**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ**

**ӘЛ - ФАРАБИ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ**

**З.А.МАНСҰРОВ, Б.Қ. ДІНІСТАНОВА, А.Р.КЕРІМҚҰЛОВА, М.НӘЖІПҚЫЗЫ**

**НАНОТЕХНОЛОГИЯ НЕГІЗДЕРІ**

***Оқу құралы***

*Қазақстан Республикасының Білім және ғылым министрлігі*

*жоғары оқу орындарының*

*студенттеріне, магистранттар мен PhD докторанттарға*

*арналған оқу құралы ретінде бекіткен*

Алматы

2015

*Оқу құралы ҚР Білім және ғылым министрлігінің оқу әдебиеттерін дайындау, шығару және сатып алу жөніндегі ашық конкурсының қорытындылары бойынша шығарылды*

Мансұров З.А, Діністанова Б.Қ., Керімқұлова А.Р., Нәжіпқызы М.

Нанотехнология негіздері: Оқу құралы. - Алматы: 2012. - 244 бет.

**ІSBN**

Оқу құралында наноматериалдардың негізгі түрлері, қасиеттері, өлшемдік әсерлер, нанобөлшектерді физика-химиялық зерттеу әдістерінің теориялық негіздері мен алу әдістері және функционалды наноматериалдардың алуан түрлі қолданылу аумақтары баяндалды. Ұсынылып отырған оқу құралы оқырмандарға қосымша әдебиеттің көмегінсіз меңгеруге болатындай етіп жазылған.

Химия және химиялық технология факультетінің студенттеріне, магистранттарына және PhD докторанттарына арналған.

