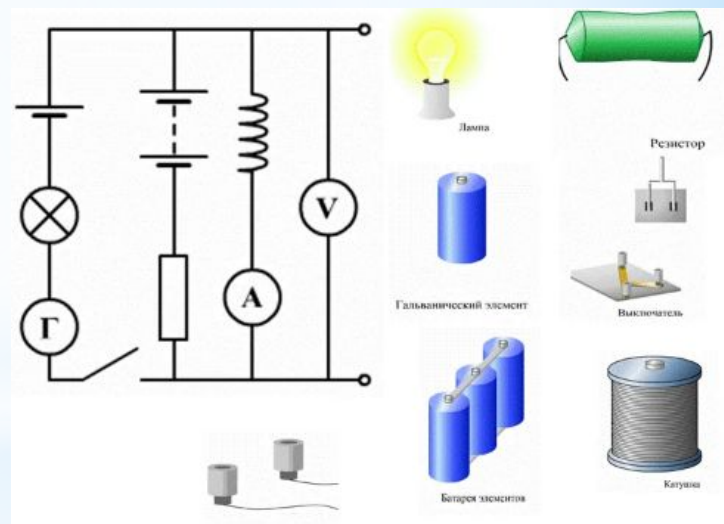
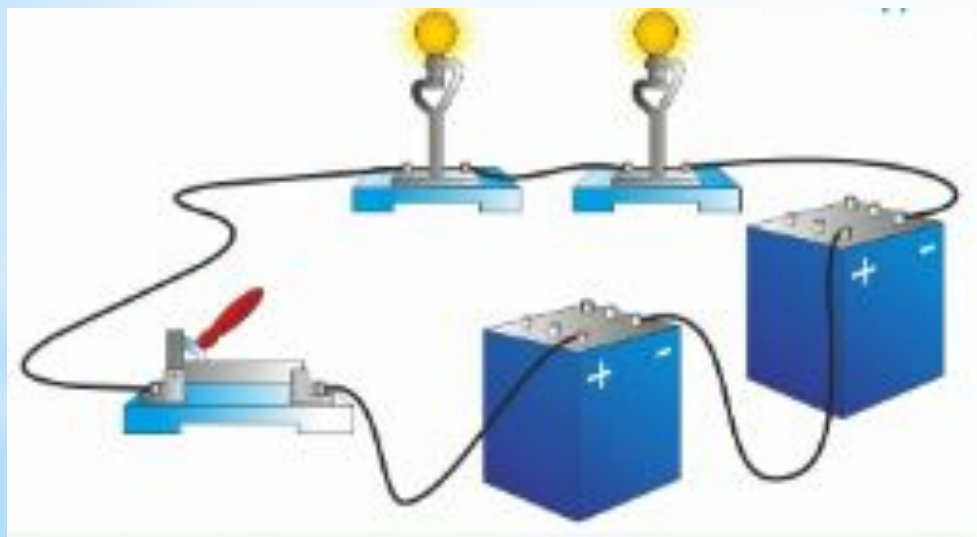


**Постоянный  
электрический  
ТОК.**

**Электрические  
цепи постоянного  
тока**

**Электрической цепью** называют совокупность устройств, предназначенных для получения, передачи, преобразования и использования электрической энергии.



**Электрическим током** (или электрическим током проводимости, или током проводимости) называют упорядоченное, направленное движение свободных носителей электрических зарядов.

**Свободными носителями электрических зарядов являются:**

- в металлах - свободные электроны;
- в электролитах - положительные и отрицательные ионы;
- в газах - положительные ионы и электроны;
- в полупроводниках - электроны и «дырки»;
- в вакууме - электроны.

