

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И  
ИННОВАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ФЕРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ЮЖНО-КАЗАХСТАНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.АУЭЗОВА

ФЕРГАНСКИЙ МЕДИЦИНСКИЙ ИНСТИТУТ ОБЩЕСТВЕННОГО  
ЗДРАВООХРАНЕНИЕ

МАТЕРИАЛЫ

Международной научной конференции

**“ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ФИЗИКИ КОНДЕНСИРОВАННЫХ  
СРЕД”**

Фергана, 24-май, 2024 год.

## YARIM CHEKSIZ O'LCHAMDAGI KRISTALLARDA QUTBLANGAN NURLANISH OQIMINI KO'CHIRILISHI

**Sobirov Mahmud Mamarasulovich, Roziqov Jurabek Yuldashboy o'g'li**

Farg'ona davlat universiteti,

[roziqovjurabek1991@gmail.com](mailto:roziqovjurabek1991@gmail.com)

+998905348910

**Annotatsiya.** Maqolada optik qalinligi yuqori bo'lgan ( $\tau = \infty$ ) kristallar va qattiq jismlar qutblangan nurlanish oqimi bilan yoritilganda, kristalldan qaytgan oqimning qutblanish darajasi qanday o'zgarishi taxlil etildi. Kristall qutblanmagan oqimi bilan yoritilganda, kristalldan qaytgan oqimning burchak karakteristikalarida neytral nuqtalar borligi ko'rsatib berildi, chiziqli va tsirkulyar qutblangan nurlanish oqimlarni bir-biriga o'xshash va o'ziga xos xususiyatlari taxlil etildi

**Kalit so'zlar:** qutblangan yorug'lik, qutblanish darajasi, yarim cheksiz muxit, optik qalinlik, chiziqli va tsirkulyar qutblangan yorug'lik.

**KIRISH.** Yuqori dielektrik singdiruvchanlikka ega bo'lgan muxitlarda qutblangan yorug'lik oqimini ko'chirilishini o'rganish uchun, qutblangan nurlanish oqimini muxitlarda ko'chirilish tenglamasida muxitning optik qalinligini cheksiz deb qarash mumkin [1, 2]. Shu sababli, ko'plab kristallarning fizik parametrlarini spektroskopik metodlar yordamida aniqlashda, kristallning geometrik qalinligi qanchalik yupqa bo'lmasin, unga tushgan yorug'lik oqimi kristall orqali o'tmaydi, faqat yoritilayotgan sirdan orqaga qaytadi xalos. Bunday kristallarda yorug'lik oqimini ko'chirilish xodisalarini o'rganish uchun ko'chirilish tenglamalari yordamida olib boriladigan xisoblashlarni yarim cheksiz muhit modeli ( $\tau = \infty$ ) asosida olib borish yetarli [3].

Kristallning sirtiga yassi - parallel nurlanish oqimi qutblangan monoxromatik nurlanish oqimi tushayotgan bo'lsa, bu oqimni kristallda ko'chirilish tenglamasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi [4]

$$\mu \frac{dI(\tau, \Omega)}{d\tau} = I(\tau, \Omega) - \frac{\tilde{\omega}_0}{4\pi} \int_0^1 d\mu' \int_0^{2\pi} d\varphi' P(\Omega, \Omega') I(\tau, \Omega') - \frac{\tilde{\omega}_0}{4} \exp(-\tau/\mu_0) P(\Omega, \Omega_0) F. \quad (1)$$

