

# **Электромагнетизм. Явление электромагнитной индукции.**

**Уроки по физике 9 класс  
№№ 48-58**

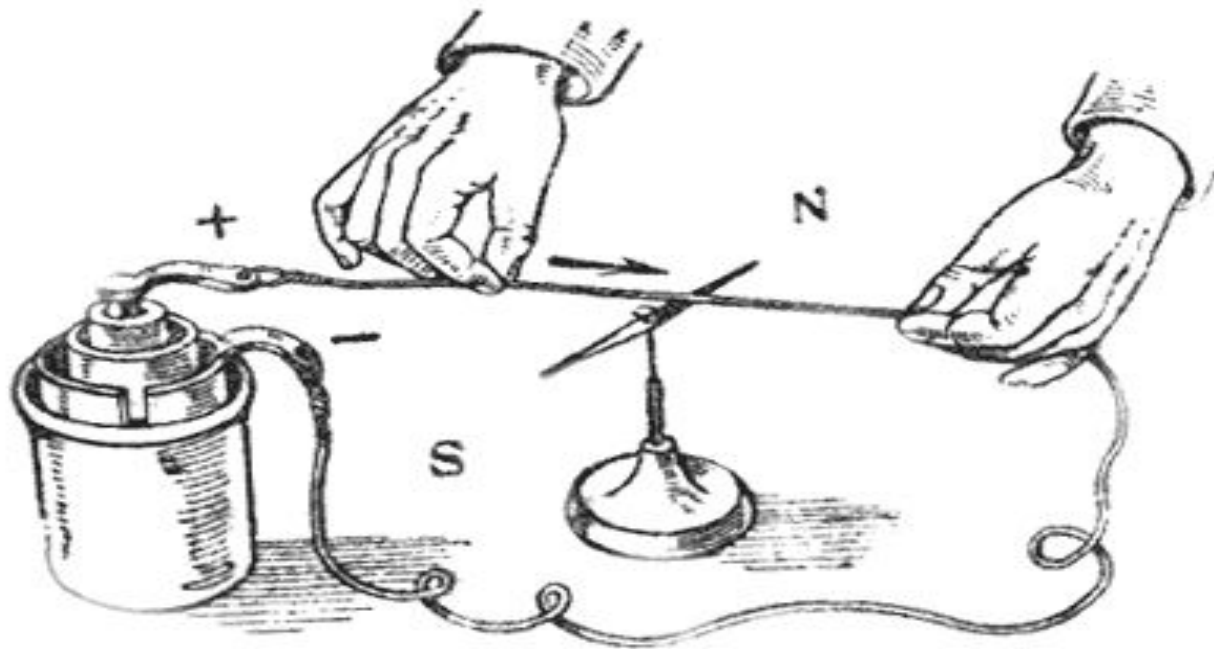
**Замена учителя физики      Д.М. Уточкин**

# Магнитное поле

- **Опыт Эрстеда**
- **Взаимодействие токов**
- **Магнитная индукция**
- **Сила Ампера**
- **Сила Лоренца**
- **Магнитные свойства вещества**

# Опыт Эрстеда

1820 г. Х. Эрстед открыл магнитное поле электрического тока.



Опыт Эрстеда.

*При прохождении электрического тока по проводнику магнитная стрелка располагается перпендикулярно проводнику.*

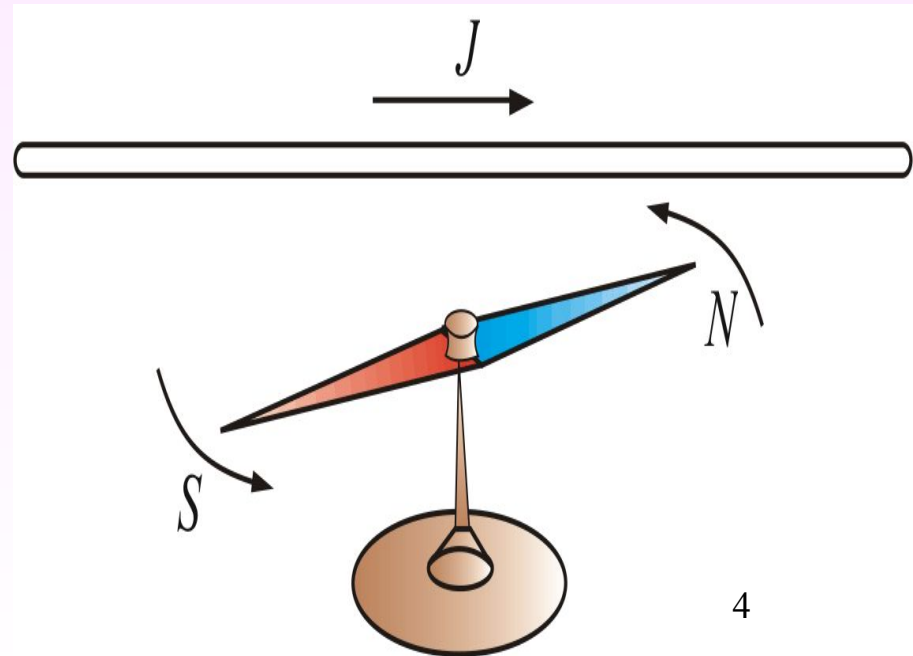


# Открытие Эрстеда

При помещении магнитной стрелки в непосредственной близости от проводника с током он обнаружил, что при протекании по проводнику тока, стрелка отклоняется; после выключения тока стрелка возвращается в исходное положение (см. рис.).

Из описанного опыта

**Эрстед делает вывод:**  
вокруг прямолинейного  
проводника с током  
есть магнитное поле.



**Общий вывод:** *вокруг всякого проводника с током есть магнитное поле.*

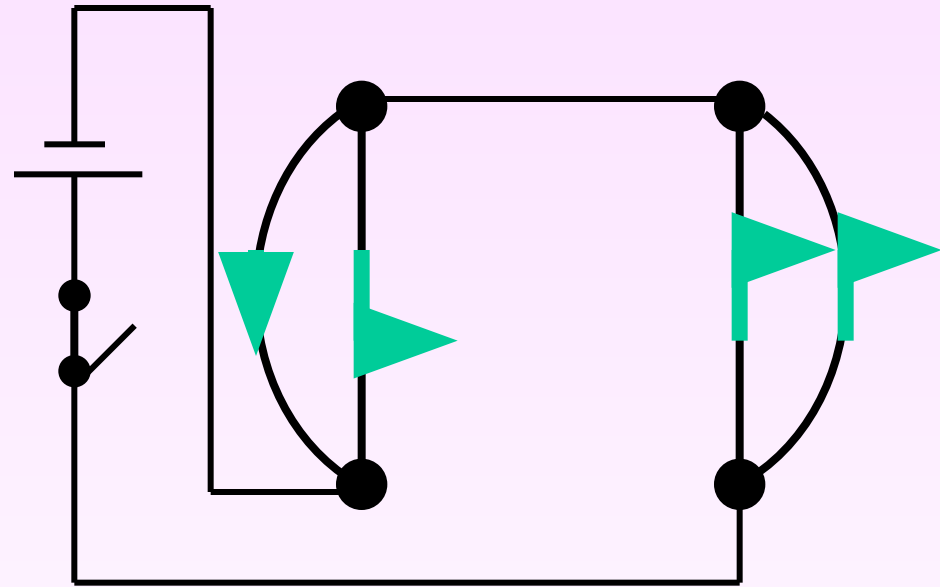
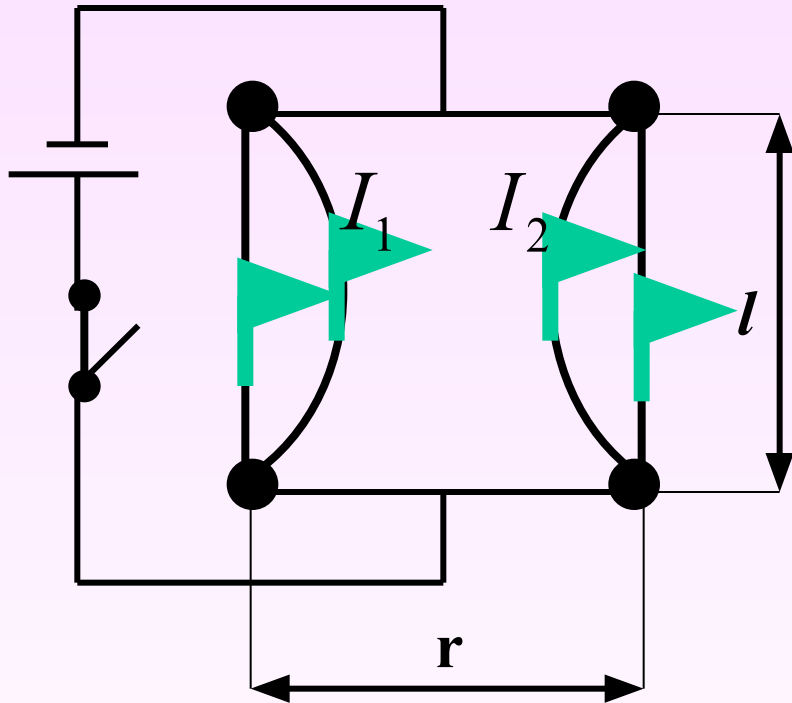
*Но ведь ток – это направленное движение зарядов.*

*Вокруг всякого движущегося заряда помимо электрического поля существует еще и магнитное.*

**Магнитное поле** - это особый вид материи, окружающей движущиеся заряды (или проводники с током), и проявляющейся в действии на движущиеся заряды (или проводники с током).

# Взаимодействие токов

А. Ампер установил законы магнитного взаимодействия токов.



$$F = \frac{\mu\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi r}$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{H}{A^2}$$



# Взаимодействие токов

**1 Ампер** – это сила тока, протекающего по двум бесконечно длинным параллельным проводникам, находящимся в вакууме на расстоянии 1 м друг от друга, при которой их участки длиной 1 м взаимодействуют с силой  $2 \cdot 10^{-7}$  Н.

$$\mu_0 = \frac{2\pi r \cdot F}{\mu I_1 I_2 l}$$

$$\mu_{\text{вак}} = 1$$

# Магнитная индукция

- **Направление и модуль вектора магнитной индукции.**
- **Магнитная индукция прямого проводника.**
- **Линии магнитной индукции.**
- **Правило буравчика.**
- **Соленоид, правило правой руки.**
- **Магнитное поле Земли.**



# Магнитная индукция

**Магнитная индукция** – силовая характеристика магнитного поля. (Магнитная индукция определяет силу, с которой магнитное поле действует на внесенный в него проводник с током).

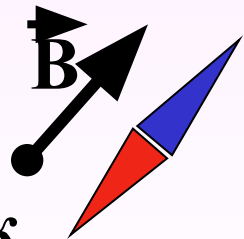
**Модуль вектора магнитной индукции** равен отношению максимальной силы, действующей со стороны магнитного поля на участок проводника с током, к произведению силы тока на длину участка проводника.

$$B = \frac{F_{\max}}{Il}$$

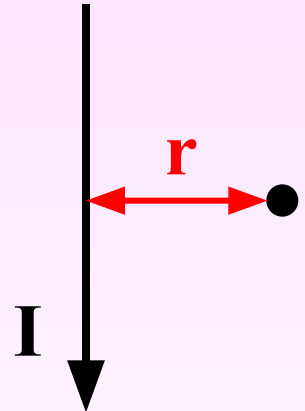
$$1\text{Тл} = \frac{1\text{Н}}{1\text{А} \cdot 1\text{м}}$$

Магнитная индукция – векторная величина.

За **направление вектора магнитной индукции** принимается направление от южного полюса к северному магнитной стрелки, помещенной в данное магнитное поле.



# Магнитная индукция



The diagram shows a vertical wire with a downward-pointing arrow labeled 'I'. To the right of the wire, a red double-headed arrow labeled 'r' indicates the distance from the wire to a black dot representing a point.

