УДК:372.853:37.02(575.2)(04)
DOI 10.58649/1694-9099-2026-2-579-586

ДӨӨЛӨТАЛИЕВА А.С., ТАЛАНТБЕК УУЛУ К.
Жусуп Баласагын атындагы КУУ
ДӨӨЛӨТАЛИЕВА А.С., ТАЛАНТБЕК УУЛУ К.
КНУ имени Жусупа Баласагына
DOOLOTALIEVA A.S., TALANTBEK U. K.
KNU Jusup Balasagyn

ORCID 0009-0008-0742-8911

КВАНТ ФИЗИКАСЫН ОКУТУУНУН ЫКМАЛАРЫ

МЕТОДЫ ПРЕПОДАВАНИЯ КВАНТОВОЙ ФИЗИКИ

METHODS OF TEACHING QUANTUM PHYSICS

Кыскача мүнөздөмө: Бул макалада орто жана жогорку билим берүү системасында кванттык физиканы окутуунун өзгөчөлүктөрү, актуалдуулугу жана натыйжалуу ыкмалары каралат. Кванттык физиканын парадоксалдуу мүнөзү жана аны классикалык түшүнүктөр аркылуу толук түшүндүрүүнүн мүмкүн эместиги окутуу процессинде олуттуу кыйынчылыктарды жарата турганы белгиленет. Авторлор кванттык физиканы окутууда субъекттик ыкманы колдонуу, ой жүгүртүү эксперименттерин уюштуруу, туура эмес түшүнүктөрдү (мисконцепцияларды) аныктоо жана жоюу, ошондой эле виртуалдык лабораториялык иштерди жана санариптик технологияларды пайдалануу педагогикалык жактан маанилүү экенин негиздешет. Макалада заманбап интерактивдүү платформаларды колдонуу окуучулардын жана студенттердин таанып-билүү активдүүлүгүн жогорулатууга, кванттык түшүнүктөрдү терең өздөштүрүүгө өбөлгө түзөрү көрсөтүлөт.

Аннотация: В статье рассматриваются особенности, актуальность и эффективные методы преподавания квантовой физики в системе среднего и высшего образования. Отмечается, что парадоксальный характер квантовой физики и невозможность её полного объяснения с помощью классических представлений создают значительные трудности в учебном процессе. Авторы обосновывают педагогическую значимость применения субъектного подхода, организации мысленных экспериментов, выявления и преодоления ошибочных представлений (мисконцепций), а также использования виртуальных лабораторных работ и цифровых технологий в обучении квантовой физике. Показано, что использование современных интерактивных платформ способствует повышению познавательной активности учащихся и студентов, а также более глубокому усвоению квантовых понятий.

Abstract: The article examines the features, relevance, and effective methods of teaching quantum physics in secondary and higher education. It is noted that the paradoxical nature of quantum physics and the impossibility of fully explaining it through classical concepts create significant difficulties in the learning process. The authors substantiate the pedagogical significance of applying a learner-centered approach, organizing thought experiments, identifying and overcoming misconceptions, as well as using virtual laboratory activities and digital technologies in teaching quantum physics. The article shows that the use of modern interactive platforms contributes to increasing students' cognitive activity and to a deeper understanding of quantum concepts.

Негизги сөздөр: кванттык физика; окутуу ыкмалары; субъекттик позиция; ой жүгүртүү эксперименттери; мисконцепция; виртуалдык лаборатория; санариптештирүү; интерактивдүү окутуу.

Ключевые слова: квантовая физика; методы обучения; субъектная позиция; мысленные эксперименты; мисконцепции; виртуальная лаборатория; цифровизация; интерактивное обучение.

Keywords: quantum physics; teaching methods; learner-centered approach; thought experiments; misconceptions; virtual laboratory; digitalization; interactive learning.

Бизди курчап турган дүйнө адамдын сезүү органдары аркылуу кабыл алынган көрүнүштөр менен гана чектелбейт. Күндөлүк турмушта адам заттарды материалдык объект катары - стол, отургуч, телефон, унаа сыяктуу кармоого, көрүүгө жана сезүүгө мүмкүн болгон нерселер катары кабылдайт. Бирок кванттык физика микродүйнөнүн түзүлүшү классикалык түшүнүктөр менен толук түшүндүрүлбөй турганын көрсөтөт. Анын негизги объектилери жана касиеттери түздөн-түз сезүү тажрыйбасы аркылуу эмес, толкун функциясы жана ыктымалдык мүнөздөгү моделдер аркылуу сүрөттөлөт.

