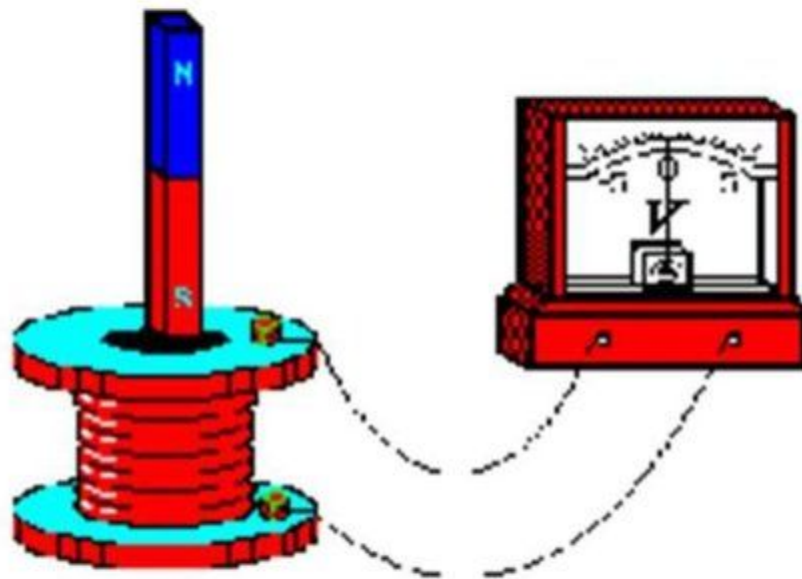


Явление электромагнитной индукции



«Счастливая случайность выпадает
лишь на одну долю
подготовленного ума».

Л.Пастернак

1. ЯВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ (ЭМИ)



В 1831 г. М. Фарадей обнаружил, что в замкнутом проводящем контуре **возникает (индуцируется)** электрический ток при **изменении потока магнитной индукции** () через поверхность, ограниченную этим контуром. B

Это **явление** называют **электромагнитной индукцией**, а возникающий ток – **индукционным**

