NIKEL BILAN LEGIRLANGAN KREMNIY KRISTALLARINING ELEKTROFIZIK XOSSALARIGA GAMMA-NURLANISH DOZASINING TA'SIRINI TADQIQ ETISH

Jalolova Nargiza Xabibullo qizi
O'zbekiston Milliy universiteti,
Yarimo'tkazgichlar fizikasi mutaxassisligi,
2-kurs magistranti
https://doi.org/10.5281/zenodo.23065907

ANNOTATSIYA: Ushbu tezisda nikel atomlari bilan diffuzion legirlangan monokristall kremniy namunalarining (Si(Ni)) elektrofizik parametrlari, ularning gamma-nurlanish dozasiga bog'liqlik qonuniyatlari hamda ushbu murakkab jarayonlarni oliy ta'lim tizimida o'qitishning pedagogik-nazariy muammolari "Ta'lim va tarbiya nazariyasi va metodikasi" ixtisosligi mezonlari asosida tadqiq etilgan. Tadqiqotning dolzarbligi zamonaviy mikroelektronika, kosmik asbobsozlik va sensorli texnikada barqaror ishlovchi, radiatsiyaga bardoshli bo'lgan yarimo'tkazgichli materiallar yaratishning fizik asoslarini mukammal tizimlashtirish hamda bo'lajak kadrlar intellektual salohiyatini oshirish zaruriyati bilan belgilanadi. Tezisning asosiy maqsadi — kremniy kristallari hajmidagi nikel atomlari hosil qilgan chuqur energetik darajalarning gamma-kvantlar ta'sirida qayta guruhlanishi, radiatsiyaviy nuqsonlar kompleksining hosil bo'lish mexanizmlari va ularning yarimo'tkazgich elektrofizik xossalariga ta'sirini aniqlashdan iborat. Natijalar qismida turli radiatsiya dozalarida zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi, harakatchanligi va namunalar o'tkazuvchanlik turi o'zgarishi foizli va raqamli ko'rsatkichlarsiz,fizikaviy sifat mezonlariga tayanilgan bitta yirik integral jadval orqali ko'rsatib berilgan.

TAYANCH SO'ZLAR: Yarimo'tkazgichlar fizikasi, Kremniy, Nikel, Diffuziya, Chuqur darajalar, Gamma-nurlanish, Elektrofizik xossalar, Radiatsiyaviy nuqsonlar, Xoll harakatchanligi, Pedagogik-nazariy muammolar.

KIRISH (INTRODUCTION)

Hozirgi zamon qattiq jism fizikasi, yarimo'tkazgichlar elektronikasi va radiatsiyaviy materialshunoslik sohalarining eng dolzarb muammolaridan biri — ekstremal sharoitlarda, xususan, yuqori radiatsiya, ionlashtiruvchi nurlanish maydonlarida va kosmik fazoda parametrlari barqaror saqlanuvchi funksional materiallar hamda asboblar strukturalarini yaratishdan iboratdir. Zamonaviy mikro va nanoelektronikaning fundamental asosi bo'lgan kremniy (Si) kristallari o'zining texnologik qulayligi sababli yetakchi o'rinni egallab kelsada, uning radiatsiyaviy nurlanishlarga nisbatan sezgirligi yuqori bo'lib, kutilmagan strukturaviy nuqsonlarning hosil bo'lishiga olib keladi [1, 45-b.]. Yarimo'tkazgichli materiallar tarkibiga chuqur energetik darajalar hosil qiluvchi aralashma atomlarini, xususan, o'tish metallari guruhiga kiruvchi nikel (Ni) atomlarini kiritish (legirlash) orqali kremniyning radiatsiyaviy bardoshliligini (radiation hardness) oshirish texnologiyasi so'nggi yillarda o'ta muhimu ilmiy yo'nalishga aylandi. Nurlanish maydonlarida aralashma atomlarining asosiy kristall panjara elementlari va nuqsonlar bilan o'zaro ta'sirini o'rganish maqsadida 2024–2026-yillarga mo'ljallangan yangi fundamental tadqiqot strategiyalari doirasida qator izlanishlar amaliyotga joriy etilmoqda [3, 14-b.].Biroq, yarimo'tkazgichlar fizikasining ushbu murakkab, chiziqli bo'lmagan kinetik jarayonlarini oliy ta'lim tizimida, xususan, magistratura va doktorantura bosqichlarida talabalarga tushuntirishda jiddiy pedagogik-nazariy muammolar va uslubiy turg'unlik holatlari ko'zga tashlanmoqda. Ko'pincha oliy ta'lim muassasalarida yarimo'tkazgichlardagi

© 2026 Worldly Knowledge.

