



O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI

OLIY TA'LIM, FAN VA

INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI

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

FIZIKA FAKULTETI

Tojiyeva Sevinchning

"Atom fizikasi fanidan"

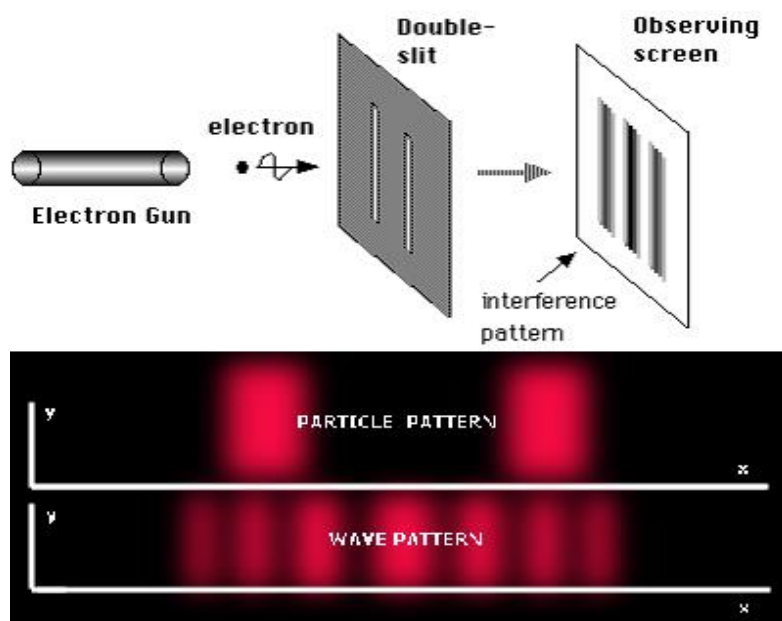
MUSTAQIL ISHI

MAVZU: "To'lqin funksiyasi kollapsi"

Qabul qiluvchi: Mamayusupova M.

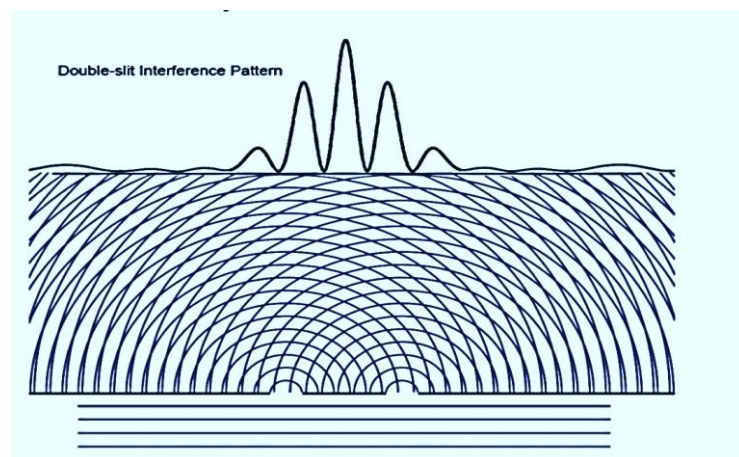
Kvant mexanikasida to'liq funksiyasining qulashi, shuningdek, holat vektorining qisqarishi deb ataladi, to'liq funksiyasi (dastlab bir nechta xos holatlar superpozitsiyasida) tashqi dunyo bilan o'zaro ta'sir natijasida bitta xos holatga kamayganda sodir bo'ladi. Bu o'zaro ta'sir kuzatish deb ataladi va kvant mexanikasidagi o'lchovning mohiyati bo'lib, to'liq funksiyasini pozitsiya va impuls kabi klassik kuzatiladigan narsalar bilan bog'laydi. **Kollaps** - kvant tizimlari vaqt o'tishi bilan rivojlanadigan ikkita jarayondan biri; ikkinchisi esa Shredinger tenglamasi tomonidan boshqariladigan uzluksiz evolyutsiyadir.

