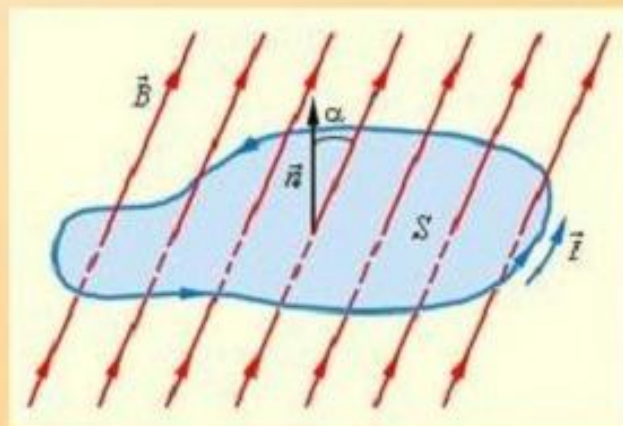
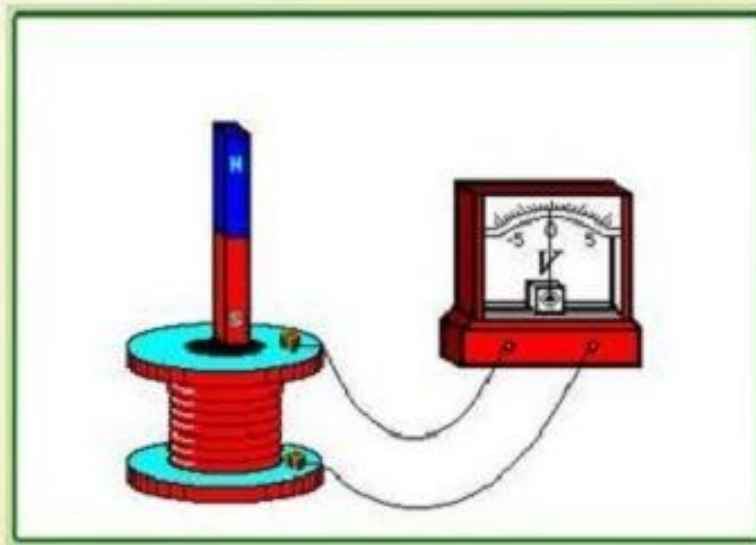
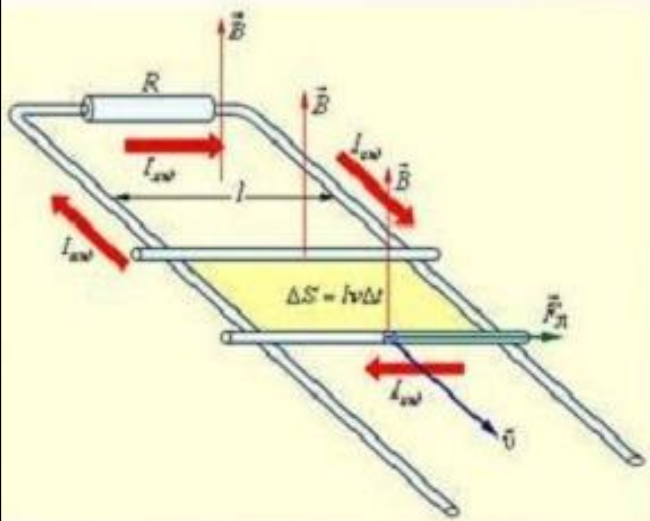
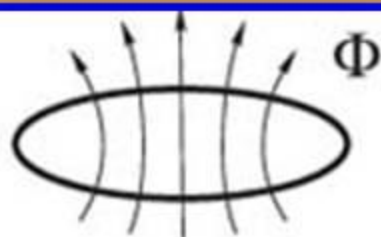


Электромагнитна индукция.  
Закон электромагнитной  
индукций Фарадея. Правило  
Ленца. Самоиндукция.

# Электромагнитная индукция



# Закон электромагнитной индукции



$r$  - Сопротивление

$$\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

$$\Delta q = i\Delta t = -\frac{\Delta\Phi}{r} = -\frac{\Delta BS}{r}$$

Направление индукционного тока (так же, как и величина ЭДС), считается положительным, если оно совпадает с выбранным направлением обхода контура.