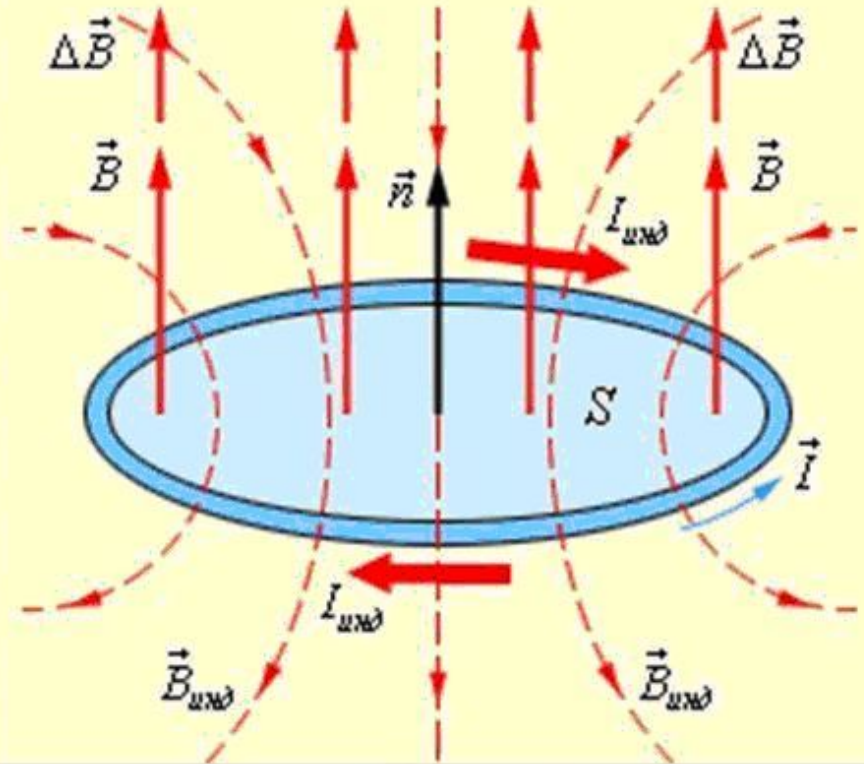


Майкл Фарадей
1791 – 1867
английский физик
и химик

Закон электромагнитной индукции Фарадея

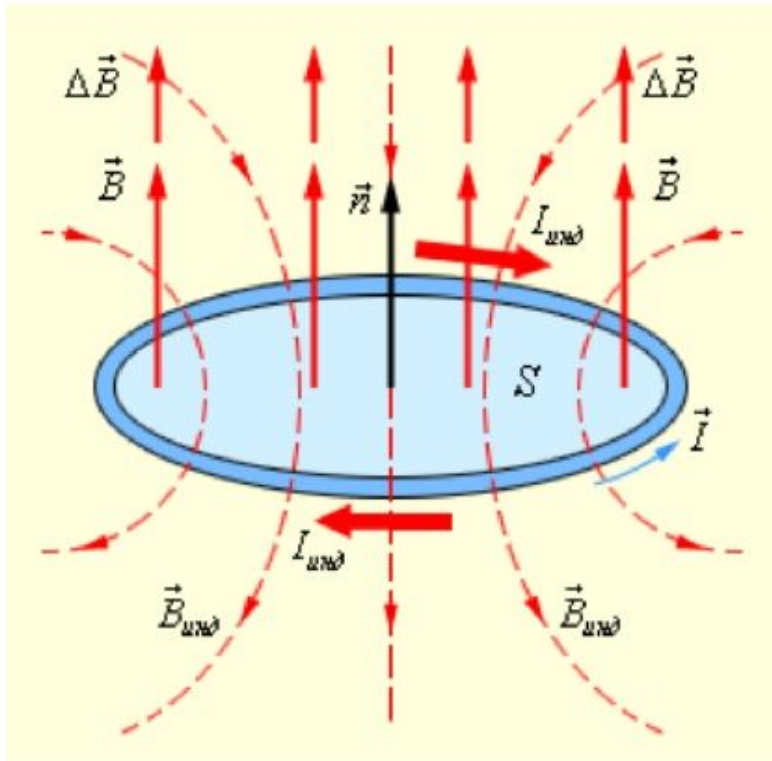
$$\sum_{\text{инд}} = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

- **Правило Ленца:**
- При изменении магнитного потока в проводящем контуре **возникает ЭДС индукции $E_{\text{инд}}$** , 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

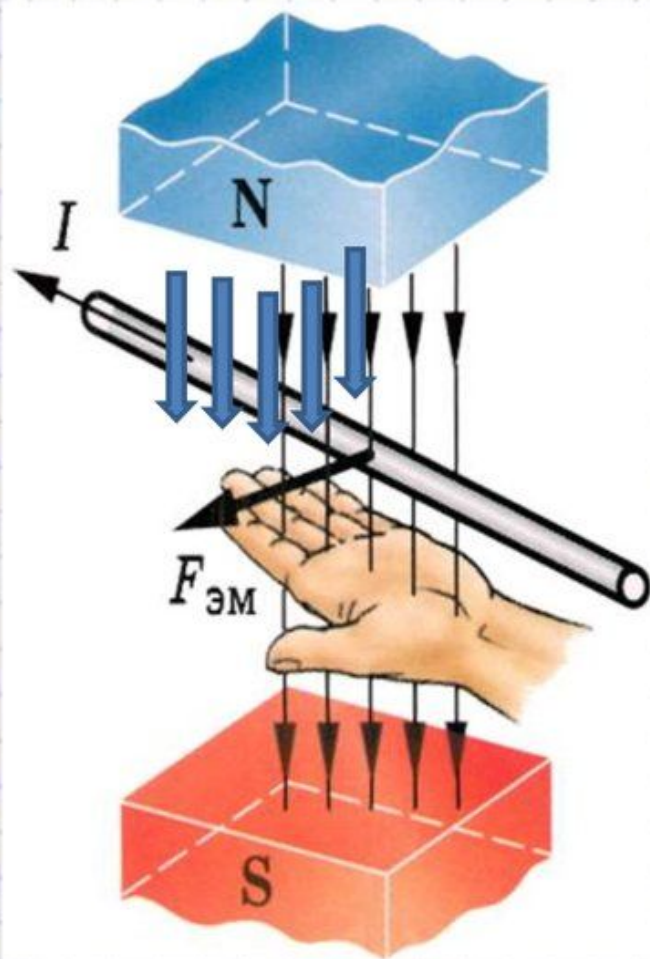


Опыт показывает, что индукционный ток, возбуждаемый в замкнутом контуре при изменении магнитного потока, всегда направлен так, что создаваемое им магнитное поле препятствует изменению магнитного потока, вызывающего индукционный ток. Это утверждение, сформулированное в 1833 г..

