

VAQTDAN MUSTAQIL SHREDINGER TENGLAMALARI YECHIMI

O'rolov Arslon

Haydarov Fazliddin

Denov tadbirkorlik va pedagogika insituti talabasi.

Annotatsiya; Ushbu maqolada kvant mexanikasining asosiy tenglamasi hisoblangan va ko'plab fizikaviy tizimlarning nazariy tahlilida qo'llaniladigan vaqtga mustaqil Shredinger tenglamasining nazariy asoslari va yechim usullari ko'rib chiqilgan. Maqola ilmiy-tadqiqotlar, kvant tizimlari modellashtiruv va zamonaviy fizika ta'limi uchun amaliy ahamiyatga ega

Kalit so'zlar: Kvant mexanikasi, Shredinger tenglamasi, vaqtga mustaqil tenglama, to'liq funksiyasi, potentsial energiya.

Shredinger tenglamasi kvant mexanikasining asosiy tenglamasi bo'lib, kvant tizimlarining vaqt o'tishidagi holatlarini tasvirlashga yordam beradi. Vaqtdan mustaqil Shredinger tenglamasining umumiy ko'rinishi quyidagicha bo'ladi:

$$\hat{H} \psi = E \psi$$

Bu yerda H gamilton operatorini bildiradi, Ψ to'liq funksiyasini, E esa tizimning energiya darajasini ifodalaydi. gamilton operatori tizimning energiya operatori bo'lib, kinetik va potentsial energiyalarning yig'indisidan iborat. Kvant mexanikasida to'liq funksiyasi tizimning holatini ifodalovchi matematik funktsiya bo'lib, tizimni tavsiflash uchun muhim ahamiyatga ega. To'liq funksiyasining kvant mexanikasidagi roli, u tizimning holatini, uning har bir nuqtadagi ehtimoliy holatini aniqlashda muhimdir. To'liq funksiyasi yordamida, masalan, zarrachaning o'zi yoki uning holatiga oid ehtimollarni aniqlash mumkin. Shredinger tenglamasida potentsial energiya tizimning holatini aniqlashda muhim o'rin tutadi. Potentsial energiya har xil shakllarga ega bo'lishi mumkin, masalan, to'g'ri chiziqli yoki parablik. Potentsial energiyaning shakli va xususiyatlari tizimning xatti-harakatlarini va energiya holatlarini aniqlashda asosiy omillardan biridir.

Shredinger tenglamasining analitik yechimi oddiy tizimlar uchun amalga oshirilishi mumkin. Masalan, "quti ichidagi zarracha" modeli bu turdagi tizimga misol bo'ladi. Quti ichidagi zarracha modeli uchun potentsialni cheksiz deb hisoblash mumkin. Bu holatda energiya darajalari diskret bo'ladi va analitik yechimni olish mumkin. Quti ichidagi zarracha modelining yechimi quyidagicha ko'rinishda bo'ladi:

$$E_n = \frac{n^2 \pi^2 \hbar^2}{2mL^2}$$

bu yerda n kvant raqami, $\hbar$ - Planckning kichik doimiysi, m - zarrachaning massasi va L - qutining uzunligi. Murakkab potentsiallarga ega tizimlar uchun Shredinger tenglamasining analitik yechimini olish qiyin bo'ladi. Bunday hollarda sonli yechimlar qo'llaniladi. Sonli usullar, asosan, differensial tenglamalar va raqamli metodlar yordamida amalga oshiriladi. Yechimlar odatda discretizatsiya, masalan, "mulkli metodlar" yoki "xizmatli differensial metodlar" yordamida topiladi.

Vaqtdan mustaqil Shredinger tenglamasining yechimi tizimning energiya darajalarini aniqlashda yordam beradi. Energiya darajalari diskret bo'ladi, ya'ni tizim faqat ma'lum energiya holatlariga ega bo'lishi mumkin. Bunda to'liq funksiyasi va uning xususiyatlari, masalan, normalizatsiya shartlari, juda muhimdir. Yechimlar tizimning xatti-harakatlarini va holatini to'liq tasvirlash imkoniyatini yaratadi.

