

## FOTON-ELEKTRON O‘ZARO TA‘SIRIDA KOMPTON SOCHILISHINING RELATIVISTIK ASOSLARI

**Muminov Islomjon Arabboyevich**

Farg‘ona davlat universiteti, Fizika kafedrasida dotsenti (PhD)

**Xudoynazarov Og‘abek Xusanboy o‘g‘li**

**Ahmadjonova Diyoraxon Bahromjon qizi**

**Asqarov Hojiakbar Orifjon o‘g‘li**

Farg‘ona davlat universiteti,

Fizika-matematika fakulteti Fizika yo‘nalishi 2-bosqich talabalari

**ima220790@mail.com**

### ANNOTATSIYA

*Ushbu maqolada Kompton effekti va uning yorug‘likning kvant tabiati bilan bog‘liqligi tahlil qilinadi. Yorug‘likning to‘lqin-zarracha dualizmi doirasida Kompton sochilishining nazariy va eksperimental asoslari yoritilib, uning klassik elektromagnit to‘lqin nazariyasi bilan izohlab bo‘lmasligi asoslanadi. Foton va elektron o‘rtasidagi to‘qnashuv natijasida rentgen nurlarining to‘lqin uzunligining ortishi kvant mexanikasi nuqtai nazaridan ko‘rib chiqilib, Kompton tenglamalari orqali matematik asoslari keltiriladi. Ushbu hodisaning fundamental ahamiyati, ayniqsa, yuqori energiyali nurlanish va zarrachalar fizikasi kontekstida muhokama qilinadi.*

**Kalit so‘zlar:** *Kompton effekti, foton, kvant mexanikasi, to‘lqin-zarracha dualizmi, sochilish nazariyasi, rentgen nurlari, yorug‘likning kvant tabiati, zarrachalar fizikasi.*

### ANNOTATION

*This article analyzes the Compton effect and its relationship to the quantum nature of light. Within the framework of wave-particle duality, the theoretical and experimental foundations of Compton scattering are examined, demonstrating its incompatibility with classical electromagnetic wave theory. The increase in X-ray wavelength due to photon-electron interactions is explored from a quantum mechanical perspective, with mathematical formulations derived from Compton’s equations. The fundamental significance of this phenomenon, particularly in the context of high-energy radiation and particle physics, is discussed.*

**Keywords:** *Compton effect, photon, quantum mechanics, wave-particle duality, scattering theory, X-rays, quantum nature of light, particle physics.*

## KIRISH

Sochilgan nurlanishning to‘lqin uzunligining o‘zgarishi klassik to‘lqin nazariyasi doirasida tushuntirilishi mumkin emas. Ushbu hodisa yorug‘likning korpuskulyar (foton) tabiatini tasdiqlaydi va Eynshteynning foton nazariyasini qo‘llab-quvvatlaydi. Mazkur effekt birinchi marta 1923-yilda A.X. Komppton tomonidan kuzatilgan bo‘lib, u ushbu kashfiyoti uchun 1927-yilda Nobel mukofotiga sazovor bo‘lgan. Komppton effekti yorug‘likni faqat to‘lqin hodisasi sifatida tavsiflashning cheklanganligini isbotlaydi. Shu bilan birga, Tomson sochilishi-zaryadlangan zarralar tomonidan elektromagnit to‘lqinlarning klassik nazariyasi-sochilgan nurlanishning to‘lqin uzunligidagi kichik o‘zgarishlarni tushuntirib bera olmaydi. Klassik nuqtai nazarga ko‘ra, yorug‘lik intensivligi yetarlicha katta bo‘lganda, elektr maydoni zaryadlangan zarrachani nisbiy tezlikkacha tezlashtiradi, bu esa nurlanish bosimi va sochilgan yorug‘likning Doppler siljishiga olib keladi. Biroq, yorug‘lik intensivligi kichik bo‘lgan holatlarda bu ta’sirlar juda kichik bo‘ladi va kuzatilmaydi.

Komppton effekti yorug‘likning zarracha xususiyatlarini o‘rganishda muhim ahamiyatga ega bo‘lib, yorug‘likning sochilishi jarayonlarida fotonlarning energiya va impuls almashinuvi orqali klassik nazariyadan farqli o‘laroq, to‘lqin uzunligining o‘zgarishini izohlaydi.

