



UDK:537.6

**FERROMAGNETIKLAR VA GISTEREZIS CHIZIG'INING TEXNOLOGIK AHAMIYATI  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ФЕРРОМАГНЕТИКИ И ЛИНИИ ГИСТЕРЕЗИСА  
TECHNOLOGICAL SIGNIFICANCE OF FERROMAGNETICS AND THE HYSTERESIS  
LINE**

**Raxmatullayeva Feruzaxon Ulug'bek qizi**

*Farg'ona davlat universiteti, magistrant*

[valixojayevaferuza@gmail.com](mailto:valixojayevaferuza@gmail.com)

ORCID 0009-0003-2864-3155

**Annotatsiya:** *Ushbu maqolada ferromagnit moddalar va ularning xususiyatlari, shuningdek uning texnologiyalar rivojidadagi amaliy ahamiyati yoritilgan. Eng dastlab ularning aniqlanishidagi asosiy olimlarning fikr mulohazalariga katta e'tibor qaratilgan. Ferromagnit moddadagi xossalaridan biri bo'lmish gisterezis chizig'i haqida keng yoritilgan.*

**Аннотация:** *В данной статье описаны ферромагнитные вещества и их свойства, а также их практическое значение в развитии технологий. Прежде всего, большое внимание при их идентификации было уделено мнениям ведущих ученых. Линия гистерезиса, являющаяся одним из свойств ферромагнитного материала, широко обсуждалась.*

**Abstract:** *This article describes ferromagnetic substances and their properties, as well as their practical importance in the development of technologies. First of all, great attention was paid to the opinions of the main scientists in their identification. The hysteresis line, which is one of the properties of ferromagnetic material, has been extensively discussed.*

**Kalit so'zlar:** *ferromagnit, doimiy magnit, alnico, gisterezis chizig'i, segnetoelektriklar, kristallning magnitlashuvi, yagona domen, tashqi maydon*

**Ключевые слова:** *ферромагнетик, постоянный магнит, алnico, линия гистерезиса, магнитоэлектрика, намагниченность кристалла, однодоменность, внешнее поле.*

**Key words:** *ferromagnet, permanent magnet, alnico, hysteresis line, magnetoelectrics, crystal magnetization, single domain, external field*

**KIRISH**

Moddalarning ferromagnitlik xossasi eng kuchli magnit xossa bo'lib, u asosan kristallarda va qattiq jismlarda uchraydi. Jumladan, doimiy magnitlar ham ferromagnetiklardan iborat. Ferromagnetiklar temir, nikel, kobalt kabi metallar va ularning qotishmalaridan iborat bo'lib, ularning kristall panjarasidagi ionlari magnit momentga ega.



## ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODOLOGIYASI

Ferromagnitlar magnit momentli zarralar kabi magnit maydon kuchli bo'lgan sohaga tortiladi. Magnitlarni o'zaro tortilishi, magnitlar temir bo'laklarini tortishi shu xossaga asoslangan. Bunday ta'sirlashuvlar odamlarni shunday hayratga soladiki, Isaak Nyuton kuchli tabiiy magnit bo'lakchasini uzukka o'rnatib, uni taqib yurar ekan. Bu magnit o'zining vaznidan 50 marta og'irroq bo'lgan temir bo'lagini ko'tara olar ekan. Alniko qotishmasi alyuminiy, nikel, kobalt metallaridan yaratilgan eng kuchli ferromagnit hisoblanadi. Alnikodan yasalgan magnit o'z massasidan 4450 marta ortiq massali temirni ko'targani haqida ma'lumot bor.

Magnetizmga taaluqli ko'p tarixiy ma'lumotlar aynan ferromagnetiklarga tegishlidir.

V.Gilbert 1600-yilda nashr etgan kitobida qizdirilgan magnit tortish xususiyatini yo'qotganini yozadi. Magnitning bir uchiga temir yopishtirilganda, ikkinchi uchi temirlarni kuchliroq tortishini bayon etadi. Temirni doimiy magnit yonida magnitlash, magnitga aylantirish mumkinligini yozadi.

Ferromagnetiklar uchun magnitlanish  $\vec{J}$   $\vec{H}$  -magnit maydon kuchlanganligi bilan bir qiymatli bog'lanmagan. Shuning uchun moddaning doimiy  $\chi$  va  $\mu$  parametrlarini kiritishni iloji yo'q. Shunga qaramay ba'zan "ferromagnetiklar uchun  $\mu$  bir necha mingga teng" degan iboralar uchraydi. Bunday iborani taqribiy deb, magnit induksiya  $B$  magnit kuchlanganlik  $\mu_0 H$  dan bir - necha ming marta ortiq bo'lish mumkin degan ma'noda tushunish kerak.