Илимдин дүйнөнү түшүндүрүүдөгү ролу тууралуу Карл Саган илимий таанып-билүү адамдын дүйнөгө болгон эстетикалык жана руханий кызыгуусун азайтпай, тескерисинче, аны тереңдетерин белгилеген [6]. Бул ой кванттык физиканы окутууда өзгөчө маанеге ээ, анткени аталган илим тармагы окуучуларды көрүнүп турган нерселердин артындагы терең мыйзам ченемдүүлүктөрдү түшүнүүгө багыттайт.

Адамзат тарыхында дүйнөнүн, жашоонун жана адамдын келип чыгышын түшүнүүгө болгон умтулуу ар дайым маанилүү орун ээлеп келген. «Мен киммин?», «Аалам кандай түзүлгөн?», «Материянын түпкү табияты кандай?» деген суроолор адамдын интеллектуалдык жана руханий изденүүсүнүн өзөгүн түзөт. Кванттык физика бул суроолорго түздөн-түз философиялык жооп бербесе да, дүйнөнүн микродеңгээлдеги түзүлүшүн түшүнүүгө, материя, энергия, ыктымалдык жана байкоо түшүнүктөрүн жаңыча кароого мүмкүнчүлүк берет. Ошондуктан кванттык физиканы окутуу окуучулардын илимий дүйнө таанымын кеңейтүүдө жана абстракттуу ой жүгүртүүсүн өнүктүрүүдө маанилүү педагогикалык ресурс болуп саналат.

Кванттык физика окуучуларда рационалдуу жана сынчыл ой жүгүртүүнү калыптандырууда маанилүү орунга ээ. Классикалык физиканын чегинен чыккан кванттык түшүнүктөр илимий билимдин өнүгүшүндөгү маанилүү этаптардын бири болуп, заманбап технологиялардын калыптанышына жана өнүгүшүнө олуттуу таасир тийгизди. Ошондуктан окуучулар үчүн илимий фактыларды фантастикалык же жалган илимий түшүндүрмөлөрдөн айырмалай билүү өзгөчө маанеге ээ. Мисалы, кванттык телепортация түшүнүгү илимде белгилүү болгону менен, көркөм тасмаларда сүрөттөлгөн телепортация физиканын мыйзамдарына толук дал келе бербейт. Бул жагдай кванттык физиканын негизги түшүнүктөрүн туура түшүндүрүүнүн жана окуучуларда илимий сабаттуулукту калыптандыруунун зарылдыгын көрсөтөт.

Кванттык физика заманбап илимий маданияттын маанилүү компоненти катары да каралат. Бүгүнкү күндө физикалык билимдерди, анын ичинде кванттык түшүнүктөрдү өздөштүрбөстөн, илим менен технологиянын өнүгүү логикасын толук түшүнүү кыйын. Ошондуктан мектептерде жана жогорку окуу жайларында кванттык физиканы системалуу жана илимий жактан так окутуу өзгөчө маанеге ээ. Бул окуучулар менен студенттердин физиканын башка бөлүмдөрүн ийгиликтүү өздөштүрүүсүнө да негиз түзөт.

Орто жалпы билим берүүнүн физика боюнча базалык деңгээлинде «Кванттык физика» бөлүмүнө кванттар жөнүндөгү заманбап түшүнүктөр, фотон, толкун-бөлүкчө дуализми, Гейзенбергдин аныксыздык принциби, атомдун планетардык модели жана Бордун кванттык постулаттары сыяктуу негизги түшүнүктөр кирет. Бул темалар окуучуларда микродүйнөнүн мыйзам ченемдүүлүктөрү жөнүндө илимий түшүнүктөрдү калыптандырууга багытталган.

