

ELLIPTIK QUTBLANGAN YORUG'LIKNI HOSIL QILISH VA UNI EKSERIMENTAL TEKSHIRISH

Tolegenova Madina Tolegenovna

Nizomiy nomidagi TDPU "Fizika va uni o'qitish metodikasi" kafedrası o'qituvchisi

Abduhamidova Shahlo G'ofur qizi

Qarshiyeva Maftuna Maxramqul qizi

To'g'onboyeva Xadichbonu Tursunali qizi

Nizomiy nomidagi TDPU talabalari

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7199909>

Annotatsiya. Mazkur maqolada elliptik qutblangan yorug'likni hosil qilish va uni eksperimental tekshirish haqida so'z boradi. Maqola davomida mavzuga doir turli masalalar va ularning yechimlari berib o'tilgan. Maqola so'nggida mavzu fikr-mulohaza va xulosalar bilan asoslangan.

Kalit so'zlar: eksperimental tekshirish, perpendikular tekislik, optik o'q, kristall.

ГЕНЕРАЦИЯ ЭЛЛИПТИЧЕСКИ ПОЛЯРИЗОВАННОГО СВЕТА И ЕГО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Аннотация: Данная статья посвящена генерации эллиптически поляризованного света и его экспериментальному исследованию. В ходе статьи были приведены различные вопросы, связанные с темой, и пути их решения. В конце статьи тема построена на мнениях и выводах.

Ключевые слова: экспериментальное исследование, перпендикулярная плоскость, оптическая ось, кристалл.

GENERATION OF ELLIPTICALLY POLARIZED LIGHT AND ITS EXPERIMENTAL INVESTIGATION

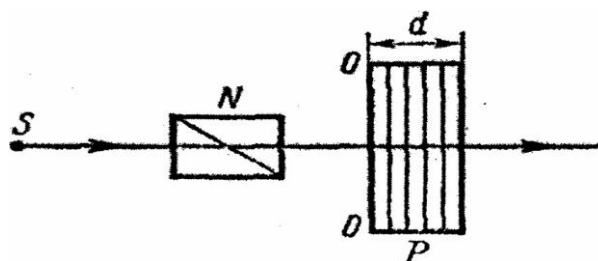
Abstract. This article deals with the generation of elliptically polarized light and its experimental investigation. During the article, various issues related to the topic and their solutions were given. At the end of the article, the topic is based on opinions and conclusions.

Key words: experimental investigation, perpendicular plane, optical axis, crystal.

KIRISH

O'zaro perpendikular elektr vektorlariga ega bo'lgan ikkita o'zaro ta'sirlashuvchi bitta to'g'ri chiziq bo'yicha tarqalayotgan kogerent to'lqinlarni ko'rib chiqaylik. Amalda bunday holni quyidagi qurilma yordamida yuzaga oshirish mumkin (7.9- rasm).

S nuqtaviy yorug'lik manbayidan chiqayotgan tabiiy yorug'lik Nikol prizmasidan o'tib, yassi-qutblangan yorug'likka aylanadi. Bir o'qli kristalldan OO optik o'qqa parallel kesilgan d qalinlikka ega bo'lgan P plastinka unga yassi-qutblangan yorug'lik perpendikular ho'lda tushadigan qilib joylashtiriladi. Umumiy ho'lda Nikoldan yassi qutblanib chiqqan nur kristallning OO optik o'qi bilan biror burchak tashkil qiladi. O'zaro perpendikular tekisliklarda qutblangan odatdagi va odatdagi bo'lmagan nurlar plastinkaga tushgan nurning yo'nalishida tarqaladilar. Odatdagi bo'lmagan



7.9- rasm.

nurda elektr vektorining tebranishi kristallning OO optik o'qi bo'ylab yuz beradi, odatdagi nurda esa kristallning optik o'qiga perpendikular yo'nalishda yuz beradi. Agar kristallga tushayotgan yorug'lik elektr vektorining amplituda qiymatini E orqali belgilasak, odatdagi va odatdagi bo'lmagan nurlarning elektr vektorlarining amplituda qiymatlari mos ravishda:

$$\left. \begin{aligned} E_{o1} &= E \cdot \sin \alpha \\ E_{e1} &= E \cdot \cos \alpha \end{aligned} \right\} \quad (7.6)$$

bo'ladi. Bu nurlarning tebranishlari orasidagi faza farqi:

