

# Электрическое сопротивление

2020-2021

# Сопротивление

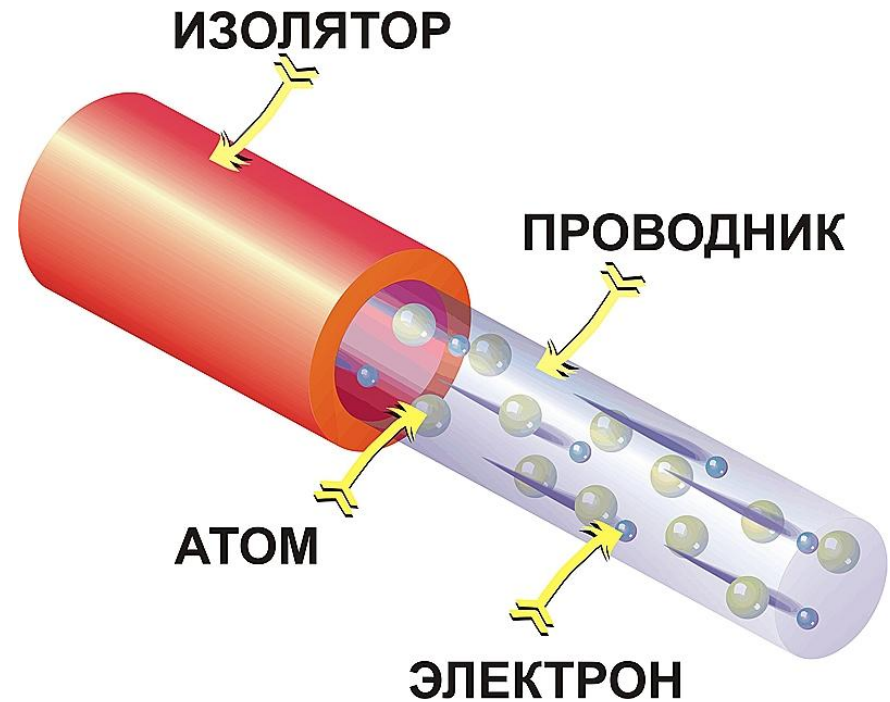
- *Сопротивление проводника – основная электрическая характеристика проводника.*

**Свойство проводников ограничивать силу тока в цепи, т. е.**

**противодействовать электрическому току, называют электрическим сопротивлением.**

# Сопротивление

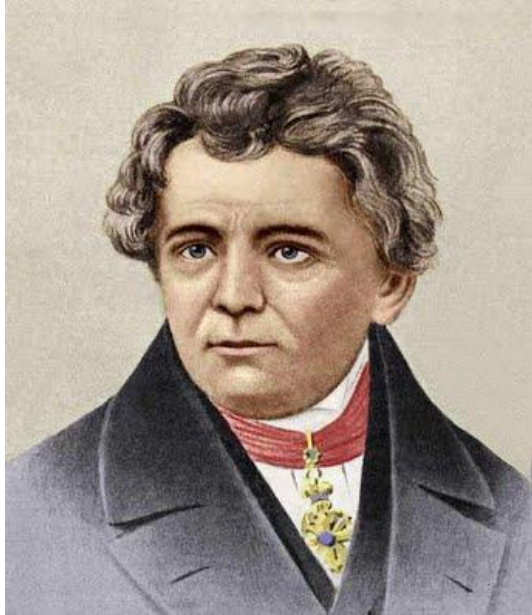
каждый проводник  
как бы  
противодействует  
электрическому  
току, оказывает ему  
сопротивление



Электрическое сопротивление  
увеличивается сила тока уменьшается  
согласно закона Ома

# Основная единица измерения сопротивления (в СИ):

$$[R] = [Ом]$$



Георг Ом – немецкий физик родился 16 марта 1789 г. в Эрлангеге в семье слесаря. Учился в гимназии, затем в местном университете. После переезда в Кёльн Ом активно занимался физикой, начав с ремонта приборов и изучения научной литературы

# Ранее полученная формула

$$R = \frac{2m_e \cdot \boxed{\phantom{x}}}{nq_e^2 \cdot \tau_c \cdot S}$$

Электрическое сопротивление

зависит:

- От геометрических размеров  $(\boxed{\phantom{x}}, S)$
- Материала проводника  $(\tau_c, n)$

