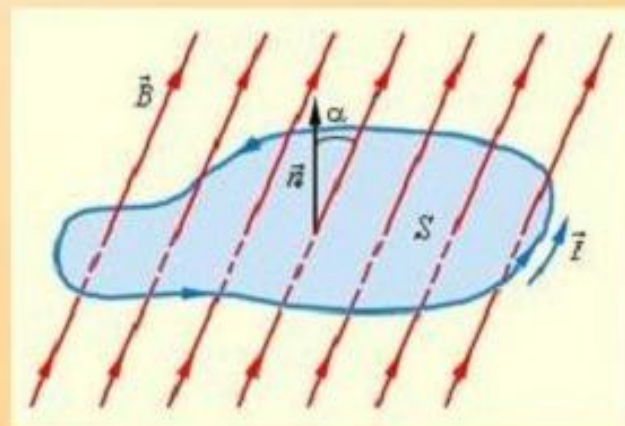
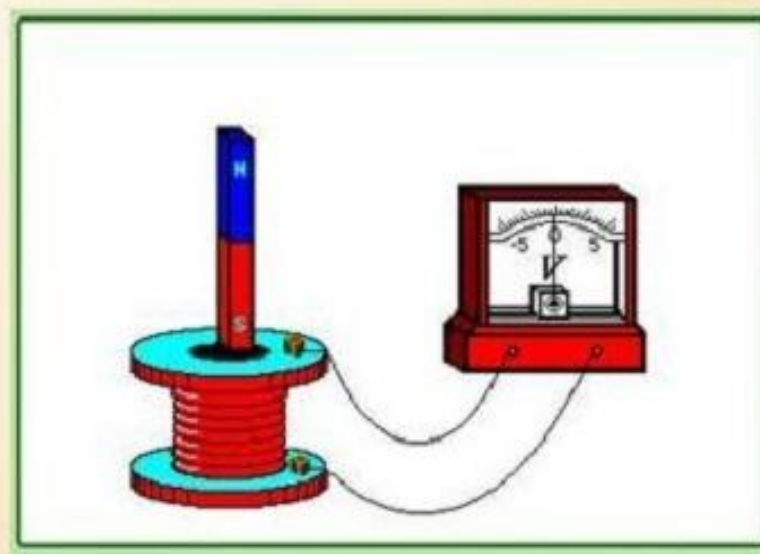
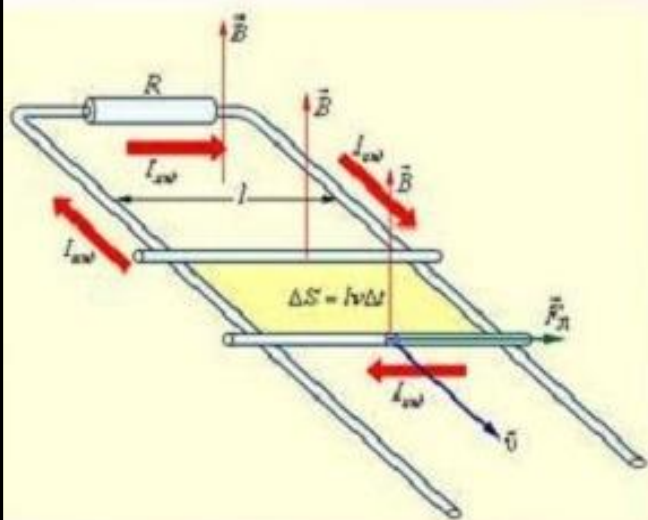
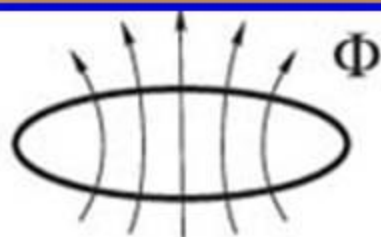


Электромагнитна индукция.
Закон электромагнитной
индукций Фарадея. Правило
Ленца. Самоиндукция.

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.



