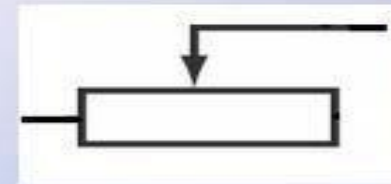


# ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

# ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ

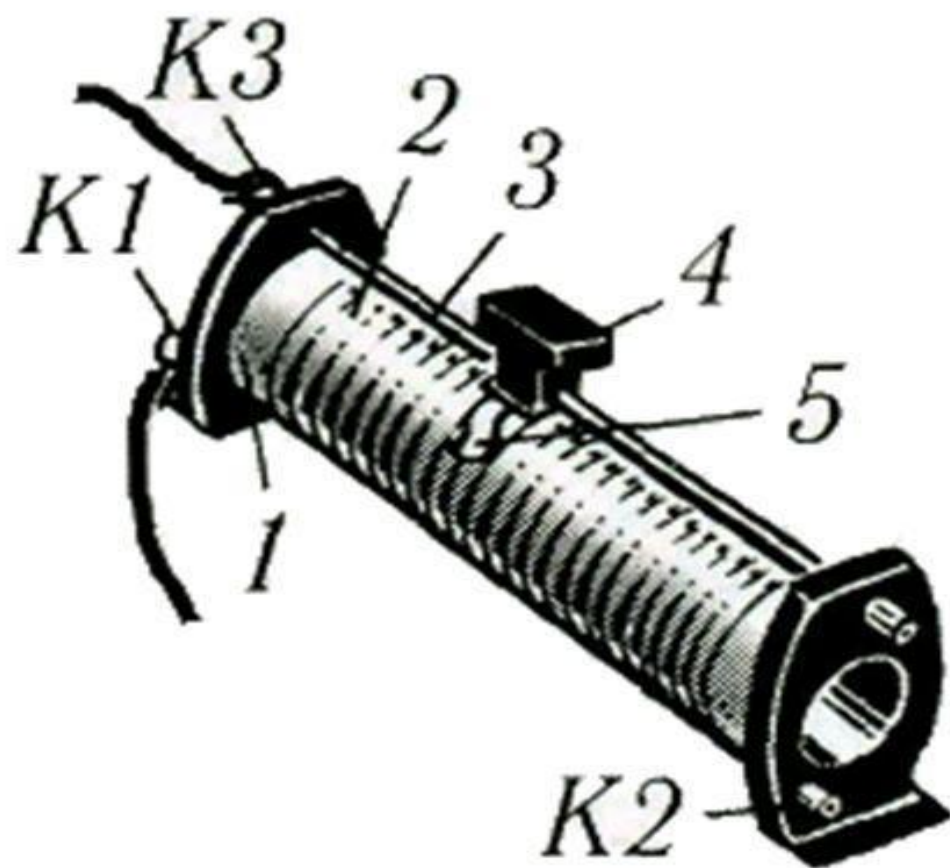
- ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЦЕПЬ СОСТОИТ ИЗ СЛЕДУЮЩИХ ЧАСТЕЙ: ИСТОЧНИК ТОКА, ПОТРЕБИТЕЛИ, СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ ПРОВОДА, ЗАМЫКАЮЩИЕ И РАЗМЫКАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА. КРОМЕ ЭТОГО В СОСТАВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ МОГУТ ВХОДИТЬ РЕГУЛИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА И ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ.
- ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ – ЭТО ЧЕРТЕЖИ, ПОКАЗЫВАЮЩИЕ СПОСОБ СОЕДИНЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ЦЕПЬ; ПРИ ИЗОБРАЖЕНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ ИСПОЛЬЗУЮТ ОБЩЕПРИНЯТЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ.
- ПРИ СБОРКЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ ВАЖНО СОБЛЮДАТЬ ПОЛЯРНOSTЬ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ (УЧИТЫВАТЬ НАПРАВЛЕНИЕ ТОКА В ЦЕПИ).
- ЗА НАПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА ПРИНИМАЮТ НАПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ПОЛОЖИТЕЛЬНО ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ ИЛИ НАПРАВЛЕНИЕ, ПРОТИВОПОЛОЖНОЕ НАПРАВЛЕНИЮ ДВИЖЕНИЯ ОТРИЦАТЕЛЬНО ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ.

# РЕГУЛИРОВАНИЕ СИЛЫ ТОКА РЕОСТАТ



**РЕОСТАТ** – устройство с переменным сопротивлением, предназначенное для регулирования силы тока и напряжения в электрической цепи; в данной конструкции перемещающийся ползунок позволяет пропускать ток по различному числу витков провода, намотанного на цилиндр.

- **Реостат** — электрический аппарат, изобретённый Иоганном Кристианом Поггендорфом, служащий для регулировки и получения требуемой величины сопротивления. Как правило, состоит из проводящего элемента с устройством регулирования электрического сопротивления. Изменение сопротивления может осуществляться как плавно, так и ступенчато.

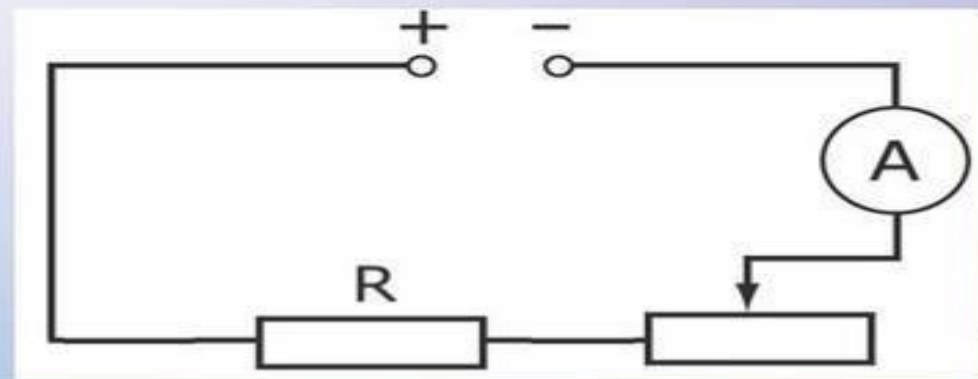
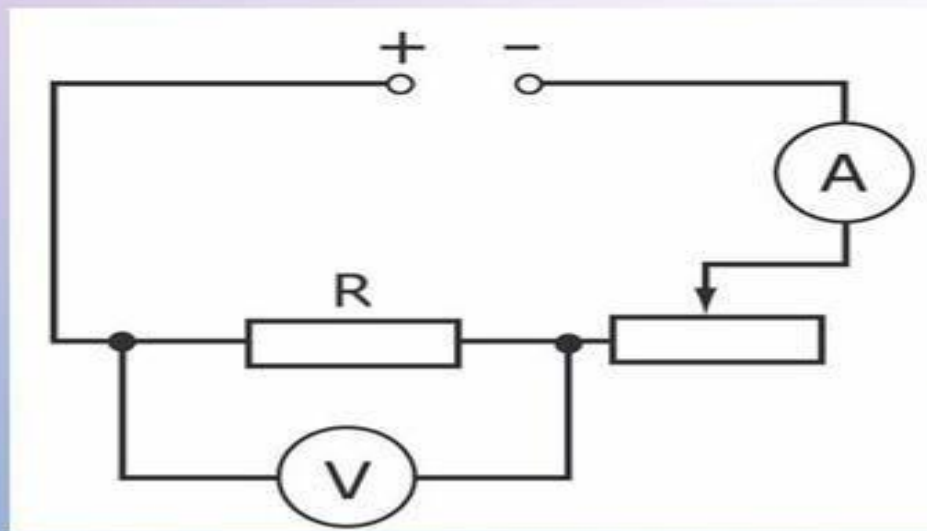


- На жаропрочное основание 1 наматывается проволока 2, изготовленная из материала с большим удельным сопротивлением. Концы проволоки закреплены под клеммы  $K_1$  и  $K_2$ . По направляющей 3, соединенной с клеммой  $K_3$  движется ползун 4, соединенный с контактом 5, который скользит по обмотке реостата.

## Устройство реостата

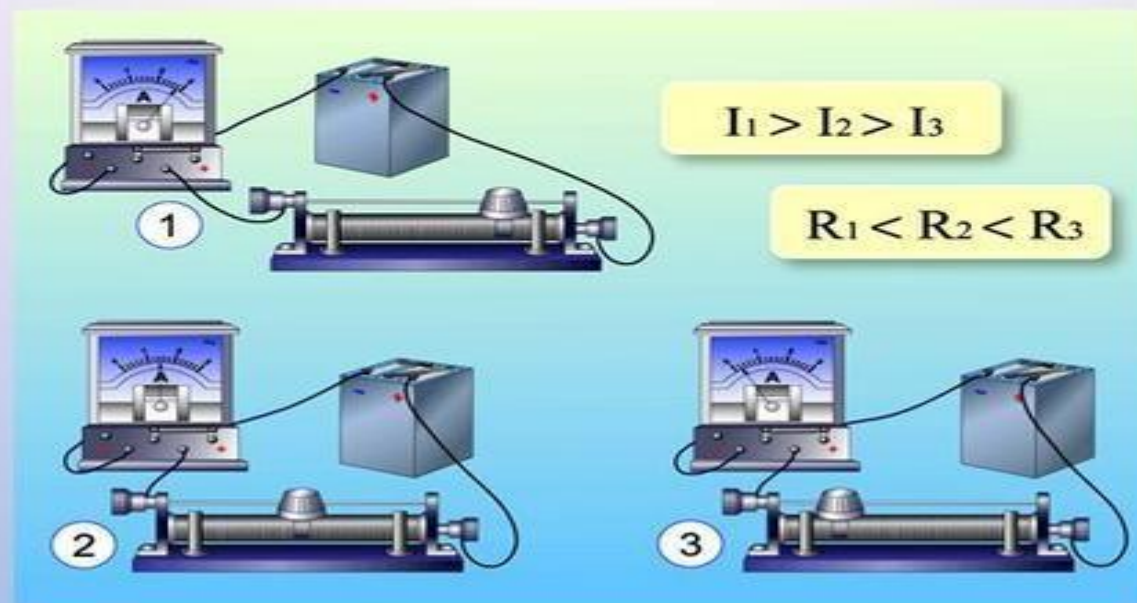
# РЕГУЛИРОВАНИЕ СИЛЫ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ РЕОСТАТОМ

