



## Пермское подразделение Свердловского УЦПК

**Презентация по предмету:** «Электротехника»

**Тема:** «Постоянный ток и его основные законы»

**Преподаватель:** Чербунин А.Г.

# Содержание презентации

1. Введение
2. Строение вещества
3. Электрические заряды и их взаимодействие
4. Электрическое поле и его свойства
5. Характеристики электрического поля
6. Электрический ток и электропроводность вещества
7. Виды тока
8. Электропроводимость
9. Электрическое сопротивление и проводимость
10. Элементы электрической цепи
11. Законы Ома
12. Режимы работы электрических цепей
13. Законы Кирхгофа
14. Способы соединения потребителей электрической энергии
15. Работа и мощность электрического тока

# Введение

# ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

- - это наука о техническом использовании электрических и электромагнитных явлений.

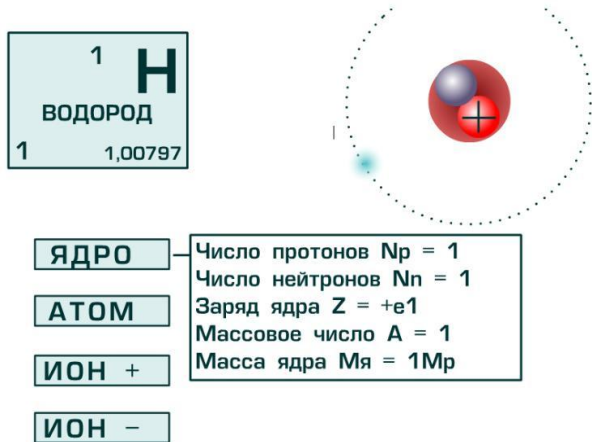
# Преимущества электрической энергии по сравнению с другими видами энергий:

1. Относительно не сложное получение электроэнергии с ГЭС, ТЭЦ, АЭС.
2. Возможность передачи электрической энергии на дальние расстояния.
3. Несложное распределение между потребителями.
4. Возможность преобразования электрической энергии в другие виды (механическую, световую, звуковую и др.)

# Строение вещества

# Строение вещества

Планетарная модель атома



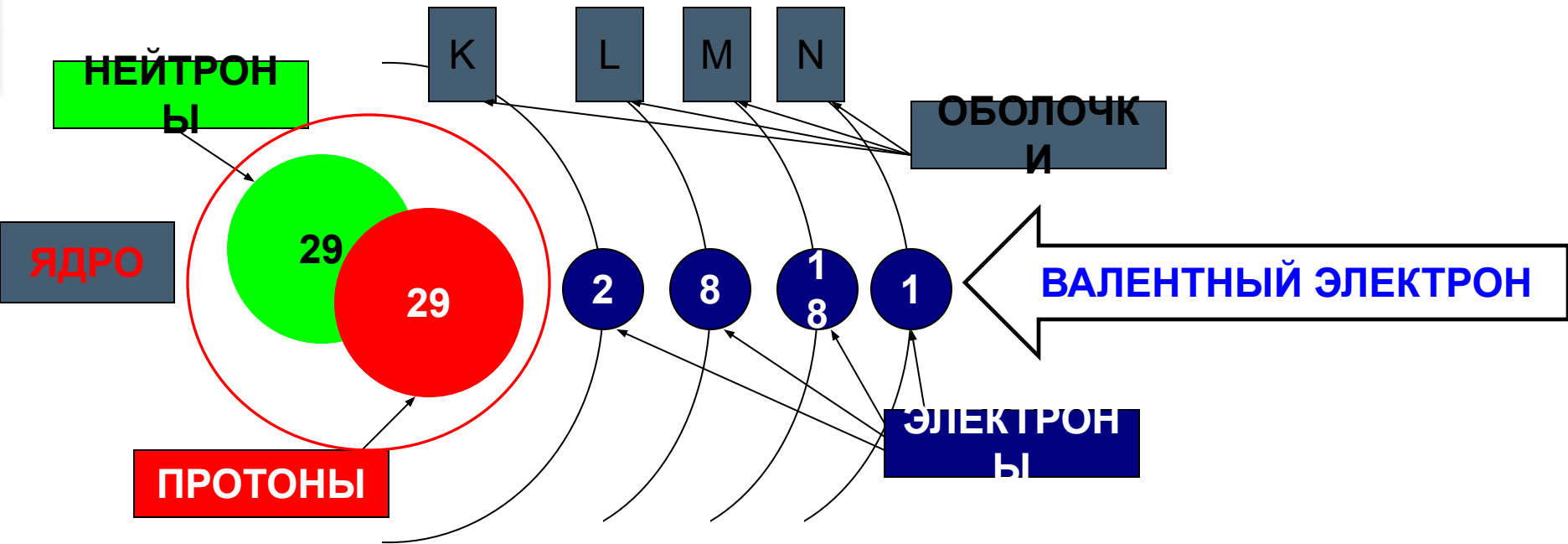
Атом состоит из **протонов**, **нейтронов** и **электронов**.

Ядро атома состоит из тяжелых равных по массе **положительно заряженных протонов** и имеющих **нейтральный заряд – нейтронов**.

— вокруг ядра по разрешенным орбитам (энергетическим уровням – оболочкам) вращаются легкие (легче протона в 1840 раз) **отрицательно заряженные электроны**.

# Модель атома меди

- Атом имеет нейтральный заряд, потому что содержит одинаковое количество положительно заряженных протонов и отрицательно заряженных электронов.



**ВАЛЕНТНЫЕ ЭЛЕКТРОНЫ** - это электроны, расположенные на внешней, самой удаленной от ядра оболочке. Они обладают **максимальной** энергией.

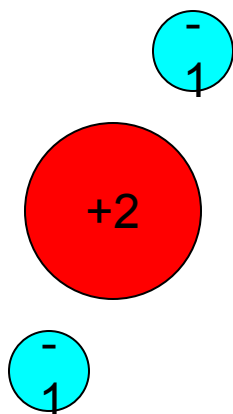


# ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В АТОМЕ

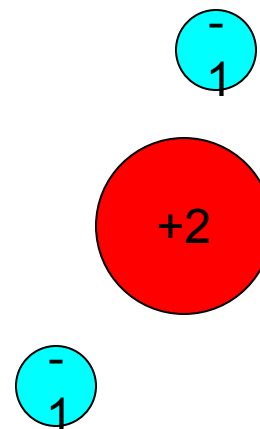
Отрицательно заряженные электроны удерживаются возле положительно заряженного ядра атома силами **ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРИТЯЖЕНИЯ.**

Положительные протоны в ядре, за счет очень близкого расположения друг к другу, притягиваются силами **ЯДЕРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ.**

# Физическая природа электричества



ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ ИОН



ОТРИЦАТЕЛЬНЫЙ ИОН

## Определения

- **Положительный ион** – атом который испытывает недостаток электронов;
- **Отрицательный ион** – атом который испытывает избыток электронов;
- **Ионизация** – процесс превращения нейтральных атомов в электрически заряженные частицы – ионы.

# Электрические заряды и их взаимодействие

- Электрические заряды обозначаются **Q** или **q** и измеряются в Кулонах (**Кл**)
- Заряд одного электрона очень маленький

• В данной формуле найдите две ошибки!

