



# Seminar 1

**Def.** Электрический заряд - величина, показывающая возможность тела быть источником электромат. поля. [Кл]

**Заряд электрона:**  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл

**Закон Кулона**  $F = \frac{q_1 q_2}{4\pi \epsilon_0 r^2} \cdot \vec{R}_0$ ,  $\epsilon_0 = 8,86 \cdot 10^{-12}$  Ф/м

$q_1, q_2$  - заряды;  $r$  - расстояние между центрами

$\vec{R}_0$  - вектор, напр от  $q_1$  к  $q_2$ ;  $F$  - сила, с которой  $q_1$  действует на  $q_2$

**Напряженность**  $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$  **Работа эл. поля**  $A = \int_a^b \vec{F} d\ell = q \int_a^b \vec{E} d\ell$  miro

Def. Потенциал - величина характеризующая потенциальную энергию заряда помещенного в эл. поле.

Def. Напряжение - разность потенциалов - работа сторонних сил по перемещению электрического заряда

$$U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b = \frac{A_{ab}}{q} = \int_a^b E dl \quad [V_{me}/k_1]$$

Def. Ток - упорядоченное движение электр. зарядов  $I = \frac{dq}{dt} [k_1/c]$

Def. Сопротивление - физ. величина характеризующая свойство проводников оказывать сопротивление протеканию тока. Наличие сопротивления вызывает выделение энергии.

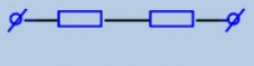
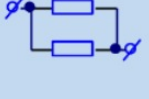


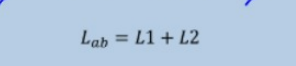

$$R = \rho \frac{l}{S} [Om]$$

miro

## Закон Ома $U = RI$

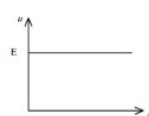
Элементы электрических цепей

Название	Обозначение на схеме	Соотношения описывающие работу элемента	Единица измерения
Резистор		$U = I \cdot R$	Ом
Конденсатор		$u_c = \frac{1}{C} \int i_c dt, \quad i_c = C \frac{du_c}{dt}$	Фарада
Катушка индуктивности		$u_L = L \frac{di_L}{dt}, \quad i_L = \frac{1}{L} \int u_L dt$	Генри
Идеальный источник Э.Д.С.		$E = f(t)$	Вольт
Идеальный источник тока		$I = f(t)$	Ампер

 $R_{ab} = R1 + R2$	 $G_{ab} = G1 + G2$ $\frac{1}{R_{ab}} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2}$ $R_{ab} = \frac{R1 \cdot R2}{R1 + R2}$
 $\frac{1}{C_{ab}} = \frac{1}{C1} + \frac{1}{C2}$	 $C_{ab} = C1 + C2$
 $L_{ab} = L1 + L2$	 $\frac{1}{L_{ab}} = \frac{1}{L1} + \frac{1}{L2}$

miro

## Вольт-амперная характеристика



$$E = \text{const}$$



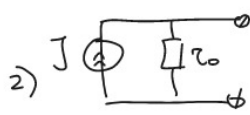
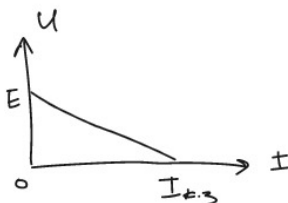
$$I = \text{const}$$

Внутреннее сопротивление идеального источника напряжения равно нулю, а идеального источника тока - бесконечно, или можно сказать что проводимость ветви содержащей идеальный источник тока равна нулю.

