



MAGNIT QABUL QILUVCHANLIK USULIDA MODDALARNI O'RGANISH

¹Saidov Kurbon Sayfulloyevich

BuxDU dotsenti,

²Xamroqulov Saidjon Zokir o'g'li

Buxoro davlat universiteti

Xamroqulovsaidjon7@mail.ru.

ARTICLE INFO

Received: 16th March 2023

Accepted: 26th March 2023

Online: 28th March 2023

KEY WORDS

Langevin diamagnetizmi
Kirkvud formulasi,
Polarizatsiya paramagnetizmi,
Paskal formulasi, sferik
simmetriyaga, Magnit qabul
qiluvchanlik.

ABSTRACT

Maqolada har qanday modaaning magnit maydonga reaksiyasi borligidan foydalanib moddalarning magnit singdiruvchanligini aniqlash va magnit kirituvchanlikni hisoblash imkonini beradi. Langevin diamagnetizmining qiymati birikmani tashkil etuvchi atomlardagi elektron orbitallarning o'rtacha radiusi haqida va Van-Vlek paramagnetizmi - bu birikmaning elektron sathlari sxemasi haqida ma'lumotni o'z ichiga oladi

Magnitoptikaning asosiy usullaridan biri magnit qabul qiluvchanlik usuli hisoblanadi. Magnit qabul qiluvchanlik aniq nima, uni qanday o'lchash mumkin va natijalarni qanday izohlash mumkin? Mutlaqo har qanday modda qo'llaniladigan tashqi magnit maydonga reaksiyasini ko'rsatadi. U magnitlanadi, ya'ni magnit momentga ega bo'ladi. Moddaning magnit maydonga reaksiyasi qabul qiluvchanlik bilan tavsiflanadi.

$$M = \chi \cdot H \quad (1.1)$$

Bu erda M - magnitlanish yoki birlik hajmdagi magnit moment, H - qo'llaniladigan magnit maydon. Shunday qilib, magnit qabul qiluvchanlikni moddaning tashqi magnit maydonga ta'sirining miqdoriy o'lchovi sifatida ko'rish mumkin. Umumiy holatda, χ ham H maydon, ham T temperature funksiyasidir. Agar modda magnit izotrop bo'lsa, u holda M va H bir-biriga parallel, χ esa skalaridir; anizotrop moddalarda χ tenzor hisoblanadi.

Lekin birinchi navbatda, o'lchov birliklari haqida bir necha so'z aytish kerak. Magnitokimyoda SGSM tizimidan foydalanish odatiy holdir. Magnitokimyoviy adabiyotlarda SI tizimi kamdan-kam qo'llaniladi. Bu holat SGSM dan SI ga o'tish formulalarida noqulay 4π omil mavjudligi bilan bog'liq. (1.1) formulani yozishda biz barcha miqdorlar birlik hajmiga tegishli ekanligini aytdik va SGSMda M va H o'lchamlari bir-biriga to'g'ri keladi, garchi ular boshqacha nomlanadi: gauss (Γ , G) va ersted (E , O_e), mos ravishda, u holda birlik hajmining qabul qiluvchanligi o'lchovsiz miqdordir.

Biroq, tajriba natijasida aniqlangan qiymat odatda massa birligi (χ_g) deb ataladi, shuning uchun u sm^3/g bilan o'lchanadi. Adabiyotda emu/g ni uchratishimiz mumkin, SGSM/g -



ekvivalent birliklardir. qabul qiluvchanlikni moddaning moliga ham taalluqli qilish mumkin (χ_m : sm^3/mol , emu/mol , CGSM/mol). Bu xato, nisbat quyidagicha: birliklar.

SGSM/birlik. $SI = 4\pi \cdot 10^{-3}$.

2. Polarizatsiya paramagnetizmi (Van-Vlek) Paskal sxemasi, hamma samaradorligiga qaramay, faqat empirikdir. Kvant mexanik hisobiga asoslanib, Van Vlek diamagnit molekullar uchun molyar qabul qiluvchanligi quyidagicha ekanligini ko'rsatdi:

$$\chi_m = -\frac{Ne^2}{6mc^2} \sum_{i=1}^n \bar{r}_i^2 + N\alpha \quad (3.3)$$

Birinchi had molekulaning barcha atomlarining barcha elektronlarining umumiy diamagnetizmini tavsiflaydi. Undagi summa yadrolar atrofida lokallashgan elektronlarning masofalarining kvadrati o'rtacha qiymatlari bo'yicha amalga oshiriladi. Bu had klassik bilan mos keladi va shuning uchun u tasvirlagan diamagnetizm Langevin diamagnetizmi deb ataladi. Klassik holda chiqarilishida sferik simmetriyani nazarda tutadi, deb aytgan edik. Ikkinchi atama haroratdan mustaqil yoki Van-Vlek yoki qutblanish paramagnetizmi deb ataladi.

