

# Повторим

- Что такое электрический ток? Чем может создаваться ток?
- Сформулируйте условия существования тока.
- Чем отличается движение заряженных частиц в проводнике в отсутствии и при наличии внешнего электрического поля?
- Что принимают за направление тока?

# Повторим

- Дайте определение силы тока. Что характеризует сила тока? Укажите единицы её измерения.
- Как сила тока связана с зарядом, прошедшим за время  $t$  через поперечное сечение проводника?

# Решите

## задачи

- В течении 10 мин через поперечное сечение проводника проходит заряд 12Кл. Чему равна сила тока в проводнике?

Ответ: 0,02А

$$I = \frac{q}{t} = \frac{12\text{Кл}}{600\text{с}} = 0,02\text{А}$$

- Через поперечное сечение контактного провода за 2 с проходит  $6 \cdot 10^{21}$  электронов. Определите силу тока.

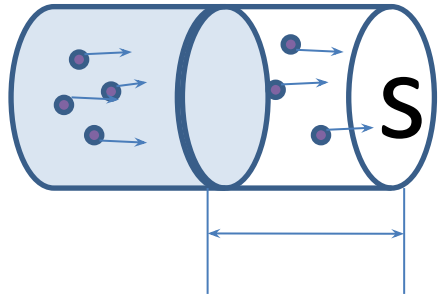
Ответ: 480А

$$I = \frac{q}{t} = \frac{N \cdot e}{t} = \frac{6 \cdot 10^{21} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}}{2\text{с}} = 4,8 \cdot 10^2 \text{ А}$$

# Связь силы тока с

$\vec{E}$

# направленной скоростью



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

Найдем заряд проходящий через поперечное сечение проводника за время  $\Delta t$

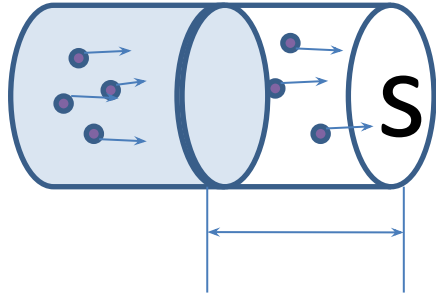
$$\Delta l = v \cdot \Delta t$$

$$\Delta q = q_0 N$$

За это время через сечение проводника пройдут заряды движущиеся со скоростью  $v$  сонаправленной с напряженностью внешнего эл. поля, которые находятся внутри цилиндра сечением  $S$  и образующей  $\Delta l$

# Связь силы тока с

# направленной скоростью

 $\vec{E}$ 

Найдем число частиц, зная их концентрацию в этом объёме

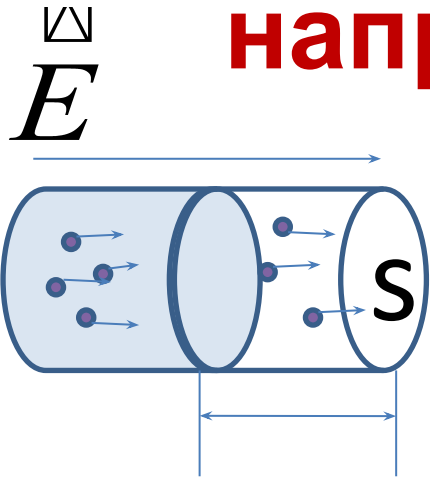
$$\Delta l = v \cdot \Delta t$$

$$n = \frac{N}{V} = \frac{N}{S \cdot v \cdot \Delta t} \Rightarrow N = n S v \Delta t$$

Заряд этих

$$\Delta q = q_0 \cdot N = q_0 \cdot n \cdot S \cdot v \cdot \Delta t$$

# Связь силы тока с направленной скоростью



$$\Delta l = v \cdot \Delta t$$

Тогда сила тока равна:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{q_0 n S v \cancel{\Delta t}}{\cancel{\Delta t}} = q_0 n S v$$

$$I = q_0 n S v$$

# Скорость упорядоченного движения электронов

$$I = q_0 n S v \quad q_0 = e \quad v = \frac{I}{enS}$$

$$v = \frac{1A}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 8,5 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3} \cdot 10^{-6} \text{ м}^2}$$

$$v \approx 7 \cdot 10^{-5} \text{ м / с}$$

# Решите задачу

- Скорость упорядоченного движения электронов в стальном проводнике 0,5 мм/с, концентрация электронов проводимости  $4 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$ , площадь поперечного сечения провода 3 мм<sup>2</sup>. Определите силу тока.

$$I = q_0 n S v \quad \text{Ответ: } 9,6 \text{ А}$$

$$I = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 4 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3} \cdot 3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$$

$$I = 9,6 \text{ А}$$



# Задача 4 стр.7

Дано:

$$S = 1 \text{ мм}^2$$

$$I = 1,6 \text{ А}$$

$$n = 10^{28} \text{ м}^{-3}$$

$$T = 20^{\circ} \text{C} + 273 = 293 \text{ К}$$

$$q_e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$\text{Cu} \\ 10^{-6} \text{ м}^2$$

$$q = q_e N$$

$$n = \frac{N}{V}$$

$$V = Svt \quad N = nSvt$$

$$q = q_e nSvt$$

$v$  — ?

