


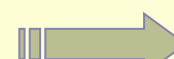


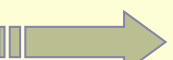





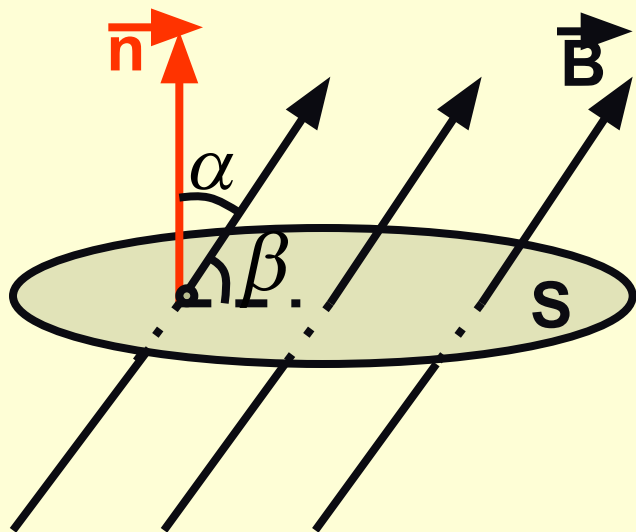
Электромагнитная индукция



Электромагнитная индукция

- Магнитный поток 
- Майкл Фарадей 
- Явление электромагнитной индукции 
- Вихревое электрическое поле 
- ЭДС индукции в движущихся проводниках 
- Явление самоиндукции 
- Индуктивность 
- Энергия магнитного поля 
- Электромагнитное поле 
- Вопросы 

Магнитный поток



$$\Phi = BS \cos \alpha$$

$$\Phi = BS \sin \beta$$

$$[\Phi] = B\sigma$$

$$1B\sigma = 1Tл \cdot 1м^2$$

$$\Phi = \Phi_{\max} = BS \quad \text{если} \quad \alpha = 0^0 \quad (\beta = 90^0)$$

$$\Phi = 0 \quad \text{если} \quad \alpha = 90^0 \quad (\beta = 0^0)$$



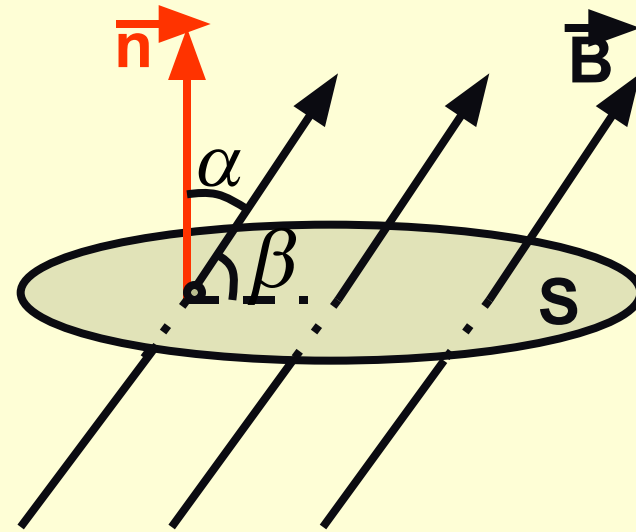
Магнитный поток

$$\Phi = BS \cos \alpha$$

$$\Delta\Phi = \Delta BS \cos \alpha$$

$$\Delta\Phi = B\Delta S \cos \alpha$$

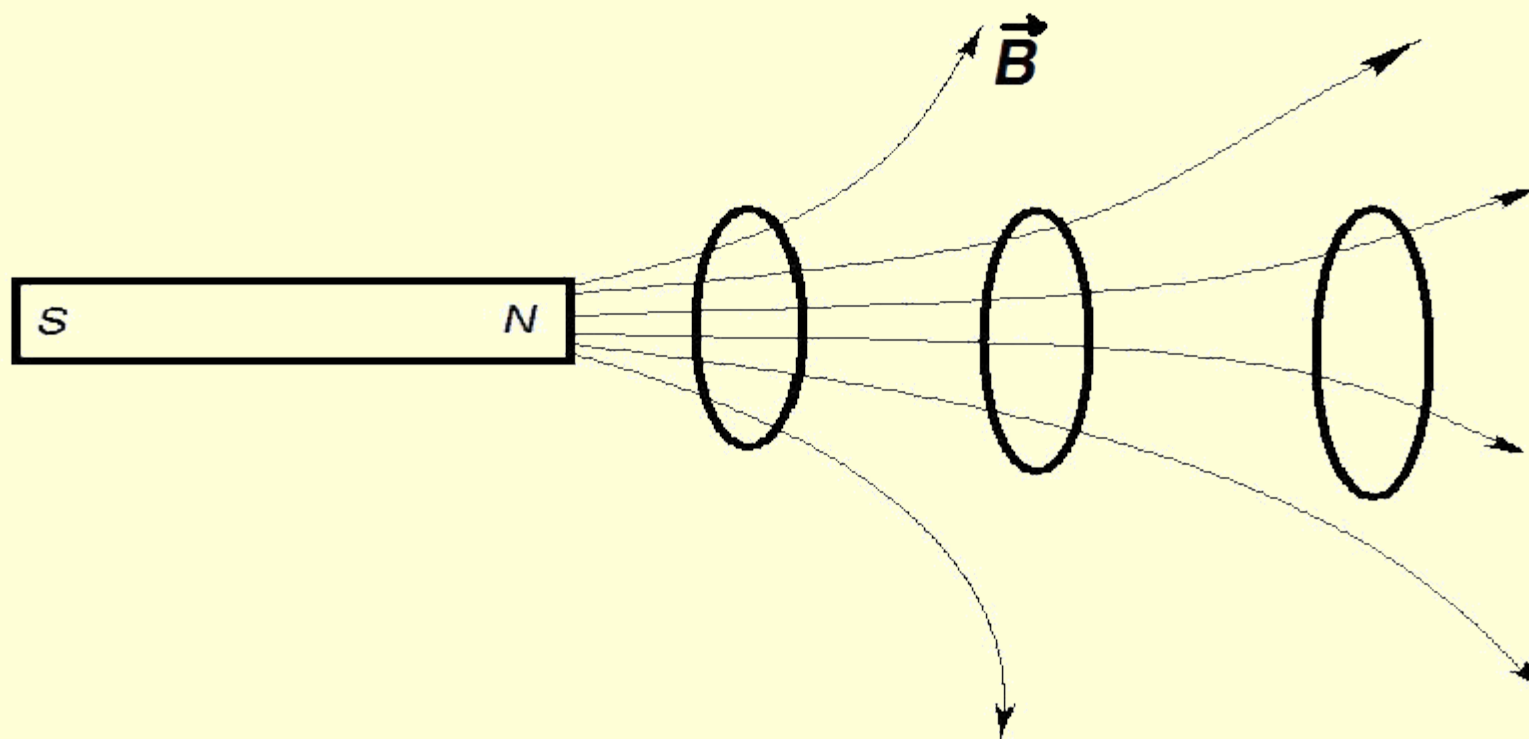
$$\Delta\Phi = BS\Delta(\cos \alpha)$$



Магнитный поток через поверхность изменяется, если изменяется число магнитных линий пронизывающих поверхность.



