

ОК -1

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК.
ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ
ЦЕПИ.ЗАКОН ОМА ДЛЯ ПОЛНОЙ
ЦЕПИ.

ОК -1 §102-108

ПОСТОЯННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК (11 часов)

ТУР3 1

срок сдачи:

- 955(137), 962, 964, 965, 968, 969 (6 - закон Ома для участка цепи)
- 976, 979, 982, 984, 993, 995 (6 - закон Ома для полной цепи)
- 1041, 1042, 1044, 1061, 1062, 1063 (6 - работа и мощность тока)
- 1173, 1179, , 1188, 1192, (4 - проводимость различных сред)
- **22 - 20 - «5», 19 - 16 - «4», 11 - 15 - «3»**

СР**ТАБЛИЦА «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ»**

(групповая работа, 1 слайд)

ДАТА: 10.09.18

Вид среды	Металлы	Жидкости	Полупроводники	Вакуум	Газы
Носители заряда - проводимость					
Модель среды					
Вольт-амперная характеристика					
Закон Ома					
Перенос вещества					
Параметры, влияющие на проводимость					
Зависимость сопротивления от температуры (график, формула)					
Специфические явления, законы					
Применение (подробно)					
Особенности					

I. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК-

упорядоченное движение свободных электрических зарядов (e, u^+, u^-) под действием ЭП
 $I = const$

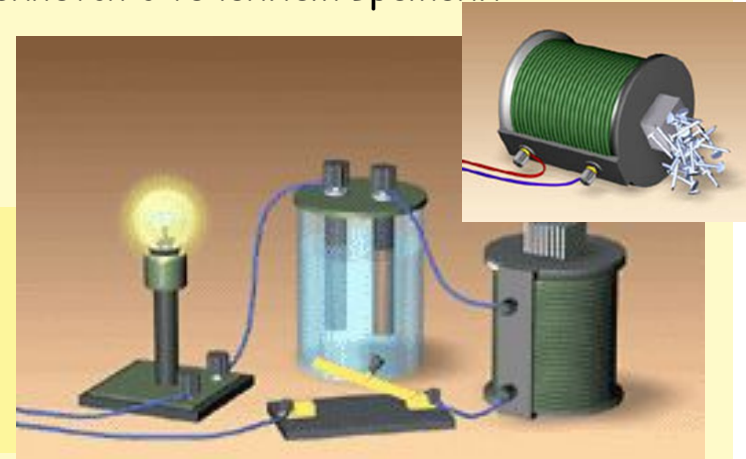
Постоянный электрический ток - ток, сила которого не изменяется с течением времени

УСЛОВИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ:

- свободные электрические заряды → проводники → Т, Ж, Г
- замкнутость электрической цепи
- наличие ЭП - источника тока

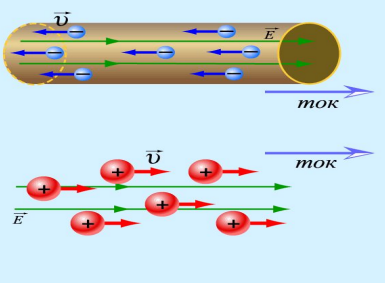
ДЕЙСТВИЯ ТОКА - явления, по которым обнаруживается электрический ток в цепи

- тепловое - нагревание - обогрев, освещение
- химическое - электролиз - получение чистых металлов
- магнитное (ОСНОВНОЕ!) - электродвигатель, э/и приборы



ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ:

1. Сила тока (I) - СФВ, равная отношению электрического заряда, прошедшего через поперечное сечение проводника, ко времени его прохождения



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

• $[I] = 1A$ - эталон (магнитное действие тока)

• НАПРАВЛЕНИЕ СОВПАДАЕТ С ДВИЖЕНИЕМ q^+

• СФВ, $I > 0, I \uparrow q^+$; $I < 0, I \uparrow q^-$

$$I = \frac{q}{t} = \frac{Nq_e}{t} = \frac{nVq_e}{t} = \frac{nSlq_e}{t} = q_e n v S$$

$$v_{тока} = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с} \quad v_e = 10^{-4} \text{ м/с}$$

