



## YORUG‘LIK TEZLIGI VA UNI O‘LCHASH USULLARI

<sup>1</sup>G‘.A.Ibodullayev, <sup>1</sup>A.Q.Hasanov, <sup>2</sup>SH.M.Sa‘dullayeva

<sup>1</sup>UrDPI “Aniq va tabiiy fanlar” fakulteti “Fizika va astronomiya” kafedrası  
o‘qituvchilari

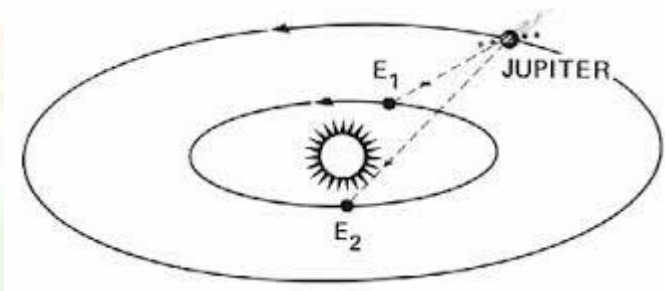
<sup>2</sup>UrDPI “Fizika va astronomiya” kafedrası “Fizika” yo‘nalishi 2-kurs talabasi  
[Shahrizodasadullayeva93@gmail.com](mailto:Shahrizodasadullayeva93@gmail.com)

**Annotatsiya.** Ushbu maqolada yorug‘lik tezligining fundamental fizik doimiy sifatidagi ahamiyati, uning tarixiy rivojlanishi va zamonaviy o‘lchash metodologiyalari tahlil qilinadi. Yorug‘lik tezligi vakuumda aniq 299 792 458 m/s ga teng bo‘lib, bu qiymat 1983-yildan beri Xalqaro birliklar tizimi (SI) da metrning asosiy ta‘rifi sifatida qabul qilingan. Maqolada Galileo, Remer, Bredli, Fizo, Fuko va Maykelsonning klassik tajribalari, shuningdek, lazer interferometriyasi, optik rezonans g‘ovaklari va atom soatlari yordamida amalga oshirilgan zamonaviy o‘lchash usullari batafsil ko‘rib chiqiladi. Yorug‘lik tezligining maxsus nisbiylik nazariyasi, kosmologiya, global navigatsion sun‘iy yo‘ldosh tizimlari (GNSS) va kvant optikasidagi roli muhokama qilinadi.

**Kalit so‘zlar.** yorug‘lik tezligi, vakuum, fundamental doimiy, o‘lchash usullari, Fizo tajribasi, Maykelson interferometri, SI tizimi, nisbiylik nazariyasi.

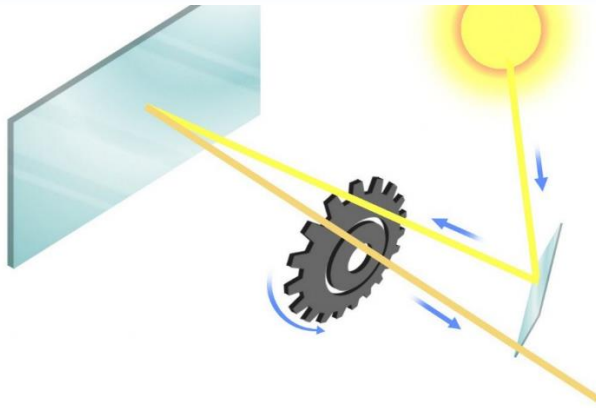
Yorug‘lik tezligi (c) – bu elektromagnit to‘lqinlarning vakuumdagi tarqalish tezligi bo‘lib, fizikaning eng muhim universal doimiylaridan biridir. U nafaqat optika va elektrodinamika, balki maxsus va umumiy nisbiylik nazariyalari, kvant mexanikasi va zamonaviy kosmologiyaning asosiy tayanchidir. Yorug‘lik tezligining aniq qiymatini aniqlash bir necha asrlik ilmiy izlanishlar natijasida amalga oshirildi. Bugungi kunda (c) qiymati eksperimental o‘lchov natijasi emas, balki SI tizimidagi metrning ta‘rifi orqali qat‘iy belgilangan doimiy hisoblanadi. Ushbu maqolada yorug‘lik tezligini o‘lchash tarixi, metodologik yondashuvlar va uning zamonaviy fan-texnikadagi ahamiyati ko‘rib chiqiladi [1].

Galileo Galilei (1638) yorug'lik tezligini cheklangan deb hisoblagan bo'lsa-da, uning lampalar yordamidagi tajribasi yer sharidagi masofalar uchun juda kichik vaqtlarni o'lchash imkonini bermagani sababli natijasiz qoldi. Birinchi muvaffaqiyatli baholash daniyalik astronom Ole Rømer tomonidan 1676-yilda Yupiterning Io yo'ldoshining tutilishlaridagi vaqt siljishlariga asoslangan holda amalga oshirildi. Rømer yorug'likning Yer orbitasi diametrini kesib o'tishi uchun taxminan 22 daqiqa vaqt sarflashini hisoblab, ( $c$  asosan 220,000) km/s qiymatini oldi. Bu natija o'sha davr uchun inqilobiy edi (1-rasm).