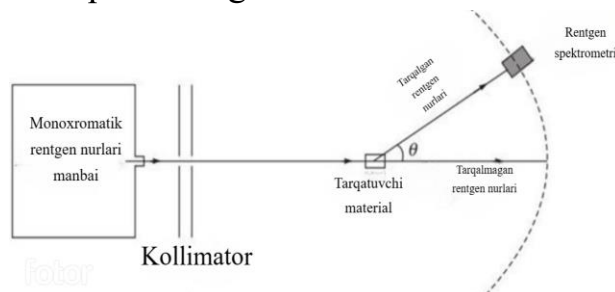
## MUHOKAMA

Monoxromatik rentgen nurlari kichik atom massasiga ega elementlar (masalan, uglerod) tomonidan sochilganda, sochilish burchagiga bog‘liq holda ikkita maksimal intensivlikka ega to‘lqin uzunligi kuzatiladi: biri dastlabki, ikkinchisi esa kattaroq. Bu hodisa Kompton effekti bo‘lib, uning tabiati kelayotgan nurning to‘lqin uzunligi yoki sochilish materiali turiga emas, faqat sochilish burchagiga bog‘liqdir. 1-rasmda rentgen nurlarining sochilishi va spektrometr yordamida intensivlikni o‘lchash jarayoni tasvirlangan. Fizik jarayon sifatida Kompton sochilishi kuzatilmoqda. Ushbu rasm tajribaviy o‘lchovlarda rentgen fotonlarining elektronlar bilan elastik to‘qnashuvi natijasida to‘lqin uzunligining siljishini aniqlash imkonini beradi.

Biri dastlabki to‘lqin uzunligi ( $\lambda_0$ ), ikkinchisi esa o‘zgargan to‘lqin uzunligi ( $\lambda$ ) bilan aniqlanadi. To‘lqin uzunligidagi siljish ( $\Delta\lambda$ ) sochilish burchagi  $\theta$  oshishi bilan ortadi.

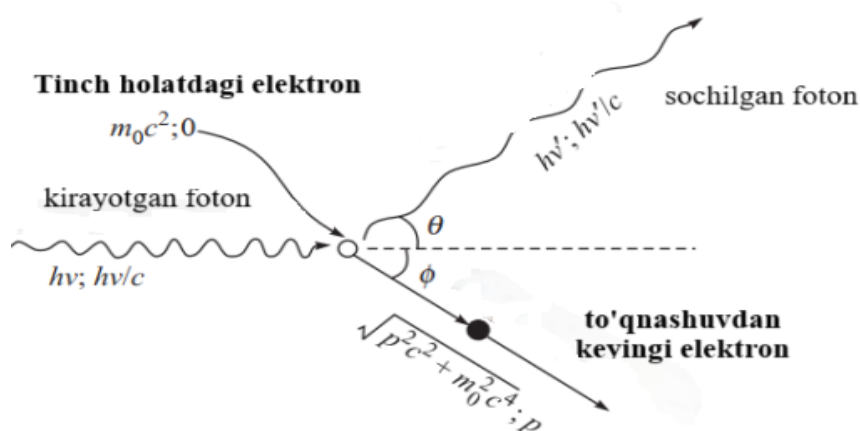
Plank va Eynshteynning nurlanishning kvant nazariyasiga asoslanib, Kompton ushbu hodisaga ilmiy izoh berdi. U rentgen nurlarini energiyasi  $h\nu$  va impulsi  $h\nu/c$  ga teng bo‘lgan fotonlar oqimi sifatida tasvirladi. Sochilish jarayonini esa dastlab

tinch holatda bo‘lgan “erkin” elektron bilan foton o‘rtasidagi elastik to‘qnashuv sifatida talqin qildi. To‘qnashuv natijasida foton energiyasining bir qismi elektronga o‘tib, uni harakatga keltiradi. Natijada sochilgan fotonning energiyasi kamayib, chastotasi pasayadi va to‘lqin uzunligi ortadi.



1-rasm. Kompton sochilishi eksperimental sxemasi

Fotonning tinch holatdagi elektron bilan elastik to‘qnashuvi, ya’ni Kompton sochilish jarayoni sxematik tarzda tasvirlangan (2-rasm). Kelayotgan foton elektron bilan to‘qnashgach, bir qismi energiyasini yo‘qotib, sochiladi, elektron esa energiya va impuls qabul qilib, “yangi” holatga o‘tadi. Sochilish burchaklari  $\theta$  (foton) va  $\phi$  (elektron) orqali Kompton tenglamalarini hosil qilish va to‘lqin uzunligi siljishini aniqlash mumkin.