**МАЗМҰНЫ**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **1- ТАРАУ. Нанотехнологияға кіріспе** |  |
| 1.1 | Нанотехнологиядағы негізгі ұғымдар мен анықтамалар |  |
| 1.2 | Көміртекті материалдардың жалпы жіктелуі |  |
| 1.3 | Жеке нанобөлшектердің қасиеттері |  |
| 1.3.1 | Металдық нанокластерлер. Магиялық сандар |  |
| 1.3.2. | Геометриялық құрылымы |  |
| 1.3.3. | Электрондық құрылымы |  |
| 1.3.4. | Реакциялық қабілеттілік |  |
| 1.3.5. | Магнитті кластерлер |  |
| 1.4. | Кванттық шұңқырлар, сымдар және нүктелер |  |
| 1.4.1. | Кванттық наноқұрылымдарды дайындау |  |
| 1.4.2. | Нанообъектілердің өлшемдеріне байланысты әсерлер |  |
| 1.5. | Фуллерендер құрылыcы және номенклатурасы |  |
| 1.6. | Көміртекті нанотүтікшелер |  |
| 1.7. | Көміртекті нанобөлшектердің талшықтәрізді формасының морфологиясы |  |
| **2.** | **Нанобөлшектерді зерттеу әдістері** | 44 |
| 2.1 | Электронды микроскоп әдістері | 44 |
| 2.1.1 | Сканирлеуші туннельді микроскопия | 48 |
| 2.1.2 | Атомдық - күшті микроскопия | 51 |
| 2.2 | Рентген-фазалық талдау | 56 |
| 2.3 | ЭПР-спектроскопия | 62 |
| 2.4 | ИҚ спектроскопия | 69 |
| 2.5 | Раман спектроскопия | 75 |
| 2.6 | Меншікті беттік ауданды анықтау | 79 |
| **3.** | **Нанобөлшектерді алу әдістері** | 83 |
| 3.1 | Нанокристалды ұнтақтарды синтездеу әдістері | 83 |
| 3.1.1 | Газфазалы синтез | 83 |
| 3.1.2 | Плазмохимиялық синтез | 85 |
| 3.2 | Нанотүтікшелерді алу әдістері | 86 |
| 3.2.1 | Доғалы буландыру техникасы | 86 |
| 3.2.2 | Көміртекті будың конденсациясы | 88 |
| 3.2.3 | Пиролитикалық әдіс | 89 |
| 3.2.4 | Нанотүтікшелердің электрохимиялық синтезі | 89 |
| 3.2.5 | Көмірсутектердің каталитикалық крекингі үдерісінде көміртекті фазаның түзілуі | 90 |
| 3.2.6 | Көміртекқұрамды газдардың термиялық каталитикалық ыдырауы | 91 |
| 3.2.7 | Үлгілерді карбонизациялау және көміртектендіру әдістемесі | 92 |
| 3.2.8 | Нанобөлшектерді жалында алу | 94 |
| 3.3 | Нанобөлшектердің жинақталуы | 98 |
| 3.3.1 | Фуллеренді графит бөлшектернен жинау | 98 |
| 3.3.2 | Ұлу моделі | 99 |
| 3.3.3 | Кластерлерден жинау | 100 |
| 3.3.4 | Фуллерен жолы | 103 |
|  | **4- ТАРАУ. Көміртекті наноматериалдар химиясы** |  |
| 4.1. | Нанотүтікшелердің ашылуы және кесілуі |  |
| 4.2. | Наноматериалдарды функциализациялау |  |
| 4.3. | Қышқылдық функционалды топтардың реакциялары |  |
| 4.4. | Ковалентті функциализациялау әдістері |  |
| 4.5. | Солюбилизация |  |
| 4.6. | Ковалентті емес байланыстыру жолдары |  |
| 4.7. | Наноматериалдардың ішкі қуыстарын толтыру |  |
| 4.8. | Көміртекті наноматериалдардағы көміртек атомдарын алмастыру реакциялары |  |
| 4.9 | КНТ полимерленуі |  |
| 4.10 | Фуллерендердің химиялық қасиеттері |  |
|  | **5- ТАРАУ. Наноматериалдардың қасиеттері. Өлшемдік әсерлер** |  |
| 5.l. | Наножүйелердің электрондық құрылысы |  |
| 5.2. | Наноматериалдардың фонондық спектрлері және термиялық қасиеттері |  |
| 5.3. | Наноматериалдардың өткізгіштік қасиеттері. Оптикалық қасиеттері |  |
| 5.4. | Наноматериалдардың магниттік сипаттамалары |  |
| 5.5. | Наноматериалдардың механикалық қасиеттері |  |
|  | **6- ТАРАУ. Наноматериалдардың қолданылуы** |  |
| 6.1. | Наномеханизмдер мен наноқұрылғылар. Микро- және наноэлектромеханикалық жүйелер |  |
| 6.1.1. | Микро- және нанотрибология |  |
| 6.2. | Наноэлектроника. |  |
| 6.2.1. | Қазіргі заманғы транзисторлар. |  |
| 6.2.1.1. | Көміртегі нанотүтіктер негізіндегі транзисторлар. |  |
| 6.2.2. | Магнитті ақпарат тасмалдағыштар |  |
| 6.3. | Бионанотехнологияға және медицинаға арналған материалдар |  |
| 6.3.1 | Медицинаға арналған құрылма наноматериалдар |  |
| 6.3.2 | Нанофармакология мен нанодәрілер |  |
| 6.3.3. | Нанобөлшектер синтезі, биоконьюгациясы және биоүйлесімділігі. |  |
| 6.3.4 | Медицинадағы магнитті наноматериалдар |  |
| 6.3.5. | Магнитті – сұйықтықты гипертермия |  |
| 6.3.6. | Нанокапсулалар |  |
| 6.3.7. | Нанодәрілер мен наномедицина |  |
| 6.3.8. | Аурулар диагностикасына арналған наножүйелер |  |
| 6.3.9. | Микробиология мен медицинаға арналған наноаспаптар |  |
| 6.4. | Құрылмалы, аспаптық және триботехникалық материалдар |  |
| 6.5. | Кеуекті материалдар мен арнайы физика-химиялық қасиеттері бар материалдар |  |
| 6.6. | Нанодисперсті күйдегі заттардың улылығы. |  |
| 6.7 | Қосымша материалдар.   1. *Химиялық наносенсорлар.* 2. *Полимеризация нәтижесіндегі «Нанофанера» (нанотақтай).* 3. *Химиялық нанодетекторларға батарейка қажет емес.* 4. *Қышқылды орта нанодатчиктері.* 5. *Инженер-химиктер шағын «микроқұрттардан» медициналық бақылау(мониторинг) жүйелерін жасады.* 6. *ДНҚ наносымдары - революциялық сенсорларды жасау жолында жасаллған қадам.* 7. *«Қысылатын» белсенділігі бар катализатор ферментке еліктейді* 8. *Биосенсорлар жасанды кірпікшелерді қолданады.* 9. *Судағы гидроксилді радикалдар мөлшері мониторингінің жаңа сезімтал әдісі.* 10. *Американдық ғалымдар суды ыдырататын наносымдар жасады.* 11. *Жаңа типті гибридті нанобөлшектер жасалды* 12. *Микрореакторлар және биосенсорлар үшін «Наноcеріппелер»* 13. *NIST ғалымдары наноқуыстар тілі үшін «розетті тас» жасады.* |  |

