



ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

Лекция «МАГНИТНОЕ ПОЛЕ В
ВЕЩЕСТВЕ»

Орбитальные моменты электрона

Орбитальный магнитный момент электрона:

$$p_m = IS = evS, \quad (1)$$

где – I - сила тока, ν - частота вращения электрона по орбите, S – площадь орбиты.

Орбитальный механический момент электрона:

$$L_e = m \cdot v \cdot r = 2 \cdot m \cdot v \cdot S, \quad (2)$$

$$\vec{p}_m \uparrow \downarrow \vec{L}_e, \quad p_m = gL_e \quad (3)$$

$$g = -\frac{e}{2m} \quad (4)$$

где g - гиромагнитное отношение орбитальных моментов

Спиновый магнитный момент электрона

Собственный (спиновый) магнитный момент:

$$p_{ms} = g_s L_{es}, \quad (1)$$

где g_s - гиромагнитное отношение спиновых моментов;
 L_{es} - собственный механический момент импульса (спин)

**Проекция собственного магнитного момента
на направление вектора магнитной индукции B :**

$$p_{msB} = \pm \frac{e\hbar}{2m} = \pm \mu_B, \quad (2)$$

где $\hbar = h/(2\pi)$ - штрихованная постоянная Планка, $1,05 \cdot 10^{-34}$ Дж·с

μ_B - магнетон Бора $= 9,27 \cdot 10^{-24}$ Дж/Тл

Магнетон Бора является единицей магнитного момента электрона

Магнитные моменты атома и электрона

Магнитный момент электрона:

$$\vec{P}_e = \vec{p}_{mi} + p_{msi} \quad (1)$$

где \vec{p}_m - орбитальный магнитный момент;

p_{ms} - собственный (спиновый) магнитный момент

Магнитный момент атома

$$\vec{P}_a = \sum_{i=1}^Z \vec{p}_{mi} + \sum_{i=1}^Z p_{msi} \quad (2)$$

где Z – число электронов в атоме, равное порядковому номеру элемента в системе Менделеева.

Магнитное поле в веществе. Намагниченность.

Намагниченность J - количественная характеристика намагниченного состояния вещества, определяется магнитным моментом единицы объема магнетика:

$$J = \frac{1}{\Delta V} \sum_{i=1}^n P_{mi} \quad (1)$$

где P_{mi} – магнитный момент i -го атома (молекулы) из общего числа n атомов (молекул), содержащихся в объеме V .

Магнитное поле в веществе

$$\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{B}' \quad (2)$$

где \vec{B}_0 - магнитная индукция внешнего поля;

\vec{B}' - магнитная индукция поля, создаваемого намагниченным веществом

Магнитное поле в веществе

$$B_0 = \mu_0 H, \quad (1)$$

где H - вектор напряженности магнитного поля.

$$\vec{B}' = \mu_0 \vec{J} \quad (2)$$

$$\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{B}' = \mu_0 \vec{H} + \mu_0 \vec{J} = \mu_0 (\vec{H} + \vec{J}), \quad (3)$$

$$\vec{B} / \mu_0 = \vec{H} + \vec{J} \quad (4)$$

Магнитная восприимчивость и магнитная проницаемость вещества.

$$\vec{J} = \chi \vec{H} \quad (1)$$

где χ - безразмерная величина, магнитная восприимчивость вещества.

$$\vec{B} = \mu_0 (1 + \chi) \vec{H} \quad (2)$$

$$\vec{B} = \mu_0 \mu \vec{H} \quad (3)$$

$$\mu = 1 + \chi, \quad \mu = \frac{B}{B_0} \quad (4)$$

μ - **магнитная проницаемость вещества**, физическая величина, показывающая, во сколько раз магнитная индукция в веществе отличается от магнитной индукции внешнего поля в вакууме.

Диамагнетики

Диамагнетики - вещества, которые намагничиваются во внешнем магнитном поле в направлении, противоположном направлению вектора магнитной индукции поля. При этом собственный вектор магнитной индукции диамагнетика значительно меньше по модулю вектора индукции внешнего магнитно поля.

$$\vec{B}' \uparrow \downarrow \vec{B}_0, \quad B' \ll B_0$$

Для диамагнетиков $\chi < 0$, $|\chi| \ll 1$, $\mu. \leq 1$

К диамагнетикам относятся инертные газы, висмут, цинк, медь, золото, кремний, большинство органических соединений.

Парамагнетики

Парамагнетики – вещества, намагничивающиеся во внешнем магнитном поле по направлению поля.

$$\vec{B}' \uparrow\uparrow \vec{B}_0, \quad B' < B_0$$

Для парамагнетика $\chi > 0$, $|\chi| \approx 1$, $\mu \geq 1$

Например, для золота $\mu=0,999961$

К парамагнетикам относятся многие щелочные и переходные металлы, их сплавы и оксиды.

Ферромагнетики

Ферромагнетиками называются твердые вещества, обладающие при не слишком высоких температурах самопроизвольной (спонтанной) намагниченностью, которая сильно изменяется под влиянием внешних воздействий – магнитного поля, деформации, изменения температуры.

В ферромагнетиках вектор индукции собственного магнитного поля сонаправлен с вектором магнитной индукции внешнего поля и существенно превышает последний по модулю:

$$\vec{B}' \uparrow\uparrow \vec{B}_0 \quad B' \gg B_0$$

$$\text{Для ферромагнетика } \chi > 0, \quad |\chi| \gg 1 \quad \mu \geq 1$$

К ферромагнетикам относятся железо, кобальт, никель, ряд сплавов, ферриты

Природа магнитных свойств вещества

Гипотеза Ампера: все вещества, помещенные в магнитное поле, намагничиваются, поскольку в любом теле существуют микроскопические токи, обусловленные движением электронов и атомов в молекулах.

Диамагнетизм вещества представляет собой индукционный эффект, обусловленный индуцированными магнитным полем орбитальными токами в атомах или молекулах. Диамагнетизм - общее свойство всех веществ, но наиболее он проявляется в тех веществах, где атомы или молекулы не обладают собственным магнитным моментом.

Парамагнетизм и ферромагнетизм связаны с наличием у электронов собственных, не связанных с их орбитальным движением магнитных моментов.



Благодарю за внимание