

Наноқұрылымдардың өлшемділігі

- 0D — нүктелер/бөлшектер
- 1D — талшықтар/құбырлар
- 2D — қабаттар/үлдірлер
- 3D — қаңқалар/кеукті



MOF / COF қаңқалары

3D · периодтық кеуктер



Графен / 2D-қабааттар

2D · қалыңдығы атомдық



Наноталшықтар / наноқұбырлар

1D · ұзындығы $\gg$ диаметрі



Кванттық нүктелер

0D · $\sim 2-10$ нм



Кластерлер

0D · $\sim 1-5$ нм



Молекулалар

0D · $\sim 0,3-2$ нм



Атомдар

Өлшемі: ~ 1 Å · атомдық түйін

НАНОМАТЕРИАЛДАРДЫҢ ҚҰРЫЛЫМЫ МЕН ҚАСИЕТТЕРІ

7M07103 - МАТЕРИАЛТАНУ ЖӘНЕ ЖАҢА МАТЕРИАЛДАР
ТЕХНОЛОГИЯСЫ

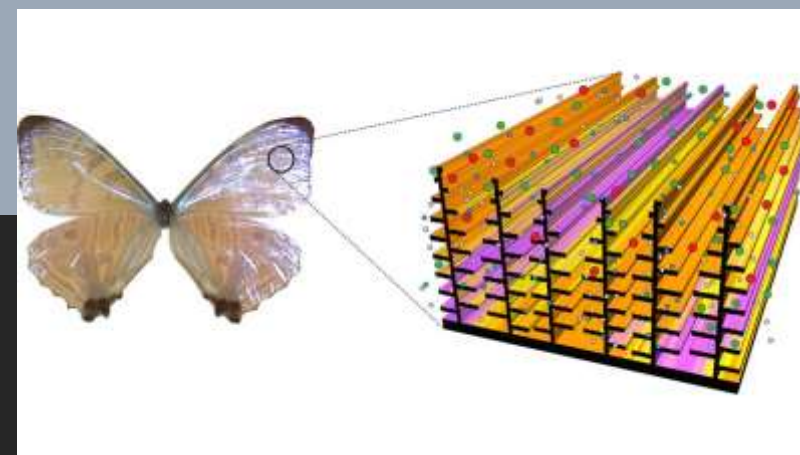
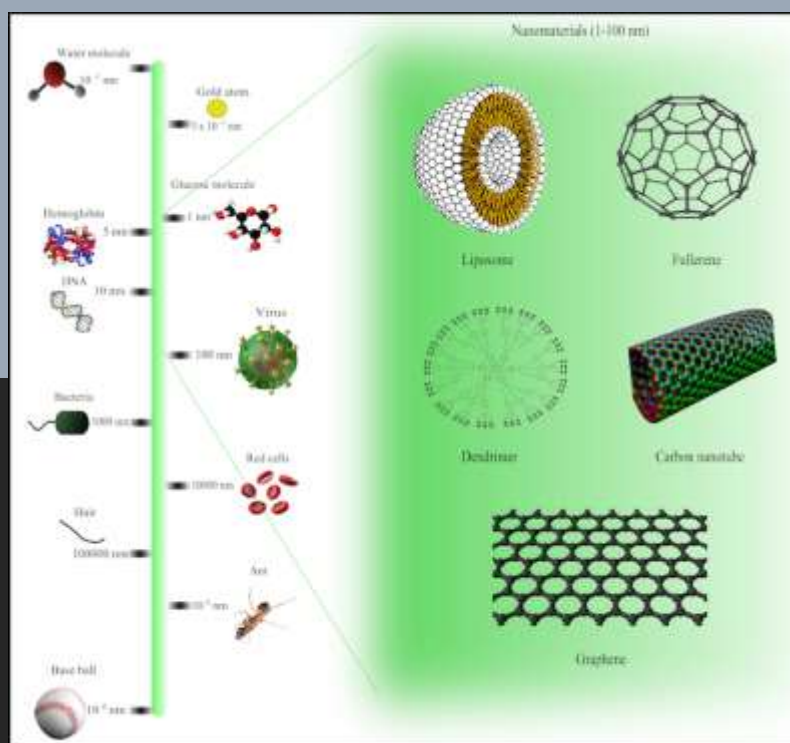
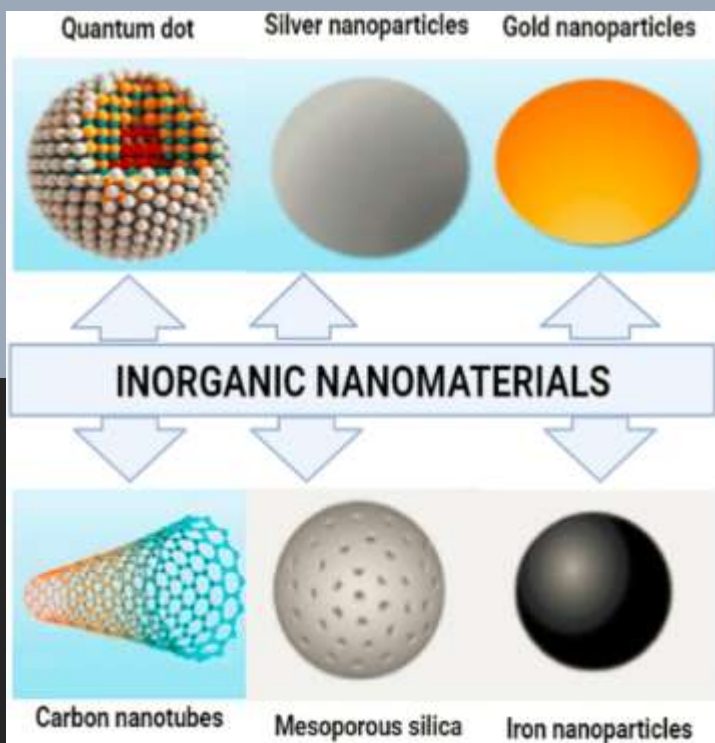
5 (2/0/1/2) КРЕДИТ

