

# Лекция-10

## ЗАКОНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

# Законы постоянного тока

- Условия существования тока 
- Характеристики тока 
- Закон Ома для участка цепи 
- Напряжение 
- Сопротивление 
- Электрические цепи 
- Измерение  $I$  и  $U$  
- Работа и мощность тока 
- Электродвижущая сила 
- Закон Ома для полной цепи 

**Электрический ток** – это направленное  
(упорядоченное) движение заряженных  
частиц.



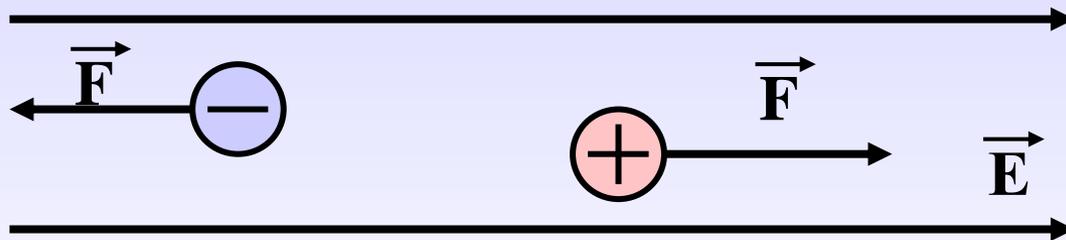
# Условия существования электрического тока

1. Наличие свободных заряженных частиц (проводники).
2. Наличие электрического поля, заставляющего двигаться заряженные частицы. (  $F = Eq$  )



# Характеристики электрического тока

## 1. Направление электрического тока.



**За направление электрического тока принято направление движения положительно заряженных частиц.**



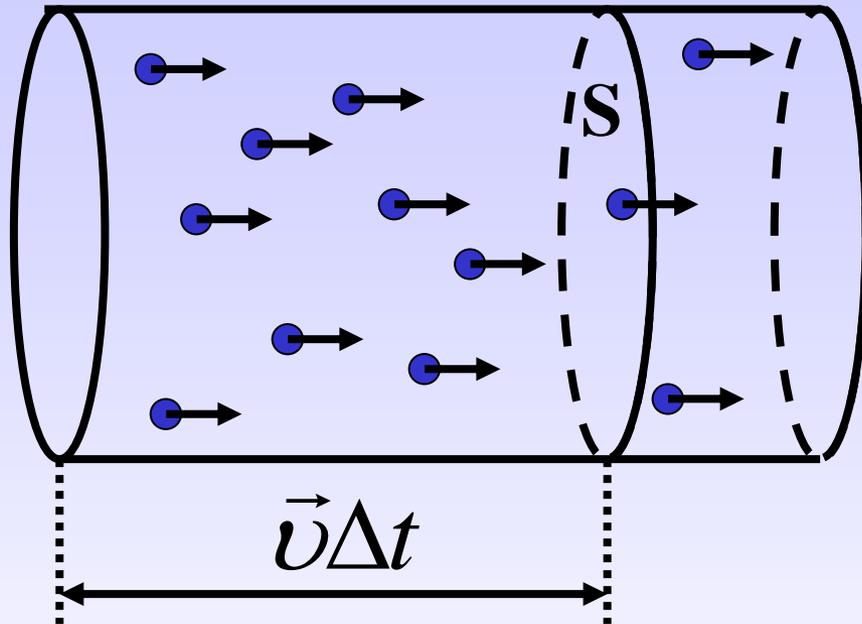
# Характеристики электрического тока

## 2. Сила тока.

**Сила тока** – это физическая величина, численно равная отношению заряда, прошедшего через поперечное сечение проводника за некоторый промежуток времени к значению этого промежутка.