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} [(n_o - n_e)d] \quad (7.7)$$

ifoda orqali aniqlanadi. Agar buni nazarda tutsak plastinkadan o'tgan nurlar uchun:

$$\left. \begin{aligned} E_e &= E_{e1} \cdot \cos \omega t = E \cos \alpha \cdot \cos \omega t, \\ E_o &= E_{o1} \cdot \cos(\omega t - \Delta\varphi) = E \sin \alpha \cdot \cos(\omega t - \Delta\varphi) \end{aligned} \right\} \quad (7.8)$$

ga ega bo'lamiz. (7.8) ning birinchi ifodasini:

$$\cos \omega t = \frac{E_e}{E_{e1}} \quad (7.8a)$$

ko'rinishda yozamiz. Bu yerdan

$$\sin \omega t = \sqrt{1 - \left(\frac{E_e}{E_{e1}}\right)^2} \quad (7.8b)$$

hosil bo'ladi. Ifodani ochib, (7.8a) va (7.8b) larni nazarda tutib (7.8) sistemaning ikkinchi tenglamasini quyidagicha yoza olamiz:

$$\frac{E_o}{E_{o1}} = \frac{E_e}{E_{e1}} \cos \Delta\varphi + \sqrt{1 - \left(\frac{E_e}{E_{e1}}\right)^2} \sin \Delta\varphi$$

bu yerdan:

$$\frac{E_o^2}{E_{o1}^2} + \frac{E_e^2}{E_{e1}^2} + 2 \frac{E_o E_e}{E_{o1} E_{e1}} \cos \Delta\varphi = \sin^2 \Delta\varphi \quad (7.9)$$

hosil bo'ladi. (7.9) ifoda OO va AA o'qlarga nisbatan istagan yo'nalishga oriyentatsiyalangan ellips tenglamasi hisoblanadi. Demak, biz ko'rib o'tgan holda bitta to'g'ri chiziq bo'ylab tarqalayotgan ikkita o'zaro perpendikular yorug'lik tebranishlarining qo'shilishidan hosil bo'lgan yorug'lik to'liqini elliptik qutblangan bo'ladi.

Ellipsning shakli va uning optik o'qqa hamda unga perpendikular yo'nalishga nisbatan oriyentatsiyasi α ga va $\Delta\varphi$ ga bog'liq bo'ladi.

TADQIQOT METODI VA METODOLOGIYASI

Ba'zi xususiy hollarni ko'rib o'tamiz.

Nurlar orasidagi faza farqi $\pi/2$ ga teng bo'lsin.

(7.7) formuladan nurlar orasidagi faza farqi $\frac{\pi}{2}$ ga teng bo'lishi uchun plastinkaning qalinligi

$$d = \frac{\lambda}{[4(n_0 - n_e)]} \tag{7.10}$$

bo'lishi kerak. Bu holda odatdagi va odatdagi bo'lmagan nurlar orasidagi optik yo'l farqi $\frac{\lambda}{4}$ ga teng, ya'ni:

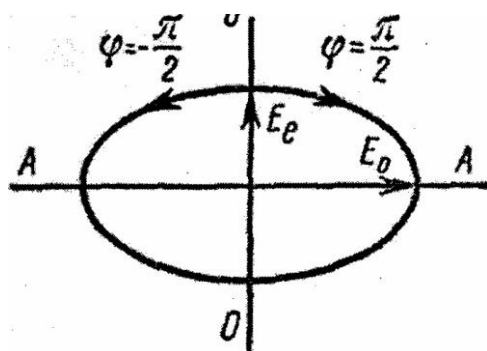
$$(n_0 - n_e) d = \frac{\lambda}{4}$$

bo'ladi. Qalinligi (7.10) ifodadan aniqlanadigan plastinka $\ll \frac{1}{4}$ to'liqinli (chorak to'liqinli) plastinka» nomi bilan yuritiladi.

$\Delta\varphi = \frac{\pi}{2}$ bo'lganda (7.9) ifoda:

$$\frac{E_0^2}{E_{01}^2} + \frac{E_e^2}{E_{e1}^2} = 1 \tag{7.11}$$

ko'rinishiga keladi. (7.11) ifoda bosh o'qlarga nisbatan oriyentatsiyalangan ellips tenglamasidan iborat. Demak, agar qalinligi chorak to'liqinli plastinkaga yassi-qutblangan yorug'lik yuborilsa, u plastinkadan elliptik qutblangan yorug'lik chiqar ekan. Ellipsning bosh o'qlari OO o'q bo'ylab va unga perpendikular yo'nalgan bo'ladi (7.10-rasm).