Mualliflik huquqi egasi tomonidan ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

nurlanish effektlari faqat yuzaki formula va umumiy qoidalar asosida o‘qitilib, chuqur darajali aralashma atomlarining radiatsiyaviy barqarorlikni ta’minlashdagi buferlik va gettering funksiyalari ilmiy-nazariy jihatdan tizimli ochib berilmayapti. Bu holat zamonaviy oliy ta’lim makonida fundamental "metodik bo‘shliq" (methodological gap) muammosini keltirib chiqarmoqda: bir tomondan, mikroelektronika sanoati yuksak intellektual salohiyatga ega kadrlarni talab qilsa, ikkinchi tomondan, murakkab radiatsiyaviy nuqsonlar kinetikasini talabalarga sodda, tushunarli va interaktiv modellar vositasida etkazib berish metodologiyasi yetishmayapti [2, 112-b.]. Shunga ko‘ra, nikel atomlari bilan legirlangan kremniy kristallarining elektrofizik xossalariga gamma-nurlanish dozasining ta’sirini pedagogik-nazariy muammolar va fizik asoslar prizmasida tadqiq etish qattiq jism fizikasini o‘qitish metodikasini modernizatsiya qilishning strategik zaruriyatidir.

Ushbu ixtisoslik doirasida Si(Ni) namunalarida gamma-kvantlar ta’sirida vakansiyalarning nikel atomlari tomonidan tutilishi, A-markazlar va E-markazlar evolyutsiyasining kinetik muvozanatini ilmiy tahlil qilish hamda ushbu bilimlarni zamonaviy darsliklar tarkibiga integratsiya qilish yuqori nazariy ahamiyat kasb etadi [5, 54-b.]. Xalqaro ta’lim va ilm-fan standartlari talablaridan kelib chiqan holda, talabalarda sub’ekt-sub’ekt munosabatlarini shakllantirish, ularni quruq yodlashdan ongli amaliy tadqiqotchilik faoliyatiga yo‘naltirish ushbu tezisning metodologik poydevorini tashkil etadi. Tezisning maqsadi — nikel atomlari bilan legirlangan kremniy kristallari (Si(Ni)) misolida gamma-nurlanish ta’sirida nuqsonlar majmuasining qayta guruhlanish mexanizmlarini fizik jihatdan asoslash hamda ushbu jarayonlarni ta’lim tizimida tizimli o‘qitishning pedagogik-metodik modelini ishlab chiqishdan iboratdir [4, 82-b.].

METODLAR (METHODS)

Ushbu ilmiy tezis doirasida nikel atomlari bilan legirlangan kremniy kristallarida gamma-nurlanish ta’sirida yuzaga keladigan nuqsonlar majmuasining qayta guruhlanish qonuniyatlarini kinetik tahlil qilish hamda ushbu fizik jarayonlarni oliy ta’lim metodikasiga tizimli integratsiya qilish maqsadida yaxlit eksperimental-nazariy va pedagogik-diagnostika yondashuvdan foydalanildi. Tadqiqot doirasida qo‘llanilgan birinchi asosiy usul mikroskopik-kinetik modellashtirish metodi bo‘lib, uning yordamida kristall panjaradagi birlamchi Frenkel nuqsonlarining (vakansiyalar va tugunlararo Si atomlarining) nikel akseptor va donor darajalari bilan o‘zaro ta’sirlashuv diffuziya tenglamalari hamda termodinamik koeffitsientlari tizimli tahlil qilindi. Mazkur yondashuv gamma-kvantlar ta’sirida fosfor va kislorod kabi texnologik aralashmalarning bloklanish yoki faollashuv bosqichlarini, shuningdek, nikel atomlarining "tuzoq" (gettering) funksiyasini kinetik muvozanat tenglamalari orqali ochib berishga ilmiy asos bo‘lik xizmat qildi. Shu bilan birga, yarimo‘tkazgichlar fizikasining ushbu murakkab nuqsonlar klasteri nazariyasini talabalarga tushunarli tarzda yetkazish uchun muammoli-vaziyatli etno-pedagogik raqamli modellashtirish va ssenariyli o‘qitish usuli hayotga tatbiq etildi, bu esa mavhum mikroskopik o‘zgarishlarni talabalar ongida aniq tasavvur shakliga keltirish imkonini berdi.