• Связь силы тока с направленной скоростью:

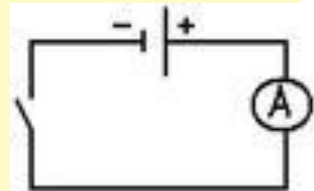
• Плотность тока

$$[j] = 1A/m^2$$

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

• АМПЕРМЕТР - прибор для измерения силы тока

в цепь - последовательно



2. Напряжение (U) (разность потенциалов) ($\varphi_1 - \varphi_2$) - СФВ, равная отношению работы ЭП по перемещению заряда ($q+$) к его величине (энергетическая характеристика ЭП)

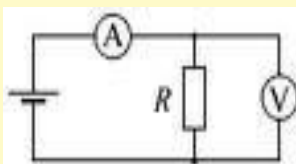
$$U = \frac{A}{q} \quad \cdot [U] = 1 \text{ Дж/Кл} = 1 \text{ В}$$

•Связь между напряжением и напряженностью:

$$A_{\text{ЭП}} = qEl \cos \alpha$$

$$A_{\text{ЭП}} = qU \Rightarrow El \cos \alpha = U \Leftrightarrow E = \frac{U}{l \cos \alpha}$$

ВОЛЬТМЕТР - прибор для измерения напряжения параллельно участку цепи



$$U = \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{-\Delta W_p}{q}$$

3. Сопротивление (R) - СФВ, равная отношению напряжения на концах проводника к силе тока в нём (свойство проводника препятствовать току).

$$R = \frac{U}{I} \quad \cdot [R] = 1 \text{ В/А} = 1 \text{ Ом} \quad \cdot [R] > 0 \text{ (всегда!)}, R = 0 \text{ (Сверхпроводимость)}$$

•Причины R ? $R \rightarrow$ e^- $u+$ - главная!! $\text{ЭП} u+$ •ОММЕТР- прибор для измерения сопротивления

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

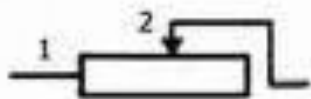


ρ - удельное сопротивление проводника

$$[\rho] = 1 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{м} = 1 \text{ Ом} \cdot \text{мм}$$



•РЕЗИСТОР - проводник с постоянным сопротивлением



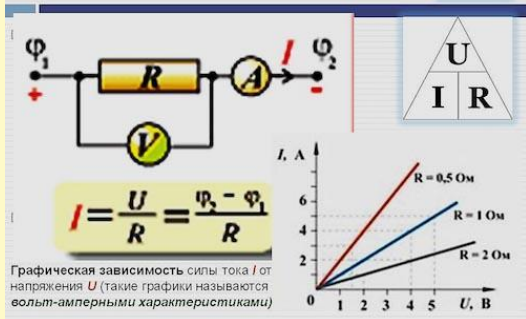
•РЕОСТАТ - устройство для регулирования силы тока

ЗАКОН ОМА ДЛЯ УЧАСТКА ЦЕПИ:

⇒ Сила тока на участке цепи прямо пропорциональна напряжению на концах этого участка и обратно пропорциональна его сопротивлению

Закон Ома для участка цепи

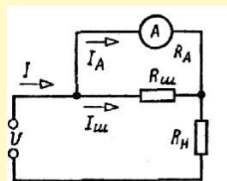
$$I = \frac{U}{R}$$



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

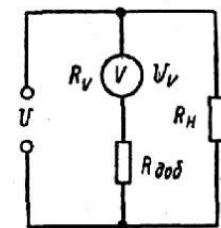
Расширение пределов измерительных приборов:

АМТЕРМЕТР - ШУНТ



$$R_{ш} = \frac{R_A}{n-1}$$

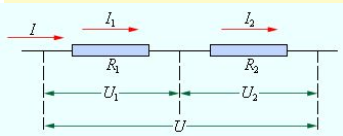
ВОЛЬТМЕТР - ДОБАВОЧНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ



$$R_{доп} \equiv (n-1) R_0,$$

СОЕДИНЕНИЕ ПРОВОДНИКОВ

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ - соединение, при котором конец предыдущего проводника соединяется с началом одного - последующего

