

# Открытие явления электромагнитной индукции

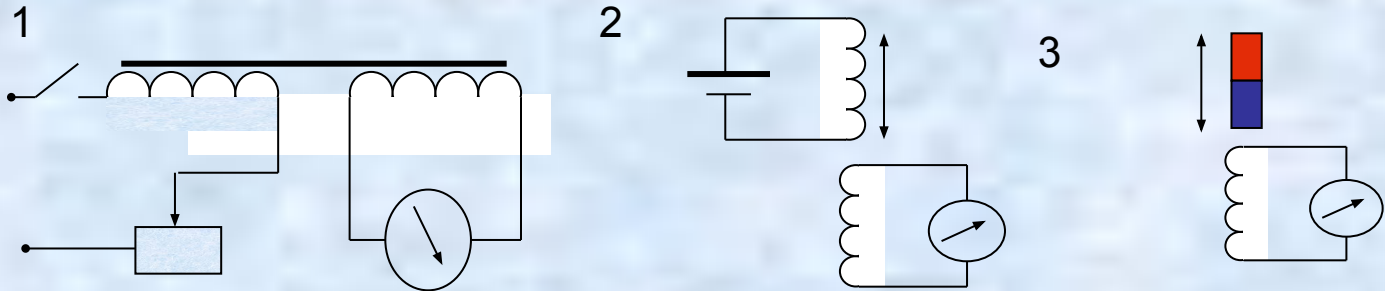
# «Превратить магнетизм в электричество».

## Опыты Фарадея

1821 год

+ 10 лет

1831 год



## Что делал:

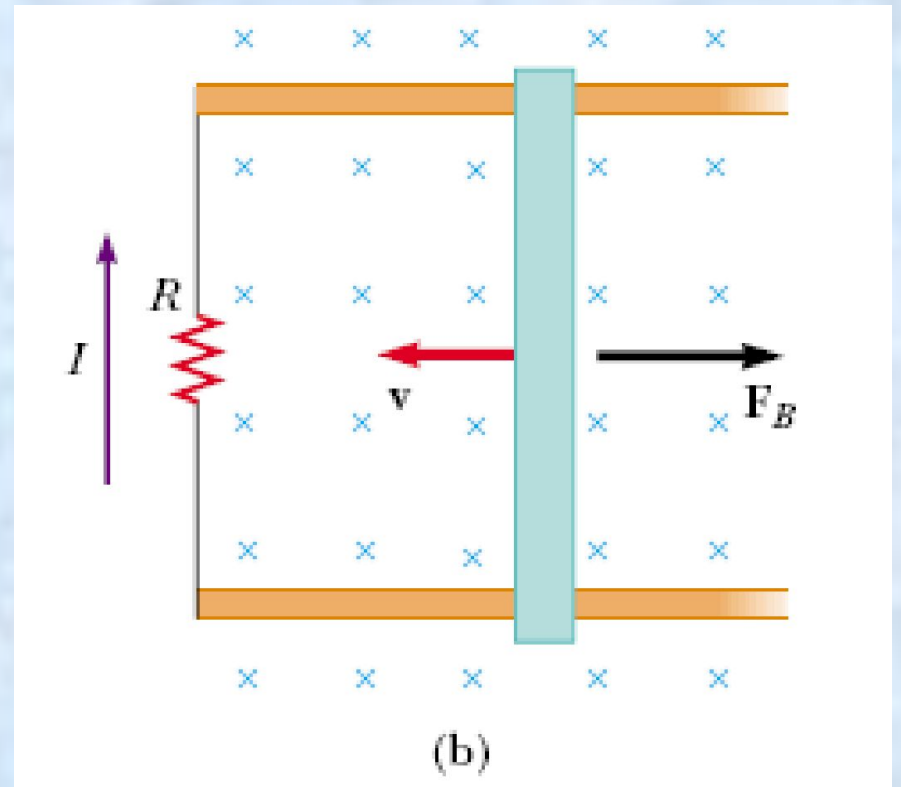
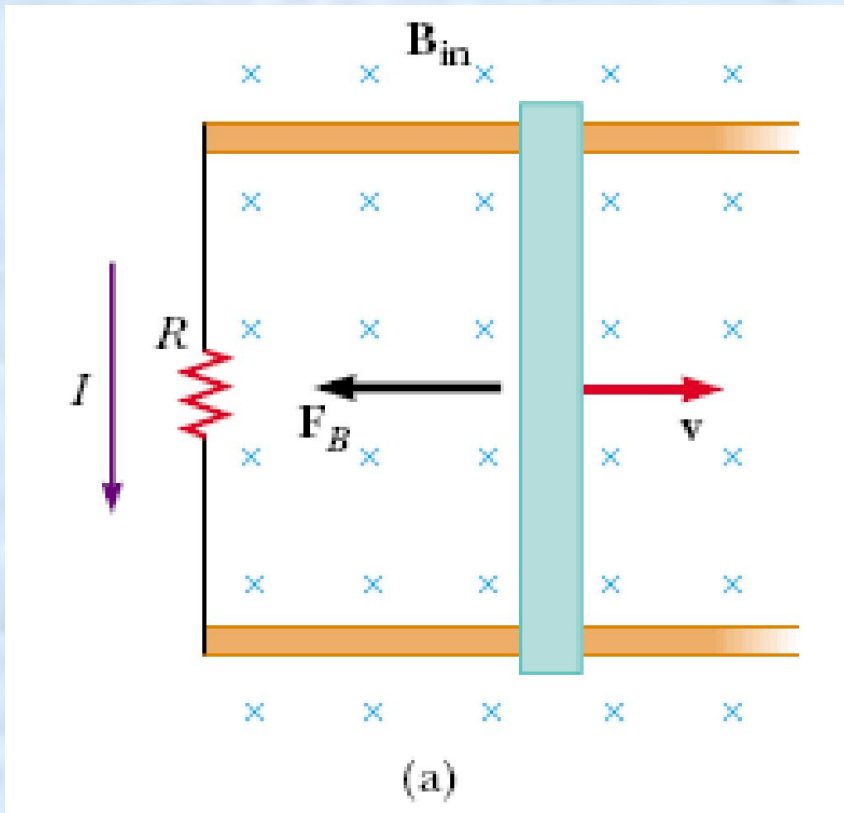
- Вдвигал-выдвигал магнит;
- Вдвигал-выдвигал электромагнит;
- Двигал катушку;
- Замыкал-размыкал цепь;
- Перемещал ползунок реостата;
- Переменный ток.