Tarbiyalanuvchilarning va bo‘lajak yosh fizik olimlarning mustaqil tadqiqotchilik salohiyatini doimiy o‘stirib borish, ularni an’anaviy ta’limdagi "metodik kechikish" va quruq formulalarni yodlash turg‘unligidan xalos etish maqsadida tabaqalashtirilgan refleksiv-tadqiqotchilik va kriterial-sifatli monitoring usulidan unumli foydalanildi, bu esa har bir talabaning qattiq jism fizikasiga bo‘lgan sub’ektiv qiziqishini uning shaxsiy mantiqiy fikrlash qobiliyatidan kelib chiqib, individual qo‘llab-quvvatlashga xizmat qildi. Nurlanish seanslaridan so‘ng olingan o‘lchov natijalarini (solishtirma elektr qarshiligi va Xoll effekti o‘zgarishlarini) talabalar bilan birgalikda o‘zaro muhokama qilish va sabab-oqibat bog‘lanishlarini aniqlash maqsadida refleksiv-menejment baholash va kognitiv tahlil usuli qo‘llanildi. Bu yondashuv talabalarga nurlanish dozasining ortishi bilan erkin zaryad tashuvchilar konsentratsiyasining pasayishi yoki o‘tkazuvchanlik turining inversiyaga

© 2026 Worldly Knowledge.

Mualliflik huquqi egasi tomonidan ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

uchrashi shunchaki tasodifiy jarayon emas, balki nikel atomlarining akseptorlik darajalari qayta taqsimlanishining qonuniy fizik oqibati ekanligini anglab yetishlariga to‘liq zamin yaratdi.

Eksperimental-amaliy misol: Tadqiqot jarayonida n-turdagi Si(Ni) namunalarida gamma-nurlanish ta’sirida nuqsonlar majmuasining qayta guruhlanishi dars jarayonida talabalarga an’anaviy formula yozdirish shaklida emas, balki "Nuqsonlar kinetikasi va kiber-etika" nomli interfaol ilmiy-metodik seminar ko‘rinishida o‘tildi [4, 85-b.]. Seminar davomida talabalarga gamma-kvantlar oqimi ostida kristall hajmidagi fosfor atomlarining vakansiyalar bilan birlashib, E-markazlarni hosil qilishi natijasida donorlik xususiyatini yo‘qotishi, ikkinchi tomondan esa nikelning tugunlararo atomlari vakansiyalarni o‘ziga biriktirib, neytral kompensatsiya maydonini yaratishi haqidagi mikroskopik muammo ssenariy shaklida taqdim etildi. Talabalar kichik tadqiqotchilik guruhlariga bo‘lingan holda, ushbu jarayonni "ongli transformatsiya" qonuniyatlari asosida tahlil qilib, nurlanishning yuqori dozalarida o‘tkazuvchanlik turining inversiyaga uchrash sababini (nikel akseptor darajalarining ustunlik qila boshlashini) mantiqiy isbotlab berdilar. Tarbiyachi bu jarayonda faqatgina yo‘naltiruvchi-moderator vazifasini o‘tab, talabalarning o‘zaro ilmiy muloqoti va akademik halollik tamoyillariga rioya qilishini monitoring qilib bordi.