$$I = \frac{q}{t} = \frac{q_e nSvt}{t} = q_e nSv$$

$$v = \frac{I}{q_e nS}$$

$$v = 10^{-3} \text{ м/с}$$

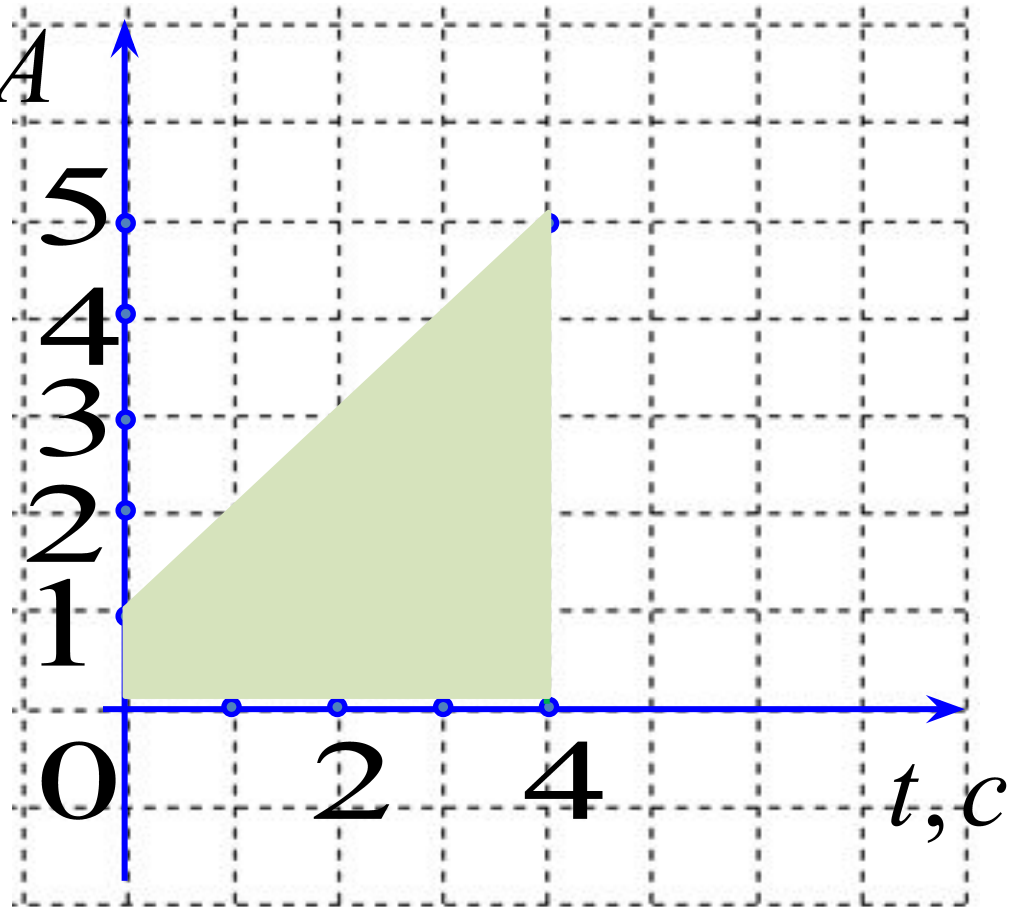
$$v_T = \sqrt{\frac{3kT}{m_e}}$$

$$v_T = 1,15 \cdot 10^5 \text{ м/с}$$

# Задача №5 Стр. 7

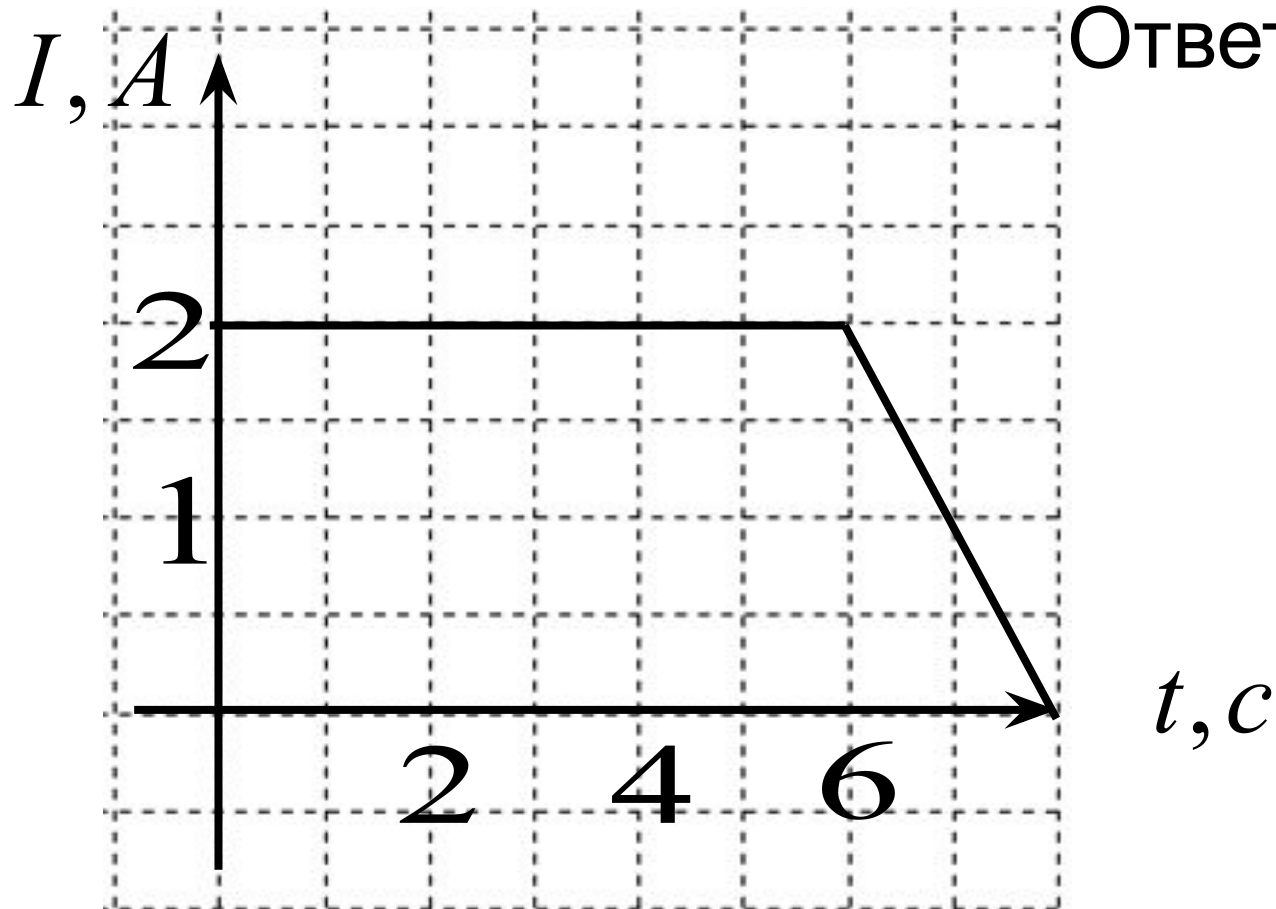
$$q = I \cdot t = S_{\text{тр.}} \quad I, A$$

$$q = \frac{(5+1)A}{2} \cdot 4c = 12 \text{ Кл}$$



# Решите задачу

- На рисунке показана зависимость силы тока в проводнике от времени. Какой заряд прошёл по проводнику за 8с?



