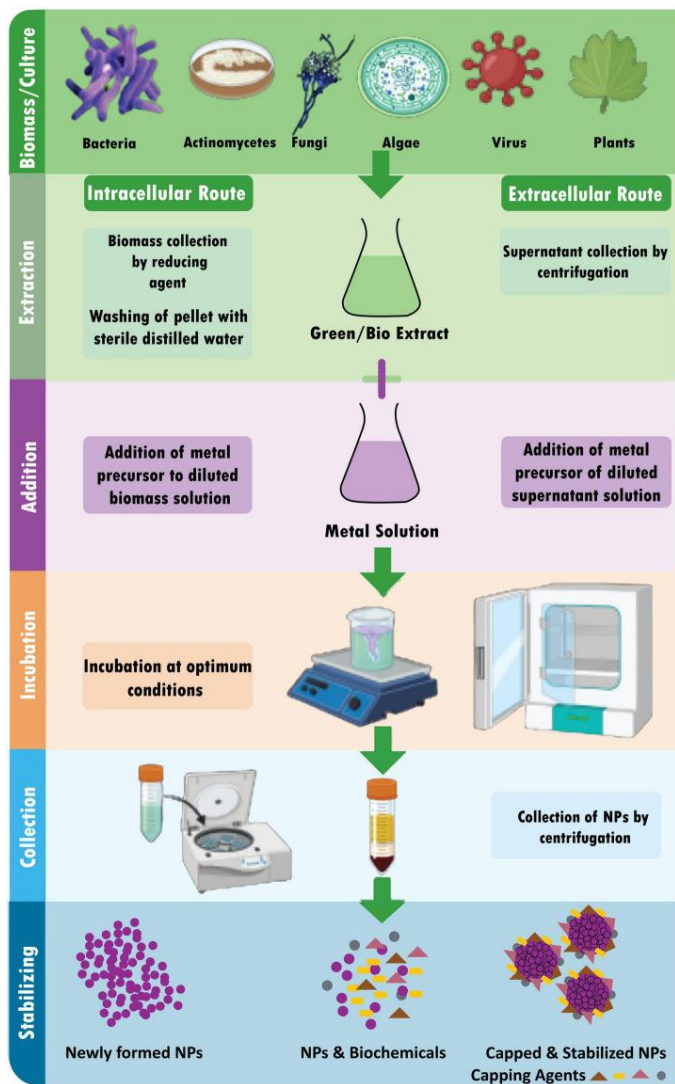




НАНОМАТЕРИАЛДАРДЫҢ ҚҰРЫЛЫМЫ МЕН ҚАСИЕТТЕРІ

7М07103 - Материалтану және жаңа материалдар
технологиясы

5 (2/0/1/2) кредит

Семестр: 1, күз, 2025- 2026 оқу жылы

Дәріскер:

Х.Ғ.К., қауымд.профессор Керимкулова Алмагуль Рыскуловна

Дәріс 4 - Нанообъектілердің өлшемдеріне байланысты әсерлері

Кіріспе

Нанокұрылым (англ. nanostructure) — табиғи не қолдан жасалынған нанообъектілердің жиынтығы, қасиеттері тек қана олардың құрылымдық элементтерінің өлшемдеріне ғана емес сонымен қатар кеңістіктегі орналасуына тәуелді. Химиялық құрамы және фазаларының таралуына байланысты нанокұрылымдарды бірнеше түрге бөлуге болады: бірфазалы, беттері бірдей және бірдей емес статистикалық көп фазалы, матрицалық көпфазалы. Құрылымдық бірліктерінің өлшемдері бойынша ажыратылатын құрылымды материалдардың түрін төрт түрге бөлуге болады: 0 – атомдық кластерлер және бөлшектер, 1-мультикабат (көпқабат), 2-ультромайда дәнекті жабынды, 3- көлемді нанокристаллды материалдар.

Нанобъекттің өлшемділігі-нанообъекттерді жіктеу негізі.

Өлшеміне сәйкес ажыратылады:

0 - D барлық 3 кеңістіктік өлшемдегі нанобъектілер нанометрлік диапозонда жатыр (өрескел: барлығы 3 өлшемі < 100 нм) ;

1 - D нано объектілер екі өлшемде, ал үшінші өлшемде нанометрлік өлшемдері бар объектілер - макроскопиялық өлшем;

2 - D нанобъектілер - нанометр өлшемі тек бір өлшемде, ал қалған екі өлшемде бұл өлшем макроскопиялық болады.