Bu yerda  $\tilde{\omega}_0 = a^{\text{soch}} / (\alpha^{\text{yutilish}} + a^{\text{soch}})$  - albedo,  $\tau_i = \alpha(\lambda_i)z$  - atmosferaning optik qalinligi.  $\alpha = \alpha^{\text{yutilish}} + a^{\text{pac}}$  - oqini kuchsizlanish koeffitsenti,  $a^{\text{soch}}(\lambda_i)$  - sochilish koeffitsiyenti,  $\alpha^{\text{yutilish}}(\lambda_i)$  - haqiqiy yutilish koeffitsiyenti,  $\mathbf{P}(\boldsymbol{\Omega}, \boldsymbol{\Omega}_0)$  - Releyning sochilish matritsasi,  $\boldsymbol{\Omega}_0 = \boldsymbol{\Omega}_0(\theta_0, \varphi_0)$  va  $\boldsymbol{\Omega} = \boldsymbol{\Omega}(\theta, \varphi)$  - muhitga tushayotgan va chiqayotgan oqimlarni yoʻnalishlari,  $\mu = \cos \theta$ ,  $\mu_0 = \cos \theta_0$ ,  $\theta_0, \theta$  - nurlanishning tushish va kuzatish burchaklari.

Bu tenglama  $\boldsymbol{\Omega} = \boldsymbol{\Omega}(\theta, \varphi)$  yoʻnalishi boʻyicha muhitda tarqalayotgan diffuz oqimning intensivligini hisoblash imkonini beradi.

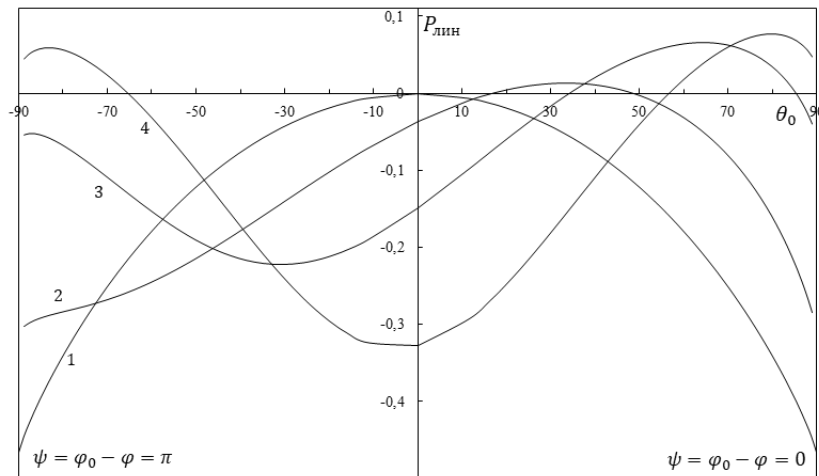
Kristalldan diffuz ravishda orqaga kaytgan oqim intensivligi va qutblanish darajasi, (1) tenglamani yechish orqali aniqlanuvchi  $\mathbf{S}^R(\boldsymbol{\Omega}, \bar{\boldsymbol{\Omega}}_0)$  matritsa orqali aniqlanadi

$$\mathbf{I}^{(\text{qayt})}(\tau = 0, \boldsymbol{\Omega}) = \frac{\tilde{\omega}_0}{4\mu} \mathbf{S}^R(\tau = 0, \boldsymbol{\Omega}, \bar{\boldsymbol{\Omega}}_0) \mathbf{F}(\tau = 0, \bar{\boldsymbol{\Omega}}_0). \quad (2)$$

Kristallni izotrop deb qarab, kristallning ichki sirtidan toʻla ichki qaytish xodisasini va kristall-vakuum chegarasidan oʻtishida sinishini xisobga olgan holda  $\mathbf{S}^R(\boldsymbol{\Omega}, \bar{\boldsymbol{\Omega}}_0)$  matritsani analitik koʻrinishdagi yechimini aniqlash mumkin. Bu kattalikning analitik yechimlarini koʻrinishi koʻp sahifa olishligini xisobga olib, bu yerda keltirmaymiz [5,6], faqat xisoblashlar natijalarini taxlil etamiz.

