

**TEMIR BORAT $FeBO_3$ MONOKRISTALLARI VA NANOZARRACHALAR
SINTEZI VA ULARNING OPTIK VA MAGNETO-OPTIK XUSUSIYATLARI.
TEMIR BORATDA KUZATILADIGAN FARADEY EFFEKTI. TEMIR
BORATNING OLINISHI VA O'STIRILISHI**

Turayev Akmal Atayevich

BuxDU fizika-matematika fanlari nomzodi (PhD)

Abidov Hikmat Xotamovich

BuxDU fizika(yo'nalishlar bo'yicha) 2-kurs magistri

Annotatsiya: Bizga ma'lumki hozirgi kunda ilm-fanning rivojlanishi insonlar hayotida juda katta o'zgarishlarga, yengilliklarga yutuqlarga olib kelmoqda. Ayniqsa fizika fanining spectral analiz, magnitoptika, nochiziqli optika nanofizika kabi bo'limlarining rivojlanishi kelajakda insonlarni yanada kuchliroq bilimga ega bo'lishlariga turtki bo'lmoqda. Bu esa insonlar turmush tarzining o'zgarishi, turli kasalliklarning oldini olish va ularni davolash hamda nanorobotlar, nanokompyuterlar kashf qilinishiga olib keldi.

Kalit so'zlar: Magnitoptika, ferromagnitlar, Faradey aylanishi, temir borat, nanozarra, kristall tuzilish, domenlar, paramagnet, diamagnitlar.

**SYNTHESIS OF IRON BORATE $FeBO_3$ SINGLE CRYSTALS AND
NANOPARTICLES AND THEIR OPTICAL AND MAGNETO-OPTICAL
PROPERTIES. FARADAY EFFECT OBSERVED IN IRON BORATE.
EXTRACTION AND CULTIVATION OF IRON BORATE**

Akmal Atayevich Turayev

Candidate of Physical and Mathematical Sciences of BuxDU (PhD)

Hikmat Khotamovich Abidov

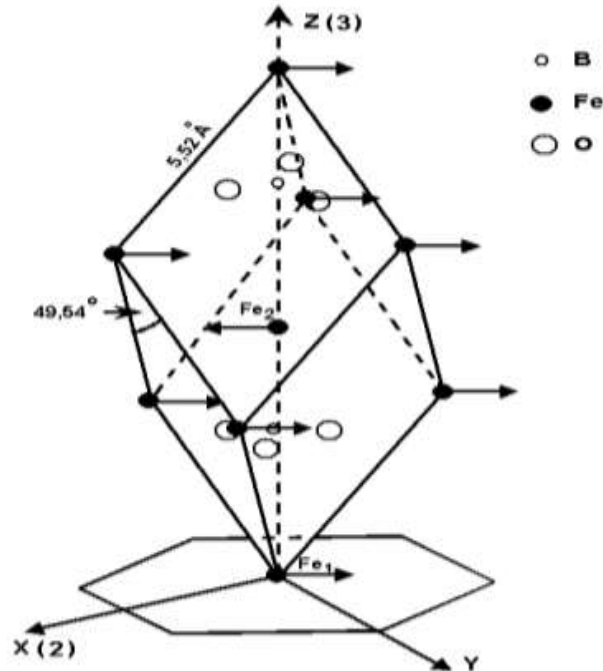
BukhSU Physics (by major) 2nd year master's degree

Abstract: We know that today the development of science brings great changes in people's lives, relief and achievements. In particular, the development of such departments of physics as spectral analysis, magneto-optics, nonlinear optics and nanophysics motivates people to acquire stronger knowledge in the future. This led to changes in people's lifestyles, prevention and treatment of various diseases, and the discovery of nanorobots and nanocomputers.

Key words: Magneto-optics, ferromagnets, Faraday cycle, iron borate, nanoparticle, crystal structure, domains, paramagnet, diamagnets.

