

# ЭЛЕКТРОМАГНИТ НАЯ

## ИНДУКЦИЯ

**Правило Ленца**



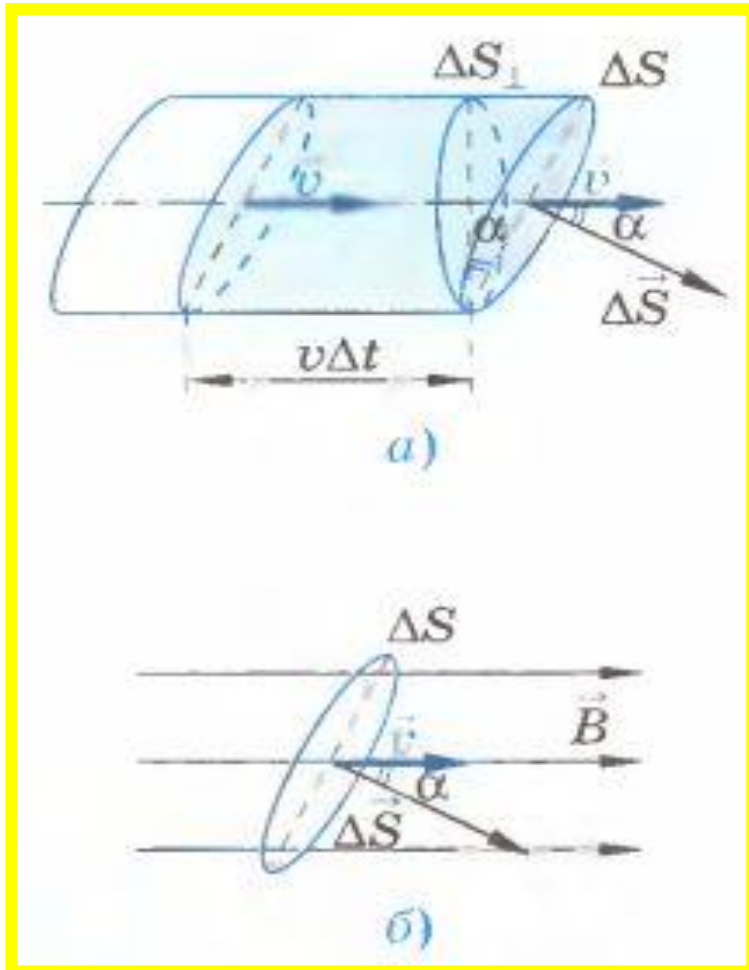
Майкл Фарадей

## Электромагнитная

### индукция

«превратить магнетизм в электричество», — записал он в 1822 г. в своём дневнике. Многие годы настойчиво ставил он различные опыты, но безуспешно, и только 29 августа 1831 г. наступил триумф: он открыл явление электромагнитной индукции.

# Поток жидкости



Поток жидкости — объем жидкости, протекающей сквозь поперечное сечение трубы за единицу времени. Найдем поток жидкости, движущейся со скоростью  $V$  вдоль цилиндрической трубы сечением  $S$

$$\Delta V = \Delta S_{\perp} v \Delta t; \quad \Delta S_{\perp} = \Delta S \cos \alpha.$$

# Поток магнитной индукции

- По аналогии с потоком жидкости вводится магнитный поток (или поток магнитной индукции).

$$\Phi = (\vec{B} \Delta \vec{S}) = B \Delta S \cos \alpha.$$

- **Магнитный поток** (поток магнитной индукции) через поверхность площадью  $S$  — физическая величина, равная скалярному произведению вектора магнитной индукции на вектор площади

# Единица магнитного потока

- $\Phi$  — магнитный поток, Вб (Вебер)

$$[\Phi] = 1 \text{ Вб.}$$

- 1 Вб — магнитный поток, созданный однородным магнитным полем с индукцией 1 Тл через поверхность площадью  $1 \text{ м}^2$ , расположенную перпендикулярно вектору магнитной индукции


# Магнитный поток и что из него вышло.

- Можно ли в проводнике (без подключения источника питания ) создать электрический ток с помощью магнитного тока?
- Английский ученый **Майкл Фарадей** проводил свои опыты в течение 10 лет, прежде чем утвердительно ответил на этот вопрос и пришел к выводу о существовании явления э/м индукции.  
1831 г. - **Фарадей** обнаружил, что в замкнутом проводящем контуре при изменении магнитного поля возникает индукционный ток.