# Электрическое сопротивление

$$R = \frac{2m_e}{nq_e^2 \cdot \tau_c} \cdot \frac{\boxtimes}{S}$$

- Введем обозначение :  $\rho = \frac{2m_e}{nq_e^2 \cdot \tau_c}$

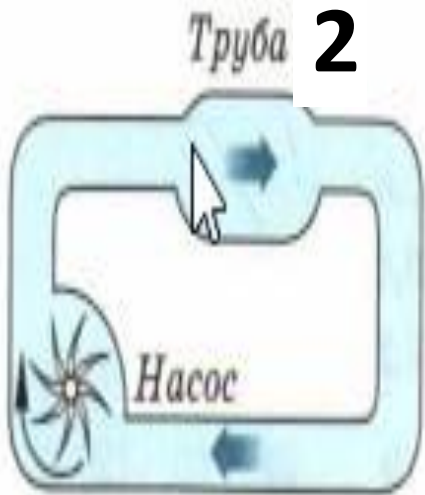
$$R = \rho \cdot \frac{\boxtimes}{S}$$

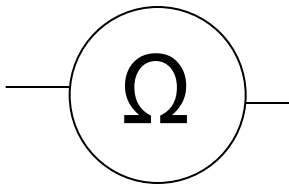
# Гидродинамическая

## аналогия

### Таблица аналогий

Заряд, $q$	Масса, $m$
Сила тока, $I$	Масса проходящая через трубу в 1 с



<p>Что характеризует?</p>	<p>Свойство проводника, ограничивать силу тока</p>
<p>Причина электрического сопротивления?</p>	<p>Взаимодействие свободных электронов с ионами кристаллической решетки металла</p>
<p>Обозначение</p>	<p>R</p>
<p>Чем измеряется?</p>	<p> омметр</p>



<p>Формула для расчета</p>	$R = \rho \frac{\boxtimes}{S}$ $R = \frac{U}{I}$
<p>Единицы величины</p>	<p><b>1 Ом</b></p> <p>1 МОм = 1000 000 Ом = <math>10^6</math> Ом;  1 кОм = 1000 Ом = <math>10^3</math> Ом;  1 мОм = 0,001 Ом = <math>10^{-3}</math> Ом;  1 мкОм = 0,000 001 Ом = <math>10^{-6}</math> Ом</p>
<p>Определение единицы величины</p>	<p>1 Ом - это сопротивление проводника, при котором при напряжении 1 В сила тока равна 1 А</p>

# Удельное сопротивление

$$\rho = \frac{2m_e}{nq_e^2 \cdot \tau_c}$$

Удельное сопротивление – скалярная физическая величина, численно равная сопротивлению однородного цилиндрического проводника единичной длины и единичной площади (см. уч)

- $n$ - концентрация свободных зарядов;
- $\tau_c$  - время между соударениями свободных зарядов с узлами кристаллической решетки.
- Следовательно удельное сопротивление зависит от материала из которого изготовлен проводник

# Единицы измерения удельного сопротивления

- Единица измерения удельного сопротивления в системе СИ:  $1 \text{ Ом} \cdot \text{м}$
- Однако, на практике толщина проводов значительно меньше  $1 \text{ м}^2$ , поэтому чаще используют внесистемную единицу измерения удельного сопротивления:

$$[\rho] = \left[ \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}} \right] = [\text{Ом} \cdot \text{м}]$$

# Удельное сопротивление

Удельное сопротивление веществ при 20 °С

Вещество	$\rho$ , Ом·м	Вещество	$\rho$ , Ом·м
Серебро	$1,6 \cdot 10^{-8}$	Углерод	$3,5 \cdot 10^{-5}$
Медь	$1,7 \cdot 10^{-8}$	Поваренная соль (насыщ. р-р)	0,044
Золото	$2,4 \cdot 10^{-8}$	Германий	0,5
Алюминий	$2,8 \cdot 10^{-8}$	Кровь	1,5
Вольфрам	$5,5 \cdot 10^{-8}$	Жир	25
Платина	$10^{-7}$	Кремний	2300
Сталь	$2 \cdot 10^{-7}$		
Манганин (84% Cu, 12% Mn, 4% Ni)	$4,4 \cdot 10^{-7}$	Полиэтилен	$10^8 + 10^9$
Константан (60% Cu, 40% Ni)	$4,9 \cdot 10^{-7}$	Дерево	$10^8 + 10^{11}$
Ртуть	$9,6 \cdot 10^{-7}$	Стекло	$10^{10} + 10^{14}$
Нихром (58% Ni, 25% Cu, 16% Cr)	$10^{-6}$	Янтарь	$5 \cdot 10^{14}$
		Кварц	$7,5 \cdot 10^{17}$

