ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ

1. *ЯВЛЕНИЕ* ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ (ЭМИ)

Майкл Фарадей
1791 – 1867
английский физик
и химик

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

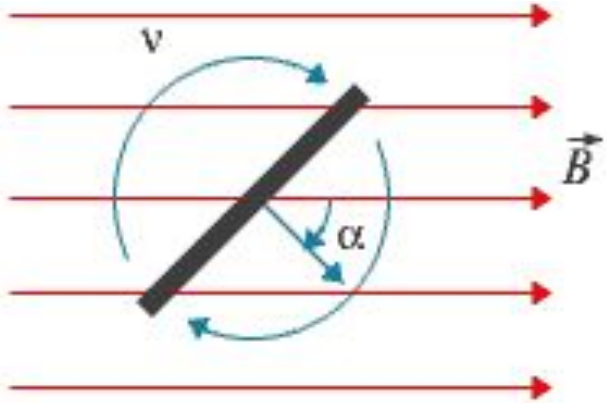
Это *явление* называют электромагнитной индукцией, а возникающий ток – индукционным

2. Формальные причины явления ЭМИ

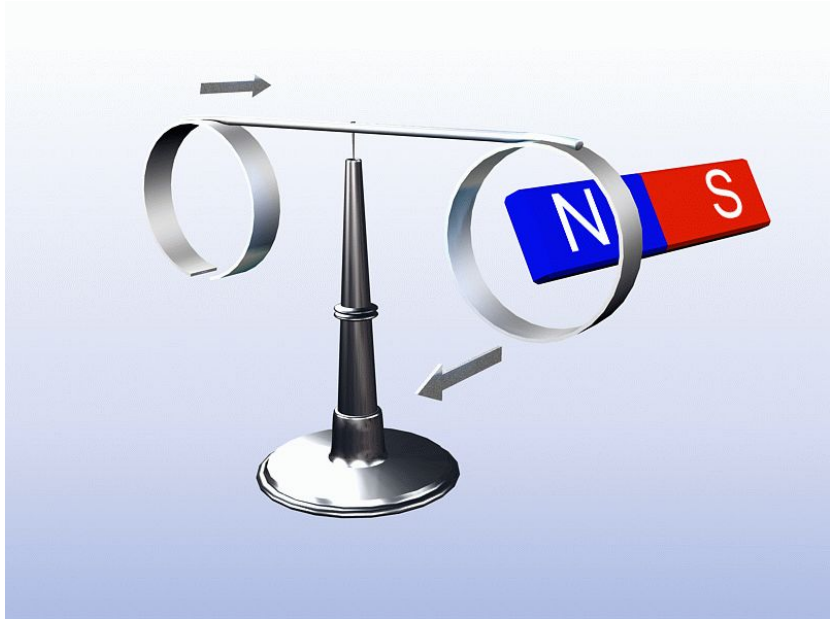
$$\Phi = \int_S \vec{B}\,\overrightarrow{dS} = \int_S B\,dS\cos\alpha$$

Четыре причины изменения магнитного потока:

1. Контур перемещается в неоднородном поле $\vec{B} \neq const$
2. Неподвижный контур в переменном поле $\vec{B} = \vec{B}(t)$.
3. Деформация контура ($S=S(t)$).
4. Изменение ориентации плоскости контура по отношению к индукции магнитного поля $\alpha=\alpha(t)$.