**ЭДС электромагнитной индукции в замкнутом контуре численно равна и противоположна по знаку скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную этим контуром.**



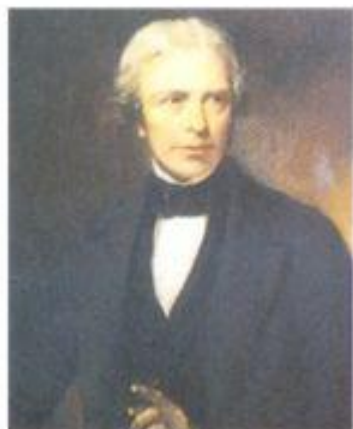
# Закон электромагнитной индукции



направление индукционного тока

$$I_i = \frac{\varepsilon_i}{R}$$

$$\varepsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

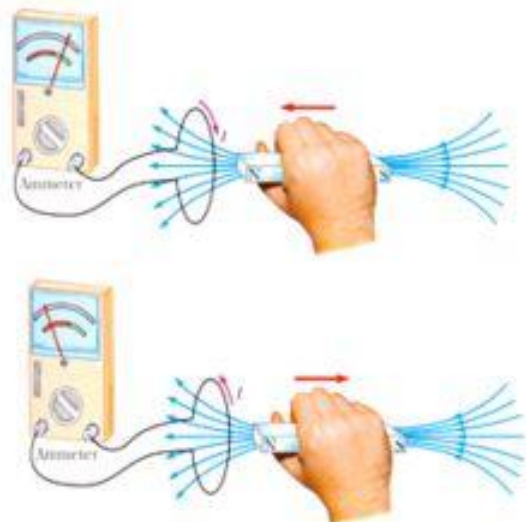


**Michael Faraday**  
British Physicist and Chemist  
(1791–1867)

## Закон индукции Фарадея



**ЭДС**, индуцированная в контуре, прямо пропорциональна скорости изменения во времени *магнитного потока*, пронизывающего контур.



$$\varepsilon = - \frac{d\Phi_B}{dt}$$

$$\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{S}$$

$$\varepsilon = \frac{-A_{12}}{q} = \int_1^2 E^* dl = \int \vec{E} d\vec{l}$$

$$\int_{(L)} \vec{E} d\vec{l} = - \frac{d}{dt} \int_{(S)} \vec{B} d\vec{S}$$



В течение одного месяца Фарадей опытным путём открыл все существенные особенности явления электромагнитной индукции. В настоящее время опыты Фарадея может провести каждый.

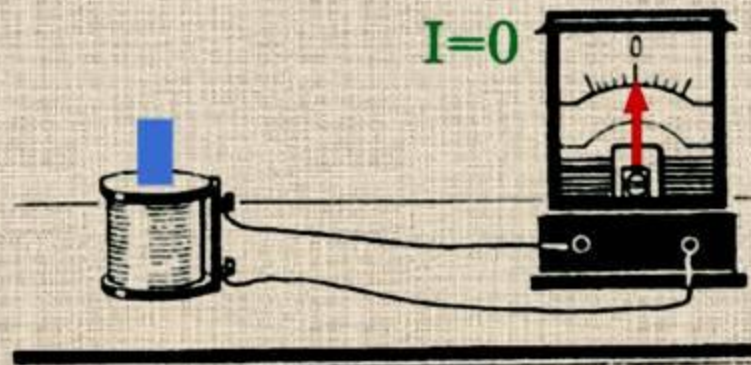
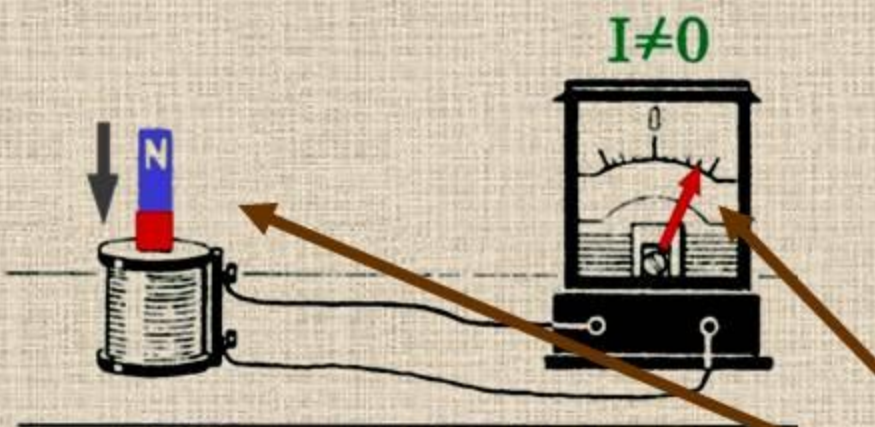
## Опыт Фарадея

