

10 磁性

10.1 磁化率

磁化 M [A m^{-1}]: 単位体積あたりの平均磁気双極子モーメント [$\text{A m}^2 = \text{J T}^{-1}$]

$$M = \chi H \quad (10.1)$$

χ : 体積磁化率 [-], H : 磁場 [A m^{-1}]

モル磁化率 [$\text{m}^3 \text{mol}^{-1}$]

$$\chi_m = \chi V_m \quad (10.2)$$

V_m : モル体積 [$\text{m}^3 \text{mol}^{-1}$]

磁束密度 [$\text{T} = \text{V s m}^{-2} = \text{H A m}^{-2}$]

$$B = \mu_0 (H + M) = \mu_0 (1 + \chi) H \quad (10.3)$$

μ_0 : 真空の透磁率 = $4\pi \times 10^{-7} \text{ H m}^{-1}$

〈常磁性〉 $\chi > 0$

〈反磁性〉 $\chi < 0$

〈ミクロな量との関係〉

$$\chi = N\mu_0 \left(\xi + \frac{m^2}{3kT} \right) \quad [-] \quad (10.4)$$

N : 数密度, m : 分子の永久磁気双極子モーメント [A m^2], ξ : 分子の磁気分極率 [$\text{A m}^2 \text{T}^{-1}$]

$N \times V_m = N_A$ であるから

$$\chi_m = N_A \mu_0 \left(\xi + \frac{m^2}{3kT} \right) \quad [\text{m}^3 \text{mol}^{-1}] \quad (10.5)$$

$$\text{cf.) Debye の式 } P_m = \frac{N_A}{3\epsilon_0} \left(\alpha + \frac{\mu^2}{3kT} \right) \quad (9.10)$$

$$\text{cf.) = Curie の法則 } \chi_m = A + \frac{C}{T}$$

10.2 永久磁気モーメント

不対電子スピン由来の磁気モーメント

$$\mu = g_e [S(S+1)]^{1/2} \mu_B \quad (10.6)$$

S : 合成電子スピン量子数, g_e : 電子の g 値 = 2.002319..

μ_B : ボーア磁子

$$\mu_B = \frac{e\hbar}{2m_e} \quad (10.7)$$

電子スピンによるモル磁化率

$$\chi_m = \frac{N_A g_e^2 \mu_0 \mu_B^2 S(S+1)}{3kT} \quad (10.8)$$

(10.6), (10.8) → スピンオンリー式

磁気モーメントには電子の軌道角運動量からの寄与もある

例題 10.1

$[\text{Mn}(\text{NCS})_6]^{4-}$ 錯体の Mn は 5 つの不対電子をもつ。磁気モーメントを μ_B 単位で予想せよ。

$$S = (1/2) \times 5 = 2.5 \rightarrow \mu = 2.0023 \times (2.5 \times 3.5)^{1/2} \mu_B = 5.92 \mu_B$$

問題 10.1

気体 O_2 は常磁性を示し、293 K におけるモル磁化率は $4.33 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1}$ である。常磁性は主に電子スピンによると仮定して、気体 O_2 のスピン量子数と不対電子数を推定せよ。

ただし、 $\frac{N_A g_e^2 \mu_0 \mu_B^2}{3k} = 6.30 \times 10^{-6} \text{ [K m}^3 \text{ mol}^{-1}]$ である。
