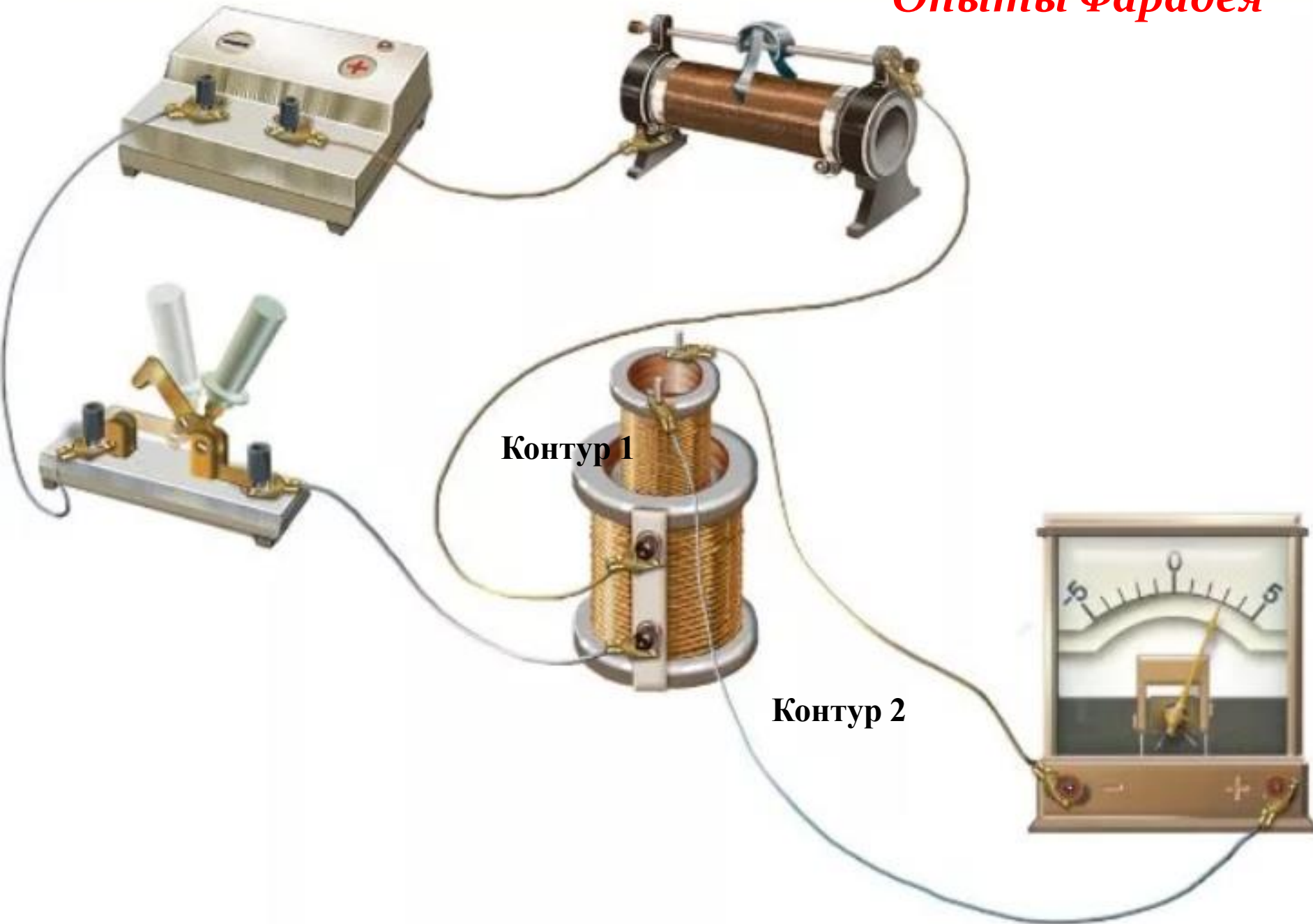


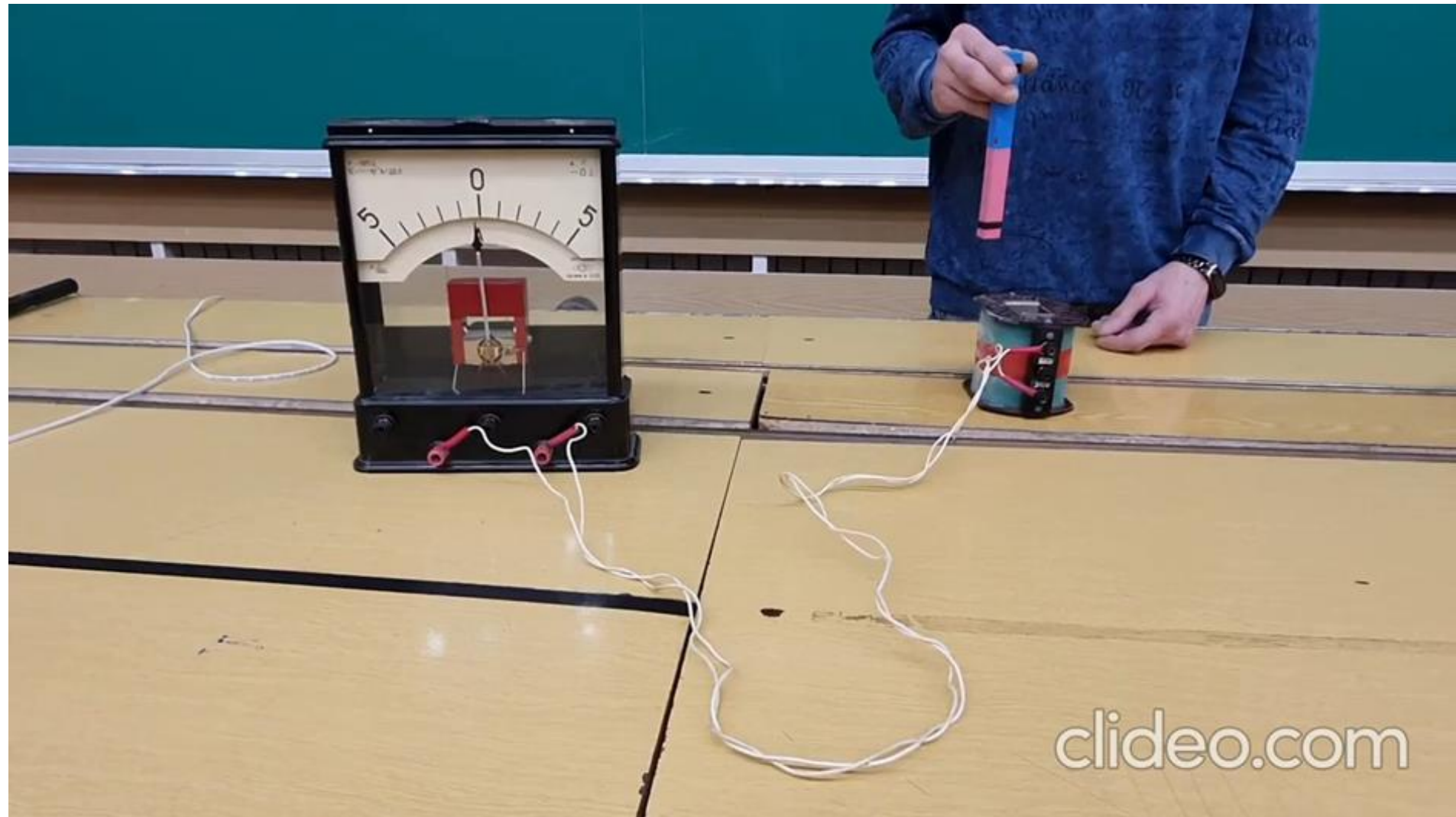
Лекция 13.
***Самоиндукция. Энергия
магнитного поля***