7.10- rasm

Xususiyl holda, agar kristallning optik o'qi bilan yassi-qutblangan to'liqinning tebranish yo'nalishi orasidagi burchak 45° ga teng bo'lsa, (7.11) dan ellipsning doiraga aylangani ko'rinadi, ya'ni:

$$E_0^2 + E_e^2 = E_{01}^2 \tag{7.11a}$$

Bu holda doiraviy qutblanish yuz beradi. Qutblanish yo'nalishi, ya'ni to'liqinning elektr vektorining aylanishi soat strelkasing yo'nalishi bo'yicha yoki unga teskari bo'lgan yo'nalishi $\Delta\varphi$ faza farqining ishorasiga bog'liq bo'ladi.

$\Delta\varphi = \frac{\pi}{2}$ bo'lganda (odatdagi nur odatdagi bo'lmagan nurga qaraganda faza bo'yicha $\frac{\pi}{2}$ ga orqada qoladi) (7.8) dan: (7.12)

$$\left. \begin{aligned} E_e &= E_{e1} \cdot \cos \omega t \\ E_o &= E_{o1} \cdot \sin \omega t \end{aligned} \right\}$$

hosil bo'ladi. (7.12) dan $t=0$ da $E_e = E_{e1}$ va $E_o = 0$ kelib chiqadi. t ning keyingi orta borishida ($t > 0$ da) E_o ning musbat qiymati orta boradi, E_e esa kamaya boradi (7.10-rasm). Demak, ellips bo'yicha bo'lgan harakat soat strelkasining yo'nalishi bo'ylab bo'ladi.

$\Delta\varphi = -\frac{\pi}{2}$ bo'lganda (odatdagi nur odatdagi bo'lmagan nurga qaraganda faza bo'yicha $\frac{\pi}{2}$ ga oldinda boradi) (7.8) dan:

$$\left. \begin{aligned} E_e &= E_{e1} \cdot \cos \omega t, \\ E_o &= -E_{o1} \cdot \sin \omega t \end{aligned} \right\} \quad (7.13)$$

hosil bo'ladi. (7.13) dan $t = 0$ da $E_e = E_{e1}$ va $E_o = 0$ kelib chiqadi. t ning keyingi orta borishida ($t > 0$ da) E_e ning qiymati kamayadi, E_o manfiy bo'lib qoladi va uning absolut qiymati ortadi, ya'ni ellips bo'yicha bo'lgan harakat soat strelkasining harakatiga teskari bo'ladi.

Chorak to'lqinli plastinkaning qalinligi juda kichik. Sariq rangdagi nurda chorak to'lqinli plastinkaning island shpatidan yasalgandagi qalinligi $n_o - n_e = 0,172$ uchun $d = 5,89 \cdot 10^{-5} / (4 \cdot 0,172)$ sm $= 8,6 \cdot 10^{-5}$ sm bo'ladi. Bunday yupqa plastinkani tayyorlash amalda qiyin. Biroq qalinligi:

$$d = \left(\frac{1}{4} + m \right) \lambda / (n_o - n_e) \quad (7.14)$$

bo'lgan plastinka chorak to'lqinli plastinkaga to'liq ekvivalent bo'la oladi, bu yerda m – biror butun son. Ancha qalin bo'lgan plastinkani yasash uncha qiyinchilik tug'dirmaydi.

TADQIQOT NATIJALARI

Nihoyat, yuqorida bayon etilgan fikrlardan aytilganlarga teskari bo'lgan fikrni, ya'ni elliptik qutblangan yorug'lik chorak to'lqinli plastinkadan yoki unga ekvivalent bo'lgan plastinkadan o'tganda, yassi-qutblangan yorug'likka aylanadi, deb ayta olamiz.

Nurlar orasidagi faza farqi π ga teng bo'lsin.

