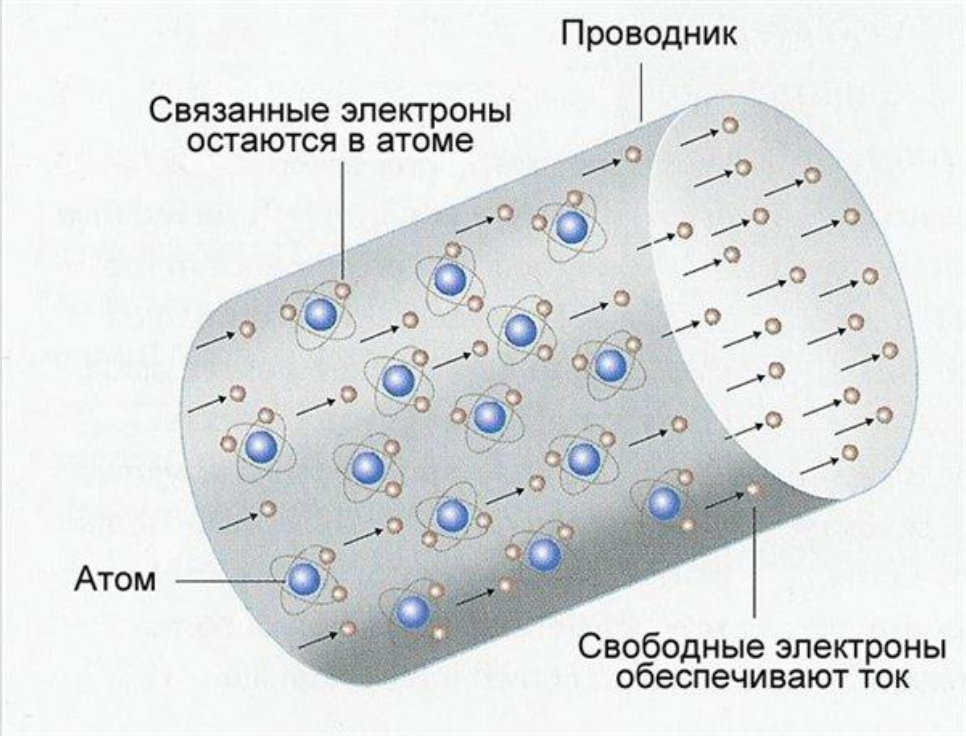
# ПОСТОЯННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК

11 КЛАСС

Богданова И.В., 2012-13 уч. год

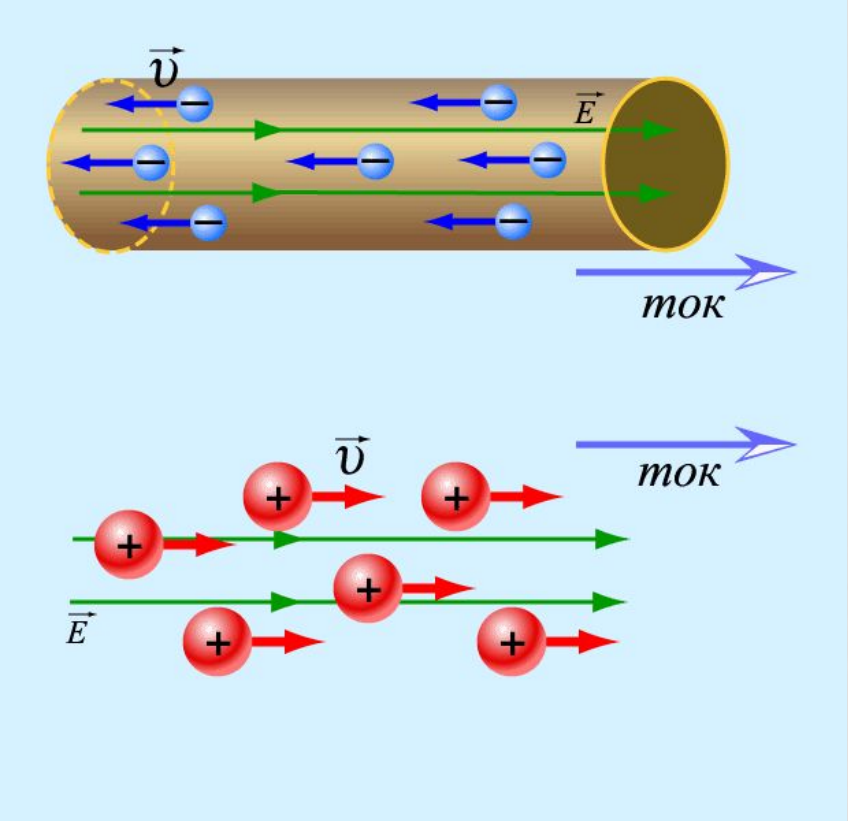
# УСЛОВИЕ СУЩЕСТВОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

- Наличие свободных электрических зарядов
- Наличие разности потенциалов на концах проводника

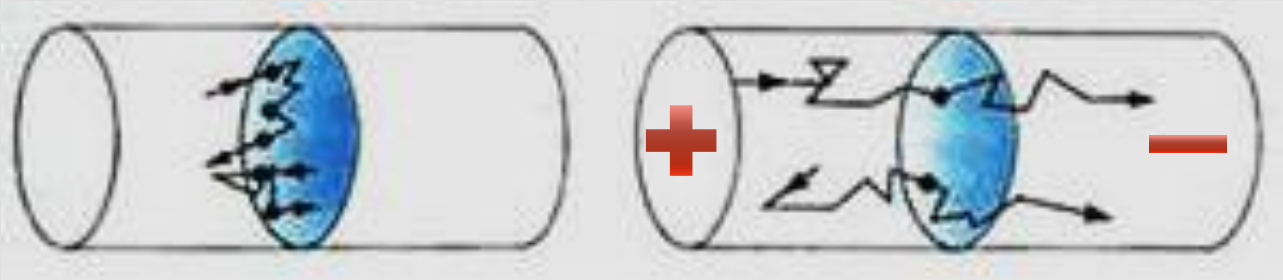


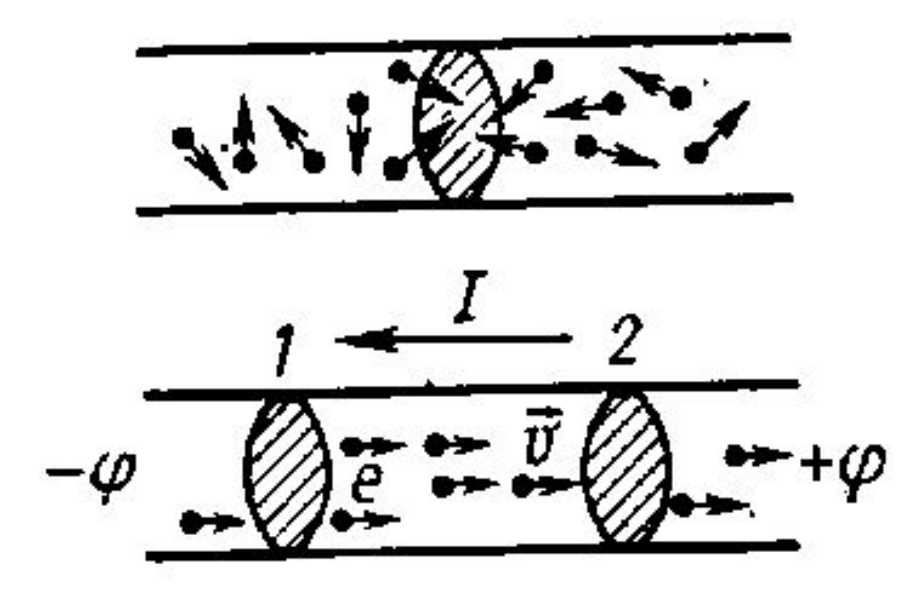
# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