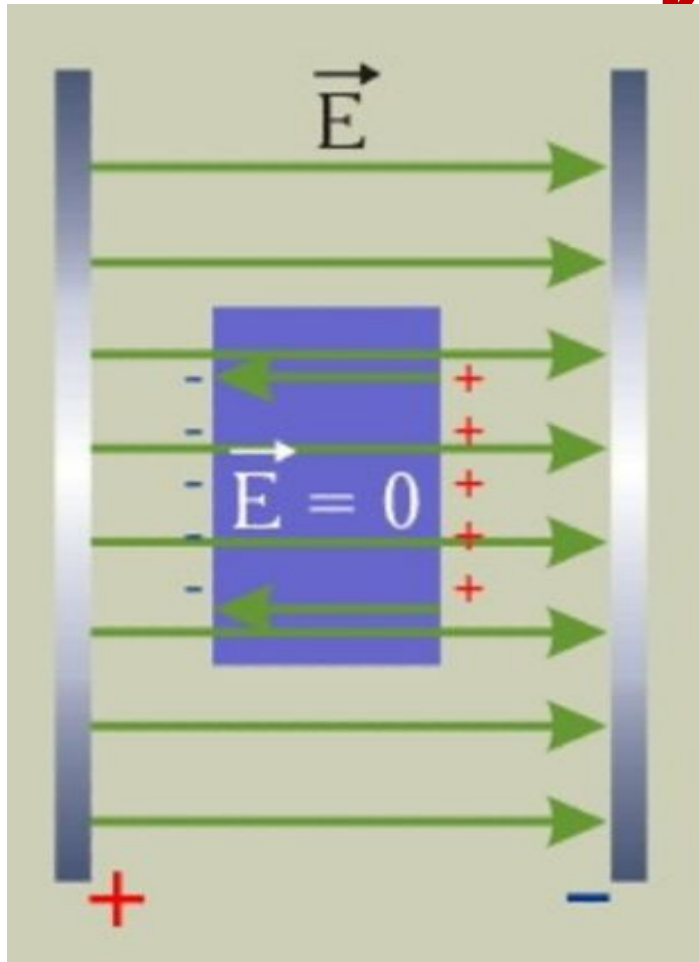
Ответ: 14Кл

# Источник тока

2020-2021

# Электростатическая

## ИНДУКЦИЯ



- Перераспределение свободных зарядов в проводниках называют электростатической индукцией.
- Напряженность поля наведенных зарядов, внутри проводника компенсирует напряженность внешнего поля.
- Результирующая напряженность равна нулю