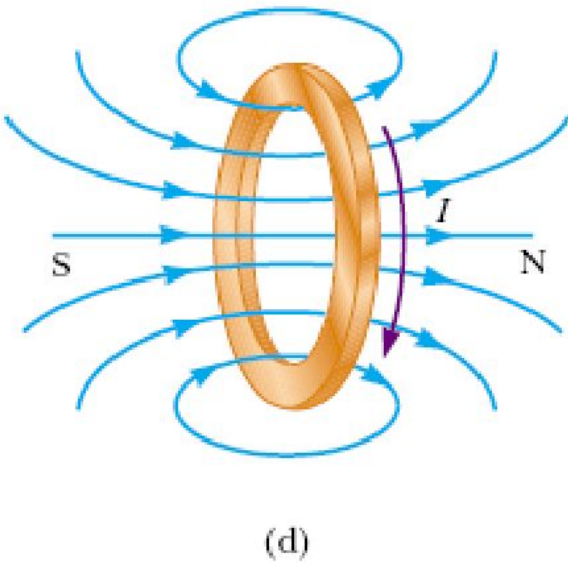
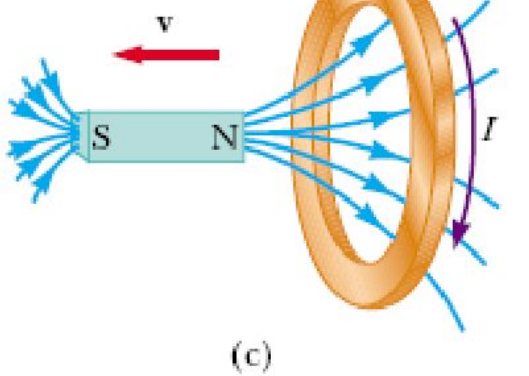
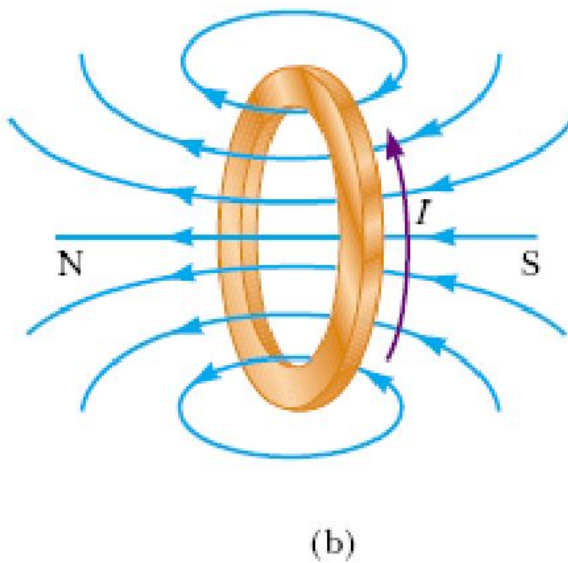
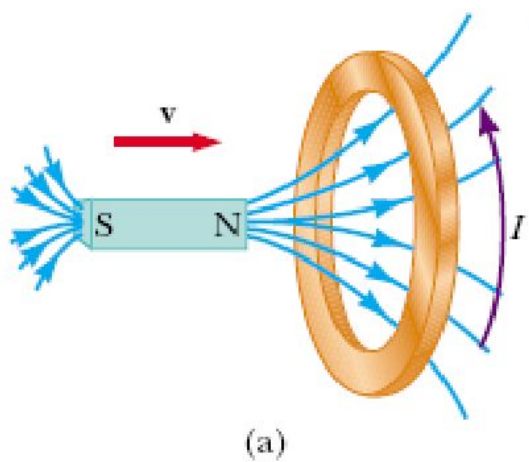
Возникновение электрического тока в замкнутом проводнике, если проводник находится в переменном магнитном поле или движется в постоянном во времени поле так, что число линий магнитной индукции, пронизывающих контур меняется, называется *явлением электромагнитной индукции (ЭМИ)*.