To'liq funksiyasining qulashi - tarqaladigan to'liq funksiyasidan mahalliyashtirilgan zarrachaga o'tish. Kvant mexanikasi odatda zarrachalarni aniq joylarda joylashgan deb tasvirlamaydi. Aksincha, bir zarracha bir vaqtning o'zida bir nechta joyda bo'lishi mumkin. Bunday holatlarda biz zarracha "**bir nechta joyning superpozitsiyasida**" deb aytamiz. Zarrachani o'lchashda, uning superpozitsiyasi "**kollaps**" qilgani aytiladi, natijada zarracha tasodifiy ravishda faqat bitta joyga sakraydi. Bu holat mashhur bo'lgan ikki yoriqli tajriba (**double-slit experiment**) orqali ko'rsatilgan.



To'liq funksiyasining eng yaxshi tasviri uning ikki yoriqli eksperimentda mashhur tirqishlardan o'tishini ko'rsatishdir. Kichik bir teshikdan o'tadigan suv to'liqlari o'sha teshikdan tashqariga tarqaladigan aylana to'liqlarni hosil qilishi asrlar davomida ma'lum. Agar ikkita teshik mavjud bo'lsa, har bir teshikdan chiqadigan to'liqlar ikkinchisining to'liqlariga to'sqinlik qiladi, to'liqlarni cho'qqilarda (yoki chuqurliklarda) ikki baravar balandroq hosil qiladi va birining tepasi ikkinchisidan to'qnashgan joyda mukammal tarzda bekor

qilinadi. Ushbu tajribada, elektronlar birma-bir **fluoresan** ekran tomon otiladi. Elektron ekranga urilganda, u qaysi joyga tegishini ko'rsatadigan nuqta yoritiladi, bu esa elektronning joylashishini o'lchash imkonini beradi. Tajribada, ekran tomon yo'lni devor bilan blokirovka qilinadi va faqat ikkita ingichka yoriq bo'ladi. Ko'p sonli elektronlar devorga yo'naltirilganda, fluoresan ekrandagi nuqtalar to'plami ikki yoriqqa mos keladigan ikki chiziqli nuqtalar emas, balki interferensiya (**to'liqrog'i, ko'plab nuqtalar to'plami, ekranni zebra tanasiga o'xshatadi**) shaklida bo'ladi. Biroq, agar biz yoriqlarda qo'shimcha o'lchov vositalarini o'rnatsek, har bir elektron qaysi yoriqdan o'tganini aniqlasak, unda har bir zarracha faqat bir yoriqdan o'tishini va ekranda faqat ikkita nuqta chizig'i hosil bo'lishini ko'ramiz, bu esa oldin ko'rgan interferensiya naqshi emas.



Qanday qilib bitta yorug'lik zarrasi ikkala tirqishdan o'tmasdan o'z-o'ziga aralashishi mumkin? Agar u bir yoki boshqa yoriqni yopish orqali faqat bitta tirqishdan o'tib ketsa nima bo'lishini ko'rishimiz mumkin. Biz butunlay boshqacha interferensiya naqshini olamiz.

To'lqin ikki yoriqdan o'tganida nima bo'ladi? Ba'zi qismlari orqaga qaytariladi, lekin har bir yoriqdan ikki yangi to'lqin chiqadi va ekranga tomon yo'naladi. Ushbu ikki yangi to'lqin kengayganida, ular bir-biriga to'qnashadi, so'ngra ekranga uriladi. Agar ekran suv to'lqinlarining intensivligini aniqlash uchun mo'ljallangan bo'lsa, to'lqinlar o'zaro to'qnashishi ekraning naqshini ta'sir qiladi. Bu ortodoksiyani interferensiya naqshiga qanday tushuntirishini ta'riflashga o'xshaydi. Bitta elektronning trayektoriyasini ko'rib chiqaylik. U devorga otiladi. Schrödinger tenglamasi tomonidan bashorat qilinganidek, u tarqaladi (**to'lqin kabi**). Keyin, u birinchi yoriqdan chiqqan komponentga va ikkinchi yoriqdan chiqqan komponentga ega bo'ladi: elektron ikkala yoriqdan

