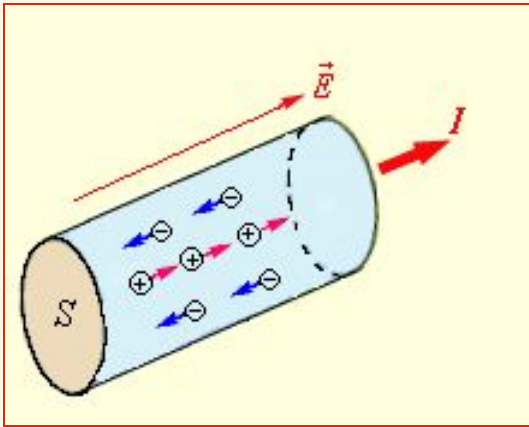


ЗАКОНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА.

ПОНЯТИЕ ОБ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ТОКЕ. СИЛА И ПЛОТНОСТЬ ТОКА.

Электрическим током называют любое упорядоченное движение носителей электрического заряда.



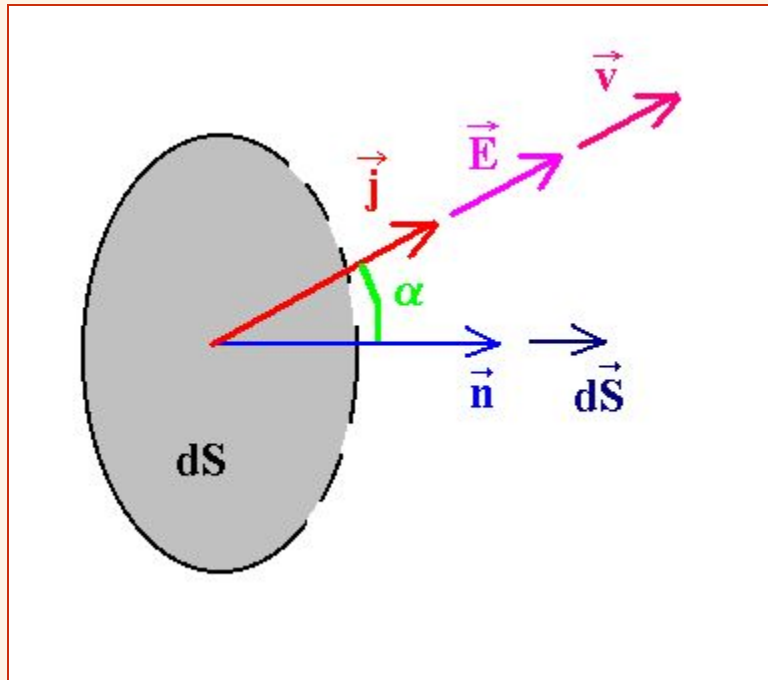
Сила тока i – физ. величина, модуль которой равен абсолютной величине заряда, прошедшего через данную поверхность S за единицу времени.

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

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

$$[I] = 1\text{A}$$

Плотность тока $\vec{j}$ - вектор, численно равный модулю тока, протекающего через единичную площадку, расположенную перпендикулярно к электрическому полю, вызвавшему этот ток, и совпадающий по направлению с направлением тока (т. е. направлением движения положительных зарядов).



$$j = \frac{dI}{dS \cdot \cos \alpha} \quad [j] = 1 \frac{\text{A}}{\text{m}^2}$$

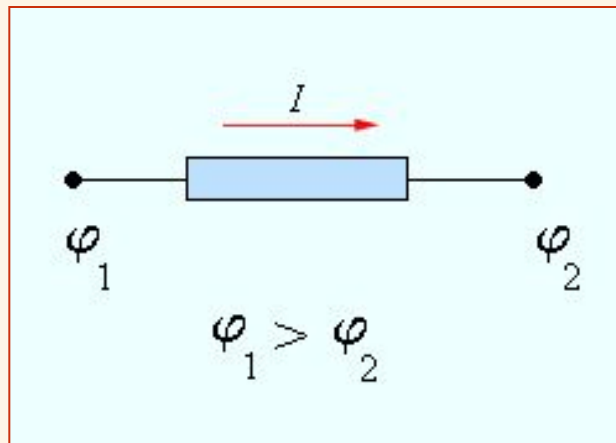
$$dI = j \cdot dS \cdot \cos \alpha = \vec{j} \cdot d\vec{S}$$

$$d\vec{S} = dS \cdot \vec{n}$$

$$I = \int dI = \int_S \vec{j} \cdot d\vec{S}$$

Сила тока, протекающего через данную поверхность S , есть поток вектора плотности тока через эту поверхность.