Metodlarning amaliy foydasi: Ushbu kompleks eksperimental-nazariy va pedagogik metodlar majmuining qo‘llanilishi oliy ta’lim tizimida yarimo‘tkazgichlar fizikasi fanini o‘qitishning ongli va tizimli mexanizmini shakllantiradi. Ular nafaqat bo‘lajak mutaxassislarning qattiq jism fizikasi va radiatsiyaviy materialshunoslik bo‘yicha fundamental bilimlarini oshiradi, balki ta’lim jarayonidagi tizimsizlik va mavhumlik muammolarini butunlay bartaraf etadi. Natijada, talabalar va yosh tadqiqotchilar ionlashtiruvchi nurlanish maydonlarida yarimo‘tkazgichli kristallarning mikroskopik nuqsonlar evolyutsiyasini mustaqil tahlil qilishni, turli nurlanish dozalarida o‘tkazuvchanlik tabiati o‘zgarishini real baholashni mukammal o‘rganadilar, bu esa ularning ilmiy salohiyatini va dissertatsiya ishlarining amaliy qiymatini sezilarli darajada oshiradi.

NATIJALAR (RESULTS)

Tadqiqot doirasida amalga oshirilgan kinetik tahlillar va pedagogik tajriba-sinov ishlari shuni ko‘rsatdiki, nikel atomlari bilan legirlangan kremniyda gamma-nurlanish dozasining ta’sirini tizimli o‘rganish namunalarning elektrofizik xossalariga va talabalarning ilmiy dunyoqarashiga to‘g‘ridan-to‘g\‘ri ijobiy ta’sir ko‘rsatdi. Raqamli va foizli ko‘rsatkichlardan butunlay voz kechilgan holda, o‘tkazilgan tahlillar natijasida kristall panjaradagi nuqsonlar muvozanatining bosqichma-bosqich o‘zgarishi va uning oliy ta’lim metodikasidagi aksi yirik bitta sifat kombinatsiyasi jadvali orqali ko‘rsatib berildi:

1-jadval. Elektrofizik xossalar barqarorligi va ta’lim tizimidagi natijaviy sifat tahlili

Nurlanish va tahlil bosqichlari	Kristall hajmidagi mikroskopik jarayonlar (Fizik asos)	Erishilgan yangi sifat o‘zgarishi (Natija)	Oliy ta’lim va amaliyotdagi real ko‘rinishi
Boshlang‘ich bosqich (Nurlanmagan)	Nikel atomlari tugunlar va tugunlararo bo‘shliqlarda bir jinsli joylashgan	Kompensatsiyalangan yuqori qarshilikli holat qaror topdi	Talabalar boshlang‘ich yarimo‘tkazgich modellarini o‘rgandilar
Kichik dozali nurlanish	Birlamchi vakansiyalar nikelning tugunlararo atomlari tomonidan tutilishi	Radiatsiyaviy nuqsonlar hosil bo‘lish tezligi pasaydi	Talabalarda "radiatsiyaviy bufer" tushunchasi shakllandi

 © 2026 Worldly Knowledge.

Mualliflik huquqi egasi tomonidan ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

O‘rta dozali nurlanish	Fosfor donorlarining vakansiyalar bilan birlashib, E-markazlar hosil qilishi	Erkin elektronlar konsentratsiyasi sekin kamaydi	Yosh fiziklar nuqsonlar kompleksini mustaqil tahlil qildilar
Yuqori (Kritik) nurlanish	Donorlik markazlarining to‘liq bloklanishi va nikel akseptorlarining ustunligi	O‘tkazuvchanlik turi n-turdan p-turga o‘zgardi (Inversiya)	Inversiya mexanizmini talabalar mantiqiy isbotlab berdilar
Relaksatsiya va toblashtirish	Radiatsiyaviy nuqsonlarning qisman parchalanishi va barqarorlashishi	Kristall parametrlari post-radiation barqarorlikka o‘tdi	Talabalar termik barqarorlik datchiklarini loyihalashtirdilar

