

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.11388210>

## YORUG‘LIK NURINI MODULYASİYALASHNING FIZIK ASOSLARI

**Kurbanov Mirzaahmad,**

**Sodiqova Shohida Mirzaahmadovna**

O‘zbekiston Milliy universiteti professori, dotsenti

E-mail: [kurbanov1949@bk.ru](mailto:kurbanov1949@bk.ru), [sohidasodikova2@gmail.com](mailto:sohidasodikova2@gmail.com)

### ANNOTATSIYA

*Maqolada optik eltuvchini tashqi usul bilan, ya'ni modulyasiyalovchi qurilmalar yordamida modulyasiyalash uchun elektrooptik, akustooptik, magnitooptik hodisalar, shuningdek, turli xil fotoeffektlardan keng foydalanish. Shuningdek, elektrooptik hodisalar modada tashqi elektr maydoni ta'sirida optikanizotropiya (moda xususiyatlarining turli yo'nalishlarda farqlanish xususiyati) vujudga kelishi bilan tavsiflanishi. Natijada modaning dielektrik singdiruvchanligi, demak, sindirish ko'rsatkichi o'zgartirish imkoniyatlari qaraladi.*

**Kalit so'zlar:** modulyasiya, elektrooptik, akustooptik, magnitooptik, fotoeffekt, optikanizotropiya, modaning dielektrik singdiruvchanligi, sindirish ko'rsatkich, yorug'lik to'lqini, Pockels effekt, monoxromatik, Kerr effekti.

## PHYSICAL BASIS OF LIGHT MODULATION

**Kurbanov Mirzaahmad,**

**Sadiqova Shakhida Mirzaahmadovna**

Professor, associate professor of the National University of Uzbekistan

E-mail: [kurbanov1949@bk.ru](mailto:kurbanov1949@bk.ru), [sohidasodikova2@gmail.com](mailto:sohidasodikova2@gmail.com)

### ABSTRACT

*In the article, the wide use of electro-optical, acousto-optical, magneto-optical phenomena, as well as various photoeffects, is used to modulate the optical carrier by an external method, that is, with the help of modulating devices. Also, electro-optical phenomena are characterized by the appearance of optical anisotropy (differentiation of the properties of the mode in different directions) under the influence of an external electric field. As a result, the possibilities of changing the dielectric constant of the fashion, that is, the refractive index, are considered.*

**Keywords:** modulation, electrooptic, acoustooptic, magneto optic, photoeffect, optical anisotropy, dielectric constant of mode, refractive index, light wave, Pockels effect, monochromatic, Kerr effect.

## KIRISH (ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION)

Elektrooptik jarayonlar, asosan, moda bo‘ylab tarqalayotgan yorug‘lik nurining ikkita nurga ajralishi jarayoni bilan, ya‘ni oddiy va g‘ayrioddiy nurlar deb nomlanadigan bu nurlar turli tezlik bilan tarqaladi va turlicha tekislikda qutblangan bo‘ladi. Bunday kristallarda o‘zaro tik bo‘lgan  $x$  va  $y$  o‘qlar bo‘yicha yorug‘likning sindirish ko‘rsatkichi bu yo‘nalishlarning har birida turlicha bo‘ladi. Kristallning sindirish ko‘rsatkichlarini  $n_x$ ,  $n_y$  qilib belgilaylik. Sindirish ko‘rsatkichi o‘zaro farqlanadigan bunday kristallarni ikki o‘qli kristallar deb ataymiz.

$x$  va  $y$  yo‘nalishlar bo‘yicha optik jihatdan bir jinsli, ya‘ni  $n_x \approx n_y \approx n_z$  bo‘lgan kristallar esa bir o‘qli kristallar deb ataladi. Bir o‘qli kristallarda oddiy yorug‘lik to‘lqini sindirish ko‘rsatkichi  $n_0 = n_x = n_y$ , g‘ayrioddiy to‘lqin uchun esa  $n_n = n_z$  ga teng bo‘ladi.

