

## 3 четверть

### 10.3А Постоянный ток

- ЭДС и внутреннее сопротивление
- закон Ома для полной цепи
- смешанное соединение проводников
- вольт-амперные характеристики металлических проводников, полупроводниковых диодов и ламп накаливания
- потенциометр
- простые мостовые соединения
- вольт-амперные характеристики металлических проводников, полупроводниковых диодов и ламп накаливания
- термисторы и фоторезисторы
- правила Кирхгофа
- Мощность и КПД в электрической цепи

### 10.3В Магнитное поле

- сила, действующая на проводник с током, помещенным в магнитном поле
- Определение направления силы Ампера (правило левой руки)
- Вектор магнитной индукции
- измерение индукции магнитного поля с помощью токовых весов
- сила Лоренца
- соленоиды
- магнитные свойства вещества

### 10.3С Электромагнитная индукция

- магнитный поток ( $\Phi=LI$ ), ( $\Phi=BS\cos\alpha$ ),
- эдс индукции
- закон электромагнитной индукции Фарадея
- правило Ленца
- применение явления электромагнитной индукции
- понятие о генераторах переменного тока
- понятие о трансформаторах и коэффициенте трансформации

**Постоянный ток.  
ЭДС.**

# Цели обучения

- Повторить все характеристики электрического тока
- 10.4.3.1 - объяснять физический смысл понятия «электродвижущая сила»
- 10.4.3.3- объяснять различия между ЭДС и падением напряжения во внешней цепи

# Критерий оценивания

## *Учащиеся демонстрируют:*

- знание понятия ЭДС, формулировки закона Ома, и характеристик электрического тока
- умение находить силу тока, напряжение, сопротивление; показывать графически зависимость силы тока от напряжения и сопротивления.
- умение объяснять физический смысл понятия «электродвижущая сила» и различия между ЭДС и падением напряжения во внешней цепи

**Электрический ток** — направленное, упорядоченное движение электрических зарядов.

Электрические заряды могут быть разными. Это могут быть электроны или ионы (положительно или отрицательно заряженные).

Чтобы получить электрический ток в проводнике, надо создать в нём электрическое поле. Под действием поля электрические заряды начнут перемещаться, возникнет электрический ток.

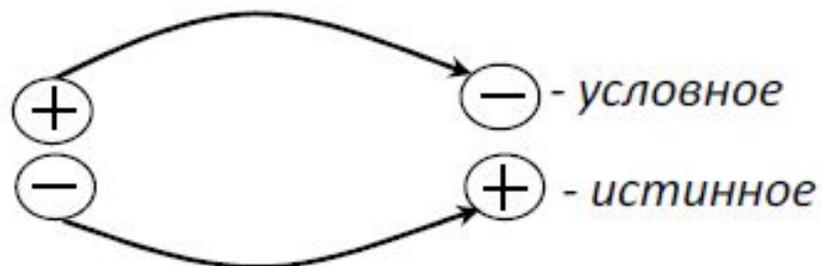
**Условия существования электрического тока:**

1. Наличие свободных электрических зарядов.
2. Наличие электрического поля, которое обеспечивает движение зарядов (в результате действия источника тока).
3. Замкнутая электрическая цепь (состоит преимущественно из проводников).

# ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК

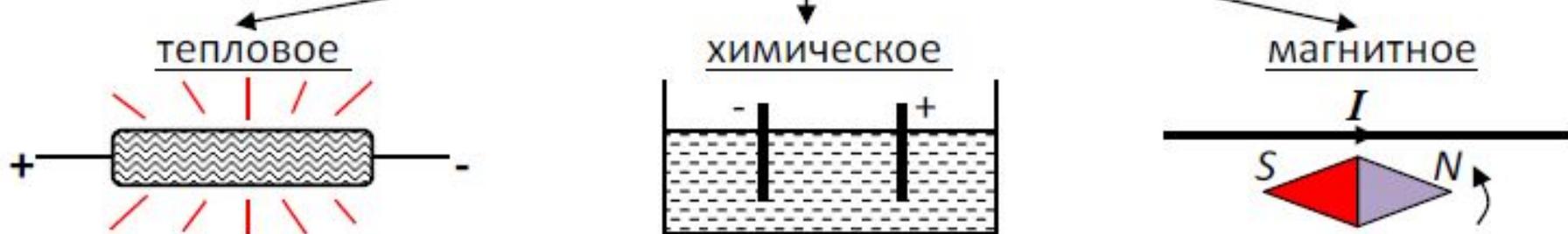
- это упорядоченное движение заряженных частиц под действием электрического поля

## 1. Направление электрического тока



## 2. Условия существования тока – наличие свободных « $q$ » и $\Delta\phi$

### 3. Действия тока



# Принципиальная схема энергоснабжения населенных пунктов, транспорта и промышленности



## Обозначение элементов электрической цепи



1



2



3



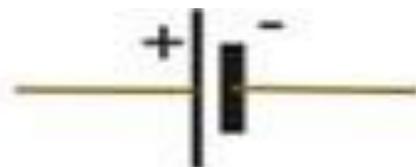
4



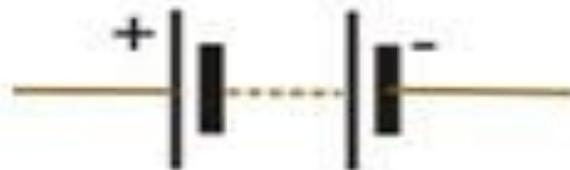
5



7



8



9



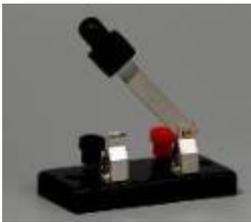
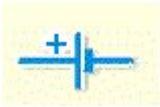
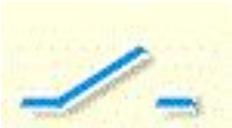
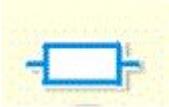
10

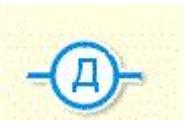
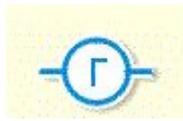
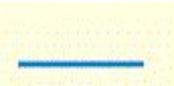
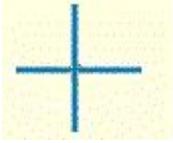
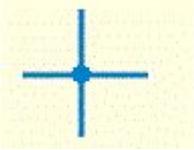


12

1 — амперметр;  
2 — вольтметр;  
3 — выключатель;  
4 — резистор;  
5 — сопротивление витого провода;  
7 — потенциометр;

8 — источник тока (гальванический элемент);  
9 — батарея источников тока;  
10 — лампочка накаливания;  
12 — пересечение проводов без взаимного контакта.

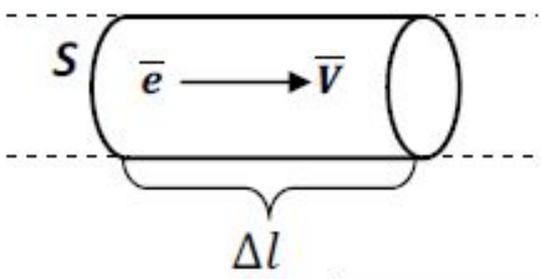
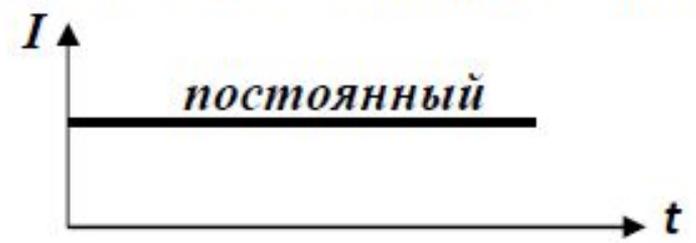
<p>Гальванический элемент или аккумулятор</p>	<p>Батарея элементов и аккумуляторов</p>	<p>Ключ</p>	<p>Электрическая лампочка накаливания</p>	<p>Электрический звонок</p>	<p>Резистор</p>
					
					

Двигатель	Генератор	Мотор	Клеммы	Провод	Пересечение проводов без соединения	Соединение проводов
						
						

#### 4. Сила тока – заряд, проходящий через поперечное сечение в единицу времени

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

$I$  – скаляр  
 $I > 0$  или  $I < 0$



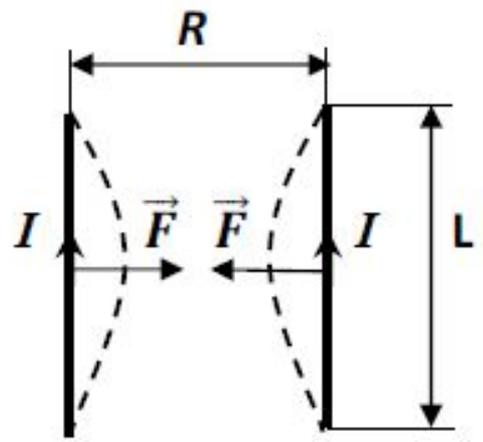
$$I = \frac{Q}{t} = \frac{\bar{e}N}{t} = \frac{\bar{e}NV}{t} = \frac{\bar{e}nS\Delta l}{t}$$

$$I = \bar{e}nS\bar{V}$$

$\bar{V}_e$  – мала  $\sim \frac{мм}{с}$ !;  $V_{поля} = 300\,000 \frac{км}{с}$ !