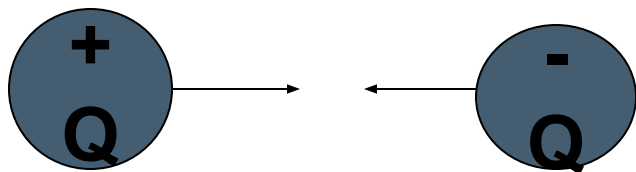
$$\bullet q(e^-) = -1,6 * 10^{-19}$$

# Закон взаимодействия заряженных частиц

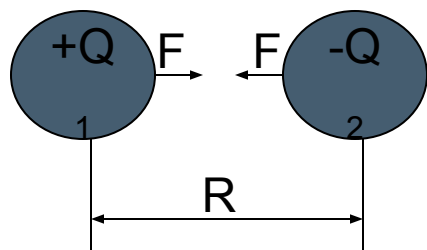
- Одноименные заряды отталкиваются



- Разноименные заряды притягиваются



# Закон Кулона



$$F = \frac{Q_1 \cdot Q_2}{4 \pi R^2 \epsilon_a}$$

$Q_1, Q_2$  - заряды

$R$  – расстояние между зарядами

$\epsilon_a$  – абсолютная диэлектрическая проницаемость

- Сила взаимодействия двух неподвижных точечных заряженных тел прямо пропорциональна произведению зарядов этих тел, обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними и зависит от среды.

## Закрепление пройденного материала. Правильные ответы.

- Из каких частиц состоят атомы?
- Какой заряд этих частиц? электроны -.
- Какое количество протонов, электронов и нейтронов в нейтральном атоме?
- Дайте определение отрицательного иона.  
Атом имеющий избыток электронов.
- Дайте определение положительного иона.  
Атом имеющий недостаток электронов.



# Электрическое поле и его свойства

# Электрическое поле

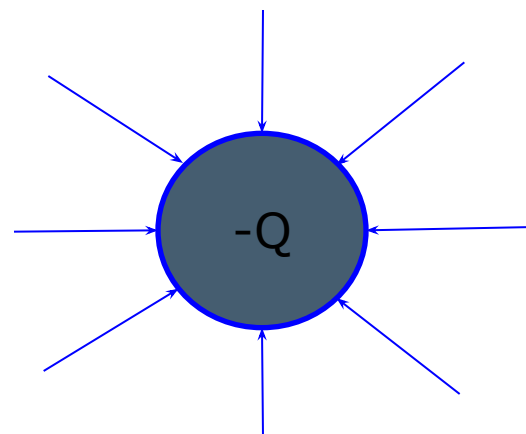
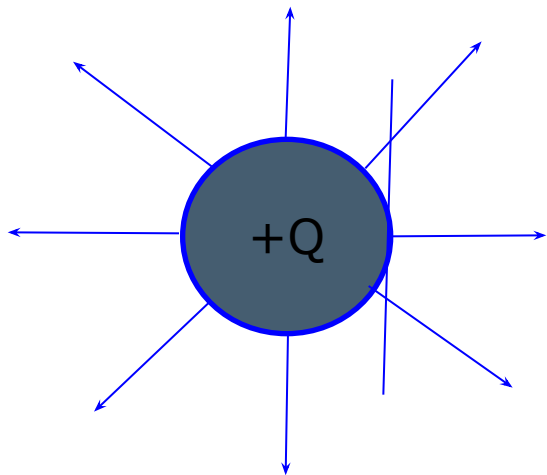
**Это – особый вид материи, который образуется:**

- 1) вокруг электрических зарядов или заряженных тел;
- 2) при изменении магнитного поля.

# Свойства электрического поля

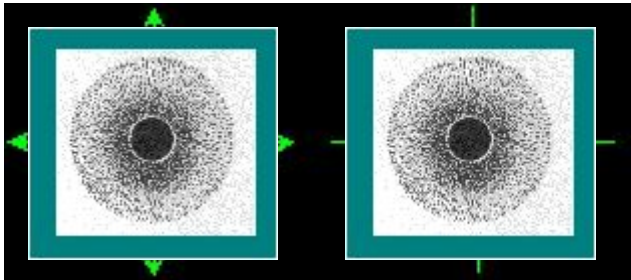
- Обладает энергией, за счет которой способно перемещать другие электрически заряженные частицы и тела;
- Не имеет ни запаха ни цвета.

# Электрическое поле условно обозначается электрическими силовыми линиями

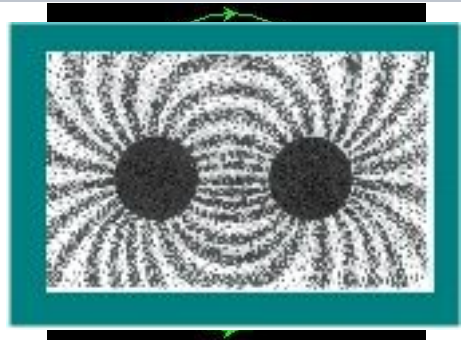


- **Электрические силовые линии:**
  1. Расположены перпендикулярно к поверхности заряженного тела;
  2. Направлены в сторону движения положительного заряда помещенного в это электрическое поле.

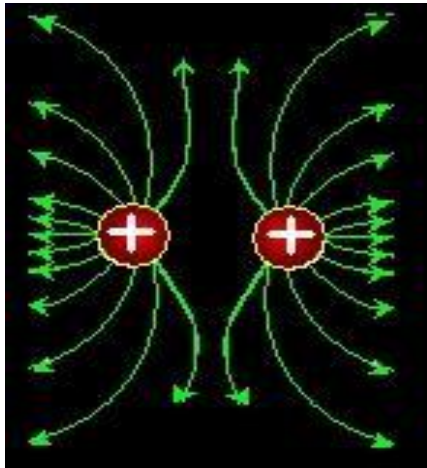
# Изображение электрических полей:



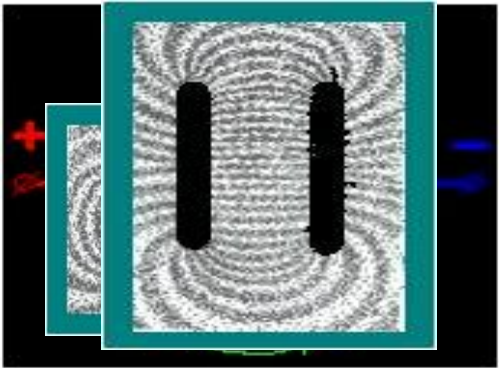
1. Вокруг одиночных зарядов



2. Вокруг разноименных зарядов



3. Двух одноименных зарядов



4. Двух параллельных и разноименно заряженных пластин

Данное поле является **ОДНОРОДНЫМ**



# Характеристики электрического поля

# Напряженность электрического поля



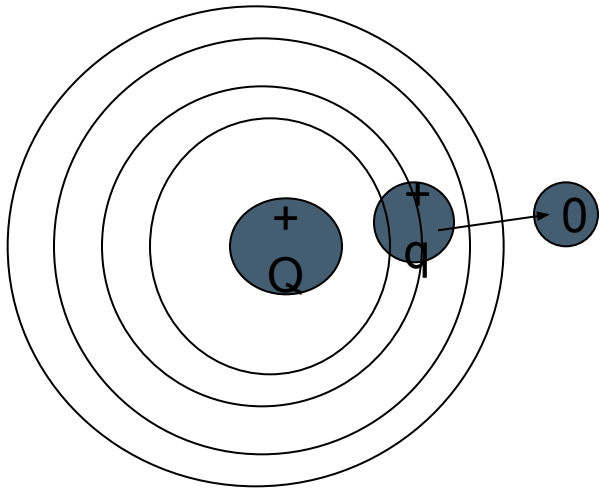
Под напряженностью понимают отношение силы  $F$ , действующей на заряженное тело в данной точке поля, к заряду  $q$  этого тела.