**1-rasm.** Ryomerning yorug'lik tezligini hisoblash metodi.

1728-yilda ingliz astronomi James Bradley yulduzlarning aberratsiya hodisasini kashf etdi. Yerning orbital harakati tufayli yulduzlar pozitsiyasining o'zgarishini tahlil qilib, u ( $c$  asosan 301,000) km/s qiymatini aniqladi. Bu usub astronomik kuzatishlar yordamida yorug'lik tezligini aniqroq baholash imkonini berdi. Yorug'lik tezligini yer sharoitida o'lchashga urinishlar 19-asrda boshlandi. 1849-yilda fransuz fizigi Armand Hippolyte Louis Fizeo tishli g'ildirak usulini taklif qildi. Tajribada yorug'lik nuri aylanayotgan tishli g'ildirak orqali o'tkazilib, 8 km masofadagi oynadan qaytardi. G'ildirakning aylanish tezligi shunday tanlandiki, qaytgan nur tish orasidan o'tib ko'zga yetib kelsin. Fizeo ( $c = 315,000 \text{ pm } 5,000$ ) km/s qiymatini oldi. 1850-yilda Leon Foucault aylanuvchi oyna usulini takomillashtirdi. U yorug'lik nuri aylanuvchi oynadan qaytib, statsionar oynaga tushganda, oyna burilishi sababli nurning siljishini o'lchadi. Foucault usuli yorug'likning havoda suvdan tezroq tarqalishini isbotladi va ( $c=298,000$ ) km/s qiymatini berdi (2-rasm).



**2-rasm.** Yorug‘lik tezligini hisoblashning Fizo usuli.

Albert Abraham Michelson 1879-yildan boshlab yorug‘lik tezligini o‘lchash bo‘yicha bir qator yuqori aniqlikdagi tajribalar o‘tkazdi. U Foucault usulini takomillashtirib, uzunroq bazalar (35 km gacha) va yuqori tezlikda aylanuvchi prizmalardan foydalandi. 1926-yilda Mount Wilson observatoriyasida o‘tkazilgan tajribada u ( $c = 299,796 \text{ km/s}$ ) qiymatini e‘lon qildi. Bu natija bir necha o‘n yillar davomida eng aniq hisoblandi va Michelson 1907-yilda ushbu sohadagi ishlari uchun Nobel mukofotiga sazovor bo‘ldi. 20-asrning ikkinchi yarmida lazerlarning ixtiro qilinishi yorug‘lik tezligini o‘lchashda yangi davrni boshlab berdi. Yorug‘lik tezligi ( $c = \lambda \nu$ ) formulasi orqali to‘lqin uzunligi ( $\lambda$ ) va chastota ( $\nu$ ) ko‘paytmasi sifatida aniqlanadi. Agar chastotani atom soatlari yordamida o‘ta yuqori aniqlikda o‘lchash va to‘lqin uzunligini interferometriya yordamida aniqlash mumkin bo‘lsa, ( $c$ ) ni bilvosita hisoblash imkoniyati paydo bo‘ldi. 1970-yillarda NIST va boshqa laboratoriyalarda geliy-neon lazerlari yordamida o‘tkazilgan o‘lchovlar ( $c$ ) ning noaniqligini 1 m/s dan kamaytirdi [2].

Optik rezonans g‘ovaklari (masalan, Fabry-Perot interferometrlari) yordamida elektromagnit to‘lqinlarning rezonans chastotalari o‘lchanadi. G‘ovakning fizik o‘lchamlari aniq ma‘lum bo‘lsa, rezonans shartlari orqali yorug‘lik tezligi hisoblanadi. Bu usub metrologiyada yuqori takrorlanuvchanlik va barqarorlikni ta‘minlaydi. 1983-yilda Xalqaro vaznlar va o‘lchovlar byurosi (BIPM) tomonidan qabul qilingan qarorga ko‘ra, yorug‘lik tezligi vakuumda aniq 299 792 458 m/s ga teng deb belgilandi. Shu bilan birga, metr quyidagicha ta‘riflandi: bir metr – bu yorug‘likning vakuumda 1/299 792 458 sekund vaqt oralig‘ida bosib



o'tgan masofasidir. Bu yondashuv ( $c$ ) ni o'lchanadigan kattalik emas, balki ta'rif asosi bo'lgan doimiyga aylantirdi. Endi uzunlik o'lchovlari vaqt o'lchovlariga (sezium atom soatlari) bog'liq bo'lib, metrologik tizimning barqarorligi oshdi [3].