Ferromagnetiklarning xossalari tarixan segnetoelektriklardan avval o'rganilgan. Keyinchalik ularning xossalari juda o'xshashligi aniqlangan.

Ferromagnetiklarda ularni tashkil etuvchi ionlarni magnit momentlarini tartiblashtiruvchi mexanizm bor. Bu mexanizm elektronlar to'lqinlarini almashinuv ta'sirlashuvi deb ataladi va kvant mexanikada o'rganiladi. Almashinuv ta'sirlashuvi tufayli qo'shni ionlarning magnit momentlarini bir xil yo'nalishi ta'sirlashuv energiyasini kichik bo'lishiga, magnit momentlarning tabiiy tartiblashishiga sabab bo'ladi. Ferromagnetik kristall hajmining tabiiy magnitlangan sohasi domen deb ataladi. (Shuni aytib o'tish kerakki, parallel magnit momentli zarralar magnit ta'sirlashuv tufayli bir - birini itaradi, demak yaqinlashtirilgani sari kattaroq energiyaga ega bo'ladi. Buni ikki magnitni yaqinlashtirib, sinab ko'rish mumkin. Lekin mikrozaralarning o'zaro ta'sirlashuvida parallel magnit momentli zarralarni tortishuvi ham uchraydi). Kristall tabiiy ravishda domenlarga bo'linib, ularning magnit momentlari turlicha yo'naladi va buni hisobiga magnit maydon energiyasi kichikroq bo'ladi. Domenlarning chegaralarida qo'shni atomlarning magnit momentlari turlicha yo'nalgan bo'lib, bu ta'sirlashuv energiyasini orttiradi. Domenlarni mavjudligi maxsus tajribalarda tasdiqlangan, ikkinchidan gisterezis halqasi bilan asoslanadi.

Butun ferromagnetik kristall to'la magnitlashib, yagona domenga aylansa, almashinuv energiyasi eng kichik bo'ladi. Lekin kristall kuchli magnitga aylanib, katta



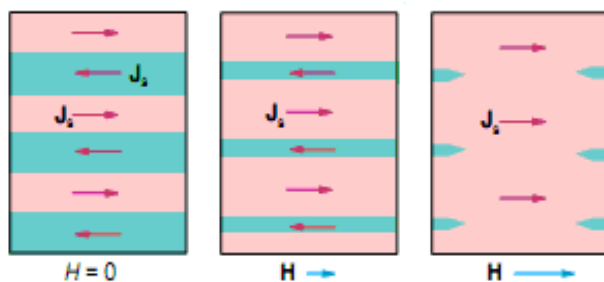
magnit maydon energiyasiga ega bo'ladi. Kristall turli yo'nalishda magnitlashgan ko'plab domenlardan iborat bo'lsa, tashqi magnit maydon va magnit maydon energiyasi kichrayishi mumkin, lekin bunda domenlar chegaralari ko'payib, almashinuv energiyasi ortadi. Shunday sharoitda kristall tabiiy ravishda umumiy energiyasini kichraytiruvchi domenli tuzilishga ega bo'ladi. Bunda kristallning shakli, bundan avval qanday magnit maydonda bo'lganligi muhim bo'ladi.

Kristallning magnitlashuvi  $J$  ko'plab domenlardagi zarralarning magnit momentlarini yig'indisidan iborat bo'lib ( $\vec{J} = \sum \vec{p}_{mi}$ , yig'indi birlik hajmdagi zarralar bo'yicha hisoblanadi), nol yoki noldan farqli bo'lishi mumkin, unda kristall doimiy magnit deb ataladi.

### NATIJA VA MOHOKAMA

Tashqi erkin zaryadlarning magnit maydoni  $\vec{H}$  ferromagnit kristallning domenli tuzilishiga juda kuchli ta'sir etadi.  $\vec{H}$  ta'sirida domenlar chegarasidagi ionlarning magnit momentlari tashqi maydonga moslasha boshlaydi, natijada magnitlashuvi tashqi maydonga mos bo'lgan domenlarning hajmi boshqa domenlar hisobiga orta boradi (1-rasm), kristallning magnitlashuvi keskin o'zgaradi. Ferromagnetiklarni magnit maydonda magnitlanib qolishi shunday tushuntiriladi.