Размерность напряженности в СИ:

$$[E] = \text{Н} / \text{Кл} = \text{Дж} / (\text{м} \cdot \text{Кл}) = \text{А} \cdot \text{В} \cdot \text{с} / (\text{м} \cdot \text{А} \cdot \text{с}) = \mathbf{В / м}$$

$$E = \frac{F}{q}$$

# Электрический потенциал.



- **Электрический потенциал** в данной точке поля равен работе, которую могут совершить силы этого поля при перемещении единицы положительного заряда из данной точки поля в точку, потенциал которой принят за нуль.

$$\phi = \frac{W}{q}$$

**Работа**

---

**Заряд**



# Напряженность электрического поля.

- Напряженность электрического поля при однородном поле представляет собой отношение электрического напряжения, действующего между двумя точками поля, к расстоянию / между этими точками.

умя  
u)

которую могут совершить силы поля при перемещении единицы положительного заряда из одной точки поля в другую

$$E = \frac{U}{l}$$

$$U = \frac{W}{q}$$

Размерность потенциала и напряжения в СИ:  $[\varphi] = [U] = В$  (Вольт)

## Закрепление пройденного материала

### Как расположены и направлены силовые линии электрического поля?

#### Электрические силовые линии:

1. **Дайте определение электрического потенциала.**  
Расположены перпендикулярно к поверхности заряженного тела;

2. **Дайте определение электрического напряжения.**  
Электрический потенциал в данной точке поля равен работе по перемещению единичного положительного заряда из данной точки поля в точку, потенциал которой принят за ноль.

3. **Дайте определение электрической напряженности.**  
Электрическое напряжение численно равно работе, которую могут совершить силы этого поля при перемещении единицы положительного заряда из одной точки поля в другую.

Под напряженностью точки поля понимают силы  $F$ , действующей на заряженное тело в данной точке поля, к заряду.

# Электрический ток и электропроводность вещества

# Определение электрического тока

- Электрический ток – упорядоченное движение заряженных частиц материи (электронов, ионов) под действием электрического поля.



# Единица силы тока

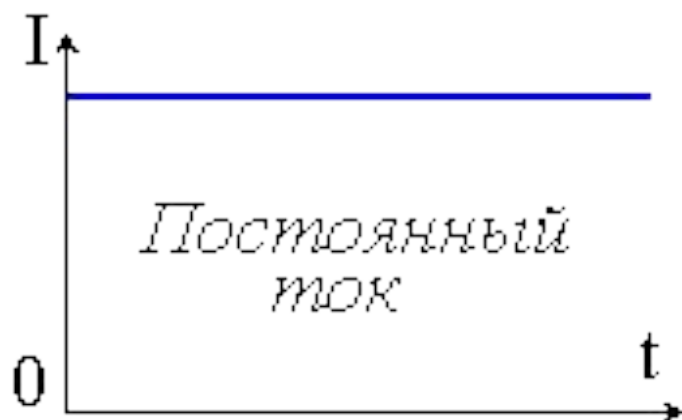
- Сила тока обозначается **I i**
- За единицу силы тока принят
- **1 АМПЕР (А)**
- Это такой ток, при котором через поперечное сечение проводника каждую секунду проходит 1 Кл (Кулон) количества электричества.



Виды тока

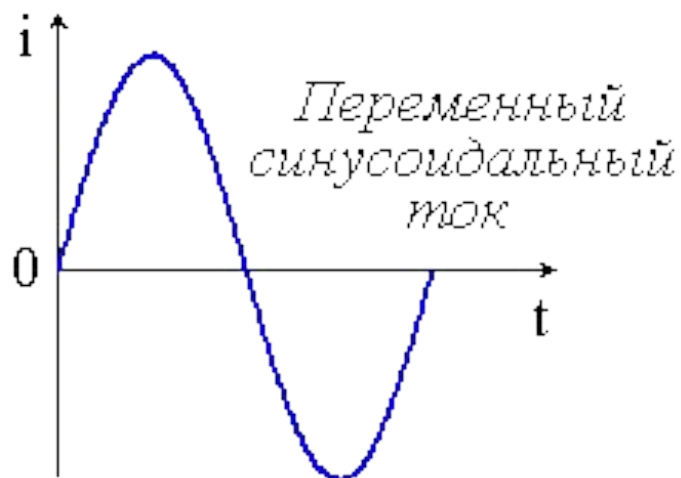
# 1. Постоянный ток

- **Постоянный ток** – такой ток значение и направление которого в любой момент времени **остается неизменным**.
- Обозначается одной или двумя чертами (–, =) или буквами DC (ди-си)



## 2. Переменный ток

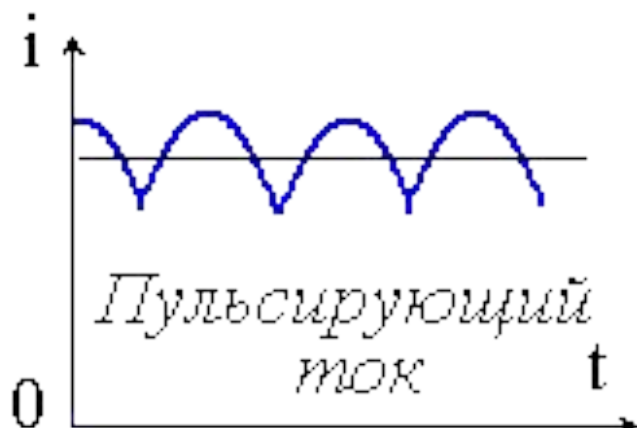
- **Переменный ток** - с течением времени **изменяется и по величине и по направлению** с определенной частотой.
- Обозначается символом синусоиды  $\sim$  или буквами АС (эй-си)





