

Законы постоянного тока

1. Постоянный электрический ток.

Сила тока, напряжение, электрическое сопротивление.

Электрический ток может течь в твёрдых телах, жидкостях, газах. Если в среде есть большое число свободных носителей заряда, то течение электрического тока осуществляется за счёт дрейфа электронов в металле.

Электрический ток — упорядоченное движение электрических зарядов.

(За направление электрического тока принимают движение "+" зарядов).

Условия существования электрического тока:

- 1) свободные носители электрического заряда**
- 2) наличие электрического поля**

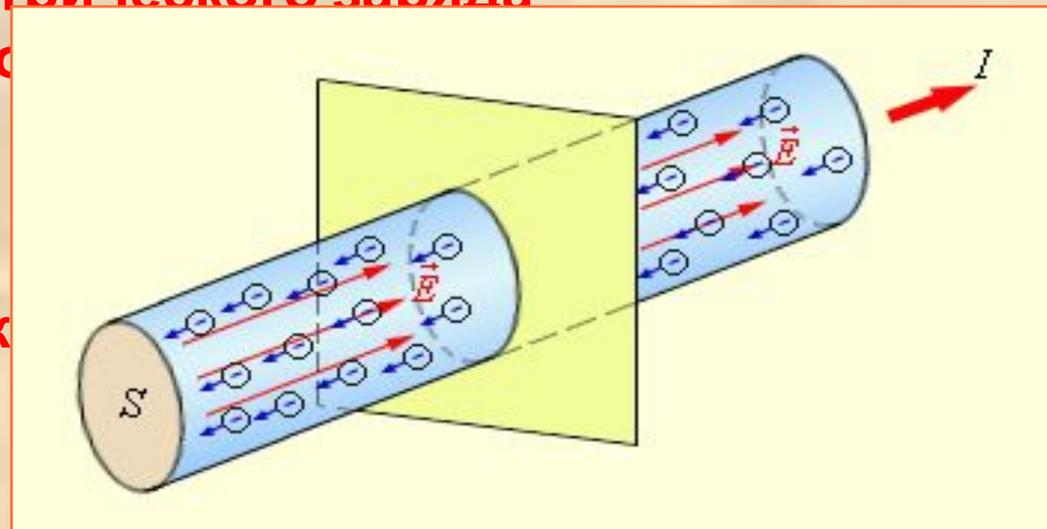
Действия электрического тока

- тепловое

- химическое (электролиз)

- влияние на магниты и

электрические токи (магнитное) электродвигатели



ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОСТОЯННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА.

1) Сила тока - отношение заряда "q" перенесённого через поперечное сечение проводника за интервал времени t к этому интервалу времени.

Сила тока зависит от

- заряда q_0 , переносимого каждой частицей
- от скорости v_0 частиц
- от концентрации частиц n ,
- от поперечного сечения проводника S

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

$$I = q_0 v_0 n S;$$

$$n = 8,5 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$$

Сравним средние значения скоростей,

$v_0 = 10^5 \text{ м/с}$ - скорость теплового движения частиц.

$v_0 = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ - скорость электромагнитного взаимодействия.

$v_0 = 8 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}$ - скорость дрейфа частиц. видим, что скорость дрейфа электронов много меньше скорости их теплового движения.

Следует различать скорость дрейфа электронов в металле и скорость распространения электрического тока. Когда речь идёт о скорости распространения тока, то имеется в виду скорость распространения электрического поля как причины вызывающей дрейф электронов. Под действием источника тока все электроны в металлических проводниках начинают своё направленное движение почти одновременно, т. к. скорость распространения электрического поля равна скорости света. Время установления электрического тока в цепи длиной L , составляет $t = L/c$.

2) Напряжение

- величина равная отношению работы $A_{\text{эл}}$ электрического поля по перемещению положительного заряда вдоль цепи из одной точки в другую к величине этого заряда q .

$$U = A_{\text{эл}} / q$$

$$[U] = \text{Дж/Кл} = \text{В}$$

3) Электрическое сопротивление

- величина, характеризующая противодействие проводника установлению в нем электрического тока.

[R] = Ом

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

- зависит от: - материала проводника.
- размеров, геометрической формы.
- температуры.

ρ - удельное сопротивление, характеризует материал проводника, Ом м. (сопротивление одного метра)

l - длина проводника, м.

S - площадь поперечного сечения, м².

СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ - резкое падение сопротивления проводника при $T=0^{\circ}\text{K}$.

