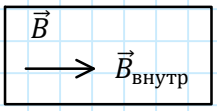
§25. Молекулярные токи. Магнетон Бора

30 марта 2016 г. 11:22

- **Молекулярные токи**



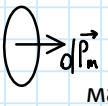
$\vec{B} = \overrightarrow{B_0} + \overrightarrow{B_{\text{внутр}}}$

Гипотеза Ампера

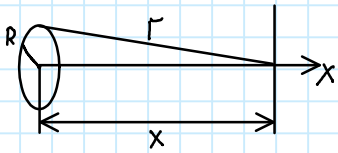
$\overrightarrow{j_{\text{мол}}} \to \vec{B}_{\text{внутр}}$ (внутреннее магнитное поле создаётся молекулярными токами)

Молекулярные токи

$d\overrightarrow{P_m} = I_{\text{м}} \cdot d\vec{S}$



магнитное поле "кругового (замкнутого)" тока



$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2\vec{P}_m}{r^3} \approx \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2\vec{P}_m}{x^3}$

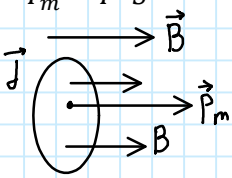
$R \ll r \qquad r \sim x$

$\overrightarrow{P_m}$ – магнитный момент

$\vec{P}_m$ в магнитном поле $\vec{B}$

$w = -I \cdot \Phi = -I \cdot \vec{B} \cdot \vec{S} = -\overrightarrow{P_m} \cdot \vec{B}$

$\vec{P}_m = I \cdot \vec{S}$



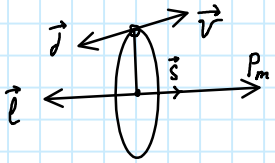
$\alpha = 0 \qquad w = -P_m \cdot B \ (\cos\alpha = 1)$

$\alpha = \pi \qquad w = +P_m \cdot B \ (\cos\alpha = -1)$

$\Rightarrow w_{\min} = -P_m B \Rightarrow \boxed{\vec{P}_m \uparrow\uparrow \vec{B}}$

Найдём $\vec{P}_m$ – магнитный дипольный момент

$\vec{P} = I \cdot \vec{S} = \frac{e}{T} \cdot \pi r^2 \cdot \vec{n} = e \cdot \frac{v}{2\pi r} \cdot \pi r^2 \cdot \vec{n} = \frac{evr}{2m} \cdot \vec{n} = \frac{evr}{2}\vec{n} \cdot \frac{m}{m} = \frac{e \cdot l}{2m}\vec{n}$



$I = \frac{e}{T}$ (T – период)

$T = \frac{2\pi r}{v}$

$\vec{S} = \pi r^2 \vec{n}$

$\overrightarrow{P_m} = I \cdot \vec{S} = \frac{e}{T} \cdot \pi r^2\, \vec{n} = \frac{ev}{2\pi r}\pi r^2 \vec{n} = \frac{evr}{2}\vec{n}$

$\vec{l} = [\vec{r}, \vec{p}] = [\vec{r}, m\vec{v}]$

$l = mvr$

$\alpha = 0$

Найдём $\vec{P}_m$ – магнитный дипольный момент

$\vec{P}_m = \frac{evr}{2}\vec{n} \cdot \frac{m}{m} = \frac{e \cdot l}{2m}\vec{n} = -\frac{e\vec{l}}{2m} \quad \left(l \cdot \vec{n} = -\vec{l}\right)$

$\boxed{\vec{P}_m = -\frac{2}{2m}\vec{l}}$

$\frac{e}{2m} = \gamma$ – гиромагнитное отношение

ОПЫТ! $\gamma = \frac{e}{m} \quad \vec{P} = -\frac{e}{m} \cdot \vec{S}$ (не орбитальное движение, а собственное)