**Условие существования поля:** Наличие действия внешнего электрического поля;

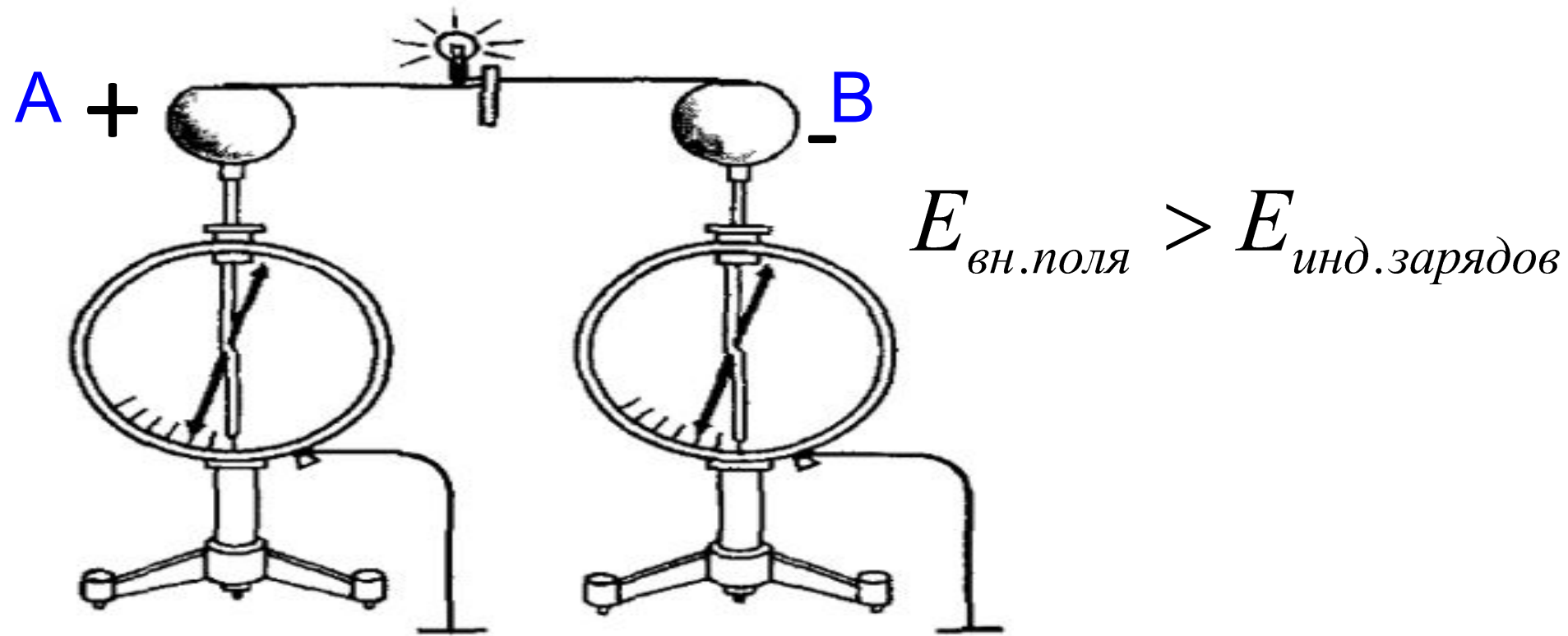


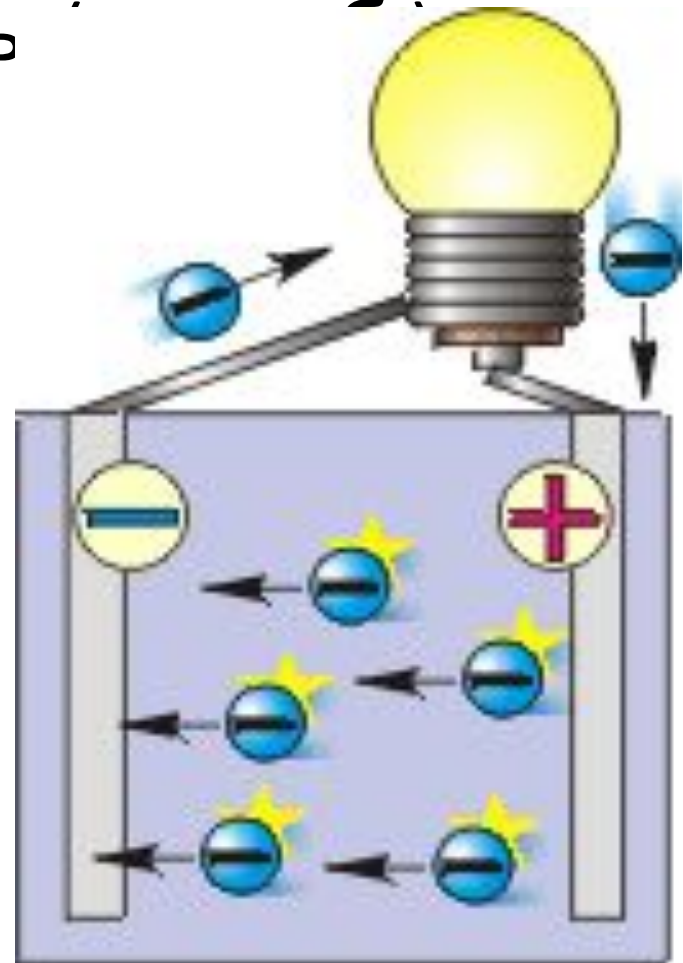
Рис. 20

**Кратковременный ток**  
**Наличие разности потенциалов – эл. поле**

# Источник тока

- Источник тока – устройство, разделяющее положительные и отрицательные заряды

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



# 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 |



Первая электрическая батарея появилась в 1799 году. Её изобрел итальянский физик *Алессандро Вольт* (1745 - 1827) — итальянский физик, химик и физиолог, изобретатель источника постоянного электрического тока.



Его первый источник тока — «вольтов столб» — был построен в точном соответствии с его теорией «металлического» электричества. Вольт положил друг на друга попеременно несколько десятков небольших цинковых и серебряных кружочков, проложив меж ними бумагу, смоченную подсоленной водой.



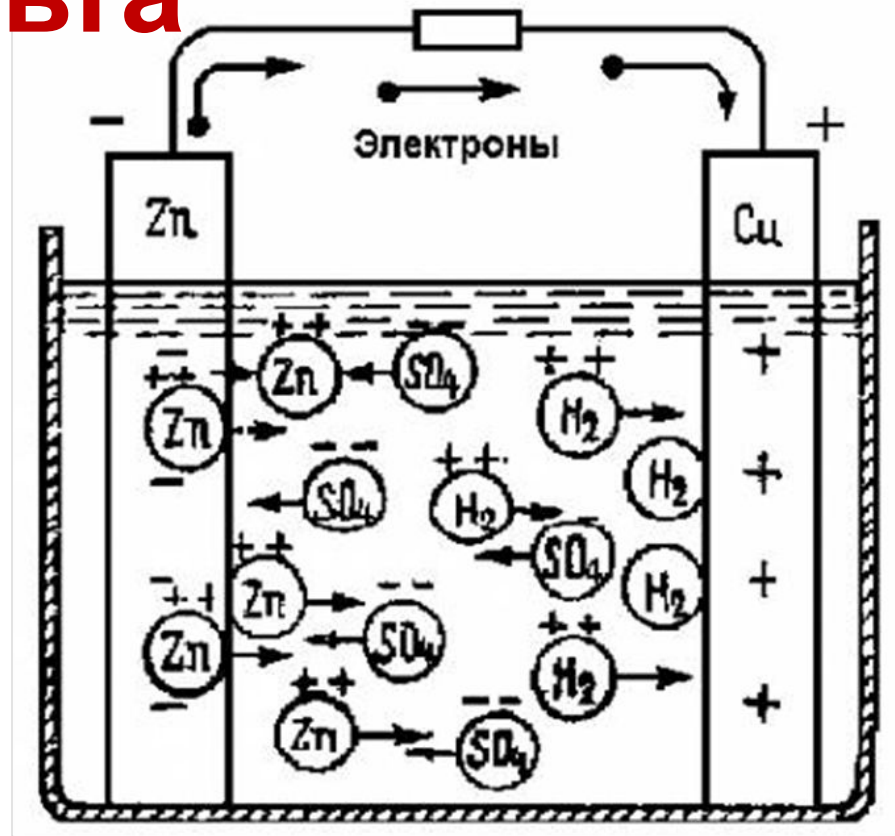
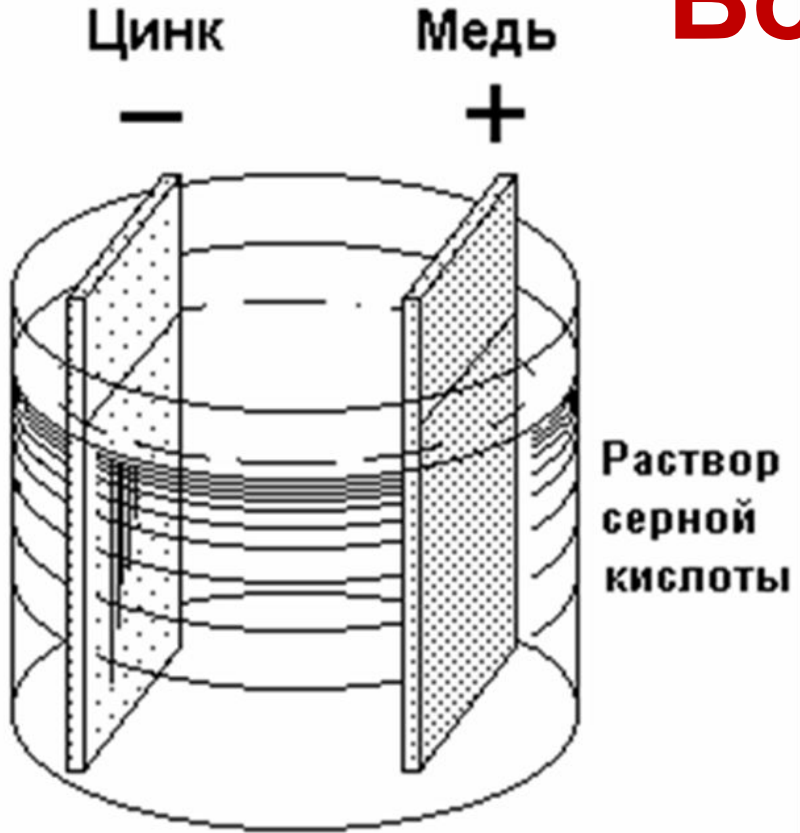
# Устройство гальванического элемента

