Fasta tillståndets fysisk VT 2015, RÖ 10

Sista inlämning Måndag 27.4. kl. 16:00

Uppgift 1

Beskriv kort

1. Diamagnetism
2. Paramagnetism
3. Ferromagnetism
4. Antiferromagentism
5. Ferrimagnetism

samt ge exempel på material i dessa kategorier.

Uppgift 2

En uppskattning för utbytestermen för Fe är $\mathcal{J} = 0.03\text{eV}$. Använd 2D-Ising-modell-appletten på sidan `http://personal-pages.ps.ic.ac.uk/~achremos/Applet2-page.htm` för att uppskatta Curie-temperaturen genom att testa dig fram. Jämför med litteraturvärdet på Curie-temperaturen för Fe. Om du börjar från ett fullständigt oordnat tillstånd ($k_B T = 1.0$), vad är det snabbaste sättet att få systemet till ett helt ordnat tillstånd? Hur beror Curie-temperaturen på utbytestermen i allmänhet?

Uppgift 3

Visa mellanstegen i

$$\frac{e^x\left(1 - e^{-(2J+1)x/J}\right)}{1 - e^{-x/J}} = \frac{\sinh\left[\left(\frac{2J+1}{2J}\right)x\right]}{\sinh\left(\frac{x}{2J}\right)}$$

(ekv. 14.19 i kompendiet).

Uppgift 4

Visa mellanstegen i

$$M = -\frac{Nk_BT^2}{B}\frac{\partial \ln Z}{\partial x}\frac{\partial x}{\partial T} = Ng\mu_B J B_J(x)$$

(ekv. 14.20 i kompendiet).

Uppgift 5

Visa att den magnetiska vektorpotentialen

$$\mathbf{A} = \frac{B\rho}{2}\hat{\mathbf{c}}$$

som ges i samband med Langevins diamagnetism i föreläsningsanteckningarna motsvarar ett yttre magnetfält B riktat i z-riktningen.

Uppgift 6

Betrakta det ferrimagnetiska systemet i bilden på sidan 31 i kapitel 15 av föreläsningsanteckningarna. Anta att energin i systemet kan beräknas med Heisenbergs operator

$$H = -\sum_{i}\sum_{j\neq i} J_{ij}\mathbf{S_i}\cdot\mathbf{S_j}\ ,$$

så att man antar att alla spinnvektorer i enhetscellen växelverkar med alla andra (utom sig själv), med en växelverkning som är oberoende av avståndet. Betrakta fyra möjliga tillstånd för spinnena i enhetscellen:

1. som i bilden,
2. alla spinn parallella,
3. $S = 2$-spinnen uppåt, annars som i bilden,
4. de oktaedriska $S = \frac{5}{2}$-spinnen uppåt, annars som i bilden.

Visa genom explicit beräkning att ifall $\mathcal{J}_{AA}, \mathcal{J}_{AB}, \mathcal{J}_{BB} < 0$ och $|\mathcal{J}_{AB}| > |\mathcal{J}_{BB}|, |\mathcal{J}_{AA}|$ är fall (a) det energetiskt mest fördelaktiga.