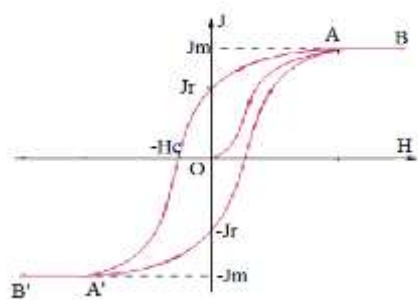
**1-rasm.** Magnitlashuvi tashqi maydonga mos bo'lgan domenlar hajmining boshqa domenlar hisobiga ortishi



◆ Kristallning magnitlashuvi  $J$  ning magnit maydon  $H$  ga bog'lanishi bir qiymatli emas, bu bog'lanish umumiy holda gisterezis (2-rasm) halqasini hosil qiladi. Bu bog'lanish ferromagnetiklarning domenli tuzilishi bilan tushuntiriladi.

Dastlab kristall magnitlanmagan bo'lsin:  $H = 0$  va  $J = 0$  (2-rasmdagi  $O$  nuqta). Tashqi magnit maydon  $H$  ta'sirida kristall magnitlashuvi keskin o'sa boshlaydi (OAB-chiziq). Bunda magnitlashuvning ortishi tashqi maydonga mos yo'nalgan domenlar o'lchamlarini o'sishidan darak beradi. Lekin maydonning katta qiymatlarida maydon kuchlanganligi ortishi bilan magnitlashuv  $J$  ortmay qo'yadi, to'yinish ro'y beradi. Bunday holat butun kristall yagona domenga aylanganligidan, magnitlashuv  $J$  maksimal  $J = n p_m$  qiymatga yetganligidan (yaqinlashganidan) darak beradi.

**2-rasm.** Tajribaviy gisterezis chizig'i



Magnit maydon  $H$  kamayishi bilan magnitlashuv ham kamayadi (BAA'-chiziq), lekin bu kamayish dastlabki ortishga nisbatan kechikib ro'y beradi. Bunda domenlar chegarasining o'zgarishi oson emasligi, magnit maydonning o'zgarishiga nisbatan kechikishi seziladi. Maydon nolga aylanganda ham kristallda  $J_r$  qoldiq magnitlashuv kuzatiladi. Shu  $J_r$  miqdorga qarab ferromagnetiklar qattiq va yumshoq ferromagnetiklar deb ataladi. Bu magnitlashuvni nolga aylantirish uchun esa teskari yo'nalishdagi maydon  $H_c$  - koersitiv kuch zarur.  $J_r$  qanchalik katta bo'lsa,  $H_c$  ham shunchalik katta bo'lishi kerak. Teskari yo'nalishdagi magnit maydonni kuchaytirib borib, yana magnitlashuvni to'yinishiga erishish mumkin. Tajribada tashqi magnit maydonni o'zgartirishni davom ettirib, gisterezis chizig'ini qolgan qismini ham olish mumkin (rasmda B'A'AB-chiziq).

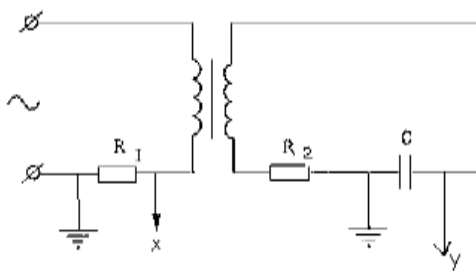
Shunday qilib, ferromagnetiklarning magnitlashuvini magnit maydonga bog'lanishi bir qiymatli bo'lmay, kristallning bundan avvalgi holatiga, ya'ni kristallning domenli tuzilishiga bog'liq ekan. Gisterezis yopiq chizig'ining umumiy sirti kristallning domenli tuzilishini o'zgartirish uchun kerak bo'lgan energiyaga mutanosibdir ( $JH$  ko'paytma energiya birligiga ega).

Tajribada gisterezis chizig'ini ko'plab ayrim nuqtalar bo'yicha chizish mumkin, lekin bundan qulayroq imkoniyat ham mavjud. Buning uchun ferromagnetikka o'zgaruvchan kuchlanish bilan ta'sir etiladi. Bu kuchlanish ossillografning gorizontal elektrodlariga ham ulanadi (3-rasm, x-belgi).