постоянный магнит вставляют в катушку, замкнутую на гальванометр, или вынимают из нее. При движении магнита в контуре возникает электрический ток

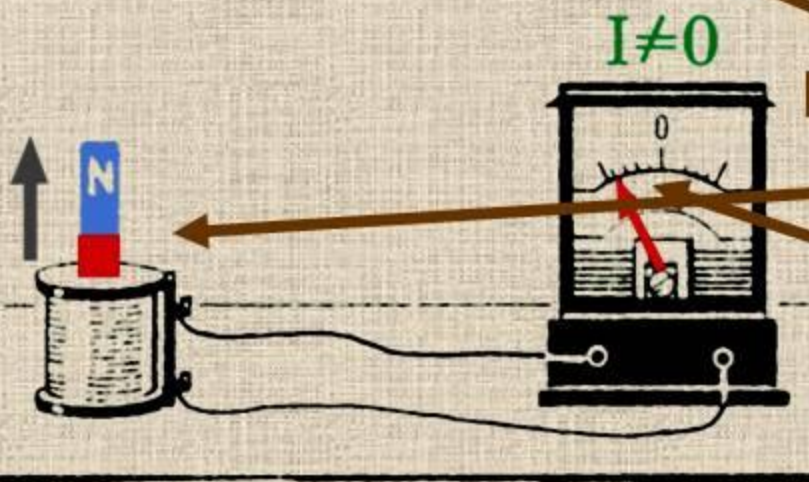




# Опыты Фарадея



магнит неподвижен  
индукционного тока нет  
при движении магнита  
относительно катушки  
возникает  
ИНДУКЦИОННЫЙ ТОК

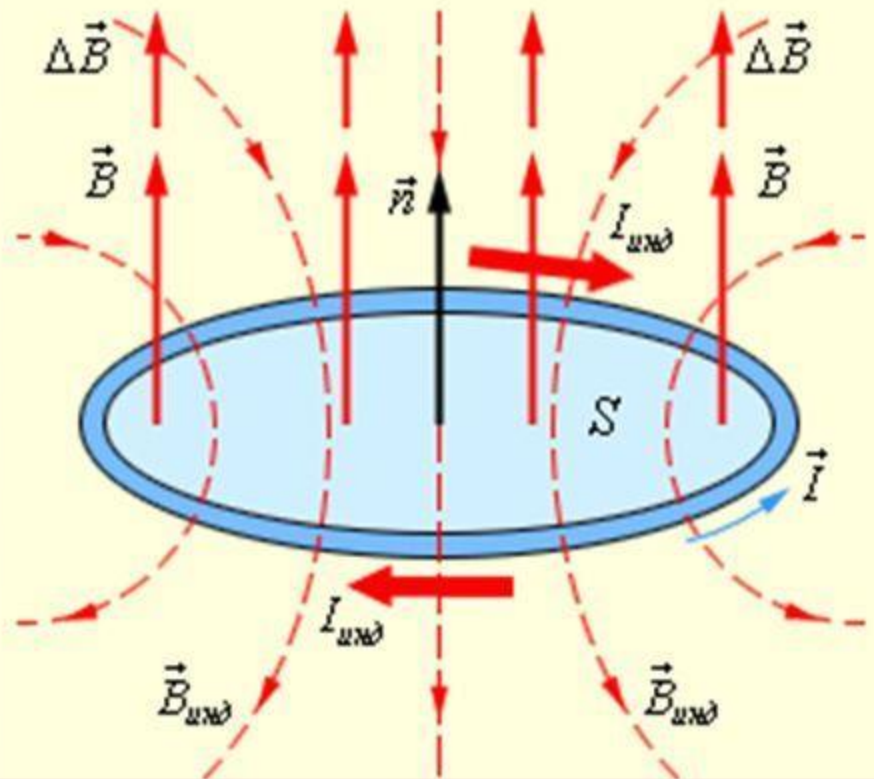




# Закон электромагнитной индукции Фарадея

$$\sum_{\text{инд}} = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

- **Правило Ленца:**
- При изменении магнитного потока в проводящем контуре возникает ЭДС индукции  $\mathcal{E}_{\text{инд}}$ , равная скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную контуром, взятой со знаком минус:



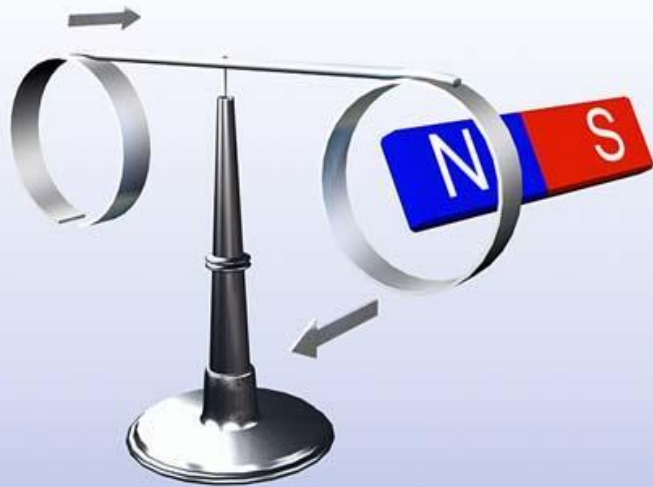
В этом примере  $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} > 0$ , а  $\sum_{\text{инд}} < 0$ .  
Индукционный ток  $I_{\text{инд}}$  течет навстречу выбранному положительному направлению обхода контура.



# Правило Ленца



Э.Х.Ленц  
1804 – 1865 г.г.,  
академик,  
ректор  
Петербургского  
Университета



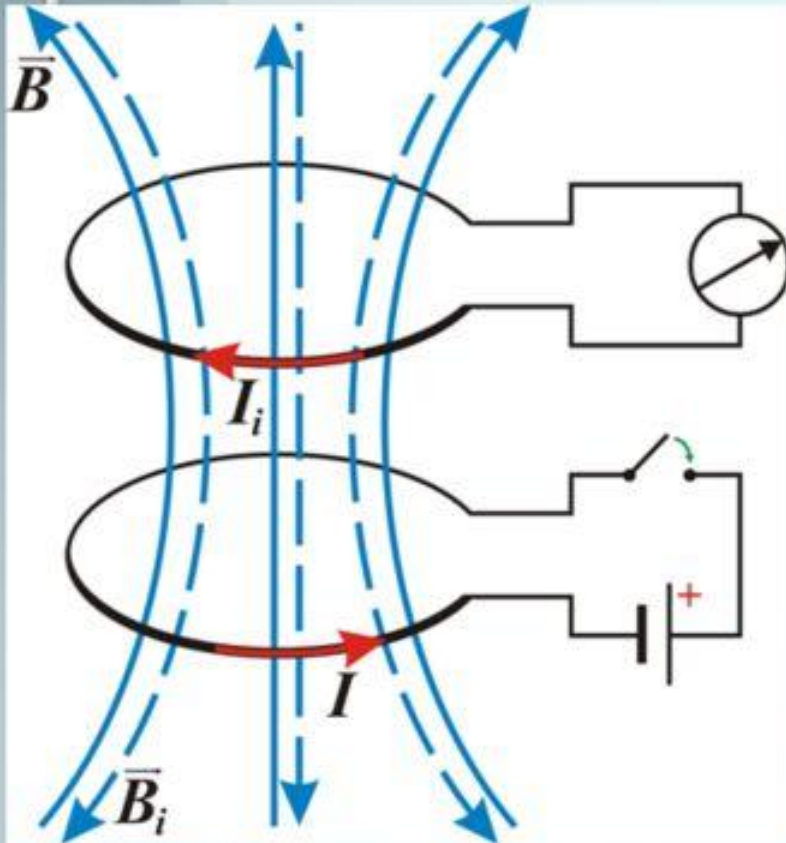
- **Магнит**  
**приближается**  
 $(\Delta\Phi > 0)$  – **КОЛЬЦО**  
**ОТТАЛКИВАЕТСЯ;**

