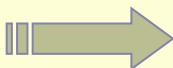
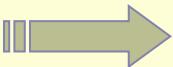
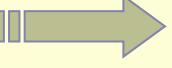


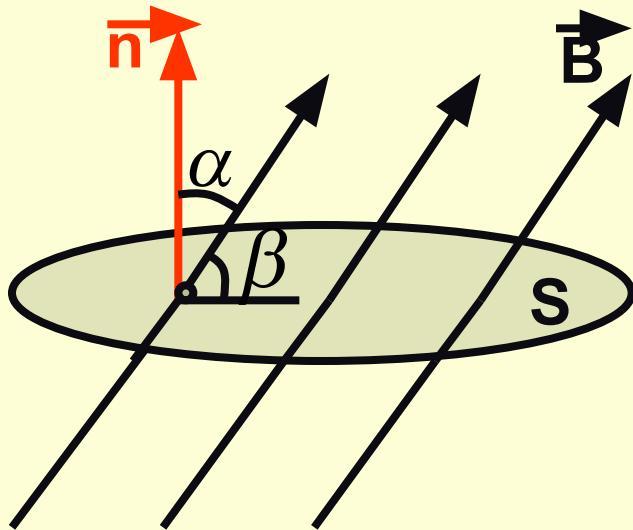
Электромагнитная индукция



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



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

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

$$[\Phi] = B\mathcal{G}$$

$$1B\mathcal{G} = 1T\pi \cdot 1m^2$$

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

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



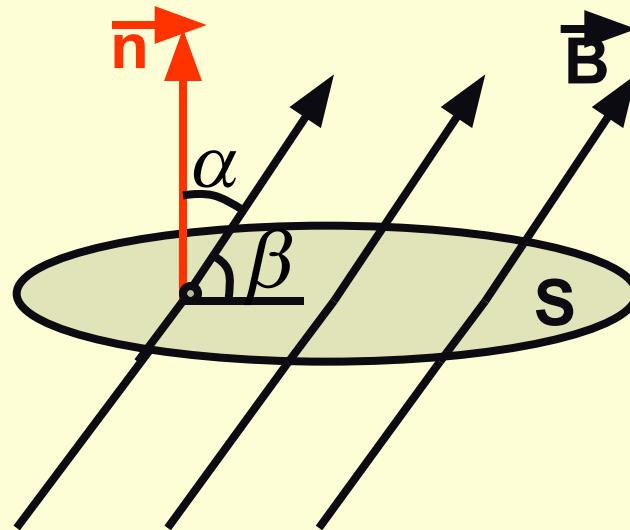
Магнитный поток

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

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

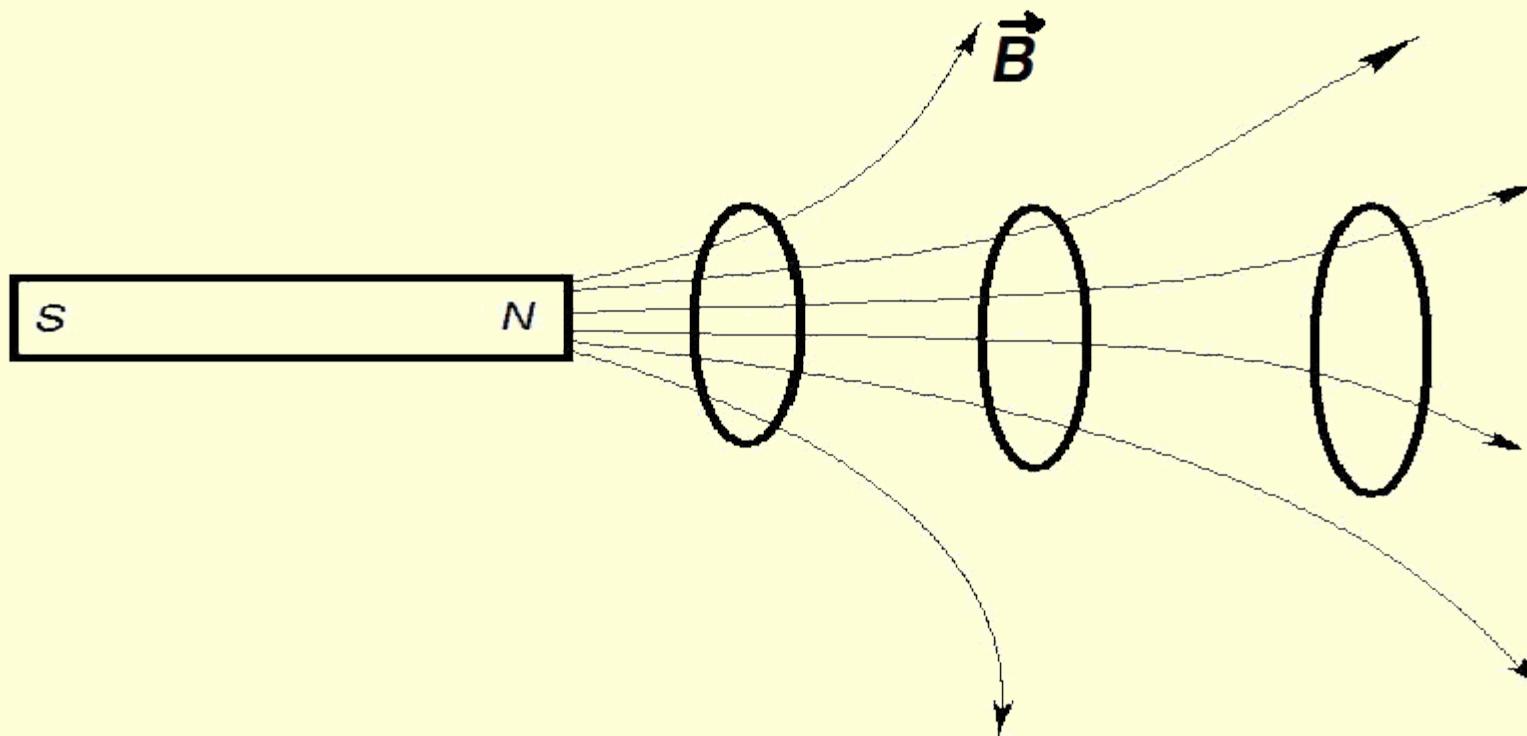
$$\Delta\Phi = B \Delta S \cos \alpha$$

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



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

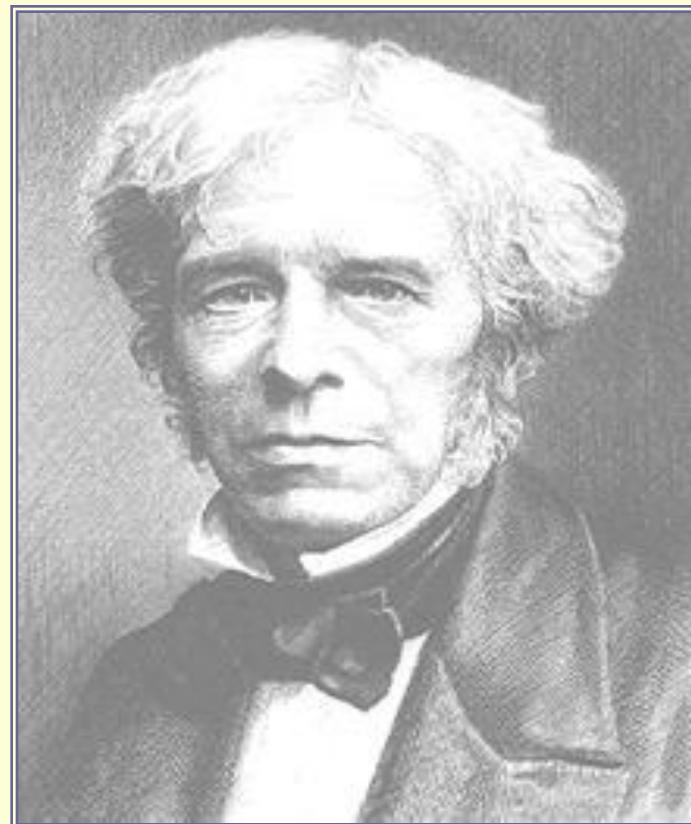
Магнитный поток



Майкл Фарадей

Майкл Фарадей
(1791 -1867)

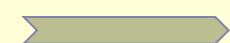
«Превратить магнетизм
в электричество»
(запись в дневнике
была сделана в 1822
году)



Майкл Фарадей



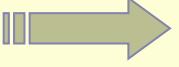
Портрет Майкла Фарадея изображен на
одной из английских купюр.



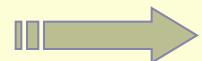
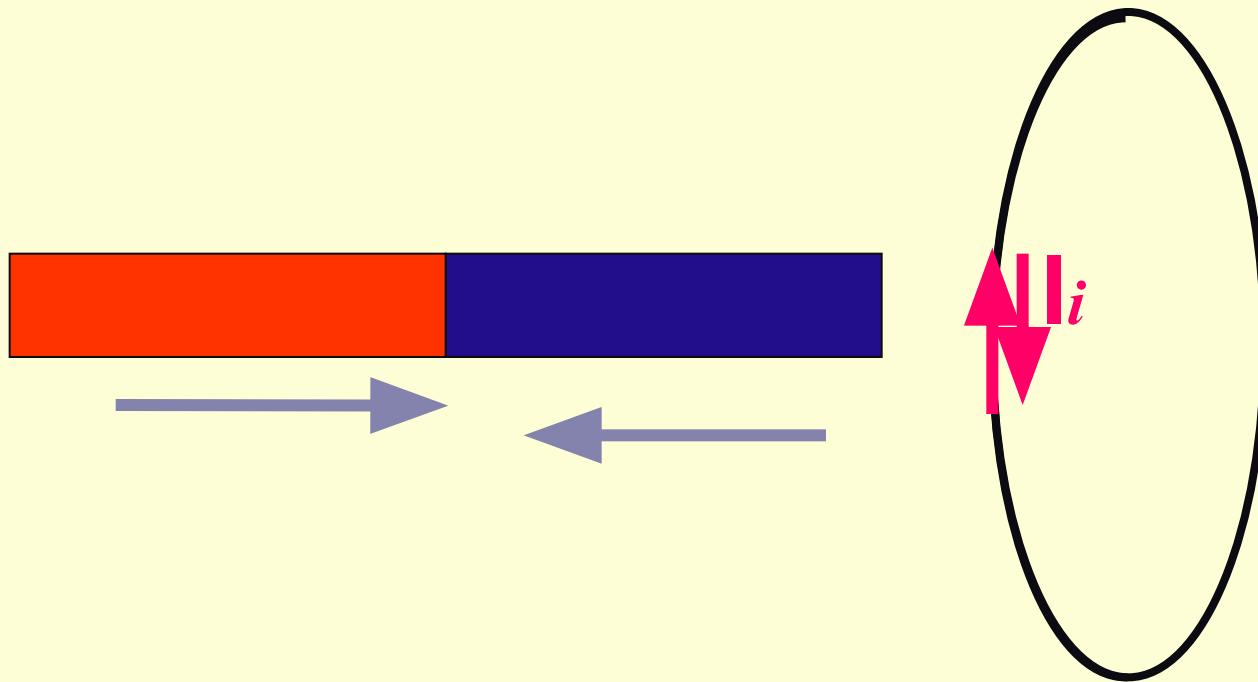
ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ

**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



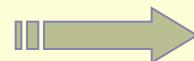
Электромагнитная индукция

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

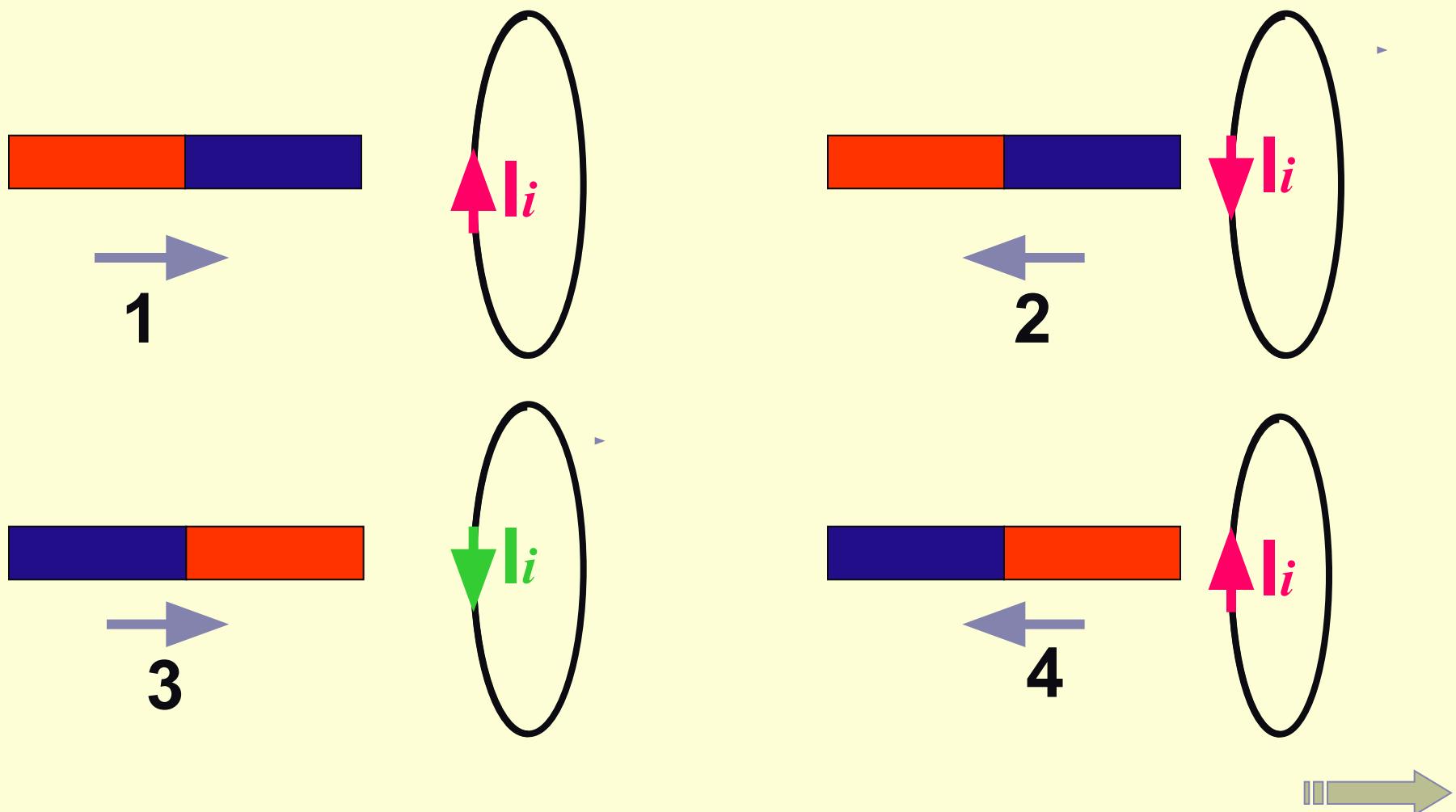


Электромагнитная индукция

**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.





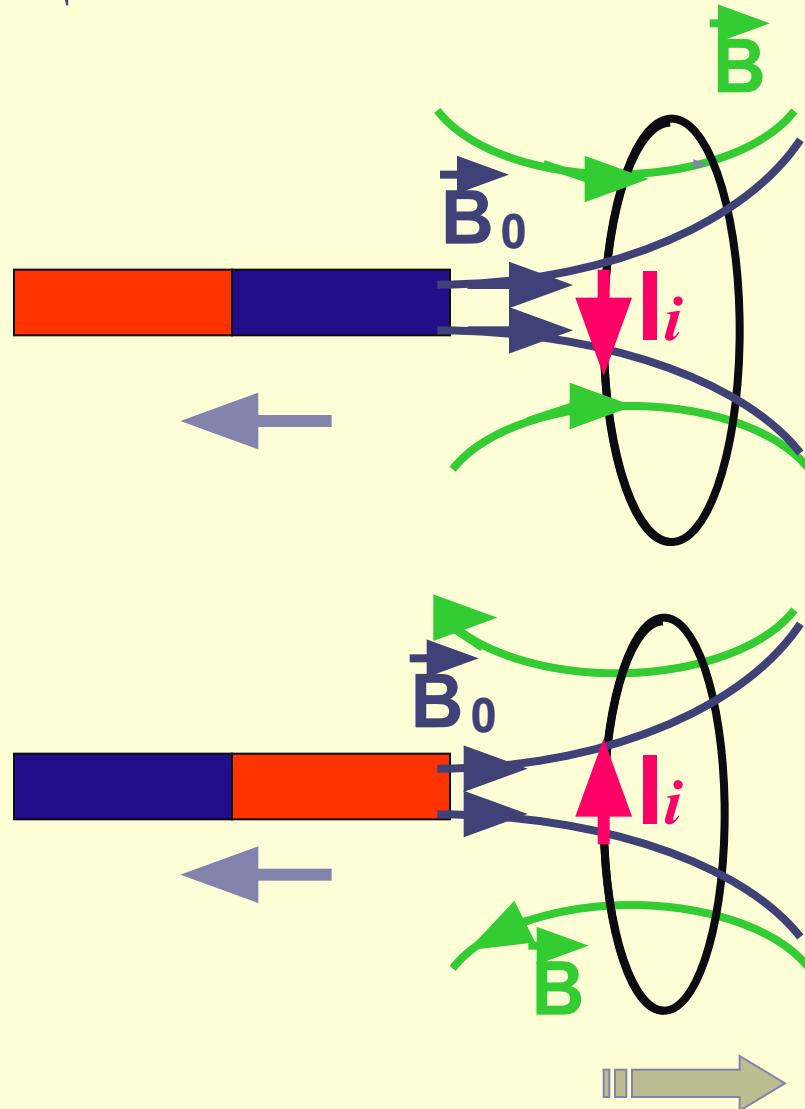
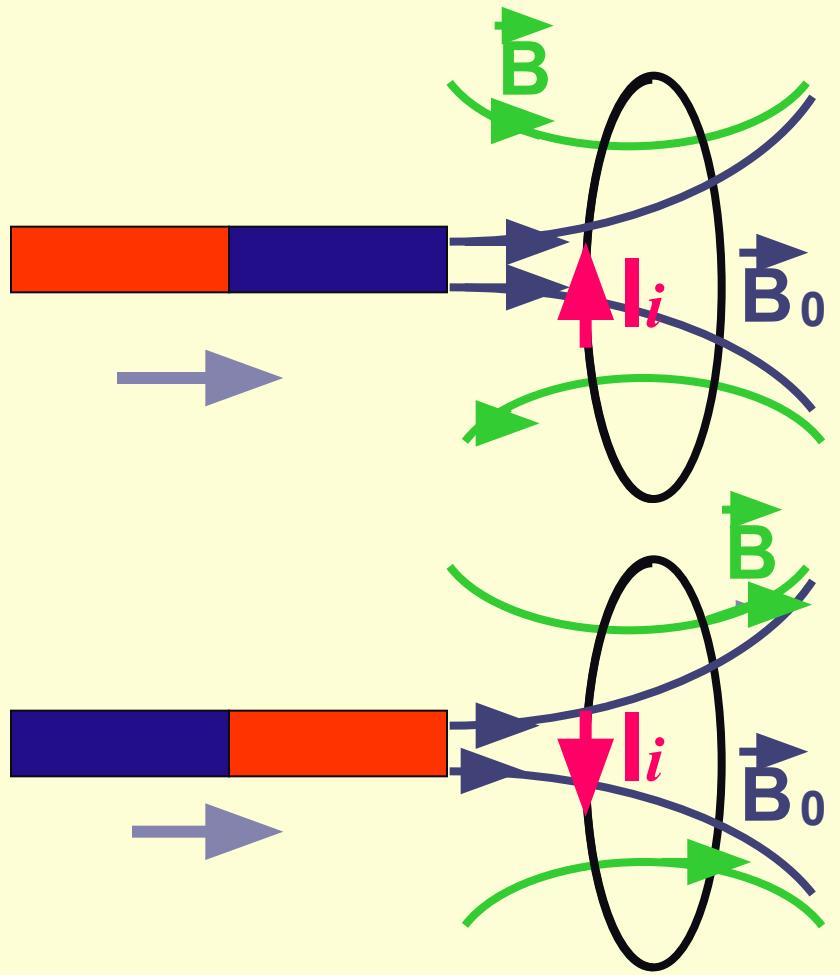
Направление индукционного тока

Для определения направления индукционного тока в контуре необходимо:

