



**OLIIY TA'LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR
VAZIRLIGI**

**MIRZO ULUG'BEK NOMIDAGI O'ZBEKISTON
MILLIY UNIVERSITETI**

FIZIKA FAKULTETI

F-2206 GURUH TALABASI

Talibayeva Aydananing

Atom fizikasi fanidan

“Einshteyn-Podolskiy-Rosen paradoksi”

mavzusida tayyorlagan

MUSTAQIL ISHI

Tekshirdi: X.Xoshimjonov

Bajardi: A.Talibayeva

Reja:

1. Kvant mexanikasidagi EPR paradoksi.
2. Kvant zarralarning noodatiy bog'lanishi.
3. Klassik fizika va kvant fizikasi muammolari.
4. EPR ning fanlari o'rni va J.Bell mulohazalari.

Eynshteyn-Podolskiy-Rozen (EPR) paradoksi 1935 yilda Albert Eynshteyn, Boris Podolskiy va Natan Rozen tomonidan ishlab chiqilgan, kvant mexanikasining ba'zi tushunchalariga nomunosib holat sifatida xizmat qiladi, bu kvant mexanikasi va klassik fizika o'rtasidagi aniq nomuvofiqliklarni ta'kidlaydigan paradoks hisoblanadi. Bunda kvant mexanikasining to'liqligi va o'rni haqida fikr yuritiladi.

“Nazariya aslida to'g'rimi ?Kvant-mexanik tasavvurlar reallikning to'liq tavsifi bo'la oladimi?”

Bu erda ikki yoki undan ortiq zarralar, ularni ajratib turadigan masofadan qat'i nazar, bir xil harakatga ega bo'ladigan tarzda bog'lanadi. Bir zarrachaning xususiyatini o'lchash bir zumda ikkinchisining mos keladigan xususiyatini o'zgartiradi, hatto ular bir-biridan yorug'lik yili uzoqlikda bo'lsa ham.

Klassik fizika obyektga faqat uning yaqin atrofidagi jismlar ta'sir qilishi mumkinligini ta'kidlaydi. Zarrachalardagi korrelyatsiya bu qonuniyatni buzgan ko'rinadi. Axborot yorug'likdan tezroq harakat qilganga o'xshaydi, bu Eynshteynning nisbiylik nazariyasiga ziddir.

Eynshteyn, Podolskiy va Rozenning ta'kidlashicha, agar kvant mexanikasi jarayonning to'liq tavsifi bo'lsa, u juda katta masofada buni tushuntirib bera olmaydi. Ular kvant mexanikasi to'liq emasligini aytishdi, ya'ni: o'lchov natijalarini aniqlaydigan va o'zaro bog'liqlikni klassik qonunlarni buzmasdan tushuntiradigan biz hali kashf qilmagan yangi o'zgaruvchilar mavjud. Ularning takliflariga ko'ra, ikkita kvant sistema o'rtasida bir-birini bilmasdan o'zaro ta'sir etish mumkin. Ular kvant sistemalari orqali bir-biri bilan bog'langan holda bo'lsa, bir sistemaning xususiyatlari aniqlanganida, ikkinchi sistemaning xususiyatlarini bilish mumkinligini ta'kidlaydi. Nazariyaga ko'ra hech qanday axborot yorug'lik

tezligidan tez tarqalmasligi kerak. Eynshteyn buni “**masofadagi noodatiy ta’sirlashuv**” deb atagan.

EPR olimlari kvant mexanikasining asosiy tushunchalaridan biri bo’lgan noaniqlik prinsipi (Geyzenberg noaniqlik prinsipi) ga ko’ra agar biror xil sistema tomonidan ko’rsatilgan ma’lumot to’g’ridan-to’g’ri tajriba orqali aniqlanmasa, unda bu sistema haqidagi ma’lumotlar to’liq emas.