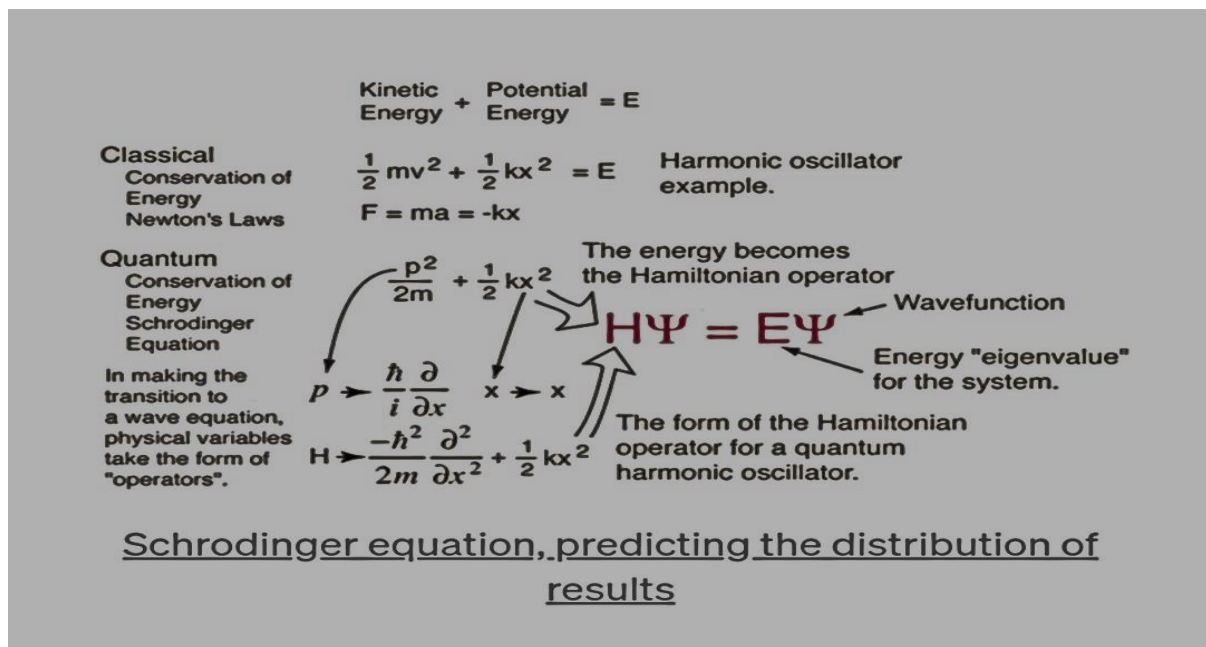
ham o'tishning superpozitsiyasidadir. Ushbu ikki komponent keyinchalik tarqaladi va o'zaro ta'sir qiladi. Elektron keyin ekranda bir nechta joyga urilishning superpozitsiyasiga kiradi. Ushbu bir nechta joylar interferensiya naqshiga mos keladi.

Ekranda bitta nuqtaning yoritilishi - bu bitta elektronning joylashishini o'lchashdir. O'lchash jarayonida kollaps postulati Schrödinger tenglamasi o'rnini oladi. Shu sababli, superpozitsiyalar tarqalishi to'xtaydi va elektron tasodifiy ravishda ekranda bitta joyga kollaps qiladi, natijada biz faqat bitta nuqtani ko'ramiz. Shunday qilib, bitta elektron interferensiya naqshini yarata olmaydi. Ammo biz ko'proq elektronlarni yuborishda, interferensiya naqshi hosil bo'ladi. Agar biz endi yoriqlarda qo'shimcha o'lchov vositalarini o'rnatib, har bir elektron erta kollaps qiladi va faqat bir yoriqdan o'tadi. Agar elektronlar ikkala yoriqdan ham o'tishning superpozitsiyasida bo'lmasa, interferensiya bo'lmaydi, ya'ni interferensiya naqshi hosil bo'lmaydi. Shunday qilib, o'lchash ikki narsani bajaradi: u jismoniy tizimlarning o'z tabiatini o'zgartiradi, ularning **“to'liqin kabi”** superpozitsiyalarini tanish **'zarracha kabi'** holatlarga aylantiradi; va o'lchangan narsada chinakam tasodifiy xususiyatni keltirib chiqaradi (**to'liqin-to'liqin o'zgarishi tasodifiy bo'lgani uchun**).

