

XII. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ПОСТОЯННОГО ТОКА

1. Магнитное поле – особая форма материи, существующая вокруг движущихся электрических зарядов – токов.

♦ Источниками магнитного поля являются постоянные магниты, проводники с током.

♦ Обнаружить магнитное поле можно по действию на магнитную стрелку, проводник с током и движущиеся заряженные частицы.

♦ Свойства магнитного поля:

- магнитное поле материально;
- источник и индикатор поля – электрический ток;
- магнитное поле является вихревым – его силовые линии (линии магнитной индукции) замкнуты;
- величина поля убывает с расстоянием от источника поля.

♦ **Силовая характеристика магнитного поля – вектор магнитной индукции.**

♦ **Модуль вектора магнитной индукции** равен отношению максимального значения силы, действующей со стороны магнитного поля на проводник с током, к силе тока в проводнике I и его длине L :

$$|\vec{B}| = \frac{F_{MAX}}{I \cdot L}.$$

Обозначение – единица измерения в СИ – тесла (Тл).

♦ **Направление вектора магнитной индукции совпадает с направлением от южного полюса к северному полюсу магнитной стрелки (направление, которое указывает северный полюс магнитной стрелки), свободно установившейся в магнитном поле.**

♦ **Направление вектора магнитной индукции можно определить по правилу буравчика:**

если направление поступательного движения буравчика совпадает с направлением тока в проводнике, то направление вращения ручки буравчика совпадает с направлением вектора магнитной индукции.

♦ **Принцип суперпозиции.**

Для определения магнитной индукции нескольких полей используется **принцип суперпозиции**: магнитная индукция результирующего поля, созданного несколькими источниками, равна векторной сумме магнитных индукций полей, создаваемых каждым источником в отдельности:

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \dots + \vec{B}_N.$$

♦ **Однородное поле.**

Поле, в каждой точке которого вектор магнитной индукции одинаков по величине и направлению, называется **однородным**.

♦ **Линии вектора индукции**

Наглядно магнитное поле изображают в виде магнитных линий или линий магнитной индукции. **Линия магнитной индукции** – это воображаемая линия, в любой точке которой вектор магнитной индукции направлен по касательной к ней.

♦ **Свойства магнитных линий:**

- магнитные линии непрерывны;
- магнитные линии замкнуты (т.е. в природе не существует магнитных зарядов, аналогичных электрическим зарядам);
- магнитные линии имеют направление, связанное с направлением тока.

♦ **Густота расположения позволяет судить о величине поля:** чем гуще расположены линии, тем сильнее поле.

♦ На плоский замкнутый контур с током, помещенный в однородное магнитное поле, действует **момент сил M** :

$$M = I \cdot B \cdot S \cdot \sin \alpha,$$

где I – сила тока в проводнике, S – площадь поверхности, охватываемая контуром, B – величина вектора магнитной индукции, α – угол между перпендикуляром к плоскости контура и вектором магнитной индукции.

2. Взаимодействие магнитов

♦ **Постоянные магниты** – это тела, длительное время сохраняющие намагниченность, то есть создающие магнитное поле.

♦ Области магнита, где его магнитные свойства выражены наиболее сильно, называют **полюсами**.

У магнита два полюса: северный N и южный S.

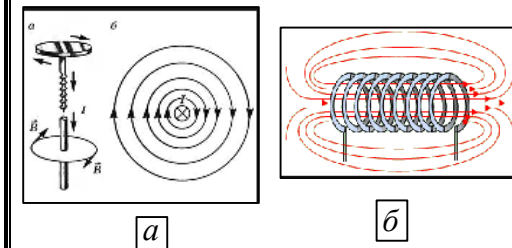
Важно!

Все магнита магнитные линии выходят из северного полюса и входят в южный полюс.

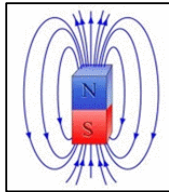
Разделить полюса магнита нельзя.