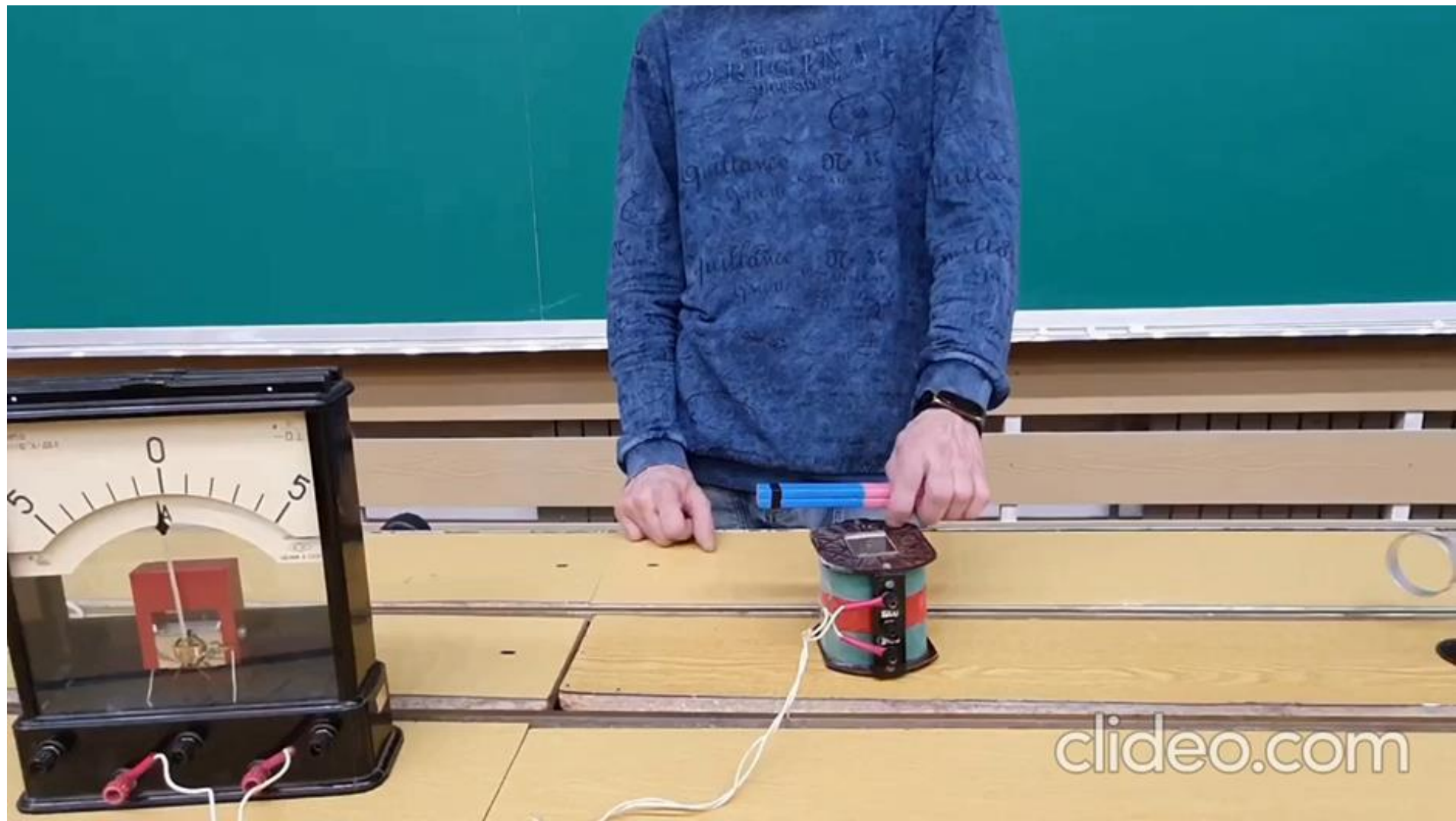
Опыты Фарадея



Опыты Фарадея



Опыты Фарадея



Опыты Фарадея

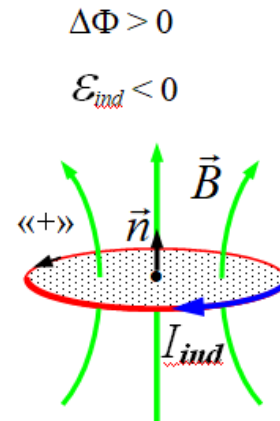


16.2. Правило Ленца

- Индукционный ток направлен так, чтобы препятствовать причине, его вызывающей

1) выбор $\vec{n}^{(+)}$ \Rightarrow

2) (+) направление обхода



16.3. Закон электромагнитной индукции (Фарадея – Максвелла)

- ♣ ЭДС электромагнитной индукции пропорциональна скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную контуром:

$$\mathcal{E}_i \sim \left| \frac{d\Phi}{dt} \right|$$



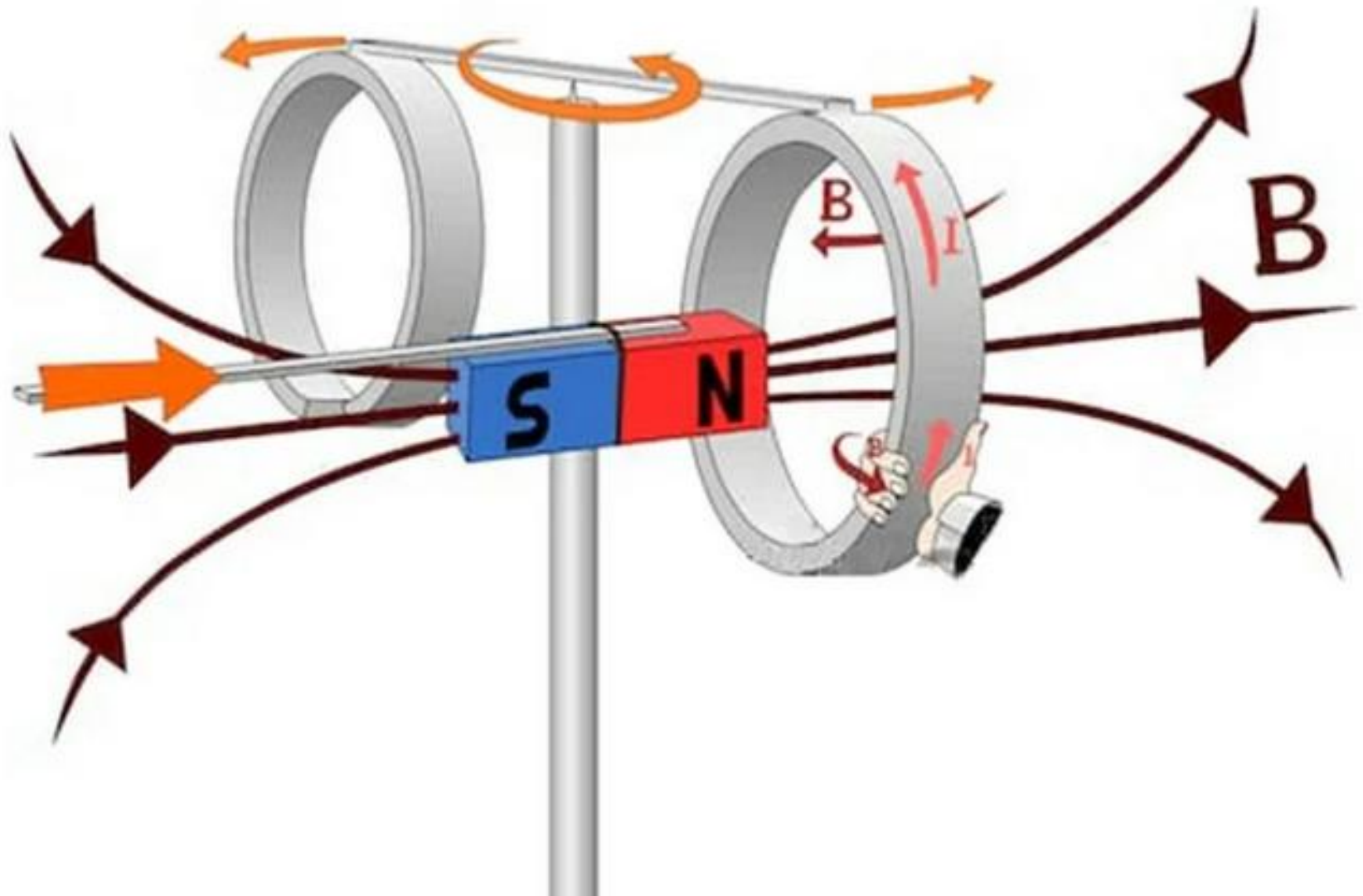
правило Ленца

$$\mathcal{E}_i = - \frac{d\Phi}{dt}$$

Правило Ленца



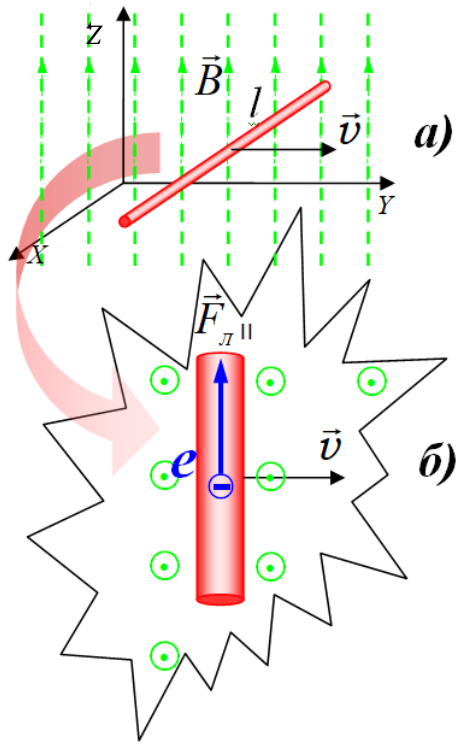
Правило Ленца



Правило Ленца



16.4. ЭДС индукции в движущихся проводниках



$$\mathcal{E}_i = \frac{A^{cm}}{q} = \frac{qvBl}{q}$$

$$\mathcal{E}_i = vBl$$

Пример. Автомобиль едет с востока на запад.
 $v = 72 \text{ км/час}$, $l = 1 \text{ м}$, $B_x = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$.

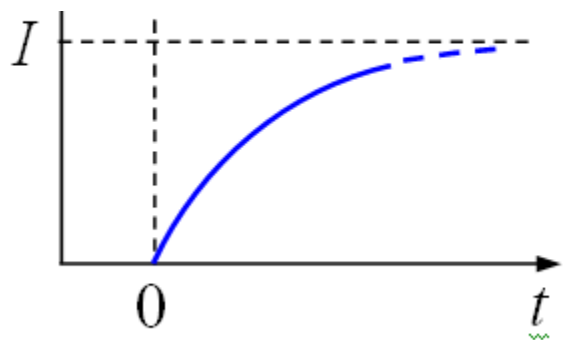
«Антенна автомобиля»: $\mathcal{E}_{ind} = (20 \text{ м/с}) \cdot (2 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}) \cdot (1 \text{ м}) =$
 $= 4 \cdot 10^{-4} \text{ В} = 0,4 \text{ мВ}$.

А крылья самолёта ?

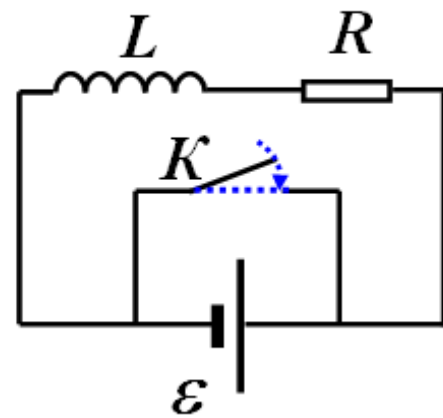
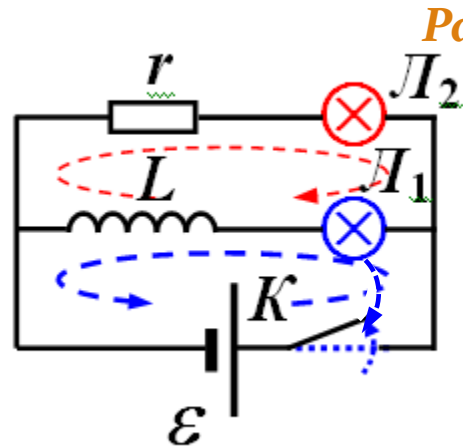
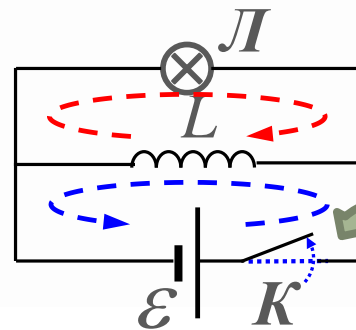
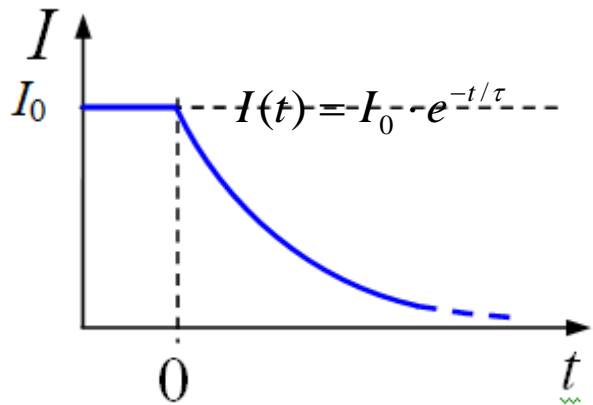
16.5. Самоиндукция. Индуктивность