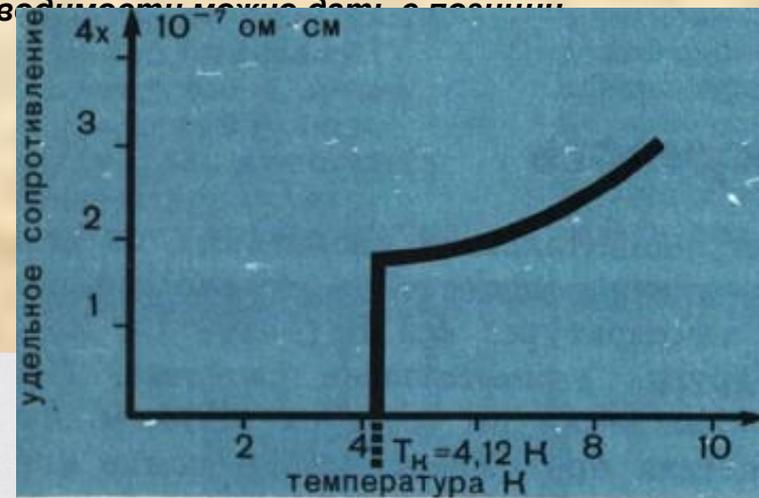
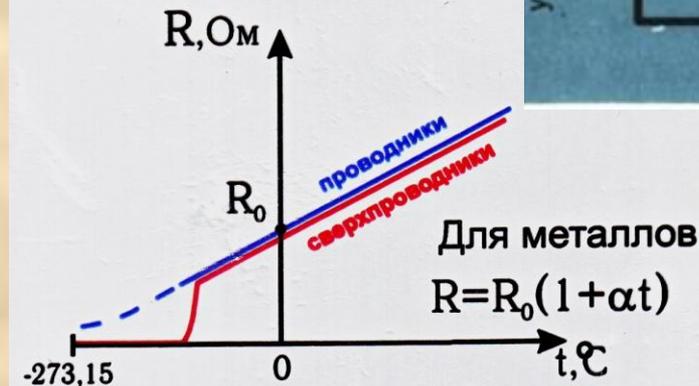
В 1911 г. голландский физик Камерлинг - Оннес провел опыты с ртутью, которую можно получить в чистом виде. Он столкнулся с новым, совершенно неожиданным явлением. Удельное сопротивление ртути при температуре 4,2 K (около -269°) резко упало до такой малой величины, что его практически стало невозможно измерить. Это явление обращения электрического сопротивления в нуль Камерлинг - Оннес назвал сверхпроводимостью.

В настоящее время сверхпроводимость обнаружена у более 22 металлических элементов, большого числа сплавов, некоторых полупроводников и полимеров. Температура T перехода проводника в сверхпроводящее состояние для чистых металлов лежит в пределах от 0,14 K для иридия до 9,22 K для ниобия.

Движение электронов в металле, находящемся в состоянии сверхпроводимости, является до такой степени упорядоченным, что электроны, перемещаясь по проводнику, почти не испытывают соударений с атомами и ионами решетки. Полное объяснение явления сверхпроводимости можно дать с помощью квантовой механики.

$$R = R_0 (1 + \alpha t)$$

α - Температурный коэффициент, R_0 - сопротивление при $t=0^{\circ}\text{C}$,
 t - температура



Закон Ома для участка цепи.

Последовательное и параллельное соединения проводников.

ЭДС источника тока.

ЗАКОНЫ ОМА.

В 1826 Г. ГЕОРГ ОМ (1787 - 1854Г) ОБНАРУЖИЛ ЧТО, НАПРЯЖЕНИЕ U между концами проводника, являющегося участком цепи, к силе тока в цепи есть постоянная величина - **электрическое сопротивление.**

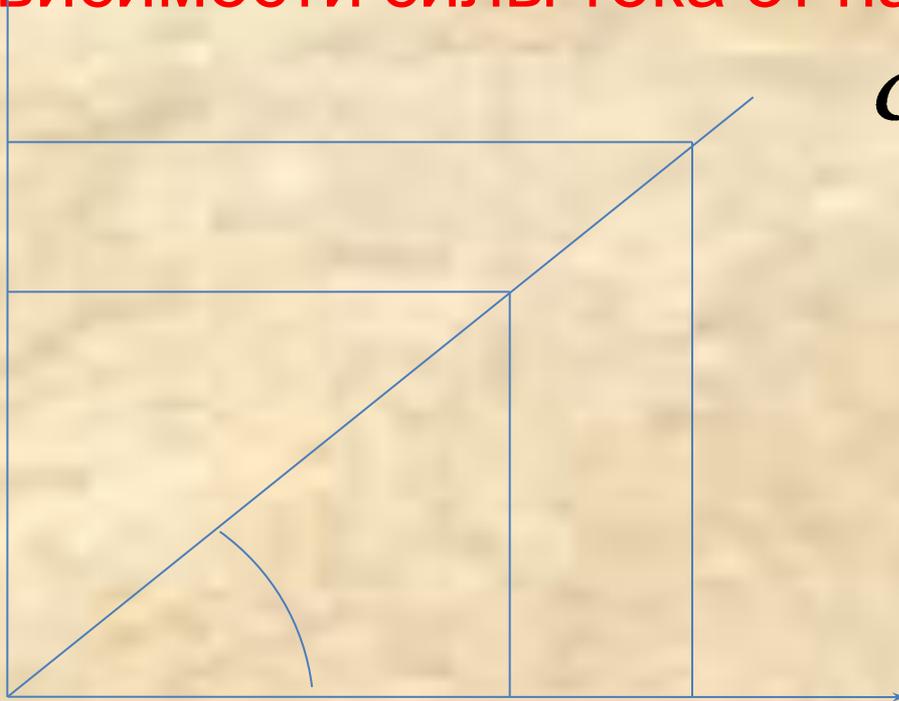
Закон Ома:

- сила тока прямо пропорциональна напряжению U и обратно пропорционально электрическому сопротивлению R участка цепи.