- **Магнит**  
**удаляется**  
 $(\Delta\Phi < 0)$  – **КОЛЬЦО**  
**ПРИТЯГИВАЕТСЯ**

# ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ

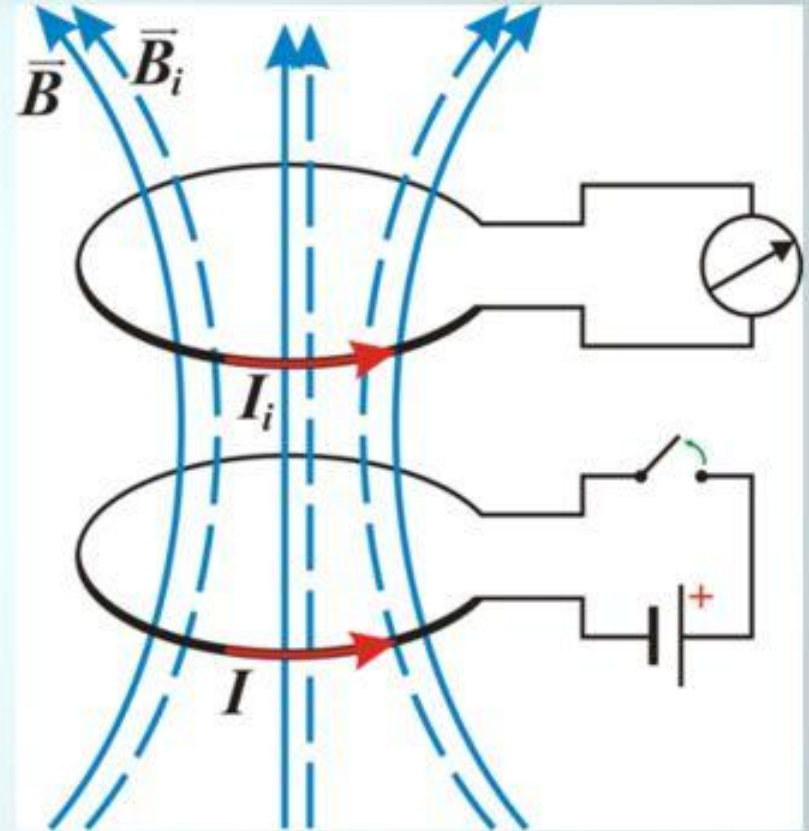
## Правило Ленца

1)



$$\Phi \uparrow \Rightarrow \vec{B}_i \downarrow \uparrow \vec{B}$$

2)