Акыркы жылдары кванттык физиканы кеңири аудиторияга жеткиликтүү тилде түшүндүрүүгө арналган илимий-популярдуу эмгектердин мааниси жогорулады. Мисалы, Л. Сасскинд менен А. Фридмандын, ошондой эле Дж. Гринштейн менен А. Зайонцтун эмгектеринде кванттык физиканын негизги маселелери түшүнүктүү формада баяндалат [2; 7]. Бул эмгектер мугалимдерге жана окуучуларга кванттык физиканын фундаменталдык проблемалары жөнүндө жалпы түшүнүк алууга жардам берет. Ошол эле учурда алар методикалык колдонмо катары эмес, кошумча илимий-популярдуу булак катары пайдаланылышы керек. Анткени кванттык физиканын негиздерин окутуу атайын педагогикалык ыкмаларды, түшүнүктөрдү этап-этабы менен калыптандырууну жана окуучулардын жаш өзгөчөлүктөрүн эске алууну талап кылат.

Кванттык физиканы окутуунун актуалдуулугу А.А. Найдин жана О.Н. Лукашук тарабынан мектептер үчүн иштелип чыккан курстарда да чагылдырылган [3; 4]. Бирок физика илиминдеги заманбап жетишкендиктер жогорку жана орто билим берүүнүн стандарттарына, окуу программаларына жана окуу пландарына толук деңгээлде интеграциялана элек. Натыйжада мектеп окуучулары, ал тургай студенттер да көбүнчө XX кылымдын ортосуна чейин ачылган физикалык кубулуштарды окуп-үйрөнүү менен чектелишет. Бул жагдай окуучулардын аң-сезиминде физиканы дээрлик өзгөрбөгөн, статикалык билимдер системасы катары кабылдоого алып келиши мүмкүн. Аталган авторлор өз эмгектеринде окуучулардын кванттык түшүнүктөрүн калыптандыруу жана өнүктүрүү маселелерине көңүл бурушат.

Кванттык физиканы окутуу өзгөчө методикалык ыкмаларды талап кылат. Мунун негизги себеби - кванттык дүйнөнүн кубулуштарын күнүмдүк тажрыйбадагы көрүнүштөр сыяктуу түздөн-түз элестетүү кыйын. Окуучулардын басымдуу бөлүгү маалыматты көрүү аркылуу - таблицалар, сүрөттөр, диаграммалар жана визуалдык моделдердин жардамы менен жакшы кабыл алары белгилүү. Бирок кванттык-механикалык моделдерди кадимки классикалык объектилер сыяктуу толук жана так визуалдаштыруу мүмкүн эмес. Бул жагдай кванттык физиканы өздөштүрүүдө белгилүү бир кыйынчылыктарды жаратат. Ошондуктан классикалык окутуу ыкмалары менен катар интерактивдүү жана моделдөөгө негизделген ыкмаларды колдонуу зарыл.

Мектептин негизги максаттары - окуучуларды илимдин негиздери боюнча бекем билим менен камсыз кылуу, илимий дүйнө таанымын калыптандыруу, алардын чыгармачылык жөндөмдөрүн өнүктүрүү жана ар тараптуу билим берүүгө шарт түзүү. Сабакта колдонулган окутуу ыкмалары бул максаттарга жетүүдө чечүүчү роль ойнойт.

Мугалимдин ишмердүүлүгү көп кырдуу мүнөзгө ээ. Ал окуучулар менен биргеликте билим берүү процессине катышып, алардын окуу-таанып-билүү ишмердүүлүгүн ар кандай ыкмалар жана каражаттар аркылуу уюштурат. Мугалим менен окуучулардын белгилүү бир тартипте уюштурулган жана коюлган билим берүү максатына жетүүгө багытталган өз ара байланышкан иш-аракеттери окутуунун методдору жана ыкмалары катары каралат.

Окутуунун негизги методдоруна проблемалык окутуу, изилдөөгө негизделген окутуу, интерактивдүү окутуу, ошондой эле түшүндүрмө-иллюстрациялык окутуу кирет.