Bunday turdagi kristallarda yorug‘lik nurining  $z$  o‘qi bo‘yicha tarqalish jarayonida uning tezligi qutblanish holatiga bog‘liq bo‘lmaydi. Agar kristallga yorug‘lik nurining tarqalish yo‘nalishiga ko‘ndalang yo‘nalishda elektr maydoni kiritilsa, sindirish ko‘rsatkichlari  $n_x$  va  $n_y$  orasidagi munosabat o‘zgaradi va kristallik ikki o‘qli bo‘lib qoladi. Natijada  $x$  va  $y$  o‘qlari bo‘yicha qutblangan yorug‘lik to‘lqinlarining muhit bo‘yicha tarqalish tezligi ham bir-biridan farq qila boshlaydi.  $y$  o‘qi bo‘ylab tarqalayotgan oddiy yorug‘lik to‘lqini uchun sindirish ko‘rsatkichi elektr maydon kuchlanganligining ortishi bilan chiziqli tarzda o‘zgaradi:

$$n_0(E) = n_0 + r_p E, \quad (1)$$

bunda  $r_p$ - Pokkels elektrooptik doimiysi;  $E$  - elektr maydon kuchlanganligi;  $n_0$ - sindirish ko‘rsatkichining maydon bo‘lmagan holda, ya‘ni  $E=0$  bo‘lgan holdagi qiymati.

Elektrik maydonga joylashtirilgan kristallarda yorug‘lik sindirish ko‘rsatkichining qo‘yilgan maydon kuchlanganligiga mutanosib o‘zgaradi, bunga chiziqli elektrooptik effekt yoki Pokkels effekti deb yuritiladi.

Demak, tashqi elektr maydoni ta‘sirida boshlang‘ich bir o‘qli kristallik ikki o‘qli kristall xususiyatlarini namoyon etadi va sindirish ko‘rsatkichining o‘zgarishi natijasida u optik jihatdan anizotrop kristall xususiyatiga aylanadi.

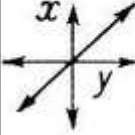

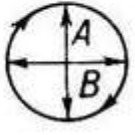


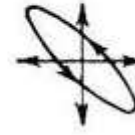
Yorug‘lik to‘lqini bunday kristall bo‘ylab muayyan masofani o‘tganida yorug‘lik to‘lqinining  $y$  va  $x$  yo‘nalishlar bo‘yicha tashkil etuvchilari orasida

$$\Delta\varphi = 2\pi n_0^2 r_p E L / \lambda \quad (2)$$

ga teng faza farqi vujudga keladi [1,4,13,17].

## ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODOLOGIYA (ЛИТЕРАТУРА И МЕТОДОЛОГИЯ / METHODS)

Yorug‘lik nurining kristall bo‘ylab tarqalishi jarayonida turlicha qutblangan to‘lqinlar orasidagi faza farqi o‘zgaradi. Natijada kirish va chiqish signallarining qutblanishi turlicha bo‘lib qoladi. Yorug‘lik to‘lqinining tarqalish masofasi va bunga mos ravishda hosil bo‘lgan faza farqiga qarab, chiqish to‘lqinining qutblanishi quyidagi jadvalda ko‘rsatilgan tarzda o‘zgaradi (1-rasm.).

$\Delta\varphi$	$0^\circ$	$30^\circ = \frac{\pi}{6}$	$90^\circ = \frac{\pi}{2}$	$150^\circ = \frac{5}{6}\pi$	$180^\circ = \pi$	$210^\circ = \frac{7}{6}\pi$
						

1 -rasm. Chiqish yorug‘lik nurlanishi qutblanganlik holatining uning  $y$  va  $x$  yo‘nalishlari bo‘yicha tashkil etuvchi orasidagi faza farqiga bog‘liqligi.

Yorug‘lik to‘lqinining tarqalish yo‘nalishi  $z$  va elektr maydoni kuchlanganligi yo‘nalishining o‘zaro joylashuviga qarab, bo‘ylama ( $z \parallel E$ ) va ko‘ndalang ( $z \perp E$ ) Pokkels hodisalari farqlanadi.

Yorug‘lik to‘lqinini modulyasiyalashda Kerr elektrooptik hodisasidan foydalanilsa, sindirish ko‘rsatkichi va elektr maydon kuchlanganligi orasidagi bog‘lanish quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$n_0(E) = n_0 + r_k E^2, \quad (3)$$

bunda  $r_k$  – Kerr elektrooptik doimiysi, uning qiymati modaning tabiati, harorat va signalning to‘lqin uzunligiga bog‘liq.

Elektr maydoni qo‘yilishidan keyingi va oldingi optik signallar orasida vujudga keladigan faza farqi bu holda quyidagi munosabat bilan ifodalanadi:

$$\Delta\varphi = 2\pi r_k L E^2 \quad \Delta\varphi \quad (4)$$

bunda  $L$  - yorug‘lik signali tomonidan kristall bo‘ylab bosib o‘tilgan masofaning uzunligi.

(4) formuladan ko‘rinadiki, Kerr effekti bo‘yicha faza siljishi elektr maydoni kuchlanganligining o‘zgarishi bilan kvadratik qonun bo‘yicha o‘zgaradi. Shuning uchun kvadratik elektrooptik hodisa deb ataladi.