Результаты схем:



$$I_{к.з} = \frac{E}{r_0}$$



$$U_{хх} = J r_0$$

↖ холостого хода

$$\boxed{E = J \cdot r_0}$$

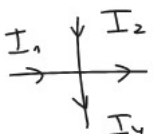
$$\boxed{I_{к.з} = J}$$

↑ ток короткого замыкания

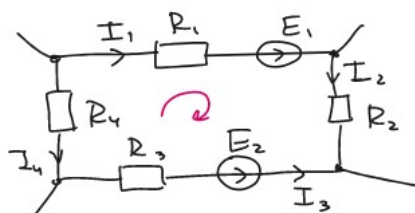
miro



# Правила Кирхгофа

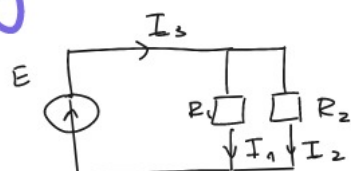
1.  $\sum I_k = 0$    $I_1 + I_2 - I_3 - I_4 = 0$

2.  $\sum U_k = \sum E_i$



$$I_1 R_1 + I_2 R_2 - I_3 R_3 - I_4 R_4 = E_1 - E_2$$

## Задача 1



$$I_3 - I_1 - I_2 = 0$$

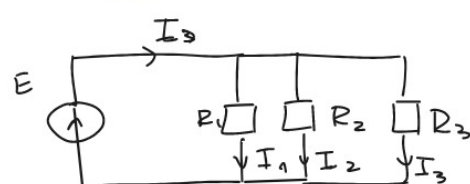
$$I_3 = \frac{E}{R_3} = \frac{E}{R_1} + \frac{E}{R_2}$$

$$R_3 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

проводимость  $G = \frac{1}{R}$   
 $G_3 = G_1 + G_2$

miro

## Задача 2

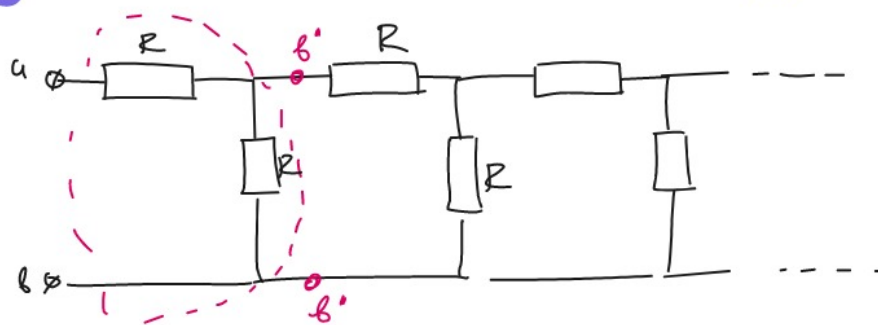


$$I_4 = I_1 + I_2 + I_3 = \frac{E}{R_4} = \frac{E}{R_1} + \frac{E}{R_2} + \frac{E}{R_3}$$

$$R_4 = \frac{R_1 R_2 R_3}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}$$

miro

## Задача 3. Беск. резист. цепь



$$R_{ab} = R_{a'b'} = R_x$$

$$R_{ab} = R + \frac{R R_x}{R + R_x} = R_x$$

$$R^2 + R R_x + R R_x = R R_x + R_x^2$$

$$R^2 + R R_x - R_x^2 = 0$$

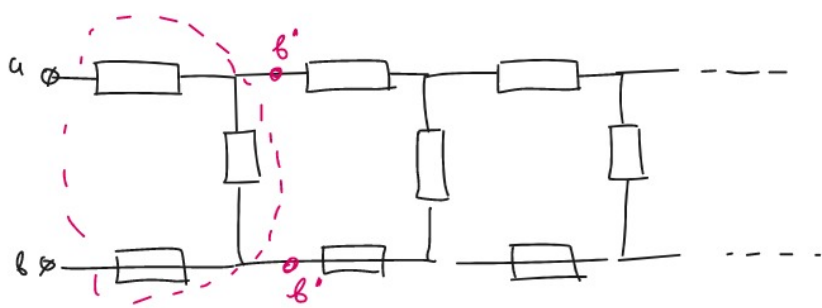
$$R_x^2 - R R_x - R^2 = 0$$

$$D = R^2 + 4R^2 = 5R^2$$

$$R_x = \frac{R \pm \sqrt{5R^2}}{2} \Rightarrow R_x = \frac{R(1 + \sqrt{5})}{2}$$

