

## КВАНТТЫҚ НҮКТЕНІҢ ҚОЛДАНЫЛУЛАРЫ

**Аманжолова Айслу Аманжоловна**

«Математика және компьютерлік ғылымдар» білім бағдарламасының 1 курс магистранты  
Х.Досмұхамедов атындағы Атырау университеті, Атырау қ, Қазақстан Республикасы  
Ғылыми жетекшісі, ф.-м.ғ.к., қауымдастырылған профессор – **Шаждекеева Н.К.**

«Кванттық нүкте» атауы екі нәрсені білдіреді. «Квант» объектінің өте таяз өлшемін көрсетеді, ал «нүкте» оның миниатюралығын көрсетеді. Сондықтан біз кішкентай нәрсемен айналысамыз. Кванттық нүктелер – өлшемдері соншалықты кішкентай, олар нанометрмен өлшенетін миниатюралық кристалдар. Бұл кішкентай кристалдар оларды үлкен кристалдардан ерекшелендіретін ерекше қасиеттерге ие.

Мысалы, үлкен өлшемді кристалды қарастырайық. Егер біз оның кішкентай фрагментін, өлшемі бірнеше нанометрді алсақ, онда бұл микроскопиялық фрагмент кванттық нүкте болады. Бұл қызықты, өйткені үлкен кристалл мен кванттық нүкте бірдей атомдардан тұрса да, олардың оптикалық қасиеттері әртүрлі болады.

Басқаша айтқанда, кванттық нүкте—бұл кәдімгі кристалл сияқты атомдардан тұратын нанокристалл, бірақ оның кішкентай өлшемдері оған ерекше қасиеттер береді. Бұл қасиеттерге тек оптикалық ғана емес, сонымен қатар кристалдың мөлшеріне байланысты өзгеретін электрлік, магниттік және тіпті каталитикалық сипаттамалар кіреді. Мәселен, мысалы, үлкеннен нанометрге дейінгі әртүрлі өлшемдегі кристалдарды қарастыратын болсақ, олардың түстері кристалдың өлшеміне байланысты қызылдан көкке дейін өзгеретінін көреміз.

Кванттық нүктелердің әсемдігі олардың Кристалл өлшеміне байланысты ерекше қасиеттерінен көрінеді. Мысалы, үлкен өлшемді кристалл қызыл түсті жарық шығарады және оны сол сияқты сіңіреді, ал кішірек кристалл көк түсті жарық шығарады және сіңіреді. Бұл бізде кристалдың өлшеміне байланысты түстердің толық спектрі бар екенін білдіреді: үлкен кристалдар үшін қызылдан кішкентайлар үшін көкке дейін.

Бірақ кванттық нүктелер мен қарапайым молекулалардың айырмашылығы неде, олар да боялуы мүмкін? Мысалы, боялған конъюгерленген органикалық молекулаларды немесе металл кешендерін қарастырайық. Бұл молекулаларда түс олардың химиялық құрылымына, дәлірек айтқанда электрондардың конъюгерленген немесе кешеннің ортасындағы металл түріне байланысты. Яғни, конъюгерленуінің өзгеруі немесе металды ауыстыру молекуланың түсінің өзгеруіне әкеледі.

### **Зерттеу объектілері мен әдістері.**

Кванттық нүктелер жағдайында кристалдың мөлшері шешуші фактор болып табылады. Қалғанының бәрі, соның ішінде молекулалық құрылым өзгеріссіз қалады. Кристалдың мөлшері кішірейген сайын оның түсі өзгереді, бұл кванттық нүктелерді ғылыми зерттеулер мен практикалық қолдану үшін ерекше және қызықты етеді.