Его опыт обобщил и перевел на язык формул **Дж. Максвелл**, т.к. в книге Фарадея не было ни одной формулы!

<http://www.youtube.com/watch?v=3SV9UdgVXhs>

**You Tube**



0:41 / 1:30 360p

<http://www.youtube.com/watch?v=piNzMOyAz78&feature=related>

**You Tube**   |

## "Явление электромагнитной индукции"

**Ucozrugg** Количество видео: 223




The diagram illustrates the phenomenon of electromagnetic induction. It features a blue and red bar magnet with 'N' and 'S' poles, positioned to the right of a grey wire coil. The magnet is moving towards the coil, as indicated by a blue arrow. Concentric, multi-colored circular lines (pink, green, blue) with arrows represent the magnetic field lines emanating from the magnet. The video player interface at the bottom shows a play button, a volume icon, a progress bar at 0:12 / 1:25, a resolution indicator for 240p, and standard navigation controls.



<http://www.youtube.com/watch?v=rzOD8Mwlqm8&feature=related>

**You Tube**



0:20 / 1:21 240p



**Явление  
электромагнитной  
индукции** заключается  
в возникновении  
индукционного тока  
при всяком изменении  
магнитного потока,  
пронизывающего  
контур.

# Возникновение индукционного тока при изменении площади контура

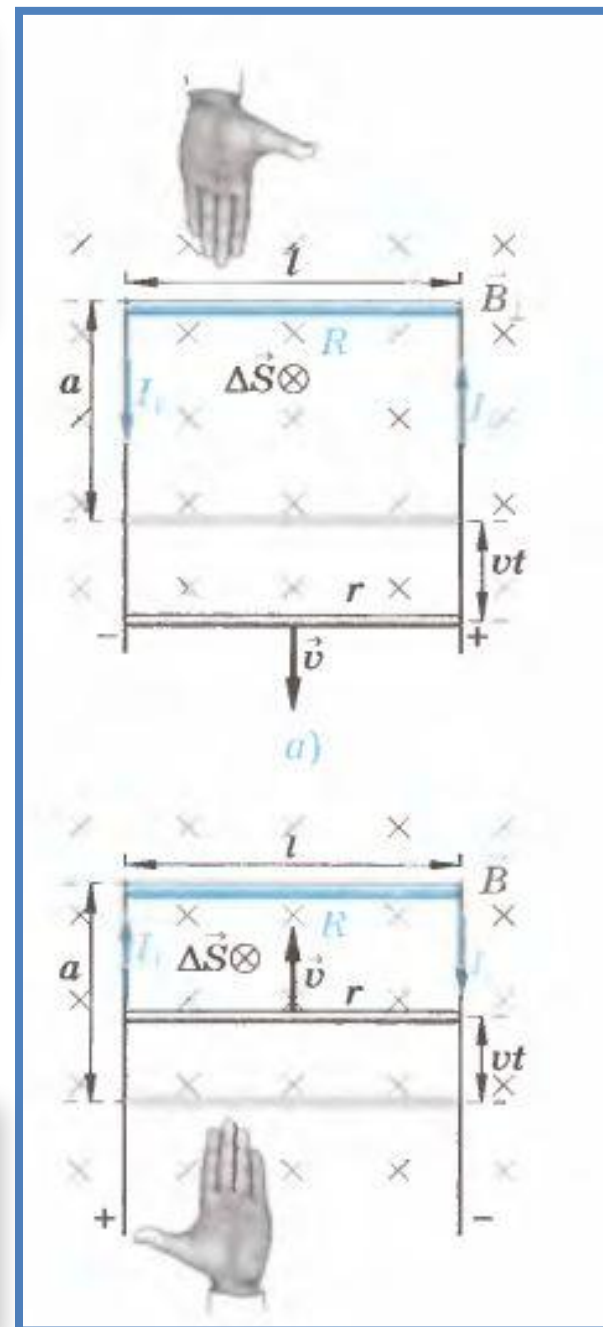
$$\Phi = B_{\perp} \Delta S,$$

$$\Delta S = l(a + vt).$$

$$\Phi = B_{\perp} l(a + vt).$$

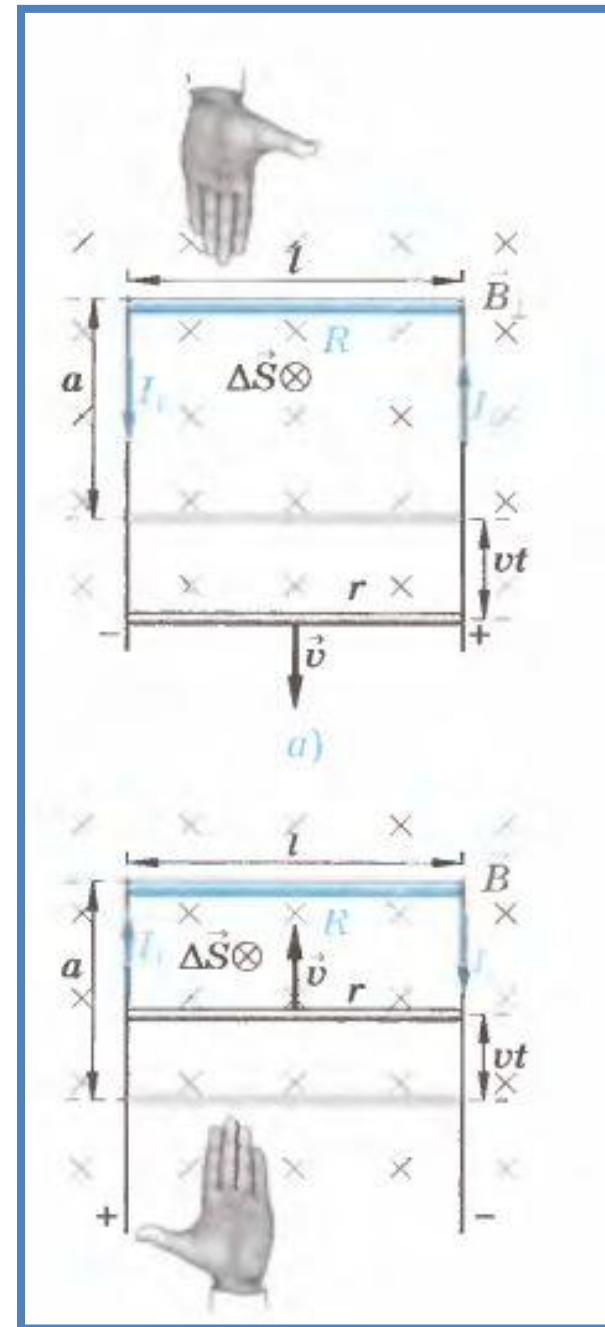
$$\Phi' = B_{\perp} lv.$$

- а) при увеличении площади;  
б) при уменьшении площади



# Направление индукционного тока

- (так же, как и величина ЭДС индукции) считается положительным, если оно совпадает с выбранным направлением обхода контура.
- Направление индукционного тока (так же, как и величина ЭДС индукции) считается отрицательным, если оно противоположно выбранному направлению обхода контура.