#### 5. Единица силы тока

$$I = \frac{1\text{Кл}}{1\text{с}} = 1\text{А}$$



$$F = 2 \cdot 10^{-7} \text{ Н}$$

$$L = 1 \text{ м}$$

$$R = 1 \text{ м}$$

---


$$I = 1 \text{ А}$$

**Напряжение** — это физическая величина, значение которой равно работе электрического поля, совершаемой при переносе единичного пробного электрического заряда из одной точки в другую к величине этого заряда:



Вольтметр

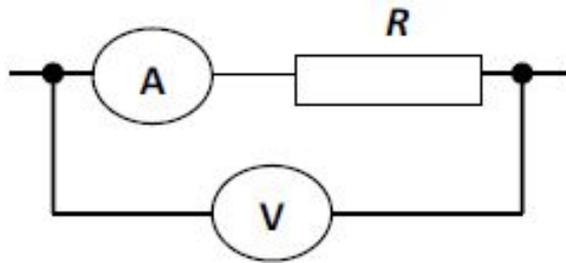
$$U = \frac{A}{q}$$

**Единица измерения: Вольт**

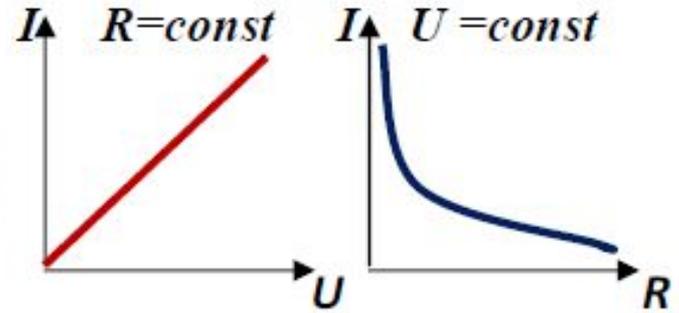
**Прибор для измерения: Вольтметр**

# ЗАКОН ОМА ДЛЯ УЧАСТКА ЦЕПИ

## 1. Закон Ома для участка цепи (г. Ом - 1827г. - экспериментально)



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



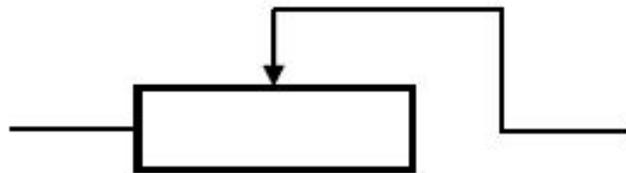
## 2. Сопротивление – мера противодействия проводника, установлению в нем электрического тока

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

$R = \frac{1B}{1A} = 1 \text{ Ом}$ ;  $R$  – не зависит от  $\begin{matrix} U \\ I \end{matrix}$

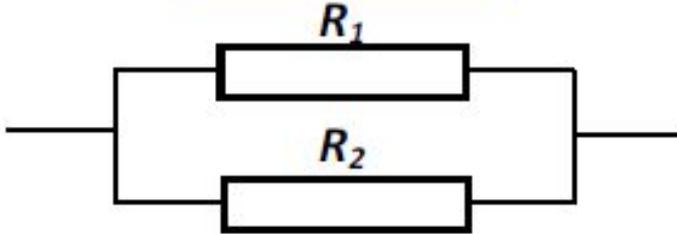
$$R = \rho \frac{l}{S}$$

$\rho = \frac{RS}{l}$ ;  $\rho = \frac{1 \text{ Ом} \cdot 1 \text{ мм}^2}{1 \text{ м}}$  – удельное сопротивление

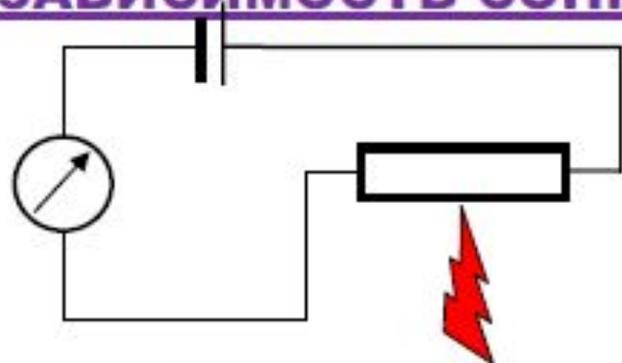


- реостат – служит для регулирования силы тока

### 3.Соединения проводников

Последовательное	Параллельное
	
1. $I = I_1 = I_2$	1. $I = I_1 + I_2$
2. $U = U_1 + U_2$	2. $U = U_1 = U_2$
3. $R = R_1 + R_2$	3. $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$
4. если $R_1 = R_2 = R_3 \dots$ , то $R = nR_1$	4. если $R_1 = R_2 = R_3 \dots$ , то $R = \frac{R_1}{n}$

# ЗАВИСИМОСТЬ СОПРОТИВЛЕНИЯ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ



$$t \uparrow \rightarrow V \uparrow \rightarrow I \uparrow$$

$$R_0 \text{ ----- } t=0^{\circ}\text{C}$$

$$R \text{ ----- } t$$

$$\frac{R - R_0}{R} = \alpha t \quad - \alpha - \text{температурный коэффициент}$$

$\alpha > 0$  – металлы (т.к.  $R \uparrow$ )

$\alpha < 0$  – электролиты (т.к.  $R \downarrow$ )

$\alpha = \frac{1}{273} \text{K}^{-1}$  – чистые металлы

Лампа (вольфрам) -  $R \uparrow$  в 10 раз

## 2. Зависимость удельного сопротивления от температуры

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha t)$$

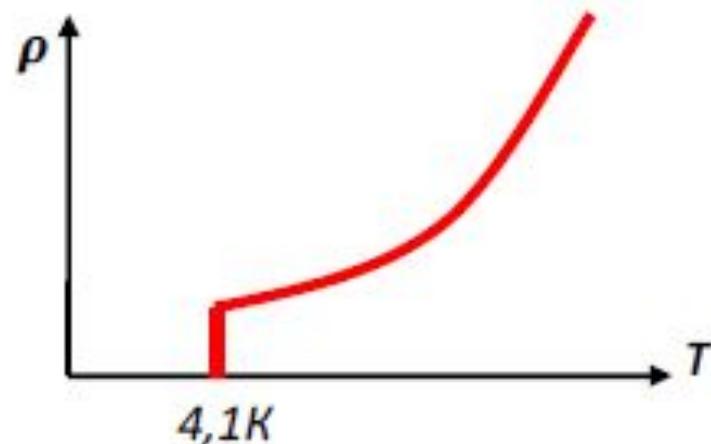
т.к. размеры при  $t$  почти не изменяются



### 3.Сверхпроводимость

1911г. – Камерлинг Оннес (голл.)

1957г. – объяснение Ландау



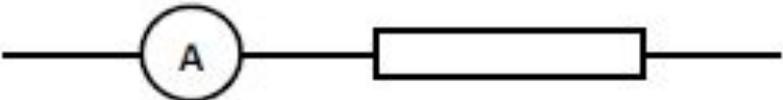
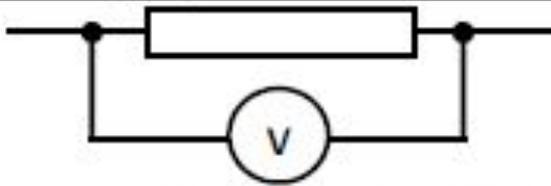
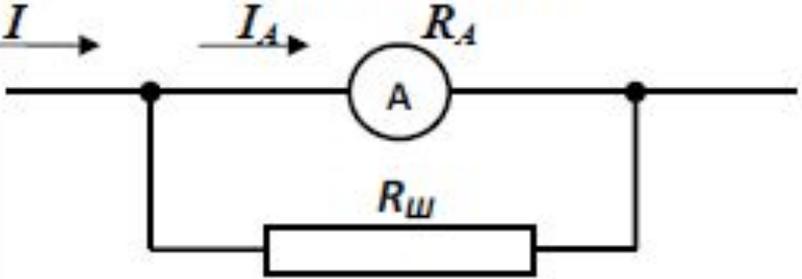
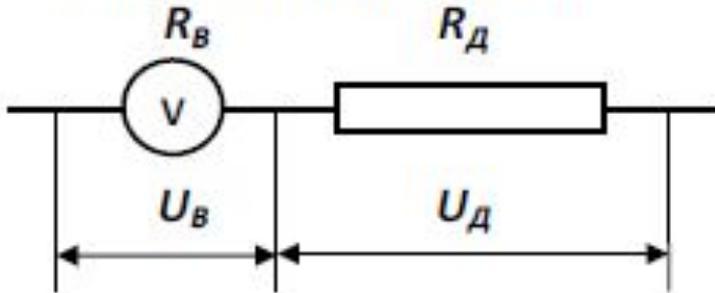
1957г. Коллинз – замкнутый проводник без источника – ток 2,5 года