- Направленное (упорядоченное) движение заряженных частиц



# НАЛОЖЕНИЕ НАПРАВЛЕННОГО НА ХАОТИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ ЧАСТИЦ





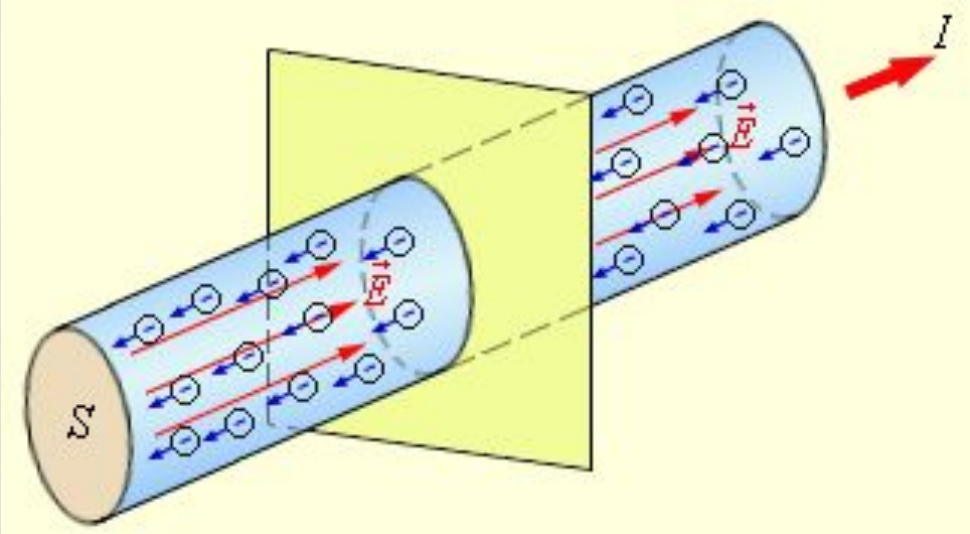
# ДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛЫ ТОКА

- Предел отношения бесконечно малого изменения электрического заряда, проходящего через поперечное сечение проводника, к бесконечно малому промежутку времени, в течение которого это изменение произошло. $I = \lim_{\Delta t \to 0} \Delta q / \Delta t$
- Единица измерения силы тока – 1 А (ампер)

  1А = 1Кл/ с

# ВЫВОД ФОРМУЛЫ СИЛЫ ТОКА




$$\Delta N = n \cdot \Delta V = n \cdot S \cdot \upsilon_{ср} \cdot \Delta t,$$

$$\Delta q = e \cdot n \cdot S \cdot \upsilon_{ср} \cdot \Delta t,$$

Тогда $I = \dfrac{\Delta q}{\Delta t} = e \cdot n \cdot S \cdot \upsilon_{ср}.$

Если υ = const, то I = const – постоянный электрический ток

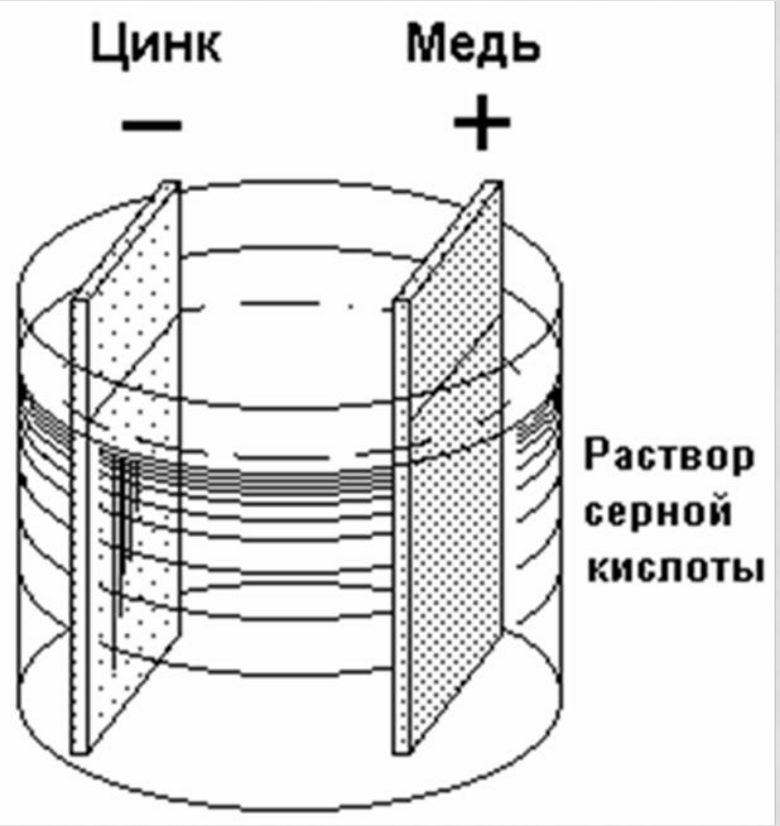
# ИСТОЧНИКИ ТОКА

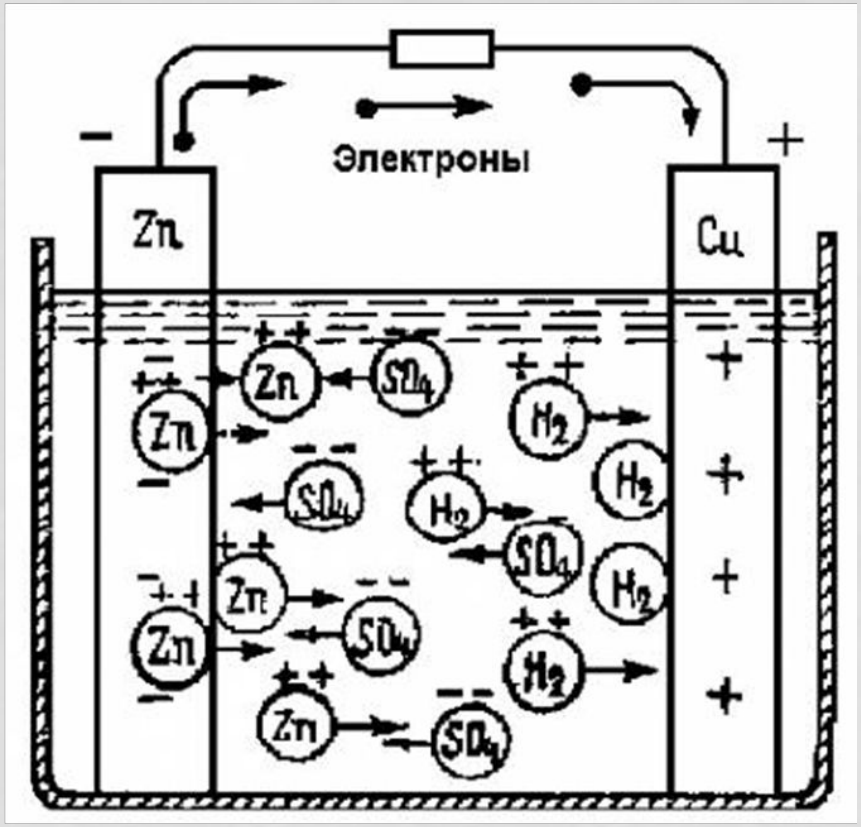
- Устройство, разделяющее положительные и отрицательные заряды

## Виды источников тока

| Источник тока | Способ разделения зарядов | Применение |
|---|---|---|
| 1. Генератор | Совершение механической работы | Производство электроэнергии |
| 2. Термоэлемент | Нагревание спаев | Измерение температуры |
| 3. Фотоэлемент | Световое воздействие | Солнечная батарея |
| 4. Гальванический элемент | Химическая реакция | Фонарики, плееры |
| 5. Аккумулятор | Химическая реакция | Автомобили, подводные лодки |

# ГАЛЬВАНИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ ВОЛЬТА



# НОРМАЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРОДНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ

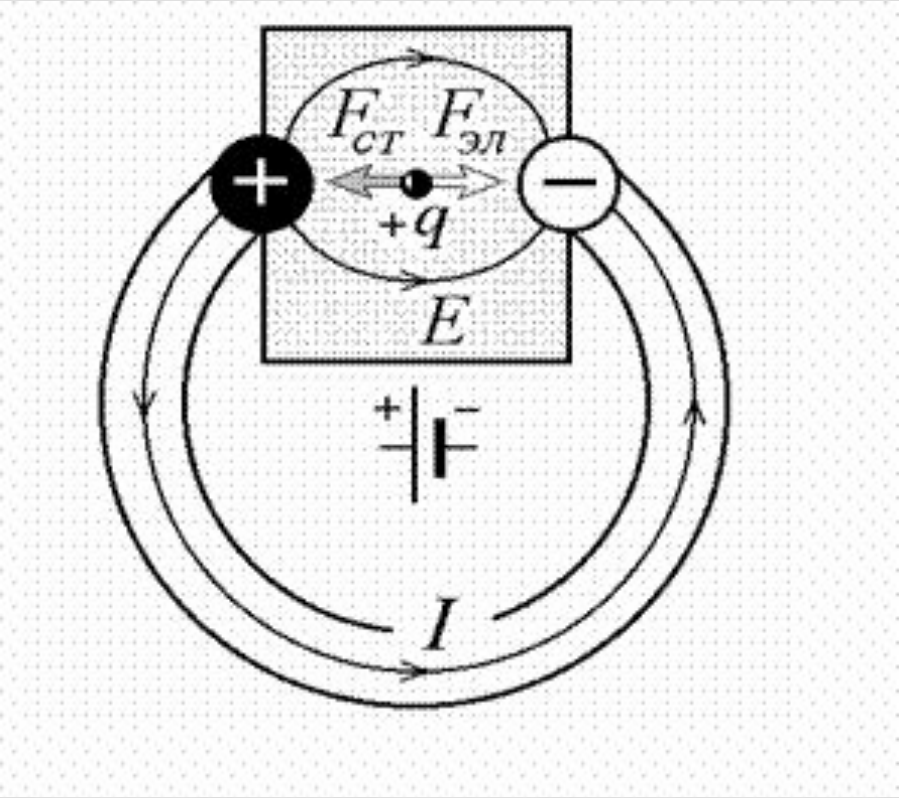
- Потенциалы на электродах, отсчитываемые относительно водородного потенциала

| Вещество | Нормальный потенциал, В | Вещество | Нормальный потенциал, В |
|---|---|---|---|
| Калий | —2,92 | Олово | —0,14 |
| Кальций | —2,87 | Никель | —0,25 |
| Натрий | —2,71 | Свинец | —0,13 |
| Магний | —2,34 | Водород | 0,00 |
| Алюминий | —1,67 | Медь | +0,34 |
| Цинк | —0,76 | Ртуть | +0,86 |
| Хром | —0,71 | Серебро | +0,80 |
| Кобальт | —0,277 | | |

- $E = \varphi_{меди} - \varphi_{цинка} = 0{,}34\ В – (- 0{,}76\ В) = 1{,}1\ В$ электродвижущая сила (ЭДС) гальванического элемента

# ИСТОЧНИК ТОКА В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

- Сторонние силы – силы неэлектрического происхождения, вызывающие разделение зарядов



# ЭДС ИСТОЧНИКА ТОКА

$$\varepsilon = \frac{Aст}{q}$$

- $\Delta W = A_{ст} + A_{сопр}$
- $\Delta W/q = Aст/q - |Aсопр|/q$
- $U = E - |Aсопр|/q$
- *Цепь замкнута* – $A_{сопр} \neq 0$

  $U < E$
- Цепь разомкнута – $A_{сопр} = 0$

  $U = E$

# ЗАКОН ОМА ДЛЯ ОДНОРОДНОГО ПРОВОДНИКА

- Проводник, в котором не действуют сторонние силы

$$a = \frac{F_k}{m_e} = \frac{eE}{m_e} = \frac{e \cdot \frac{U}{d}}{m_e}$$

$$d = l$$

$$a = \frac{eU}{m_e l}$$

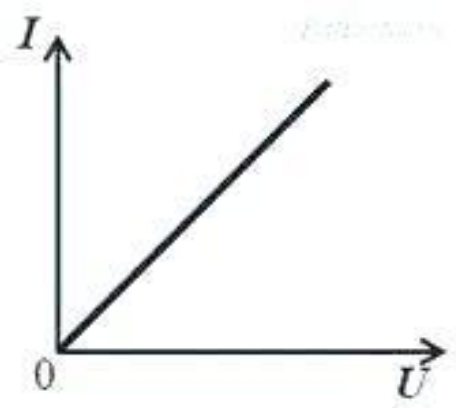
$$\upsilon = at = \frac{eU}{m_e l} \cdot t$$

$$I = enS\upsilon = enS \cdot \frac{eU}{m_e l} \cdot t$$

$$I = \frac{ne^2 t}{m_e} \cdot \frac{S}{l} \cdot U = \frac{U}{\frac{m_e}{ne^2 t} \cdot \frac{l}{S}}$$

$$Обозначим \frac{m_e}{ne^2 t} \cdot \frac{l}{S} = R$$

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



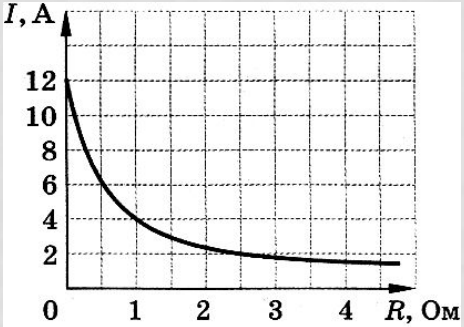




Рис. 10

# СОПРОТИВЛЕНИЕ ПРОВОДНИКА

- Причина существования сопротивления

$$R = \frac{m_e}{ne^2 t} \cdot \frac{l}{S}$$

$$Обозначим\ \frac{m_e}{ne^2 t} = \rho_{эл}$$ *удельное сопротивление проводника*

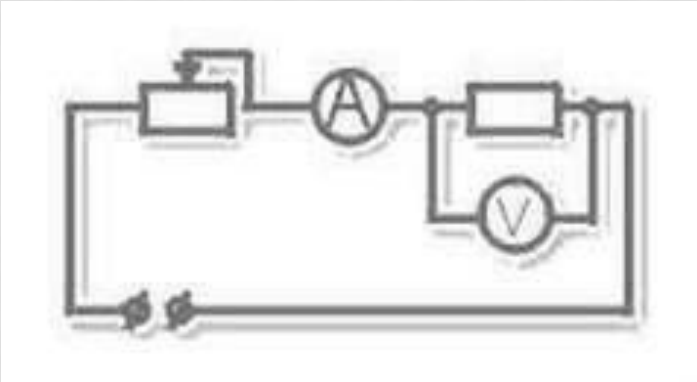
$$R = \rho_{эл} \frac{l}{S}$$

# КЛАССИФИКАЦИЯ ВЕЩЕСТВ ПО СТЕПЕНИ ПОДВИЖНОСТИ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

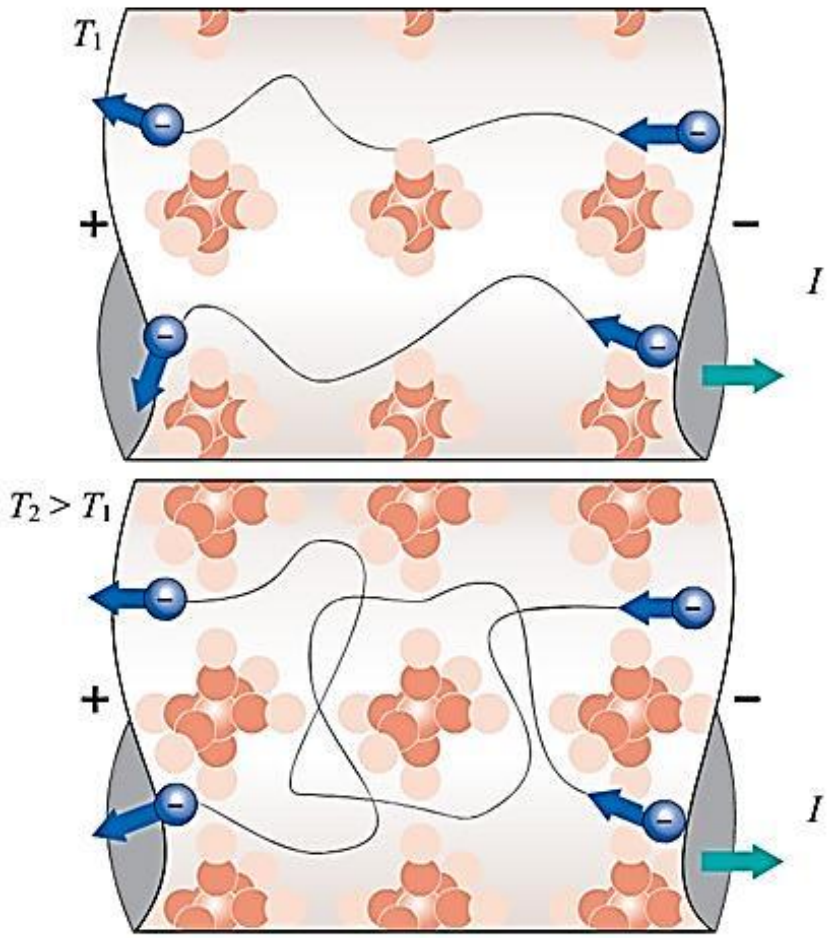
| Проводники | Полупроводники | Диэлектрики |
|---|---|---|
| $\rho_{эл} < 10^{-5}\, Ом \cdot м$ | $10^{-5}\, Ом \cdot м < \rho_{эл} < 10^{5}\, Ом \cdot м$ | $\rho_{эл} > 10^{5}\, Ом \cdot м$ |
| Металлы | Минералы, кровь, жир | Дерево, стекло |