♦ Магниты взаимодействуют: **одноименные магнитные полюса отталкиваются, разноименные – притягиваются.**

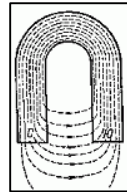
3. Примеры магнитных полей



ХИИ. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ



б



в

- а) Магнитное поле прямолинейного проводника;
 б) Магнитное поле катушки с током;
 в) Магнитное поле полосового магнита;
 г) Магнитное поле дугового магнита.

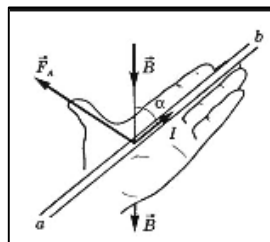
4. Сила Ампера

♦ **Сила Ампера** – сила, которая действует на проводник с током, находящийся в магнитном поле, ее величина вычисляется по формуле:

$$F_A = I \cdot B \cdot L \cdot \sin \alpha$$

где I – сила тока в проводнике; B – величина вектора магнитной индукции; L – длина участка проводника, находящегося в магн. поле; α – угол между проводником с током и вектором магнитной индукции.

♦ Направление силы Ампера определяют по **правилу левой руки**: если ладонь левой руки расположить так, чтобы плоскость, в которой лежит линия вектора индукции



B была перпендикулярна плоскости ладони, а четыре вытянутых пальца указывали направление тока в проводнике, то отогнутый на 90° большой палец покажет направление силы Ампера.

5. Сила Лоренца

♦ ♦ **Сила Лоренца** – сила, действующая на движущуюся заряженную частицу со стороны магнитного поля.

Формула для нахождения силы Лоренца:

$$F_L = q \cdot B \cdot V \cdot \sin \alpha$$

где q – величина заряд частицы, V – величина скорости частицы, B – модуль вектора магнитной индукции, α – угол между вектором скорости частицы и вектором магнитной индукции.

Направление силы Лоренца определяют по **правилу левой руки**: если ладонь левой руки расположить так, чтобы плоскость, в которой лежит линия вектора индукции B была перпендикулярна плоскости ладони, а четыре вытянутых пальца указывали направление скорости положительно заряженной частицы, то отогнутый на 90° большой палец покажет направление силы Лоренца.

Если заряд частицы отрицательный, то направление силы изменяется на противоположное.

ВАЖНО!

Сила Лоренца не совершает работу над зарядом, на который она действует, т.к. по правилу левой руки она перпендикулярна вектору скорости, а, следовательно, и бесконечно малому перемещению.

а) Если $\vec{V} \perp \vec{B}$, то траекторий является окружность.

Второй закон Ньютона:

$$\frac{m \cdot V^2}{R} = q \cdot B \cdot V$$

Радиус окружности, скорость и период вращения частицы вычисляются по формулам:

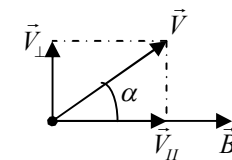
$$R = \frac{m \cdot V}{q \cdot B}, \quad V = \frac{q \cdot B \cdot R}{m}, \quad T = \frac{2 \cdot \pi \cdot m}{q \cdot B}$$

Частота ν и циклическая частота ω вычисляются по формулам:

$$\nu = \frac{q \cdot B}{2 \cdot \pi \cdot m}, \quad \omega = \frac{q \cdot B}{m}$$

б) Если $\vec{V}$ направлено под углом к вектору $\vec{B}$, то траекторией является винтовая линия.

Для вычисления радиуса винтовой линии R , периода вращения, частоты и циклической частоты применяются выше приведенные соотношения, только вместо величины скорости части



V берется величина перпендикулярно составляющей скорости, т.е.

$V_{\perp} = V \cdot \sin \alpha$ (см. рис.).

Шаг винтовой линии вычисляется по формуле:

$$h = V_{\parallel} \cdot T = (V \cdot \cos \alpha) \cdot T$$