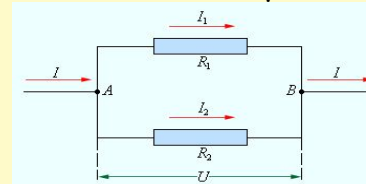


$$I_0 = I_1 = I_2 \Rightarrow \frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2}$$

$$U_0 = U_1 + U_2 \quad U_0 = nU$$

$$R_0 = R_1 + R_2 \quad R_0 = nR$$

ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ - соединение, при котором все проводники подключены между одной и той же парой точек (узлами)



СИЛА ТОКА

$$I_0 = I_1 + I_2 \quad I_0 = nI$$

НАПРЯЖЕНИЕ

$$U_0 = U_1 = U_2 \Rightarrow I_1 \cdot R_1 = I_2 \cdot R_2$$

СОПРОТИВЛЕНИЕ

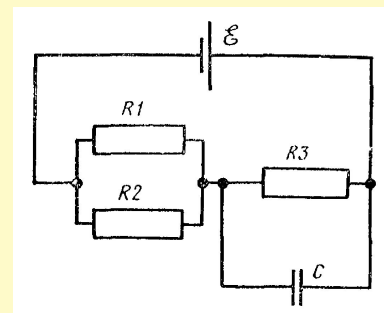
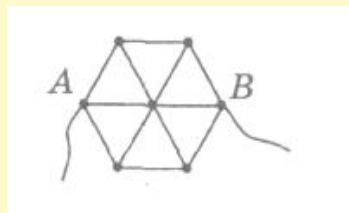
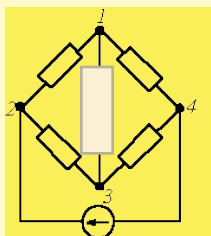
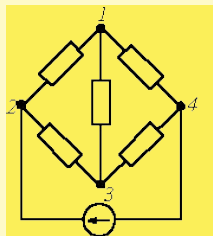
$$\frac{1}{R_0} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad R_0 = \frac{R}{n}$$

$$R_1 = R_2 = R$$

1. Если схема цепи содержит проводники с одинаковым сопротивлением, расположенные симметрично относительно какой-либо оси или плоскости симметрии, то концы этих проводников, симметричные относительно этой оси или плоскости симметрии, имеют одинаковый потенциал

2. Все концы проводников, потенциалы которых одинаковы, можно связать в один узел, заменяя несколько разных точек схемы одной точкой (и наоборот)

3. Постоянный ток через конденсатор не идет!!!



ТАКОЙ ПРОВОДНИК ИЗ СХЕМЫ МОЖНО ИСКЛЮЧИТЬ!

4. РАБОТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА (А) - СФВ, характеризующая энергию ЭП, равная произведению напряжения на концах участка цепи, силы тока и времени, в течение которого совершалась работа

$$A = IU\Delta t = qU = I^2 R\Delta t = \frac{U^2}{R} \Delta t = P\Delta t. \quad [A]=1\text{В}\cdot\text{А}\cdot\text{с}=1\text{ВКл}=1\text{Дж} \quad (\text{Д.Джоуль(Англия)})$$

счетчик электроэнергии - устройство для измерения работы тока

• $A_{\text{эп}} = \Delta U = Q$ - нагревание проводника (ЗСЭ)

⇒ • **ЗАКОН ДЖОУЛЯ - ЛЕНЦА** -
1831-1842 г. - независимо, экспериментально

Количество теплоты, выделяемое проводником с током, равно произведению квадрата силы тока, сопротивления и времени

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

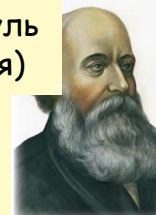
при последовательном соединении

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

при параллельном соединении

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

Д.Джоуль
(Англия)



Э. Ленц
(Россия)

Вещество	ρ , Ом,мм ² /м	Нагрев
медь	0,017	слабый
никелин	0,42	сильный

Чтобы проводник нагревался сильнее, он должен обладать большим удельным сопротивлением.

5. МОЩНОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА (Р) - СФВ, характеризующая быстроту совершения работы, равная отношению работы тока ко времени её совершения.

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

• ваттметр - прибор для измерения мощности тока



[P]=1В·А=1Вт (Д. Уатт (Англия))

СВЯЗЬ РАБОТЫ И МОЩНОСТИ

$$A = Pt$$

$$1\text{Дж} = 1\text{Вт} \cdot \text{с}$$

$$1\text{Вт} \cdot \text{ч} = 3600\text{Дж}$$

$$1\text{кВт} \cdot \text{ч} = 1000\text{Вт} \cdot \text{ч} = 3600000\text{Дж}$$

ПРОЯВЛЕНИЕ ЗАКОНА ДЖОУЛЯ-ЛЕНЦА

Вид	Лампа накаливания - электрический источник света, который излучает световой поток в результате накала проводника из тугоплавкого металла	Электронагрева- тельные приборы - устройства, в которых энергия электрического тока превращается в тепловую энергию.	Короткое замыкание -соединение концов участка цепи проводником, сопротивление которого очень мало по сравнению с сопротивлением участка цепи
ЗСЭ	$W_{эп} \rightarrow W_{св}$	$W_{эп} \rightarrow U$ (тепло)	$W_{эп} \rightarrow U$ (тепло)
Условие	$\rho \gg 0 \rightarrow R \rightarrow Q$ (тепло)		$R \downarrow_0 \rightarrow I^{max} \rightarrow Q \gg 0$
Вещество	Вольфрам ($t_{пл} = 3387^\circ C$) тугоплавкий	Нихром (никель, хром, марганец, железо) $\rho = 1,1 \text{ Ом мм}^2/\text{м}$	Медь ($t_{пл} = 1085^\circ C$) легкоплавкий
Применени е	Лампа накаливания	<ul style="list-style-type: none"> • плитка, фен • утюг, инкубатор • плойка, электропечь • чайник, сварка • паяльник, сушилка • кипятильник, 	Плавкий предохранитель - предохранитель с плавящимся проводником

ИСТОЧНИК ТОКА - устройство для превращения в электрическую энергию любых других видов энергии (разделяет заряды на $q+$ и $q-$).

**Э
Н
Е
Р
Г
И
Я**

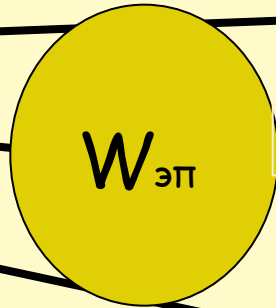
МЕХАНИЧЕСКАЯ

ВНУТРЕННЯЯ

СВЕТОВАЯ

МАГНИТНАЯ

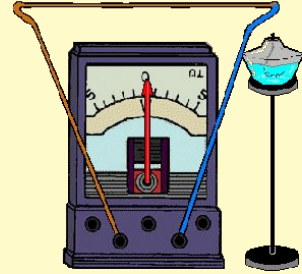
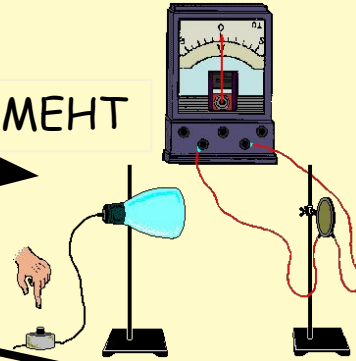
ХИМИЧЕСКАЯ



ЭЛЕКТРОФОРНАЯ МАШИНА

ТЕРМОЭЛЕМЕНТ

ФОТОЭЛЕМЕНТ



ГАЛЬВАНИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ

ГЕНЕРАТОР

1800г. - А.Вольта в честь Л. Гальвани

ВОЛЬТА А. (ИТАЛИЯ)
(1745-1827)

ГАЛЬВАНИ Л. (ИТАЛИЯ)
(1737-1798)