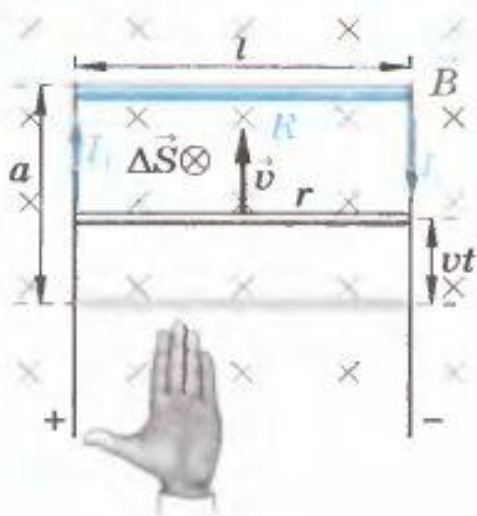
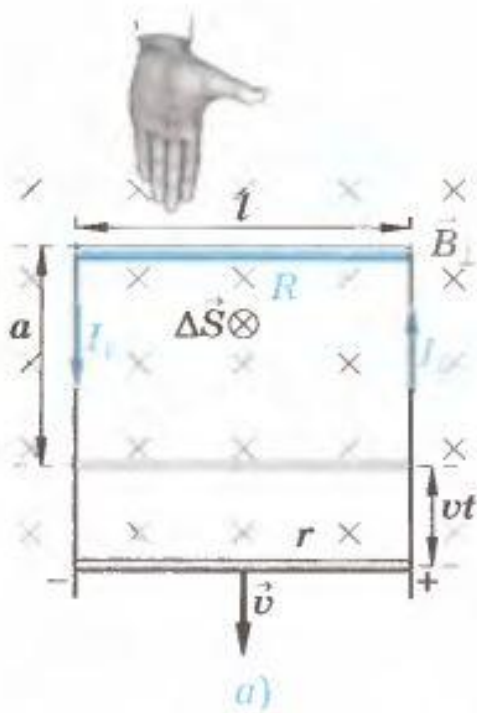
# ЭДС индукции в движущим

$$\varepsilon_i = -\frac{\Phi_2 - \Phi_1}{t}; \quad \Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1$$

ЭДС электромагнитной индукции в замкнутом контуре численно равна и противоположна по знаку скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную этим контуром

$$\varepsilon_i = vB \sin\alpha$$

# Правило Ленца



- *Индукционный ток в контуре имеет такое направление, что созданный им магнитный поток через поверхность, ограниченную контуром, препятствует изменению магнитного потока, вызвавшего этот ток.*

При уменьшении магнитного потока через контур (рис. б)  $\Phi' < 0$ . В этом случае  $\Phi_i > 0$ , т. е. магнитный поток  $\Phi_i$  индукционного тока не позволит потоку  $\Phi$  резко убывать, поддерживая его. Примерно с таким же противодействием встречаются родители при воспитании подростков.

**Действие генераторов и трансформаторов основано на принципе электромагнитной индукции**



# *Сталеплавильные печи*







**Принцип действия приборов  
основан на законе  
электромагнитной индукции**



# Беспроводное зарядное устройство



бесконтактный блок зарядного устройства,  
работающий благодаря явлению  
электромагнитной индукции



**Беспроводная мышь, которую заряжать не нужно в принципе – в основе работы лежит явление электромагнитной индукции**



Device.ru



Аппараты для запайки пакетов и пленок-запайщики (сварщики).

Аппараты для запайки пакетов и пленок-запайщики (сварщики).

