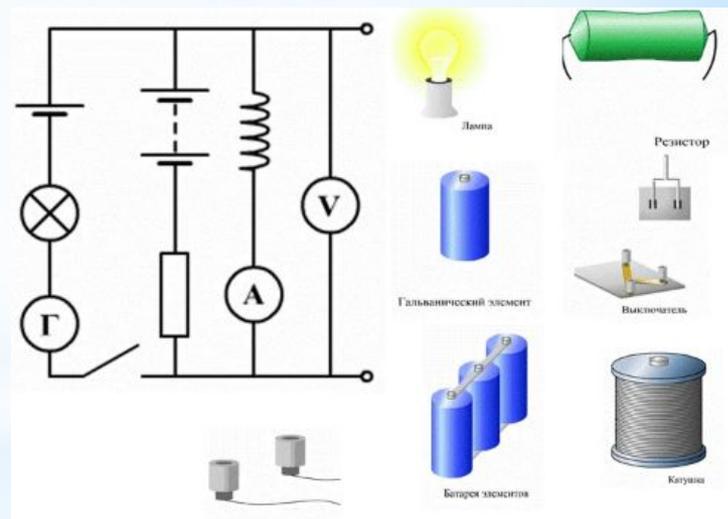
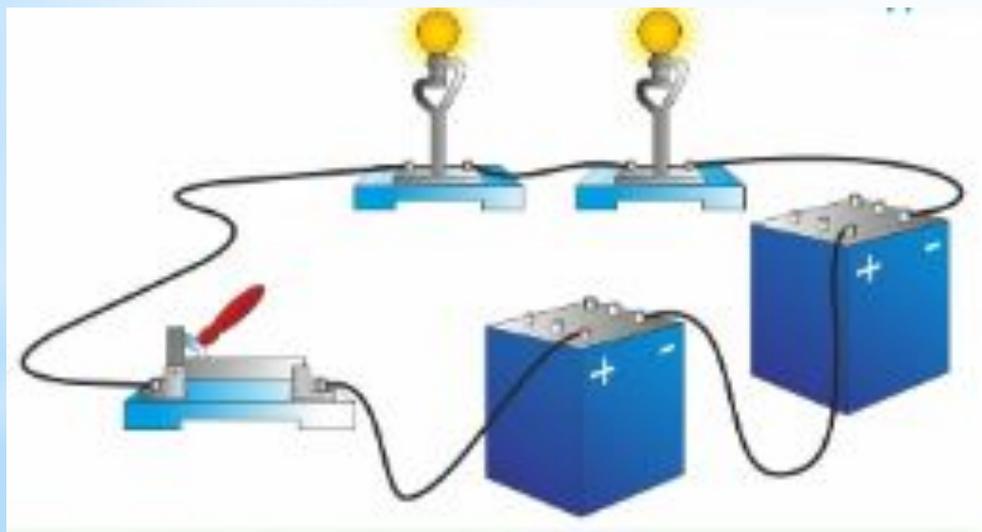