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

Постоянный электрический ток - сила и направление, которого с течением времени не изменяются.

Вольт – амперная характеристика – график зависимости силы тока от напряжения.



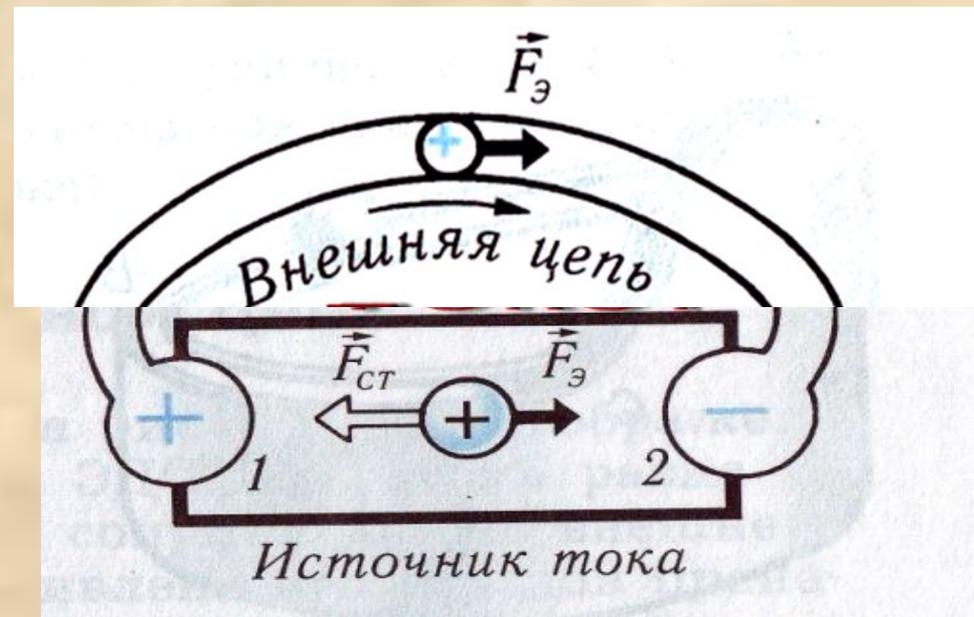
$$\operatorname{ctg} \alpha = \frac{U_1}{I_1} = R$$

2. ИСТОЧНИК ТОКА.

Электрический ток в проводниках вызывают так называемые источники постоянного тока.

Силы, вызывающие перемещение электрических зарядов внутри источника постоянного тока против направления действия сил электростатического поля, называются сторонними силами.

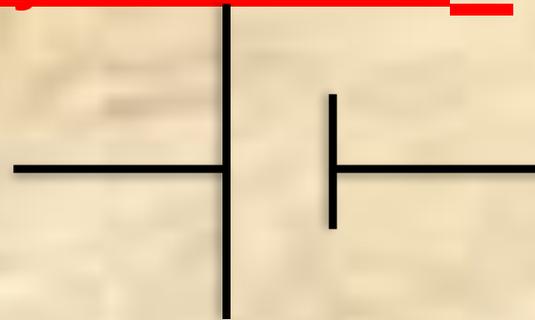
Сторонние силы в гальваническом элементе или аккумуляторе возникают в результате электрохимических процессов, происходящих на границе электрод - электролит. В динамо-машине постоянного тока сторонней силой является



Отношение работы $A_{ст}$, совершаемой сторонними силами по перемещению заряда q вдоль цепи, к значению этого заряда называется электродвижущей силой \mathcal{E} источника (ЭДС):

$$\mathcal{E} = A_{ст} / q.$$

$$[\mathcal{E}] = \text{В}$$



Наиболее распространенные источники постоянного тока и батареи, применяемые в различных бытовых приборах (электронных часах, портативных приемниках и магнитофонах, фонариках и т.д.) имеют ЭДС 1.5В, 4.5В, 9В.

В автомобилях применяются аккумуляторы с ЭДС 12В (для легковых) и 24В (у некоторых грузовиков)

ЗАКОН ОМА ДЛЯ ЗАМКНУТОЙ ЦЕПИ.

Рассмотрим замкнутую цепь, состоящую из внешней части, имеющей сопротивление R , и внутренней - источника тока, сопротивление которого r . Согласно, закону сохранения энергии ЭДС источника тока равна сумме падений напряжений на внешнем и внутреннем участках цепи. Так как при перемещении по замкнутой цепи заряд возвращается в исходное положение в точку с тем же потенциалом.

