

## Тема: Магнитное поле и его характеристики

1. Посмотреть видеоурок

<https://youtu.be/rSPKE528Xq8>

2. Написать конспект (присылать не надо, потом покажете)

### 1. Магнитное поле, его свойства и характеристики.

*Магнитное поле* - форма существования материи, окружающей движущиеся электрические заряды (проводники с током, постоянные магниты).

Это название обусловлено тем, что, как обнаружил в 1820 году датский физик Ханс Эрстед, оно оказывает ориентирующее действие на магнитную стрелку. Опыт Эрстеда: под проволокой с током помещалась магнитная стрелка, вращающаяся на игле. При включении тока она устанавливалась перпендикулярно проволоке; при изменении направления тока поворачивалась в противоположную сторону.

*Основные свойства магнитного поля:*

1. порождается движущимися электрическими зарядами, проводниками с током, постоянными магнитами и переменным электрическим полем;
2. действует с силой на движущиеся электрические заряды, проводники с током, намагниченные тела;
3. переменное магнитное поле порождает переменное электрическое поле.

Из опыта Эрстеда следует, что магнитное поле имеет направленный характер и должно иметь векторную силовую характеристику. Ее обозначают  $B$  и называют магнитной индукцией.

Магнитное поле изображается графически с помощью магнитных силовых линий или линий магнитной индукции. *Магнитными силовыми линиями* называются линии, вдоль которых в магнитном поле располагаются железные опилки или оси маленьких магнитных стрелок. В каждой точке такой линии вектор  $B$  направлен по касательной (рис. 1а).

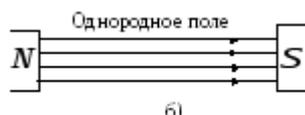


Рис. 1

Магнитное поле называется однородным, если вектор  $B$  в любой точке постоянен (рис. 1б).

Линии магнитной индукции всегда замкнуты, что говорит об отсутствии в природе магнитных зарядов и вихревом характере магнитного поля (рис. 2).

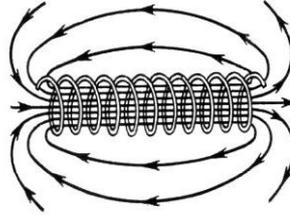
Условно они выходят из северного полюса магнита и входят в южный. Густота линий выбирается так, чтобы число линий через единицу площади, перпендикулярную магнитному полю, было пропорционально величине магнитной индукции.



Магнитное поле  
полосового магнита



Магнитное поле  
прямого тока



Магнитное поле соленоида с  
током

Рис. 2

Направление линий  
определяется правилом

правого винта.

**Соленоид** - катушка с током, витки которой расположены вплотную друг к другу, а диаметр витка много меньше длины катушки. Магнитное поле внутри соленоида является однородным. Магнитное поле соленоида аналогично магнитному полю полосового магнита (рис. 2). Соленоид с током представляет собой электромагнит.

Опыт показывает, что для магнитного поля, как и для электрического, справедлив *принцип суперпозиции*: индукция магнитного поля, создаваемого несколькими токами или движущимися зарядами, равна векторной сумме индукций магнитных полей, создаваемых каждым током или зарядом:

$$B = \sum B_i$$

Вектор  $B$  вводится одним из 3-х способов:

- а) из закона Ампера;
- б) по действию магнитного поля на рамку с током;
- в) из выражения для силы Лоренца.

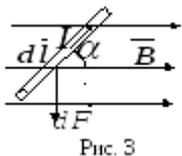


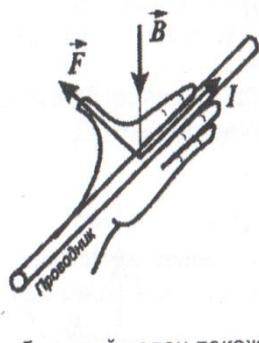
Рис. 3

Ампер экспериментально установил, что сила  $dF$  (рис. 3), с которой магнитное поле действует на элемент проводника  $dl$  с током  $I$ , находящегося в магнитном поле, прямо пропорциональна силе

тока  $I$  и векторному произведению элемента длины  $dl$  на магнитную индукцию  $B$ .

**Закон Ампера:**  $dF = I[dl, B]$ ,  $dF = BIdl \sin \alpha$

находящегося в магнитном



Направление вектора  $dF$  может быть найдено согласно общим правилам векторного произведения, откуда следует правило левой руки: если ладонь левой руки расположить так, чтобы магнитные силовые линии входили в нее, а 4 вытянутых пальца направить по току, то отогнутый большой палец покажет направление силы (рис. 4).

Сила, действующая на провод конечной длины, найдется

интегрированием по всей длине.

$$F = \int_0^l BI \sin \alpha \cdot dl$$

Рис. 4

При  $I = \text{const}$ ,  $B = \text{const}$ ,  $F = BIl \sin \alpha$ .

Если  $\alpha = 90^\circ$ ,  $F = BIl$ ,

$$B = \frac{F}{I \cdot l}, \quad [B] = 1 \frac{\text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}} = 1 \text{Тл}$$

**Индукция магнитного поля** - векторная физическая величина, численно равная силе, действующей в однородном магнитном поле на проводник единичной длины с единичной силой тока, расположенный перпендикулярно магнитным силовым линиям.

1Тл - индукция однородного магнитного поля, в котором на проводник длиной 1м с током в 1А, расположенный перпендикулярно магнитным силовым линиям, действует сила 1Н.

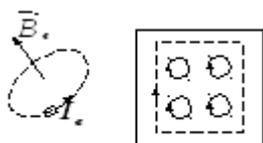


Рис. 5

До сих пор мы рассматривали макротоки, текущие в проводниках. Однако, согласно предположению Ампера, в любом теле существуют микроскопические токи, обусловленные движением электронов в атомах. Эти микроскопические молекулярные токи создают свое магнитное поле (рис. 5) и могут поворачиваться в полях макротоков, создавая в теле дополнительное магнитное поле. Вектор  $B$  характеризует результирующее магнитное поле, создаваемое всеми макро- и микротоками, т.е. при одном и том же макротоке вектор  $B$  в различных средах имеет разные значения.

Магнитное поле макротоков описывается вектором магнитной напряженности  $H$ .

Для однородной изотропной среды

$$\vec{B} = \mu \mu_0 \vec{H} \rightarrow \vec{H} = \frac{B}{\mu \mu_0}, \quad [H] = 1 \frac{\text{А}}{\text{м}},$$

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{Гн/м}$  - магнитная постоянная,  $\mu$  - магнитная проницаемость среды, показывающая, во сколько раз магнитное поле макротоков изменяется за счет поля микротоков среды.