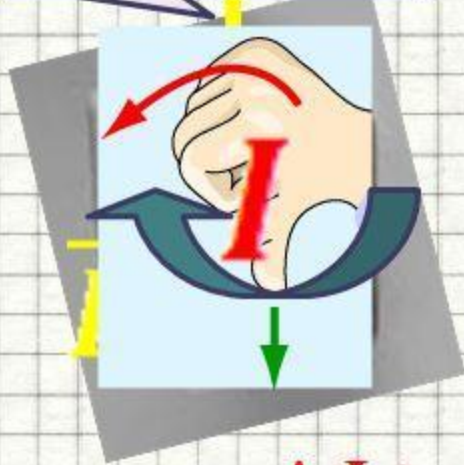


$$\Phi \downarrow \Rightarrow \vec{B}_i \uparrow \uparrow \vec{B}$$



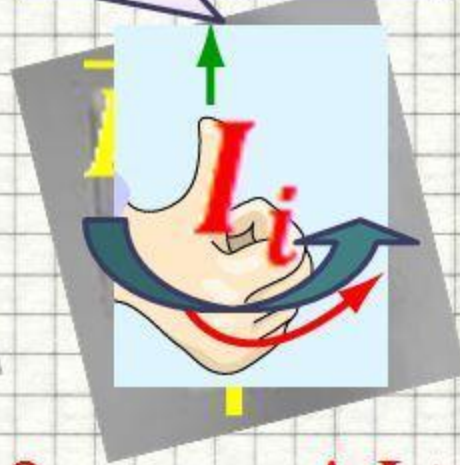
# Правило Ленца

I случай



$$\Delta\Phi > 0$$

II случай



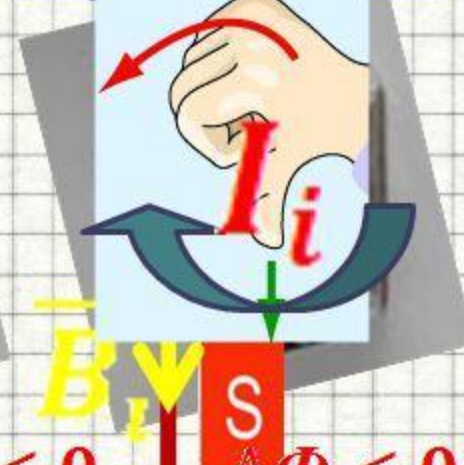
$$\Delta\Phi > 0$$

III случай

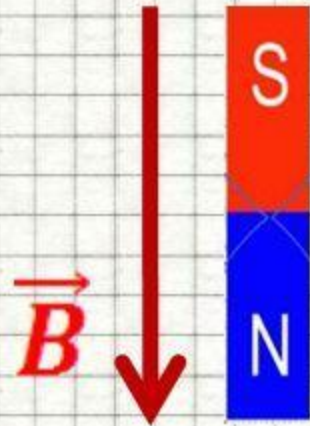


$$\Delta\Phi < 0$$

IV случай

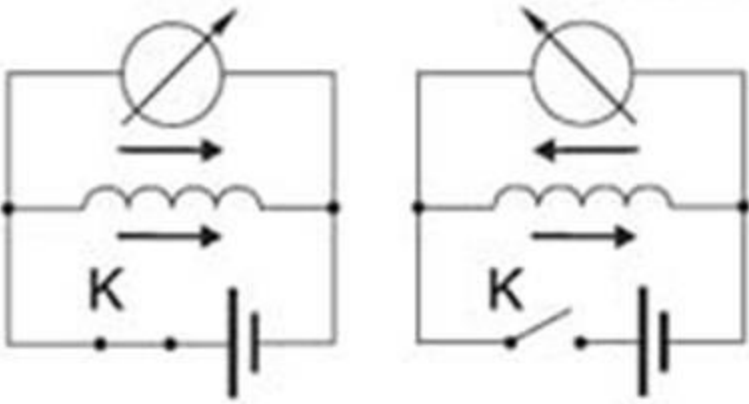
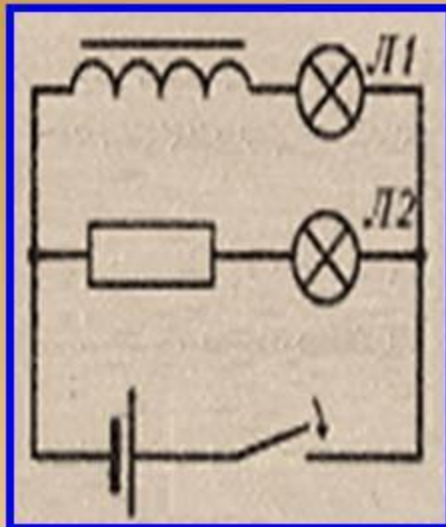


$$\Delta\Phi < 0$$



# Самоиндукция

**САМОИНДУКЦИЯ**

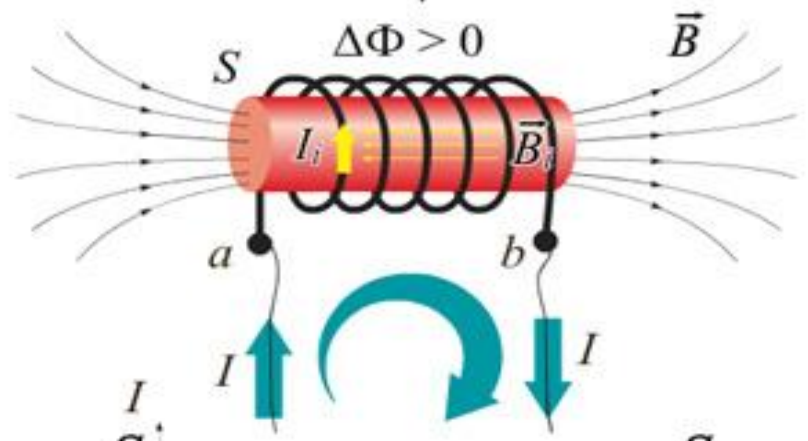
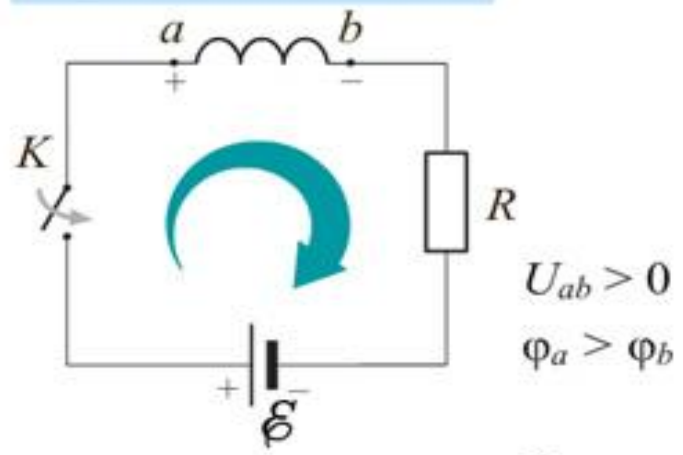