ЗАКОН ОМА (1826 г.) ДЛЯ ОДНОРОДНОГО УЧАСТКА ЦЕПИ.



$$I = G(\varphi_1 - \varphi_2) \quad G = \frac{1}{R}$$

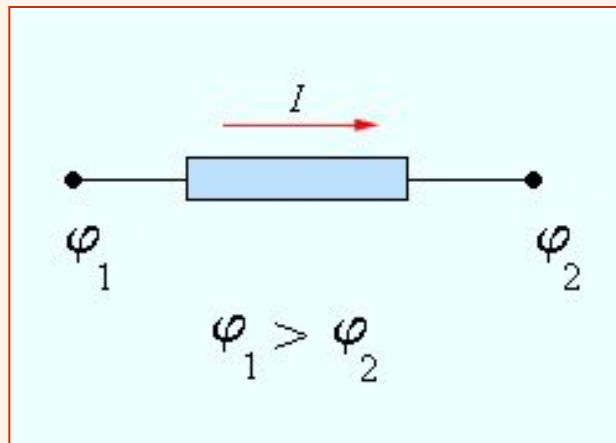
$$I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R} = \frac{U}{R}$$

$$[R] = 1 \text{ Ом}$$

Однородный – участок цепи, в котором на заряды действуют только электростатические силы.

Сила тока в однородном участке цепи прямо пропорциональна разности потенциалов, приложенной к его концам, и обратно пропорциональна сопротивлению участка.

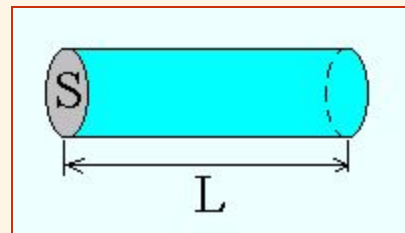
ЗАКОН ОМА (1826 г.) ДЛЯ ОДНОРОДНОГО УЧАСТКА ЦЕПИ.



$$I = G(\varphi_1 - \varphi_2) \quad G = \frac{1}{R}$$

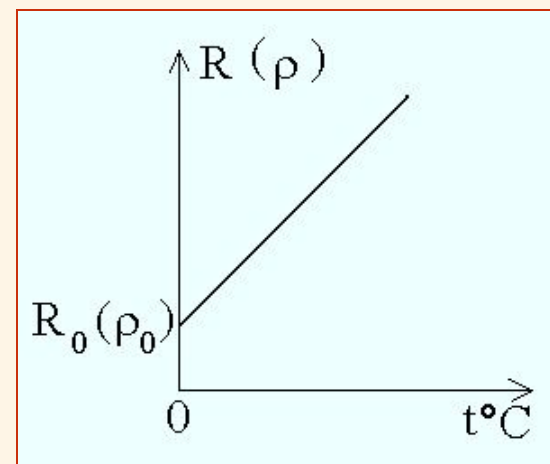
$$I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R} = \frac{U}{R}$$

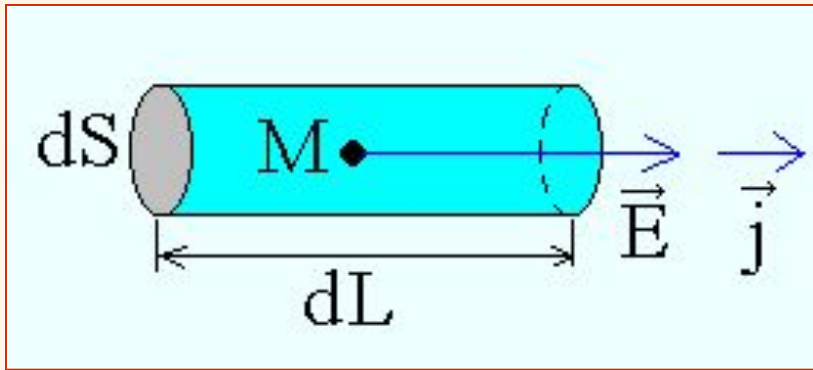
$$[R] = 1 \text{ Ом}$$



$$R = \rho \frac{L}{S}$$
$$[\rho] = 1 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha \cdot t^{\circ}\text{C}) \quad R = R_0(1 + \alpha \cdot t^{\circ}\text{C})$$





