

BUXORO DAVLAT UNIVERSITETI ILMIY AXBOROTI
SCIENTIFIC REPORTS OF BUKHARA STATE UNIVERSITY
НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК БУХАРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Ilmiy-nazariy jurnal
2023, № 2

Jurnal 2003-yildan boshlab **filologiya** fanlari bo'yicha, 2015-yildan boshlab **fizika-matematika** fanlari bo'yicha, 2018-yildan boshlab **siyosiy** fanlar bo'yicha O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasining dissertatsiya ishlari natijalari yuzasidan ilmiy maqolalar chop etilishi lozim bo'lgan zaruriy nashrlar ro'yxatiga kiritilgan.

Jurnal 2000-yilda tashkil etilgan.
Jurnal 1 yilda 6 marta chiqadi.

Jurnal O'zbekiston matbuot va axborot agentligi Buxoro viloyat matbuot va axborot boshqarmasi tomonidan 2020-yil 24-avgust № 1103-sonli guvoohnoma bilan ro'yxatga olingan.

Muassis: Buxoro davlat universiteti

Tahririyat manzili: 200117, O'zbekiston Respublikasi, Buxoro shahri Muhammad Iqbol ko'chasi, 11-uy.
Elektron manzil: nashriyot_buxdu@buxdu.uz

TAHRIR HAY'ATI:

Bosh muharrir: Xamidov Obidjon Xafizovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Bosh muharrir o'rinbosari: Rasulov To'lqin Husenovich, fizika-matematika fanlari doktori (DSc), professor

Kuzmichev Nikolay Dmitriyevich, fizika-matematika fanlari doktori (DSc), professor (N.P. Ogaryov nomidagi Mordova milliy tadqiqot davlat universiteti, Rossiya)

Danova M., filologiya fanlari doktori, professor (Bolgariya)

Margianti S.E., iqtisodiyot fanlari doktori, professor (Indoneziya)

Minin V.V., kimyo fanlari doktori (Rossiya)

Tashqarayev R.A., texnika fanlari doktori (Qozog'iston)

Mo'minov M.E., fizika-matematika fanlari nomzodi (Malayziya)

Adizov Baxtiyor Rahmonovich, pedagogika fanlari doktori, professor

Abuzalova Mexriniso Kadirovna, filologiya fanlari doktori, professor

Amonov Muxtor Raxmatovich, texnika fanlari doktori, professor

Barotov Sharif Ramazonovich, psixologiya fanlari doktori, professor, xalqaro psixologiya fanlari akademiyasining haqiqiy a'zosi (akademigi)

Baqoyeva Muhabbat Qayumovna, filologiya fanlari doktori, professor

Bo'riyev Sulaymon Bo'riyevich, biologiya fanlari doktori, professor

Djurayev Davron Raxmonovich, fizika-matematika fanlari doktori, professor

Durdiyev Durdimurod Qalandarovich, fizika-matematika fanlari doktori, professor

Olimov Shirinboy Sharofovich, pedagogika fanlari doktori, professor

Qahhorov Siddiq Qahhorovich, pedagogika fanlari doktori, professor

Umarov Baqo Bafojevich, kimyo fanlari doktori, professor

Murodov G'ayrat Nekovich, filologiya fanlari doktori, professor

O'rayeva Darmonoy Saidjonovna, filologiya fanlari doktori, professor

Navro'z-zoda Baxtiyor Nigmatovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Hayitov Shodmon Ahmadovich, tarix fanlari doktori, professor

To'rayev Halim Hojiyevich, tarix fanlari doktori, professor

Rasulov Baxtiyor Mamajonovich, tarix fanlari doktori, professor (Andijon davlat Pedagogika instituti rektori)

Boboyev Feruz Sayfullayevich, tarix fanlari doktori (O'ZR FA tarix instituti yetakchi ilmiy xodimi)

Jo'rayev Narzulla Qosimovich, siyosiy fanlar doktori, professor

Qurbonova Gulnoz Negmatovna, pedagogika fanlari doktori (DSc), professor

Jumayev Rustam G'aniyevich, siyosiy fanlar nomzodi, dotsent

Quvvatova Dilrabo Habibovna, filologiya fanlari doktori, professor

Axmedova Shoir Nematovna, filologiya fanlari doktori, professor

Amonova Zilola Qodirovna, filologiya fanlari doktori (DSc), dotsent

Zaripov Gulmurot Toxirovich, texnika fanlari nomzodi, dotsent

MUNDARIJA *** СОДЕРЖАНИЕ *** CONTENTS

ANIQ VA TABIIY FANLAR * EXACT AND NATURAL SCIENCES *** ТОЧНЫЕ И ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ**

Latipov H.M.	To'rtinchi tartibli operatorli matritsaga mos Fredgolm determinantining asosiy xossalari	3
Norqulov J.F., Kengboyev S.A., Azimov R.B.	Silindrik tishli uzatmalarda tishnig qiyalik burchagi o'zgarganda ta'sir qiladigan kuchlarni aniqlash va ishlash samaradorligini takomillashtirish	9
Alimov H.N., Mirzayev B.R., Toshmatov D.Sh., Yo'ldoshev B.A.	Kasr tartibli diffuziya tenglamasidan manbani aniqlash masalasi	13
Farxodov S.U., Yusupov X.N., Doliyev Sh.Q., Toshtemirov R.T.	Po'lat ishlab chiqarish jarayonini nazorat qilishda optimallashtirish usulini qo'llash	20
Ibodullayev M.X., Norqulov J.F., Saidov B.Y.	Neft va gaz sanoati korxonalarida issiqlik almashinish apparatlarining zamonaviy samarador konstruksiyasining hisobi	28
Nuriddinov J.Z., Primov J.F.	Parabolik tipdagi integro-differensial tenglama uchun teskari masalalar	36
Sayliyeva G.R.	Uch o'lchamli qo'zg'alishga ega umumlashgan Fridriks modelining xos qiymatlari haqida	45
To'rayev Sh.D., Norqulov U.E., Nazarov M.M.	Turbogeneratorning texnik holatini baholash metodologiyasi	51
Юлдашева Н.Б.	Темир боратнинг оптик, магнитооптик ва фотоманит хоссалари	57
Shoimov B.S., Jamolov Sh.J.	Singulyar koeffitsiyentga ega bo'lgan giperbolik tipdagi tenglama uchun Koshi masalasi	66
Jumayev J., Muhammadova M.	Ochiq oqim kengayishi kattaligidan turbulent qovushoqlik tenglamasi modelida foydalanish	71
Фаязов К.С., Худайберганов Я.К.	Условная корректность начально-краевой задачи для системы неоднородных уравнений параболического типа с двумя линиями вырождения	76
Jumayev J., Baqoyeva S.T.	Nostatsionar konveksiya masalasini oshkor usulda yechish	86
TILSHUNOSLIK *** LINGUISTICS *** ЯЗЫКОЗНАНИЕ		
Akramov I.I.	Researching the origins of aphorisms	91
G'aybullayeva N.I.	Tilga kognitiv yondashuvning shakllanish taraqqiyoti	95
Raxmatova M.M., Inoyatova D.I.	O'zbek badiiy adabiyotida xunuklik tushunchasining ifodalanishi	100
Қутлиева М.Ғ.	Инглиз ва ўзбек тилларида қўшма сўзларда урғунинг аҳамияти	105
Махмудова S.X.	"Ostona" konsepti lingvomadaniy birliklarining badiiy matndagi o'rnini	110
Rabiyeva M.G', Mustoqova S.U.	Evfemizmlarning ingliz va o'zbek tillarida lingvomadaniy shartlanishi	115
Navruzova N.X.	Connotation in verbs and its expressive functions	119
Nazarova N.A.	Bases of the theoretical study of anthroponyms and their	126

