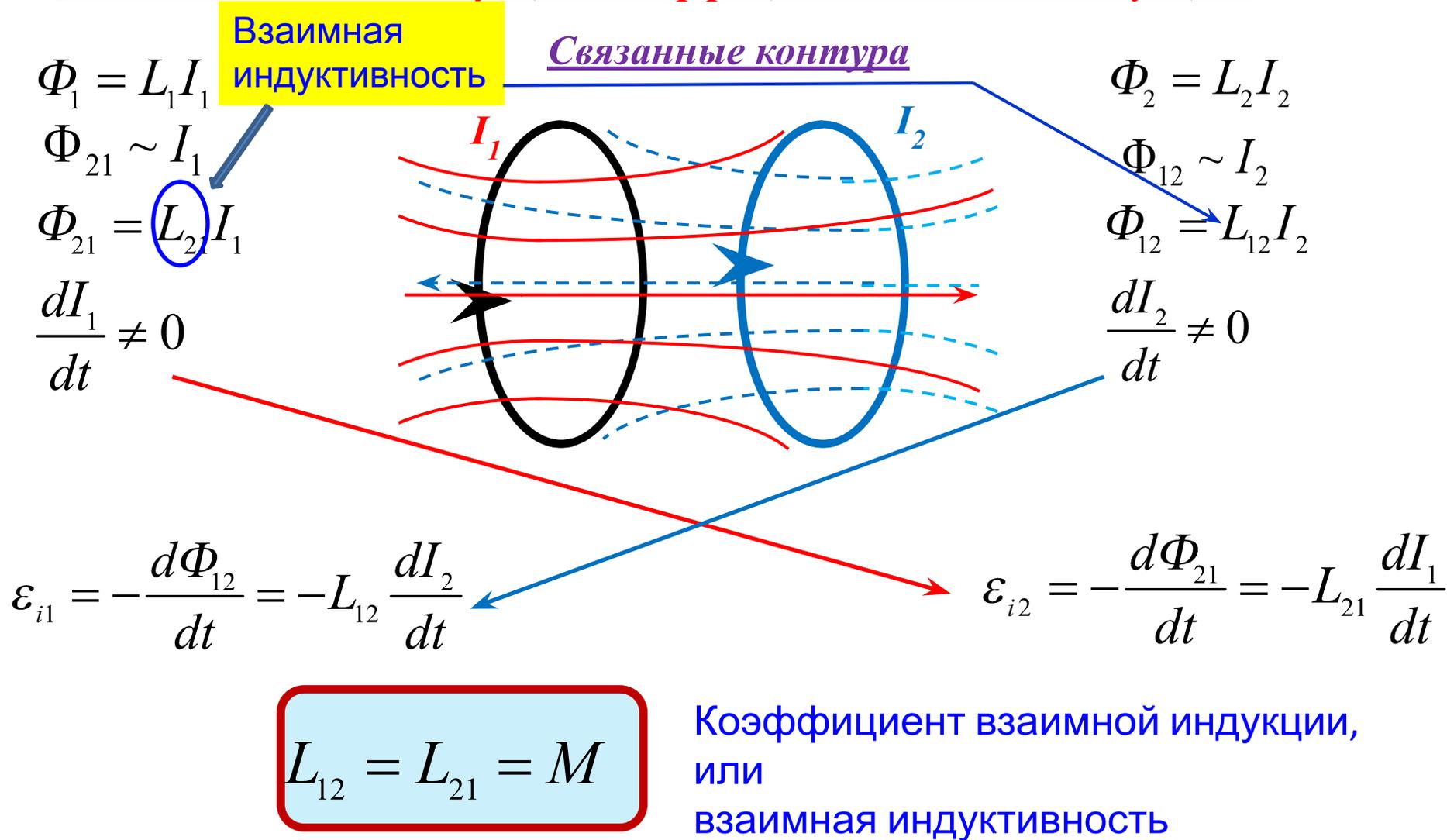


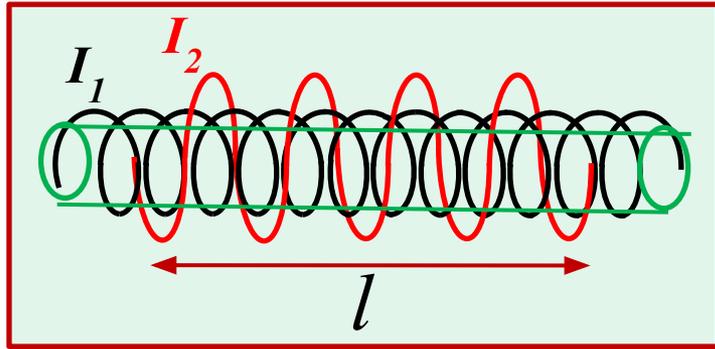
## Явление взаимной индукции. Коэффициент взаимной индукции.