# Для возникновения и существования электрического тока необходимо:

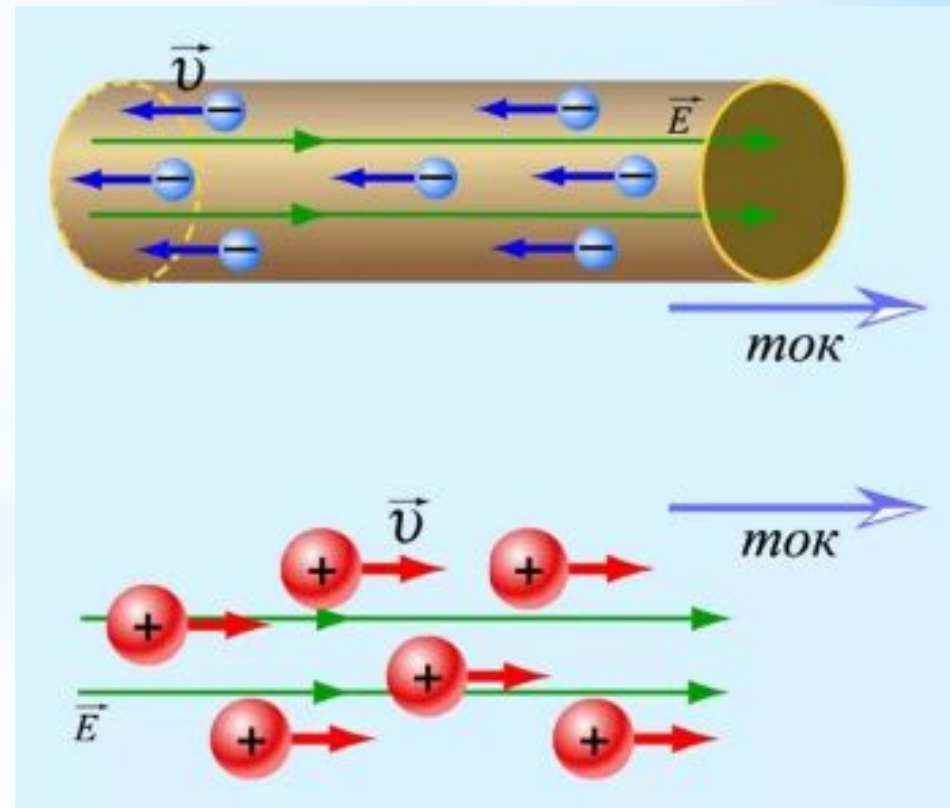
1. наличие заряженных частиц

2. наличие причин, приводящих к упорядоченному движению этих частиц (электрическое поле, которое создается источниками тока).

Вне зависимости от природы носителей электрических зарядов

**за направление тока принимают направление движения положительно заряженных частиц**

(т. е. от полюса со знаком «+» к зажиму со знаком «-»).



Количественной характеристикой электрического тока является сила тока.

**Силой тока** называется скалярная величина, численно равная величине электрического заряда, переносимого через рассматриваемую поверхность в единицу времени

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

Единица силы тока – ампер:  $1 A = 1 \frac{Кл}{с}$

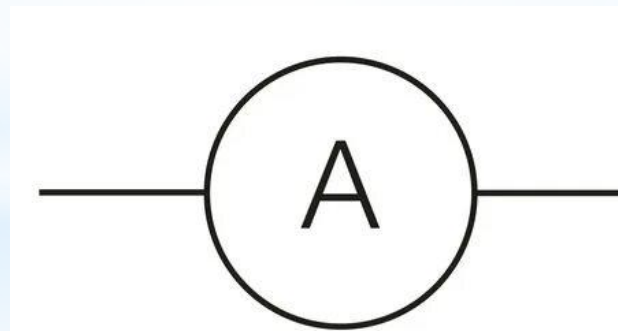
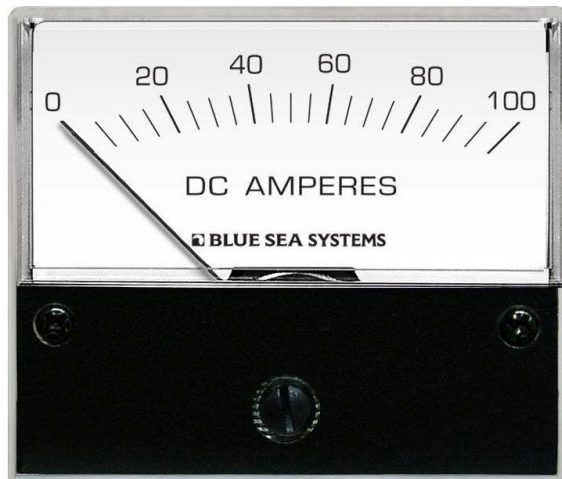


Если сила тока и его направление не  
меняется со временем, то такой ток  
**называется постоянным**

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

Для измерения тока в цепи использую  
**амперметр.**

**Амперметр включают последовательно** к  
участку цепи, на котором измеряют силу  
тока.



**Плотность тока**  $j$  - векторная физическая величина, численно равная отношению силы тока, проходящей через единицу площади поперечного сечения проводника, перпендикулярно направлению тока.