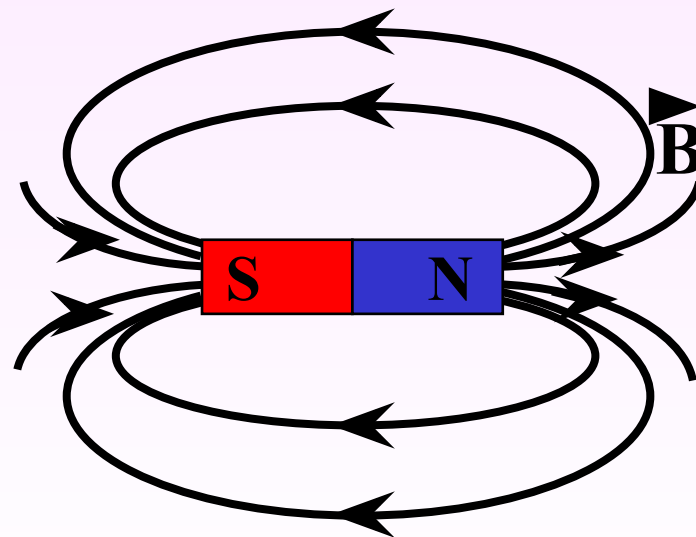
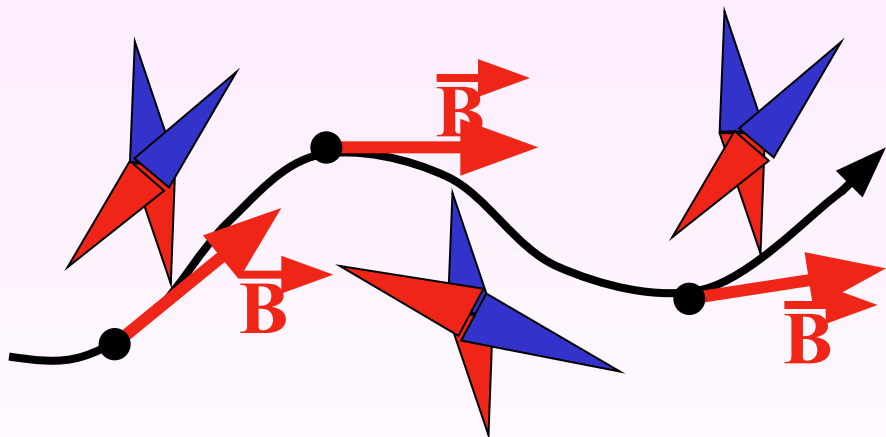
$$F = \frac{\mu\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi r}$$
$$B = \frac{F_{\max}}{Il} \quad F = IBl$$

$$B = \frac{\mu\mu_0 I}{2\pi r}$$

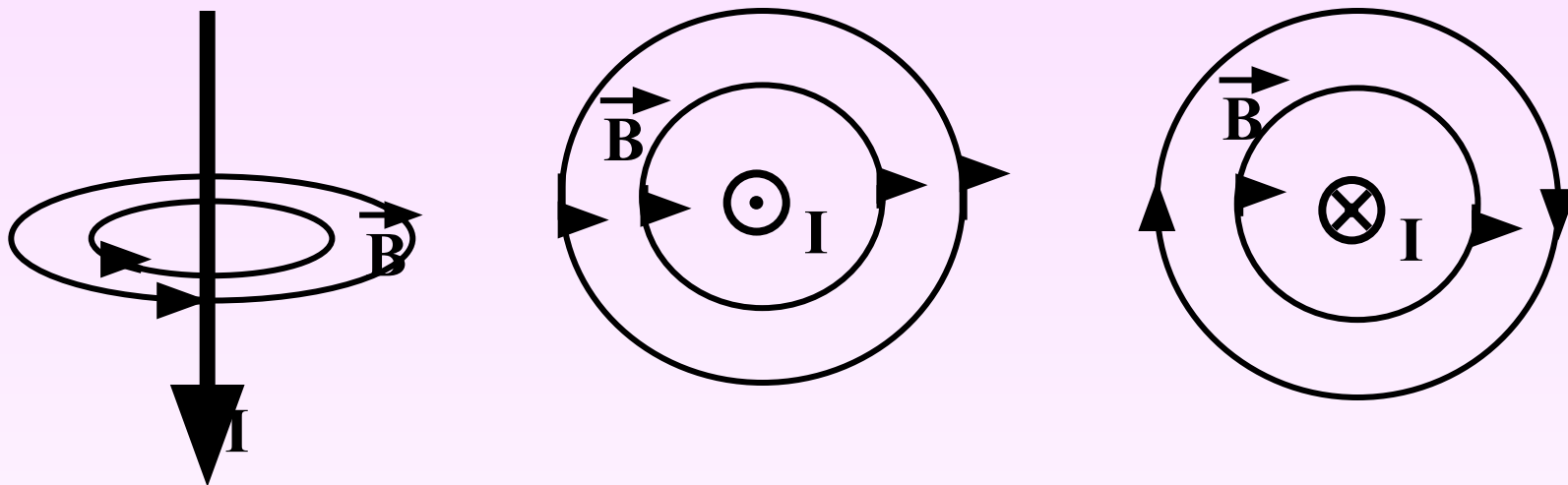
**Магнитная индукция магнитного поля прямого проводника с током на расстоянии  $r$  от него.**

# Линии магнитной индукции

**Линии магнитной индукции** – это линии, касательные к которым направлены так же, как и вектор магнитной индукции в данной точке поля.



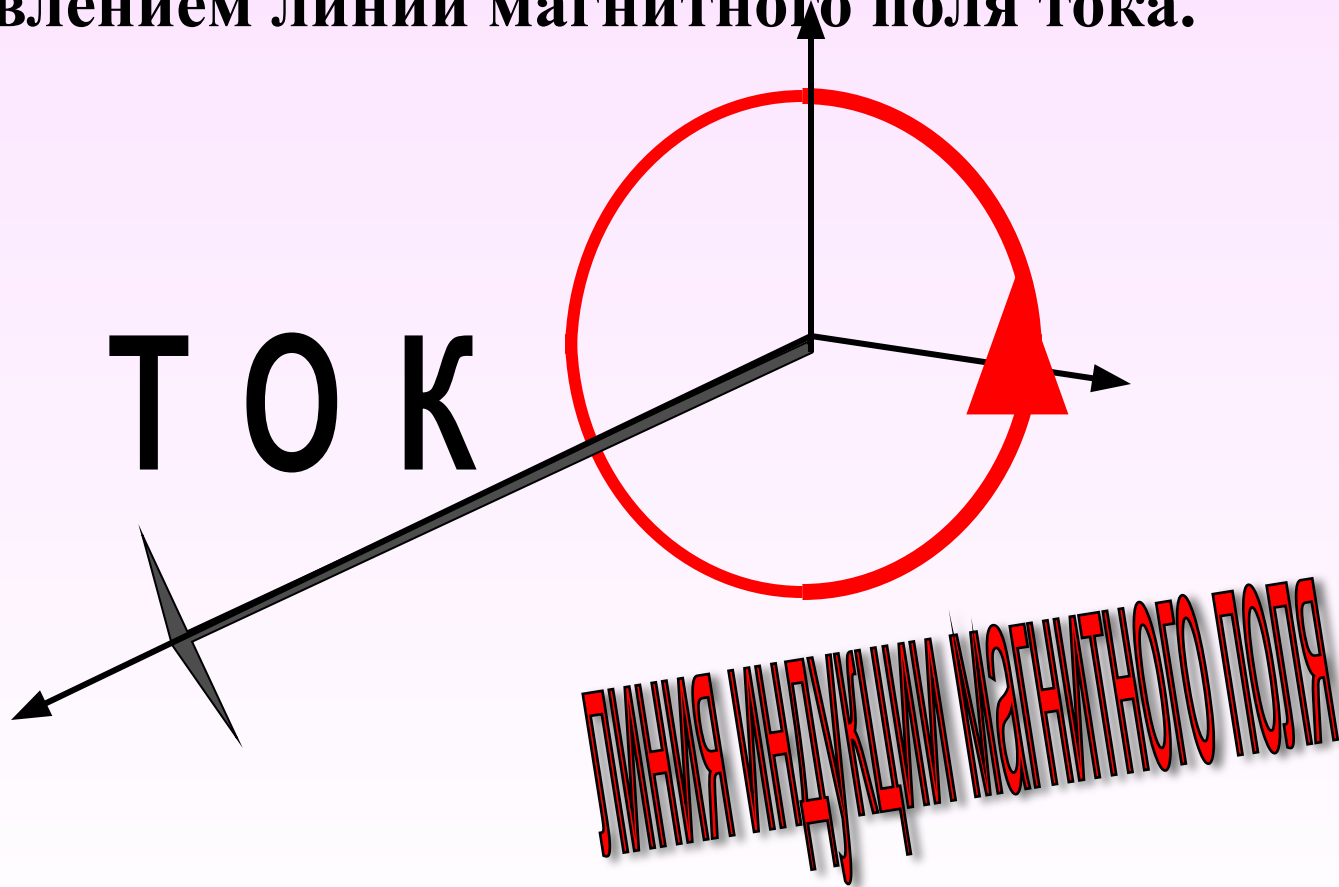
# Линии магнитной индукции



**Линии магнитной индукции всегда замкнуты.  
Магнитное поле – вихревое поле.  
Магнитных зарядов, подобных электрическим,  
в природе нет.**

# Правило буравчика

Если направление поступательного движения буравчика совпадает с направлением тока в проводнике, то направление вращения ручки буравчика совпадает с направлением линий магнитного поля тока.