Регулирование силы тока реостатом



Регулирование напряжения реостатом

# РЕГУЛИРОВАНИЕ СИЛЫ ТОКА РЕОСТАТОМ





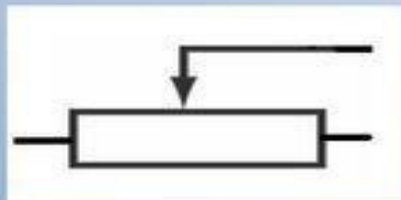
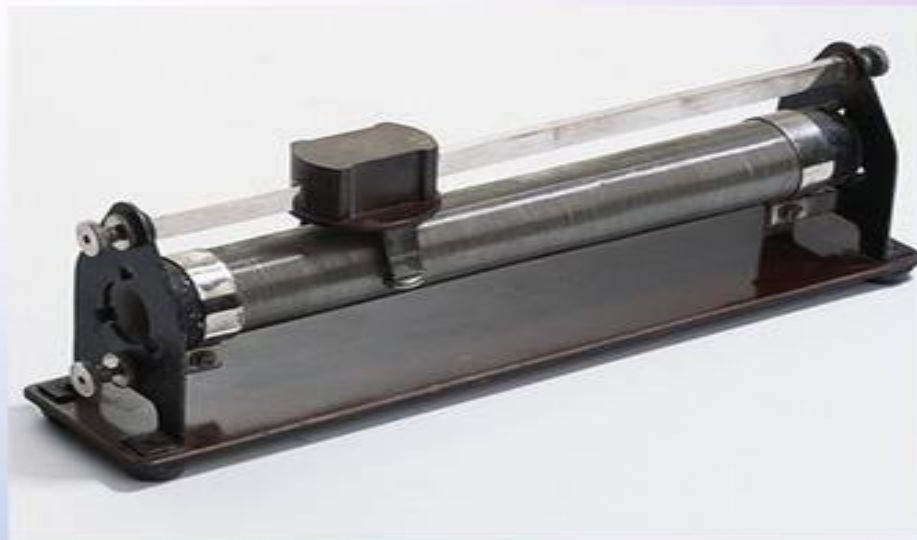


# РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ ПОТЕНЦИОМЕТР

## ПОТЕНЦИОМЕТР -

1) электроизмерительный прибор для определения разности потенциалов (напряжения) компенсационным методом.

2) Переменный *резистор* (реостат), включенный по схеме делителя напряжения.



- *Изменением сопротивления цепи, в которую включен реостат, возможно достичь изменения величины тока или напряжения. При необходимости изменения тока или напряжения в небольших пределах реостат включают в цепь параллельно или последовательно. Для получения значений тока и напряжения от нуля до максимального значения применяется потенциометрическое включение реостата, являющегося в данном случае регулируемым делителем напряжения.*

# ПОТЕНЦИОМЕТР

Принцип действия потенциометра

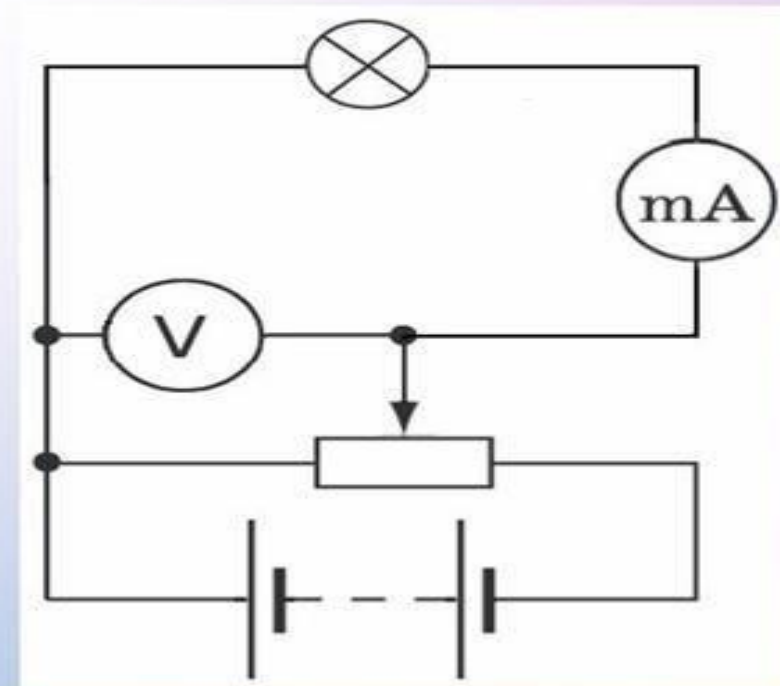
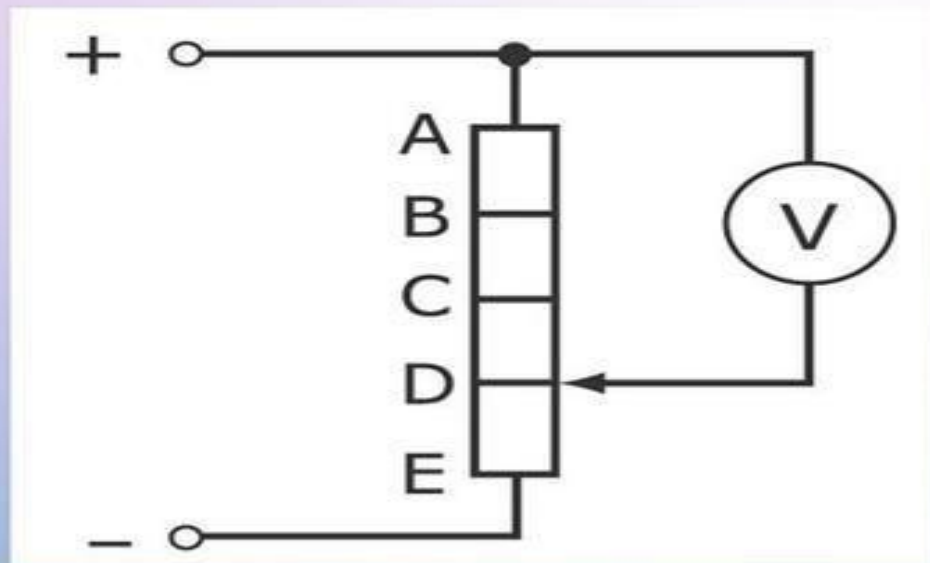
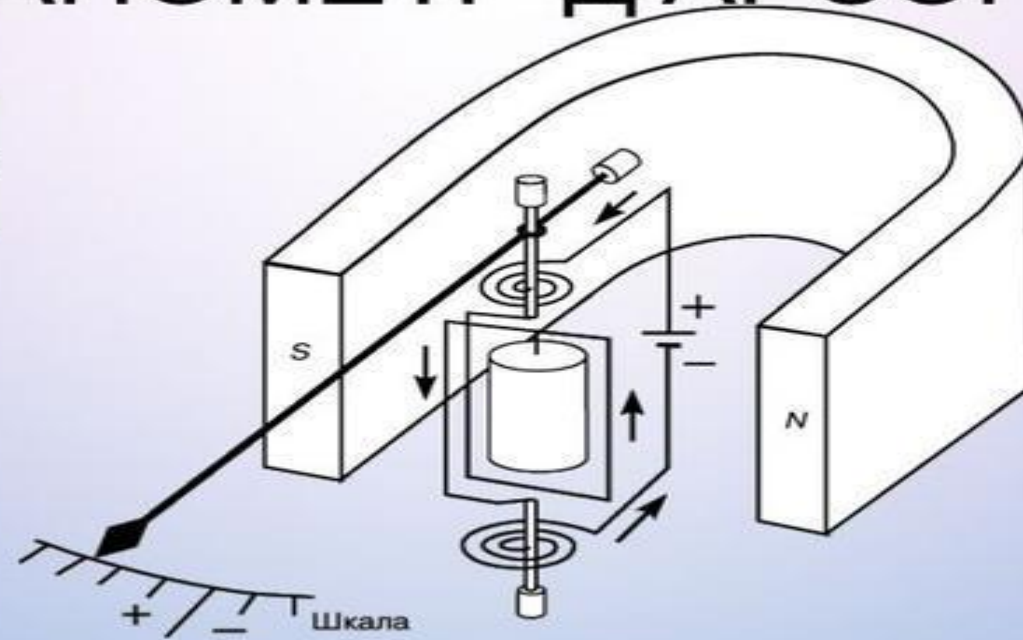


Схема питания лампы через потенциометр

# ГАЛЬВАНОМЕТР Д'АРСОНВАЛЯ



**ГАЛЬВАНОМЕТР Д'АРСОНВАЛЯ** - высокочувствительный электроизмерительный прибор для измерения слабых токов или напряжений. Принцип его работы основан на магнитном действии тока.

# КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

- **ВОЛЬТМЕТР** –
- ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ
- ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО
- НАПРЯЖЕНИЯ

**Ваттметр** –  
для измерения  
мощности  
электрического тока

**Амперметр** –  
для измерения силы  
электрического тока

**Частотомер** –  
для измерения  
частоты колебаний  
электрического тока

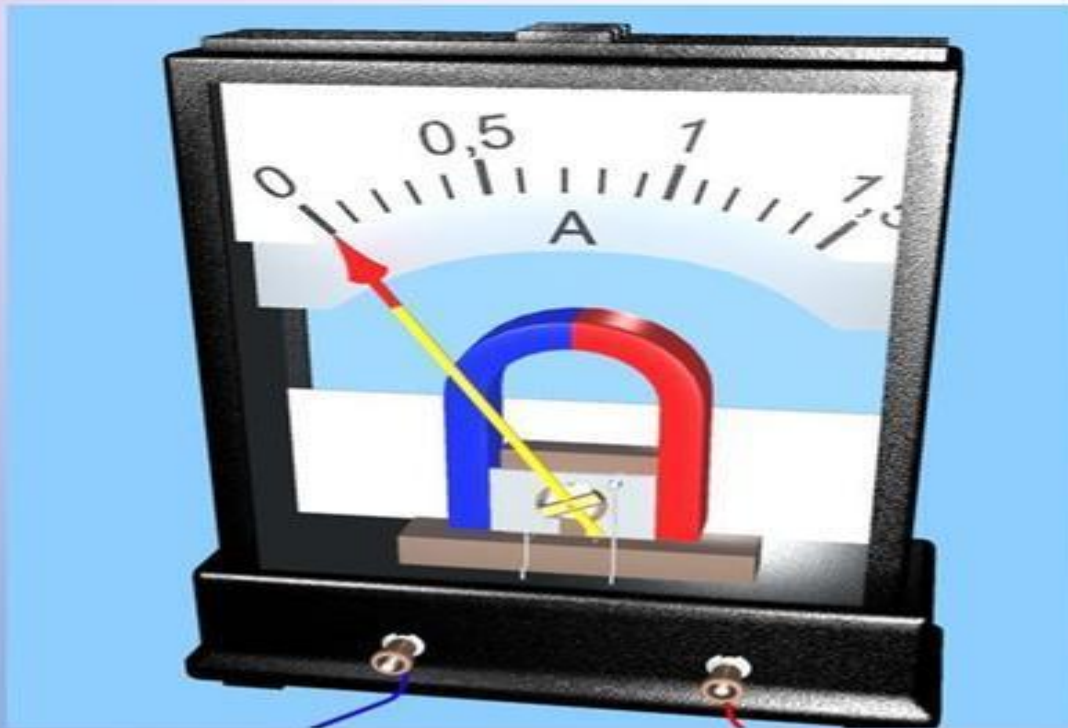
**Мультиметры**  
(иначе тестеры, авометры) —  
комбинированные приборы

# ИЗМЕРЕНИЕ СИЛЫ ТОКА АМПЕРМЕТР

- **АМПЕРМЕТР** – ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТОКА, ПРОТЕКАЮЩЕГО ПО УЧАСТКУ ЦЕПИ. ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ ИСКАЖАЮЩЕГО ВЛИЯНИЯ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ЦЕПЬ ДОЛЖЕН ОБЛАДАТЬ МАЛЫМ ВХОДНЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ. ИМЕЕТ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ, НАЗЫВАЕМЫЙ ГАЛЬВАНОМЕТРОМ. ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ АМПЕРМЕТРА ПАРАЛЛЕЛЬНО ЕГО ЧУВСТВИТЕЛЬНОМУ ЭЛЕМЕНТУ ВКЛЮЧАЮТ ШУНТИРУЮЩЕЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ (ШУНТ).



# АМПЕРМЕТР ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ



Измерительный механизм магнитоэлектрической системы, снабжён набором шкал и шунтов.

Пределы измерения :  
постоянный ток: 3 А, 10 А;  
Переменный ток: 3 А, 10 А.

Чувствительность  
гальванометра  $5 \times 10^{-6}$  А/дел

## Амперметр лабораторный





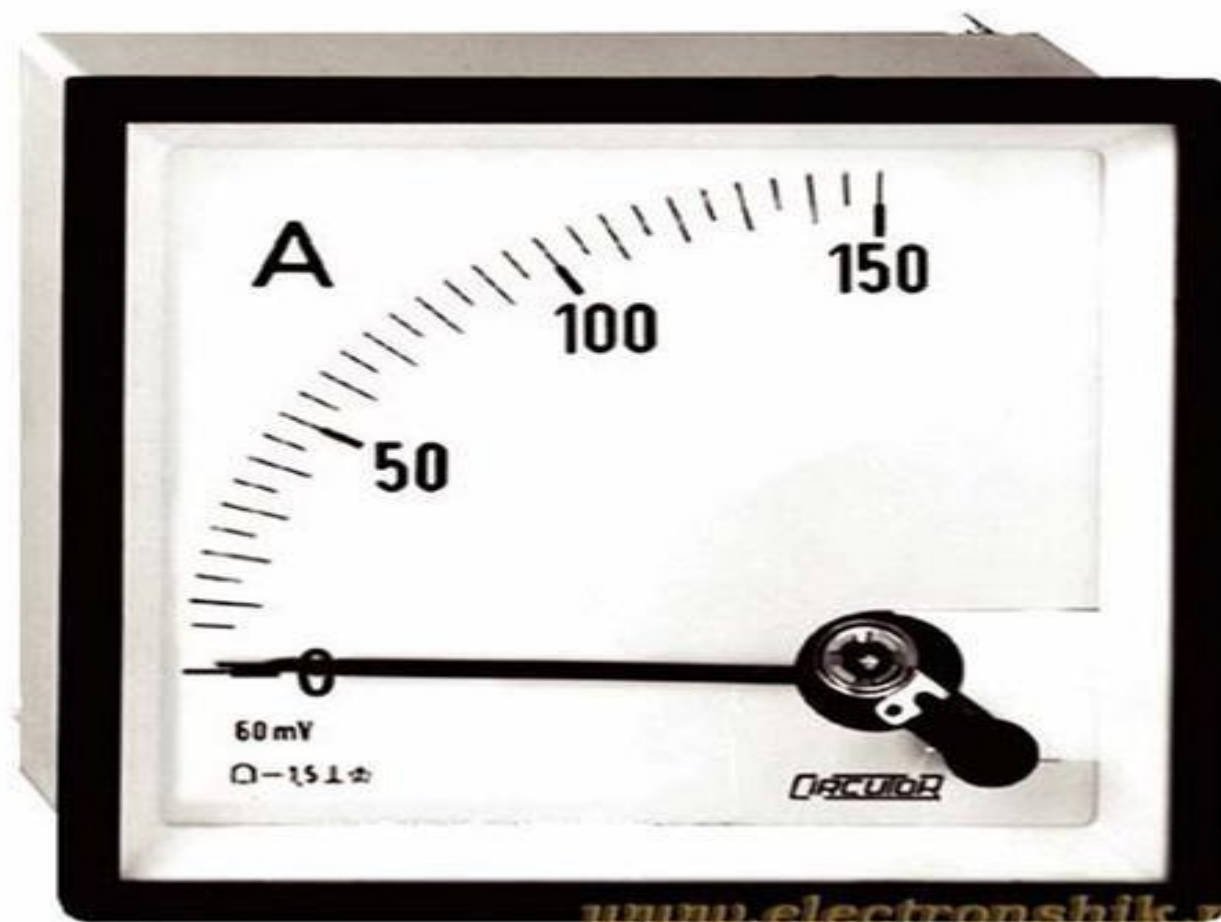




Шкала амперметра



## Цена деления и пределы измерения прибора



Цена деления:

$$C = \frac{B - A}{n}$$

$$A = 50 \text{ A}$$

$$B = 100 \text{ A}$$

$$n = 10$$

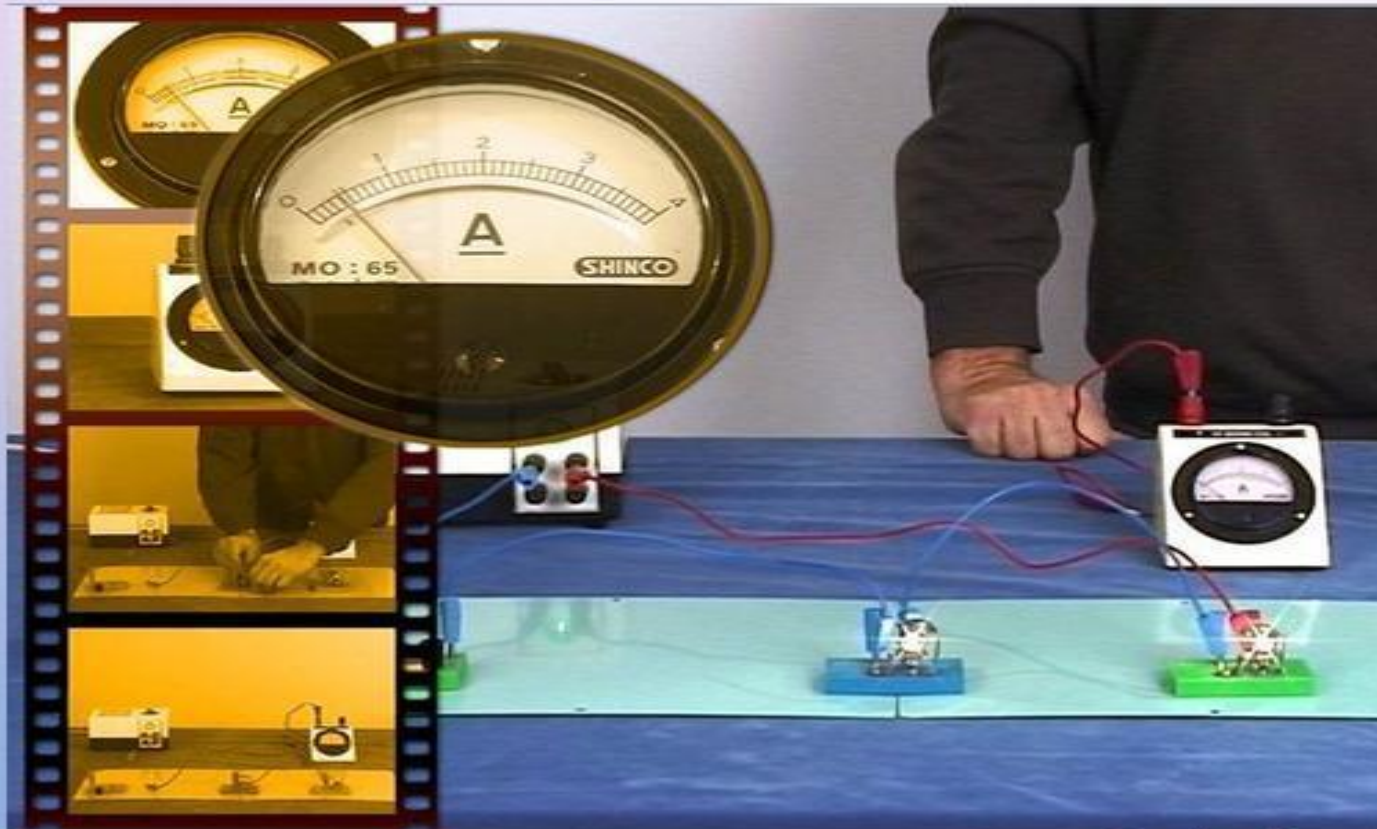
$$C = \frac{100 - 50}{10} = 5 \text{ A}$$

Пределы измерения:

$$I_{\text{ниж}} = 0 \text{ A}$$

$$I_{\text{верх}} = 150 \text{ A}$$

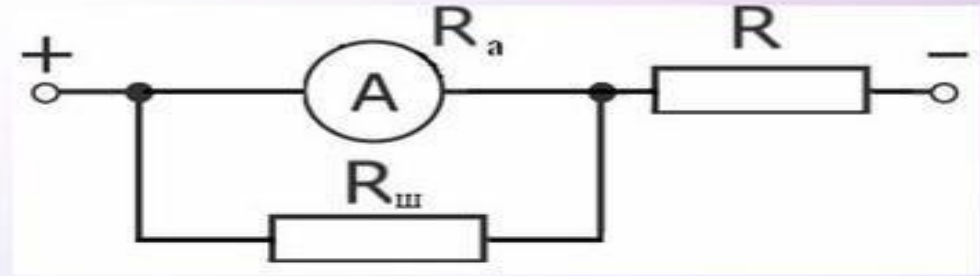
# ИЗМЕРЕНИЕ СИЛЫ ТОКА



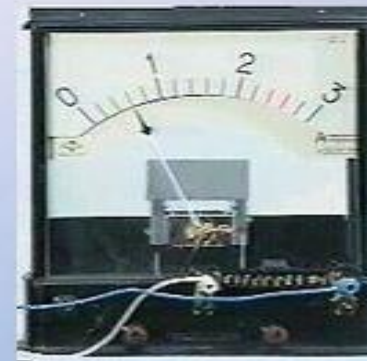
Амперметр включают в электрическую цепь **ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО** с потребителем, соблюдая полярность.

# ПОВЫШЕНИЕ ПРЕДЕЛОВ ИЗМЕРЕНИЯ АМПЕРМЕТРА

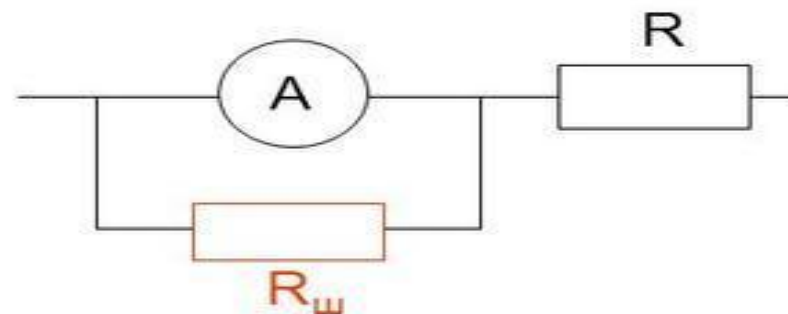
**ШУНТ** – проводник, подключаемый параллельно амперметру для расширения пределов его измерений. При таком включении шунта часть измеряемого тока ответвляется и через амперметр будет идти ток силой в  $n$  раз меньше измеряемого тока.



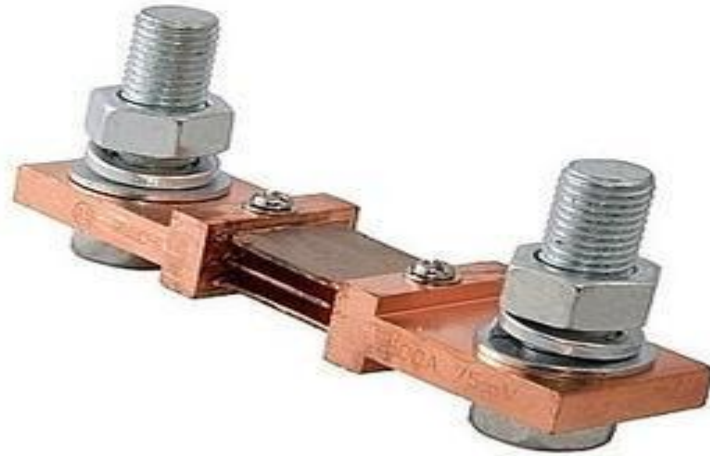
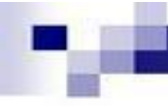
$$R_{ш} = \frac{R_a}{n-1}, n = \frac{I}{I_a}$$



**Шунт** – проводник, подключаемый параллельно амперметру для расширения пределов его измерений.



*Часть измеряемого тока ответвляется и через амперметр будет идти ток меньше измеряемого*







## Напряжение

**Напряжение** – скалярная физическая величина, равная работе электрического поля по перемещению единичного положительного заряда

Обозначение:  $U$

Единица измерения в СИ: 1В (вольт)

Формула:

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

Измерительный прибор: вольтметр

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

→  $A = q \cdot U$

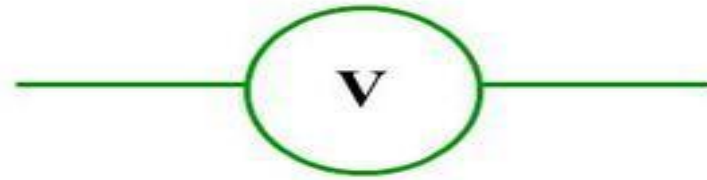
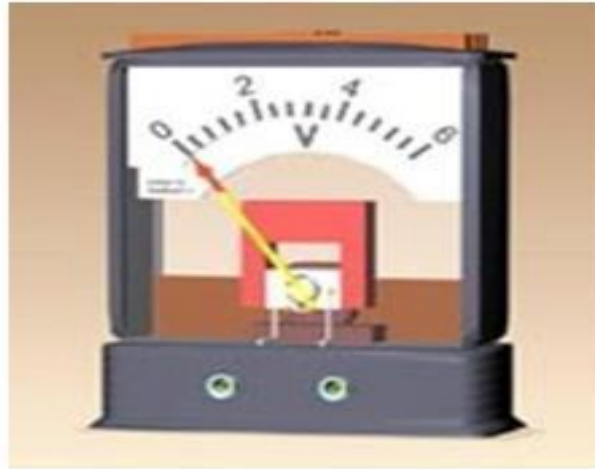
→  $q = \frac{A}{U}$

# ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО НАПРЯЖЕНИЯ ВОЛЬТМЕТР

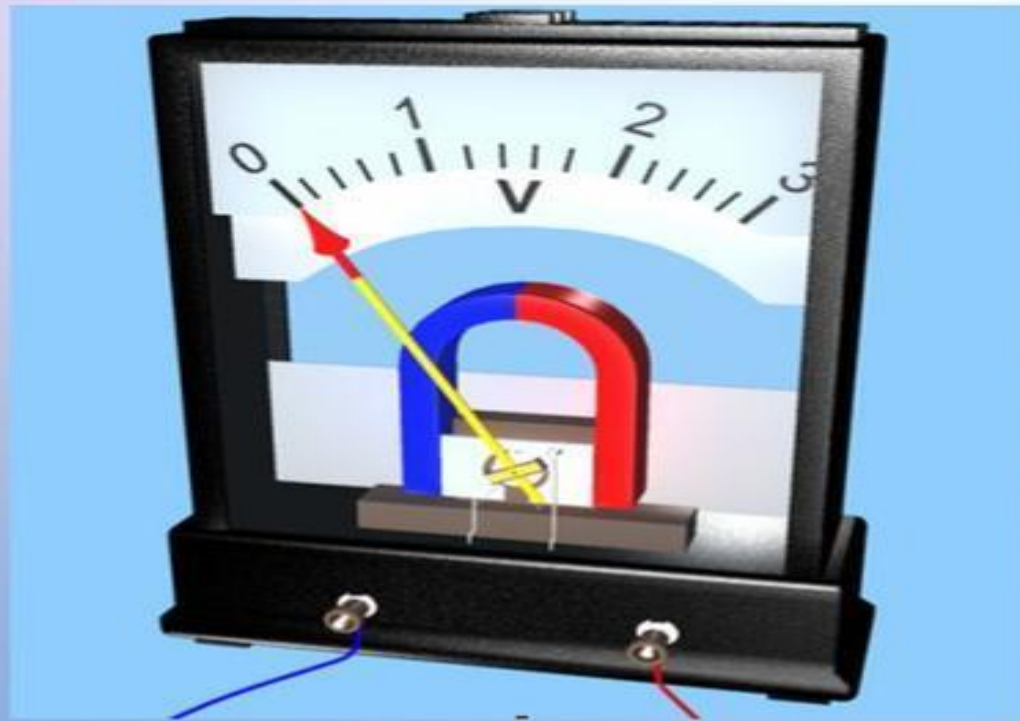
- **ВОЛЬТМЕТР** – ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ НА УЧАСТКЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ. ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ВКЛЮЧЕННОГО ВОЛЬТМЕТРА НА РЕЖИМ ЦЕПИ ОН ДОЛЖЕН ОБЛАДАТЬ БОЛЬШИМ ВХОДНЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ. ВОЛЬТМЕТР ИМЕЕТ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ, НАЗЫВАЕМЫЙ ГАЛЬВАНОМЕТРОМ. ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ВОЛЬТМЕТРА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО С ЕГО ЧУВСТВИТЕЛЬНЫМ ЭЛЕМЕНТОМ ВКЛЮЧАЮТ ДОБАВОЧНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ.



## Вольтметр



# ВОЛЬТМЕТР ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ



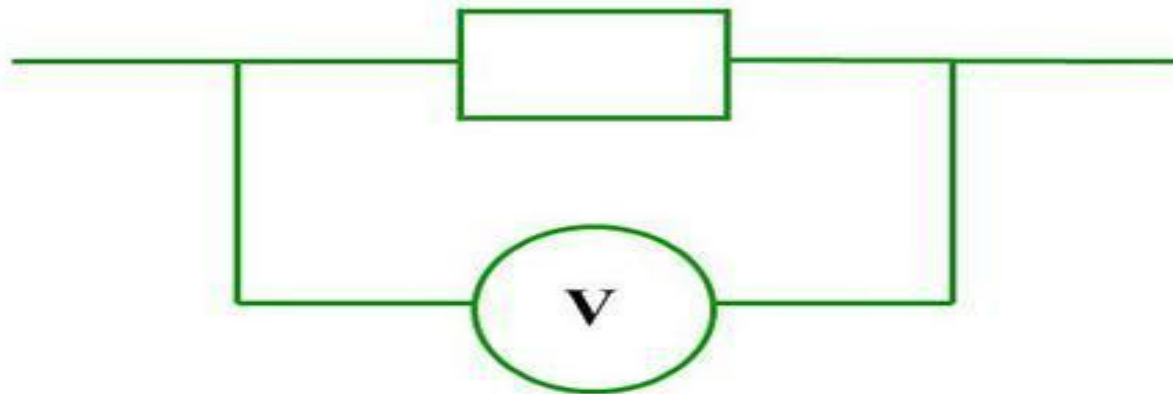
Измерительный механизм магнитоэлектрической системы, снабжён набором шкал и дополнительных сопротивлений.

Постоянный ток:  
5 В, 15 В.

Переменный ток:  
15 В, 250 В.

Чувствительность гальванометра  
 $5 \times 0,00001$  В/дел

Вольтметр включается **параллельно**



## Вольтметр лабораторный









Шкала вольтметра



## Цена деления и пределы измерения прибора



Цена деления:

$$C = \frac{B - A}{n}$$

$$A = 200B$$

$$B = 300B$$

$$n = 10$$

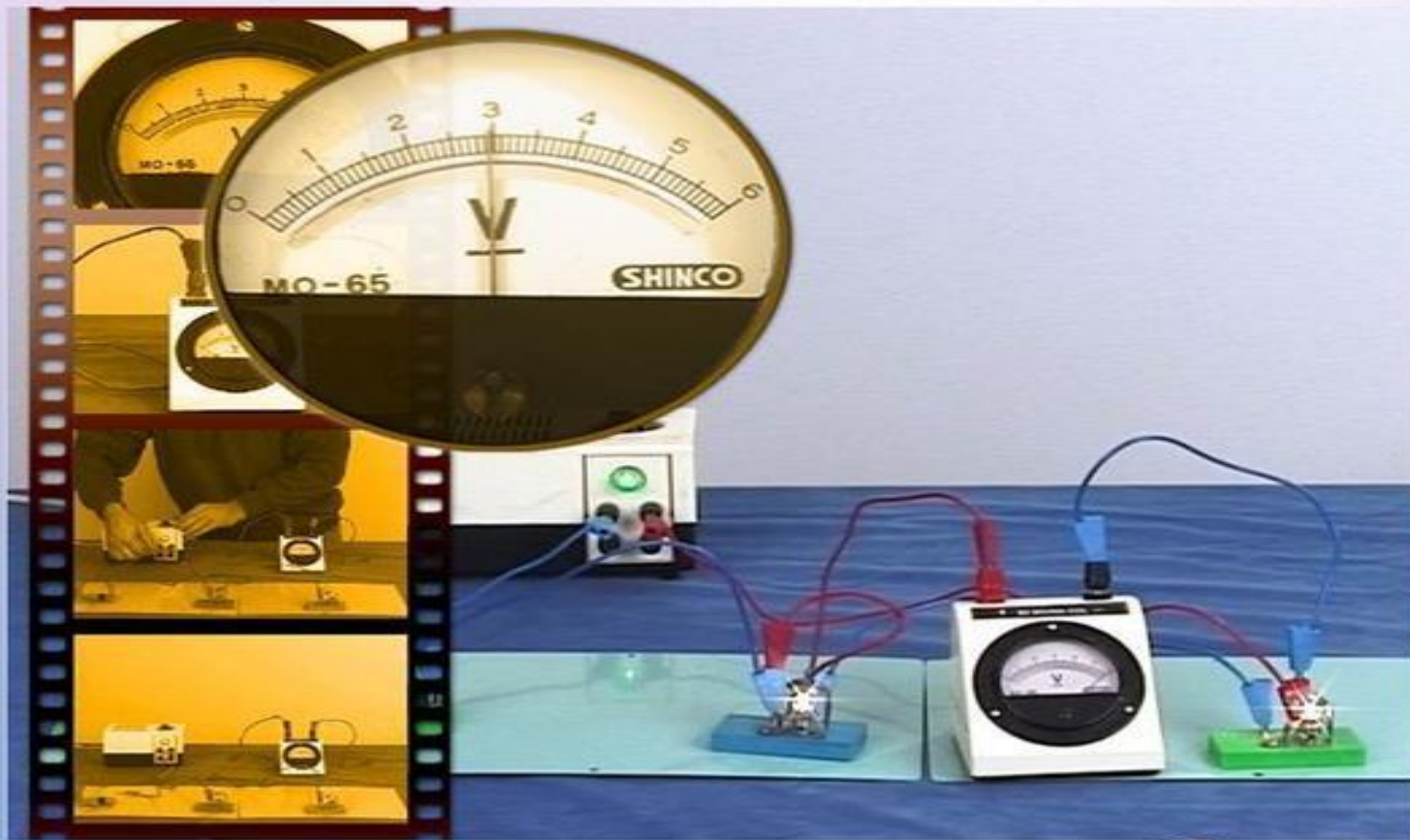
$$C = \frac{300 - 200}{10} = 10B$$

Пределы измерения:

$$\Pi_{\text{ниж}} = 100B$$

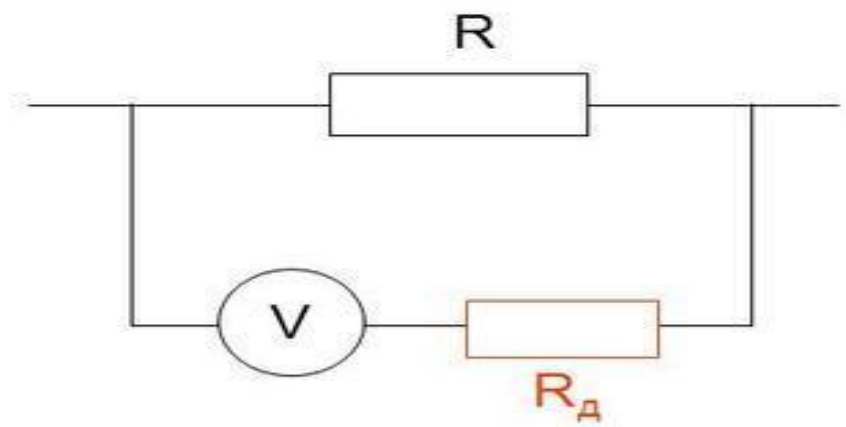
$$\Pi_{\text{верх}} = 500B$$

# ИЗМЕРЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ



Вольтметр  
включают  
**ПАРАЛЛЕЛЬНО**  
участку цепи, на  
котором измеряют  
напряжение,  
соблюдая  
полярность.