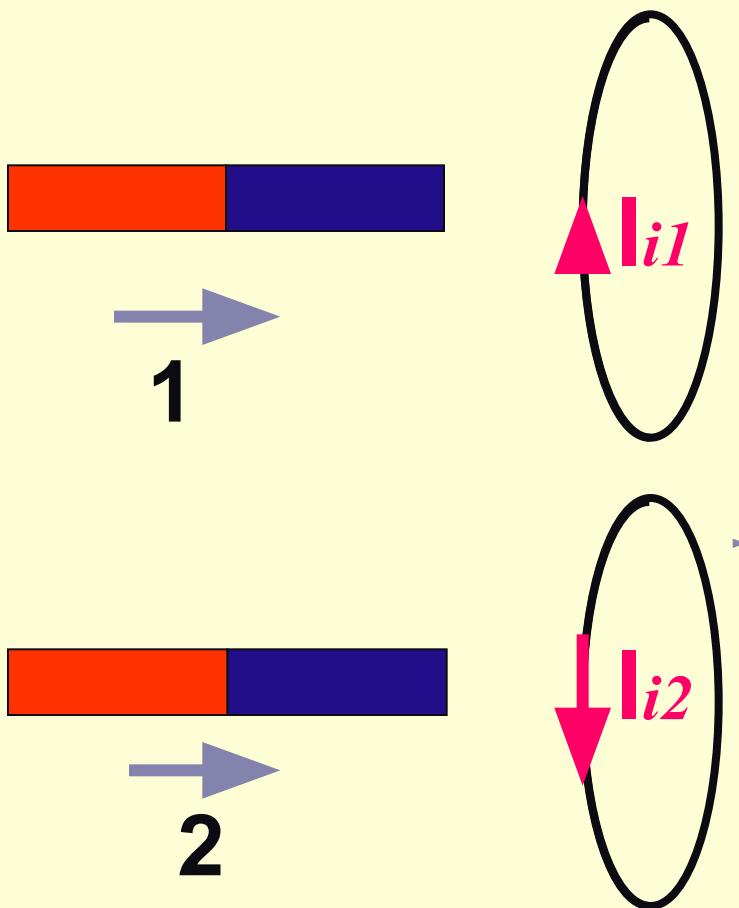
1. Определить направление линий магнитной индукции внешнего (первичного) поля (B_0).
2. Выяснить как меняется магнитный поток, пронизывающий контур (увеличивается или уменьшается.)
3. Определить направление линий магнитной индукции вторичного магнитного поля, созданного индукционным током (B).
 $\Delta\Phi_0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



Направление индукционного тока

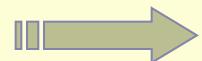


Сила индукционного тока



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

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





Сила индукционного тока

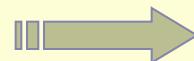
Сила индукционного тока зависит от скорости изменения магнитного потока: чем быстрее меняется магнитный поток, тем большие сила индукционного тока.



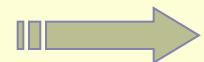
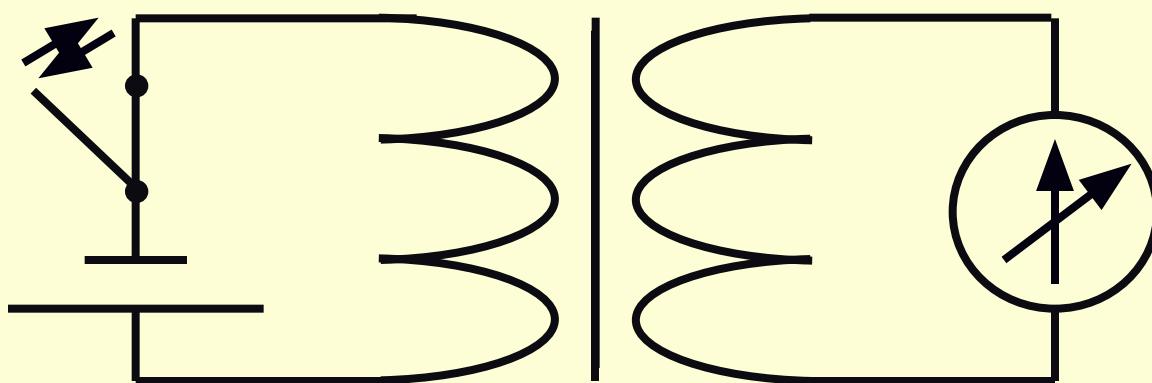
Джозеф Генри

Джозеф Генри
(1797 – 1878)

Впервые провел
опыт с двумя
катушками.



Катушки

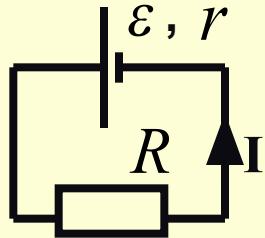


Закон электромагнитной индукции.

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

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

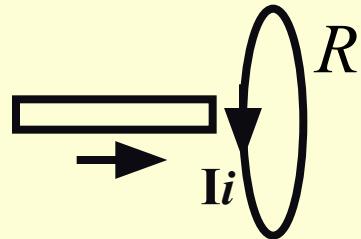
$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}$$



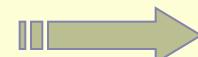
$$\varepsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

$$r = 0$$

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



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





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.

Порожданное электрическое поле является вихревым.



Электрическое поле

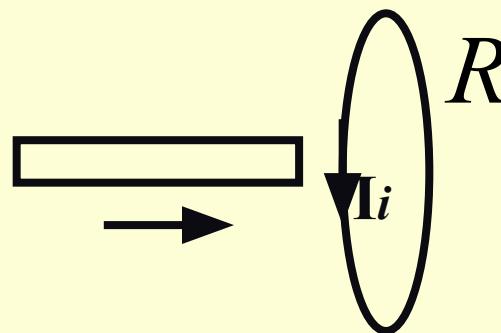
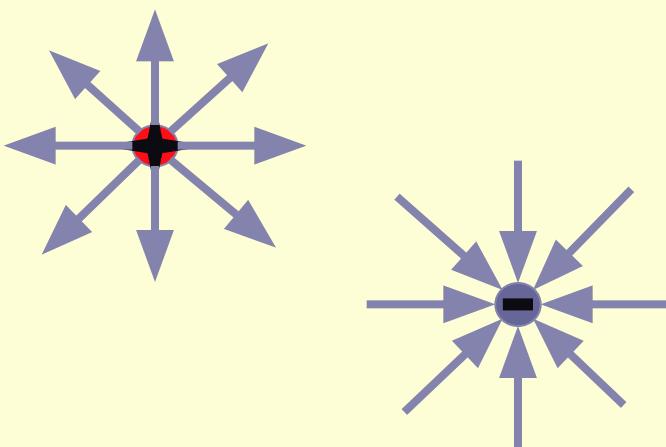
электростатическое