**Постоянный
электрический
ТОК.**

**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:

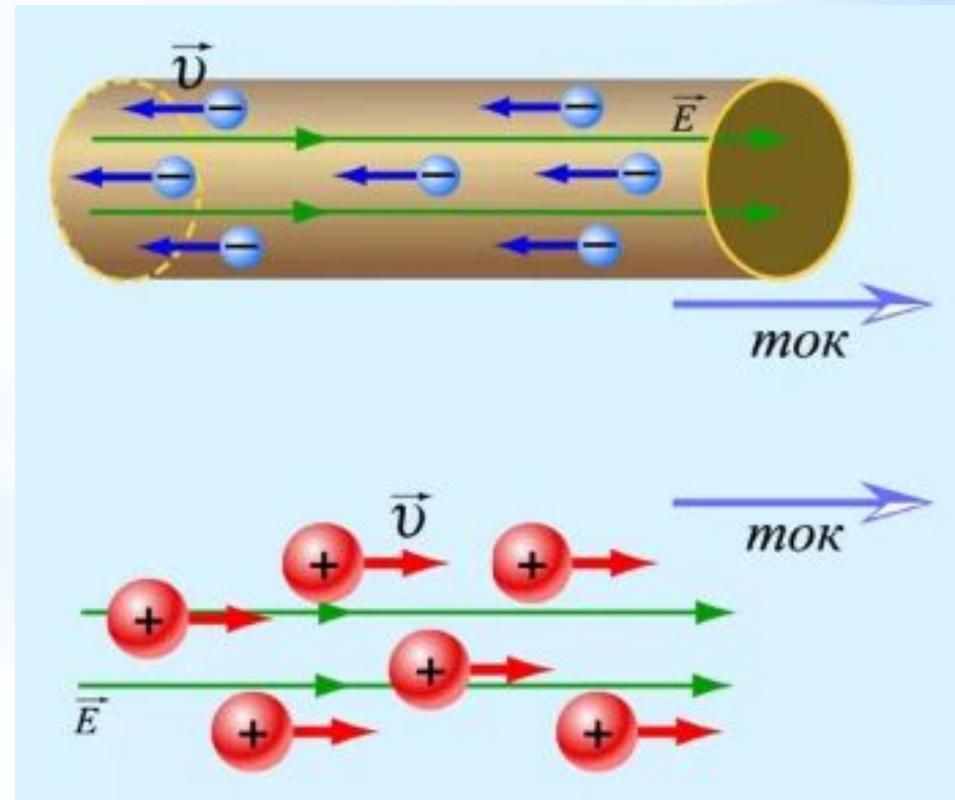
1. наличие заряженных частиц

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

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

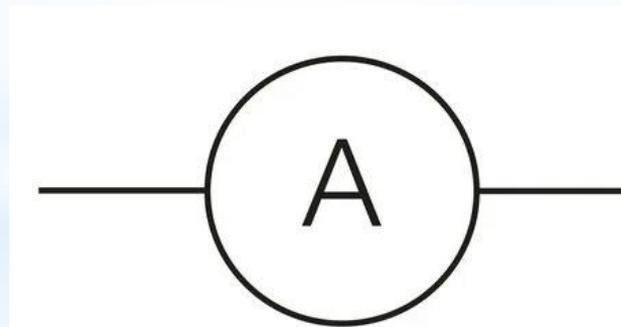
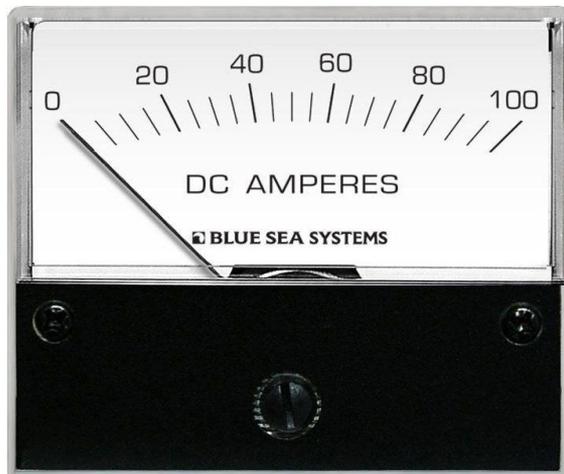
Единица силы тока – ампер: $1 A = 1 \frac{Кл}{с}$

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 А/мм^2 , в физике 1 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)