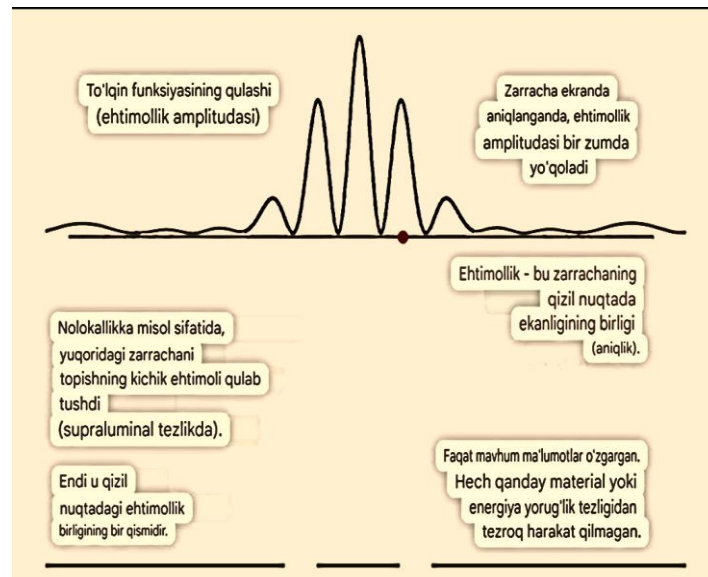
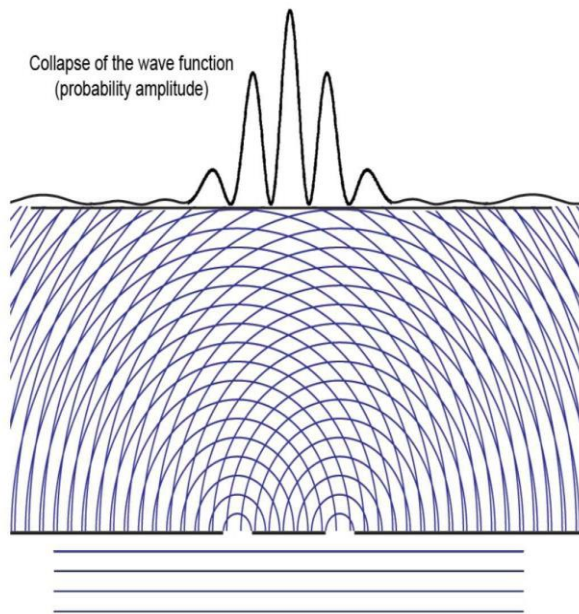
1924-yilda de Broyl tomonidan elektron singari zarrachalari o'zini xuddi to'liqindek tutishi mumkinligi haqidagi g'oya ilgari surildi. Buning asosida Ervin Shryodinger tomonidan, kvant holatlarini ifodalashda, zarrachaning koordinatalari va o'zini qanday tutishini to'liqin funksiyasi – ψ (psi) orqali belgilanadigan matematik mexanizm ishlab chiqildi. Lekin bu, siz bilan biz ko'nikkan ko'rinishdagi, masalan, tovush to'liqlari tarzidagi to'liqin emas. To'liqin funksiyasi bu ko'p jihatda aslida ehtimoliylik bo'lib, ushbu funksiyaning qiymati (aniqrog'i, to'liqin funksiyasi qiymatining kvadrati – ψ^2) – zarrachaning fazoning u yoki bu qismidan aniqlanishi ehtimolligini ifodalaydi. Kvant mexanikasidagi to'liqin funksiyasi Ervin Shredingerning mashhur to'liqin tenglamasining yechimi bo'lib, uning ψ to'liqin funksiyasi vaqtidagi evolyutsiyasini tasvirlaydi. To'liqin funksiyasi ko'rinishidagi Shryodinger tenglamasi orqali biz kvant sistemasining muayyan holatdagi ehtimoliyligini taxmin qilish imkonini bera oladi xolos. O'lchashlar esa kvant sistemasining

