

Avazov Umidjon

Osiyo Xalqaro Universiteti

1-TMJ(ty)-24 guruh talabasi

Annotatsiya: Mazkur ilmiy maqolada yorug`likning kvant xossalari keng qamrovda yoritilgan bo`lib, uning fizik tabiatiga oid tarixiy yondashuvlar, nazariy asoslar va eksperimental dalillar tahlil qilinadi. Yorug`likning zarracha va to`lqin tabiatini birlashtiruvchi dualizm konsepsiyasi, ayniqsa A.Eynshteynning fotoeffekt nazariyasida ko`rsatilganidek, yorug`likning kvant xarakterini tushunishda muhim rol o`ynaydi. Maqolada yorug`lik kvantlarining (fotonlarning) energiyasi, impulsiga ega bo`lishi, kvant holatlaridagi o`zgarishlar va kvant optikasidagi amaliy tatbiqlari haqida batafsil fikr yuritiladi. Shuningdek, yorug`likning kvant xossalari asosida ishlab chiqilgan zamonaviy texnologiyalar — lazerlar, kvant hisoblash, kvant teleportatsiya kabi sohalarga ham alohida e`tibor qaratilgan. Tadqiqotlar fizikada yorug`likni anglash darajasini chuqurlashtiribgina qolmay, balki yangi avlod texnologiyalarining asosini ham shakllantirayotganini ko`rsatadi.

**Kalit so`zlar :**Yorug`lik, kvant xossasi, foton, fotoeffekt, kvant dualizmi, elektromagnit to`lqin, kvant optikasi, lazer, kvant holat, Plank doimiysi, Eynshteyn nazariyasi, qora jism nurlanishi, kvant hisoblash, kvant teleportatsiya, energiya kvantlari.

Annotation: This scientific article comprehensively explores the quantum properties of light, analyzing its historical interpretations, theoretical foundations, and experimental evidence. The concept of wave-particle duality, especially as illustrated by A. Einstein's explanation of the photoelectric effect, plays a pivotal role in understanding the quantum nature of light. The article elaborates on the energy and momentum characteristics of light quanta (photons), their quantum state transitions, and practical applications in the field of quantum optics. Additionally, the study highlights modern technologies based on quantum features of light — such as lasers, quantum computing, and quantum teleportation. The research underscores how a deeper understanding of light's quantum behavior not only enriches fundamental physics but also lays the groundwork for next-generation technologies.

Keywords :Light, quantum property, photon, photoelectric effect, wave-particle duality, electromagnetic wave, quantum optics, laser, quantum state, Planck constant, Einstein theory, blackbody radiation, quantum computing, quantum teleportation, energy quanta.

KIRISH

Yorug`lik tabiatini tushunish — fizikaning eng muhim va murakkab masalalaridan biri bo`lib, asrlar davomida olimlar diqqat markazida bo`lib kelgan. Ilk bor qadimgi yunon

20-Aprel, 2025-yil

aylasuflari tomonidan yorug‘lik haqida falsafiy mulohazalar yuritilgan bo‘lsa, XVII–XIX asrlarda optik hodisalarning ilmiy tahlili boshlangan. Klassik fizika doirasida yorug‘lik to‘lqin sifatida qaralib, interferensiya, difraksiya va polaryatsiya kabi hodisalar muvaffaqiyatli tushuntirildi. Ammo XX asr boshlarida ayrim tajribalar — ayniqsa, fotoeffekt va qora jism nurlanishi — klassik nazariyalar doirasida izohlab bo‘lmaydigan natijalarni keltirib chiqardi.