$$\mathcal{E}_{si} = - \frac{d\Phi_s}{dt}$$

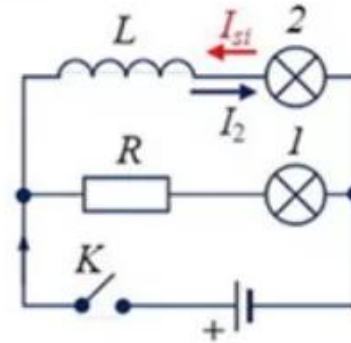
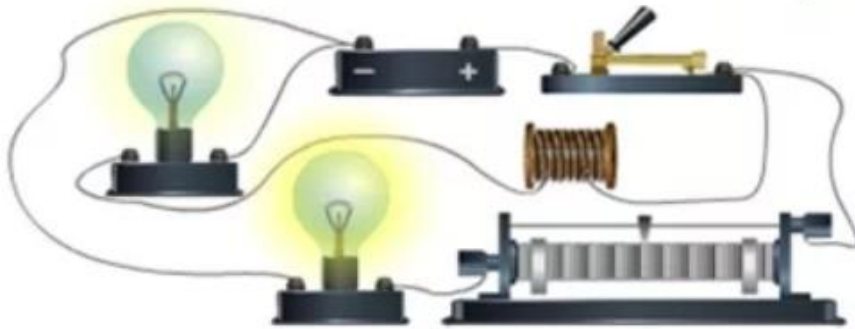
Φ_s — “собственный” магнитный поток



Ещё примеры проявления самоиндукции:



Самоиндукция. Экстратоки



$$\Phi = LI$$

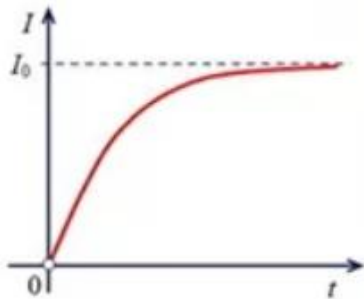
- магнитный поток

$$\mathcal{E}_{si} = -L \frac{dI}{dt}$$

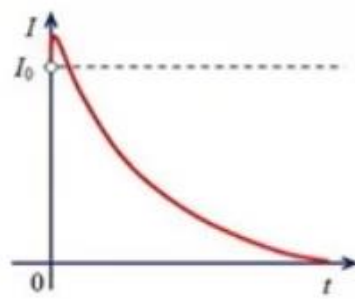
- ЭДС самоиндукции

L - индуктивность

$$W = \frac{LI^2}{2} \quad \text{- энергия магнитного поля}$$

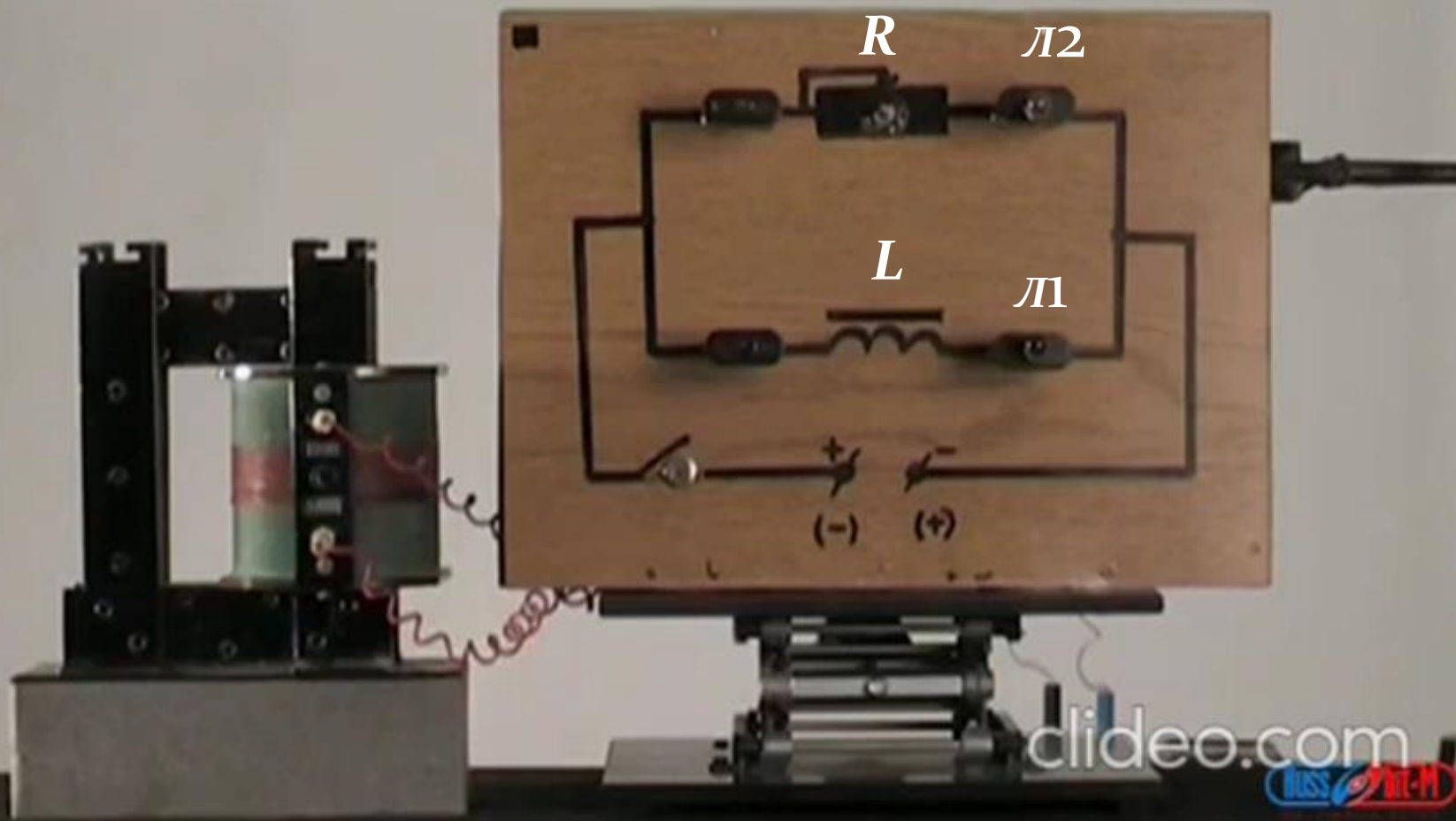


При замыкании ключа



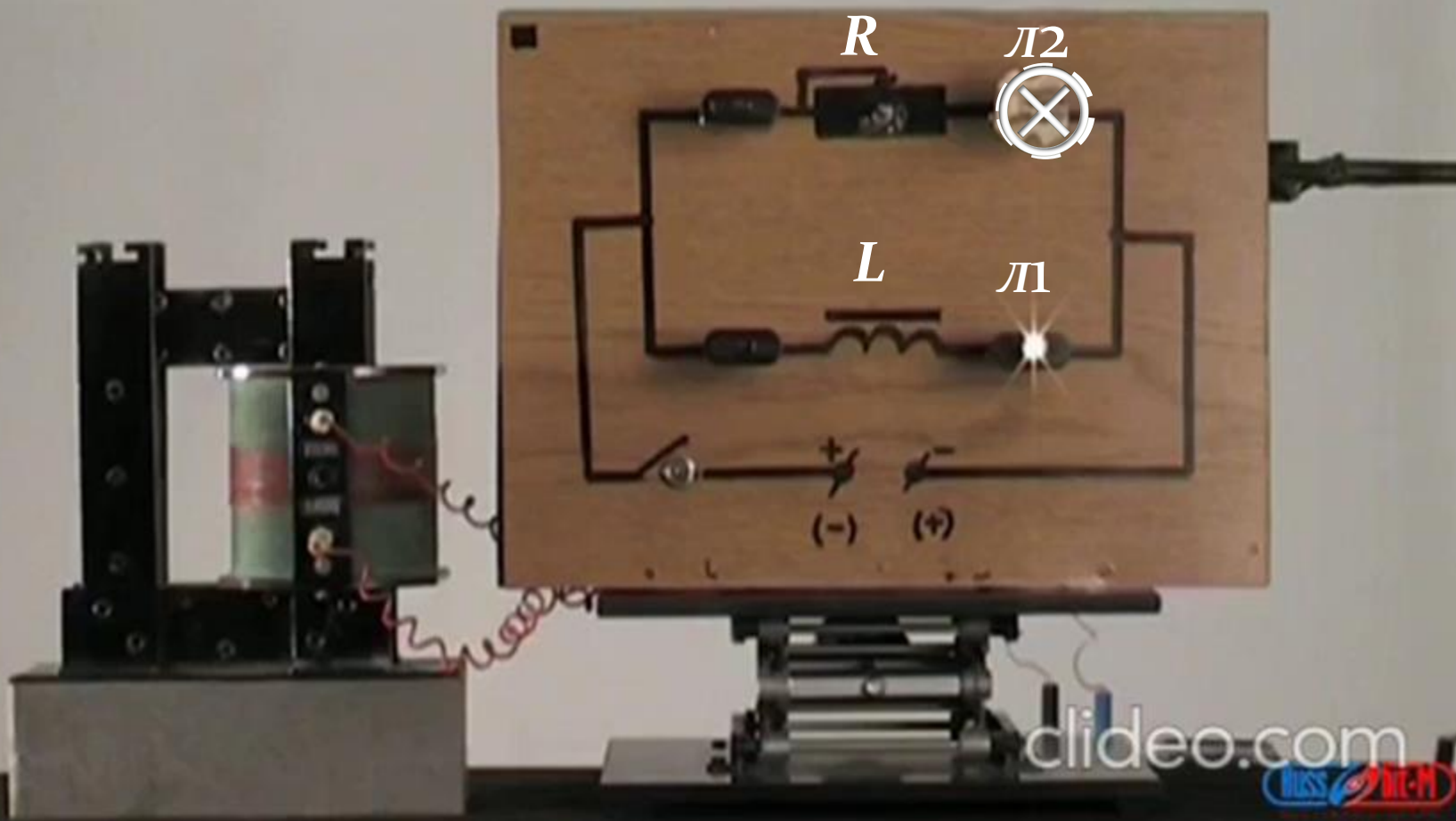
При размыкании ключа

Самоиндукция. Экстратоки

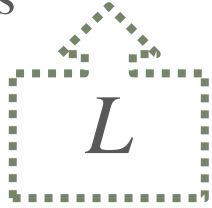


Самоиндукция. Экстратоки

Неоновая лампочка



$\Phi_s \sim I \rightarrow$ (Опр.) Индуктивность (коэффициент самоиндукции):



$$\left(\frac{1 \text{ Вб}}{1 \text{ А}} = 1 \text{ Гн} \right)$$

$$L = \frac{\Phi_s}{I}$$

$$\Phi_s = L \cdot I \Rightarrow$$

$$\mathcal{E}_{si} = -L \frac{dI}{dt}$$

- 1. Размеры;
- 2. форма;

А ещё ??