**«Төменде өте көп орын бар»**

1959 жылдың 29 желтоқсанында физика ғылымы бойынша 1965 жылы «Элементарлы бөлшектер физикасында терең салдары болған кванттық электродинамикадағы фундаментальды жұмыстары» үшін Нобель сыйлығының лауреаты, профессор Ричард Фейнман (RichardFeynman) Калифорния технологиялық институтында (АҚШ) Американдық физиктер қауымының түстенуінде *There’s Plenty of Room at the Bottom* («Төменде өте көп орын бар») атты тақырыпта дәріс оқиды. Бұл дәрісте ол ғылымның жаңа зерттеу аумақтары туралы айтып берді. Фейнман жеке атомдарды басқару мен олардың негізінде аса ұсақ (субатомды) деңгейде жаңа заттар жасау туралы ой ұсынды.

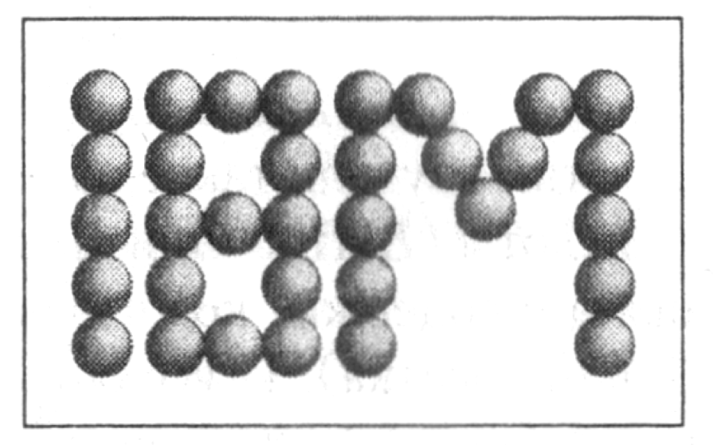
Ол аудиторияны қарапайым және батыл ғылыми идеясымен таң қалдырды. Фейнман кейбір ғалымдардың барлық ұлы жаңалықтар ашылып қойды, сондықтан енді ғылыммен айналысу қызықты емес деген ойларына да тоқталып кетеді. Алайда физик олармен келіспейтінін айтып, өзінің аргументтерін келтіреді. Ғалым Britannica Британ энциклопедиясындағы бүкіл материалдарды түйреуіштің басына ғана орналастыруға болады деді.

Фейнман әрбір әріпті 6-7 бит мәлімет деп қабылдауды, ал мәліметті тек қана беткі қабатта емес сонымен бірге көлемде сақтауды ұсынды. Егер әрбір битті жазуға 100 атом қолданылатын болса, онда бүкіл әлем кітаптарындағы барлық мәліметтерді қабырғасы 0,1 мм –ден аз ғана үлкен кубқа сыйдыруға болады. Сондықтан, субатомды әлемде шынымен-ақ көп орын бар деген қорытынды жасап, ғалым қызметтестерінің жаңа микроскоп жасап шығаруға деген қызығушылығын арттырады.

Фейнман ұсынған ойды абсолютті жаңа деп айтуға болмайды. Алхимиктердің өзі де элементтердің химиялық қасиеттерін өзгертуге тырысқан. Олар сиқырлы «мәңгілік жастық эликсирі» мен қорғасынды алтынға айналдыратын «философиялық тас» жасауға тырысқан. Іс жүзінде, олар атомдарды ғана емес, сонымен бірге олардың жеке компоненттерін де өзгертуге тырысқан.

1981 жылы Цюрихтегі (Швейцария) IBM компаниясының ғылыми-зерттеу зертханасында жұмыс істейтін Герд Биннинг (Geard Binnig) мен Хайнрих Рорер (Heinrich Rohrer) сканирлеуші туннельді микроскоп жасап шығарады және соның нәтижесінде алғаш рет ғалымдарға жеке атомдарды көруге және оларды басқаруға мүмкіндік туады. Олар электр өрісі мен наноөлшемді ұштары бар арнайы зонд қолдану арқылы жекелеген атомдардың орнын ауыстыруға болатынын анықтаған. Сканирлеуші туннельді микроскоп ашылғаннан кейін көп ұзамай, нанотехнология эрасының ең маңызды құралдарының бірі - атомдық күштік микроскоп жасалып шығарылды. Мұндай аспаптың пайда болуы 1986 жылы физика бойынша «Туннельді микроскопты жасап шығарғаны үшін» Нобель сыйлығына лайықты деп табылды.