Faza farqi π ga teng bo'lishi uchun (7.7) ga ko'ra qalinligi:

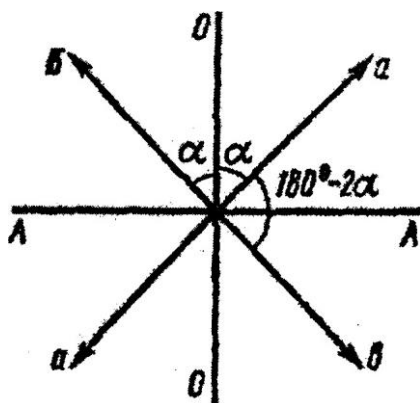
$$d = \lambda / 2 (n_o - n_e) \quad (7.15)$$

bo'lgan plastinka yasash kerak. Odatdagi va odatdagi bo'lmagan nurlar orasidagi optik yo'l farqi bunday plastinkada (7.15) ga ko'ra yarim to'lqin uzunligiga teng bo'lishi kerak. Demak, qalinligi (7.15) formuladan aniqlanadigan plastinka «yarim to'lqin uzunlikli» plastinka deb ataladi. Bunga ekvivalent bo'lgan plastinkaning qalinligi:

$$d = \left(\frac{1}{4} + m \right) \lambda / (n_o - n_e) \quad (7.16)$$

formuladan aniqlanishini ko'rish qiyin emas. $\Delta\varphi = \pi$ bo'lganda (7.9) tenglama:

$$(7.17)$$



7.11- rasm

$$\frac{E_o}{E_{O1}} + \frac{E_e}{E_{e1}} = 0$$

ko‘rinishga keladi, ya’ni bu holda ellips bb to‘g‘ri chiziqqa aylanadi (7.11- rasm). Demak, yassi-qutblangan yorug‘likning (tebranish birinchi va uchinchi kvadrantlarda aa yo‘nalish bo‘yicha yuzaga keladi) $\frac{1}{2}$ to‘lqinli plastinkadan o‘tganida yassi-qutblanganlik saqlanadi, lekin tebranish yo‘nalishi $180^\circ - 2\alpha$ burchakka o‘zgarib, bb yo‘nalishga (ikkinchi va to‘rtinchi kvadrantga) o‘tadi.

Nurlar orasidagi faza farqi 2π ga teng bo‘lsin.

Faza farqi 2π ga teng bo‘lishi uchun (7.7) ga ko‘ra qalinligi

$$d = \lambda / (n_o - n_e) \quad (7.18)$$

bo‘lgan plastinka yoki unga ekvivalent bo‘lgan

$$d = m \lambda / (n_o - n_e) \quad (7.19)$$

plastinka tayyorlash kerak bo‘ladi. Odatdagi ya odatdagi bo‘lmagan nurlar orasidagi optik yo‘l farqi to‘lqin uzunligiga teng bo‘ladigan qilib yasalgan plastinkani « 1λ li plastinka» yoki boshqacha aytganda "bir to‘lqin uzunlikli plastinka» deb ataladi.

$\Delta\varphi = 2\pi$ bo‘lganda (7.9) tenglama

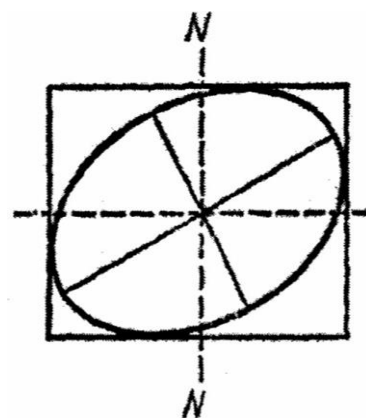
$$\frac{E_o}{E_{O1}} + \frac{E_e}{E_{e1}} = 0$$

ko‘rinishga keladi, ya’ni ellipsning tenglamasi aa to‘g‘ri chiziqqa aylanadi (7.11- rasm). Demak, « 1λ li plastinka» yassi-qutblangan yorug‘likni tebranish yo‘nalishini o‘zgarishsiz o‘tkazadi.

Ma’lum bo‘lgan qutblagichlar (masalan, Nikol prizmasi) elliptik-qutblangan yorug‘likni qisman qutblangan yorug‘likdan, shuningdek, tabiiy yorug‘likdan farqlash imkonini bermaydi. Agar elliptik-qutblangan yorug‘likni nikoldan o‘tkazib, uni nur o‘qi atrofida bursak, kuzatilgan natija xuddi shunday tajribani yassi qutblangan yorug‘lik bilan o‘tkazilgandagi natija bilan aynan bir xil bo‘ladi, ya’ni nikoldan o‘tgan yorug‘lik intensivligi bir tekis o‘zgarib borib maksimumga erishadi va noldan farqli minimumga yetib boradi. Nikoldan o‘tgan yorug‘likning amplitudasi nikolning NN bosh tekisligining ellips o‘qlariga nisbatan oriyentatsiyasiga bog‘liq bo‘lishiga ishonch hosil qilish qiyin emas (7.12- rasm).