Temir borat $FeBO_3$ unumdor model ob'yektidir. Qattiq jismlar fizikasi bo'yicha ko'plab tadqiqotlar bu bilan bog'liq ya'ni uning xususiyatlarining noyob kompleksi – magnit, rezonans, optik, magneto-optik, magneto-elastik kabilardir. Ushbu xususiyatlarning ayrimlarining kombinatsiyasi temir boratda noyobdir. Shunday qilib, spektrning

ko'rinadigan sohasidagi shaffoflik unda magnit tartib bilan birga yashaydi. FeBO_3 kristalida trigonal (romboedral) mavjud kristall tuzilishga egadir. Simmetriyaning fazoviy guruhi $6 d3 D$ (rasm.1.1). Bu dielektrik va magnit jihatdan antiferromagnit yengil tekislik tipidagi zaif ferromagnetizm va magnit anizotropiyadir. Barcha magnit vektorlar taxminan asos tekisligida yotadi ($\perp 3 z$). An'anaga ko'ra, temir borat monokristallari eritmadan o'stiriladi. Eritma bunday holda, namunalar odatda ingichka asos sifatida olinadi.



1.1-rasm. Romboedral o'rnatishdagi FeBO_3 monokristali.

Temir borat (FeBO_3) - bu raqam jihatidan ancha ustun bo'lgan yana bir material. (Faraday aylanish burchagining yutilish koeffitsientiga nisbati). Temir boratda bu nisbat 5° dan yuqori, chunki magnitlanish yo'nalishi bo'ylab tarqaladigan yorug'lik o'tadi. Ikki sinishi fazasining kechikishidir bo'ladi va bu ikki sinishning kechikishi tezlikni keltirib chiqaradi.

Ko'pchilik magnito-optik materiallarga xona haroratida ko'rinadigan spektr olish murakkab hisoblanadi.

Ikki sinishining aralashuvi yuqori darajada mukammal temir borat trombotsitlarga o'xshash monokristallar oqim sinterlash orqali o'stiriladi. Faraday aylanishida maksimal aylanishni kamaytiriladi. Shuning uchun, tasodifiy yuqori tezlikdagi kalitlarni tajriba sinovdan o'tkazish uchun ishlatiladi. Yagona X-nurlarining diffraksiyasi va bizning kristalimiz yangi kristall yo'nalishiga ega ekanligi ko'rinib turibdi.

Kommutatsiyani sinovdan o'tkazish tajribalarimiz shuni ko'rsatdiki, FeBO_3 yordamida o'tish tezligi FeBO_3 nanozarrachalarini sintez qilish uchun frezalash texnikasidan foydalanilgan. Trombotsitlar 532 nm to'lqin uzunligida P1 mm dumaloq diafragma bilan 1,2 ns ga yetdi.

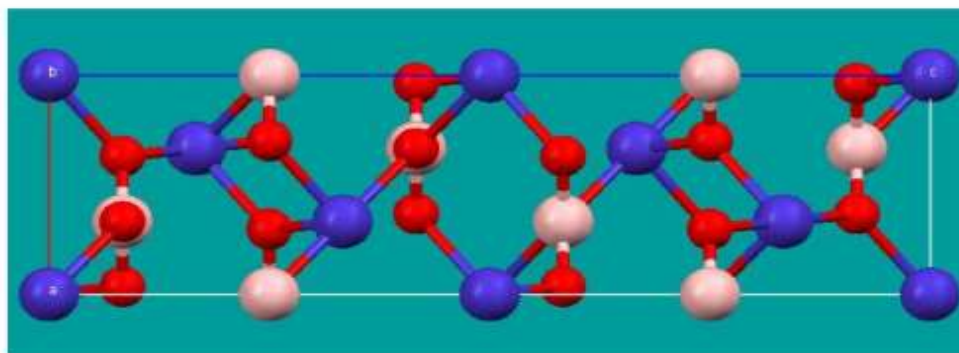
Nanozarrachalar ikki sinuvchanlikni yo'q qilishi va bir vaqtning o'zida saqlashi mumkinligini ko'rsatadi. Temir borat (FeBO_3) - bu raqam jihatidan ancha ustun

bo'lgan yana bir material FeBO_3 ning o'tish tezligi yuqori, ammo Faraday aylanish tezligiga erisha olmaydi.

