

KVANT CHIGALLIGI (ENTANGLEMENT)

Obidjonov G‘anijon Azimjon o‘g‘li

Sirdaryo viloyati Shirin shahar

Shirin energetika kolleji fizika fani o‘qituvchisi

Annotatsiya: Mazkur maqola kvant mexanikasining eng muhim va sirli hodisalaridan biri bo‘lgan kvant chigalligi (entanglement) tushunchasini nazariy va amaliy jihatdan tahlil qiladi. Dastlab, chigallikning fundamental tamoyillari va to‘lqin funksiyalari orqali bog‘lanishi tushuntiriladi. Shuningdek, Eynshteyn-Podolsky-Rozen (EPR) paradoksi va Bell tenglamalari asosida kvant mexanikasining klassik tushunchalardan farqli ekanligi ko‘rsatiladi. Kelajakda ushbu sohada olib boriladigan tadqiqot yo‘nalishlari ham ko‘rib chiqiladi. Ushbu maqola chigallik hodisasining nazariy asoslarini o‘rganish va uning texnologik imkoniyatlarini anglashga yordam beradi.

Kalit so‘zlar: kvant chigalligi, kvant kompyuterlash, kriptografiya, teleportatsiya.

Kvant chigalligi — ikki yoki undan ko‘p zarrachaning holatlari o‘rtasida mavjud bo‘lgan o‘zaro bog‘liqlikdir. Bu bog‘liqlik tufayli, zarrachalarning birini kuzatish orqali ikkinchisining holati ham aniq bo‘ladi, hatto ular bir-biridan katta masofada joylashgan bo‘lsa ham. Bu tushuncha superpozitsiya tamoyiliga asoslanadi:

- Superpozitsiya: Kvant zarrachasi bir vaqtning o‘zida bir nechta holatda bo‘lishi mumkin. Misol uchun, elektron bir vaqtning o‘zida bir nechta orbitada bo‘lishi mumkin, to mazkur elektron kuzatilmaguncha.
- Chigallangan to‘lqin funksiyasi quyidagi ko‘rinishda tasvirlanadi:

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} (|0\rangle_A |1\rangle_B + |1\rangle_A |0\rangle_B)$$

Bu yerda A va B zarrachalari bir-biriga chigallangan. Agar bir zarrachaning holati aniqlansa, ikkinchisining holati darhol ma‘lum bo‘ladi. Buning ajablanarli tomoni shundaki, bu ta‘sir yorug‘lik tezligidan tez uzatiladi, bu esa klassik fizikaga zid keladi.

1935-yilda Eynshteyn, Podolsky va Rozen (EPR) tomonidan taklif qilingan EPR paradoksi kvant mexanikasining to‘liqligini savol ostiga qo‘ydi. Ular kvant chigalligi orqali zarrachalarning bir-biriga "tezkor" ta‘sir ko‘rsatishi mumkinligini ta‘kidlab, bu hodisani "masofadan g‘alati ta‘sir" deb atashdi. Ularning fikricha, kvant mexanikasi to‘liq emas va hodisalarni yashirin o‘zgaruvchilar yordamida tushuntirish kerak edi.

Biroq, Jon Bell 1964-yilda o'zining mashhur Bell tenglamalarini kiritib, kvant mexanikasi va yashirin o'zgaruvchilar o'rtasidagi tafovutlarni aniqlash imkonini berdi. Bell tenglamalari orqali tajribalar o'tkazilib, klassik fizika nazariyasidan farqli natijalar kuzatildi. Bu tajribalar kvant mexanikasining g'ayri-lokal xususiyatlarini tasdiqladi va yashirin o'zgaruvchilar nazariyasini rad etdi.