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

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

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

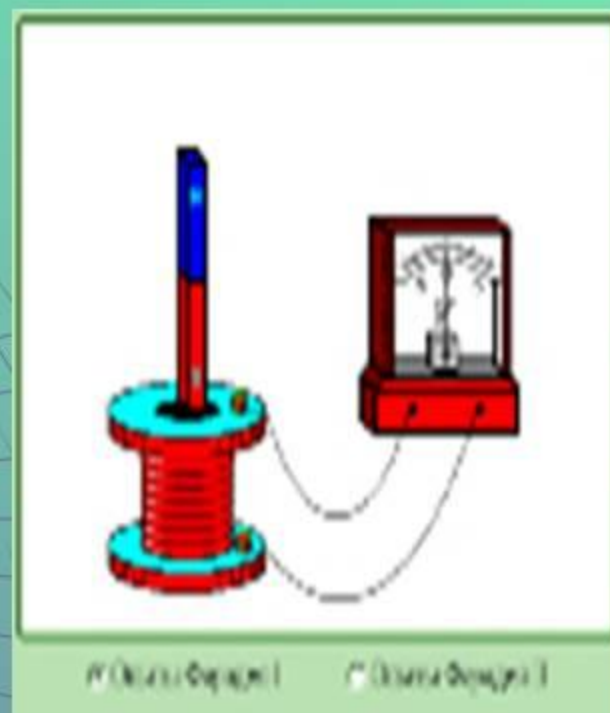
$$\oint_{(L)} \vec{E} d\vec{l} = - \frac{d}{dt} \int_{(S)} \vec{B} d\vec{S}$$



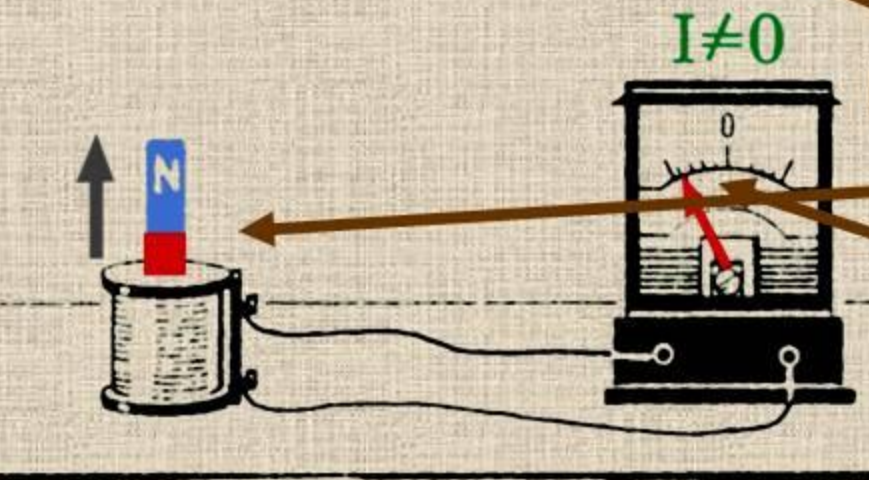
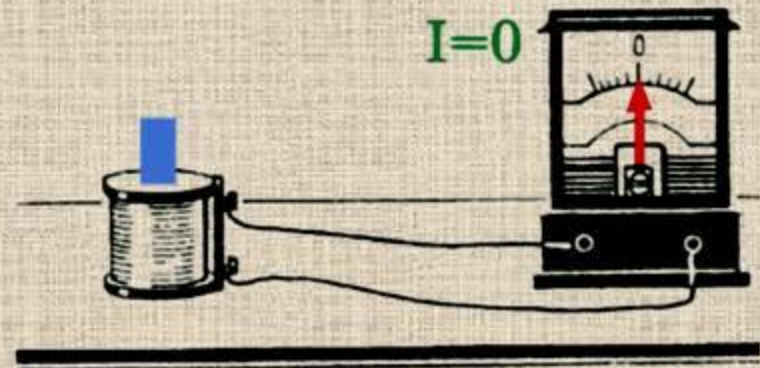
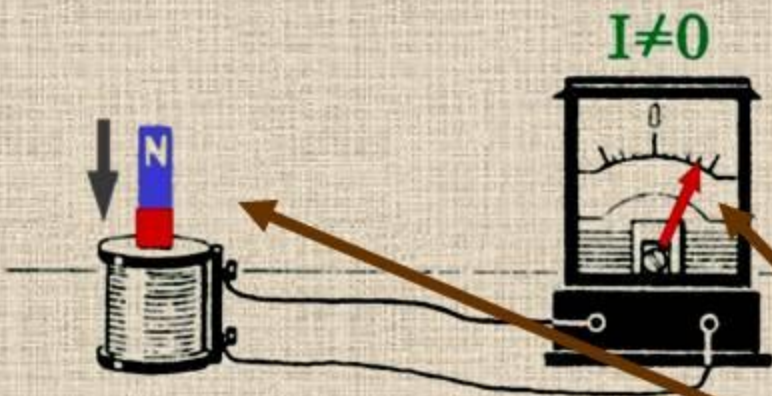
В течение одного месяца Фарадей опытным путём открыл все существенные особенности явления электромагнитной индукции. В настоящее время опыты Фарадея может провести каждый.

