

Раздел II. Электричество и магнетизм.

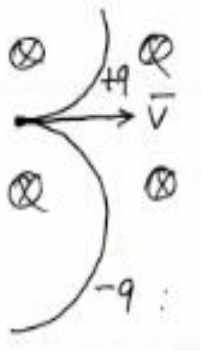
Глава 10. Силовое действие магнитного поля.

1. **Сила Лоренца** – сила, с которой магнитное поле действует на движущиеся заряды.

$$\vec{F}_B = q[\vec{v} \times \vec{B}]$$

Так как $\vec{F}_B \perp \vec{v}$, то она не производит работы \rightarrow не меняет кинетической энергии \rightarrow не меняет величины скорости, а меняет только направление скорости. Ускорение частицы будет чисто нормальным.

а) $\vec{v} \perp \vec{B} = const$. Частица равномерно движется по окружности с нормальным ускорением



$$a_n = \frac{qvB}{m}$$

$$a_n = \frac{v^2}{R} \text{ из кинематики}$$

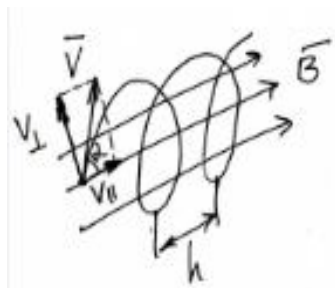
$$R = \frac{mv}{qB}$$

радиус окружности

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

период

б) $\vec{v} \perp \vec{B} = const$. Частица движется по спирали



$$R = \frac{mv_{\perp}}{qB}$$

$$v_{\perp} = v \sin \alpha$$

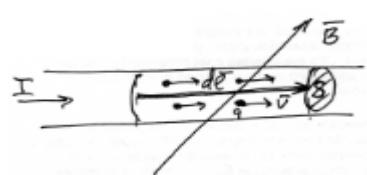
$$T = \frac{2\pi m}{qB}$$

$$v_{\parallel} = v \cos \alpha$$

$$h = T v_{\parallel}$$

h – шаг спирали

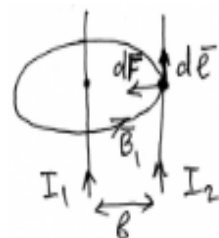
2. **Сила Ампера** – сила, с которой магнитное поле действует на элемент тока.



$$\begin{aligned} d\vec{F} &= n S d\vec{l} \quad q[\vec{v} \times \vec{B}] = \\ &= q n v S [d\vec{l} \times \vec{B}] = I [d\vec{l} \times \vec{B}] \\ n S d\vec{l} &\text{ - число движущихся} \\ &\text{зарядов} \\ \text{т.к. } d\vec{l} \parallel \vec{v}, &\text{ то } d\vec{l} \cdot \vec{v} = v \cdot d\vec{l} \end{aligned}$$

$$\text{Закон Ампера } d\vec{F} = I [d\vec{l} \times \vec{B}]$$

Опыт Ампера



$$B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi b}$$

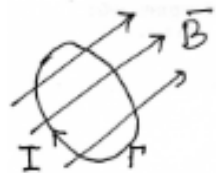
$$dF = I_2 dl \cdot B_1 = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi b} dl$$

$$\frac{dF}{dl} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi b}$$

3. Контур с током в однородном магнитном поле

($\vec{B} = \text{const}$)

а) Сила действующая на контур с током в однородном



поле равна 0, так как

$$\vec{F} = \oint_{\Gamma} I [d\vec{l} \times \vec{B}] = I \left[\left(\oint_{\Gamma} d\vec{l} \right) \times \vec{B} \right] = 0$$

$$\boxed{\vec{F} = 0}$$

б) Момент силы

$$\vec{M} = \oint_{\Gamma} [\vec{r} \times d\vec{F}] = \oint_{\Gamma} [\vec{r} \times I [d\vec{l} \times \vec{B}]] = [\vec{P}_m \times \vec{B}]$$

$$\boxed{\vec{M} = [\vec{P}_m \times \vec{B}]}$$

Где $\vec{P}_m = I S \vec{n}$ – магнитный момент контура с током,

\vec{n} – единичный вектор \perp плоскости контура и направленный по буравчику.

Если $\vec{P}_m \parallel \vec{B}$, то $\vec{M} = 0 \Rightarrow$ существует два положения равновесия:

$\uparrow \uparrow$ – устойчивое равновесие
 $\vec{P}_m \quad \vec{B}$

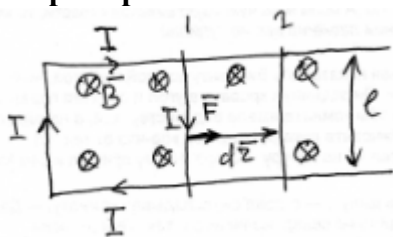
$\uparrow \downarrow$ – неустойчивое равновесие
 $\vec{P}_m \quad \vec{B}$

4. Работа, совершаемая силами Ампера, при перемещении контура с током в магнитном поле (контур любой, поле стационарное)

$$\boxed{dA = I d\Phi}$$

Где $\Phi = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{S}$ – поток магнитной индукции, пронизывающий контур.

Пример



$$F = I l B$$

$$dA = \vec{F} \cdot d\vec{r} = I l B dr = I d\Phi$$

Вопросы:

1. Что такое сила Лоренца?
2. Параметры траектории при движении заряда в однородном магнитном поле.
3. Что такое сила Ампера?
4. Сила, действующая на контур с током в однородном магнитном поле.
5. Момент силы, действующей на контур с током в однородном магнитном поле.
6. Работа, совершаемая силами магнитного поля, при перемещении контура с током в стационарном магнитном поле.