ТЕМИР БОРАТНИНГ ОПТИК, МАГНИТООПТИК ВА ФОТОМАГНИТ ХОССАЛАРИ

Юлдашева Нилуфар Бахтиёрвна,

Бухоро давлат университети таянч докторанти

n.b.yuldasheva@buxdu.uz

Аннотация. Бир жинсли магнит ҳолатидан модуляцияланганига фазавий ўтишлар орасида муҳитнинг магнит ҳолати учун масъул, асосий ўзаро таъсирларнинг фазовий бир жинсли эмаслиги билан боғлиқ бўлган муҳитда тасодифий майдоннинг бўлиши натижасида ҳосил бўлган ўтишларни ажратиб олиш қабул қилинган. Енгил текисликли кучсиз ферромагнетик $FeVO_3:Mg$ ва $\alpha - Fe_2O_3:Ga$ ларда қайд этилган типдаги модуляцияланган магнит структура тўлқин векторининг ўзини туттишини, мавжуд фазавий ўтишларнинг термодинамик назарияси доирасида тавсифлаб бўлмас экан ва ушбу кристалларнинг магнитли тартиби модуляцияси учун масъул физикавий механизмларни аниқлаш учун қўшимча тадқиқотлар ўтказиши талаб этилиши аниқланади.

Калим сўзлар: темир борат, анизотроп кристалл, феррит, магнитооптик, модуляцияланган, поликристаллик, ромбоэдрик, антисимметрик, коллинеар

Аннотация. Среди фазовых переходов из однородного магнитного состояния в модулированное принято различать переходы, обусловленные наличием в среде случайного поля, отвечающего за магнитное состояние среды, и связанного с пространственной неоднородностью основных взаимодействий. Поскольку поведение волнового вектора модулированной магнитной структуры типа описанного в легких планарных слабоферромагнитных $FeVO_3:Mg$ и $\alpha - Fe_2O_3:Ga$ не может быть описано в рамках существующей термодинамической теории фазовых переходов, необходимы дальнейшие исследования для определения физических механизмов, ответственные за модуляцию магнитного порядка этих кристаллов, определены как необходимые.

Ключевые слова: борат железа, анизотропный кристалл, феррит, магнитооптический, модулированный, поликристаллический, ромбоэдрический, антисимметричный, коллинеарный.

Annotation. Among the phase transitions from a homogeneous magnetic state to a modulated one, it is customary to distinguish between transitions due to the presence of a random field in the medium, which is responsible for the magnetic state of the medium, and associated with the spatial inhomogeneity of the main interactions. Since the behavior of the wave vector of a modulated magnetic structure of the type described in light planar weakly ferromagnetic $FeVO_3:Mg$ and $\alpha - Fe_2O_3:Ga$ cannot be described within the framework of the existing thermodynamic theory of phase transitions, further studies are needed to determine the physical mechanisms responsible for the modulation of the magnetic order of these crystals. identified as necessary.

Keywords: iron borate, anisotropic crystal, ferrite, magneto-optical, modulated, polycrystalline, rhombohedral, antisymmetric, collinear.

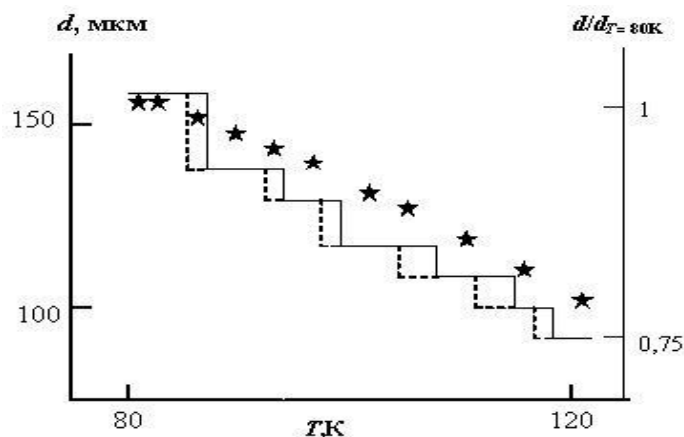
Қириш. Темир борат – яшил рангли, кўриш спектрал соҳадаги шаффоф оптик анизотроп кристалл. Неел ҳароратидан пастда $FeVO_3$ оптик икки ўқли бўлиб қолади, оптик ўқлардан бири симметрия бош ўқи (C_3 ўқ) билан мос келади [2;16-206]. Хона ҳароратида темир боратнинг ютилиш спектри максимумлари 0,62 ва 0,88 бўлган иккита чўққига эга бўлиб, ютилиш коэффициенти $\alpha \sim 50 \text{ см}^{-1}$ [3;810-821б. 3;299 б] (1-расм) қийматга эришади. Ютилишнинг бу икки чўққиси Fe^{3+} ионларнинг кристалл майдонидаги бўлинган ҳолатлари: мос равишдаги асосий ҳолатдан ${}^6A_1({}^6S)$ кўзгалган ${}^4T_2({}^4G)$ ва ${}^4T_1({}^4G)$ ҳолатлар орасидаги ўтишлар билан боғлиқ [3;299 б. 3;150 - 159 б]. Ушбу кристаллнинг магнитооптик хоссалари шаффофлик соҳасида асосан Фарадей эффекти ва магнитли чизикли дихроизм билан аниқланади [4;220-226 б. 5;969-971 б]. Ёруғликнинг кристалл оптик ўқи яқинида тарқалишида ушбу эффектрларнинг қиймати бир хил тартибда бўлади ($T=300 \text{ К}$ бўлганда $\sim 10^{-3}$, 77 К гача созутилганда 1,7 мартага ошиб боради). $FeVO_3$ да магнитли икки нур синиш (МЛД) [6;127-130 б] ишда тадқиқ этилган: кристаллнинг шаффофлик соҳасида (тўлқин узунлиги $\lambda \sim 0,5 \text{ мкм}$ бўлган

