Poročilo iz vaj za fiziko trdne snovi

Gregor Šmit, 28030396

22. april 2008

1 Susceptibilnost AFM pod Néelovo temperaturo

Najprej zapišemo enačbi za magnetno polje in spin

$$\overrightarrow{S}_{A,B} = \frac{1}{2} th \left(\beta \frac{1}{2} g \mu_B B_{A,B} \right) \frac{\overrightarrow{B}_{A,B}}{B_{A,B}} \tag{1}$$

$$\overrightarrow{B}_{A,B} = \overrightarrow{B_0} - \mu_0 \lambda \overrightarrow{M}_{B,A}, \tag{2}$$

kjer je $\lambda = \frac{JzV}{g^2 \mu_B^2 \mu_0 N}$. Naredili bomo točen izračun za spin $\frac{1}{2}$, tako Brillouenovo funkcijo za povprečni spin razvijemo v th. Označimo tudi $S_A = S_B = S$. Pogledali si bomo pravokotni in vzporedni del susceptibilnosti. Pravokotna susceptibilnost je takrat kadar je magnetno polje pravokotno na magnetizacijo, vzporedna pa kadar je magnetno polje vzporedno magnetizaciji. Najprej si poglejmo pravokotni del susceptibilnosti

$$\overrightarrow{M}_{A,B} = -\frac{N}{V} g \mu_B \overrightarrow{S}_{A,B} \tag{3}$$

$$\overrightarrow{M} = \overrightarrow{M}_A + \overrightarrow{M}_B \tag{4}$$

$$\overrightarrow{M} = -\frac{N}{V} g \mu_B (\overrightarrow{S_A} + \overrightarrow{S_B}) = -\frac{N}{2V} g \mu_B th \left(\beta \frac{1}{2} g \mu_B B_A^0 \right) \frac{2\overrightarrow{B_0}}{B_A^0}, \tag{5}$$

kjer je B_A^0 gostota magnetnega polja brez zunanjega polja. Gledamo magnetizacijo v prvem redu, tako lahko enotski vektor pišemo z gostoto magnetnega polja brez zunanjega vpliva. V enačbo (5) vstavimo enačbo (2), z upoštevanjem da je $B_0 = 0$ in dobimo

$$\overrightarrow{M} = \frac{\overrightarrow{B_0}}{\mu_0 \lambda}. \tag{6}$$

Sedaj lahko izračunamo pravokotni del susceptibilnosti

$$\chi_{\perp} = \mu_0 \frac{\partial M}{\partial B} = \frac{1}{\lambda} = const. \tag{7}$$

Sedaj si bomo pogledali vzporedni del susceptibilnosti:

$$S_{A,B} = \frac{1}{2} th\left(\beta \frac{1}{2} g\mu_B B_{A,B}\right) \approx \pm\frac{1}{2} th\left(\beta \frac{1}{2} g\mu_B B^0_{A,B}\right) + \frac{1}{2} th'\left(\beta \frac{1}{2} g\mu_B B^0_{A,B}\right) \frac{1}{2}\beta\mu_B g B_0. \tag{8}$$

Plus je za indeks A in minus je za indeks B.

$$M = M_A + M_B = \frac{N}{V} g\mu_B \left[th'(\beta g\mu_B B^0_A) + th'(\beta g\mu_B B^0_B)\right] \frac{1}{4}\beta\mu_B g B_0. \tag{9}$$

Z upoštevanjem enačbe $th'(x) = 1 - th^2(x)$ dobimo magnetzacijo:

$$M = \frac{N}{4V} g^2 \mu_B^2 \beta B_0 \left[1 - \left(th^2\left(\beta\frac{1}{2} g\mu_B B^0_A\right) + th^2\left(\beta\frac{1}{2} g\mu_B B^0_A\right)\right)\right], \tag{10}$$

kjer smo upoštevali, da sta B^0_A in B^0_B enako velika, zato smo namesto B^0_B pisali B^0_A.

$$M = \frac{N}{4V} g^2 \mu_B^2 \beta B_0 \left(1 - \left(\frac{M_A}{M_0}\right)^2\right); M_0 = \frac{N}{2V} g\mu_B = \frac{N}{V} g\mu_B S; S = 1/2 \tag{11}$$

Tako je vzporedni del susceptibilnosti:

$$\chi_{||} = \mu_0 \frac{\partial M}{\partial B} = \frac{N}{4V} g^2 \mu_B^2 \mu_0 \beta \left(1 - \left(\frac{M_A}{M_0}\right)^2\right). \tag{12}$$

V enačbi (12) smo upoštevali:

$$\frac{M_A}{M_0} = th\left[\beta g\mu_B S B^0_A\right] = th\left[\beta J \frac{S}{2}\right]. \tag{13}$$

Iz zadnje enačbe lahko vidimo, da je pri kritični temperaturi $T_c = \frac{J}{4k_B}$ vzporedni del sucseptibilnosti enak pravokotnemu delu susceptibilnosti.