

課題の解答例

1) $\lambda=4\pi/3$ 、 $S=1/2$ として、双極子相互作用による強磁性転移温度を求めよ。

転移温度 $T_C=N\mu_B^2\lambda/k_B$ に、 $N=6\times 10^{23} [\text{mol}^{-1}] * 8 [\text{g} * \text{cm}^{-3}] / 55 [\text{g} * \text{mol}^{-1}] = 8.7\times 10^{22} [\text{cm}^{-3}]$ 、 $\mu_B=9.3\times 10^{-21} [\text{ergG}^{-1}]$ 、 $k_B=1.38\times 10^{-16} [\text{ergK}^{-1}]$ 、 $\lambda=4\pi/3$ (無次元量： $H_{loc} [\text{G}]=\lambda M [\text{G}]$ (λ の定義に用いた分極の定義は、単位体積の双極子モーメントの和なので、 N は単位体積あたりに取る)) を代入して、

$$T_C=8.7\times 10^{22} * (9.3\times 10^{-21})^2 * 4\pi/3 / 1.38\times 10^{-16} [\text{cm}^{-3}\text{erg}^2\text{G}^{-2}\text{erg}^{-1}\text{K}] = 0.23 [\text{K}]$$

2) Feの強磁性転移温度 1000 K を用い、必要な交換相互作用エネルギー J を求めよ。この時、 $z=8$ 、 $S=1/2$ とせよ。

$T_C=\frac{2zJS(S+1)}{3k_B}$ から J を求める。 $z=8$ 、 $T_C=1,000 [\text{K}]$ 、 $S=1/2$ 、とすると、

$$J = 3k_B T_C / 2zS(S+1) = 3 * 1.38\times 10^{-16} * 10^3 / (2 * 8 * 3/4) = 3.45\times 10^{-14} [\text{erg}] = 0.02 [\text{eV}]$$

$$(1 [\text{eV}] = 1.6\times 10^{-12} [\text{erg}])$$

3) この時、 $\langle S_z \rangle = 1/2$ として、磁気モーメントが受ける分子場 (局所磁場) H_E を求めよ。

$H_E = \frac{2zJ \langle S_i \rangle}{g\mu_B}$ より、 $\langle S_i \rangle = 1$ のとき、

$$H_E = 2 * 8 * 3.45\times 10^{-14} / (2 * 9.3\times 10^{-21}) [\text{erg} / (\text{ergG}^{-1})] \approx 3\times 10^7 [\text{G}]$$