



## KVANT TELEPORTATSIYASI.

**Q.S.Saidov**

Buxoro Davlat Universiteti fizika-matematika  
fanlar nomzodi, dotsent

**Sharofova Zebiniso Matyoqubovna**

Buxoro Davlat Universiteti fizika ta'lim yo'nalishining  
ikkinchi bosqich magistranti

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7825451>

**Annotatsiya:** Kvant chalkashliklari haqida ma'lumot beradigan ko'plab mashhur maqolalar paydo bo'ldi. Kvant chalkashliklari bilan o'tkazilgan tajribalar juda ajoyib, ammo ular mukofotlanmagan. Shuningdek "kvant teleportatsiyasi" atamasi orqasida nima yashiringan bo'lsa, u allaqachon yoru'lik tezligidan yuqori tezlikda sodir bo'ladi deb aytila boshlandi.

**Kalit so'zlar:** Kvant zarralari, Landau tenglamasi, Eberxard teoremasi, to'lqin funksiyasi.

Landau va Lifshitsning klassik darsligiga ko'ra, kvant zarralari ikki xil holatda bo'lishi mumkin - sof va qo'shilgan. Agar zarracha boshqa kvant zarralari bilan o'zaro ta'sir qilmasa, u faqat uning koordinatalari yoki momentiga bog'liq bo'lgan to'lqin funksiyasi bilan tavsiflanadi - bunday holat sof deyiladi. Bu holda to'lqin funksiyasi Shredinger tenglamasiga bo'ysunadi. Boshqa variant ham bo'lishi mumkin - zarracha boshqa kvant zarralari bilan o'zaro ta'sir qiladi. Bunday holda, to'lqin funksiyasi allaqachon o'zaro ta'sir qiluvchi zarrachalarning butun tizimini anglatadi va ularning barcha dinamik o'zgaruvchilariga bog'liq. Agar bizni faqat bitta zarracha qiziqтира, uning holati, 90 yil oldin Landau ko'rsatganidek, matritsa yoki zichlik operatori orqali tasvirlanishi mumkin. Zichlik matritsasi Shredinger tenglamasiga o'xshash tenglamaga bo'ysunadi

$$i\hbar \frac{\partial \rho}{\partial t} = [\hat{H}, \rho]$$

bu yerda  $\rho$  - zichlik matritsasi,  $\hat{H}$  - Gamilton operatori, qavslar esa kommutatorni bildiradi.

Landau bu tenglamani keltirib chiqargan. Berilgan zarrachaga tegishli har qanday fizik kattaliklar zichlik matritsasi bilan ifodalanishi mumkin. Bu holat qo'shilgan holat deyiladi. Agar bizda o'zaro ta'sir qiluvchi zarralar tizimi mavjud bo'lsa, unda zarralarning har biri aralash holatda bo'ladi. Agar zarralar uzoq masofalarga tarqalib ketgan va o'zaro ta'sir yo'qolgan bo'lsa, ularning holati hali ham aralash bo'lib qoladi. Agar bir necha zarrachalarning har biri sof holatda bo'lsa, unda bunday tizimning to'lqin funksiyasi har bir zarrachaning to'lqin



funksiyalarining ko'paytmasi bo'ladi (agar zarrachalar har xil bo'lsa). Bir xil zarrachalar, bozonlar yoki fermionlar uchun simmetrik yoki antisimmetrik kombinatsiya hosil qilish kerak. Fermionlar va bozonlarning haqida allaqachon relyativistik kvant nazariyasi mavjud.

Bir juft zarrachaning chigallashgan holati - turli zarrachalar bilan bog'liq fizik kattaliklar o'rtasida doimiy korrelyatsiya mavjud bo'lgan holat. Oddiy va eng keng tarqalgan misol shundaki, ba'zi bir umumiy fizikaviy miqdor saqlanadi, masalan, juftlikning umumiy spini yoki impuls momenti. Bu holda bir juft zarracha sof holatda, lekin zarrachalarning har biri aralash holatda bo'ladi. Bir zarraning holatining o'zgarishi darhol boshqa zarraning holatiga ta'sir qiladigandek tuyulishi mumkin. Ular uzoqqa tarqalib ketgan va o'zaro aloqa qilmasa ham, bu mashhur maqolalarda ifodalangan. Bu hodisa allaqachon kvant teleportatsiyasi deb atalgan. Ba'zi savodsiz jurnalistlar hattoki o'zgarish bir zumda sodir bo'ladi, ya'ni yorug'lik tezligidan tezroq tarqaladi, deb da'vo qilmoqda.