- 3. магнитная проницаемость (μ)

Пример. Индуктивность соленоида

1) $B_s = \mu \cdot \mu_0 n I$;  Теорема о циркуляции *)

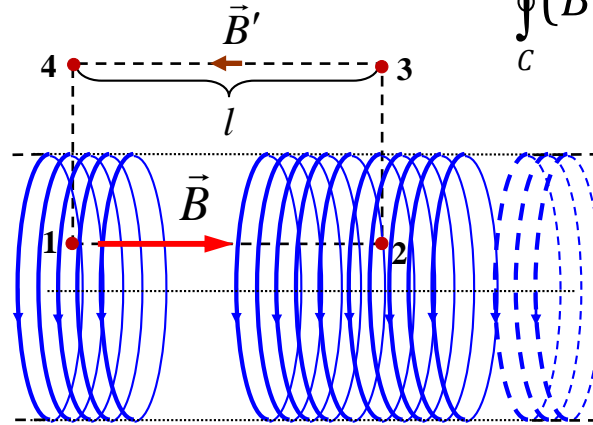
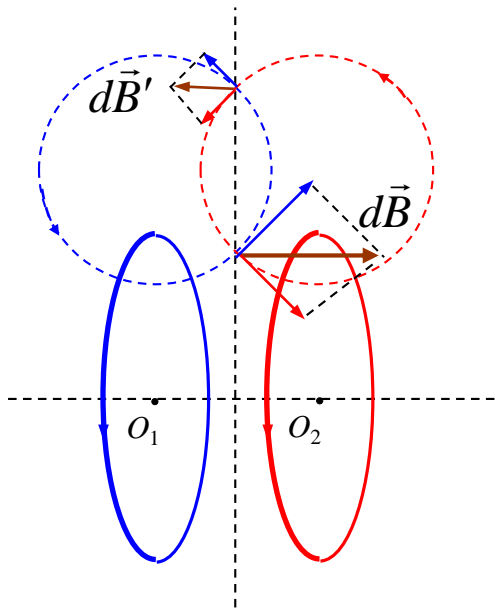


2) $\Phi_s = N \cdot \mu \mu_0 n I \cdot S = n l \cdot \mu \mu_0 n I \cdot S = \{ \text{с учётом } V = S l \} = \underline{\underline{\mu \mu_0 n^2 V \cdot I}}$

$$L = \mu \mu_0 n^2 V$$

**) теорема о циркуляции:*

$$\oint_C (\vec{B}, d\vec{l}) = \int_1^2 B_l dl + \int_2^3 + \int_3^4 + \int_4^1 = B \cdot l$$



$$\oint_C (\vec{B}, d\vec{l}) = \mu_0 NI$$

N – число витков на длине l

1) $B_s = \mu \cdot \mu_0 n I$;

μ – учёт магнитных свойств «среды»

2) $\Phi_s = N \cdot \mu \mu_0 n I \cdot S = n l \cdot \mu \mu_0 n I \cdot S = \{ \text{с учётом } V = S l \} = \underline{\underline{\mu \mu_0 n^2 V \cdot I}}$

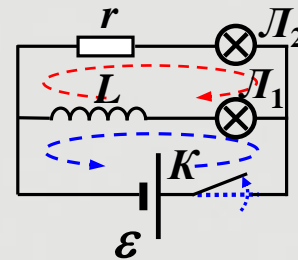
$L = \mu \mu_0 n^2 V$

Выключаем, а ток есть \Rightarrow “Работа тока” \Rightarrow Свет/Тепло \Rightarrow

Энергия !!

16.5. Энергия магнитного поля

“исчезновение” тока:



$$\delta A^{\text{CT}} = \mathcal{E}_{\text{si}} \cdot dq = -L \frac{dI}{dt} \cdot Idt = -L \cdot IdI$$

