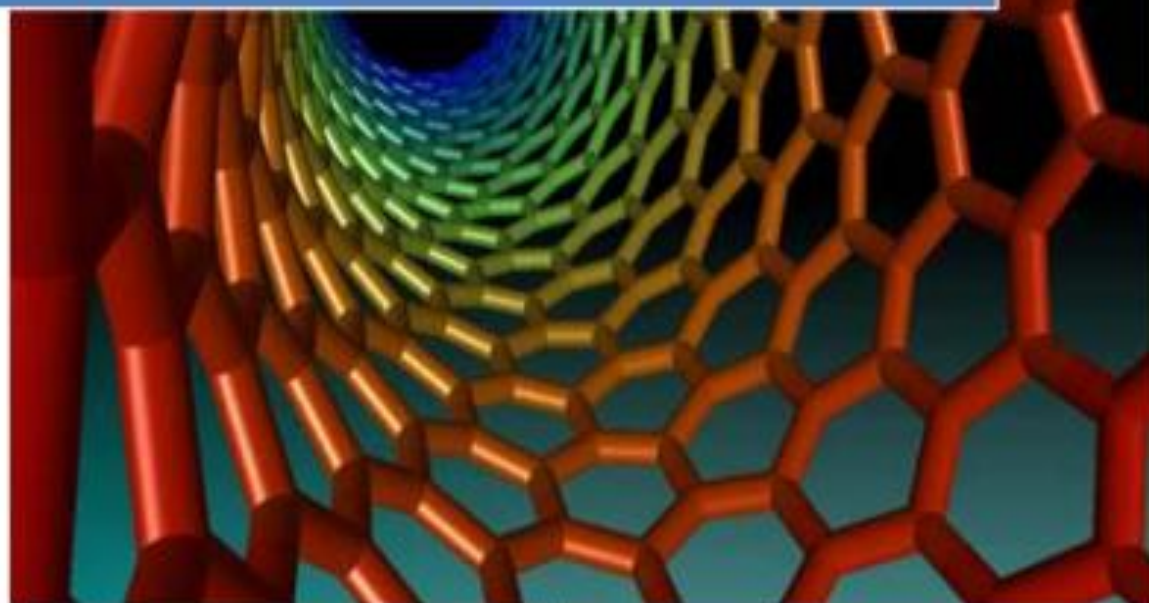


2013

# Јаглеродни наноцевки

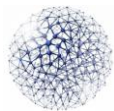


Изработиле:

Симона Стаменкова  
Ана Трајчева

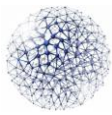
Ментор:

Сузана Трајкова



## СОДРЖИНА:

1. Апстракт-----	1
2. Вовед-----	1
3. Структура на јаглеродните наноцевки-----	3
4. Својства на јаглеродните наноцевки-----	6
5. Примена-----	9
6. Лично размислување за примената на јаглеродните наноцевките-----	13
7. Користена литература-----	15



## АПСТРАКТ

Јаглеродните наноцевки многу брзо стануваат структурни тули на иновацијата во повеќето индустрии. Тие биле откриени под електронски микроскоп во 1991 година од страна на јапонскиот научник Sumio Iijima. Одличната електрична спроводливост, способноста да издржат многу високи температури и исклучителната цврстина предизвикале јаглеродните наноцевки денес да се едни од најбарните материјали. Овие мали структури со соодветна функционализација се користат во стотици апликации кои ја допираат речиси секоја индустрија, вклучувајќи го воздухопловството, електрониката, медицината, воената индустрија, автомобилската индустрија, енергетскиот монопол, градежништвото, па дури и модата. Јаглеродните наноцевки се алотропи на јаглеродот и екстремно тенки, шупливи цилиндрични структури. Всушност јаглеродните наноцевки се формираат од листови графен и многу наликуваат на бакминстерфулеренот  $C_{60}$ . Нивната големина е толку мала, мерлива во нанометри, или еден милјардти дел од метарот. Критичната димензија им овозможила на јаглеродните наноцевки да пројават неверојатен склоп од својства типични само за нив.