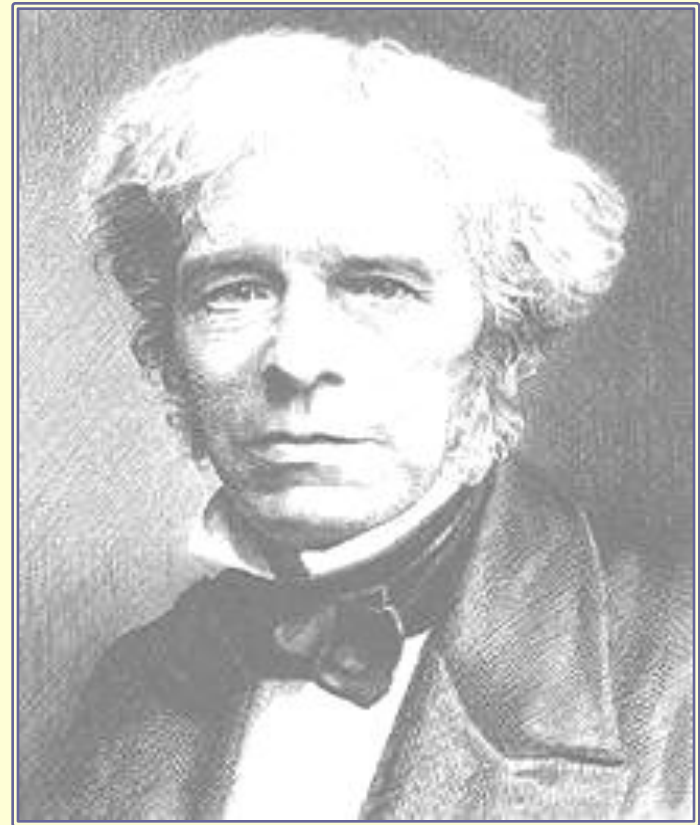
Магнитный поток



Майкл Фарадей

**Майкл Фарадей
(1791 -1867)**

**«Превратить магнетизм
в электричество»
(запись в дневнике
была сделана в 1822
году)**



Майкл Фарадей

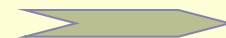


Портрет Майкла Фарадея изображен на одной из английских купюр.








ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ

**Явление электромагнитной
индукции было открыто 29
августа 1831 года.**

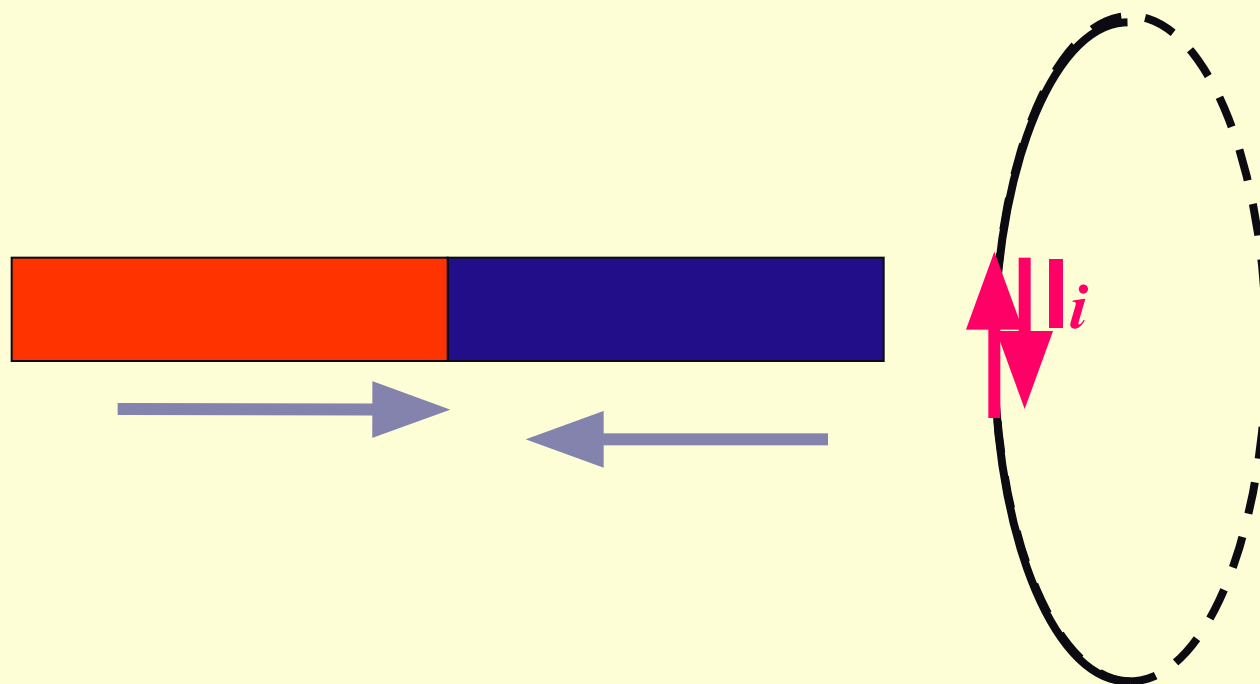


ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ

- Явление ЭМИ 
- Направление индукционного тока 
- Сила индукционного тока 
- Закон ЭМИ 
- Опыт с катушками 



Электромагнитная индукция



Электромагнитная индукция

Именно ассистент Фарадея, бывший сержант артиллерии, Андерсен заметил отклонение стрелки гальванометра в те моменты, когда Фарадей двигал железный сердечник.