**Дополнительное сопротивление** – проводник, подключаемый последовательно с вольтметром для расширения пределов его измерений

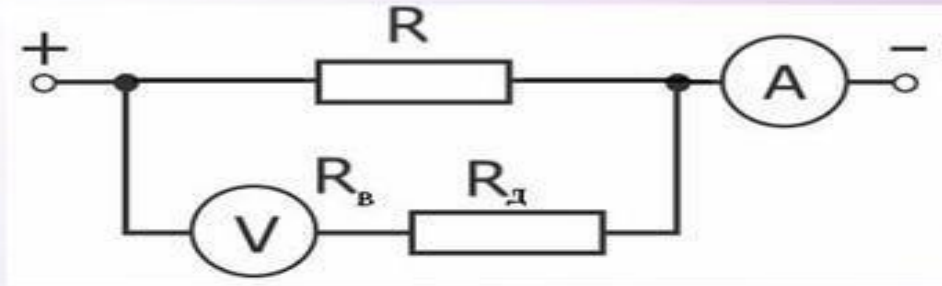


# ПОВЫШЕНИЕ ПРЕДЕЛОВ ИЗМЕРЕНИЯ ВОЛЬТМЕТРА

## ДОБАВОЧНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ –

дополнительный резистор, подключаемый последовательно с вольтметром для расширения его пределов измерения. При таком включении добавочного сопротивления напряжение на вольтметре будет в  $n$  раз меньше измеряемого.

$$R_{\text{д}} = R_{\text{в}} (n - 1), n = \frac{U}{U_{\text{в}}}$$



# ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ МЕТОДОМ АМПЕРМЕТРА И ВОЛЬТМЕТРА

Варианты сборки измерительной схемы

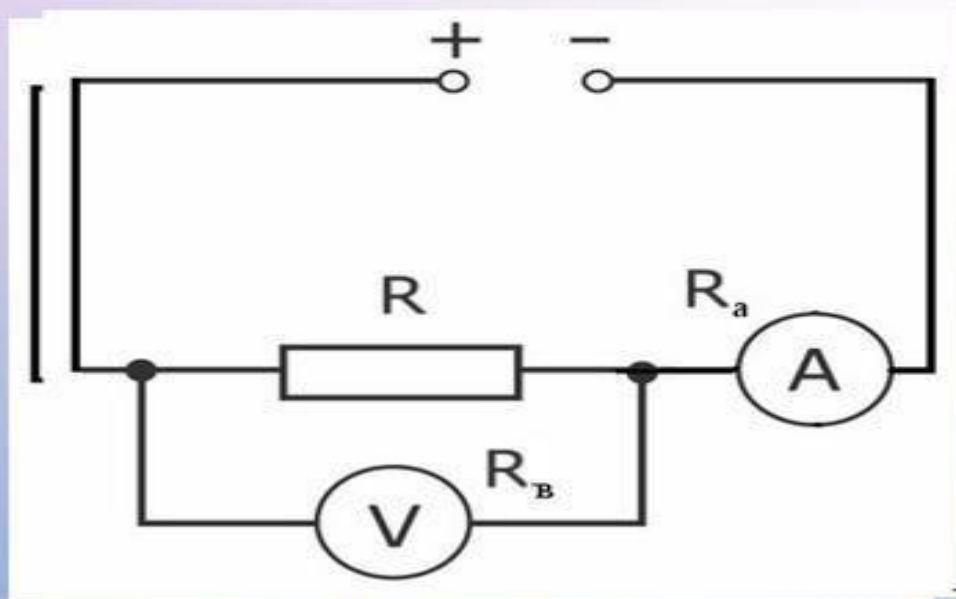


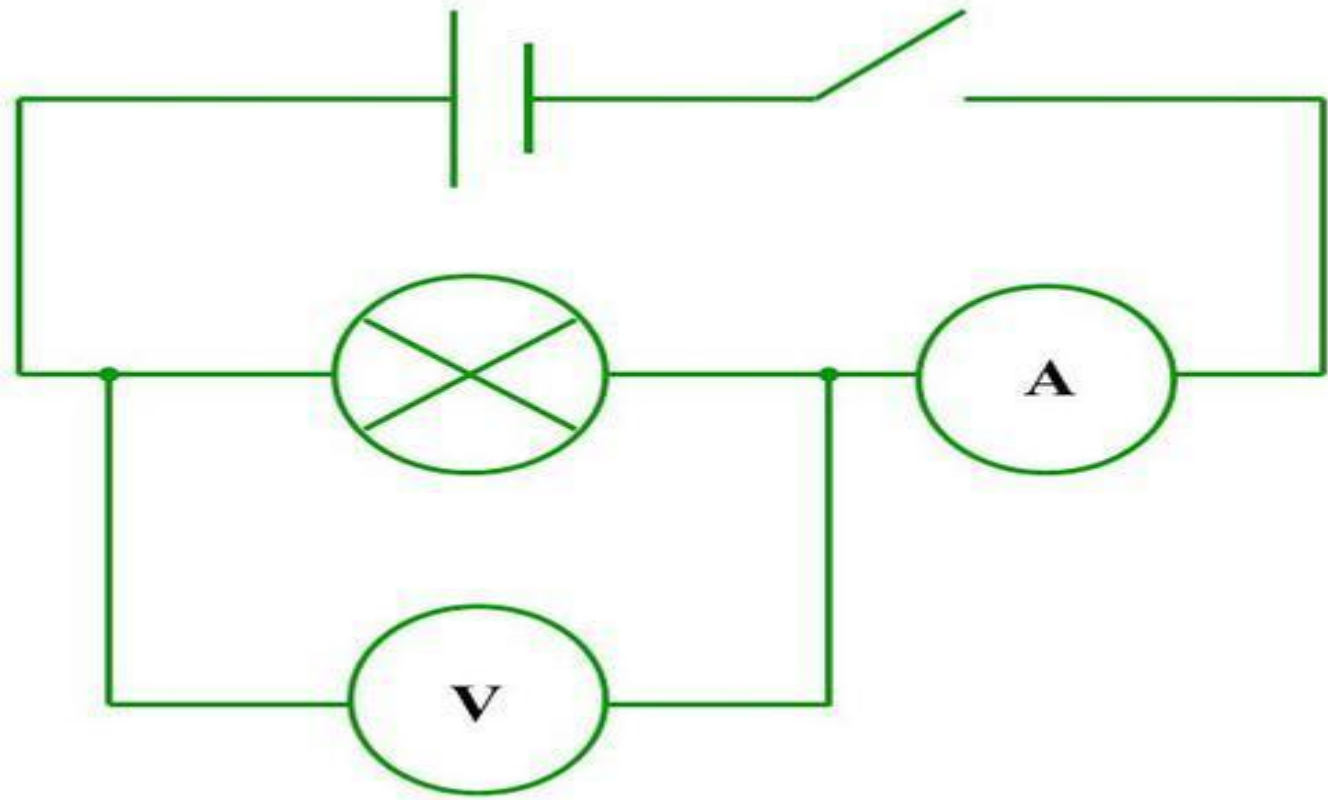
Схема I

Схема II

### Ток через лампочку и напряжение на ней









## Сопротивление

**Сопротивление** – скалярная физическая величина, характеризующая свойство проводника противодействовать электрическому току