Van-Vlek paramagnetizmi atomning (yoki ionning) elektron qobig'ining qo'llaniladigan maydon (H) ta'sirida deformatsiyasidan kelib chiqadi. Kvant mexanik mulohazalar shuni ko'rsatadiki, agar elektron qobiq sferik simmetriyaga ega bo'lmasa (yoki H yo'nalishiga nisbatan o'qli simmetriya bo'lsa), deformatsiya qo'llaniladigan magnit maydon yo'nalishi bo'yicha magnit momentining induksiyasiga olib keladi. Langevin diamagnetizmi kabi, Van-Vlek paramagnetizmi temperaturaga bog'liq emas. Shunday qilib:

$$\chi = \chi_d + \chi_p \quad (3.4)$$

Agar Van-Vlek formulasini Paskal formulasi bilan solishtirsak, u holda ularning munosabati e'tiborni tortadi va χ_d o'sishlar, shuningdek, χ_p va tuzatishlar o'rtasida o'xshashlik chizish paydo bo'ladi. Biroq, bu o'xshashlik faqat yuzaki, chunki, masalan, $\chi_p > 0$ va λ qiymatlari ikkala ishoraga ega bo'lishi mumkin.

Van-Vlek paramagnetizmining tabiati qanday? Yuqoridagi formula diamagnetizm manbai bo'lgan elektron bulutining presessiyasi qiyin ekanligini anglatadi. Van-Vlek ko'rsatganidek, bu qiyinchilik elektron bulut simmetriyasining sferikdan og'ishidan kelib chiqadi. Simmetriyaning pasayishi tashqi magnit maydonning ta'siriga ham, kimyoviy bog'lanishlarning deformatsiya qiluvchi ta'siriga ham bog'liq.

Agar ionlar mutlaqo qattiq bo'lsa va o'ziga xos kimyoviy birikmada o'z individualligini to'liq saqlab qolgan bo'lsa, unda birikmaning magnit qabul qiluvchanligi alohida ionlarning qabul qiluvchanligidan qo'shimcha ravishda qo'shiladi va diamagnetizm sof Langevin xarakteriga ega bo'lar edi.

Biroq, kimyoviy bog'lanishning hosil bo'lishi jarayonida ionlar o'zaro deformatsiyalanadi va ularning elektron qobig'i ma'lum darajada sferikligini yo'qotadi. Ion birikmasida χ_p ning mavjudligi qisman kovalent bog'lanishni ko'rsatadi.

Van-Vlekning bunday turdagi paramagnetizmi ba'zan induktsiyalashgan deb ataladi, chunki ionlar bir-biridan uzoqlashganda asta-sekin kamayib, bir-biriga yaqinlashganda ortib borishi kerak. Van-Vlek paramagnetizmining manbai - asosiy holatning to'lqin funktsiyalari bilan termik band bo'lmagan qo'zg'aluvchan holatlarning to'lqin funktsiyalari aralashmasi.



$$N\alpha = 2N_0 \sum \frac{|\langle S \langle \mu_z \rangle 0 \rangle|^2}{E_s - E_0} \quad (3.5)$$

bu yerda N_0 - Avogadro soni, $\langle S \langle \mu_z \rangle 0 \rangle$ - orbital magnit momentning z-komponentining matritsa elementi asosiy (0) va qo'zg'atilgan (s) holatlari, $(E_s - E_0)$ - bu holatlar o'rtasidagi energiyalar farqi. Van-Vlek paramagnetizmi qanchalik katta bo'lsa, normal va qo'shni qo'zg'aluvchan holatlar o'rtasidagi energiya farqi shunchalik kichik bo'ladi.

Pastda yotuvchi uyg'ongan sathlarga ega bo'lgan ba'zi birikmalar sinflari uchun Van-Vlek paramagnetizmi Langevin diamagnetizmidan oshib ketishi mumkin. Bu holat o'tish metallarining ko'plab diamagnet komplekslari uchun amalga oshiriladi. Misol tariqasida oktaedr muhitda uch valentli kobalt ionlariga xos holatni ko'rib chiqamiz.