СПИН - $\vec{S}$ - собственный момент импульса частицы

$\vec{l}$ – орбитальный момент импульса частицы

Собственное вращение $S = [r, \vec{P}] = r \cdot mv \Rightarrow v > c$

$\vec{P}_m = -g\frac{e}{2m}\left(\vec{l} + \vec{S}\right)$

g – g – фактор или фактор Ланде

Если нет собственного движения

$S = 0 \Rightarrow \vec{P}_m = -\frac{e}{2m}\vec{l} \Rightarrow g = 1$

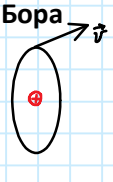
спин

$l = 0 \Rightarrow \vec{P} = -\frac{e}{m}\vec{S} \Rightarrow g = 2$

Магнетон Бора

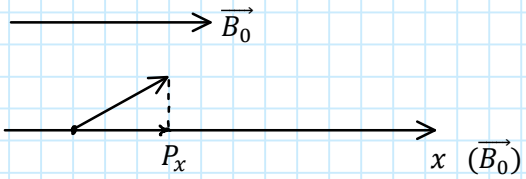
$l = 0$

$S \neq 0$



$\overrightarrow{P_m} = -g\frac{e}{2m}\vec{S} \quad g = 2 \Big| \vec{l} = [\vec{r}, \vec{p}]$

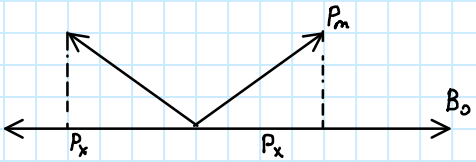
пространственное квантование



есть
h – постоянная Планка
$h = 6{,}62 \cdot 10^{-34}$ Дж · с
$\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1{,}052 \cdot 10^{-34}$

$\vec{S} \to$ число S – число для электрона $S = \frac{1}{2}$ это число определяет возможные направления спина по отношению к выделеному направлению $\Rightarrow m_s = -\frac{1}{2}, +\frac{1}{2}$

$S_x = +\frac{1}{2}\hbar \qquad S_x = -\frac{1}{2}\hbar$



	m_s -проекция
Фермионы (полуцелый спин)	$S = \frac{3}{2}$ $m_s = -\frac{3}{2}, -\frac{1}{2}, +\frac{1}{2}, +\frac{3}{2}$
Бозоны (целый спин)	$S = 1$ $m_s = -1, 0, +1$
	$\Delta m = 1$

1) $P_x = -g\frac{e}{2m}S_x = -g\frac{e}{2m}\left(-\frac{1}{2}\hbar\right) = -2\frac{e}{2m}\left(-\frac{1}{2}\hbar\right) = \frac{e\hbar}{2m}$

$S_x = -\frac{1}{2}\hbar$

2) $P_x = -g\frac{e}{2m}S_x = -\frac{e\hbar}{2m}$

$\frac{e\hbar}{2m} = \mu_б$ – магнетон Бора

$\vec{P}_m = -g\frac{e}{2m}\left(\vec{l} + \vec{S}\right)$

$\vec{l} \Rightarrow l_x = m_l\hbar$

$P_x = -g\frac{e}{2m}(m_l + m_s)\hbar = -g\mu_Б(m_l + m_s)$ $\quad \vec{S} \Rightarrow S_x = m_s\hbar$

$\mu_Б = \frac{1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 6{,}62 \cdot 10^{-34}}{2 \cdot 9 \cdot 10^{-31} \cdot 2 \cdot 3{,}14} = 0{,}9 \cdot 10^{-23}$ А · м^2

$P_{m_x} = -g\mu_Б m_y$

$\boxed{m_y = m_l + m_s}$

$\vec{l} = [\vec{r}, \vec{r}]$
в кв. механике
$\vec{l}^2 = l(l+1)\hbar^2$
$\vec{S} = ?$
$\vec{S}^2 = S(S+1)\hbar^2$