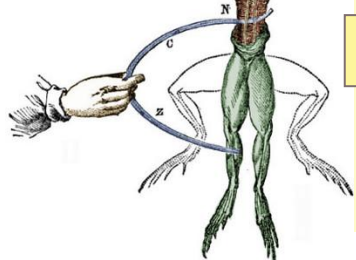
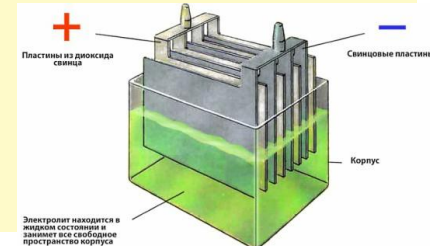
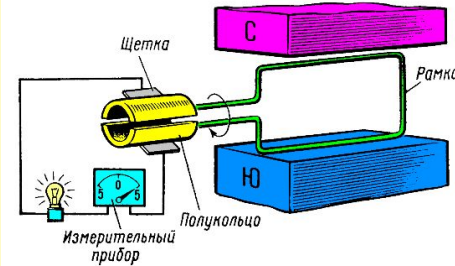


ЭЛЕМЕНТ ВОЛЬТА

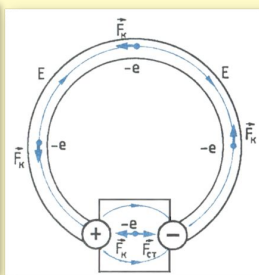
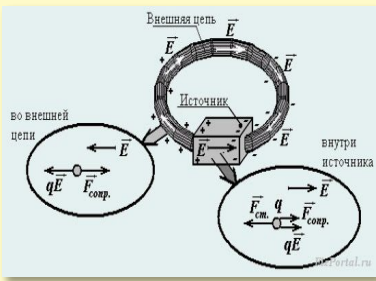


АККУМУЛЯТОР

1. свинцово-кислотные
2. железо-никелевые
3. никель-кадмиевые;

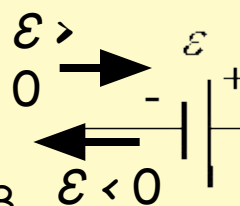


III. ЗАКОН ОМА ДЛЯ ПОЛНОЙ ЦЕПИ



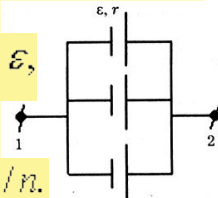
ЭДС (ЭЛЕКТРОДВИЖУЩАЯ СИЛА) (\mathcal{E}) - СФВ, энергетическая характеристика источника, равная отношению работы сторонних сил по перемещению положительного электрического заряда к его величине.

$$\mathcal{E} = \frac{A_{\text{стор.}}}{q}$$

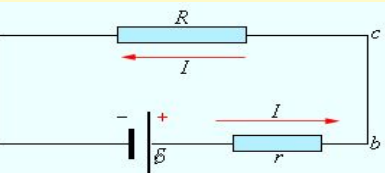


$$\mathcal{E} = \sum \mathcal{E}_i, \quad r = \sum r_i$$

$$\mathcal{E}_{\Sigma} = \mathcal{E}, \quad r_{\Sigma} = r/n$$



СТОРОННИЕ СИЛЫ ($F_{\text{ст}}$) - не потенциальные силы, действующие на электрический заряд $[\mathcal{E}] = \text{Дж/Кл} = \text{В}$



Сила тока в замкнутой цепи прямо пропорциональна ЭДС источника тока и обратно пропорциональна полному сопротивлению цепи.