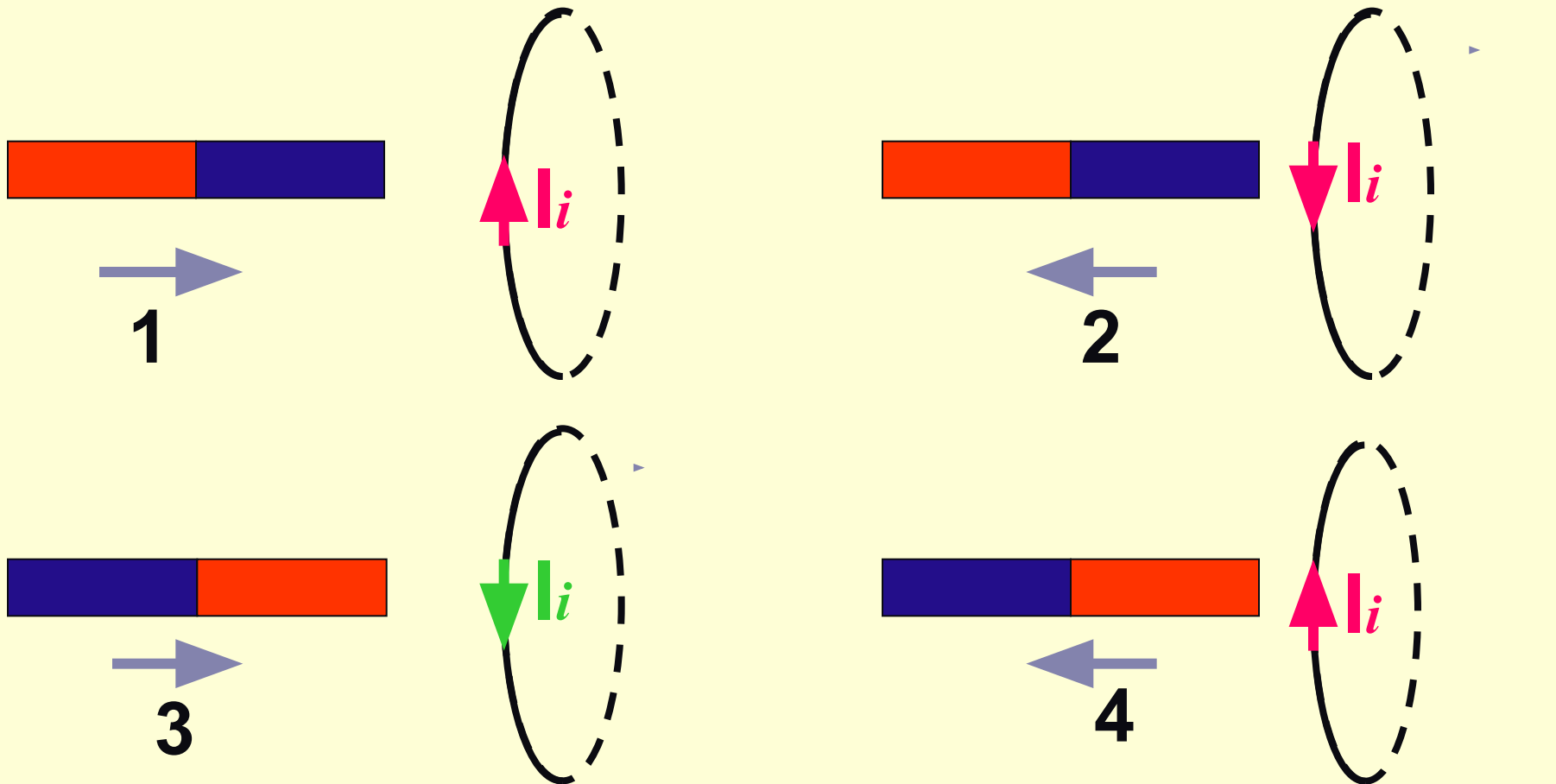


Электромагнитная индукция

**Явление возникновения тока
в замкнутом проводящем
контуре при изменении
магнитного потока
пронизывающего этот
контур.**



Направление индукционного тока





Направление индукционного тока

*Направление индукционного тока
зависит от:*

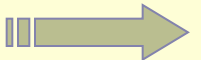
- *Направления магнитных линий*
- *Характера изменения магнитного потока*





Правило Ленца

Возникающий в замкнутом контуре индукционный ток своим магнитным полем противодействует тому изменению магнитного потока, которым он вызван.





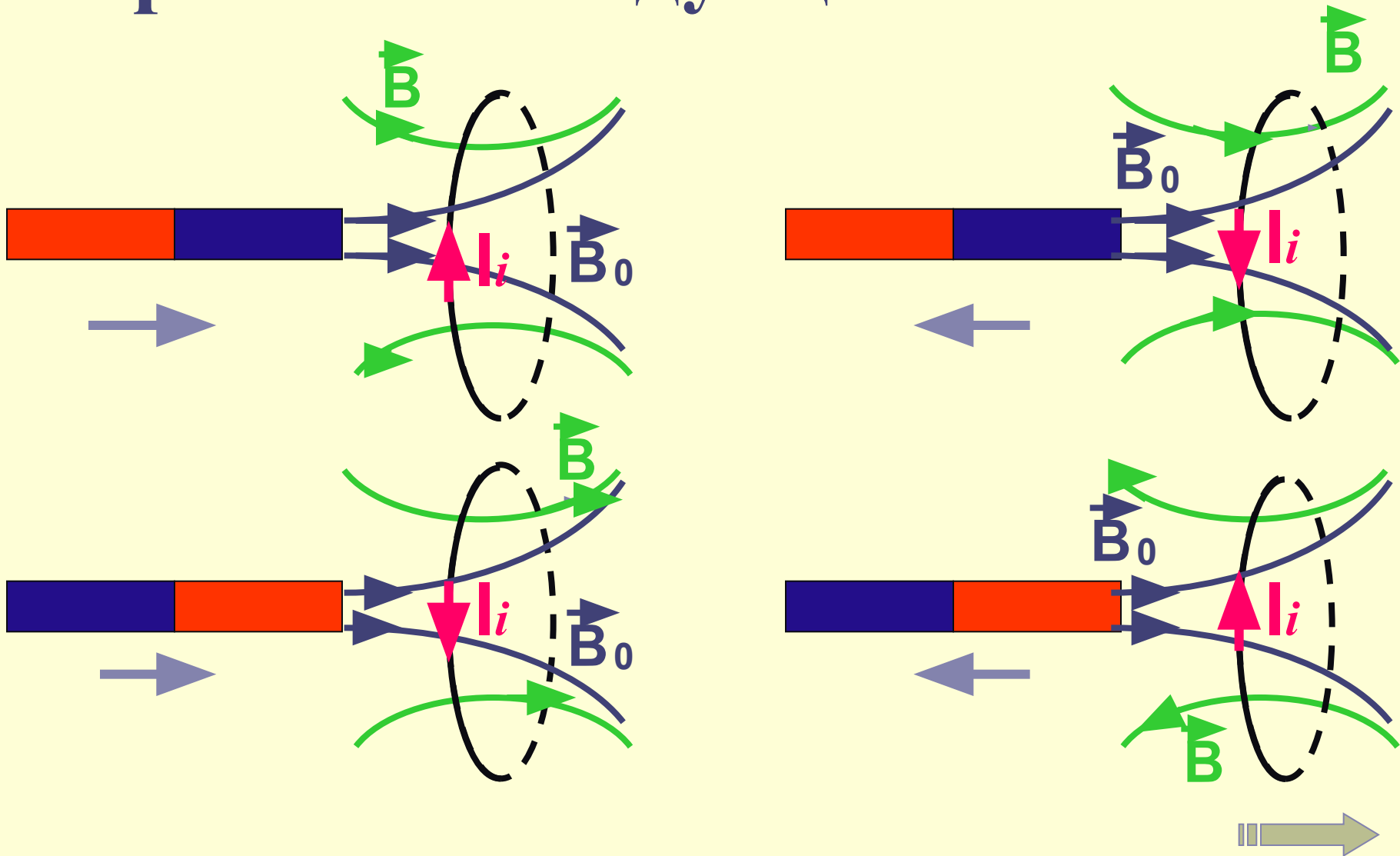
Направление индукционного тока

Для определения направления индукционного тока в контуре необходимо:

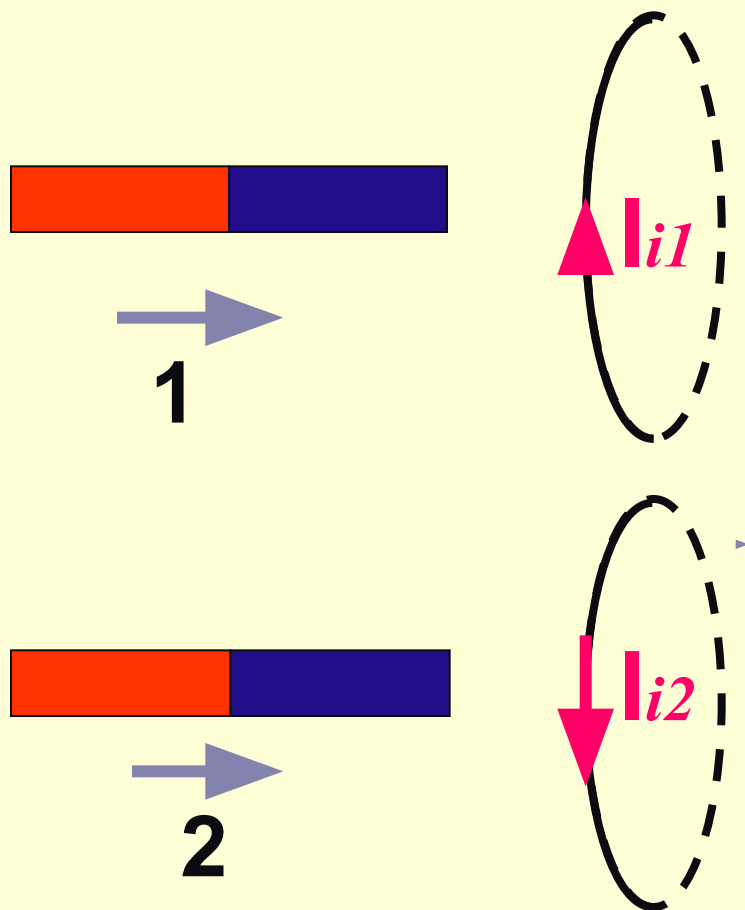
- 1. Определить направление линий магнитной индукции внешнего (первичного) поля (B_0).*
- 2. Выяснить как меняется магнитный поток, пронизывающий контур (увеличивается или уменьшается.)*
- 3. Определить направление линий магнитной индукции вторичного магнитного поля, созданного индукционным током (B).*
$$\Delta\Phi_0 > 0 \Rightarrow \overline{B} \uparrow \downarrow \overline{B}_0$$
$$\Delta\Phi_0 < 0 \Rightarrow \overline{B} \uparrow \uparrow \overline{B}_0$$
- 4. Определить направление индукционного тока по вторичным линиям используя правило правого буравчика.*