СЕМЕСТР: 1, КҮЗ, 2025- 2026 ОҚУ ЖЫЛЫ

ДӘРІСКЕР – КЕРИМКУЛОВА АЛМАГУЛЬ РЫСКУЛОВНА

“Nature is the ultimate nanotechnologist.” / “Табиғат – ең жақсы нанотехнолог.”

– Richard Feynman (Nobel Laureate in Physics, 1965)
(Фейнман алғашқылардың бірі болып табиғаттағы наноқұбылыстарды болашақ технологияның үлгісі ретінде атап өткен.)



2-Дәріс

Наноэффекттер мен табиғаттағы нанообъектілер

Дәрістің мақсаты - Студенттерге наноөлшемдегі жүйелердің ерекше қасиеттерін түсіндіру, наноэффекттердің (өлшемдік эффект, кванттық эффект, беттік эффект) мәнін ашу, табиғаттағы нанообъектілердің (биологиялық және минералогиялық наноқұрылымдар) мысалдарын көрсету, нанотехнологияда табиғи нанообъектілерді модель ретінде қолданудың маңызын түсіндіру.

Наноэффекттер:

Өлшемдік эффект: Au, Ag нанобөлшектердің оптикалық қасиеттері (түрлі түсті коллоидтар).

Өздігінен жүретін реакцияның табиғаты реакцияға қабілетті материалдардың физикалық, жылулық және механикалық қасиеттеріне байланысты. Бұл қасиеттер наномасштапта әртүрлі сипатта болады. Төмен өлшемді наноматериалдар әртүрлі ерекше өлшемге тәуелді тасымалдау қасиеттеріне ие.

Бұл дәрісте біз наномасштапта өлшемдік эффекттің **балқу температурасына, жылу сыйымдылығына, реакция энтальпиясына** және **материалдардың беттік энергиясына** әсері жөніндегі теориялық және эксперименттік есептерді қорытындылаймыз. Себебі наноматериалдар көлемді материалдарға қарағанда үлкен меншікті беткі ауданымен және айқын беттік эффектпен сипатталады.

Өлшемдік эффект

1. Өлшемдердің материал қасиеттеріне әсері

1.1 Балқу температурасы

Нанобөлшектердің өлшемінің балқу температурасына әсерін қарастыру үшін әртүрлі модельдер жасалған. Джоши және әріптестері [12] балқу температурасында алюминий оксиді нанокристалдарының өлшемінің әсерін зерттеу үшін термодинамикалық талдау мен молекулалық-динамикалық (МД) модельдеуді қолданғанын хабарлады. Әртүрлі пішіндер қарастырылды: мысалы, куб тәрізді және сфералық бөлшектер, сфералық қабықшалар және жазық жұқа қабыршақтар.

Рисунок 1. Изменение температуры плавления в зависимости от диаметра частиц для сфер и кубов длины, для модели Гиббса-Томсана для сфер и кубов [12], для красных сфер [12], для синих кубов [12], для Al, Pb, Ag и Sn [7].

