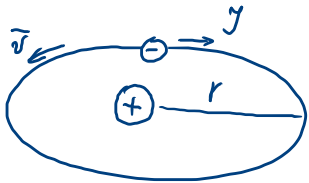


Магнитные свойства вещества

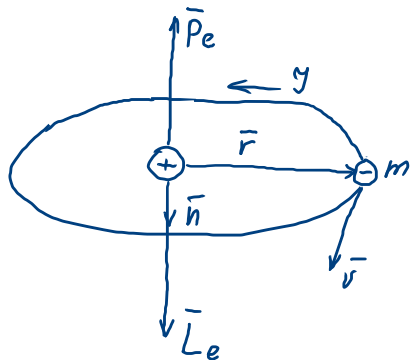
Магнитные моменты электронов и атомов



Микроток, связанный с движением эл-ка в атоме, - рамка с током, характеризуется магнитным моментом $\mu = \gamma S$; $S = \pi r^2$

μ - магнитная проницаемость $\mu = 1$ вакуум

$\mu > 1$; $\mu < 1$; $\mu \gg 1$



e - заряд эл-ка

$$p_e = evs = ev\pi r^2 \quad \bar{p}_e = evs\bar{n}$$

v - скорость вращения $T = \frac{1}{v}$ - период

$$\gamma = ev$$

$$p_e = \gamma S \quad \bar{p}_e = \gamma S \bar{n} ; |\bar{n}| = 1$$

S - площадь орбиты

$$L_e = mvr = m2\pi r v \cdot r = 2mvs \quad \bar{L}_e$$

L_e - механический (орбитальный) момент импульса

$$\frac{P_e}{L_e} = \frac{e v S}{2 m v S} = \frac{e}{2 m} \quad ; \quad P_e = \frac{e}{2 m} L_e \quad ; \quad \text{С учетом направленного вектора}$$

$$g_e = \frac{e}{2 m} \quad - \quad \text{гиромагнитное отношение} \quad \bar{P}_e = -g_e \bar{L}_e$$

\bar{L}_e - орбитальный момент эл-ка

\bar{P}_e - магнитный момент эл-ка (орбитальный)

Из эксперимента $\Rightarrow g_e = \frac{e}{m}$ Было предположено и затем экспериментально доказано, что электрон обладает собственным магнитным моментом - \bar{P}_{es} и собственным механическим моментом (спин, вращ.) - \bar{L}_{es}

$$\bar{P}_{es} = -g_s \bar{L}_{es}$$

g_s - гиромагнитное отношение для спиновых моментов (мех. момент и магн. момент, собственн.)

Магнитный момент складывается из орбитального магн. момента и собственного магн. момента

Магнитный момент атома складывается из магнитных моментов эл-нов, входящих в атом, и магн. момента ядра. Магн. момент ядра во много раз меньше, чем магнитный момент атома.

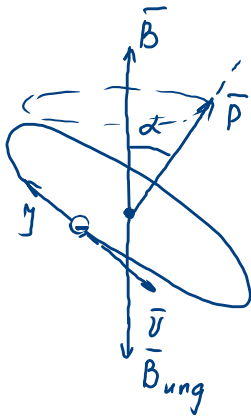
$$\bar{p}_a = \sum \bar{p}_e + \sum \bar{p}_{es}$$

Диамagnetики и парамагнетизм

Вещество является магнетиком, т.е. способно намагничиваться во внешнем магнитном поле

\vec{B} - внешнее магн. поле

Ось вращения эл-на (орбита эл-на) будет совершать прецессию.



$$\vec{B}_{\text{ung}} \uparrow \downarrow \vec{B}$$

Дополнит. магн. поле от всех эл-нов всех атомов будет иметь одно направление, противоположное внешнему полю магнитному.

Суммарное $\vec{B}_{\text{ung}} \uparrow \downarrow \vec{B}$, вещество

создает собственное индуцированное магнитное поле, т.е. намагничивается противоположно внешнему полю.

