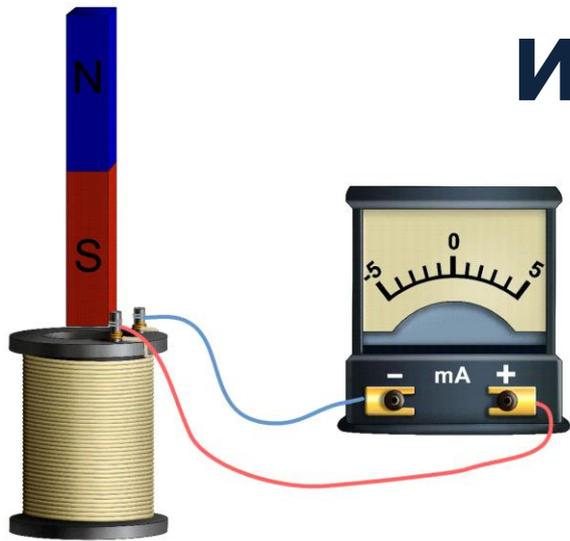


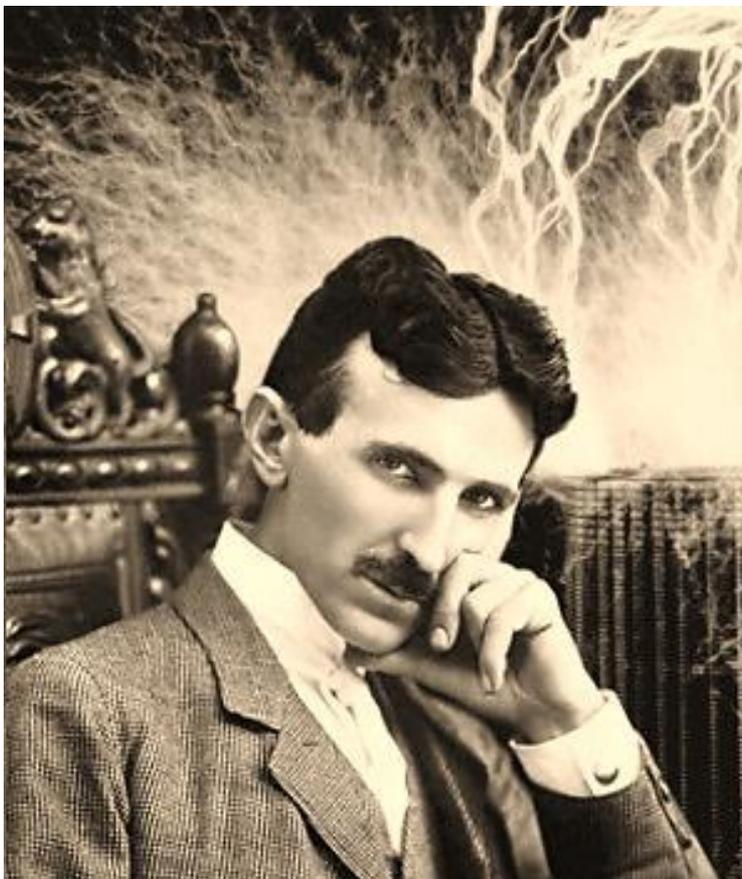


# Явление электромагнитной индукции. Магнитный поток. Закон электромагнитной индукции



Самая большая ошибка в том, что мы быстро сдаёмся. Иногда, чтобы получить желаемое, надо просто попробовать ещё один раз.

Томас Эдисон



Никола Тесла

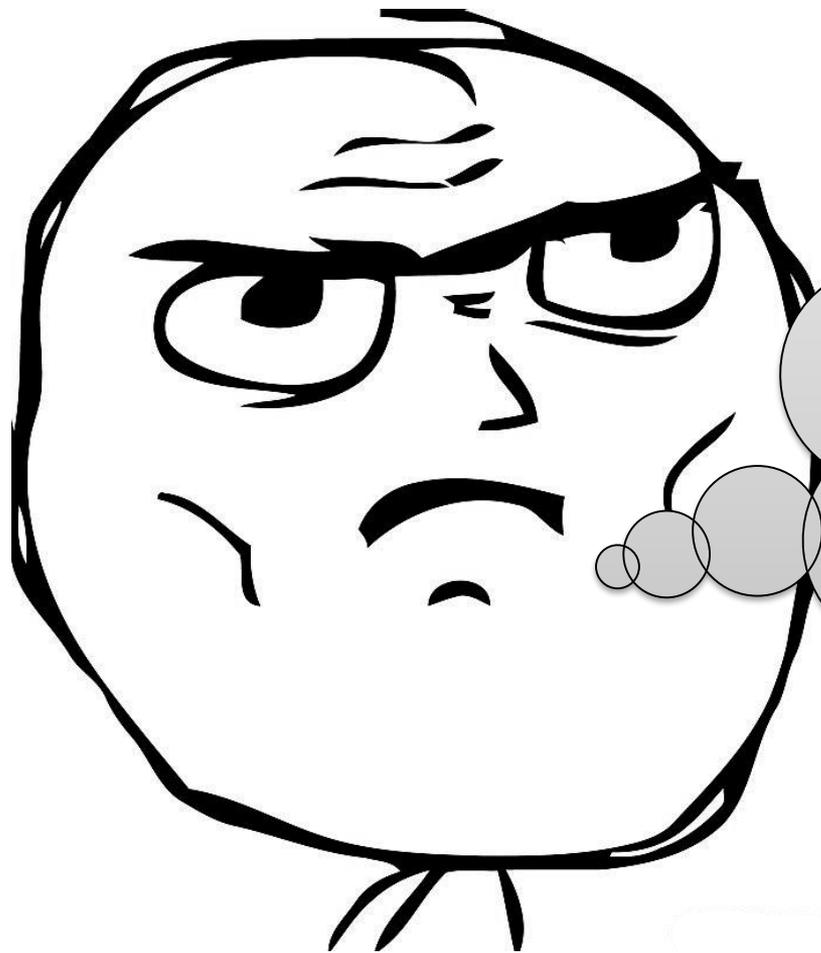
**Магнитная индукция** — это векторная физическая величина, являющаяся силовой характеристикой магнитного поля, численно равная максимальному вращающему моменту, действующему на контур с единичным магнитным моментом, и направленная вдоль положительной нормали к контуру.