Направление вектора плотности тока совпадает с направлением упорядоченного движения положительных зарядов.

Для *постоянного тока*, текущего перпендикулярно сечению проводника:

$$j = \frac{I}{S}$$

Единицей плотности тока является в электротехнике  $1 \text{ А/мм}^2$ , в физике  $1 \text{ А/м}^2$ .



Любые силы, действующие на электрически заряженные частицы, за исключением сил электростатического происхождения (кулоновских), называют **сторонними силами**.

Устройство, в котором сторонние силы переносят заряд против сил электростатического поля, называется **источником тока**.

**Природа сторонних сил может быть различной:**  
в гальванических элементах они возникают за счет энергии химических реакций между электродами и электролитами;  
в генераторе — за счет механической энергии вращения ротора генератора.

## Электродвижущая сила

**Электродвижущей силой (ЭДС)** - физическая величина, определяемая работой, которую совершают сторонние силы при перемещении единичного положительного заряда

$$\varepsilon = \frac{A_{\text{стор}}}{q_0}$$

Единицей ЭДС является: 1 В (вольт)

**Работа совершается за счет энергии, затрачиваемой в источнике тока.**

**Электрическое напряжение (или напряжение)** – скалярная физическая величина, равная отношению работы по перемещению электрического заряда между двумя точками цепи к величине этого заряда.

Еще одно определение: работа, совершаемая электрическим полем при перемещении единичного заряда между двумя точками этого поля, является энергетической характеристикой поля и называется **электрическим напряжением**.

Единица измерения напряжения в СИ – В (вольт)

$$U = \frac{A}{q_0}$$

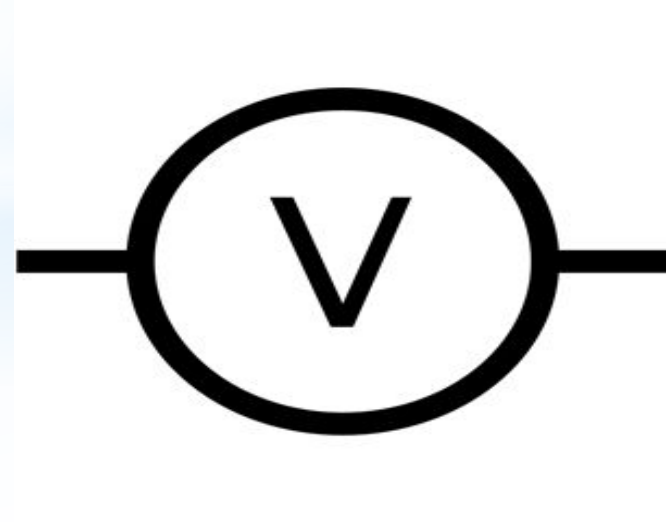
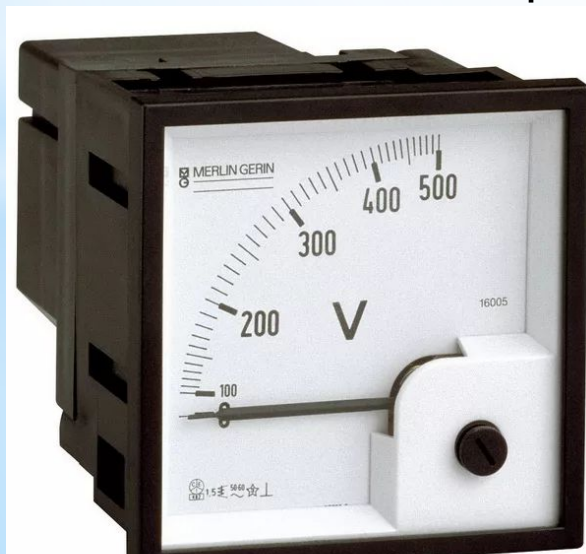
# Напряжение равно разности потенциалов

$$U = \varphi_1 - \varphi_2$$

только в том случае, если рассматриваемый участок цепи не содержит источник тока ( $\mathcal{E} = 0$ ).

