

1. 다음에 대하여 간략히 설명하시오.

- (a) 반자성재료(diamagnetic materials)에서 negative susceptibility가 생기는 이유
- (b) Type I과 Type II 초전도체에 대해  $M-H$  곡선을 각각 그리고 설명하라.
- (c) 초전도체의 Meissner effect에 대해 자장을 가하고  $T_c$  아래로 냉각한 경우와 자장을 가하지 않고  $T_c$  아래로 냉각한 후 자장을 가했을 경우로 나누어 설명하라.
- (d) 교환력 (Exchange force)의 물리적 근원에 대해 설명하라.

2. 반강자성체(antiferromagnets)에서 두 개의 동일한 A, B 하부격자(sublattice)의 spin축( $D$ )에 수직으로 자장을 가할 경우 molecular field theory를 적용하면 자화율  $\chi$ 는 온도의 영향을 받지 않는다는 것을 증명할 수 있다. 인가하는 자장  $H$ , spin축  $D$ , specific magnetizations( $\sigma_{SA}, \sigma_{SB}$ ), exchange(or molecular) fields ( $H_{eA}, H_{eB}$ )를 이용하여 net magnetization  $\sigma$ 과 unbalanced exchange field  $H_e$ 를 그림으로 나타내고 자화율이 온도에 무관함을 증명하시오.

3. (a) Magnetic ion들의 magnetic moment는 spin의 moment에만 의존한다고 가정할 때 아래의 ferrite들에 있어 molecule당 net magnetic moment 를 Bohr magneton( $\mu_B$ )을 단위로 계산하라.

- (i) Ni ferrite ( $\text{NiO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) (inverse spinel)
- (ii) Zn ferrite ( $\text{ZnO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) (normal spinel)
- (iii) Ni-Zn ferrite (90%  $\text{NiO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$  + 10%  $\text{ZnO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ )

여기서 magnetic ion들의 spin-only moment는  $\text{Ni}^{2+}$  의 경우  $2\mu_B$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ 의 경우  $5\mu_B$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  의 경우  $0\mu_B$  이다.

(b) (a)(iii)의 mixed ferrite에 대해  $\text{Zn}^{2+}$ 의 역할을 설명하라.

(c) Ni ferrite의 경우 측정된 포화자화 (saturation magnetization)  $\sigma_0$  는 56 emu/g이다. 이 값으로부터 molecule당 net magnetic moment를  $\mu_B$  단위로 계산하라. 여기서 Ni, O, Fe의 atomic weight는 각각 58.71, 15.9994, 55.847이다.

(d) Ni-Zn mixed ferrite 에서  $\text{Zn}^{2+}$ 의 양을 증가시키면 순수한 Zn ferrite가  $10\mu_B$ 을 가질 것으로 추정할 수 있으나 실제로  $0\mu_B$ 을 가진다. 이렇게 Zn ferrite의 양이 약 50% 이상이 되면 net magnetic moment가 오히려 감소하는 이유는 무엇인가?