1986г. Керамика – 100K

#### Применение:

- получение мощного магнитного поля
- передача тока без потерь

# ИЗМЕРЕНИЕ СИЛЫ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ

1.Измерение силы тока	2.Измерение напряжения
Амперметр (последовательно)	Вольтметр (параллельно)
	
<i>шунтирование</i>	<i>добавочное сопротивление</i>
	
$I = n I_A$	$U = n U_B$
$I = I_A + I_{ш}; I_{ш} = I - I_A = n I_A - I_A = I_A (n - 1)$	$U = U_B + U_{Д}; U_{Д} = U - U_B = n U_B - U = U_B (n - 1)$
$\frac{I_A}{I_{ш}} = \frac{R_{ш}}{R_A}; R_{ш} = \frac{I_A R_A}{I_{ш}} = \frac{I_A R_A}{I_A (n - 1)}$	$\frac{U_B}{U_{Д}} = \frac{R_B}{R_{Д}}; R_{Д} = \frac{U_{Д} R_B}{U_B} = \frac{U_B (n - 1) R_B}{U_B}$
$R_{ш} = \frac{R_A}{n - 1}$	$R_{Д} = R_B (n - 1)$

## МОЩНОСТЬ ТОКА

$$P = \frac{A}{t} = \frac{Uq}{t} = \frac{UIt}{t} = UI$$

$$P = 1В * 1А = 1ВТ$$

Ваттметр

## РАБОТА ТОКА

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

$$A = 1В * 1А * 1с = 1Вт * с = 1Дж$$
$$1кВт * ч = 3600 000 Дж$$

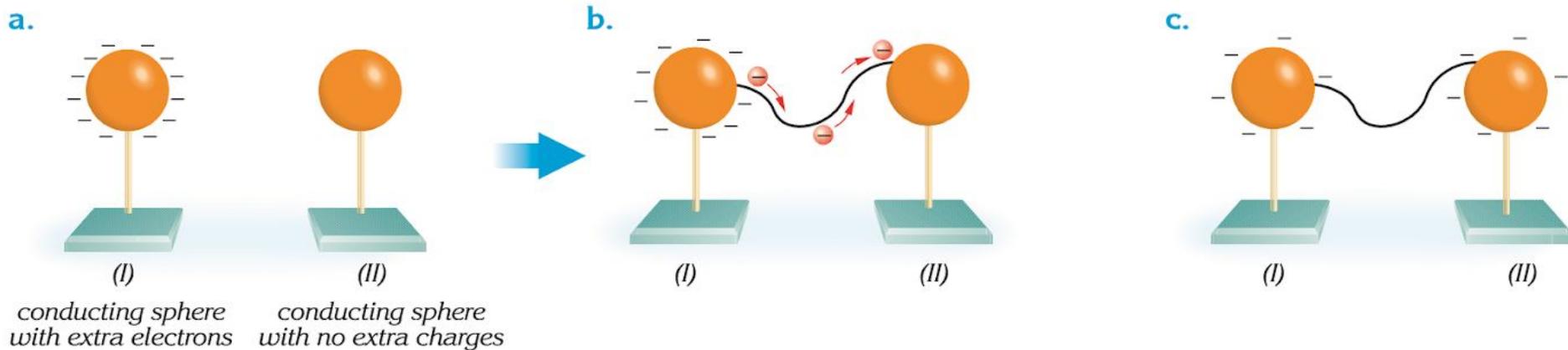
Счетчик

## ЗАКОН ДЖОУЛЯ - ЛЕНЦА

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

# Таким образом

Если два металлических шарика, несущих заряды противоположных знаков, соединить металлическим проводником, то под влиянием электрического поля этих зарядов в проводнике возникает электрический ток.



Но этот ток будет кратковременным. Как только потенциалы шариков станут одинаковыми электрическое поле исчезнет.

# Таким образом

Электрический ток прекращается, если электрическое поле, создающее движение зарядов, исчезает.

Чтобы электрический ток в проводнике существовал длительное время, необходимо все это время поддерживать в нем электрическое поле.

Электрическое поле в проводниках создается и может длительное время поддерживаться источниками электрического тока.

**Электрическое поле создают источники электрического тока.**

**Источник тока** — это устройство, в котором происходит преобразование какого-либо вида энергии в электрическую энергию.

В любом источнике тока совершается *работа по разделению положительно и отрицательно заряженных частиц*, которые накапливаются на полюсах источника.

## Виды источников тока:

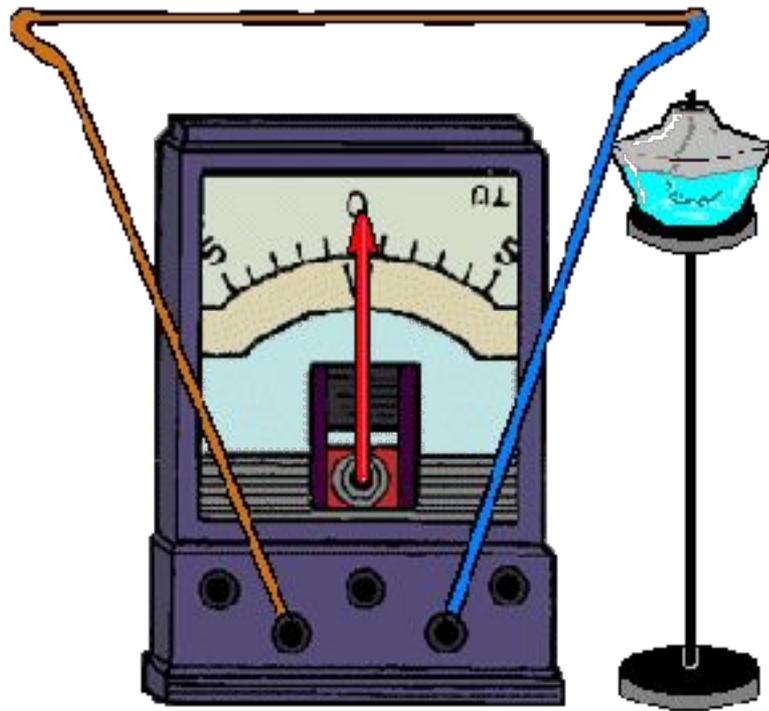
**Механический источник тока** — механическая энергия преобразуется в электрическую энергию.

Сюда относятся: электрофорная машина, динамо-машина, генераторы. Диски электрофорной машины приводятся во вращение в противоположных направлениях.

В результате трения щёток о диски на кондукторах машины накапливаются заряды противоположного знака.