$$|dI| = \frac{|d\phi|}{dR}$$

$$|dI| = j \cdot dS \cdot \cos 0^\circ = j \cdot dS$$

$$dR = \rho \frac{dL}{dS}$$

$$|d\phi| = E \cdot dL$$

$$j \cdot dS = \frac{E \cdot dL}{\rho \cdot \frac{dL}{dS}}$$



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



$$j = \frac{E}{\rho} \quad j = \sigma E$$

- закон Ома для однородного участка цепи в дифференциальной форме. Величина, обратная удельному сопротивлению, называется удельной проводимостью или электропроводимостью

Плотность тока в каждой точке однородного участка цепи пропорциональна напряженности электрического поля в этой же точке и совпадает по направлению с вектором .

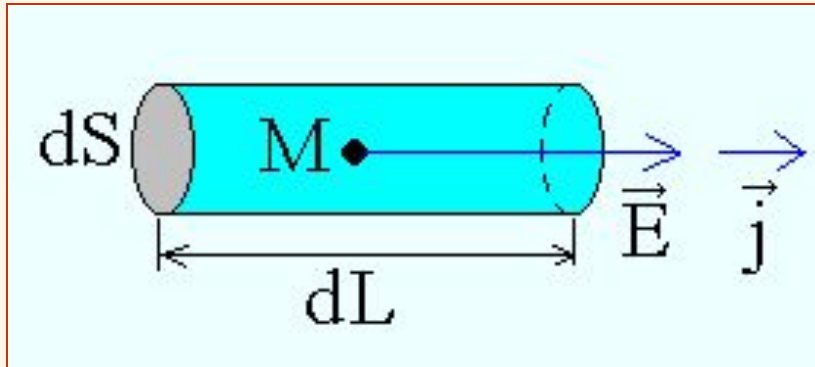
ЗАКОН ДЖОУЛЯ - ЛЕНЦА.

Закон согласно, которому количество тепла, отдаваемого проводником в окружающую среду, пропорционально сопротивлению проводника, квадрату силы тока и времени прохождения тока.

$$\left. \begin{array}{l} I \cdot R = \varphi_1 - \varphi_2 \\ I \cdot \Delta t = q \end{array} \right\} \begin{array}{l} \boxed{Q = I^2 \cdot R \cdot \Delta t} \\ Q = I^2 \cdot R \cdot \Delta t = q(\varphi_1 - \varphi_2) = A_{\text{эл.}} \end{array}$$

$$I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R} = \frac{U}{R} \quad \longrightarrow \quad Q = I^2 \cdot R \cdot \Delta t = \frac{U^2}{R} \cdot \Delta t = I \cdot U \cdot \Delta t$$

Выделение тепла при прохождении тока по проводнику происходит за счет работы тока.



$$dQ = dI^2 \cdot dR \cdot dt$$

$$dR = \rho \frac{dL}{dS}$$

$$dI = j \cdot dS$$

$$dQ = dI^2 \cdot dR \cdot dt = (j \cdot dS)^2 \cdot \rho \frac{dL}{dS} \cdot dt$$

$$dQ = j^2 \cdot \rho \cdot dS \cdot dL \cdot dt$$

$$dS \cdot dL = dV$$

$$dQ = j^2 \cdot \rho \cdot dV \cdot dt$$

$$dQ = j^2 \cdot \rho \cdot dV \cdot dt$$

плотностью тепловой мощности тока (или удельной тепловой мощностью)