сохада) МЛД қиймати – кристаллнинг хусусий модларнинг синдириш кўрсаткичлари фарқи – $T=77\text{ K}$ бўлганда $\approx 2 \times 10^{-5}$ ни ташкил этади.

Магнитооптика — магнит майдони таъсирида муҳитнинг оптик хоссалари ўзгаришини ўрганадиган физика бўлими. Магнит майдонидан ёруғлик ўтказилганида қутбланиш текислигининг айланиши (Фарадей эффекти), спектр чизиқларнинг қўшимча чизиқларга ажралиши (Зееман эффекти) каби ҳодисалар рўй беради. Магнитооптикада магнит майдонига тик ва шу майдон йўналишидаги ёруғлик жисмга тушганида ҳар хил ютилиши, магнит майдони таъсирида муҳитнинг оптик анизотропияен кузатилади. Муҳит сиртидан ёруғлик қайтганида оптик анизотропия ҳам рўй беради.

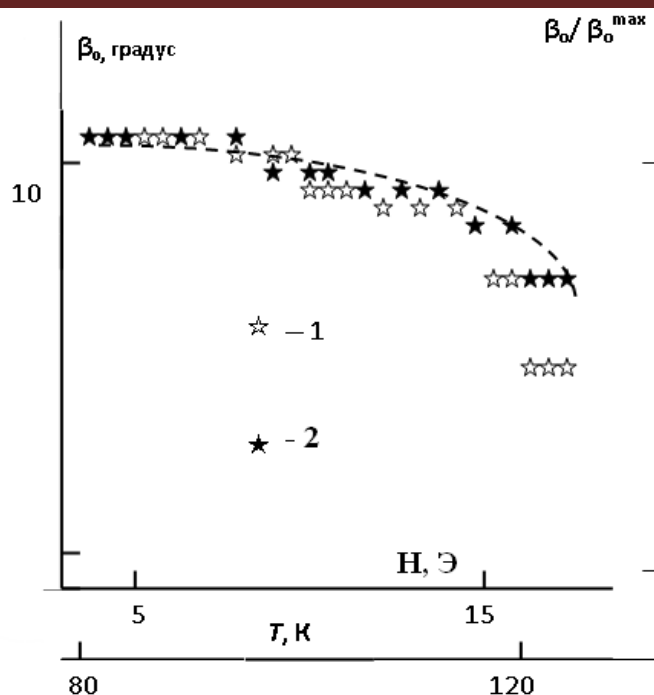
Магнитооптика 20-а. 60 — 70-й. ларида жадал ривожланди: яримўтказгичлар, феррит ва антиферромагнетик сингари кристаллларнинг хоссалари яхши ўрганилди. Бундай материаллардан ёруғлик қайтганида ёки ютилганида (кучли магнит майдонида) янги спектрал сериялар — Ландау спектрлари пайдо бўлар экан. Бу спектрларнинг ажралиши электроннинг хусусий спини билан боғлиқ. Магнитооптикада Зееман эффекти ҳам ўрганилади. Шаффоф феррит ва антиферромагнетиклар, диамагнетик ва парамагнетикларга Караганда асосий ролни бу муҳитларнинг ички магнит майдонлари ўйнайди (бундай майдонларнинг кучланганлиги 105 — 106 Э гача етади), бундай материаллар жуда тез (кучли) магнитланиш хусусиятига эга бўлади (Керр эффекти). Шу сабабли, шаффоф феррит ва антиферромагнетиклар лазер нурларини бошқаришда, электрон-ҳисоблаш машиналарида ва бошқада ишлатилади. Магнитооптика усуллари жисмларнинг квант ҳолатларини, физикимёвий тузилишини текшириш, таҳлил қилиш ва бошқа соҳаларда жуда кўп ишлатилади.

Магнитооптик тасвирининг контрасти билан фарқ қилувчи квазидаврий полосаларнинг пайдо бўлиши $\text{FeVO}_3:\text{Mg}$ ни бир жинсли магнит ҳолатдан фазовий модуляцияланганга (\mathbf{m} коллениар локал векторли ҳолатга) ўтиши билан шартланган, бунда \mathbf{m} вектор азимутал бурчаги β нинг магнитланиш йўналиши бўйлаб фазовий координатага боғлиқлиги (3.2) гармоник функция орқали ифодаланади. Бундан шу келиб чиқадики, юқорида қайд этилган структура тасвири контрастининг аста-секин камайиши натижасида полосаларнинг йўқолиши (H ва ёки T ошганда) мос равишдаги $\beta_0(H)$ ва $\beta_0(T)$ боғлиқликлар билан аниқланади.



$H = 6\text{ Э}$, $H \perp C_2$. Нуқталар – $H=6\text{ Э}$ бўлганда (3.5) формула билан ҳисобланган $d/d_{T=80\text{K}}$ нисбатнинг ҳароратга боғлиқлиги [12;3-6 б].

1-расм. Кристаллни иситишда (узлуксиз чизиқ) ва совутишда (узлукли чизиқ) олинган полосалар системасининг ўртача фазовий даврининг ҳароратга боғлиқлиги



(1 – $T = 80$ K, 2 – $H = 6$ Э, $\mathbf{H} \perp C_2$). Узлукли эгри чизиқ – (3.6) формула билан ҳисобланган, ўзининг максимал қиймати β_0^{\max} га нормаллаштирилган β_0 нинг ҳароратга боғлиқлиги [13;3-5 б].