**Обозначение:** R

**Единица измерения:** 1 Ом (Ом)

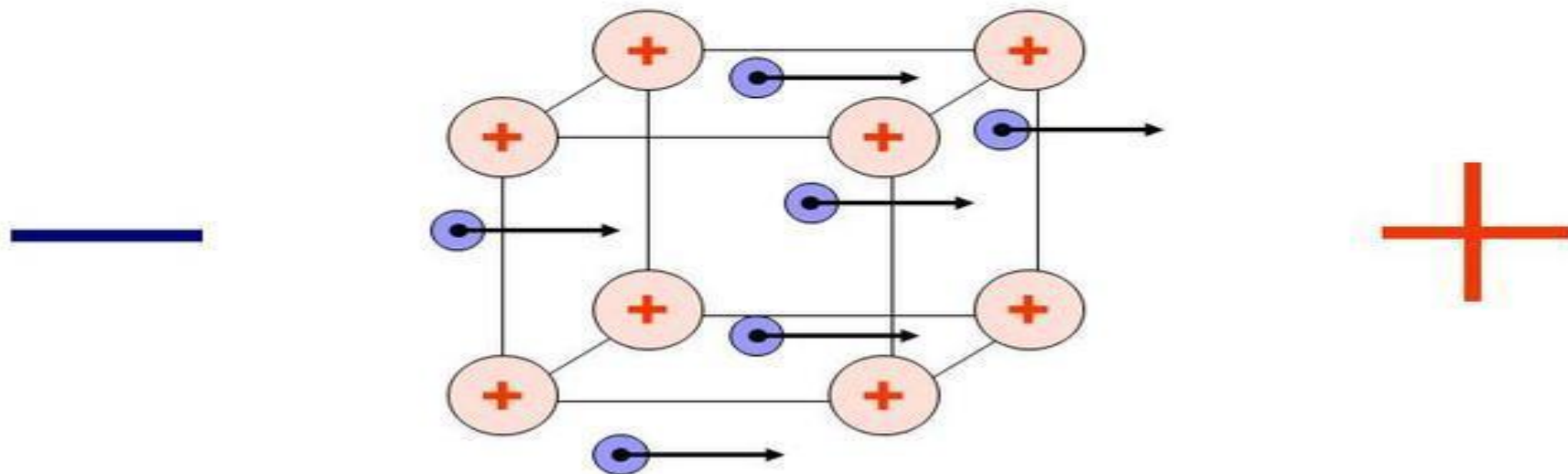
**Измерительный прибор:** Омметр







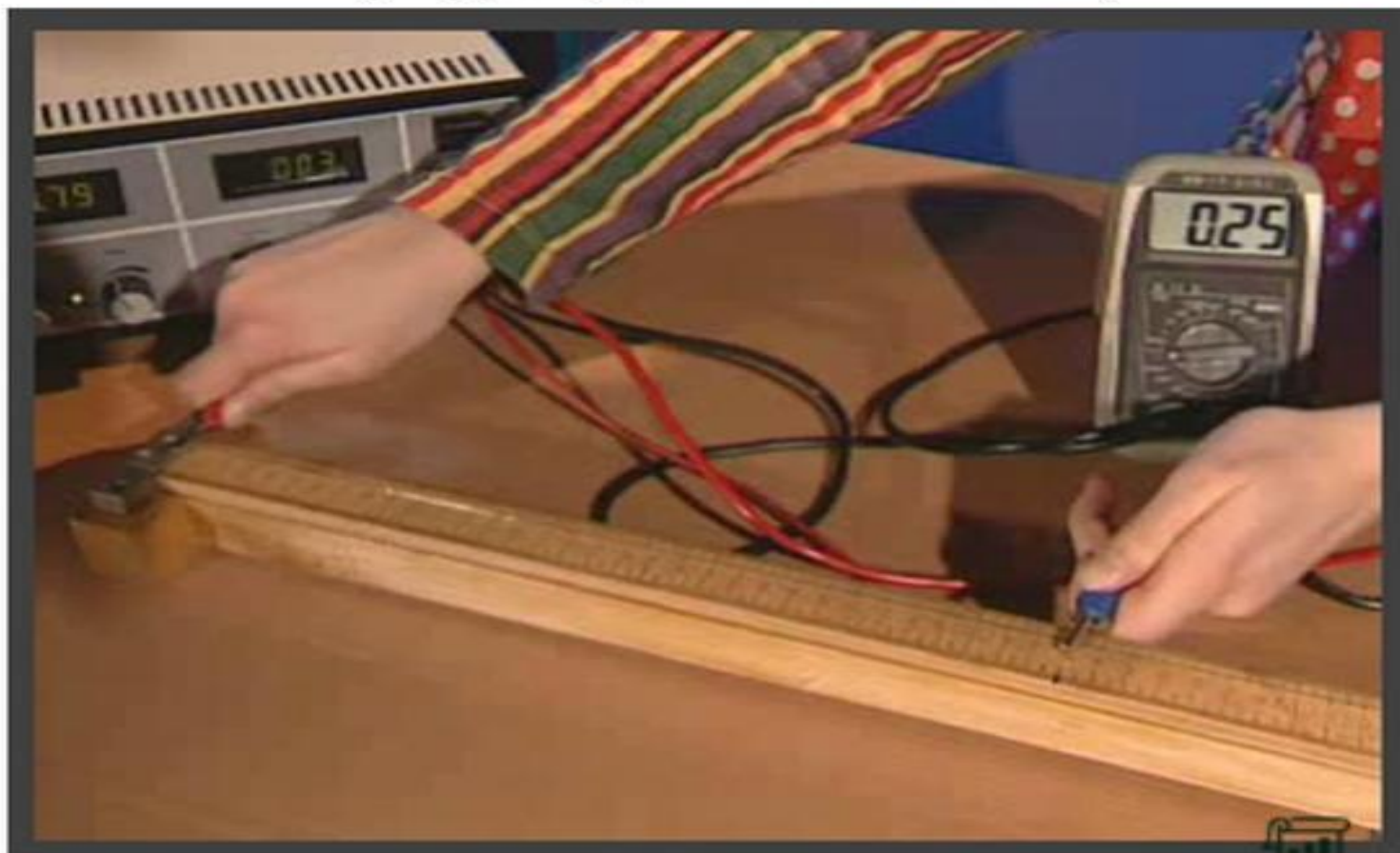
**Причина электрического сопротивления:**  
взаимодействие электронов при их движении по проводнику с ионами кристаллической решетки.



Направленному движению электронов мешают их столкновения с колеблющимися тяжелыми и большими ионами кристаллической решетки. Это и создает сопротивление движению электронов — вызывает электрическое сопротивление металла.



Зависимость сопротивления проводника от его длины  
(видеофрагмент опыта)



Мультимедийное приложение к учебнику С.В. Громова и Н.А. Родиной «Физика. 9 класс» (Просвещение Медиа, Новый диск)



**Электрическое сопротивление металлов** прямо пропорционально длине проводника и обратно пропорционально площади его поперечного сечения:

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

$\rho$  – удельное сопротивление

$l$  – длина проводника

$S$  – площадь поперечного сечения проводника



**Удельное сопротивление** – скалярная физическая величина, численно равная сопротивлению цилиндрического проводника единичной длины и единичной площади поперечного сечения

**Зависит от** вещества и его состояния (температуры)

**Единица измерения:**  $1 \text{ Ом} \cdot \text{м}$



**Резистор** – устройство с постоянным сопротивлением.



## Магазин сопротивлений





## Закон Ома

**Сила тока на участке цепи прямо пропорциональна напряжению на его концах и обратно пропорциональна его сопротивлению**

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

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

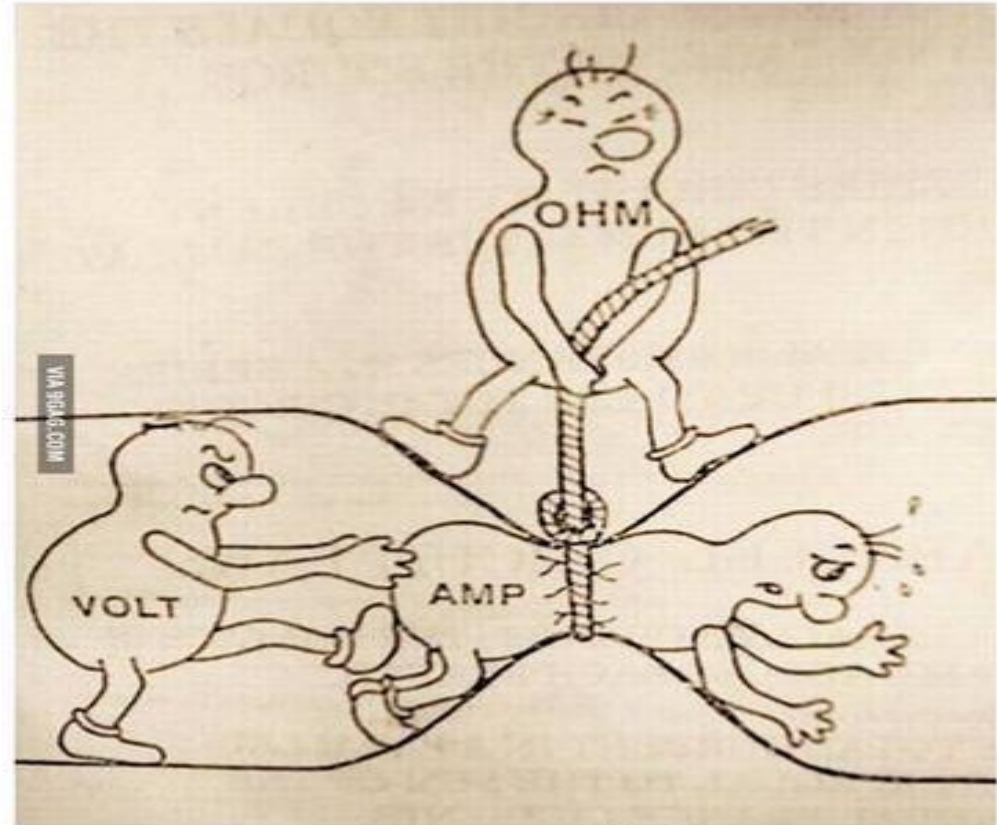
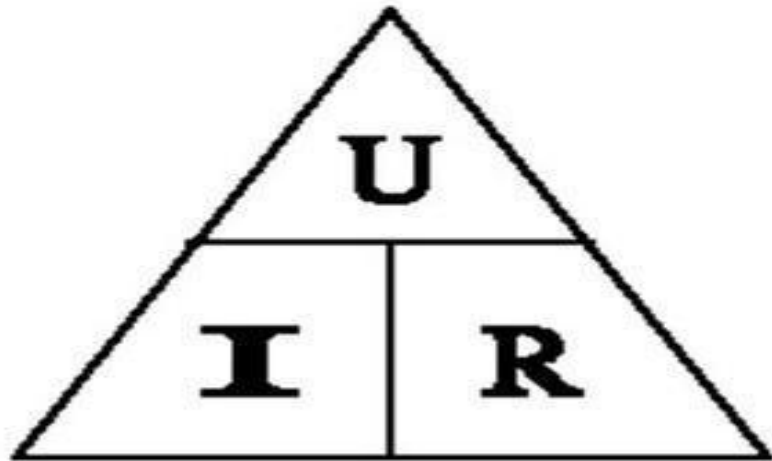