$$\omega = \frac{dQ}{dV \cdot dt}$$

$$\omega = j^2 \cdot \rho$$

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

$$\omega = \frac{E^2}{\rho}$$

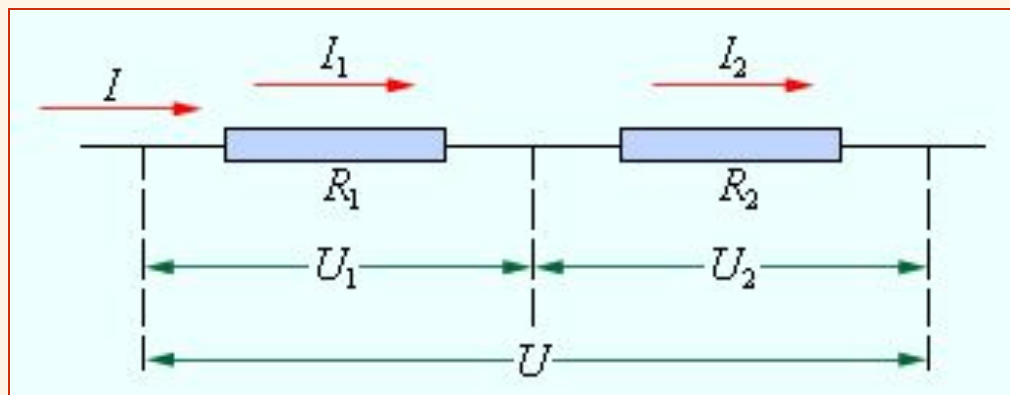
– закон Джоуля-Ленца в дифференциальной форме.

Плотность тепловой мощности тока в данной точке проводника пропорциональна квадрату напряженности электрического поля в этой же точке.

Мощность тока:

$$P = \frac{Q}{\Delta t} = I^2 \cdot R = \frac{U^2}{R} = I \cdot U$$

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ ПРОВОДНИКОВ.



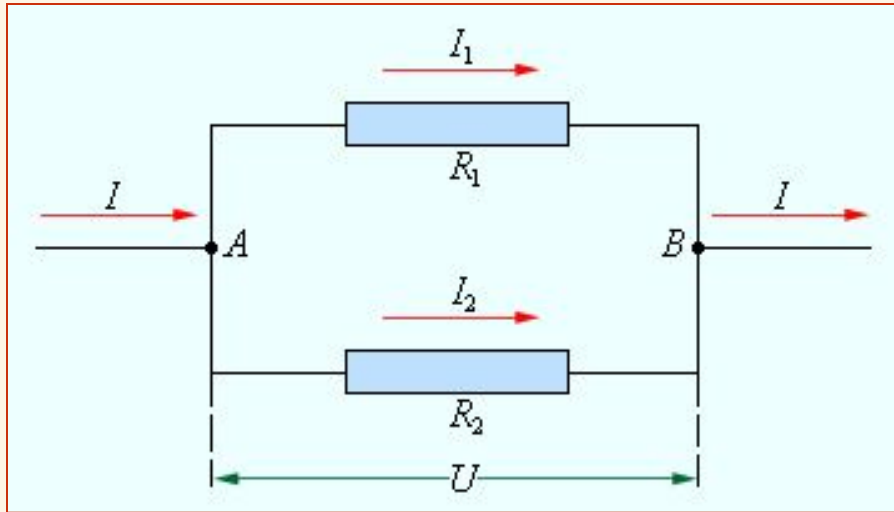
$$I = I_1 = I_2 = \dots$$

$$U = U_1 + U_2 + \dots$$

$$I \cdot R = I_1 \cdot R_1 + I_2 \cdot R_2 + \dots$$

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

ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ ПРОВОДНИКОВ.



$$U = U_1 = U_2 = \dots$$

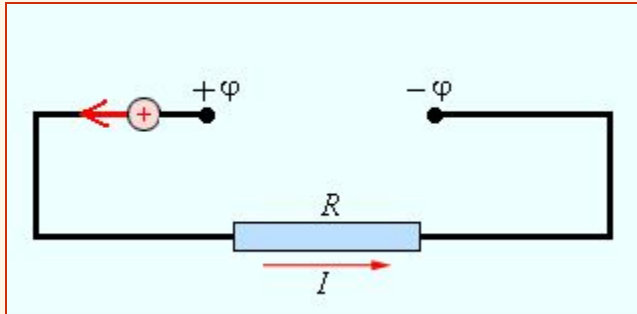
$$I = I_1 + I_2 + \dots$$

$$\frac{U}{R} = \frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} + \dots$$