# Сила тока



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

$$\Delta q = q_0 N$$

$$N = nV$$

$$V = S v \Delta t$$

$$I = q_0 n S v$$



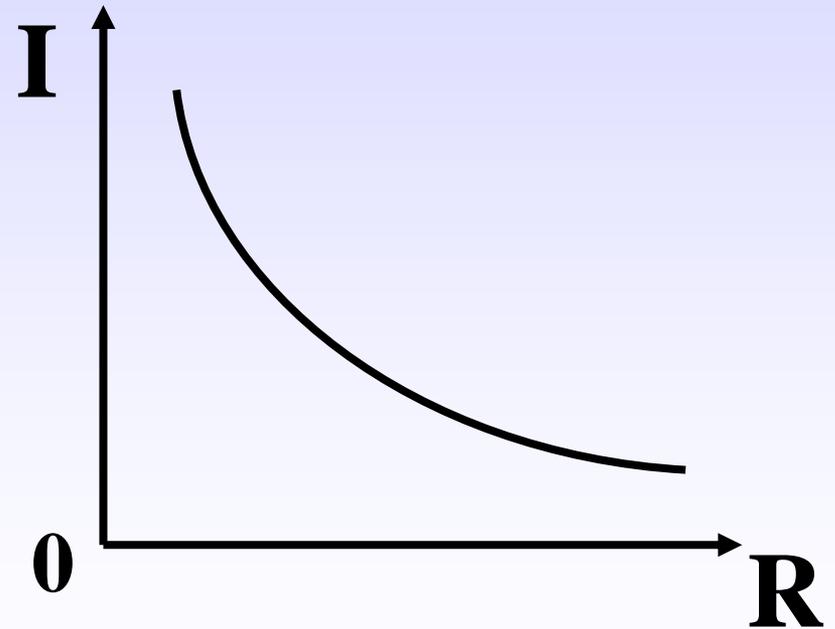
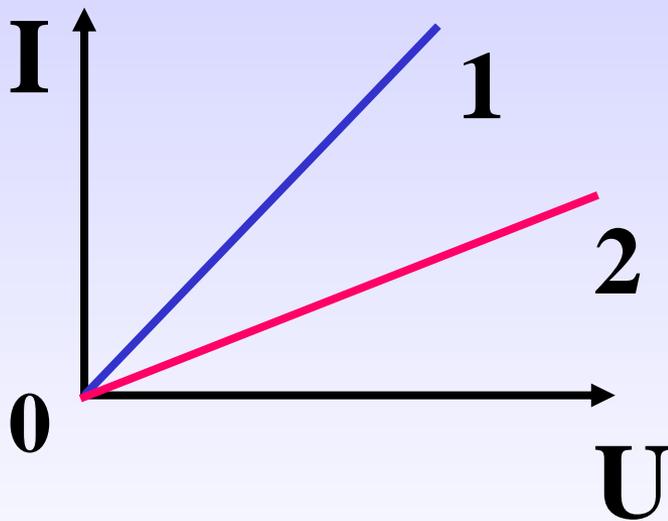
# Напряжение

**Электрическое поле совершает работу, заставляя заряженные частицы перемещаться по проводнику, следовательно оно совершает работу.**

**Напряжение** - физическая величина равная отношению работы поля по перемещению электрического заряда к значению этого заряда.



# Зависимость силы тока от напряжения и сопротивления



# Закон Ома для участка цепи

1827 год – Георг Ом

Сила тока в участке цепи прямо пропорциональна напряжению на концах этого участка и обратно пропорционально его сопротивлению.