# Правило буравчика

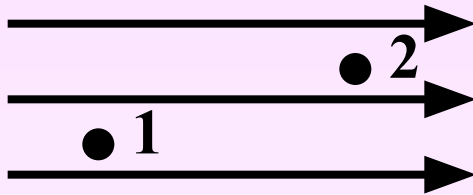


# Правило буравчика



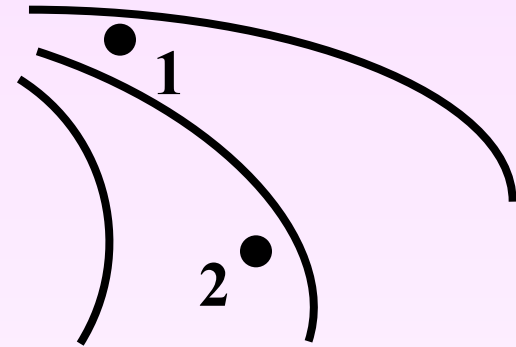
# Магнитное поле

*однородное*



$$B_1=B_2$$

*неоднородное*



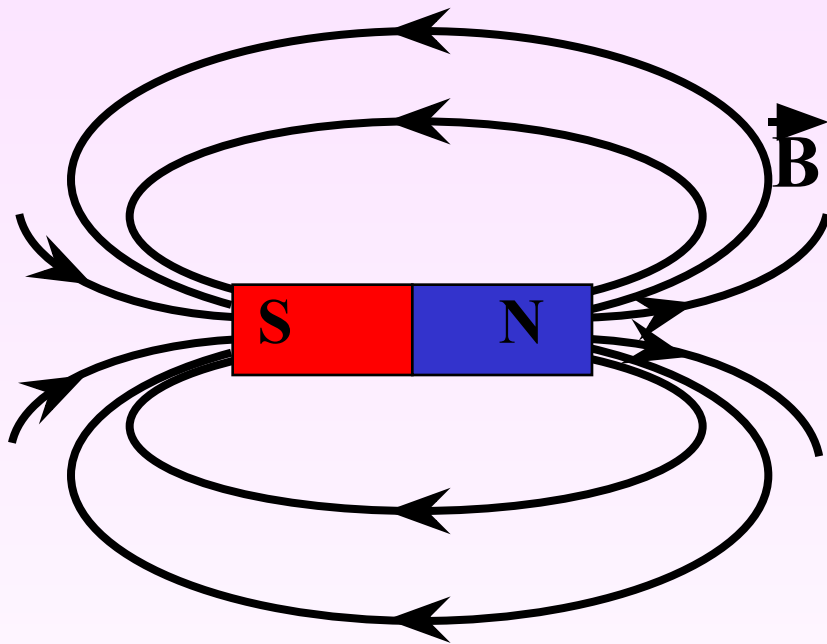
$$B_1>B_2$$

**Правило правой руки:** 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.

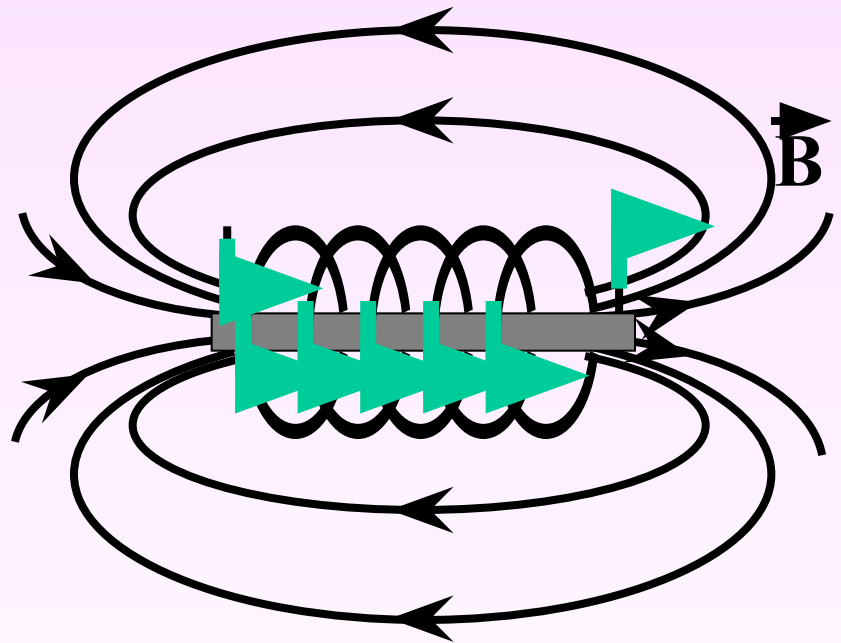


# Линии магнитной индукции

*постоянный магнит*

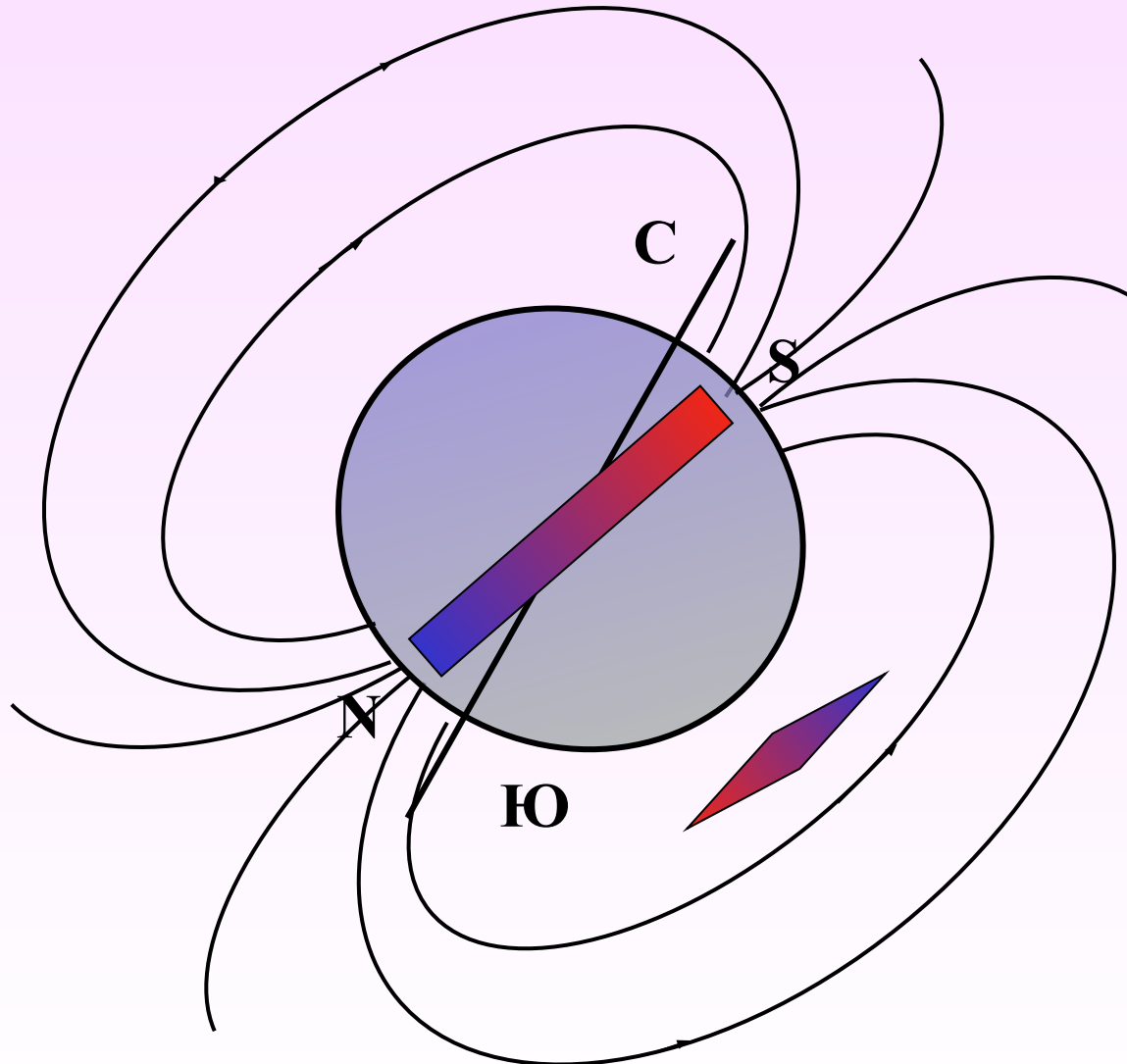


*соленоид*

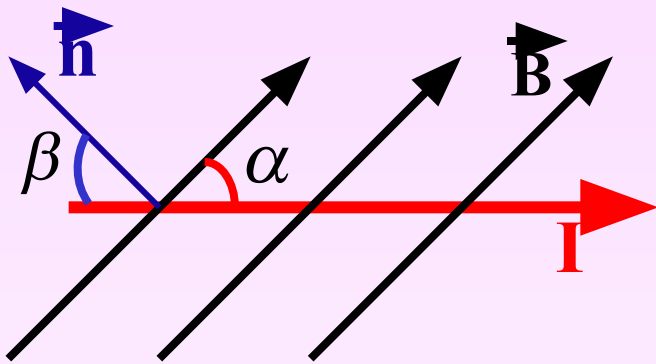


$$B = \mu\mu_0 I \frac{N}{l}$$

# Магнитное поле Земли



# Сила Ампера

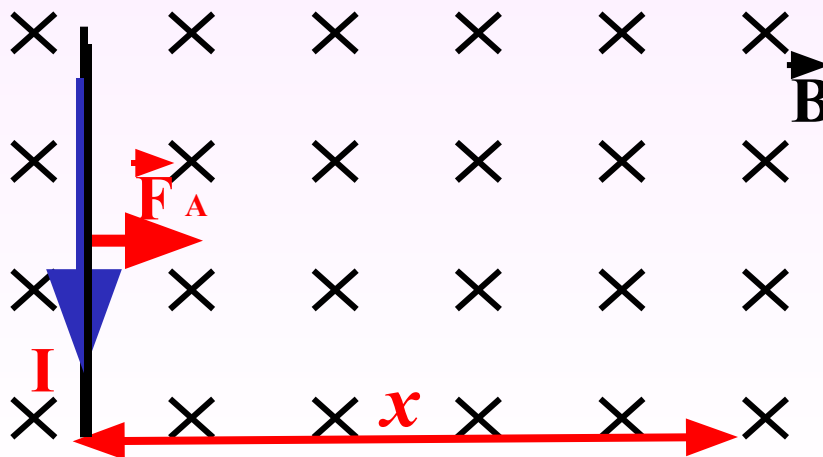


**Сила Ампера** – сила, с которой магнитное поле действует на помещенный в него проводник с током.

$$F_A = F_{A_{\max}} = IBl \quad \text{если } \alpha = 90^0 (\beta = 0^0)$$

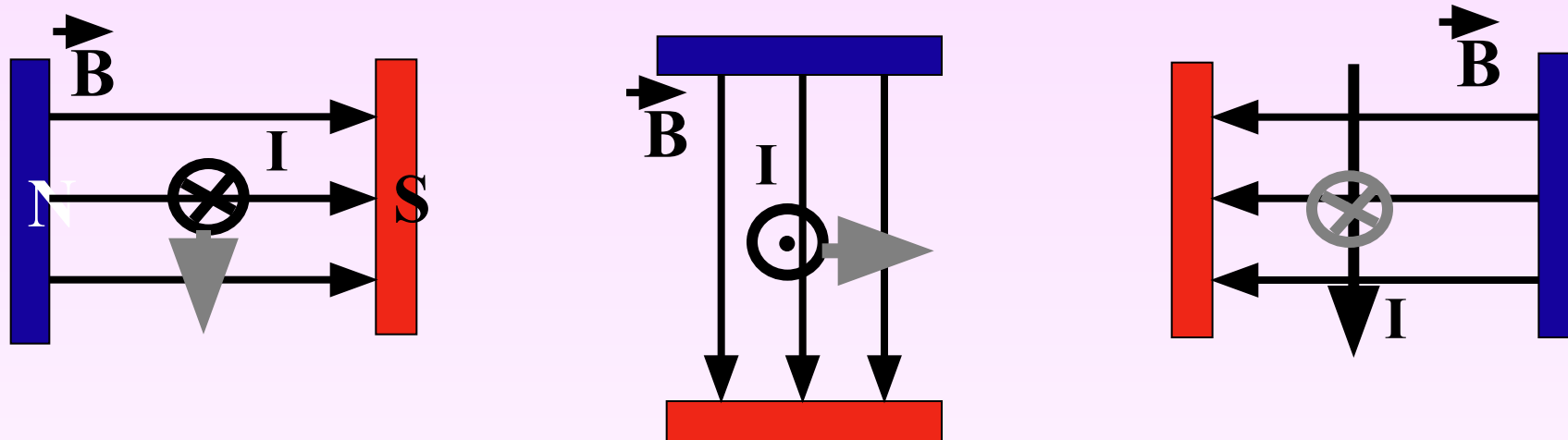
$$F_A = 0 \quad \text{если } \alpha = 0^0 (\beta = 90^0)$$

$F_x = IBl \sin \alpha$   
 $F_z = IBl \cos \alpha$



$$A = IBlx$$

# Сила Ампера



## Правило левой руки:

если расположить левую руку так, чтобы линии индукции входили в ладонь перпендикулярно к ней, а четыре вытянутых пальца были направлены по току, то отставленный большой палец покажет направление силы, действующей на проводник.

