

Билет 10

Магнитные взаимодействия. Магнитное поле электрического тока. Вектор индукции магнитного поля, линии магнитной индукции. Закон Био-Савара-Лапласа. Магнитное поле прямого и кругового тока.

Магнитное поле постоянного тока

Магнитное поле — особый вид материи, посредством которого осуществляется взаимодействие между движущимися заряженными частицами.

Магнитное поле создается движущимися электрическими зарядами.

Взаимодействие магнитной стрелки с проводником на малом расстоянии открыл Г.Х. Эрнст в 1820 году.

При замыкании цепи магнитная стрелка отклонялась.

Свойства магнитного поля:

1. Магнитное поле материально: оно существует независимо от нас, от наших знаний о нем
2. Магнитное поле обладает определенными свойствами, которые могут быть найдены экспериментально

Силовая характеристика магнитного поля — **вектор магнитной индукции** \vec{B} , $[B] = \text{Тл}$.

Направление вектора магнитной индукции — направление нормали к поверхности, где расположена рамка с током, то есть в сторону поступательного движения правого буравчика при вращении по направлению тока в рамке.

Это же направление покажет северный полюс магнитной стрелки.

В магнитном поле прямолинейного проводника с током устанавливается по касательной к окружности с центром в проводнике. В данном случае буравчик должен двигаться в направлении тока, а вращение покажет направление вектора магнитной индукции.

Значение модуля момента магнитной индукции получено опытным путем: $B = k \frac{M_{\max}}{IS}$,

где M_{\max} — максимальный момент силы.

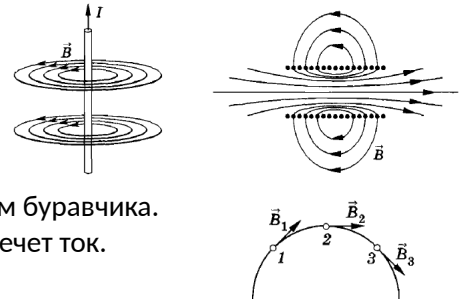
Принцип суперпозиции

Если в данной точке пространства различные токи создают магнитные поля, то результирующая магнитная индукция в этой точке равна векторной сумме магнитных индукций всех токов.

Линии магнитной индукции — линии, касательные к которым в каждой точке сонаправлены с вектором магнитной индукции.

Свойства линий магнитной индукции:

1. Силовые линии всегда замкнуты.
2. Касательные в любой точке характеризуют направление \vec{B} .
3. Направление индукции магнитного поля и силы тока связаны правилом буравчика.
4. Плоскость силовых линий перпендикулярна проводнику, по которому течет ток.
5. Силовые линии симметрично охватывают проводник.



Магнитный поток вектора магнитной индукции через поверхность dS — скалярная физическая величина, численно равная произведению модуля вектора магнитной индукции на площадь dS и косинус угла между векторами \vec{B} и \vec{n} . $d\Phi = B \cdot dS \cdot \cos \alpha$

Поток магнитной индукции через замкнутую поверхность равен 0, т. к. количество силовых линий, входящих внутрь поверхности, равно числу линий, выходящих из нее.

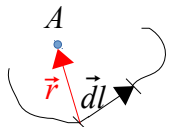
$$[\Phi] = \text{Тл} \cdot \text{м}^2 = \text{Вб}$$

1 Вебер — магнитный поток, создаваемый магнитным полем с индукцией 1 Тл через поверхность площадью 1 м^2

Закон Био-Савара-Лапласа

Рассмотрим малый участок $d\vec{l}$. Здесь $d\vec{l}$ — вектор, направленный по току в проводнике.

Элемент тока: $I \cdot d\vec{l}$. Каждый такой элемент создает поле в точке А.



Элементарная индукция магнитного поля: $d\vec{B} = k' \cdot \frac{[I d\vec{l} \cdot \vec{r}]}{r^3}$, \vec{r} — вектор от элементарного участка до точки А

$k' = \frac{\mu_0}{4\pi} = 10^{-7} \frac{\text{Г}}{\text{А}^2}$ — магнитная проницаемость, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Г}}{\text{А}^2}$ — магнитная постоянная.

По принципу суперпозиции результирующее поле равно векторной сумме элементарных.

$$\vec{B} = \int d\vec{B}$$

Применение теоремы для прямого проводника

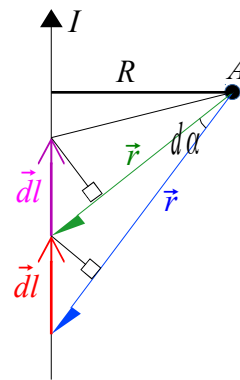
$$d\vec{B} = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{[I\vec{dl} \cdot \vec{r}]}{r^3} \rightarrow |d\vec{B}| = dB = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I dl \cdot \sin \alpha}{r^2}$$

$$r = \frac{R}{\sin \alpha} \rightarrow \frac{x}{r} = \sin d\alpha \Rightarrow x \approx r \cdot d\alpha$$

$$|d\vec{l}| = \frac{r \cdot d\alpha}{\sin \alpha} \quad dl = \frac{x}{\sin \alpha} = \frac{r \cdot d\alpha}{\sin \alpha}$$

$$dB = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I \sin \alpha}{R} d\alpha$$

$$B = \int_0^\pi dB = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \frac{I}{R} \cdot \int_0^\pi \sin \alpha d\alpha = \frac{\mu\mu_0}{2\pi} \frac{I}{R}$$



Применение теоремы для кругового проводника

$$|d\vec{B}| = dB = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I dl \cdot \sin \alpha}{r^2}$$

$$B = \int_0^{2\pi R} dB = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \frac{I}{R^2} \cdot \int_0^{2\pi R} dl = \frac{\mu\mu_0}{2} \frac{I}{R}$$