*Гальванический элемент* – химический источник тока, в котором электрическая энергия вырабатывается в результате прямого преобразования химической энергии окислительно-восстановительной реакцией.



# Гальванический элемент

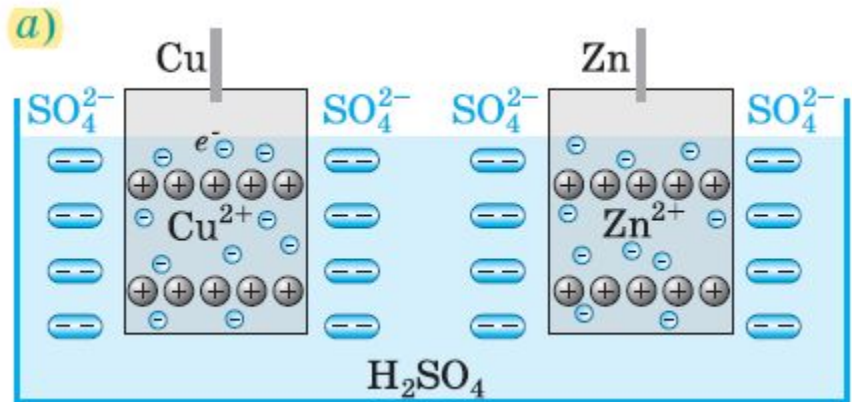
## Вольта



Энергия притяжения разноименных ионов превосходит энергию связи ионов  $Cu^{+2}$   $Zn^{+2}$  в кристаллической решётке металлических электродов, ионы переходят в раствор

# Гальванический элемент

## Вольта



$$(E_{\text{кин}})_{\text{Cu}^{2+}} < (E_{\text{кин}})_{\text{Zn}^{2+}}$$

$$(E_{\text{кин}})_{\text{Cu}^{2+}} = E_{\pm} - E_{\text{Cu}^{2+}}$$

$$(E_{\text{кин}})_{\text{Zn}^{2+}} = E_{\pm} - E_{\text{Zn}^{2+}}$$

$E_{\pm}$  - Энергия ионов в растворе

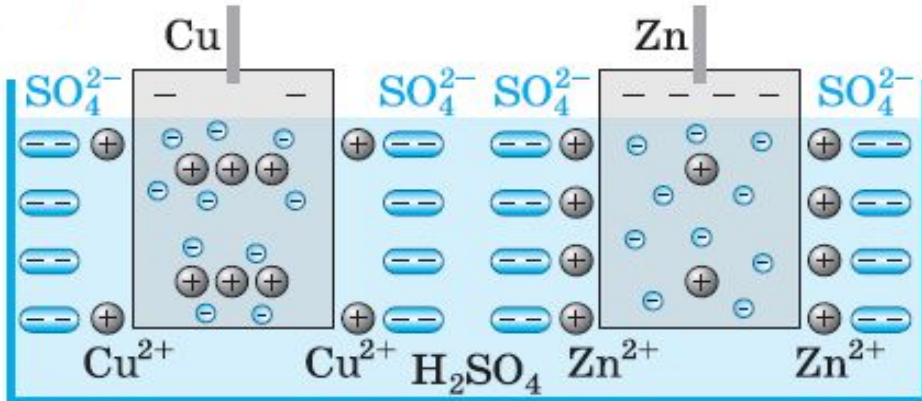
$E_{\text{Cu}^{2+}}$  ;  $E_{\text{Zn}^{2+}}$  - Энергии связи ионов в кристаллической решетке металла

# Гальванический элемент

## Вольта

$$(E_{кин})_{Cu^{2+}} = q_0 \varphi_{Cu}$$

$$(E_{кин})_{Zn^{2+}} = q_0 \varphi_{Zn}$$



Чем больше положительных ионов переходит в раствор, тем большим по модулю отрицательный заряд электрода, что препятствует выходу из него других ионов.