Quti ichidagi zarracha modeli Shredinger tenglamasining eng sodda va eng yaxshi o'rganilgan misollaridan biridir. Bu modelda zarrachaning potentsiali cheksiz deb olinadi va zarrachaning harakati faqat qutining ichida mumkin bo'ladi. Bu modelni qo'llash orqali zarrachaning energiya spektri va to'liq funksiyasini aniqlash mumkin. Oddiy garmonik oscillyator, masalan, atomlar yoki molekulalar orasidagi o'zaro ta'sirlarni modellashda qo'llaniladi. Bu tizimda potentsial parabolik shaklga ega va uning energiya darajalari kvant holatlari sifatida aniqlanadi. Garmonika oscillyatorining energiya holatlari quyidagi ifodaga ega:

$$E_n = (n + \frac{1}{2}) \hbar \omega$$

Bu yerda ω oscillyatorning burchak tezligi, n esa kvant raqami. Vodorod atomining kvant holatlari va uning energiya spektri Shredinger tenglamasi yordamida hisoblanadi. Bu model atomdagi elektronning kvant holatlariga mos keladi va ularning energiya

spektrini tasvirlaydi. Vodorod atomining energiya darajalari diskret bo'lib, ular quyidagi formulada ifodalanadi:

$$E_n = -\frac{13.6}{n^2} \text{eV}$$

Bu yerda n kvant raqami bo'lib, atomning energiya darajasini aniqlaydi. Eng oddiy vaqt mustaqil Shredinger tenglamasi $V(x) = \text{const.}$ holatiga tegishlidir. Bunday potensial ta'sirida harakatlanayotgan zarracha erkin zarracha hisoblanadi, chunki unga ta'sir qilayotgan kuch $F = -dV(x)/dx = 0$. Bu har qanday konstantaning qiymatiga qarab to'g'ri bo'lsa-da, biz umumiylikni yo'qotmaymiz, chunki potensial energiyasining ta'rifida doimiy qo'shimcha konstantaning har doim paydo bo'lishini tanlab, $V(x) = 0$ ni olishimiz mumkin. Taxminlar, turli xil potensial energiya funksiyasi $V(x)$ uchun vaqt mustaqil Shredinger tenglamasini yechish orqali olinadi, eigenfunksiyalar, eigenqiymatlar va to'lqin funksiyalarini topish va keyin ilgari ishlab chiqilgan protseduralarni ishlatib, bu miqdorlarning fizik ahamiyatini talqin qilish orqali amalga oshiriladi. Bizning yondoshuvimiz juda tizimli bo'ladi. Biroq, kvant mexanikasining dastlabki qo'llanmalari asosan bog'langan zarrachalar bilan bog'liq bo'lgani haqiqatdir. Atomlar, molekulalar va qattiq jismlar tuzilishining aksariyat jihatlari bog'langan zarracha muammolariga misol bo'ladi, shuningdek, ko'plab yadro tuzilishi jihatlari ham. Biz eng oddiy potensial shaklidan boshlaymiz, ya'ni $V(x) = 0$. Keyin, biz potensialga murakkablik qo'shamiz. Har bir yangi ko'rib chiqilgan potensial bilan talabalar kvant mexanikasi va mikroskopik tizimlarning xatti-harakatlariga yangi qarashlarni olishadi. Shu jarayonda talaba kvant mexanikasi bo'yicha sezgini rivojlantira boshlashi kerak, aynan shunday qilib u klassik mexanikani takroran ishlatish orqali sezgini rivojlantirgan. Klassik mexanikada erkin zarracha tinch holatda bo'lishi yoki doimiy momentga ega holda harakatlanishi mumkinligini bilamiz. Har ikkala holatda ham uning umumiy energiyasi E doimiy bo'ladi. Kvant mexanikasi bo'yicha erkin zarracha uchun bashorat qilingan xatti-harakatni topish uchun, biz vaqt mustaqil Schroedinger tenglamasini yechamiz, bunda $V(x) = 0$ deb olamiz. Potensialning bu shakli bilan tenglama quyidagicha bo'ladi. Eng oddiy vaqt mustaqil Schroedinger tenglamasi $V(x) = \text{const.}$ holatiga tegishlidir. Bunday potensial ta'sirida harakatlanayotgan zarracha erkin zarracha hisoblanadi, chunki unga ta'sir qilayotgan kuch $F = -dV(x)/dx =$