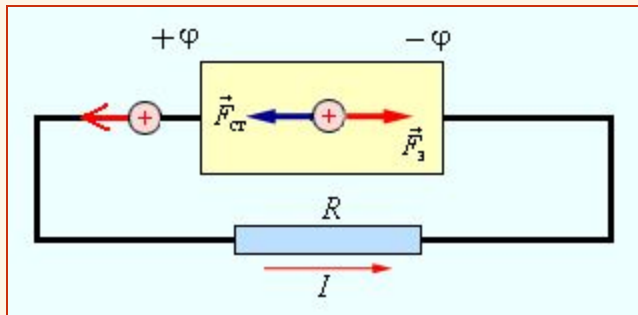
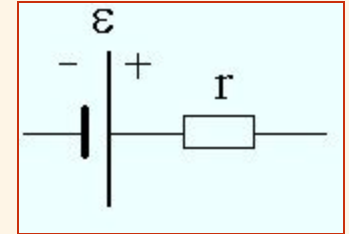
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

ЭДС ИСТОЧНИКА ТОКА. РАЗНОСТЬ ПОТЕНЦИАЛОВ. НАПРЯЖЕНИЕ.

Силы, разделяющие заряды в электрической цепи, создающие в ней электростатическое поле, называются сторонними.



$$\varepsilon = \frac{A_{\text{стор.}}}{q_+} \quad [\varepsilon] = 1\text{В}$$



Электродвижущей силой на данном участке цепи 1-2 называется скалярная физическая величина, численно равная работе, совершаемая сторонними силами при перемещении единичного, положительного точечного заряда из точки 1 в точку 2

Электродвижущей силой на данном участке цепи 1-2 называется скалярная физическая величина, численно равная работе, совершаемая сторонними силами при перемещении единичного, положительного точечного заряда из точки 1 в точку 2

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A_{\text{эл.}}}{q_+}$$

$$U = \frac{A_{\text{эл.}} + A_{\text{стор.}}}{q_+} \quad U = (\varphi_1 - \varphi_2) + \varepsilon$$

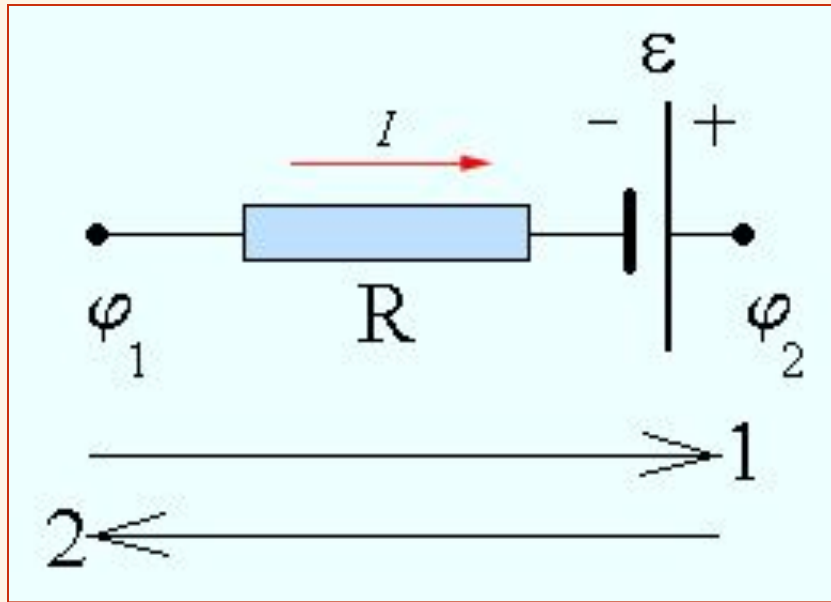
U_{12} на данном участке 1-2 называется физическая величина, численно равная алгебраической сумме работ, совершаемых электростатическими и сторонними силами при перемещении единичного, положительного точечного заряда из точки 1 в точку 2.