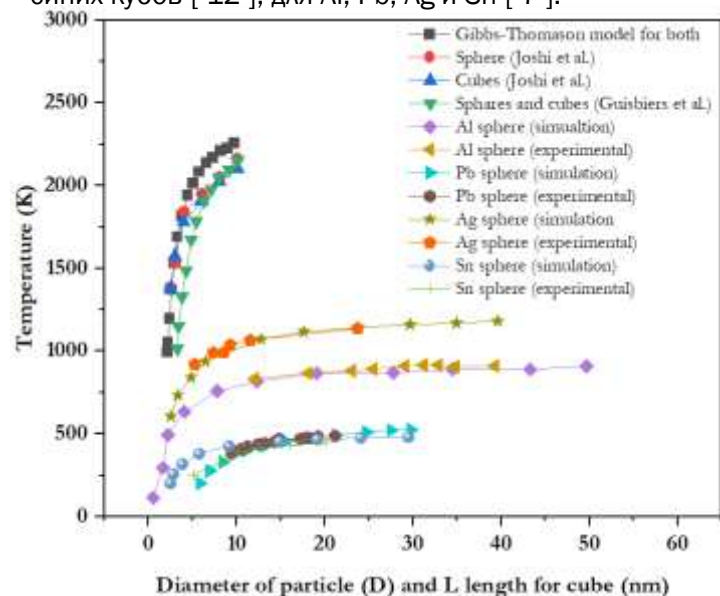
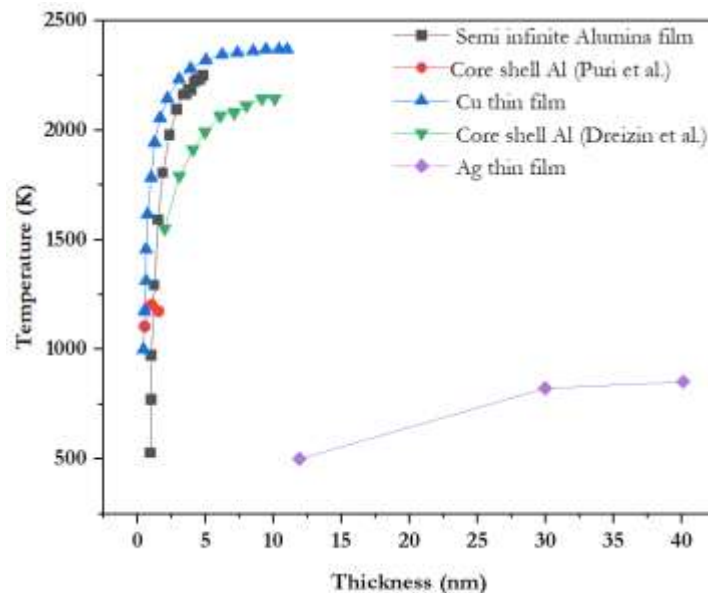
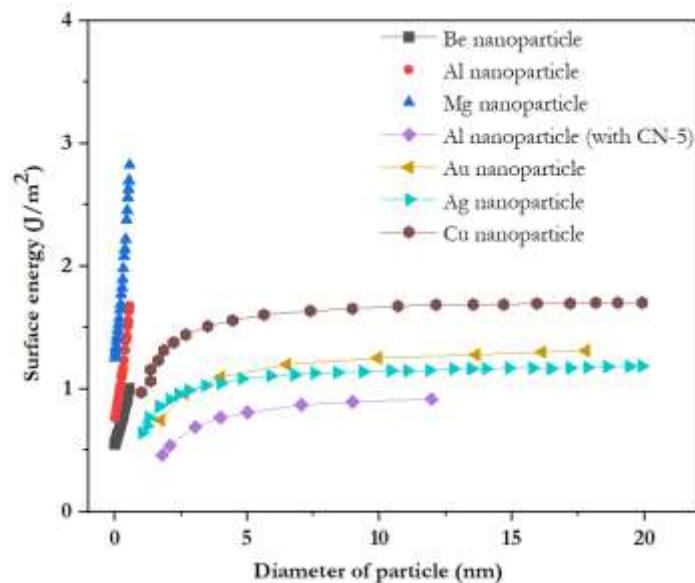


Рисунок 2. Изменение температуры плавления тонкой пленки полубесконечного оксида алюминия [12], оболочки из алюминия [17 , 18], пленки меди [14], пленки серебра [19].