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$$

R - внешнее сопротивление

r - внутреннее сопротивление

КПД цепи (η)

$$P_{\text{полезн}} = I^2 \cdot R$$

$$P_{\text{полн}} = P_{\text{полезн}} + P_{\text{потерь}} = I^2 \cdot R + I^2 \cdot r = I^2 \cdot (R + r)$$

$$A_{\text{ст}} = \mathcal{E}q = \mathcal{E}I\Delta t$$

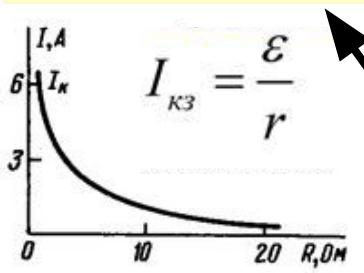
$$A_{\text{ст}} = Q = Q_{\text{внеш}} + Q_{\text{внут}} = I^2 R \Delta t + I^2 r \Delta t$$

$$\mathcal{E} I \Delta t = I^2 \Delta t (R + r)$$

$$\mathcal{E} = I(R + r)$$

$R \rightarrow 0$ (короткое замыкание)

$R \gg r$ (цепь разомкнута)

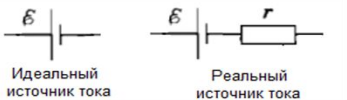
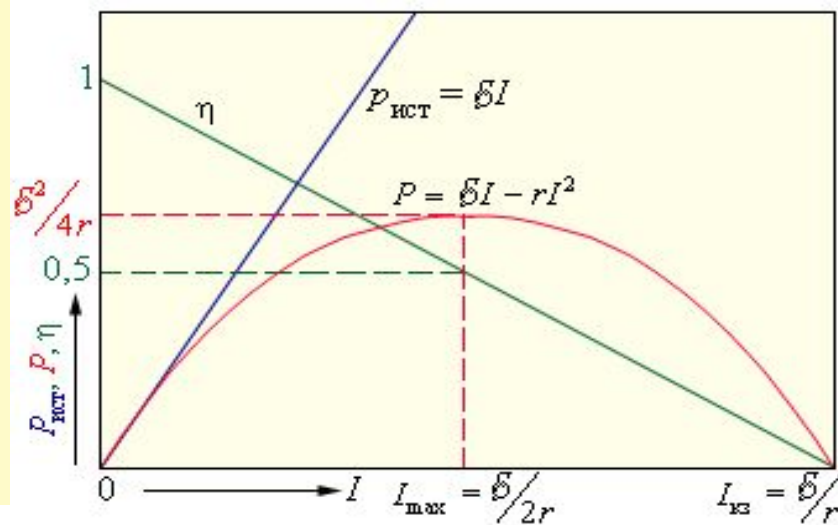


$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$$

$$U = \mathcal{E} - Ir$$

$$U = \frac{\mathcal{E}R}{R + r}$$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R} \Rightarrow U = IR = \mathcal{E}$$

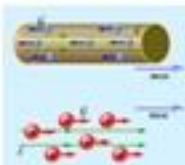


Электродинамика



Электрический ток – упорядоченное движение заряженных частиц

Направление: от \oplus к \ominus



Условия существования тока:

- наличие свободных зарядов;
- существование электрического поля.

Источники тока:

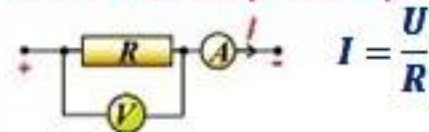
- Химические
- Физические



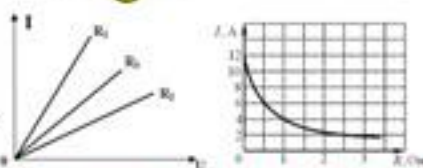
Сила тока – физическая величина, показывающая, какой заряд проходит через поперечное сечение проводника в единицу времени $I = \frac{\Delta q}{\Delta t} [A]$



Закон Ома для участка цепи



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



Работа тока **Мощность тока**

$$A = IU\Delta t \quad P = IU$$

[Дж] **[Вт]**

Закон Джоуля-Ленца
 $Q = IU\Delta t$

Действия тока:

- Тепловое;
- Магнитное;
- Химическое;
- Механическое.



