



# 11 Класс

## Содержание курса

Разделы	Название раздела	№ ОК	Параграфы учебника	«Повторим теорию»
Раздел №1	Основы электродинамики (продолжение)	1 - 13	§1 - 17	Лист 1,2
Раздел №2	Колебания и волны	14 - 32	§18 - 58	Лист 3,4,5,6,7
Раздел №3	Оптика	33 - 51	§59 - 86	Лист 8,9,10
Раздел №4	Квантовая физика	52 - 67	§87 - 115	Лист 11,12,13

**11 КЛАСС****РАЗДЕЛ - 1****РАЗДЕЛ - 1****ЭЛЕКТРОДИНАМИКА (продолжение)**

Электродинамика – это раздел физики, в котором рассматриваются свойства и закономерности электромагнитного поля, благодаря которому осуществляется взаимодействие между электрическими заряженными телами и частицами

**СОДЕРЖАНИЕ 1-го РАЗДЕЛА**

№ блока	Название блока	№ ОК	Параграфы учебника	«Повторим теорию»	Стр.
<b>Блок 1.</b>	Магнитное поле	<b>1 - 8</b>	<b>§1 - 7</b>	<b>Лист - 1</b>	<b>2 - 12</b>
<b>Блок 2.</b>	Электромагнитная индукция	<b>9 - 13</b>	<b>§8 - 17</b>	<b>Лист - 2</b>	<b>13 - 19</b>

**Сокращения и обозначения:**

**№ОК** – номера опорных конспектов в данном пособии;

**Параграф учебника** – параграфы учебника « Физика – 11 класс – классический курс – Г.Я.Мякишев, Б.Б.Буховцев, Н.Н.Сотский;

**«Повторим теорию»** - листы с вопросами для уроков «Повторим теорию»;

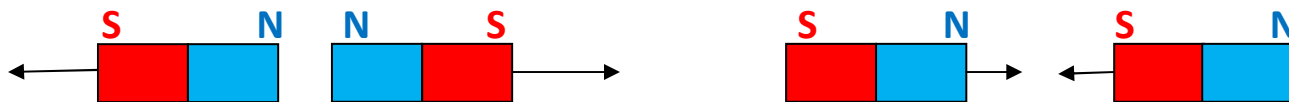
**Стр.** – номера страниц данного пособия

**РАЗДЕЛ-1****БЛОК -1****БЛОК-1****МАГНИТНОЕ ПОЛЕ**

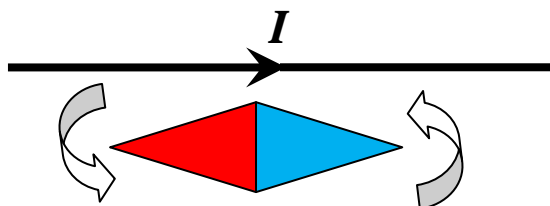
Содержание опорного конспекта	Стр. №	Параграфы учебника	Лист - 1
<b>ОК – 11.1.1</b>	3	§1	1 - 5
1.Опыт Эрстеда			
2.Опыт Ампера			
3.Магнитное поле			
<b>ОК – 11.1.2</b>	4	§2,9	6 ,8,9
1.Направление линий магнитной индукции			
2.Модуль вектора магнитной индукции			
3.Магнитный поток			
<b>ОК – 11.1.3</b>	5	§2	7
1.Линии магнитной индукции			
2.Магнитное поле Земли			
<b>ОК – 11.1.4</b>	6	§3	10,11
1.Сила Ампера			
2.Направление силы Ампера			
<b>ОК – 11.1.5</b>	7	§4,5	12
1.Действие магнитного поля на рамку с током			
2.Электроизмерительные приборы			
3.Электродвигатель постоянного тока			
<b>ОК – 11.1.6</b>	8	§6	13,14
1.Сила Лоренца			
2.Направление силы Лоренца			
<b>ОК – 11.1.7</b>	9	§6	15,16,17
1.Траектории движения частиц			
2.Применение силы Лоренца			
<b>ОК – 11.1.8</b>	10	§7	18-22
1.Магнитная проницаемость			
2.Гипотеза Ампера			
3.Магнитные свойства вещества			
<b>ОК – 11.1.9</b>	11	§7	23,24
1.Применение ферромагнетиков			
2.Запись и воспроизведение звука			

## МАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

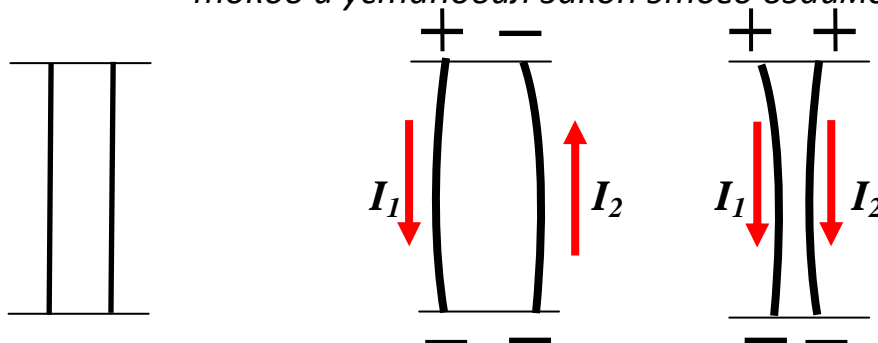
**1. 1600г. В.Гильберт** – два полюса



**2. 1820г. Х.Эрстед** – датский физик открыл магнитное действие тока



**3. 1820 г. А.Ампер** - франц.ученый открыл механическое взаимодействие токов и установил закон этого взаимодействия



### **4. Выводы:**

1. Взаимодействуют с магнитом только движущиеся заряды
2. Вокруг неподвижных электрических зарядов существует только электрическое поле

## МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

-особая форма материи

### Свойства:

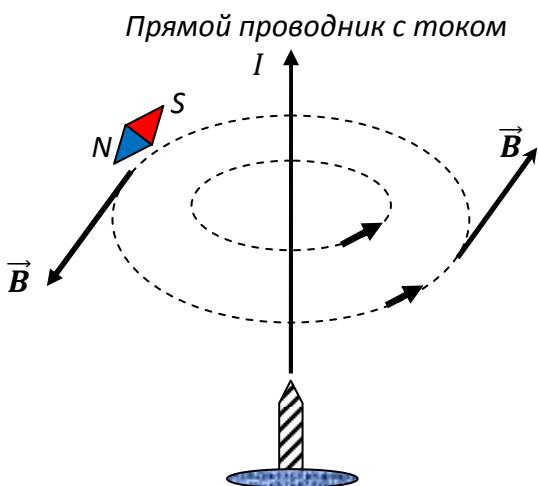
1. Существует реально, т.е. оно материально.
2. Порождается электрическим током.
3. Обнаруживается по действию на магнитную стрелку.
4. Действует на проводник с током.
5. Электрический ток и магнитное поле не отделимы друг от друга.
6. Электрический ток – источник магнитного поля

ОК – 11.1.2

## ВЕКТОР МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ

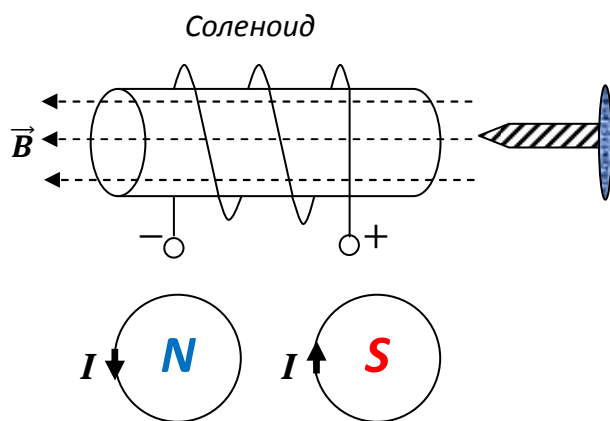
### 1. Направление тока и направление линий магнитного поля

Вектор магнитной индукции  $\vec{B}$  – силовая характеристика магнитного поля



Правило буравчика

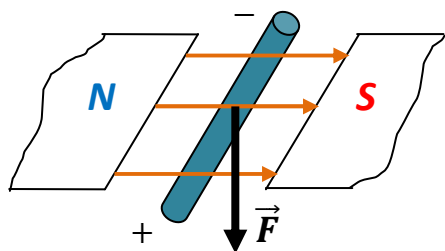
Если направление поступательного движения буравчика совпадает с направлением тока в проводнике, то направление вращения ручки буравчика совпадает с направлением линий магнитного поля тока



Правило 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

### 2. Модуль вектора магнитной индукции

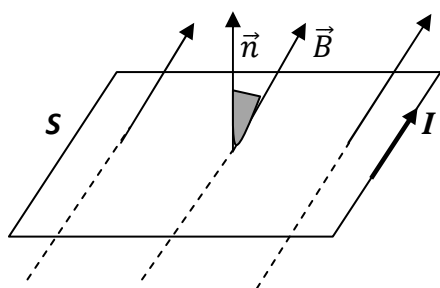


$$\frac{F}{l} = \text{const}$$

$$B = \frac{F}{Il} = \frac{1\text{Н}}{1\text{А}1\text{м}} = 1\text{Тл}$$

Магнитное поле называется **однородным**, если во всех точках магнитная индукция одинакова

### 3. Магнитный поток – характеризует магнитное поле во всех точках пространства



$$B \cos \alpha = B_n$$

$$\Phi = B_n S$$

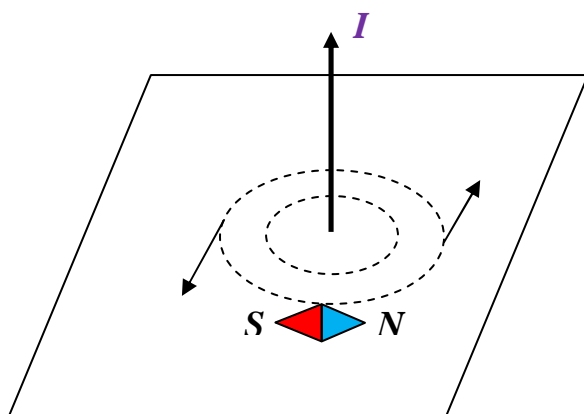
$$\Phi = BS \cos \alpha$$

$$\Phi = 1\text{Тл } 1\text{м}^2 = 1\text{ Вб}$$

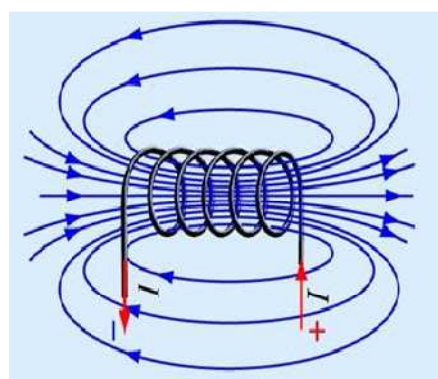
## ЛИНИИ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ

- 1.Замкнутые кривые линии (не имеют начала ни конца).
- 2.Направление связано с направлением тока в проводнике.
- 3.Направление указывает северный полюс магнитной стрелки.
- 4.У прямолинейного проводника – концентрические окружности.
- 5.Если длина соленоида много больше его диаметра, то М.П. внутри – **однородно** (внутри соленоида – линии параллельны)

### 1. Магнитное поле прямого тока

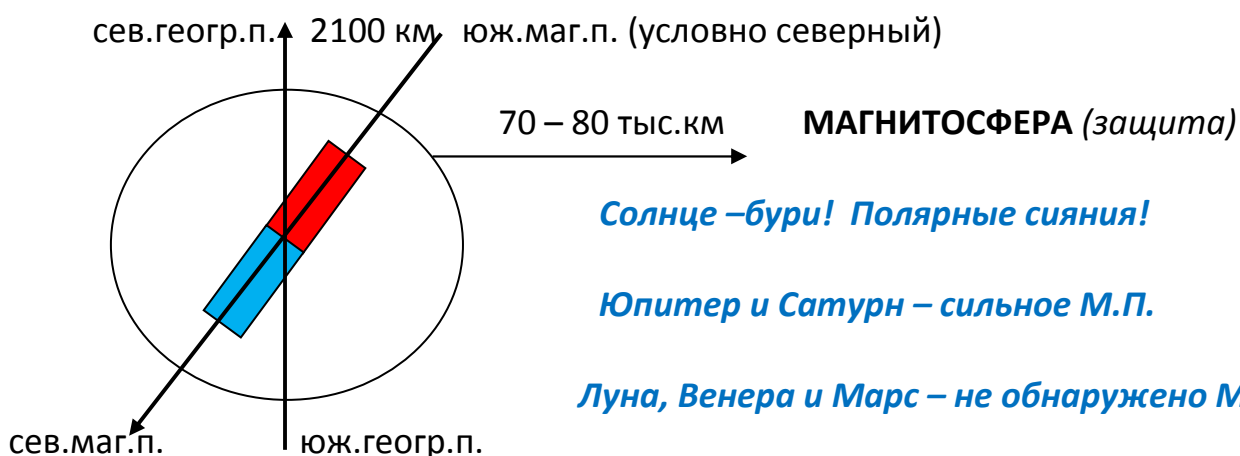


### 2. Магнитное поле кругового тока



Поля с замкнутыми векторными линиями называют **вихревыми**  
**Магнитное поле – вихревое поле**

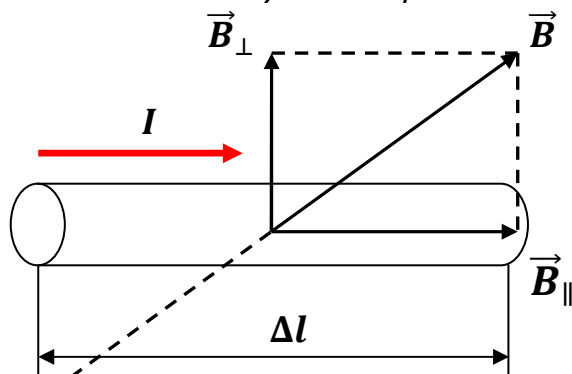
## МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ЗЕМЛИ



ОК – 11.1.4

## СИЛА АМПЕРА

-действует на проводник с током в магнитное поле

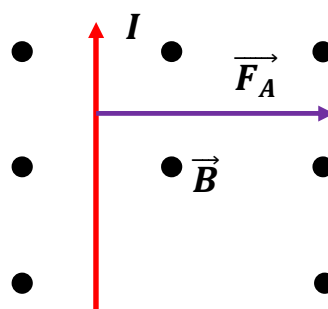
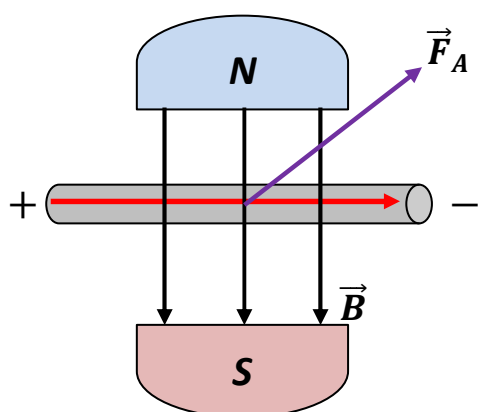


$$F_{max} \sim I \Delta l$$

$$\frac{F_{max}}{I \Delta l} = const = B$$

$$F_A = I |\vec{B}| \Delta l \sin \alpha$$

## НАПРАВЛЕНИЕ СИЛЫ АМПЕРА



● - направление к «нам»

X - направление от «нас»

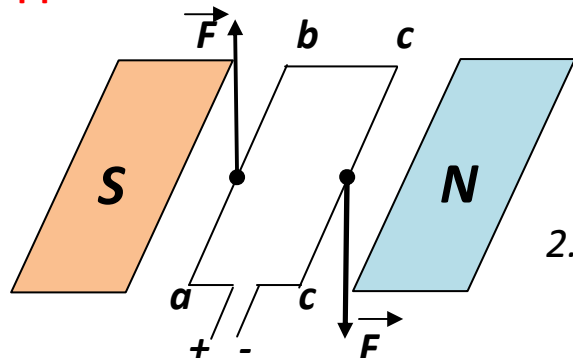
### Правило левой руки

Если левую руку расположить так, чтобы линии магнитной индукции входили в ладонь, а четыре вытянутых пальца были направлены по току, то отогнутый на  $90^\circ$  большой палец укажет направление действующей на проводник силы