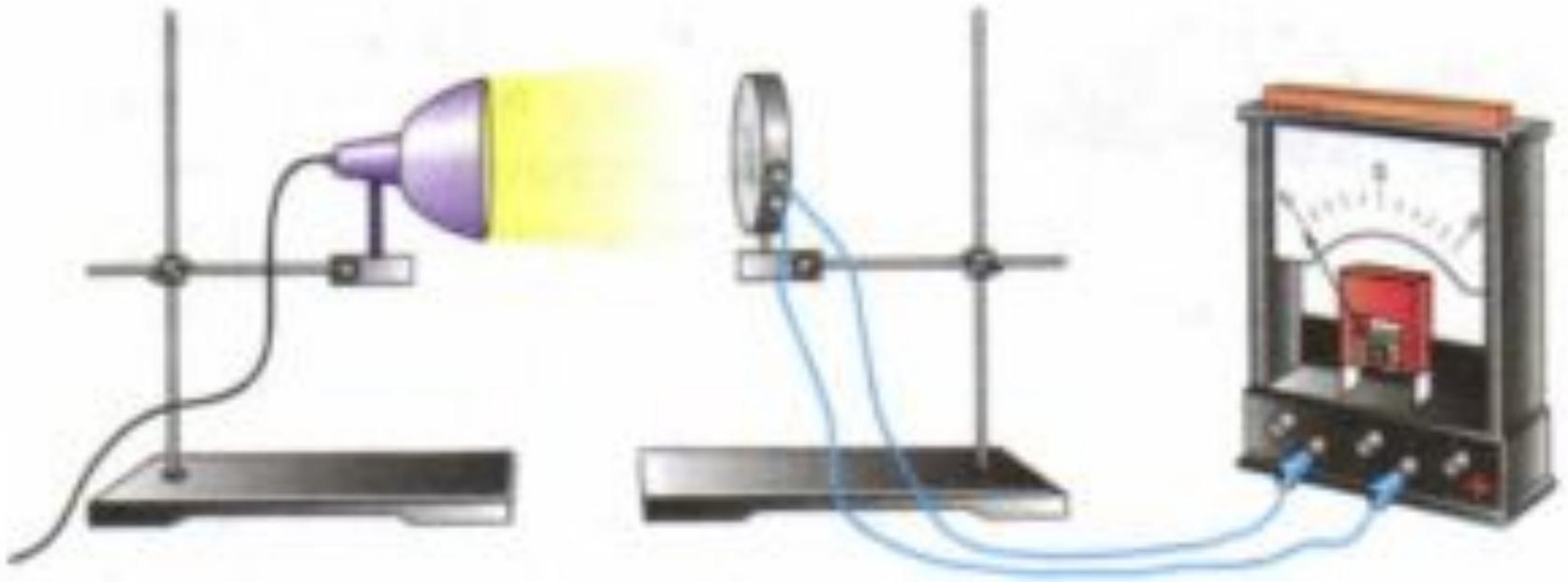
**Тепловой источник тока** - внутренняя энергия преобразуется в электрическую энергию. К нему относится термоэлемент. Две проволоки из разных металлов спаяны с одного края. Затем место спая нагревают, тогда между другими концами этих проволок появляется напряжение.



**Световой источник тока** - энергия света преобразуется в электрическую энергию.

Сюда относится фотоэлемент. При освещении некоторых полупроводников световая энергия превращается в электрическую.

Из фотоэлементов составлены солнечные батареи.



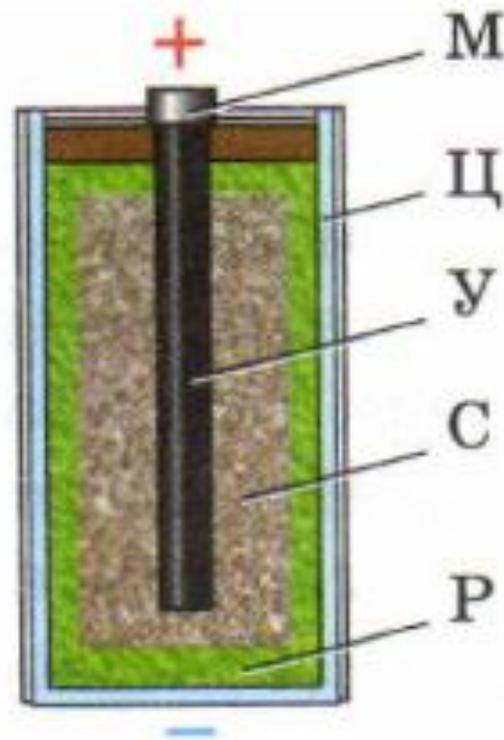
## Химический источник тока-

в результате химических реакций внутренняя энергия преобразуется в электрическую.

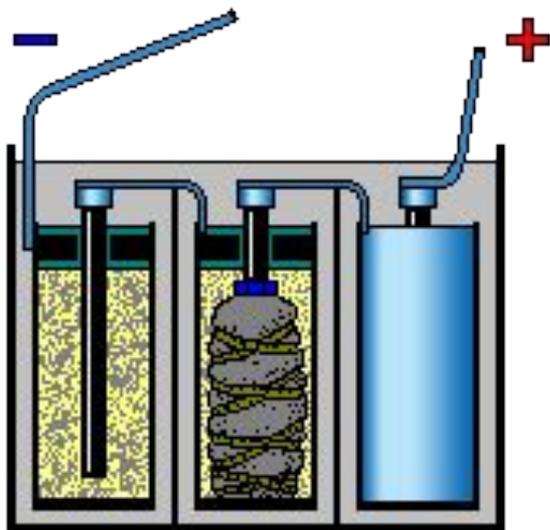
К нему относятся, например, гальванический элемент.

В цинковый сосуд Ц вставлен угольный стержень У, у которого имеется металлическая крышка М. Стержень помещён в полотняный мешочек, наполненный смесью оксида марганца с углём С. Пространство между цинковым корпусом и смесью оксида марганца с углём заполнено желеобразным раствором соли Р.

В результате химической реакции цинк приобретает отрицательный заряд, а угольный стержень — положительный заряд. Между заряженным стержнем и цинковым сосудом возникает электрическое поле. В таком источнике тока уголь является положительным электродом, а цинковый сосуд — отрицательным электродом.



Из нескольких гальванических элементов можно составить батарею.



Источники тока на основе гальванических элементов применяются в бытовых автономных электроприборах, источниках бесперебойного питания.

Они являются одноразовыми.

В быту часто используют батарейки, которые можно подзаряжать многократно. Их называют **аккумуляторами**.





Простейший аккумулятор состоит из сосуда, наполненного слабым раствором серной кислоты в воде, в который опущены две свинцовые пластины (электроды). Чтобы аккумулятор стал источником тока, его надо зарядить.

Если обе пластины соединить с полюсами какого-либо источника электрической энергии, то электрический ток, проходя через раствор, зарядит один электрод положительно, а другой - отрицательно. Такие аккумуляторы называют кислотными или свинцовыми.

Кроме них ещё существуют щелочные или железоникелевые аккумуляторы. В них используется раствор щёлочи и пластины: одна - из спрессованного железного порошка, а вторая - из пероксида никеля.

Аккумуляторы используют в автомобилях, электромобилях, сотовых телефонах, железнодорожных вагонах и даже на искусственных спутниках Земли.

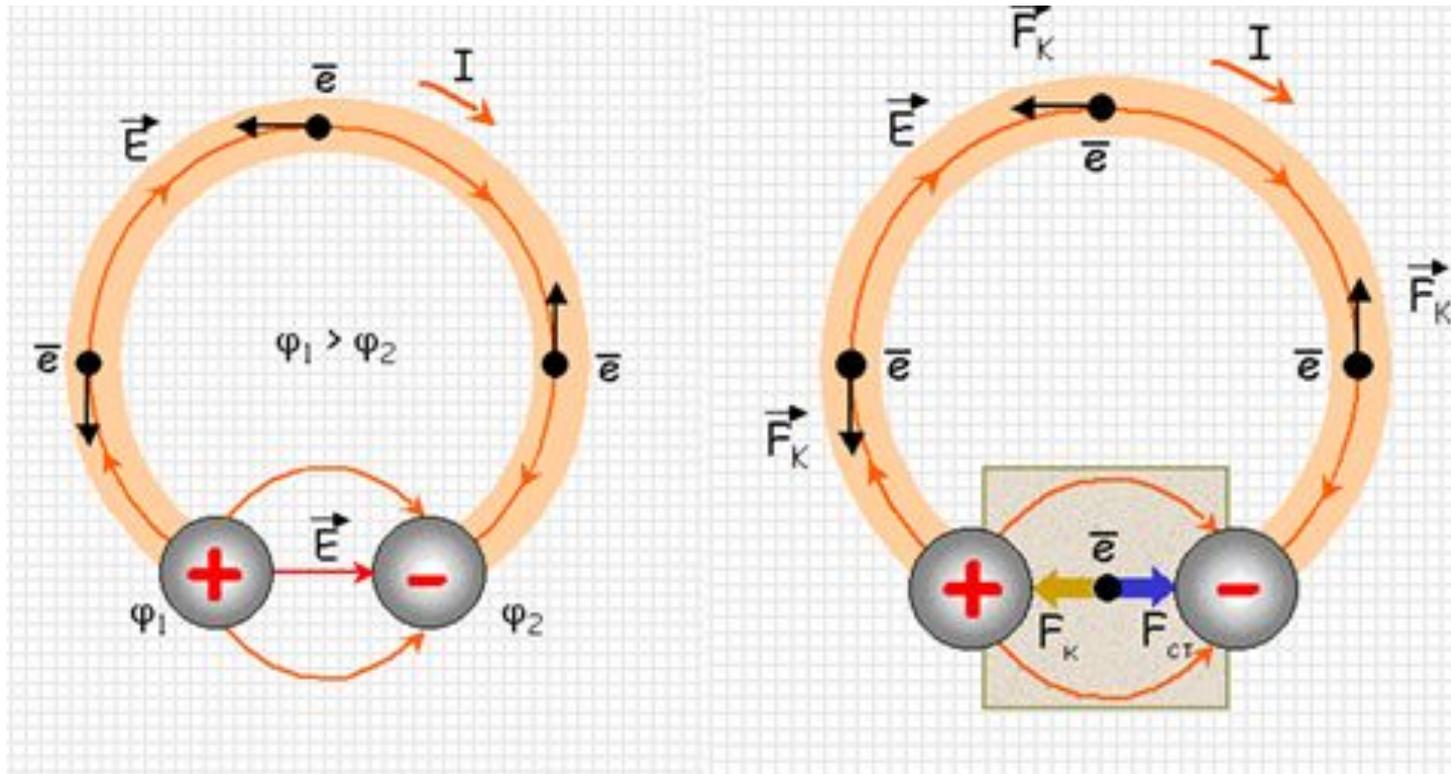
Для поддержания постоянного тока в проводнике требуется поддерживать постоянную разность потенциалов на его концах. Следовательно, в цепи тока должно находиться устройство, в котором движение зарядов происходит в направлении, противоположном направлению этого движения во внешней цепи (от "минуса" к "плюсу").