$$B = \frac{M_{max}}{p_m}$$

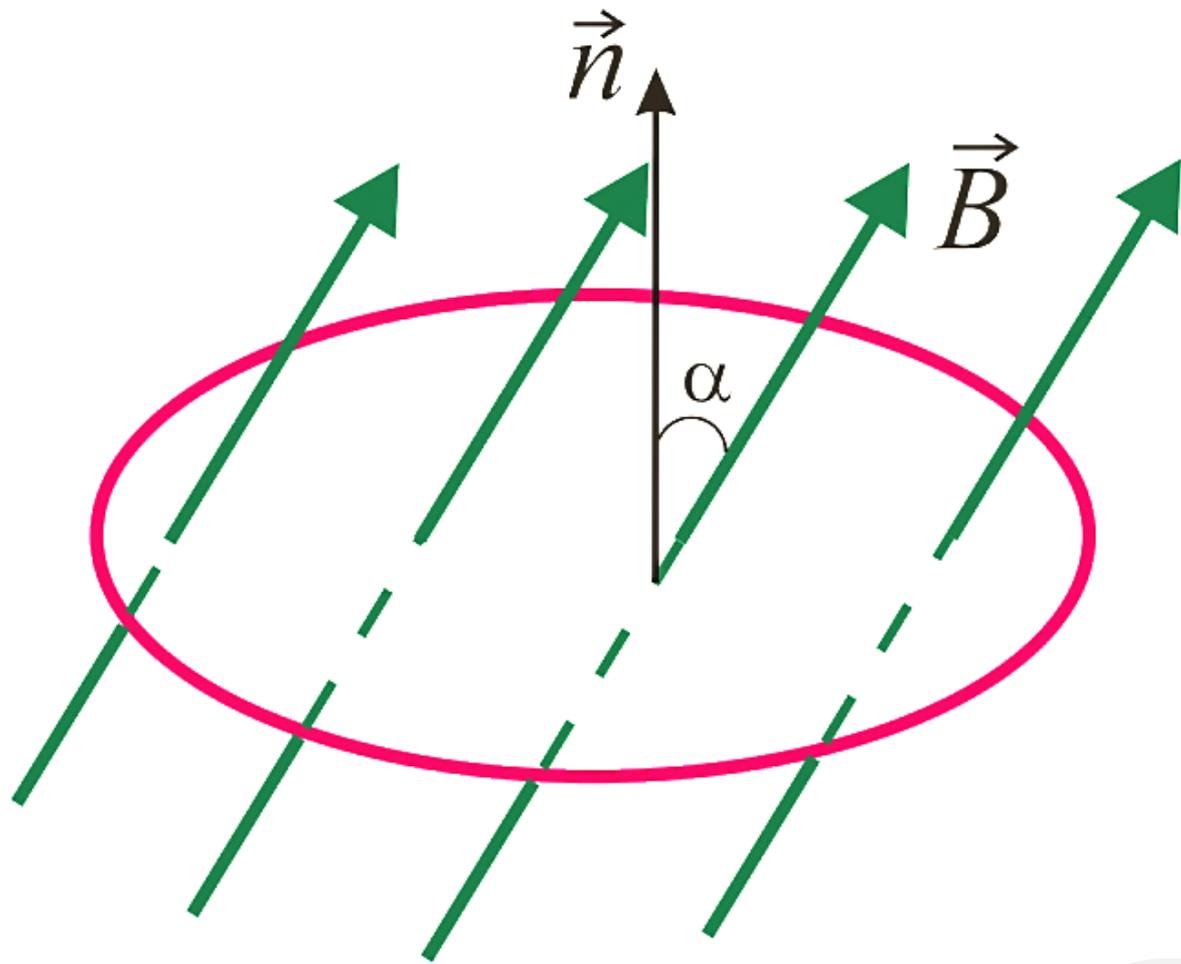
$$[B] = [\text{Тл}]$$

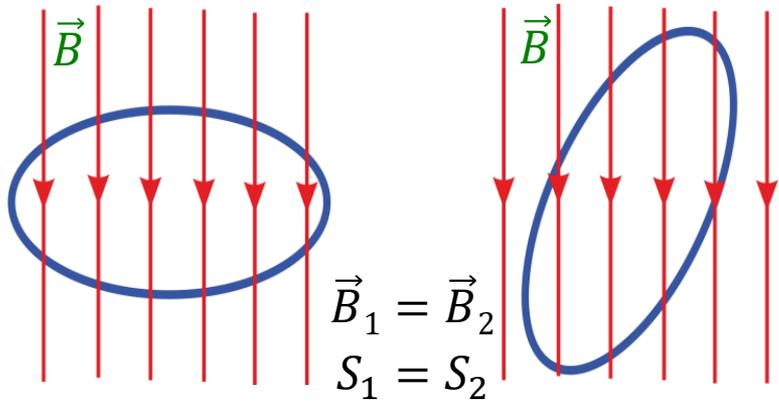
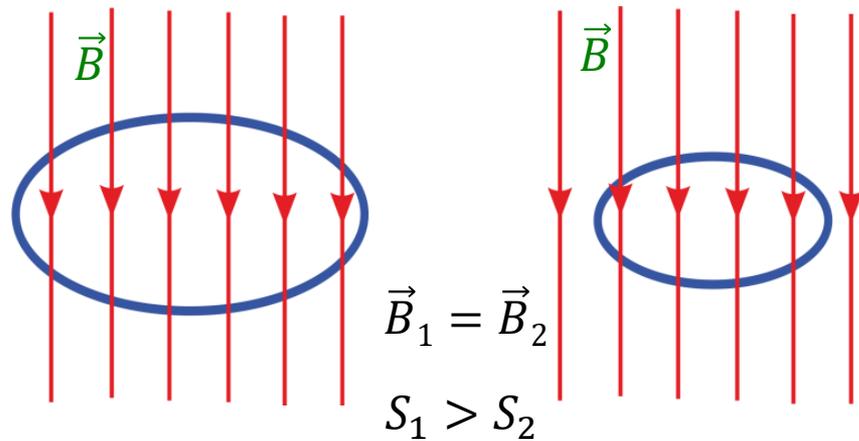
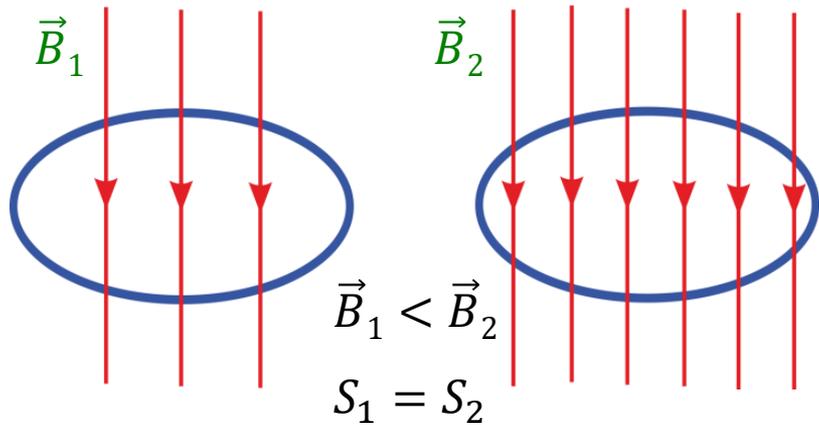
$$1 \text{ Тл} = \frac{1 \text{ А} \cdot \text{м}^2}{1 \text{ Н} \cdot \text{м}}$$

$\vec{B}$  полностью характеризует МП.

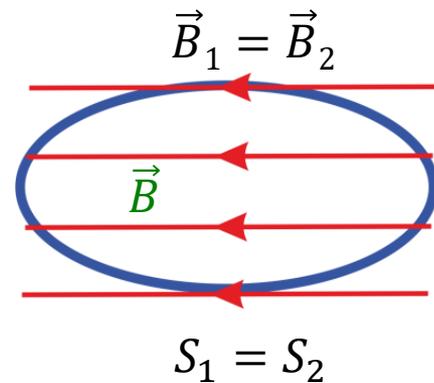


А можно ли ввести такую величину, которая характеризовала магнитное поле не только в данной точке, а во всех точках поверхности, ограниченной замкнутым контуром?