2-rasm. Kompton sochilishining sxematik tasviri

## NATIJALAR

Sochilgan fotonning chastotasini  $\nu'$  elektronning tinchlik massasini  $m_0$ , elektronning qayta harakatga kelish (recoil) impulsini  $p$  deb belgilaymiz. Nisbiylik nazariyasiga ko‘ra, elektronning tinch holatdagi energiyasi  $m_0c^2$  ga teng bo‘lsa, rekoildan keyingi energiyasi  $(p^2c^2 + m_0^2c^4)^{1/2}$  ga teng bo‘ladi. Energiyaning saqlanish qonuniga binoan,

$$h\nu' + (p^2c^2 + m_0^2c^4)^{1/2} = h\nu + m_0c^2$$

yoki

$$p^2c^2 + m_0^2c^4 = [h(\nu - \nu') + m_0c^2]^2$$

$$p^2c^2 + m_0^2c^4 = h^2(v - v')^2 + 2h(v - v')m_0c^2 + m_0^2c^4$$

$$\frac{p^2c^2}{h^2} = (v - v')^2 + \frac{2m_0c^2}{h}(v - v') \quad (1)$$

Fotoni yoʻnalishi boʻylab ham, unga perpendikulyar yoʻnalishda ham impuls saqlanish qonunini qoʻllash orqali Kompton sochilishining asosiy nisbatlari aniqlanadi.

$$pc \cos \phi + \frac{hv'}{c} \cos \theta = \frac{hv}{c}$$

va

$$p \sin \phi = \frac{hv'}{c} \sin \theta$$

Ushbu tenglamalarni qayta tartibga keltirib,

$$\frac{pc}{h} \cos \phi = v - v' \cos \theta \quad (2)$$

$$\frac{p^2c^2}{h^2} = (v - v' \cos \theta)^2 + v'^2 \sin^2 \theta = v^2 - 2vv' \cos \theta + v'^2$$

$$= (v - v')^2 + 2vv' - 2vv' \cos \theta$$

(1) va (2) tenglamalarni kvadratga oshirib va oʻzaro qoʻshib,  $\frac{2m_0c^2}{h}(v - v') = 2vv'(1 - \cos \theta)$  yoki  $\frac{v-v'}{vv'} = \frac{h}{m_0c^2}(1 - \cos \theta)$ , ifodalarni hosil qilamiz. Bundan quyidagi munosabatga erishamiz:

$$\frac{1}{v'} - \frac{1}{v} = \frac{h}{m_0c^2}(1 - \cos \theta) \quad (3)$$

Kelayotgan va sochilgan fotonlarning toʻlqin uzunliklari mos ravishda  $\lambda$  va  $\lambda'$  boʻlsa, u holda quyidagi ifoda hosil boʻlishini koʻramiz:

$$v' = \frac{c}{\lambda'} \text{ va } v = \frac{c}{\lambda}$$

Shunday qilib, (1) va (4) tenglamani quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\lambda' - \lambda = \Delta\lambda = \frac{h}{m_0c}(1 - \cos \theta) \quad (4)$$

Yoki, unga ekvivalent ravishda quyidagi ifoda hosil boʻladi:

$$\Delta\lambda = \frac{2h}{m_0c} \sin^2 \frac{\theta}{2} \quad (5)$$

## XULOSA

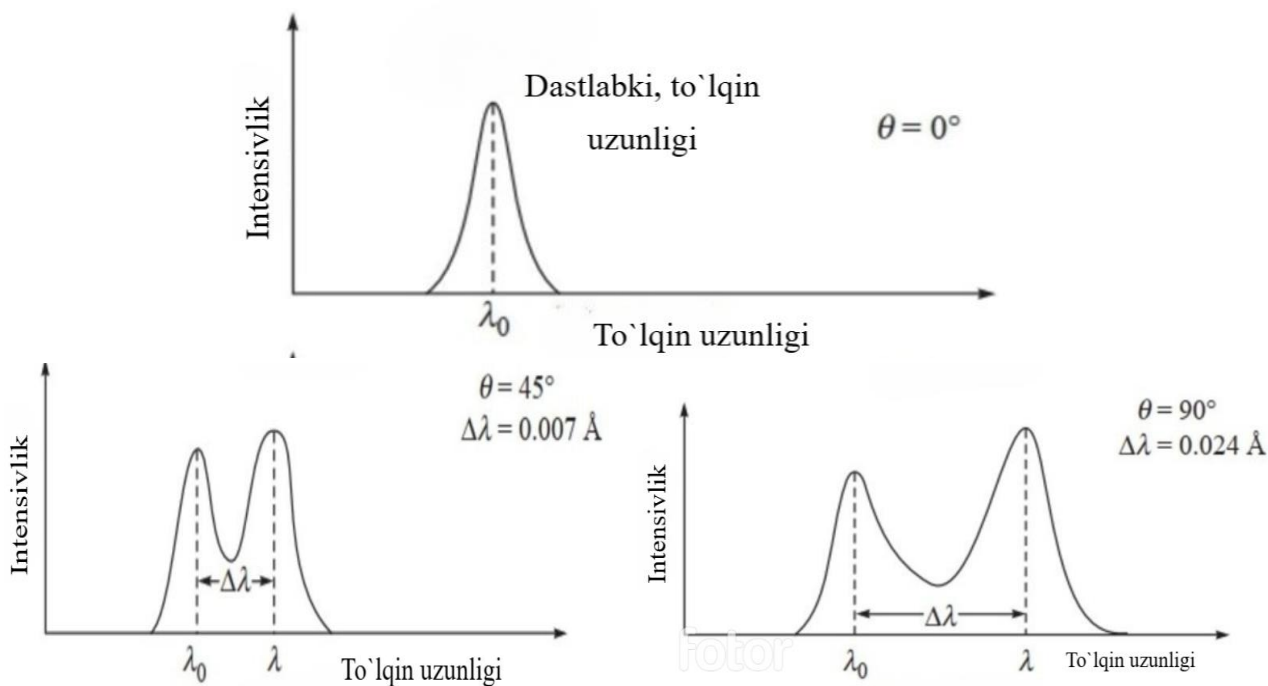
Kompton effekti yorugʻlikning faqat toʻlqin xususiyatlariga ega emasligini, balki zarracha tabiatga ham egaligini eksperimental ravishda tasdiqlaydi. Bu hodisa

yorug‘likning kvant xususiyatlarini isbotlovchi muhim dalil bo‘lib, fotonning energiya va impulsiga ega bo‘lgan zarracha sifatida qaralishini tasdiqlaydi. Kompton sochilishi kvant mexanikasining asosiy tamoyillaridan biri bo‘lib, yuqori energiyali elektromagnit nurlanishning modda bilan o‘zaro ta‘sirini tushunishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Yuqoridagi tenglama Kompton to‘lqin uzunligidagi siljish fotonning dastlabki to‘lqin uzunligi (yoki energiyasi)ga emas, balki faqat sochilish burchagiga bog‘liqligini ko‘rsatadi.  $(h/m_0c)$  elektronning Kompton to‘lqin uzunligi bo‘lib,

uning qiymati  $0.0242\text{Å}$  ga teng. 3-rasm grafigiga ko‘ra, turli sochilish burchaklarida

$(\theta)$  rentgen spektrida ikkita pik kuzatiladi: dastlabki ( $\lambda_0$ ), va o‘zgargan ( $\lambda$ ). to‘lqin uzunliklari. Ularning farqi ( $\Delta\lambda$ ) burchak ortishi bilan oshadi, bu esa foton energiyasining bir qismi elektron tomonidan yutilishi natijasida to‘lqin uzunligining ortishini ifodalaydi.



3-rasm. Kompton sochilishida turli burchaklar uchun to‘lqin uzunligining siljish graflari.

Sochilish burchagi o‘zgarganda siljigan chiziqning o‘zgarishi.  $\lambda_0$  da kuzatiladigan pik kelayotgan nurlarga bog‘liq. Komptonning ishlari fotonlarning faqat energiyagagina emas, balki impulsiga ham ega bo‘lgan haqiqiy zarrachalar ekanligini isbotladi.

### **REFERENCES:**

1. Compton, A. H. (1923). A Quantum Theory of the Scattering of X-rays by Electrons. *Physical Review*, 21(5), 483–502.
2. Bohr, N. (1913). On the Constitution of Atoms and Molecules. *Philosophical Magazine*, 26(151), 1-25. <https://doi.org/10.1080/14786441308634955>
3. Heisenberg, W. (1927). Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik. *Zeitschrift für Physik*, 43(3–4), 172–198.
4. Schrödinger, E. (1926). An Undulatory Theory of the Mechanics of Atoms and Molecules. *Physical Review*, 28(6), 1049–1070.
5. Dirac, P. A. M. (1927). The Quantum Theory of the Electron. *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 117(778), 610–624. <https://doi.org/10.1098/rspa.1927.0016>
6. Feynman, R. P., Leighton, R. B., & Sands, M. (1965). *The Feynman Lectures on Physics, Volume 1: The New Millennium Edition: Mainly Mechanics, Radiation, and Heat*. Addison-Wesley.
7. Landau, L. D., & Lifshitz, E. M. (1981). *Quantum Mechanics: Non-Relativistic Theory* (3rd ed.). Pergamon Press.