0. Bu har qanday konstantaning qiymatiga qarab to'g'ri bo'lsa-da, biz umumiylikni yo'qotmaymiz, chunki potensial energiyasining ta'rifida doimiy qo'shimcha konstantaning har doim paydo bo'lishini tanlab, $V(x) = 0$ ni olishimiz mumkin.

Klassik mexanikada erkin zarracha tinch holatda bo'lishi yoki doimiy momentga ega holda harakatlanishi mumkinligini bilamiz. Har ikkala holatda ham uning umumiy energiyasi E doimiy bo'ladi. Kvant mexanikasi bo'yicha erkin zarracha uchun bashorat qilingan xatti-harakatni topish uchun, biz vaqt mustaqil Schroedinger tenglamasini yechamiz, bunda $V(x) = 0$ deb olamiz. Potensialning bu shakli bilan tenglama quyidagicha bo'ladi:

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2\psi(x)}{dx^2} = E\psi(x)$$

yechimlar — bu eigenfunksiyalar $\psi(x)$ va to'lqin funksiyalari $\psi(x,t)$, ga muvofiq, quyidagicha bo'ladi:

$$\Psi(x,t) = \psi(x)e^{-iEt/\hbar}$$

E zarrachaning umumiy energiyasiga tengdir. bo'limidagi sifatli muhokamadan bilishimizcha, bu nonbinding potensial uchun vaqt mustaqil Schroedinger tenglamasining maqbul yechimi $E > 0$ bo'lgan har qanday qiymat uchun mavjud bo'lishi kerak. Albatta, biz allaqachon erkin zarracha to'lqin funksiyasining shaklini, Schroedinger tenglamasiga olib kelgan plausibility argumentimizdan bilamiz. U to'lqin funksiyasi quyidagicha: Bu aniq ravishda qanoatlantiradiganligi sababli, chiziqli kombinatsiya vaqtga bog'liq bo'lmagan Shredinger tenglamasining haqiqiy yechimi hisoblanadi. Oddiy (ya'ni, qisman emas) differensial tenglamaning eng umumiy yechimi ikkitadan tasodifiy konstantani o'z ichiga oladi. Buning sababi, bunday tenglamadan yechim olish asosan ikkitadan ketma-ket integratsiyalarni bajarishni anglatadi, va har bir qadamda integratsiya doimiylikini keltirib chiqaradi. Talabalar uchun tanish bo'lgan misollar - bu Nyutonning harakat tenglamasining umumiy yechimlarida uchraydi, bu yerda ikki tasodifiy doimiylar (masalan, boshlang'ich holat va tezlik) chiziqli kombinatsiyasi tenglamasiga ikki tasodifiy doimiyga ega yechim bo'lgani sababli, bu uning umumiy yechimi hisoblanadi. Vaqtdan mustaqil Shredinger tenglamasining yechimi kvant mexanikasining ko'plab nazariy masalalarini hal qilishda

muhim rol o'ynaydi. Bu yechimlar orqali tizimning energetik holatlarini, to'liq funksiyasining normalizatsiya holatlarini va zarrachaning ehtimoliy holatlarini aniqlash mumkin. Shredinger tenglamasining yechimlari, shuningdek, ilm-fan va texnologiyaning turli sohalarida, jumladan, materialshunoslik, elektronika va kvant hisoblashda qo'llaniladi.