2-расм. $\text{FeVO}_3:\text{Mg}$ кристали ММСида ферромагнетизм локал вектори бурилиш амплитудасининг ташқи магнит майдони йўналишига майдонли (1) ва ҳароратли (2) боғлиқлиги

I га φ дан турлича боғлиқликларга эга бўлган бир нечта магнитооптик эффектларнинг улуши бўлганлиги сабабли намунадан ёруғлик дастаги чиқишида тўғридан тўғри локал характеристикаларнинг анализидан β_0 катталикни экспериментал аниқлаш ва $\beta_0(H, T)$ боғлиқлигини тадқиқ этиш қийин. Амалда β_0 ни поляризатор-намуна-анализатордан ўтган ёруғликнинг интеграл интенсивлиги $I(H, T)$ ни ўлчашдан, (2.7) формуладан фойдаланиб аниқлаш осон.

(2.7) га (3.2) ифодани қўйиб ва \mathbf{k} вектор йўналиши бўйлаб намунанинг бутун узунлигида x бўйича интеграллаб, ўлчанадиган катталик $I(H, T)$ ни структуранинг қўшни полосалар марказидаги \mathbf{m} векторнинг магнитланиш йўналишидан бурилиш ўртача амплитудаси билан боғловчи интеграл тенгламани олиш мумкин. Ушбу тенгламалардаги нормаллаштирувчи коэффициент берилган ҳароратда, тўғриланган магнит майдонида $H = 50$ Э ($\mathbf{H} \parallel \mathbf{k}$), яъни, қачонки $\beta_0 = 0$ бўлиши аниқ бўлганда I ўлчашдан аниқланди. Тенгамаларнинг етишмайдиган параметрлари $I(\varphi)$ (2.2-расм) нинг ориентацияли боғланишидан топилган Q , R , S – коэффициентлар орасидаги боғлиқликлардан фойдаланиб аниқланди, k нинг қиймати эса 3.9- ва 1-расмлардаги графиклардан топилди. Ҳисоб-китобларда Q , R , S – коэффициентларнинг ҳароратга боғлиқлиги $I(H = 50 \text{ Э}, T)$ боғлиқлигига ўхшаш деб фараз этилди (бизни қизиқтирадиган ҳароратлар соҳасида $I(H = 50 \text{ Э})$ катталик ҳарорат ошиши билан тақрибан 10% га камайди). Келтирилган йўл билан олинган $\beta_0(H)$ ва $\beta_0(T)$ боғлиқлик 3.11-расмда келтирилган.

2-расмда $\text{FeVO}_3:\text{Mg}$ даги бир жинсли ва бир жинсли бўлмаган магнит ҳолатининг мавжуд бўлиш чегарасини кўрсатувчи H - T экспериментал фазали диаграмма келтирилган. ММС нинг мавжуд бўлиш соҳасини берувчи ҳароратнинг қиймати ва майдонинг интервали ΔH полосалар системасининг тўғридан тўғри пайдо бўлиши ва йўқолишини визуал кузатиш орқали аниқланди. 2-расмдан кўринадики, модуляцияланган магнитли ҳолат бир жинсли магнитланган кристаллнинг мос равишда иккита фазалари $\mathbf{m} \parallel C_2$ (I) ва $\mathbf{m} \parallel \mathbf{H} \perp C_2$ (II) орасидаги оралик ҳолатдир. Бунда $d(H, T)$ ва $\beta_0(H, T)$ боғлиқликлар характеридан (ҳароратнинг ва магнит майдони кучланганлигининг ўзини критик қийматларига эришганида d ва β_0 бурчакнинг қийматлари сакраб ўзгаради) шундай хулосага келиш мумкинки, ҳар икала ўтиш $I \leftrightarrow \text{ММС}$ ва $\text{II} \leftrightarrow \text{ММС}$ биринчи тур фазавий ўтишидир.

Экспериментал натижаларнинг муҳокамаси. $\text{FeVO}_3:\text{Mg}$ даги ММС ташқи белгиларидан, поликристаллик пермаллойда кузатиладиган яхши маълум бўлган магнитли мавжни (“magnetization ripple”) ни эслатади.

Магнитли мавж ҳолати поликристаллик пленканинг текислигида магнитланганида ҳосил бўлади ва пермаллоини локал магнитланганлик вектори азимути \mathbf{H} майдон йўналиши яқинида осцилляцияланувчи магнитли фазага ўтиши билан боғлиқ, бунда модуляциянинг фазовий даври, худди $\text{FeVO}_3:\text{Mg}$ даги ММС нинг давридек H нинг ўсиши билан камаяди.

Методлар. Кучсиз ферромагнетизмни ромбоэдрик антиферромагнетиклардаги магнитооптик эффектларнинг назарий тадқиқоти ҳаммадан кўра тўлароқ [4;220-226 б] ишда бажарилган. Ушбу ишдан, кучсиз ферромагнетининг диэлектрик сингдирувчанлик тензори ε_{ij} ни мос равишдаги ферро-ва антиферромагнетизм векторлари \mathbf{m} ва \mathbf{l} компоненталар бўйича ёйилган кўринишда ёзамиз:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{ij}^s &= \varepsilon_{ij}^o + v_{ijkn} l_k l_n + \mu_{ijkn} m_k l_n; \\ \varepsilon_{ij}^a &= \gamma_{ijn} m_n, \end{aligned} \quad (1.1)$$

бу ерда ε_{ij}^s ва ε_{ij}^a – мос равишда ε_{ij} тензорнинг симметрик ва антисимметрик қисмлари; ε_{ij}^o – магнит тартибланиш ҳароратидан юқори ҳароратлар учун кристаллнинг диэлектрик сингдирувчанлик тензори; v, μ, γ – парамагнит фазада кристаллнинг симметриясини акс эттирувчи тензорлари.