Кванттық химиядан қораптағы бөлшек сияқты мысалды қарастырайық. Сонымен, теорияға сәйкес, қораптың ішіндегі бөлшектің энергиясы формула бойынша есептеледі. Мұнда энергия қораптың ұзындығына кері пропорционалды екенін көруге болады. Бұл сонымен қатар энергия жарықтың толқын ұзындығымен байланысты екенін білдіреді. Демек, қорап неғұрлым ұзағырақ болса, соғұрлым ол өзара әрекеттесетін жарықтың толқын ұзындығы ұзағырақ болады және керісінше:

$$E = \frac{n^2 h^2}{8ml^2} \Rightarrow E \propto \frac{1}{l^2}$$

$\lambda$

$\lambda\alpha^2$

мұндағы:  $E$  – бөлшектің энергиясы,  $n$  – басты кванттық сан,  $h$  – Планк тұрақтысы,  $m$  – бөлшектің массасы,  $l$  – қораптың ұзындығы.

Енді кванттық нүктелерге көшейік. Үлкенірек кванттық нүктені алсақ, оның өлшемі алдыңғы мысалдағы қораптың ұзындығына ұқсас болады. Осылайша, үлкенірек кванттық нүкте қызыл түске сәйкес келетін ұзағырақ толқын ұзындығы жарықпен әрекеттеседі. Сондықтан үлкен кванттық нүктелер қызыл болып көрінеді. Егер біз кішірек кванттық нүктені алсақ, ол көк түске сәйкес келетін қысқа толқын ұзындығы жарықпен әрекеттеседі. Осылайша, кішірек кванттық нүктелер көк болады.

Айта кету керек, барлық кванттық нүктелер нанокристалдар, яғни нанометрлік масштабтағы кристалдар. Сондықтан оларды кванттық нүктелер депте, нанокристалдар депте атауға болады. Бірақ оларды кванттық нүктелер деп атап жүрміз? Себебі, олардың кішкентай өлшемдері нүктеге ұқсайды және жарықпен әрекеттесіп, тамаша оптикалық әсерлер жасайды.

2023 жылы химия бойынша Нобель сыйлығы материалтану және нанотехнология саласындағы үш көрнекті ғалымдарға профессорлар Алексей Иванович Екимовке, Луис Э. Брюске және Манга Г. Бавандиге табысталды. Олар кванттық нүктелер саласындағы алғашқы зерттеулері үшін марапатталды. Енді біз олардың жаңалықтарының ашылуының мәнін егжей-тегжейлі қарастырып, бұл жетістік әлемге танылуға лайық екенін талдаймыз.

Міне, Нобель сыйлығының лауреаттары және олардың ғылымға қосқан тамаша үлесіне де келдік. Баяндауымызды жартылай өткізгіштер бойынша докторлық жұмысы кезінде кванттық нүктелерді зерттеуді бастаған физик Алексей Екимовтан бастайық. Докторлық жұмысы кезінде осы ол жартылай өткізгіштердің жарықпен әрекеттесуін, сондай-ақ олардың жұтылу процестерін зерттей бастады. Алексей Екимовтың ғылымдағы даму процесі түрлі-түсті көзілдіріктердің оптикалық қасиеттерін зерттеумен жалғасты. Тәжірибе жүргізу барысында ол мыс хлоридін қосу арқылы шыныны жоғары температурада балқытты. Нәтижесінде салқындатылған шыны оның құрамындағы мыс хлоридінің кристалдарының мөлшеріне байланысты әртүрлі реңіктерге ие болды. 1981 жылы жүргізілген бұл тәжірибе шыны түсінің оның құрамына кіретін мыс хлоридінің кристалдарының мөлшеріне тәуелділігі ашылған тарихта бірінші рет болды.

Бұл эксперимент кезінде жасалған кванттық нүктелер өте қарапайым әдіс арқылы алынғанын және ол кезде кең практикалық қолдануы болмағанын түсіну маңызды. Бірақ дәл осы зерттеулер материалдың түсін оның кристалдық құрылымының өлшемін өзгерту арқылы қалай өңдеуге болатынын түсіндірді.