Кванттык физиканы окутууда төмөнкү каражаттар жана ыкмалар өзгөчө маанеге ээ:

1. окуучуну субъекттик позицияга коюу;
2. кванттык физиканын парадоксалдуу мүнөзүн кабыл алууга багыттоо;
3. ой жүгүртүү эксперименттерин колдонуу;
4. туура эмес түшүнүктөрдү, башкача айтканда, мисконцепцияларды аныктоо жана жоюу;
5. виртуалдык лабораториялык иштерди жана санариптик технологияларды колдонуу.

Мындан ары кванттык физиканы окутуунун аталган каражаттары менен ыкмаларынын ар бирине өзүнчө токтолобуз.

1. Окуучуну субъекттик позицияга коюу. Кванттык дүйнөнү адамдын сезүү органдары аркылуу түздөн-түз элестетүү мүмкүн эмес. Ошондуктан «Кванттык физика» бөлүмүн окуп-

үйрөнүүдө окуучуларда бир катар кыйынчылыктар пайда болот. Мисалы, Бор сунуштаган атомдун планетардык моделин салыштырмалуу жеңил элестетүүгө болот, анткени анда электрон ядронун айланасында кыймылдаган бөлүкчө катары түшүндүрүлөт. Ал эми атомдун кванттык-механикалык моделин түшүнүү жана элестетүү кыйла татаал.

Окутуу процесси эки тараптуу процесс катары каралганда, окуучуну билимди даяр түрдө кабыл алуучу гана эмес, окуу ишмердүүлүгүнүн активдүү субъекти катары кароо өзгөчө мааниге ээ. Бул учурда мугалим менен окуучунун өз ара аракеттенүүсүндө ар бир тараптын функциялары так аныкталат.

Мугалим уюштуруу, окутуу жана көзөмөлдөө функцияларын аткарат. Уюштуруу функциясы окуучуларды окуу материалы менен тааныштырууга багытталса, окутуу функциясы түшүндүрүү, тактоо, талкуулоо жана комментарий берүү аркылуу алардын билимин тереңдетүүгө кызмат кылат. Көзөмөлдөө функциясы болсо окуучулардын окуу материалын өздөштүрүү деңгээлин жана тапшырмаларды аткаруу процессин байкоо жана баалоо менен байланыштуу.

Өз кезегинде окуучу да окуу процессинде активдүү роль аткарат: окуу материалы менен таанышат, аны түшүнүүгө аракет кылат, пайда болгон суроолор боюнча ой жүгүртөт жана алган билимин практикалык тапшырмаларды аткарууда колдонот. Ошентип, мугалимдин ишмердүүлүгү уюштуруу, окутуу жана көзөмөлдөө функциялары аркылуу ишке ашса, окуучунун ишмердүүлүгү окуу материалын кабыл алуу, түшүнүү жана колдонуу аркылуу көрүнөт.

«Субъекттик позиция» ыкмасын кванттык физикадагы кош тешиктүү экспериментти түшүндүрүүдө натыйжалуу пайдаланууга болот. Мисалы, окуучулар менен А. Элитцур жана Л. Вайдман сунуштаган өз ара аракеттенүүсүз өлчөө идеясына негизделген оюн уюштурулат. Анда бир окуучу фотондун, экинчи окуучу «бомбанын» ролун аткарат, ал эми калган окуучулар интерферометрдин түзүлүшүн жана эксперименттин жүрүшүн байкоого катышат.

Мындай оюндук моделдөө жарыктын толкун-бөлүкчө дуализминин маңызын түшүндүрүүгө жардам берет. Детектор жок учурда фотондун жүрүм-туруму толкундук мүнөздө түшүндүрүлсө, детектордун катышуусунда ал бөлүкчө катары катталат. Бул мисал окуучуларга кош тешиктүү эксперименттеги электрондун жана фотондун жүрүм-турумун салыштырып түшүнүүгө шарт түзөт. Натыйжада «субъекттик позиция» ыкмасы окуучулардын кванттык кубулуштарды пассивдүү кабылдоосунан алардын маңызын активдүү түшүнүүгө өтүүсүнө өбөлгө түзөт.