Направление индукционного тока



Сила индукционного тока



$$I_{i1} < I_{i2}$$

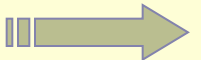
$$\left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right|_1 < \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right|_2$$





Сила индукционного тока

Сила индукционного тока зависит от скорости изменения магнитного потока: чем быстрее меняется магнитный поток, тем больше сила индукционного тока.



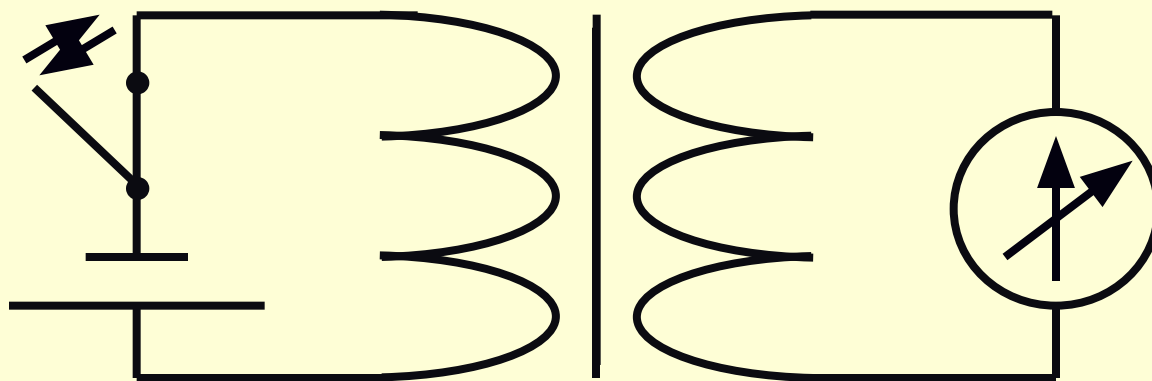
Джозеф Генри

Джозеф Генри
(1797 – 1878)

Впервые провел
опыт с двумя
катушками.



Катушки

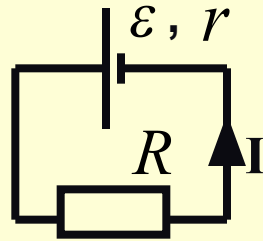


Закон электромагнитной ИНДУКЦИИ.

$$I_i \sim \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

$$\varepsilon_i = \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|$$

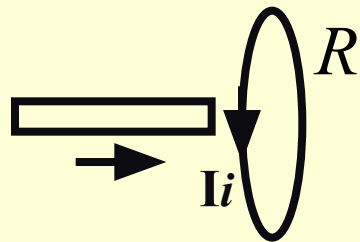
$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}$$



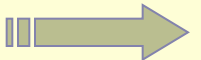
$$\varepsilon_i = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

$$r = 0$$

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



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





Вихревое электрическое поле

- *Одним из условий существования тока является наличие электрического поля.*
- *В замкнутом проводящем контуре возникает электрический ток при изменении магнитного потока, пронизывающего этот контур.*

Переменное во времени магнитное поле порождает электрическое поле.

Порождаемое электрическое поле является вихревым.



Электрическое поле

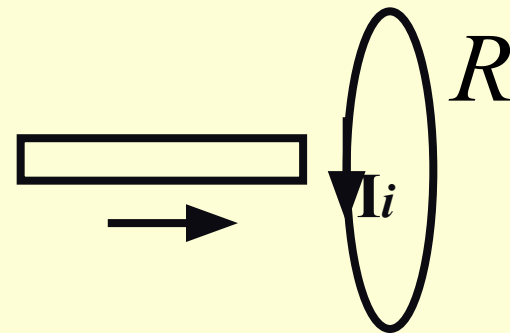
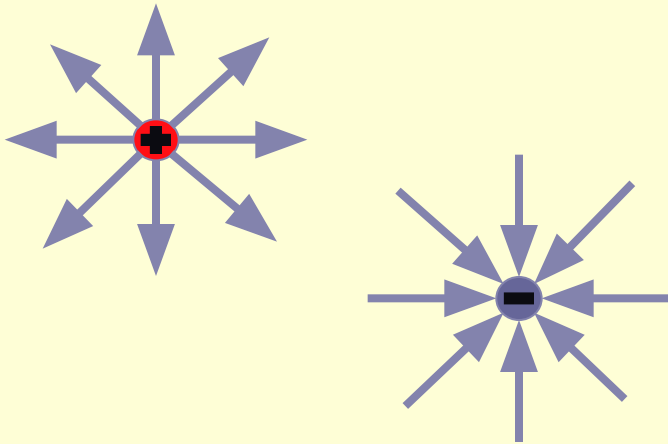
электростатическое