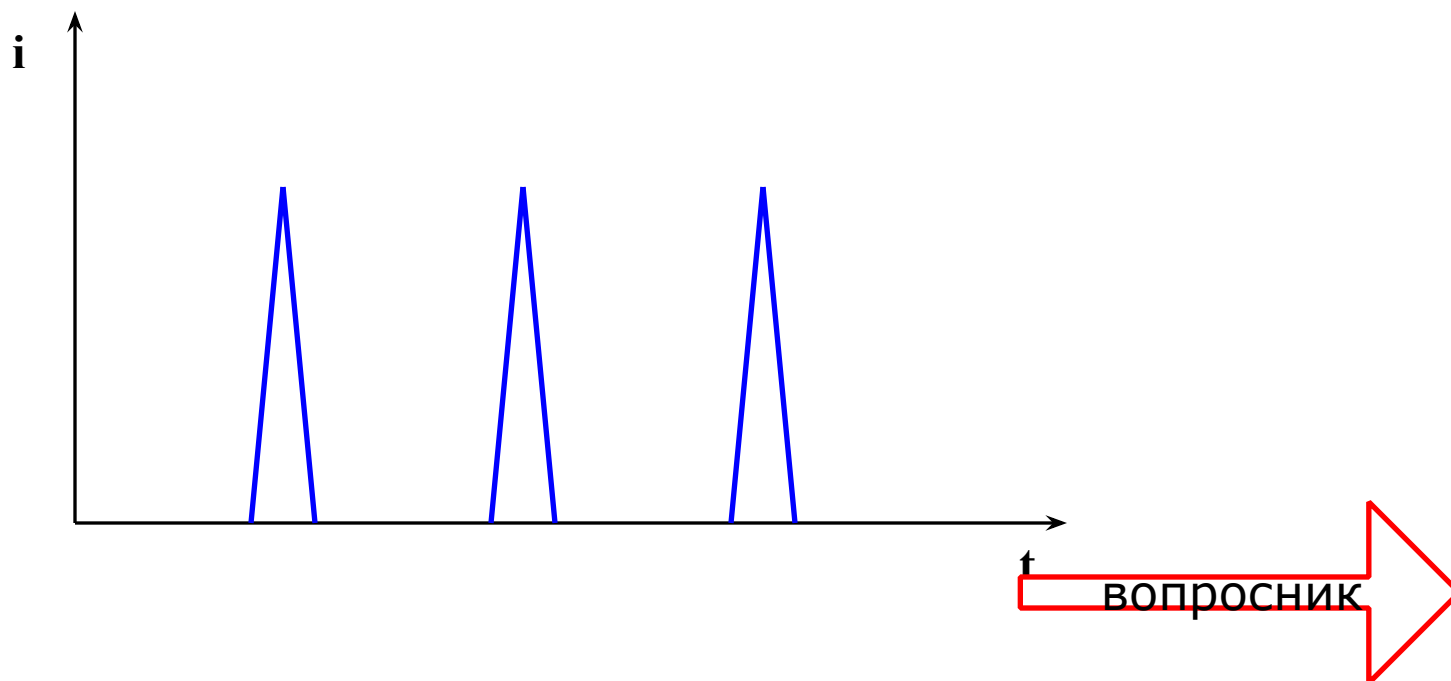
### 3. Пульсирующий ток

- **Пульсирующий ток** – с течением времени **изменяется только по величине**.



## 4. Импульсный ток

- **Импульсный ток** – сочетание коротких импульсов тока



## Закрепление пройденного материала

**Дайте определение электрического тока.**

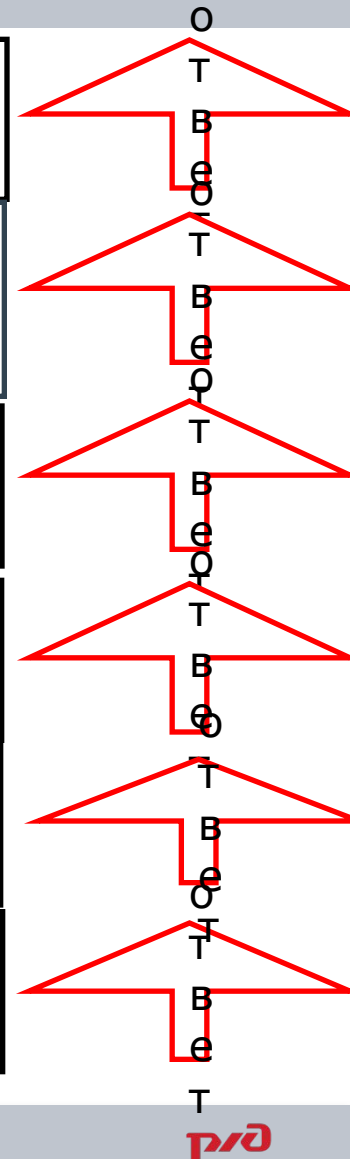
**В каких единицах измеряется сила тока?**

**Дайте определение постоянного тока.**

**Дайте определение переменного тока.**

**Дайте определение пульсирующего тока.**

**Дайте определение импульсного тока.**



# Электропроводимость

# Определение

- **Электропроводность** – свойство вещества проводить электрический ток под действием электрического поля.

В зависимости от электропроводимости все вещества делятся на **3 группы**:

- а. **ПРОВОДНИКИ**
- б. **ДИЭЛЕКТРИКИ** (изолирующие материалы)
- в. **ПОЛУПРОВОДНИКИ**

- **Проводники** – материалы, имеющие свободные заряды, которые могут перемещаться в объеме проводника под действием сколь угодно малого электрического поля

$$\rho < 10^{-5} \text{ Ом*м.}$$

- **Диэлектрики** – материалы, практически не проводящие электрический ток

$$\rho > 10^8 \text{ Ом*м.}$$

- **Полупроводник** – материалы, удельное сопротивление которых варьируется в пределах

$$10^{-5} \text{ Ом*м} < \rho < 10^8 \text{ Ом*м.}$$

# ПРОВОДНИКИ

- Проводники различаются физической природой протекания электрического тока. Различают 3 рода проводников:

## 1-ый род МЕТАЛЛЫ

- проводники с электронной проводимостью;

## 2-ой род ЭЛЕКТРОЛИТЫ

- проводники с ионной проводимостью;

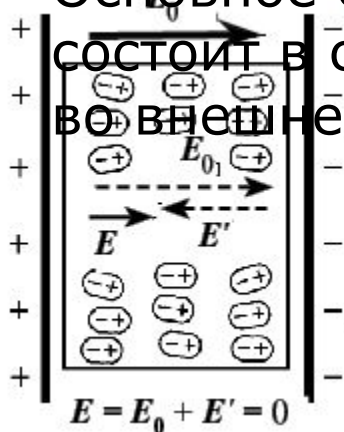
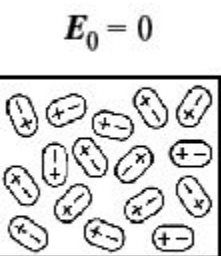
## 3-ий род ГАЗЫ, ПАРЫ

- проводники со смешенной проводимостью.



# ДИЭЛЕКТРИКИ

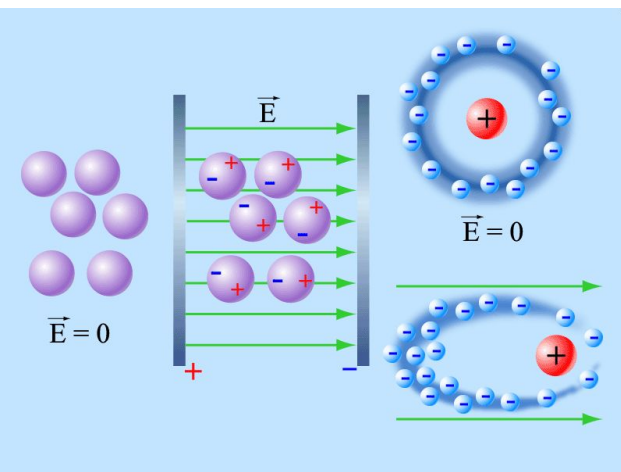
- Основное свойство диэлектрика состоит в способности поляризоваться во внешнем электрическом поле.