Для стационарного участка электрической цепи: $A_{\text{тока}} = Q$


$$\left\{ \begin{array}{l} A_{\text{тока}} = q \cdot [(\varphi_1 - \varphi_2) + \varepsilon] = I \cdot \Delta t \cdot [(\varphi_1 - \varphi_2) + \varepsilon] \\ Q = I^2 \cdot R \cdot \Delta t \\ (\varphi_1 - \varphi_2) + \varepsilon = I \cdot R = U \end{array} \right.$$

$$\pm I = \frac{(\varphi_1 - \varphi_2) \pm \varepsilon}{R}$$

закон Ома для неоднородного участка - в интегральной форме: сила тока в неоднородном участке электрической цепи прямо пропорциональна алгебраической сумме разности потенциалов на концах участка и ЭДС, действующих на данном участке, и обратно пропорциональна полному сопротивлению участка.

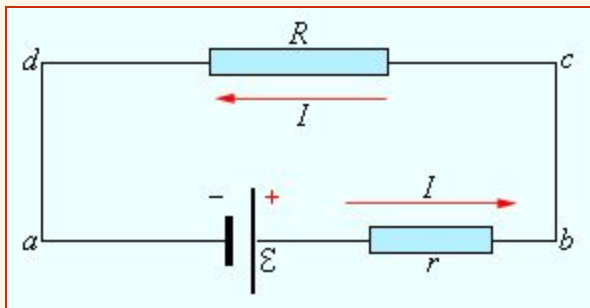


$$\pm I = \frac{(\varphi_1 - \varphi_2) \pm \varepsilon}{R}$$

$$1: \quad I = \frac{(\varphi_1 - \varphi_2) + \varepsilon}{R}$$

$$2: \quad -I = \frac{(\varphi_2 - \varphi_1) - \varepsilon}{R}$$

СЛЕДСТВИЯ ИЗ ЗАКОНА ОМА.



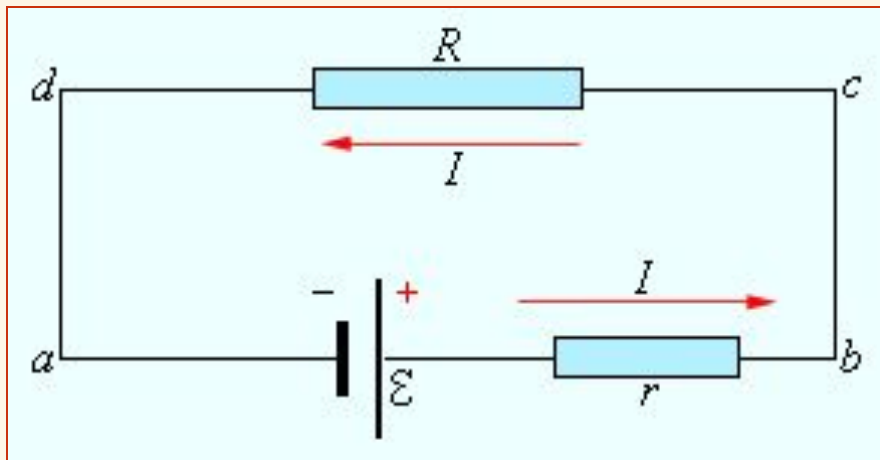
Для замкнутой цепи:

$$\varepsilon = \frac{A_{\text{стор.}}}{q_+}$$

$$\vec{F}_{\text{стор.}} = q \cdot \vec{E}_{\text{стор.}}$$

$$A_{\text{стор.}} = \oint_L \vec{F}_{\text{стор.}} \cdot d\vec{l} = q_+ \cdot \oint_L \vec{E}_{\text{стор.}} \cdot d\vec{l}$$

$$\varepsilon = \frac{A_{\text{стор.}}}{q_+} = \oint_L \vec{E}_{\text{стор.}} \cdot d\vec{l}$$



$$A_{\text{эл.}} = q \cdot (\varphi - \varphi) = 0$$

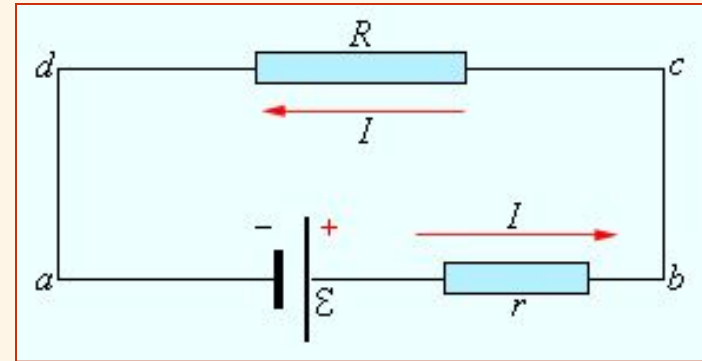
$$\oint_L \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0$$

$$I = \frac{(\varphi - \varphi) + \varepsilon}{R + r} = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

