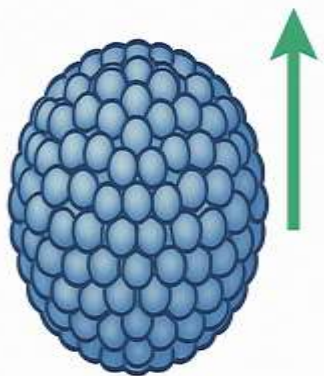
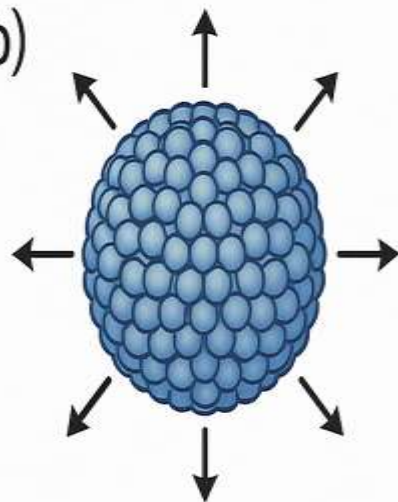


(a)



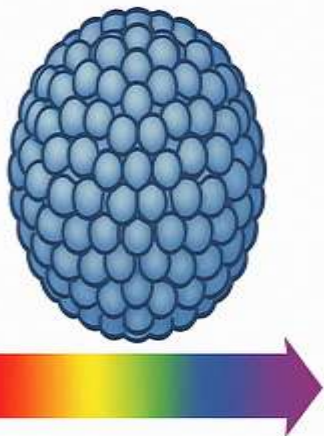
Melting point

(b)



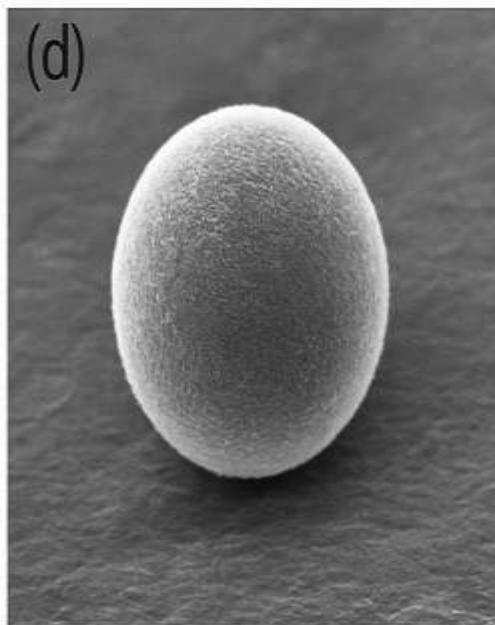
Surface energy

(c)



Optical properties

(d)



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

3-Дәріс

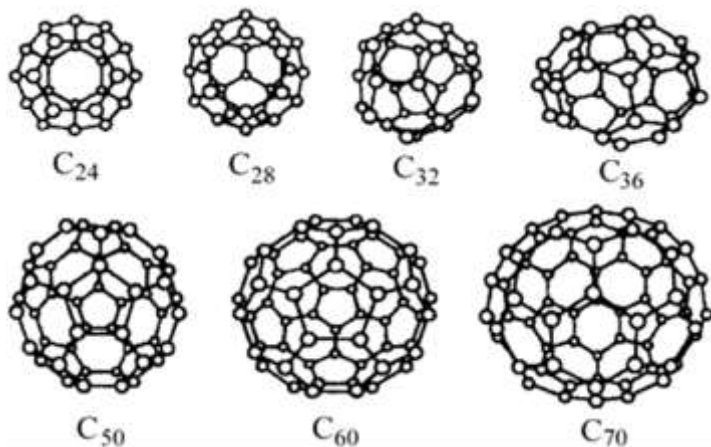
Жеке нанобөлшектердің қасиеттері.