Различают 2 вида диэлектриков:

**ПОЛЯРНЫЕ** – молекулы у которых центры «+» и «-» зарядов не совпадают (спирты и вода)

**НЕПОЛЯРНЫЕ** – атомы и молекулы у которых центры «+» и «-» зарядов совпадают (инертные газы, кислород, водород, полиэтилен)



## Закрепление пройденного материала

**Перечислите виды диэлектриков.  
Дайте определение чем они  
отличаются.**

### **Диэлектрики:**

- полярные (центр «+» и «-» не совпадают);
- не полярные (центр «+» и «-» совпадают).

# Электрическое сопротивление и проводимость

# ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ

- Сопротивление обозначают  $R, r$ .
- За единицу сопротивления принимают  $1\text{ Ом}$
- таким сопротивлением обладает проводник, по которому проходит ток в  $1\text{ А}$  при разности потенциалов на его концах (напряжении)  $1\text{ В}$ .
- **Эталон сопротивления  $1\text{ Ом}$**  – столбик ртути длиной -  $106,3\text{ см}$ , сечением  $S=1\text{ мм}^2$ ; при температуре  $t=0^{\circ}\text{С}$ .

# ПРОВОДИМОСТЬ

- **Проводимость** – способность проводить электрический ток.
- Величина **обратная** сопротивлению.
- Обозначается  $G=1/R$
- Измеряется в Симменсах (**См**)
- $1\text{См}=1/1\text{Ом}$

# Удельное электрическое сопротивление и проводимость

- Удельное электрическое сопротивление – сопротивление куба с ребром в 1 метр.
- Обозначается  $\rho$  (ро)
- $\rho = 1 \text{ Ом} \cdot \text{м}$  (в справочниках  $\text{Ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{м}$ )
- Удельная электрическая проводимость – проводимость куба с ребром в 1 метр.
- Обозначается  $\sigma$  (сигма)
- $\sigma = 1 / \rho$  ( $1 / \text{Ом} \cdot \text{м}$ )

# Сопротивление проводника

Сопротивление проводника зависит:

- **От материала проводника.** Характеризуется удельным сопротивлением  $\rho$  (**ро**). Удельное сопротивление - это сопротивление проводника длиной 1 метр, площадью сечения  $1 \text{ мм}^2$  при  $t = 20^\circ\text{C}$ .

Указывается в справочниках, измеряется  $\text{Ом} \times \text{мм}^2/\text{м}$

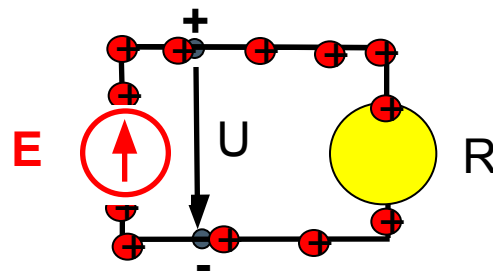
- **От длины проводника  $l$ , [м]** – прямо пропорционально;
- **От площади сечения  $S$ , [мм<sup>2</sup>]** - обратно пропорционально;

Т а б л и ц а 2. Удельное сопротивление проводниковых материалов,  $\text{Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$

Материал	Удельное сопротивление	Материал	Удельное сопротивление	Материал	Удельное сопротивление
Серебро	0,016	Железо	0,098	Константан	0,44—0,52
Медь	0,017	Ртуть	0,958	Нихром	1,00—1,10
Алюминий	0,028	Никелин	0,43	Фехраль	1,10—1,30
Вольфрам	0,055	Манганин	0,44	Хромель	1,30—1,50

# ЭЛЕКТРОДВИЖУЩАЯ СИЛА

- ЭДС – обозначается –  $E$  (В) [Вольт].
- ЭДС численно равна работе сторонних сил по перемещению единицы положительного заряда **внутри источника** электрической энергии против сил электрического поля.





# НАПРЯЖЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

- Численно равно работе сил электрического поля по перемещению единицы положительного заряда из одной точки электрического поля в другую **во внешней цепи**.
- ЭДС и Напряжение измеряются в **В** [Вольтах].

## Закрепление пройденного материала

**Дайте определение удельной электрической проводимости.**

Удельная электрическая проводимость – проводимость куба с ребром в 1 метр.

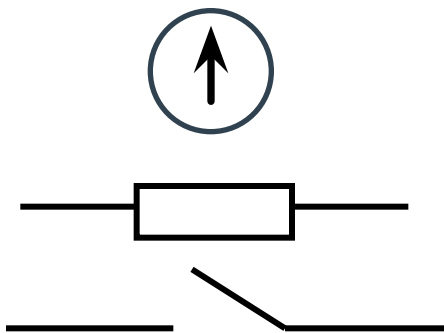
Обозначается  $\sigma$  (сигма)

$$\sigma = (1/\text{Ом} \cdot \text{м})$$

# Элементы электрической цепи

# Электрическая цепь состоит из:

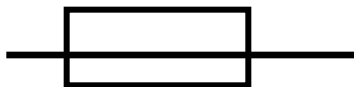
- Источника тока
- Потребителя
- Выключателя



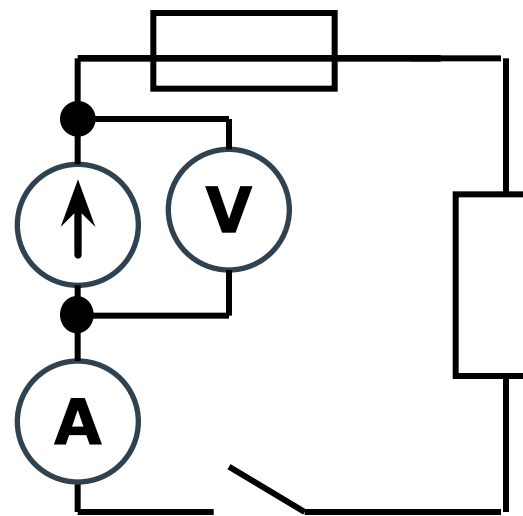
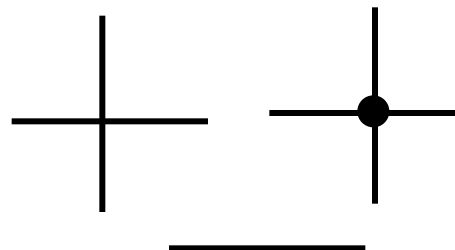
- Измерительных приборов