Проводники → резисторы

Проводники → реостаты



# ЗАВИСИМОСТЬ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРОВОДНИКА ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ




При малой температуре $T_1$ колебания ионов несущественно препятствуют направленному движению электронов

При увелечении температуры $T_2 > T_1$ возрастание амплитуды колебаний ионов препятствует направленному движению электронов

# ЗАВИСИМОСТЬ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРОВОДНИКА ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ

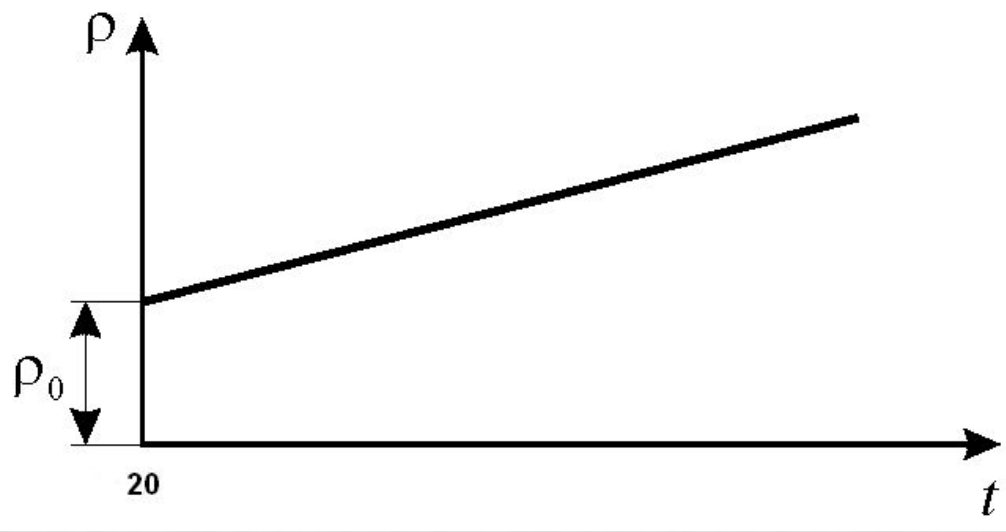
$$При\ \mathrm{T}_0 = 293K \quad - \quad \rho_0$$

$$При\ \mathrm{T} > \mathrm{T}_0 \quad - \quad \rho$$

$$\frac{\rho - \rho_0}{\rho_0 \cdot \Delta T} = \alpha$$

$$\rho = \rho_0 (1 + \alpha \Delta T)$$

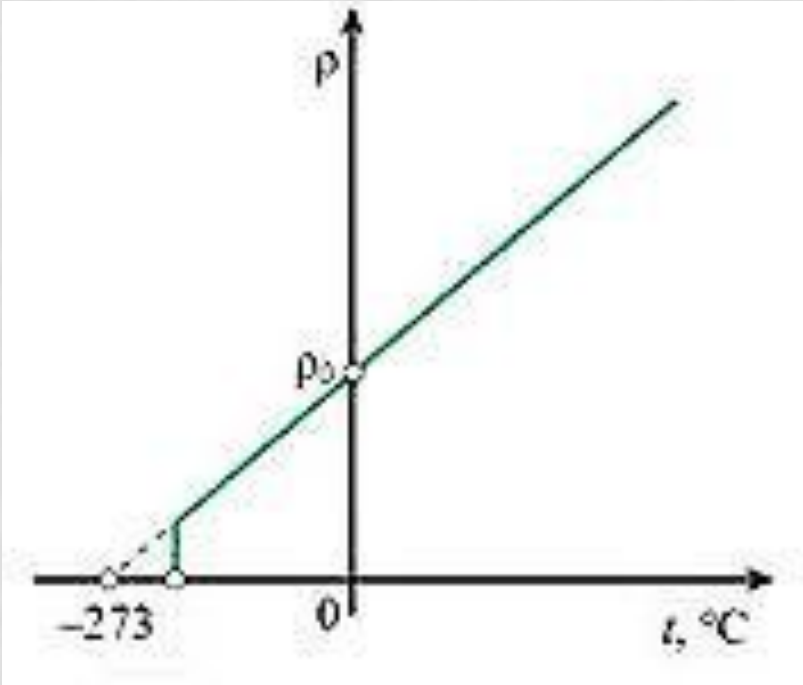
$$R = R_0 (1 + \alpha \Delta T)$$




$$\alpha \approx \frac{1}{273} \mathrm{K}^{-1}$$

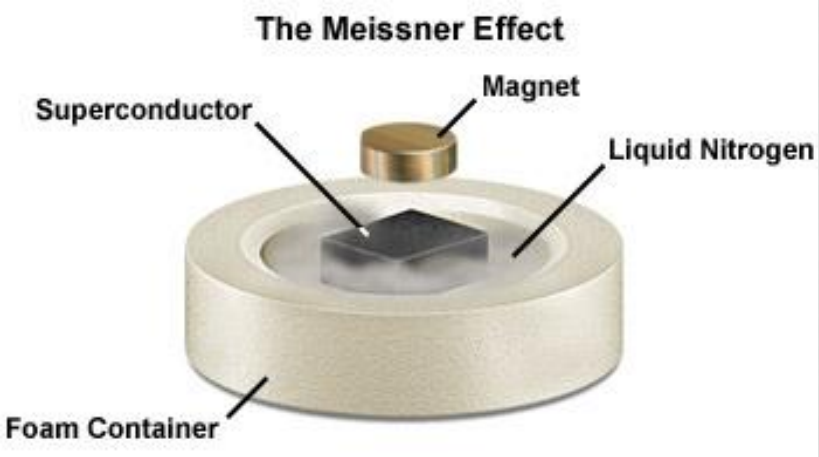
# СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ

- 1911 г.
- Г. Каммерлинг - Оннес



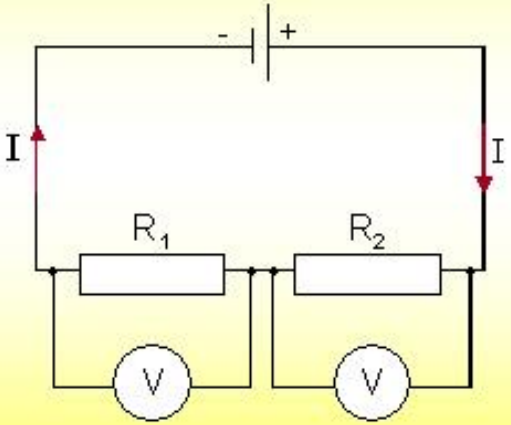
# СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ

| Критическая температура $T_c$ (в°Кельвинах) | Вещество | Дата открытия |
|---|---|---|
| 184 | Самая низкая зафиксированная температура на Земле | |
| 134[9] | $HgBa_2Ca_2Cu_3O_8$ | 1993 |
| 125 | $Tl_2Ba_2CaCu_3O_{10}$ | 1988 |
| 105 | $Tl_2Ba_2CaCuO_8$ | 1988 |
| 92 | $YBa_2Cu_3O_7$ | 1987 |
| 77 | Температура кипения жидкого азота | |
| 55[8] | $SmO_{1-x}F_xFeAs$ (x=0,1) | 2008 |
| 52 | $PrO_{1-x}F_xFeAs$ (x=0,11) | 2008 |
| 41 | $CeO_{1-x}F_xFeAs$ (x=0-0,2) | 2008 |
| 40 | $La_{2-x}Sr_xCuO_4$ (x=0,15) | 1986 |
| 36 | $GdO_{1-x}F_xFeAs$ (x=0.17) | 2008 |
| 30[7] | $La_{2-x}Ba_xCuO_4$ (x=0,15) | 1986 |
| 26[6] | $LaO_{1-x}F_xFeAs$ (x = 0.05-0.12) | 2008 |
| 23,2[5] | $Nb_3Ge$ | 1973 |
| 18,1[4] | $Nb_3Sn$ | 1954 |
| 10[3,4] | NbTi | 1962 |
| 4,2 | Температура кипения жидкого гелия | |
| 4,15[2] | Hg | 1911 |
| 0,00021[1] | Rh | 1983 |