ОК – 11.1.5

## ДЕЙСТВИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА РАМКУ С ТОКОМ

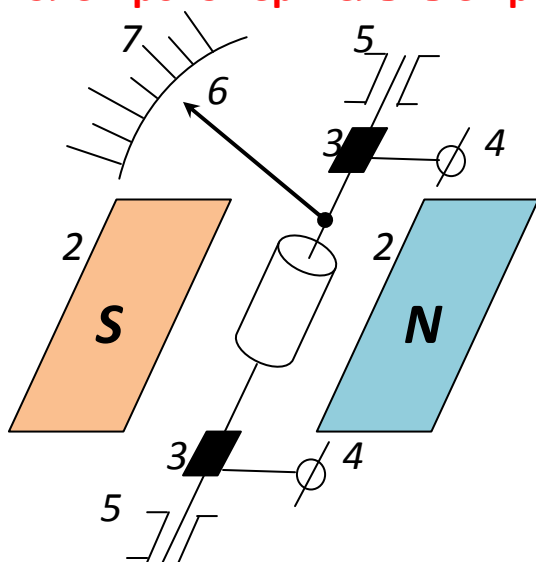
### 1. Действие магнитного поля на рамку с током



1. Магнитное поле действует на стороны **ab** и **cd** с одинаковыми по модулю силами

2. Угол вращения зависит от силы тока

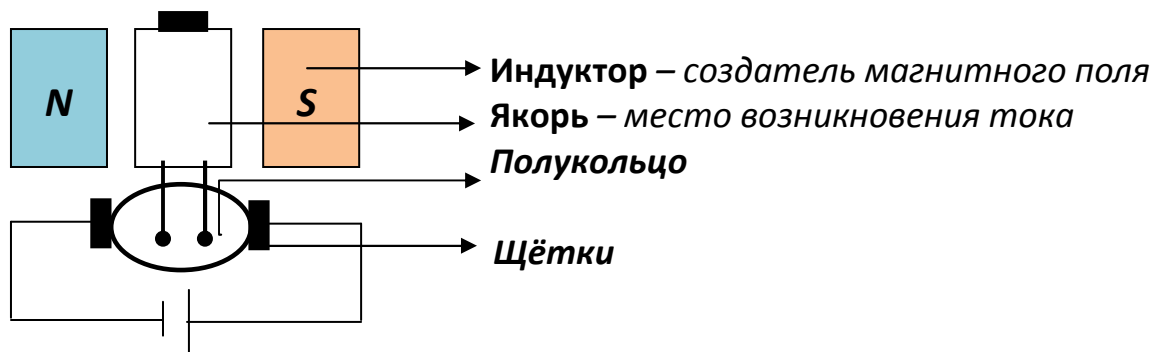
### 2. Электроизмерительные приборы магнитоэлектрической системы



1. Рамка
2. Постоянный магнит
3. Спиральные пружины
4. Клеммы
5. Подшипники и ось
6. Стрелка
7. Шкала

**Амперметры. Вольтметры**

### 3. Электродвигатель постоянного тока – 1834г. Б.С.Якоби



#### Преимущества

1. Малые размеры
2. Удобное место
3. Любая мощность
4. Запас топлива?
5. Охрана природы
6. КПД = 98%

#### Применение

1. Электровозы
2. Трамваи
3. Троллейбусы
4. Автомобили



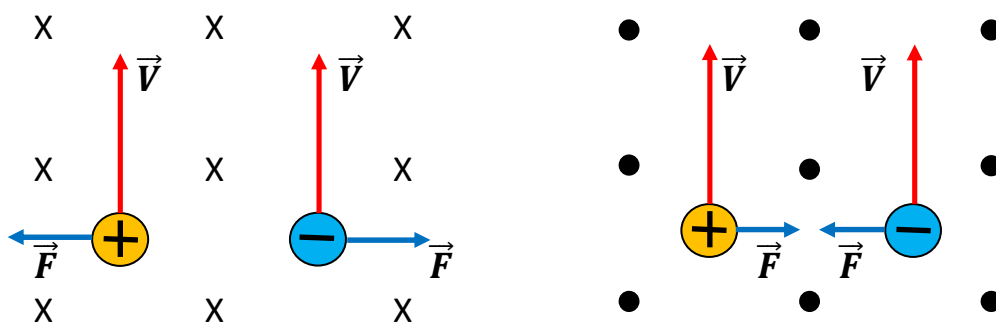
## СИЛА ЛОРЕНЦА

- действует на движущуюся заряженную частицу

$$F_{\text{Л}} = \frac{F_A}{N} = \frac{I\Delta l B \sin\alpha}{nV} = \frac{qnVS\Delta l B \sin\alpha}{n l S}$$

$$F_{\text{Л}} = qVB \sin\alpha$$

## НАПРАВЛЕНИЕ СИЛЫ ЛОРЕНЦА



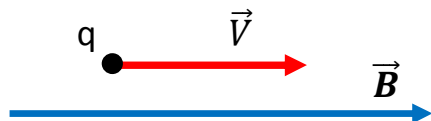
### Правило левой руки

Если левую руку расположить так, чтобы линии магнитной индукции входили в ладонь, а четыре вытянутых пальца были направлены по движению положительно заряженной частицы, то отогнутый на  $90^\circ$  большой палец укажет направление действующей на проводник силы