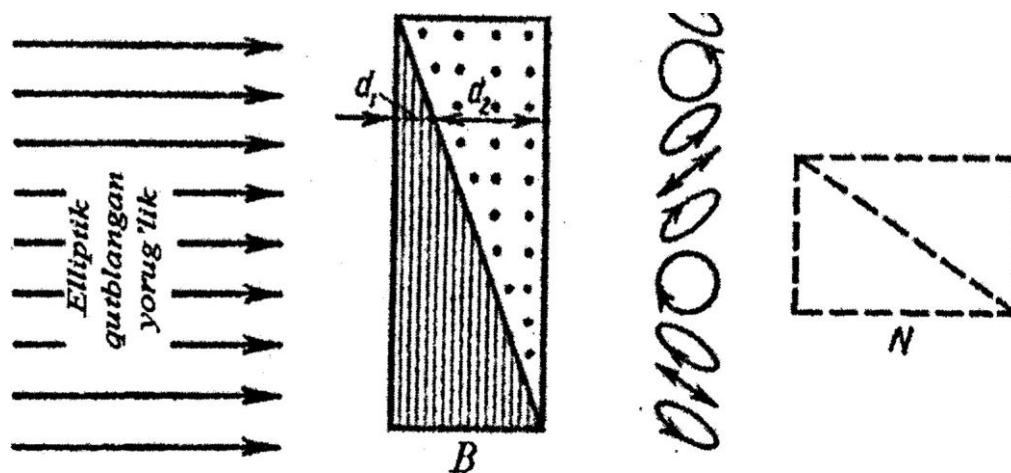
Nikolni nur o‘qi atrofida aylantirish deganda 7.12- rasmdagi to‘rtburchakni chizma tekisligiga tik bo‘lgan o‘q atrofida aylantirish tushuniladi. Nikoldan o‘tgan yorug‘likning intensivligi NN ellipsning katta o‘qi bilan ustma-ust tushganda maksimum, NN ellipsning ichki o‘qi bilan mos tushganda esa minimum bo‘ladi (7.12-rasmga q.).

Doiraviy qutblanishda ellipsning yarim o‘qlari teng va ellips aylanaga aylanib qoladi. Nur o‘qi atrofida nikolni qanday aylantirilganiga qaramay, bu holda nikoldan o‘tgan yorug‘lik intensivligi o‘zgarmasdan qoladi. Tabiiy yorug‘likning nikoldan o‘tganida ham xuddi shunday hodisa kuzatilgan bo‘lar edi.



7.12- rasm

Elliptik qutblangan yorug'likni qisman-qutblangan yorug'likdan doiraviy-qutblangan yorug'likni tabiiy yorug'likdan qanday farq qilish kerak? Bu savolga bundan avvalgi paragrafdagi xulosalardan foydalanib javob berish mumkin. U yerda elliptik yoki doiraviy qutblangan yorug'likni chorak to'liqlik plastinkadan o'tkazilsa, u yassi-qutblangan yorug'likka aylanadi, deyilgan edi. Uni polarizatsion prizmalar (qutblagichlar) yordamida osongina tekshirib ko'rish mumkin. Biroq elliptik (doiraviy) qutblangan yorug'likni bu usul bilan tekshirishda $\frac{1}{4} \lambda$ li plastinkaning bosh yo'nalishi ellipsning bosh o'qlari bilan mos tushishiga erishish kerak. Bu usul ellipsning bosh yo'nalishlarini oldindan aniqlashni talab qilgani uchun, shuningdek ellipsning shakli hamda istagan yo'nalishga nisbatan joylashishini aniqlash imkonini bermagani uchun elliptik-qutblangan yorug'likni tekshirishning boshqa usulini qo'llashga to'g'ri keladi. Shu maqsadda (7.17) ifodaga e'tibor qaratamiz. Bu ifodadan ko'rinishicha fazalar farqi 0 va 2π ga teng bo'lganda ellips to'g'ri chiziqqa aylanadi, ya'ni o'zaro perpendikular komponentlar orasidagi fazalar farqi kompensatsiyalansa, elliptik-qutblangan yorug'lik yassi-qutblangan yorug'likka aylanadi. Shunday qilib, fazalar farqini kompensatsiyalash kattaligini bilgan holda elliptik-qutblangan yorug'likni atroflicha miqdoriy tahlil qilish (tekshirish) mumkin bo'ladi. Bunday ishni amalga oshiradigan, ya'ni odatdagi va odatdagi bo'lmagan nurlar orasidagi



7.13- rasm.

istagan faza farqini kompensatsiyalab, uni nol yoki 2π ga aylantirib beradigan asboblarni kompensatorlar deb ataladi. Kompensatorlarning ikki turi bilan tanishib chiqamiz.