$$U = I \cdot R$$



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

## Закон Ома наглядно





**Ампер Андре Мари**  
1775-1836



**Алесандро Вольта**  
1745 - 1827

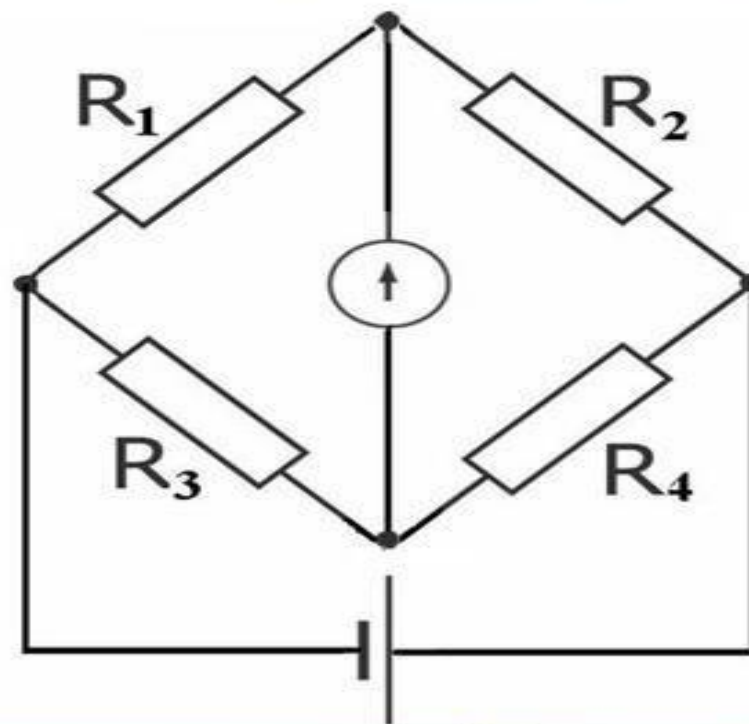


**Георг Ом**  
1787 - 1854



# МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ

- **МОСТ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ** (МОСТ УИТСТОНА) – ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ЦЕПЬ, ПРИМЕНЯЕМАЯ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ МЕТОДОМ СРАВНЕНИЯ С ЭТАЛОННЫМ ЗНАЧЕНИЕМ НЕИЗВЕСТНЫХ ЗНАЧЕНИЙ СОПРОТИВЛЕНИЯ, ИНДУКТИВНОСТИ, ЁМКОСТИ И ДР. ВЕЛИЧИН. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМ МОСТОМ НАЗЫВАЮТ ТАКЖЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ, СОДЕРЖАЩИЕ ЭТУ ЦЕПЬ.



# • МУЛЬТИМЕТР

**МУЛЬТИМЕТР** - ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРИБОР, ОБЪЕДИНЯЮЩИЙ В СЕБЕ НЕСКОЛЬКО ФУНКЦИЙ. В МИНИМАЛЬНОМ НАБОРЕ ЭТО ВОЛЬТМЕТР, АМПЕРМЕТР И ОММЕТР. СУЩЕСТВУЮТ ЦИФРОВЫЕ И АНАЛОГОВЫЕ МУЛЬТИМЕТРЫ. В НЕКОТОРЫХ МУЛЬТИМЕТРАХ ДОСТУПНЫ ТАКЖЕ ФУНКЦИИ:

- ПРОЗВОНКА — ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗВУКОВОЙ (ИНОГДА И СВЕТОВОЙ) СИГНАЛИЗАЦИЕЙ НИЗКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ЦЕПИ.
- ГЕНЕРАЦИЯ ТЕСТОВОГО СИГНАЛА ПРОСТЕЙШЕЙ ФОРМЫ (ГАРМОНИЧЕСКОЙ ИЛИ ИМПУЛЬСНОЙ) - КАК СВОЕОБРАЗНЫЙ ВАРИАНТ ПРОЗВОНКИ.
- ТЕСТ ДИОДОВ - ПРОВЕРКА ЦЕЛОСТНОСТИ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ДИОДОВ И НАХОЖДЕНИЕ ИХ «ПРЯМОГО НАПРЯЖЕНИЯ».
- ТЕСТ ТРАНЗИСТОРОВ - ПРОВЕРКА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ТРАНЗИСТОРОВ
- ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЕМКОСТИ.
- ИЗМЕРЕНИЕ ИНДУКТИВНОСТИ.
- ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ, С ПРИМЕНЕНИЕМ ВНЕШНЕГО ДАТЧИКА.
- ИЗМЕРЕНИЕ ЧАСТОТЫ ГАРМОНИЧЕСКОГО СИГНАЛА.



# ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ОММЕТР

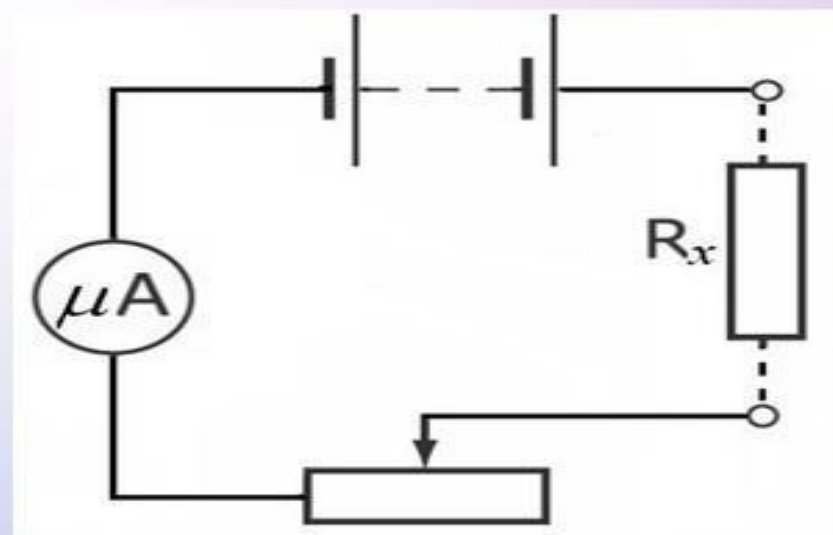
**ОММЕТР** – прибор для измерения электрического сопротивления, позволяющий производить отсчёт измеряемого сопротивления непосредственно по шкале.

В современных приборах для измерения сопротивления и других электрических величин используются другие принципы и выдаются результаты в цифровом виде.



# ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ОММЕТРА

- ПРОСТЕЙШИЙ ОММЕТР СОСТОИТ ИЗ ИСТОЧНИКА ТОКА, ПЕРЕМЕННОГО РЕЗИСТОРА И ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ ТОКА (МИКРОМЕТРА), ШКАЛА КОТОРОГО ПРОГРАДУИРОВАНА В ОМАХ. ПРИ ПОДКЛЮЧЕНИИ НЕИЗВЕСТНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ СТРЕЛКА МИКРОАМПЕРМЕТРА ОТКЛОНИТСЯ ТЕМ БОЛЬШЕ, ЧЕМ МЕНЬШЕ ПОДКЛЮЧЕННОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ. ПОЭТОМУ НА ШКАЛЕ ОММЕТРА НУЛЕВОЕ ДЕЛЕНИЕ НАХОДИТСЯ СПРАВА, А КРАЙНЕЕ ЛЕВОЕ ОБОЗНАЧЕНО ЗНАКОМ «БЕСКОНЕЧНОСТЬ».



ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА ОММЕТРА

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН, ТАКИХ, КАК НАПРЯЖЕНИЕ, СОПРОТИВЛЕНИЕ, СИЛА ТОКА И ДР. ПРОИЗВОДЯТСЯ С ПОМОЩЬЮ РАЗЛИЧНЫХ СРЕДСТВ – ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ, СХЕМ И СПЕЦИАЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ. ТИП ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА ЗАВИСИТ ОТ ВИДА И РАЗМЕРА (ДИАПАЗОНА ЗНАЧЕНИЙ) ИЗМЕРЯЕМОЙ ВЕЛИЧИНЫ, А ТАКЖЕ ОТ ТРЕБУЕМОЙ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ.



## Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение электрического тока.
2. При каких условиях возникает электрический ток?
3. Чем отличается движение заряженных частиц в проводнике в отсутствие и при наличии внешнего электрического поля?
4. Как направлен электрический ток?
5. В каком направлении движутся электроны в металлическом проводнике, по которому протекает электрический ток?
6. Что называют силой тока?
7. Какова единица измерения силы тока?
8. Каким прибором измеряют силу тока? Как он подключается?
9. Что такое напряжение?
10. Какова единица напряжения?
11. Каким прибором измеряют напряжение? Как он подключается?
12. Что такое сопротивление? Какова причина сопротивления?
13. Какова единица сопротивления?
14. Каким прибором измеряют сопротивление? Как он подключается?
15. Сформулируйте закон Ома для участка цепи.



## Список ресурсов Интернет

### иллюстрации

<http://www.fizika.ru>

<http://school.xvatit.com>

<http://fizportal.ru>

<http://slovari.yandex.ru>

<http://cxem.pp.ua>

<http://www.td-medstar.ru>

<http://microschemes.pp.ua>

<http://base.eworld.ru>

<http://www.ww2.ru>

<http://portal.etherway.ru>

<http://www.go-radio.ru>

<http://hystory.ru>

<http://radionostalgia.ca>

<http://www.pribortorg.by>

<http://www.avito.ru>

<http://omop.su>

<http://www.proshkolu.ru>

<http://masteram.com.ua>

<http://solo-project.com>