Ни одна из линий  
не пронизывает  
контур.

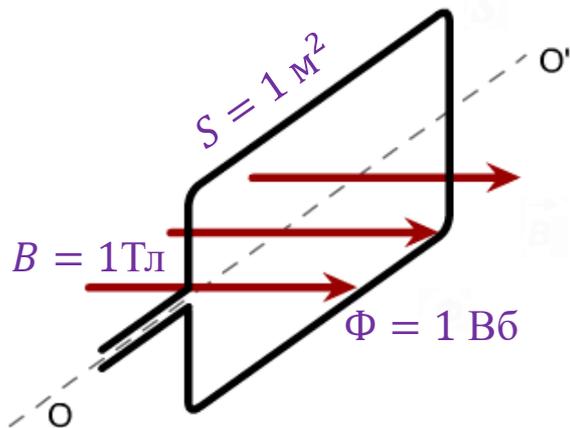
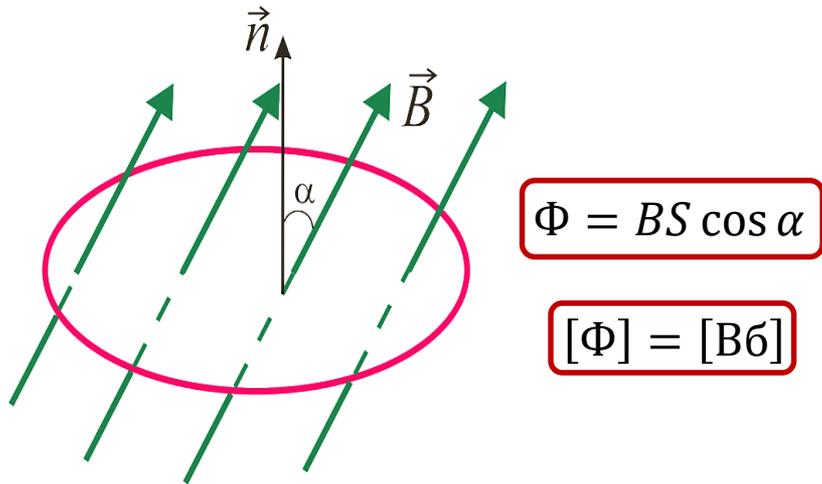




Потоки воздушных масс

Потоки воды в реке





**Магнитный поток** через плоскую поверхность — это скалярная физическая величина, численно равная произведению модуля магнитной индукции на площадь поверхности, ограниченной контуром, и на косинус угла между нормалью к поверхности и магнитной индукцией.