2. Кванттык физиканын парадоксалдуу мүнөзүн кабыл алуу. Кванттык механиканын парадокстору кванттык мыйзамдар менен классикалык механиканын мыйзамдарынын ортосундагы айырмачылыктарды ачык көрсөтөт. Классикалык физика микродүйнөдө байкалган көптөгөн кубулуштарды толук түшүндүрүүдө белгилүү чектөөлөргө туш болот. Мисалы, Гейзенбергдин аныксыздык принцибине ылайык, бөлүкчөнүн координатасын жана импульсун бир эле учурда чексиз тактык менен аныктоо мүмкүн эмес.

Кванттык физиканы өздөштүрүүнүн татаалдыгы анын классикалык интуицияга дайыма эле туура келе бербеген түшүнүктөрү менен байланыштуу. Бул өзгөчөлүк кванттык теориянын калыптануу мезгилинен тартып эле байкалган жана анын негизги жоболору илимпоздор арасында узак убакыт бою талкуу жаратып келген.

Педагогикалык практика көрсөткөндөй, окуучулар кванттык физиканын татаалдыгы анын илимий маңызы менен шартталганын түшүнгөндө, аталган теманы кабыл алуу жеңилдей баштайт. Айрыкча Нильс Бор менен Альберт Эйнштейндин кванттык механиканын чечмелениши боюнча белгилүү талаш-тартыштары жөнүндө маалымат берүү окуучулардын кызыгуусун арттырып, кванттык теориянын тарыхый жана методологиялык маанисин түшүнүүгө жардам берет.

Классикалык дүйнө таанымга негизделген ой жүгүртүү кванттык кубулуштарды түшүндүрүүдө дайыма эле жетиштүү боло бербейт. Ошондуктан кванттык физиканы окутууда окуучуларга бул теориянын парадоксалдуу мүнөзүн илимий өнүгүүнүн табигый көрүнүшү катары түшүндүрүү зарыл. Мындай мамиле окуучуларга микродүйнө кубулуштарын классикалык

моделдер менен гана эмес, ыктымалдык, өлчөө, байкоо жана абал түшүнүктөрү аркылуу да талдоого мүмкүнчүлүк берет.

Альберт Эйнштейн кванттык теориянын айрым жоболоруна сын көз караш менен мамиле кылган. Бул жагдай окуучуларга илимде ар кандай теориялар талкуу жана сын аркылуу өнүгө турганын түшүндүрүү үчүн маанилүү мисал боло алат. Демек, кванттык физиканын парадоксалдуу мүнөзүн кабыл алуу окуучулардын илимий ой жүгүртүүсүн, сынчыл көз карашын жана татаал түшүнүктөрдү талдоо жөндөмүн өнүктүрүүгө өбөлгө түзөт.

3. Ой жүгүртүү эксперименттери. Ой жүгүртүү эксперименти - жаратылыш кубулуштарын түздөн-түз практикалык тажрыйба жүргүзбөстөн, элестетүү, логикалык талдоо жана теориялык моделдөө аркылуу изилдөөнүн ыкмасы. Кванттык физиканы окутууда мындай эксперименттер өзгөчө мааниге ээ, анткени алар окуучуларга түздөн-түз байкоого мүмкүн болбогон микродүйнө кубулуштарын түшүнүүгө жардам берет.

Кванттык физикада кеңири белгилүү болгон ой жүгүртүү эксперименттерине Шредингердин мышыгы, кош тешиктүү эксперимент, Уилердин кечиктирилген тандоо эксперименти жана Вигнердин досу парадоксу кирет. Шредингердин мышыгы мисалы кванттык суперпозиция түшүнүгүн макродүйнө менен салыштыруу аркылуу түшүндүрүүгө шарт түзөт. Кош тешиктүү эксперимент толкун-бөлүкчө дуализминин маңызын ачып көрсөтөт: бөлүкчөлөрдүн жүрүм-туруму байкоо шартына жараша толкундук же бөлүкчөлүк мүнөздө түшүндүрүлөт. Уилердин кечиктирилген тандоо эксперименти өлчөө ыкмасы кванттык объекттин жүрүм-турумун түшүндүрүүдө маанилүү роль ойной турганын көрсөтөт. Ал эми Вигнердин досу парадоксу байкоо жана өлчөө түшүнүктөрүнүн кванттык теориядагы татаалдыгын ачып берет.