ОК – 11.1.7

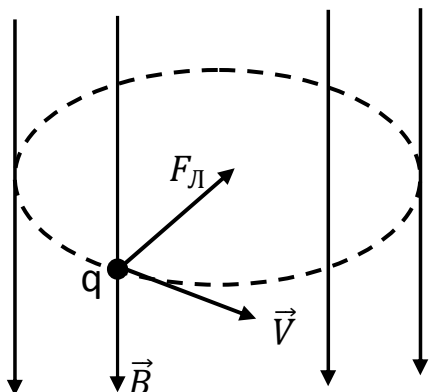
## ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦ

1. Если  $\vec{V} \parallel \vec{B}$



$$F_L = 0$$

2. Если  $\vec{V} \perp \vec{B}$ , то частица описывает траекторию в виде окружности



$$F_L = ma_{ц}$$

$$qVB = \frac{mV^2}{R}$$

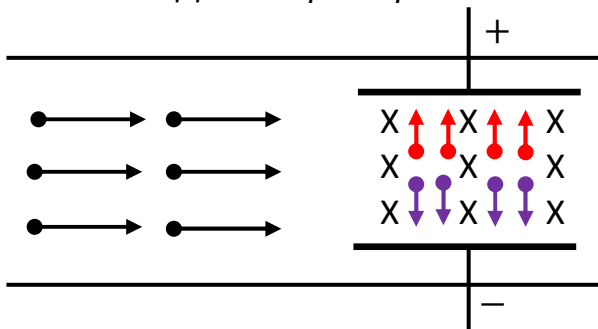
$$R = \frac{mV}{qB}$$

$$T = \frac{2\pi m}{qB}$$

3. Если  $\vec{V}$  не  $\perp \vec{B}$ , то частица описывает траекторию в виде винтовой линии

## ПРИМЕНЕНИЕ СИЛЫ ЛОРЕНЦА

-МГД – генераторы



- кинескопы
- ускорители
- масс - спектрографы
- полярные сияния

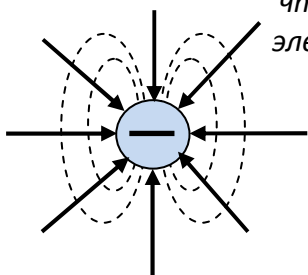
**Вывод:** на заряженную частицу со стороны магнитного поля действует сила Лоренца. Эта сила перпендикулярна скорости и не совершает работы

## МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ВЕЩЕСТВА

**1.Магнитная проницаемость среды** – физическая величина, показывающая, во сколько раз индукция МП однородной среды  $B$  отличается от индукции МП в вакууме  $B_0$

$$\mu = \frac{B}{B_0}$$

**2.Гипотеза Ампера** – тела обладают магнитными свойствами вследствие того, что внутри молекул и атомов циркулируют элементарные электрические токи

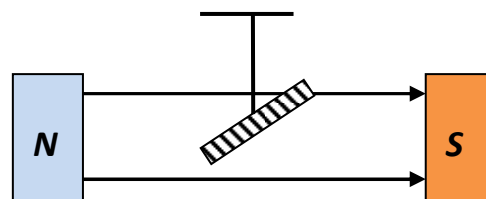


Электрон создаёт МП за счёт орбитального движения вокруг атомного ядра, а также вследствие «собственного вращения»

**3.Магнитные свойства вещества**

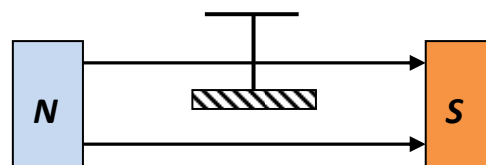
**1.Диамагнетики** –  $\mu < 1$  (свинец, цинк, азот и др.)

$$\mu_{\text{висмута}} = 0,9998$$



**2.Парамагнетики** –  $\mu > 1$  (кислород, никель и др.)

$$\mu_{\text{алюминия}} = 1,000023$$



**3.Ферромагнетики** –  $\mu \gg 1$  (железо, никель, кобальт, гадолиний)

$$\mu_{\text{стали}} = 1,000023$$

**Свойства ферромагнетиков ( А.Г.Столетов – первый исследовал)**

- а.  $\mu$  – зависит от индукции внешнего МП
- б. делятся – магнитомягкие (теряют намагниченность)
  - магнитожёсткие ( сохраняют намагниченность)
- в. температура, при которой исчезают магнитные свойства, наз. **точкой Кюри** ( $t_{\text{стали}} = 753^\circ\text{C}$ )

ОК – 11.1.9

## ПРИМЕНЕНИЕ ФЕРРОМАГНЕТИКОВ

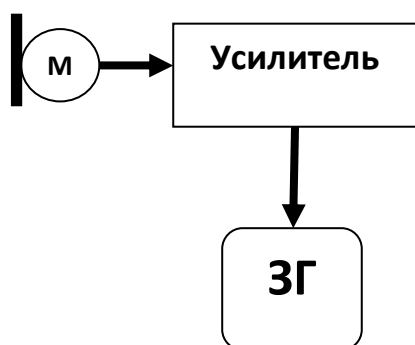
- роторы генераторов и электродвигателей,
- сердечник трансформаторов,
- микрофоны и громкоговорители,
- магнитные ленты и диски