вихревое

ИСТОЧНИКИ

положительные и отрицательные электрические заряды

переменное во времени магнитное поле

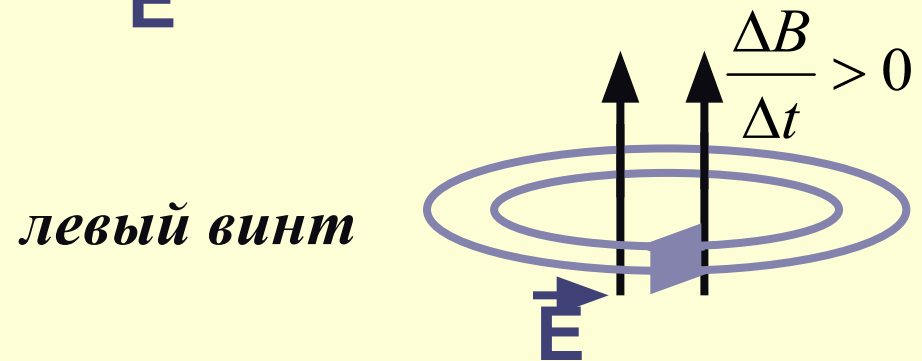
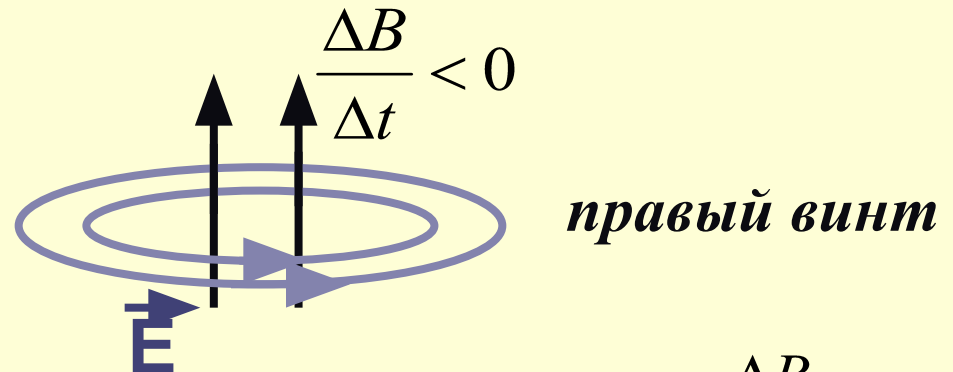
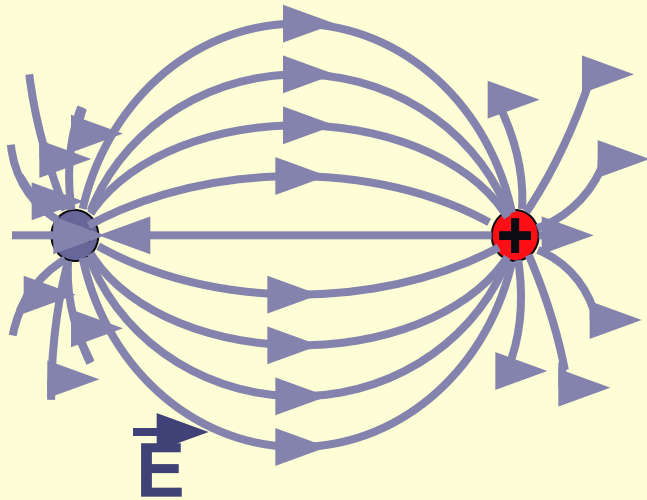