Проводники

Полупроводники

Изоляторы

# Все вещества разделены по степени подвижности заряженных частиц

Проводники  $\rightarrow$   $\rho < 10^{-5} \text{ Ом} \cdot \text{м}$

Полупроводники  $\rightarrow$   
 $10^{-5} \text{ Ом} \cdot \text{м} < \rho < 10^5 \text{ Ом} \cdot \text{м}$

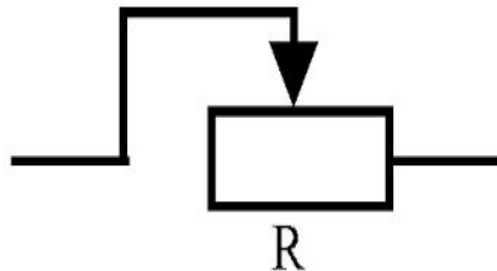
Диэлектрик  $\rightarrow$   $\rho > 10^5 \text{ Ом} \cdot \text{м}$   
и

# Сопротивление проводника

$$R = \rho \cdot \frac{\boxtimes}{S}$$

Из формулы видно что изменять величину сопротивления можно следующими способами:

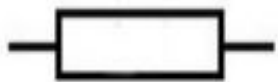
- 1) меняя длину проводника.  
Приборы использующие этот принцип называются - **реостат**



# Сопротивление проводника

$$R = \rho \cdot \frac{\boxtimes}{S}$$

2) меняя материал проводника. Проводники такого типа обладают постоянным сопротивлением и называются – резисторами (от лат. Resisto – сопротивляюсь).



*Европейское обозначение*



*Американское обозначение*

Керамическая трубка



Если увеличить в 2 раза напряжение между концами проводника, а его длину уменьшить в 2 раза, то сила тока, проходящего через проводник,

- 1) не измениться
- 2) уменьшиться в 4 раза
- 3) увеличится в 4 раза
- 4) увеличится в 2 раза

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

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



Медная проволока имеет электрическое сопротивление 6 Ом. Какое электрическое сопротивление имеет медная проволока, у которой в 2 раза больше длина и в 3 раза больше площадь поперечного сечения?

1) 36 Ом

2) 9 Ом

3) 4 Ом

4) 1 Ом

$$R_1 = \rho \frac{l}{S} \quad R_2 = \rho \frac{2l}{3S}$$

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho 2l}{3S} \cdot \frac{S}{\rho l} = \frac{2}{3}$$

$$R_2 = R_1 \cdot \frac{2}{3} = 6 \text{ Ом} \cdot \frac{2}{3} = 4 \text{ Ом}$$

# Задача 4 стр.18

Масса алюминиевого провода 270 г, а его сопротивление 2,8 Ом. Найдите его длину и площадь поперечного сечения.

Дано

$$m = 270 \text{ г} = 0,27 \text{ кг}$$

$$R = 2,8 \text{ Ом}$$

$$\rho = 2,8 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$$\alpha = 2,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$$

$L$  - ?

$S$  - ?

Плотность алюминия  $2,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$



$\alpha$ -обозначим плотность

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad \longrightarrow \quad l = \frac{RS}{\rho}$$

$$m = \alpha V$$

$$V = lS$$

$$m = \alpha lS \quad \longrightarrow$$

$$S = \frac{m}{\alpha l}$$

$$l = \frac{Rm}{\rho \alpha l} \quad \longrightarrow$$

$$l^2 = \frac{Rm}{\rho \alpha} \quad \longrightarrow$$

$$l = \sqrt{\frac{Rm}{\rho \alpha}}$$

# Задача 4.

## Вычисления

Дано

$$m=270 \text{ г} = 0,27 \text{ кг}$$

$$R=2,8 \text{ Ом}$$

$$\rho=2,8 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$$\alpha=2,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$$

$L$ -?

$S$ -?

$$l = \sqrt{\frac{Rm}{\rho\alpha}}$$

$$l = \sqrt{\frac{2,8 * 0,27}{2,8 * 10^{-8} * 2,7 * 10^3}} = 100 \text{ м}$$

$$S = \frac{m}{\alpha l} = \frac{0,27}{2,7 * 10^3 * 100} = 10^{-6} \text{ м}^2 = 1 \text{ мм}^2$$

# Домашнее задание

- §6 стр.18 №1,2,3