Нанообъектілердің өлшемдеріне байланысты жіктелуі

Өлшемділік түрі	Құрылым сипаттамасы	Мысалдар	Ерекшеліктері
0D – нөл өлшемді	Барлық өлшемдері 1–100 нм аралығында	Нанобөлшектер, кванттық нүктелер	Энергетикалық деңгейлер квантталады, жоғары беткі энергия
1D – бір өлшемді	Бір бағытта ұзын, қалған екі өлшем наномасштапта	Наноталшықтар, нанотүтіктер, нанотаяқшалар	Электр және жылу өткізгіштігі бағытқа тәуелді
2D – екі өлшемді	Қалыңдығы наномасштапта, ұзындығы мен ені үлкен	Графен, наноқабыршақтар, жұқа пленкалар	Жоғары беттік ауданы, ерекше электрондық қасиеттер
3D – үш өлшемді	Наноқұрылымды элементтері бар көлемді материал	Нанокеуекті қатты денелер, нанокомпозиттер, наноқұрылымды керамика	Механикалық беріктігі жоғары, көп функционалды қасиеттерге ие

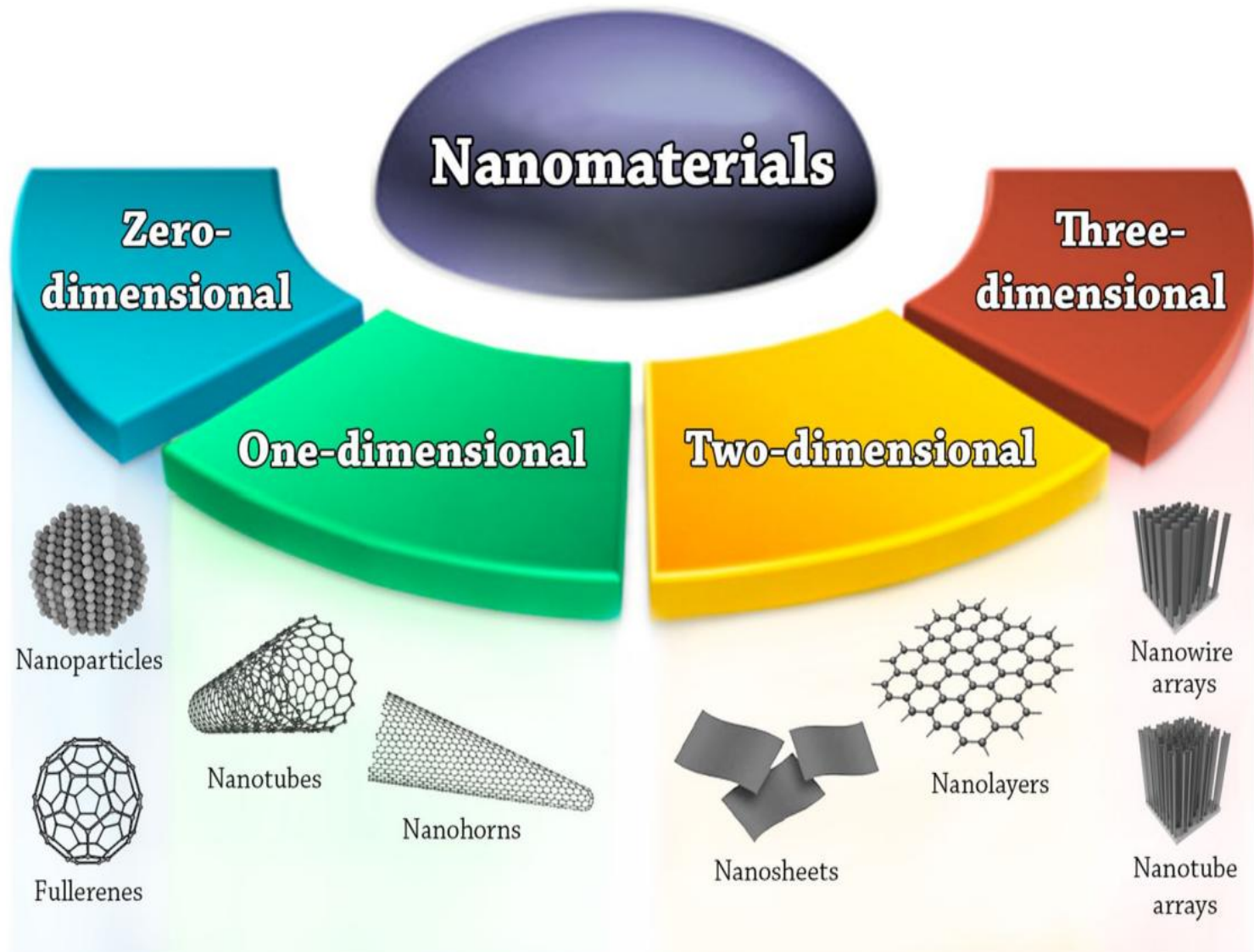
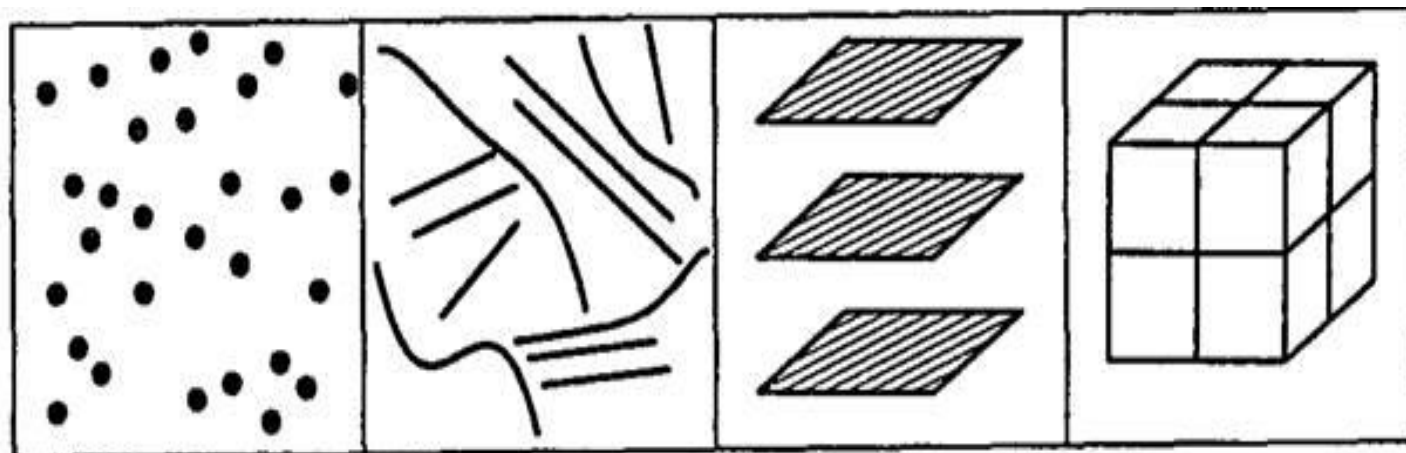


Fig. 1 Nanomaterials classification based on dimensionality



Кластеры
(0 D)

Нанотрубки,
волокна и
прутки
(1 D)

Плёнки и слои
(2 D)

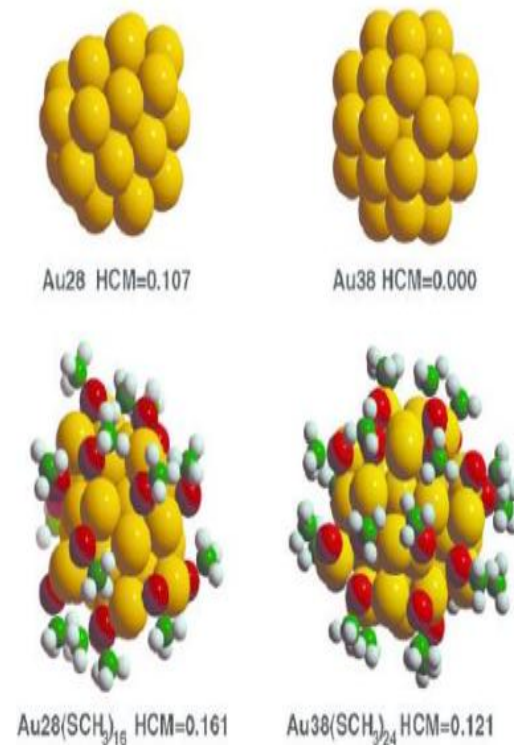
Поликристаллы
(3 D)