# Применение силы Ампера

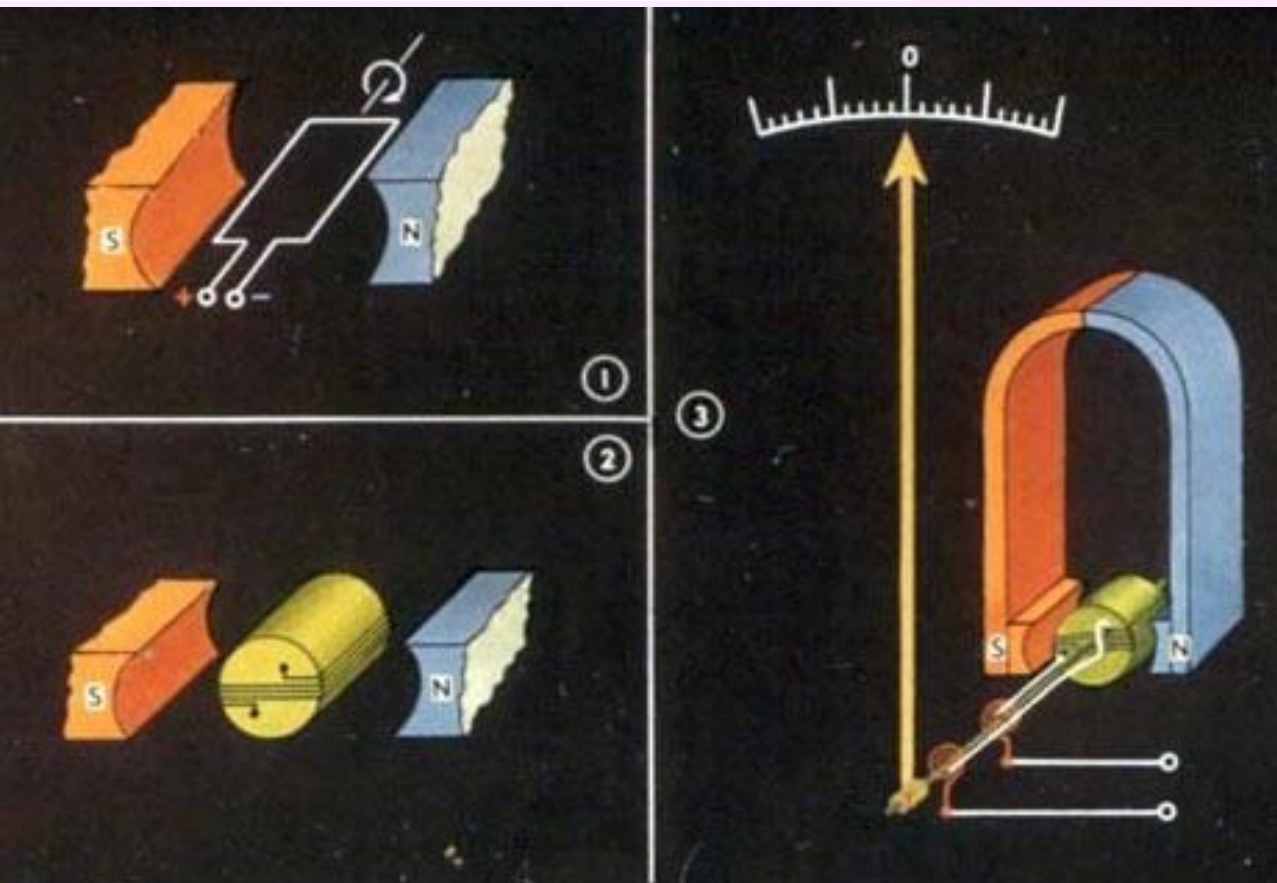
Громкоговоритель



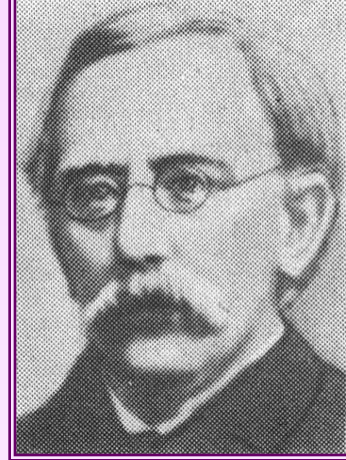
Вращающий момент

$$M = IBS$$

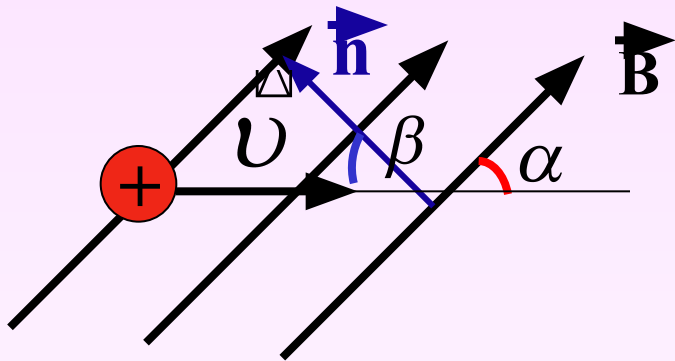
Электроизмерительные приборы



# Сила Лоренца



**Сила Лоренца** – сила, с которой магнитное поле действует на движущуюся заряженную частицу.



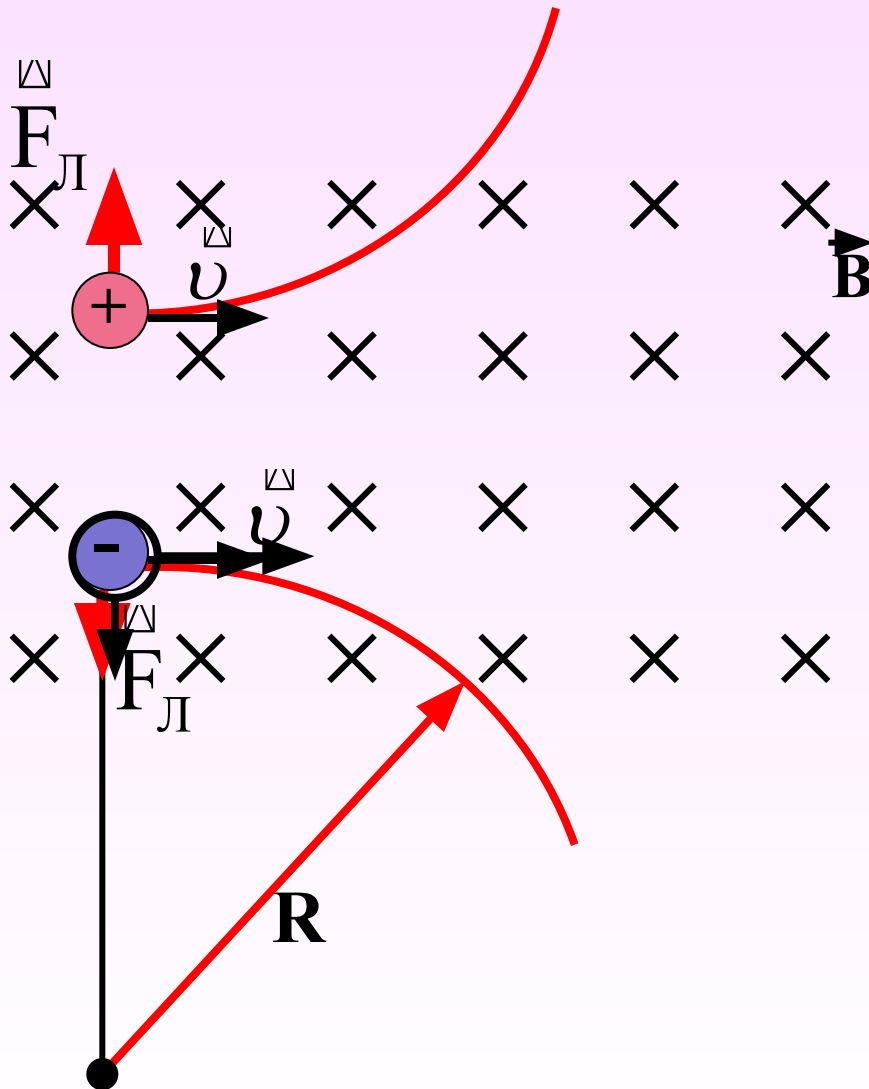
$$F_{Л} = qvB \sin \alpha$$

$$F_{Л} = qvB \cos \beta$$

$$F_{Л} = 0 \quad \text{если} \quad \alpha = 0^{\circ} \quad (\beta = 90^{\circ})$$

$$F_{Л} = F_{Л \max} = qvB \quad \text{если} \quad \alpha = 90^{\circ} \quad (\beta = 0^{\circ})$$

# Сила Лоренца



$$F_L = qvB$$

$$F_L = ma_y$$

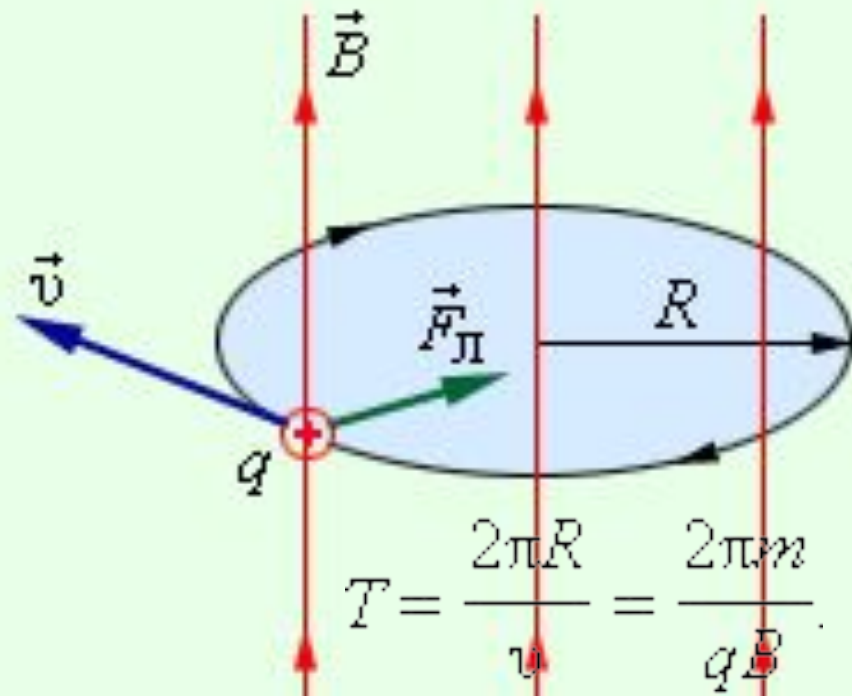
$$a_y = \frac{v^2}{R}$$

$$m \frac{v^2}{R} = qvB$$

$$R = \frac{mv}{qB}$$

# Сила Лоренца

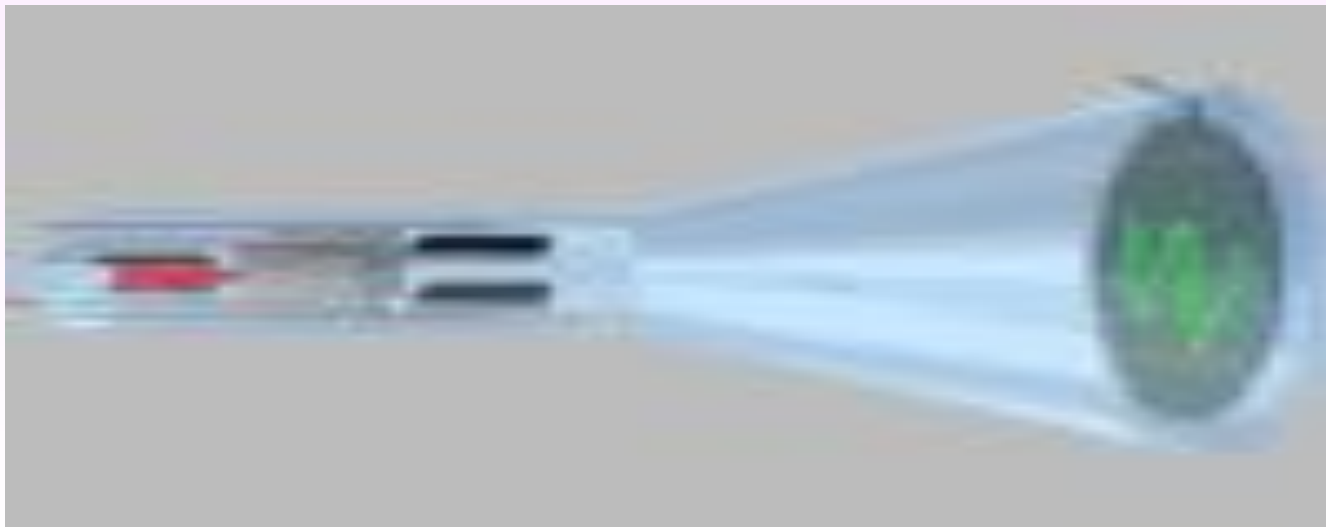
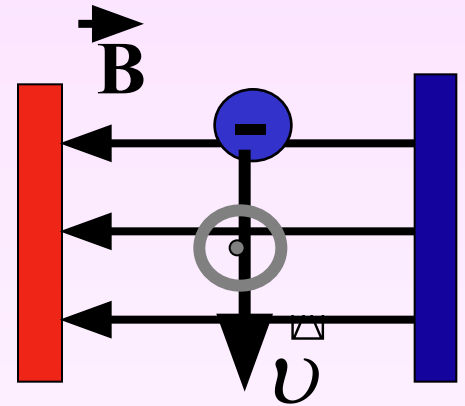
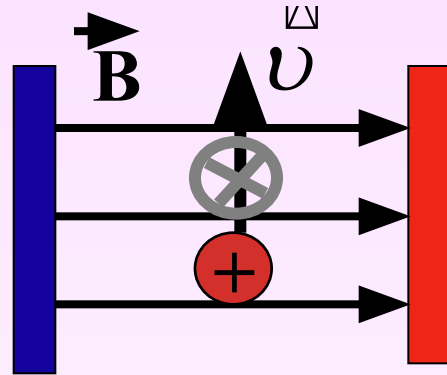
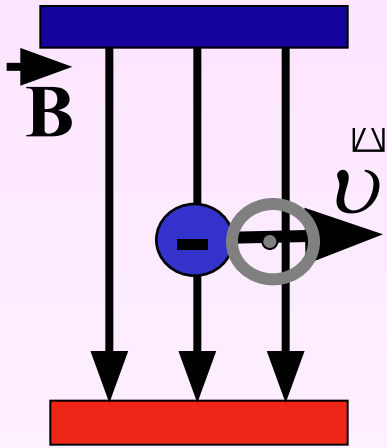
**Направление силы Лоренца**, действующей на заряженную частицу, можно определить **по правилу левой руки**: если расположить левую руку так, чтобы линии индукции входили в ладонь перпендикулярно к ней, а четыре вытянутых пальца были направлены по движению положительно заряженной частицы (против движения отрицательно заряженной), то отставленный большой палец покажет направление действующей на частицу силы.



**Круговое движение заряженной частицы в однородном магнитном поле**  
При движении заряженной частицы в магнитном поле **сила Лоренца работы не совершает**.  
**Период обращения** частицы в однородном магнитном поле



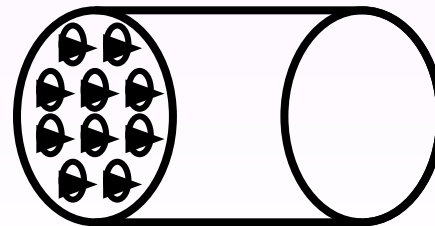
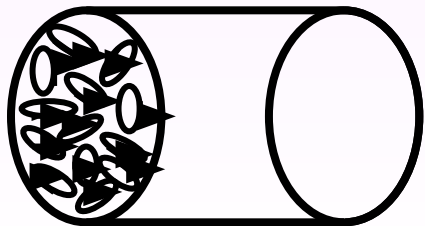
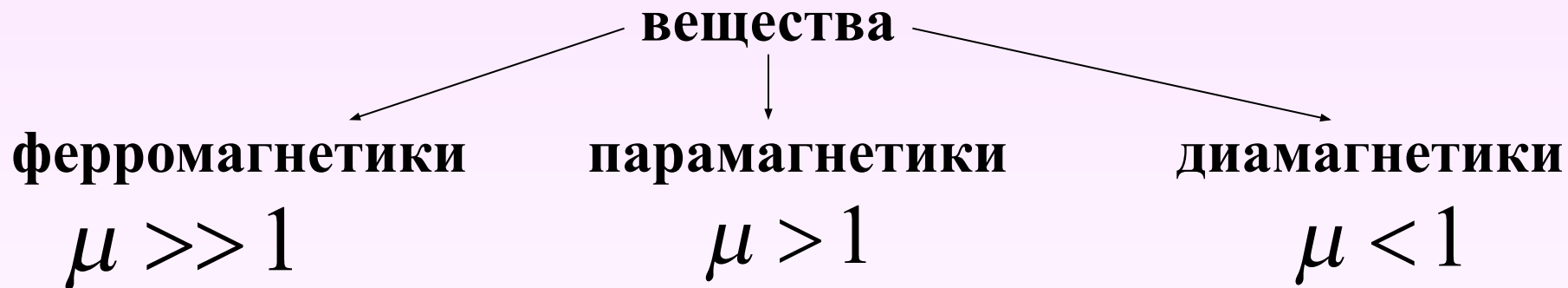
# Сила Лоренца



# Магнитные свойства вещества

Ампер объяснил магнетизм веществ существованием молекулярных токов.