Faraday aylanishi. Frezeleme va santrifujdan so'ng FeBO_3 nanozarrachalarining o'lchamlari hozirgacha 30 nm ga yetdi. Nanozarrachalarni issiq presslash va qayta hosil qilish kerak.

Ikki sindirishni engish, o'tkazuvchanlikni yaxshilash va bir vaqtning o'zida bir xillikni saqlash, orientatsiya tasodifiy yangi kristallarni hosil qilish bilan amalga oshiriladi. Bundan tashqari, ularning kichik tekislikdagi anizotropiyasi, katta tekislikdan tashqarida joylashgan bo'ladi. Temir borat kaltsit tuzilishiga ega (kosmik guruh $R3$), uni tasvirlash mumkin. Temir borat kristallariga qiziqish asosan ularning yaxshi o'tkazuvchanligidan kelib chiqadi.

To'plangan Fe_3^+ kationlari va $(\text{BO}_3)^-$ navbati bilan temir ionlari, FeBO_3 ning kristall tuzilishi 1-2-rasmda ko'rsatilgan. E'tibor bering, bir-birining ustiga qatlamlangan anionlar. CCDC bilan rasmdagi qizil sharlar kislorod ionlarini ifodalaydi, sarg'ish va ko'k sharlar esa bor va temir ionlaridir. Kristallarda olti burchakli yoki rombedral o'qlarning yaqin shartlari ustunlik qiladi. Orientatsiya tasodifiy yangi kristall.



1-2 rasm : FeBO_3 ning kristall tuzilishi: qizil-kislorod; sariq-bor; ko'k-temir

Temir borat FeBO_3 birinchi marta 1963 yilda Bernal va boshqalar tomonidan ishlab chiqarilgan. Flyusdan foydalanish Bi_2O_3 , shuningdek, B_2O_3 va Fe_2O_3 o'z ichiga olgan tizim, sariq-yashil, yaxshi shakllangan olti burchakli trombotsitlar sifatida tasvirlangan. 1968 yilda kukun FeBO_3 ning magnit domen xususiyatlari 1973 yilda Skott tomonidan muhokama qilingan va FeBO_3 ning magnit-optik xususiyatlarining qo'llanilishi batafsil muhokama qilindi. Amorf FeBO_3 tayyorlash uchun texnikadan foydalanilgan. Oqim o'sish texnikasi Vulf tomonidan 1970 yilda o'rganilgan. Xona haroratida ferromagnit moment va ko'rinadigan hududda yaxshi shaffoflik 1985 yilda aniqlangan. Ommaviy FeBO_3 bug' fazasidan evakuatsiya qilingan kvarts ampulalarida tayyorlangan. Xlor bilan kimyoviy transport reaksiyasi va binarning gaz fazasi reaksiyasi orqali Fe_2O_3 va B_2O_3 oksidlarini HCl tashuvchi sifatida ishlatadi. 1972 yilda monokristalni o'stirish uchun uning fazaviy munosabatlari ham ishlatilgan.

Temir borat Kyuriga ega bo'lgan egilgan antiferromagnit ekanligi isbotlangan.

Agar ketma-ket ko'p qatlamlarning qalinligi to'g'ri tanlangan bo'lsa, ikki singan o'qlar ikkinchi usul - tasodifiy yo'naltirilgan nanozarrachalar bilan ishlash, yuqori sifatli FeBO_3 yagona kristalli bizning o'ta tezkor almashtirishimiz uchun afzaldir.

Harorat 348 K va xona haroratida to'yinganlik magnitlanishi 9,3 G . Shuning uchun, $\text{B}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{PbO} / \text{PbF}_2$ bilan oqim o'sishi texnikasi ishlatilgan. c o'qi toq sonli qatlamlarga nisbatan 90° ga teng. Shunday qilib, umumiy tuzilma n ta qatlamda nc aylanish bo'ladi. Biroq, FeBO_3 trombotsitlarining c o'qi tekislikdan tashqarida, mukammal monokristallarni etishtirish potentsiali tufayli, bitta qatlam hosil qilish uchun trombotsitlarni tizinga kesib, silliqlash va keyin yopishtirish kerak.