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



# Сопротивление

**Сопротивление металлов зависит от:**

- **Вида металла (различные кристаллические решетки)**
- **Длины проводника**
- **Площади поперечного сечения проводника**



# Сопротивление

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

$\rho$  - удельное сопротивление

$$\rho = \frac{RS}{l}$$

$$[\rho] = \text{Ом} \cdot \text{м} \left( \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}} \right)$$



# Последовательное соединение проводников



$$I_{\text{общ}} = I_1 = I_2 = I_3 = \dots \quad \left( I = \frac{q_0 N}{\Delta t} \right)$$

$$U_{\text{общ}} = U_1 + U_2 + U_3 + \dots \quad \left( U = Ed \right)$$

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

$$\left( \frac{U_{\text{общ}}}{I} = \frac{U_1}{I} + \frac{U_2}{I} + \frac{U_3}{I} + \dots \right)$$



# Последовательное соединение проводников

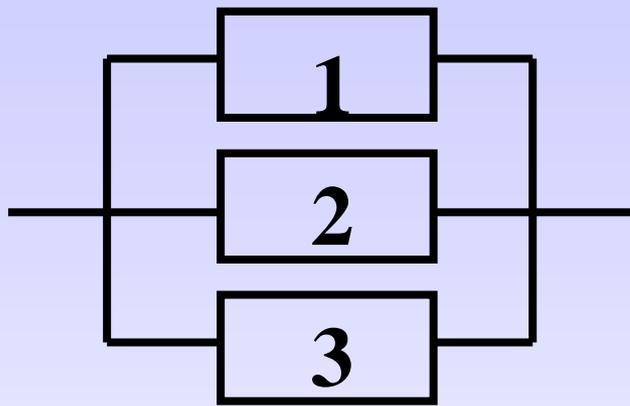


*если  $R_1 = R_2 = R_3 = \dots$ , то  $R_{общ} = NR$*

*$N$  – число резисторов*



# Параллельное соединение проводников



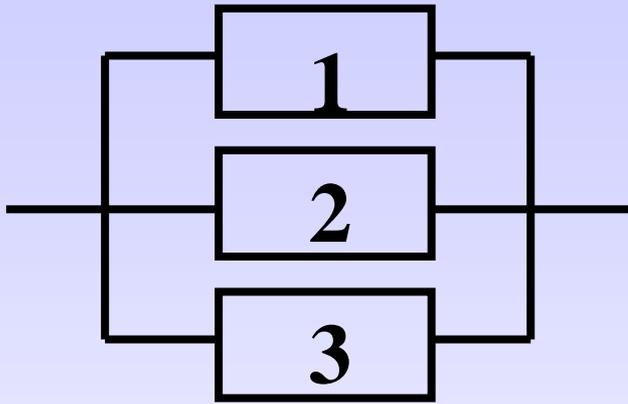
$$I_{\text{общ}} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots \quad \left( I = \frac{q_0 N}{\Delta t} \right)$$

$$U_{\text{общ}} = U_1 = U_2 = U_3 = \dots \quad \left( U = Ed \right)$$

$$\frac{1}{R_{\text{общ}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots \quad \left( \frac{I_{\text{общ}}}{U} = \frac{I_1}{U} + \frac{I_2}{U} + \frac{I_3}{U} \dots \right)$$