**1 вебер** — это магнитный поток однородного магнитного поля с индукцией 1 Тл через перпендикулярную ему поверхность площадью 1 м<sup>2</sup>.

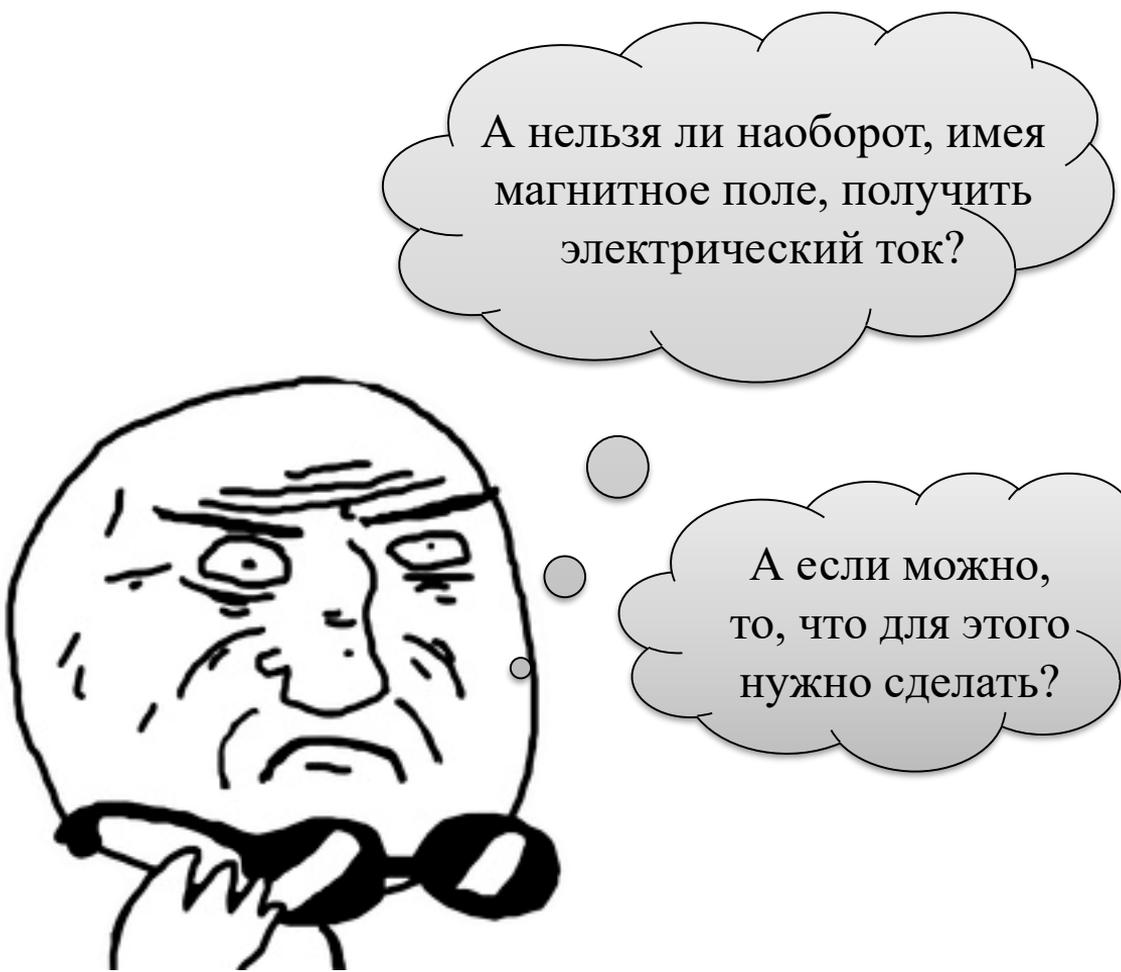


Ханс Кристиан Эрстед

## Опыт Х. К. Эрстед



Вокруг любого проводника с током существует магнитное поле.



А нельзя ли наоборот, имея магнитное поле, получить электрический ток?



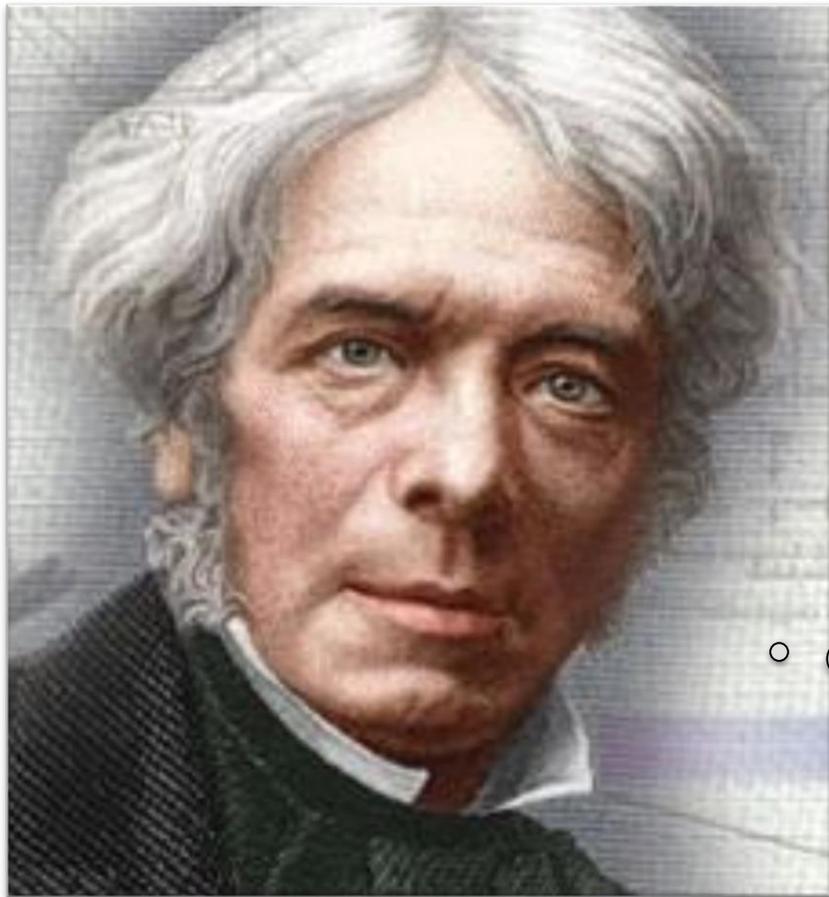
А если можно, то, что для этого нужно сделать?