Xulosa

Vaqtdan mustaqil Shredinger tenglamasi kvant tizimlarining energetik holatlarini aniq tavsiflash imkonini beradi. Uning yechimlari yordamida tizimning to'liq funksiyasi va energiya holatlari aniqlanadi, bu esa kvant mexanikasining tushunchalarini yanada chuqurroq o'rganish imkonini beradi. Kelajakdagi tadqiqotlar bu sohadagi yangi metodlarni ishlab chiqish va tizimlarni yanada kengroq o'rganish imkoniyatlarini yaratadi. Vaqtdan mustaqil Shredinger tenglamasi kvant tizimlarining energiya holatlarini, zarrachalarning tarqalishini va o'zgarish ehtimollarini matematik jihatdan tasvirlaydi. Bu tenglama, kvant mexanika fanining markaziy elementlaridan biri bo'lib, uning yordamida atom va molekula strukturasi, reaksiyalar va boshqa ko'plab fizik hodisalarni tushunish mumkin. Kvant mexanika va klassik mexanika o'rtasidagi farqni tushunish, Shredinger tenglamasining to'liq yechimini talqin qilishda katta ahamiyatga ega. Shuningdek, har bir tizim uchun potentsial va umumiy energiyalarining shakllari va ularga mos keladigan ehtimollik zichlik funksiyalarining sketrlari keltirilgan. Agar zarracha bog'lanmagan bo'lsa, u chapdan kelib tushadi. Shu tariqa, kvant fizikasining rivojlanishi insoniyatning tabiatni tushunishdagi imkoniyatlarini kengaytirdi, yangi ilmiy yondashuvlar va texnologiyalarni yaratishda asosiy omilga aylandi. Kvant mexanikasining tarixi va rivojlanishi, shuningdek, uning ilgarigi fizik modellar bilan o'zaro aloqasi, zamonaviy ilm-fanning asosiy poydevorlarini shakllantirdi. Klassik fizika o'zining barcha yutuqlariga qaramay, mikroskopik dunyoda o'zini to'liq ko'rsata olmadi. Atom va molekulalar darajasida kuzatiladigan hodisalar klassik fizika qonunlariga to'g'ri kelmasdi. Kvant mexanikasi esa bu cheklovlarni bartaraf etib, yangi ilmiy paradigmani yaratdi. Kvant mexanikasi ilm-fanning yangi ufqlarini ochib, koinotning eng nozik jarayonlarini tushunishga yordam beradi. U nafaqat fizika, balki falsafa va texnologiya sohalarida ham katta ta'sir ko'rsatdi. Kvant mexanikasining asosiy tamoyillari, masalan, zarracha-to'liq

dualizmi, noaniqlik prinsipi va ehtimollikning markaziy roli, yangi ilmiy tushunchalarni yaratdi. Bu o'zgarishlar zamonaviy ilm-fan va texnologiyaning rivojlanishiga asos bo'lib, kelajakda yangi ilmiy yutuqlarni keltirib chiqarishi kutilmoqda. Kvant mexanikasining falsafiy va ilmiy mohiyati insoniyat tafakkurini yangilashda, koinotni anglashda va texnologik yutuqlarni yaratishda davom etmoqda

Foydalanilgan Adabiyotlar

1. Abdulla Dursoatov, Safarali Abduqodirov. POLEMIRLI ERITMALARNING REOLOGIK XOSSALARINI O'RGANISH. Science and innovation. 2024.134-137-b
2. Abdulla Dursoatov, Humoyuddin Boboniyozov. SIRKA KISLOTASIDA COOH GURUHNING MOLEKULALARARO O'ZARO TA'SIRDAGI ROLI VA ULARNING KOMBINATSION SOCHILISH SPEKTRLARINI O'RGANISH. Science and innovation. 2024. 138-141-b
3. Abdulla Dursoatov, Ilhom Turdaliyev. CHUMOLI KISLOTASIDA COOH GURUHNING MOLEKULALARARO O'ZARO TA'SIRDAGI ROLI VA ULARNING KOMBINATSION SOCHILISH SPEKTRLARINI O'RGANISH. Science and innovation. 2024. 125-129-b
4. Shokir Tursunov, Abdulla Dursoatov, Ulug'bek Qurbonov. SBT BO'YOQ VA UNING HOMODIMERLARINING ERITMALARI SPEKTRAL-LUMINESSENT VA FOTOKIMYOVIY XUSUSIYATLARI. Science and innovation. 2024. 81-85-b
5. Boymirov Sherzod, Dursoatov Abdulla. Monokarbon kislotalarda cooh guruhning molekulalararo o 'zaro ta'siridagi roli va ularning kombinatsion sochilish spektrlari. Educational Research in Universal Sciences. 244-250-b
6. Boymirov Sherzod Tuxtaevich, Gayibnazarov Rozimurod Bakhtiyorovich, Axmedova Manzura Gulomjonovna, Berdikulova Shakhsanam Umaralievna, Muminjonov Sadiqbek Ikromjonovich. The Role of Problematic Types of Physics Questions in Directing the Reader to Creative Activity. The Peerian Journal. 2022. P-54-58.
7. Makhmudov Yusup Ganievich, Boymirov Sherzod Tuxtaevich. Step-By-Step Processes of Creative Activity of Students in ProblemBased Teaching of the Department