Қуйида бизни ромбоэдрик кристаллда оптик ўқ (C_3 ўқи) йўналиши бўйлаб (ёки яқинида) чизиқли кутбланган ёруғликнинг тарқалишга эътиборни қаратамиз. Ушбу ҳолатни кенгроқ кўриб чиқамиз. Кристаллнинг оптик ўқи (Z ўқи деб қабул қиламиз) билан мос келувчи йўналишга яқин йўналишда ёруғликнинг тарқалишида, ёруғлик тўлқинининг электр майдони бўйлама компонентаси кўндаланг компоненталарга (X, Y ўқлар базисли текисликда ётади) эътиборга олмайдиган даражада кичик, шунинг учун бундай шароитдаги оптик ҳодисаларни тензорнинг ясси кўринишидан фойдаланган ҳолда ифодалаш мумкин (1.1):

$$\varepsilon_{ij} = \begin{pmatrix} \varepsilon_{xx} & i\varepsilon_{xy} \\ i\varepsilon_{yx} & \varepsilon_{yy} \end{pmatrix}; \quad (1.2)$$

$$\varepsilon_{xx} = \varepsilon'_x - i\varepsilon''_x; \quad \varepsilon_{xy} = (g' + i g'' - i \xi' - \xi'');$$

$$\varepsilon_{yx} = (-g' - i g'' - i \xi' - \xi''); \quad \varepsilon_{yy} = \varepsilon'_y - i \varepsilon''_y;$$

бу ерда ε'_i, ξ' ва ε''_i, ξ'' – симметрик қисмнинг мос равишда ҳақиқий ва мавҳум компоненталари, g' ва g'' - тензорнинг антисимметрик қисмлари. ε_{ij} (g' и g'' – гирация номдаги вектор компоненталари). Одатда, ҳақиқий қисм тўлқиннинг тарқалиш тезлигини, мавҳуми – эса уни энергиясининг диссипатциясини характерлайди,

Магнит тартибланган кристаллдан C_3 ўқ билан мос келувчи йўналиш бўйлаб ўтаётган ёруғлик кутбланишининг параметрларини ҳисоблаш учун [4;220 – 226 б] ишда нормал модлар методи (яъни кристаллда тарқалаётган электромагнит тўлқинида ўз кутбланишини ўзгартирмаган ҳолда) фойдаланилади. Етарлича катта ҳисоб-китоблардан сўнг, ютилиш унча катта бўлмаган тўлқин узунлиги соҳаларида, кутбланиш эллипси катта ўқининг бурилиши ва нормал модлар (иккита ортогонал эллиптик кутбланган тўлқинлар) компоненталар орасидаги тушаётган ёруғлик учун, X ўққа нисбатан 45° бурчак остида чизиқли кутбланган комплекс бурчак кўринишида тасаввур қилиш мумкин:

$$\vartheta = [\eta'' + g' + \xi'' + i(\eta' + g'' + \xi')] \omega z / cn.$$

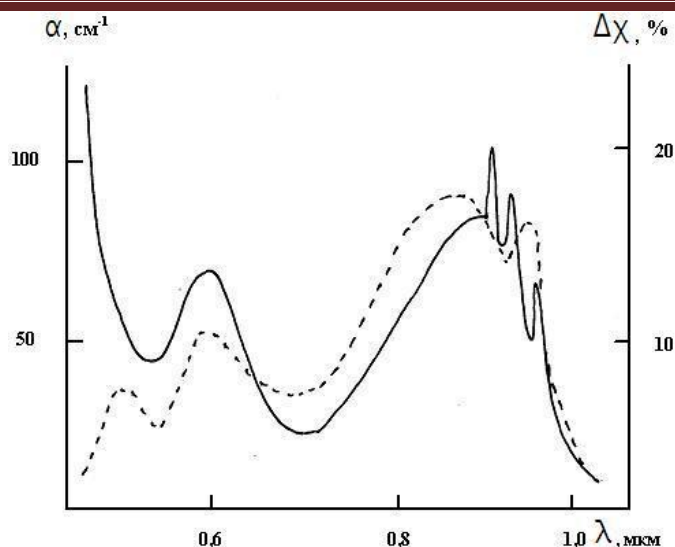
Ушбу ифоданинг ҳақиқий қисми кутбланиш эллипси катта ўқининг бурилишига мос келади,

$$\text{Re } \vartheta = [\eta'' + g' + \xi''] \omega z / cn., \quad (1.3)$$

ϑ бурчакнинг мавҳум қисми эса кристаллдан чиқаётган ёруғлик тўлқинининг эллиптиклигини аниқловчи фазавий силжиш қийматига мос келади,

$$\text{Im } \vartheta = [\eta' + g'' + \xi'] \omega z / cn, \quad (1.4)$$

бу ерда ω - кристаллда тарқалаётган ёруғликнинг частотаси, z – кристаллнинг Z ўқи бўйлаб қалинлиги, c – ёруғлик тезлиги, n – синдириш кўрсаткичи.



3-расм. Темир борат монокристаллининг ютилиш спектри (узлуксиз чизик) ва фотостимуляцияланган магнитсингдирувчанлик $\Delta\chi$ нинг спектрал боғланиши (пунктир чизик, $T=77\text{ K}$)

(1.3), (1.4) ифодалардан кўринадики, магнитооптик айланиш қиймати ε_{ij} тензорнинг симметрик қисми мавҳум компоненталари ва антисимметрик қисми ҳақиқий компоненталари билан аниқланади, фазалар силжиши эса ε_{ij} тензорнинг симметрик қисмининг ҳақиқий компоненталари ва антисимметрик қисмининг мавҳум компоненталари ҳисобидан пайдо бўлади.

Шундай қилиб, қутбланиш эллипси катта ўқининг бурилиши, ҳамда ромбоздрик кристаллнинг бош симметрия ўқи билан мос келувчи йўналиш бўйлаб, бошланишидан чизикли қутбланган ёруғликнинг тарқалишидан пайдо бўлиши, \mathbf{m} ва \mathbf{l} векторлар йўналишига нисбатан жуфт ва тоқ бўлган диэлектрик сингдирувчанлик тензори компоненталари билан аниқланади. ε_{ij} тензорнинг антисимметрик қисми компоненталари билан аниқланадиган тоқ эффект бу Фарадей эффектидир (магнитли айланма иккиламчи нур синиши), жуфт эффект эса, ε_{ij} тензори симметрик қисмига боғлиқ бўлган Коттон-Муттон эффекти (магнитли чизикли нур нур синиши) дир.