# Параллельное соединение проводников

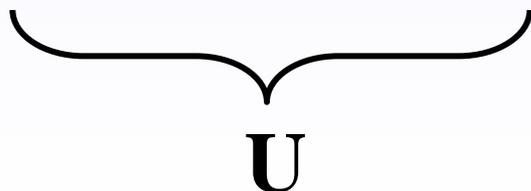
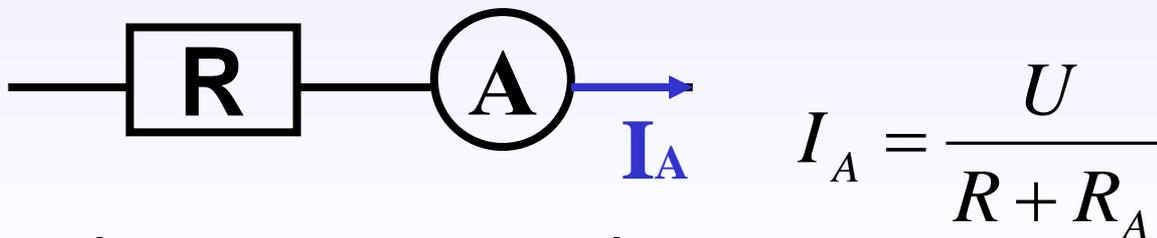
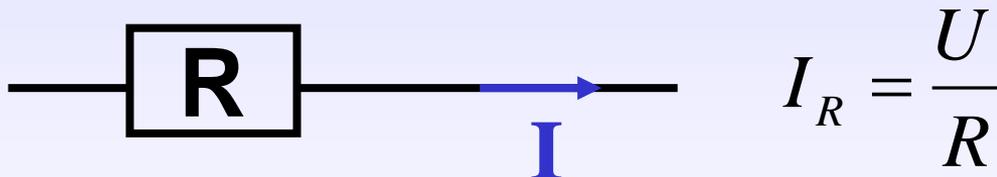
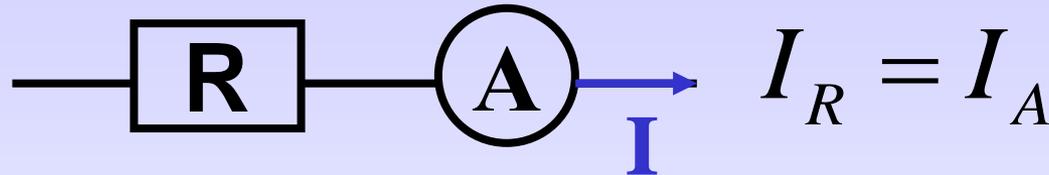


если  $R_1 = R_2 = R_3 = \dots$ , то  $R_{\text{общ}} = \frac{R}{N}$

$N$  – число резисторов



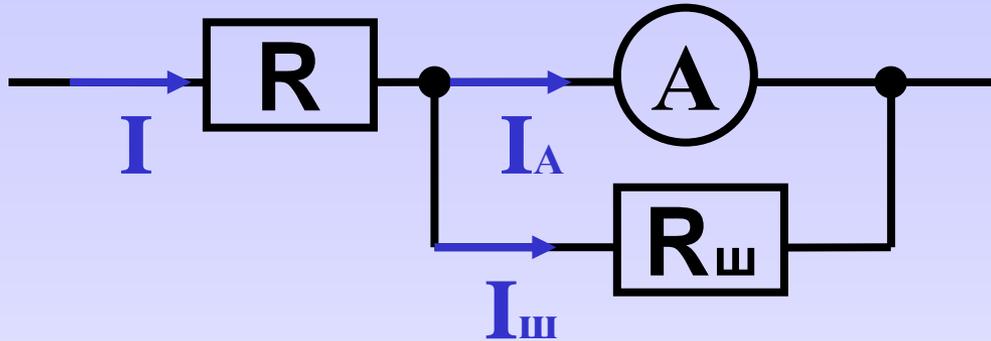
# Измерение силы тока



$$I_R = I_A, \text{ если } R_A \ll R$$



# Измерение силы тока



Если предел измерения амперметра недостаточен для измерения силы тока на участке цепи, используется шунт – резистор, включенный в цепь параллельно амперметру. (Шунт предназначен для расширения предела измерения амперметра).