ФУЛЛЕРЕНДЕР ҚҰРЫЛЫСЫ ЖӘНЕ НОМЕНКЛАТУРАСЫ

Көміртектің сфералық жоғарысимметриялық құрылымдары бар болуы мүмкіндігі туралы болжамдарды 1970 ж. жапон ғалымы Осава мен Йошида айтып кеткен болатын.

Тәжірибе жүзінде фуллерендерді алғаш рет Д.Р. Хуффман мен оның қызметкерлері графитті электрдоғалық айдау кезінде алған болатын. 1983 ж. бұл топ «екіөркешті спектрді» баспаға шығарған, алайда ол түсіндірілмеген болатын.

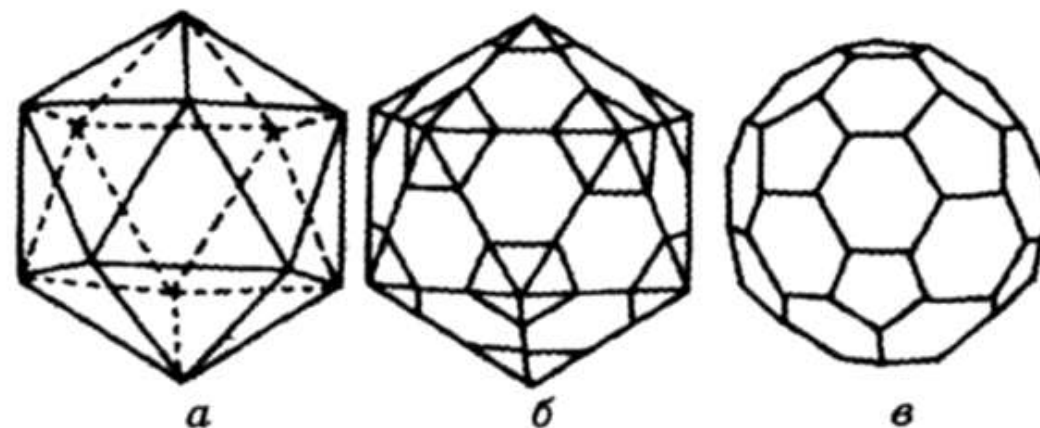
Фуллерендердің авторлары болып ағылшын ғалымдары (1985 ж.) Х.Крото мен Р.Е. Смолли бастаған американдық ғалымдар тобы есептеледі.



ИЮПАК ұсынысы бойынша фуллерендер дегеніміз үш рет координирленген көміртек атомдарынан ғана тұратын тұйық сфера тәрізді көпбұрыштар, олар 12 пентагональді және $(n-10)/2$ гексагональді ($n > 20$) бұрыштардан тұрады. Олар [60] фуллерен, [70] фуллерен және т.б. деп аталады. Кез-келген үш рет координацияланған көміртектен құралған тұйық сфералық көпбұрыштар квазифуллерендер деп аталынды.

Жеке нанобөлшектер қасиеті

Анықтама бойынша C_{60} фуллерен молекуласы 12 пентагон және 20 гексагоннан құралған, икосаэдрге ұқсас көпбұрыштардың төбелерінде орналасқан көміртек атомдарынан тұрады (3.1 - сурет). Фуллерендер түзетін элементарлы құрылымдардың ұяшықтары - куб, ромб және гексагональ тәрізді болады. Молекуланың 90 қабырғасы бар. Геометриялық құрылымы бойынша төбелері кесілген икосаэдрге сәйкес келеді (3.1 - сурет)