**Клучни зборови:** *Јаглеродни наноцевки, алотропи на јаглерод, графен, бакминстерфулерен  $C_{60}$ , функционализација, критична димензија, нанометар*





### ВОВЕД

Нанотехнологијата е идејата, во која многу луѓе едноставно не веруваа.<sup>1</sup> Со својот говор „На дното има место за се“, Ричард Фајман во не толку далечната 1959 година го претставил полето на нанотехнологијата на следниот начин:

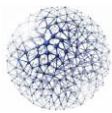
*„...Сакам да ви опишам едно научно поле кое е слабо истражено, но кое има навистина голем потенцијал. Ќе ви зборувам за проблемот на манипулацијата и контролата на работите со мали димензии... Во далечната иднина, ќе можеме да ги реконструираме атомите по наша желба; Сите атоми, од самиот почеток! Замислете што ќе се случи да можеме да ги рекомбинираме атомите по желба, еден по еден... Не се сомневам дека ќе добиеме поголем број на можни својства кои супстанците ќе ги поседуваат, откако ќе имаме одредена контрола врз распоредот на нештата со мали размери. Со самото тоа, ќе добиеме можност да постигнеме многу повеќе...“*

Нанонауката ги изучува својствата на материјата со критична димензија меѓу 1 и 100nm. Во рамките на оваа интермедијарна скала, квантните ефекти кои се јавуваат покрај другите, можат да предизвикаат манифестирање на фасцинантни, екстраординарни нови својства поврзани со тој опсег на критични димензии. Токму ова илустрира зошто овие наноматеријали предизвикале ваков интензивен и широк интерес, како и развивање на нанотехнологијата за нивно генерирање и искористување. Постојат многу видови на наноматеријали, но јаглеродните наноцевки (carbon nanotubes, CNTs) претставуваат клучна група наноматеријали кои нудат потенцијални одговори на на многу фундаментални прашања и секако претставуваат најдобар пример на новите наноструктури. Јаглеродните наноцевки се алотропи на јаглеродот (слика 1) и екстремно тенки, шупливи цилиндрични структури. Тие имаат многу едноставен хемиски состав и едноставно сврзување меѓу атомите. Но манифестираат значително различни структури и физички својства кои се нееквивалентни со аналогните кај другите материјали. Овие нови материјали нашле примена кај хемиските сензори, горивните ќелии, транзистори со ефект на поле, електрични интерконектори и механички засилувачи. Јаглеродните наноцевки се откриени неколку децении по познатиот говор на Фајман, поточно кажано во 90-те години од минатиот век со електронска микроскопија. Сврзувањето, локалната конфигурација и општата структура на CNTs се многу слични со оние на бакминстерфулеренот  $C_{60}$  (слика 2), но CNTs можат да имаат многу поголема должина, што доведува до структура во форма на цевка наместо на фудбалска топка карактеристична за фулерените<sup>2</sup> (егзотични алотропски модификации на јаглеродот). Во 1990 кога Krätschmer со соработниците издвоиле фулерен со помош на симулација на меѓусвездена прашина, Richard E. Smalley истата таа година тврдел дека обликот на цевка кај фулерените е возможен. Millie Dresselhaus ги нарекла овие замислени структури баки-цевки. Една година подоцна, 1991 биле синтетизирани јаглеродните наноцевки (кои имаат околу 10.000 до 50.000 пати помал дијаметар од човечко влакно) од страна на