$$\mathcal{E}_{si} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$
$$\Phi = LI$$
$$W = \frac{LI^2}{2}$$
$$\omega = \frac{B^2}{2\mu_0\mu}$$


*Самоиндукция – возникновение ЭДС индукции в проводящем контуре при изменении в нём силы тока.*

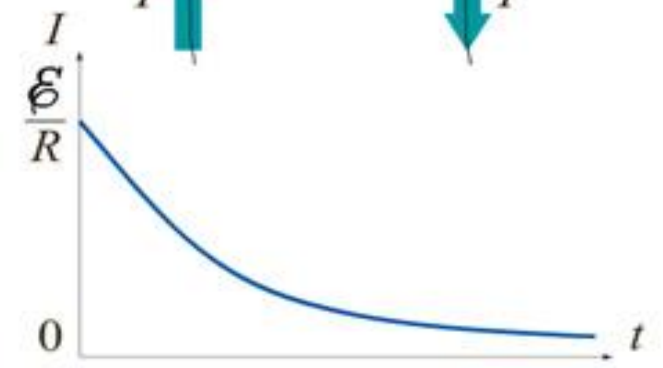
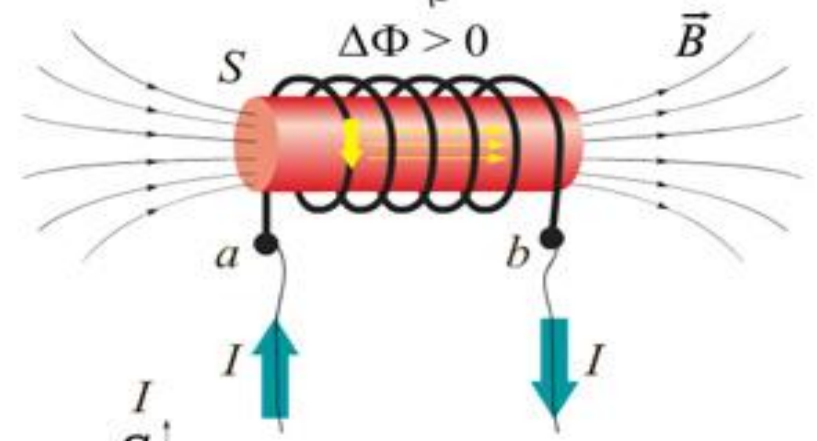
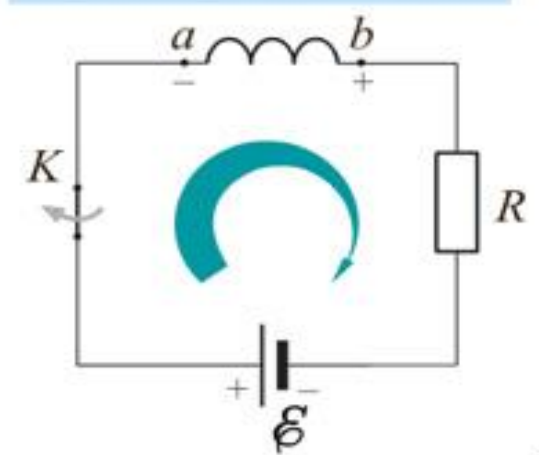
*Лампа Л1 будет загораться позже лампы Л2, т.к. возникающая ЭДС самоиндукции, будет препятствовать нарастанию тока в цепи.*