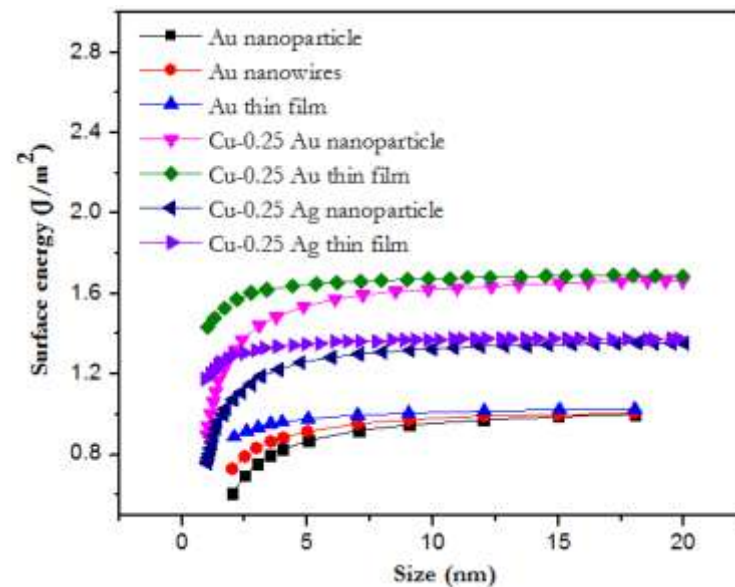


1.2 Беттік энергия

Беттік энергия металдың беттік құбылыстарына әсер етеді, мысалы: беттің қайта құрылуы, беттік сегрегация, катализ, бұзылу және өсу жылдамдығы [24, 25, 26]. Наноөлшемдік диапазонға жақындаған кезде оның мінез-құлқы түбегейлі өзгереді. Беттік энергияның өлшемге тәуелділігі бойынша көптеген зерттеулер жүргізілген. Чжан және әріптестері [27] беттік энергияның өлшем мен температураға тәуелділігінің теориялық моделін ұсынды және оны эксперименттік деректермен растады.



3-сурет. Беттік энергияның бөлшек диаметріне тәуелділігі: Be, Al, Mg [29], Al (CN-5), Au [27], Ag және Cu [30].

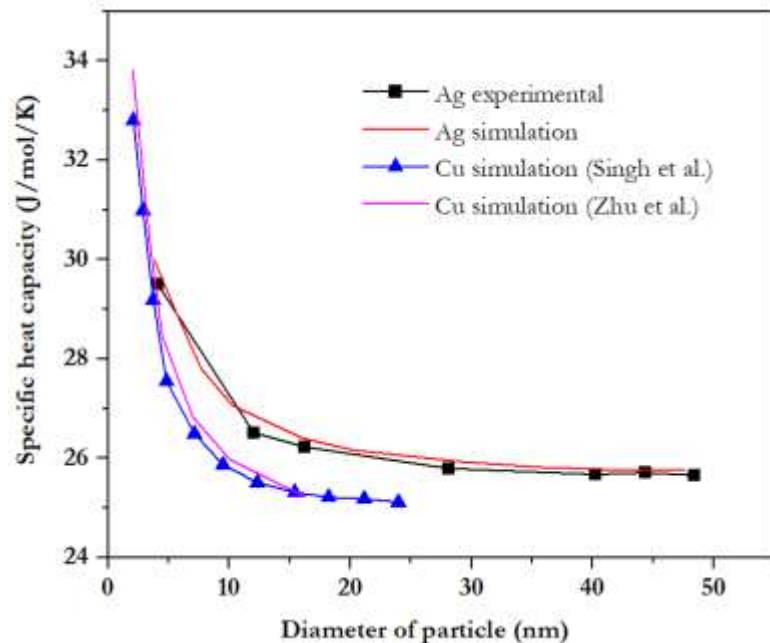


4-сурет. Әртүрлі пішінді бөлшектердің өлшеміне байланысты беттік энергияның өзгеруі [27].