Измеряют напряжение **вольтметром**. **Вольтметр включают параллельно** к участку цепи, на котором измеряют напряжение.

Включая вольтметр в цепь, обязательно следует соединять его клемму со знаком «+» с проводом, идущим от отрицательного полюса источника, иначе вольтметр может выйти из строя.



## **Закон Ома для однородного участка цепи:**

сила тока, протекающего по однородному участку цепи, пропорциональна напряжению на этом участке

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

Коэффициент пропорциональности  $R$  называется **электрическим сопротивлением проводника** (сопротивление)

**Электрическое сопротивление** — это физическая величина, которая характеризует свойство проводника препятствовать прохождению электрического тока.

**Единица электрического сопротивления :**  
**Ом (Ом)**



Величина

$$G = \frac{1}{R}$$

называется **электрической проводимостью** проводника.

Единица **электрической проводимости** — **сименс (См)**

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

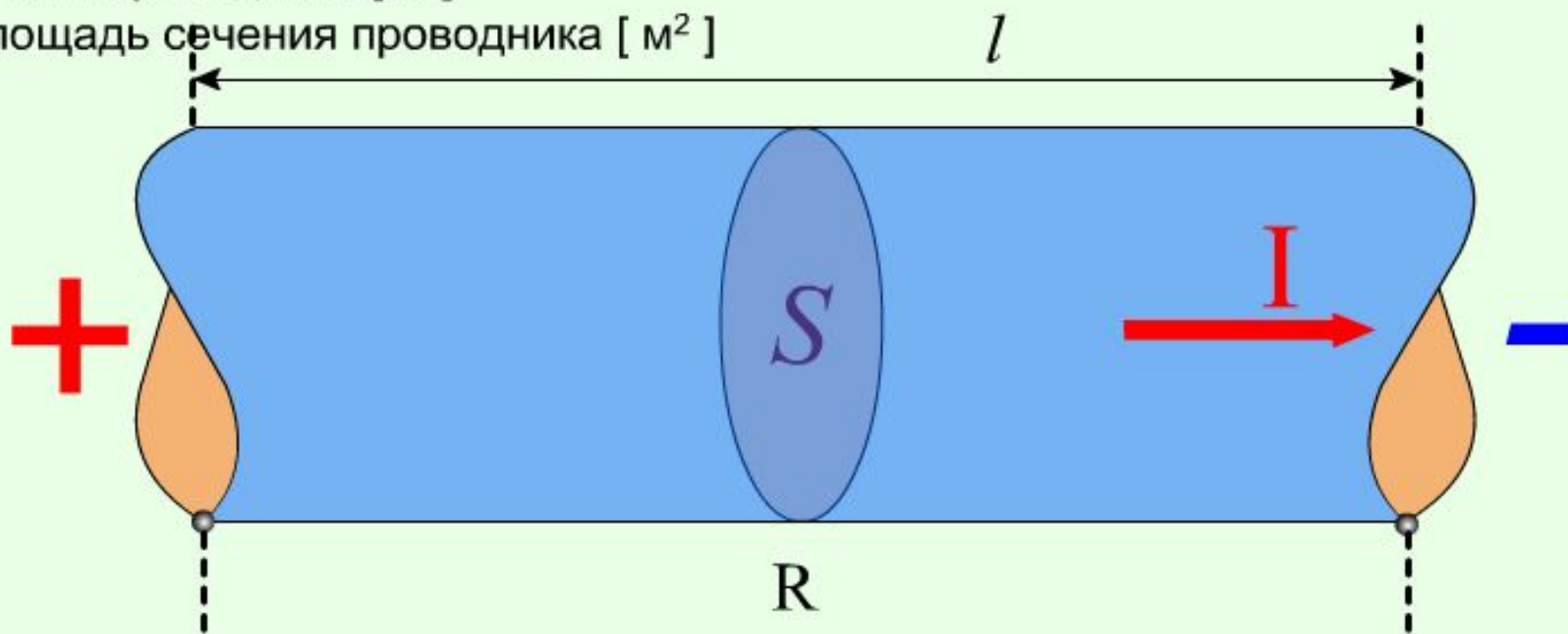


$R$  - электрическое сопротивление проводника [ Ом ]

$\rho$  - удельное сопротивление проводника [ Ом·м ]