Ossillografning vertikal elektrodlariga (rasmda y-belgi) ferromagnetikning magnit momenti bilan bog'liq signal ulansa – ossillograf ekranida gisterezis chizig'i kuzatiladi. Tajribadagi har qanday o'zgarish shu damdayoq ekrandagi gisterezis chizig'iga o'z ta'sirini ko'rsatadi. Jumladan o'zgaruvchan kuchlanish amplitudasini kamaytirib, to'yinish bo'lmagan hollarda gisterezis halqasining shaklini o'zgarishini kuzatish mumkin. Qoldiq magnitlashuv va koersiv maydonning nisbiy qiymatlarini o'lchash mumkin. Temperatura ortishi bilan gisterezis chizig'ining yo'qolishini ko'rish mumkin.

**3-rasm.** Gisterezis chizig'ini hosil qilish qurilmasi





Ferromagnetiklarning xossalari temperaturaga ham kuchli bog'liq. Temperatura ortishi bilan ferromagnetikning magnitlanish darajasi kamayib boradi, Kyuri harorati deb nomlanadigan  $T_c$  temperatura chegarasiga etgach, kristallning ferromagnetik xossalari yo'qolib, u oddiy paramagnetikka aylanadi. Gisterezis halqasi to'g'ri chiziqqa aylanadi, magnitlashuv darajasi Kyuri-Veys qonuniga bo'ysinadi:  $J = C/(T - T_c)$ , bu tajribada katta aniqlikda tasdiqlangan.

Kyuri haroratida 2-tur fazaviy o'tish ro'y beradi, kristalldagi tabiiy magnet tartiblashuv mexanizmi emiriladi. Shu bilan birga kristallning issiqlik sig'imi, issiqlik o'tkazuvchanligi, kristalldagi tovushni tarqalish tezligi va yutilish koeffitsienti, kristallni optik xossalari kabi xarakteristikalarini ham keskin o'zgarishi kuzatilib, bularga qarab Kyuri haroratining aniq qiymatini aniqlash mumkin.

#### XULOSA

Ferromagnetiklarni Kyuri harorati yaqinidagi xossalarini batafsil o'rganish boshqa ikkinchi turdagi fazoviy o'tishlarni tushunishda ham yordam beradi. Ferromagnetik magnitlashuvini temperatura ortishi bilan kamayib borishini tushuntiraylik. Temperaturaning absolyut kichik qiymatlarida ferromagnetikdagi domenlarda maksimal magnitlashuv, magnit momentli ionlarni to'liq tartiblashuvi kuzatiladi. Temperatura ortishi bilan domen hajmidagi ayrim ionlar issiqlik energiyasini yutish hisobiga energiyasi ortib, magnit momenti teskari holatga o'tib qoladi, ularni magnonlar deb ataladi. Magnonlar soni almashinuv energiyasi va temperatura orasidagi nisbat bilan aniqlanadi va temperatura ortishi bilan magnonlar soni ortib boradi, domendagi magnitlashuv esa kamayib boradi. Temperaturaning chegaraviy qiymati – Kyuri haroratida esa magnonlar soni umumiy ionlar sonining yarmiga yaqinlashib, ferromagnetikda tabiiy magnitlanish mexanizmi yo'q bo'ladi, ferromagnetik oddiy paramagnetikka aylanadi.

#### ADABIYOTLAR:

1. Тешабоев А., Зайнабидинов С., Эрматов Ш.А. Қаттиқ жисм физикаси.Тошкент, 2011.
2. Атакулов, С. Б., Зайнолобидинова, С. М., Набиев, Г. А., & Отаджонов, С. М. (2011). К теории аномальных фотоэлектрических и фотомагнитных эффектов в полупроводниковых пленках. Узбекский физический журнал, 13(4), 255-260.



3. Зайнолобидинова, С., & Рахимова, Л.(2022). КОНЦЕНТРАЦИОННАЯ ЗАВИСИМОСТИ ПРОЗРАЧНОСТИ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО БАРЬЕРА. Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences, 2(10-2), 910-915.
4. Webb G.A., (2007) Editor, Modern Magnetic Resonance: Volumes 1-3 Springer Verlag.
5. Lauterbur, P.C.:Image Formation by Induced Local Interactions: Examples Employing Nuclear Magnetic Resonance, Nature 242 190-191 (1973)
6. Ernst, R.,(1975) NMR Fourier Zeugmatography. J. Magn. Reson. 18,69-83.