o‘zi qanday holatda ekanini aniq aytish imkonini beradi. Aftidan, o‘lchash aktining o‘zi boshqa ehtimolliklarni istisno qilib qo‘yadi. Aynan shu narsa to‘lqin funksiyasining kollapsi deyiladi. Mazkur kollapsning qay tarzda ro‘y berishi o‘lchashlarning qanday amalga oshirilishiga bog‘liq. Kvant nazariyasining endi-endi oyoqqa turib kelayotgan paytlarida fizika sohasida faoliyat yuritgan olimlar ichida, o‘sha paytlar ushbu masala yuzasidan muayyan falsafiy tortishuvlar yuzaga kelgan edi. Aslida ilm-fan borliq haqidagi bilim va ma’lumotlarni obyektiv ravishda, asl mohiyatiga ko‘ra ochib beradi deb ishoniladi.

Ma’lumot: To‘lqin funksiyasi yordamida, vodorod atomi orbitasidagi elektronning qayerda turganini aniqlash mumkin.



Demak, tirqishlardan o‘tuvchi kvant to‘lqini (va bu ehtimollik amplitudasi to‘lqini $\psi(x)$ ikkala tirqishdan ham o‘tadi) mavhum son bo‘lib, moddiy ham, energiya ham emas, shunchaki ehtimollikdir. Bu yorug'lik zarralari (yoki agar biz elektronlarni yoriqlarga otgan bo'lsak, materiya zarralari) biz ularni yozib olganimizda qayerda topilishi haqidagi ma'lumotdir. To‘lqin funksiyasi kollapsi superpozitsiyani yo‘qqa chiqaradi va kvant sistemasining holatini aniq holga o‘tkazadi.



Maks Born x holatidagi $\psi(x)$ to'liq funksiyasini shunday izohladiki, to'liq funksiyasining kompleks kvadrati kvant mexanikasining asosiy jihati bo'lgan zarrachaning ehtimoligi zichligini beradi.

The Born interpretation

- The square of the wave function $|\Psi|^2$ at a point is proportional to the probability of finding the particle at that point.

$$|\Psi|^2 = \Psi^* \Psi \geq 0 \quad \text{Always real, non-negative}$$

Complex conjugate of Ψ

$$\begin{aligned} |a + bi|^2 &= (a + bi)^* (a + bi) = (a - bi)(a + bi) \\ &= a^2 - b^2 i^2 = a^2 + b^2 \geq 0 \end{aligned}$$

Verner Heisenberg noaniqlik printsipini ishlab chiqdi, bu ma'lum bir jismoniy xususiyatlar juftligini bir vaqtning o'zida o'zboshimchalik bilan aniqlab bo'lmasligini anglatadi.

Heisenberg's Uncertainty Principle

uncertainty
in momentum

↓

$$\Delta x \Delta p \geq \frac{h}{4\pi} = \frac{\hbar}{2}$$

↑

uncertainty
in position

The more accurately you know the position (i.e., the smaller Δx is), the less accurately you know the momentum (i.e., the larger Δp is); and vice versa

mexanikasining to'liqligiga shubha

- To'lqin funksiyasining qulashi Geyzenberg tomonidan kiritilgan va Jon fon Neyman tomonidan matematik tarzda rasmiylashtirilib, kvant mexanikasining ajralmas qismiga aylandi.
- Albert Eynshteyn, Boris Podolskiy va Natan Rozen 1935 yilda kvant mexanikasining to'liqligiga shubha qilib, kvant chalkashlik tushunchasini kiritib, EPR paradoksini taqdim etdilar.
- O'sha yili Shredinger tomonidan taklif qilingan "Mushuk" fikrlash tajribasi kvant o'lchovining paradokslarini va to'lqin funktsiyasi qulashining muammoli tabiatini ta'kidladi.
- Eynshteynning Shredinger bilan munozaralari kvant nazariyasining deterministik va ehtimollik tabiati haqidagi kengroq ilmiy munozarani aks ettirdi.