Tovush to‘lqinlari va yorug‘lik to‘lqinining o‘zaro ta’sirlashuviga asoslangan akustooptik hodisalarning mohiyati shundan iboratki, tovush to‘lqini optik muhit sirtida sindirish ko‘rsatkichini davriy qonuniyat bilan o‘zgartiruvchi va difraksiya panjarasi vazifasini o‘tovchi tuzilma hosil qiladi.

Bu hodisaga asoslangan modulyasiyalash jarayonida Breg yoki Raman - Natt difraksiyalarining hosil bo'lish shartlaridan foydalaniladi. Bu shart quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$2\lambda_{av}\sin\theta = m\lambda, \quad (5)$$

bunda  $\lambda_{av}$  - tovush to'liqining uzunligi, panjara doimiysi vazifasini o'tovchi kattalik;  $m$  - difraksiya tartibi;  $\lambda$  - yorug'lik nurlanishining to'liqin uzunligi;  $\theta$  - yorug'lik nurining akustooptik moda sirtiga tushish burchagi [2,5,8,14,16].

### MUHOKAMA (ОБСУЖДЕНИЕ / DISCUSSION)

Yorug'lik to'liqini modulyasiyalash jarayoni amplituda bo'yicha modulyasiyalangan tovush to'liqini vositasida amalga oshiriladi. Bu to'liqinning akustooptik moda bilan ta'sirlashuvi chiqish to'liqini - difraksiyalangan to'liqin intensivligini modulyasiyalaydi.

Magnit maydoni ta'sirida optik moda parametrlarining o'zgarishi - magnitooptik hodisa deyiladi. Bu hodisani turli qutblanishga ega bo'lgan yorug'lik to'liqlari tarqalish tezligining farqi bilan tushuntirish mumkin. Agar, chiziqli tarzda qutblangan monoxromatik yorug'lik to'liqini induksiyasi  $B$  ga teng bo'lgan magnet maydoniga joylashtirilgan optik modaga tarqalish yo'nalishi magnet maydoni yo'nalishiga mos holda tushayotgan bo'lsa, chiziqli qutblangan yorug'lik to'liqining turlicha qutblanishli ikkita to'liqinning yig'indisi deb qarash mumkin. Magnet maydoni ta'sirida bu to'liqlar uchun sindirish ko'rsatkichi o'zaro farq qilib  $n_1$ ,  $n_2$  bo'lib qoladi [3,9,11,15,17].

Shunday qilib, moda bo'ylab  $L$  masofaga tarqalgan bu to'liqlar orasida quyidagi faza farqi vujudga keladi:

$$\Delta\varphi = \frac{\omega L(n_1 - n_2)}{c}, \quad (6)$$

bunda  $n_1 - n_2$  magnet induksiyasiga proporsional kattalik. Moddalarning optik xususiyatlariga qarab, ftohodisalar qatoriga fotoo'tkazuvchanlik, fotoxrom va fotokristallik effektlari ham misol bo'la oladi.

### XULOSA (ЗАКЛЮЧЕНИЕ / CONCLUSION)

Yorug'lik ta'sirida yarimo'tkazgich elektrik o'tkazuvchanligining o'zgarishiga fotoo'tkazuvchanlik deyiladi. Bu o'zgarish modaning optik parametrlariga, jumladan, uning sindirish ko'rsatkichiga ta'sir ko'rsatadi. Bu hol ushbu hodisadan yorug'lik nurlanishini modulyasiyalash maqsadida foydalanish imkonini beradi.

Fotoxrom effekti maxsus aralashmali noorganik shisha, organik polimerlar kabi modalar rangining qisqa to'liqlar diapazonidagi ultrabinafsha yoki ko'zga ko'rinvchi qisqa to'liqli nurlanish oqimi ta'sirida o'zgarishi bilan sodir bo'ladi. Bu

holda modaning dastlabki holatiga qaytarish uchun unga infraqizil diapazonli yorug'lik bilan ta'sir etish yoki uni isitish talab etiladi [10].

Amorf tuzilishli yarimo'tkazgichlarda kuzatiladigan fotokristallik effekti shunday hodisaki, unda yuqori intensivlikka ega bo'lgan yorug'lik oqimi ta'sirida modaning kristallanish tarzi va shu tariqa sindirish ko'rsatkichining qiymatining o'zgarishi yuz beradi.