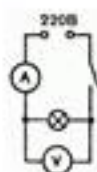
Соединения проводников

Series connection: $I = I_1 = I_2$
 $R = R_1 + R_2 + R_3$; $U = U_1 + U_2$

Parallel connection: $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$
 $I = I_1 + I_2$; $U = U_1 = U_2$

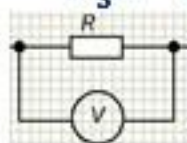
Напряжение – физ. величина, равная работе электрического поля по перемещению единичного заряда

$$U = \frac{A}{q} [V]$$



Сопротивление – физ. величина, характеризующая противодействие проводника электрическому току

$$R = \rho \frac{l}{S} [Om]$$



Условные обозначения

лампочка	
звонок	
реостат	
амперметр	
вольтметр	
хим. источник тока	
резистор	
конденсатор	
катушка индуктивности	

Работа и мощность тока



$A = IUt$ - работа тока

$P = IU$ - мощность тока

Закон Джоуля-Ленца

$Q = I^2 R t$ - количество теплоты

при последовательном соединении

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

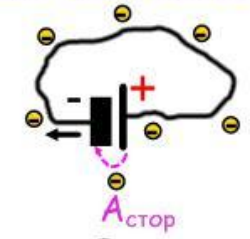
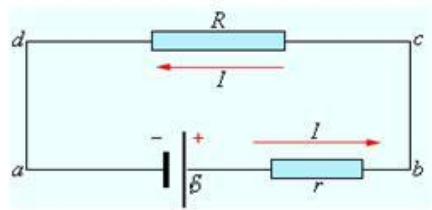
при параллельном соединении

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

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

- КПД эл. цепи

Закон Ома для полной цепи



$$I_{кз} = \frac{\epsilon}{r}$$

- ток короткого замыкания

$\epsilon = \frac{A_{ст}}{q}$ - электродвижущая сила

внешнее сопротивление цепи - $R+r$ - внутреннее сопротивление источника тока

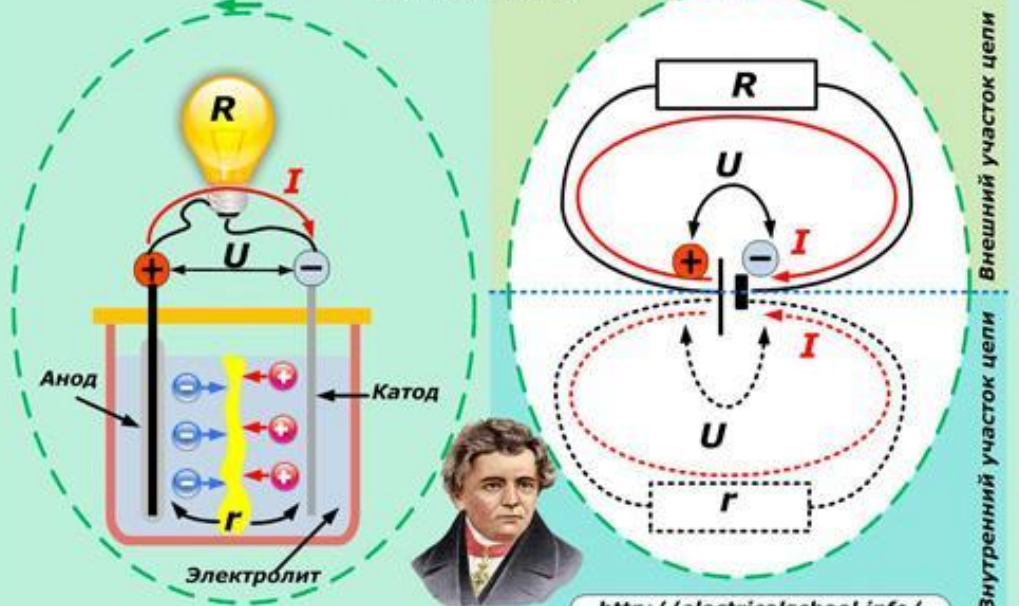
$U = \epsilon - Ir$ - напряжение на внешнем сопротивлении

$$U = \frac{\epsilon R}{R+r}$$

$$P = \frac{\epsilon^2 R}{(R+r)^2}$$

- мощность

Действие закона Ома для полной цепи



Georg Simon Ohm

<http://electricalschool.info/>

Внешний участок цепи
Внутренний участок цепи