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

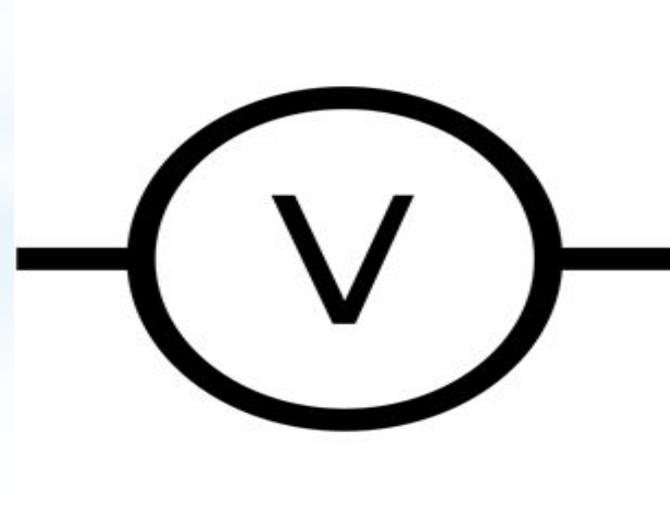
Напряжение равно разности потенциалов

$$U = \varphi_1 - \varphi_2$$

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)**

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

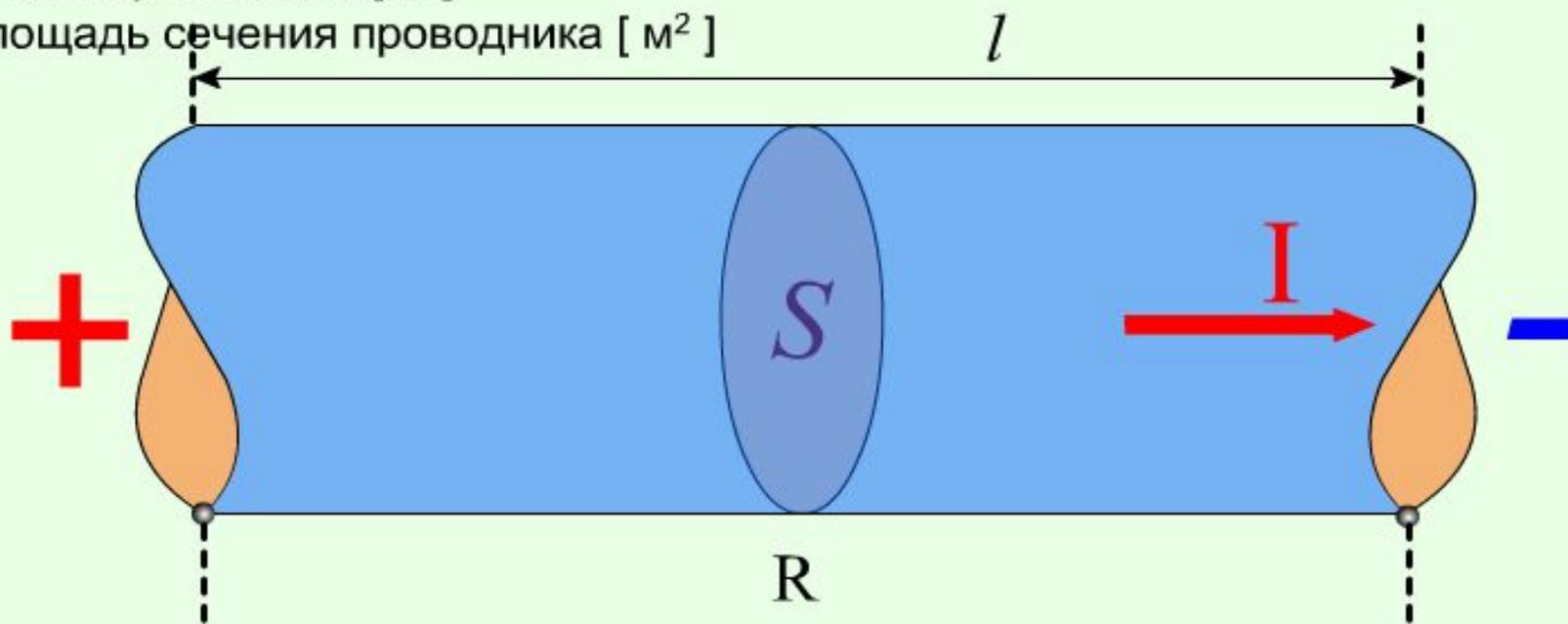


R - электрическое сопротивление проводника [Ом]

ρ - удельное сопротивление проводника [Ом·м]

l - длина проводника [м]

S - площадь сечения проводника [м²]



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 ρ_0 , ρ - удельные сопротивления вещества проводника соответственно при $0\text{ }^\circ\text{C}$ и $t\text{ }^\circ\text{C}$;