- Защитных аппаратов



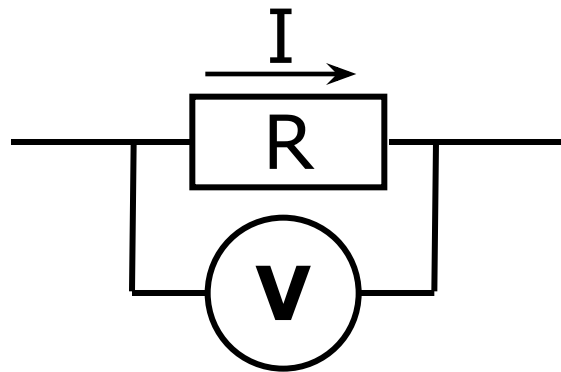
- Соединительных проводов



# Законы Ома

# Пояснение к закону Ома

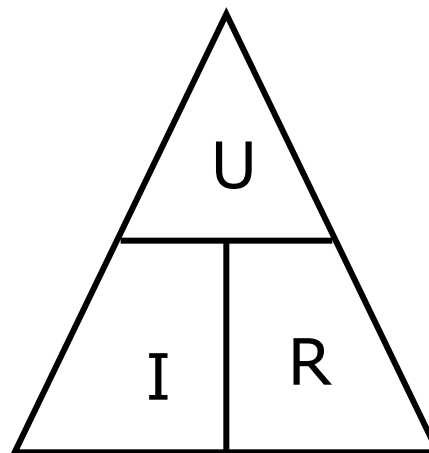
- Если взять какое-то сопротивление  $R$
- и приложить к нему какое-то напряжение  $U$ ,
- то через это сопротивление пройдёт электрический ток  $I$  определенной величины.



# Закон Ома для участка цепи

- Сила тока  $I$  прямо пропорциональна напряжению  $U$  и обратно пропорциональна сопротивлению  $R$

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



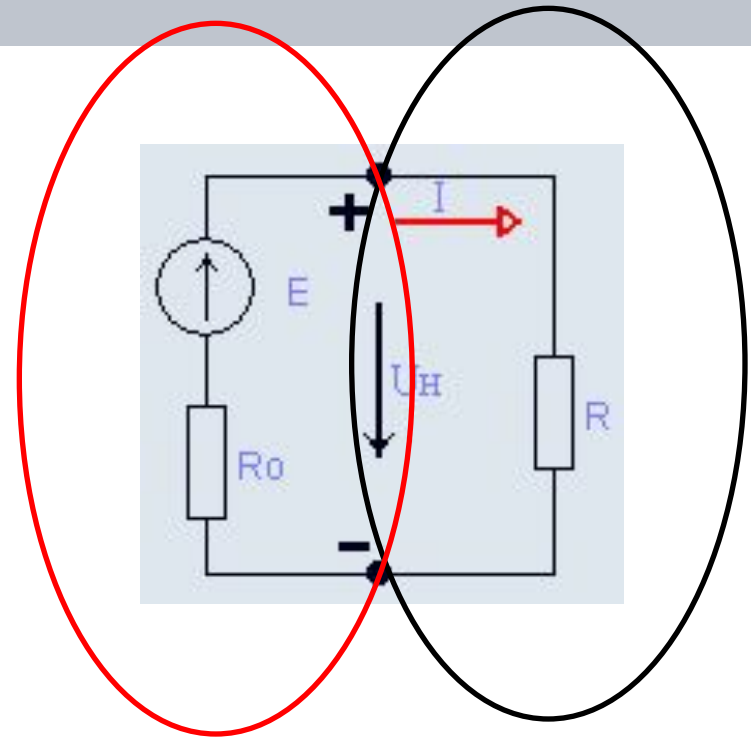
# Закон Ома для полной цепи

- Сила тока прямо
- пропорциональна ЭДС источника электрической энергии
- и обратно пропорциональна ПОЛНОМУ сопротивлению цепи

$$I = \frac{E}{(R + R_0)}$$

R - сопротивление внешней цепи

R<sub>0</sub> - Внутреннее сопротивление источника тока



Источник электрической энергии

Внешняя цепь



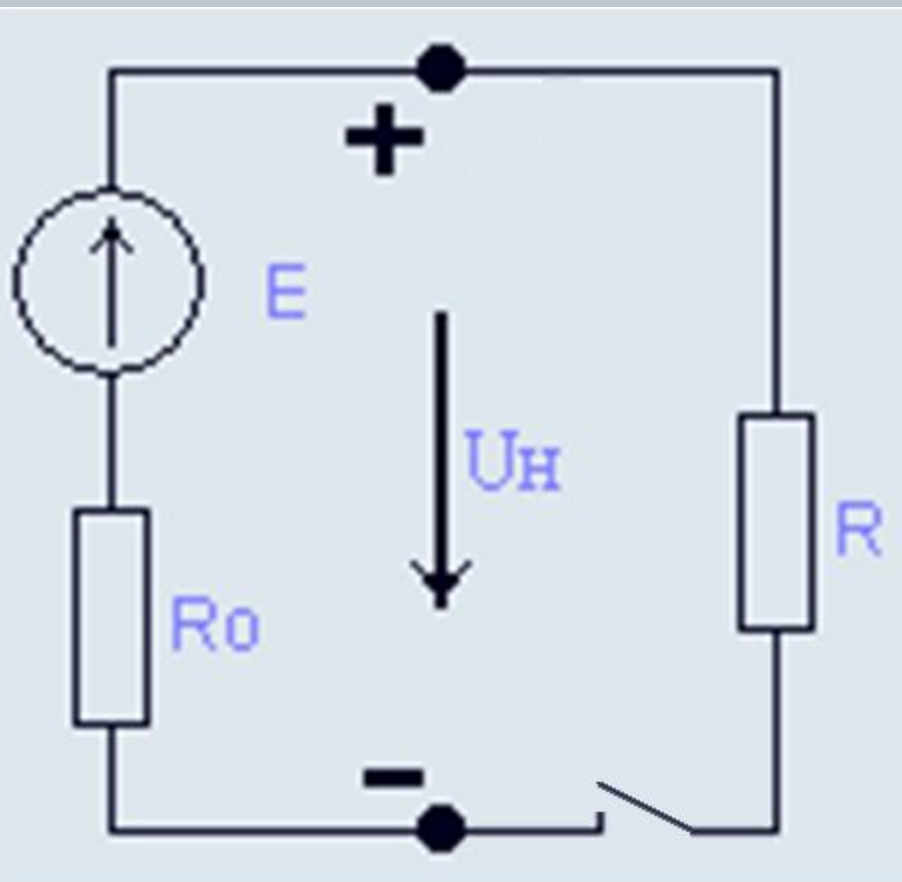
## Как различаются ЭДС и напряжение?

- $E = I \cdot (R + R_0) = I \cdot R + I \cdot R_0 = U + I \cdot R_0;$   
т.е.  $U = E - I \cdot R_0;$

Из данных выражений видно, что напряжение меньше электродвижущей силы на величину  $I \cdot R_0$ .