## ADABIYOTLAR RO'XATI (ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES)

1. Kurbanov M., Sodiqova Sh.M. (2022). Yorug'likning Raman sochilishiga asoslangan optik kuchaytirgichlar. Fotoenergetikada nanostrukturali Yarimo'tkazgich materiallar. TDTU. 3-Xalqaro ilmiy anjuman ma'ruzalar to'plami 24-25 ноябр, -Т. – B.268-270.
2. Kurbanov M., Sodiqova Sh.M. (2023). Optik nurtolalarning rivojlanish tarixi va ularning qo'llanilish sohalari. Educational Research in Universal Sciences, Impact Factor-5.564, Vol 2 No,4.-Pp. 128–133.
3. Kurbanov M., Kurbanov Kh (2023). Fizikadan fundamental qonunlarni o'rganiladigan laboratoriya mashg'ulotlarini tashkil etish va o'tkazish metodikasi. Educational Research in Universal Sciences, Impact Factor-5.564, Vol 1No,5.-Pp. 4-8.
4. Kurbanov M., Kurbanov Kh (2023). Texnik-muhandislik oliy ta'lim muassasalarida fizika faniga oid kompetensiyalarni rivojlantirish metodikasi. Educational Research in Universal Sciences, Impact Factor-5.564, Vol 2 No,10. -Pp. 210-217.
5. Sodiqova Sh.M., Otajonov Sh. Qurbonov M. (2020). Lazerlar va ularning amaliyotdagi o'rni.O'quv qo'llanma. Fan va texnologiya nashriyoti. 216 bet.
6. Sodikova Sh.M. (2018). Method of developing and lecturing special courses in physics // Eastern European Scientific Journal. – Germany, №1,– P.170-176.
7. Sodiqova Sh.M. (2018). Akademik liseylar uchun yaratilgan «Lazerlar va ularning amaliyotdagi o'rni» Maxsus kursning mazmuni va o'qitish uslublarining o'ziga xos xususiyatlari // Fizika, matematika va informatika. Ilmiy-uslubiy jurnal. – Toshkent. – №2. – B.97-103.
8. Sodiqova Sh.M., Otajonov Sh., Qurbonov M. (2020). Lazerlar va ularning amaliyotdagi o'rni // O'quv qo'llanma. – Toshkent, O'zMU. – 215 b.
9. Sodiqova Sh.M., Otajonov Sh., Qurbonov M. (2015). Fizikani chuqur o'rganadigan akademik liseylarda «Maxsus kurs» fanlarini o'qitishning dolzarb masalalari // Ta'lim, fan va innovatsiya. Ma'naviy-ma'rifiy, ilmiy-uslubiy jurnal. –

Toshkent. – №3. – Б. 23-27.

10. Курбанов М., Содикова Ш.М. (2022). Методика разработки спецкурсов по физике //Gospodarka i Innowacje. – С. 299-302.

11. Kurbanov M., Kurbanov K. (2023). Oliy ta'lim tizimini o'quv laboratoriya ishlarini modernizatsiyalashning ustuvor yo'nalishlari //Educational Research in Universal Sciences. – Т. 2. –№. 10. –В.4-8.

12. Kurbanov M. et al. (2020). Elements of optoelectronics in the course of general physics //International Journal of Advanced Science and Technology. – №. 5. – Pp. 1854-1861.

13. Kurbanov M., Kurbanov K. (2023). Texnik-muhandislik oliy ta'lim muassasalarida fizika faniga oid kompetensiyalarni rivojlantirish metodikasi //Educational Research in Universal Sciences. –Т. 2. –№. 10. –В. 210-217.

14. Kurbanov M., Kurbanov K. (2023). Fizikadan fundamental qonunlarni o'rganiladigan laboratoriya mashg'ulotlarini tashkil etish va o'tkazish metodikasi //Educational Research in Universal Sciences. – Т. 2. – №. 5. –В. 4-8.

15. Kurbanov M., Kurbanov X. (2023). Amaliy mashg'ulotlarni bajarish jarayonida olingan natijalarni maple dasturi asosida tahlil qilish //Educational Research in Universal Sciences. – Т. – №. 4. –В.4-7.

16. Курбанов М., Курбанов Х. (2022). Физика лаборатория машғулотларида ахборот коммуникация технологияларидан фойдаланиш //Educational Research in Universal Sciences. – Т. 1. – №. 4. –С.203-207.

17. Kurbanov M., Kurbanov K. (2023). Oliy ta'lim tizimini o'quv laboratoriya ishlarini modernizatsiyalashning ustuvor yo'nalishlari //Educational Research in Universal Sciences. – Т. 2. – №. 10. – С. 4-8.