

Muxtarov Erkinjon Kobiljonovich

Andijon davlat universiteti, Umumiy fizikasi kafedrası dotsenti

e-mail: erkinmuxtarov@yahoo.com

NAZARIY FIZIKAINI RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR ASOSIDA O‘QITISH METODIKASINI TAKOMILLASHTIRISH

Annotatsiya. Maqola kvant mexanikasini o‘qitishda raqamli texnologiyalarni integratsiyalash uchun konseptual-metodik modelni taklif etadi. Model nazariya, matematik apparat hamda interaktiv vizualizatsiyani yagona didaktik tizimda birlashtiradi. Interaktiv grafika orqali talaba kvant sonining fazoviy tuzilishga ta’sirini real vaqt rejimida kuzatadi, $|\psi(x)|^2$ ehtimollik zichligini oraliq bo‘yicha integrallab, natijani grafik soha va aniq son sifatida verifikatsiya qiladi. Yondashuv konstruktivizm, kognitiv yuklamani boshqarish va multimedia tamoyillariga tayangan holda nazariya–grafik–talqin uchburchagini kuchaytiradi, noto‘g‘ri intuitiv tasavvurlarni kamaytiradi va formatif baholashni soddalashtiradi.

Kalit so‘zlar: kvant mexanikasi, to‘lqin funksiyasi, ehtimollik zichligi, interaktiv vizualizatsiya, raqamli modellashtirish, kognitiv yuklama, formatif baholash, konstruktivizm.

Мухтаров Эркинжон Кобилжонович

Андижанский государственный университет, доцент кафедры общей физики

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПРЕПОДАВАНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация. В статье предлагается концептуально-методическая модель интеграции цифровых технологий в преподавание квантовой механики. Модель объединяет теоретический компонент, математический аппарат и интерактивную визуализацию в единую дидактическую систему. С помощью интерактивной графики обучающиеся в реальном времени наблюдают влияние квантового числа на пространственную структуру решения, выполняют интегрирование плотности вероятности $|\psi(x)|^2$ по заданному интервалу и верифицируют результат как площадь на графике и как численное значение. Подход опирается на конструктивизм, управление когнитивной нагрузкой и мультимедийные принципы; он усиливает связь «теория - графическое представление - интерпретация», снижает некорректные интуитивные представления и упрощает формативное оценивание.

Ключевые слова: квантовая механика; волновая функция; плотность вероятности; интерактивная визуализация; цифровое моделирование; когнитивная нагрузка; формативное оценивание; конструктивизм.

Mukhtarov Erkinjon Kobiljonovich

Andijan State University, Associate Professor, Department of General Physics

ENHANCING THE METHODOLOGY OF TEACHING THEORETICAL PHYSICS THROUGH DIGITAL TECHNOLOGIES

Abstract. This paper proposes a conceptual–methodological model for integrating digital technologies into the teaching of quantum mechanics. The model unifies the theoretical core, the mathematical toolkit, and interactive visualization into a single didactic system. Through interactive graphics, students observe in real time how the quantum number shapes the spatial structure, compute interval probabilities by integrating $|\psi(x)|^2$, and verify results both as graph

area and as a numeric value. Grounded in constructivism, cognitive-load management, and multimedia principles, the approach strengthens the theory-graphic-interpretation triad, mitigates common misconceptions, and streamlines formative assessment.

Keywords: quantum mechanics; wave function; probability density; interactive visualization; digital modeling; cognitive load; formative assessment; constructivism.

Kirish

Kvant mexanikasi zamonaviy fizikaning markaziy bo'limi bo'lib, nanoelektronika, kvant hisoblash, yuqori aniqlikdagi spektroskopiya, lazer texnologiyalari, materiallar fizikasini tushuntirish va loyihalashda tayanch nazariy asos vazifasini bajaradi [1]. Shu bilan birga, oliy ta'lim amaliyotida kvant mexanikasi talabalarning eng ko'p qiyinchilik bilan o'zlashtiradigan fanlaridan biri sifatida qayd etilmoqda. Mazkur ziddiyat - fanning strategik ahamiyati yuqori, ammo o'zlashtirish darajasi ko'pincha past - ta'lim tizimi oldiga metodik jihatdan yangi yechimlar izlash zaruratini qo'yadi.