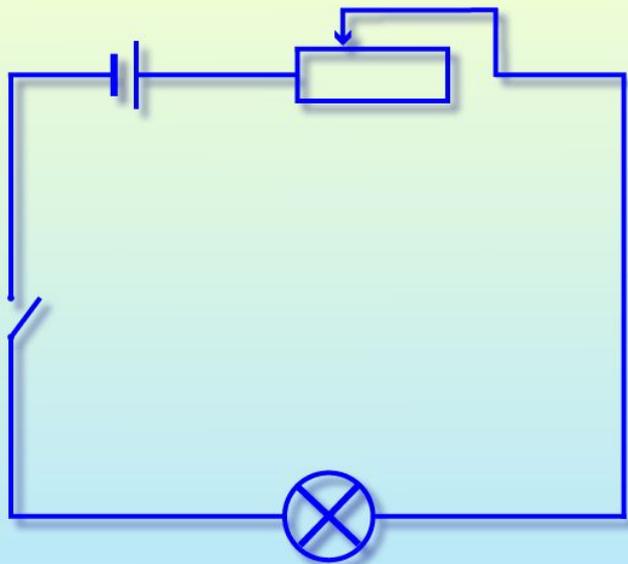
$$\varepsilon = IR + Ir,$$

Где IR и Ir - падения напряжения соответственно на внешнем и внутреннем участках цепи.

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

ЗАКОН ОМА ДЛЯ ПОЛНОЙ ЦЕПИ.

- сила тока в цепи пропорциональна действующей в цепи ЭДС и обратно пропорциональна сумме сопротивлений цепи и внутреннею сопротивлению источника тока.



лампочка

звонок

реостат

амперметр

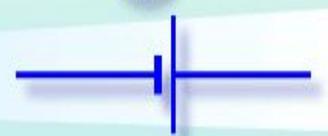
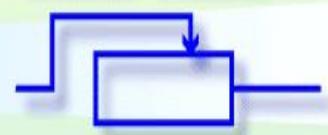
вольтметр

хим. источник тока

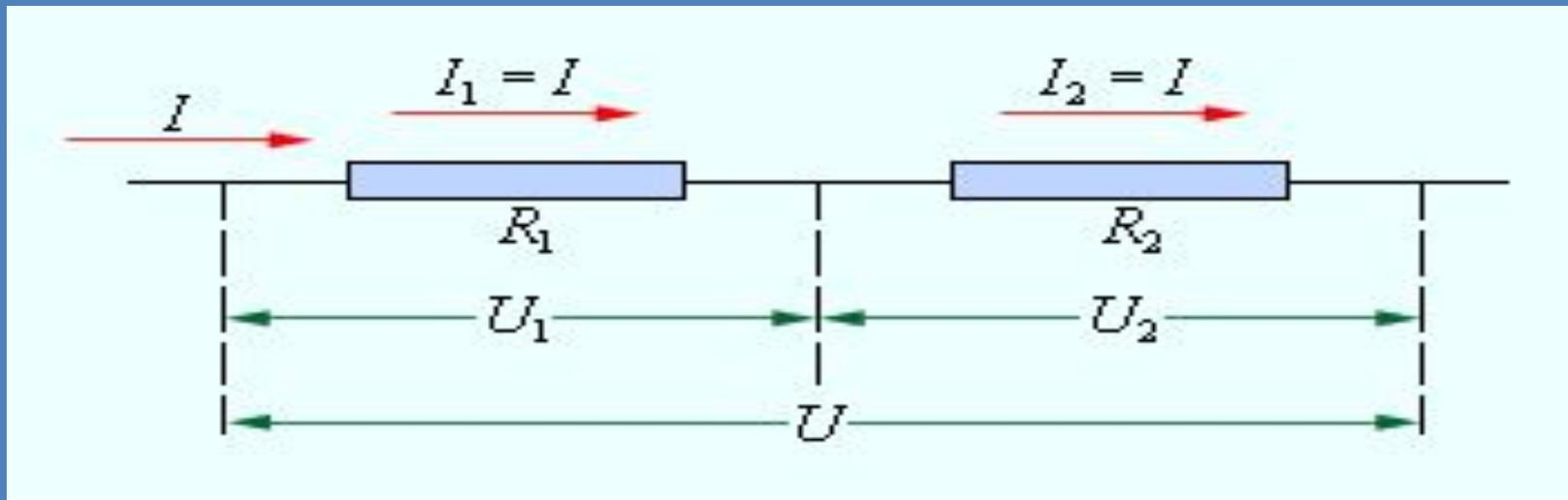
резистор

конденсатор

катушка индуктивности



Последовательное соединения проводников



Сила тока при последовательном соединении одинакова во всех проводниках, $I_{\text{общ}} = I_1 = I_2$