# СОЕДИНЕНИЕ ПРОВОДНИКОВ

## Последовательное соединение

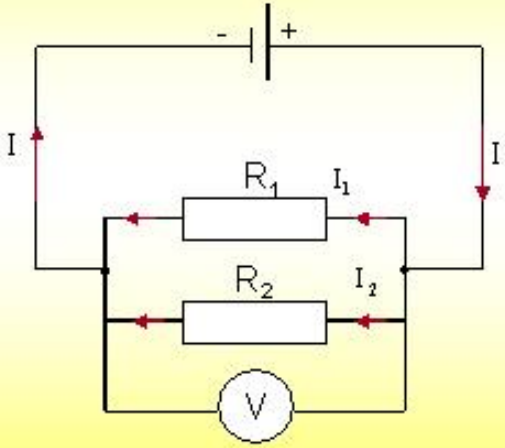



$$I = I_1 = I_2$$

$$U = U_1 + U_2$$

$$R = R_1 + R_2$$

## Параллельное соединение



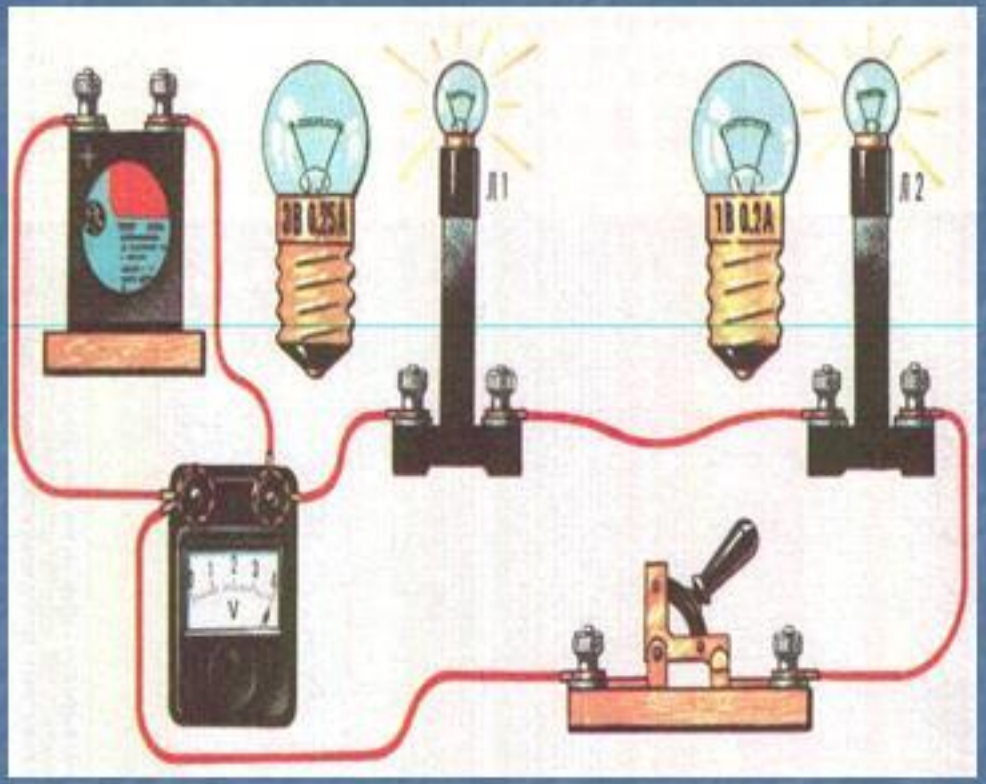

$$I = I_1 + I_2$$

$$U = U_1 = U_2$$

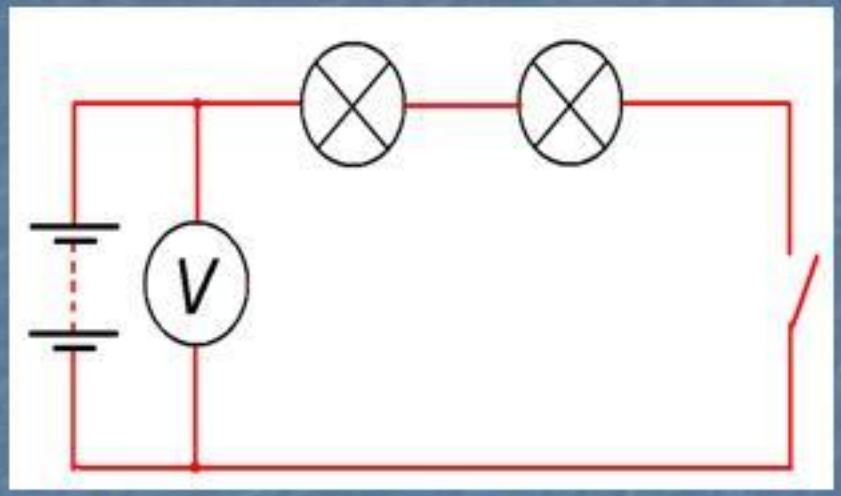
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