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

Индукционный ток $I_{инд}$ течет навстречу выбранному положительному направлению обхода контура

Правило левой руки



Направление силы, действующей на проводник с током в магнитном поле, можно определить, пользуясь правилом левой руки. Если левую руку расположить так. Чтобы линии магнитного поля входили в ладонь перпендикулярно к ней, а четыре пальца были направлены по току. То отставленный на 90^0 большой палец покажет направление действующей на проводник силы.

Правило правой руки

Для определения направления линий магнитного поля соленоида удобнее пользоваться другим правилом, которое иногда называют *правилом правой руки*.

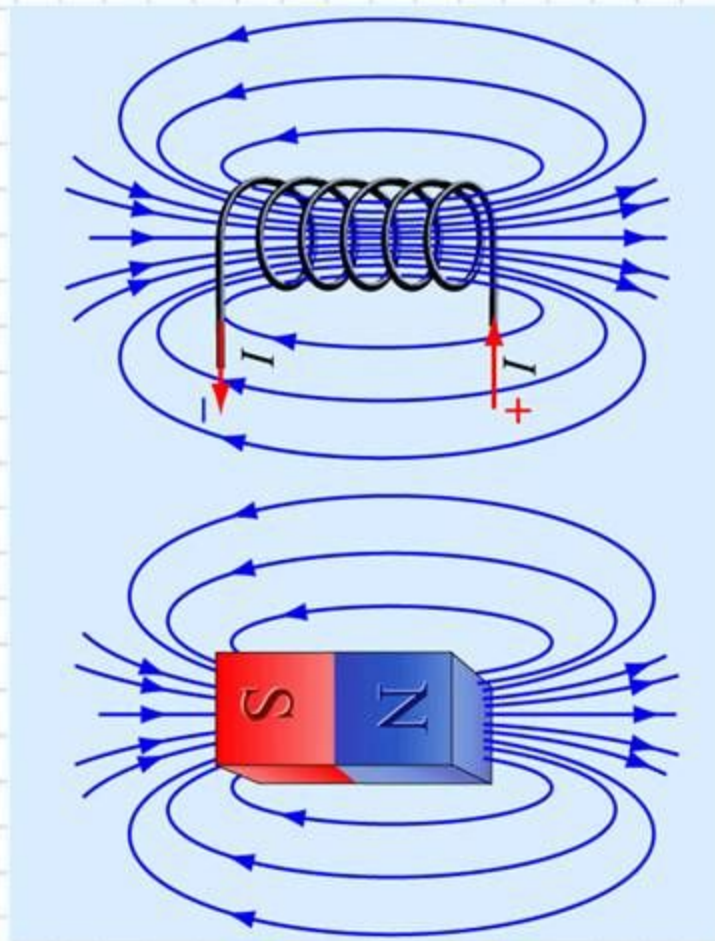
Это правило читается так:

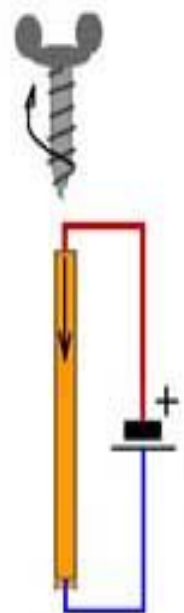
если обхватить соленоид ладонью правой руки, направив четыре пальца по направлению тока в витках, то отставленный большой палец покажет направление линий магнитного поля внутри соленоида.

Соленоид, как и магнит, имеет полюсы: тот конец соленоида, из которого магнитные линии выходят, называется северным полюсом, а тот, в который входят, - южным.