Бул ой жүгүртүү эксперименттери кванттык чындык күнүмдүк тажрыйбага дайыма эле шайкеш келе бербестигин жана дүйнө жөнүндөгү классикалык түшүнүктөр субатомдук деңгээлдеги кубулуштарды толук түшүндүрө албасын көрсөтөт. Ошондуктан алар окуучуларда кванттык физиканын парадоксалдуу мүнөзүн кабыл алууга, абстракттуу жана сынчыл ой жүгүртүүнү өнүктүрүүгө өбөлгө түзөт.

Т. Кундун илимий парадигмалар жөнүндөгү көз карашына ылайык, ой жүгүртүү эксперименттери үстөмдүк кылып турган теориядагы ички карама-каршылыктарды аныктоого жана жаңы илимий түшүнүктөрдүн калыптанышына түрткү бере алат. Демек, мындай эксперименттер жаңы эмпирикалык маалыматтарды колдонбостон эле, дүйнө жөнүндөгү түшүнүктү кайра карап чыгууга жана илимий ой жүгүртүүнү өнүктүрүүгө жардам берет.

Кванттык физиканы окутууда ой жүгүртүү эксперименттери окуучуларга сезүү органдары аркылуу түздөн-түз кабыл алынбаган кубулуштарды теориялык жактан моделдөөгө мүмкүнчүлүк берет. Ошондуктан алар кванттык түшүнүктөрдү өздөштүрүүдө, окуучулардын илимий элестетүүсүн жана логикалык талдоо жөндөмүн өнүктүрүүдө натыйжалуу методикалык каражат катары кызмат кылат.

4. Туура эмес түшүнүктөрдү (мисконцепцияларды) аныктоо жана жоюу. Кванттык физиканы окутууда туура эмес түшүнүктөрдүн алдын алуу жана аларды жоюу үчүн окуучуларда тиешелүү илимий ой жүгүртүү стилин калыптандыруу маанилүү. Туура эмес түшүнүк, же мисконцепция, белгилүү бир кубулушту, түшүнүктү же кырдаалды илимий жактан туура эмес кабылдоонун натыйжасында пайда болгон жаңылыш түшүндүрмө катары каралат.

Физиканы окутуу методикасында мисконцепциялар маселеси XX кылымдын 80-жылдарынан тартып активдүү изилдене баштаган. Бул термин окуучуларда физикалык кубулуштар жөнүндө калыптанып калган, бирок илимий түшүндүрмөгө дал келбеген түшүнүктөрдү билдирет. Мисалы, айрым окуучулар оор нерселер жеңил нерселерге караганда дайыма тезирээк түшөт деп эсептеши мүмкүн. Ошондой эле бир бөлмөдө турган металл шар ошол эле шарттагы жыгач шарга караганда сөзсүз муздагыраак болот деген түшүнүк да кеңири таралган мисконцепциялардын бири болуп саналат.

Мындай түшүнүктөр күнүмдүк тажрыйбанын негизинде пайда болгону менен, алар физикалык кубулуштардын илимий маңызын толук жана туура түшүндүрө албайт. Ошондуктан кванттык физиканы окутууда окуучулардын баштапкы түшүнүктөрүн аныктоо, аларды илимий түшүндүрмөлөр менен салыштыруу жана туура эмес элестөөлөрдү этап-этабы менен жоюу зарыл.

Кванттык физиканы окуп-үйрөнүүдө окуучуларда төмөнкүдөй туура эмес түшүнүктөр кездешиши мүмкүн:

1. атомдун түзүлүшү Күн системасынын түзүлүшүнө толук окшош, башкача айтканда, ядро Күндүн, ал эми электрондор планеталардын ролун аткарат;
2. электронду атайын микроскоптун жардамы менен түздөн-түз көрүүгө болот;
3. атомду көрүүгө болбойт;
4. бир энергия деңгээлинен экинчисине өткөндө электрон түз сызык боюнча кыймылдайт;
5. эркин электрон алдын ала белгиленген траектория боюнча кыймылдайт;
6. эркин электрондун координатасын жана импульсун бир эле учурда так өлчөөгө болот;
7. электрондор ядронун айланасында белгилүү бир орбиталар боюнча жогорку ылдамдыкта кыймылдашат;
8. электрон абдан кичинекей шар болуп саналат жана дайыма бөлүкчө сыяктуу гана жүрүм-турум көрсөтөт;
9. жарык бардык учурда толкун катары гана каралат;
10. физикада өлчөнгөн чоңдуктун аныксыздыгы өлчөө катасы катары түшүндүрүлөт;
11. элементардык бөлүкчөлөрдүн бардык касиеттерин бир эле учурда так өлчөөгө болот;
12. өлчөө процессинде чоң өлчөмдөгү прибор кичинекей бөлүкчөгө механикалык түрдө гана таасир этет.