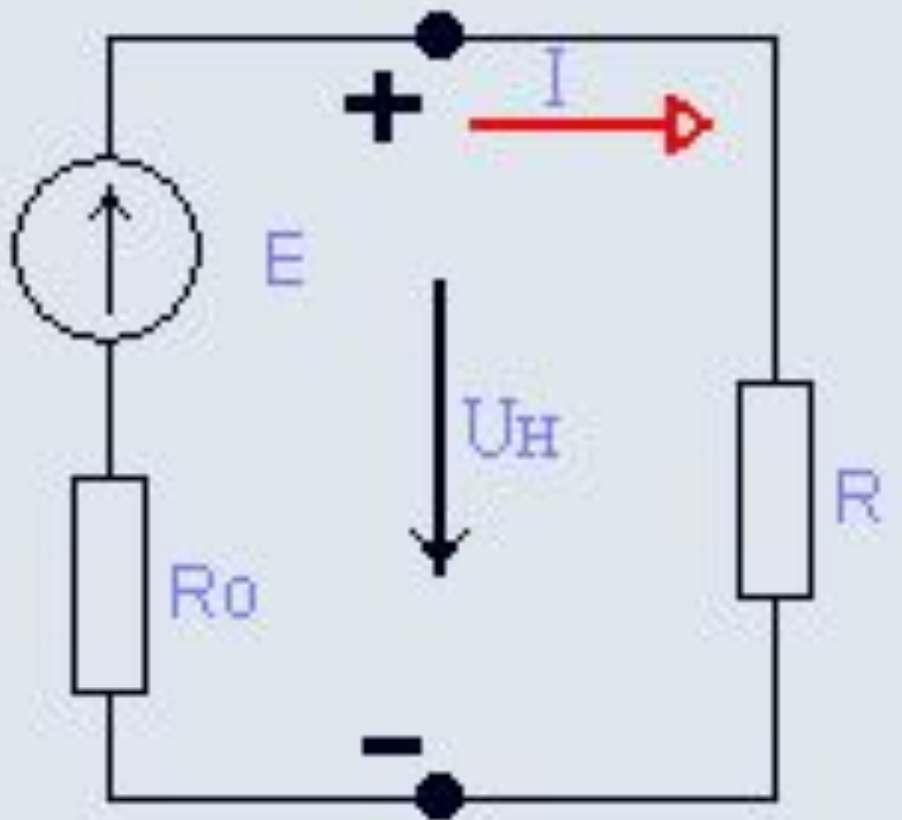
# Режимы работы электрических цепей

## Режим холостого хода.



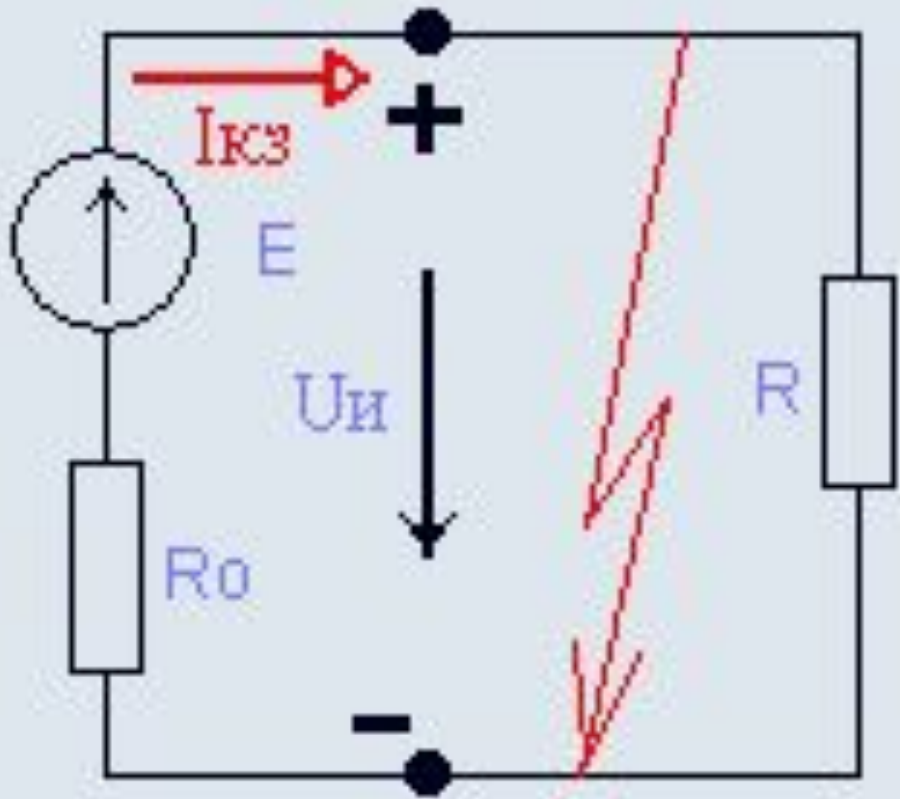
- $I=0$
- $E=U$  (т.к.  $I \cdot R_0 = 0$ )

## РЕЖИМ НАГРУЗКИ (рабочий режим)



- $I \neq 0$
- $E = U + I \cdot R_0$

# РЕЖИМ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ



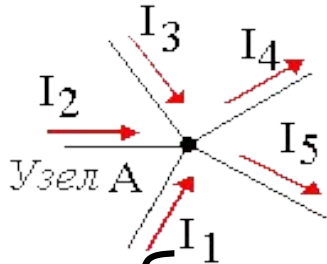
- $R \approx 0$
- $U \approx 0$
- $E = I \cdot R_0 \Rightarrow$
- $I_{кз} = E/R_0$
- ( $R_0$  – очень **маленькая** величина)

Поэтому величина тока короткого замыкания будет очень **большой** величиной.

# Законы Кирхгофа

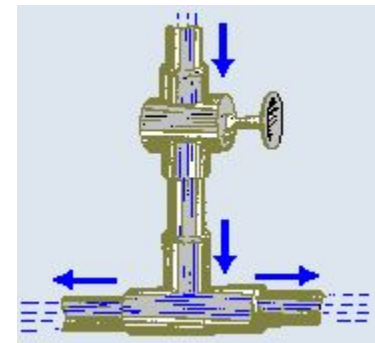
# 1-ый закон Кирхгофа

- Сумма токов входящих в узел равна сумме токов исходящих из узла.



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

- Алгебраическая сумма токов входящих и исходящих равна нулю.
- $\sum I = I_1 + I_2 + I_3 - I_4 - I_5 = 0$



## 2-ой закон Кирхгофа

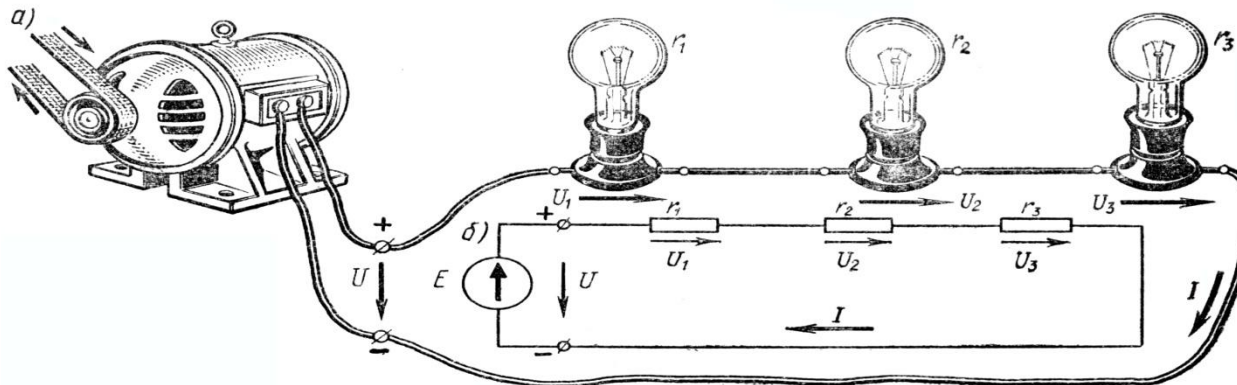
- Сумма источников ЭДС замкнутой электрической цепи равна Сумме падений напряжений на отдельных участках этой цепи.
- $\sum E = \sum IR$