МОЩНОСТЬ В ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

$$P_{\text{полезн.}} = I^2 \cdot R \quad I = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

$$P_{\text{полезн.}} = \frac{\varepsilon^2}{(R + r)^2} R$$

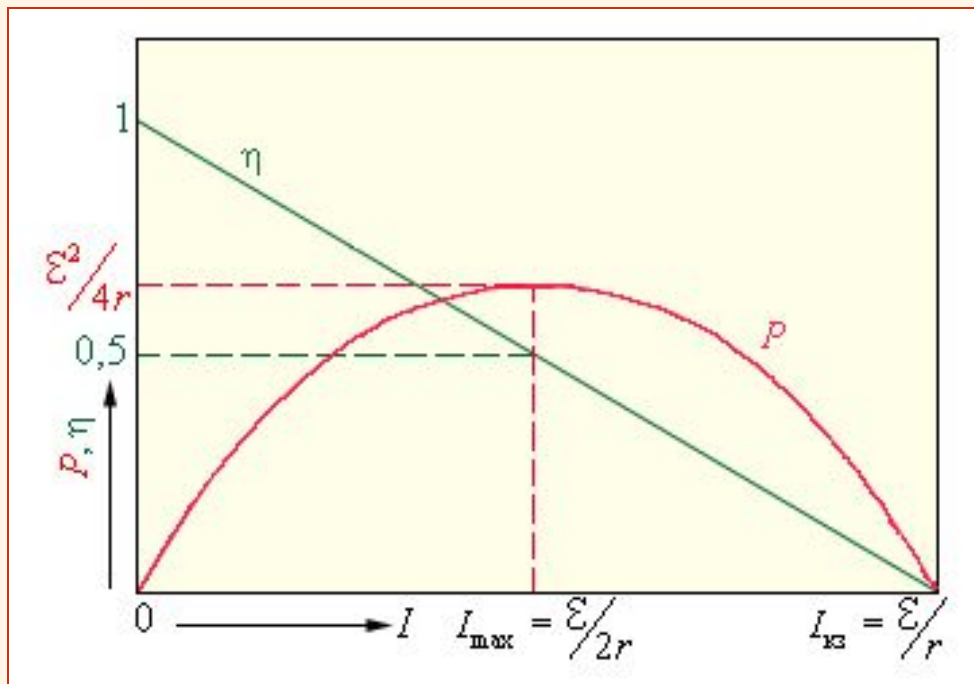


$$\frac{\partial P_{\text{полезн.}}}{\partial R} = 0$$

$R = r$

$$\eta = \frac{P_{\text{полезн.}}}{P_{\text{полн.}}} = \frac{I^2 R}{I^2 (R + r)} = \frac{R}{R + r}$$

Полной называют мощность, которая выделяется на всей цепи, то есть как на внешнем сопротивлении R так и r .