1-rasmda kristall sindirish koʻrsatgichining  $n^2 = 1$  qiymatida, kristall turli burchaklar ostida qutblanmagan nurlanish oqimi bilan yoritilganda, undan diffuz qaytgan oqimning qutblanish darajasini kuzatish burchagiga bogʻliq holda oʻzgarishini hisoblash natijalari keltirilgan. Kutilganidek,  $n^2 = 1$  qiymatda kristallning sirtiga tushayotgan oqim biror burchak ostida tushsa, unday qaytib chiqqan oqimning qutblanish darajasini burchak taqsimotida neytral nuqtalar kuzatiladi (1-4 grafiklar). Kristallgan tushayotgan nurlanish oqimi  $\psi = \varphi_0 - \varphi = 0$  yarim meridional tekislik boʻyicha tushsin. Shu yarim tekislik boʻyicha kuzatishlar oʻtkazilganda, kristallga tushayotgan nurlanish oqimini yoʻnalishi kristall sirtga oʻtkazilgan normaldan chetlashishi bilan ( $\mu_0 < 1$ ), (1-rasm) bu tekislik boʻyicha

Babine va Bryuster nuqtalari paydo bo‘ladi. Tushishi burchagini qiymati ortishi bilan Bryuster burchagi yo‘qolib kuzatish tekisligining keyingi yarim tekisligida ( $\psi = \varphi_0 - \varphi = \pi$ ) Arago nuqtasi paydo bo‘ladi (1-rasm).



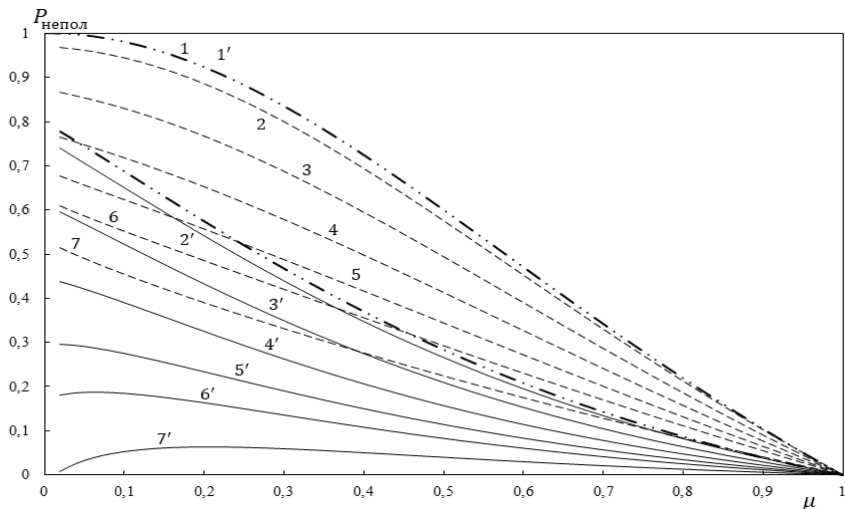
1-rasm. Kristall turli burchak ostida tushuvchi qutblanmagan nurlanish bilan yoritilgan neytral nuqtalarni xosil bo‘lishi. Xisoblashlar yoritilish burchagining quyidagi qiymatlari uchun bajarilgan:  $\theta_1: 1 - 0^\circ; 2 - 30^\circ; 3 - 60^\circ; 4 - 85^\circ$ .  $\tilde{\omega}_0 = 1$ .

Muxitning sindirish koeffitsiyentini qiymatini biroz oshishi ( $n^2 > 1$ ), Arago nuqtasini yo‘qolishiga olib keladi. Sindirish ko‘rsatgichini qiymatlarini yanada oshishi bilan Babine va Bryuster nuqtalari ham bir-birlariga yaqinlashib,  $n^2 = 4$  da ular o‘zaro birikib, neytral nuqtalar yo‘qoladi,  $n^2 > 4$  da qutblanish darajasini ishorasi o‘zgarmaydi. Buning sababi sindirish ko‘rsatgichini qiymati oshgan sari, kristallni ichki sirtidan to‘la ichki qaytgan oqimni kristalldan chiqish Bryuster burchagining qiymati,  $n^2 > 1$  da kamaya boradi,  $n^2 > 4$  da esa bu burchakni o‘zgarishi juda sekinlashib, deyarli o‘zgarishsiz bo‘lib qoladi. Natijada, kristalldan tashqariga faqat ichki sirtga perpendikulyar va unga yaqin yo‘nalishda harakatlanayotgan oqim chiqadi xalos. Shu sababli, sindirish ko‘rsatgichini  $n^2 > 4$  qiymatlarida undan chiqayotgan oqimning qutblanish darajasida sezilarli o‘zgarishlar kuzatilmaydi.