# Правило Ленца.

Индукционный ток всегда имеет такое направление, что он ослабляет действие причины, возбуждающей этот ток.

Э.Х.Ленц (1804-1865) в 1833 году)



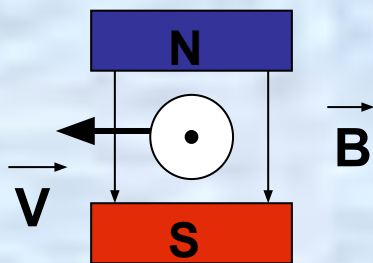


Индукционный ток направлен так, что создаваемое им поле препятствует изменению магнитного потока.

# Направление индукционного тока. Правило Ленца.

## А) Прямолинейный проводник с током.

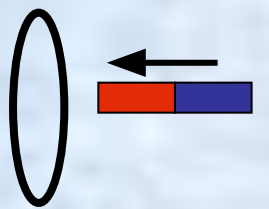
Правило правой руки.



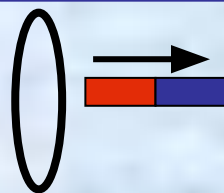
Если правую руку расположить так, чтобы вектор магнитной индукции входил в ладонь, четыре вытянутых пальца были расположены по направлению тока в проводнике, то большой палец, отогнутый на девяносто градусов, покажет направление движения проводника в магнитном поле

Эмилий Христианович Ленц, 1831 г.

## В) Замкнутый проводник с током.



Закон сохранения энергии

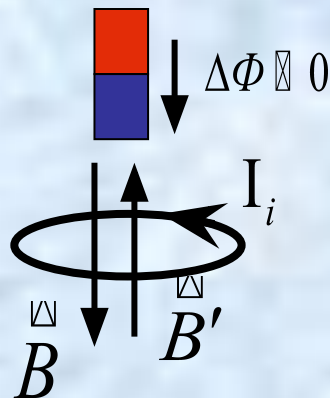


притягиваются

отталкиваются

Правило Ленца:

Индукционный ток всегда противодействует причине, вызвавшей его.



1. Определить направление  $B$

2. Определить изменение  $\Delta\Phi$

3. Определить направление  $B'$  (правило Ленца).

4. Определить направление  $I_i$  (правило буравчика).





# Закон электромагнитной индукции

Чем быстрее двигается магнит, то есть, чем быстрее меняется магнитный поток, тем больше значение индукционного тока

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

По закону Ома

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

$$I_i \approx \varepsilon_i$$

Учтем правило Ленца

В катушке

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

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

ЭДС индукции в замкнутом контуре равна скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную контуром.

# Причины возникновения ЭДС индукции

1) Неподвижный проводник, помещенный в переменное во времени магнитное поле.

Знаем !

1. Электрический ток – движение зарядов.
2. Заряды приводит в движение электрическое поле.

Узнали !

1. В результате ЭМИ возникает электрический ток.
2. Причина возникновения тока – переменное магнитное поле.

**Явление ЭМИ:**  
переменное магнитное поле создает электрическое поле. Это электрическое поле – вихревое.

	Источник поля	Индикатор	Вид	Графическое изображение
Вихревое электрическое поле	Изменяющееся магнитное поле	Электрический заряд	Вихревое	

Индукционная плавильная печь, электродинамический микрофон.

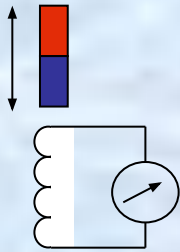
Явление ЭМИ находит широкое применение в технике. Особенно *индукционные токи в массивных проводниках (токи Фуко)*.