Растворение электродов прекращается, если кинетическая энергия положительных ионов оказывается недостаточной для преодоления разности потенциалов двойного электрического слоя.

Слой образован положительными зарядами ионов в растворе и отрицательными избыточными зарядами электродов



# Нормальный электродный потенциал

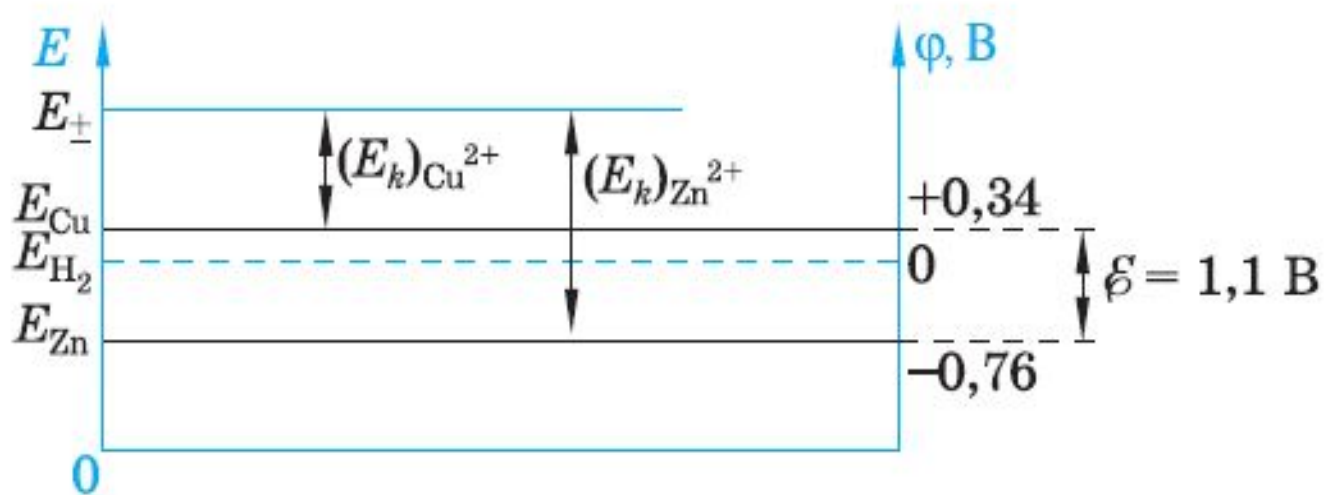
Потенциалы на электродах, отсчитываемые относительно водородного потенциала

| 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                  |          |                         |

- За нуль отсчета энергии связи принимают энергию, необходимую для ионизации газообразного молекулярного водорода

# ЭДС –гальванического элемента

$$(E_{кин})_{Cu^{2+}} = q_0 \varphi_{Cu} \quad (E_{кин})_{Zn^{2+}} = q_0 \varphi_{Zn}$$



$$\varepsilon = \varphi_{\text{меди}} - \varphi_{\text{цинка}} = 0,34 \text{ В} - (-0,76 \text{ В}) = 1,1 \text{ В}$$