1989 жылы Калифорния штатының Сан-Хосе қаласындағы IBM компаниясының Альмаден ғылыми-зерттеу зертханасында Дон Эйглер (Don Eigler) «IBM» сөзін 35 ксенон атомдарынан құрастырып, суретке түсіріп алған. 1.1- суретте бұл сөзді атомдардан қалай құрастыруға болатыны көрсетілген.



1.1- сурет. «IBM» сөзін құрастыру үшін жеке атомдардың орналасу сызбанұсқасы

**1- ТАРАУ. Кіріспе**

Қазіргі кезде материалтану облысында ғылым мен технологияның дамуының негізгі бағыты наноөлшемді құрылымды заттар мен функционалды материалдарды зерттеуге бағытталған. Осыған байланысты нанохимия, нанофизика, наноинженерия және т.б. сияқты жаңа ғылыми салалар пайда болды. Наноматериалдар қызметін көптеген химиялық элементтер атомдары мен кластерлері атқарады. Алайда көміртегі атомы функциональды материалдардың қаңқасын жасаудағы маңызды элемент болып табылады, себебі химиялық байланыстар ішінде көміртек-көміртек байланысы ең берік болып табылады.

«Нано» ондық түбірінің өзі гректің «νανοσ» сөзінен аударғанда «қортық» яғни ненің болмасын миллиардтан бір бөлшегі дегенді білдіреді (**1 м = 102 см = 103 мм = 106 мкм = 109 нм = 1010 Ǻ**).

Құрылысты нанодеңгей – дисперсті жүйелердегі тек бір деңгей ғана емес, сонымен қатар оның жаңа сапалы, жаңа қасиетті ерекше құрылысты ұйымдасқан затқа өтуі.

Нанодеңгейге жататын заттарды анықтау келесі шарттардан тұрады:

1. өлшемі 100 нм тең немесе кіші және бір координата бойында болса да сызықты өлшемді дербес тұрақты фаза;

2. заттың негізгі бөлігі объектінің беткі қабатында орналасады;

3. осы заттың бір қасиеті болса да бөлшектердің сызықты параметрінің өзгерісіне тәуелді.

Сондықтан, өлшем заттар мен өнімдердің барлық қасиеттерінің жиынтығын анықтайтын, тағы да бір параметріне айналады.

Сонымен, қазіргі кезде нанотехнология деп нені айтады.

Нанотехнология – нанообъектілер алу әдістерінің жиынтығы. Оған белгілі бір қасиетке ие ультрадисперсті ұнтақтар (УДҰ), наноөлшемді (НӨ) және наноқұрылымды заттар, нанокомпозиттер сияқты жаңа материалдар алудың теориялық моделі мен әдістемесін жасау жатады.

Нанотехнология биотехнологиямен қатар ХХI ғасырдың ғылыми-техникалық төңкерісі болып табылады.

Қазіргі таңда нанотехнологияның негізгі бағыттарына келесі салаларды жатқызуға болады:

Наноматериалтану – наноматериалдардың алынуы, өңделуі, қасиеттері мен сипаттамасын зерттеу;

Наноэлектроника – электронды және оптоэлектронды құрылғы, ондағы активті элементтердің ролін атқаратын нанометрлі масштаб компоненттеріндегі түйіндер;

Нанобиотехнология – берілген қасиеті бар (гендік инженерия) тірі материяның жаңа түрлерін және молекулалардың жеке түрлерін анықтайтын микроскопиялық датчиктер негізіндегі диагностикалық инструменттер жасау;

Нанофотоника – нанооптика технологиясын қолдану арқылы оптикалық коммуникацияның жоғары интегралданған компонентін жасау;

Нанотехнологиялар – табиғи заттарды нанодеңгейде зерттеу наноминерал, наношикізат және оның жеке компоненттерін алу технологиясын жасау, пайдалы қазбалардың жаңа наноқұрылысты түрлерін табу және өндіру.