miro

## Задача 4.



$$R_x = 2R + \frac{R \cdot R_x}{R + R_x}$$

$$2R^2 + 2R_x R = R R_x + R_x^2$$

$$2R^2 + 2R R_x + R R_x = R R_x + R_x^2$$

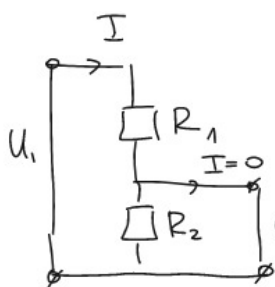
$$R_x^2 - 2R^2 - 2R R_x = 0$$

$$D = 4R^2 + 8R^2 = 12R^2$$

$$R_x = \frac{2R + \sqrt{12}R^2}{2} = (1 + \sqrt{3})R$$

## Задача 5

miro



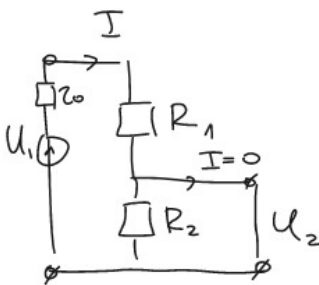
$$k = \frac{U_2}{U_1} - \text{коэф. передачи}$$

$$I R_1 + I R_2 = U_1$$

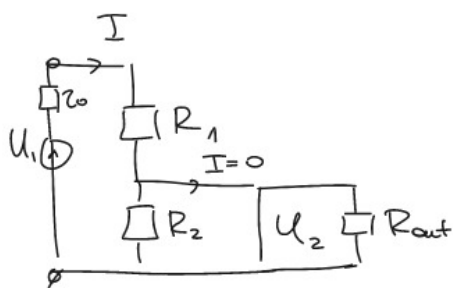
$$I R_2 = U_2$$

$$I = \frac{U_1}{R_1 + R_2}$$

$$U_2 = U_1 \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$



$$k = \frac{R_2}{R_0 + R_1 + R_2}$$



$$k = \frac{\frac{R_2 \cdot R_{out}}{R_2 + R_{out}}}{R_0 + R_1 + \frac{R_2 \cdot R_{out}}{R_2 + R_{out}}}$$

$$U_1 = 100 \text{ kV} \quad R_{out} = 1 \text{ M}\Omega$$

$$U_2 \leq 10 \text{ V} \quad R_1 = 1 \text{ G}\Omega$$

$$k = 10^4$$

$$R_2 = 100 \text{ k}\Omega$$

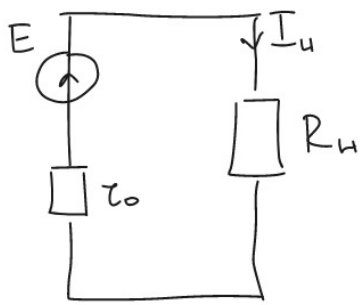
$$R_{\exists} = \frac{10^6 \cdot 10^5}{10^6 + 10^5} = \frac{10^6}{11}$$

$$R_{\exists} \sim 90 \text{ k}\Omega$$

miro

Мощность:

$$P = \frac{A}{\Delta t} = \frac{dA}{dt} \frac{Q}{Q} = U \cdot I = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$



$$P_{R_u} = \max$$

$$R_u = ?$$

$$P_{R_u} = I^2 R_u = \frac{E^2}{(R_u + r_0)^2} R_u$$

$$E = I R_u + I \cdot r_0$$

$$I = \frac{E}{R_u + r_0}$$

$$P_{R_u}' = \frac{E^2 (r_0 - R_u)}{(R_u + r_0)^3} = 0$$

miro