Мухими шуки, [9;810-821 б. 7; 2099 -2112 б. 8;1876 – 1883 б] ишларда қайд этилган фотомагнит эффектлар, кристаллга тушаётган ёруғликнинг спектрал таркибга боғлиқ боғлиқ. Мисол тариқасида 1-расмда FeVO_3 кристалли учун фотостимуляцияланган паст частотали магнит сингдирувчанлик қийматининг спектрал боғлиқлиги келтирилган [9;810-821 б]. 1-расмда келтирилган графикларни солиштиришдан кўриниб турибдики, темир борати фотосезгирлик спектри унинг оптик ютилиш спектридаги максимумларнинг ўрни билан корреляцияланади, бунда, [9;810-821 б] ишда қайд этилганидек, магнит сингдирувчанликнинг фотостимуляцияланган ўзгаришлар максимумлари амалда кристалл таркибида мавжуд бўлган аралашмаларга боғлиқ эмас экан. [7;2099-2112 б. 8;1876 -1883 б] ишларда кузатилган, $\text{FeVO}_3:\text{Ni}$ кристаллидаги сифатий ўхшаш спектрал боғланишлар фотомагнитли эффектларга эгадир. Бу эса темир боратдаги асосий матрицали ион Fe^{3+} электрон ҳолатлари орасидаги оптик ўтишлар, фотомагнит ҳодисаларнинг содир бўлиши учун масъулдир.

[8;1876-1883 б] ишда таклиф этилган $\text{FeVO}_3:\text{Ni}$ ни ММСнинг фотоиндукцияланган назариясидан шу келиб чиқадики, унинг кўзғалишига ёритиш бўлмаганда унча катта бўлмаган, аммо кристаллда ёрғликнинг ютилиши туфайли кучаядиган, Fe ва Ni ионлари ҳамда кристаллик матрица ҳосил қилган комплекслар орасидаги магнитоакустик ўзаро таъсир олиб келади. Ушбу назария умуман олганда, аралашма киритилган FeVO_3 кристаллида ёруғлик иштирокисиз ҳам ММС ни ҳосил бўлишини изоҳлайди. Чамаси, айнан шундай типдаги ММС $\text{FeVO}_3:\text{Mg}$ да кузатилган [10;2036 -2041 б]. Агар бу шундай бўлса, унда $\text{FeVO}_3:\text{Mg}$ кристаллига ёруғликнинг таъсири, унда ҳосил бўлган ММС нинг параметрларига ва мавжудлик шартига ҳам таъсирини кутиш мумкин. Ушбу эффектнинг қайд этилиши, [8;1876-1883 б] ишда ривожлантирилган назария нуктаи назаридан $\text{FeVO}_3:\text{Mg}$ да модуляцияланган магнит ҳолатига ўтишни анализ қилиш, ҳамда ушбу фазавий ўзгариш учун масъул бўлган микроскопик механизмларни рўёбга чиқариш имкониятини беради. Шунинг учун $\text{FeVO}_3:\text{Mg}$

ни магнит ҳолатига ёруғликни таъсирини тадқиқ этиш мазкур диссертациянинг масалаларидан бири бўлди.

Масаланинг қўйилиши. 1. Бир жинсли магнит ҳолатидан модуляцияланганига фазавий ўтишлар орасида муҳитнинг магнит ҳолати учун масъул, асосий ўзаро таъсирларнинг (алмашинув, диполь-диполли, магнитоанизотроп ва ҳ.к.) фазовий бир жинсли эмаслиги билан боғлиқ бўлган муҳитда тасодифий майдоннинг бўлиши натижасида ҳосил бўлган ўтишларни ажратиш олиш қабул қилинган. Енгил текисликли кучсиз ферромагнетик $\text{FeVO}_3:\text{Mg}$ и $\alpha - \text{Fe}_2\text{O}_3:\text{Ga}$ ларда [10;2036 -2041 б. 11;117 б] қайд этилган типдаги модуляцияланган магнит структура тўлқин векторининг ўзини тутишини, мавжуд фазавий ўтишларнинг термодинамик назарияси доирасида тавсифлаб бўлмас экан, ва ушбу кристалларнинг магнитли тартиби модуляцияси учун масъул физикавий механизмларни аниқлаш учун қўшимча тадқиқотлар ўтказиш талаб этилиши аниқланди (ўрнатилди).

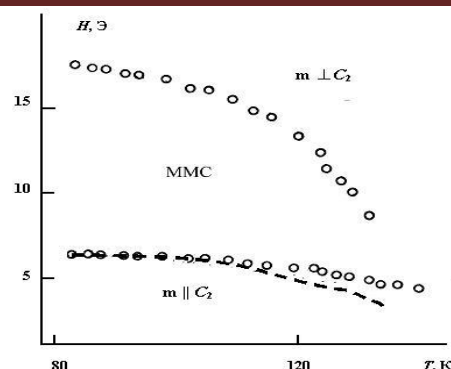
2. $T < T_N \approx 350$ К ҳароратлар соҳасида темир борат – ферро- ва антиферромагнетизм векторларининг ориентацияси (111) кристаллографик текислигида бўлган, «енгил текислик» магнитли анизотропия билан характерланган кучсиз ферромагнетик.

3. Кўп сонли экспериментал тадқиқотлар натижасига асосан, ҳарорат $T < T_N$ бўлганда темир боратда турғун доменли структура пайдо бўлар экан. Ушбу кристаллда ромбоэдрик симметрия бўлганлиги сабабли унда 60 -120 - 180 градусли уч хил доменли чегаралар бўлиши мумкин: (111) базисли текисликка (енгил магнитланиш текислигига) перпендикуляр бўлган, C_2 ўқларга параллел ориентирланган неел доменли чегаралар (S_{\perp} – тип); (111) базисли текисликка параллел блох доменли чегаралар (S_{\parallel} – тип); текислиги C_2 нинг ўқларидан бирига кўпроқ перпендикуляр ориентирланган ва (111) текислиги билан маълум бир бурчак ҳосил қилувчи қия доменли чегаралар (S_c – тип).

4. FeVO_3 нинг магнитооптик хоссалари ферро- ва антиферромагнетизм векторларига боғлиқ бўлган диэлектрик сингдирувчанлик тензоридagi ҳадлар билан аниқланади, бунда ёруғликни бош симметрия ўқи C_3 (оптик ўқи бўйлаб) бўйлаб тарқалаётганда ушбу кристаллнинг магнитооптик хоссаларини анализ қилиш учун C_3 ўқига перпендикуляр текислик оптик индекатрисасининг кесимини ифодаловчи диэлектрик сингдирувчанлик тензори компонентасинигина эътиборга олса етарлидир.