Kvant mexanikasi kursining murakkabligi bir necha omillar bilan belgilanadi [2]. Birinchidan, u kundalik tajriba bilan bevosita mos kelmaydigan tushunchalarga tayanadi: to'liq funksiyasi ehtimollik amplitudasi sifatida, superpozitsiya va interferensiya holatlari, tunnel effekti hodisasi, diskret energiya sathlari, o'lchash jarayonining o'z-o'zini o'zgartiruvchi tabiati kabi g'oyalar talabdan klassik intuitiv tasavvurlar chegarasidan chiqishni talab qiladi. Ikkinchidan, mavzu murakkab matematik apparat - differensial tenglamalar, operatorlar algebrasi, kompleks funksiyalar, xususiy qiymatlar masalasi - bilan chambarchas bog'langan bo'lib, bu apparat ko'pchilik talabalar uchun o'zlashtirishga qo'shimcha to'sqinlik tug'diradi. Uchinchidan, an'anaviy ma'ruza va "doska" uslubi bilan olib boriladigan mashg'ulotlar ko'pincha formulalar ketma-ketligiga aylanib, talabning nazariy ifodani fizik mazmun, grafik tasvir va real jarayonlar bilan bog'lash imkoniyatini cheklab qo'yadi.

Shu sharoitda raqamli texnologiyalarni kvant mexanikasi o'qitish jarayoniga integratsiyalash texnik yangilik emas, balki didaktik zarurat sifatida namoyon bo'ladi. Gap faqat simulyatsiya yoki chiroyli animatsiyalar qo'llashda emas; masala - raqamli vositalar yordamida talabning kontseptual tushunishini chuqurlashtiradigan, noto'g'ri intuitiv tasavvurlarni kamaytiradigan, nazariya, matematika va vizual modellashtirishni yagona tizimga birlashtiradigan metodik modelni ishlab chiqishdir.

Adabiyotlar tahlili

Kvant mexanikasini raqamli texnologiyalar asosida o'qitish metodikasini ishlab chiqishda zamonaviy pedagogik konsepsiyalar bilan uyg'unlik zarur. Konstruktivistik yondashuvga ko'ra, talaba bilimni tayyor shaklda qabul qilmaydi, balki faol tajriba, kuzatish, solishtirish va tahlil orqali o'zi "quradi" [3]. Demak, raqamli muhit shunday tashkil etilishi kerakki, unda talaba parametrlarni o'zgartirishi, natijalarni ko'rishi, gipoteza qo'yishi, tekshirishi va xulosa chiqara olishi lozim. Kognitiv yuklama nazariyasi murakkab mazmunni modallashtirish, ortiqcha dekorativ elementlarni cheklash, vizual va matematik informatsiyani muvozanatli berish orqali tafakkur resurslaridan oqilona foydalanishni talab qiladi. Multimedia o'qitish tamoyillari esa matn, formula, grafik, animatsiya va interaktiv elementlarning bir-biri bilan mantiqan bog'langan holda qo'llanishi tushunishni sezilarli darajada yaxshilashini ko'rsatadi [4].

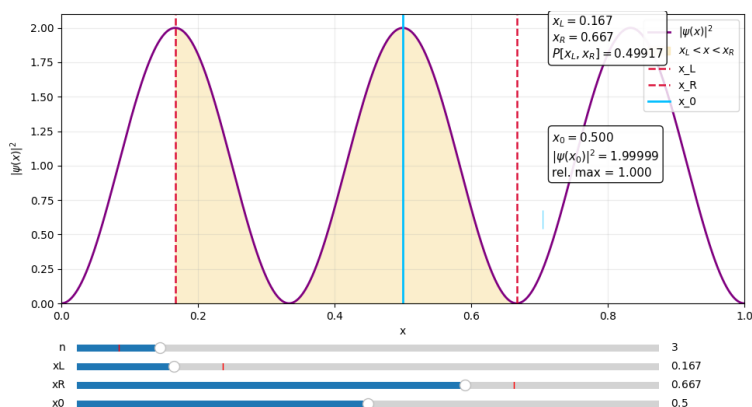
Shu asosda raqamli texnologiyalar kvant mexanikasi kursida uch darajada ishlatilishi mumkin: nazariy tushunchani vizual ko'rsatish; interaktiv tadqiqot uchun muhit yaratish; talabalar bilimni baholash va diagnostika qilishda tahliliy vosita sifatida [5]. Muhim jihat shundaki, bu vositalar fragmentar emas, balki butun kurs bo'yicha izchil metodik tizim doirasida qo'llanishi zarur.