электродвижущая сила (ЭДС) гальванического  
элемента

# ЭДС –гальванического элемента

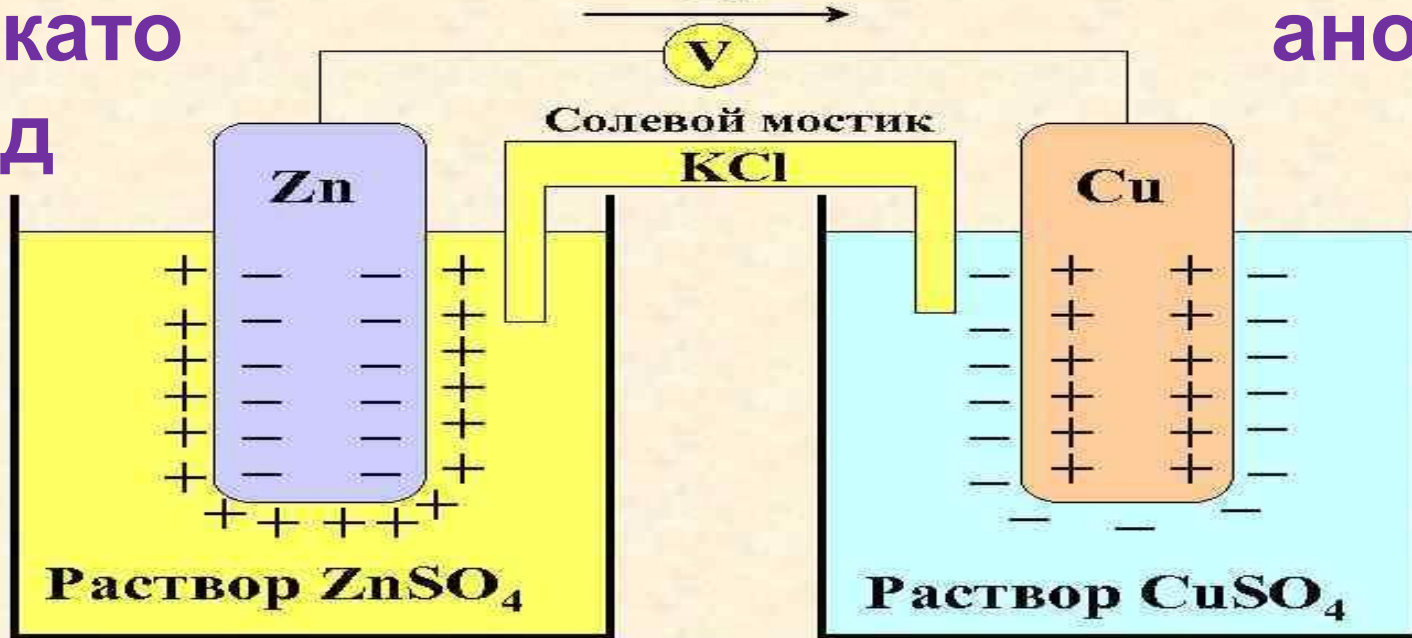
Схема гальванического элемента



$2e^-$

като  
Д

анод





# Источники тока

Ртутная  
батарейка

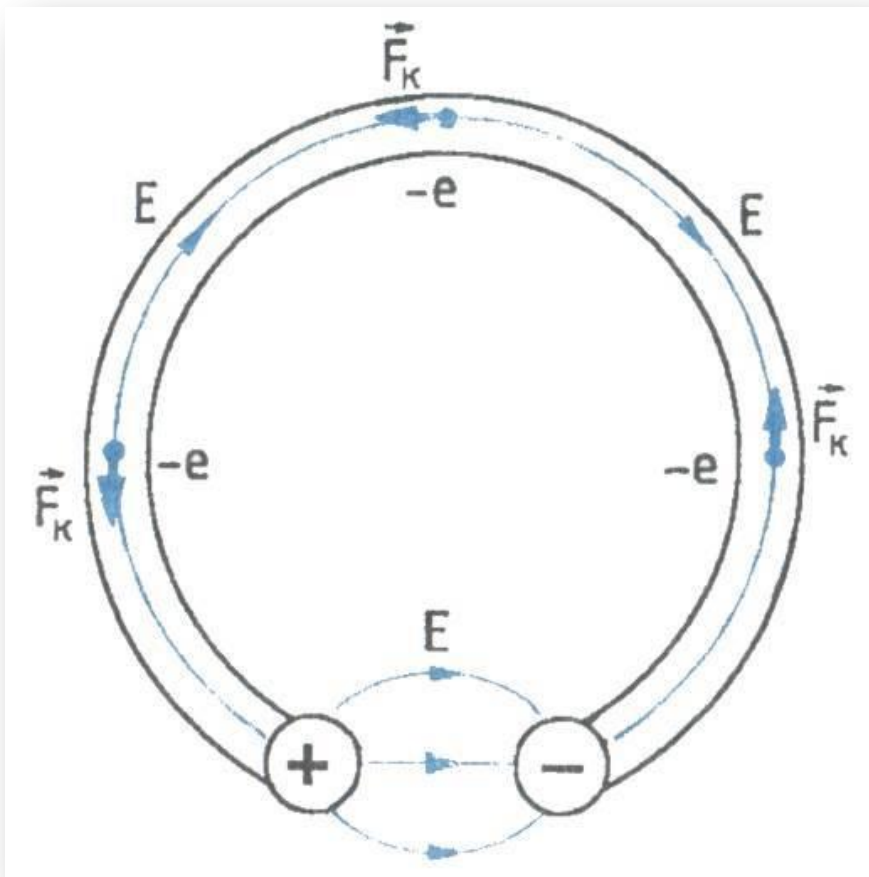


Батарейка для  
карманного фонаря



# **Источники тока в электрической цепи**

2020-2021



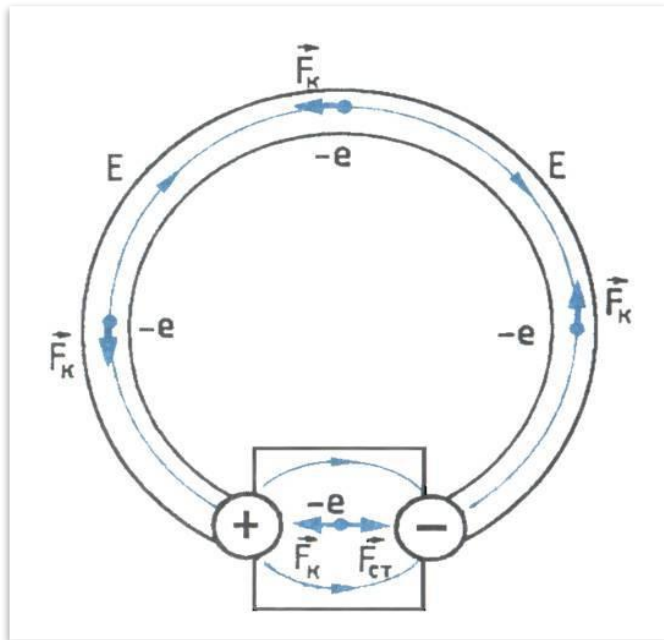
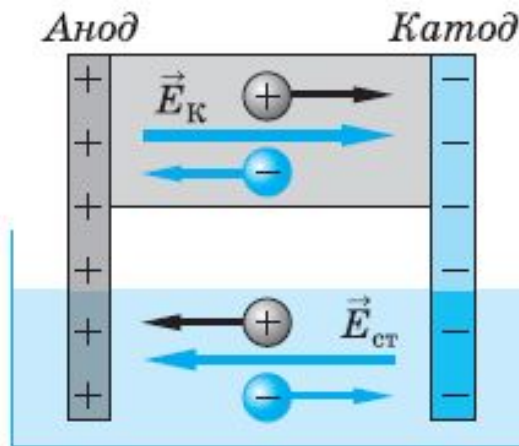
Соединим проводником два металлических шарика, несущих заряды противоположных знаков. Под влиянием электрического поля этих зарядов в проводнике возникает электрический ток.

Но этот ток будет очень кратковременным. Заряды быстро нейтрализуются, потенциалы шариков станут одинаковыми, и электрическое поле исчезнет.