Agar kvant mexanikasi to’g’ri bo’lsa, unda fizikada real (haqiqiy) tasavvurga ega bo’lishini talab qiladi. Eynshteyn, Podolsky va Rosen fizik hodisalarning to’liq aniqlikda tushuntirilishi, lokal (klassik) ta’sirlar asosida bo’lishini xohlaydilar. Ular shuni ta’kidlagan ediki, agar bir kvant sistema bir-biriga bog’langan boshqa sistema bilan juda uzoq masofada bo’lsa, unda ularni o’zaro ta’siri lokal bo’lishi kerak.

Ikki jism bir-biriga bog’langan bo’lsa bu bog’lanishning fizik kattaliklarini tajriba va o’lchashlarni nazariy yo’lning o’zi bilan topib bo’lmaydi. Tajribadan olingan natijalaridan kelib chiqib fikr bildirish kerak. Yechimning keng qamrovli bo’lishi bizga kerak emas. Agar sistema nisbatan tinch turgan holatida sistemani xarakterlovchi aniq qiymatlarni o’lchash imkoni bo’lsa unga mos kattaliklar haqida fikr yuritish mumkin. (Soddalik uchun) belgilangan qiymatlar ola olsak, hech bo’lmaganda bitta kattalik ola olamiz. Bu shunchaki yetarli shart bo’lsin va ham klassik ham kvant-mexanik qarashlarda o’rinli bo’lsin. Bu qarashlarni tasvirlash uchun bitta erkinlik darajasiga ega zarrachada ko’raylik. Uning harakatini tasvirlashdan o’zgaruvchilarning funksiya sifatida to’lqin funksiyasi bo’lsin. Bunda har bir kuzatilayotgan jarayonga mos keladigan operator kiritamiz.

$$\psi' \equiv A\psi = a\psi,$$

$$\psi = e^{(2\pi i/\hbar)p_0x},$$

$$p = (h/2\pi i) \partial / \partial x,$$

$$\psi' = p\psi = (h/2\pi i) \partial \psi / \partial x = p_0 \psi.$$

Kvant mexanikasiga ko'ra biz a va b o'rtasida yozuvchi ehtimollik deb qaraymiz.

$$P(a, b) = \int_a^b \bar{\psi} \psi dx = \int_a^b dx = b - a.$$

Ushbu ehtimollik mustaqil bo'lgani uchun natija faqat chegaraga bog'liq bo'lib qoladi. Bundan koordinataning barcha qiymatlarining ehtimolligi tengligini ko'ramiz. Kvant mexanikasida Geyzenberg noaniqligiga ko'ra zarrachaning impulsi qanchalik aniq bo'lsa, uning impulsi shunchalik noaniq bo'ladi. Xuddi shu qarash ikki jism orasida ham kuzatiladi: birining kattaliklarini qanchalik aniq ayta olsak, ikkinchi jism uchun topish shunchalik muammoli. Yuqoridagi operatorlar ham aniq qiymat qabul qilsa ular orasida bir paytning o'zida boshlanishini kuzatish mumkin bo'lar edi. Bu kvant nuqtasi nazaridan qarama-qarshiliklar ham mavjudligini ko'rsatmoqda.

Shu maqsadda biz ikkita tizim bor deb tasavvur qilaylik, I va II, $0 < t < T$ vaqt oralig'ida harakat qilayotgan bo'lsin, orasida o'zaro tasir mavjud emas deb hisoblaylik. Bundan tashqari ikkita tizimning $t=0$ da holat ma'lum bo'lgan deb taxmin qilamiz. Shredinger tenglamasi yordamida birlashtirilgan tizimning holatini hisoblashimiz mumkin. Shredinger tenglamasining har qanday holatda o'rinli javobi (ψ) funksiyaga teng bo'lsin. Lekin biz ularga alohida-alohida yechim bera olmaymiz. Bu kvant mexanikasida faqat keyingi o'lchovlar yordamida to'lqin paketi qisqarishi orqali amalga oshishi mumkin. Bu jarayonni ko'rib chiqaylik.