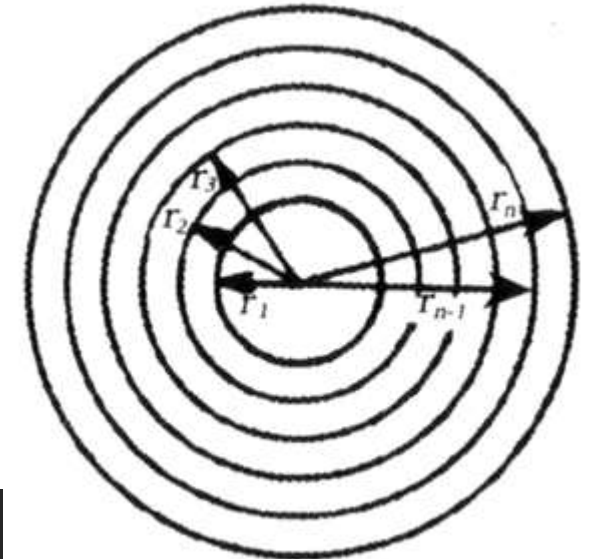
3.1 - сурет. Икосаэдр (а), төбелерін кесу сызықтары көрсетілген икосаэдр (б), фуллерен(в)

Фуллерендер

Гиперфуллерендер (гигант фуллерендер, сарымсақ тәрізді құрылымдар) бір-біріне кидірілген дөңгелек формалар түрінде кездеседі. Есептеулер нәтижесінде ең тұрақты көміртек құрылымдары кластердегі атом саны 10^6 - 10^7 болған кезде түзілетіні анықталған.

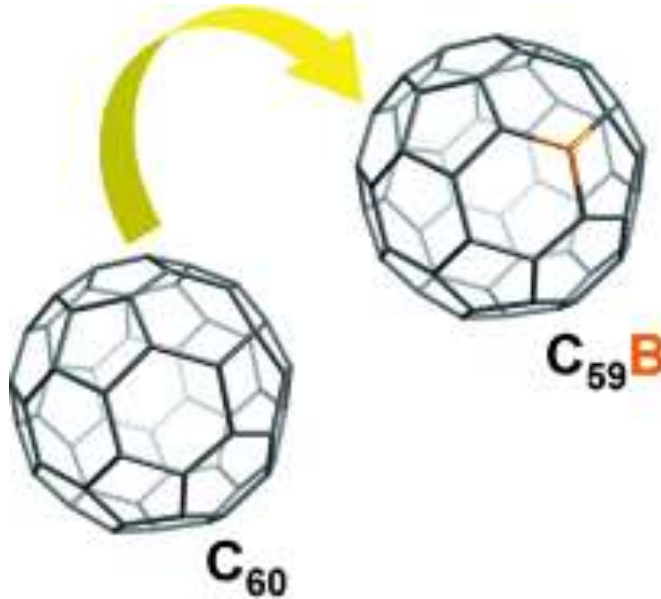
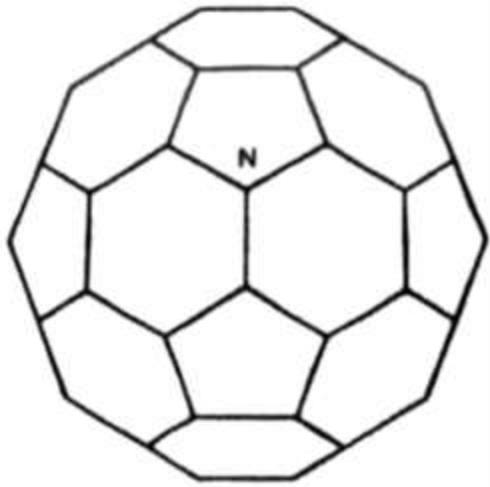
Фуллерендердің ең кішісі C_{60} , келесісі болады, мысалы, $C_{60}@C_{240}@C_{540}@C_{960}@C_{1500}$. Мұндай түзілімдердегі радиустар айырымы графиттегі қабатаралық қашықтықтармен шамалас болады (3.2 - сурет). 240, 540, 960, 1500 атомдардан құралған гигант фуллерендер икосаэдрлік симметриялы болады. Сарымсақтәрізді құрылымдар аморфты көміртекке, көміртектің полиэдрлік графиттелген бөлшектеріне немесе КҚКНТ-ге электрондар ағынымен қарқынды әсер ету арқылы түзілуі мүмкін.