Buni kvant mexanikasi nuqtai nazaridan ko'rib chiqamiz. Birinchidan, faqat bitta zarrachaning spinini yoki impuls momentini o'zgartiradigan har qanday harakat yoki o'lchov darhol umumiy xarakteristikaning saqlanish qonunini buzadi. Tegishli operator umumiy spin yoki umumiy impuls momenti bilan ishlay olmaydi. Shunday qilib, bir juft zarrachalar holatining dastlabki chigalligi buziladi. Ikkinchi zarrachaning spini yoki momenti endi birinchisidiki bilan yagona bog'liq bo'lishi mumkin emas. Hatto Eberxard teoremasi [3] mavjud bo'lib, u ikki zarrachaning o'zaro ta'sirini o'lchovlar bilan aniqlab bo'lmaydi. Zichlik matritsasi bilan tasvirlangan kvant sistemasi bo'lsin va bu tizim ikkita kichik tizim A va B dan iborat bo'lsa Eberxard teoremasi shuni ko'rsatadiki, faqat A quyi tizim bilan bog'liq kuzatiladigan ob'ektlarning hech qanday o'lchovi faqat B quyi tizim bilan bog'liq bo'lgan har qanday kuzatiladiganlarni o'lchash natijasiga ta'sir qilmaydi. Biroq, teorema isboti to'lqin funksiyasi gipotezasidan foydalanadi. Nazariy yoki eksperimental jihatdan isbotlanmagan funksiya. Ammo bu mulohazalarning barchasi relativistik bo'lmagan kvant mexanikasi doirasida amalga oshiriladi va bir xil emas, balki turli xil aynan zarralarga tegishli.

Bu mulohazalar bir xil zarrachalar juftligida relativistik nazariyada ishlamaydi. Yana bir bor eslatib o'tamanki, zarralarning o'ziga xosligi yoki farqlanmasligi zarrachalar soni saqlanmagan relyativistik kvant mexanikasidan kelib chiqadi. Biroq, sekin zarralar uchun biz zarrachalarning farqlanmasligini hisobga olgan holda, relativistik bo'lmagan kvant mexanikasining oddiyroq



apparatidan foydalanishimiz mumkin. Keyin juftlikning to'liq funksiyasi zarracha almashtirilishiga nisbatan simmetrik (bozonlar uchun) yoki antisimmetrik (fermionlar uchun) bo'lishi kerak. Bunday talab zarrachaning tezligidan qat'i nazar, relyativistik nazariyada paydo bo'ladi.

Aynan shu talab bir xil zarrachalar juftligini uzoq masofada saqlanadigan korrelyatsiyaga olib keladi. Asosan, proton elektron bilan ham chigal holatda bo'lishi mumkin. Biroq, agar ular bir necha o'nlab angstremlarda uzoqlashsa, elektromagnit maydonlar va boshqa zarralar bilan o'zaro ta'sir qilish bu holatni yo'q qiladi. Tajribalar shuni ko'rsatadiki, almashinuv o'zaro ta'siri (bu hodisa shunday deyiladi) makroskopik masofalarda ta'sir qiladi.

Juft zarrachalar, hatto metrlarda uzoqlashganda ham farqlanmaydi. Agar siz o'lchashni amalga oshirayotgan bo'lsangiz, unda o'lchanayotgan kattalik qaysi zarrachaga tegishli ekanligini aniq bilmaysiz. Siz bir vaqtning o'zida bir nechta zarrachalarni o'lchaysiz. Shuning uchun barcha ajoyib tajribalar bir xil zarralar - elektronlar va fotonlar bilan o'tkazildi. To'g'risini aytganda, bu relativistik bo'lmagan kvant mexanikasi doirasida ko'rib chiqiladigan juda chigal holat emas, balki shunga o'xshash narsa.

Eng oddiy holatni ko'rib chiqamiz - bir xil o'zaro ta'sir qilmaydigan zarralar juftligi. Agar tezliklar kichik bo'lsa, zarrachalarning almashtirilishiga nisbatan to'liq funksiyasining simmetriyasini hisobga olgan holda relativistik bo'lmagan kvant mexanikasidan foydalanishimiz mumkin.  $\psi_1(q_1)$  - birinchi zarrachaning to'liq funksiyasi,  $\psi_2(q_2)$  - ikkinchi zarracha to'liq funksiyasi, bu erda  $q_1$  va  $q_2$ , birinchi va ikkinchi zarrachalarning dinamik o'zgaruvchilari, eng oddiy holatda, faqat koordinatalar bo'lsin. Keyin juftlikning to'liq funksiyasi

$$\psi_{12}(q_1, q_2) = \frac{\psi_1(q_1)\psi_2(q_2) \pm \psi_2(q_1)\psi_1(q_2)}{\sqrt{2}}$$

+ va - ishoralari bozon va fermionlarga tegishli. Faraz qilaylik, zarralar bir-biridan uzoqda. Shunda ular mos ravishda 1 va 2 chekka hududlarda lokalizatsiya qilinadi, ya'ni bu hududlardan tashqarida ular kichikdir. Keling, birinchi zarrachaning ba'zi o'zgaruvchilarining o'rtacha qiymatini hisoblashga harakat qilaylik, masalan, koordinatalar. Oddiylik uchun biz to'liq funktsiyalariga faqat koordinatalar kirishini tasavvur qilishimiz mumkin.

#### **Foydalanilgan adabiyotlar:**

1. Sharapova P., Pérez A.M., Tikhonova O.V., Chekhova M.V. Schmidt modes in the angular spectrum of bright squeezed vacuum // Phys. Rev. A - 2015 - Volume 91, №4, p. 043816.



2. Glauber R.J. Coherent and Incoherent States of the Radiation Field // Phys. Rev. – 1963 – Volume 131, №6, pp. 2766-2788.
3. . Fedorov M.V., Efremov M.A., Volkov P.A., Eberly J.H. Short-pulse or strong-field breakup processes: a route to study entangled wave packets // J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. – 2006 – Volume 39, pp. S467-S483.