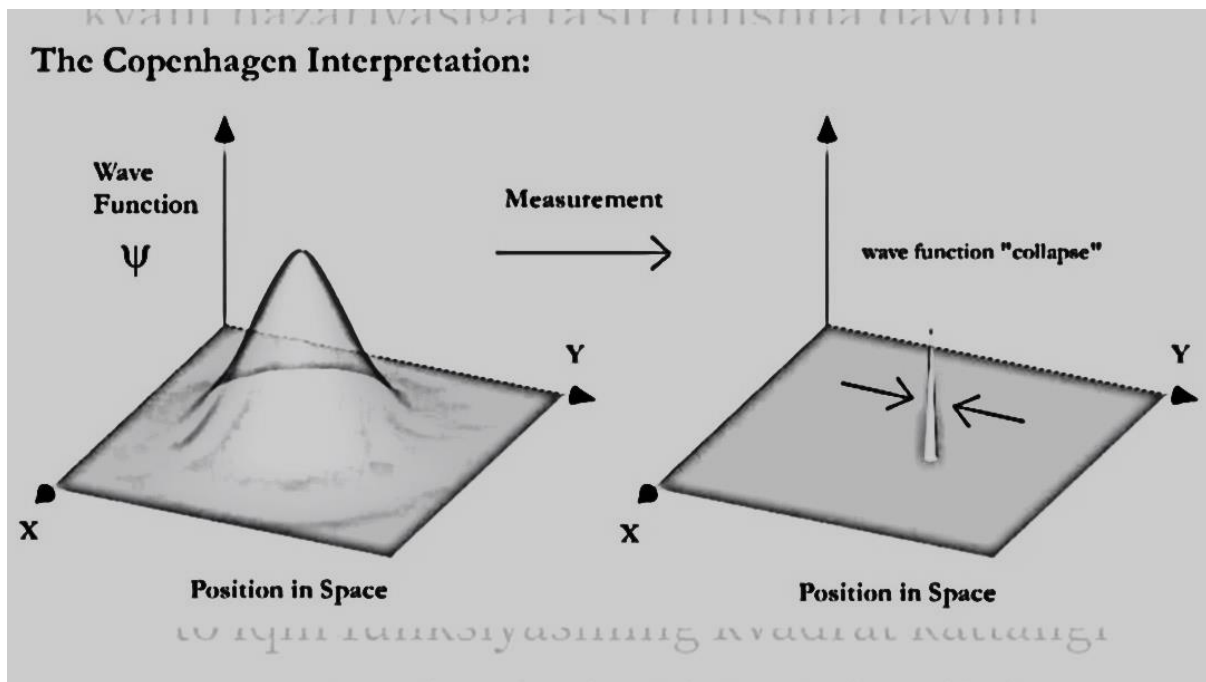
Ushbu bosqichlar va munozaralar ushbu o'zgarishlarning markazida to'lqin funktsiyasi bilan voqelikning asosiy mohiyatini tushunishdagi tub o'zgarishlarni ta'kidladi. To'lqinlar funktsiyasining tarixiy rivojlanishining konteksti bugungi

kunda kvant fizikasiga ta'sir qilishda davom etayotgan intellektual muammolar va innovatsion g'oyalarni ochib beradi.

Kvant fizikasi bilan yuz berayotgan holatda esa, o'rganilayotgan jarayon natijasi (obyektning holati) uni o'rganish aktining o'ziga bog'liq bo'ladi. «O'lchash muammosi» deb yuritiladigan ilmiy masalaning mohiyati ana shunda. Shunday ekan, to'liq funksiyasi kollapsi aslida nima o'zi? Shunchaki matematik rasmiyatchilikmi, yoki, u haqiqatan ham borliqda mavjud, real narsami? Umumqabul qilingan «Kopengagen izohi»ga ko'ra, kuzatuvni amalga oshirmaguncha sistemaning holatini aniqlab bo'lmaydi. Ba'zi olimlarning fikriga ko'ra, to'liq funksiyasi kollapsi bu shunchaki illuziya; ehtimollikning turli ehtimoliy natijalari esa boshqa-boshqa olamlarda amalga oshadi. Boshqa bir olimlar esa to'liq funksiyasi kollapsini gravitatsiya kuchi ta'sir qilishi mumkin bo'lgan qandaydir real jarayon deb hisoblaydilar.