3.2 - сурет. Сарымсақтәрізді құрылымның сызбанұсқалық кескіні ($r_2 - r_1 = r_3 - r_2 = \dots = r_n - r_{n-1} \approx 0,335$ нм)



Гетерофуллерендер

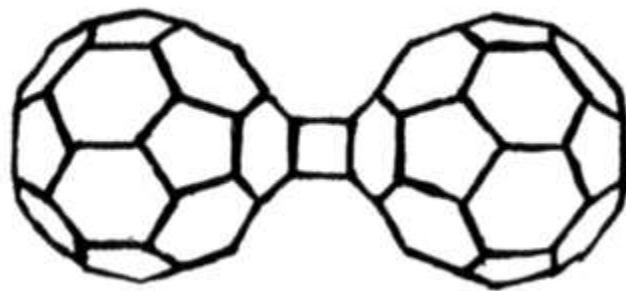
Фуллерендерден кейінгі ғалымдар назарын аударған қосылыстардың бірі – **гетерофуллерендер** – кейбір көміртек атомдары алмастырылған сфералық түзілімдер. Гетерофуллерендерге мысал ретінде $C_{59}B$, $(C_{59}N)_2$ (3.3 - сурет), $C_{58}B_2$, $C_{58}BN$, $C_{69}B$, $C_{69}N$ және т.б. қарастыруға болады.



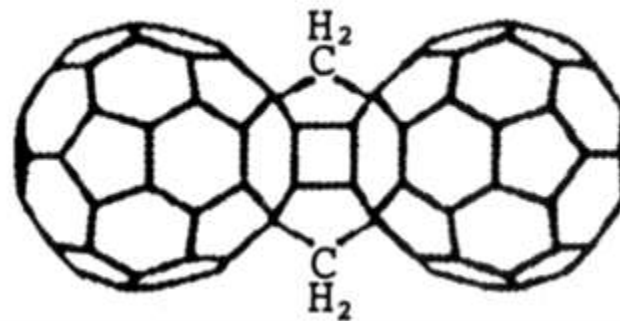
3.3 - сурет. $C_{59}N$ гетерофуллерені

Фуллерен полимерленуі

Гидростатикалық қысым, фотохимиялық қоздыру және кейбір басқа факторлар әсерінен фуллерендер ковалентті байланыс түзіп полимерленеді. Бүгінде $(C_{60})_2$ (3.5 - сурет), $(C_{70})_2$, $C_{60} \cdot C_{70}$ димерлері, $(C_{60})_3$ тримері, C_{60} және C_{70} тізбекті және каркасты полимерлері белгілі.