$l$  - длина проводника [ м ]

$S$  - площадь сечения проводника [ м<sup>2</sup> ]



Величина обратная удельному сопротивлению называется удельной электрической проводимостью

$$\gamma = \frac{1}{\rho}$$

Единица удельной электрической проводимости – сименс на метр (См/м)

# Температурная зависимость сопротивления

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha t) \quad R = R_0(1 + \alpha t)$$

где  $\rho_0$ ,  $\rho$  - удельные сопротивления вещества проводника соответственно при  $0\text{ }^\circ\text{C}$  и  $t\text{ }^\circ\text{C}$ ;

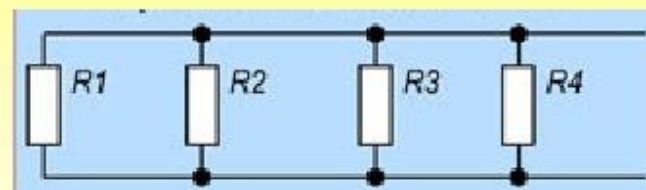
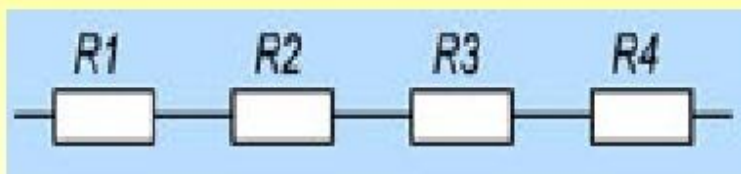
$R_0$ ,  $R$  - сопротивления проводника при  $0\text{ }^\circ\text{C}$  и  $t\text{ }^\circ\text{C}$ ;

$\alpha$  - температурный коэффициент сопротивления:  
 $\text{K}^{-1}$

**Последовательное  
соединение**

**Параллельное  
соединение**

**Схема**



**Сила  
тока**

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

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

**Напря-  
жение**

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

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

**Сопро-  
тивле-  
ние**

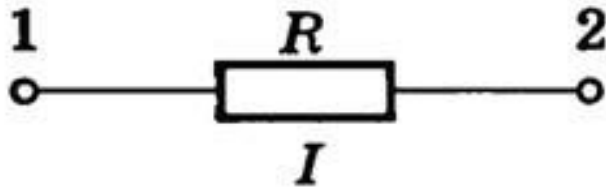
$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

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

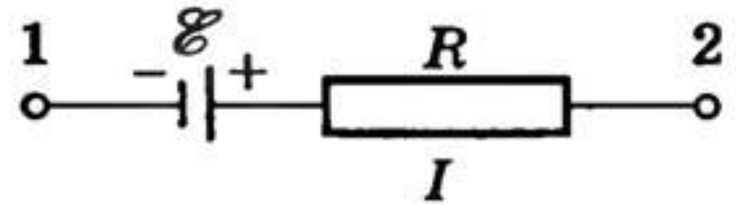


# Однородный и неоднородным участки цепи

*a*



*б*



Участок цепи, на котором не действуют сторонние силы, называется однородным (*a*). Участок, на котором на носители тока действуют сторонние силы, называется неоднородным (*б*).

Для однородного участка цепи

$$U = \varphi_1 - \varphi_2$$

Для неоднородного участка цепи

$$U_{12} = \frac{A_{12}}{q_0} = \varphi_1 - \varphi_2 + \varepsilon_{12}$$

$$A = U\Delta q = UI\Delta t = I^2 R\Delta t = \frac{U^2}{R} \Delta t$$

ИЛИ

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

**Работа  
электрического  
тока**

**Единица работы: Дж (джоуль)**

**Мощность электрического тока** - работа, совершаемая током за единицу времени равна

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

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

**Единица мощности: Вт (ватт)**

# Закон Джоуля-Ленца

$$\Delta Q = \Delta A$$

$$Q = I^2 R t$$

## Закон Джоуля-Ленца

Количество теплоты, выделяемое постоянным электрическим током на участке цепи, равно произведению квадрата силы тока на время его прохождения и электрическое сопротивление этого участка цепи.