$$P_{\text{полезн.}} = \frac{\mathcal{E}^2}{(R + r)^2} R$$

$$\eta = \frac{R}{R + r}$$

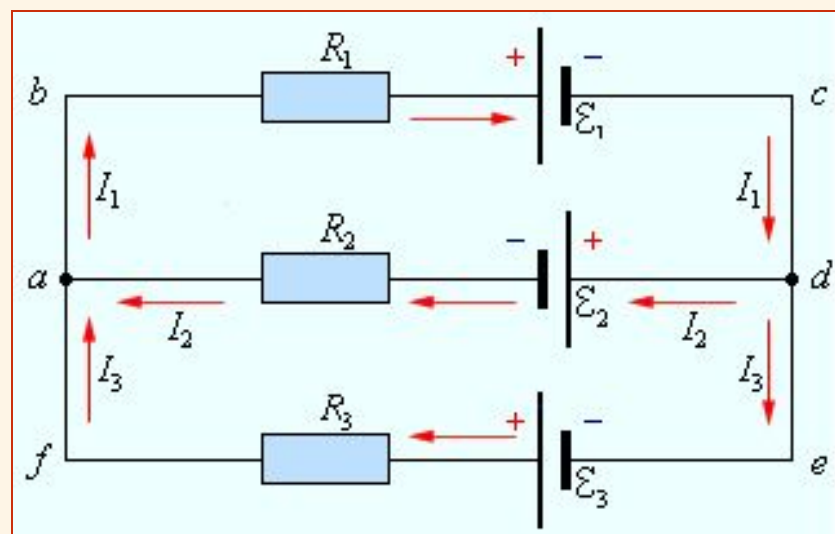
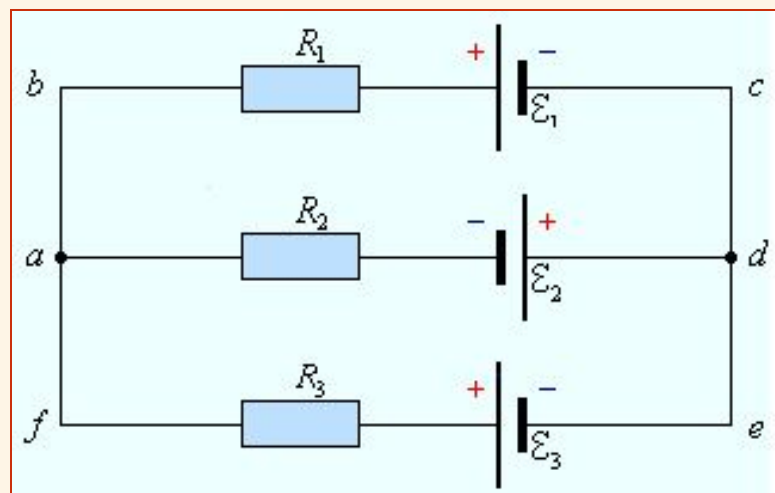
ПРАВИЛА КИРХГОФА.

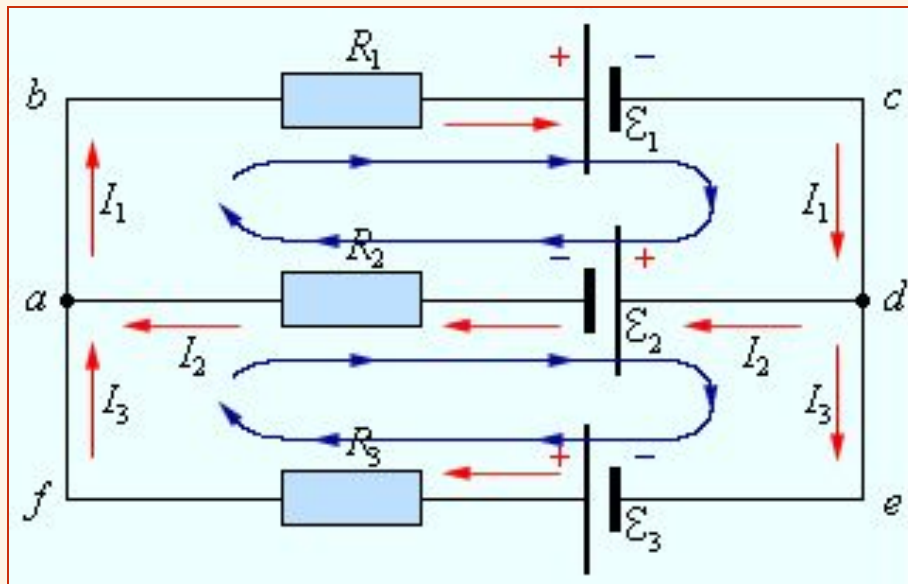
1 правило.

$$\sum_{j=1}^N I_j = 0$$

2 правило.

$$\sum_{j=1}^N I_j \cdot R_j = \sum_{i=1}^M \varepsilon_i$$





$$d: \quad I_1 - I_2 - I_3 = 0$$

$$\begin{aligned} I_1 R_1 + I_1 r_1 + I_2 R_2 + I_2 r_2 &= -\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2 \\ -I_2 R_2 - I_2 r_2 + I_3 R_3 + I_3 r_3 &= \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3 \end{aligned}$$