Электрическое поле

электростатическое

вихревое

направление линий напряженности

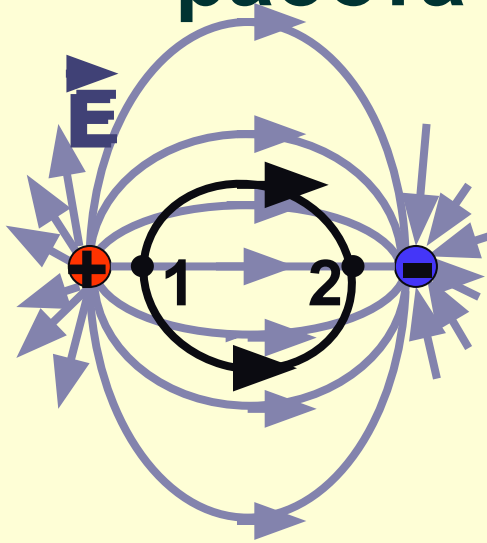


Электрическое поле

электростатическое

вихревое

работа поля по замкнутому контуру



$$\vec{F} = q\vec{E}$$

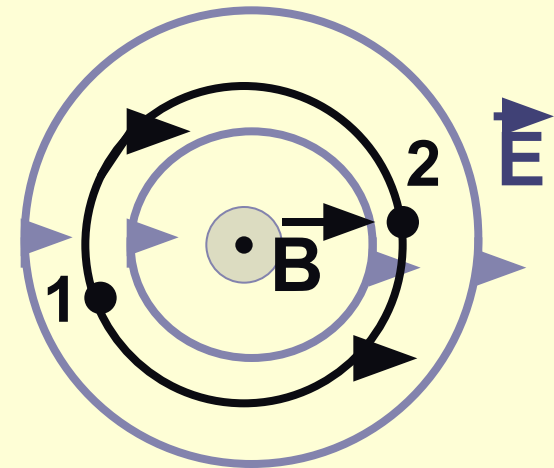
$$A = Fd$$

$$A_{cm} = A_{12} + A_{21}$$

$$A_{12} > 0$$

$$A_{21} < 0$$

$$A_{cm} = 0$$



$$A_{вихр} = A_{12} + A_{21}$$

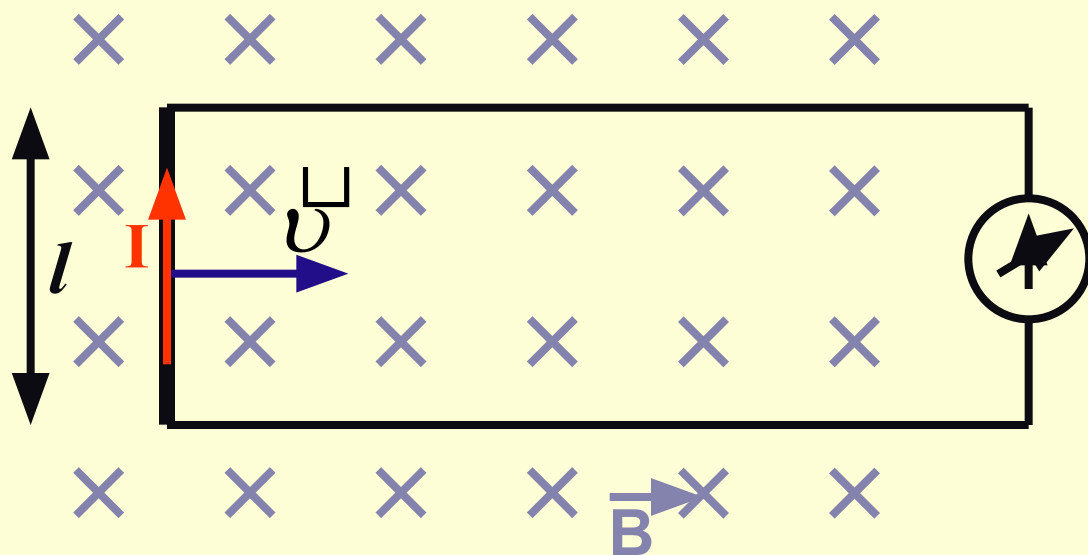
$$A_{12} > 0$$

$$A_{21} > 0$$

$$A_{вихр} \neq 0$$



ЭДС индукции в движущихся проводниках



$$F_{\text{Л}} = |q|vB \sin \alpha$$

$$A = F_{\text{Л}} l = |q|vBl \sin \alpha$$

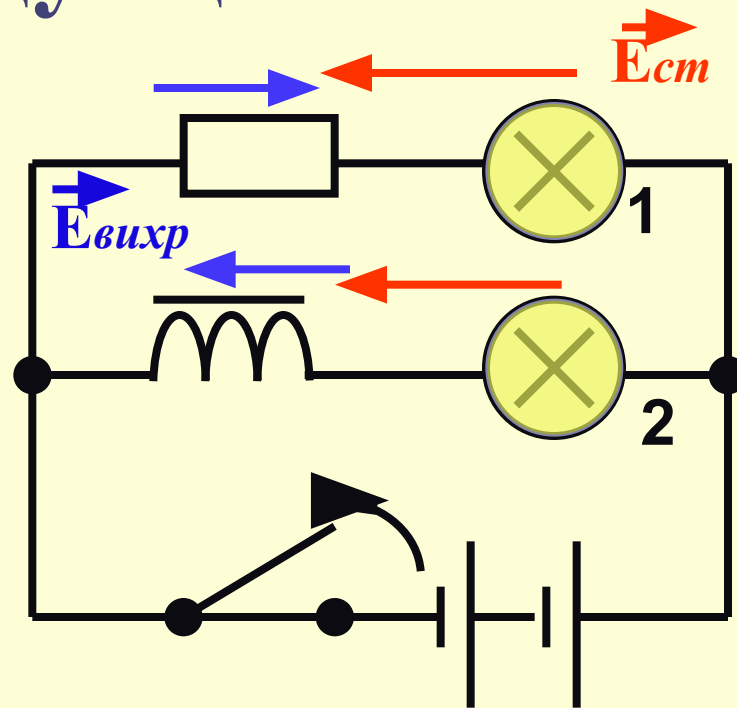
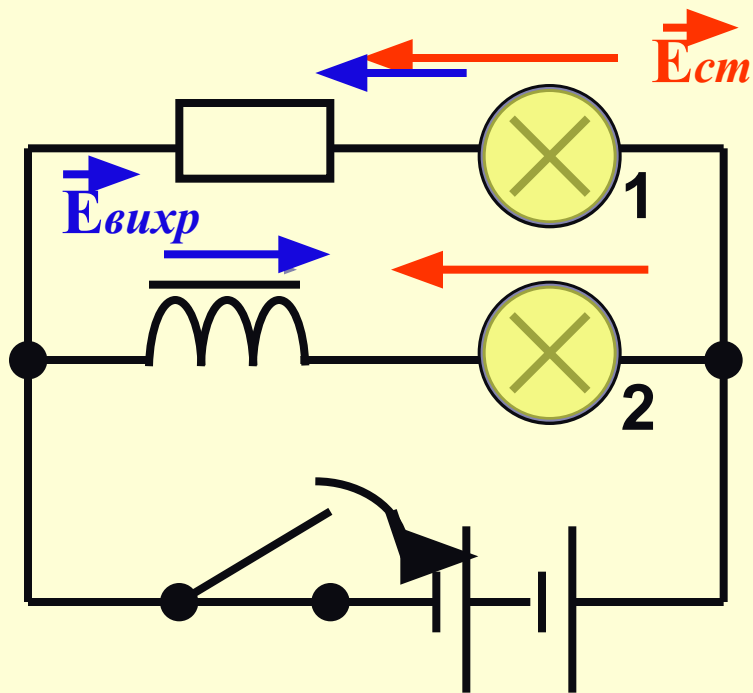
$$\varepsilon_i = \frac{A}{|q|}$$

$$\varepsilon_i = vBl \sin \alpha$$

α - угол между направлением скорости проводника и вектором магнитной индукции.



Самоиндукция



$$\vec{F} = q\vec{E}$$

$$\vec{E} = \vec{E}_{ст} + \vec{E}_{вихр}$$



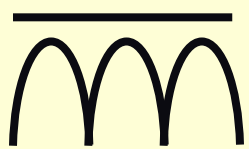
Самоиндукция

$$\left. \begin{aligned} B &= \mu\mu_0 I \frac{N}{l} \\ \Phi &= BS \cos \alpha \end{aligned} \right\} \begin{aligned} \Phi &\sim B \sim I \\ \Phi &= LI \end{aligned} \quad L = \frac{\Phi}{I}$$

$$[L] = \Gamma_{\text{H}} \quad - \text{индуктивность контура} \quad 1 \Gamma_{\text{H}} = \frac{1 \text{ Вб}}{1 \text{ А}}$$

$$\varepsilon_{is} = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = - \frac{L \Delta I}{\Delta t}$$

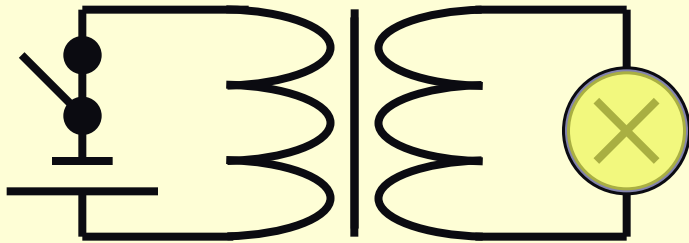
$$\varepsilon_{is} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$