Опыт Фарадея

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



Опыты Фарадея

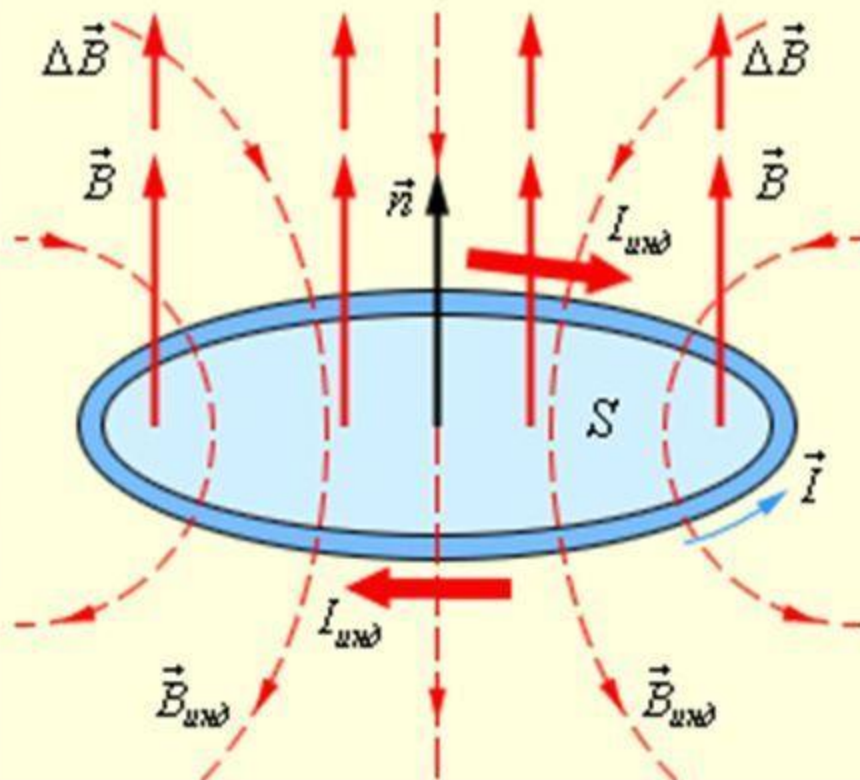


магнит неподвижен
индукционного тока нет
при движении магнита
относительно катушки
возникает
ИНДУКЦИОННЫЙ ТОК

Закон электромагнитной индукции Фарадея

$$\mathcal{E}_{\text{инд}} = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

- **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:

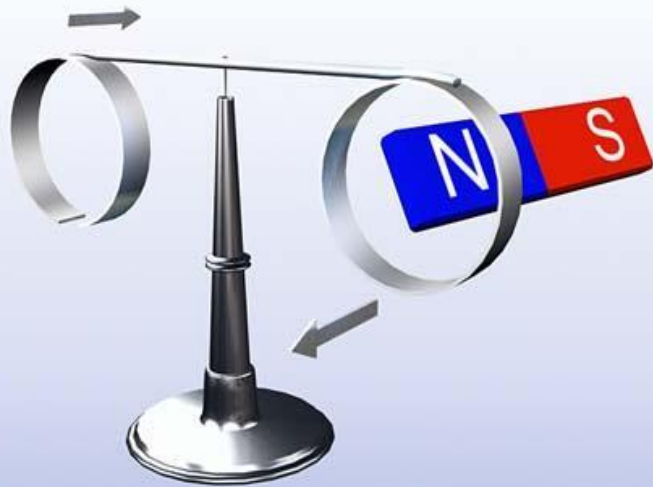


В этом примере $\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} > 0$, а $\mathcal{E}_{\text{инд}} < 0$.
Индукционный ток $I_{\text{инд}}$ течет навстречу выбранному положительному направлению обхода контура.

Правило Ленца



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



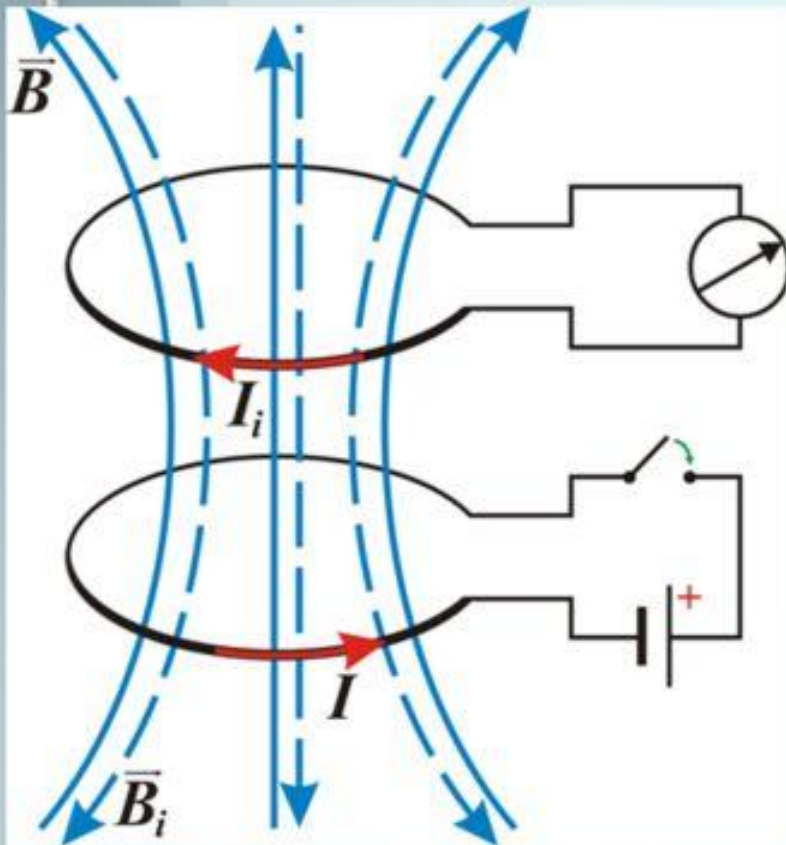
- Магнит
приближается
($\Delta\Phi > 0$) – кольцо
отталкивается;