<sup>1</sup> William Powell

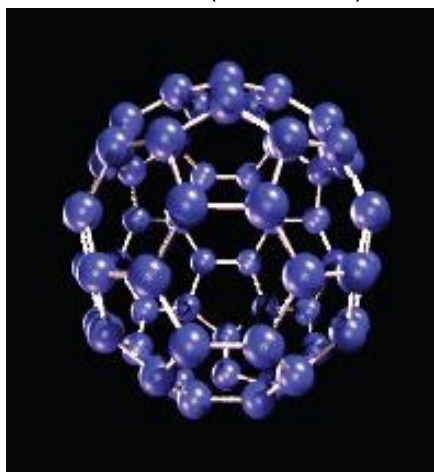
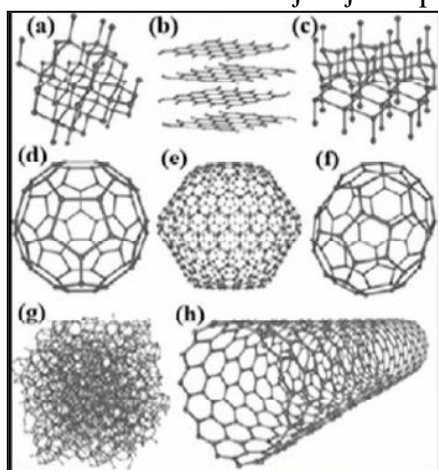
<sup>2</sup> Фулерените името го добиле по америчкиот научник и архитект Ричард Бакминстер Фулер, затоа што нивната структура во многу нешта потсетувала на геодетските куполи кои тој ги проектирал и градел. Фулерените прв пат биле откриени 1985 година во експерименти со молекуларен ласер.





јапонскиот научник Sumio Iijima. Јаглеродните наноцевки се класифицираат во четири групи.

- ✚ Според спроводливоста
  - Метални спроводници
  - Полупроводници
- ✚ Според хиралноста
  - Цик-цак јаглеродни наноцевки
  - Armchair јаглеродни наноцевки
  - Хирални јаглеродни наноцевки
- ✚ Според бројот на слоеви
  - Еднослојни јаглеродни наноцевки (SWCNTs)
  - Повеќеслојни јаглеродни наноцевки (MWCNTs)



**Слика 2**  
Бакминстер-фулерен

**Слика 1** Алојројски модификации на јаглеродот: (а) дијамант, (б) графит, (с) лонсдалеит, (d) C<sub>60</sub>, (e) C<sub>540</sub>, (f) C<sub>70</sub>, (g) аморфен јаглерод, (h) јаглеродна наноцевка

Методи	Температура	Енергија	Потекло на материјалот	Принос	Недостатоци	Производ
Електрично празнење	4000 К	DC извор на струја	чист графит	околу 30%	висока цена, висок процент нечистотија, тешко се контролира пречникот	повеќеслојни јаглеродни нанотуби
	4000 К		графит со Co-Ni или Fe-Ni, Y-Ni			еднослојни јаглеродни нанотуби
Ласерска аблација	1400 К во печка	ласер со висока моќ	чист графит	20-100%	споро производство на јаглеродни нанотуби, висока цена	повеќеслојни јаглеродни нанотуби
	1400 К во печка		графит со Co-Ni или Fe-Ni			еднослојни јаглеродни нанотуби
Добивање со хемиски талог (CVD)	873-1073 К	пумпа итн.	ацетилен (катализатор Fe)	до 70%	можност за нестабилно снабдување со гас	еднослојни јаглеродни нанотуби
	1173-1473К		Јаглерод монооксид (катализатор Ni)			повеќеслојни јаглеродни нанотуби

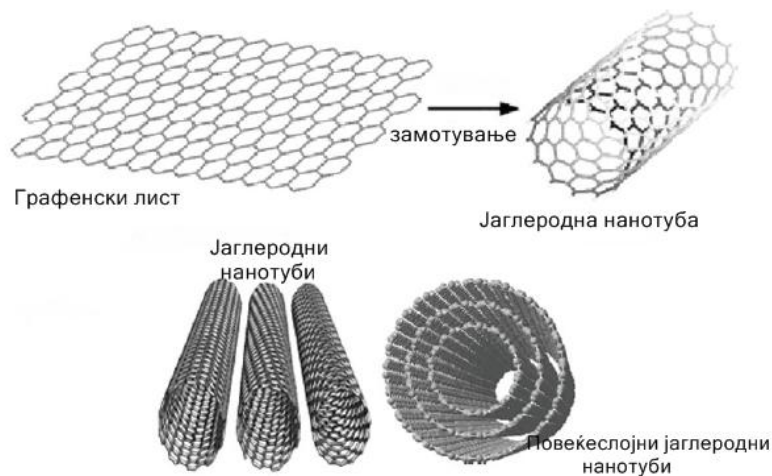
**Слика 3** Методи на синтеза на јаглеродни наноцевки