Нанообъектілердің классификациясы

Класс түрі	Нанообъектілердің мысалдары	Өлшемдік сипаттамасы
Тұтас	Нанокеуекті материалдар	Кеуектер өлшемі 1–100 нм
Кеуекті	Нанотүбек	Үшөлшемді құрылым
	Нанопленкалар (2D)	Екіөлшемді қабаттар
	Наноталшық (1D)	Бірөлшемді құрылым
	Нанонүкте (0D)	Нөлдік өлшемді бөлшектер
	Нанокластерлер (3D)	Бірөлшемді қуысты құрылым

Менделеев кестесіндегі зат атомдары арасында 1 нм кіші немесе тең қашықтықта тартылыс күштері пайда болады. Осы күштер әрекетінің нәтижесінде берік байланыстары бар (ковалентті, ионды немесе металл) және әлсіз (Ван-дервальс, сутегі) атомдық конфигурациялар пайда болуы мүмкін. Аз мөлшерде атомдары бар атом қауымдастықтарын (атомные ассоциаты) молекулалар немесе кластерлер деп атайды. Бөлшектің өлшемі кіші болған сайын және температура төмен болған сайын оның кванттық қасиеттері күшейе түседі. Нанокластерлер 1 нм - 100 нм диапазонында зат құрылысының молекулярлық деңгейінде бола отырып, қасиеттері жағынан атомдар мен микрокөлшектерден түбегейлі ерекшеленеді. Наноәлемде түрлі нанообъектілерді жасауда осы нанокластерлер негізгі «элементтер» болып табылады.

Нанокластерлер - өзіне тән өлшемі 1-10нм поликристалдық наноқұрылым түрінде болатын нанобөлшектердің түрі. Кластерлер (англ. cluster – шоқ, шоғыр, үйілім) – белгілі бір қасиетке ие, дербес бірлік ретінде қарастырылатын біртекті элементтердің қосылыстары. Нанокластер молекулаға ұқсас. Өлшемі бірнеше нанометр нанокластерде атомдардың басым бөлігі оның бетінде орналасқан, үлкен атомдар үшін нанокластерлер - 10% -дан астам. Әдетте нанокластерде 1000-ға дейін атом болады.



Алтынның нанокластері

Мысалы, сфералық формаға ие, i атомнан тұратын кластерді қарастырайық:

$$V = \frac{4}{3}\pi R^3 = \nu i,$$

Мұндағы R – нанокластер радиусы, ν – бір бөлшекке келетін көлем.

Бір бөлшекке келетін көлемді келесі өрнекпен сипаттасақ:

$$\nu = \frac{4}{3} \pi a^3$$

Мұндағы a – бір бөлшектің орташа радиусы. Онда:

$$R = ai^{\frac{1}{3}}$$

Көптеген кластерлер үшін a -ның өлшемі 0,1нм құрайды. Соңғы теңдеуден, 1000 бөлшектен тұратын кластердің өлшемі 1 нм құрайды.

Нанокластерлердің маңызды сипаттамасы олардың бетінің ауданы болып табылады:

$$S = 4\pi R^2 = 4\pi a^2 i^{\frac{2}{3}}$$

Ғалымдар анықтағандай, кластер бетіндегі атомдардың үлесі кластер өлшемінің өсуімен азаяды. Беттің елеулі әсері кластерлердің көлемі 100 нм-ден аз болғанда байқалады.

- Нанообъект – өлшемі шамамен 1–100 нм болатын құрылым.
- Бұл диапозонда материалдардың физикалық, химиялық және оптикалық қасиеттері өзгереді.
- Мұндай ерекшеліктер “өлшемдік эффектілер” деп аталады.

Өлшемдік эффект ұғымы

- Наноөлшемге өткенде беткі атомдардың үлесі артады.
- Кванттық шектеу (quantum confinement) байқалады.
- Энергия деңгейлері дискретті сипатқа ие болады.