**Гипотеза Ампера** - магнитные свойства тела можно объяснить циркулирующими внутри него токами.



# Магнитные свойства вещества

<i>вид вещества</i>	<i>ферромагнетики</i>	<i>парамагнетики</i>	<i>диамагнетики</i>
<i>свойства</i>	<i>Большое усиление магнитного поля</i>	<i>Малое усиление магнитного поля</i>	<i>Малое ослабление магнитного поля</i>
<i>маг. прониц.</i>	$\mu \gg 1$	$\mu > 1$	$\mu < 1$
<i>температурная зависимость</i>	<i><math>\mu</math> уменьшается с повышением температуры. (При достижении температуры Кюри магнитные свойства не проявляются).</i>	<i><math>\mu</math> уменьшается с повышением температуры</i>	<i><math>\mu</math> не зависит от температуры</i>
<i>примеры</i>	<i>железо, кобальт, никель</i>	<i>алюминий, платина, кислород</i>	<i>вода, висмут, поваренная соль</i>

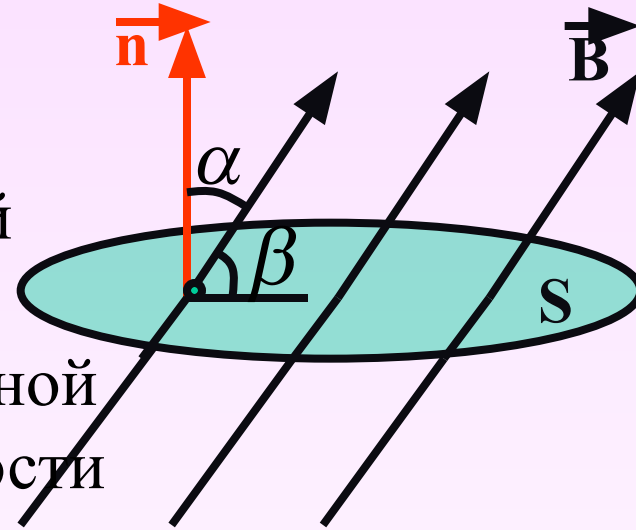
# Электромагнитная индукция

- **Магнитный поток**
- **Майкл Фарадей**
- **Явление электромагнитной индукции**
- **Вихревое электрическое поле**
- **ЭДС индукции в движущихся проводниках**
- **Явление самоиндукции**
- **Индуктивность**
- **Энергия магнитного поля**
- **Электромагнитное поле**
- **Задачи**

# Магнитный поток

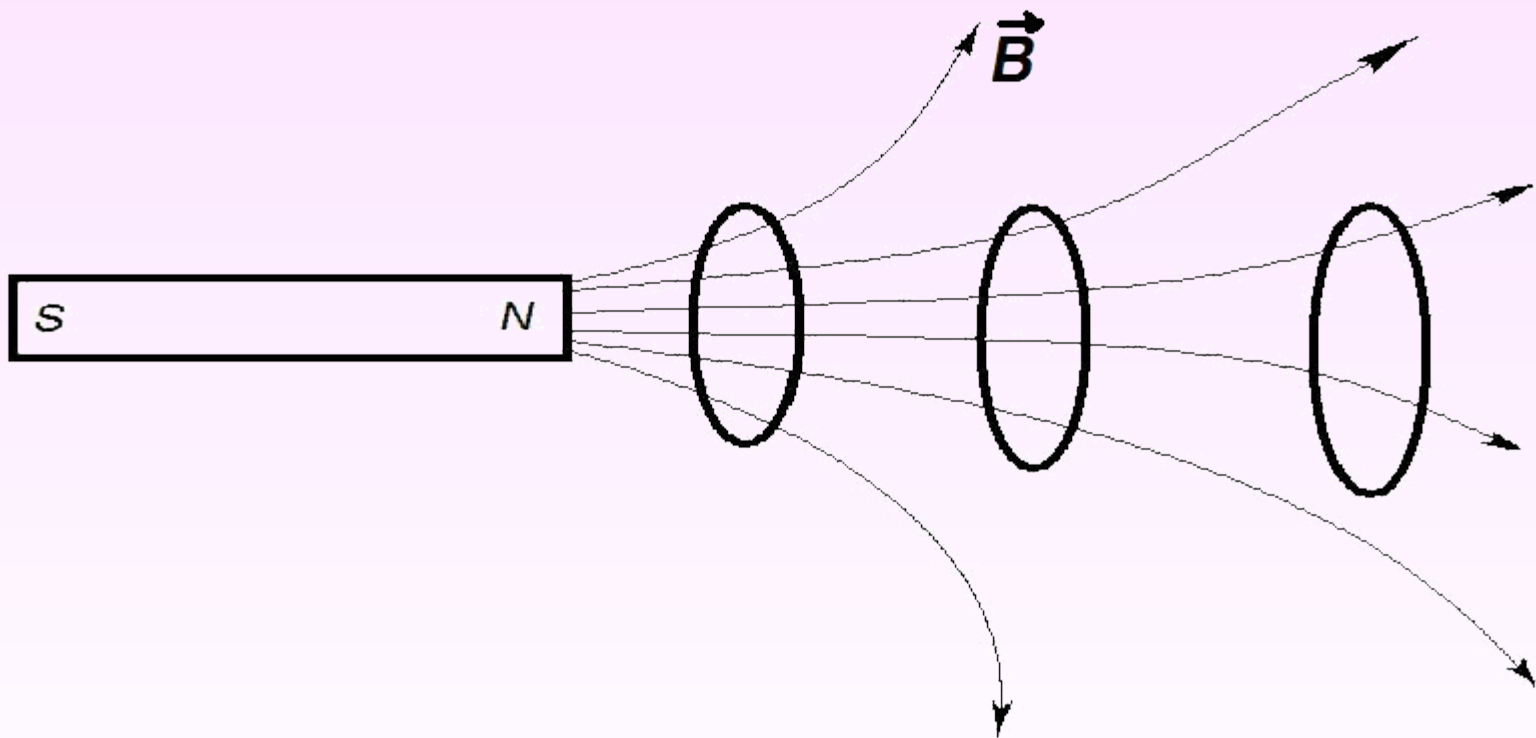
$$\Phi = BS \cos \alpha$$

где  $B$  – модуль вектора магнитной индукции,  $S$  – площадь контура,  $\alpha$  – угол между вектором магнитной индукции и нормалью к плоскости контура.



**Единица магнитного потока** в системе СИ называется **Вебером (Вб)**.  $1\text{Вб} = 1\text{Тл} \cdot 1\text{м}^2$   
*Магнитный поток через поверхность изменяется, если изменяется число магнитных линий, пронизывающих поверхность.*

# Магнитный поток



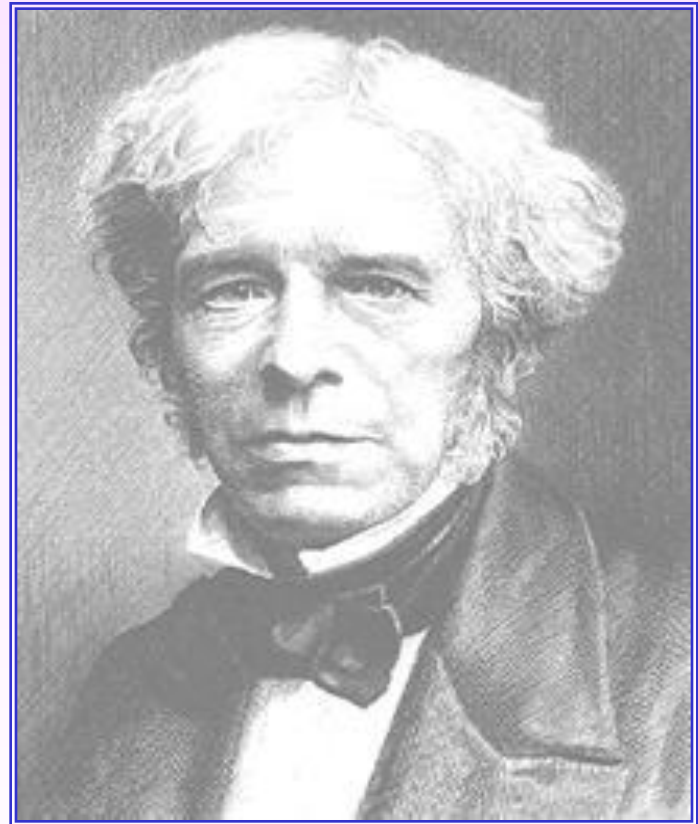
# Майкл Фарадей

**Майкл Фарадей  
(1791 -1867)**

**«Превратить магнетизм в  
электричество»**

**(запись в дневнике была  
сделана в 1822 году)**

**Явление электромагнитной  
индукции было открыто  
29 августа 1831 года.**

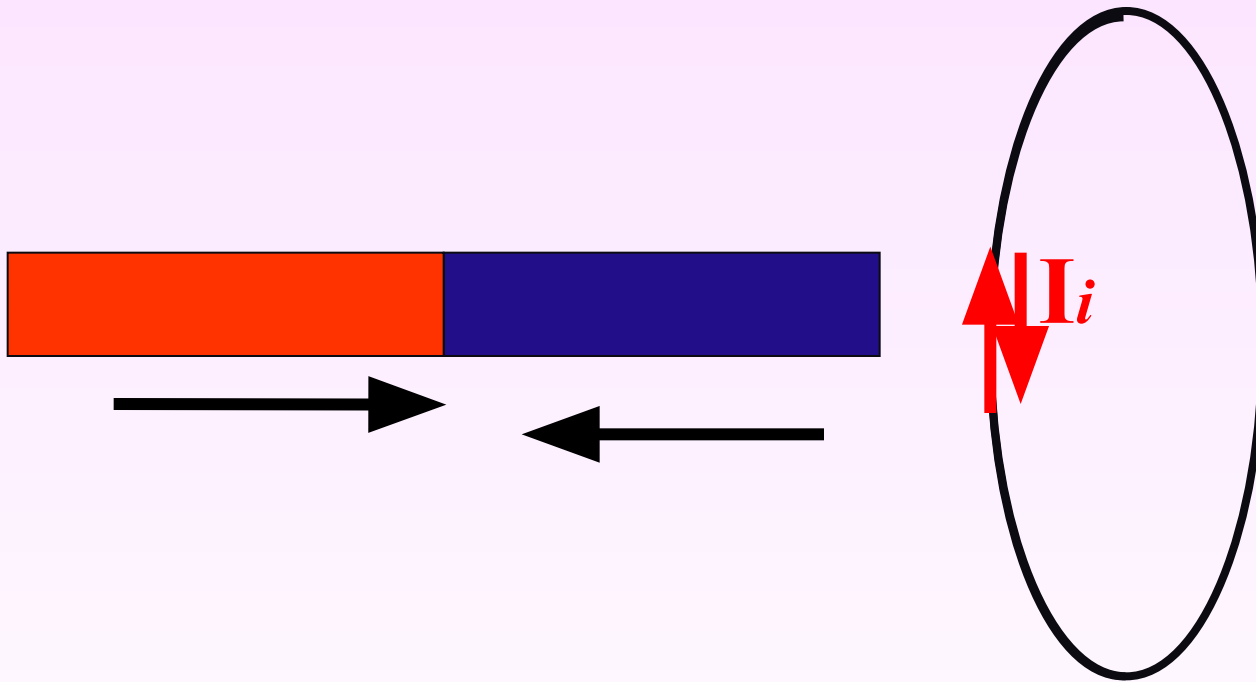


# **ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ**

- **Явление ЭМИ**
- **Направление индукционного тока**
- **Сила индукционного тока**
- **Закон ЭМИ**
- **Опыт с катушками**



# Электромагнитная индукция



# Электромагнитная индукция

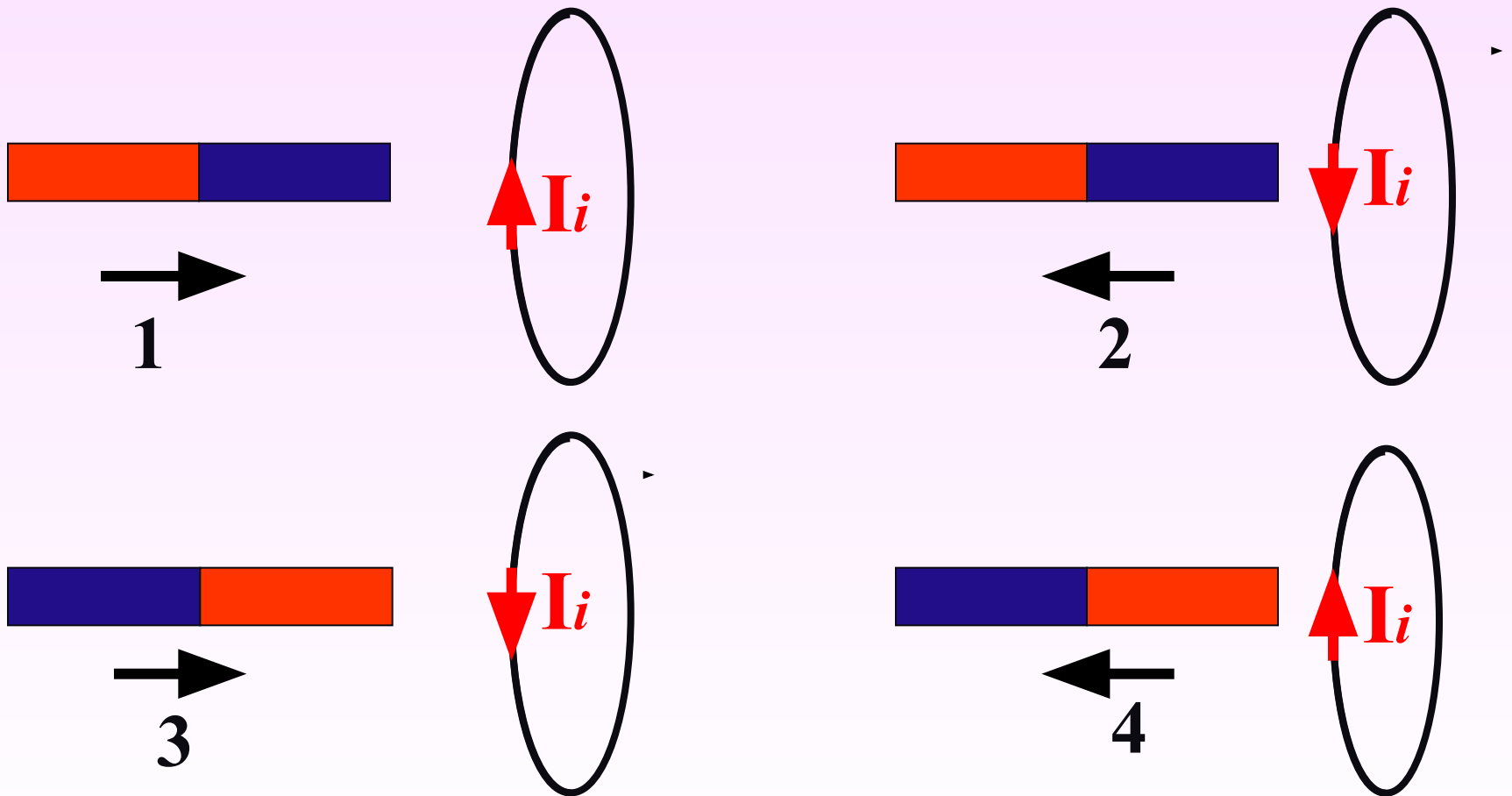
**Именно ассистент Фарадея, бывший сержант артиллерии, Андерсен заметил отклонение стрелки гальванометра в те моменты, когда Фарадей двигал железный сердечник.**