M зависит

- от свойств каждого контура: размеры, число витков,
- взаимного расположения контуров: взаимная ориентация, расстояние,
- магнитных свойств среды: наличие магнитопровода - **трансформатор**

Коэффициент взаимной индукции 2-х длинных соленоидов, имеющих общую ось



Соленоиды 1 и 2 имеют общий сердечник, одинаковые длину  $l$  и площадь поперечного сечения  $S$

Потокоцепление и поток м.и., создаваемый током  
через 2-й соленоид

$$\Psi_{21} = L_{21} I_1$$

$$\Psi_{21} = N_2 \Phi_{21} = n_2 l \Phi_{21}$$

$$\Phi_{21} = B_1 S_1 = \mu \mu_0 n_1 I_1 S_1$$



$$\Psi_{21} = \mu \mu_0 n_1 n_2 l S I_1$$

Симметрия отн. 1 и 2

Потокоцепление и поток м.и., создаваемый током  
через 1-й соленоид

$$\Psi_{12} = L_{12} I_2$$

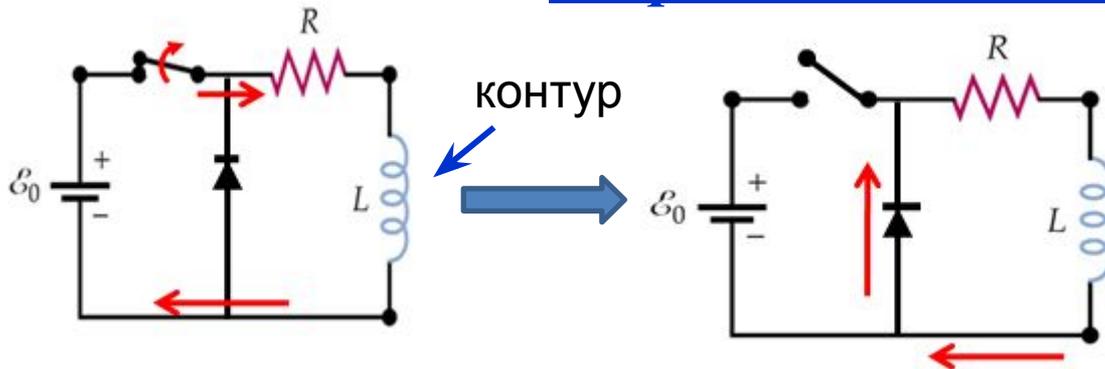
$$\Psi_{12} = N_1 \Phi_{12} = n_1 l \Phi_{12}$$

$$\Phi_{12} = B_2 S_1 = \mu \mu_0 n_2 I_2 S_1$$

$$\Psi_{12} = \mu \mu_0 n_1 n_2 l S I_2$$

$$L_{21} = L_{12} = M = \mu \mu_0 n_1 n_2 l S$$

## Энергия магнитного поля.



После отключения от источника питания продолжает идти ток:

$$I = I_0 e^{-\frac{R}{L}t}$$

Совершается работа, выделяется тепло

За счёт чего ??

$$dA = \varepsilon_i Idt = -\frac{d\Psi}{dt} Idt = -Id\Psi$$

$$\Psi = LI \quad d\Psi = LdI \quad dA = -LI dI$$

$$A = -\int_t^0 LI dI = \frac{LI^2}{2}$$

Идёт на нагревание.

При этом магнитное исчезает.

Ничего другого не происходит

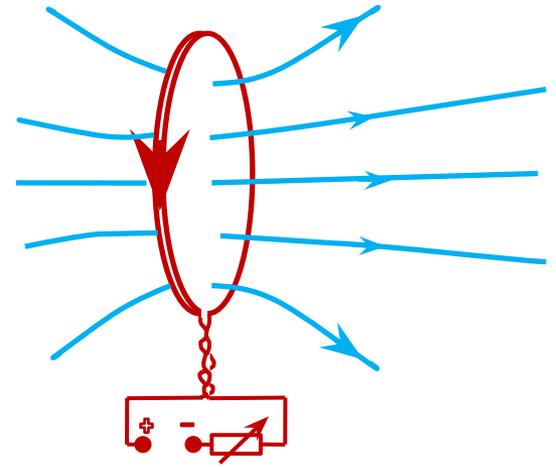
**Магнитное поле является источником энергии, за счёт которого совершается работа**