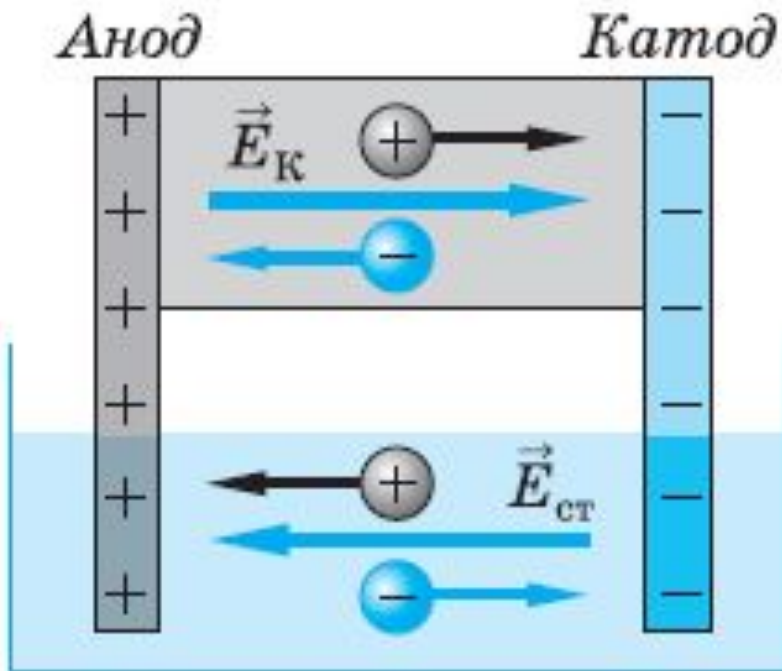
# Сторонние силы

Для того чтобы ток был постоянным, надо поддерживать постоянное напряжение между шариками.

Для этого необходимо устройство (источник тока), которое перемещало бы заряды от одного шарика к другому в направлении, противоположном направлению сил, действующих на эти заряды со стороны электрического поля шариков.



# Сторонние силы

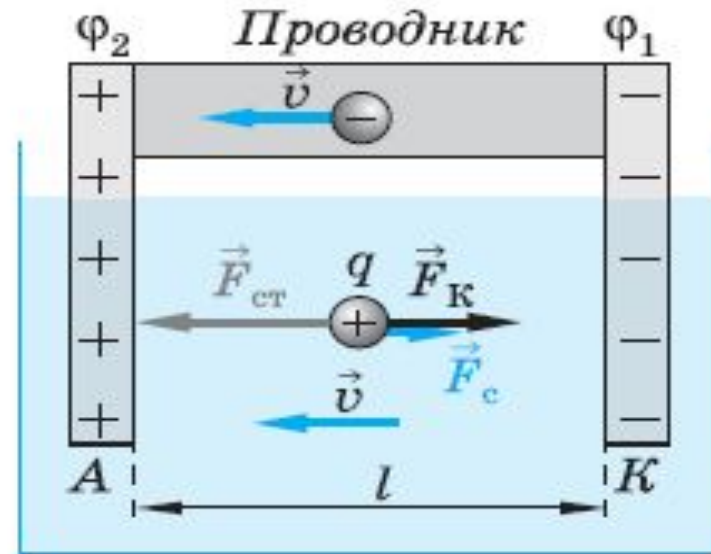
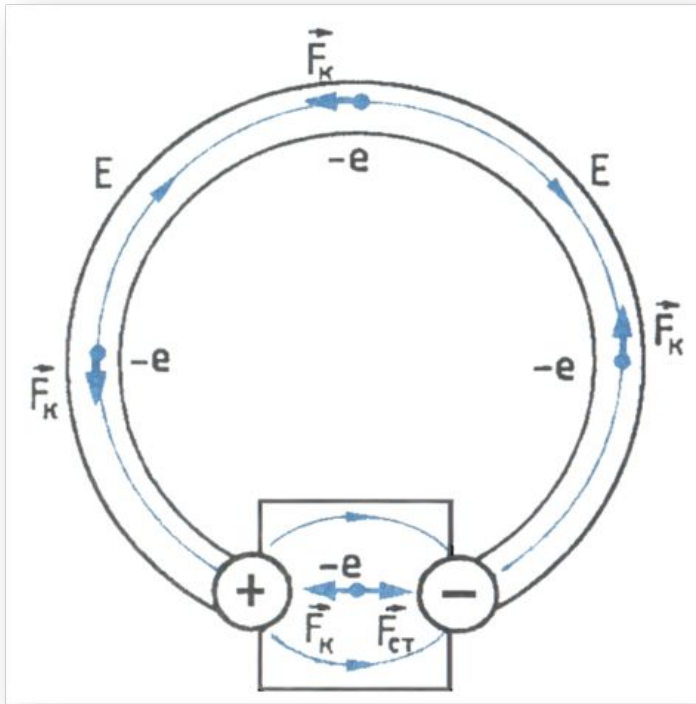


Сторонние силы - силы неэлектрического происхождения, вызывающие разделение зарядов в источнике (см. уч)

В таком устройстве на заряды, кроме электрических сил, должны действовать силы неэлектрического происхождения.

**Одно лишь электрическое поле заряженных частиц (кулоновское поле) не способно поддерживать постоянный ток в цепи.**

При замыкании цепи создаётся электрическое поле во всех проводниках цепи



**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.**

# Природа сторонних сил

| Источники тока                          | Сторонняя сила  |
|---|---|
| Генератор электростанции                | Сила, действующая со стороны магнитного поля на электроны в движущемся проводнике |
| Гальванический элемент (элемент Вольта) | Химические силы, растворяющие цинк в растворе серной кислоты                      |

# Электродвижущая сила

Действие сторонних сил характеризуется важной физической величиной, называемой электродвижущей силой (сокращённо ЭДС).

Электродвижущая сила в замкнутом контуре представляет собой отношение работы сторонних сил при перемещении заряда вдоль контура к заряду:

$$\xi = \frac{A_{ст}}{q}$$

ЭДС выражают в вольтах:  $[\xi] = \text{Дж/Кл} = \mathbf{В}$



# ЭДС источника тока

$$\mathcal{E} = \frac{A_{ст}}{q}$$

$\Delta W$  -Изменение потенциальной энергии заряда при перемещении его между электродами

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

# Домашнее задание

§3,4 стр.7 №2,3