ТОК ЗАМЫКАНИЯ



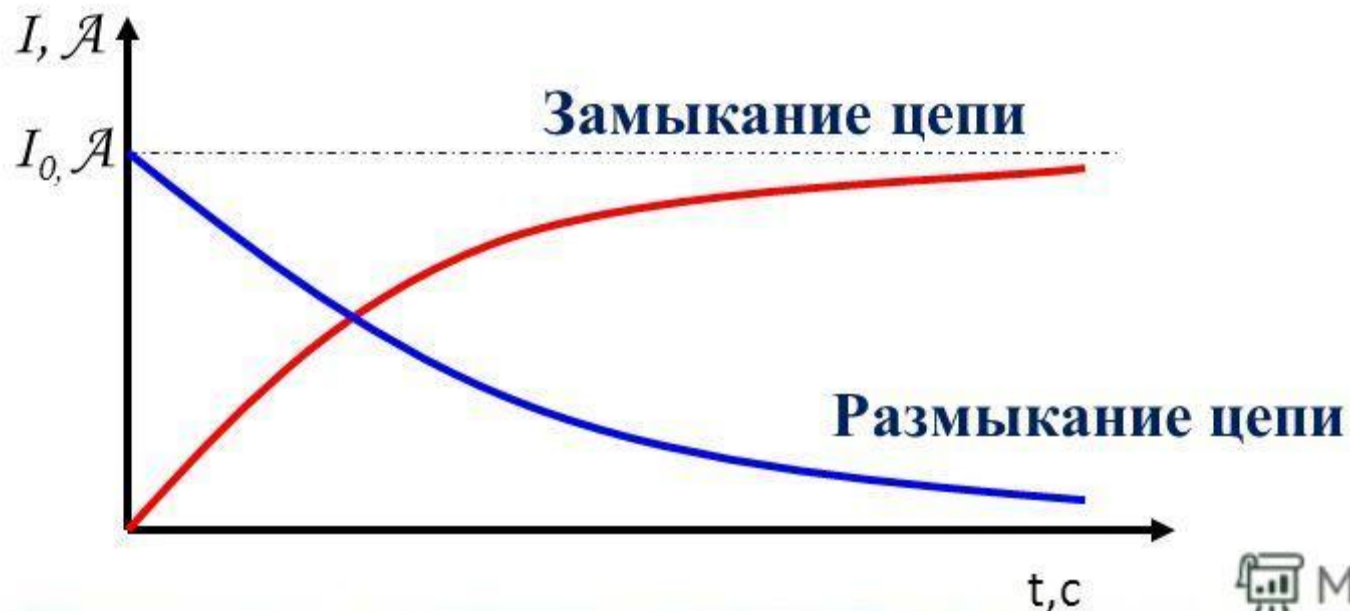
ТОК РАЗМЫКАНИЯ



# Ток самоиндукции

$$I_{\text{инд}} = - \tau I \quad \tau = L / R$$

$\tau$  - время релаксации







# Энергия магнитного поля

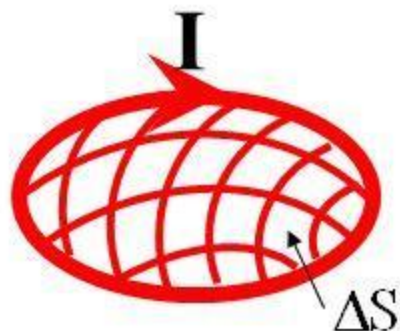
- Энергия магнитного поля линейного контура с током:

$$W_M = \frac{\Phi I}{2} \quad \text{или} \quad W_M = \frac{\Psi I}{2}$$

$\Phi$  – магнитный поток,  $\Psi$  – магнитное потокосцепление

Определим, как энергия магнитного поля распределяется в пространстве.

Для этого разобьем поверхность, ограниченную контуром с током на элементарные площадки  $dS$ .



Магнитный поток сквозь площадку:  $d\Phi = B dS$

## **В чем заключается явление ЭМИ?**

Если в цепи, содержащей замкнутый контур (катушку) менять силу тока, то в самом контуре возникнет ещё и индукционный ток. Этот ток также будет подчиняться правилу Ленца.