Майкл Фарадей



Жан-Даниэль Колладон



Майкл Фарадей



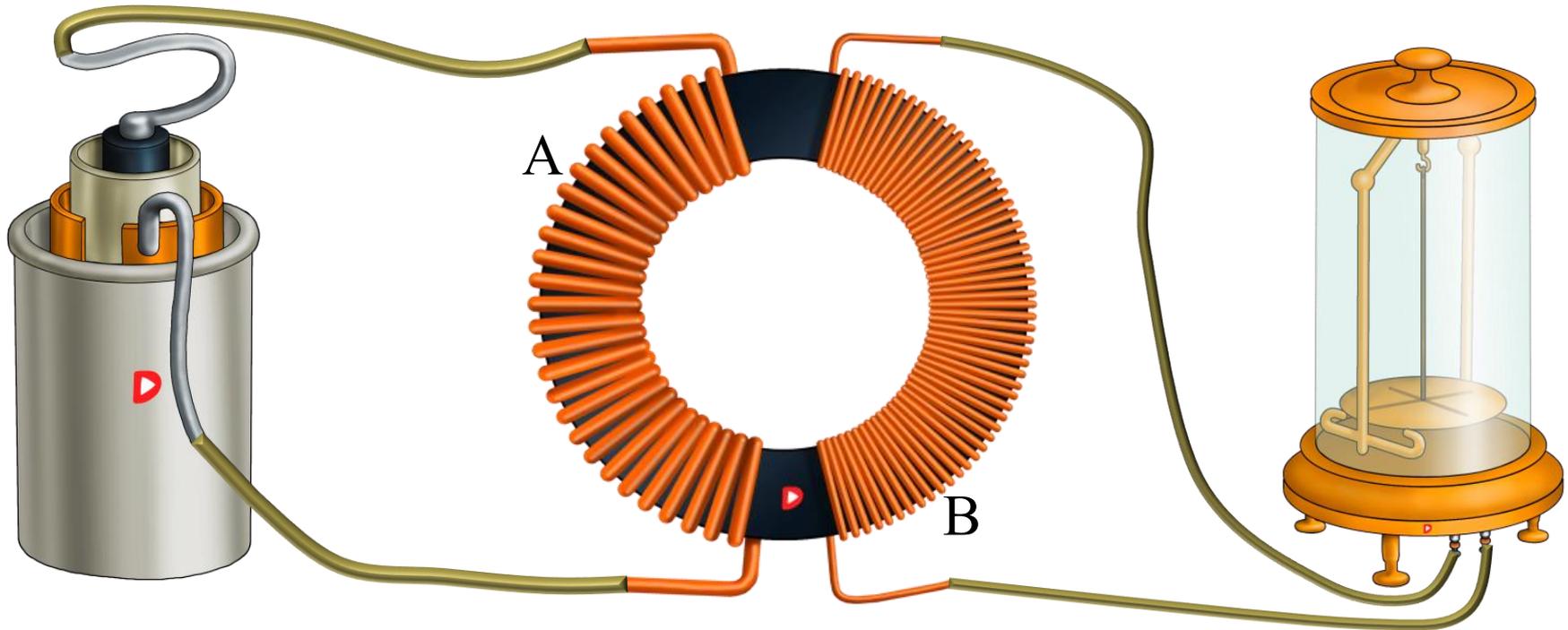
Я уверен, что электрические и магнитные явления — это явления одной природы.

# 17 октября 1831 года

При замыкании и размыкании цепи возникают индукционные токи противоположных направлений.