- Магнит
удаляется
($\Delta\Phi < 0$) – кольцо
притягивается

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ

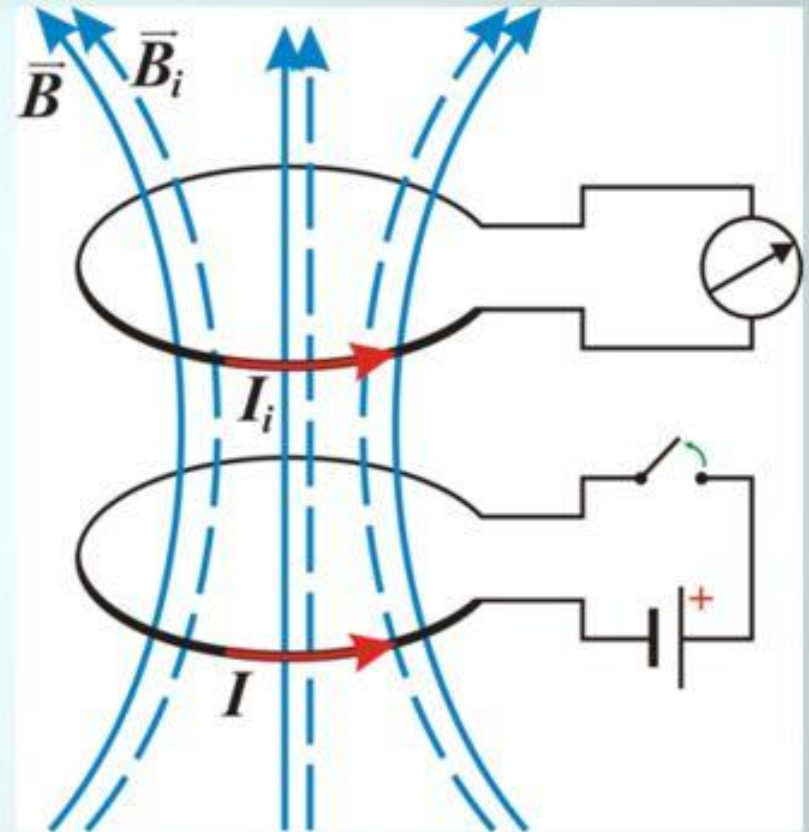
Правило Ленца

1)



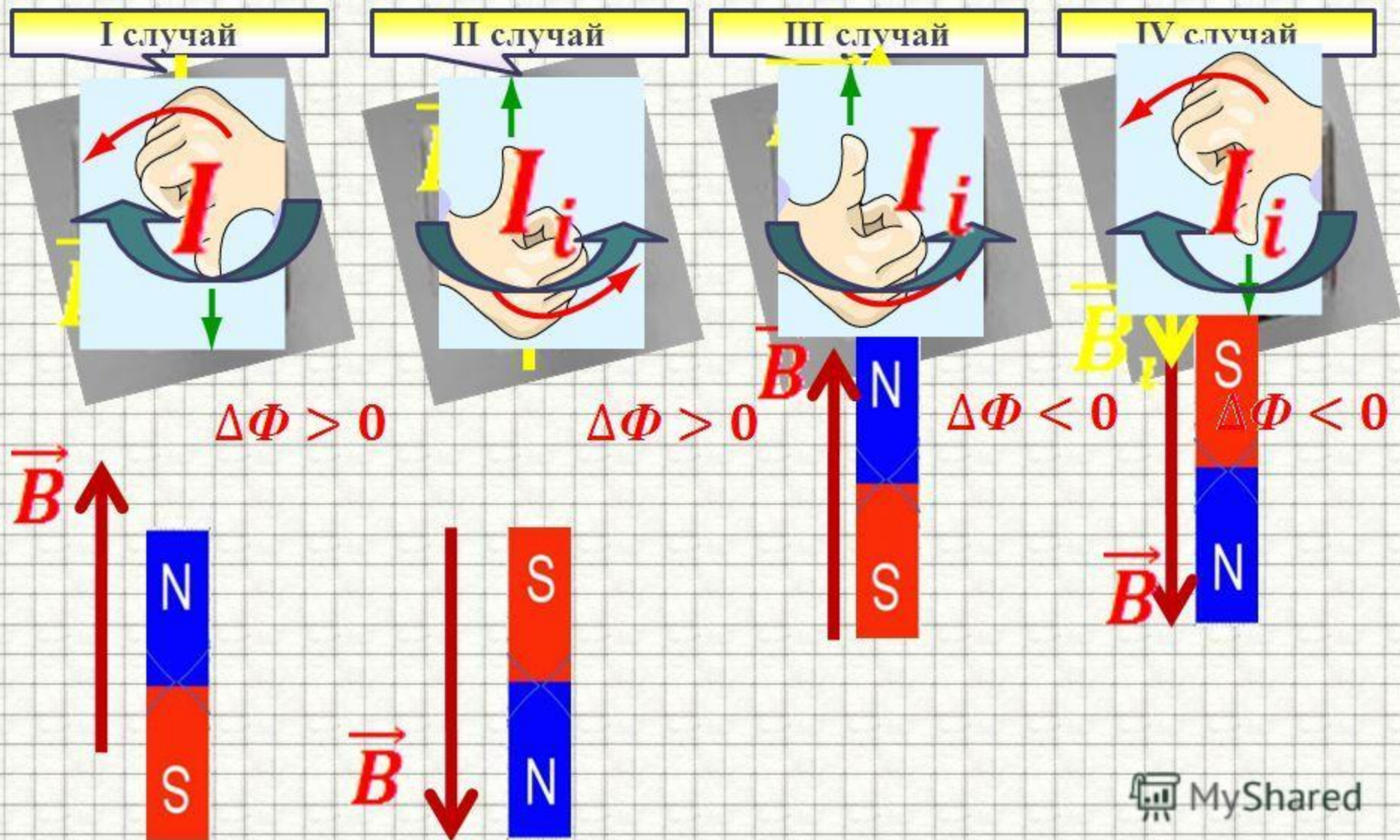
$$\Phi \uparrow \Rightarrow \vec{B}_i \downarrow \uparrow \vec{B}$$