# Электромагнитная индукция

- **Электромагнитная индукция** – физическое явление, заключающееся в возникновении вихревого электрического поля, вызывающего электрический ток в замкнутом проводящем контуре при изменении магнитного потока через поверхность, ограниченную этим контуром.
- Ток, возникающий в замкнутом контуре, называется **ИНДУКЦИОННЫМ**.

# Направление индукционного тока





**Э.Х. Ленц**  
1804 – 1865 г.г.,  
академик,  
ректор  
Петербургского  
Университета

## Правило Ленца

**Возникающий в замкнутом контуре индукционный ток своим магнитным полем противодействует тому изменению магнитного потока, которым он вызван.**

# Направление индукционного тока

*Для определения направления индукционного тока в контуре необходимо:*

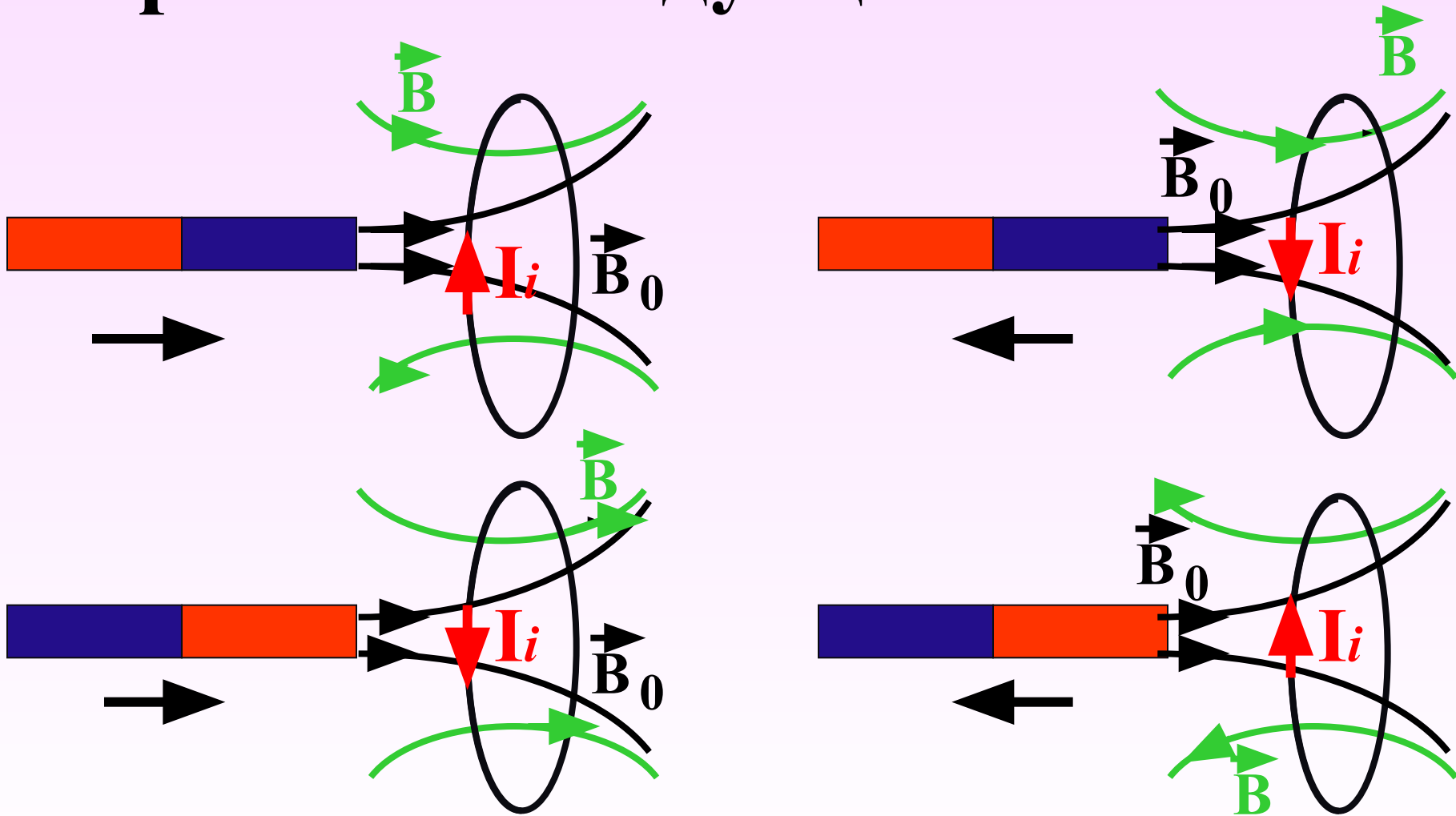
- 1. Определить направление линий магнитной индукции внешнего магнитного поля ( $B_0$ ).*
- 2. Выяснить как меняется магнитный поток, пронизывающий контур (увеличивается или уменьшается.)*
- 3. Определить направление линий магнитной индукции магнитного поля, созданного индукционным током ( $B$ ), зная правило Ленца .*

$$\Delta\Phi_0 > 0 \Rightarrow \overset{\nabla}{B} \uparrow \downarrow \overset{\nabla}{B_0}$$

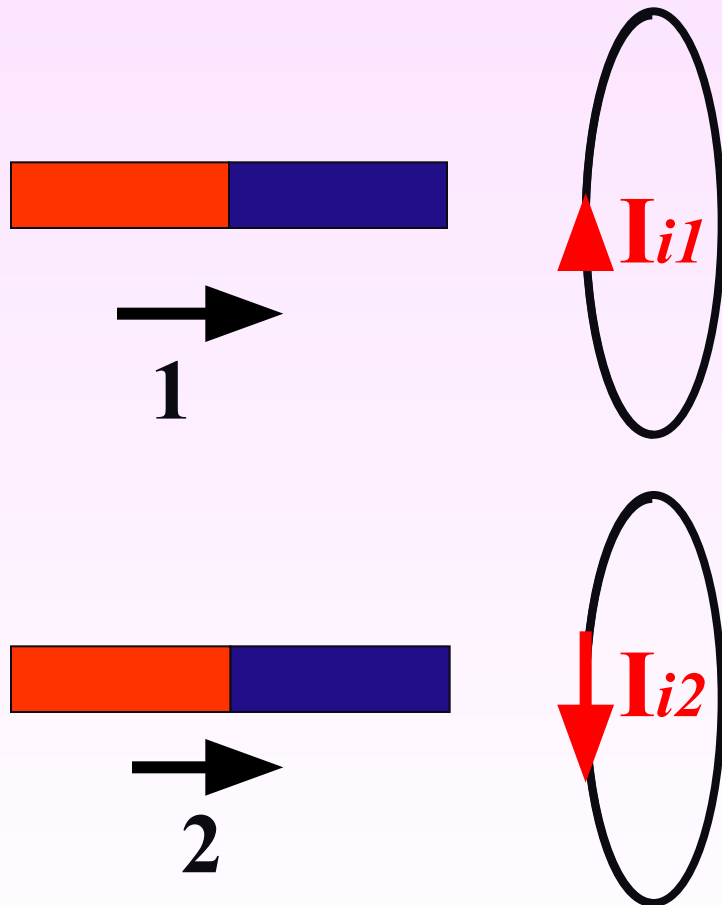
$$\Delta\Phi_0 < 0 \Rightarrow \overset{\nabla}{B} \uparrow \uparrow \overset{\nabla}{B_0}$$

- 4. Определить направление индукционного тока, зная направление линий магнитной индукции магнитного поля индукционного тока по правилу буравчика (или по правилу правой руки).*

# Направление индукционного тока



# Сила индукционного тока



$$I_{i1} < I_{i2}$$

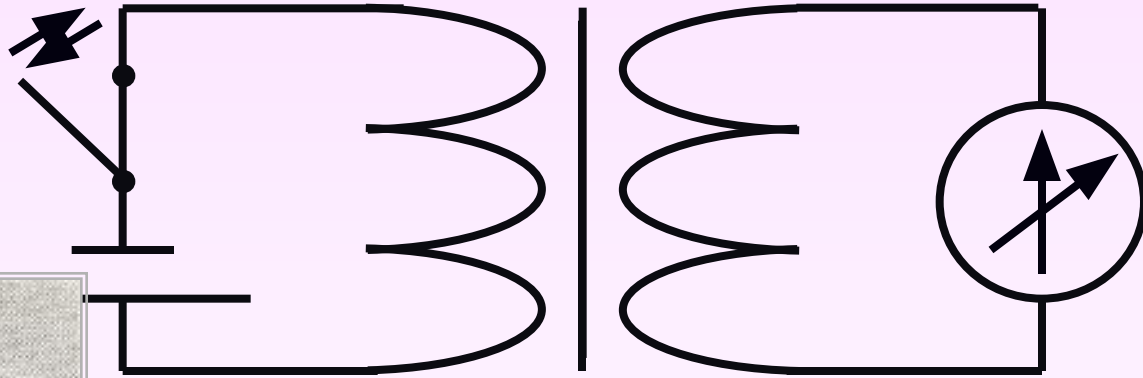
$$\left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|_1 < \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|_2$$

*Сила индукционного тока зависит **от скорости изменения магнитного потока**: чем быстрее меняется магнитный поток, тем больше сила индукционного тока.* 40



# Джозеф Генри

(1797 – 1878 )



**Впервые провел опыт с двумя катушками.**

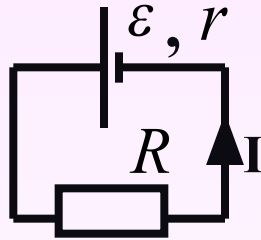
# Закон электромагнитной индукции (закон Фарадея – Максвелла).

$$\varepsilon_i = \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|$$

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

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

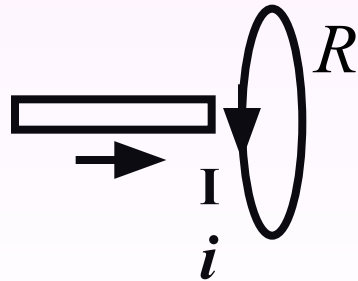
$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}$$



$$r = 0$$

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

$$I_{ii} = \frac{\varepsilon_{ii}}{R}$$



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

# Вихревое электрическое поле

- *Одним из условий существования тока является наличие электрического поля.*
- *В замкнутом проводящем контуре возникает электрический ток при изменении магнитного потока, пронизывающего этот контур.*