Негізгі өлшемдік эффектілер

- 1. Кванттық эффектілер — энергия деңгейлері бөлшектенеді.
- 2. Беттік эффект — беткі атомдардың үлесі артады.
- 3. Механикалық эффект — қаттылық артады.
- 4. Оптикалық эффект — жарық жұту өзгереді.
- 5. Магниттік эффект — суперпарамагнетизм байқалады.

Кванттық шектеу әсері

- • CdSe нанокристалдарында өлшем кішірейген сайын жарық шығару толқын ұзындығы қысқарады.
- • Энергетикалық саңылау ұлғаяды: $E_g \propto 1/R^2$.

Беттік әсерлер

- Беткі энергия үлкен рөл атқарады.
- Катализдік белсенділік беткі атомдардың бос координациясына байланысты.
- Pt, Au нанобөлшектері макроскопиялық түріне қарағанда белсендірек.

Механикалық қасиеттер

- Наноталшықтар мен нанотүтіктердің қаттылығы артады.
- Дислокация қозғалысы шектеледі.
- CNT (углеродты нанотүтік) болаттан 100 есе берік.

Магниттік қасиеттер

- Наноөлшемде бір домендік бөлшектер түзіледі.
- Материал суперпарамагниттік күйге өтеді.
- Fe_3O_4 нанобөлшектері биомедицинада қолданылады.

Оптикалық қасиеттер

- Нанобөлшектер жарықтың таралуына әсер етеді.
- Au және Ag нанобөлшектері плазмондық резонанс көрсетеді.
- Сенсорлар мен оптикалық құрылғыларда қолданылады.

Қолданылу бағыттары

- Катализ – реакция жылдамдығын арттыру.
- Электроника – нанотранзисторлар.
- Медицина – дәрі жеткізу жүйелері.
- Энергетика – күн батареялары, сутек сақтау.

Қорытынды

- Нанообъектілердің қасиеттері олардың өлшеміне және құрылымына байланысты.
- Наноғылымның мақсаты — өлшемдік эффектілерді басқару және қолдану.

Дәйексөз

- “Өлшем азайған сайын — мүмкіндіктер артады, бірақ тұрақтылық төмендейді.”
- (Нанотехнологияның парадоксы)

Қолданылған әдебиеттер

Негізгі:

1. Мансұров З.А., Діністанов Б.Қ., Керімқұлова А.Р., Нәжіпқызы М. Нанотехнология негіздері. Оқу құралы. – Алматы: 2013. -244 б.
2. Т.А.Шабанова, Г.Қ.Тәжкенова, Р.М.Мансурова Электрондық микроскопия: оқу құралы. – Алматы: Қазақ университеті, 2004.-62 бет.
3. Елисеев А.А., Лукашин А.В. Функциональные наноматериалы. – М.ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 456 с.
4. Д.Мырзакожа, А.Мырзаходжаева Современные методы исследования: учебное пособие: - Алматы, 2013.-428 с.

Қосымша:

5. Kumar N., Kumbhat S. Essentials in Nanoscience and Nanotechnology. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2016 P. 470
6. Bayda S., Adeel M., Tuccinardi N., Cordani M., Rizzolio F. (2020) The History of Nanoscience and Nanotechnology: From Chemical-Physical Applications to Nanomedicine. Molecules 25:112-127 doi:10.3390/molecules25010112
7. AlJahdaly B.A., Elsadek M.F., Ahmed B.M., Farahat M.F., Taher M.M., Khalil A.M. (2021) Outstanding Graphene Quantum Dots from Carbon Source for Biomedical and Corrosion Inhibition Applications: A Review. Sustainability 13:2127 [https://doi.org/ 10.3390/su13042127](https://doi.org/10.3390/su13042127)
8. Acquah S.F.A. Penkova A.V., Markelov D.A., Semisalova A.S., Leonhardt B.E., Magi J.M. (2017) Review- The Beautiful Molecule: 30 Years of C60 and Its Derivatives ECS Journal of Solid State Science and Technology, 6 (6) M3155-M3162
9. Wang Zh., Hu T., Liang R., Wei M. (2020) Application of Zero-Dimensional Nanomaterials in Biosensing. Frontiers in Chemistry 8:320 doi: 10.3389/fchem.2020.00320