Те силы, кроме электростатических, которые действуют на заряды и заставляют их двигаться против сил электрического поля, называются **сторонними силами**.

**Источник тока** совершает работу по разделению электрического заряда, но без помощи электрических сил. Неэлектрические силы, которые совершают работу по разделению заряда, называются **сторонними силами**.

## Сторонние силы

Чтобы величина тока была постоянной, необходимо поддерживать одинаковое напряжение



**Внутри источника тока заряды движутся под действием сторонних сил против кулоновских сил (электроны от положительного заряженного электрода к отрицательному), а во всей остальной цепи их приводит в движение электрическое поле.**

**Сторонние силы** – это силы, действующие на заряженные частицы, не электрического происхождения.

Природа происхождения таких сил может быть разной, например:



Если бы этих сил в замкнутой цепи не существовало, то работа по перемещению зарядов по замкнутой цепи только за счет электростатических сил равнялась бы нулю.

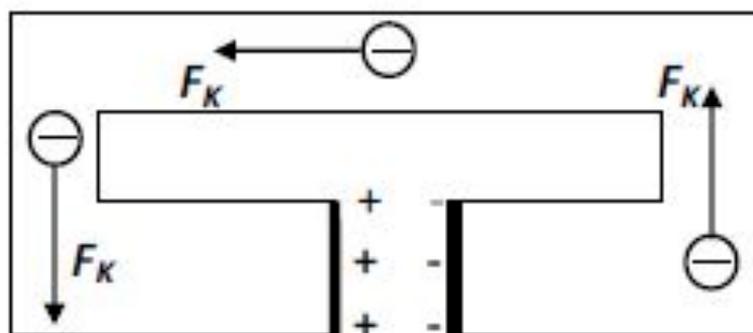
Действие сторонних сил характеризуется физической величиной – **электродвижущей силой (ЭДС)**.

Сторонние силы, перемещая заряды внутри источника, совершают работу, которую называют **работой сторонних сил**.

ЭДС – физическая величина, численно равная отношению работы сторонних сил по перемещению заряда внутри источника к величине этого заряда:

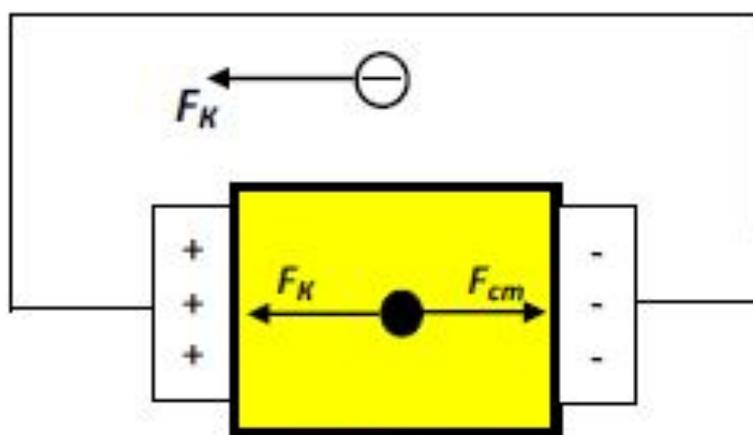
$$\boldsymbol{\varepsilon} = \frac{A_{\text{СТ}}}{q} \quad [\boldsymbol{\varepsilon}] = \frac{1 \text{ Дж}}{1 \text{ Кл}} = 1 \text{ В}$$

## ЭЛЕКТРОДВИЖУЩАЯ СИЛА



*Ток кратковременный (пока есть  $\Delta\varphi$ )*

*Сторонние силы –любые, кроме  $F_{кул}$ .*



Источник тока  
(насос)

**Природа:**

- гальванич. элементы – химические силы
- генератор - магнитное поле

$$\varepsilon = \frac{A_{ст}}{q}$$

$$\varepsilon = \frac{1 \text{ Дж}}{1 \text{ Кл}} = 1 \text{ В}$$

1. ЭДС – энергетическая характеристика источника тока
2. Измеряют вольтметром при разомкнутой цепи

**Напряжение** — это физическая величина, значение которой равно работе электрического поля, совершаемой при переносе единичного пробного электрического заряда из одной точки в другую к величине этого заряда:



Вольтметр

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

**Единица измерения: Вольт**

**Прибор для измерения: Вольтметр**



**На батарейке карманного фонарика написано 1,5В. Что это значит?**

# Участки цепи

Элементы цепи, преобразующие электрическую энергию в другие виды энергии, называются *потребителями*.

Они являются внешней частью цепи.

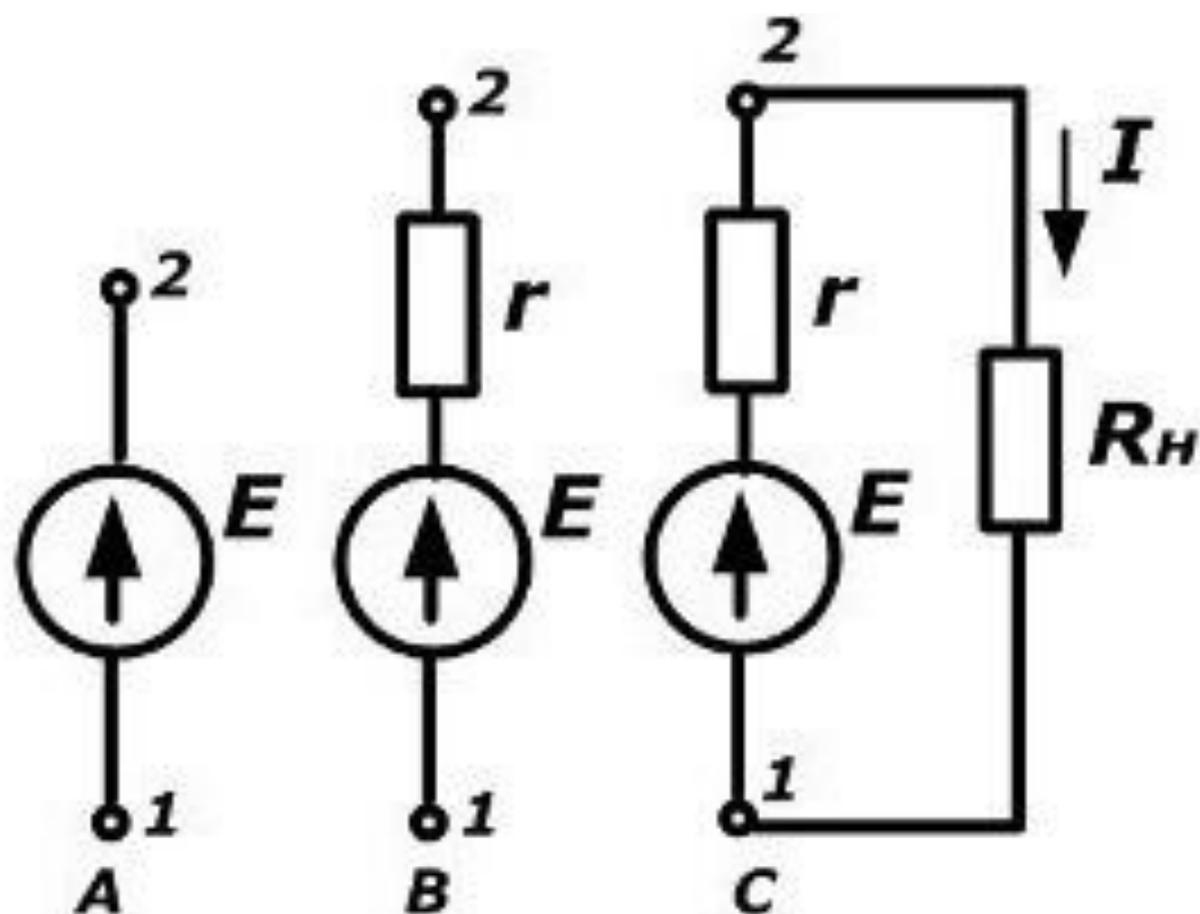
*Источники тока* являются внутренней частью цепи.