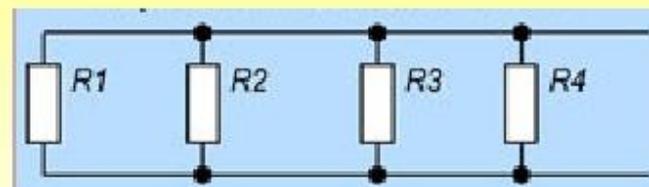
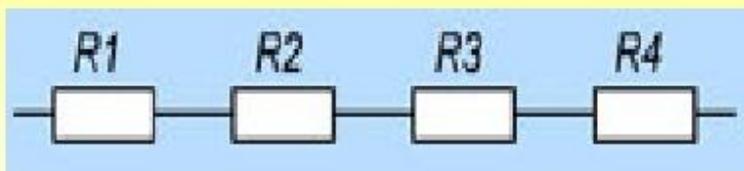
R_0 , R - сопротивления проводника при $0\text{ }^\circ\text{C}$ и $t\text{ }^\circ\text{C}$;

α - температурный коэффициент сопротивления:
 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**

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

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

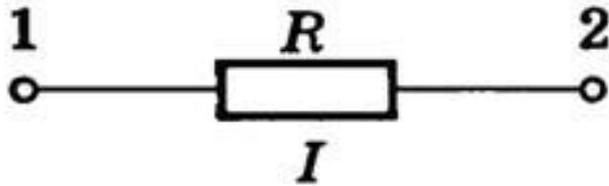
**Сопро-
тивле-
ние**

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

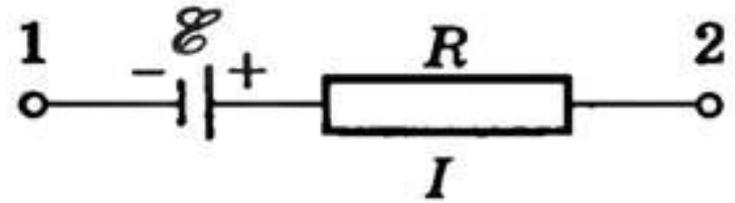
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

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 $\varepsilon_{12} < 0$.

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

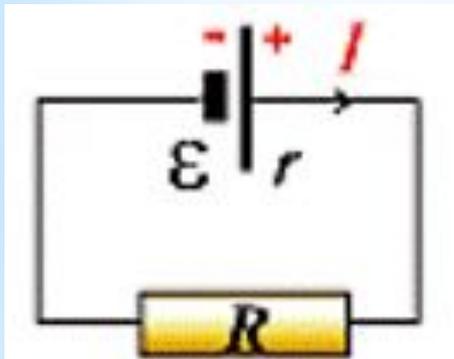
Закон Ома для неоднородного участка цепи в интегральной форме, который является *обобщенным законом Ома*

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:

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



ε - 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

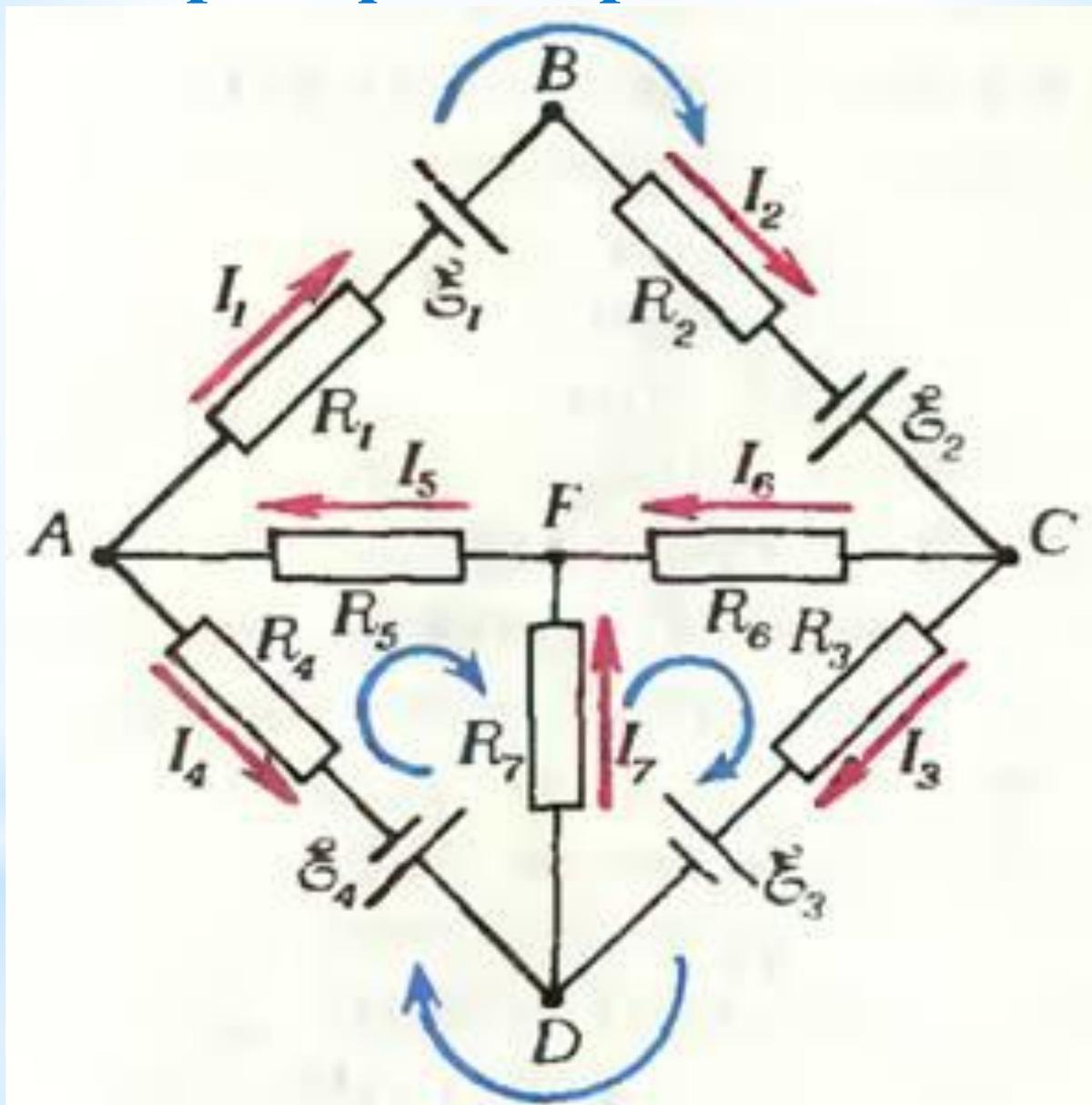
$$I = 0 \quad \text{и} \quad \varepsilon_{12} = \varphi_2 - \varphi_1$$