Babine kompensatori.

Babine kompensatori (7.13- rasm) o'zaro perpendikular o'qli kvartsdan tayyorlangan ikkita ponadan iborat. Yorug'lik nuri ponalardan umuman turli xil d_1 va d_2 yo'lni o'tadi. Kvarts ponalarining optik o'qlari o'zaro perpendikular bo'lgani uchun odatdagi nur birinchi ponada odatdagi bo'lmagan nurga, ikkinchi ponada esa aksincha, odatdagi nurga aylanadi. Bu holda odatdagi va odatdagi bo'lmagan nurlar orasidagi qo'shimcha yo'l farqi:

$$\Delta = (n_e - n_o)d_1 + (n_o - n_e)d_2 = (n_e - n_o)(d_1 - d_2). \quad (7.20)$$

(7.20)dagi yo'l farqiga mos keluvchi qo'shimcha fazalar farqi:

$$\Delta\varphi_1 = \frac{2\pi}{\lambda}(n_o - n_e)(d_1 - d_2) \quad (7.21)$$

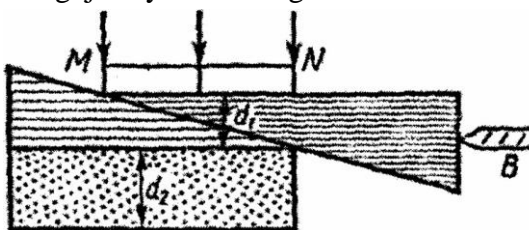
bo'ladi. Demak, d_1 va d_2 qalinliklarni bilgan holda kiritilgan qo'shimcha fazalar farqini topish mumkin.

XULOSA

Shunday qilib, Babine kompensatorining turli qismiga (sohalariga) tushgan elliptik yoki doiraviy qutblangan yorug'lik kompensatordan chiqib turli xarakterdagi qutblanishni qabul qiladi (7.13-rasmga q.). (7.21) formuladan ko'rinishicha Babine kompensatori juda ingichka yorug'lik dastasi bilan ishlashga majbur qiladi, bu uning jiddiy kamchiligi hisoblanadi. Bu kamchilik Soleylya kompensatorida yo'qotilgan.

Soleylya kompensatori.

Soleylya kompensatori (7.14rasm) kvardsdan tayyorlangan ikkita ponadan va to'rtburchakli plastinkadan iborat. Ponalarning optik o'qlari o'zaro parallel bo'lib, to'rt burchakli plastinkaning optik o'qiga esa perpendikular



7.14- rasm.

Chizmada yuqoridagi pona B mikrometrik vint yordamida boshqa pona sirtida o'ziga-o'zi parallel holda ko'chishi mumkin. Ponaning bunday ko'chishi natijasida ponalarning yig'indi qalinligi d_1 ni yassi-parallel plastinkaning d_2 qalinligiga teng yoki undan farqli qilib tanlash mumkin. 7.14-rasmdan Soleylya kompensatorida yorug'likning keng dastasi bilan ishlash mumkinligini ko'rish qiyin emas.

REFERENCES

1. Tolegenova M. T., Urazkulova D. M., Umarov L. A. The importance of modern pedagogical technologies in laboratory classes in optics //ACADEMICIA: An International Multidisciplinary Research Journal. – 2022. – T. 12. – №. 5. – C. 1152-1158.
2. Tolegenova M. T., Ergashova M., O'razqulova D. M. JISM MASSASI VA UNI O'LCHASHDA YO'L QO'YILADIGAN XATOLAR //Science and innovation. – 2022. – T. 1. – №. A2. – C. 80-82.
3. Tolegenova M. T., Ramozonova D., Sh S. YORUG 'LIK TO 'LQININING FIZIK MOHIYATI VA XOSSALARI //Science and innovation. – 2022. – T. 1. – №. A2. – C. 83-85