Tadqiqot metodologiyasi

Mazkur tadqiqot kvant mexanikasida ehtimollik zichligi $|\psi(x)|^2$ va to'liqin funksiyasining normallashtirish masalalarini raqamli texnologiyalar yordamida bir butun metodik platformada o'rganadi. Metodologiya nazariy-tahliliy asos (to'liqin amplitudasi va fazasining fizik talqini, matematik modellash, raqamli hisoblash va vizualizatsiyani (interaktiv grafiklar, real-vaqt animatsiyalar) integratsiyalaydi. Python muhitida ishlab chiqilgan hisob-grafik modellar normalizatsiyaning amaliy verifikatsiyasini ta'minlab, nazariy ifodalarning mantiqiy oqibatlarini ko'zga ko'rinadigan ko'rinishga keltiradi: talaba $|\psi(x)|^2$ ning oraliq bo'yicha sohasini to'g'ridan-to'g'ri kuzatadi, hisoblangan ehtimolliklar yig'indisining birlikka yaqinlashishini tekshiradi va xulosalarni analitik yechimlar bilan solishtiradi. Raqamli laboratoriya konsepsiyasi o'quv faoliyatini "nazariya-model-ko'rgazmali talqin" zanjirida tashkil etib, mustaqil izlanish, dalillash va refleksiv tahlil kompetensiyalarini kuchaytiradi hamda noto'g'ri intuitiv tasavvurlarni bosqichma-bosqich bartaraf etadi. Natijada, konseptual tushunishning barqarorligi ortadi, o'qitish jarayonida kognitiv yuklama boshqariladi va raqamli muhitda o'lchash-taqqoslash-xulosa chiqarishning ilmiy saviyasi shakllanadi.

Natijalar va ularning tahlili

Raqamli-grafik-interaktiv modelning markazida to'liqin funksiyasi va ehtimollik zichligini talabaning real tajribasiga yaqinlashtirish g'oyasi turadi. Masalan, bir o'lchamli cheksiz potensial o'ra modeli uchun stasionar yechimlar $\psi_n(x)$ va ularning kvadrati $|\psi_n(x)|^2$ yordamida zarrachaning fazodagi ehtimollik taqsimoti aniq ifodalanadi. Interaktiv dasturiy muhitda kvant soni n slayder orqali o'zgartirilganda to'liqin funksiyasi shakli, tugunlar va maksimumlar soni darhol grafika aks etishi, $[x_L, x_R]$ oraliq tanlanganda shu sohada ehtimollik integrali avtomatik hisoblanishi va rang bilan ajratilishi nazariy bilimni jonli vizual tasvir bilan bevosita bog'laydi [6]. Talaba kvant sonlarining "faqat indeks" emas, balki fazoviy tuzilishga chizilgan axborot ekanini ko'zi bilan ko'radi; tugunlar soni $n-1$, maksimumlar soni n ekanligi quruq qoida emas, kuzatilgan qonuniyat sifatida qabul qilinadi (1-rasm).



1-rasm.

1-masala. $n=3$ bo'lsa, cheksiz chuqur potensial o'rada joylashgan zarrachani ehtimollik zichligi grafigidagi maksimumlar soni nechta? [7]

Masalaning yechilishi:

$$\psi_n(x) = \sqrt{\frac{2}{L}} \sin \frac{\pi n}{L} x, \quad \rho_n(x) = |\psi_n(x)|^2 = \frac{2}{L} \sin^2 \frac{\pi n}{L} x$$

maksimumlar $\sin^2$ orasidagi har bir bo'lakda bittadan bo'ladi, maksimumlar soni n ga teng, $n=3$ uchun maksimumlar soni 3 ta.

2-masala. $n=3$ bo'lsa, cheksiz chuqur potensial o'rada joylashgan zarrachani ehtimollik zichligi grafigidagi "nollar" soni nechta?