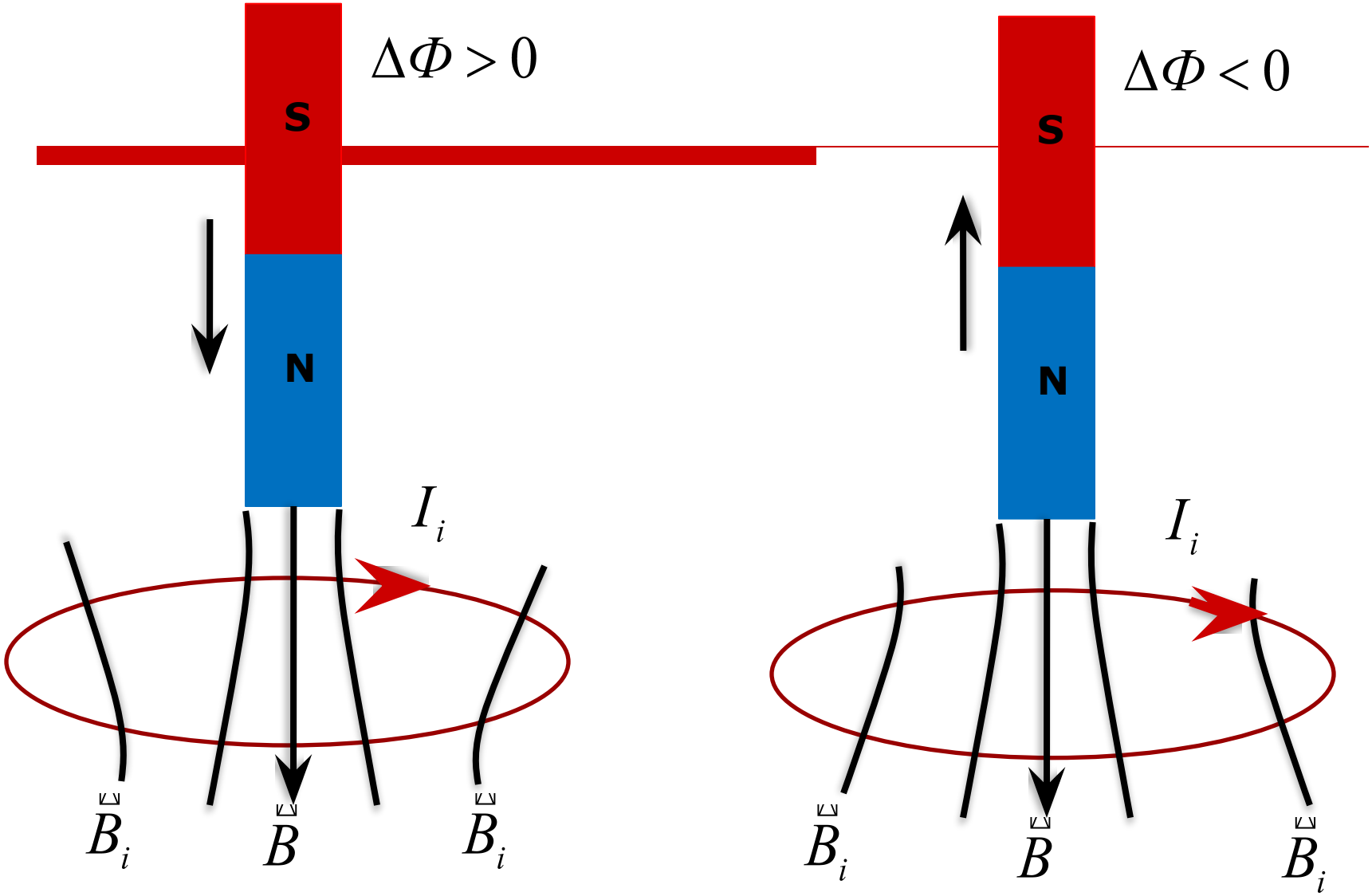


3. ПРАВИЛО ЛЕНЦА



Эмилий Христианович Ленц
1804 – 1865
российский физик и электротехник

Возникающий в контуре ток (индукционный) всегда препятствует причине его вызывающей


$\Delta\Phi > 0$
S
N
I_i
$\vec{B}_i$
$\vec{B}$
$\vec{B}_i$
$\Delta\Phi < 0$
S
N
I_i
$\vec{B}_i$
$\vec{B}$
$\vec{B}_i$

4. ЗАКОН ФАРАДЕЯ ДЛЯ ЭМИ

- величина ЭДС, индуцируемой в контуре, равна скорости изменения потока магнитной индукции.

$$\boxed{\varepsilon_i = -\frac{d\Phi}{dt}}$$

- для контура

$$\boxed{\varepsilon_i = -N\frac{d\Phi}{dt}}$$

- для катушки (соленоида)