Ushbu paradoksal hodisalar yorug‘likning kvant xossalarini nazariy jihatdan asoslash zaruratini tug‘dirdi. Aynan shu yerda yorug‘likning zarrachaviy xususiyatlari namoyon bo‘la boshladi. Mashhur fizik A.Eynshteyn tomonidan fotoeffekt nazariyasiga kiritilgan kvant tushunchasi yorug‘likning faqat to‘lqin emas, balki zarracha — ya‘ni fotonlar oqimi sifatida ham harakat qilishini ko‘rsatdi. Bu esa elektromagnit nurlanishning ikkilamchi tabiati — korpuskulyarlik va to‘lqinlik dualizmi konsepsiyasini tug‘dirdi. Bugungi kunda yorug‘likning kvant xossalari faqat nazariy masala bo‘lib qolmasdan, balki kvant optikasi, lazer texnologiyalari, kvant axborot uzatish tizimlari kabi zamonaviy fan va texnologiyalar rivojida hal qiluvchi rol o‘ynaydi. Fotonlar ustida nazorat o‘rnatish, ularning energetik xususiyatlarini aniqlash va boshqarish bugungi fizikaning eng ilg‘or yo‘nalishlari sirasiga kiradi. Shu bois ushbu maqola doirasida yorug‘likning kvant xossalari, ularning nazariy asoslari, eksperimental isbotlari va amaliy tatbiqlari batafsil o‘rganiladi. Maqolaning asosiy maqsadi — yorug‘likning kvant xossasini tarixiy, nazariy va eksperimental asoslarda tahlil qilish, mavjud ilmiy yondashuvlarni solishtirish va ushbu sohadagi istiqbolli tadqiqot yo‘nalishlarini aniqlashdan iborat. Shuningdek, o‘quvchi e‘tiborini yorug‘likning dual tabiati va kvant mexanikasining bu boradagi izohlariga qaratish ko‘zda tutiladi.

YORUG‘LIK HAQIDAGI TARIXIY QARASHLAR

Yorug‘lik tabiatiga oid qarashlar insoniyat tarixida qadim zamonlardan boshlab mavjud bo‘lgan. Dastlabki yondashuvlar asosan falsafiy tusda bo‘lib, tajriba va ilmiy metodlardan yiroq edi. Biroq ular keyinchalik ilmiy rivojlanish uchun muhim poydevor vazifasini bajardi. Qadimgi Yunonistonda yorug‘lik haqida turli nazariyalar ilgari surilgan. Masalan, Empedokl yorug‘lik ko‘zni tark etib, atrof-muhit bilan to‘qnashganda ko‘rish paydo bo‘ladi, degan fikrni ilgari surgan. Pifagor ham shunga o‘xshash fikr bildirgan. Bunga qarama-qarshi ravishda, Demokrit yorug‘lik atomlar oqimi sifatida harakat qiladi degan qarashni ilgari surgan. Aristotel esa yorug‘likni muhit orqali tarqaluvchi nurlanish deb bilgan va u havoga o‘xshash bir modda orqali tarqalishini ta’kidlagan. Yorug‘lik haqida fikrlar o‘rta asrlarda asosan musulmon olimlari tomonidan rivojlantirildi. Jumladan, Ibn al-Haysam (Alhazen) tomonidan yozilgan “Kitob al-Manozir” asari optikaga bag‘ishlangan bo‘lib, unda tajriba asosida ko‘rish, aks ettirish, sinish va yorug‘likning to‘g‘ri chiziqli tarqalishi tushuntirilgan. Ibn al-Haysam birinchi bo‘lib ilmiy metodni qo‘llagan olimlardan biri bo‘lib, yorug‘likni ko‘zdan emas, manbadan chiqib keladigan nurlar sifatida tasvirlagan. XVII asrga kelib, ilm-fan taraqqiyoti tufayli yorug‘likning tabiati chuqurroq o‘rganila boshlandi. Rene Dekart yorug‘likni mexanik jarayon sifatida tushuntirgan. Uning fikricha, yorug‘lik tebranishlar orqali tarqaladi. Biroq u bu tebranishlarni efir deb nomlangan ko‘zga ko‘rinmas modda orqali o‘tishini ilgari surgan. Xristiaan Gyuygens