5. Темир борати ёруғлик таъсирида янги, қўшимча ёритиш бўлмаганда мавжуд бўлмайдиган хоссаларга эга ҳозирги кунда маълум бўлган чекланган сонли магнит тартибланган кристаллар таркибига киради. Жумладан [8;1876-1883 б] ишда $\text{FeVO}_3:\text{Ni}$ кристаллини қутбланмаган оқ ёруғлик билан нурлантирганда унда бир жинсли ҳолатдан модуляцияланган магнит ҳолатига ўтиш қайд этилди. [8;1876-1883 б] ишда таклиф этилган фотоиндукцияланган ММС назарияси, умуман, ёруғлик таъсирисиз ҳам аралашма киритилган кристаллда турғун магнит тартибли модуляцияланган ҳолатнинг мавжуд бўлиш имкониятини беради, бироқ кристаллни ёритиш пайдо бўлган ММС параметрларига таъсир этиши керак. Мазкур эффектнинг $\text{FeVO}_3:\text{Mg}$ кристаллда пайдо бўлишини қайд этиш ушбу диссертациянинг масалаларидан биридир.

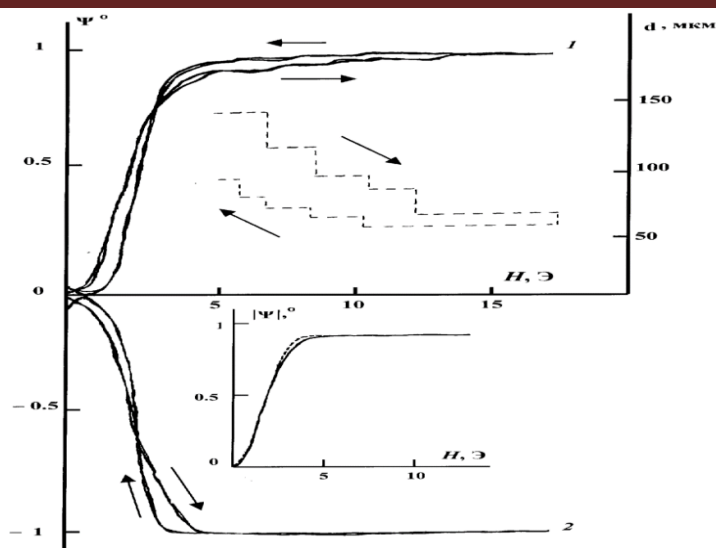
Натижалар. Магнитли мавж турдаги мувозанатли магнит структура тасодифий анизотропиялар орасидаги рақобат ҳисобидан ҳосил бўлади, бунда кристалитлардаги кристаллографик анизотропия ролини, пленка текстураси ва ташқи магнит майдони билан ўрнатилган, бир-бирига нисбатан тасодифий ҳолда ориентирланган бир ўқли анизотропия ўйнайди. Агар $\text{FeVO}_3:\text{Mg}$ да ММСнинг кўзғалишига аналогик ҳолат олиб келса, унда кристаллда енгил магнитланиш ўқларига эга бўлган тасодифий йўналишли бир ўқли магнит марказлари мавжуд деб тасаввур этиш керак. Узлукли эгри чизик – (3.7) формула билан ҳисобланган $H_0(T)$ боғлиқлик [5;376-383 б].



4-расм. $\text{FeBO}_3:\text{Mg}$ кристаллининг магнитли ҳолати $H - T$ фазали диаграммаси

Мунозара. Mg^{2+} ва Fe^{4+} зарядли ҳолатларнинг ва ионли радиусларнинг фарқи туфайли юзага келувчи кристалл панжаранинг локал силжиши бундай марказ магнит моменти \mathbf{M} ни йўналишини белгилайди. Темир борат кристалл панжарасининг симметриясидан базисли текисликда, Mg^{2+} ионининг энг яқин атрофида олтига Fe ионлари тўғри келади, уларнинг ҳар бири бир хил эҳтимоллик билан тўрт валентли ҳолатда бўлиши мумкин. Ўз навбатида, $\text{Mg}^{2+} - \text{Fe}^{4+}$ - марказларининг ҳаммаси бўлиб олтига магнит моментлари ориентацияси бўлиши мумкин. Шунинг учун, агар кристаллда кўшилмалар тақсимоти етарлича бир жинсли бўлса, ифодаланган турдаги магнит марказларининг пайдо бўлиши киритмали кристалл текислиги ичидаги анизотропия симметриясини гексагоналга караганда фарқи билан ифодаланган магнитли марказларнинг пайдо бўлишига олиб келмайди. Шундай қилиб, ММС пайдо бўладиган йўналишлар симметрияси базисли текисликда кристаллнинг гексагонал симметриясини ифодалаш керак, бу эса экспериментал натижаларга мос келади. Паст ҳароратлар соҳасида ($T < T_c \approx 130 \text{ K}$), ташқи магнит майдони $\text{FeBO}_3:\text{Mg}$ нинг энгил текислигига бўйлаб таъсир этилганда, H ўсиши билан ушбу кучсиз ферромагнетикнинг магнит структурасининг қайта тузилиши содир бўлади – бир жинслиликдан у фазовий модуляцияланган ҳолатга ўтади. Бунда ММС нинг ҳосил бўлиши энгил текисликда чизиқли кутбланган статик спинли тўлқин кўринишига эга бўлиб, \mathbf{H} вектор бўйлаб силжиганда антиферромагнетизм локал вектори $\mathbf{C}_2 \perp \mathbf{H}$ ўқи йўналиши яқинида осцилляцияланади. Аввал қайд этилганидек, энгил текисликли кучсиз ферромагнетиклардаги магнитооптик эффектларнинг катталиги кристаллдаги \mathbf{m} ферромагнетизм ва \mathbf{l} антиферромагнетизм векторлари ориентациясига салмоқли боғлиқ