## СТРУКТУРА

### Геометрија на јаглеродните наноцевки

За да се разбере подобро структурата на наноцевките, потребно е да се започне од графитот, најстабилниот облик на кристализираниот јаглерод. Графитот (наречен графен) е составен од слоеви на јаглеродни атоми. Во внатрешноста на тие слоеви, атомите се подредени во агли на хексаголни прстени кои ја исполнуваат целокупната рамнина. Јаглеродните атоми меѓусебно се врзани со силни, ковалентни врски, а растојанието меѓу два јаглеродни атоми е околу 0,14 nm. Додека слоевите се слабо меѓусебно врзани со Ван дер Валсови интеракции, а растојанието меѓу слоевите е 0,34 nm. Слабо поврзаните слоеви на графитот, го прават овој материјал на изглед слаб. Графенска рамнина во облик на пчелино саќе претставува графенски лист, еден атомски слој. Додека јаглеродните наноцевки претставуваат макромолекула на јаглеродот, графенска рамнина завиткана во форма на ролна (слика 4). Наноцевките се на двата краја затворени со графенски полутопки. Наноцевките имаат мала густина, флексибилни се, термички стабилни и хемиски инертни. Можат да се однесуваат како метали или полупроводници, во зависност од начинот на „замотување“ на цевките. Необичните електронски својства доведуваат до нови откритија во 1D<sup>3</sup> физиката. Се истржуваат и проучуваат феномените на наноцевките поврзани со транспортот на поединечни електрони (Кулонова блокада) со помош на нанолитографска техника.



Слика 4

### Структура на еднослојни јаглеродни наноцевки

Структурата на SWNT може да биде концептуализирана со замотување на едноатомски слој графен, во шуплива цилиндрична структура.

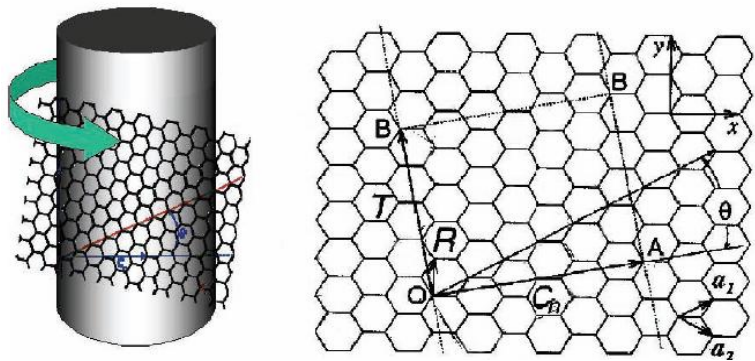
Структурата на еднослојните јаглеродни наноцевки се прикажува преку еднодимензионални елементарни ќелии на наноцевките. Елементарната ќелија е одредена со хирални вектори  $C_h$  и  $T$ , при што хиралниот вектор  $C_h$  е еднаков на:

<sup>3</sup> 1D Физиката ги проучува еднодимензионалните системи т.с структури со најмала димензионалност (пр. наноцевките) кои можат да се користат за ефективно транспортирање на електрони и за оптичка екситација.