Туура эмес түшүнүктөр кванттык дүйнөгө тиешелүү илимий түшүнүктөр менен алмаштырылышы керек. Бул багытта төмөнкү түшүндүрмөлөрдү колдонууга болот:

1. атомдун белгилүү бир чекитинде электрондун жайгашуусун так эмес, белгилүү бир ыктымалдуулук менен гана баалоого болот. Бул ыктымалдуулук биздин билбестигибизден эмес, кванттык объекттин табиятынан келип чыгат;
2. электронду бөлүкчө катары түздөн-түз көрүү мүмкүн эмес;
3. атомду кадимки жарыктын жардамы менен көрүүгө болбойт, анткени атомдун өлчөмү жарыктын толкун узундугунан кыйла кичине. Бирок айрым атомдорду туннелдик микроскоп же атомдук-күч микроскобу сыяктуу атайын аспаптардын жардамы менен байкоого болот. Бул аспаптар атомдордун түздөн-түз оптикалык сүрөтүн эмес, алардын беттик түзүлүшү тууралуу маалыматтын негизинде түзүлгөн визуалдык моделин берет;
4. электрон бир энергия деңгээлинен экинчисине фотонду жутуу же чыгаруу аркылуу өтөт;
5. эркин электрон үчүн классикалык маанидеги так траектория түшүнүгү колдонулбайт. Анын баштапкы жана акыркы абалдары аныкталышы мүмкүн, бирок аралыктагы кыймылын классикалык траектория катары сүрөттөө туура эмес;
6. Гейзенбергдин аныксыздык принцибине ылайык, электрон эркин абалда болобу же атомдун ичинде болобу, анын координатасын жана импульсун бир эле учурда чексиз тактык менен аныктоо мүмкүн эмес;
7. аныксыздык принциби жана электрондун кванттык абалы атомдун туруктуулугун түшүндүрүүдө маанилүү роль ойнойт;

8. электрон жүргүзүлгөн эксперименттин шартына жараша толкундук да, бөлүкчөлүк да касиеттерди көрсөтө алат;

9. жарык да корпускулалык-толкундук мүнөзгө ээ;

10. физикада кванттык аныксыздык өлчөө катасы катары эмес, кванттык абалдын ички касиети катары түшүндүрүлөт;

11. элементардык бөлүкчөлөрдүн айрым жуп касиеттерин, мисалы координата менен импульсту, бир эле учурда чексиз тактык менен өлчөөгө болбойт;

12. өлчөө процессинде прибор менен кванттык объекттин ортосунда өз ара аракеттенүү пайда болуп, бул аракет кванттык абалды сүрөттөөгө таасир этет [1].

Кванттык физиканы окуп жатканда туура эмес түшүнүктөрдү болтурбоо үчүн төмөнкүлөрдү жасоо керек:

• Биринчи сабактарда кванттык жана классикалык физиканын айырмасын түшүндүрүп, андан кийин алардын ортосунда аналогияларды колдонуудан алыс болгула.

• Жарыктын толкун-бөлүкчө мүнөзүн көрсөтүү үчүн курсту кош тешиктүү эксперимент менен баштагыла.

• Гейзенбергдин белгисиздик принцибин мүмкүн болушунча эртерээк киргизгиле.

• Суутек атомун талкуулаганда Бордун планетардык моделинен алыс болгула.

• Кванттык физиканын азыркы абалын баса белгилегиле [5].

5. Виртуалдык лабораториялык иштер жана санариптештирүү. Бул компьютердик иштеп чыгуу кванттык физика боюнча мисалдарын http://catandphysics.narod.ru/ дареги боюнча онлайн режиминде интернеттен тапса болот.