# Здоровье и спорт



# *Вопросы*

- *1. Как определяется поток жидкости? Чему он равен ?*
- *Ответ*
- *Поток жидкости – объем жидкости, протекающей через поперечное сечение в единицу времени.*
- *$\Phi_{vr} = v\Delta S \cos\alpha$  .*

# *Вопросы*

- *2. Дайте определение магнитного потока*
- *Ответ*
- *Магнитный поток через поверхность площадью  $S$  – величина, численно равная произведению модуля вектора магнитной индукции на площадь и на косинус угла между **векторами***

$$\Phi = (\vec{B} \Delta \vec{S}) = B \Delta S \cos \alpha$$

# *Вопросы*

- *3. Как определяется направление вектора площади контура ?*
- *Ответ*
- *Вектор площади – вектор, модуль которого равен площади, направлен он перпендикулярно площади (нормаль)*

# *Вопросы*

- *4. В каких единицах измеряется магнитный поток ?*
- *Ответ*
- *$[\Phi] = 1\text{Вб}$  (вебер).*



# *Вопросы*

- *5. В каком случае магнитный поток равен 1 Вб?*
- *Ответ*
- *1 Вб – магнитный поток, созданный магнитным полем с постоянной индукцией 1Тл через поверхность площадью 1м<sup>2</sup>, перпендикулярную вектору магнитной индукции.*

# Задачи

1. Магнитный поток, пронизывающий замкнутый контур равномерно убывает с  $14 \cdot 10^{-3}$  Вб до  $6 \cdot 10^{-3}$  Вб за 4 мс. Определите ЭДС индукции в этом витке.
2. За какое время магнитный поток, пронизывающий контур изменится с  $18 \cdot 10^{-3}$  Вб до  $8 \cdot 10^{-3}$  Вб, при ЭДС индукции в 2 В?
3. Рассчитайте, с какой скоростью должен двигаться проводник длиной 2 м под углом в  $45^\circ$  к линиям магнитной индукции, если ЭДС индукции равно 70 В, а магнитная индукция составляет 0,5 Тл.

# ЗАДАЧИ

1. Квадратная рамка со стороной  $a = 4$  см и сопротивлением  $R = 2$  Ом находится в однородном магнитном поле ( $B = 0,1$  Тл), линии индукции которого перпендикулярны плоскости рамки (рис. 109). Какой силы ток пойдет по рамке и в каком направлении, если ее выдвигать из резко очерченной области поля со скоростью  $v = 5$  м/с? **[10 мА]**

№ 1.

Дано:

$$a = 4 \text{ см};$$

$$R = 2 \text{ Ом};$$

$$B = 0,5 \text{ Тл};$$

$$v = 5 \text{ м/с}$$

$$I - ?$$

Решение:

Рассмотрим промежуток времени  $\Delta t$ :

рамка выдвинулась на  $v\Delta t$ .

Из определения потока  $\Delta\phi = B\Delta S = -B\Delta la = -B\Delta tva$

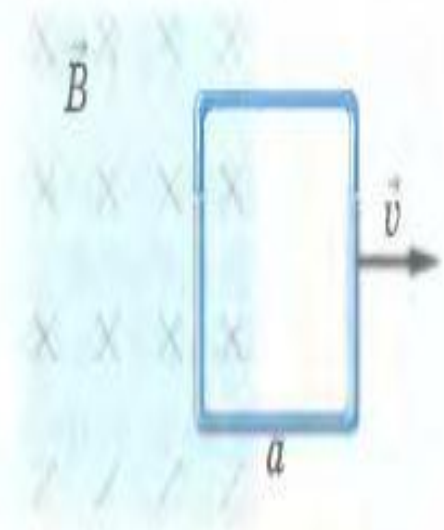
$\mathcal{E}_i = -\phi' = -\Delta\phi / \Delta t$  – закон Фарадея-Максвелла.

$$\mathcal{E}_i = Bv\Delta ta / \Delta t = Bva$$

$$I = \mathcal{E}_i / R = Bva / R \text{ – закон Ома.}$$

$$I = \frac{0,1 \text{ Тл} \cdot 5 \text{ м/с} \cdot 4 \cdot 10^{-2} \text{ м}}{2 \text{ Ом}} = 0,01 \text{ А} = 10 \text{ мА.}$$

$I$  – против часовой стрелки (по правилу Ленца). Ответ:  $I = 10$  мА.