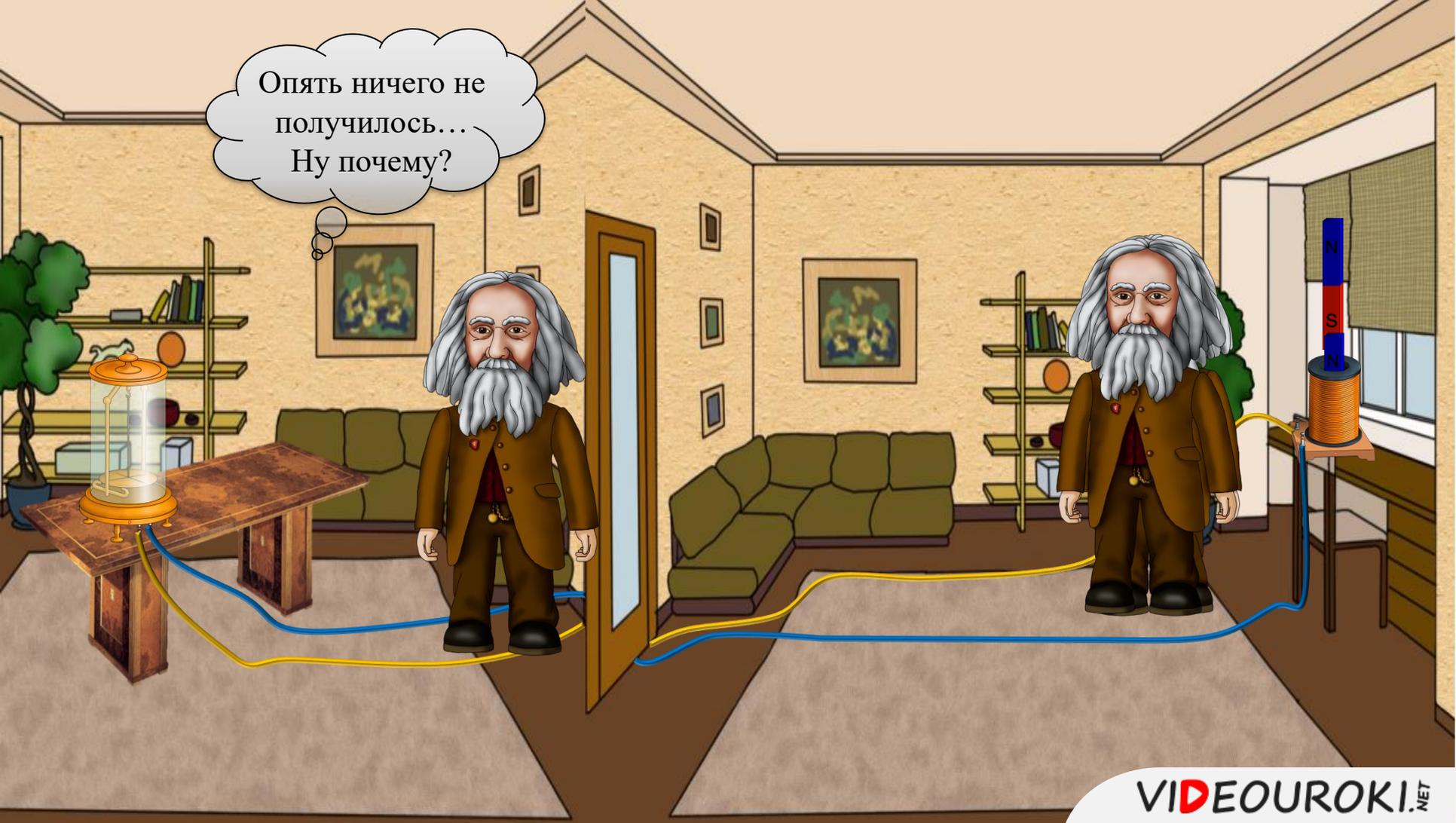


# Изучение влияния железа на индукцию



Таким образом, задача, поставленная Фарадеем в 1820 г., была решена:  
**магнетизм был превращен в электричество!!!**

Опять ничего не  
получилось...  
Ну почему?





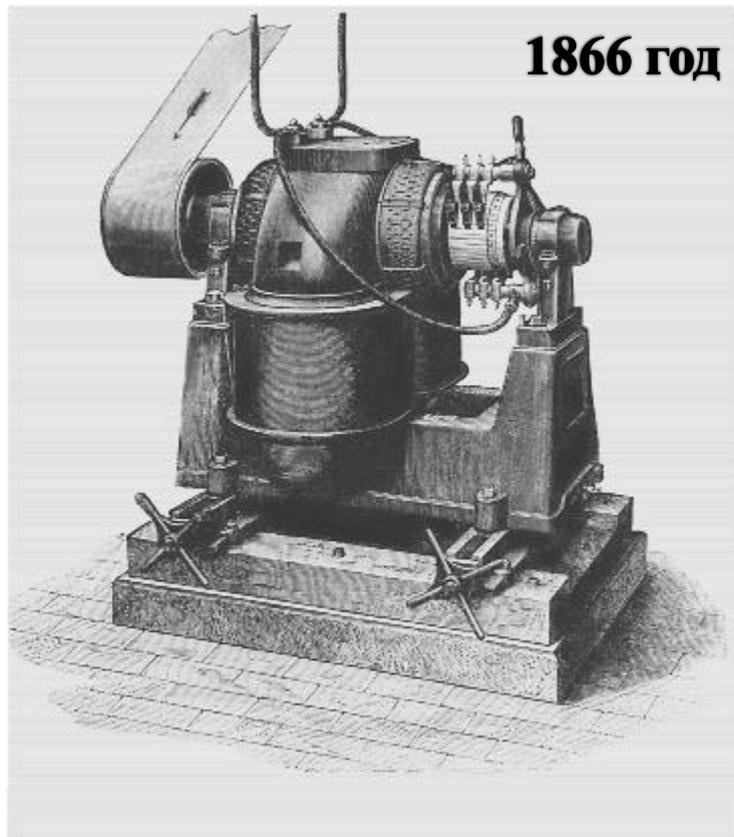
А для чего годится только  
что родившийся ребёнок?



Всё, что вы нам здесь  
показывали, господин  
Фарадей, действительно  
красиво. Но теперь скажите  
мне, для чего годится эта  
магнитная индукция!?