### **Магнитная запись и воспроизведение звука**

Магнитная лента – на гибкую основу ( полихлорвинила) наносится магнитный лак

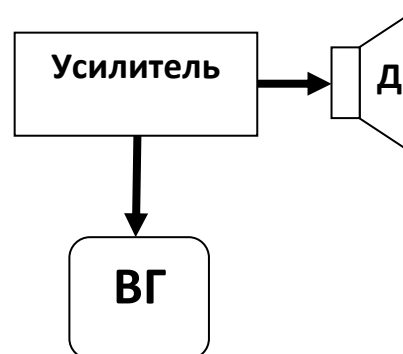
#### ЗАПИСЬ ЗВУКА

Магнитное поле электромагнита (записывающая головка) изменяется в такт со звуковыми колебаниями, происходит намагничивание плёнки



#### ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ ЗВУКА

Намагниченная плёнка возбуждает в магнитной головке (воспроизводящая головка) электрические сигналы, которые после усиления поступают в динамик



**Блок -1****Лист - 1****Повторим теорию!****МАГНИТНОЕ ПОЛЕ**

- 1.Расскажите об опытах Эрстеда и Ампера.
- 2.Что называют магнитным полем? Каковы основные свойства магнитного поля?
- 3.Что называют вектором магнитной индукции?
- 4.Сформулируйте правило буравчика для прямого проводника.
- 5.Сформулируйте правило буравчика для соленоида.
- 6.Что такое вектор магнитной индукции?
- 7.Что такое линии магнитной индукции магнитного поля? Каковы их свойства?
- 8.Как определяют модуль вектора магнитной индукции? В каких единицах измеряется вектор магнитной индукции?
- 9.Что характеризует магнитный поток. По какой формуле можно вычислить? В каких единицах измеряется?
- 10.На что действует сила Ампера? Как вычислить силу Ампера?
- 11.Как определить направление силы Ампера?
- 12.На каком принципе основана работа электроизмерительных приборов? Используя рисунок, расскажите об устройстве этих приборов?
- 13.На что действует сила Лоренца? По какой формуле вычисляется сила Лоренца?
- 14.Как определить направление силы Лоренца?
- 15.Как движется заряженная частица, если её скорость перпендикулярна магнитной индукции? Как рассчитать радиус окружности и период обращения?
16. Как движется заряженная частица, если её скорость не перпендикулярна магнитной индукции?
- 17.Приведите примеры практического использования силы Лоренца.
- 18.Что называют магнитной проницаемостью среды?
- 19.В чём сущность гипотезы Ампера?
- 20.Какие вещества называют диамагнетиками? Приведите примеры.
21. Какие вещества называют парамагнетиками? Приведите примеры.
22. Какие вещества называют ферромагнетиками? Приведите примеры. Какими свойствами они обладают?
- 23.Приведите примеры использования ферромагнетиков.
24. Как осуществляется запись и воспроизведение звука на магнитной ленте?

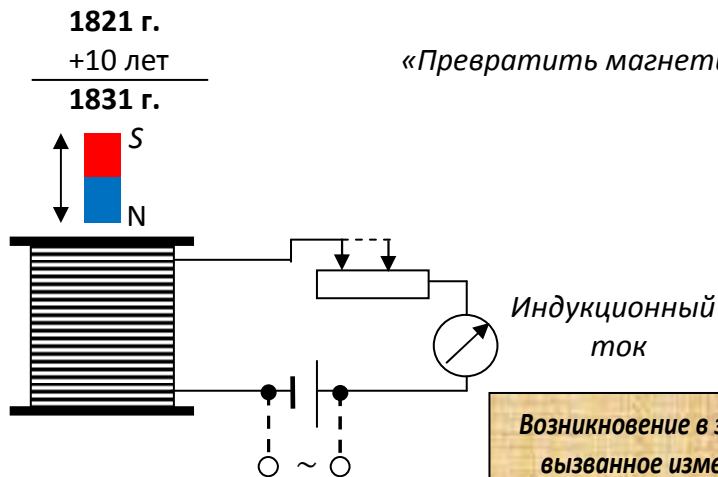
**РАЗДЕЛ-1****БЛОК -2****БЛОК-2****ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ**

Содержание опорного конспекта	Стр. №	Параграфы учебника	Лист - 1
<b>ОК – 11.1.10</b>	14	§8,10	
1.Электромагнитная индукция			
2.Направление индукционного тока			
3.Правило Ленца			
<b>ОК – 11.1.11</b>	15	§11,12	
1.Закон электромагнитной индукции			
2.Индукционное электрическое поле			
3.Причины электромагнитной индукции			
<b>ОК – 11.1.12</b>	16	§12,13,14	
1.Вихревые токи			
2.ЭДС индукции в движущихся проводниках			
<b>ОК – 11.1.13</b>	17	§15,16	
1.Самоиндукция			
2.Индуктивность			
3. Энергия магнитного поля			

## ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ

### Опытные факты

#### 1.Опыты Фарадея



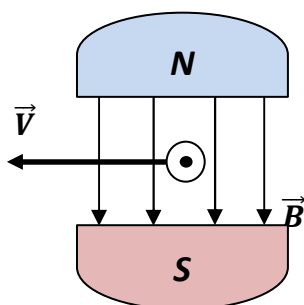
**Что делал:**

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

Возникновение в замкнутом проводнике электрического тока, вызванное изменением магнитного поля (МП), называется электромагнитной индукцией (ЭМИ).

