

Основы магнетостатики (Анри Мари Ампер, 1827)
Ханс Эрстед, 1819.
 \vec{B} - характеристика

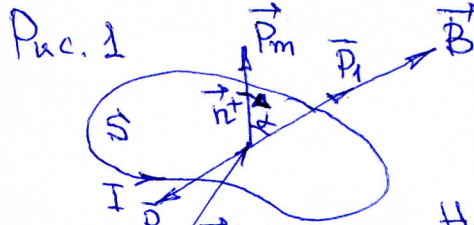


Рис. 1.

$$\vec{p}_m = I S \vec{n}^+ \quad (1), \text{ экспер. данные:}$$

$$1) \exists \vec{M}, M_{\max} = f(p_m, \text{поле}(\vec{B}))$$

$$(2) \frac{M_{\max}}{p_m} = B(\text{поле}(\vec{B})) = B(\vec{B})$$

Направления \vec{B} , экспер. данные:

$$2) \exists \vec{p}_1 \uparrow \downarrow \vec{p}_2 - \text{положительные равновесия } \vec{p}_m (\vec{M}=0)$$

$$3) \vec{p}_1 - \text{уст.}, \vec{p}_2 - \text{нет} \Rightarrow \vec{B} \uparrow \vec{p}_1 \Rightarrow \boxed{\vec{M} = \vec{p}_m \times \vec{B}} \quad (3)$$

Законы магнетостатики

① Био-Савара-Лапласа:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} I \frac{d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3} \quad (4)$$

(сравнить с $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^3} \vec{r}$)

Γ - проводник с током I
 Γ_1 - магнитная силовая.

Лаплас - поле от движущегося заряда

$$I d\vec{l} = \vec{I} dl = \vec{j} dV = \rho \vec{v} dV = \vec{v} \rho dV = \vec{v} dq = \vec{v} q$$

$$\vec{B}_q(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} q \frac{\vec{v} \times \vec{r}}{r^3} \quad (5)$$

③* Локальная форма (7):

$$\oint_{\Gamma} \vec{B} \cdot d\vec{l} = \int_{S_{\Gamma}} \text{rot} \vec{B} \cdot d\vec{S}_{\Gamma}^+ = \mu_0 \int_{S_{\Gamma}} \vec{j} \cdot d\vec{S}_{\Gamma}^+ \quad (7)$$

т. Сторона S_{Γ}
 $\text{rot} \vec{B} = \vec{\nabla} \times \vec{B} \quad (8)$
 т.к. Γ - произвольный \Rightarrow
 $\text{rot} \vec{B} = \mu_0 \vec{j} \quad (9) - \text{лок. ф.}$

Замечание!

$$\vec{n}^+ \cdot \text{rot} \vec{a} = \lim_{S_{\Gamma} \rightarrow 0} \frac{\oint \vec{a} \cdot d\vec{l}}{S_{\Gamma}} \quad (10)$$

$$\vec{v} \perp \vec{B}$$

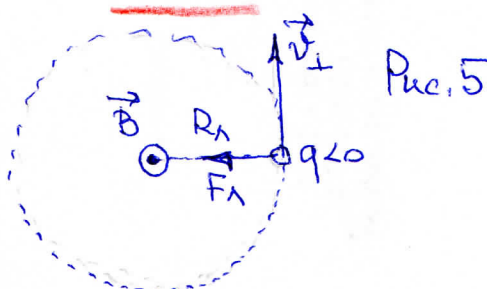
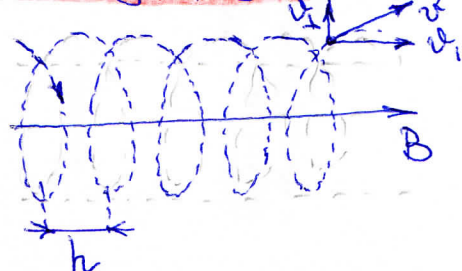


Рис. 5

Траектории в однородном \vec{B} :



$$\vec{v} \perp \vec{B}$$

$$T_L = \frac{2\pi R_L}{v_{\perp}} = \frac{2\pi m}{|q| B} \quad (13)$$

$$h_L = T_L v_{\parallel} = \frac{2\pi m v_{\parallel}}{|q| B} \quad (14)$$

Магнитные ловушки.

② Принцип суперпозиции

$$\vec{B}_2 = \sum \vec{B}_k = \int d\vec{B} \quad (6)$$

③ Теорема о циркуляции \vec{B}
 (следствие ① и ②)

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \int_{S_{\Gamma}} \vec{j} \cdot d\vec{S}_{\Gamma}^+ \quad (7)$$

$$S_{\Gamma} \quad d\vec{S}_{\Gamma}^+ = \vec{n}^+ dS_{\Gamma}$$

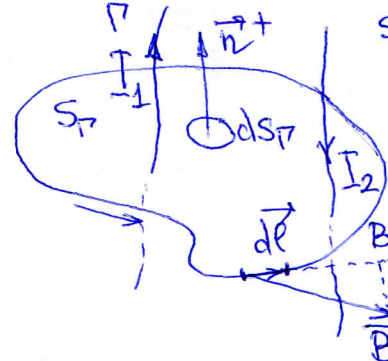


Рис. 3.

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \oint \vec{B}_z \cdot d\vec{l} = \oint \vec{B}_z \cdot d\vec{l} = \mu_0 (I_1 - I_2)$$

(7) не зависит от выбора S_{Γ}
 Направление выхода контура, Γ - произвольный.

④ Консервативность и не-потенциальность \vec{B} в вихревой заставе:

$$\vec{F}_L = q \vec{v} \times \vec{B} \quad (11)$$

$$\vec{F}_L \neq -\vec{\nabla} U, \text{ но зато}$$

$$P_L = \vec{F}_L \cdot \vec{v} = \frac{\delta A_L}{\delta t} \equiv 0 \Rightarrow \delta A_L = 0 \quad (12)$$

$$\therefore \frac{mv^2}{2} + U = \text{const (консерв.)}$$

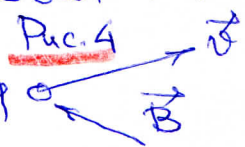


Рис. 4

$$(13) R_L = \frac{mv_{\perp}}{|q| B} - \text{Ларморовский радиус}$$