вихревое

источники

положительные и
отрицательные
электрические заряды

переменное во времени
магнитное поле

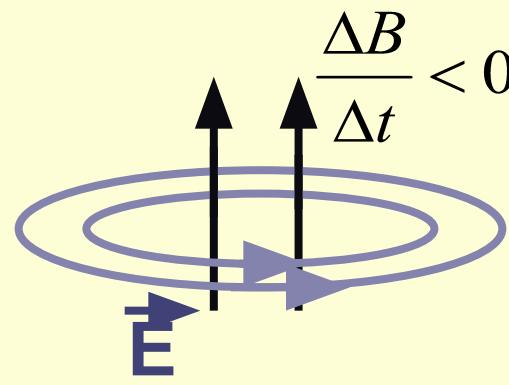
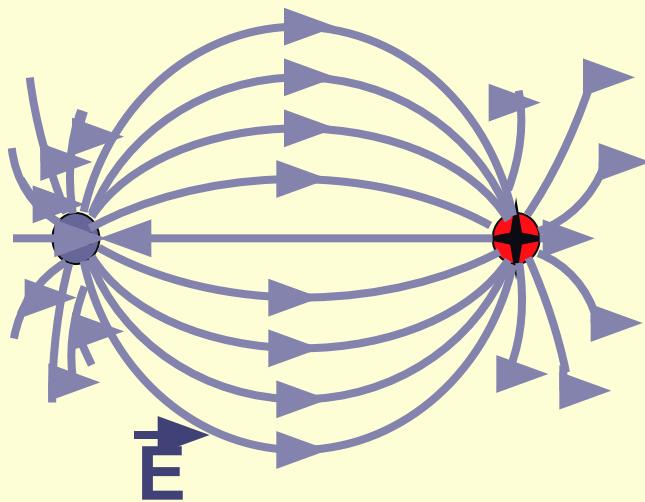