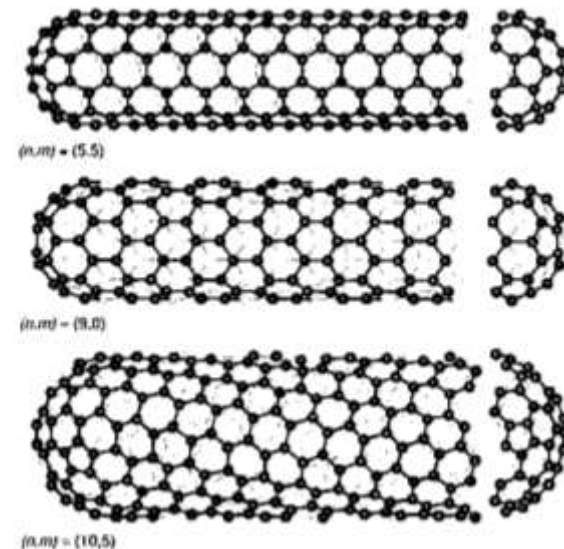
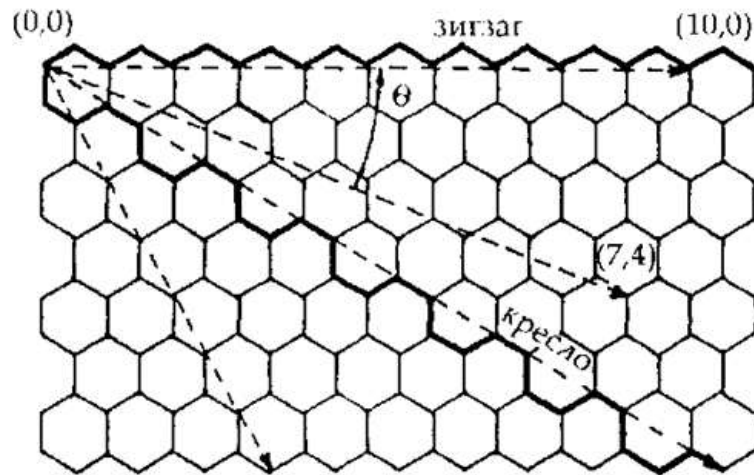
3.4 - сурет. C_{120} димері



3.5 - сурет. Екі метилен көпіршелері бар димер

КӨМІРТЕКТІ НАНОТҮТІКШЕЛЕР

Жапон ғалымы Сумио Ииджиманың 1991 жылы жарыққа шыққан, көміртекті нанотүтікшелердің микросуреттері келтірілген мақаласынан кейін бүкіл әлем ғалымдарының түтікшелерге деген қызығушылығы артты. Ииджима оларды көміртекті молекулярлы талшықтар деп атаған. КНТ графен қабатымен қапталған наномөлшерлі көміртекті цилиндрден тұрады.



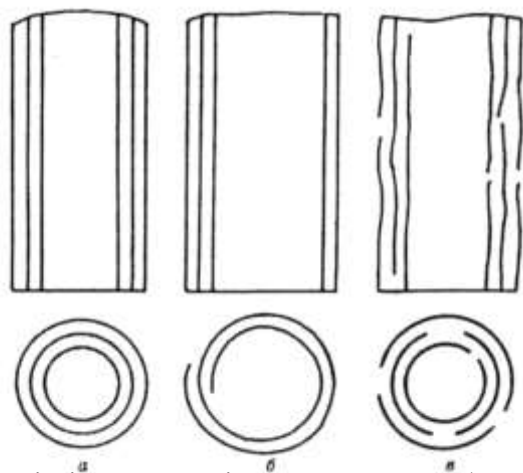
3,6 - сурет. А - кресло тәрізді, б - зигзаг тәрізді, в - хиральді көміртекті нанотүтікшелер

Нанотүтікшелер қабаттары

БҚКНТ ең кіші және ең үлкен диаметрлері сәйкесінше 0,3 және 5 нм құрайды.

Нанотүтікшелер бір немесе көпқабатты болуы мүмкін, теориялық қабаттар саны шектелмеген, бірақ әдетте олар он немесе бірнеше ондықтан аспайды. Екінші және келесі атомдарқабатының диаметрі бірінші ішкі қабаттың диаметрімен анықталады. Бұл жағынан нанотүтіктер құрылымы сарымсақ тәрізді фуллерендерді еске түсіреді.

Екіқабатты КНТ тұрақты түтікшелер қатарына жатады. Олар бірнеше құрылымдық варианттар түзе алады. Оларды жалпы төрт топқа бөлуге болады: зигзаг@ зигзаг, кресло@кресло, зигзаг@ кресло, кресло@ зигзаг.