Эрнст Вернер фон Сименс

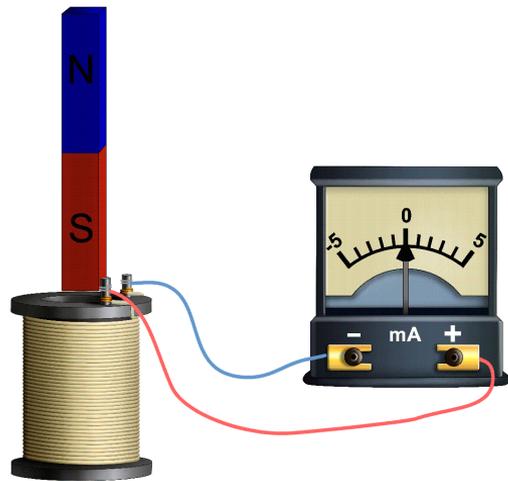


Первая динамо-машина  
постоянного тока Сименса

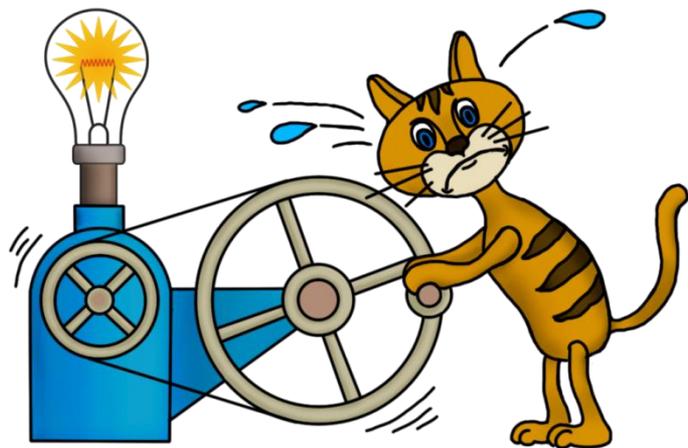
# Современный опыт Фарадея

Не при всяком движении магнита (или катушки) возникает электрический ток

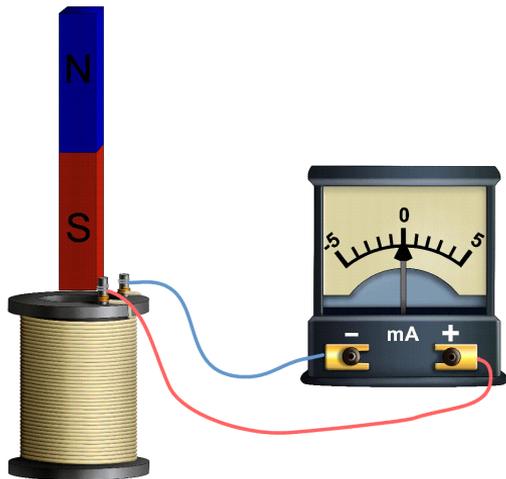
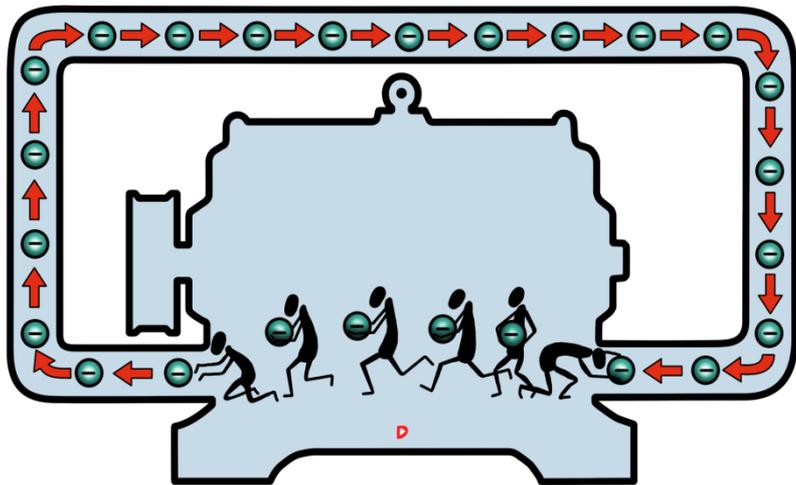




Явление возникновения тока в замкнутом контуре при изменении магнитного потока, пронизывающего контур, называется **явлением электромагнитной индукции**.



Полученный таким способом ток называется **индукционным током** (от латинского «наведенный»).



Электродвижущая сила (ЭДС) — скалярная физическая величина, характеризующая работу сторонних сил и в замкнутом проводящем контуре численно равна работе этих сил по перемещению единичного положительного заряда вдоль всего контура.

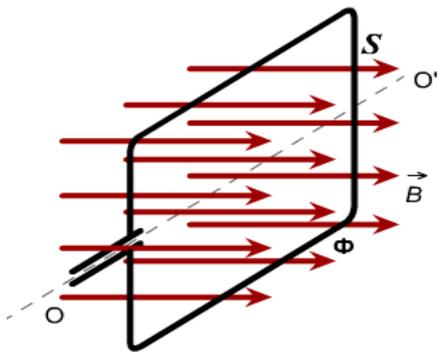
При изменении магнитного потока через поверхность, ограниченную контуром, в нем появляются сторонние силы, действие которых характеризуется ЭДС, называемой ЭДС индукции.

$$[\xi_i] = [B]$$

## Значение индукционного тока (ЭДС индукции)

НЕ ЗАВИСИТ

от причин изменения  
магнитного потока

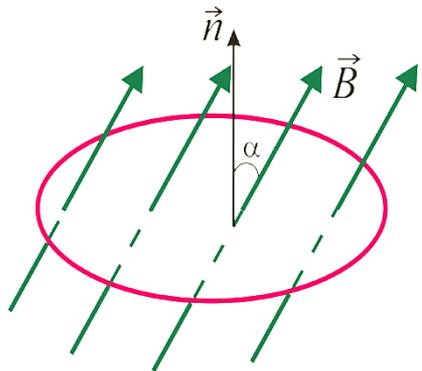


ЗАВИСИТ

от скорости изменения  
магнитного потока

A diagram showing a bar magnet with its North pole (N) on the left and South pole on the right. A rectangular coil is positioned to the right of the magnet, with a grey arrow pointing towards it from the magnet's North pole, indicating the direction of the magnetic field.

Сила индукционного тока  
пропорциональна скорости изменения  
магнитного потока через поверхность,  
ограниченную контуром



$$\langle \xi_i \rangle = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

$\Delta \Phi = \Phi_2 - \Phi_1$  — изменение магнитного потока.