Masalaning yechilishi:

Shartga ko'ra $\rho_3(x) = 0$ bo'lishi uchun

$$\rho_3(x) = |\psi_3(x)|^2 = \sqrt{\frac{2}{L}} \sin^2 \frac{3\pi}{L} x$$

ifodadan $\sin \frac{3\pi}{L} x = 0$ bo'lishi kerak. U holda nollar $x = k \frac{L}{3}, k = 0, 1, 2, 3.$

ya'ni $0, L/3, 2L/3, L$. Darhaqiqat 1-rasmda keltirilgan grafikda $\rho_3(x)$ funksiya to'rtta nuqtada Ox o'qiga urinadi.

3-masala. $n=3$ holat uchun $x_1=L/6$ dan $x_2=2L/3$ ($L=1$) oraliqda zarrani bo'lish ehtimolligini aniqlang.

Masalaning yechilishi:

Zarrani ma'lum kvant holatida $x_1 \leq x \leq x_2$ oraliqda bo'lish ehtimolligi

$$P = \int_{x_1}^{x_2} \rho_3(x) dx = 2 \int_{1/6}^{2/3} \sin^2(3\pi x) dx$$

integralni hisoblash orqali aniqlanadi. Buning uchun quyidagi integralni aniqlab olamiz [8]:

$$\int \sin^2(ax) dx = \frac{x}{2} - \frac{\sin(2ax)}{4a}$$

U holda

$$P = 2 \left[\frac{x}{2} - \frac{\sin(6\pi x)}{12\pi} \right]_{1/6}^{2/3} = \left[x - \frac{\sin(6\pi x)}{6\pi} \right]_{1/6}^{2/3}.$$

Funksiyani chegaralardagi qiymatlari mos ravishda

$$\sin(6\pi \cdot 2/3) = \sin 4\pi = 0, \quad \sin(6\pi \cdot 1/6) = \sin \pi = 0.$$

$$P = \left(\frac{2}{3} - 0 \right) - \left(\frac{1}{6} - 0 \right) = \frac{2}{3} - \frac{1}{6} = \frac{1}{2}.$$

Demak, $[1/6, 2/3]$ oraliqda zarrachani bo'lish ehtimolligi 0,5 ga teng. 1-rasmda keltirilgan grafikda ham $\rho_3(x)$ funksiya hamda $x_1=1/6$ va $x_2=2/3$ chiziqlar bilan chegaralangan sohaning yuzasi umumiy yuzaning 1/2 qismiga teng.

4-masala. Eni $L=1$ birlik bo'lgan bir o'lchamli cheksiz chuqur potensial o'rada joylashgan zarrachani $n=3$ kvant holati uchun ehtimollik zichligini $x_0=0,5$ nuqtadagi qiymatini toping.

Masalaning yechilishi:

Zarrachani ehtimollik zichligi

$$\rho_3(x) = |\psi_3(x)|^2 = \sqrt{\frac{2}{L}} \sin^2 \frac{3\pi}{L} x$$

ifodadan aniqlanadi. U holda

$$\rho_3(0,5) = 2 \sin^2(3\pi \cdot 0,5) = 2 \sin^2 \left(\frac{3\pi}{2} \right) = 2 \cdot 1 = 2.$$

1-rasmda keltirilgan grafikda ham $x=0,5$ nuqta (vertikal havorang chiziq)da $\rho_3(x)$ funksiya qiymati 2 ga tengligi ko'rinadi.

Demak, ushbu hisoblar interaktiv grafikdagi natijalar bilan to'liq mos keladi:

$n=3$ tanlanganda grafikda 3 ta cho'qqi (maksimum) va 4 ta nol ($0, L/3, 2L/3, L$) ko'rinadi - kvant soni va fazoviy tuzilish o'rtasidagi bog'lanish vizual tasdiqlanadi.

$x_1=1/6$ va $x_2=2/3$ ga mos slayderlar o'rnatilganda sarg'ish soha ostidagi maydon ≈ 0.5 chiqadi; bu analitik integraldagi $P=1/2$ natijasini ko'rgazmali tasdiqlaydi.

