



## **MODDALARNING MAGNIT MOMENTINI TERMODINAMIK USULDA ANIQLASH**

**Termiz davlat universiteti  
Mamanazarov B.Q**

Agar F sistemaning termodinamik potentsiali aniq bo'lsa, u holda magnit moment (2.11) formula bo'yicha hisoblanishi mumkin. Lekin termodinamika bevosita termodinamik potentsial ko'rinishi haqida ma'lumot bermaydi. Uni hisoblash uchun makroskopik kattaliklar va alohida zarralarning xossalari orasidagi bog'liqlikni ko'rsatuvchi statistik fizikaga murojaat qilinadi. Ushbu bog'liqliklarni aniqlash uchun Bolsman prinsipidan foydalanish mumkin. Ushbu prinsip bo'yicha zarraning  $\varepsilon$  energiya holatida bo'lish ehtimolligi  $e^{-\varepsilon/kT}$  ifodaga proporsionaldir. Hisoblanadiki Bolsman prinsipi energiyasi kvantlashadigan zarralar uchun ham to'g'ri hisoblanadi. Elektron qobiqlari kvant son  $j$  va  $\varepsilon_j$  energiya bilan aniqlanuvchi, o'zaro ta'sirlashmaydigan atomlar to'plami qaraladi. Bu energiyaga ega bo'lish ehtimolligi  $W_j \sim e^{-\frac{\varepsilon_j}{kT}}$ . Agar  $\varepsilon_j$  qiymat bir nechta kvant holatlar  $q_j$  ga mos kelsa, bu energiyaga ega bo'lish ehtimolligi ham ushbu holatlar soniga proporsional bo'ladi  $W_j \sim q_j e^{-\frac{\varepsilon_j}{kT}}$ . Ehtimollikning absolyut qiymatini aniqlash uchun, uni shunday normirovka qilish kerakki, energiyaning hamma qiymatlari ehtimolliklari summasi 1 teng bo'lishi kerak. Bu shartga ushbu formula javob beradi.

$$W_j = \frac{q_j e^{-\varepsilon_j/kT}}{\sum_j q_j e^{-\varepsilon_j/kT}} \quad (4.48)$$

$$Z = \sum_j q_j e^{-\varepsilon_j/kT} \quad (4.49)$$

$Z$  - statistik summa. (2.21) formuladan maydonga parallel bo'lgan atom magnit momentining o'rtacha qiymatini hisoblash uchun ishlatish mumkin. Magnit maydonida atom energiyasining o'zgarishi:

$$\delta\varepsilon_j = \frac{\partial\varepsilon_j}{\partial H} dH = -\mu_{jH} \cdot dH \quad (4.50)$$

Bunda  $\mu_{jH}$  - atom magnit momentining tashqi magnit moydoni kuchlanganligi yo'nalishida bo'yicha tashkil etuvchisi. J-atom energetik holatini aniqlovchi



kvant sonlarini ifodalovchi shartli kvant son. Atom magnit momentining tashqi magnit moydoni kuchlanganligi yo'nalishida bo'yicha tashkil etuvchisi:

$$\mu_H = \sum_j \mu_{jH} W_j = - \sum_j \frac{\partial \varepsilon_j}{\partial H} W_j \quad (4.51)$$

$$- \sum_j \frac{\partial \varepsilon_j}{\partial H} W_j = \frac{\sum_j \frac{\partial \varepsilon_j}{\partial H} q_j e^{-\varepsilon_j/kT}}{\sum_j q_j e^{-\varepsilon_j/kT}} = kT \frac{\partial}{\partial H} (\ln Z) \quad (4.52)$$

Natijada:

$$M_H = - \left( \frac{\partial \hat{O}}{\partial H} \right)_{pT} = N \bar{\mu}_H = NkT \frac{\partial}{\partial H} (\ln Z) \quad (4.53)$$

(4.52) formula keyingi hisoblashlarda moddaning magnit momentini qarashda asosiy hisoblash formulasi hisoblanadi. (4.52) formuladan foydalanib  $F$  va  $Z$  orasidagi bog'liqlikni aniqlash mumkin:  $\Phi = -Nk \cdot \ln Z$ . (4.29) formuladan entropiya qiymatini hisoblash mumkin:

$$S = - \left( \frac{\partial \Phi}{\partial T} \right)_{pH} = Nk \frac{\partial}{\partial H} (T \cdot \ln Z) \quad (4.54)$$

(4.54) formula xulosasi qat'iy emas. Xususan ba'zi chegaraviy hollarda Bolsman funksiyasini kvantlashgan sistemalar qo'llash mumkin. Magnitokolorik effekt – magnetikni adiabatik magnitlash va magnitsizlashda uning temperaturasining o'zgarishidir. Adiabatik sharoitda magnetik issiqlikni yutmaydi va atrof - muhitga uzatmaydi. Shuning uchun magnetikning entropiyasi  $S$  o'zgarmaydi.

$$dS = \frac{dQ}{dT} \quad (4.55)$$

Magnitlanishda temperaturani aniqlash uchun ushbu ifodadan foydalaniladi.

$$\Delta T = - \left[ \frac{\partial S}{\partial H} \div \frac{\partial S}{\partial T} \right] \cdot \Delta H \quad (4.56)$$

Bu ifoda  $\partial T(\partial H)$  bog'liqlikni aniqlashga imkon beradi. Shunday qilib:

$$\Delta T = - \left[ \frac{\partial M}{\partial T} \div C_{p,H} \right] \cdot \Delta H \quad (4.57)$$

Bunda  $C_{p,H}$  - doimiy  $H$  va  $T$  sharoitida magnetikning issiqlik sig'imi.  $\frac{C_{p,H}}{T} > 0$  bo'lgani uchun, magnetikning temperaturasi o'zgarishi ( $\partial T > 0$  - isish yoki  $\partial T < 0$  - sovish),  $\frac{\partial M}{\partial T}$  hosilaning ishorasiga va tashqi magnit maydon kuchlanganligiga bog'liqdir ( $\partial H > 0$  - magnitlanish yoki  $\partial H < 0$  - magnitsizlanish). Tashqi magnit maydon



mavjud bo'lmaganda bir-xil (spin yoki orbital) yo'nalgan atom magnit momentlari sonining ko'payishi (kamayishi) - magnitokolorik effekt sababidan hisoblanadi.

**ADABIYOTLAR RO'YXATI.**

1. Ф. Кравченко. Магнитная электроника. // Новосибирск: Изд-о СО. РАН, 2002 г. 395 с.
2. В. А. Боков. Физика магнетиков. Учебное пособие. // М.: Невский Диалект, 2002 г. 272 с.
3. К. П. Белов. Редкоземельные магнетики и их применение. // М: Наука, 1980 г. 239 с.
4. У.В. Валиев, У.Р. Рустамов, Б.Ю. Соколов. Управляемая магнитным полем поляризованная люминесценция гранатов  $Y_3Al_5O_{12}-Tb$  и  $Y_3Al_5O_{12}-Ho$ . // Физика твердого тела. 2002, Т. 44. В.2, с.269-271.
5. У.В. Валиев, J.B. Gruber, У.Р. Рустамов, К.С. Саидов, Б.Ю. Соколов. Магнитооптическое исследование нечетной составляющей кристаллического поля в тербий-иттрий алюминиевом гранате. // Письма в ЖТФ. – 2003, Т.29. В.21, с.7-16.