Kvant Chigalligining Amaliy Qo'llanilishi

1. Kvant kompyuterlashda kubitlar deb ataluvchi zarrachalar foydalaniladi, ular klassik bitlardan farqli o'laroq, bir vaqtning o'zida 0 va 1 holatida bo'lishi mumkin. Chigallangan kubitlar orasidagi bog'liqlik hisob-kitoblarni bir vaqtning o'zida bajarishga imkon beradi. Bu kvant kompyuterlarga klassik kompyuterlardan ustun bo'lish imkonini beradi. Masalan, Shor algoritmi orqali katta sonlarni tezda faktoriyalarga ajratish mumkin, bu esa klassik kompyuterlar uchun juda murakkab vazifa hisoblanadi.

2. Kvant kriptografiya xavfsiz aloqa o'rnatishda chigallikdan foydalanadi. BB84 protokoli va E91 protokoli orqali ma'lumot almashinuvida uchinchi tomon tomonidan ma'lumotni o'qish imkoni yo'q. Agar chigallangan zarrachalar o'rtasidagi aloqa buzilsa, darhol xabardor bo'lish mumkin. Bu esa kvant kriptografiyani hozirgi kunda eng xavfsiz texnologiyalardan biriga aylantiradi.

3. Kvant teleportatsiya zarrachaning o'zi emas, uning kvant holatini masofadan uzatishni anglatadi. Bunda ikkita chigallangan zarracha va klassik aloqa kanali yordamida holat uzatiladi. Bunday teleportatsiya odatdagi moddiy ko'chirishni anglatmaydi, ammo kvant aloqa tarmoqlarini yaratishda katta ahamiyatga ega.

Kvant chigalligi bo'yicha birinchi yirik eksperimental isbotlar Alain Aspect, John F. Clauser va Anton Zeilinger tomonidan amalga oshirildi. Ular uzoq masofadagi kvant zarralar orasidagi bog'liqlikni tajribada tasdiqlashdi. Ularning ishlari 2022-yilda fizika bo'yicha Nobel mukofotiga sazovor bo'ldi. Tajribalar kvant mexanikasi nazariyasining g'ayri-lokal ta'sirlarni tasdiqlashini ko'rsatdi va klassik fizika qarashlarini inkor etdi. Shuningdek, hozirgi kunda dunyoning ko'plab laboratoriyalarida kvant kompyuterlar va kvant kriptografiya tizimlari ishlab chiqilmoqda. Google va IBM kabi kompaniyalar kvant ustunligini amalda tasdiqlashga urinmoqdalar.

Kvant chigalligi sohasida kelajakda olib boriladigan tadqiqotlar quyidagi yo'nalishlarni qamrab oladi:

1. Katta miqyosdagi chigallangan sistemalarni barqarorlashtirish — Kubitlarni uzoq vaqt davomida chigallangan holatda saqlash texnologiyasini rivojlantirish talab etiladi.

2. Kvant internetini rivojlantirish — Kvant chigalligi asosida global tarmoq yaratish orqali xavfsiz va tezkor aloqa kanallarini tashkil qilish maqsad qilinmoqda.

3. Amaliy kvant kompyuterlash algoritmlarini ishlab chiqish — Shor va Grover algoritmlarini yanada rivojlantirish va yangi algoritmlar yaratish orqali real hayotdagi masalalarni yechish ko‘zda tutilmoqda.

Xulosa

Kvant chigalligi — kvant mexanikasining fundamental va g‘ayrioddiy hodisasidir. U klassik fizikaga zid tushunchalarni yuzaga chiqarib, zamonaviy texnologiyalar uchun yangi imkoniyatlarni taqdim etmoqda. Kvant kompyuterlash, kriptografiya va teleportatsiya sohalarida olib borilayotgan tadqiqotlar kelajakda ushbu texnologiyalarning kundalik hayotga joriy etilishiga zamin yaratadi. Kelgusida kvant interneti va barqaror kvant tarmoqlari orqali kommunikatsiya tizimlarining tubdan o‘zgarishi kutilmoqda.

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. Nielsen, M. A., & Chuang, I. L. (2010). **Quantum Computation and Quantum Information**. Cambridge University Press.
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