$x_0=0,5$ nuqtaga o'rnatilganda oynachada $|\psi(x_0)|^2 \approx 2$ ko'rinadi; ya'ni talaba grafika qarab ham, formulaga qarab ham bu nuqta maksimal ehtimollik zichligiga ega ekanini ko'radi.

Pedagogik jihatdan eng muhim narsa shu: talaba abstrakt formulani emas, hisoblangan son, rangli soha yuzasi va grafik shaklning bir-biriga mosligini ko'radi. Tugunlar soni = $n-1$, maksimumlar soni = n , ma'lum oraliq ehtimolliqi = soyalı soha yuzasi - bularning hammasi raqamli model orqali "ko'z bilan tekshiriladigan qonuniyat"ga aylanadi. Natijada:

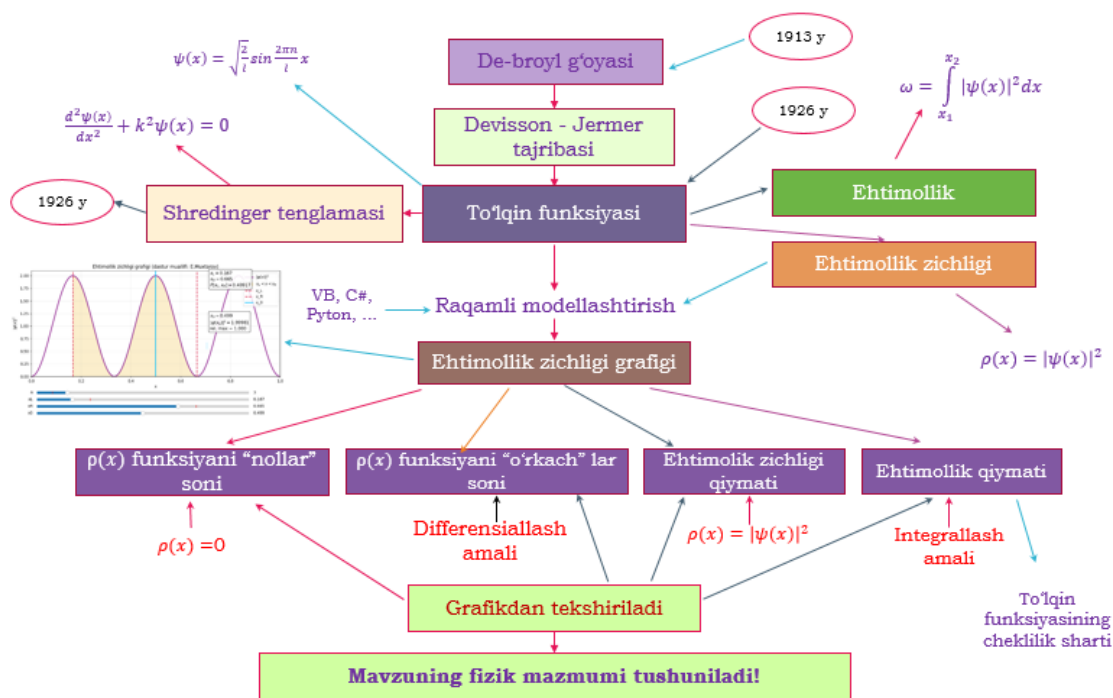
noto'g'ri intuitiv qarashlar kamayadi;

integral va ehtimollik tushunchasi jonli bo'ladi;

kvant sonining haqiqiy fizik mazmuni mustahkamroq o'zlashtiriladi;

mustaqil tahlil qilish va natijani verifikatsiya qilish ko'nikmalari rivojlanadi.

Ya'ni bu tipdagi interaktiv grafikli masalalar kvant mexanikasini "ezber formula" emas, ko'rinadigan va tekshiriladigan ilmiy model sifatida o'rgatishga xizmat qiladi.



2-rasm.

2-rasmda keltirilgan diagrammada tasvirlangan konseptual tuzilma kvant mexanikasidagi to'liq funksiyasi tushunchasini o'qitish uchun yaxlit pedagogik model sifatida qaralishi mumkin. Ushbu modelning asosiy ahamiyati shundaki, u abstrakt matematik ifodani talaba uchun mantiqan izchil, ko'rgazmali va tekshiriladigan bilim tizimiga aylantiradi. Model uchta tayanch g'oya - tarixiylik, strukturaviy yaxlitlik va raqamli modellashga tayangan holda kvant mexanikasi mazmunini didaktik rekonstruksiya qiladi.