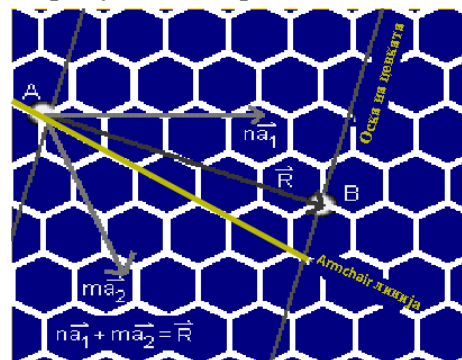
$$Ch = na_1 + ma_2$$



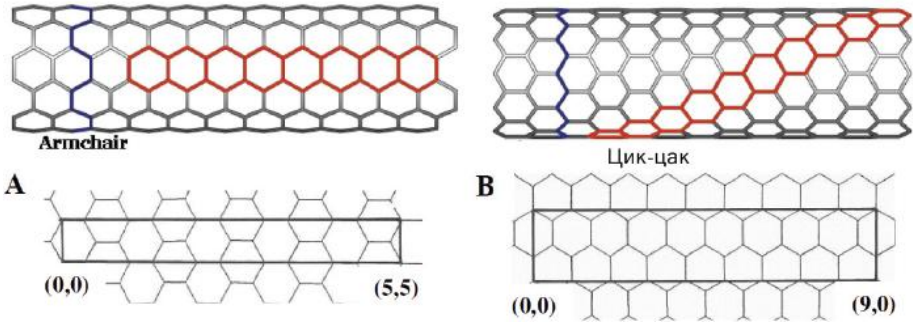
Слика 5

Каде што  $a_1$  и  $a_2$  се единечни вектори.Целите броеви  $n$  и  $m$  го означуваат бројот на единични вектори во две насоки на кристалната решетка која е во вид на саќе. Замотувањето на графенската рамнина околу оската на симетрија дава или „цик-цак“кога  $m = 0$  или „armchair“(столче) кога  $n = m$  наноцевка.Во спротивно се наречени „хирални“.Вредностите  $n$  и  $m$  ја одредуваат хиралноста,односно „торзијата “ на наноцевката.

Хиралноста,од друга страна,влијае на спроводливоста,густината,структурата на решетката ,како и на другите својства кои ги поседуваат наноцевките.Јаглеродните наноцевки пројавуваат метални својства ако е вредноста  $n-m$  делива со три.Ако не е,тогаш наноцевката се однесува како полупроводник.Со самото тоа,ако наноцевките се синтетизираат по случаен избор на вредностите  $n$  и  $m$ ,се очекува дека две третини од наноцевките ќе се однесуваат како полупроводници,а една третина како метали.Врз основа на хиралниот вектор  $(n,m)$ ,пречникот на јаглеродните наноцевки може да се пресмета на следниот начин:

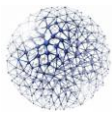


$$d = (n^2 + m^2 + nm)^{1/2} \cdot 0,0783 \text{ nm}$$



Во 2004,научниците од Универзитетот во Калифорнија синтетизирале рекордна должина ,4cm долга еднослојна наноцевка.Просечниот пречник на јаглеродните наноцевки е 1,2 nm.Сепак,наноцевките можат да бидат со различни величини и



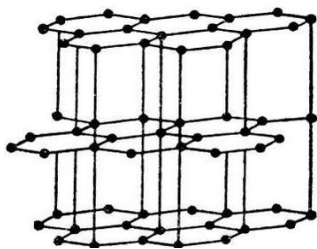


немаат секогаш потполно цилиндрична форма. Повеќето наноцевки често се свиткуваат под сопствената тежина. Wildoer и неговите соработници во 1998 година измериле дека просечната должина на една врска помеѓу два јаглеродни атоми е  $1,42 \text{ \AA}$ . Се смета дека енергијата која се создава со преклопувањето на врските помеѓу два јаглеродни атоми е околу  $2,5 \text{ eV}$ .

### Структура на повеќеслојни јаглеродни наноцевки

Повеќеслојните јаглеродни наноцевки имаат дијаметри обично помеѓу 1 и 30nm, и се однесуваат како метални проводници.