Потребители  
электроэнергии



Источники  
электроэнергии

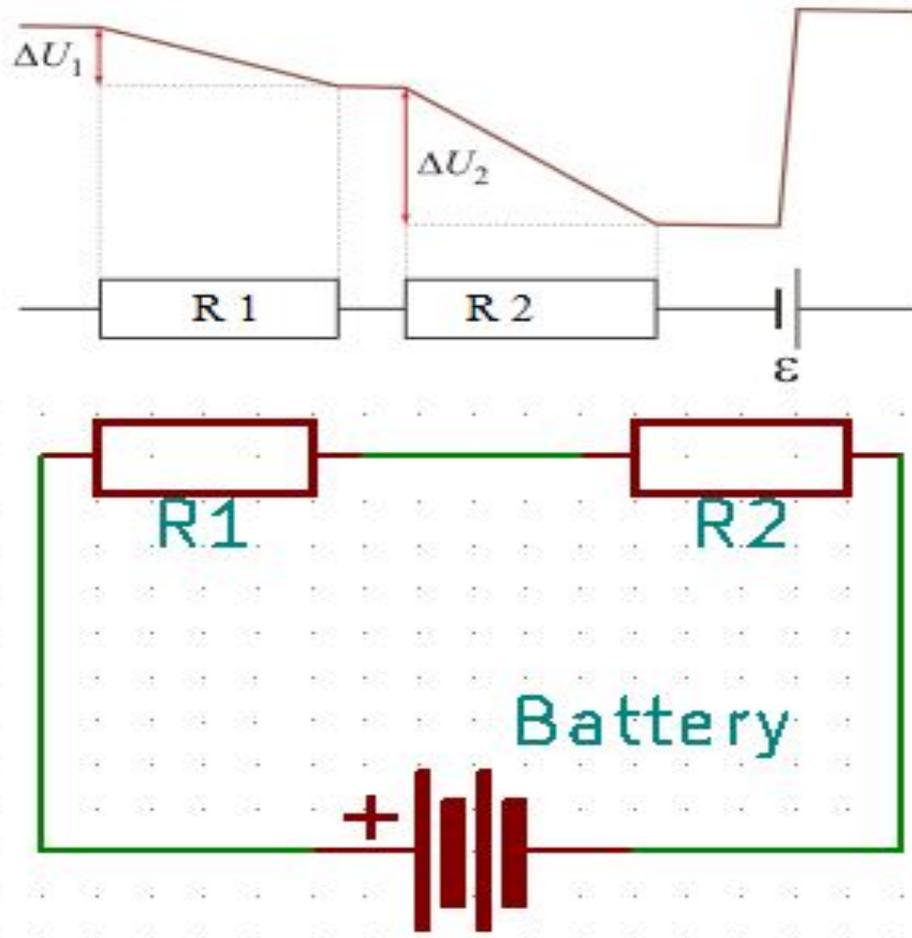


***A - идеальный источник ЭДС***

***B - реальный источник ЭДС***

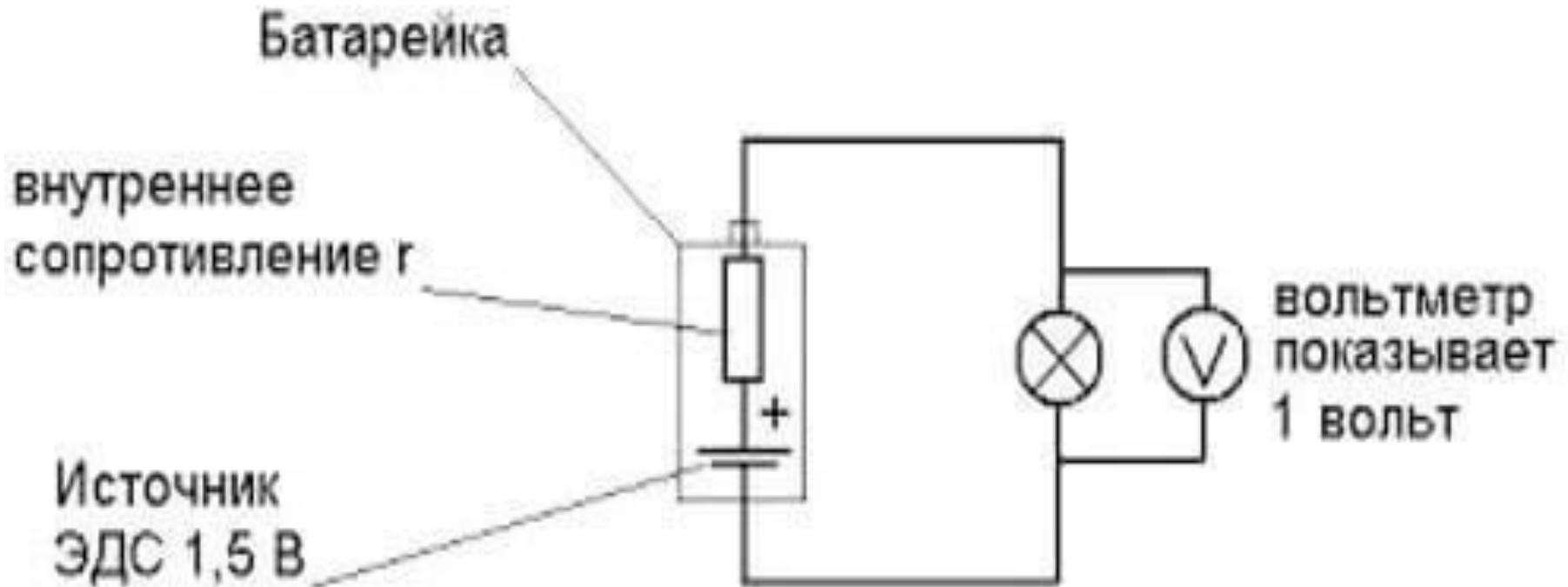
***C - реальный источник ЭДС под нагрузкой  $R_n$***

# Падение напряжения



**Падение напряжения** — постепенное уменьшение **напряжения** вдоль проводника, по которому течёт электрический ток, обусловленное тем, что проводник обладает сопротивлением.

# Различие между ЭДС и падением напряжения



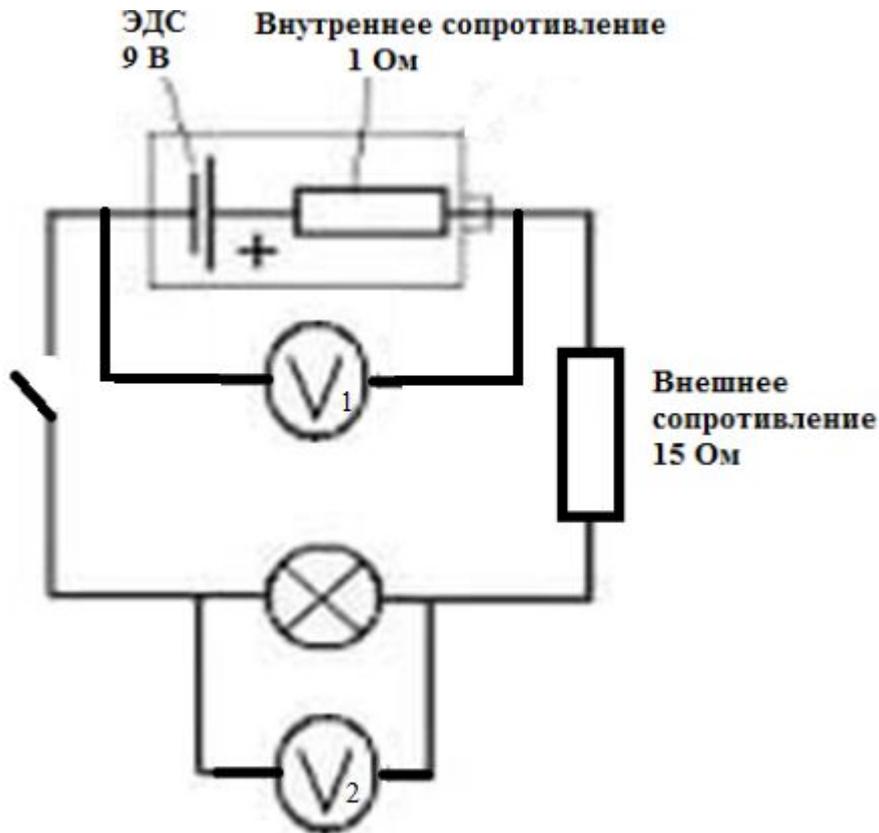
# Задание №1. Ответьте на вопросы

1. Что такое ЭДС?
2. Формула ЭДС и единица измерения.
3. Что такое напряжение?
4. Как характеризуется напряжение?
5. В чем разница между ЭДС и напряжением?