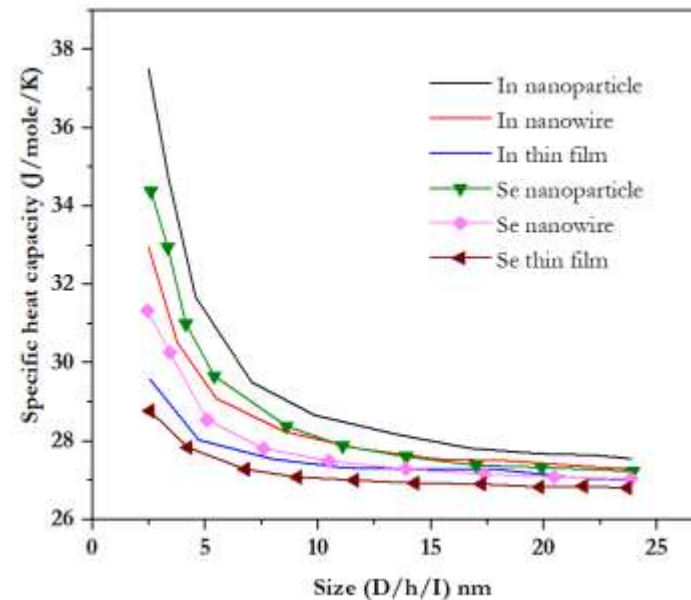
1.3 Меншікті жылу сыйымдылық

Материалдың (қатты немесе сұйық) меншікті жылу сыйымдылығы — бұл сол материалдың бірлік массасының температурасын бір градусқа көтеру үшін қажетті жылу мөлшері.

Көлемді материалдарда меншікті жылу сыйымдылық тек температураға тәуелді болады, бірақ өлшемге тәуелді емес. Ал наноматериалдарда меншікті жылу сыйымдылық негізінен материалдың беттік эффектілеріне байланысты, сондықтан ол көлемдік мәннен өзгеше болады [7].



5-сурет. Ag [32] және Cu [7, 34, 35] бөлшектерінің диаметріне байланысты меншікті жылу сыйымдылығының өзгеруі.

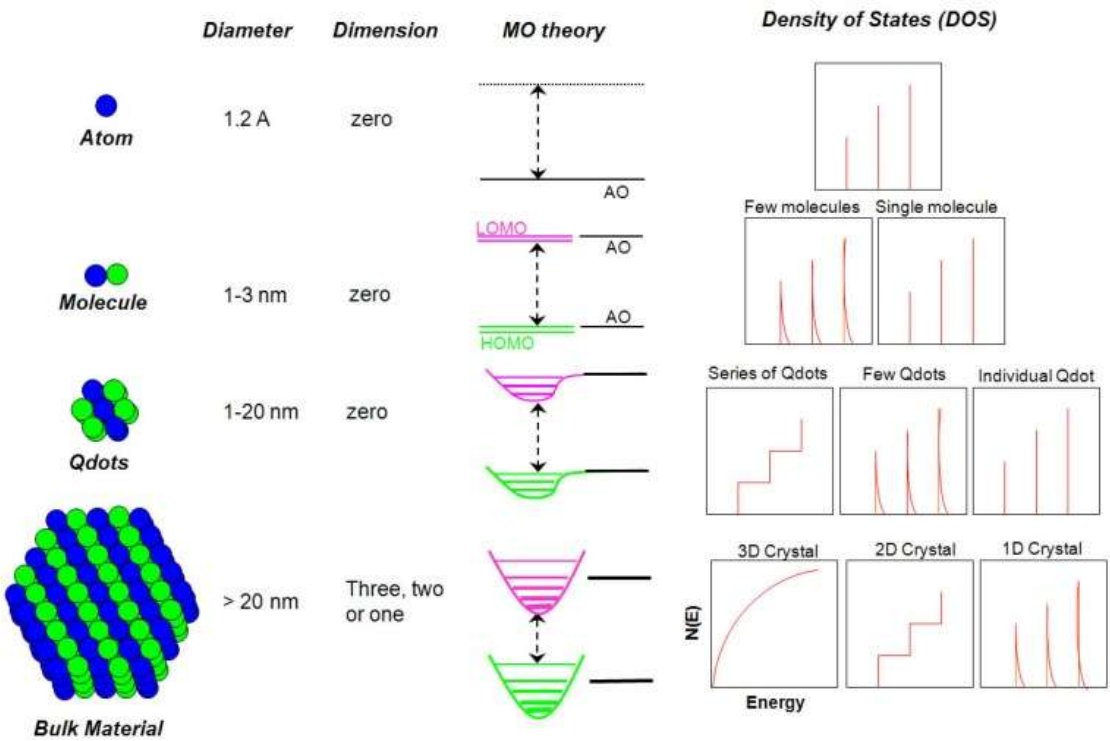
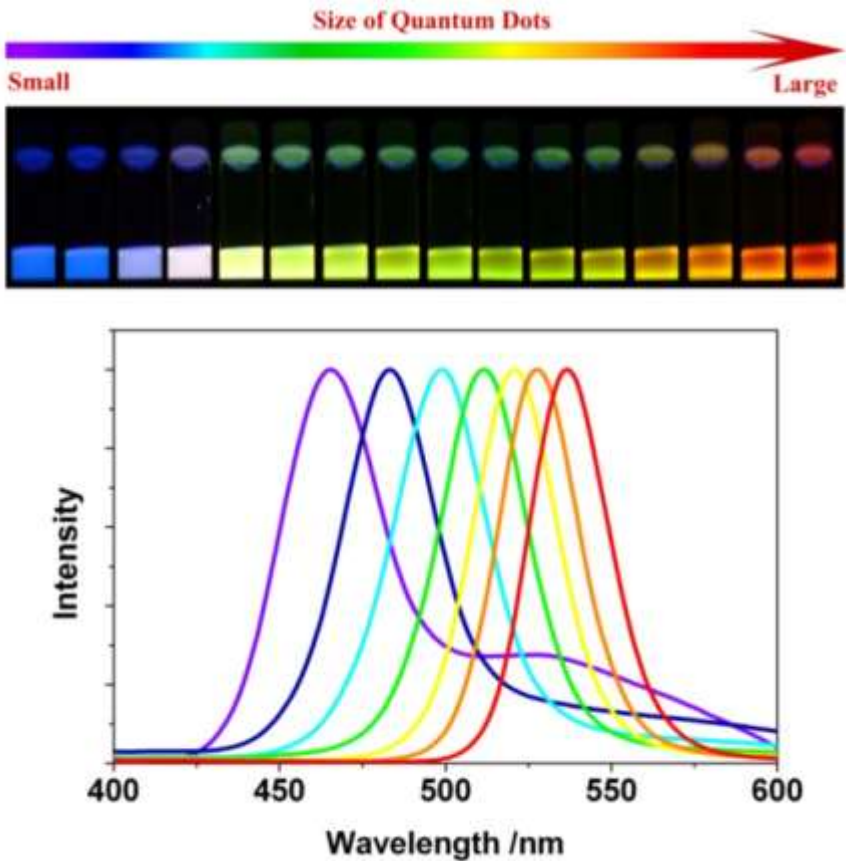