Единица количества теплоты: **джоуль (Дж)**



# Закон Ома для неоднородного участка цепи

Работа сил, совершаемая при перемещении заряда  $q_0$

$$A_{12} = q_0 \varepsilon_{12} + q_0 \Delta \varphi$$

Если ЭДС способствует движению положительных зарядов в выбранном направлении, то  $\varepsilon_{12} > 0$ , если препятствует, то  $\varepsilon_{12} < 0$ .

$$IR = \varphi_1 - \varphi_2 + \varepsilon_{12} \quad \text{или} \quad I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2 + \varepsilon_{12}}{R}$$

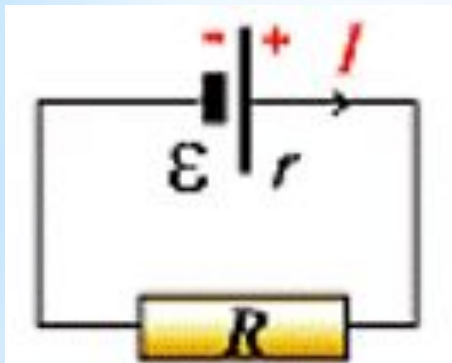
Закон Ома для неоднородного участка цепи в интегральной форме, который является *обобщенным законом Ома*

# Частные случаи обобщенного закона Ома

1. Источник тока отсутствует  $I = \frac{U}{R}$

**2. Цепь замкнута ( $\Delta\varphi = 0$ ), то получаем закон Ома для замкнутой цепи:**

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{\varepsilon}{r_{\text{внутр}} + R_{\text{внеш}}}$$



$\varepsilon$  - ЭДС, действующая в цепи;  
 $R$  – суммарное сопротивление всей цепи;

$R_{\text{внеш}}$  – сопротивление внешней цепи;

$r_{\text{внутр}}$  – внутреннее сопротивление источника тока.

3. Цепь разомкнута, то

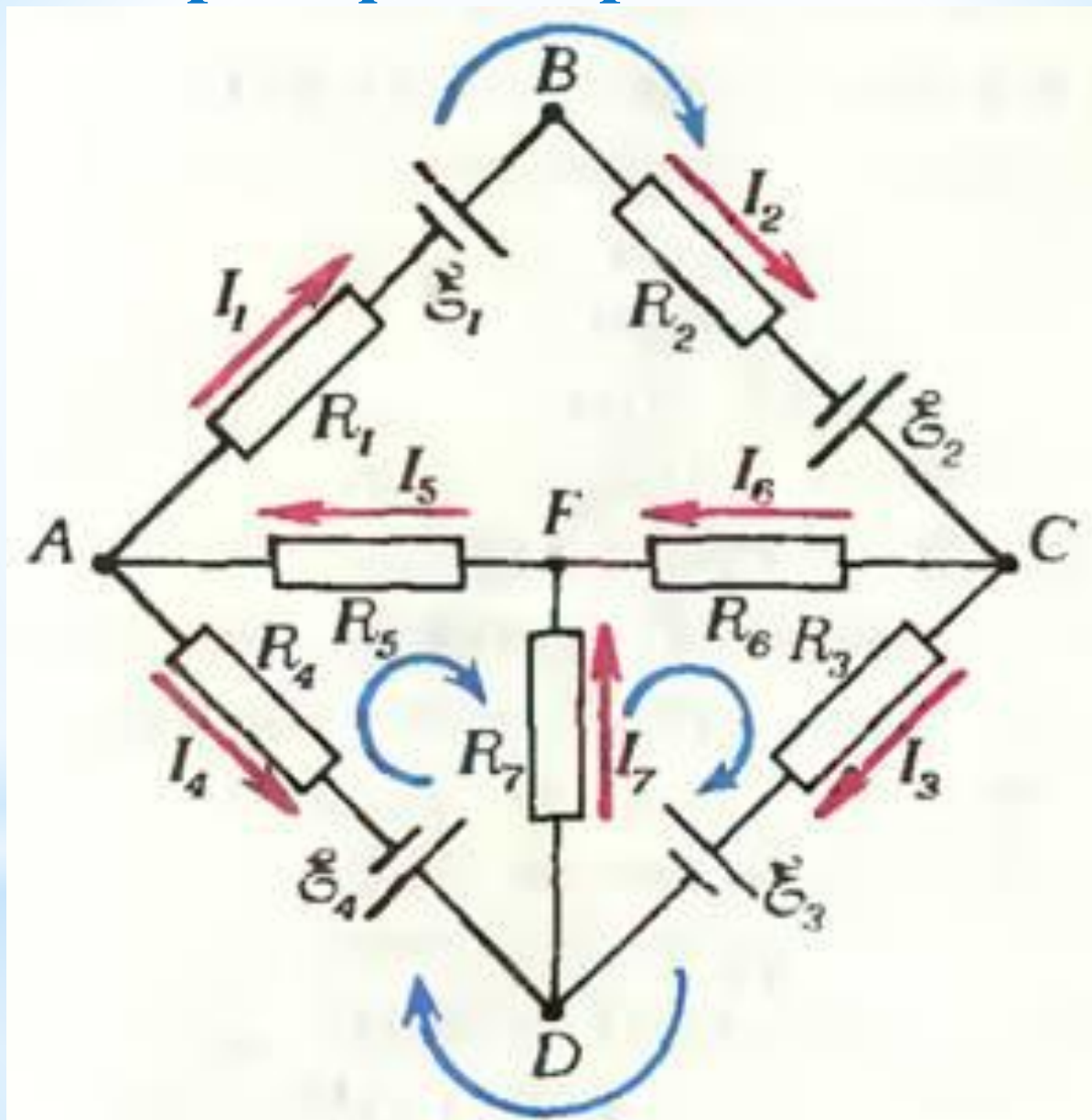
$$I = 0 \quad \text{и} \quad \varepsilon_{12} = \varphi_2 - \varphi_1$$