Этот эффект называют диамагнетизмом, а вещества - диамагнетиками

$$\vec{P}_a = 0$$

Bi, Ag, Au, Cu, свинец

$$\vec{B}_{\text{рез}} = \vec{B} + \vec{B}_{\text{ung}} ; \vec{B} \uparrow \downarrow \vec{B}_{\text{ung}}$$

$$\vec{B}_{\text{рез}} = \vec{B} - \vec{B}_{\text{ung}}$$

Диамагнитный эффект обусловлен действием внешнего магнитного поля на электроны вещества и диамагнетизм свойственен всем веществам. Все вещества - диамагнетики! Они ослабляют внешнее магнитное поле.

Однако существуют и парамагнетики - вещества, которые намагничиваются по полю.

Парамагнетизм - намагничивается по полю

Для парамагнетика $\bar{\rho} = \sum \rho_{ai} = 0$, если внешнее магнитное поле отсутствует. Магнитные моменты атомов компенсируют друг друга, $\rho_{ai} \neq 0$, но ориентация магнитных моментов атомов разная, это связано и с тепловым движением атомов.

Во внешнем магнитном поле устанавливается преимущественная ориентация магн. моментов атомов. Полюс ориентации нет из-за теплового движения. Таким образом, во внешнем магн. поле $\bar{\rho} = \sum \rho_{ai} \neq 0$, т.е. $\bar{\rho}_{рез} = \bar{B} + \bar{B}_{изг}$
Появляется дополнительное поле $\bar{B}_{изг}$, которое $\bar{B}_{изг} \uparrow \bar{B}$
Намагничивание по полю носит название парамагнетизма

Если внешнее магнитное поле исчезает, то тепловое движение приводит к разориентации магн. моментов атомов и парамагнетик разматывается. Диамагнетик[?] эррект наблюдается и в парамагнетиках, но он слабее.

Парамагнетики: Pt, Al и др. вещества.

Если магн. момент атома велик, то парамагнитные свойства преобладают над диамагнитными эрректгом и вещество является парамагнетиком. Если магн. момент атома мал, то преобладает диамагнитное эррект и вещество является диамагнетиком.

Магнитное поле в веществе

Обозначения:

\vec{B}_0 - внешнее магнитное поле

\vec{B}' - магнитное поле от микротоков (магнитное поле в веществе, индуцированное внешним магнитным полем)

V - объем магнетика

\vec{P} - суммарный магнитный момент магнетика объема V .

$\vec{J} = \frac{\vec{P}}{V}$ - намагниченность магнетика, безразмерная физическая величина.

Можно показать, что $\vec{B}' = \mu_0 \vec{J}$ и $\vec{B}_0 = \mu_0 \vec{H}$

Результирующее поле $\vec{B} = \mu_0 \vec{H} + \mu_0 \vec{J} = \vec{B}_0 + \vec{B}'$

$\frac{\vec{B}}{\mu_0} = \vec{H} + \vec{J}$ Для неслыных магнитных полей
 $\vec{J} = \chi \vec{H}$; χ - магнитная восприимчивость
(безразмерная величина)

$\chi < 0$, диамагнетики

$\chi > 0$, парамагнетики

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

$1 + \chi = \mu$ - магнитная проницаемость вещества

$$\vec{B} = \mu_0 \mu \vec{H}; \mu = 1 \quad \begin{array}{l} \mu > 1 - \text{парамагнетики, } \chi < 0 \\ \mu < 1 - \text{диамагнетики, } \chi > 0 \end{array}$$

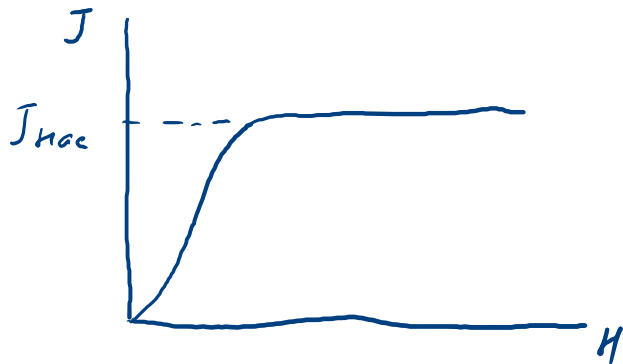
ферромагнетики

Диамагнетики и парамагнетики - слабомагнитные вещества

Ферромагнетики - сильномагнитные вещества. Они обладают способностью намагничиваться, намагнитившись в отсутствие внешнего магнитного поля.