Keltirilgan xisoblashlar natijalari shuni ko‘rsatadiki, kristallar qutblanmagan nurlanish oqimi bilan yoritilganda, undan chiqqan oqim faqat chiziqli qublanadi.

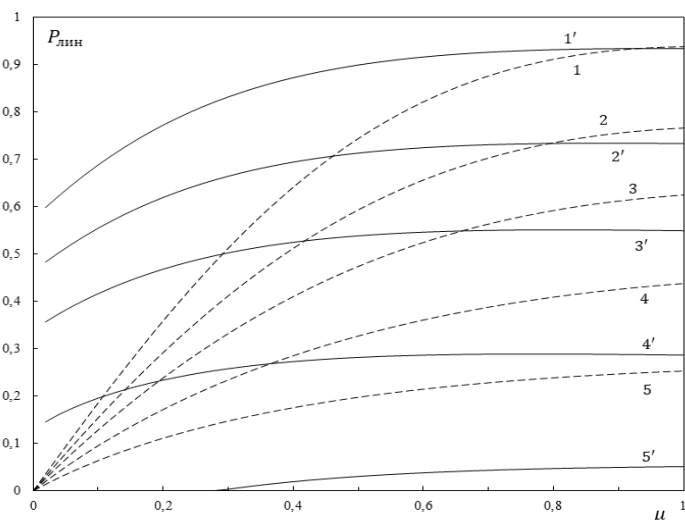
Bunday natija Stoks parametrlarining tabiatidan kelib chiqib, ta'rifga ko'ra, muhit chiziqli qutblangan yorug'lik bilan yoritilganda, tushayotgan nurlanish  $F_U$  va muxitdan chiqqan oqim  $I_I$  va  $I_R$  komponentlari o'rtasida, ular bilan  $45^\circ$  burchak hosil qiluvchi tekislikda yotadilar va bir xil fazaga ega bo'ladi [7].  $I_I$  komponenta ushbu tekislikda yotadi,  $I_R$  komponenta shu tekislik perpendikulyar bo'lib, har ikki komponentalarni qiymatlari bir-biriga nisbatan o'zgarib turadi.  $I_I$  komponentani qiymati,  $I_R$  komponentini qiymatidan katta yoki kichik bo'lishi mumkin, natijada qutblanish darajasini ishorasi o'zgaradi. Sirkulyar qutblangan oqimda esa, qutblanish darajasi  $I_I$  va  $I_R$  komponentlarni fazalar farqiga bog'liq, lekin qutblanish tekisligiga bog'liq emas. Shu sababli, muhitdan chiqadigan chiqayotgan tsirkulyar qutblangan oqimni qutblanish darajasida ishora o'zgarishi kuzatilmaydi.

2-rasmda kristall qutblanmagan yorug'lik oqimi bilan normal yo'nalishda yoritilganda ( $\mu_0 = 1$ ), kristalldan chiqayotgan oqimni qutblanish darajasini, kuzatish burchagini qiymatlariga bog'liq holda o'zgarishi ko'rsatilgan. Xisoblashlar sindirish koeffitsiyentini  $n^2 = 1; 10$ , albedoning esa  $\tilde{\omega}_0 = 0.2; 0.6; 0.8; 0.9; 0.95; 0.99$  qiymatlari uchun bajarilgan (2-7 -grafiklar). Rasmdagi 1,1' - grafiklarda, albedoning  $\tilde{\omega}_0 = 1$  qiymatida kristalda bir marta sochilib chiqqan oqimni kuzatish burchagiga bog'liq xolda qanday o'zgarishi ham keltirilgan. 1,1' - grafiklar ko'p marta sochilishlar tufayli shakllangan oqimni qutblanish darajasi bir marta sochilgan oqimnikiga nisbatan qanday o'zgarganini solishtirish imkoniyatini beradi. 2-7 - grafiklardan ko'rinadiki,  $\tilde{\omega}_0$  ning qiymatini ortishi bilan oqimni kristalldagi sochilishlar soni ortib, natijada kuzatilayotgan oqimning qutblanish darajasi kamayadi.