Электрическое поле

электростатическое

вихревое

направление линий напряженности



правый винт



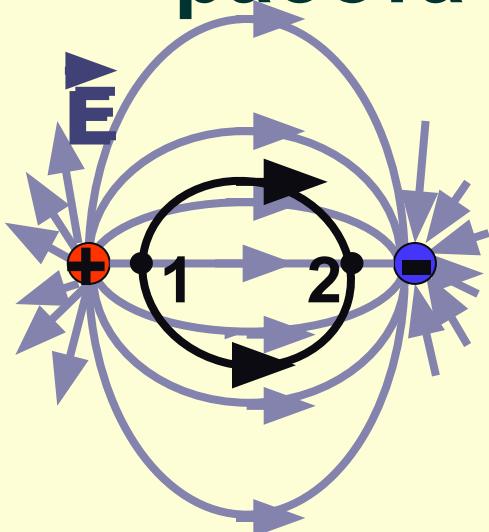
левый винт

Электрическое поле

электростатическое

вихревое

работа поля по замкнутому контуру



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

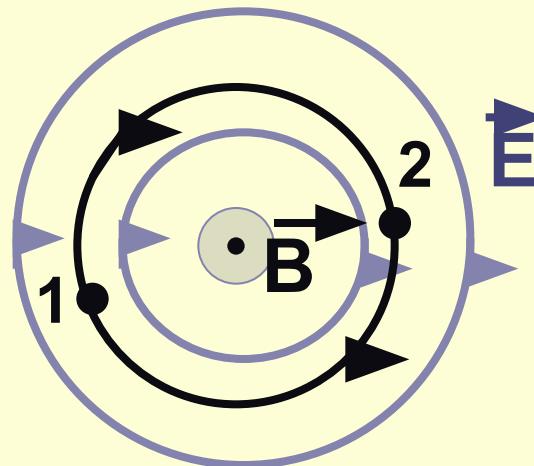
$$A_{12} > 0$$

$$A_{21} < 0$$

$$A_{cm} = 0$$

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

$$A = \underline{F} \cdot \underline{d}$$



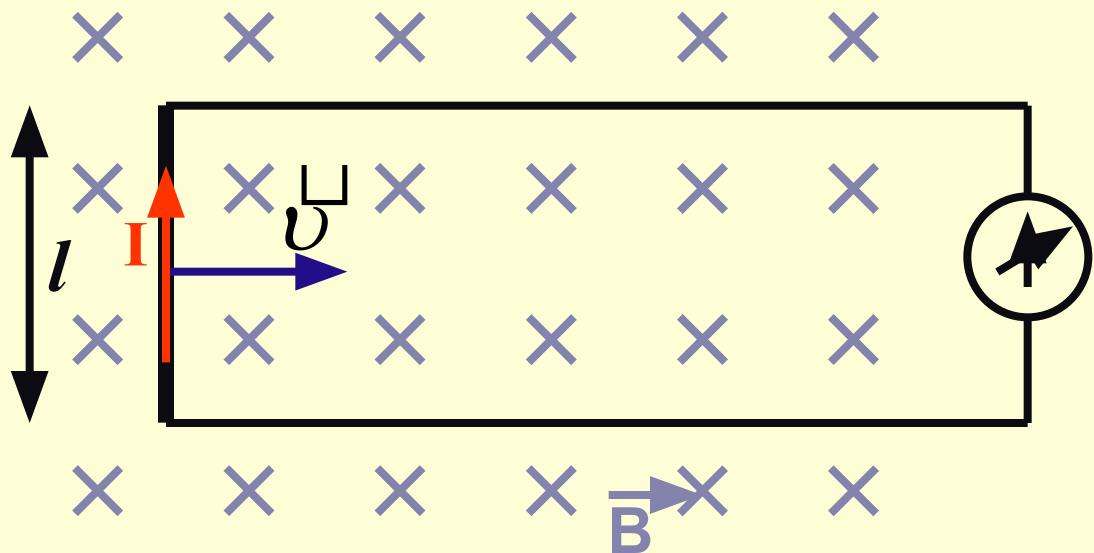
$$A_{vixp} = A_{12} + A_{21}$$

$$A_{12} > 0$$

$$A_{21} > 0$$

$$A_{vixp} \neq 0$$

ЭДС индукции в движущихся проводниках



$$F_L = |q|vB \sin \alpha$$

$$A = F_L l = |q|vBl \sin \alpha$$

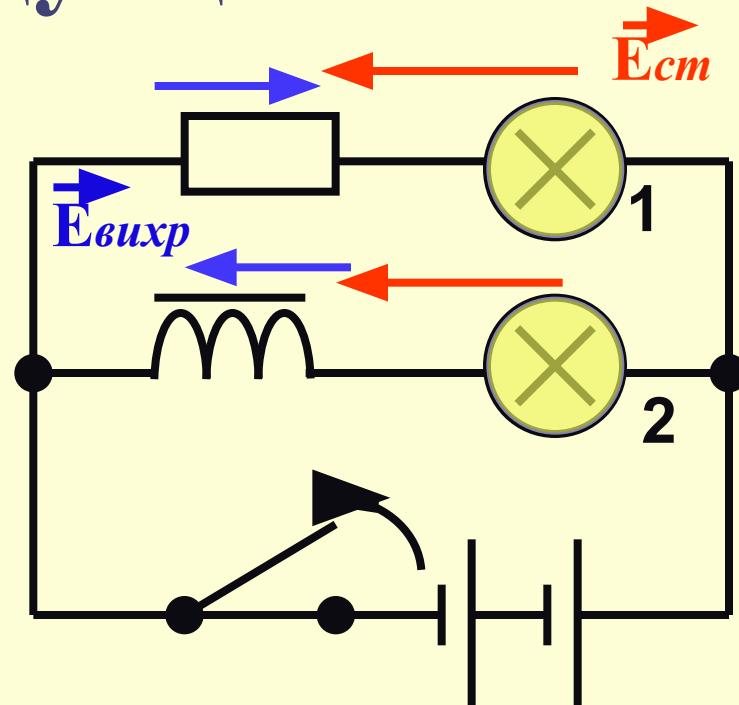
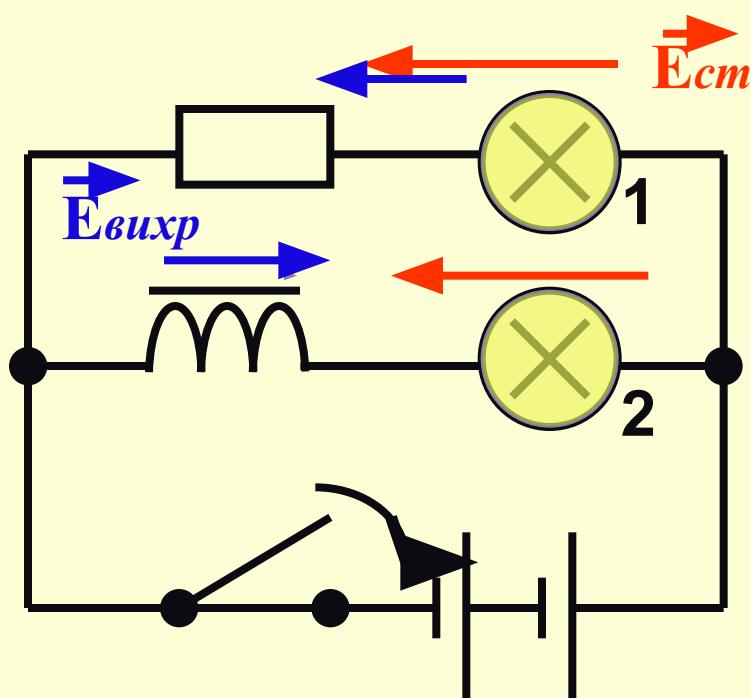
$$\varepsilon_i = \frac{A}{|q|}$$

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

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



Самоиндукция



$$F = qE$$

