Теория парамагнетизма

Мустафа Исмагамбетов

Содержание

1) Что такое парамагнетик?
2) Теория Ланжевена
3) Теория Бриллюэна

Что такое парамагнетик?

- Парамагнетики- вещества, которые намагничиваются во внешнем поле вдоль вектора напряженности магнитного поля и имеют положительную магнитную восприимчивость, которая намного меньше единицы.
- Парамагнетики относятся к слабомагнитным веществам, магнитная восприимчивость которых незначительно отличается от 1 ($\mu \geq 1$)

Теория Ланжевена

- $U = -\boldsymbol{mB} = -mBcos\theta$- энергия отдельного магнитного момента в маг. поле
- Распределение моментов по направлениям:

$$dn = Aexp\left(-\frac{U}{kT}\right)d\Omega$$

- ,где $\mathrm{d}\Omega = 2\pi\sin(\theta)\,d\theta$-телесный угол

$$\rightarrow dn = 2\pi\sin(\theta)\,Aexp\left(\frac{mB}{kT}\cos(\theta)\right)d\,\theta$$

- Мн-ль А берется из условия

$$\int_{\theta=0}^{\pi} dn = n_0 - \text{полная концетрация частиц}$$

Откуда

$$A = \frac{n_0 a}{4\pi\, sha}$$

- Намагниченность в-ва

$$I = \int m_z dn$$

($m_x = m_y = 0$(Осевая симметрия))

- $m_z = mcos(\theta) \rightarrow$

$$I = 2\pi mA \int_0^{\pi} e^{acos\theta} \cos(\theta) \cos(\theta)\, d\theta$$

$$= n_0 m \left(ctha - \frac{1}{a} \right), a = \frac{mB}{kT}$$

Предельные случаи

- $$I = n_0 m\left(cth a - \frac{1}{a}\right), a = \frac{mB}{kT}$$
- 1)Низкие температуры, $a = mB/kT \gg 1$
$$I \to I_{\text{нас}} = n_0 m$$
- 2)Высокие температуры, $a = mB/kT \ll 1$
$$cth a - \frac{1}{a} \approx \frac{a}{3} \to I \approx \frac{n_0 m^2}{3kT} B \approx \frac{n_0 m^2}{3kT} H$$
$$\kappa = \frac{n_0 m^2}{3kT}, \mu = 1 + 4\pi\kappa$$

- $a = \frac{\mu_Б B}{kT}, n_1 = Ae^{a} -$ по полю, $n_2 = Ae^{-a} -$ против поля
- $A -$ нормировочная $const$, находящаяся из условия

$$n_1 + n_2 = n_0 \rightarrow A = \frac{n_0}{2sha}$$

Откуда

$$I = n_1 m - n_2 m = n_0 m th(\frac{mB}{kT})$$

Предельные случаи

- 1)Низкие температуры:$a = \frac{\mu_Б B}{kT} \gg 1$

$$I \to I_{нас} = n_0 m$$

- 2)Высокие температуры: $a = \frac{\mu_Б B}{kT} \ll 1$

$$tha \approx a \to I \approx I_{нас}\frac{mB}{kT} = \frac{n_0 m^2}{kT}B \approx \frac{n_0 m^2}{kT}H = \kappa H$$

Откуда имеем

$$\kappa = \frac{n_0 m^2}{kT},$$

Что согласуется с экспериментальными данными