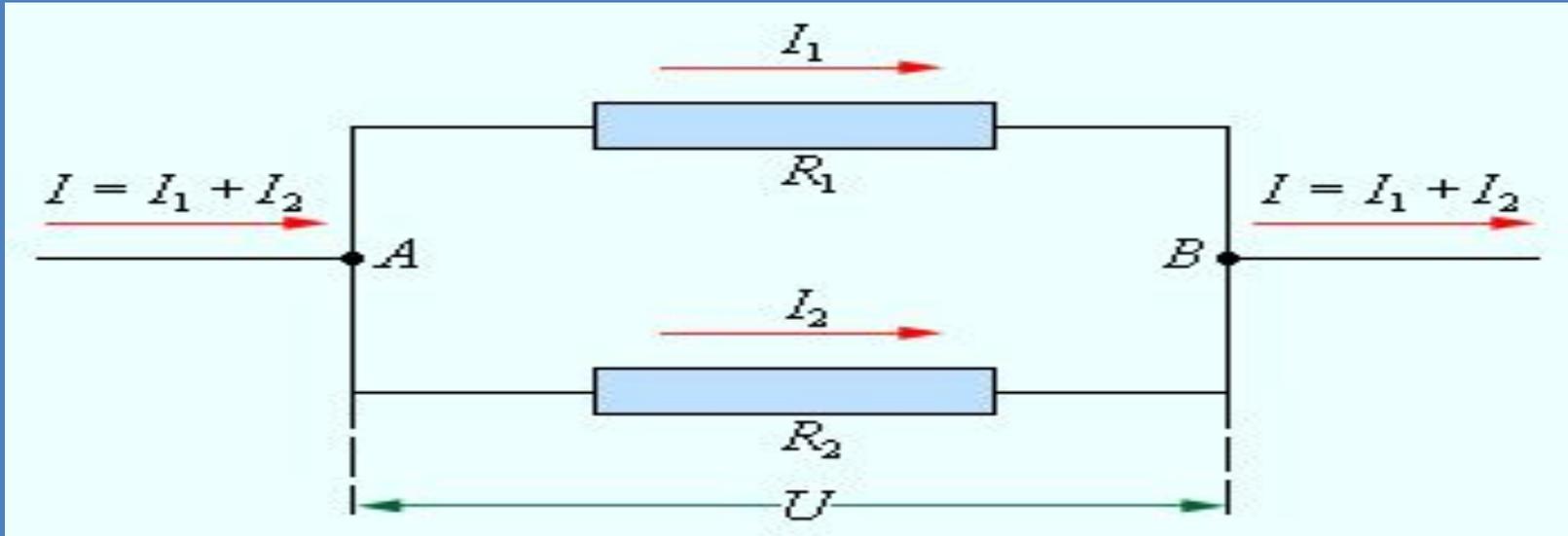
а напряжение равно сумме напряжений на отдельных участках цепи:

$$U_{\text{общ}} = U_1 + U_2.$$

Общее сопротивление R последовательно соединенных проводников R_1 и R_2

равно сумме их сопротивлений: $R = R_1 + R_2.$

Параллельное соединение

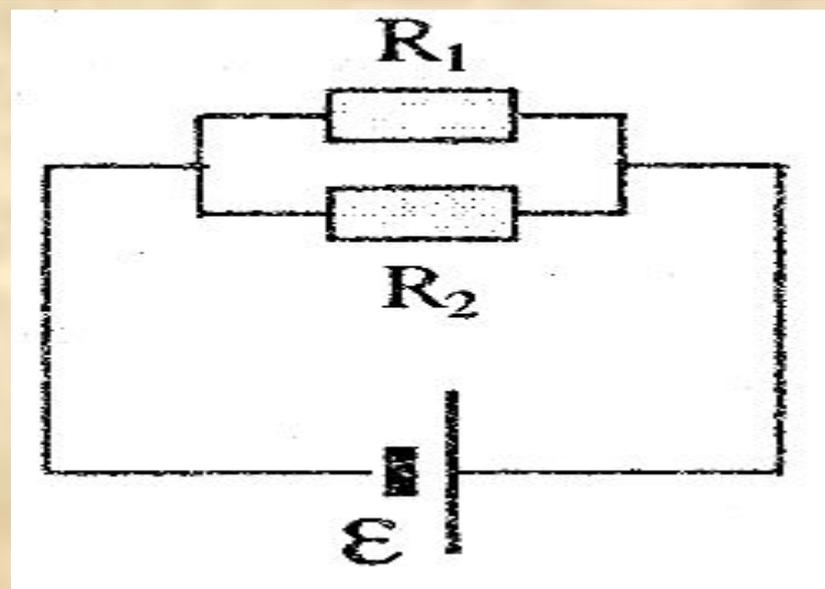
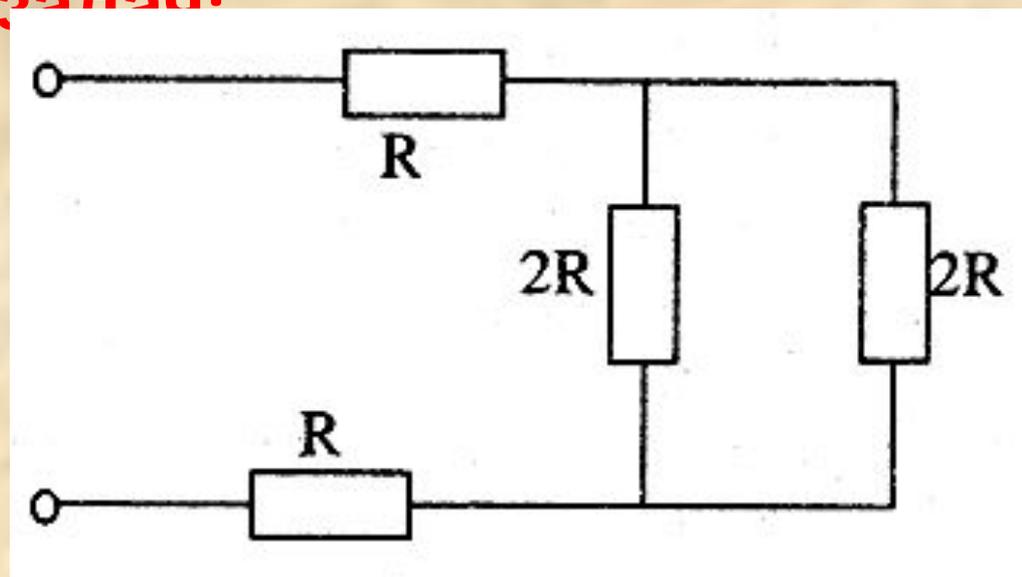


