

Лекция 11.
ЭДС. Правила Кирхгофа.
Магнитное поле



12.4. Работа и мощность тока

а) Закон Джоуля – Ленца в интегральной форме (1842)



$Q = I^2 R \Delta t$?? – откуда эта энергия?

Мощность (тепло в единицу времени) : $P = I^2 R$

“Работа тока”: $A_{12} = q \cdot (\varphi_1 - \varphi_2) = u \cdot q = u \cdot (I \cdot \Delta t)$

б) Закон Джоуля – Ленца в дифференциальной (локальной) форме

$\delta Q = R \cdot I^2 \cdot \Delta t ;$	закон Джоуля – Ленца
$\frac{\delta Q}{dV} \equiv w ;$	"плотность тепловыделения"
$\frac{w}{\Delta t} \equiv w_\tau ;$	"удельная мощность тепловыделения"
$dI = j \cdot dS ;$	связь силы и плотности тока
$R = \rho \frac{dl}{dS} ;$	омическое сопротивление.

$$\Rightarrow w_\tau = \rho \cdot j^2$$

или

$$w_\tau = \frac{1}{\rho} \cdot E^2$$

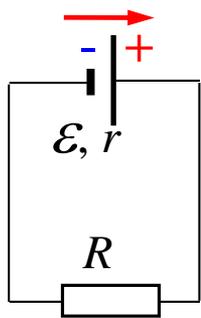
§ 13. Электродвижущая сила ??

13.1. Источники тока. ЭДС

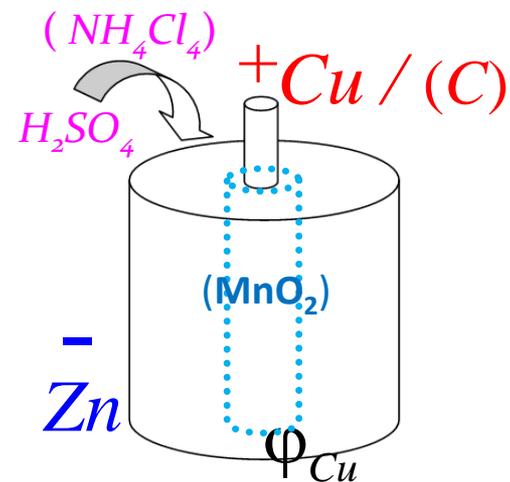
$$\mathcal{E} = \frac{A^{ст.}}{q}$$

Вольты

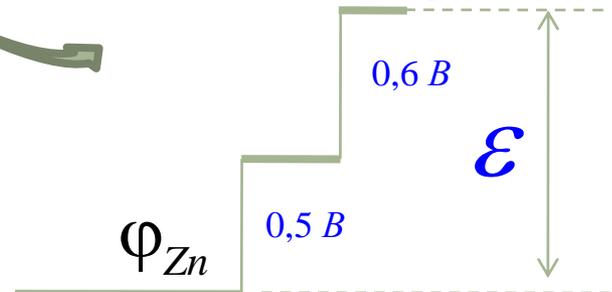
► (Опр.) ЭДС равна отношению работы сторонних сил по перемещению заряда в источнике тока к величине этого заряда