*Переменное во времени магнитное поле порождает электрическое поле.*

*Порождаемое электрическое поле является вихревым.*

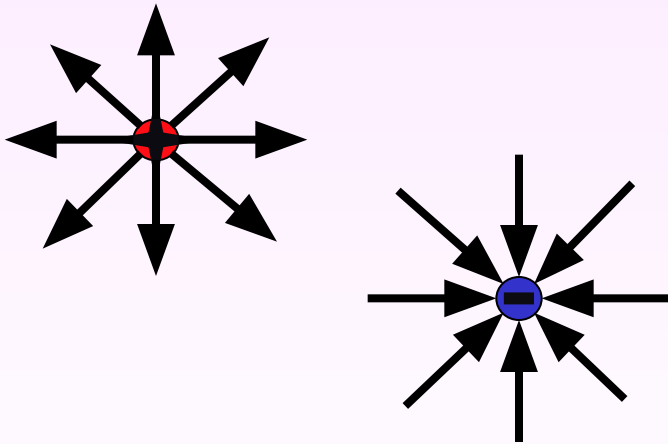
# Электрическое поле

**электростатическое**

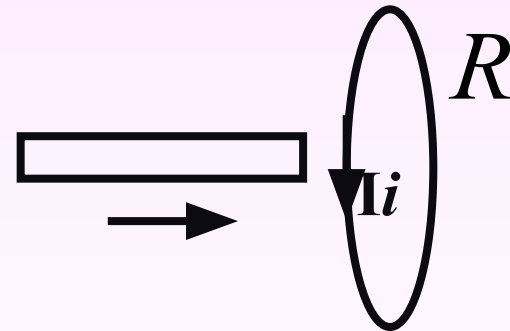
**вихревое**

## ИСТОЧНИКИ

положительные и  
отрицательные  
электрические заряды



переменное во времени  
магнитное поле

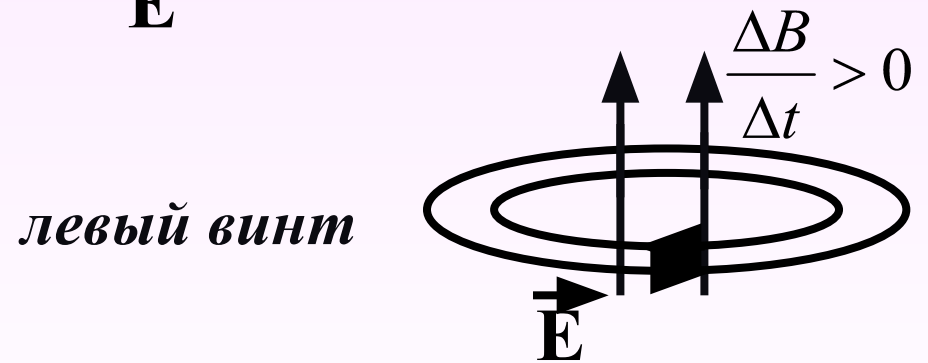
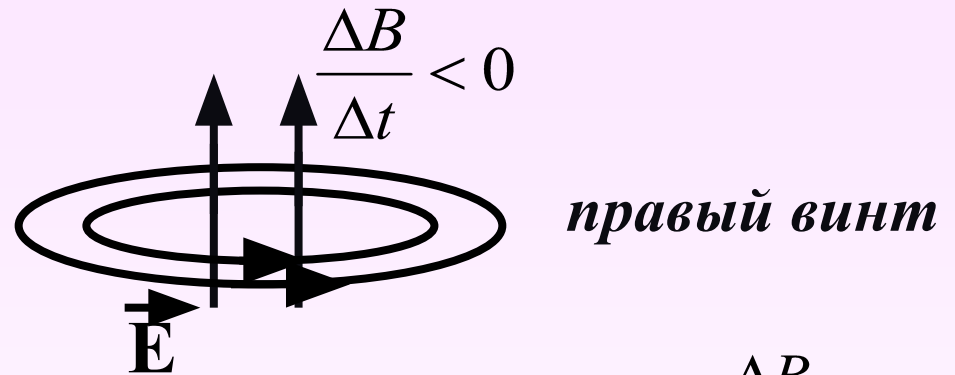
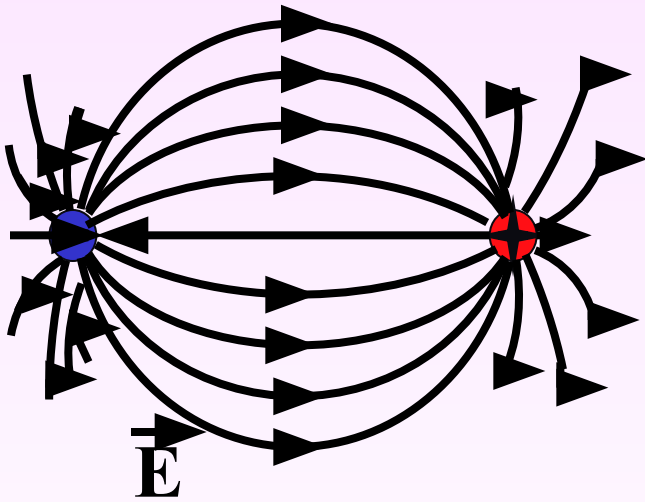


# Электрическое поле

электростатическое

вихревое

направление линий напряженности

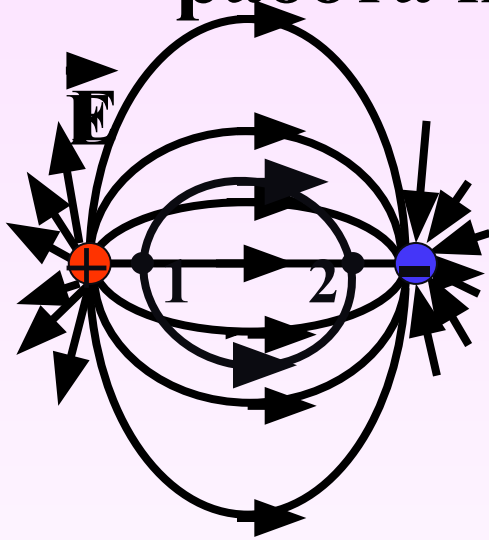


# Электрическое поле

**электростатическое**

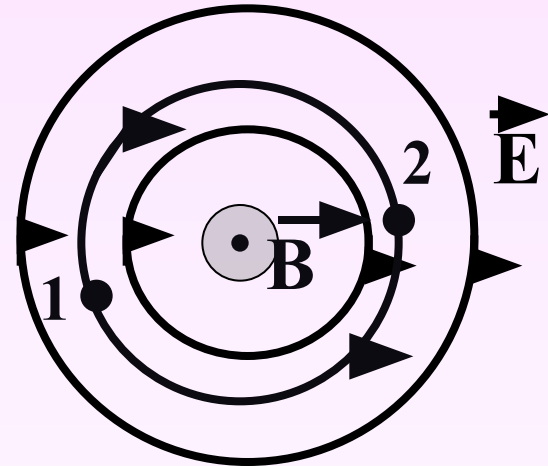
**вихревое**

**работа поля по замкнутому контуру**



$$\vec{F} = q\vec{E}$$

$$A = Fd$$



$$A_{вихр} = A_{12} + A_{21}$$

$$A_{12} > 0$$

$$A_{21} > 0$$

$$A_{вихр} \neq 0$$

$$A_{cm} = A_{12} + A_{21}$$

$$A_{12} > 0$$

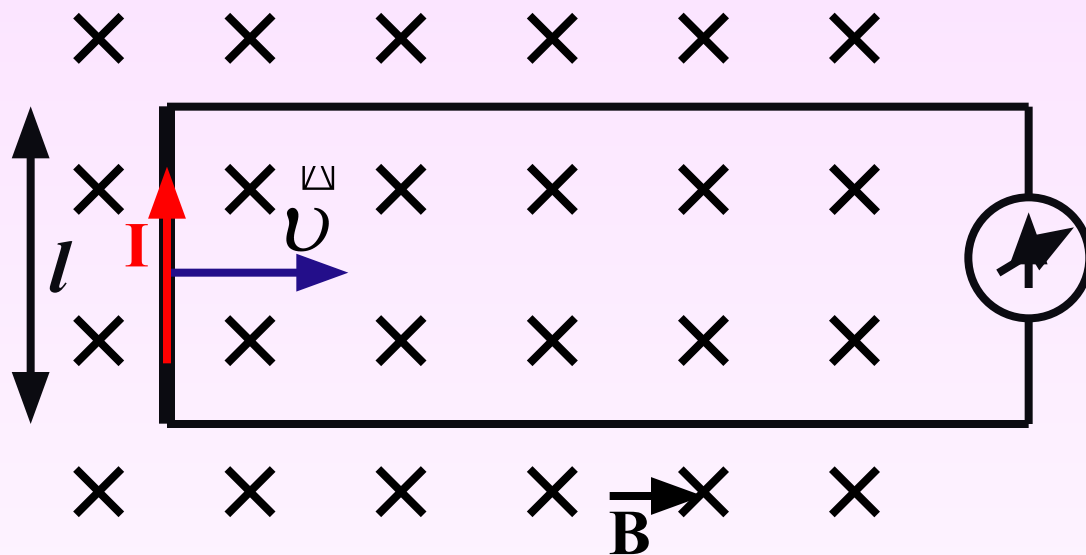
$$A_{21} < 0$$

$$A_{cm} = 0$$

# В чем отличие вихревого электрического поля от потенциального

Вид поля Вопросы	Электростатическое	Магнитное	Вихревое электрическое
<b>Источник поля</b>	Электрические заряды	Движущиеся заряды , ток	<b>Изменяющееся магнитное поле</b>
<b>Что служит индикатором</b>	Электрические заряды	Движущиеся заряды ,ток	Электрические заряды
<b>Потенциальное или вихревое</b>	Потенциальное, работа по замкнутому контуру равна нулю	Вихревое, работа по замкнутому контуру не равна нулю	<b>Вихревое</b> , работа по замкнутому контуру <b>не равна</b> нулю
<b>Линии поля (замкнутые или незамкнутые)</b>	Не замкнуты, начинаются и заканчиваются на зарядах	Замкнутые	<b>Замкнутые</b>

# ЭДС индукции в движущихся проводниках



$$F_{Л} = |q|vB \sin \alpha$$

$$A = F_{Л} l = |q|vBl \sin \alpha$$

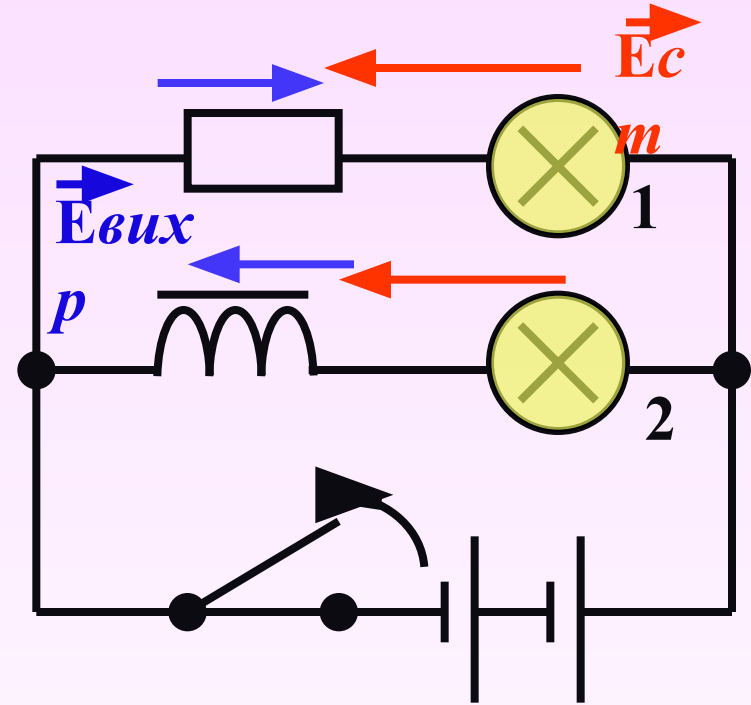
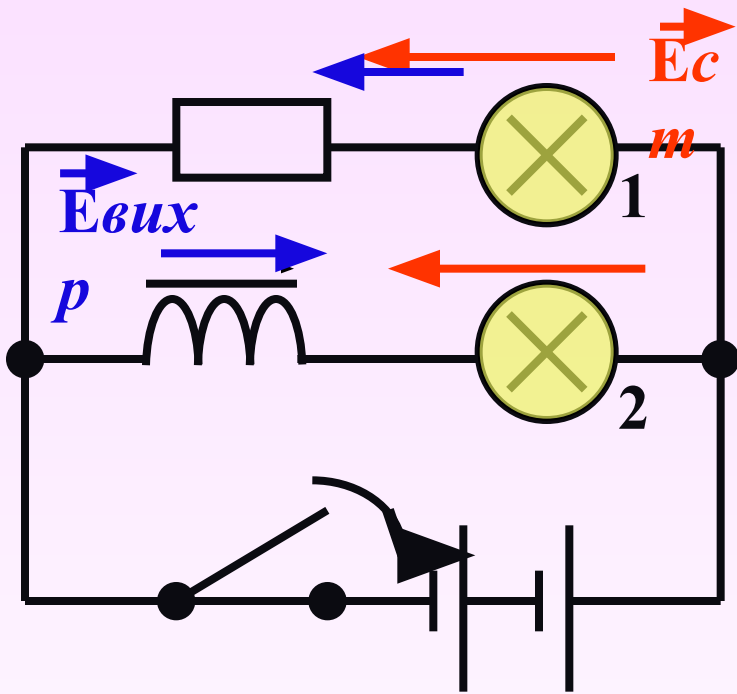
$$\varepsilon_i = \frac{A}{|q|}$$

$$\varepsilon_i = vBl \sin \alpha$$

$\alpha$  - угол между направлением скорости проводника и вектором магнитной индукции.