$$I = nI_A$$

$$I = I_{ш} + I_A$$

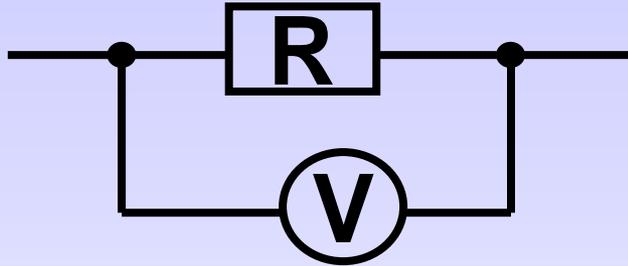
$$I_{ш}R_{ш} = I_A R_A$$

$$R_{ш} = R_A \frac{I_A}{I_{ш}} = R_A \frac{I_A}{I - I_A} = \frac{R_A}{n - 1}$$

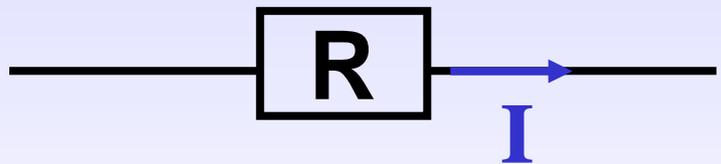


# Измерение напряжения

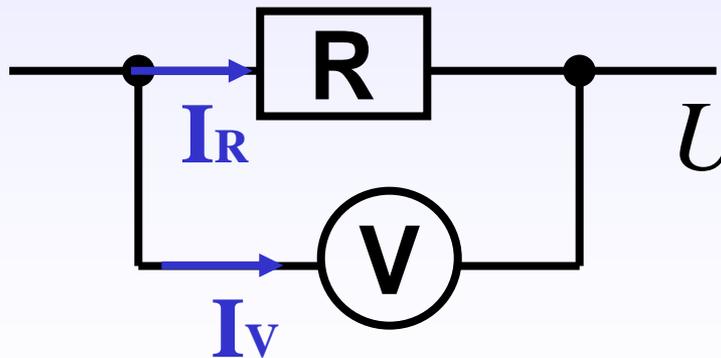
вольтметр



$$U_R = U_V$$



$$U_R = I \cdot R$$

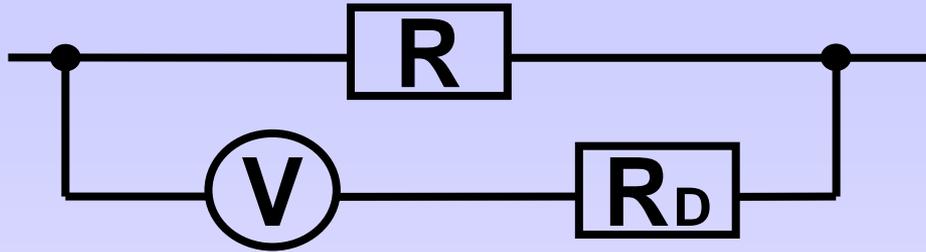


$$U_V = (I - I_V) \cdot R = I \cdot \frac{RR_V}{R + R_V}$$

$$U_R = U_V \quad , \quad \text{если } R_V \gg R$$



# Измерение напряжения



Если предел измерения вольтметра недостаточен для измерения напряжения на участке цепи, используется добавочное сопротивление – резистор, включенный в цепь последовательно с вольтметром. (Добавочное сопротивление предназначено для расширения предела измерения вольтметра).

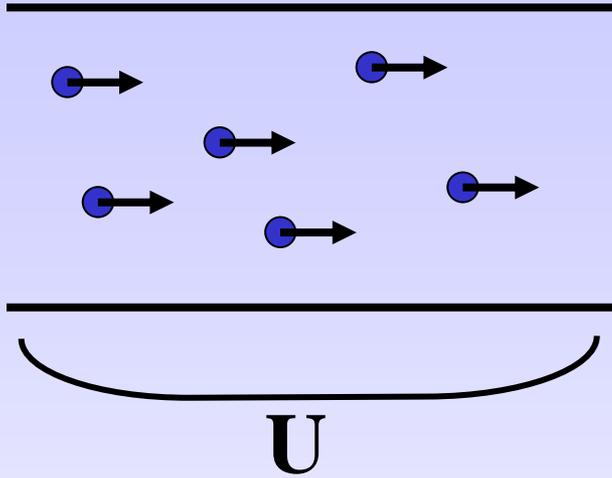
$$U = nU_V$$

$$U = U_D + U_V \quad R_D = R_V \frac{U_D}{U_V} = R_V \frac{U - U_V}{U_V} = (n - 1)R_V$$