Зная направления тока в соленоиде, по правилу правой руки можно определить направление магнитных линий внутри него, а значит, и его магнитные полюсы и наоборот.

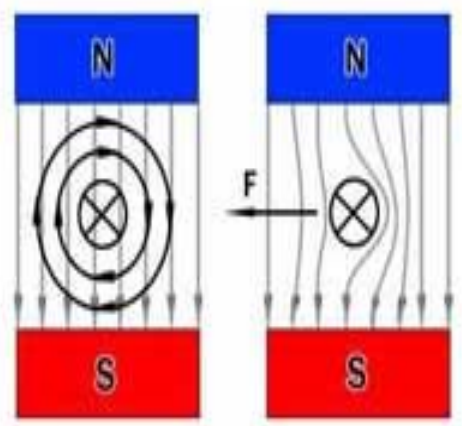
Правило правой руки можно применять и для определения направления линий магнитного поля в центре одиночного витка с током.



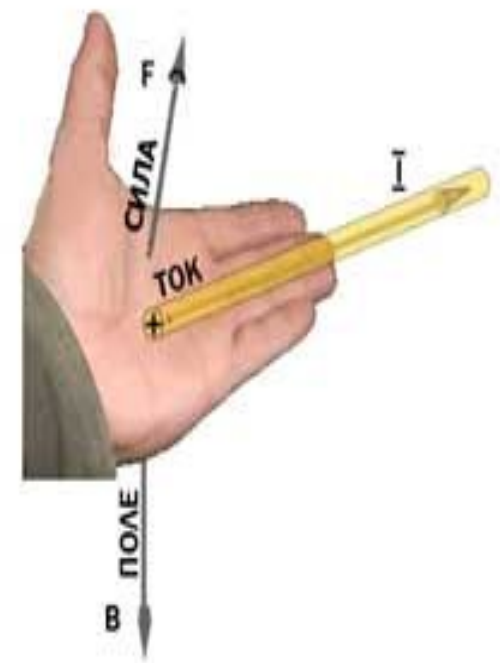


Проводник в магнитном поле

Правило буравчика

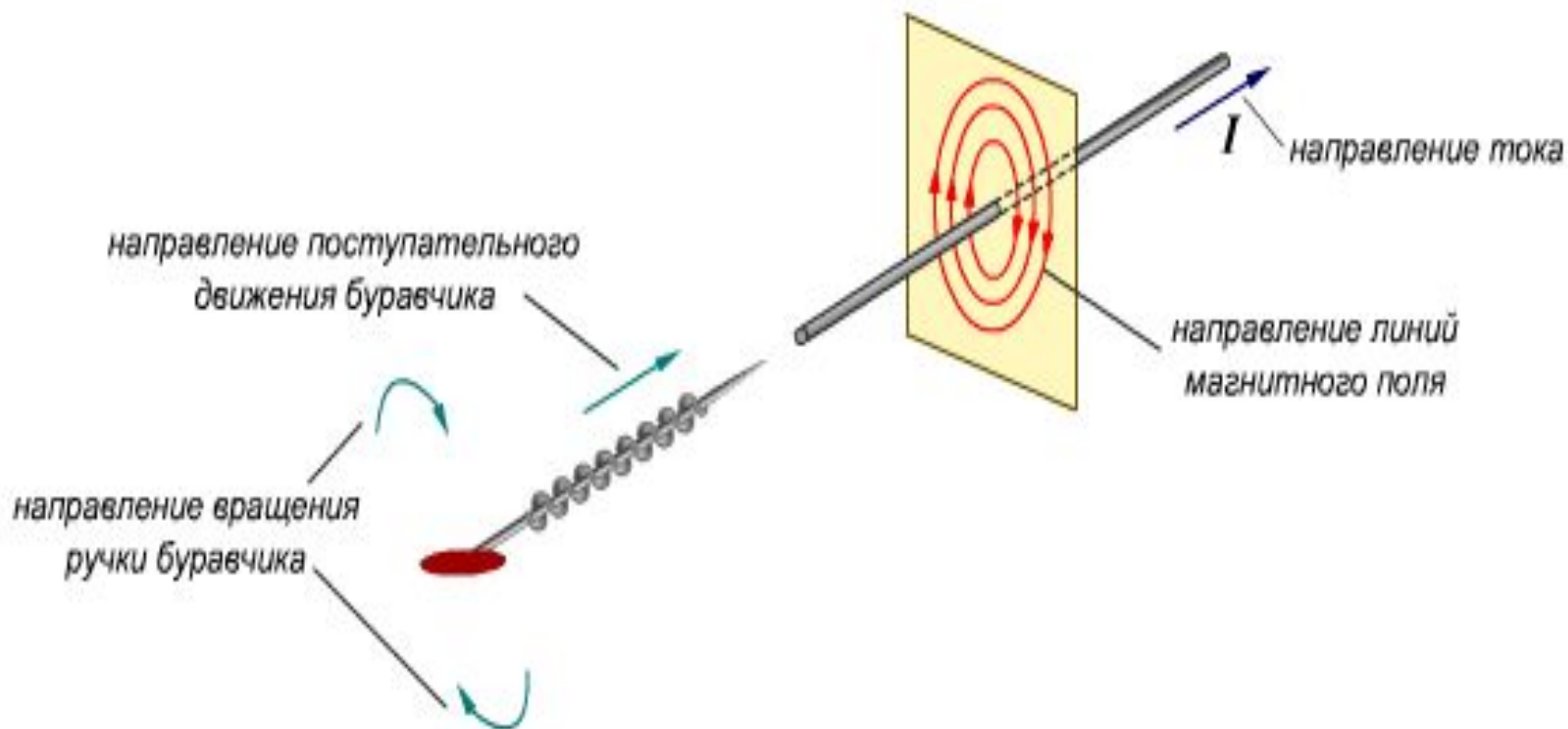


**Правило правой руки
(для генераторов)**



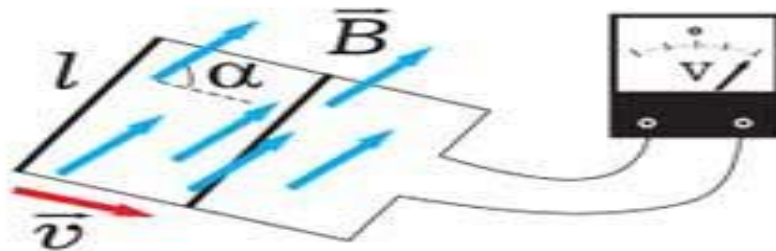
**Правило левой руки
(для двигателей)**

Правило буравчика