$a_1, a_2, a_3, \dots$ va $U_1(x_1), U_2(x_2), U_3(x_3), \dots$ lar sistemaga tegishli biror fizik kattalikning qiymatlari bo'lsin. x_1 birinchi sistemani tasvirlash uchun ishlatiladigan o'zgaruvchilarni anglatuvchi mos funksiya. (ψ) funksiyani x_1 orqali ifodalasak

$$\Psi(x_1, x_2) = \sum_{n=1}^{\infty} \psi_n(x_2) u_n(x_1),$$

Ifodani yoza olamiz. Bu yerda x_2 ikkinchi tizimni tavsiflash uchun ishlatiladigan o'zgaruvchilarni anglatadi. x_2 ga bog'liq funksiya kengayish koeffitsientiga bog'liq deb qaralishi kerak. Olingan natijalardan keyin birinchi sistemani to'lqin funksiyasiga ko'ra holatini aniqlaymiz. Ikkinchi sistema uchun ham shunday. Endi yuqoridagi formuladagi kattaliklarni boshqacha qilib tanlab olamiz. Kengayish koeffitsientini boshqa ko'rinishda yozamiz.

$$\Psi(x_1, x_2) = \sum_{s=1}^{\infty} \varphi_s(x_2) v_s(x_1),$$

Agar bu formuladagi kattaliklar o'lchansa, qiymatga ega ekanligi aniqlansa bir vaqtning o'zida bu tenglamalar ikki sistemada mos ravishda bajariladi.

Shuning uchun biz birinchi tizimida amalga oshirilgan ikki xil o'lchov natijasida ikkinchi tizim ikki xil to'lqin funksiyasiga ega bo'lgan holatlarda qoldirilishi mumkinligini ko'ramiz. Boshqa tomonidan, o'lchash paytida ikkita tizim o'zaro ta'sirlashmaydi, chunki birinchi tizimda amalga oshirilishi mumkin bo'lgan har qanday narsa natijasida ikkinchi tizimda o'zgarish sodir bo'lmaydi. Bu albatta ikki tizim o'rtasida o'zaro ta'sirni yo'qligi nimani anglatishini bildiradi. Shunday qilib ikki xil to'lqin funksiyasini tanlash mumkin. Endi ikki xil to'lqin funksiya kattaliklari mos keladigan ikkita operatorlarning o'ziga xos funksiyalari sifatida qaralsin bu aslida shunday bo'lishi mumkinligini eng yaxshi misol bilan ko'rsatishi mumkin. Faraz qilaylik, ikkita tizim ikkita zarracha ko'rinishida berilgan.

$$\Psi(x_1, x_2) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{(2\pi i/\hbar)(x_1 - x_2 + x_0)p} dp,$$

Bu yerda x doimiy. Bu har qanday vaqt momentida o‘rinli bo‘lishi kerak. Integralning xususiy funksiyasi sifatida quyidagini olaylik.

$$u_p(x_1) = e^{(2\pi i/\hbar)p x_1}$$

Bog‘langan sistemalar uchun uzluksiz spektr kuzatiladi. Chunki $U_p(x_1)$ ning har biri uchun qiymatga ega.

Shu bilan kvant-mexanik tavsifi to‘liq emasligini ikkita fizika kattalikka mos keladigan operatorlar ikkisi ham miqdorini o‘zgartirmasa bir vaqtning o‘zida bu nazariyalar o‘rinli bo‘lmasligini isbotladik. To‘lqin funksiyasi to‘liq tavsifni beradi degan taxmindan boshlab biz ikkita fizik kattalik ishlamaydigan operatorlar bilan bir vaqtning o‘zida haqiqatga ega bo‘lishi mumkin degan xulosaga keldik. Shu bilan biz to‘lqin funksiyasi jarayonning to‘liq tavsifini bermasligini ko‘rsatgan bo‘lsakda, jarayon uchun aniq javob bera olmaymiz. Lekin olimlar hali kashf etilmagan nazariy mavjudligiga ishongan.