$$L = \mu\mu_0 \frac{N^2 S}{l} \quad - \text{индуктивность катушки}$$



Энергия магнитного поля тока



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

$$W_B = \frac{\Phi I}{2}$$

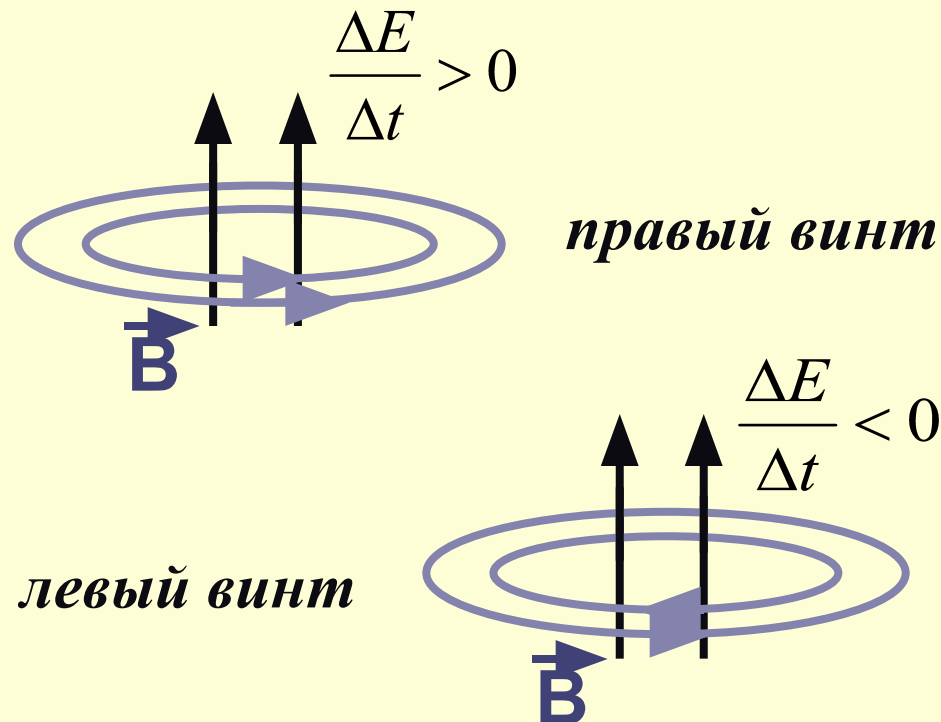
$$\Phi = LI$$

$$W_B = \frac{\Phi^2}{2L}$$



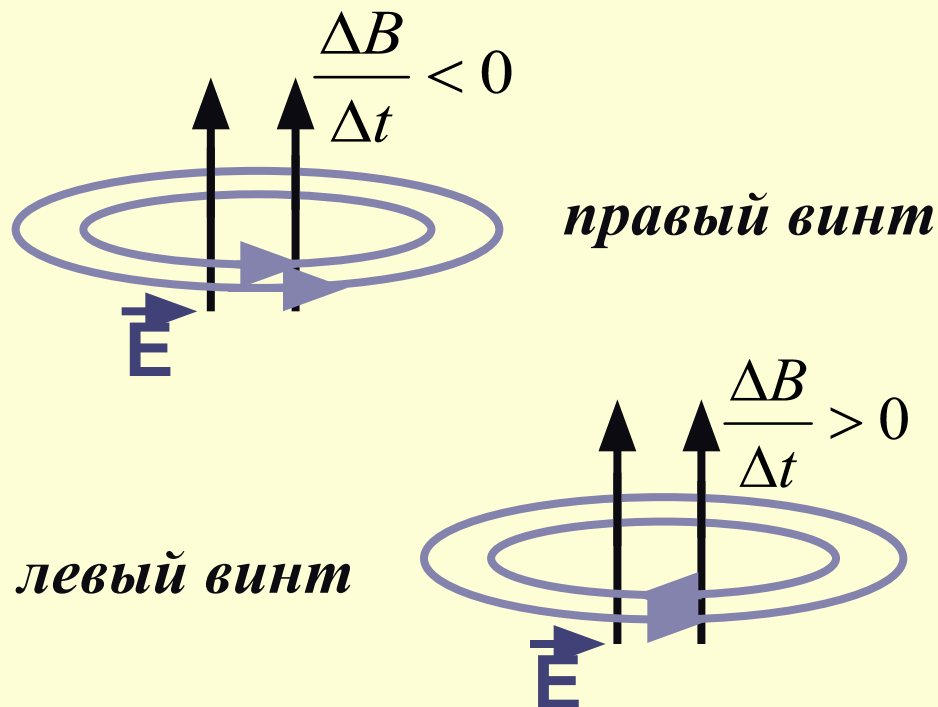
Электромагнитное поле

- *Переменное во времени электрическое поле порождает магнитное поле.*



Электромагнитное поле

- Переменное во времени магнитное поле порождает электрическое поле.





Электромагнитное поле

- Утверждение, что в данной точке пространства существует только электрическое или только магнитное поле, не имеет смысла, если не указать, по отношению к какой системе отсчета эти поля рассматриваются.
- Электрические и магнитные поля – проявление единого **электромагнитного поля**.

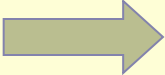




Вопросы и задания





Вопросы и задания

- Вопросы. 
- Контур в маг. поле. 
- График зависимости $\Phi(t)$. 



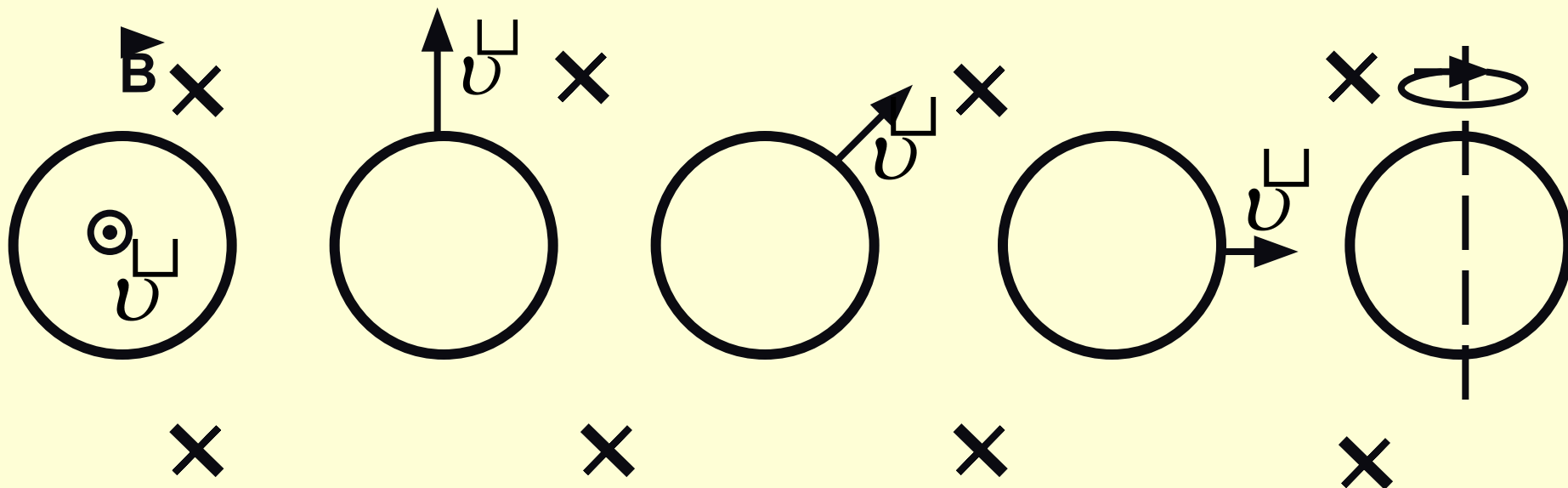


Электромагнитная индукция

- **Что такое электромагнитная индукция?**
- **От чего зависит сила индукционного тока?**
- **От чего зависит направление индукционного тока?**
- **Кто открыл закон электромагнитной индукции?**
- **В чем важность открытия явления электромагнитной индукции?**