$$E = E_{cm} + E_{вихр}$$



Самоиндукция

$$B = \mu\mu_0 I \frac{N}{l}$$

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

$$\Phi \sim B \sim I$$

$$\Phi = LI$$

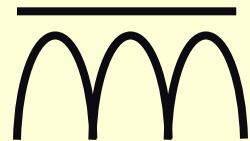
$$L = \frac{\Phi}{I}$$

$[L] = \Gamma_H$ - индуктивность контура

$$1\Gamma_H = \frac{1B\delta}{1A}$$

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

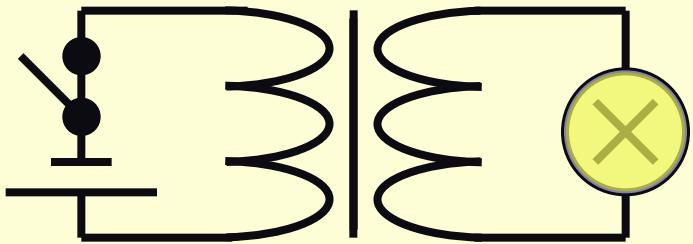
$$\varepsilon_{is} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$



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



Энергия магнитного поля тока

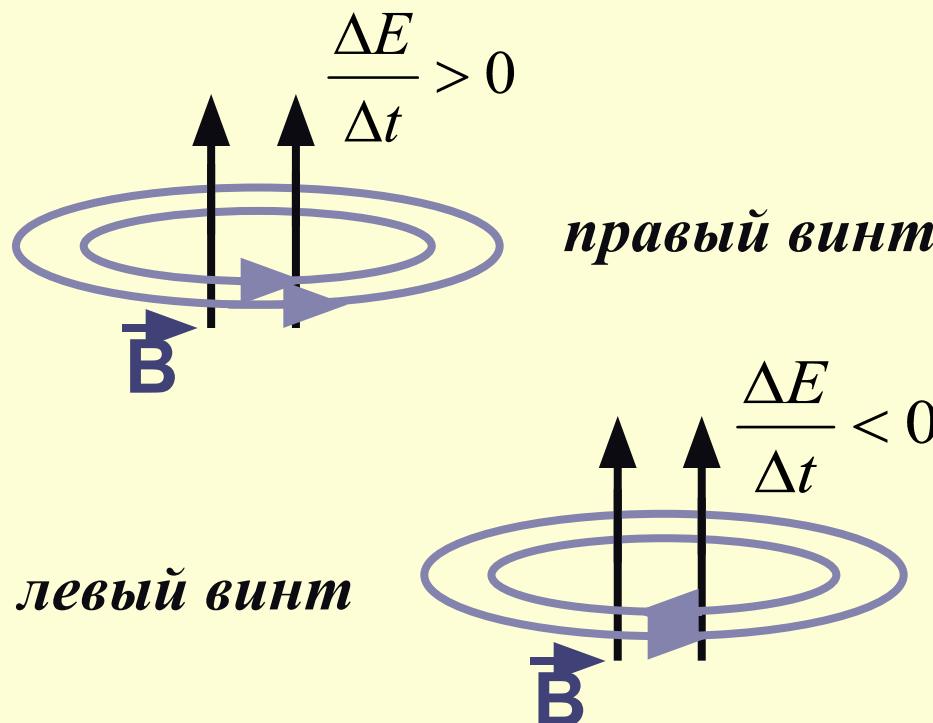


$$W_B = \frac{LI^2}{2} \qquad W_B = \frac{\Phi I}{2}$$

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

Электромагнитное поле

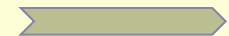
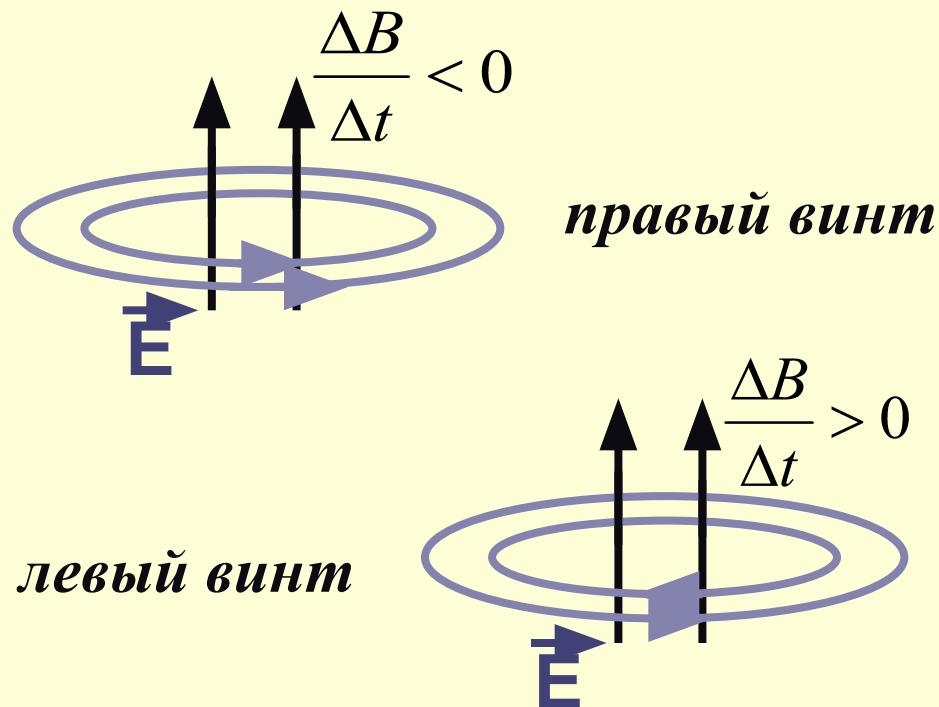
- *Переменное во времени электрическое поле порождает магнитное поле.*





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.