# 7. Последовательное соединение проводников.

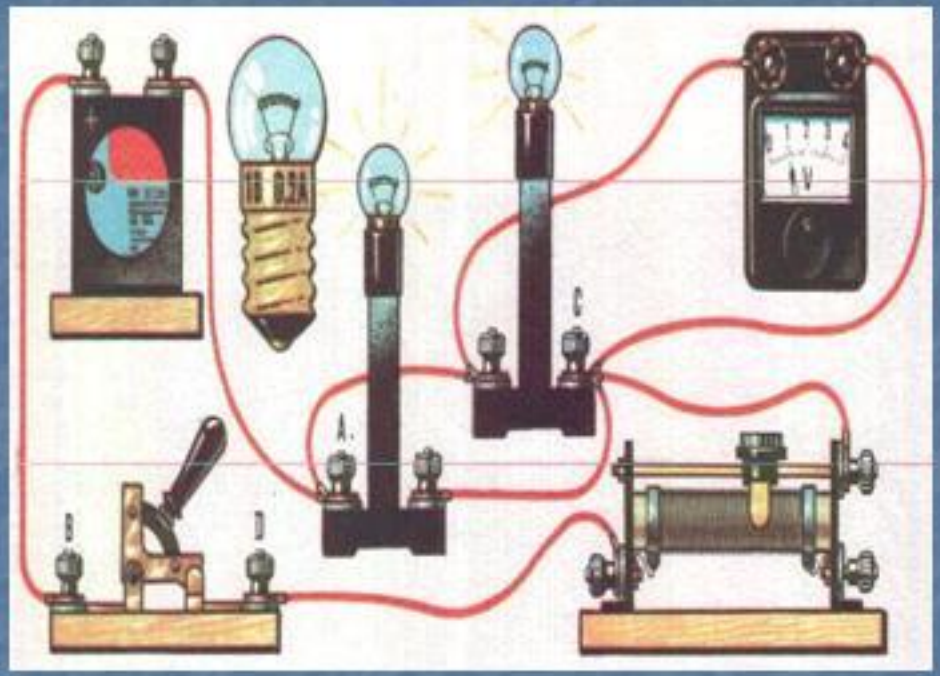



Монтажная схема

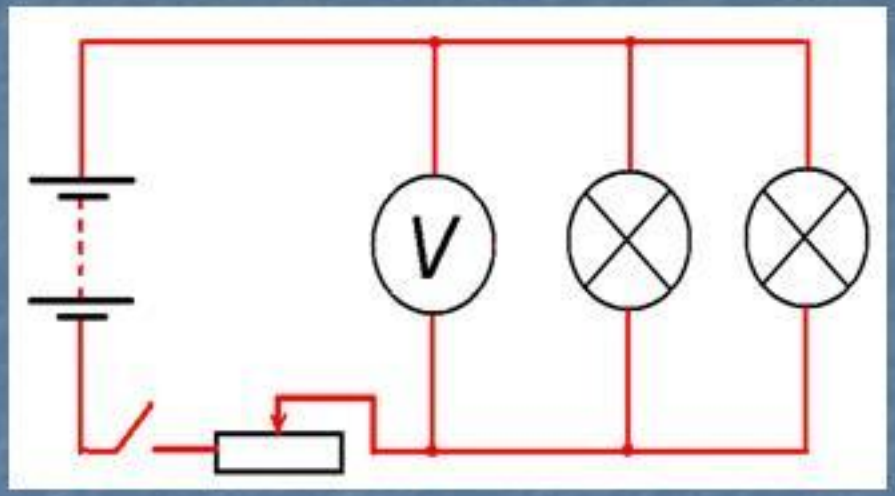



Принципиальная схема

# 8. Параллельное соединение проводников.



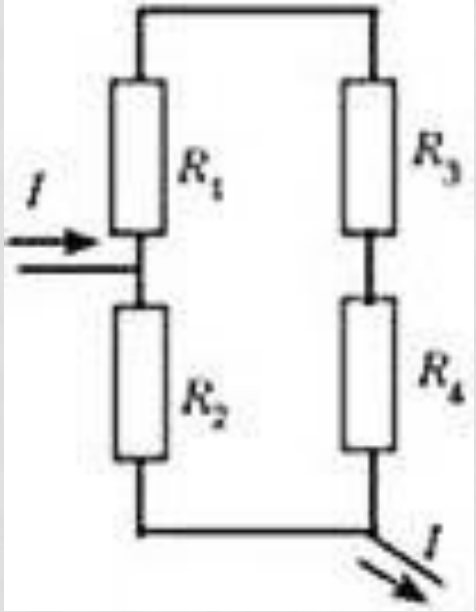
Монтажная схема

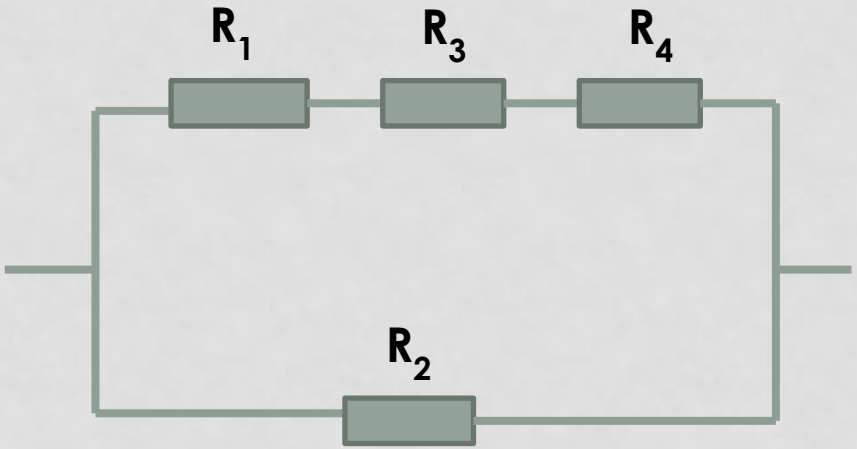



Принципиальная схема

# СМЕШАННОЕ СОЕДИНЕНИЕ ПРОВОДНИКОВ

1. Замена данной цепи эквивалентной ей



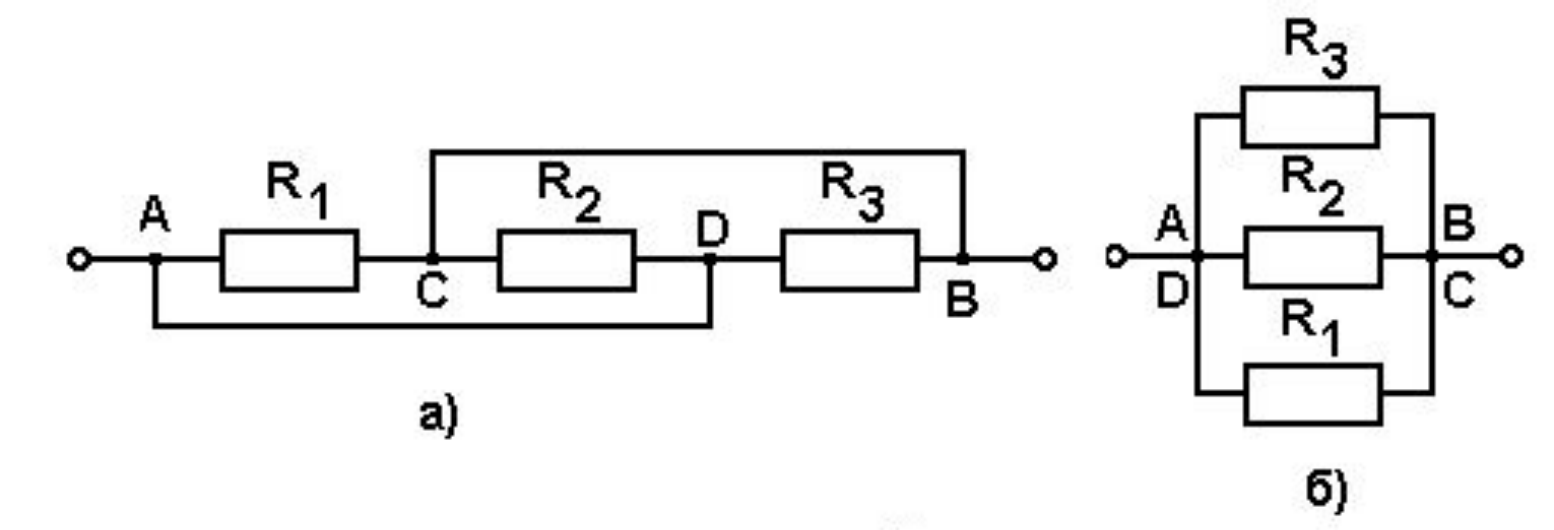




$$R_{общ} = \frac{R_{1,3,4} \cdot R_2}{R_{1,3,4} + R_2} = \frac{(R_1 + R_3 + R_4) \cdot R_2}{R_1 + R_3 + R_4 + R_2}$$

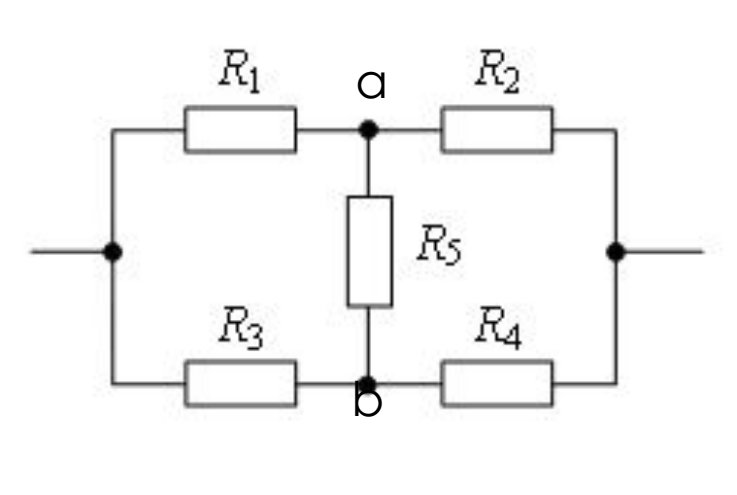
2. Расчёт общего сопротивления

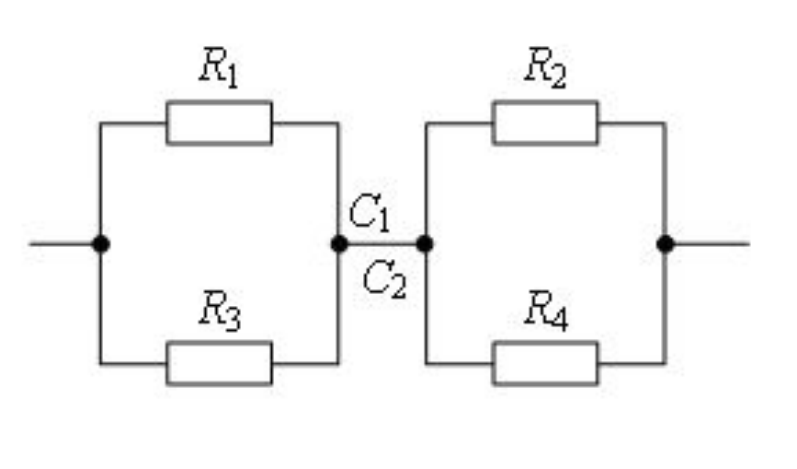
# ТОЧКИ РАВНОГО ПОТЕНЦИАЛА

- $\varphi_1 = \varphi_2 \longrightarrow \varphi_1 - \varphi_2 = 0 \longrightarrow I = 0$
- В эквивалентной схеме сопротивления проводников, соединяющих такие точки, можно не учитывать, либо заменить перемычкой