4. В случае короткого замыкания

$$R_{\text{внеш}} = 0$$

$$I = \frac{\varepsilon}{r_{\text{внутр}}}$$

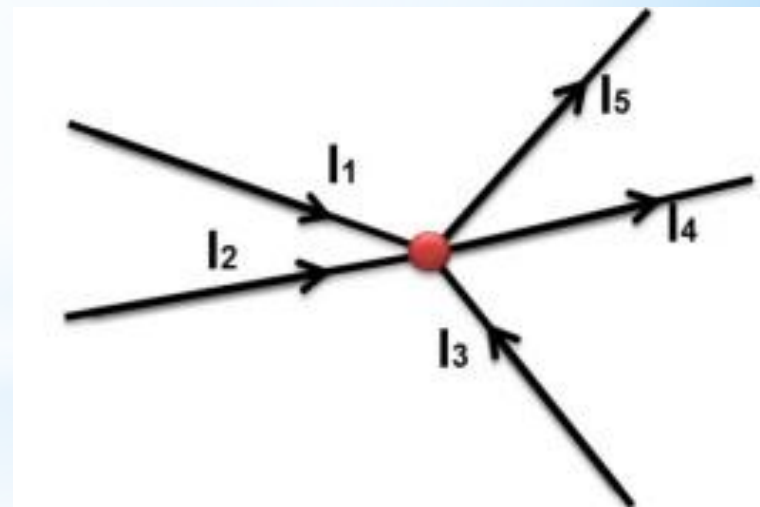
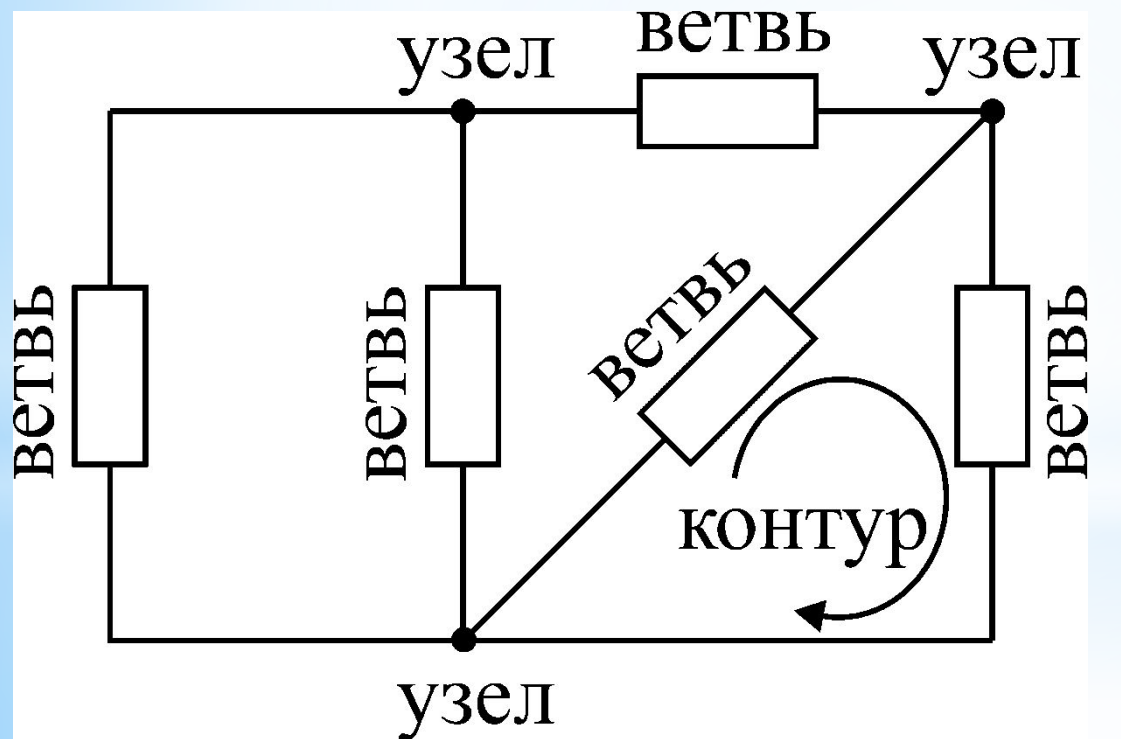
# Правила Кирхгофа для разветвленных цепей