6-сурет. In және Se материалдарының меншікті жылу сыйымдылығының пішінге тәуелділігі [32].

https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5445848/?utm_source=chatgpt.com

https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8179176/?utm_source=chatgpt.com

1.4 Кванттық эффект



Табиғаттағы нанообъектілер

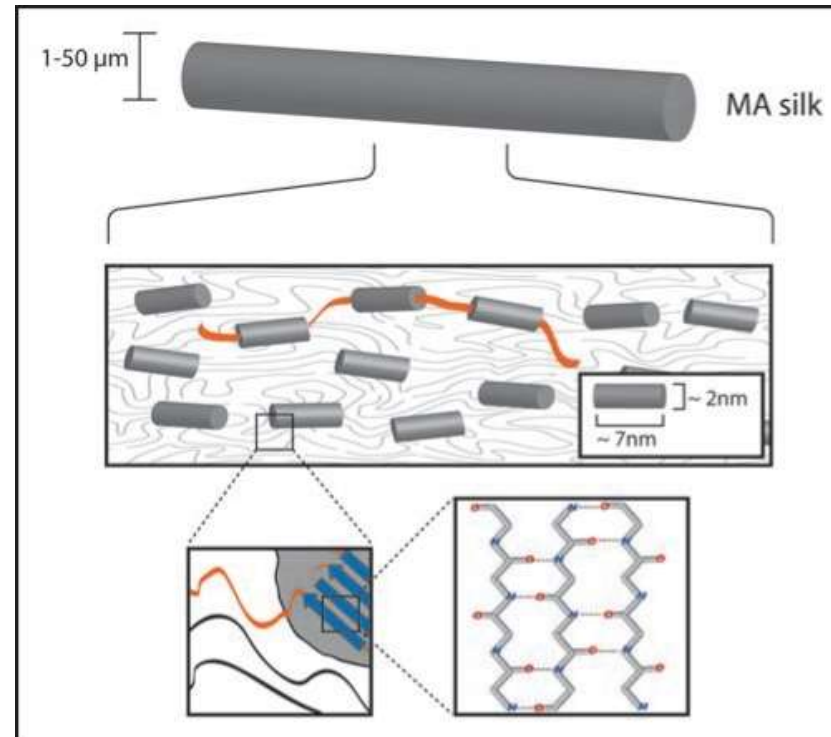
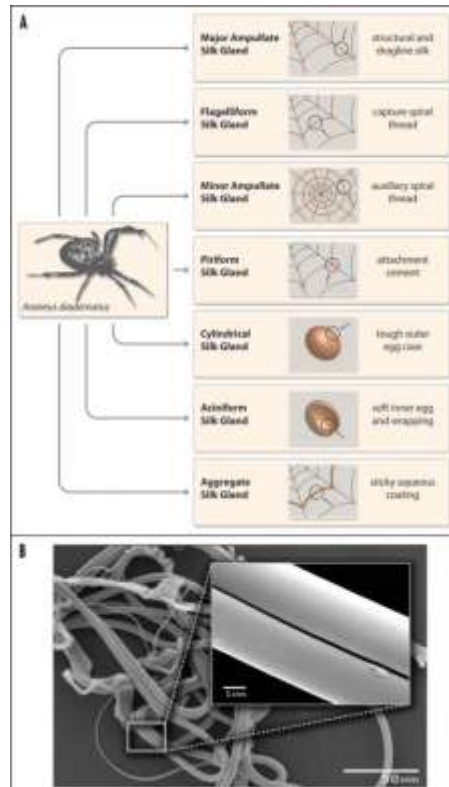
Биологиялық: ДНҚ диаметрі (2 нм), вирус капсидтері (20–200 нм).