Birinchi qatlamda De-Broglie g'oyasi va Davisson-Jermer tajribasi joylashgan bo'lib, zarrachalarning to'liq xususiyati tajriba asosida asoslanadi. Shredinger tenglamasi bu empirik natijaga nazariy javob sifatida kiritilib, talaba ongida "tenglama qayerdan paydo bo'ldi?" degan fundamental savolga mazmunli javob shakllantiriladi. Bu yondashuv kvant mexanikasini faqat formal matematik tizim emas, balki real fizik muammolarni hal etish uchun zarur bo'lgan konseptual konstruksiya sifatida ko'rsatadi. Natijada talaba nazariya va tajriba o'rtasidagi bog'liqlikni ko'ra oladi, bu esa ilmiy tafakkurning asosiy komponenti hisoblanadi.

Ikkinchi qatlamda to'liq funksiyasi va ehtimollik zichligi tushunchalarining o'zaro aloqasi ochib beriladi. $\Psi(x)$ - nazariy model, $\rho(x)=|\Psi(x)|^2$ esa kuzatiladigan ehtimollik zichligi sifatida taqdim etiladi. Diagrammada ehtimollik integral ko'rinishida berilishi, to'liq funksiyasining chekli bo'lish sharti va normalash talabi alohida ko'rsatilishi zamonaviy kvant pedagogikasining muhim talabiga mos keladi: talaba to'liq funksiyasini "moddiy to'liq" emas,

balki ehtimollik amplitudasi sifatida idrok etishi kerak. Bunday strukturalash noto'g'ri intuitiv tasavvurlarni maqsadli ravishda kamaytirishga xizmat qiladi.

Uchinchi, markaziy bo'g'in - raqamli modellashtirishdir. Diagrammada VB, C#, Python va boshqa muhitlar ko'rsatilgani raqamli texnologiyalarni faqat illyustrativ vosita emas, balki faol o'quv instrumentiga aylantirish zarurligini bildiradi. To'lqin funksiyasi va $\rho(x)$ grafiklari parametrlar o'zgarishiga sezgir qilib qurilganda, talaba kvant sonlari ortishi bilan tugunlar sonining oshishini, maksimumlar soni va joylashuvining o'zgarishini, ma'lum oraliqlarda ehtimollikning integral orqali hisoblanishini real vaqt rejimida kuzatadi. Bu jarayon konstruktivistik yondashuvning amaliy ifodasidir: talaba tayyor natijani eshitmaydi, balki parametrlar bilan ishlash, grafikni tahlil qilish, xulosani o'zi shakllantirish orqali bilimni "quradi".

Quyi qatlamda ehtimollik zichligi grafigi bilan bog'liq hisobiy-amaliy faoliyat bloklari joylashtirilgan: $\rho(x)$ funksiyasining "nollar" soni va kvant soni orasidagi munosabat, "o'rkachlar" (maksimumlar) sonining aniqlanishi, differensiallash orqali ekstremumlarni topish, integrallash orqali ehtimollik qiymatini hisoblash va bu natijalarni grafika nisbatan tekshirish. Mazkur bosqich matematik apparatni mexanik manipulyatsiya darajasidan chiqarib, uni fizik mazmun bilan bevosita bog'laydi. Talaba $\rho(x)=0$ nuqtalarini faqat algebraik yechim sifatida emas, balki zarrachaning topilmaydigan sohalari; maksimumlarni esa eng ehtimolli joylashuv sohalari sifatida talqin qilishga o'rganadi. Grafikdan teskari tekshirish bosqichining kiritilishi nazariy hisoblashlarning vizual verifikatsiyasini ta'minlab, metakognitiv ko'nikmalarni rivojlantiradi.