Tasodifiy taqsimlangan zarralar bo'lsa-da, tarqaladigan nur ikki sinishi o'rtacha bo'lishi mumkin, lekin Faraday effektini saqlash kerak. Bundan tashqari, kvantlashning panjaraga olish effekti tufayli FeBO_3 kub emas va yorug'lik bo'ylab tarqalishi uchun katta ikki sinuvchanlikka ega qo'shni qatlamlarga perpendikulyardir. 45° burilishga erishish uchun 100 ga yaqin kristall qatlami yarimo'tkazgich Q zarralarining optik va boshqa xossalari zarrachaga kuchli bog'liq magnitlanish yo'nalishi o'zgartirishi zarur. Faraday aylanishi va ikki sinishining bir vaqtning o'zida mavjudligi, qalinligi taxminan 4 mkm bo'lgan har bir qatlamda bo'ladi, buni hosil qilish juda qiyin va yuqori xarajatni keltirib chiqaradi. Albatta, bu qalinliklarning har biriga l ning har qanday ko'paytmasini qo'shish mumkin. Ikkita sinuvchanlikni qoplash uchun ikkinchi usuldan foydalanish mumkin edi. Birinchisi, o'zgaruvchan kristall qatlamlarini yig'ishdir, qo'shimcha aylanishsiz qo'shimcha assimilyatsiya qilish xarajati.

Ikkinchi usul - tasodifiy yo'naltirilgan nanozarrachalar bilan ishlash hajmi va quyma materialning tegishli xususiyatlaridan keskin farq qilishi mumkin. Bu yo'l istalgan aylanish va kuchaytirilgan o'tkazuvchanlikka ega bo'lishi mumkin. O'zgaruvchan o'lchamdagi yarimo'tkazgich zarralari: Hajmining pasayishi "ko'k siljish" ga olib keladi.

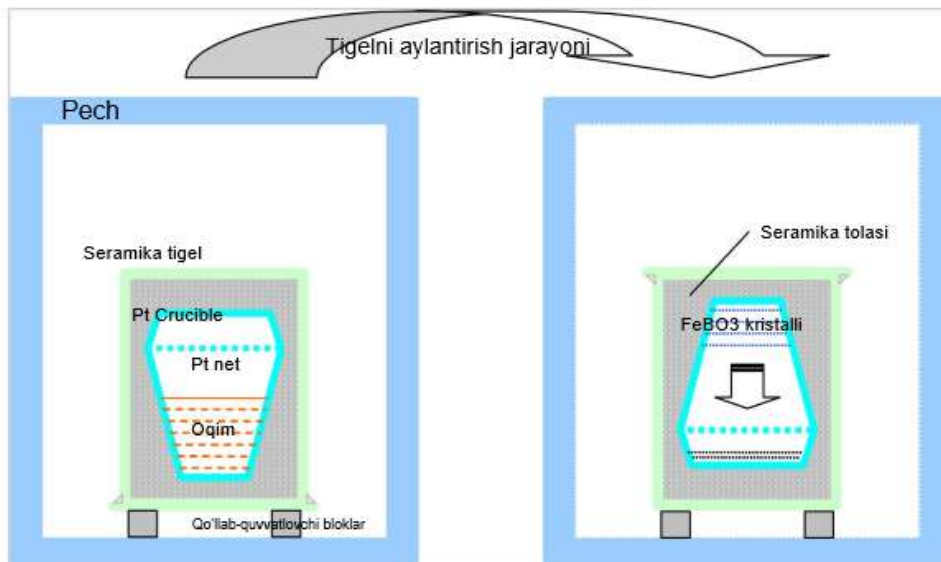
Hajmi kvantlash effektlarining xarakterli misollari yutilish spektrlarining o'zgarishidir.