Напряжение на концах параллельно соединенных проводников одно и то же:
а сила тока в неразветвленной части цепи равна сумме сил токов в
отдельных параллельно соединенных проводниках:

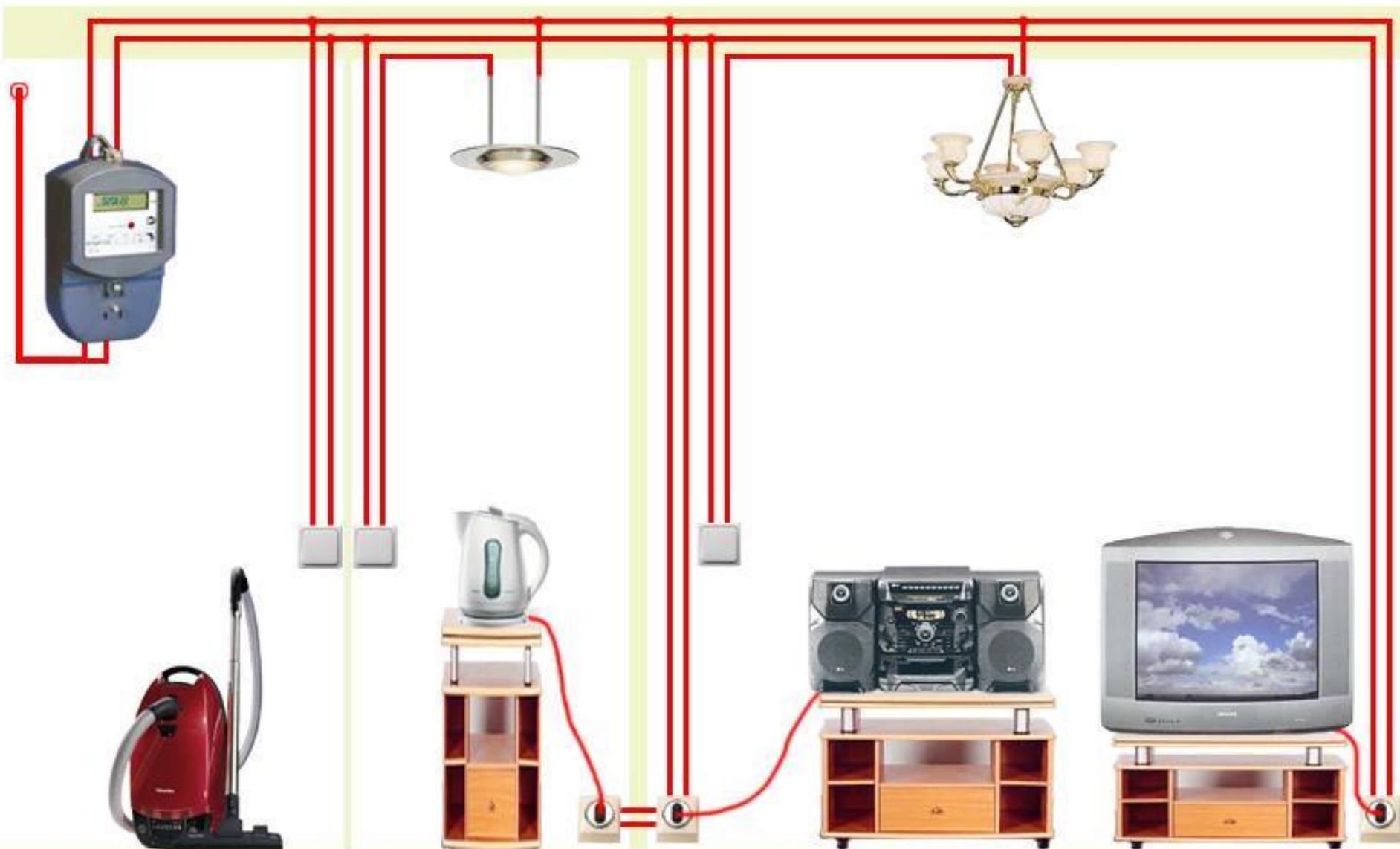
$$U_{\text{общ}} = U_1 = U_2, \quad I_{\text{общ}} = I_1 + I_2.$$

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

Решение задач:



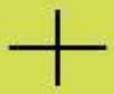
СОЕДИНЕНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ



СЧЕТЧИК
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ
ЭНЕРГИИ



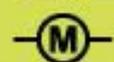
СОЕДИНЕНИЕ
ПРОВОДОВ



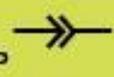
ПЕРЕСЕЧЕНИЕ
ПРОВОДОВ



ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ



ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ



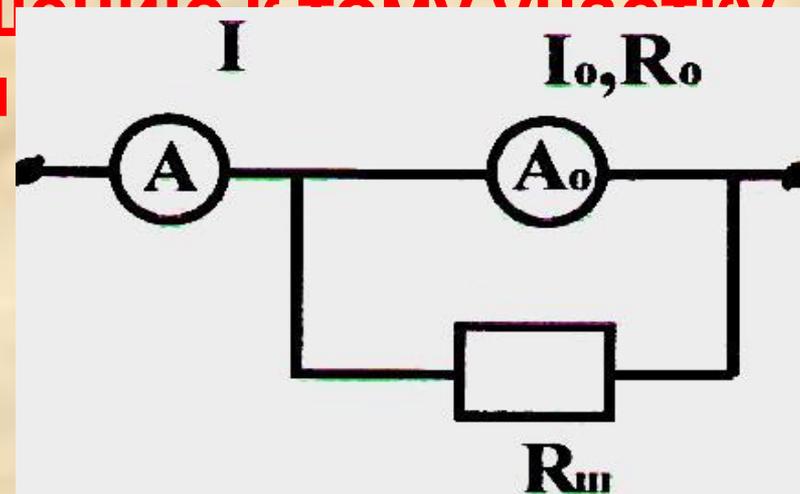
РАЗЪЕМ
ШТЕПСЕЛЬНЫЙ

ИЗМЕРЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ТОКА - СИЛЫ ТОКА:

Прибор амперметр включается в цепь последовательно по отношению к тому участку цепи, в котором измеряется ток.

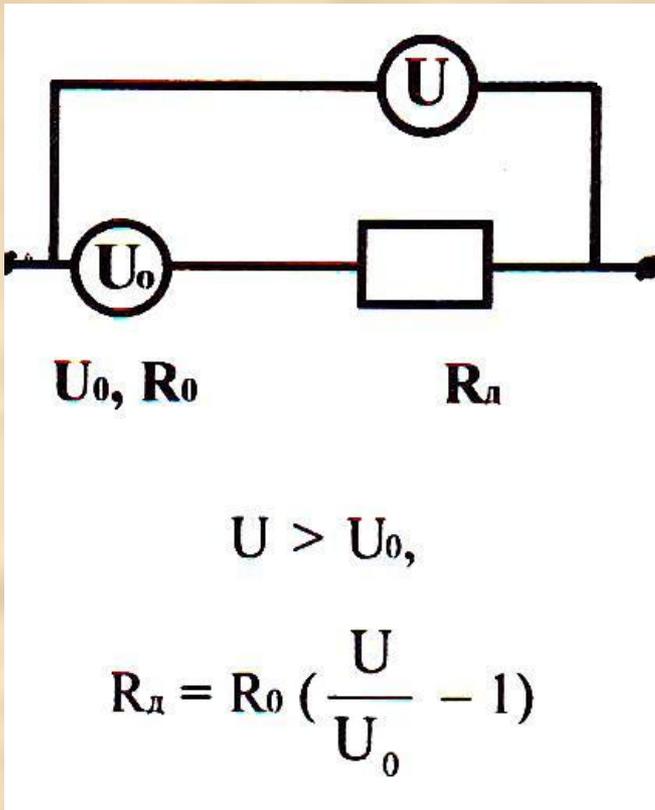
Шунтирование амперметра - параллельное подключение к амперметру

сопротивления $R_{ш}$, с его помощью амперметр измеряет токи выше номинального тока.



$$I > I_0,$$

$$R_{ш} = \frac{I_0 R_0}{I - I_0}$$



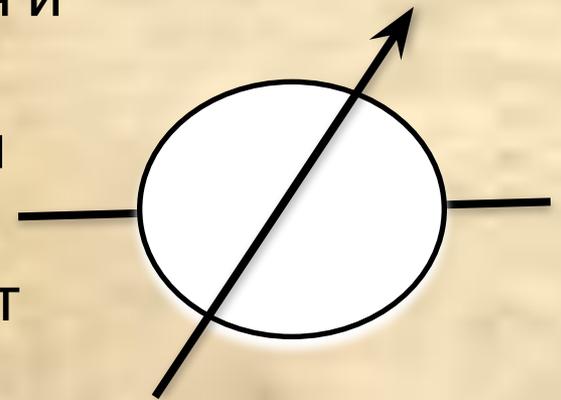
Измерение напряжения:

Прибор вольтметр включается в цепь параллельно к тем двум точкам цепи, между которыми измеряется напряжение.

Добавочное сопротивление R_d может позволить измерять напряжение больше номинального значения.

Гальванометр прибор для обнаружения и измерения слабых токов, небольших напряжений и небольших значений силы тока.

Он включается в цепь в зависимости от его назначения последовательно или параллельно.



3. Тепловое действие электрического тока.

Закон Джоуля—Ленца. Мощность электрического тока.

ЗАКОН ДЖОУЛЯ - ЛЕНЦА.

Тепловое действие тока объясняется столкновением и взаимодействием движущихся свободных зарядов, под действием электрического поля с ионами проводника, т.е. наличием у проводника сопротивления.

Впервые это независимо друг от друга установили Э.Х. Ленц и Р. Джоуль.

Работа электрического тока равна количеству теплоты, выделяемому проводником с током: $Q = A$.