Электромагнитная индукция



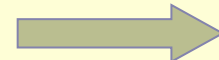
а

б

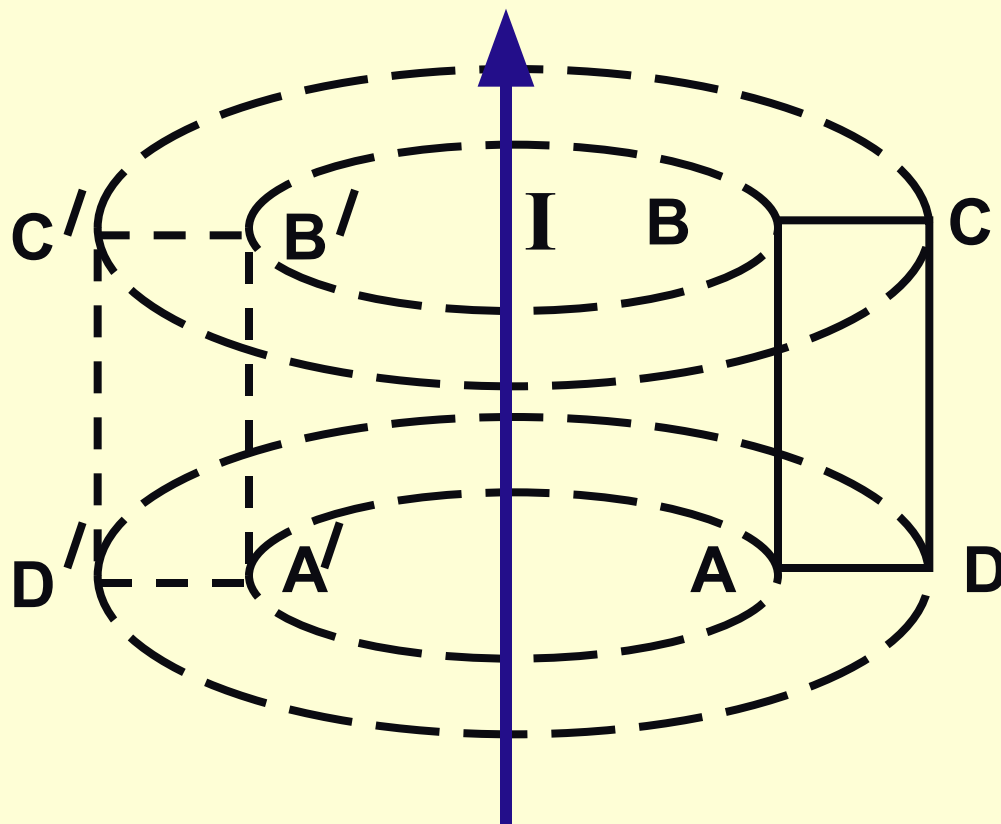
в

г

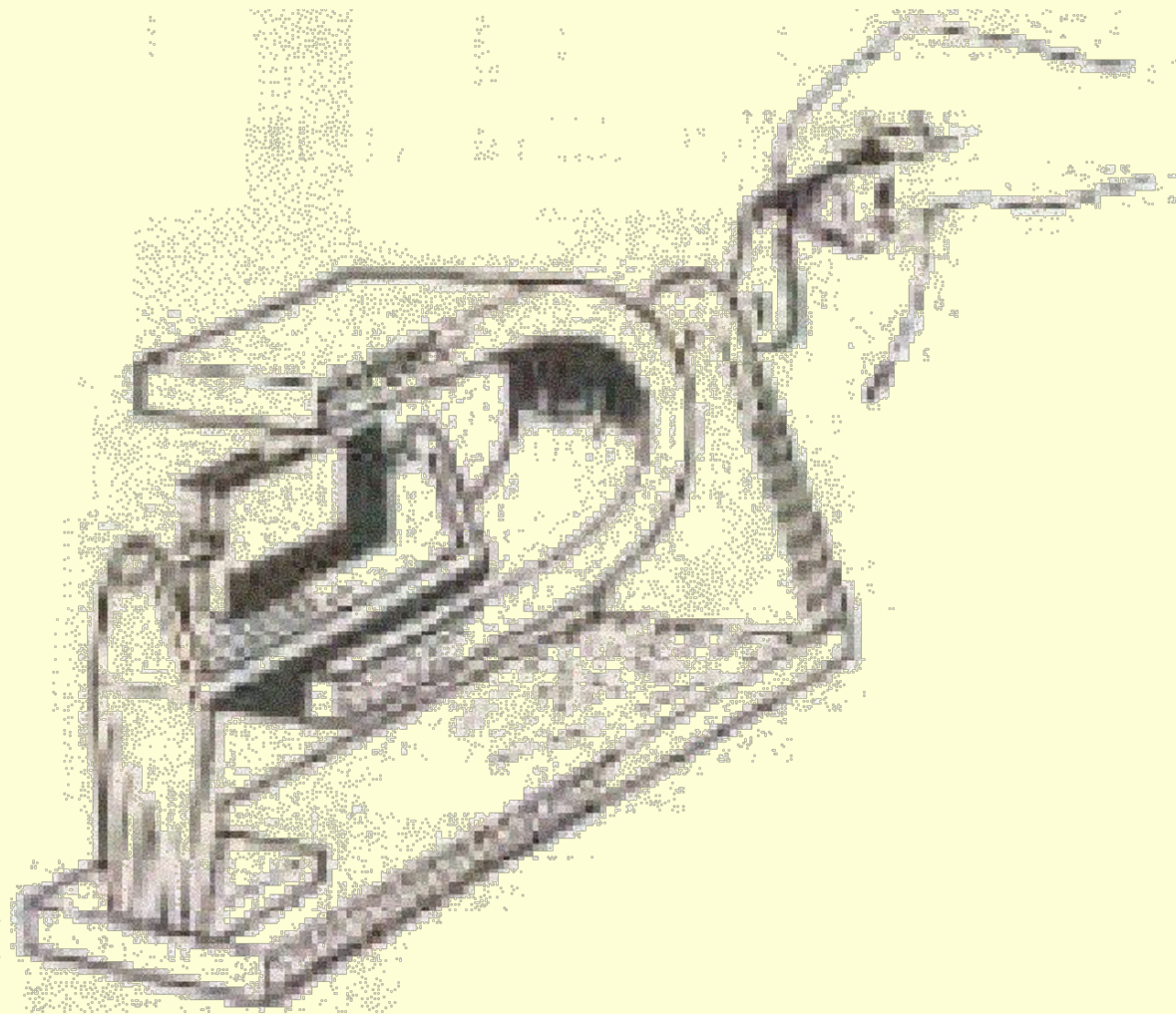
д



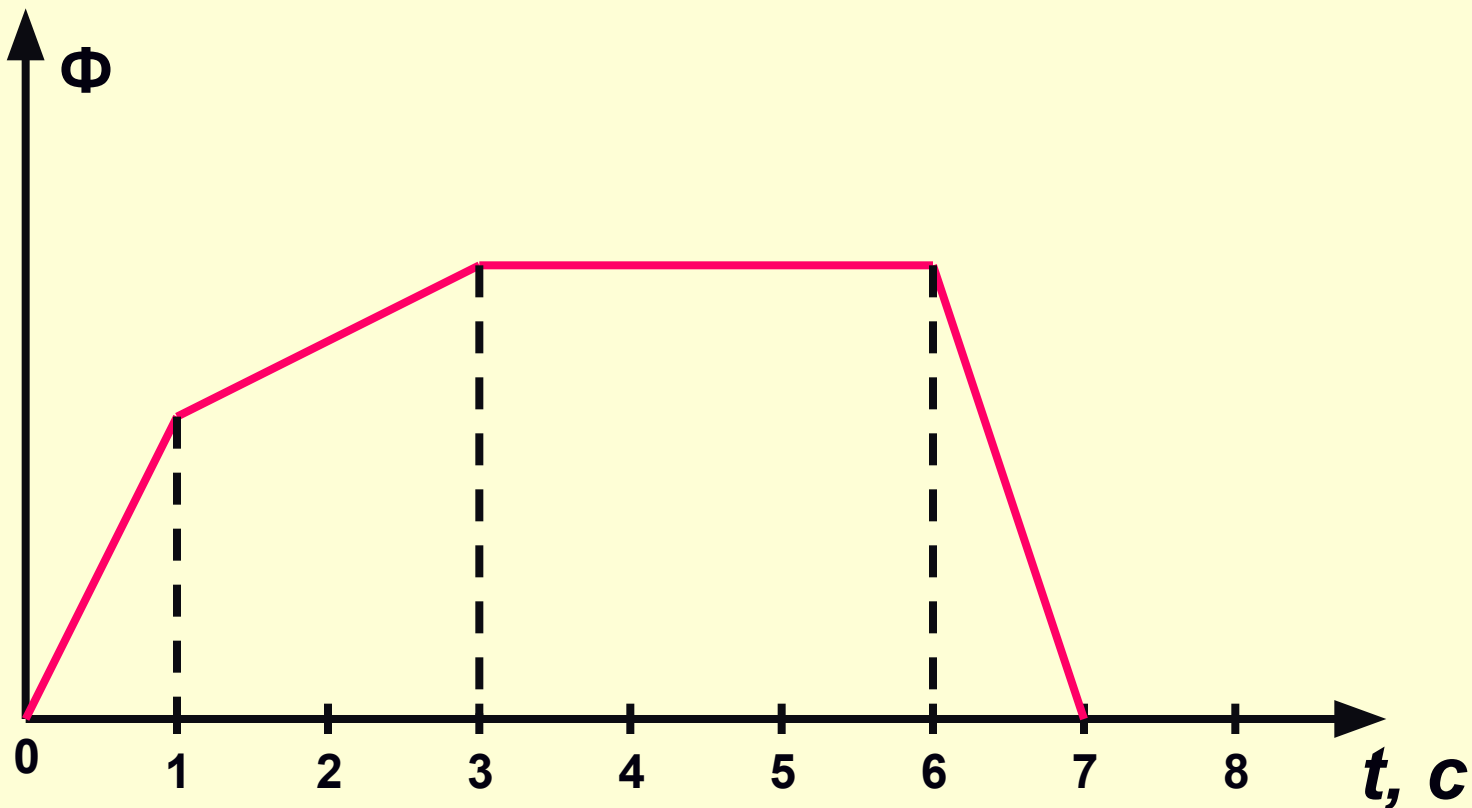
Электромагнитная индукция



Электромагнитная индукция



Электромагнитная индукция



Электромагнитная индукция