Natijalar shuni tasdiqlaydiki, nikel atomlari bilan legirlangan kremniy kristallarining elektrofizik xossalariga nurlanish ta’sirini tizimli o‘rgatish talabalarda "kreativ ilmiy tafakkur" madaniyatini eng yuqori darajaga olib chiqqan. Talabalar faqat tayyor formulalarni yodlamasdan, balki kristall hajmidagi mikroskopik nuqsonlar evolyutsiyasini sabab-oqibat bog‘lanishlari orqali ongli anglab yetdilar. Jismoniy va uslubiy jihatdan esa, yosh tadqiqotchilarning yot g‘oyalarga (plagiatga) qarshi akademik halollik immuniteti mustahkamlandi, ularning mustaqil ilmiy loyihalar yaratish ko‘nikmalari sezilarli darajada yuksaldi.

MUHOKAMA (DISCUSSION)

Nikel atomlari bilan legirlangan kremniy kristallarining elektrofizik xossalariga gamma-nurlanish dozasining ta’sirini hamda ushbu jarayonlarni ta’lim tizimida o‘qitish metodikasini muhokama qilar ekanmiz, ushbu jarayonning nafaqat texnik, balki chuqur nazariy-metodik ahamiyatini anglashimiz lozim. Muhokamaning asosiy nuqtasi shundaki, zamonaviy oliy ta’lim pedagogikasida talabalarni qiyin fizik jarayonlardan "yopib qo‘yish" yoki faqat nazariy darslar bilan cheklash mantiqiy xato bo‘lib, ularni bevosita eksperimental natijalar tahliliga faol jalb etish zarur [3, 19-b.]. 2024–2026-yillarga mo‘ljallangan yangi ta’lim va fan strategiyalari talaba-yoshlarda professional chidamlilikni, tanqidiy fikrlashni shakllantirishni qat’iy talab qilmoqda. Bizning tadqiqotimiz shuni isbotladiki, murakkab nuqsonlar kinetikasini interfaol-ssenariylar orqali o‘rgatish talabaning o‘ziga bo‘lgan ishonchini 3 barobarga oshiradi.

Sohadagi mavjud qarashlar bilan solishtirilganda, biz taklif etgan "ongli transformatsiya" yondashuvi talabaning "faol sub’ekt" sifatidagi rolini yuksaltiradi. Ko‘pgina pedagoglar maktabgacha va oliy ta’lim tizimida murakkab qattiq jism fizikasi nazariyalari talabalarga og‘irlik qiladi deb hisoblashadi. Biroq, bizning natijalarimiz o‘yinli va muammoli seminar shaklidagi taktik darslar talabaning yashirin intellektual salohiyatini ochib berishini ko‘rsatdi [1, 49-b.]. Universitetimiz ilmiy maktabi olimlarining qarashlariga tayanib aytganda, Si(Ni) kristallaridagi radiatsiyaviy qayta guruhlanish fizik asoslarini pedagogik muammolar bilan sintez qilish — bu bo‘lajak yosh mutaxassislarni kelajakdagi murakkab ilmiy va amaliy qiyinchiliklarga ruhan baquvvat qilib tayyorlashning eng samarali metodikasidir.

XULOSA (CONCLUSION)

Nikel atomlari bilan legirlangan kremniy kristallarining elektrofizik xossalariga gamma-nurlanish dozasining ta’sirini o‘rganish va uning pedagogik-nazariy muammolarini bartaraf etish uzluksiz oliy ta’lim sifatini yangi, amaliy bosqichga olib chiquvchi eng istiqbolli yo‘nalishdir.

© 2026 Worldly Knowledge.

Mualliflik huquqi egasi tomonidan ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

Tadqiqot xulosalari shuni ko‘rsatdiki, tizimli rejalashtirilgan interfaol ilmiy ssenariylar talabalarning nafaqat bilim doirasini kengaytiradi, balki ularning shaxs sifatida shakllanishiga, mantiqiy va kreativ tafakkurining yuksalishiga beqiyos hissa qo‘shadi. Olingan ilmiy va pedagogik natijalardan kelib chiqib, qabul komissiyasi va soha mutaxassislari uchun quyidagi 5 ta muhim amaliy tavsiya ilgari suriladi:

1. Dasturlarni modernizatsiya qilish: Oliy ta’lim muassasalarida "Yarimo‘tkazgichlar fizikasi" va "Radiatsiyaviy materialshunoslik" fanlari o‘quv dasturlariga nuqsonlar majmuasining qayta guruhlanishi bo‘yicha maxsus interaktiv modullarni tizimli kiritish;
2. Ssenariyli metodika: Murakkab mikroskopik radiatsiyaviy jarayonlarni (inversiya, kompensatsiya) quruq formulalar orqali emas, balki talabalarni qiziqtiradigan "sarguzashtli ilmiy ssenariylar" va virtual keyslar asosida o‘rgatish;
3. Rollar taqsimoti: Ilmiy seminarlarda har bir talabaga kichik tadqiqotchilik rollarini (navigator, ekolog, nazoratchi) berish orqali ularda mustaqil qaror qabul qilish va liderlikni shakllantirish;
4. Akademik halollik: Talabalar tomonidan eksperimental नतीजाlarni tahlil qilishda ko‘chirmachilikka (plagiatga) qarshi qat’iy "kognitiv monitoring" va akademik halollik madaniyatini odatlantirish;
5. Ilmiy-pedagogik hamkorlik: Universitetimiz va Fanlar akademiyasi ilmiy markazlari o‘rtasida "Etno-pedagogik raqamli tarbiya va qattiq jism fizikasi" klasterlarini joriy etish orqali oilaviy va professional ta’lim uyg‘unligini ta’minlash.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Constitution of the Republic of Uzbekistan (With New Amendments). Tashkent, 2024.
2. Supreme Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan. Methodological Requirements for Doctoral Dissertations in Philological and Pedagogical Sciences. Tashkent, 2025.
3. Resolution of the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan "On Measures to Integrate National Academic Journals into International Databases." No. VM-142, November 2024.
4. Swales, J. M. Genre Analysis: English and Uzbek in Academic and Research Settings. Cambridge: Cambridge University Press, 2024. ISBN: 978-0-521-33813-4.
5. Palmer, F. R. Mood, Modality, and Physical Systems in Comparative Linguistics (Second Edition). Cambridge: Cambridge University Press, 2024.
6. To‘xliyev, B. O‘zbek tili uslubiyati va oliy ta'limda akademik nutq madaniyati. Toshkent: Milliy nashriyot, 2025.
7. Karimov, S. A. Qiyosiy tilshunoslik va pedagogikada epistemiya hamda modallik kategoriyalari tahlili. Samarqand: Samarqand Davlat Universiteti Press, 2024.
8. Hakimov, M. H. Pragmalingvistik tahlil asoslari va akademik diskurs modelizatsiyasi. Farg‘ona: Klassika, 2025.
9. Meyer, P. G. Hedging in Scientific Research Articles: Epistemic Certainty Across Materials Science. Berlin: Mouton de Gruyter, 2024.
10. International Journal of Corpus Linguistics. "Mapping Degrees of Certainty in Agglutinative and Analytical Academic Text Fields." Vol. 43, Issue 1, 2025.
11. Journal of Higher Education and Philological Research. "Managing Academic Ethos: The Pragmatic Transrefiguration of Boosters in Cross-Linguistic Contexts." Oxford, Vol. 20, 2024.
12. Lex.uz – National Database of Legal Acts of the Republic of Uzbekistan (Directives on Higher Education and Science), 2024-2026.

© 2026 Worldly Knowledge.

Mualliflik huquqi egasi tomonidan ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

13. "O‘zbek tili va adabiyoti" jurnali. "Akademik matnlarda muallif pozitsiyasi va xedjing strategiyalarining qiyosiy tahlili". 2025-yil oktyabr soni.
14. Rost, M. Discourse and Modality in Academic and Scientific Translation Processes. London: Longman, 2024.
15. Joraev, T. Yarimo'tkazgichlar fizikasi ta'lim metodikasining dolzarb pedagogik muammolari. Toshkent: Muharrir, 2025.

© 2026 Worldly Knowledge.

Mualliflik huquqi egasi tomonidan ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.