Алексей Екимовтан кейін тағы бір Нобель сыйлығының лауреаты Луи Брюс ғылымға елеулі үлес қосты. Зертханада жұмыс істеп жүргенде Луи өзінің алдына – химиялық реакцияларды жүргізу үшін күн энергиясын пайдалану туралы үлкен мақсат қойды. Ол өз зерттеулерінде күн сәулесін сіңіріп, оны реакцияларды жүргізу үшін пайдалана алатын химиялық зат ретінде кадмий сульфатын таңдады.

Процесті қалай оңтайландыру керектігі туралы ойлана отырып, Луи кадмий сульфатының бөлшектері неғұрлым аз болса, соғұрлым олардың күн сәулесімен әрекеттесетін бетінің ауданы көбірек болады, сондықтан олар соғұрлым көп жарықты сіңіре алады деген қорытындыға келді. Осыдан ол кадмий сульфатының кристалдарының мөлшерін нанометрлік масштабқа дейін азайтуға кірісті. Осылайша алынған нанокристалдар еріткіште ерігендіктен сұйық күйде болды.

Луи Брюс өзінің тәжірибелері кезінде нанокристалдардың оптикалық қасиеттерінің олардың мөлшеріне байланысты өзгеруін анықтады. Осылайша, 1983 жылы ол өзінің зерттеулерінің нәтижелерін жариялап, өлшемге тән кванттық әсерлерді бақылау туралы хабарлаған екінші ғалым болды. Дегенмен, айтарлықтай жетістіктерге қарамастан, Луи Э. Брюс нанокристалдың белгілі бір түрін жасауда қиындықтарға тап болды, өйткені ол қолданған әдіс бірдей өлшемдегі кристалдарды шығармайды.

Үшінші Нобель сыйлығының лауреаты нанохимия және материалдар химиясы саласына елеулі үлес қосты. Оның мақсаты өлшемдері бірдей кванттық нүктелерді жасау болды, осылайша олардың кванттық қасиеттері де бірдей дерлік болады. Мунги Бавенди сол кезде Луи Брюс зертханасының аспиранты болды және бұл мәселені белсенді түрде жүргізді. Көптеген эксперименттер мен сәтсіздіктерден кейін, сайып келгенде, 1993 жылы Бавенди командасы біркелкі өлшемдері бар нанокристалдарды синтездеуде айтарлықтай жетістікке жетті.

Инновациялық әдістер мен арнайы таңдалған еріткіштерді пайдалана отырып, ғалымдар нақты белгіленген өлшемдердің кристалдарын құра алды. Негізгі қадам алдын ала қыздырылған ерітіндіге нанокристалды құрайтын затты мұқият енгізу болды. Бұл процесс ұсақ кристалдардың пайда болуына әкелді, содан кейін ерітіндінің температурасын өзгерту арқылы ғалымдар қажетті өлшемдегі нанокристалдарды синтездей алды. Осылайша алынған кристалдар қатаң анықталған өлшемдерге және кванттық әсерлерге ие болды. Бұл серпіліс қажетті өлшемдегі кванттық нүктелерді синтездеуге мүмкіндік беріп қана қоймай, сонымен қатар нанохимия мен материалдар химиясы саласында жаңа көкжиектер ашты.

Осылайша, Бавенди мен оның әріптестерінің еңбектері нанотехнологияның дамуына және нанокристалдардың синтезіне маңызды әсер етті. Бұл жаңалықтар бүкіл әлемдегі химиктерге Бэнди командасы әзірлеген әдісті қолдана отырып, нанокристалдарды синтездеу

үшін жаңа мүмкіндіктер ашты. Бұл нанохимия мен материалдар химиясын дербес ғылыми пәндер ретінде құрудағы маңызды қадам болды.

Кванттық нүктелер саласындағы прогреске үш көрнекті ғалымның қосқан үлесі мүмкін болды. Қатты материалдардағы кванттық нүктелер құбылысын ашқан Екимов, оны ерітінді күйіне дейін кеңейткен Брюс, ең соңында белгілі бір өлшемдегі біртекті кванттық нүктелерді синтездеу әдісін жасаған Бавенди, олардың әрқайсысы осы саланың дамуына аса зор үлес қосты. Олардың ғылыми жетістіктері химия әлеміндегі жаңа белес – нанохимияны білдіретін Нобель сыйлығымен марапатталды.