Минералогиялық: Опаздағы фотондық кристалдар (SiO_2 сфералары ~150–300 нм).

Өсімдіктер/жәндіктер:

- Көбелек қанаттарының құрылымы (интерференция, фотондық кристал).
- Лотос жапырағының наноқұрылымды бетіндегі супергидрофобия.
- Өрмекші жібінің наноталшықтық беріктігі.

https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2658765/?utm_source=chatgpt.com



МА өрмекші жібінің құрылымының схематикалық бейнесі. Жіп шағын кристалдық субъбірліктерден тұрады, олар β -қабатты құрылымдарға бай (үлкейтілген бөліктерде көрсетілген) және аморфты құрылымға кіріктірілген. Кристалдық және кристалдық емес бөліктер ковалентті байланыстар арқылы біріктірілген, бұл жіпке бір мезгілде әрі беріктік, әрі пластикалық қасиеттерін береді. МА жіптерінің диаметрі өрмекші түріне, сондай-ақ жеке дараның жасына, салмағына және денсаулық жағдайына байланысты өзгереді.

Әртүрлі өрмекшілер жібінің типтерінің схематикалық бейнесі, оларды дөңгелек тор тоқушы өрмекшілердің ұрғашылары (мысалы, *Araneus diadematus* — айқыш өрмекші) өндіреді. (B) Табиғи өрмекші жібінің электрондық микрофотосуреттері, алынған дөңгелек тор тоқушы *Araneus diadematus* өрмекшісінен.