Odatda bunday ionlarning asosiy holati singletdir. Juftlanmagan elektronlar mavjud emas, shuning uchun umumiy magnit moment nolga teng va Langevin nazariyasiga ko'ra, birikmalar diamagnet bo'lishi kerak. Biroq, eksperimental ma'lumotlar shuni ko'rsatadiki, ularning qabul qiluvchanligi musbat va amalda temperaturaga bog'liq emas va bu Van-Vlek paramagnetizmining xarakterli xususiyatlaridir.

Uning qiymatini empirik munosabatga asoslangan holda baholash mumkin: $\chi_{\text{THP}} = 4/\Delta$, bu erda Δ uyg'ongan holatning asosiy holatga nisbatan energiyasi. Kobalt (III) komplekslarining birinchi uyg'ongan holati asosiydan $16000 - 22000 \text{ sm}^{-1}$ balandlikda joylashgan. Xususan, kompleks uchun $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ $\Delta = 21000 \text{ sm}^{-1}$, demak, $\chi_{\text{THP}} = 1,95 \cdot 10^{-4} \text{ sm}^3/\text{mol}$, bu tajriba natijalariga mos keladi.

Magnit qabul qiluvchanlikning diamagnetik va Van-Vlek komponentlarini hisoblash. Kirkvud formulasi.

Langevin diamagnetizmining qiymati birikmani tashkil etuvchi atomlardagi elektron orbitallarning o'rtacha radiusi haqida va Van-Vlek paramagnetizmi - bu birikmaning elektron sathlari sxemasi haqida ma'lumotni o'z ichiga oladi.

To'g'ridan-to'g'ri kvant-mexanik hisob ($\sum_{i=1}^n \bar{r}_i^2$) yo'li bilan χ_d ni topishga va keyin χ_p ni χ va χ_d o'rtasidagi farq sifatida baholashga (3.4) ko'p urinishlar mavjud. Shunday qilib, magnit qabul qiluvchanlikdan birikmaning elektron tuzilishi haqida to'g'ridan-to'g'ri ma'lumot olish mumkin.

Biroq, χ_d nisbatan kichik qiymat bo'lganligi sababli, χ_d ning hisoblangan qiymatidagi kichik ($\sim 10\%$) nisbiy xatolar ham χ_p baholashning mutlaqo qoniqarsiz aniqligiga olib keladi. Ushbu usulning yana bir kamchiligi oddiy molekullarda ham hisoblash tartibining og'irligidir.

($\sum_{i=1}^n \bar{r}_i^2$) aniqlashning eksperimental usuli mavjud. Bu o'lchanishi mumkin bo'lgan atomlarning elektr qutblanishi ifodasiga ushbu miqdor ham kiritilganligiga asoslanadi. Mukammal simmetrik atomlar uchun elektr qutblanish qobiliyati (α) quyidagicha ifodalanishi mumkin:



$$\alpha = -\frac{4}{9a_0n} \left(\sum_{i=1}^n \bar{r}_i^2 \right)^2 \quad (3.6)$$

bu yerda a_0 Bor orbitasining eng kichik radiusi, $0,525 \cdot 10^{-8}$ sm ga teng, n esa ion elektronlar soni. Shunday qilib:

$$\chi_d = -\frac{Ne^2}{4mc^2} \sqrt{na_0\alpha} = -3.11 \cdot 10^6 \sqrt{n\alpha} \quad (3.7)$$

Bu Kirkvud formulasi deb ataladi. Bu qabul qiluvchanlikning Langevin qismini mustaqil ravishda baholash imkonini beradi, keyin qabul qiluvchanlikning eksperimental qiymatidan chiqariladi va Van-Vlek qismini aniqlaydi.

Kirkvud formulasining yaqinligiga (taxminiy) qaramay, uning yordami bilan olingan χ_d va, demak, χ_p baholari juda aniq bo'lib chiqdi.

