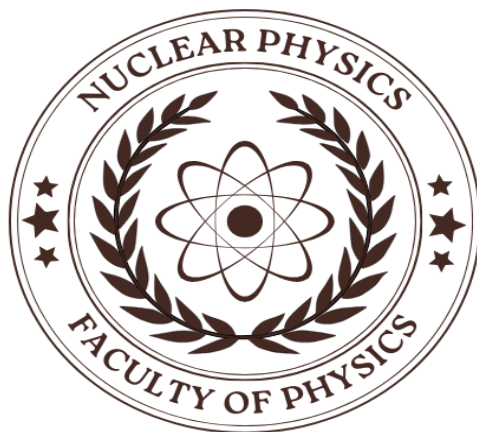


O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY TA'LIM, FAN VA
INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI

MIRZO ULUG'BEK NOMIDAGI
O'ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETI

FIZIKA FAKULTETI
YADRO FIZIKASI KAFEDRASI



Atom fizikasi fanidan

MUSTAQIL ISH

Kvant korellyastiya

Talaba: F-2202 guruh talabasi Avazberdiyev Ibrohimbek

O'qituvchi: yadro fizikasi kafedrası dotsenti – Muqaddas Mamayusupova

Toshkent – 2024

Mundarija

KIRISH

ASOSIY QISM

1. Eynshteyn, Podolskiy va Rozen
2. Bell tengsizligi
3. Kvant korrelyatsiyalari

XULOSA

Foydalanilgan manbalar

Kirish.

Kvant korrelyatsiya, kvant mexanikasining muhim tushunchalaridan biri bo'lib, kvant tizimlarining bir-biri bilan o'zaro bog'lanishini va ularning holatlari o'rtasidagi munosabatlarni o'rganadi. Bu fenomen, kvant tizimlarining klassik tizimlardan farqli ravishda, bir-biriga ta'sir qilishi va o'zaro bog'lanishi mumkinligini ko'rsatadi. Kvant korrelyatsiya, ayniqsa, kvant entanglement (kvant bog'lanish) fenomeni bilan bog'liq bo'lib, bu holat ikki yoki undan ortiq kvant tizimlarining bir-biri bilan bog'lanishini va ularning holatlari o'rtasidagi korrelyatsiyani anglatadi.

Kvant korrelyatsiya, kvant hisoblash, kvant aloqa va kvant kriptografiya kabi zamonaviy texnologiyalarda muhim rol o'ynaydi. Bu tushuncha, kvant tizimlarining o'zaro ta'siri va ularning birgalikda ishlashini tushunishga yordam beradi, shuningdek, kvant mexanikasining asosiy tamoyillarini yanada chuqurroq o'rganishga imkon beradi.

Asosiy qism.

1. Eynshteyn, Podolskiy va Rozen

1935-yilgi EPR maqolasida Albert Eynshteyn , Boris Podolskiy va Natan Rozen kvant nazariyasining bevosita natijasi sifatida "bir - biri bilan mukammal o'zaro bog'langan pozitsiyalar va momentlarga ega bo'lgan ikkita fazoviy ajratilgan zarrachalarni" ta'riflagan. Ular kvant to'lqin funksiyasi haqiqatning to'liq tavsifi degan g'oyaga qarshi turish uchun klassik lokallik printsiptidan foydalanishni maqsad qilgan , lekin buning o'rniga ular haqiqat tabiati haqida bahs-munozaralarni keltirib chiqargan. Shundan so'ng, Eynshteyn Ervin Shredingerga yo'llagan maktubida ushbu g'oyalarning bir variantini taqdim etdi , bu erda taqdim etilgan versiya. Bu yerda qo'llanilgan holat va yozuvlar zamonaviyroq bo'lib, Devid Bomning EPR haqidagi fikriga o'xshaydi. Ikki zarrachaning o'lchasidan oldingi kvant holatini quyidagicha yozish mumkin

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

Bu yerda $|\pm\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} (|0\rangle \pm |1\rangle).$

Bu erda "A" va "B" pastki yozuvlari ikkita zarrachani ajratib turadi, garchi bu zarralarni Elis va Bob ismli ikkita eksperimentalistning qo'lida bo'lish qulayroq va odatiy holdir . Kvant nazariyasi qoidalari eksperimentalistlar tomonidan bajarilgan o'lchovlar natijalarini bashorat qiladi. Misol uchun, Elis o'zining zarrachasini o'rtacha ellik foiz o'lchovda aylanadigan qilib o'lchaydi. Biroq, Kopengagen talqiniga ko'ra, Elisning

o'lchovi ikki zarrachaning holatini yiqilishiga olib keladi , shuning uchun agar Elis z-yo'nalishida spinni o'lchashni amalga oshirsa, ya'ni asosga nisbatan.