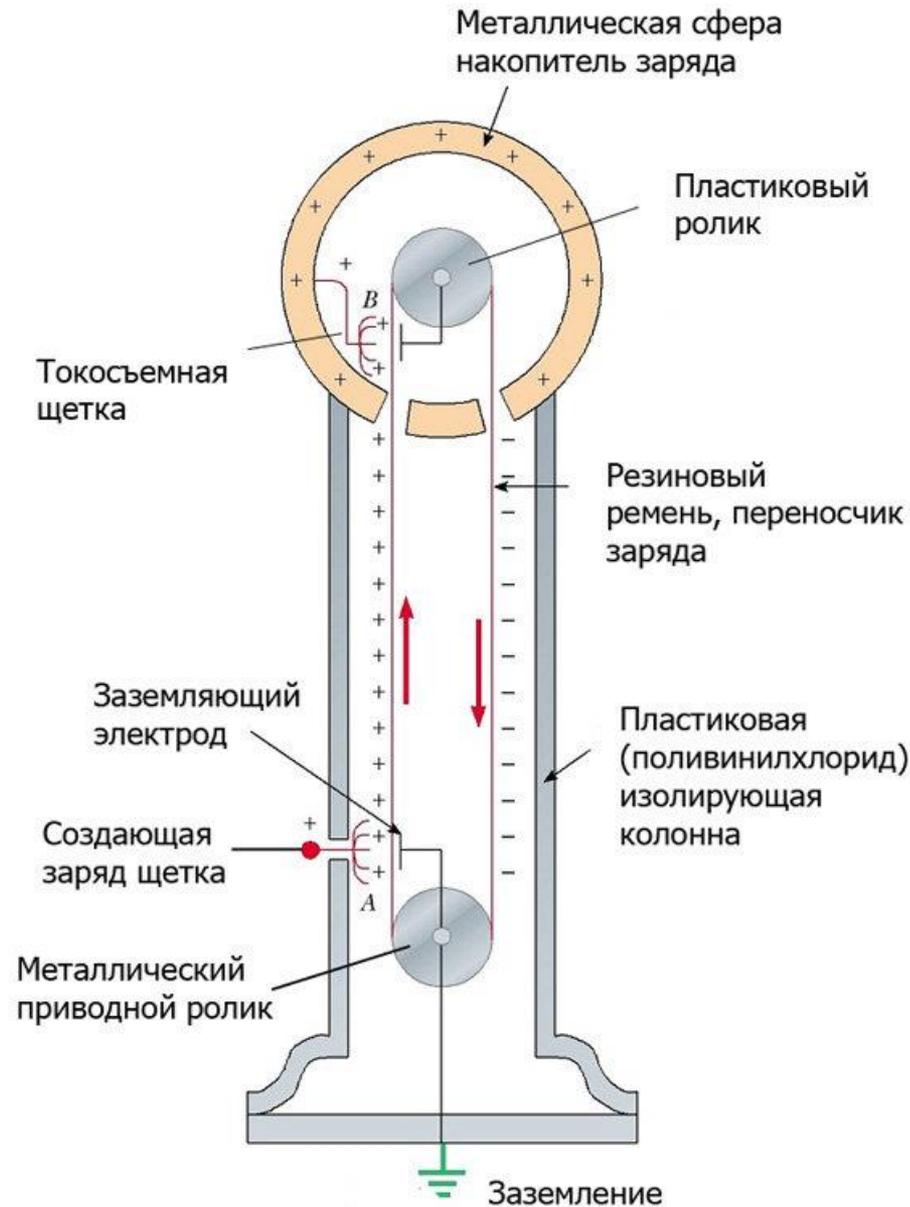
“Химический” источник тока
«Элемент Вольта»:



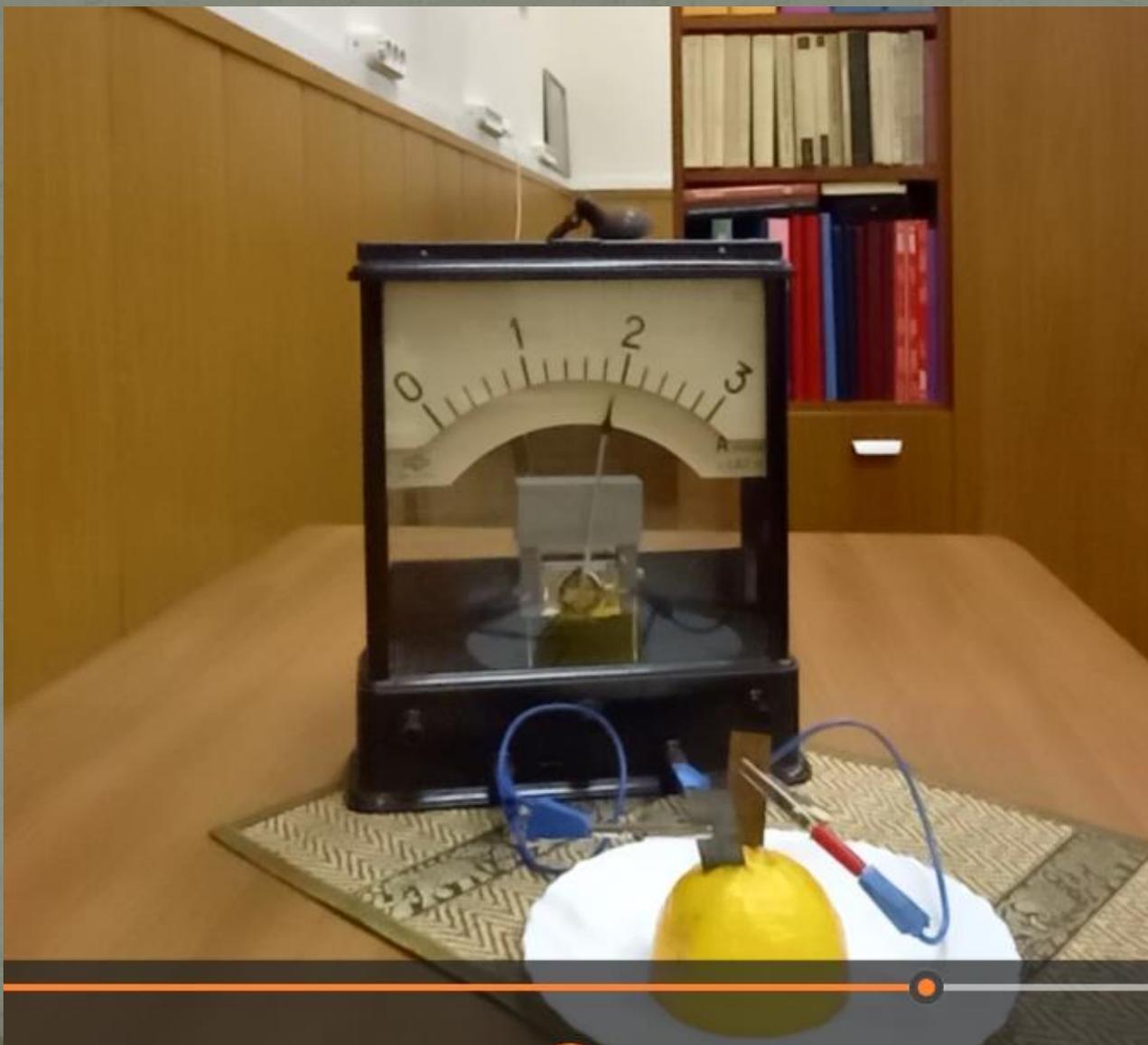
$A^{ст.}$: $7 \cdot 10^6$ Дж/кг !!



Генератор Ван-де-Граафа

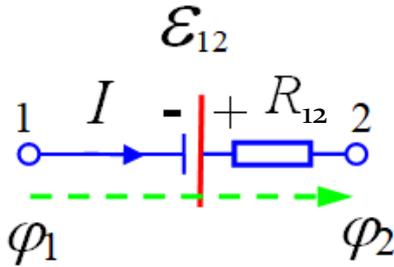


“Химический” источник тока –
“элемент Вольта”



13.1. Закон Ома для неоднородного участка цепи

(на котором действует ЭДС)



$$I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2 + \mathcal{E}_{12}}{R_{12}}$$

$$A_{1 \rightarrow 2} = \underbrace{q \cdot (\varphi_1 - \varphi_2)}_{\text{работа поля}} + \underbrace{q \cdot \mathcal{E}_{12}}_{\text{работа сторонних сил}}$$

$$Q = I^2 R_{12} \cdot \Delta t$$

$$I^2 R_{12} \cdot \Delta t = R_{12} \cdot I \cdot (I \Delta t) = R_{12} \cdot I \cdot q$$

Сохранение энергии: $A_{1 \rightarrow 2} \rightarrow Q$:

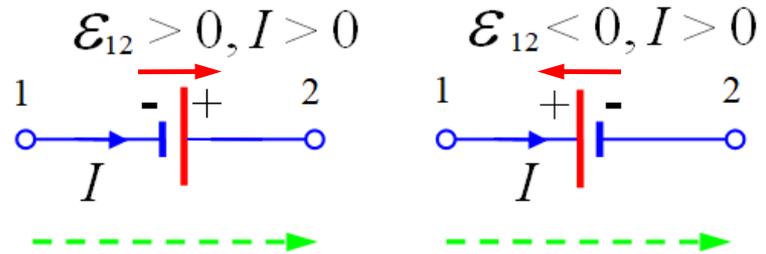
$$I \cdot R_{12} = \varphi_1 - \varphi_2 + \mathcal{E}_{12}$$

(А можно и так: $\varphi_1 + \mathcal{E}_{12} - I \cdot R_{12} = \varphi_2$)

Здесь I и \mathcal{E}_{12} – величины «алгебраические»! (\pm)

Важные замечания:

1. Знаки: **?!**



«направление обхода»

2. $\mathcal{E} = 0 \rightarrow I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R}$

(“однородный участок”)

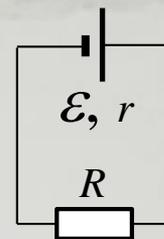
3. $\varphi_1 - \varphi_2 = 0$:

соединим точки «1» и «2» - замкнём цепь



$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$$

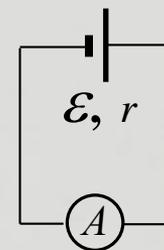
“Замкнутая цепь”
(/ “Полная цепь”)



4. “Внутреннее сопротивление источника”: $R_{12} - R = r$

“Короткое замыкание” – $R = 0$:

$$r = \frac{\mathcal{E}}{I_{\text{к.з.}}}$$



5. u_{12} – “напряжение” (IR_{12}): $u_{12} = \varphi_1 - \varphi_2 + \mathcal{E}_{12}$

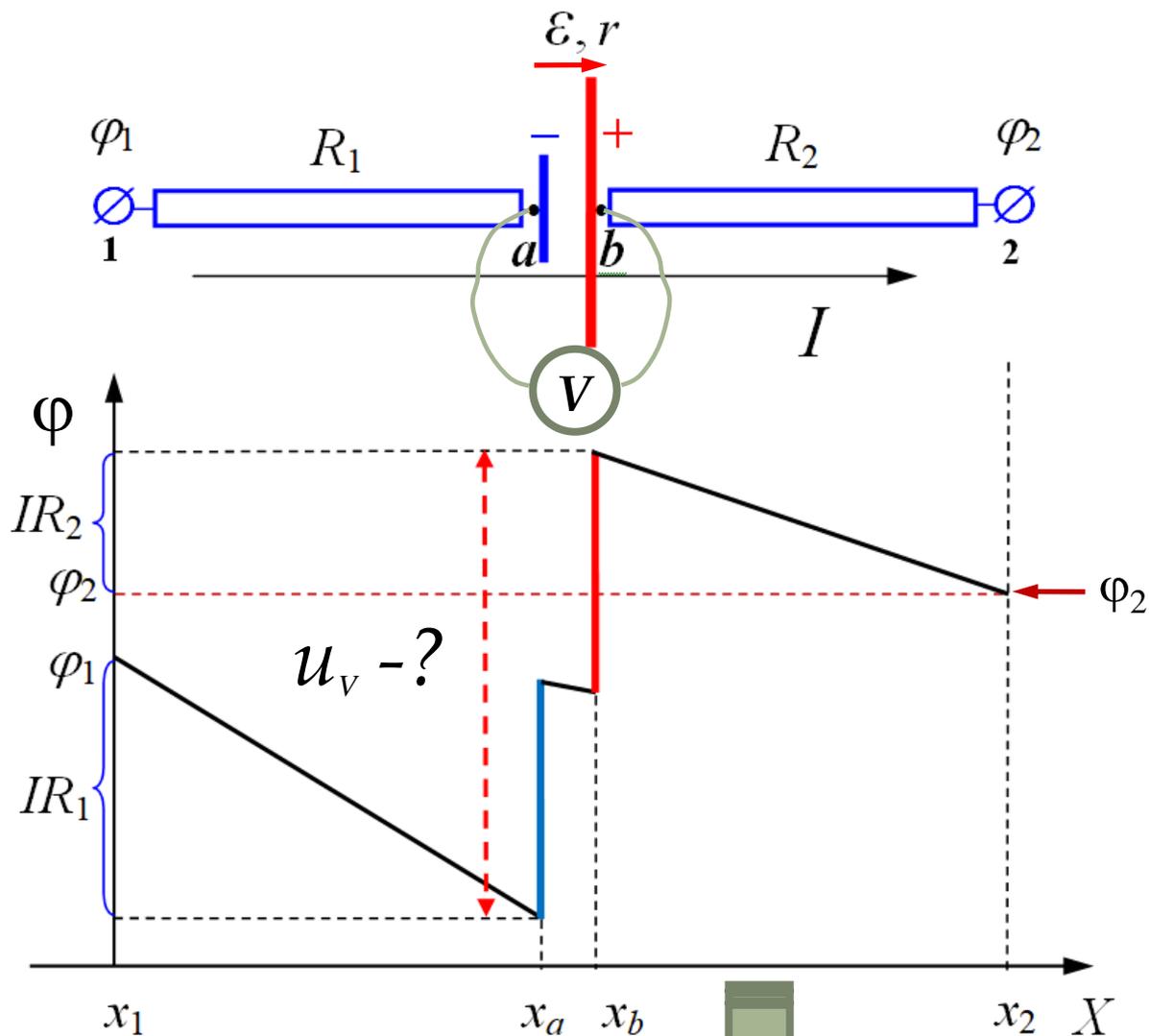
Удельная работа электрических **И** сторонних сил на участке цепи **!!**