Tekshirilayotgan namuna χ_k magnit qabul qiluvchanligini quyidagi ifodadan aniqlash mumkin:

$$\chi_k = K U_x M / m_k H \quad (2.4)$$

Bu erda U_x – g'altakdagi tok kuchiga proporsional bo'lgan qarshilikka tushadigan kuchlanish miqdori ; M - tekshirilayotgan birikmaning molekulyar massasi, m_x –namuna massasi, H - magnit maydon kuchlanganligi, K - qurilma konstantasi, y vibromagnitometr kalibrovkasida aniqlanadi. Bunday vibromagnitometrda magnit qabul qiluvchanlikni o'lchash nisbiy bo'lganligi uchun, (2.4) ifodadagi K konstantani adabiyotlardan ma'lum bo'lgan namuna o'lchamlariga bog'liq χ_0 magnit qabul qiluvchanlik formulasidan topish mumkin:

$$K = \chi_0 m_0 \cdot H / U_0 \cdot M_0 \quad (2.5)$$

Bu erda χ_0 - etalon namuna magnit qabul qiluvchanligi; m_0 - uning massasi; M_0 – etalon namuna molekulyar massasi; U_0 – kompensatsion kuchlanish miqdori H - magnit maydon miqdori.

Malumot sifatida nodir yer $Gd_3Ga_5O_{12}$ granati tanlangan.

Gd^{3+} ionining asosiy holati $^8S_{7/2}$ multiplet bo'lgani uchun kristall maydonning granatdagi Gd^{3+} ionining magnit xossalariga ta'sirini e'tiborsiz qoldirish va Gd^{3+} ionini erkin deb hisoblash mumkin. Bunday holda, $Gd_3Ga_5O_{12}$ granatining magnit kirituvchanligi χ uchun biz quyidagilarni olamiz:

$$\chi = [S_0(S_0+1) \beta^2 g_0^2 N_A] / 3kT, \quad (2.9)$$

bu yerda $S_0 = 7/2$ - Gd^{3+} ionining spini; $g_0 = 2$ - $^8S_{7/2}$ multipletining Lande koeffitsienti; N_A - Gd^{3+} ionlarining soni.

Darhaqiqat, [25] ishda amalga oshirilgan eksperimental tadqiqotlar natijalari ko'rsatganidek, paramagnit nodir yer $Gd_3Ga_5O_{12}$ granatining $T \geq 100$ K temperaturalar sohasida magnit kirituvchanligi (2.9) ifodasi bilan tavsiflanadi, nisbiy xatosi $\sim 2\%$ oshmaydi. Ushbu holat $80 \div 300$ K temperaturalar oralig'ida $Gd_3Ga_5O_{12}$ namunasining EYK ning



o'lchangan qiymatlaridan K qurilma konstantasini hisoblash uchun ishlatilgan, bundan tashqari, etalon namunasining χ_0 magnit sezgirligining qiymatlari formula (2.8.) topilgan.

Xulosa qilib aytganda, χ magnit kirituvchanlikni o'lchash xatoliklariga to'xtalib o'tish kerak. Mis-konstantan termojufti bilan o'lchangan namunaning temperaturasi ~ 1 K aniqlik bilan aniqlanadi, bu $\leq 1\%$ nisbiy xatolikka olib keladi. Sh1-8 qurilmasi yordamida magnit maydon kuchlanganligini H o'lchashda nisbiy xatolik $\sim 1\%$ ni tashkil qiladi. Taroziqa tortilgan namunalarning og'irligi o'lchashdagi xatolik $\sim 2\%$ dan oshmadi. Qurilmaning K konstantasini aniqlashdagi xato bilan bog'liq xatolik $\sim 1\div 2\%$ ni tashkil qiladi. O'lchov sxemasining shovqini o'lchangan signalning $0,5\%$ dan oshmaydi (namuna tebranish chastotasi ~ 40 Gs da).

Shunday qilib, bizning hisob-kitoblarga ko'ra, yuqorida tavsiflangan tebranish magnitometrda olingan χ magnit kirituvchanlik qiymatlari $\sim 2\%$ nisbiy xatolik bilan aniqlanadi, bu asosan magnit kirituvchanlikni o'lchashning ushbu usulining sistematik xatoliklari bilan bog'liq.

References:

1. Саидов К.С., Файзиев Ш.Ш., Сулаймонов Ш.Б. Магнитные свойства редкоземельных гранатов. Academy № 4 (67), 2021. Российский научно-методический журнал. ст.4-8.
2. К.С.Саидов, Д.Р.Джураев, Л.Н.Ниязов, Б.Ю.Соколов. Исследование спонтанного ориентационного фазового перехода в Тербий-Иттриевом феррите-гранате магнитооптическим методом. Украинский физический журнал. 2012г. №5.Т.57. стр 531-537.