> 0

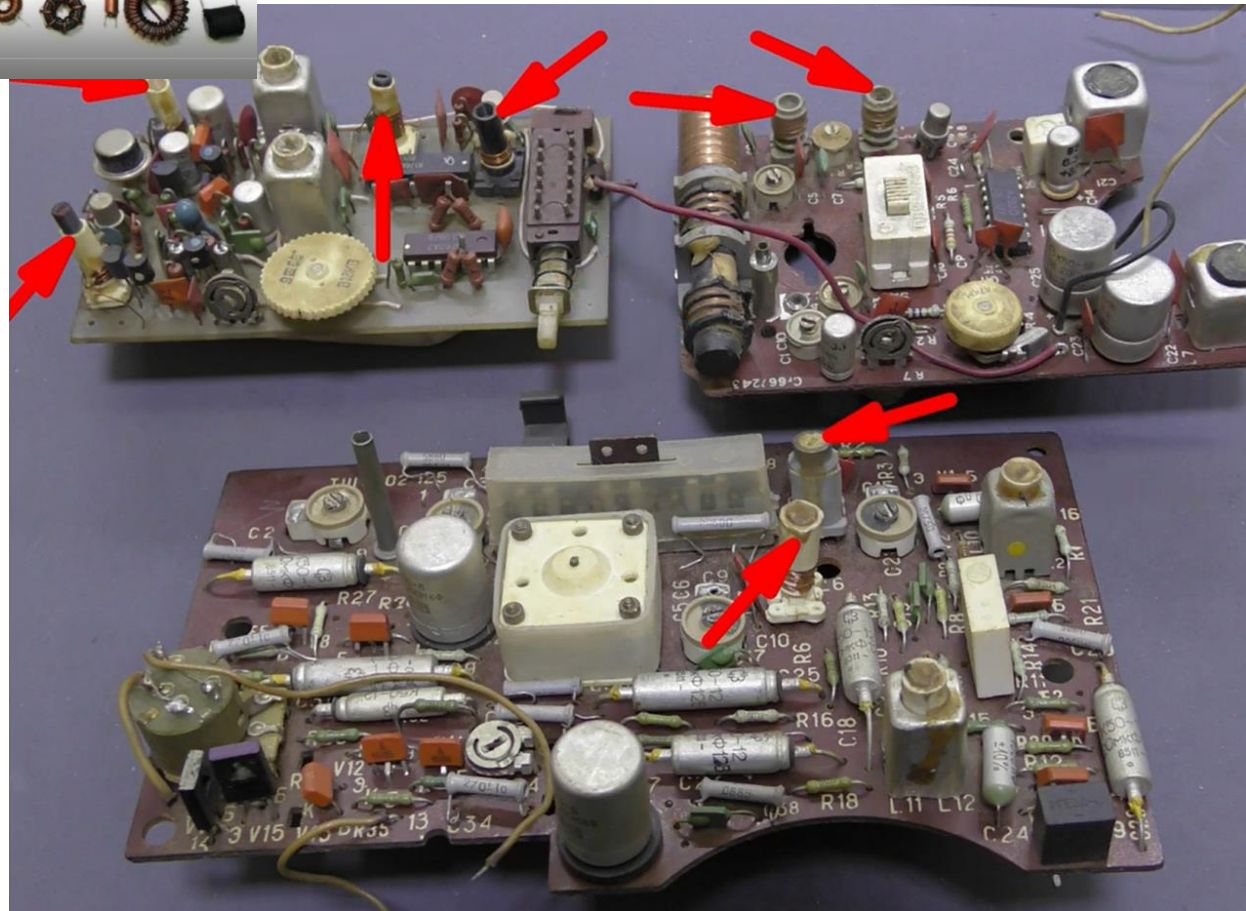
$$A^{\text{CT}} = -L \cdot \int_{I_0}^0 I dI = \frac{LI_0^2}{2}$$

$$W_m = \frac{LI^2}{2}$$

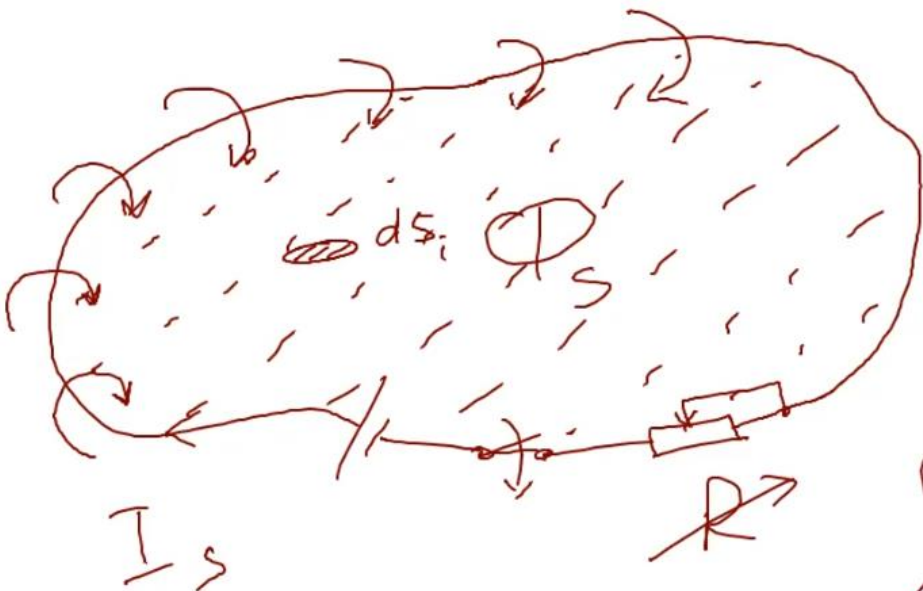
В общем случае поле вокруг проводов неоднородно.
Как “выразить” через B

??

Катушки индуктивности и их применение



Индуктивность



$$\Delta I_s \rightarrow \Delta B_s \rightarrow \Delta \Phi_s \rightarrow \Sigma_{S_i}$$

$$\Phi_s \sim I$$

$$\left\{ \begin{array}{l} d\Phi_i \sim B_i ; \\ B_i \sim I \\ \Phi_s = \sum_i d\Phi_i \end{array} \right. \Bigg|$$