XX asrning ikkinchi yarmida lazer texnologiyasining joriy etilishi yorug'lik tezligini o'lchashda yangi davrni boshlab berdi. Yorug'lik tezligi to'lqin uzunligi ( $\lambda$ ) va chastota ( $\nu$ ) orqali quyidagi munosabat bilan ifodalanadi:  $c = \lambda \cdot \nu$

Chastotani sezium atom soatlari yordamida o'ta yuqori aniqlikda (nisbiy xatolik  $10^{-15}$  darajasida) o'lchash imkoniyati paydo bo'lgach,  $c$  ni bilvosita hisoblash usullari ustunlik qila boshladi. 1970-yillarda NIST va boshqa milliy metrologiya laboratoriyalarida geliy-neon lazerlari, interferometrlar va optik chastota tarozilari yordamida o'tkazilgan o'lchovlar  $c$  ning noaniqligini 1 m/s dan pastga tushirdi.

Optik rezonans g'ovaklari (masalan, Fabry–Perot interferometrlari) yordamida elektromagnit to'lqinlarning rezonans chastotalari o'lchanadi. G'ovakning geometrik o'lchamlari aniq ma'lum bo'lgan sharoitda, rezonans shartlari asosida yorug'lik tezligi hisoblanadi. Bu usul metrologiyada yuqori takrorlanuvchanlik, barqarorlik va tizimli xatoliklarni minimallashtirish imkonini berdi [4].

Maxsus nisbiylik nazariyasida ( $c$ ) barcha inertial sanoq sistemalarida o'zgarmas bo'lib, materiya va energiyaning maksimal tarqalish tezligidir.  $E = mc^2$  formulasi massa va energiyaning ekvivalentligini ko'rsatadi. Umumiy nisbiylik nazariyasida ( $c$ ) gravitatsion to'lqinlarning tezligi sifatida ham namoyon bo'ladi va fazo-vaqt egilishini tavsiflashda markaziy rol o'ynaydi. Yorug'lik tezligi kosmik masofalarni o'lchashda asosiy birlik hisoblanadi. Yorug'lik yili (ly) – bu yorug'likning bir yilda bosib o'tgan masofasi ( $\sim 9.46 \times 10^{12}$  km). Qizil siljish va Hubble qonuni orqali koinotning kengayish tezligi aniqlanadi. Shuningdek, yorug'lik tezligining cheklanganligi tufayli biz osmon jismlarini ularning o'tmishdagi holatida kuzatamiz [6].

GNSS (GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou): Sun'iy yo'ldoshlardan yerga yuborilgan signallar yorug'lik tezligi bilan tarqaladi. Soatlarning nisbiy va gravitatsion vaqt siljishlarini hisobga olmaslik, pozitsiyalashda kuniga bir necha km



xatolikka olib keladi. Shuning uchun tizimda nisbiylik nazariyasi tuzatishlari qo'llaniladi.

Ma'lumot uzatish tezligi va signallarning kechikishi ( $c$ ) ning muhitdagi samarali qiymatiga bog'liq.

Yuqori energiyali fizika: Zarrachalar tezlatgichlarida protonlar va elektronlar ( $c$ ) ga yaqin tezliklarda harakatlanadi, ularning kinetik energiyasi nisbiylik formulalari orqali hisoblanadi [5].

## XULOSA

Yorug'lik tezligini o'lchash tarixi insoniyatning tabiat qonunlarini anglashdagi izchil harakati bo'lib, astronomik kuzatishlardan tortib zamonaviy kvant optikasigacha bo'lgan metodologik rivojlanishni aks ettiradi. Bugungi kunda ( $c = 299,792,458$ ) m/s qiymati fundamental doimiy sifatida qabul qilingan bo'lib, u uzunlik birligining ta'rifida asos qilib olingan. Bu yondashuv metrologik tizimning barqarorligini oshirish bilan birga, fizik nazariyalar va amaliy texnologiyalar (GNSS, lazer texnikasi, kosmik tadqiqotlar) uchun mustahkam poydevor yaratdi. Kelajakda yorug'lik tezligining vakuumdagi o'zgarmasligi, kvant gravitatsiyasi nazariyalari va kosmik kengayish dinamikasini o'rganishda muhim rol o'ynashda davom etadi.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. BIPM (2019). The International System of Units (SI), 9th edition. Bureau International des Poids et Mesures.
2. National Institute of Standards and Technology (NIST). Speed of Light. NIST Reference on Constants, Units, and Uncertainty.
3. Will, C. M. (2014). The Confrontation between General Relativity and Experiment. Living Reviews in Relativity, 17, 4.
4. Ashby, N. (2003). Relativity in the Global Positioning System. Living Reviews in Relativity, 6, 5. O'zbekiston Fanlar Akademiyasi. (2020). Fizika asoslari: Optika va nisbiylik nazariyasi. Toshkent: Fan nashriyoti.