Shunday qilib, maxsus ko'rinadigan diapazonda o'tkazuvchanlikni yanada yaxshilashi mumkin.

FeBO_3 trombotsitlari maydalangan rentgen nurlari diffraksiyasi bilan sinovdan o'tkaziladi.

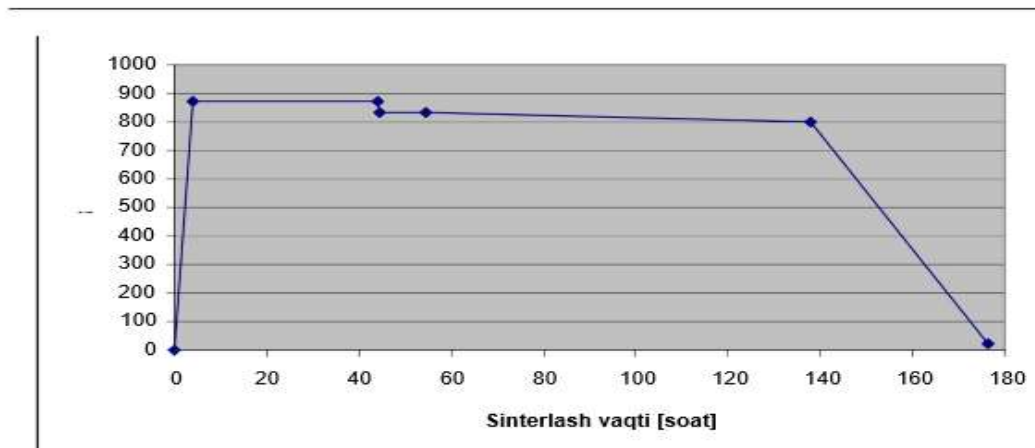
Mukammal monokristal FeBO_3 trombotsitlari $\text{B}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$ - yordamida o'stirilishi mumkin edi, bu esa juda qimmat va ko'p vaqt talab qiladigan uy qurilishi ikki qavatli tigel tizimi edi.

Monkristalni o'stirish uchun 10 ml platina tigel ishlatilgan. Issiqlikni saqlash uchun laboratoriyada foydalaniladi, Temir oksidi, bor oksidi, qo'rg'oshinning yuqori toza kukunlari (>99,99%)



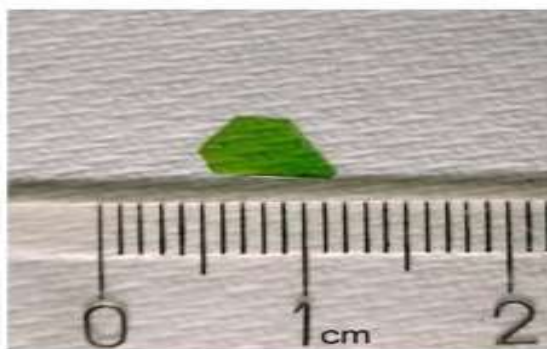
1.3-rasm : o'sish pechining va tigellarning ko'ndalang kesimi.

Sinterlashdan oldin jadvaldagi kabi kukunlar aralashtiriladi va platinaga solinadi, tigel va tepa bilan qoplangan. Keyin tigel orasiga platina to'r solingan va uning tepasi. Platinali tigelni mahkam ushlab turish uchun kattaroq keramik tigel ishlatilgan. Harorat xona haroratiga 0,333 K/min tezlikda kamaydi.



1-4 rasm: FeBO₃ kristalining o'sishi uchun harorat rejimlari.