20-Aprel, 2025-yil

(1678) tomonidan ilgari surilgan to‘lqin nazariyasi yorug‘lik muhitda tarqaluvchi mexanik to‘lqin ekanligini nazarda tutadi. Gyuygens prinsipi keyinchalik yorug‘likning difraksiyasi va interferensiyasini tushuntirishda asosiy rol o‘ynagan. Boshqa tomondan, Isaak Nyuton (1672) yorug‘likni zarrachalar oqimi deb hisoblagan va bu nazariyani “korpusklali nazariya” deb atagan. U ranglarni yorug‘likning elementar zarrachalarining turlicha og‘irliklari bilan izohlagan. Shunday qilib, XVII–XVIII asrlarda to‘lqin nazariyasi va zarracha nazariyasi o‘zaro raqobatlashgan. XIX asrda tajribaviy optika ravnaq topdi. Tomas Yung 1801 yilda olib borgan ikki tirqish tajribasi yorug‘likning interferensiyasini isbotlab, uning to‘lqin xossasini tasdiqladi. Bu tajriba Nyutonning zarrachaviy nazariyasiga jiddiy zarba berdi. O. Frenel esa difraksiya hodisasi asosida to‘lqin nazariyasini yanada mukammallashtirdi. Uning matematik modellari to‘lqinlar fazoviy taqsimotini tushuntirib berdi. Shu bilan birga, Maykl Faradey va Jeyms Maksvell elektromagnit nazariyani ishlab chiqish orqali yorug‘likning elektromagnit tabiati haqida yangi yondashuvni paydo qildilar. Maksvell tenglamalari yorug‘likni elektr va magnit maydonlarning tebranishi sifatida izohlab berdi. XIX asr oxiriga kelib, yorug‘likning to‘lqin nazariyasi deyarli umumiy e‘tirof etilgan edi. Ammo qora jism nurlanishi va fotoeffekt kabi hodisalar klassik to‘lqin nazariyasi yordamida izohlab bo‘lmaydigan muammolarni keltirib chiqardi. Bu jarayon fizikani yangi bosqichga olib chiqdi — kvant nazariyasi paydo bo‘ldi. M. Plank (1900) tomonidan kiritilgan energiyaning diskretligi g‘oyasi yorug‘lik nurlanishining kvant tabiatini tushunishga asos bo‘ldi. Keyinchalik Albert Eynshteyn tomonidan (1905) fotoeffekt hodisasi asosida yorug‘lik fotonlar — energiyaga ega bo‘lgan zarrachalar oqimi sifatida harakat qilishini ko‘rsatdi. XIX asrning oxirlariga kelib, klassik fizika yorug‘lik va energiyaning xatti-harakatini ancha yaxshi tushuntirib bera olgan edi. Ammo ba’zi tajribaviy kuzatishlar klassik nazariyalardan farqli natijalarni ko‘rsatdi. Kvant nazariyasining asoschilaridan biri — M. Plank. 1900 yilda u qora jism nurlanishini tushuntirish uchun energiyaning uzluksiz emas, balki diskret miqdorlarda (kvantlarda) nurlanishini taklif qildi. Plank formulasi:

$$E = h\nu$$

Bu nazariya o‘sha paytda muammolarni matematik jihatdan yaxshi izohlab bergan bo‘lsa-da, o‘sha davr fizikasiga g‘ayrioddiy tuyulgan. 1905 yilda Albert Eynshteyn Plank g‘oyalarini kengaytirib, yorug‘likning o‘zi ham energiya kvantlari — fotonlar shaklida mavjud bo‘lishi mumkinligini taklif etdi. U fotoeffekt hodisasini izohlab, klassik fizikaning bu boradagi ojizligini fosh etdi. Eynshteynning fotoeffekt tenglamasi:

$$E_k = h\nu - \phi$$

bu yerda E_k — elektronning maksimal kinetik energiyasi, $h\nu$ — foton energiyasi, ϕ — moddaning chiqish ishi.