Modelning pedagogik qimmati shundaki, u kvant mexanikasining murakkab tushunchalarini ketma-ketlik, ko'rgazmalilik va faol ishtirok tamoyillari asosida integratsiyalaydi. Tarixiy-empirik asos, nazariy formalizm (Shredinger tenglamasi), ehtimollik talqini ($\rho(x)=|\Psi(x)|^2$), raqamli modellashtirish va grafik-analitik tahlil yagona didaktik makonda birlashtirilgan. Bu makonda talaba: sabab-oqibat bog'lanishlarini ko'rish, model va tajriba orasidagi muvofiqlikni tekshirish, parametr o'zgarishining oqibatini baholash, xatoni aniqlash va tuzatish kabi ilmiy-tadqiqotga xos faoliyat elementlarini bajaradi. Shunday qilib, diagrammadagi struktura oddiy blok-sxema emas, balki kvant mexanikasini raqamli texnologiyalar asosida o'qitishning konseptual modeli bo'lib, u o'quv materialining yashovchanligini oshiradi, mustaqil ta'lim samaradorligini kuchaytiradi va talabaning ilmiy tafakkurini bosqichma-bosqich shakllantirishga xizmat qiladi.

Xulosa

Kvant mexanikasini raqamli texnologiyalar asosida o'qitish metodikasini takomillashtirish zarurati fanning murakkabligi, an'anaviy usullarning chegaralanganligi va zamonaviy ta'lim talablaridan kelib chiqadi. Taklif etilayotgan grafik-interaktiv model nazariya, matematik formalizm, raqamli modellashtirish va vizual tahlilni yagona didaktik tizimda birlashtiradi. Bu tizimda talaba passiv tinglovchi emas, parametrlar bilan ishlovchi, natijalarni solishtiruvchi, savol qo'yuvchi va xulosa chiqaruvchi faol subyekt sifatida qatnashadi. To'lqin funksiyasi, ehtimollik zichligi, energiya kvantlanishi, tunnellar kabi tushunchalar quruq formula emas, ko'rinadigan va tekshiriladigan ilmiy model sifatida namoyon bo'ladi.

Raqamli texnologiyalar asosida yaratilgan interaktiv o'quv muhiti kvant mexanikasi bo'yicha bilimlarning chuqurligini oshiradi, noto'g'ri intuitiv tasavvurlarni kamaytiradi, talabaning ilmiy tafakkurini rivojlantiradi va mustaqil o'rganish motivatsiyasini kuchaytiradi. Bu yondashuv dissertatsion tadqiqotlar uchun ham, amaliy o'quv jarayoni uchun ham ilmiy-metodik jihatdan asoslangan yo'nalish bo'lib, keyingi bosqichlarda tajriba-sinov ishlari va aniq statistik natijalar bilan boyitilishi maqsadga muvofiqdir.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Кухарь Е.И. Преподавание квантовой механики в педагогических вузах: монография. – Волгоград: Волгоградский государственный социально-педагогический университет, «Перемена», 2018. – 154 с.
2. Ларионова, Н. В. Методика реализации физических принципов в преподавании квантовой механики студентам физических факультетов педвузов: автореф. дис. канд. пед. наук / Н. В. Ларионова. – М., 2004. – 26 с.
3. C. Singh and E. Marshman, Review of student difficulties in upper-Level quantum mechanics, Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res. 11, 020117 (2015).
4. Zaynobidinov S.Z., Muxtarov E.K. Oliy ta'limda kvant mexanikasini o'qitishning pedagogik modeli xususiyatlari va samaradorligi // Urganch davlat pedagogika instituti axborotnomasi. – 2025. №3. 189-196 b.
5. Al-Assam, S. Quantum simulation using ultracold atoms in two-dimensional optical lattices. – D.Phil. Thesis. – Oxford: Balliol College, University of Oxford, 2010. – 137 p.
6. Muxtarov E.K. "Zarrani bir o'lchovli potensial o'radagi harakati" elektron axborot-ta'lim resursi. № DGU 12741. 2021 y.
7. Muxtarov E.K. Kvant mexanikasidan mashqlar, tavsifiy masalalar va ularning yechimlari. O'quv qo'llanma. – Nukus: "Ilmiy va o'quv adabiyotlar nashryoti". 2023, – 196 b.
8. Dilmuradov N. Oddiy differensial tenglamalar. Darslik. – T.: "Sano-standart" nashriyoti, 2019. – 475 b.