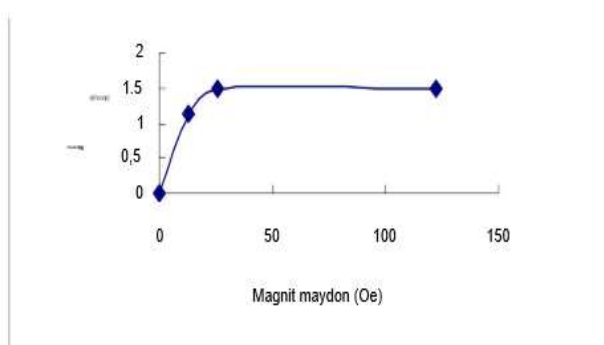
Trombotsitlar sovish paytida platina tigelda kattaroq bo'laklarga aylanadi va qolgan oqim issiq 5M nitrat kislota, ko'p yashil va ozgina sariq FeBO₃ kristallari qo'lga kiritildi. 1-4-rasmda kattaligi taxminan 7 mm bo'lgan bu kristallarning katta qismi ko'rsatilgan.



1-5 rasm: Laboratoriyada olingan FeBO_3 kristallari.

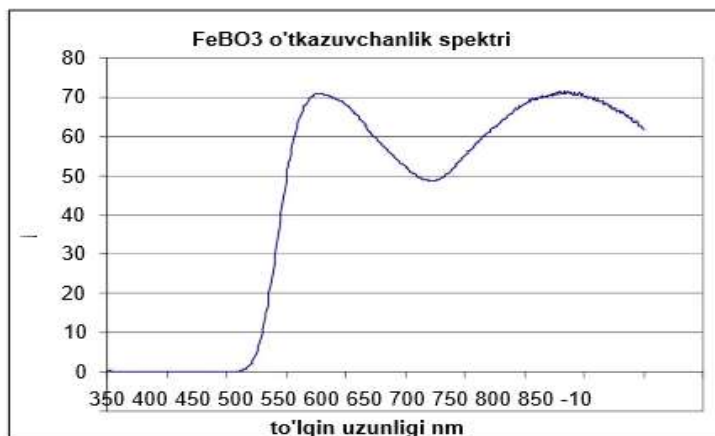
FeBO_3 kristallarining odatiy diametri 2 mm dan 5 mm gacha bo'ladi. O'sish tajribalarining taxminan 80% kristall hosil qilishda muvaffaqiyatli bo'ldi.

Faraday aylanishini kuzatish uchun trombotsitni chetidan egish kerak.



1.6-rasm: 60 mkm FeBO_3 ning 532nm bo'lgan Faraday aylanish burchagining eksperimental natijasi.

Biz olgan FeBO_3 kristallari shaffof va yashil rangga ega, hududi past hodisa ma'lum bir qalin uchun birinchi maksimal Faraday aylanish burchagi bilan mos keladi.



1-7-rasm: FeBO_3 kristalining o'tkazuvchanligi

Ushbu 60 mkm FeBO_3 kristalining o'lchangan ko'rsatkichi (2th/a). 532 nm to'lqin uzunligi $6,9^\circ$ ga teng.

Har xil o'rtacha kattalidagi FeBO_3 nanozarracha plyonkasining Faraday aylanishini simulyatsiya qilish $2 \times 2 \times 2 = n^3$ nanozarrachalar keyin issiq presslangan va orientatsiya-tasodifiy yangi ichiga qayta tashkil etiladi. Aylanish namunada to'planmaydi, lekin 2p ikki sinishi davri bilan o'zgaradi.

Faraz qilaylik, anizotrop kristalning a, b, c o'qlari x, y va z o'qlariga parallel bo'lsin,

o'tkazuvchanligi, FeBO_3 ni sintez qilish uchun yuqori energiyali sharli frezalash usuli ishlatilgan mos ravishda, aniq magnitlanish $\pm z$ bo'ylab bo'ladi va yutilish yo'q. Yana, nanozarrachalar, tasodifiy yo'naltirilgan nanozarralar o'rtacha qiymatga ega bo'lishi kutilmoqda. Magnit-optik xususiyat elektromagnit nazariya bilan olinishi mumkin.