Kopengagen talqini

Niels Bor va Verner Heisenberg kabi shaxslar boshchiligidagi Kopengagen talqini kvant mexanikasida asos bo'lib, to'liq funksiyasi va uning qulashi haqidagi soha tushunchasini chuqur shakllantiradi. 1920-yillarda ishlab chiqilgan ushbu talqin kvant nazariyasiga ta'sir qilishda davom etadigan bir nechta o'ziga xos tamoyillarni o'z ichiga oladi.



Kopengagen talqinida markaziy o'rin Shredinger tenglamasida tasvirlangan to'liq funksiyasining kvadrat kattaligi zarrachaning joylashish ehtimolini

ko'rsatuvchi ehtimollik zichligi funksiyasi bo'lib xizmat qiladi, degan tushunchadir. Kuzatishlar va o'lchovlar hal qiluvchi rol o'ynaydi, chunki ular kvant tizimining xususiyatlarini aniqlaydigan qaytarilmas jarayonlardir. O'lchov akti to'lqin funktsiyasini buzadi, tizimni holatlar superpozitsiyasidan aniq holatga o'tkazadi. Ushbu fikrga ko'ra, kvant tizimlari o'lchashdan oldin aniq xususiyatlarga ega emas. Buning o'rniga, xususiyatlar kuzatuvchi va tizim o'rtasidagi o'zaro ta'sir natijasida paydo bo'ladi.

Kopengagen talqini kvant fizikasi kurslarida eng ko'p o'qitiladigan nuqtai nazar bo'lib, kuzatuvchi rolini va kvant hodisalarining ehtimollik xususiyatini ta'kidlaydi. Bu shuni ko'rsatadiki, kuzatishning o'zi nafaqat kvant ob'ektlarining xususiyatlarini ochib beradi, balki ishlab chiqaradi, bu tushuncha bizning voqelikni eng fundamental darajada tushunishimizga chuqur ta'sir ko'rsatadi.

To'lqin funktsiyasining buzilishi tabiati

To'lqin funktsiyasining qulashi kvant mexanikasidagi jumboqli jarayon bo'lib, tashqi dunyo bilan o'zaro ta'sirlashganda, masalan, o'lchash paytida kvant tizimining superpozitsiyasidan yagona xos holatga keskin o'tishni ifodalaydi. Shredinger tenglamasi tomonidan tasvirlangan uzluksiz, deterministik evolyutsiyadan farqli o'laroq, qulash deterministik bo'lmagan jarayon bo'lib, natija ehtimoli Born qoidasi tomonidan berilgan. Kvant mexanikasining turli talqinlari to'lqin funktsiyasining qulashiga turlicha qarashlarni taklif qiladi, ba'zilar buni jismoniy jarayon, boshqalari esa matematik abstraktsiya sifatida ko'rishadi. Jismoniy qulash nazariyalari qulash "shovqin maydoni" potentsial ta'siri ostida bo'lgan haqiqiy jismoniy jarayon ekanligini ko'rsatadi, ammo so'nggi tajribalar bu nazariyalarning eng oddiy modellarini tasdiqlamadi.

Dekogerentlik, kvant tizimining atrof-muhit bilan o'zaro ta'siri tufayli uyg'unlikni yo'qotadigan jarayon kvant tizimlari kuzatilganda o'zini klassikroq tutishi haqidagi kontseptsiyaga mos keladigan qulash mexanizmi sifatida taklif qilingan. O'lchov yoki kuzatish akti to'lqin funktsiyasining qulashi bilan chambarchas bog'liq bo'lib, bunda to'lqin funktsiyasi dastlab holatlar superpozitsiyasida bitta holatga tushadi. Kuzatish jarayonida kuzatuvchining roli bahs-munozaralarga sabab bo'ldi, ba'zi talqinlar ongning rol o'ynashi mumkinligini ko'rsatadi, boshqalari esa, "Ko'p dunyolar" talqini kabi, qulashni butunlay inkor etadi. Kvant mexanikasidagi o'lchov muammosi to'lqin funktsiyasi qanday yoki qanday sodir bo'lishining noaniqligini ta'kidlaydi,

chunki bu jarayon bevosita kuzatilmaydi va o'lchovlar har doim aniq holatni beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Brayan Kleg. Kvant nazariyasi uchun 3 daqiqadan
2. medium.com.
3. [hpps://informotionphilosopher.com](https://informationphilosopher.com)