Бұл пәнді физикаға емес, химияға қатыстыру мәселесі шынымен де қызық. Кванттық нүктелер зерттеу объектілері ретінде физикаға жақын болғанымен, олардың синтезі химиктің жұмысы болып табылады. Химиялық процестерсіз кванттық нүктелерді жасау мүмкін емес еді. Синтезделген кванттық нүктелер, өз кезегінде, физикадан биологияға дейін ғылымның әртүрлі салаларында қолданылуға мүмкін берді.

Кванттық нүктелер нанотехнологияның негізгі объектілерінің бірі ретінде молекулалық медицинада, биологиялық зерттеулерде қолданыс табады және болашақтың нанокұрылыстарының негізіне айналуы мүмкін. Ғылыми дереккөздерде кванттық нүктелер ғалымдарға өсіп келе жатқан ісіктерді зерттеуге мүмкіндік береді және олардың негізінде нейрондық желілер мен кванттық компьютерлерді жасауға көмектесе алады делінген.

### **Зерттеу нәтижелері.**

Кванттық нүктелердің ашылуы және оларды синтездеу әдістерінің дамуы нағыз серпіліс болды және нанохимия мен материалдар химиясының дамуына негіз болды. Бүгінгі таңда белсенді дамып келе жатқан ғылымның бұл бағыттары адамзаттың болашағына айтарлықтай әсер ететін ерекше қасиеттері бар жаңа материалдарды жасауға мүмкіндік береді деп ойлаймын.

Көптеген ғылыми орталықтар перовскиттерді, кванттық нүктелерді және бірегей оптикалық сипаттамалары бар кішірейтілген өлшемдегі кристалдарды жасаумен белсенді жұмыс істейді. Бұл материалдар әртүрлі оптикалық қасиеттерінің арқасында түс қолданылатын аймақтарда шексіз қолдану мүмкіндіктерін ашады. Жарық шығаратын диодтар, QLED теледидар экрандары және кванттық жарықдиодтар – бұл кванттық нүктелер экрандарға жарықтық пен түс тазалығын әкелетін жол табатын қолданулардың кейбірі ғана.

Оларды дәрілік химияда қолданудың маңыздылығы аса зор. Ғалымдар биологиялық жасушалар мен тіндерді таңбалау үшін кванттық нүктелерді белсенді түрде қолданады, бұл оларға ісік жасушаларының ағзадағы таралуын визуалды бақылауға мүмкіндік береді. Дәл олардың флуоресценттік қасиеттері мен бояу мүмкіндіктерінің арқасында хирургтар мен биология мамандары ісіктерді жою операцияларын дәлірек орындай алады.

Бұл жаңалық жоғары бағаға, соның ішінде Нобель сыйлығына лайық, өйткені ол бізге нанохимия мен материалдар химиясында жаңа көкжиектерді ашады.

### **Қолданылған әдебиеттер тізімі:**

1. Перри Райли Т. «Элементарное введение в квантовые вычисления». ИД Интеллект, 2018
2. Душкин Р.В. Квантовые вычисления и функциональное программирование / Р.В.

Душкин — 2014, 318 с., Ил.

3. Сысоев С.С. Квантовые вычисления / С.С. Сысоев. — 2017, 16 с., ил.

4. Нильсен М. Квантовые вычисления и квантовая информация / М.Нильсен, И.Чанг.

— Пер. с англ. — М:Мир, 2006 г, 824 с.

5. История о квантовых компьютерах и о том, изменят ли они нашу жизнь [Электронный ресурс]: <https://geektimes.ru/company/ua-hosting/blog/247424/>

6. Квантово и точка. [Электронный ресурс]: <https://www.nkj.ru/news/48806/>