ADABIYOTLAR RO'YXATI:

1. Shaoying Kang, Shizjuo Yin, Qi Li, Venimadxav Adyam va Yong Chju, quvur ", 1998 yil 31 yanvar innovatsion tarzda ishlab chiqilgan suyuq kristalli to'lqin yo'riqnomasi, " SPIE ning 48-yillik konferentsiyasi, AM03-AM315, San-Diego, CA, 2003 • S. Zhang va Shaoying Kang, "Tuzilgan keramikani lazer bilan qayta ishlash", Xitoy IEEE trans. Magnitics bo'yicha, qabul qilingan • Shaoying Kang va Shizhuo Yin, "Doping magnit granatlar va ularning o'ta tez o'tishga qo'llanilishini tekshirish". SPIE Optics & Photonics 2006, y6314-65, San-Diego, CA
2. Pensilvaniya shtat universiteti, Universitet Parki, PA • Magistratura, Optika, Tianjin universiteti, Xitoy • BS, Fizika bo'yilimi, Tianjin universiteti, Xitoy Nashrlar va patentlar: • Shaoying Kang va Shizjuo Yin, "Aperiodik ko'yp qatlamli tuzilmalarning nazariy tahlili Genetik algoritmdan foydalanish", Journal of Applied Physics, taqdim etilgan
3. Shizhuo Yin va Shaoying Kang "Innovatsion, yuqori darajada integratsiyalashgan, o'ta sezgir, ko'p funksiyali kimyoviy/biologik sensor va tegishli biotibbiy ilovalarni ishlab chiqish" Ichki xavfsizlik uchun ilg'or texnologiyalar bo'yicha ikkinchi xalqaro konferensiya, ICATHS 2004,
4. Sharipov M.Z., Sokolov B.Yu. Fayziyev Sh.Sh., Mirjanova N.N. FeBO_3 : Mg kristalining magnit strukturasi qayta joylashishining uning magnit-optik anizotropiyasiga ta'siri. Fan, texnologiya va ta'lim. 2015. No4 (10), -P. 15-18
5. D. R. Djurayev, B. Yu. Sokolov va Sh. Sh. Fayziyev. FeBO_3 : Mg monokristalining kosmik modulyatsiyalangan magnit tartibidagi fotoinduksiyali o'zgarishlar. Rossiya fizika jurnali, 2011, jild. 54, №3, -P 382-385
6. D.R. Djurayev, Sh.Sh. Fayziyev, B.Yu. Sokolov. ETDEWEB/Qidiruv natijalari/'Magnit: FeBO_3 Mg kristal;'Magnitnayaryaba' vromboedricheskomkristalle Mezhdunarodnaya konferentsiya, posvyashchennaya 80-letiyu akademika MS Saidova'Fundamental'nyeiprikladnyevoprosyfiziki'. 2010.

7. D.R. Jurayev, Sh. Fayziyev, B.Yu. Sokolov. Rombedral FeBO_3 : Mg kristalidagi "magnit to'lqin". Akademik M.S.ning sakson yilligiga bag'ishlangan to'rtinchi xalqaro konferensiya materiallari. Saidov "Fizikaning fundamental va amaliy muammolari". 2010. - P. 342-344

8. D.R. Djurayev, Sh.Sh. Fayziyev, B.Yu. Sokolov. Kuchsiz ferromagnit FeBO_3 dagi modulyatsiyalangan magnit holat : Mg; Modulirovannoemagnitnoesostoyanie v slabomferromagnetike FeBO_3 : Mg. Zamonaviy fizika va astronomiyaning dolzarb muammolariga bag'ishlangan Respublika ilmiy konferensiyasi, II Respublikanskayanauchnayakonferentsiya' Qarshi (O'zbekiston). 2010. 9

9. Valiyev U.V., Saidov K.S., Lukina M.M. TbAlO_3 nodir yer ortoalyuminatida Faraday effektining tabiati haqida. Qattiq jismlar fizikasi. 1999. No11, P.2047-2052.