of Physics “Electrodynamics” in Secondary Schools. Eurasian Journal of Learning and Academic Teaching. 2022. P-132-135.

8. Boymirov Sherzod Tuxtayevich, PRINCIPLES OF MATERIAL SELECTION IN PROBLEM TEACHING OF ELECTRODYNAMICS. Scientific Bulletin of Namangan State University. 2020. P-362-368.

9. Ashirov Shamshidin Axnazarovich, Boymirov Sherzod Tuxtayevich, Shermatov Islam Nuriddinovich, Khulturaev Olimjon Abduvalievich. METHODS OF FORMATION OF EXPERIMENTA. World scientific research journal. 2022. P-14-21.

10. Ashirov Shamshidin Axnazarovich, Boymirov Sherzod Tuxtayevich, Khulturaev Olimjon Abduvalievich, Shermatov Islam Nuriddinovich. DESIGN LABORATORY ASSIGNMENTS AIMED AT THE FORMATION OF EXPERIMENTAL SKILLS. World scientific research journal. 2022. P-8-13.

11. Боймиров Ш.Т. УЗЛУКСИЗ ТАЪЛИМ ТИЗИМИДА “ЭЛАСТИКЛИК КУЧИ” МАВЗУСИНИ ЎҚИТИШ УЗВИЙЛИГИ. Science and innovation 3 (Special Issue 29), 350-352-b

12. Боймиров Шерзод Тухтаевич, Қурбонов Бехруз Бахтиёр Ўғли. ҚУЁШ СИСТЕМАСИДАГИ МАЙДА ПЛАНЕТАЛАРНИНГ ФИЗИК ТАБИАТИ МАВЗУСИНИ ЎҚИТИШ МЕТОДИКАСИ. Science and innovation. 2024, 353-355

13. Боймиров Шерзод Тухтаевич. УМУМТАЪЛИМ МАКТАБЛАРИДА МЕХАНИКА БЎЛИМИГА ОИД ФИЗИК ТУШУНЧАЛАР МАЗМУНИ ЎРГАНИШНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ МЕТОДИКАСИ. Science and innovation. 2024. 309-312-b.

14. Boymirov Sherzod Tuxtayevich, Eshonqulova Oyjamol Nomoz Qizi. IXTISOSLASHGAN MAKTABLARDA “TERMODINAMIKANING BIRINCHI QONUNI” MAVZUSINI O‘QITISH METODIKASI. Science and innovation. 2024. 306-308-b.

15. Boymirov Sh T, Dursoatov A Ch, Tursunov Sh T. METHODOLOGY OF ORGANIZING AND ITS CONDUCT OF STUDY PRACTICE FOR PHYSICS IN HIGHER EDUCATION WITH PROBLEM CONTENT. International journal of conference series on education and social sciences (Online), 2023.

16. Boymirov Sherzod Tuxtaevich, Akbarov Abdulaziz Axrorovich. The Second General Law Of Thermodynamics Teaching Method. Czech Journal of Multidisciplinary Innovations. 2022. P-13-18.