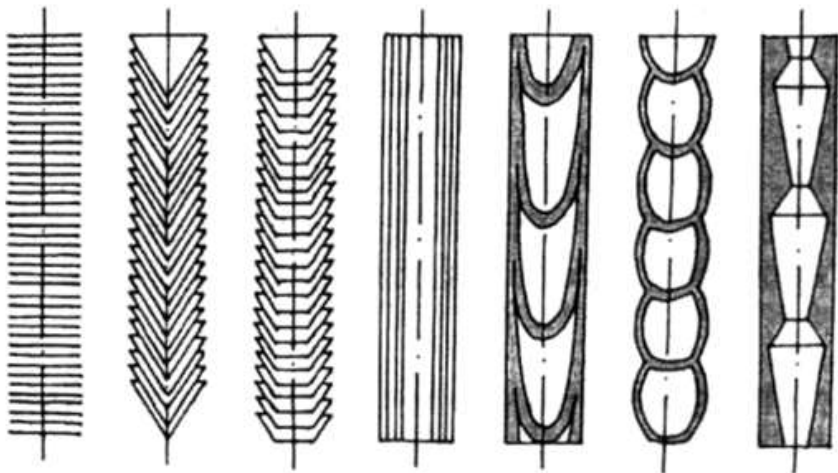


1.38 - сурет. негізгі КҚКНТ-дің құрылысы сызбанұсқасы: а – «орыс қаптамасы», б – рулон тәрізді, в – «папье-маше»

Нанотүтіктердің қабаттарының құрылымының кеңестіктік сәйкестігі, яғни 0,34 нм-ге жақын қабатаралық ара қашықтықтың сақталуы тек қабаттан қабатқа өткенде хиральді бұрышы өзгерген жағдайда ғана мүмкін. Нанотүтікшелердің құрылымының ерекшелігі олардың материалдар ретінде қолданылуын анықтайды, синтез кезінде құрылымы бойынша әртүрлі нанотүтікшелер алынады.