#### 2. Направление индукционного тока

Прямолинейный проводник:

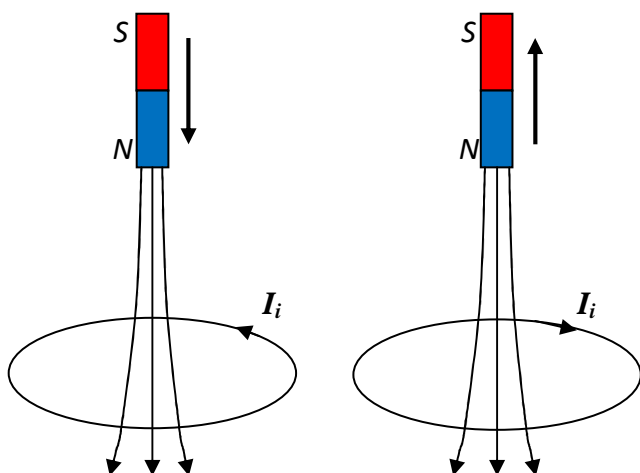


- - ток направлен к «нам»
- X - ток направлен от «нас»

**Правило правой руки**

- $\vec{B}_\perp$  – в ладонь,
- $\vec{V}$  – большой палец на  $90^\circ$
- $I$  – 4 вытянутых пальца

Замкнутый проводник:



**Правило Ленца**  
(1831 г., Э.Х.Ленц)

Индукционный ток всегда противодействует причине, вызвавшей его

Правило Ленца согласуется с законом сохранения энергии

ОК – 11.1.11

## ЗАКОН ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ

$$\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \text{ (для витка)}$$

$$\mathcal{E}_i = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \text{ (для катушки)}$$

ЭДС индукции в контуре численно равна скорости изменения магнитного потока ( $\Delta\Phi$ ) через контур, а вызываемый ею ток противодействует магнитному потоку ( $\Phi$ ), пронизывающего контур

Роль сторонних сил в МП выполняет **сила Лоренца**

## ИНДУКЦИОННОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

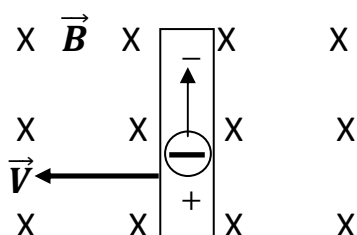
*возникает в результате изменения магнитного поля*

**ВСЯКОЕ ИЗМЕНЕНИЕ МП СОПРОВОЖДАЕТСЯ ПОЯВЛЕНИЕМ ИЭП**  
(Дж.Максвелл)

Электростатическое поле	Индукционное электрическое поле
1.Связано с электрическими зарядами	1.С зарядами не связано
2.Силовые линии разомкнуты. <b>Потенциальное поле</b>	2.Силовые линии замкнуты. <b>Вихревое поле</b>
3.Можно указать истоки поля: либо заряды, либо полюса источника тока	3.Истоки поля указать нельзя
4.Работа поля вдоль замкнутого пути <b>равна нулю</b>	4.Работа поля вдоль замкнутого пути <b>не равна нулю</b>

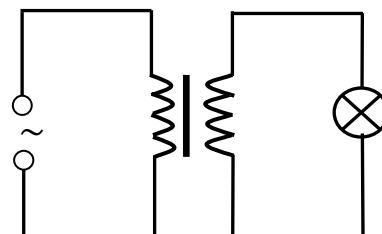
## ПРИЧИНЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ

в движущихся проводниках



Заряды смещаются под действием силы Лоренца

в неподвижном проводнике

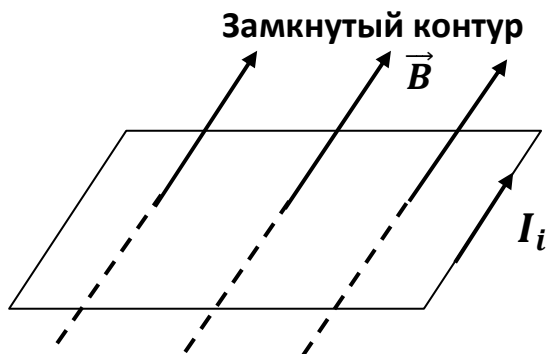


~ЭП → ~МП → ~ИЭП

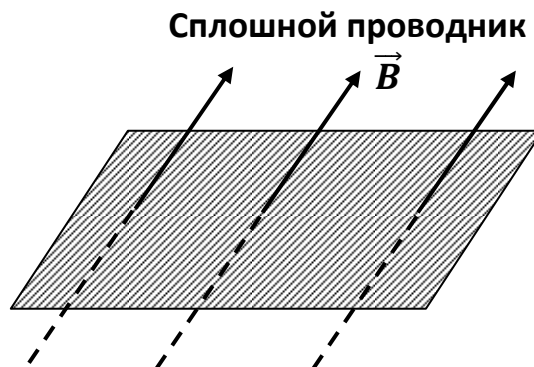


ОК – 11.1.12

## ВИХРЕВЫЕ ТОКИ



$$\sim \Phi \rightarrow \sim I_i \rightarrow t \uparrow$$



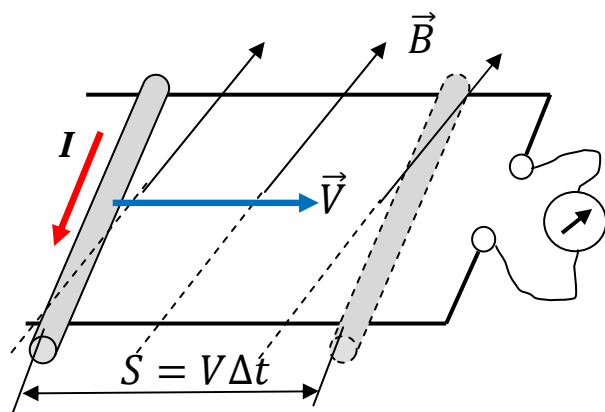
$$R \downarrow \rightarrow \sim I_i \uparrow \rightarrow t \uparrow \uparrow$$

