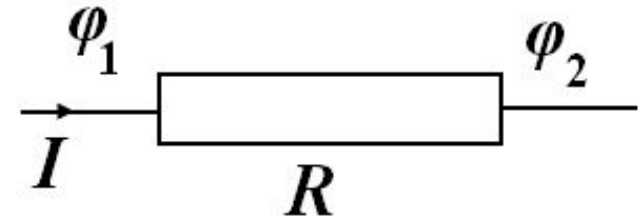


Мощность электрического тока:

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

# Закон Джоуля-Ленца

- Однородный участок цепи



$$A = Q = q(\varphi_1 - \varphi_2) = (\varphi_1 - \varphi_2)I \cdot t =$$

$$= IUt = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t.$$

$$P = IU$$

# Законы Кирхгофа

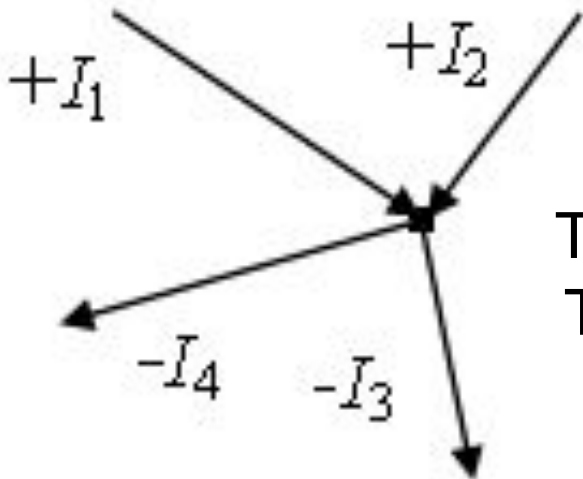
Используются для расчета разветвленных цепей постоянного тока.

- **Неразветвленная электрическая цепь** – цепь, в которой все элементы цепи соединены последовательно.
- **Элемент электрической цепи** – любое устройство, включенное в электрическую цепь.
- **Узел электрической цепи** – точка разветвленной цепи, в которой сходится более двух проводников.
- **Ветвь разветвленной электрической цепи** – участок цепи между двумя узлами.



**Первый закон Кирхгофа** (следствие закона сохранения заряда): алгебраическая сумма сил токов, сходящихся в узле, равна нулю.

$$\sum_{i=1}^n I_i = 0$$



Ток, подходящий к узлу – положительный.  
Ток, отходящий от узла – отрицательный.

Пример:  $I_1 + I_2 - I_3 - I_4 = 0$ .

## Второй закон Кирхгофа

(обобщенный закон Ома): в любом замкнутом контуре, произвольно выбранном в разветвленной электрической цепи, алгебраическая сумма произведений сил токов  $I_i$  на сопротивление соответствующих участков  $R_i$  этого контура равна алгебраической сумме э.д.с. в контуре.

$$\sum_{i=1}^n I_i R_i = \sum_{i=1}^k \mathcal{E}_i.$$

## Второй закон Кирхгофа

- Ток считается положительным, если его направление совпадает с условно выбранным направлением обхода контура.
- Э.д.с. считается положительной, если направление обхода происходит от  $-$  к  $+$  источника тока, т.е. э.д.с. создает ток, совпадающий с направлением обхода.