4. В случае короткого замыкания

$$R_{\text{внеш}} = 0$$

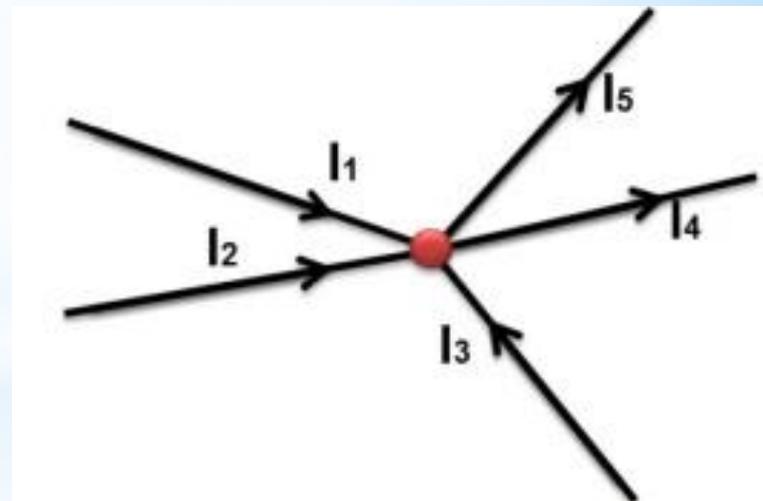
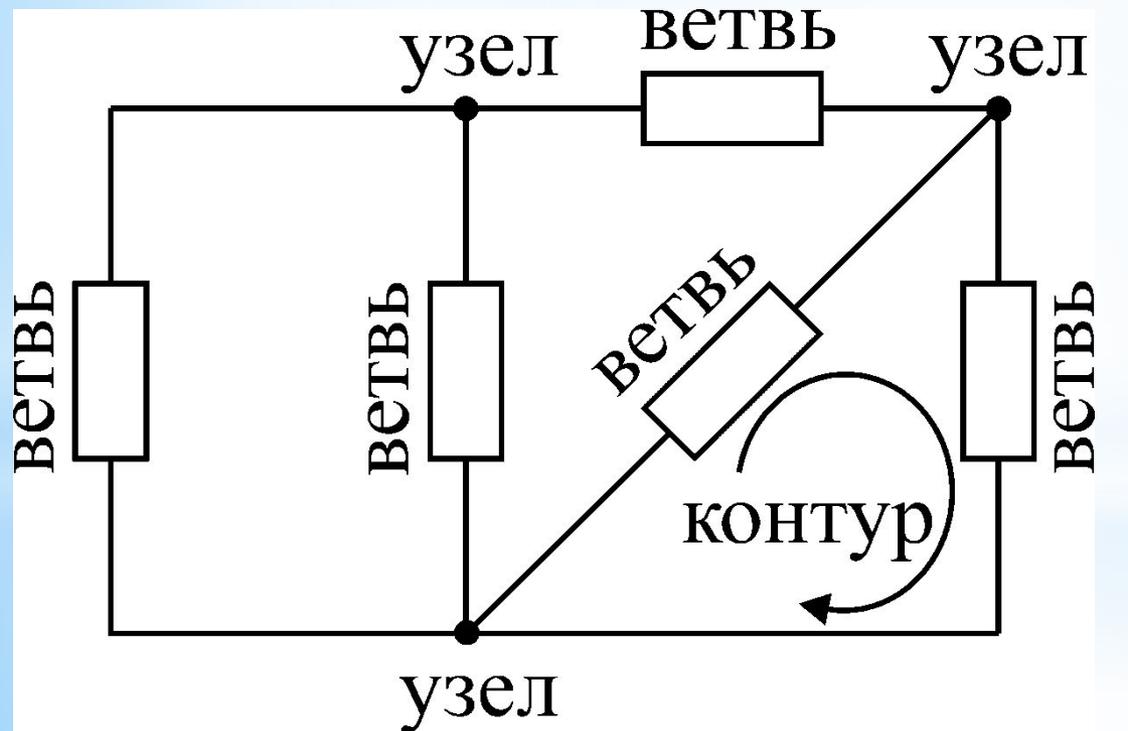
$$I = \frac{\varepsilon}{r_{\text{внутр}}}$$

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.



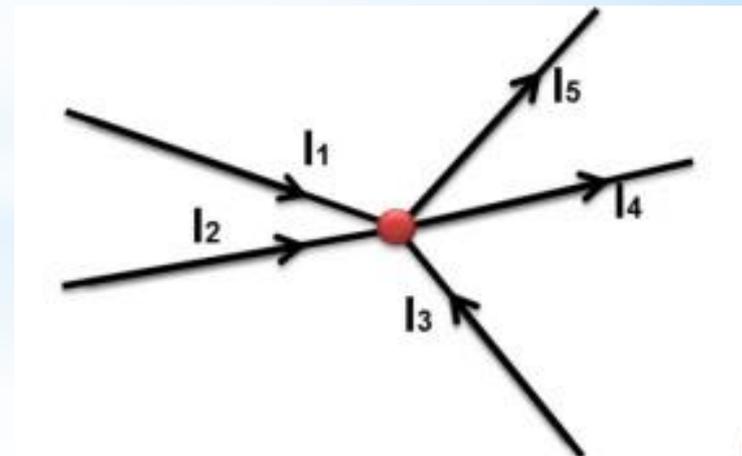
Первое правило Кирхгофа:

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.