# Задание №2. Вставьте пропущенные слова

- Аккумуляторы поставляют \_\_\_\_\_.
- Лампы (и другие элементы цепи) преобразуют электрическую энергию в \_\_\_\_\_.
- Напряжение связано с \_\_\_\_\_, отдаваемой источником
- \_\_\_\_\_ внутри источника тока преобразуют какой-то вид энергии в электрическую. При этом ими совершается работа по разделению заряда.
- При замкнутой цепи созданное электрическое поле совершает работу как на внешнем, так и на внутреннем участках цепи, причем  $A_{ст} =$  \_\_\_\_\_

# Задание № 3. Сравнение ЭДС и напряжения



1. Соберите электрическую цепь, изображенную на рисунке, используя ссылку.
2. Настройте параметры источника (ЭДС и внутреннее сопротивление) и нагрузки.
3. Установите вольтметр в положение 1 при разомкнутом выключателе. Измерьте ЭДС источника тока.
4. Установите вольтметр в положение 2 и измерьте падение напряжения на лампе.
5. Сравните полученные значения ЭДС и падения напряжения.

[https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/lab-test/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab\\_en.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/lab-test/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_en.html)

**Закон Ома для полной  
цепи. Внутреннее  
сопротивление.**

# Цели обучения

10.4.3.2 - знать и применять закон Ома для полной цепи

10.4.3.4 - описывать влияние внутреннего сопротивления источника тока на падение напряжения во внешней цепи

# Критерий оценивания

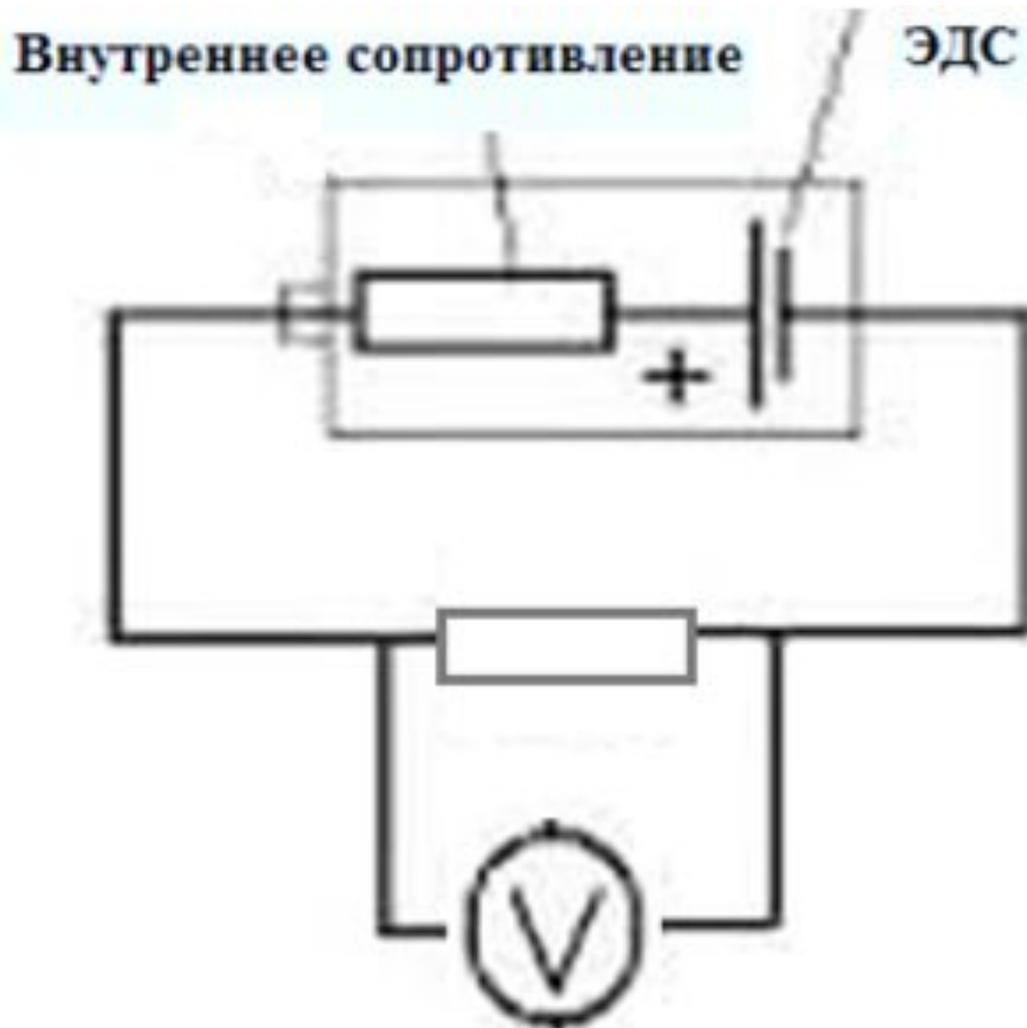
## *Учащиеся демонстрируют:*

- экспериментально определяют зависимость между внутренним сопротивлением и падением напряжения во внешней цепи;
- объясняют смысл закона Ома для полной цепи;
- знают формулу тока короткого замыкания;

# Вспомним!

1. Под действием, каких сил происходит перемещение заряда во внешней цепи?
2. Какая величина характеризует действие этих сил? Формула и единица измерения?
3. Под действием, каких сил происходит перемещение заряда в источнике тока?
4. Какая величина характеризует действие этих сил? Формула и единица измерения?
5. В чем разница между ЭДС и падением напряжения?

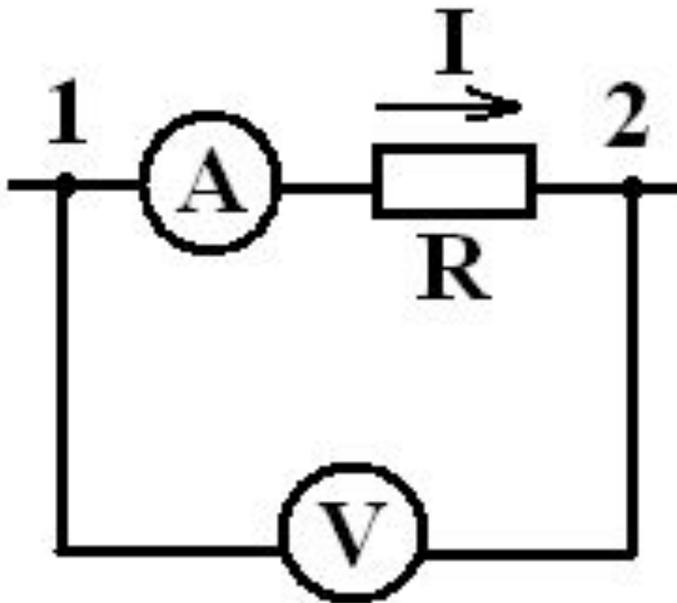
# Исследование зависимости влияния внутреннего сопротивления источника тока на напряжение



## Вспомним:

### закон Ома для участка цепи

Формулировка: Сила тока на участке цепи равна отношению напряжения на его концах к сопротивлению этого участка.