Индукционный ток в проводниках называют **токами Фуко**

**Используют:**- нагрев и плавка металлов в вакууме,  
 -успокоители в электроизмерительных приборах,  
 - СВЧ - печи

**Вредное действие:** потеря энергии в сердечниках трансформаторов и генераторов  
 ( для борьбы - сердечники собирают из отдельных пластин)

## ЭДС ИНДУКЦИИ В ДВИЖУЩИХСЯ ПРОВОДНИКАХ



$$\varepsilon_i = \frac{A}{q}; \quad A = F_A S; \quad q = It;$$

$$F_A = B l \sin \alpha; \quad \alpha = \angle(B, V)$$

$$\varepsilon_i = B V l \sin \alpha$$

ЭДС индукции в проводниках, движущихся в постоянном магнитном поле, возникает за счёт действия на заряды проводника силы Лоренца

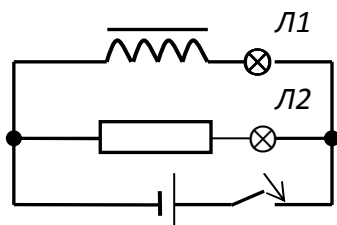
ОК – 11.1.13

## САМОИНДУКЦИЯ

– явление возникновения индукционного тока в катушке при изменении силы тока в ней.

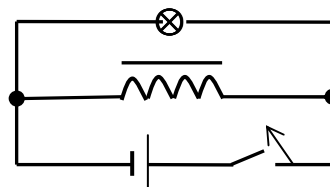
$$I \uparrow \Rightarrow \Phi \uparrow \Rightarrow \mathcal{E}_{\text{си}}$$

Замыкание



**L1** загорается позже, т.к. возрастающий  $\Phi$ , приводит к появлению  $\mathcal{E}_{\text{си}}$ , которая препятствует нарастанию тока

Размыкание



**L** вспыхивает, т.к. при убывании  $\Phi$  возникает  $\mathcal{E}_{\text{си}}$ , которая препятствует убыванию тока

## ИНДУКТИВНОСТЬ

– физическая величина, введённая для оценивания способности катушки противодействовать изменению силы тока в ней

$$\Phi \sim B \sim I$$

$$\Phi = L I$$

$$L = \frac{\Phi}{I} = \frac{1\text{Вб}}{1\text{А}} = 1\text{Гн (Генри)}$$

$$\mathcal{E}_{\text{си}} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

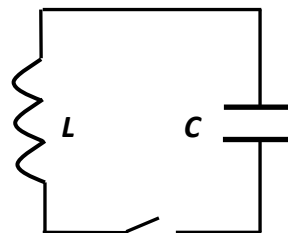
**Индуктивность** – это физическая величина, численно равная ЭДС самоиндукции, возникающей в контуре при изменении силы тока в нём на 1А за 1с

**Индуктивность (L) зависит:**

- количества витков,
- размеров и формы катушки,
- наличия сердечника.

## ЭНЕРГИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

$$W_{\text{маг}} = \frac{LI^2}{2}$$



При замыкании:

$$W_{\text{эл}} \rightarrow W_{\text{мп}} \rightarrow W_{\text{эл}}$$

**Блок -2****Лист - 2****Повторим теорию!****ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ**

1. Какую задачу поставил перед собой М.Фарадей и когда она была решена?
2. Что называется явлением электромагнитной индукции?
3. Какой ток называют индукционным?
4. Расскажите об опытах М.Фарадея.
5. Какой вывод можно сделать из опытов М.Фарадея?
6. Как определить направление индукционного тока в прямолинейном проводнике?
7. Сформулируйте правило Ленца.
8. Как определить направление индукционного тока в замкнутом круговом проводнике?
9. Что называют ЭДС индукции?
10. Какая сила выполняет роль сторонних сил в магнитном поле?
11. От чего зависит индукционный ток в опытах М.Фарадея?
12. Сформулируйте закон электромагнитной индукции.
13. Какое поле называют индукционным?
14. Какой вывод был сделан Дж.Максвеллом?
15. Каковы причины электромагнитной индукции в движущемся проводнике, в неподвижном проводнике?
16. Каковы отличия индукционного электрического поля от электростатического?
17. Что такое токи Фуко? Почему токи Фуко наиболее сильно нагревают сплошной кусок металла, нежели виток проволоки?
18. Для каких целей используют токи Фуко?
19. Как и где борются с токами Фуко?
20. Вывести формулу для вычисления ЭДС индукции в движущихся проводниках.
21. Какое явление называют самоиндукцией?
22. Опишите опыт по замыканию цепи и объясните результаты этого опыта.
23. Опишите опыт по размыканию цепи и объясните результаты этого опыта.
24. Какая связь между магнитным потоком, силой тока и индуктивностью?
25. Сформулируйте и запишите математически закон электромагнитной индукции для явления самоиндукции.
26. Каков физический смысл индуктивности?
27. Какова единица измерения индуктивности?
28. Чему равна энергия магнитного поля?