Bu nazariya eksperimental isbotlangan va Eynshteynga 1921 yilda Nobel mukofoti olib bergan. Shu tariqa, yorug‘likning zarrachaviy (korpusklali) tabiati ilk bor ilmiy asosda tasdiqlangan bo‘ldi. 1913 yilda Nils Bor atom modelini taklif qildi. U klassik Nyuton

20-Aprel, 2025-yil

qonunlari va kvant g‘oyalarini birlashtirishga harakat qildi. Bor modeli bo‘yicha, elektronlar faqat muayyan kvantlangan orbitallarda harakatlana oladi va energiyani faqat muayyan kvantlarda yuta yoki yo‘qota oladi. Bu model vodorod atomining spektral chiziqlarini juda aniq izohlab berdi:

$$E_n = -\frac{13.6}{n^2} \text{ eV}$$

bu yerda n — kvant soni. Bor modeli kvant nazariyasiga yangi bosqich olib keldi, garchi keyinchalik u kvant mexanikasi bilan to‘liq yangilangan bo‘lsa ham. U elektron singari zarrachalar ham to‘lqin xossaga ega bo‘lishi mumkinligini taklif qildi. Uning formulasi:

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

bu yerda λ — zarrachaning to‘lqin uzunligi, p — impuls.

1930-yillarda noaniqlik prinsipini kashf qildi. Bu prinsip bo‘yicha zarrachaning aniq pozitsiyasi va impulsi bir vaqtning o‘zida aniqlanmaydi:

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$$

Bu nazariya nafaqat yorug‘lik, balki modda zarrachalari, atomlar, molekulalar, va ularning o‘zaro ta‘sirini ham o‘rganishga asos bo‘lib xizmat qildi.

XULOSA

Yorug‘likning kvant xossalari haqidagi ilmiy qarashlar zamonaviy fizikaning eng muhim yutuqlaridan biridir. Dastlab optik hodisalarni klassik mexanika va elektromagnit nazariyasi orqali tushuntirishga urinishlar qililib, yorug‘lik faqat to‘lqin tabiatga ega deb hisoblangan. Biroq XIX asr oxiri va XX asr boshlarida olib borilgan tajribalar — qora jism nurlanishi, fotoeffekt, atom spektrlari va boshqa hodisalar — bu yondashuvlarning yetarli emasligini ko‘rsatdi. Maks Plank tomonidan taklif etilgan energiyaning kvantlanishi, Eynshteynning yorug‘likni fotonlar deb talqin qilishi, Borning kvant orbitallari, Shredinger va Geyzenbergning fundamental g‘oyalari tufayli yorug‘likning kvant tabiati haqida chuqur tushunchaga ega bo‘lindi. Bugungi kunga kelib, yorug‘likning ikki xil xossasi — zarracha (korporusklali) va to‘lqin tabiati — birgalikda mavjud bo‘lib, bu holat dualizm tushunchasiga asoslanadi. Yorug‘likning kvant xossalari nafaqat nazariy fizikaning rivojlanishiga, balki amaliy texnologiyalarning, jumladan lazerlar, optik tolalar, kvant hisoblash, kvant kriptografiya va kvant teleportatsiya kabi ilg‘or sohalarning paydo bo‘lishiga zamin yaratdi. Bugungi kunda ushbu ilmiy asoslar fundamental fizikani rivojlantirishda, shuningdek, yangi avlod axborot texnologiyalarini yaratishda muhim ahamiyat kasb etmoqda. Shu sababli, yorug‘likning kvant xossalari haqida chuqur bilimga ega bo‘lish hozirgi va kelajakdagi fizik tadqiqotlar hamda innovatsion texnologiyalarni shakllantirishda hal qiluvchi omil bo‘lib