$\{|0\rangle_A, |1\rangle_A\}$, keyin Bobning tizimi shtatlardan birida qoladi $\{|0\rangle_B, |1\rangle_B\}$. Xuddi shunday, agar Elis x yo'nalishi bo'yicha, ya'ni asosga nisbatan spinni o'lchashni amalga oshirsa.

$\{|+\rangle_A, |-\rangle_A\}$ keyin Bobning tizimi shtatlardan birida qoladi $\{|+\rangle_B, |-\rangle_B\}$. Shredinger bu hodisani " rul boshqaruvi " deb atagan . [14] Bu Rulda shunday bo'ladiki, bunday holat yangilanishini amalga oshirish orqali hech qanday signal yuborilmaydi; kvant nolokalligi xabarlarini bir zumda jo'natish uchun ishlatilmaydi va shuning uchun maxsus nisbiylikdagi nedensellik bilan bevosita ziddiyatga ega emas .

Ushbu tajribaning Kopengagen nuqtai nazariga ko'ra, Elisning o'lchovi va ayniqsa uning o'lchov tanlovi Bobning holatiga bevosita ta'sir qiladi. Biroq, mahalliylik faraziga ko'ra, Elis tizimidagi harakatlar Bob tizimining "haqiqiy" yoki "ontik" holatiga ta'sir qilmaydi. Biz Bob tizimining ontik holati kvant holatlaridan biri bilan mos kelishi kerakligini ko'ramiz $|\uparrow\rangle_B$ yoki $|\downarrow\rangle_B$, chunki Elis ushbu holatlardan biri uning tizimining kvant tavsifi bilan yakunlanadigan o'lchovni amalga oshirishi mumkin. Shu bilan birga, u kvant holatlaridan biriga ham mos kelishi kerak $|\leftarrow\rangle_B$ yoki $|\rightarrow\rangle_B$. Xuddi shu sababga ko'ra. Shuning uchun Bob tizimining ontik holati kamida ikkita kvant holatiga mos kelishi kerak; shuning uchun kvant holati uning tizimining to'liq tavsifi emas. Eynshteyn, Podolskiy va Rozen buni kvant nazariyasining Kopengagen talqinining to'liq emasligining dalili sifatida

ko'rdilar, chunki to'lqin funksiyasi bu joylashuv taxmini ostida kvant tizimining to'liq tavsifi emas. Ularning maqolasi shunday xulosaga keladi:

Shunday qilib, biz to'lqin funksiyasi fizik haqiqatning to'liq tavsifini bermasligini ko'rsatgan bo'lsak-da, biz bunday tavsif mavjudmi yoki yo'qmi degan savolni ochiq qoldirdik. Biroq, biz bunday nazariya mumkinligiga ishonamiz.

Garchi turli mualliflar (asosan Niels Bohr) EPR qog'ozining noaniq terminologiyasini tanqid qilgan bo'lsa-da, fikr tajribasi shunga qaramay katta qiziqish uyg'otdi. Ularning "to'liq tavsif" tushunchasi keyinchalik o'lchov natijalarining statistik ma'lumotlarini aniqlaydigan, lekin kuzatuvchi kirish imkoniga ega bo'lmagan yashirin o'zgaruvchilar taklifi bilan rasmiylashtirildi. Bom mexanikasi yashirin o'zgaruvchilarni kiritish bilan kvant mexanikasining shunday yakunlanishini ta'minlaydi; ammo nazariya aniq nolokaldir. Shuning uchun talqin Eynshteynning kvant mexanikasining to'liq tavsifi mahalliy yashirin o'zgaruvchilar nuqtai nazaridan "Mahalliy harakat tamoyili"ga muvofiq berilishi mumkinmi yoki yo'qmi degan savoliga javob bermaydi.

2.Bell tengsizligi

1964 yilda Jon Bell Eynshteynning savoliga javob berib, bunday mahalliy yashirin o'zgaruvchilar kvant nazariyasi tomonidan bashorat qilingan statistik natijalarning to'liq spektrini hech qachon takrorlay olmasligini ko'rsatdi. Bell mahalliy yashirin o'zgaruvchan gipoteza o'lchov natijalarining korrelyatsiya kuchiga cheklovlariga olib kelishini ko'rsatdi. Agar Bell tengsizliklari kvant mexanikasi tomonidan bashorat qilinganidek, eksperimental ravishda buzilgan bo'lsa, u holda haqiqatni mahalliy yashirin o'zgaruvchilar bilan tasvirlab bo'lmaydi va kvantning mahalliy bo'lmagan sabablar siri saqlanib qoladi. Biroq, Bellning ta'kidlashicha, Bomning mahalliy bo'lmagan yashirin o'zgaruvchan modeli boshqacha:

Bu [qo'pol nolokal tuzilma] kvant mexanik bashoratlari takrorlaydigan har qanday nazariyaga xosdir. Clauser, Horne, Shimony va Holt (CHSH) bu tengsizliklarni eksperimental sinov uchun qulayroq bo'lgan tarzda qayta ishlab chiqdilar (qarang: CHSH tengsizligi). Bell tomonidan taklif qilingan stsenariyda (Bell stsenariysi) ikkita eksperimentalist Elis va Bob alohida laboratoriyalarda tajriba o'tkazadilar. Har bir yugurishda Elis (Bob) tajriba o'tkazadi $x(y)$ uning laboratoriyasida, natijani olish $a(b)$. Agar Elis va Bob o'zlarining tajribalarini bir necha marta takrorlashsa, ular ehtimolliklarni taxmin qilishlari mumkin $P(a,b|x,y)$, ya'ni, Elis va Bob mos ravishda natijalarni kuzatish ehtimoli a,b ular mos ravishda x,y tajribalarini o'tkazganda. Quyida, har bir bunday ehtimollik to'plami $\{P(a,b|x,y):a,b,x,y\}$ bilan belgilanadi $P(a,b|x,y)$. Kvant nolokallik jargonida, $P(a,b|x,y)$ quti deb

ataladi. Bell parametrni kiritish orqali yashirin o'zgaruvchi haqidagi g'oyani rasmiylashtirdi har bir tizim bo'yicha o'lchov natijalarini mahalliy xarakterlash uchun: "Bu befarqlik masalasi ... 1 bitta o'zgaruvchini yoki to'plamni bildiradimi ... va o'zgaruvchilar diskret yoki doimiy bo'ladimi". Biroq, bu o'ylash uchun ekvivalent (va ko'proq intuitiv). λ ba'zi bir ehtimollik bilan yuzaga keladigan mahalliy "strategiya" yoki "xabar" sifatida $r(\lambda)$ Elis va Bob eksperimental sozlamalarini qayta ishga tushirganda. Bellning mahalliy nedensellik haqidagi taxmini, agar Elis x eksperimentini o'tkazsa va Bob eksperiment o'tkazsa, har bir mahalliy strategiya mustaqil natijalarning taqsimlanishini belgilaydi. y:

$$P(a,b|x,y,\lambda_A,\lambda_B)=P_A(a|x,\lambda_A)P_B(b|y,\lambda_B)$$

Bu yerga $P_A(a|x,\lambda_A)(P_B(b|y,\lambda_B)$ Elis (Bob) natijani olish ehtimolini bildiradi a(b)u u) tajriba o'tkazganda x(y) va uning (uning) tajribasini tavsiflovchi mahalliy o'zgaruvchi qiymatga ega $\lambda_A(\lambda_B)$. Faraz qilaylik λ_A, λ_B ba'zi bir to'plamdan qiymatlarni qabul qilishi mumkin s. Har bir juft qiymat bo'lsa $\lambda_A, \lambda_B \in \Lambda$ bog'liq ehtimoli bor $r(\lambda_A, \lambda_B)$. Tanlanganligi (umumiy tasodifiylikka ruxsat beriladi, ya'ni, λ_A, λ_B o'zaro bog'liq bo'lishi mumkin), keyin har bir o'lchov natijasining qo'shma ehtimoli formulasini olish uchun ushbu taqsimot bo'yicha o'rtacha hisoblash mumkin:

$$P(a, b|x, y) = \sum_{\lambda_A, \lambda_B \in \Lambda} \rho(\lambda_A, \lambda_B) P_A(a|x, \lambda_A) P_B(b|y, \lambda_B)$$

Bunday parchalanishni qabul qiladigan quti Bell mahalliy yoki klassik quti deb ataladi. Mumkin bo'lgan qiymatlar sonini aniqlash a,b,x,y har biri

olishi mumkin, bittasi har bir qutini ifodalashi mumkin $P(a,b|x,y)$ yozuvlari bilan cheklangan vektor sifatida $(P(a,b|x,y))_{a,b,x,y}$. Ushbu tasvirda barcha klassik qutilar to'plami qavariq politopni hosil qiladi. CHSH tomonidan o'rganilgan Bell stsenariysida, bu yerda a,b,x,y ichida qiymatlarni qabul qilishi mumkin 0,1, har qanday Bell mahalliy qutisi $P(a,b|x,y)$ CHSH tengsizligini qondirish kerak:

$$S_{\text{CHSH}} \equiv E(0,0) + E(1,0) + E(0,1) - E(1,1) \leq 2,$$

Bu yerda

$$E(x, y) \equiv \sum_{a,b=0,1} (-1)^{a+b} P(a, b|x, y).$$

3.Kvant korrelyatsiyalari

Ko'p qismli tizimlarning kvant korrelyatsiyalari

Bellning dastlabki o'rnatilishi ikki tomonlama bo'lib, har bir tizimda mahalliy o'lchovlar mustaqil kuzatuvchilar yoki tomonlar tomonidan amalga oshiriladigan ikkita ajratilgan tizimni anglatadi. Svetlichniy boshqa savolga javob berdi, u Bell nolokalligi haqiqatan ham uchta yoki undan ko'p ajratilgan tizimlar orasida mavjud bo'lishi mumkinligini tahlil qildi [9]. Svetlichniy ko'rsatdiki, ma'lum kvant holatlari uchun uch tomonlama korrelyatsiyalar ikki tomonlama nolokal holatlarning klassik aralashmalaridan, ya'ni ikki tomonlama munosabatlardan kelib chiqadi.

Leggett-Garg korrelyatsiyasi va makroskopik realizm

1985 yilda Leggett va Garg makroskopik realizm bashoratlarini kvant mexanikasi prognozlariga qarshi sinab ko'rish bo'yicha aniq taklifni berishdi. Taklifda faqat tizimning makroskopik jihatdan bir-biridan farq qiladigan ikkita holatini farqlovchi o'lchovlarni amalga oshirish kerak [15]. Shunday qilib, o'lchovlar makroskopik bo'lib, hech bo'lmaganda printsiptial jihatdan makroskopik qo'pol donaga imkon beradi. Leggett va Garg vaqt o'tishi bilan dinamik ravishda rivojlanadigan tizimlarni ko'rib chiqdilar. Ularning tahliliga ko'ra, buni qilish kerak edi.

Atom tizimlari uchun kvant korrelyatsiyalari

Kvant korrelyatsiyalarining dastlabki eksperimental tadqiqotlari ikkita ajratilgan fotonik tizimga qaratilgan bo'lib, ularni makroskopik korrelyatsiya deb atash mumkin emas edi. "Makroskopik" ma'nosining yana bir talqini shundan iboratki, ishtirok etgan tizimlar massaga ega. Atom tizimlari uchun kvant korrelyatsiyalari amalga oshirildi. Lamexi-Rachti va Mittigning dastlabki tajribasi proton juftlari uchun kvant

korrelyatsiyasini o'rgandi [358], lekin kvant korrelyatsiyasini aniqlash uchun qo'shimcha taxminlar zarur edi

Optomexanikada kvant korrelyatsiyalari

Massasi makroskopik bo'lgan tizimlarda kvant korrelyatsiyasining mavjudligi haqidagi savol optomexanika sohasida hal qilinadi. Optomexanikadagi kvant korrelyatsiyalari kvant mexanikasining fundamental sinovlarida muhim rol o'ynashi kutilmoqda.

Fazoviy ravishda ajratilgan kvant tizimlarining kvant korrelyatsiyalari ajralish natijasida dekoreya bo'lishi mumkinligi haqidagi g'oya Furri [421] tomonidan Eynshteyn-Podolskiy-Rozen paradoksi [1] mumkin bo'lgan yechim sifatida taklif qilingan. O'z-o'zidan...

Xulosa

Kvant korrelyatsiya, kvant mexanikasining asosiy tushunchalaridan biri bo'lib, kvant tizimlarining o'zaro bog'lanishi va ularning holatlari o'rtasidagi munosabatlarni o'rganadi. Bu fenomen, kvant entanglement orqali o'z ifodasini topadi va zamonaviy texnologiyalarda, masalan, kvant hisoblash va kvant kriptografiyada muhim ahamiyatga ega. Kvant korrelyatsiyaning o'rganilishi, kvant tizimlarining murakkabligini va ularning bir-biriga ta'sirini tushunishga yordam beradi, bu esa ilm-fan va texnologiya sohalarida yangi imkoniyatlar va innovatsiyalarni keltirib chiqaradi. Kelajakda, kvant korrelyatsiya fenomenini yanada chuqurroq o'rganish, kvant mexanikasining yangi nazariyalarini rivojlantirish va amaliyotda qo'llash imkoniyatlarini kengaytiradi.

Foydalanilgan manbalar

1. Wikipedia.uz
2. Sciencedirect.com. 2023. 90-jild