Өсімдіктер мен жәндіктердегі нанообъектілер

◆ Көбелек қанаттары

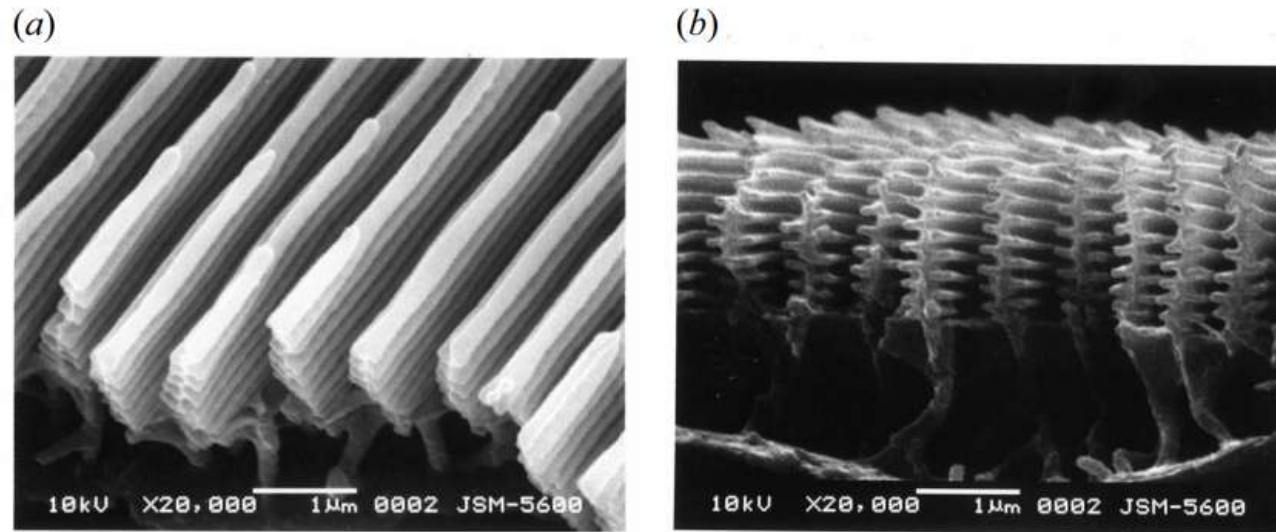
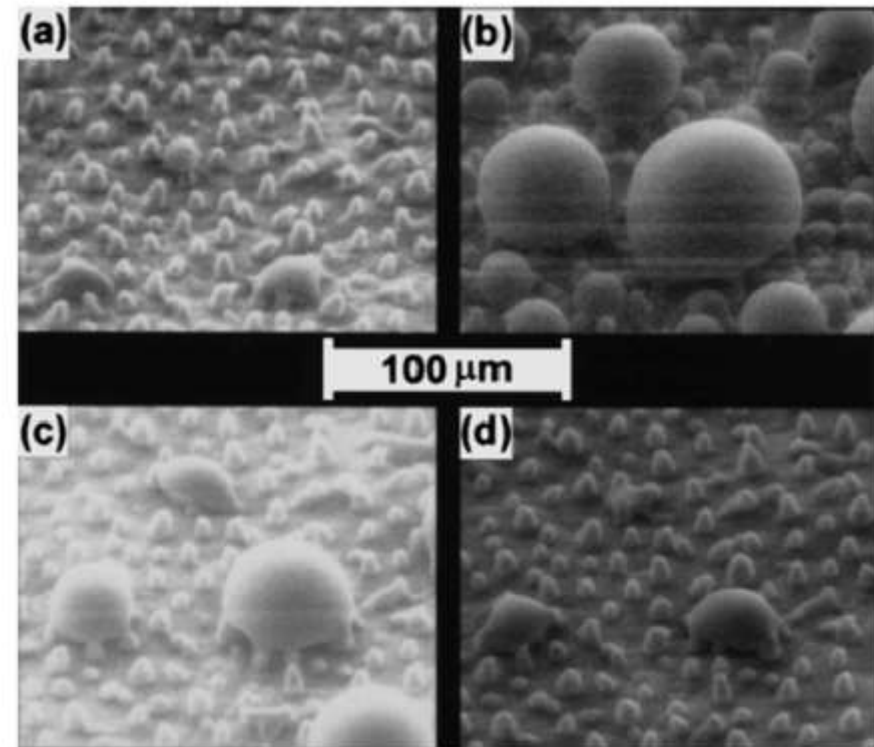


Figure 1. Scanning electron microscope images of (a) an oblique view and (b) a cross-section of a ground scale of the male butterfly *Morpho didius*.

Лотос жапырағы

ESEM көмегімен алынған суреттер:– су конденсациясы кезінде тамшылардың ұлғаю сәті (a, b);– судың булануы кезінде тамшылардың кішірею сәті (c, d) лотос жапырағының бетінде.



https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6270765/?utm_source=chatgpt.com

Бөлім 1. Кіріспе

Нанометр анықтамасы, өлшемдік шкала.

Нанотехнология тарихы (Р. Фейнман – “There’s Plenty of Room at the Bottom”, 1959).

STM, AFM микроскоптарының ашылуы (1981–1986).

Бөлім 2. Наноэффекттер

Өлшемдік эффект: Au, Ag нанобөлшектердің оптикалық қасиеттері (түрлі түсті коллоидтар).

Кванттық эффект: CdSe кванттық нүктелердің люминесценциясы (энергетикалық деңгейлердің дискреттілігі).

Беттік эффект: Pt, Pd катализаторларының белсенділігінің өсуі, балқу температурасының төмендеуі (Pb нанобөлшектері мысалы).

Бөлім 3. Табиғаттағы нанообъектілер

Биологиялық: ДНҚ диаметрі (2 нм), вирус капсидтері (20–200 нм).

Минералогиялық: Опалдағы фотондық кристалдар (SiO₂ сфералары ~150–300 нм).

Өсімдіктер/жәндіктер:

- Көбелек қанаттарының құрылымы (интерференция, фотондық кристал).
- Лотос жапырағының наноқұрылымды бетіндегі супергидрофобия.
- Өрмекші жібінің наноталшықтық беріктігі.

Бөлім 4. Қолданбалы аспектілер

Биомиметика: табиғат үлгісіндегі жасанды наноматериалдар.

Энергетика: табиғи фотосинтез → жасанды фотосинтез.

Медицина: вирустарға ұқсас наноқұрылымдар арқылы дәрі жеткізу.

Бөлім 5. Қорытынды

Табиғаттағы нанообъектілер – жаңа технологияларға шабыт.

Наноэффекттер – материалтанудағы революция.