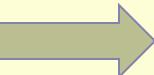


Вопросы и задания





Вопросы и задания

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



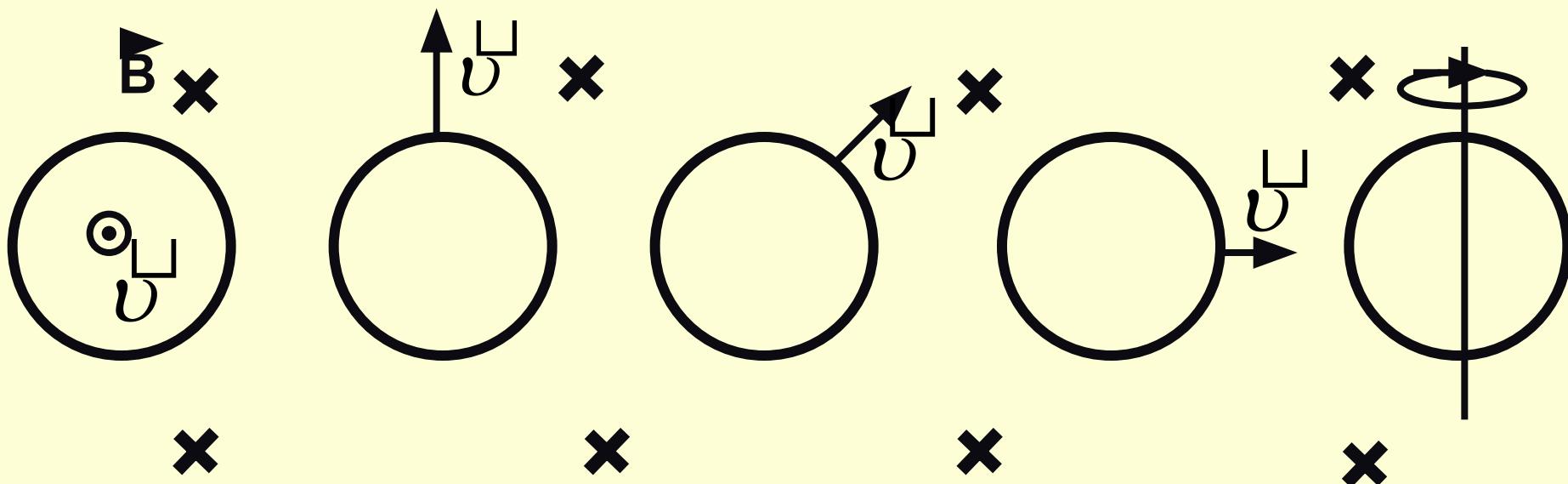


Электромагнитная индукция

- **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