# Способы соединения потребителей электрической энергии

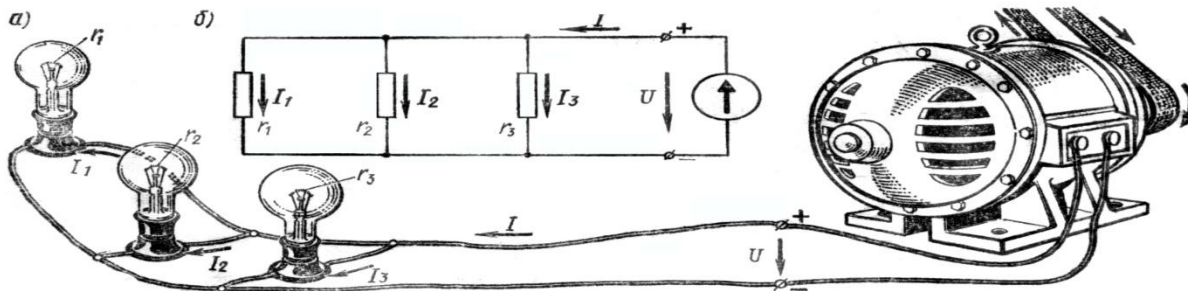
# Последовательное соединение

- $I_{\text{общ}} = I_1 = I_2 = I_3 = I_{\text{ист.}}$ ;
- $U_{\text{общ}} = U_1 + U_2 + U_3$ ;
- $R_{\text{общ}} = R_1 + R_2 + R_3$ ;



# Параллельное соединение

- $U_{\text{общ}} = U_1 = U_2 = U_3;$
- $I_{\text{общ}} = I_1 + I_2 + I_3;$
- $G_{\text{общ}} = G_1 + G_2 + G_3;$
- т.е.  $1/R_{\text{общ}} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3;$
- $R_{\text{общ}} = (R_1 * R_2 * R_3) / (R_2 * R_3 + R_1 * R_3 + R_1 * R_2)$

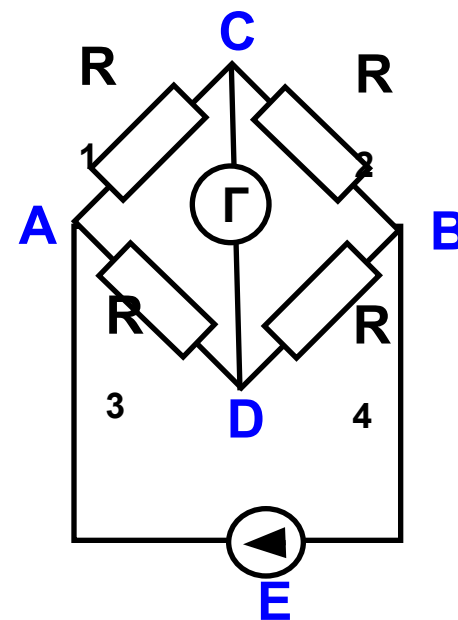


# Смешанное соединение (мостовая схема)

- **A – B** - питающая диагональ
- **C – D** - измерительная диагональ.

- Уравновешенным мост будет при соблюдении следующих равенств:

1.  $R_1 = R_2 = R_3 = R_4;$
2.  $R_1 = R_3$  и  $R_2 = R_4;$
3.  $R_1/R_3 = R_2/R_4;$
4.  $R_1 * R_4 = R_2 * R_3;$



# Работа и мощность электрического тока

# Работа тока

- это энергия, которая выделяется при прохождении тока по проводнику.
- $W = U * I * t$  [Вт\*сек]
- $1 \text{ Дж} = 1 \text{ Вт} * \text{с} \Rightarrow \text{кВтч} = 3,6 * 10^6 \text{ Дж}$

# Мощность

- Это работа (энергия), выделенная за единицу времени.
- **Мощность любой электрической машины**
- $P=U \cdot I$  Вт (ватт)  
определяет:

- 1) Способность преодолевать механическую нагрузку на валу;
- 2) Расход электроэнергии;
- 3) Силу тока в цепи.

# Потеря энергии и КПД

- КПД – отношение мощности отдаваемой источником или приемником электрической энергии, к получаемой им мощности.
- Обозначается  $\eta$  (эта), измеряется в %.
- $\eta = P_2/P_1$ ;  $P_1 = P_2 + \Delta P \Rightarrow P_2/(P_2 + \Delta P) < 1$ ;
- $P_1$  - мощность получаемая;
- $P_2$  - мощность отдаваемая;
- $\Delta P$  - потеря мощности.



## Тепловое действие тока

- законом Джоуля – Ленца.
- $Q = I^2 \cdot R \cdot t$ , [Дж] (Джоуль).
- Прим.  $1 \text{ Дж} = 1 \text{ Вт} \cdot \text{сек}$ ,
- 1 л.с. (лошадиная сила)  $\approx 760 \text{ Вт}$

## Плотность тока

- $\delta$  (дельта) =  $I/S$  [А/мм<sup>2</sup>]
- В зависимости от материала проводника, класса изоляции, типа проводника и условий охлаждения определяют номинальную и допустимую (предельную) плотность тока, превышение которой может повредить изоляцию.

# Переходное сопротивление

- **Это повышенное сопротивление контактов** из-за их подгара, малой площади контакта, силы нажатия, окисления и т.п. Из-за недостаточной эффективной площади контакта увеличивается плотность тока и происходит **переброс тока** по воздуху в виде искрения. Нагрев контактов ускоряет процесс окисления, качество контакта еще более ухудшается.

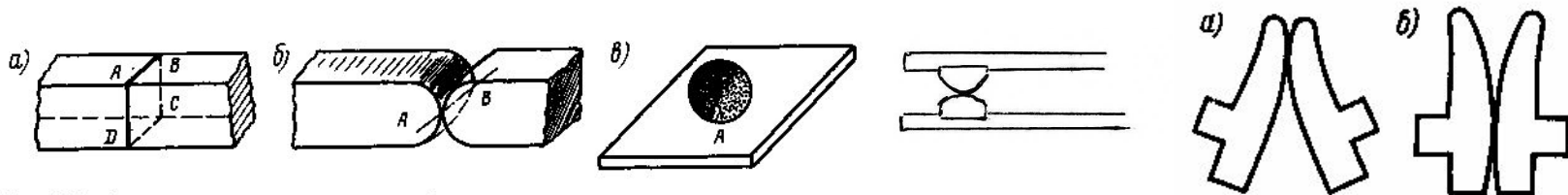


Рис. 295. Формы контактных поверхностей

## Способы уменьшения переходного сопротивления:

1. контакты зачищают,
2. контакты облуживают,
3. вставляют в наконечники,
4. соединяют клеммами,
5. спаивают,
6. выполняют посеребрение контактных поверхностей.

Спасибо за внимание