Контур, по которому течёт ток, обладает энергией, сосредоточенной в магнитном поле

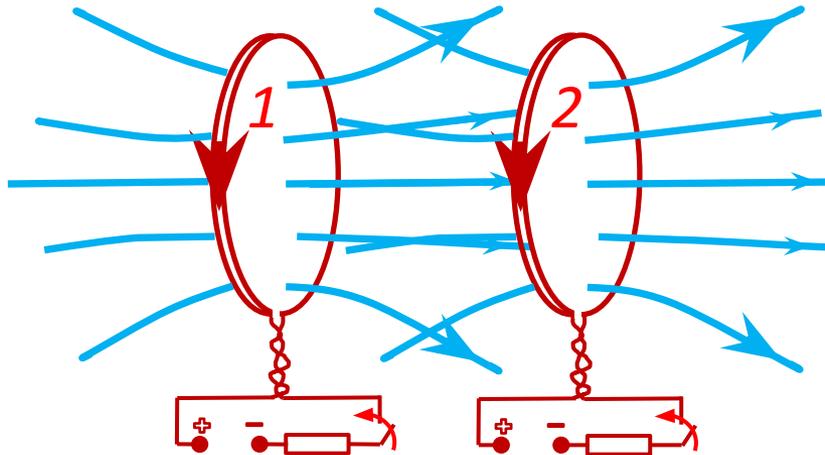
$$W = \frac{LI^2}{2}$$

## Энергия магнитного поля.

Энергия контура с током:  $W = \frac{LI^2}{2}$



## Энергия 2-х связанных контуров с током.



$$W_m = \frac{L_1 I_{01}^2}{2} + \frac{L_2 I_{02}^2}{2} + MI_{01} I_{02}$$

## Энергия магнитного поля.

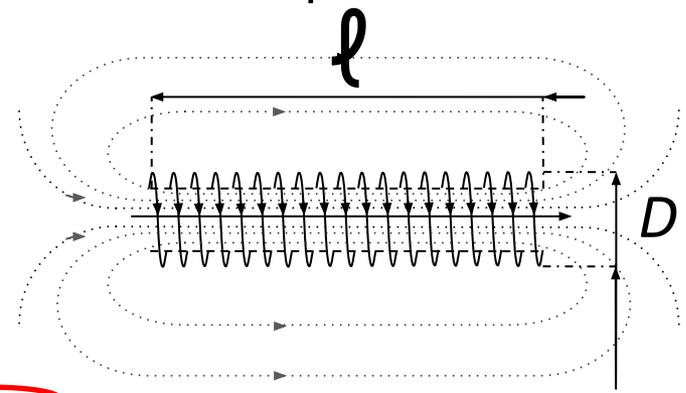
Контур, по которому течёт ток, обладает энергией, сосредоточенной в магнитном

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

поле  
Энергия магнитного поля в контуре образовалась при включении цепи, за счёт работы, совершаемой источником ЭДС, против ЭДС самоиндукции.

Выразим энергию магнитного поля через его силовые характеристики.

Для длинного соленоида



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

$$B = \mu_0 \mu n I$$

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

$$W = \frac{B^2}{2\mu_0 \mu} V = \frac{\mu_0 \mu H^2}{2} V$$

$$H = \frac{B}{\mu_0 \mu}$$

Энергия однородного магнитного поля

## Плотность энергии магнитного поля.

Поле в соленоиде  
однородно:  $H = \text{const}$

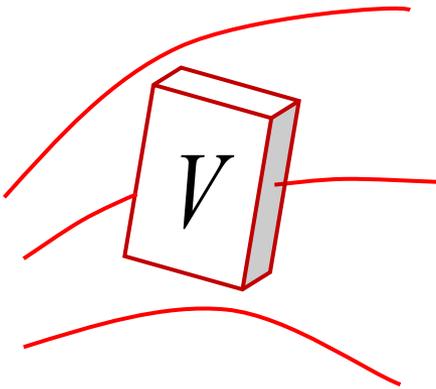
$$w = \frac{W}{V} \longrightarrow w = \frac{\mu_0 \mu H^2}{2} = \frac{HB}{2}$$

Плотность энергии  
электростатического  
поля

$$w = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 E^2}{2} = \frac{ED}{2};$$

Плотность  
энергии  
магнитного поля

## Энергия неоднородного магнитного поля.



Энергия неоднородного  
магнитного поля в объёме  $V$

$$W = \int_V w dV = \frac{1}{2} \int_V HB dV$$