2)



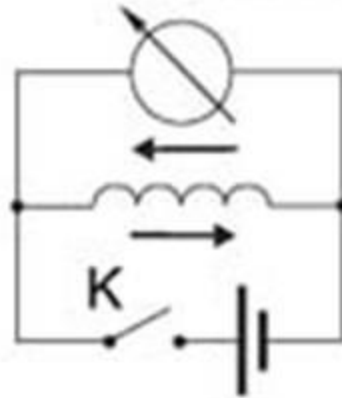
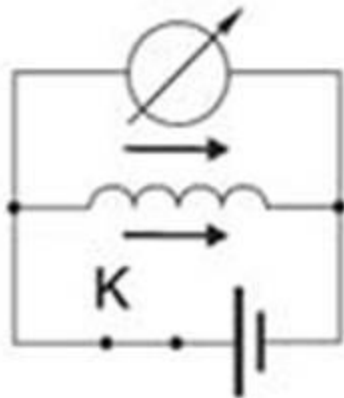
$$\Phi \downarrow \Rightarrow \vec{B}_i \uparrow \uparrow \vec{B}$$

Правило Ленца



Самоиндукция

САМОИНДУКЦИЯ

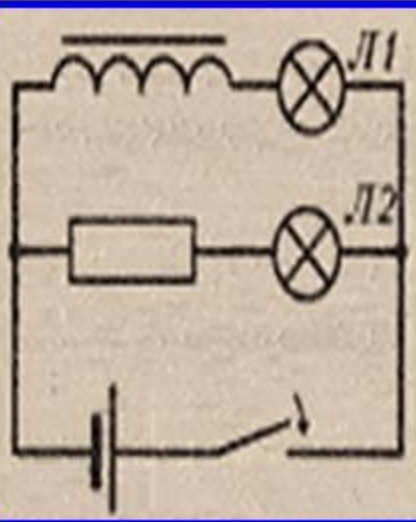


$$\mathcal{E}_{si} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$\Phi = LI$$