Хулоса. $\text{FeBO}_3:\text{Mg}$ нинг магнитооптик хоссалари бир жинсли ва модуляцияланган магнитли фазалар ҳолатларида сезиларли фарқ қилиши керак. Мазкур параграфда $\text{FeBO}_3:\text{Mg}$ магнитли структураси қайта тузилишининг магнитооптик анизотропиясига таъсири экспериментал тадқиқ натижалари келтирилган. Магнитли чизиқли иккиланган нур синишнинг майдонга ва ҳароратга боғлиқлиги ўрганилди. ММС нинг кристаллни \mathbf{C}_2 нинг учта ўқларига перпендикуляр йўналишлари яқинида магнитланишида пайдо бўлганлиги сабабли, МЛД нинг H ва T га боғлиқлик тадқиқи \mathbf{H} нинг ориентацияси \mathbf{C}_2 ўқларнинг бири йўналишларига перпендикуляр йўналиш бўйлаб ва натижаларни солиштириш учун – $\mathbf{H} \parallel \mathbf{C}_2$ бўлганда бажарилди. МЛД нинг ўлчови 80-295 K ҳарорат интервалида, кучланганлиги $H \leq 50 \text{ Oe}$ бўлган магнит майдонида (барча экспериментларда \mathbf{H} вектор кристаллнинг энгил ўқи бўйлаб йўналтирилган), намуна текислигига нормал бўлган ёруғлик тушганда (ёруғлик \mathbf{C}_3 ўқи бўйлаб тарқалган) бажарилди, бунда намунага тушаётган ёруғлик кутбланиш текислиги \mathbf{H} нинг йўналиши билан $\pi/4$ бурчакни ташкил қилди. МЛД нинг катталиги нормал моддалар орасидаги фазалар силжиши $\Psi = 2\pi z (n_{\parallel} - n_{\perp})/\lambda$ (бу ерда z – намунанинг қалинлиги, n_{\parallel} ва n_{\perp} – мос равишда мос равишда \mathbf{H} йўналиши бўйлаб ва унга кўндаланг чизиқли кутбланган ёруғликнинг фазали компенсатор ($\lambda/4$ пластинка) усулида ўлчанадиган. Фотоприёмник ёрдамида ишлов бериладиган сигнал синхрон қайд этилди ва икки координатали самописецнинг «Y» киришига берилди, «X» киришга H катталikka пропорционал сигнал берилди.



5-расм. $T=80$ К да $\text{FeVO}_3:\text{Mg}$ даги $\mathbf{H} \perp C_2$ (1) ва $\mathbf{H} \parallel C_2$ (2) да олинган магнитли чизиқли иккиланган нур синишининг майдонга боғлиқлиги, (магнит майдонининг ёйилиш вақти ~ 1 мин)

Узлукли синиқ чизиқ – ҳарорат $T=80$ К бўлганда намунада кузатиладиган тасвирдаги ёруғ ва қорамтир полосалар системаси фазовий даврининг майдонга боғлиқлиги. Стрелкалар магнит майдонининг ёйилиш йўналишини кўрсатади. Иловада: $\text{FeVO}_3:\text{Mg}$ да $T=150$ К да $\mathbf{H} \perp C_2$ (узлуксиз эгри чизиқ) ва $\mathbf{H} \parallel C_2$ (узлукли эгри чизиқ) да олинган магнитли чизиқли иккиланган нур синишининг майдонга боғлиқлиги [12;3-5 б].

Бажарилган тадқиқотлар шуни кўрсатдики, кристаллни модуляцияланган магнитли ҳолатга ўтиш ҳароратидан юқори ҳароратлар соҳасида ($T > T_c$ бўлганда) $\Psi(H)$ боғлиқликнинг кўриниши \mathbf{H} векторнинг (111) текисликда ўзгарганида амалда ҳеч қандай ўзгармади. Шу вақтнинг ўзиде $T < T_c$ бўлганда кузатиладиган $\Psi(H)$ боғлиқлик магнитланиш майдонинг турли ориентацияларида сезиларли фарқ килди.

АДАБИЁТЛАР:

1. Изюмов Ю.А. Модулированные, или длиннопериодические, магнитные структуры кристаллов. // УФН. – 1984. – Т. 144. – В.3. – С. 439 – 474.
2. Троян И.А., Еремеев М.И., Гаврилюк А.Г., Любутин И.С., Саркисян В.А. Транспортные и оптические свойства бората железа FeVO_3 при высоких давлениях. // Письма в ЖЭТФ. – 2003. – Т.78.- В.1. – С. 16–20.
3. Hirano M., Yoshino I., Okuda T., Tsushima T. Observation of a fine structure in absorption spectra of weak ferromagnetic FeVO_3 . // J. Phys. Soc. Japan. – 1973. – V.35. – #1. – P. 299.
4. Федоров Ю.М., Лексиков А.А., Аксенов А.Е. Магнитооптические явления в ромбоэдрических антиферромагнетиках со слабым ферромагнетизмом. // ФТТ. – 1984. – Т.26. – В.1. – С.220 – 226.
5. 61. Эдельман И.С., Малаховский А.В. Оптические и магнитооптические свойства бората железа в видимой и близкой ультрафиолетовой области спектра. // Опт. и спектр. – 1973. – Т.35. – № 5. – С. 969 – 971.
6. Fedorov Yu.M., Leksikov A.A., Aksyonov A.E., Edelman I.S. Magnetic linear dichroism and birefringence of FeVO_3 in the ${}^6A_{1g} \rightarrow {}^4T_{1g}$ transition region. // Phys. St. sol. – 1981. – V.106. – # 2. – P. K127 – K130.
7. Федоров Ю.М., Лексиков А.А., Аксенов А.Е. Фотоиндуцированная оптическая анизотропия в борате железа. // ЖЭТФ. – 1985. – Т.89. – В.6(12). – С.2099 – 2112.
8. 67. Федоров Ю.М., Садреев А.Ф., Лексиков А.А. Модуляция магнитного порядка кристалла $\text{FeVO}_3:\text{Ni}$ под действием света. // ЖЭТФ. – 1988. – Т.95. – В.5(11). – С.1876 – 1883.
9. Lacklison D.E., Chadwick J., Page J.L. Photomagnetic effect in ferric borate // J. Phys. D: Appl. Phys. – 1972. – V. 5. – P. 810 – 821.

10. Караев А.Т., Соколов Б.Ю., Федоров Ю.М. Индуцированная магнитная сверхструктура в слабых ферромагнетиках $FeVO_3:Mg$. // ФТТ. – 2000. – Т.42. – В.11. – С.2036 – 2041.
11. Караев А.Т. Влияние примесей на магнитную структуру легкоплоскостных слабых ферромагнетиков. Диссер....канд. физ. – мат. наук. – Самарканд, 2008. – 117 с.
12. Shavkatovich, Shaxobiddin Fayziyev, and Nilufar Yo'ldosheva Baxtiyrovna. "Changes occurring in ferromagnets by adding some mixture." *Scientific reports of Bukhara State University* 4.1 (2020): 8-13.
13. Bakhtiyorovna Y. N., Shavkatovich F. S. *Modulated magnetic structures and models of their theoretical expression //Academicia: an international multidisciplinary research journal.* – 2021. – Т. 11. – №. 1. – С. 1172-1175.