10. D.R. Djurayev, L.N. Niyozov, B.Y. Sokolov. Strukturaviy heterojen oson tekislik zaif ferromagnitlarning modulyatsiyalangan magnit fazasi. Texnik fizika 61 (6), 883-886

11. S.R.Boydedaev, D.Y.Sokolov, D.R. Djurayev, Sh.Fayziyev. Kuchsiz ferromagnit FeBO_3 :Mgdagi «magnit to'lqin» holati. O'zbekistonFizikaJurnali. 2009. No5, P. 376-383

12. U.V. Valiyev, D.R. Dzhuraev, E.E.Malyshev, K.S. Saidov. DyAlO_3 ortoalyuminat tarkibidagi Dy^{3+} ionining tuproq multipletining elektron tuzilishi. Optika va spektroskopiya. 1999. No86, P. 703-706 13. U.V. Valiev, M.M. Lukina, K.S. Saidov. Noyob yer orto-alyuminat TbAlO_3 dagi Faraday effektining tabiati haqida. Qattiq jism fizikasi. 1999. No41, P. 1880-1884 14. D.R. Djuraev, L.N. Niyozov, K.S. Saidov, B.Yu. Sokolov. Magnitoptik usulda terbiyemitriy temir-granatida spontan spinflip faza o'tishini tekshirish. Ukraina fizika jurnali. 2012. No5, 531-537-betlar

13. Bolotin, D.D. Temir borat va gematitning kristal-magnit tuzilishini qiyosiy tahlil qilish / D.D. Bolotin, E.M. Maksimova, M.B. Strugatskiy // Uchenye zapiski Taurida milliy universiteti. IN VA. Vernadsko23 (62), No 3. - S. 149–155.

14. Yuqori bosimdagi temir boratning transport va optik xususiyatlari / I.A.Troyan, M.I. Eremets, A.G. Gavrilyuk va boshqalar. // JETP xatlari. - T. 78. - Masala. 1. - S. 16-20.

15. Maksimova, E.M. Doplangan temir borat kristallarining rentgen nurlanishini o'rganish / E.M. Maksimova // Uchenye zapiski Tavricheskogo natsional'nogo universiteta im. IN VA. Vernadskiy. "Fizika" seriyasi. - 2007. - T. 20 (59), No 1. - S. 105– 107.

16. Temir borat va gematitning kristall va magnit tuzilishidagi farqlar tahlil qilinadi. Ushbu kristallarning ko'rib chiqilgan strukturaviy xususiyatlari almashinuv o'zaro ta'sirida, sirt magnitlanishida va bir o'qli anizotropiya mexanizmlarida kuzatilgan farqlar bilan bog'liqligi ko'rsatilgan.Strugatskiy MB // J. Magn. Magn. mater. - 1990. - V. 86. - B. 105-114. 17. Artman JO. Antiferromagnit korund tipidagi sesquioxidlardagi magnit anizotropiya / Artman JO,

18. Bolotin DD Temir borat va gematitning kristal-magnit tuzilishini qiyosiy tahlil qilish / Bolotin DD, Maccimova EM, Strugatskiy MB // Taurida milliy VI Vernadskiy universitetining ilmiy eslatmalari. Seriya: Fizika va matematika fanlari. - 2010. - jild. 23(62), y3. - B. 149-155.



19. Krinchik G.S. Gematitning sirt magnitlanishi / Krinchik G.S., Zubov V.E. // ZhETF. - 1975. - T. 69, No 2 (8). - S. 707-721. Merfi JC, Poner S. // Fizik. Rew. - 1965. - V. 138, No. 3. - B. 912-917.
20. Haqiqiy temir borat monokristalining sirt magnitlanishi / Maksimova EM, Nauhatskiy IA, Strugatskiy VB, Zubov VE // J. Magn. Magn. mater. - 2010. - V. 322. - B. 477-480.
21. Jacobs IS Antiferromagnit gematitda ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) tashqi induktsiyalangan magnit fazali o'tishlari / Jacobs IS, Beyerlein RA, Poner S., Remeyka JP // Int. J. Magnitizm. - 1971. - V. 1, y. 2. - B. 193-202. 4. Temir boratda (FeBO_3) yuqori chastotali antiferromagnit rezonans / Velikov L.V., Proxorov A.S., Rudashevskiy E.G., Seleznev V.N. // ZhETFga xatlar. - 1972. - T. 15, No 12. - S. 722-724.