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

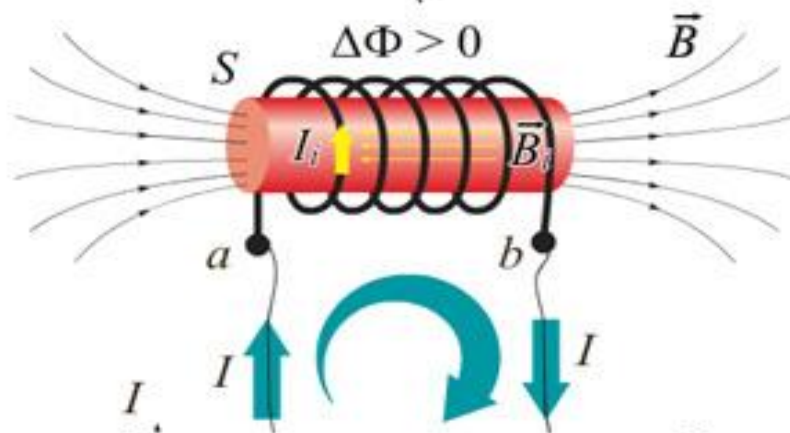
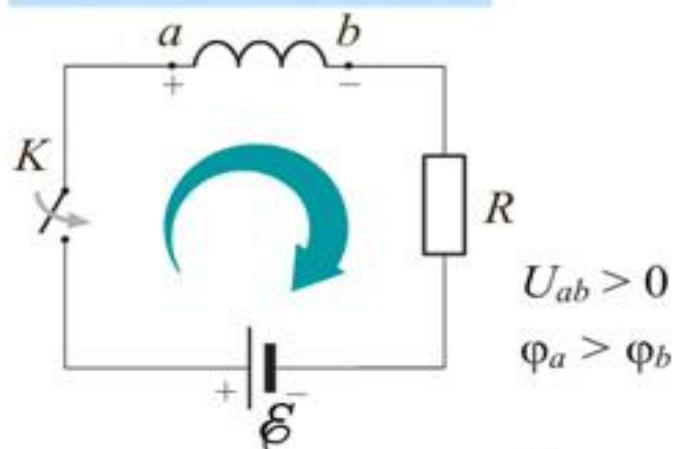
$$\omega = \frac{B^2}{2\mu_0\mu}$$



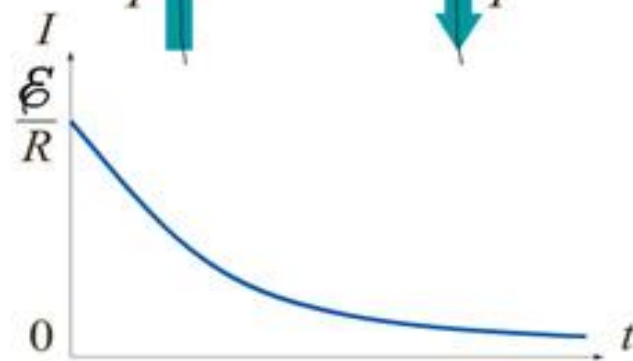
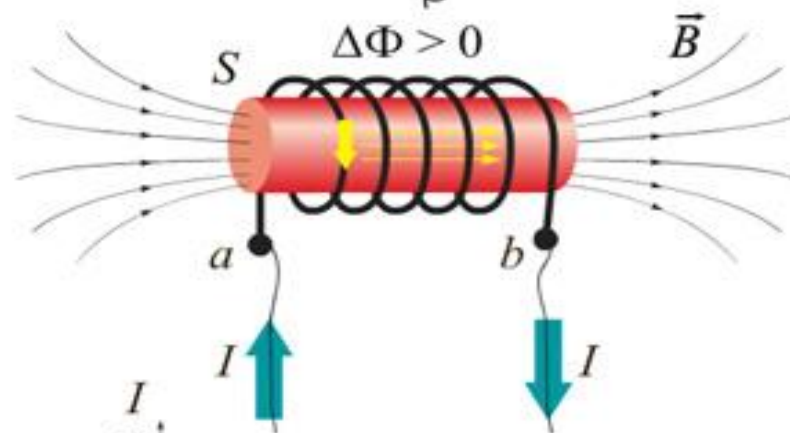
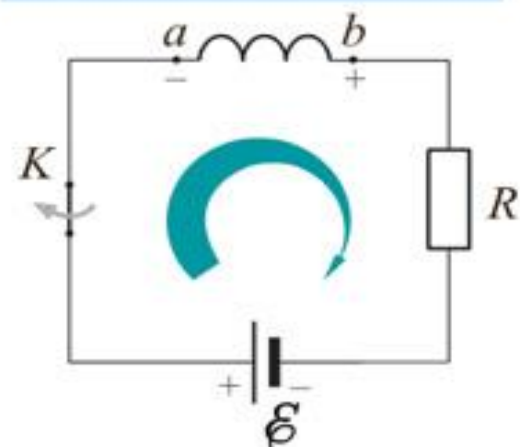
Самоиндукция – возникновение ЭДС индукции в проводящем контуре при изменении в нём силы тока.