$\Delta t$  — промежуток времени, в течении которого произошло изменение магнитного потока.

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

$R$  — сопротивление контура.

## Закон электромагнитной индукции:

среднее значение ЭДС индукции в проводящем контуре пропорционально скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную контуром.

Индукционный ток противодействует изменению магнитного потока.

ЭДС индукции и скорость изменения магнитного потока имеют разные знаки.

**Задача.** Из провода длиной  $2 \text{ м}$  сделан квадрат, который расположен горизонтально. Какой заряд пройдет по проводу, если его потянуть за две диагонально противоположные вершины так, чтобы он сложился? Сопротивление провода  $0,1 \text{ Ом}$ , а вертикальная составляющая индукции магнитного поля  $B = 50 \text{ мТл}$ .

**Дано:**

**Решение:**

$$\langle \xi_i \rangle = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = - \frac{B \left( -\frac{l^2}{16} \right)}{\Delta t} = \frac{Bl^2}{16\Delta t}$$

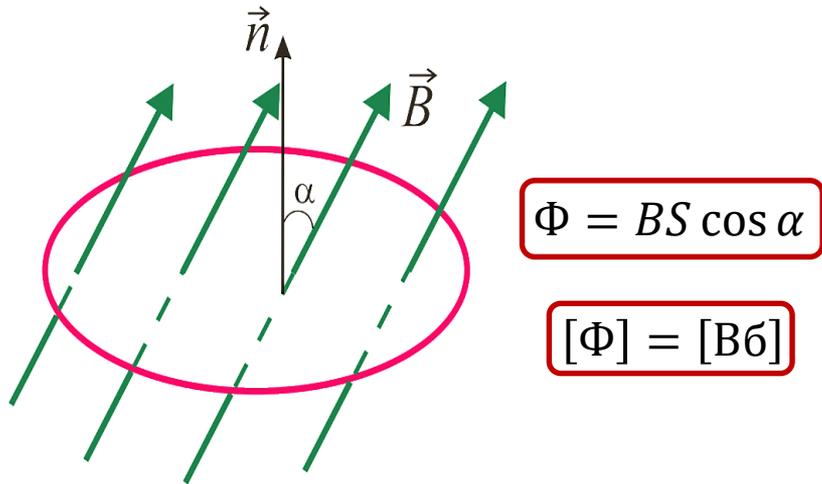
Изменение магнитного потока за время  $\Delta t$ :  $\Delta \Phi = B\Delta S$

Изменение площади контура:  $\Delta S = S_2 - S_1 = 0 - \frac{l^2}{16} = -\frac{l^2}{16}$

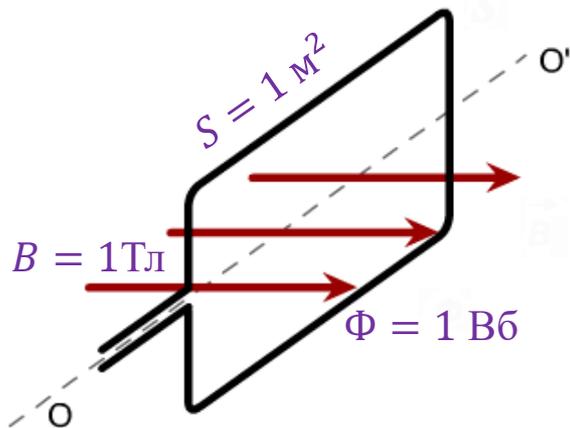
Закон Ома для замкнутой цепи:  $\langle I \rangle = \frac{\xi_i}{R} \Rightarrow \langle I \rangle = \frac{Bl^2}{16R\Delta t}$

Искомый заряд, прошедший по контуру:

$$q = \langle I \rangle \Delta t = \frac{Bl^2}{16R} \Rightarrow q = \frac{50 \cdot 10^{-6} \cdot 2^2}{16 \cdot 0,1} = 125 \cdot 10^{-6} \approx 0,13 \text{ мТл}$$



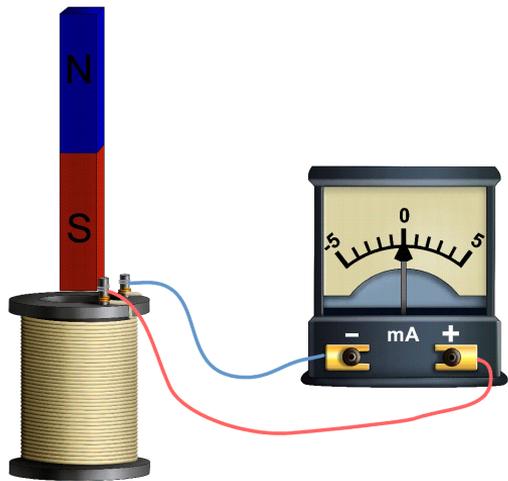
$$[\Phi] = [\text{Вб}]$$



## Главные выводы

**Магнитный поток** через плоскую поверхность — это скалярная физическая величина, численно равная произведению модуля магнитной индукции на площадь поверхности, ограниченной контуром, и на косинус угла между нормалью к поверхности и магнитной индукцией.

**1 вебер** — это магнитный поток однородного магнитного поля с индукцией 1 Тл через перпендикулярную ему поверхность площадью 1 м<sup>2</sup>.



## Главные выводы

Явление возникновения тока в замкнутом контуре при изменении магнитного потока, пронизывающего контур, называется **явлением электромагнитной индукции**.

Полученный таким способом ток называется **индукционным током**.



$$\langle \xi_i \rangle = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

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

**Закон электромагнитной индукции:** среднее значение ЭДС индукции в проводящем контуре пропорционально скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную контуром.