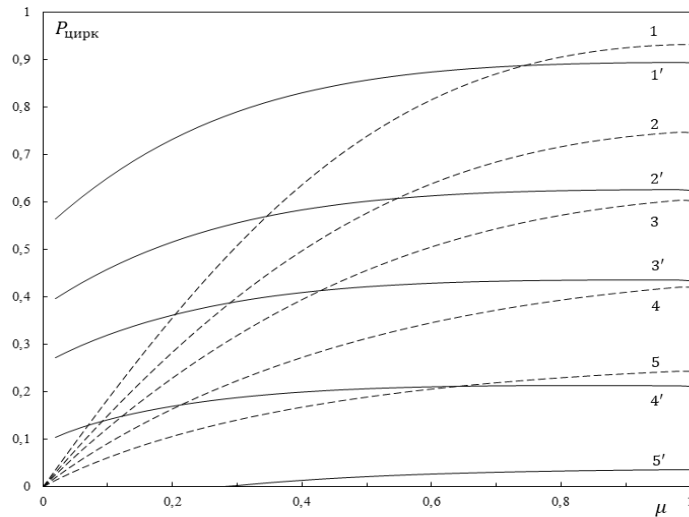
2-rasm. Kristall qutblanmagan yorug`lik oqimi bilan normal yo`nalishda yoritilganda, kristalldan qaytgan oqimning qutblanish darajasini kuzatish burchagini qiymatiga bog`liq holda o`zgarishi. Xisoblashlar sindirish ko`rsatgichini  $n^2 = 1$  (punktir grafiklar) va  $n^2 = 10$  (tutash chiziqlar) qiymatlarida bajarilgan. 1.1"-grafiklar albedoni  $\tilde{\omega}_0 = 1$  qiymatida, bir marta sochilgan oqim uchun, 2-7 grafiklar  $\tilde{\omega}_0: 2 - 0.2; 3 - 0.6; 4 - 0.8; 5 - 0.9; 6 - 0.95; 7 - 0.99$  qiymatlarda bajarilgan.

1 va 2-raslarda kristall normal ravishda chiziqli va tsirkulyar qutblangan nurlanish oqimi bilan yoritilganda ( $\mu_0 = 1$ ), sindirish ko`rsatgichining  $n^2 = 1; 10$  va  $\tilde{\omega}_0$  ni turli qiymatlarida, kristalldan qaytgan oqimning qutblanish darajasini kuzatish burchagi qiymatiga ko`ra qanday o`zgarishini hisoblash natijalari keltirilgan.



3-rasm. Kristall chiziqli qutblangan yorug`lik oqimi bilan normal ravishda yoritilganda, kristalldan qaytgan oqimni qutblanish darajasini kuzatish

burchagiga bog`liq holda o`zgarishi. Xisoblashlar sindirish ko`rsatgichini ikki qiymati uchun bajarilgan:  $n^2 = 1$  (tutash chiziqlar) va  $n^2 = 10$  (punktir chiziqlar), albedoni qiymatlari  $\tilde{\omega}_0: 1 - 0.2; 2 - 0.6; 3 - 0.8; 4 - 0.95; 5 - 1$ .



4-rasm. Kristall tsirkulyar qutblangan yorug`lik oqimi bilan normal ravishda yoritilganda, kristalldan qaytgan oqimni qutblanish darajasini kuzatish burchagiga bog`liq holda o`zgarishi. Xisoblashlar sindirish ko`rsatgichini ikki qiymati uchun bajarilgan:  $n^2 = 1$  (tutash chiziqlar) va  $n^2 = 10$  (punktir chiziqlar), albedoni qiymatlari  $\tilde{\omega}_0: 1 - 0.2; 2 - 0.6; 3 - 0.8; 4 - 0.95; 5 - 1$ .