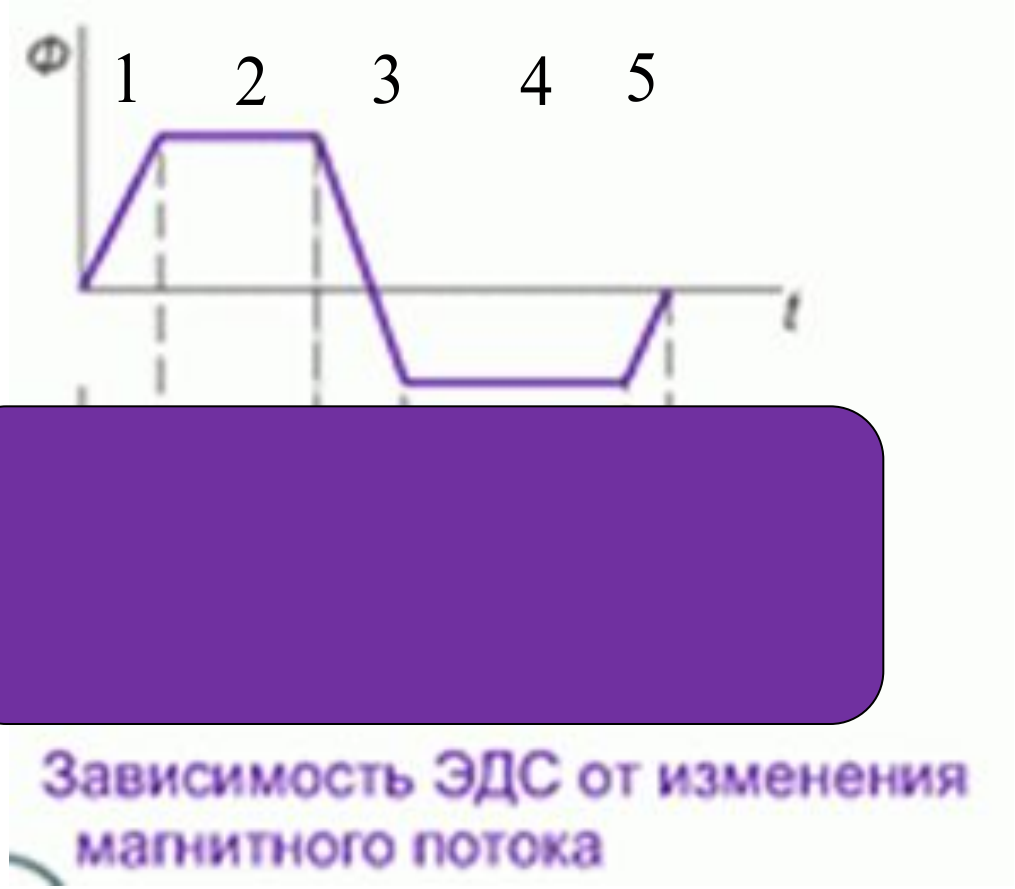
или

$$\boxed{\varepsilon_i = -\frac{d\Psi}{dt}}$$

- здесь Ψ - полный магнитный поток или потокосцепление

Знак «минус» в законе Фарадея отражает правило Ленца!!!

ВОПРОС: на каком участке ЭДС индукции максимальна? равна нулю? Почему?



5. ИЗМЕРЕНИЕ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ

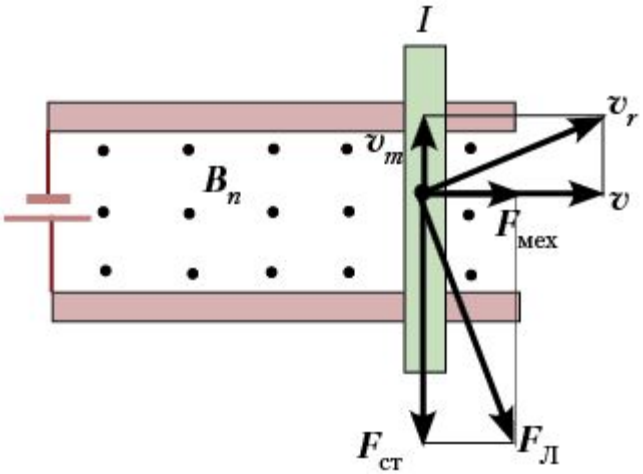
Пусть полный магнитный поток, сцепленный с некоторым контуром, изменяется от Ψ_1 до Ψ_2. Найдем заряд *q*, который протекает при этом через каждое сечение контура.

Мгновенное значение силы тока в контуре определим по закону Ома:

$$I = \frac{\varepsilon_i}{R} = -\frac{1}{R}\frac{d\Psi}{dt}; \qquad dq = Idt \Rightarrow \quad dq = -\frac{1}{R}\frac{d\Psi}{dt}dt = -\frac{d\Psi}{R}.$$

$$\boxed{|q| = -\frac{\Delta\Psi}{R}}$$

6. ВИХРЕВОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ



Результирующая сила Лоренца перпендикулярна полной скорости электрона, поэтому ее работа равна нулю. Роль сторонней будет выполнять внешняя сила, поддерживающая движение перемычки.

В случае неподвижного контура и переменного во времени магнитного поля роль сторонней силы выполняет вихревое электрическое поле, порождаемое переменным магнитным полем.

$$\varepsilon_i = -\frac{d\Phi}{dt}; \quad \varepsilon_i = \frac{A^*}{q}; \quad A^* = \oint q\vec{E}^* d\vec{l} \Rightarrow \quad \varepsilon_i = \oint \vec{E}^* d\vec{l};$$

$$\frac{d\Phi}{dt} \equiv \frac{d}{dt}\int \vec{B} d\vec{S} = \int \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{S} \Rightarrow \quad \boxed{\oint \vec{E}^* d\vec{l} = -\int \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{S}.}$$

7. ВИХРЕВЫЕ ТОКИ ФУКО

Индукционные токи, возбуждаемые в сплошных массивных проводниках, называют токами Фуко или вихревыми токами.

Электрическое сопротивление массивного проводника мало, поэтому токи Фуко могут достигать очень большой силы. В соответствии с правилом Ленца токи Фуко выбирают внутри проводника такие пути и направления, чтобы своим действием препятствовать причине их вызывающей.