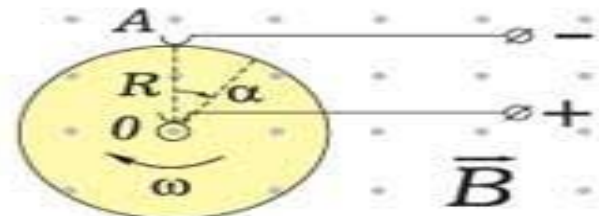
ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ

ЭДС ИНДУКЦИИ В ДВИЖУЩИХСЯ ПРОВОДНИКАХ



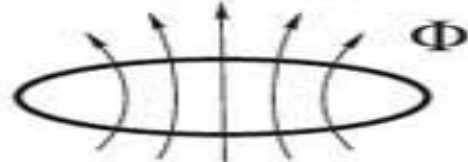
$$\mathcal{E}_i = Blv \sin \alpha = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

Униполярный генератор



$$U = \frac{1}{2} BR^2 \omega$$

ЗАКОН ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ



r - Сопротивление

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

$$q = \Phi / r \quad \text{Формула Фарадея}$$

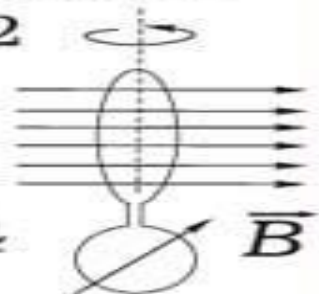
$$\mathcal{E}_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