Bell teoremasi kvant mexanikasining bashoratlari biz biladigan fizikaga asoslangan har qanday nazariyadan farq qilishini ko‘rsatdi. O‘shandan beri ko‘plab tajribalar o‘tkazildi va natijalar ko‘pchilik tomonidan qo‘llab-quvvatlandi.

Eynshteyn, Podolsky va Rosenning paradoksi 1 kvant mexanikasi to‘liq nazariya bo‘lmaganligini va qo‘shimcha o‘zgaruvchilar bilan to‘ldirilishi kerakligini dalil sifatida ilgari surildi. Ushbu qo‘shimcha o‘zgaruvchilar nazariyaga sababiyat va mahalliylikni qaytarish uchun zarur edi 2. Ushbu yozuvda bu g‘oya matematik jihatdan shakllantiriladi va uni kvant mexanikasining statistika bashoratlari bilan mos kelmasligi ko‘rsatiladi. Mahalliylik talabi, ya‘ni bir tizimdagi o‘lchov natijasi, o‘tmishdagi o‘zaro ta’sirlangan uzoq tizimdagi operatsiyalardan ta’sirlanmasligi kerakligi asosiy qiyinchilikni yuzaga keltirildi.

Yuqorida ko'rib chiqilgan misol, amalga oshirilishi mumkin bo'lgan o'lchovlarni tasavvur qilish uchun kamdan-kam holda tasavvurga ega bo'lish afzalligi bor. Yanada rasmiy tarzda, 7 dan faraz qilsak, har qanday to'liq yig'ish holatiga ega Hermit operatori "observal" sifatida ko'rib chiqiladi, natijani boshqa tizimlarga osonlik bilan kengaytirish mumkin. Agar ikkita tizimning holat maydonlari o'lcham jihatidan 2 dan katta bo'lsa, har doim ikki o'lchovli submaydonlarni ko'rib chiqishimiz mumkin va ularning bevosita ko'paytmasida yuqorida ishlatilganlarga rasmiy jihatdan analog bo'lgan d_1 va d_2 operatorlarini tasvirlashimiz mumkin va ular ko'paytma submaydondan tashqaridagi holatlar uchun nolga teng bo'ladi. Shunday qilib, kamida bitta kvant mexanik holat uchun, birlashgan holati, kvant mexanikasining statistik taxminlari ajratilgan oldindan belgilash bilan mos kelmaydi.

Agar kvant mexanikasiga parametrlar qo'shilsa va individual o'lchovlarning natijalarini belgilasa, statistika taxminlarini o'zgartirmasa, bitta o'lchov vositasining sozlamalari boshqa bir qurilmaning ko'rsatkichlariga ta'sir o'tkazishi mumkin bo'lgan mexanizm bo'lishi kerak, hatto uzoq bo'lsa ham. Bundan tashqari, bu ta'sir tezkor ravishda tarqalishi kerak, shunda bunday nazar Lorentz invariant bo'lolmaydi. Vaziyatda kvant mexanikasi taxminlari e'tibordan chetda qolmaydi. EPR paradokslari natijasida, keyinchalik tajriba o'tkazilsa, "entanglement" (birlashtirish yoki kvant bog'lanish) hodisasi tasdiqlandi, bu hodisa kvant sistemalari o'rtasida bog'lanishni ko'rsatadi. Bu, o'z navbatida, "Kvant Aloqa" (quantum teleportation) kabi yangi texnologiyalarni rivojlantirishga olib keldi.

EPR paradoksi zamonaviy kvant mexanikasining teoremasining chuqur tahlil qilinishini va uni yanada rivojlantirishga yordam berdi, va bu zamonaviy fizikadagi eng muhim masalalardan biri sifatida qolmoqda.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete. A. Einstein. B. Podolskiy and N. Rosen. Received March 25,1935.
2. On The Einstein Podolsky Rosen Paradox. J. S. Bell. Received 4 November 1964.
3. @chatsgpts_bot.
4. @GPT4Telegrambot.
5. Atom mustaqil ishlar. M. Mamayusupova. 2023.