Потери энергии

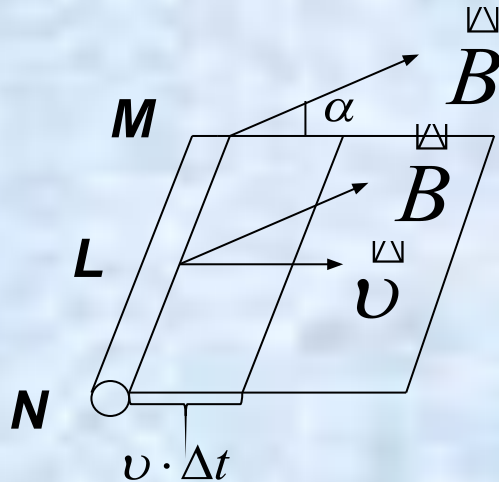


# Причины возникновения ЭДС индукции

## 2) Если проводник движется в постоянном магнитном поле.



Свободные электроны приходят в движение под действием силы со стороны магнитного поля – *силы Лоренца.*



### I способ

По закону ЭМИ.

$$\Delta\Phi = B \cdot \Delta S \cdot \cos(90^\circ - \alpha) = B \cdot \Delta S \cdot \sin\alpha$$

$$\Delta S = -\square \cdot v \cdot \Delta t \quad \text{«-», так как площадь уменьшается.}$$

$$\Delta\Phi = -B \cdot \square \cdot v \cdot \Delta t \cdot \sin\alpha$$

$$\varepsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = B \cdot \square \cdot v \cdot \sin\alpha$$

### II способ

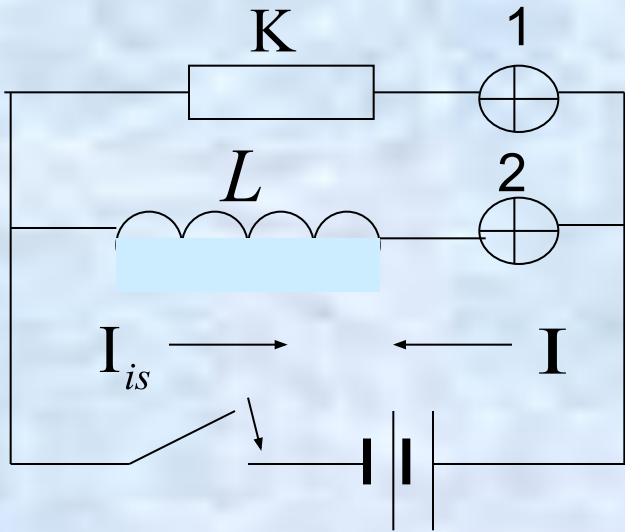
$$F_{Л} = q \cdot B \cdot v \cdot \sin\alpha$$

$$A_{F_{Л}} = F_{Л} \cdot \square = q \cdot B \cdot v \cdot \square \cdot \sin\alpha$$

$$\varepsilon_i = \frac{A}{q} = B \cdot v \cdot \square \cdot \sin\alpha$$

$$\varepsilon_i = B \cdot \square \cdot v \cdot \sin\alpha$$

# Явление самоиндукции. Индуктивность.



Включаем:

1. сразу;
2. через некоторое время постепенно.

Выключаем:

1. сразу;
2. Еще ярче и постепенно гаснет

Явление возникновения ЭДС в электрической цепи в результате изменения силы тока в этой же цепи называется **самоиндукцией**.

$$I \uparrow \Rightarrow B \uparrow \Rightarrow \Phi \uparrow \Rightarrow -\varepsilon_{is} \Rightarrow I_{is}$$

$$\left. \begin{array}{l} \Phi \approx I \\ \varepsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \end{array} \right\} \Rightarrow \varepsilon_{is} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow L = \frac{\varepsilon_{is} \cdot \Delta t}{\Delta I} = \frac{1B \cdot 1c}{1A} = 1\text{Гн} [\text{Генри}]$$

$L$  — **индуктивность** - это величина, численно равная ЭДС самоиндукции, возникающей в контуре при изменении силы тока на 1А за 1с.

# Энергия магнитного поля

## Метод аналогии

<b>Явление инерции:</b>	<b>Явление самоиндукции:</b>
Автомобиль разгоняется постепенно;	Л2 разгорается постепенно;
Тело тратит энергию против силы трения;	Поле тратит энергию против силы вихревого эл.поля;
Основная характеристика – скорость;	Основная характеристика – сила тока ;
Время зависит от массы.	Время зависит от индуктивности .

$$W = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

$$W = \frac{L \cdot I^2}{2}$$

## Электромагнитное поле

*Дж.Максвелл (1864)* – два постулата:

1. Переменное магнитное поле создает вихревое электрическое поле.
2. Переменное электрическое поле создает вихревое магнитное поле.

**Электромагнитное поле – особая форма материи  
– совокупность электрических и магнитных полей.**