Принцип действия флюксометра

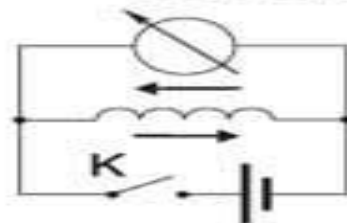
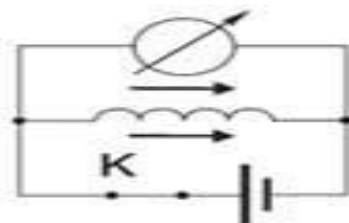
$$\varphi = \pi / 2$$

$$q \sim B$$

$$q = \frac{\Phi}{r} = \frac{BSn}{r}$$



САМОИНДУКЦИЯ



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

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

$$\Phi = LI$$

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

Закон самоиндукции

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

ЭДС самоиндукции
пропорциональна скорости
изменения силы тока в
электрической цепи

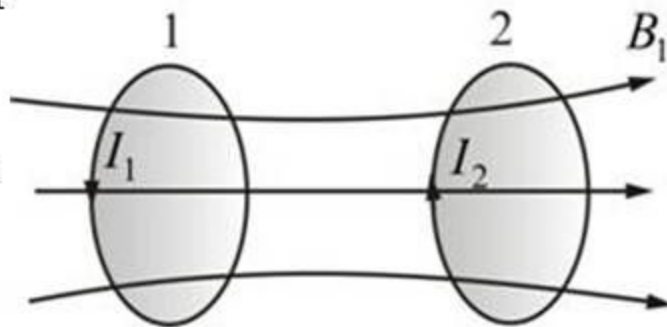
В таком виде справедлив при равномерном
изменении силы тока

Взаимная индукция

Если два контура находятся по соседству, и по одному из них протекает изменяющийся во времени ток, то в другом контуре наводится ЭДС. Рассмотрим два контура, расположенные недалеко друг от друга,

В первом контуре течет ток I_1 . Он создает магнитный поток, который пронизывает и витки второго контура.

$$\Phi_2 = L_{21} I_1$$



Аналогично, ток I_2 второго контура создает магнитный поток, пронизывающий первый контур:

$$\Phi_1 = L_{12} I_2$$

При изменении тока I_1 во втором контуре наводится ЭДС индукции:

$$\mathcal{E}_{i2} = -L_{21} \frac{dI_1}{dt}$$

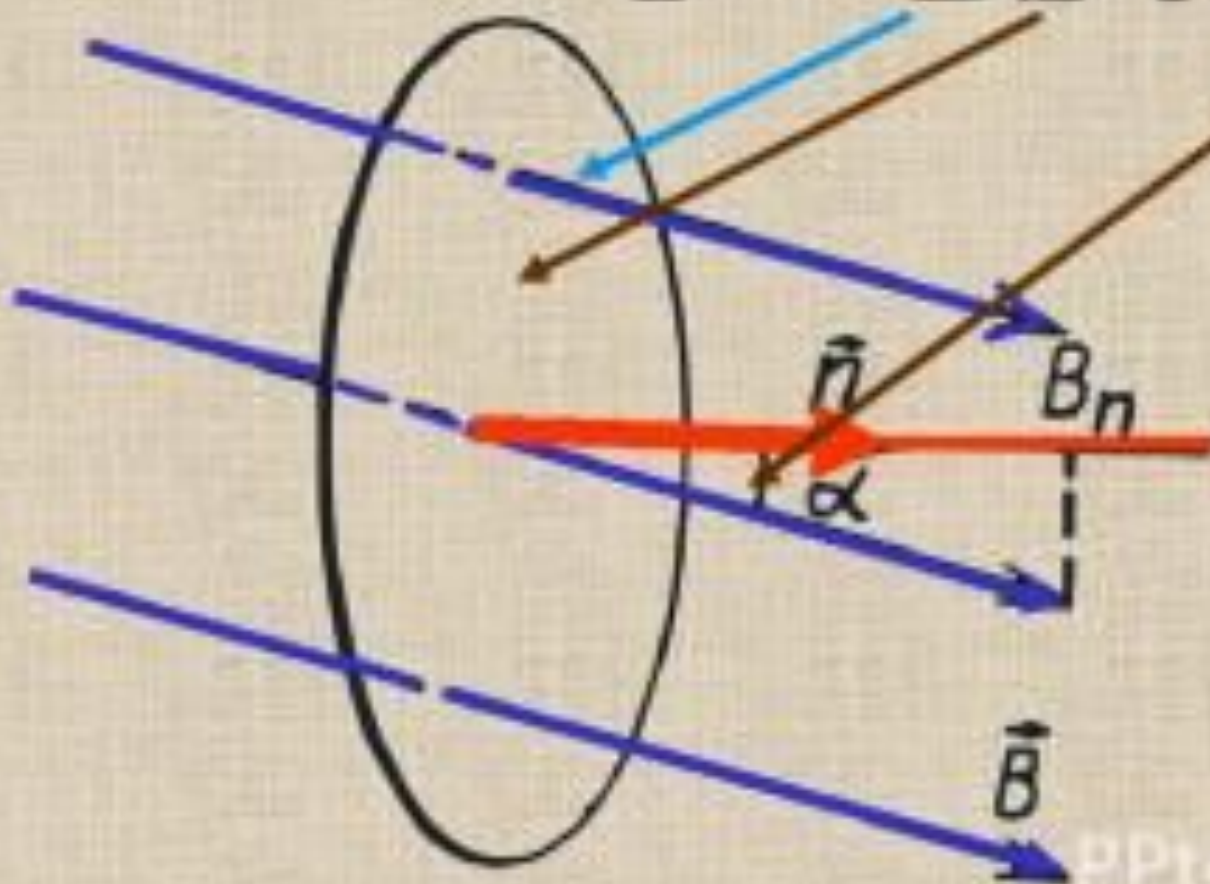
И при изменении тока I_2 в первом контуре наводится ЭДС:

$$\mathcal{E}_{i1} = -L_{12} \frac{dI_2}{dt}$$

Контуры называются **связанными**, а явление возникновения ЭДС в одном из контуров при изменении силы тока в другом называется – взаимной индукцией.

Магнитный поток

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



Закон электромагнитной индукции



направление индукционного тока

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

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

Знак ЭДС индукции

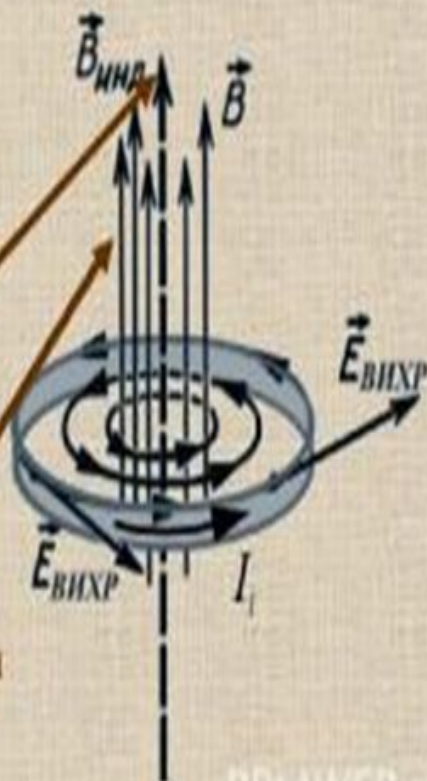
$$\varepsilon_i > 0$$

если
направления

вектора магнитной
индукции
индукционного тока

вектора магнитной
индукции внешнего поля

совпадают



PPT4WEB.ru

Знак ЭДС индукции

$$\varepsilon_i < 0$$

если
направления

вектора магнитной
индукции внешнего
поля

вектора магнитной
индукции
индукционного тока

противоположны



PPT4WEB.ru

ЭДС индукции не зависит от:

материала проводника

рода носителей тока

сопротивления проводника

температуры проводника

**ЭДС индукции зависит только от
характера изменения магнитного
поля**

Знак ЭДС индукции



$$\varepsilon_i < 0$$

$$\varepsilon_i > 0$$

Формула для ЭДС индукции

$$\varepsilon_i = \frac{A_{\text{вих.эл.поля}}}{q}$$

ЭДС индукции равна работе по перемещению единичного заряда вдоль замкнутого контура, совершаемой силами вихревого электрического поля