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

# Определите величины недостающих значений в следующих цепях:

Рисунок А

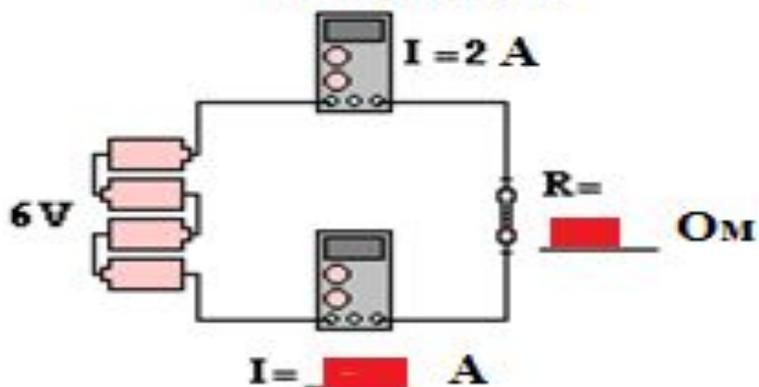


Рисунок Б

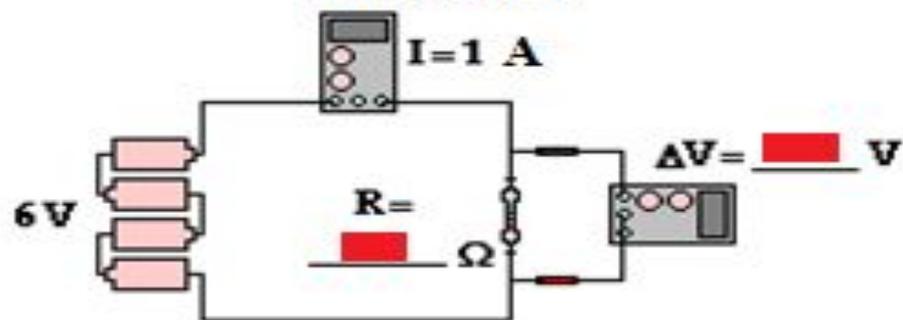


Рисунок В

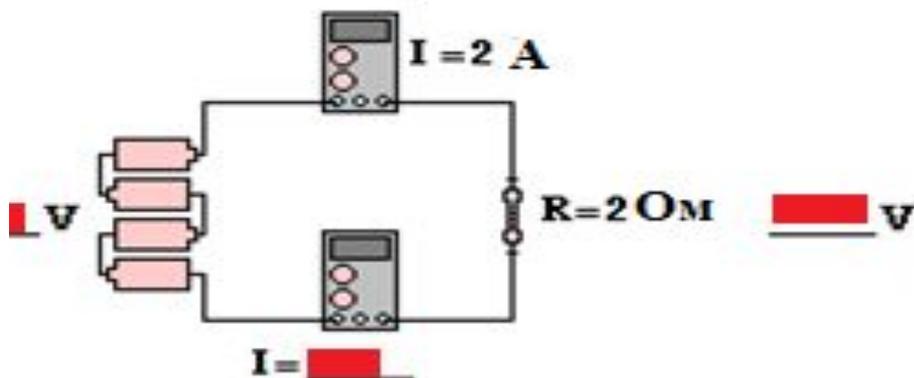
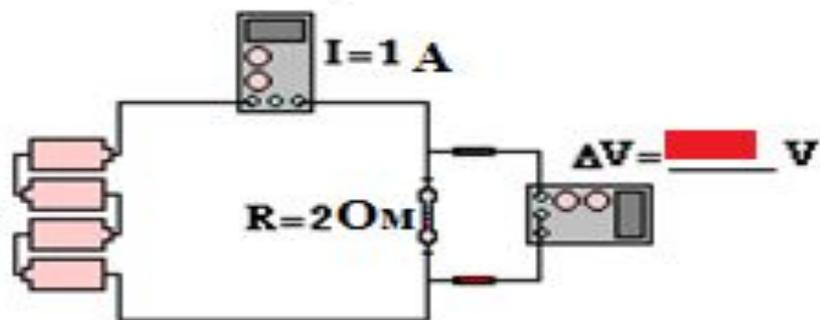
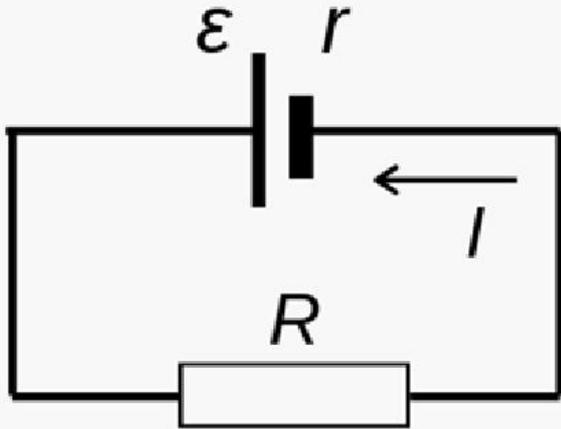


Рисунок Д



# Закон Ома для полной цепи



$R$  - внешнее сопротивление

$\varepsilon$  - ЭДС

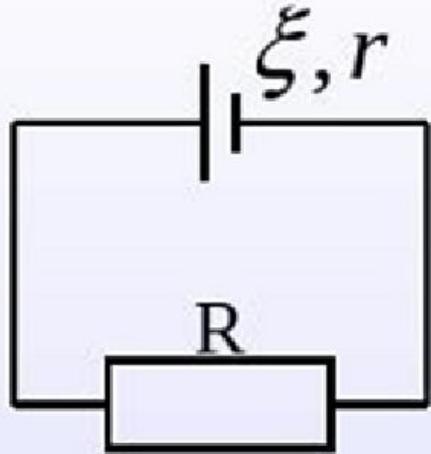
$r$  - внутреннее сопротивление источника тока

$R + r$  - полное сопротивление цепи

*Сила тока, идущего по цепи, прямо пропорциональна ЭДС источника, и обратно пропорциональна полному сопротивлению цепи*

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

# Закон Ома для полной цепи



$$A_{cm} = \xi \Delta q$$

$$\Delta q = I \Delta t$$

$$A_{cm} = \xi I \Delta t$$

$$Q = I^2 R \Delta t + I^2 r \Delta t$$

$$A_{cm} = Q$$

$$\xi I \Delta t = I^2 R \Delta t + I^2 r \Delta t$$

$$\xi = IR + Ir$$

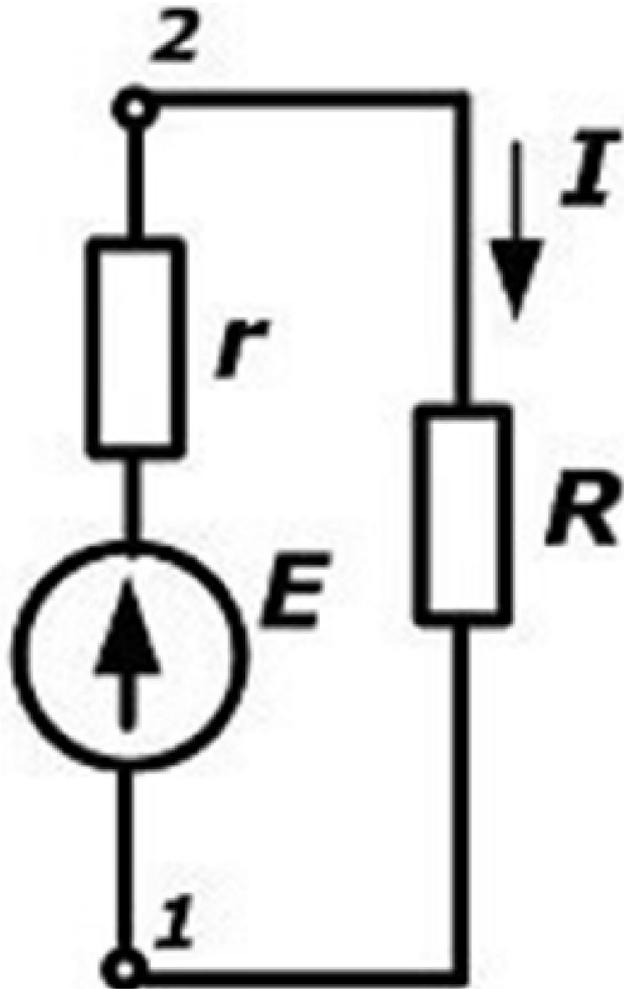
$$I = \frac{\xi}{R + r}$$

$$\xi = IR + Ir$$

$$IR = U$$

$$\xi = U + Ir$$

# Ток короткого замыкания

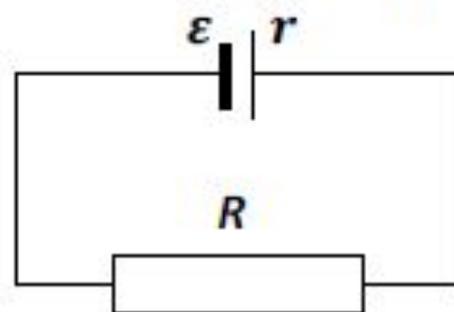


Если  $R \ll r$ , то ток -  
максимальный ток для  
данной цепи (ток  
короткого замыкания).  
Опасно, т.к.  $Q = I^2 r t$  -  
возрастает

$$I_{\text{кз}} = \frac{\mathcal{E}}{r}.$$

## ЗАКОН ОМА ДЛЯ ПОЛНОЙ ЦЕПИ

(Георг Ом – 1827г.-экспериментально)



$R$  – внешнее сопротивление

$r$  – внутренне сопротивление

- генератор-обмотка,

- гальванический элемент – электролит, электроды

$R + r$  - полное сопротивление

$$A_{\text{ст.}} = \epsilon q = \epsilon I t; A_{\text{ст.}} = Q = I^2 R t + I^2 r t$$
$$\epsilon = I t = I^2 R t + I^2 r t$$

$$\epsilon = IR + Ir$$

- ЭДС равна сумме падений напряжений на внешнем и внутреннем участках замкнутой цепи

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

- сила тока в полной цепи равна отношению ЭДС цепи к её полному сопротивлению

# Решение задач

**А.П. Рымкевич, 10-11 класс**

№776 – 780;

№782, 784, 785.