КӨМІРТЕКТІ НАНОбӨЛШЕКТЕРДІҢ ТАЛШЫҚТӘРІЗДІ ФОРМАСЫНЫҢ МОРФОЛОГИЯСЫ

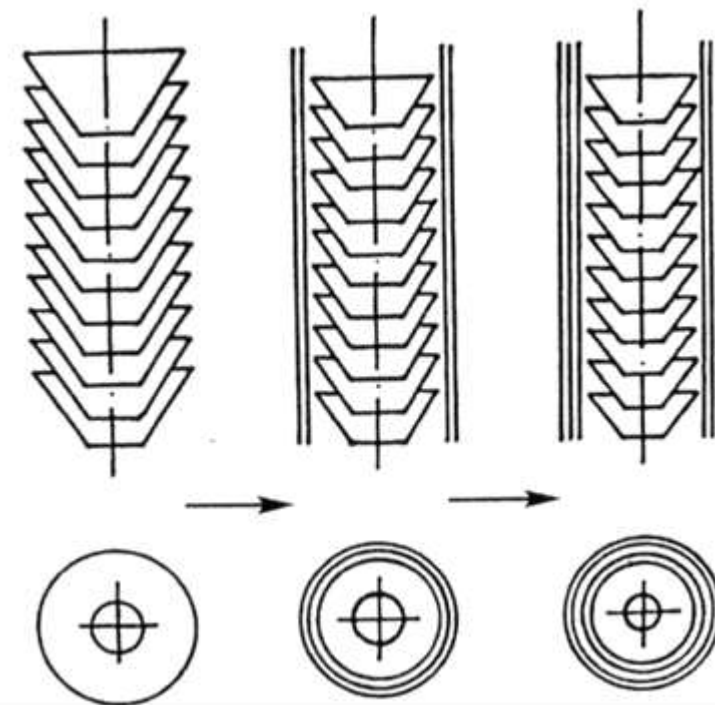
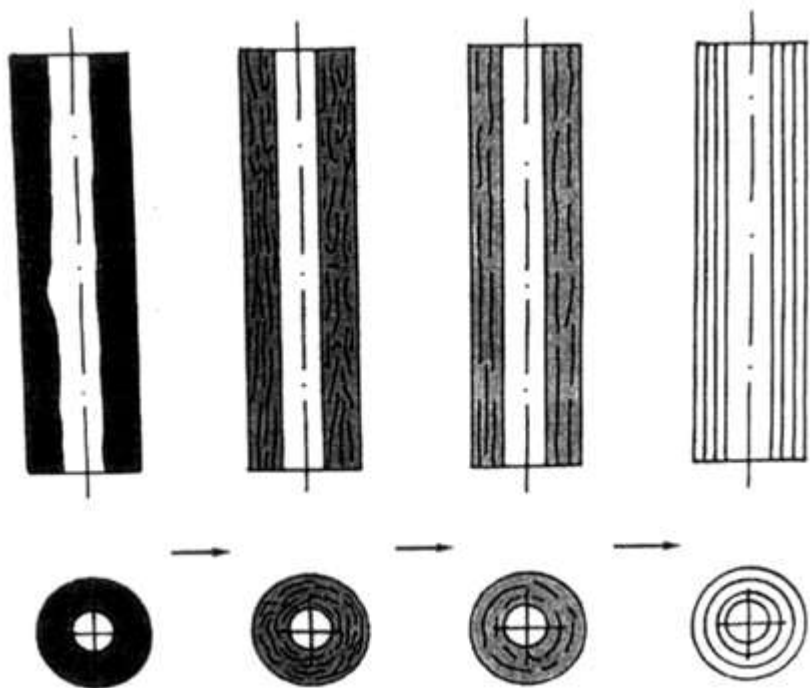
Талшықты құрылымдар – бұл ұзын талшық тәрізді, ішкі қуысы жоқ бөлшектер, олардың ұзындығы еніне қарағанда 50 еседей үлкен болады. Сонымен қатар, олар салыстырмалы біртекті морфоқұрылымды болады. «Түтікше» термині ұзартылған бөлшектің ішінде өстік қуыс бар деген мағынаны береді, ал талшықты ұзартылған бөлшектер (4- сурет) сызбанұсқадағыдай осьтік каналы болмайды. Дәл осы қаптамалар «жіпшелі және талшықты құрылым» немесе «вискер немесе сымға» сәйкес келеді. Талшықтар класына сонымен қатар әртүрлі лента тәрізді құрылымдар да жатқызылады.



3,9 - сурет. Көміртекті нанотүтікшелер мен наноталшықтардың морфологиялық түрлері:

а - «тиындар жиынтығы» наноталшығы, б - «шырша құрылымды» наноталшықтар (конустар жиынтығы, «балық сүйегі»), в- «чашкалар жиынтығы», г - «орыс қаптамасы» нанотүтікшесі, д - бамбуктәрізді наноталшық, е - сфералық бөліктері бар наноталшықтар, ж - полиэдрлік бөліктері бар наноталшықтар

КӨМІРТЕКТІ НАНОБӨЛШЕКТЕРДІҢ ТАЛШЫҚТӘРІЗДІ ФОРМАСЫНЫҢ МОРФОЛОГИЯСЫ



Студенттердің өзін-өзі тексеруге арналған бақылау сұрақтары:

Көміртекті материалдардың жіктелу диаграммасын сипаттаңыз.

«Фуллерен» терминінің қалыптасуын түсіндіріңіз.

Фуллерендердің құрамы мен құрылысы қандай?

КНТ құрылысы және түрлерін атаңыз.

Көміртекті нанобөлшектердің негізгі морфологиялық формаларын атаңыз.

Металдық нанокластерлер дегеніміз не?

Магиялық сандар ұғымы

Кванттық шұңқырлар, сымдар және нүктелер ұғымын түсіндіріңіз.

Нанобөлшектердің талшықтәрізді формасының морфологиясы.

Қолданылған әдебиеттер

Негізгі:

1. Мансұров З.А., Діністанова 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