$$\frac{U_V}{R_V} = \frac{U_D}{R_D}$$



# Работа тока



$$A = qU \quad \left( q = It \right)$$

$$A = IUt$$

$$A = I^2 R t \quad \left( I = \frac{U}{R} \right)$$

$$A = \frac{U^2}{R} t$$

$$A = Q$$

$$Q = I^2 R t$$



# Мощность тока

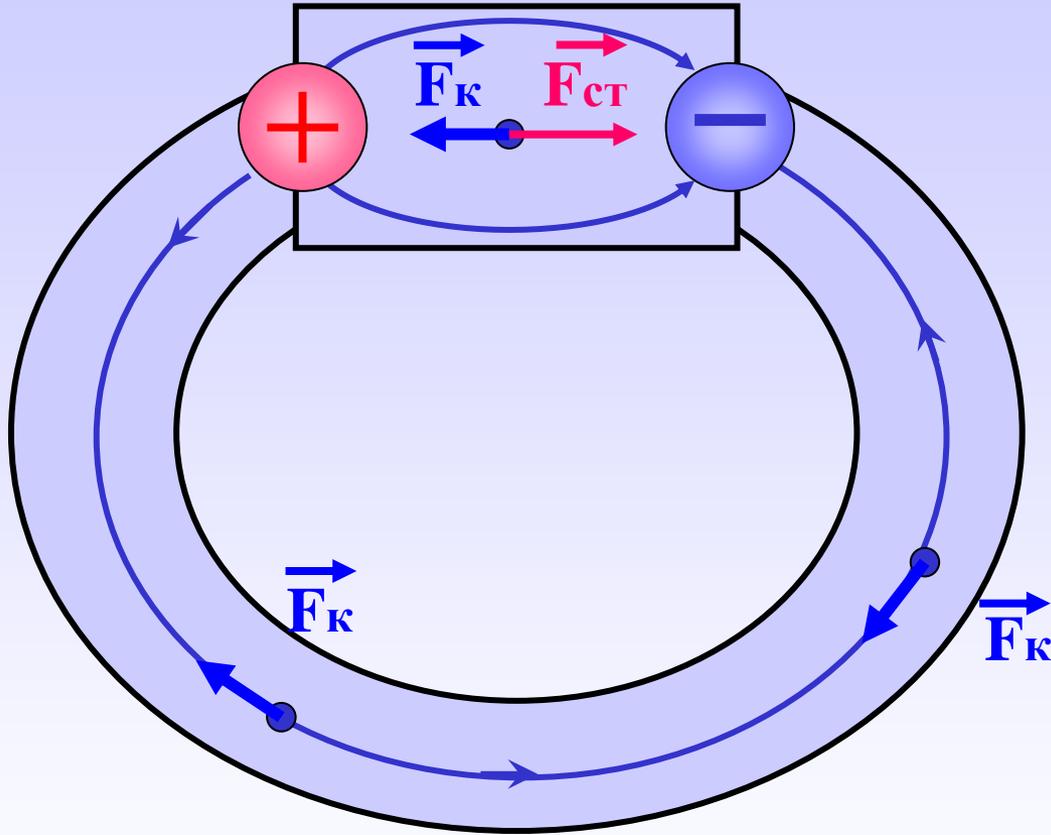
$$P = \frac{A}{t}$$

$$[P] = \text{Вт}$$

$$P = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$



# Электродвижущая сила



Характеристики

источника тока:

• Электродвижущая  
сила (ЭДС)

$$\xi = \frac{A_{ст}}{q}$$

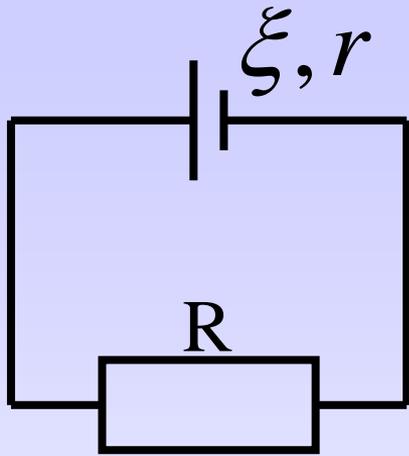
$$[\xi] = B$$

• Внутреннее сопротивление

$$[r] = Ом$$



# Закон Ома для полной цепи



$$A_{cm} = \xi \Delta q$$

$$\Delta q = I \Delta t$$

$$A_{cm} = \xi I \Delta t$$

$$Q = I^2 R \Delta t + I^2 r \Delta t$$

$$A_{cm} = Q$$

$$\xi I \Delta t = I^2 R \Delta t + I^2 r \Delta t$$

$$\xi = IR + Ir$$

$$I = \frac{\xi}{R + r}$$

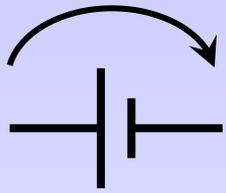
$$\xi = IR + Ir$$

$$IR = U$$

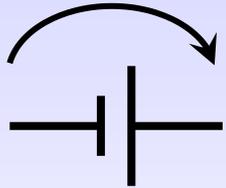
$$\xi = U + Ir$$



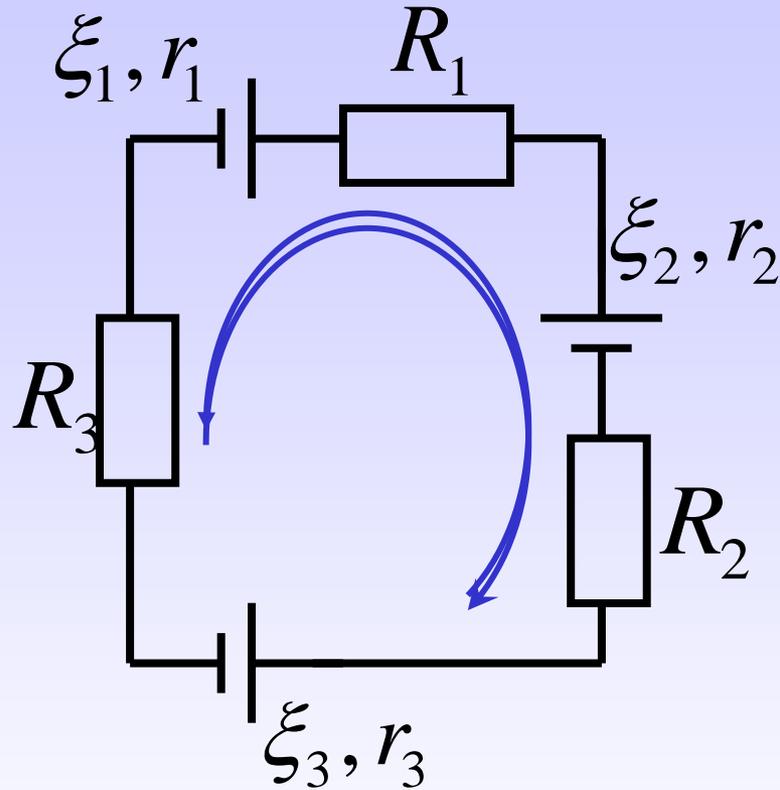
# Закон Ома для полной цепи



$$\xi < 0$$



$$\xi > 0$$



$$I = \frac{-\xi_1 \xi_1 - \xi_2 \xi_2 - \xi_3 \xi_3}{R_1 + R_2 + R_3 + r_1 + r_2 + r_3}$$



# Закон Ома для полной цепи

- Если  $I > 0$ , то направление тока совпадает с направлением обхода
- Если  $I < 0$ , то направление тока противоположно направлению обхода