# ЗАДАЧИ

2. Найдите направление и величину ЭДС индукции в проволочной рамке при равномерном уменьшении магнитного потока на 6 мВб за 0,05 с. **[0,12 В]**

№ 2.

Дано:

$$\Delta t = 0,05 \text{ мс} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ с}$$

$$\Delta \phi = 6 \text{ мВб} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ Вб}$$

$$\mathcal{E}_i - ?$$

Решение:  $\mathcal{E}_i = -\phi' = -\Delta\phi / \Delta t$  – закон Фарадея-Максвелла.

Так как ЭДС уменьшается, то ток направлен вдоль обхода контура.

Ответ:  $\mathcal{E}_i = 120 \text{ В}$ .

# ЗАДАЧИ

3. При равномерном возрастании индукции магнитного поля, перпендикулярного поперечному сечению проводочной катушки площадью  $S = 10 \text{ см}^2$ , от 0 до 0,2 Тл за 0,001 с на ее концах возникло напряжение 100 В. Сколько витков  $N$  имеет катушка? [500]

№ 3.

Дано:

$$B_1 = 0,1 \text{ Тл}$$

$$B_2 = 0,2 \text{ Тл}$$

$$S = 10 \text{ см}^2 = 10^{-3} \text{ м}^2$$

$$\Delta t = 0,001 \text{ с}$$

$$U = 100 \text{ В}$$

$$N = ?$$

Решение:

$\mathcal{E}_i = -\phi' = -\Delta\phi / \Delta t = (B_1 - B_2)S / \Delta t$  — закон Фарадея-Максвелла.

$$|U| = N|\mathcal{E}_i| \Rightarrow N = U \Delta t / (B_2 - B_1)S = \frac{u \Delta t}{B_2 / S} =$$

$$= \frac{100 \text{ В} \cdot 0,001 \text{ с}}{0,2 \text{ Тл} / 10^{-3} \text{ м}^2} = 500.$$

Ответ:  $N = 500$ .

# ВОПРОСЫ

- 1. В чем состоит явление электромагнитной индукции
- Ответ
- Электромагнитная индукция – это физическое явление, состоящее в возникновении в замкнутом контуре электрического тока при изменении потока магнитной индукции через поверхность, ограниченную этим контуром.

# ВОПРОСЫ

- 2. Изменение каких физических величин может привести к изменению магнитного потока?
- Ответ
- К изменению магнитного потока может привести изменение с течением времени площади поверхности, которая ограничена контуром; модуля вектора магнитной индукции; угла, который образуют вектор индукции с вектором площади этой поверхности.

# ВОПРОСЫ

- 3. В каком случае направление индукционного тока считается положительным, а в каком — отрицательным
- Ответ
- Если выбранное направление обхода контура совпадает с направлением индукционного тока, то оно считается положительным. Если выбранное направление обхода контура противоположно направлению индукционного тока, то оно считается отрицательным.



# ВОПРОСЫ

- 4. Сформулируйте закон электромагнитной индукции. Запишите его математическое выражение.
- Ответ
- ЭДС электромагнитной индукции в замкнутом контуре равна по модулю и противоположна по знаку скорости изменения магнитного потока через поверхность, которая ограничена этим контуром.

# ВОПРОСЫ

- 5. Сформулируйте правило Ленца. Приведите примеры его применения
- Ответ
- Индукционный ток, возникающий в контуре, своим магнитным полем противодействует изменению магнитного потока, вызвавшего этот ток. Например, при увеличении магнитного потока через контур магнитный поток индукционного тока будет отрицательным, а результирующий поток, равный их сумме, уменьшится. А при уменьшении магнитного потока через контур магнитный поток индукционного тока будет поддерживать результирующий поток, не давая ему резко убывать.