qoladi. Bu sohadagi tadqiqotlar davom etar ekan, biz yorug‘likning yanada chuqurroq sirlarini ochishga yaqinlashaveramiz.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Boboqulova, M. X. (2025). MUQOBOL ENERGIYA MANBALARIDAN FOYDALANISH ISTIQBOLLARI. *PEDAGOGIK TADQIQOTLAR JURNALI*, 3(1), 227-233.
2. Boboqulova, M. X. (2025). " ISSIQLIK TEXNIKASI" FANINI O ‘QITISHDA INNOVASION TA’LIM USULLARIDAN FOYDALANISH. *PEDAGOGIK TADQIQOTLAR JURNALI*, 3(1), 531-539.
3. Boboqulova, M. X. (2025). MAGNIT BO‘RONLARINING YERGA TA’SIRI. *PEDAGOGIK TADQIQOTLAR JURNALI*, 3(1), 522-525.
4. Boboqulova, M. X. (2025). QON AYLANISH SISTEMASINING FIZIK ASOSLARI. *PEDAGOGIK TADQIQOTLAR JURNALI*, 3(1), 518-521.
5. Boboqulova, M. X. (2025). SUYUQLIKLARNING YORUG ‘LIK YUTISH KOEFFITSIYENTINI VA ERITMALARNING KONSENTRATSIYASINI ANIQLASHDA OPTIK USULLARNI QO ‘LLASH. *PEDAGOGIK TADQIQOTLAR JURNALI*, 3(1), 526-530.
6. Boboqulova, M. X. (2025). MAGNIT BO‘RONLARINING YERGA TA’SIRI. *PEDAGOGIK TADQIQOTLAR JURNALI*, 3(1), 522-525.
7. Boboqulova, M. X. (2025). QON AYLANISH SISTEMASINING FIZIK ASOSLARI. *PEDAGOGIK TADQIQOTLAR JURNALI*, 3(1), 518-521.
8. Boboqulova, M. X. (2025). SUYUQLIKLARNING YORUG ‘LIK YUTISH KOEFFITSIYENTINI VA ERITMALARNING KONSENTRATSIYASINI ANIQLASHDA OPTIK USULLARNI QO ‘LLASH. *PEDAGOGIK TADQIQOTLAR JURNALI*, 3(1), 526-530.
9. Boboqulova, M. X. (2025). " ISSIQLIK TEXNIKASI" FANINI O ‘QITISHDA INNOVASION TA’LIM USULLARIDAN FOYDALANISH. *PEDAGOGIK TADQIQOTLAR JURNALI*, 3(1), 531-539.
10. Boboqulova, M. X. (2025). YADROVIY NURLANISHLAR VA ULARNI QAYD QILISH USULLARI. *PEDAGOGIK TADQIQOTLAR JURNALI*, 3(2), 132-136.
11. Boboqulova, M., Marasulov, A., Bayaly, A., Sadybekov, R., & Aimeshov, Z. (2025, February). Thermal stress-strain state of a partially thermally insulated and clamped rod in the presence of local temperature and heat transfer. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 3268, No. 1). AIP Publishing.
12. Xamroyevna, M. B. (2024). ERKIN KONVEKSIYA JARAYONI. *Международный журнал научных исследователей*, 9(1), 108-111.
13. Boboqulova, M. X. (2025). ENDOSKOPIK USULLARNING TIBBIYOTDA QO ‘LLANISHI. *Modern World Education: New Age Problems–New solutions*, 2(4), 1-8.

20-Aprel, 2025-yil

14. Boboqulova, M. X. (2025). 3D CHOP ETISH TEXNOLOGIYASINING FIZIK ASOSLARI. *Introduction of new innovative technologies in education of pedagogy and psychology*, 2(3), 5-11.
15. Boboqulova, M. X. (2025). ELEKTROMAGNIT TO ‘LQINLARNING NURLANISHI. *New modern researchers: modern proposals and solutions*, 2(3), 19-25.
16. M.X. Boboqulova. (2025). IONLANISH VA REKOMBINATSIYA JARAYONLARI. *New Modern Researchers: Modern Proposals and Solutions*, 2(3), 48–54.