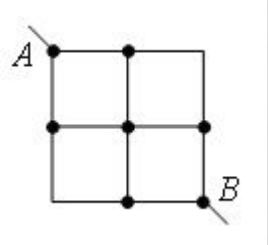
# МОСТИК УИТСТОНА

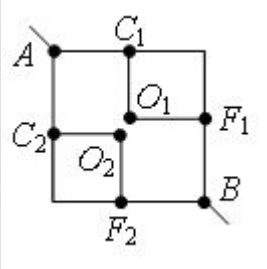


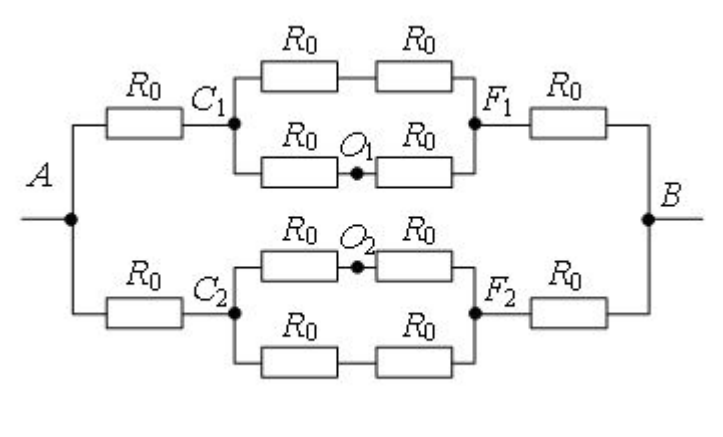



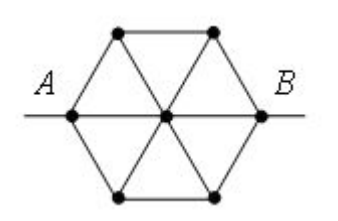

- Ток через $R_5$ не идёт, если $\varphi_a = \varphi_b$
- При этом $\mathbf{R_1 R_4 = R_2 R_3}$

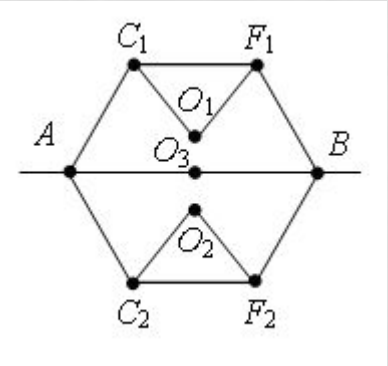
# РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