# Самоиндукция



$$\vec{F} = q\vec{E}$$

$$\vec{E} = \vec{E}_{ст} + \vec{E}_{вихр}$$

**Самоиндукция** – возникновение ЭДС индукции в проводящем контуре при изменении в нем силы тока.

# Самоиндукция

$$\begin{array}{l}
 B = \mu\mu_0 I \frac{N}{l} \\
 \Phi = BS \cos \alpha
 \end{array}
 \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \begin{array}{l} \Phi \sim B \sim I \\ \Phi = LI \end{array} \quad L = \frac{\Phi}{I}$$

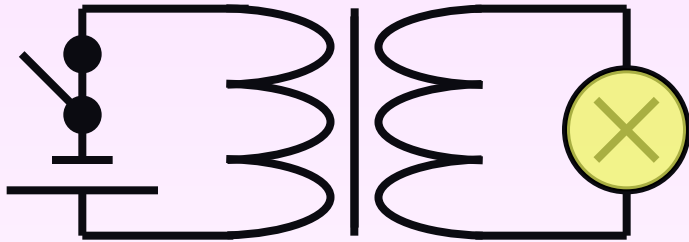
$$[L] = \Gamma_{\text{H}} \quad - \text{индуктивность контура} \quad 1 \Gamma_{\text{H}} = \frac{1 \text{ Вб}}{1 \text{ А}}$$

$$\varepsilon_{is} = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = - \frac{L \Delta I}{\Delta t}$$

$$\varepsilon_{is} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$\overline{\text{м}} \quad L = \mu\mu_0 \frac{N^2 S}{l} \quad - \text{индуктивность катушки}$$

# Энергия магнитного поля тока



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

$$\Phi = LI$$

$$W_m = \frac{\Phi I}{2}$$

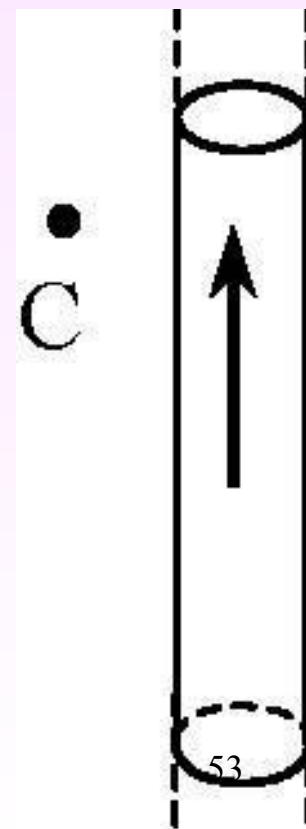
$$W_m = \frac{\Phi^2}{2L}$$

# Электромагнитное поле

- **Переменное во времени электрическое поле порождает магнитное поле.**
- **Переменное во времени магнитное поле порождает электрическое поле.**
- **Утверждение, что в данной точке пространства существует только электрическое или только магнитное поле, не имеет смысла, если не указать, по отношению к какой системе отсчета эти поля рассматриваются.**
- **Электрические и магнитные поля – проявление единого **электромагнитного поля.****

**Решение задач 1.** На рисунке изображен цилиндрический проводник, по которому течет электрический ток. Направление тока указано стрелкой. Как направлен вектор магнитной индукции создаваемого током магнитного поля в точке С?

1. в плоскости рисунка вверх
2. в плоскости рисунка вниз
3. от нас перпендикулярно плоскости рисунка
4. к нам перпендикулярно плоскости рисунка

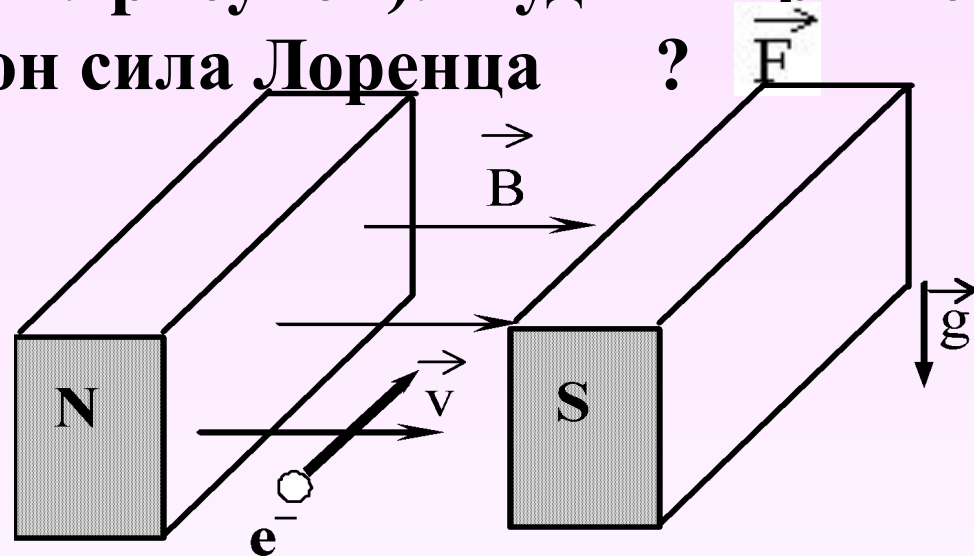


**2. На провод обмотки якоря электродвигателя при силе тока 20 А действует сила 1 Н. Найдите магнитную индукцию в месте расположения провода, если длина провода 0,2 м.**

**Решение:**  $F = I B \Delta L$ ;  $B = F / I \Delta L$ ;

$$B = 1 / 20 \cdot 0,2 = 1/4 = 0,25 \text{ Тл}$$

3. Электрон  $e^-$ , влетевший в зазор между полюсами электромагнита, имеет горизонтально направленную скорость  $\vec{v}$ , перпендикулярную вектору индукции магнитного поля  $\vec{B}$  (см. рисунок). Куда направлена действующая на электрон сила Лоренца  $\vec{F}$  ?



1. вертикально вниз
2. вертикально вверх
3. горизонтально влево
4. горизонтально вправо

**4. Участок проводника длиной 10 см находится в магнитном поле индукцией 50 мТл. Сила Ампера при перемещении проводника на 8 см в направлении своего действия совершает работу 0,004 Дж. Чему равна сила тока, протекающего по проводнику? Проводник расположен перпендикулярно линиям магнитной индукции.**

$$A = IBlx$$

1. 0,01 А
2. 0,1 А
3. 10 А
4. 64 А



**5.** На прямолинейный участок проводника с током длиной 2 см между полюсами постоянного магнита действует сила 10 мН при силе тока в проводнике 5 А. Определите магнитную индукцию, если вектор индукции перпендикулярен проводнику.

*Дано:*

$$l = 2 \text{ см} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$F_A = 10^{-3} \text{ Н}$$

$$I = 5 \text{ А}$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$B = ?$$

*Решение*

По закону Ампера сила, действующая на проводник с током в магнитном поле, определяется по формуле  $F_A = IBl \sin \alpha$ , откуда магнитная индукция равна:

$$B = \frac{F_A}{Il \sin \alpha}$$

$$B = \frac{10^{-3}}{2 \cdot 10^{-2} \cdot 5 \cdot 1} = 10^{-2} \text{ (Тл)}.$$

*Ответ:* магнитная индукция поля постоянного магнита равна  $10^{-2}$  Тл.

**6. Индуктивность витка проволоки равна 2мГн. При какой силе тока в витке магнитный поток через поверхность, ограниченную витком, равен 12 мВб?**

- 1)  $24 \cdot 10^{-6} \text{ А}$     2) 0,17 А    3) 6 А    4) 24 А

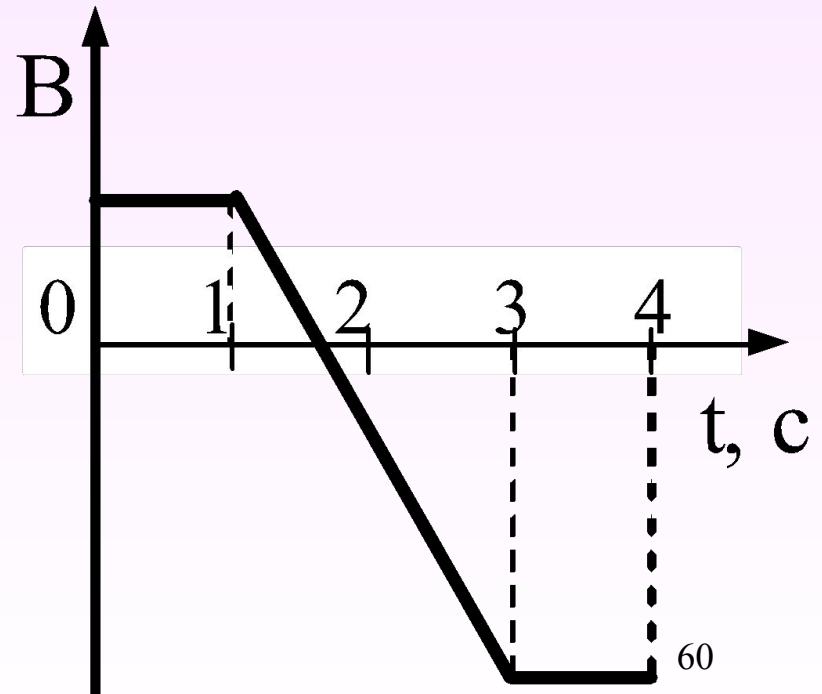
$$\Phi = LI$$

**7. Две одинаковые катушки А и Б замкнуты каждая на свой гальванометр. В катушку А вносят полосовой магнит, а из катушки Б вынимают такой же полосовой магнит. В каких катушках гальванометр зафиксирует индукционный ток?**

1. ни в одной из
2. в обеих катушках
3. только в катушке А
4. только в катушке

8. Виток провода находится в магнитном поле, перпендикулярном плоскости витка, и своими концами замкнут на амперметр. Магнитная индукция поля меняется с течением времени согласно графику на рисунке. В какой промежуток времени амперметр покажет наличие электрического тока в витке?

1. от 0 с до 1 с
2. от 1 с до 3 с
3. от 3 с до 4 с
4. во все промежутки времени от 0 с до 4 с



**9.** Металлический стержень и провода, по которым он скользит, находятся в однородном магнитном поле, перпендикулярном плоскости рисунка. Индукция магнитного поля 500 мТл, скорость движения проводника 2 м/с, его длина 1 м, сопротивление цепи 10 Ом. Найдите индукционный ток.

Так как проводник движется в магнитном поле, то в нем возникает ЭДС индукции, равная  $\mathcal{E}_i = BLv \sin \alpha$ . По условию задачи  $\alpha = 90^\circ$ , значит  $\mathcal{E}_i = BLv$ . По закону

Ома

$$I_i = \frac{\mathcal{E}_i}{R} = 0,1 A$$

**10.** Магнитный поток через замкнутый проводник сопротивлением  $0,5 \text{ Ом}$  равномерно увеличился с  $2 \cdot 10^{-4} \text{ Вб}$  до  $10 \cdot 10^{-4} \text{ Вб}$ . Какой заряд прошел через поперечное сечение проводника?

*Дано:*

$$R = 0,5 \text{ Ом}$$

$$\Phi_1 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ Вб}$$

$$\Phi_2 = 10 \cdot 10^{-4} \text{ Вб}$$

$$q = ?$$

*Решение*

Из формулы, определяющей силу тока в проводнике  $I = \frac{q}{t}$ , заряд равен  $q = It$ . Силу тока в проводнике можно определить

по закону Ома для участка цепи  $I = \frac{\mathcal{E}_i}{R}$ , где  $\mathcal{E}_i$  — это ЭДС индукции, возникающая в проводнике при изменении магнитного потока, ее можно определить по закону электромагнитной индукции:

$$\mathcal{E}_i = \frac{|\Phi_2 - \Phi_1|}{t}$$

Решаем систему уравнений относительно заряда

$$q = \frac{|\Phi_2 - \Phi_1|}{R} \cdot t, \quad q = \frac{8 \cdot 10^{-4}}{0,5} = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ (Кл)}.$$

*Ответ:* через поперечное сечение проводника прошел заряд  $1,6 \cdot 10^{-3} \text{ Кл}$ .

**11.** Концы проволочной катушки из тысячи витков радиусом 5 см замкнуты накоротко. Сопротивление катушки 100 Ом. С какой скоростью должна изменяться индукция магнитного поля, перпендикулярного плоскости катушки, чтобы в ней выделялась тепловая мощность 100 мВт.

Решение

$$\varepsilon_i = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta B S N \cos\alpha}{\Delta t}; \text{ отсюда } \frac{\Delta B}{\Delta t} = \frac{\varepsilon_i}{S N \cos\alpha} = \frac{\varepsilon_i}{S N}, \text{ т. к. } \alpha = 0^\circ$$

$$\text{Мощность, выделяемая в контуре } P = \frac{\varepsilon_i^2}{R}, \text{ откуда } \varepsilon_i = \sqrt{PR}$$

$$\frac{\Delta B}{\Delta t} = \frac{\varepsilon_i}{S N} = \frac{\sqrt{PR}}{S N} = \frac{\sqrt{PR}}{\pi r^2 N}; \quad \frac{\Delta B}{\Delta t} \approx 0,4 \frac{\text{Тл}}{\text{с}}$$

**12.** Найдите мощность, затрачиваемую на перемещение проводника с током 10 А со скоростью 7 м/с, направленной перпендикулярно магнитному полю с индукцией 1,4 Тл. Длина проводника 30 см.

Мощность при равномерном движении определяется как  $N = F \cdot v$ . В данном случае на проводник с током в магнитном поле действует сила Ампера, равная  $F_A = BIL \sin \alpha$ . Тогда мощность, затрачиваемая на перемещение проводника равна  $N = BILv \sin \alpha$ ,  $N = 29,4 \text{ Вт}$ .



**Домашнее задание:** *написать подробный конспект (все определения, формулы, обозначения физических величин, их размерность); рассмотреть примеры решения задач. Выучить конспект. Подготовиться к электронной диагностике (ссылка будет сброшена в группы вк позже с ограниченным прохождением времени)*

**Спасибо за внимание!**