Rasmlarda keltirilgan grafiklardan ko`rinadiki, albedoning qiymati ortgan sari, kristalldagi sochilishlar soni ham ortib, natijada kristalldan qaytgan oqimning qutblanish darajasi kamayadi. Aytib o`tish kerakki, tsirkulyar qutblangan nurlanish oqimini qutblanish darajasini kamayishi, chizikli qutblangan nurlanish oqiminikiga nisbatan kuchliroq bo`ladi. Bundan ko`rinadiki, qutblangan oqimni sochilishlari tufayli  $I_l$  va  $I_r$  komponentlari orasidagi fazaning o`zgarishi,  $I_l$  va  $I_r$  komponentlarni ular bilan  $45^\circ$  burchak xosil qiluvchi tekislikka tushirilgan proyeksiyalarini qiymatlarini farqini o`zgarishiga nisbatan ko`proq ekanligini ko`rsatadi.

## XULOSALAR

1. Yarim cheksiz muxitlarda qutblangan nurlanish oqimini ko'chirilish tenglamasi yordamida izotrop kristallarda qutblangan nurlanish oqimini ko'chirilishi o'rganildi. Xisoblashlar kristall qutblangan yorug'lik oqimi bilan yoritilganda unga tushgan va undan qaytgan oqimlarni o'zaro bog'lovchi, kristallning ichki sirtidan to'la ichki qaytishni, ikki muxit chegarasida sinishini xisobga olgan  $S^R$  matritsa asosida matritsa asosida olib borildi.

2. Kristallning ichki sirti yaqinida, to'la ichki qaytish xodisasi tufayli nurlanish maydonini kuchayishi aniqlandi. Kristallning ichki sirtidagi oqim zichligini, shu sirdan chiqayotgan oqim zichligidan qanchaga katta ekanligini qutblanish darajasi orqali baholash mumkinligi ko'rsatildi.

3. Kristal qutblanmagan, chiziqli va tsirkulyar qutblangan nurlanish oqimi bilan yoritilganda, kristalldan qaytgan oqimning intensivligi va qutblanish darajasini xisoblandi. Bu kattaliklarni qiymatlarini kristallning optik qalinligi, sindirish ko'rsatgichi va albedolarning qiymatlariga bog'liq holda o'zgarishi xisoblandi. Kristal qutblanmagan oqim bilan yoritilganda, kristalldan qaytgan oqimning burchak harakteristikalarida neytral nuqtalar mavjudligi ko'rsatib berildi.

## ADABIYOTLAR RO'YHATI

1. Agekyan V.F., Grigoreva N.R., Lyuminestsentsiya poluprovodnikovix kristallov. Izd. S.-Peterburgskogo universiteta, S.-Peterburg, 2016
2. ZioloV S.A.. Polyarizovannaya lyuminestsentsiya tsentrov okraski v dielektricheskix kristallax, Dissertatsii na soiskaniye uchenoy stepeni doktora fiziko-matematicheskix nauk, Irkutsk, 2007
3. Wallace M. S., Haque S. H., Presura R., Pohl I. and Wojcik M. Polarization splitting with cubic crystals evaluated with synchrotron radiation, Review of Scientific Instruments, 92, 103101 (2021); doi: 10.1063/5.0051464
4. Chandrasekhar S, Radiative transfer. Dover Publications Inc, New York. 1953 (2003), pp. 42.
5. Sobirov M.M., Roziboyev V.U., Kamolova M. Calculation of spectral and angular distribution of diffusely reflected, transmitted, and non-scattered fluxes of solar radiation in atmospheric layers. Investigation of the Influence of Solar Radiation Reflection from the Earth's Surface. Applied Solar Energy, 2024. Prinyato v pechat.
6. Sobirov M.M., Rozikov J.Yu., Ruziboyev V.U. Issledovaniya uglovogo raspredeleniya stepeni polyarizatsii diffuzno otrajennogo i proshedshego yestestvennogo solnechnogo izlucheniya cherez sloi atmosferi // Uzbekskiy fizicheskij jurnal, AN RUzb. Tashkent, Vol. 25, No.3. pp. 49-59, 2023