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

ТОК ЗАМЫКАНИЯ



ТОК РАЗМЫКАНИЯ

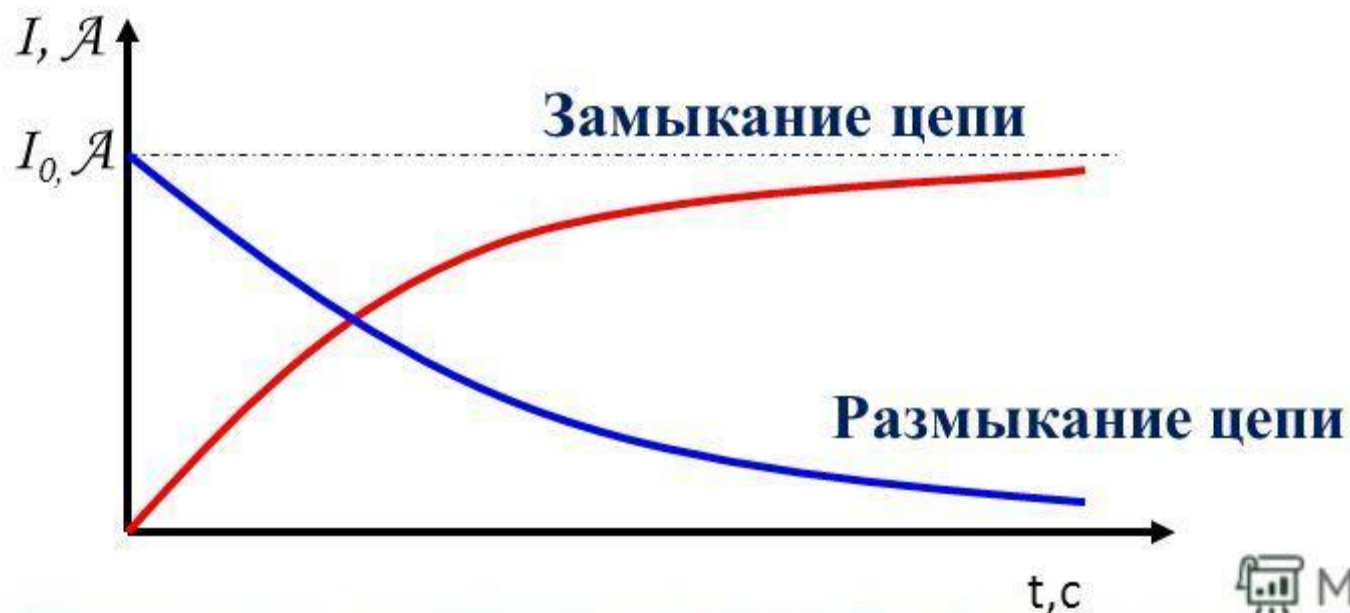


Ток самоиндукции

$$I_{\text{инд}} = -\tau I$$

$$\tau = L / R$$

τ - время релаксации





Энергия магнитного поля

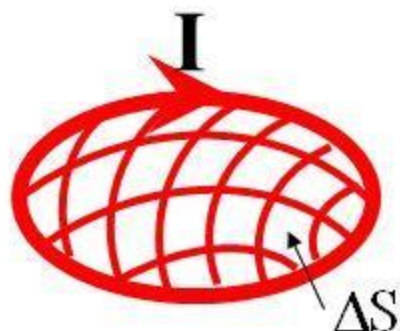
- Энергия магнитного поля линейного контура с током:

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

Φ – магнитный поток, Ψ – магнитное потокоцепление

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.