$u_{12} \neq \varphi_1 - \varphi_2$ в общем случае

Полезное дополнение :



“Эволюция” потенциала:



1) Может ли φ_2 быть больше φ_1

??

2) Что покажет вольтметр U_V

??

3) Как измерить ε

??

4) А если поменять полярность ε

??

13.3. Разветвлённые цепи. Правила Кирхгофа

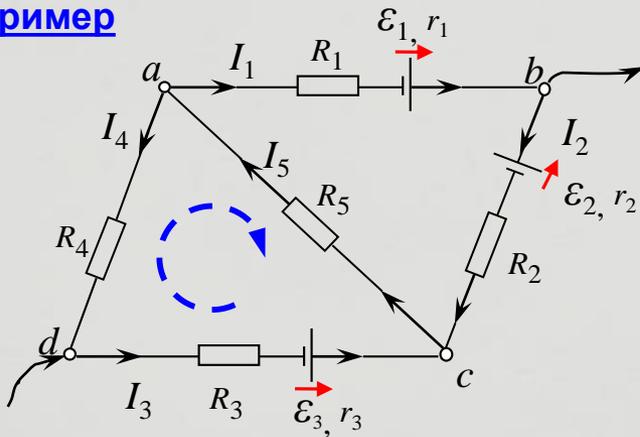
Правила Кирхгофа

- 1. Алгебраическая сумма сил токов, сходящихся в узле, равна нулю:

$$\sum_{i=1}^N I_i = 0$$

- 2. Алгебраическая сумма произведений сил токов на полные сопротивления в неразветвлённых участках контура равна алгебраической сумме ЭДС, действующих в контуре:

Пример



Знаки !!!

$$\sum_i I_i (R_i + r_i) = \sum_i \mathcal{E}_i$$

§ 14. Магнитное поле в вакууме

14.1. Взаимодействие токов

Опыт Эрстеда (1820)

Опыты Ампера (1820 – ...)

Опыты Био, Савара (1820 – ...)

14.2. Магнитное поле. Вектор магнитной индукции

Пробный виток: $\vec{p}_m = IS\vec{n}$

Вектор магнитной индукции: 1) $\vec{B} \uparrow\uparrow \vec{p}_m^{(op.)}$;

2)
$$B = \frac{N_{\max}}{p_m}$$