Это Co, Ni, Ba, Fe, их сплавы и соединения.

Для слабомагнитных веществ $J \sim H$, т.е. зависимость линейная

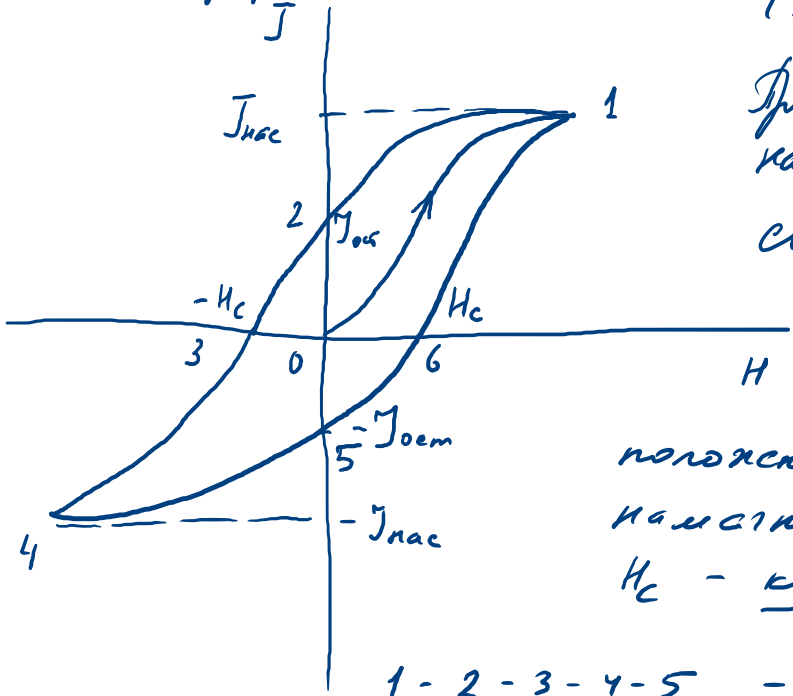


Для ферромагнетиков при некотором H наступает насыщение

$\mu \approx 5000$ для сплавов железа

$\mu \approx 800000$ - сплав супералюмин

Характерная особенность ферромагнетиков - зависимость J от H определяется предисторией намагничивания ферромагнетика. Проявляется магнитный гистерезис (петля гистерезиса)



При $H = 0$ наблюдается остаточное намагничивание $J_{ост}$. Именно с этим связано наличие постоянных магнитов.

$J = 0$ только при H_c , именуем направлением, противоположное полю, вызвавшему намагничивание.

H_c - коэрцитивная сила

1 - 2 - 3 - 4 - 5 - петля гистерезиса

Для каждого типа ферромагнетика имеется определенная температура, при которой он теряет магнитные свойства - это точка Кюри.

При нагревании ферромагнетика до температуры выше точки Кюри он превращается в парамагнетик.

Процесс намагничивания ферромагнетика сопровождается изменением его линейных размеров и объема. Это явление носит название "магнитострикция".

Ферромагнетик разбит на большое число малых областей - доменов -, каждая из которых намагничена до насыщения. При отсутствии внешнего магнитного поля домены ориентированы хаотично.

Внешнее магнитное поле охватывает все домены по полю, а не отдельные атомы. При ослаблении внешнего магн. поля ферромагнетик сохраняет свою намагниченность, тепловое движение не в состоянии разориентировать домены, крупные образовавшиеся домены подтверждено экспериментально.