# Правила Кирхгофа для разветвленных цепей

**Узлом** электрической цепи называется любая точка разветвления цепи, в которой сходятся не менее трех проводников с током.



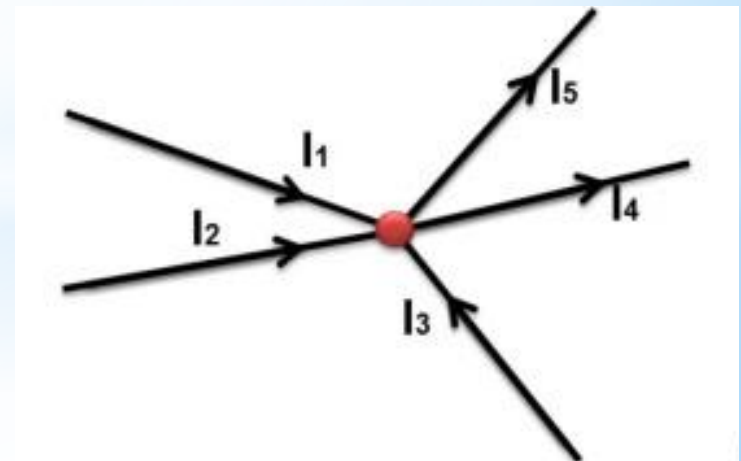
# Первое правило Кирхгофа:

алгебраическая сумма токов, сходящихся в узле, равна нулю:

$$\sum I_K = 0$$

Ток, входящий в узел считается положительным, а ток, выходящий из узла – отрицательным

$$I_1 + I_2 + I_3 - I_4 - I_5 = 0$$



**Второе правило Кирхгофа:** в любом замкнутом контуре *алгебраическая сумма произведений сил токов на сопротивление* соответствующих участков этого контура *равна алгебраической сумме ЭДС*, встречающихся в этом контуре:

$$\sum_i I_i R_i = \sum_K \varepsilon_K$$

Если направление тока *совпадает с направлением обхода,* то ток *положителен* и наоборот.

Если направление *обхода от «минуса» к «плюсу» источника,* то ЭДС *положительна* и наоборот.

## Алгоритм:

1. *Выбрать произвольное направление токов на всех участках цепи; действительные направления токов определятся после решения задачи; если искомый ток получится положительным, то его направление было выбрано правильным, если отрицательным, то его истинное направление противоположно выбранному.*

2. Выбрать произвольно направление обхода контура и строго придерживаться его. Записать произведения токов на сопротивления с учетом знаков и приравнять их сумме ЭДС. Составить уравнения по первому правилу Кирхгофа.



3. По этапам 1 и 2 составить столько уравнений, чтобы их число было равно числу искомых величин. В систему уравнений должны входить все сопротивления и ЭДС цепи.