На основании опытных данных можно утверждать, что в электрической цепи происходит ряд превращений энергии. При перемещении заряда вдоль электрической цепи кулоновскими и сторонними силами совершается работа A , Если электрическая цепь в рассматриваемой системе координат находится в состоянии покоя, а ток, протекающий по ней, постоянен ($I = \text{const}$), то совершаемая работа $A = IUt$.

По данной формуле можно вычислить работу, совершаемую электрическим током, независимо от того, в какой вид энергии превращается электрическая энергия. Эта работа может пойти на увеличение внутренней энергии проводника, т.е. его нагревание, на изменение механической энергии, например на движение проводника, с током в магнитном поле.

Необратимые преобразования электрической энергии в тепловую энергию объясняется взаимодействием электронов с ионами проводника. Сталкиваясь с ионами проводника, электроны передают им свою энергию. Вследствие этого увеличивается интенсивность колебаний ионов около положения равновесия. А с чем большей скоростью колеблются ионы, тем выше температура проводника. Ведь температура - это средняя мера средней энергии хаотического движения атомов, из которых состоит проводник.

Чтобы вычислить электрическую энергию, затраченную на нагревание проводника, нужно знать падение напряжения на данном участке

проводника $U = IR$. Получим: **$Q = A = I^2 R t$** -
закон Джоуля - Ленца.

- количество теплоты, которое выделяется в проводнике с током, пропорционально квадрату силы тока, времени его прохождения и сопротивлению проводника.

В случае с нагревательными приборами A будет количество теплоты необходимое на нагрев воды, плавление металла в электропечах и т.д.

Для расчета этой энергии необходимо вспомнить знания молекулярной физики.

ПОСТОЯННОГО ТОКА.

Электрическая энергия легко превращается в другие виды энергии, поэтому применения электрического тока разнообразны. В электрических плитках, лампах накаливания энергии затрачивается на нагревание.

Электродвигатель трамвая, электростанков - преобразуется в механическую энергию.

В радиостанциях, газосветовых лампах, лампах дневного света - в энергию электромагнитного излучения.

Мерой превращения энергии электрического тока в другие виды энергии является работа тока.

**Работа электрического тока на участке цепи: $A = IUt$,
[A] = Дж = Вт час**

Если ток затрачивает энергию только на тепловое действие, значит, энергия идет на нагревание данного участка цепи.

$$A = I^2 R t$$

Говоря о полной работе совершаемой источником тока, она зависит от ЭДС.

$$A = \varepsilon R t$$

Совершается сторонними силами в источнике тока.

Мощность тока

- электрического тока участка цепи равна произведению напряжения на силу тока:

Мощность тока

- электрического тока участка цепи равна произведению напряжения на силу тока:

$$P = I^2 R = IU \quad [P] = \text{Вт}$$

Мощность источника тока: $P = \varepsilon I$.

Говорить о мощности электрической плитки не совсем верно, это мощность тока в ней. Постоянной ее характеристикой является сопротивление.

Поэтому, $P = U^2 / R$

Если в паспорте электрической плитки написано 500 Вт при 110 В, значит, включая ее в сеть 220 В, мы увеличим мощность в 4 раза, и спираль плитки перегорит, т. е. расплавится под действием тока.

Опыты показывают, что в неподвижных металлических проводниках вся работа тока идет на увеличение их внутренней энергии. Количество теплоты, выделяемое проводником с сопротивлением R , по которому протекает ток силы I , равно

Здесь t – время протекания тока.
Эта формула выражает закон
Джоуля – Ленца.

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

КОРОТКОЕ ИЗАМЫКАНИЕ.

Замыкание электрической цепи проводником, имеющим ничтожно малое сопротивление, называется коротким замыканием.

$R \rightarrow 0$ по закону Ома

$$I_{\max} \equiv \frac{\mathcal{E}}{r}$$

Короткое замыкание очень вредное явление: кроме бесполезной затраты энергии и порчи генератора, оно часто служит причиной пожара, так как количество теплоты, выделенной током короткого замыкания в проводах, настолько велико, что они нагреваются до высокой температуры. Во избежание короткого замыкания находящиеся под напряжением проводящие провода должны быть по всей длине изолированы друг от друга и от стен здания. В квартирах нельзя включать приборы большой мощности, напр вызывает их нагрев, изоляция при этом портится, начинает крошиться и осыпается. Оголенные провода могут соприкоснуться, и произойдет короткое замыкание.

Для предотвращения вредных последствий короткого замыкания в электрическую цепь включаются плавкие предохранители, или пробки, соединенные последовательно с потребителями. При коротком замыкании проволока в предохранителе перегорает, и цепь размыкается. Существуют технические предохранители, фарфоровые,

ВЫДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОТЫ ТОКОМ В ПОТРЕБИТЕЛЯХ ПРИ ИХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМ И ПАРАЛЛЕЛЬНОМ СОЕДИНЕНИЯХ.

Последовательное соединение

- количество теплоты, выделенное током в отдельных участках цепи при последовательном соединении, прямо пропорционально сопротивлениям участков.

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

Параллельное соединение

- количество теплоты, выделенное током в параллельно соединенных участках цепи без ЭДС, обратно пропорционально сопротивлениям участков.

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