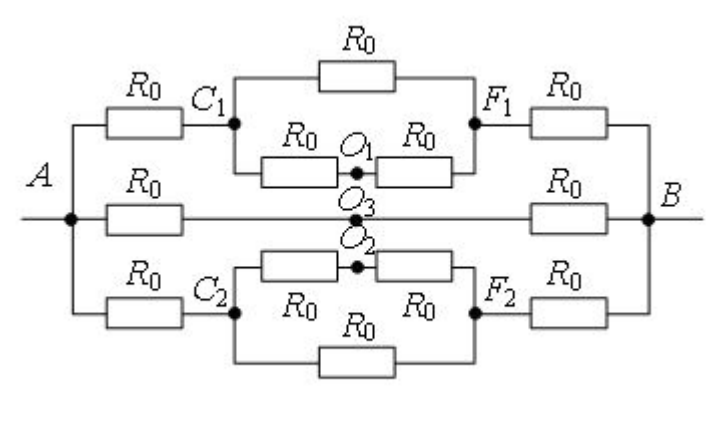


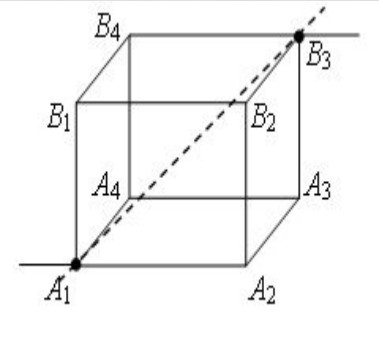



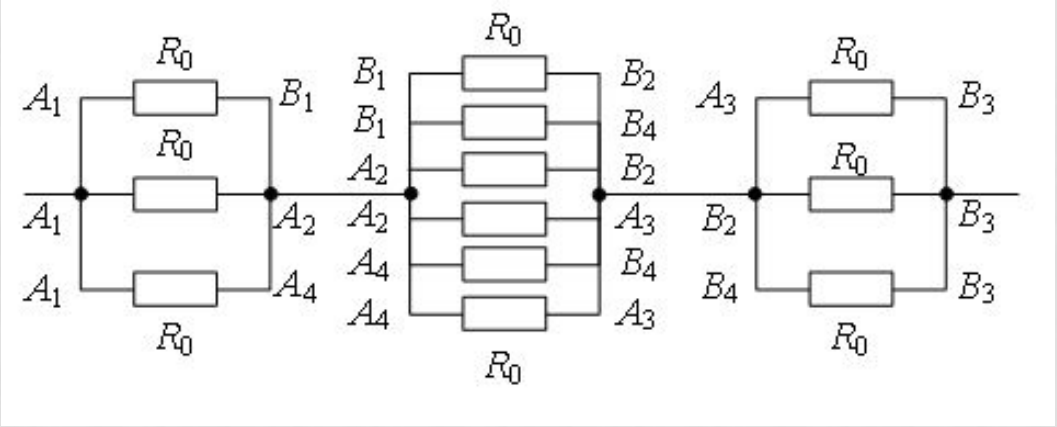



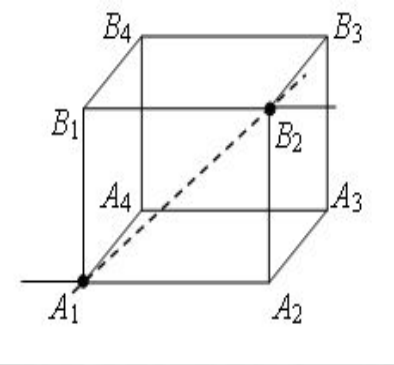



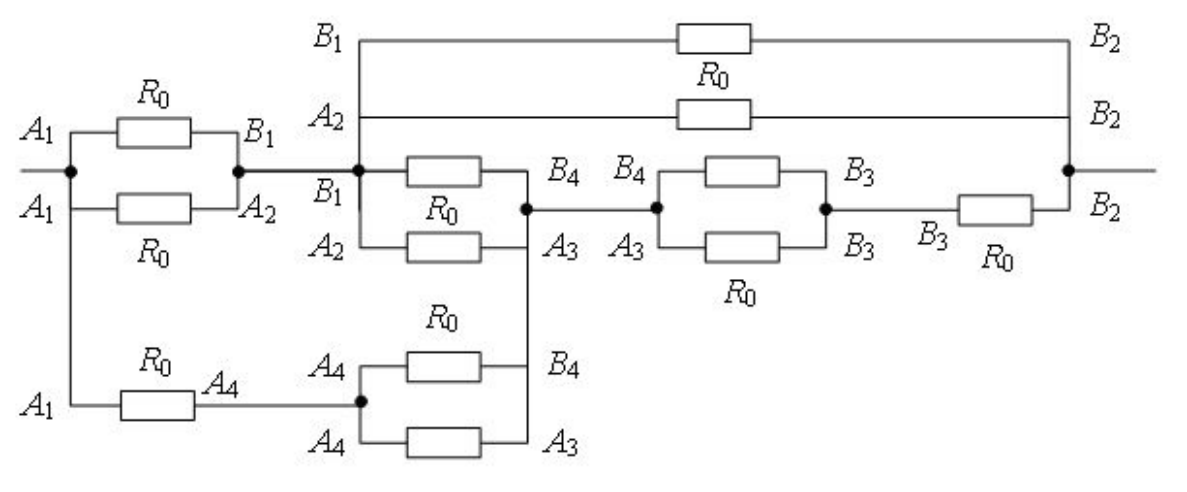



# РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ



# ЗАКОН ОМА ДЛЯ ПОЛНОЙ ЦЕПИ

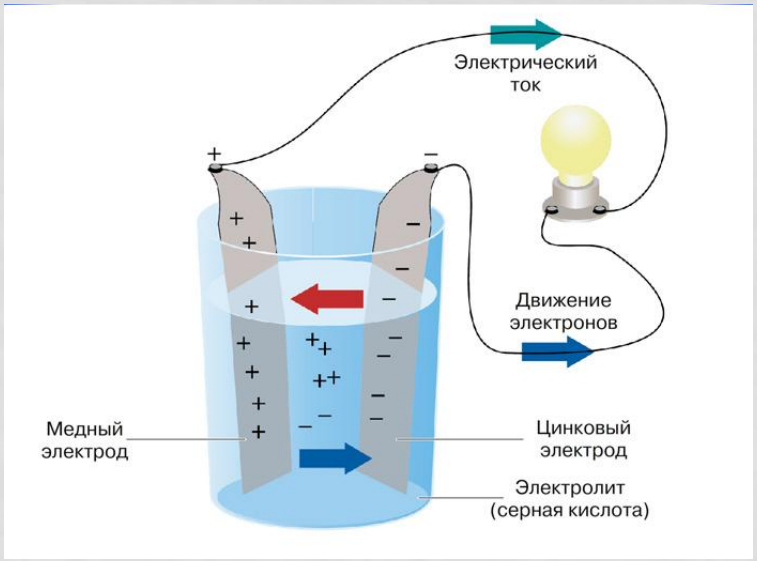
- 

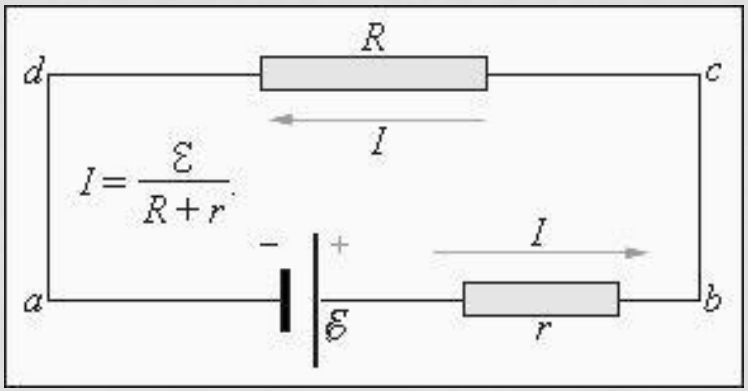
- U = **E** - $|A_{сопр}|/q$
- U = I R

IR = **E** - Ir

$I = E/R + r$

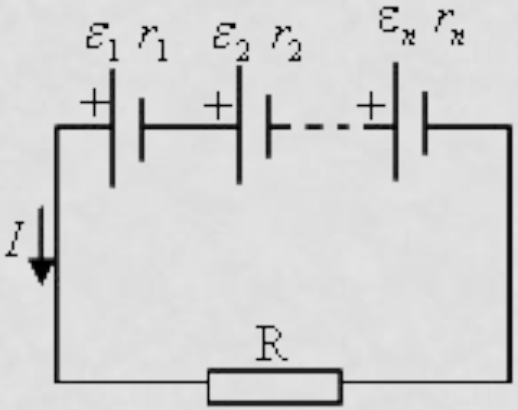
- $|A_{сопр}|/q$ = Ir
- Короткое замыкание при R = 0
  $I_{к.з.} = E/r$



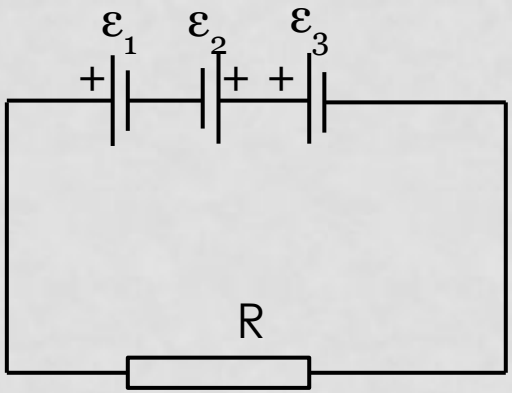
# ЦЕПЬ С НЕСКОЛЬКИМИ ИСТОЧНИКАМИ ТОКА

- Согласованное включение




$$I = \frac{\sum \varepsilon_i}{R + \sum r_i}$$

- Встречное включение




$\varepsilon_1, \varepsilon_3 > 0$

$\varepsilon_2 < 0$

# КПД ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

$$\eta = \frac{A_п}{A_з} = \frac{P_п \cdot t}{P_з \cdot t} = \frac{P_п}{P_з} = \frac{I^2 R}{I^2 (R + r)} = \frac{R}{R + r}$$

$$\eta = \frac{A_п}{A_з} = \frac{IUt}{I\varepsilon t} = \frac{U}{\varepsilon}$$

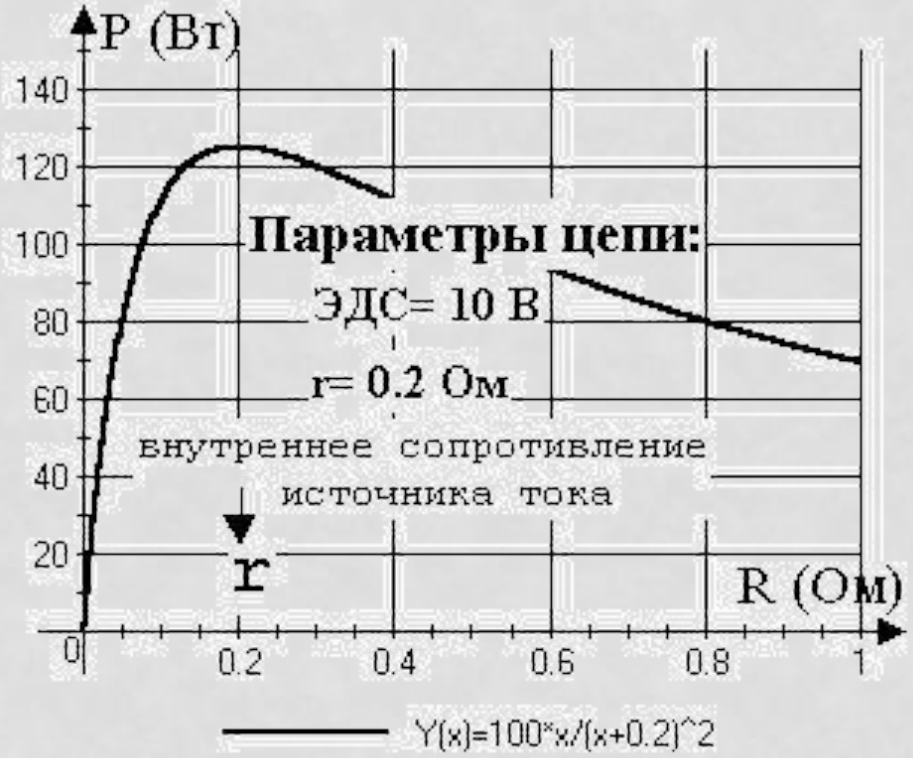
# ПОЛЕЗНАЯ МОЩНОСТЬ

$$P_n = I^2 R = \frac{\varepsilon^2}{(R+r)^2} R$$

$P_n$ – *максимальна*

*при*

$R = r$



# МОЩНОСТЬ ПОТЕРЬ

$$P_{потерь} = P_з - P_п = I^2(R+r) - I^2R = I^2r$$

$$I = \frac{P_з}{\varepsilon} \approx \frac{P_з}{U}$$

$$P_{потерь} = \frac{P_з^{\,2}}{U^2}r$$

$$P_{потерь} \downarrow при$$

$$U \uparrow$$

# ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ РЕСУРСЫ


- http://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/tehnologiya_i_promyshlennost/SVERHPROVODIMOST.html?page=0,6
- http://www.alsak.ru/content/view/27/
- http://www.physbook.ru/index.php/%D0%9A%D0%A1._%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%82%D0%BE%D0%BA_%D0%B4%D0%BB%D1%8F_%D1%83%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%BA%D0%B0_%D1%86%D0%B5%D0%BF%D0%B8
- В.А. Касьянов. Физика 11 класс. Профильный уровень