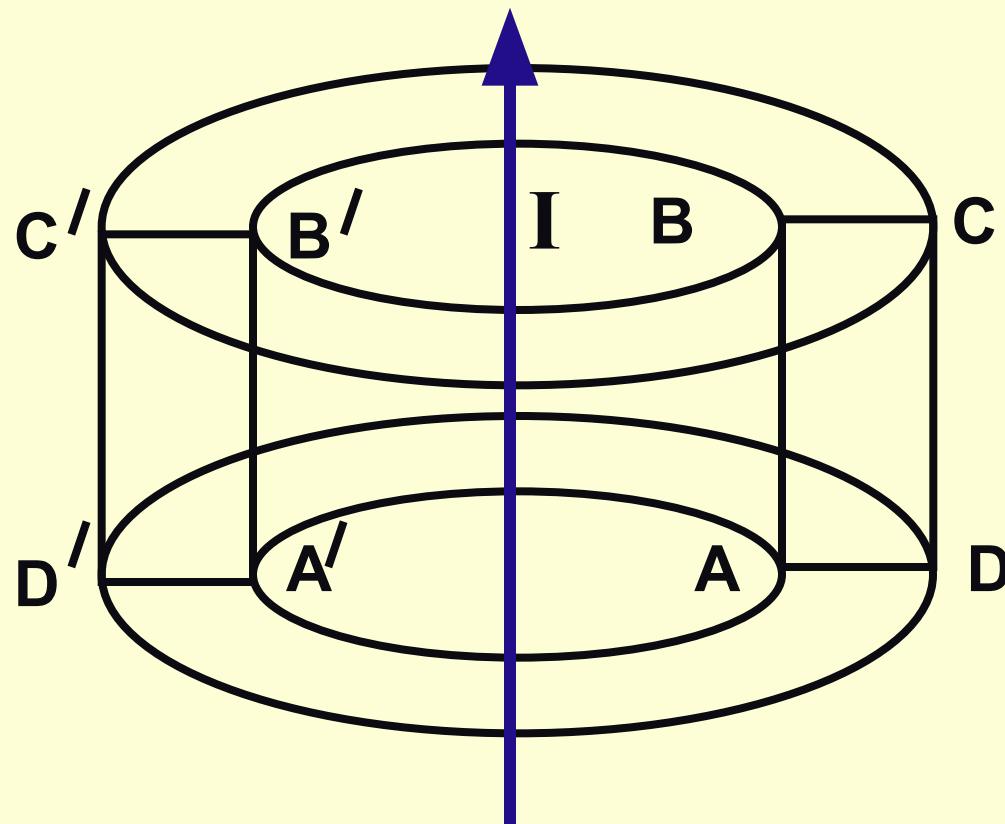
в

г

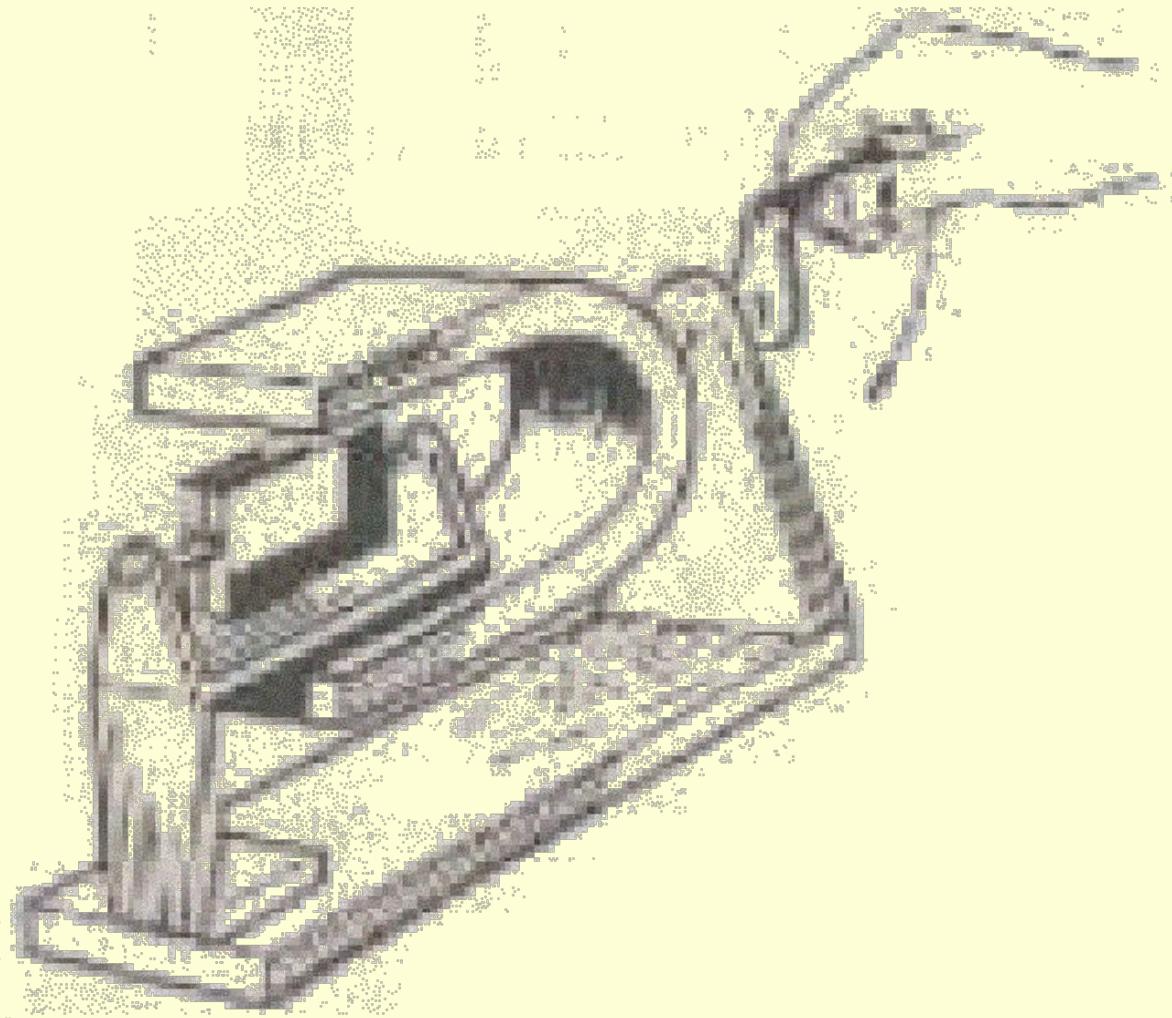
д



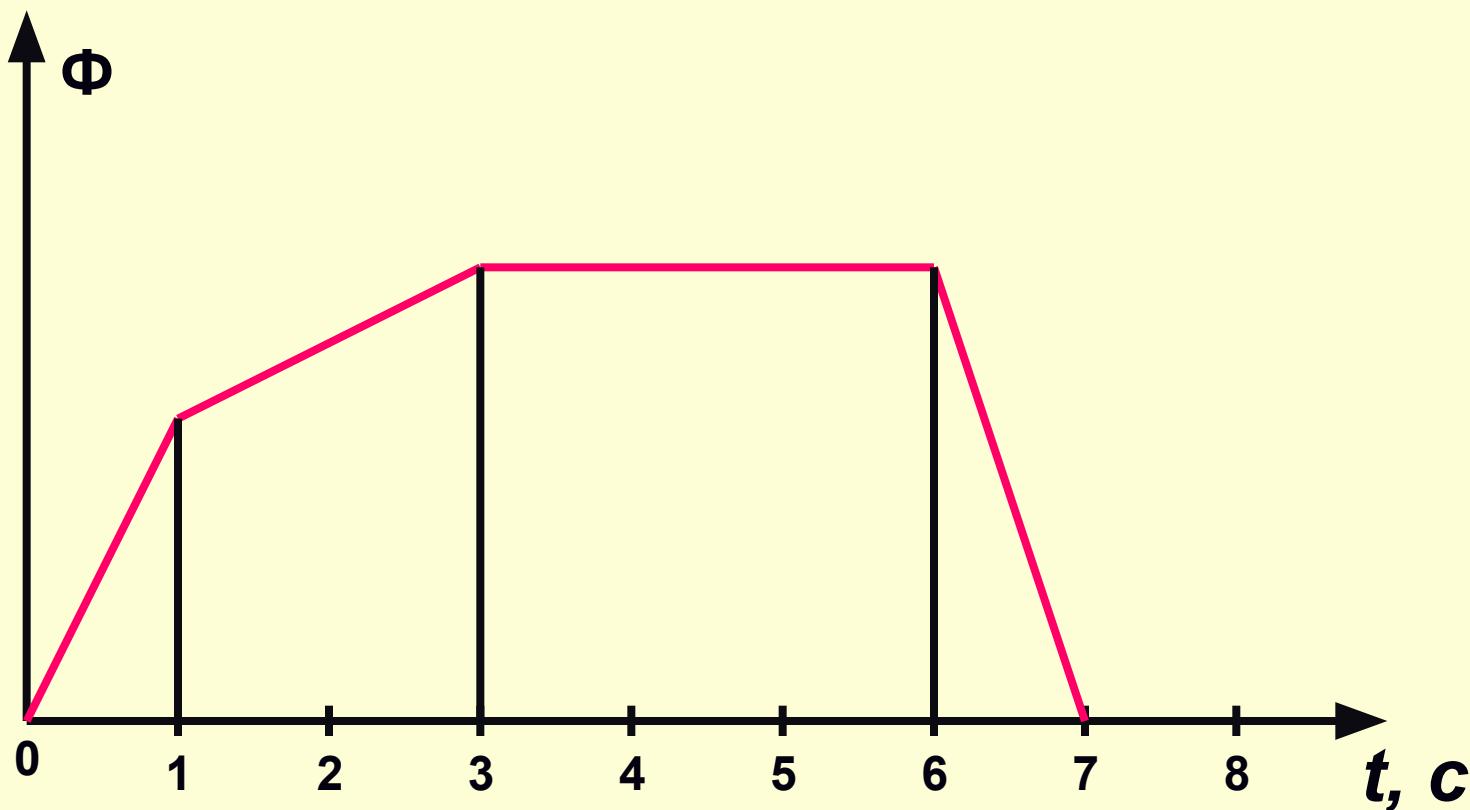
Электромагнитная индукция



Электромагнитная индукция



Электромагнитная индукция



Электромагнитная индукция