Сабактарга тез жана натыйжалуу даярдануу, класста жаңы материалдарды колдонууну айтпаганда да, кванттык физика боюнча жаңы материалдардын көптүгүнөн улам татаал милдет болуп саналат. Компьютерди колдонуу окутуу принциптеринин бирин: визуализацияны ишке ашыруу менен физиканы окуу процессин бир топ жеңилдетет. Заманбап физиканы окутуу ыкмаларындагы бир катар татаал маселелерди чечүү үчүн кеңири мультимедиа жана графикалык мүмкүнчүлүктөрү бар компьютер окуу процессине интеграцияланышы керек. Ошондуктан, сабактарда компьютерди окутуу үчүн да, изилденип жаткан материалды графикалык иллюстрациялоо үчүн да колдонуу сунушталат.

Квант физикасын түшүндүрүүдө заманбап санарип технологияларын колдонууну сунуштайбыз. Кеңири колдонулган онлайн симуляторлордун бири – PhET Interactive Simulations University of Colorado Boulder. Бул платформа аркылуу физикалык процесстерди моделдөөгө мүмкүн; Vascak GeoGebra аркылуу виртуалдык тажрыйбаларды, демонстрациялык иштерди көрсөтүү ыңгайлуу; Kahoot - бул интерактивдүү санарип платформасы менен бардык окуучулардын (студенттердин) билимдерин бир убакта текшерүү максатында тесттик тапшырмаларды түзүп, пайдаланууга болот. Окуучулар Kahoot тесттерин үй тапшырмасы катары да аткара алышат. Бул өз алдынча иштөө көндүмдөрүн өнүктүрөт жана материалды кайрадан кайталоого мүмкүнчүлүк түзөт. Vr-labs , Falstad сыяктуу платформалар окуучуларга теорияны практика менен айкалыштырып, сабакты заманбап, интерактивдүү жана визуалдык түрдө өтүүгө мүмкүндүк берет. Бул программалар окуучулардын кызыгуусун арттырып, сабакты практикалык жактан терең түшүнүүсүн камсыз кылат.

Жыйынтык. Кванттык физиканы окутуу өзгөчө методикалык мамилени талап кылган татаал педагогикалык процесс болуп саналат. Анткени кванттык кубулуштар түздөн-түз сезимдер аркылуу кабыл алынбайт жана классикалык физиканын закондору менен толук түшүндүрүлбөйт. Ошондуктан окутууда салттуу ыкмалар менен катар стандарттуу эмес, интерактивдүү жана изилдөөгө негизделген ыкмаларды колдонуу зарыл. Макалада сунушталган субъекттик позицияга коюу, ой жүгүртүү эксперименттери, мисконцепцияларды жеңүү жана санарип технологияларды колдонуу ыкмалары окуучулардын кванттык дүйнө жөнүндөгү түшүнүгүн калыптандырууда натыйжалуу болуп саналат.

Колдонулган адабияттар

1. Akarsu B. Instructional Designs in Quantum Physics: A Critical Review of Research // Asian Journal of Applied Sciences. – 2011. – Vol. 4. – P. 112–118.
2. Гринштейн Дж. Квантовый вызов / Дж. Гринштейн, А. Зайонц. – Долгопрудный: Интеллект, 2008. – 400 с.
3. Лукашук О.Н. Реализация образовательного потенциала современной физики в профильной школе: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02. – Москва, 2014. – 252 с.
4. Найдин А.К. Квантовая физика на уроках в школе. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. – 132 с.
5. Петрова Д.В. Преодоление мисконцепций в квантовой физике // NovaInfo.Ru. – 2015. – № 33. – URL: http://novainfo.ru/archive/33/preodolenie-miskontseptsiy-v-kvantovoy-fizike
6. Саган К. Драконы Эдема. Рассуждения об эволюции человеческого разума. – СПб.: Амфора, 2005. – 265 с.
7. Сасскинд Л. Квантовая физика. Теоретический минимум / Л. Сасскинд, А. Фридман. – СПб.: Питер, 2015. – 400 с.

Рецензент: педагогика илимдеринин кандидаты, доцент Карасартова Н.А.