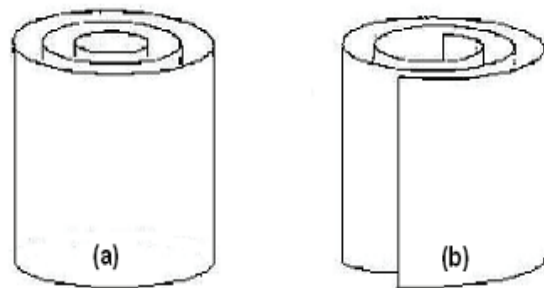
Повеќеслојните наноцевки кои се добиени со методот на електрични празнења обично имаат совршена структура за разлика од повеќеслојните наноцевки добиени со други методи на синтеза. Структурата на повеќеслојните наноцевки е опишана со помош на два модела: „Russian doll“-Руска кукла и „Swiss roll“-Швајцарска ролна кој исто така се именува како „пергамент“. Во моделот „Russian doll“ графенските листови се подредени во концентрични цилиндри и изгледа како еднослојните наноцевки со помал дијаметар да се наоѓаат внатре во еднослојните наноцевки со поголем дијаметар. Додека пак во „Swiss roll“ моделот,



Слика 8 Графен. Со растојание меѓу графенските слоеви од  $0,335 \text{ nm}$

еден графенски лист е замотан околу својата оска и така потсетува на пергамент. Растојанието помеѓу слоевите кај повеќеслојните наноцевки од  $0,34 \text{ nm}$  е речиси еднакво со растојанието помеѓу графенските слоеви кај графитот (слика 8). Повеќеслојните наноцевки главно имаат специфична структура, како што е на пример „бамбус“ структурата, која се разликува од структурата на

совршените графенски сидови. Анализите на наноцевките, кои се извршени со трансмисиона електронска микроскопија за висока резолуција (слика 10) и со електронска дифракција покажале дека бројот на хирални агли во повеќеслојните наноцевки обично е помал од бројот на формираните наноцевки. Треба да се земе во предвид дека повеќето од истражувањата со трансмисиона електронска микроскопија за висока резолуција го потврдија постоењето на „Russian doll“, а од друга страна, се пронајдени малку докази за рабовите кои би постоеле во графенските пергаменти, односно кај „Swiss roll“ моделите. Морфологијата на наноцевките во голема мера зависи од начинот на синтеза. Покрај тоа, не може да се занемари можноста за појава на овие два модели во иста наноцевка.

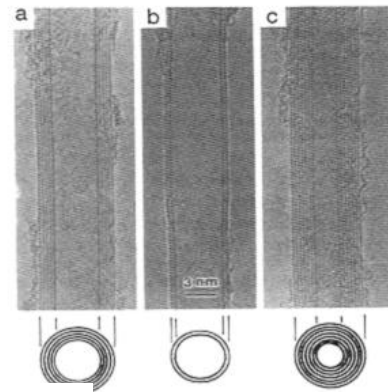


Слика 9 Шематски приказ на моделите (a) „Russian doll“ (b) „Swiss roll“





Тука мора да се споменат и двослојните јаглеродни наноцевки бидејќи нивната морфологија и нивните својства се слични на оние кај еднослојните наноцевки, но хемиската отпорност на овие наноцевки е значително повисока. Ова е многу важно кога е потребно да се изврши функционализација на наноцевките во зависност од посакуваната примена. На тој начин доаѓа до промена на механичките и електричните својства на наноцевките. Во случајот на двослојните наноцевки се нарушува само структурата на надворешниот ѕид, додека внатрешниот ѕид останува непроменет.



Слика 10. Повеќеслојни јаглеродни наноцевки, за илустрација снимени со помош на трансмисиона електронска микроскопија

## Својства на јаглеродните наноцевки

**Големина:** C-наноцевките се екстремно тенки шупливи структури во форма на цилиндар. Со дијаметар од 0.6 до 1.8 нанометри.

**Густина:** 1.33 до 1.40 g/cm<sup>3</sup>. Да направиме споредба алуминиумот има 2.7 g/cm<sup>3</sup>.

**Електричен капацитет на носивост:** Електричниот капацитет на носивост на SWCNTs се проценува на една милјарда A/cm<sup>2</sup>. Бакарните жици горат на еден милион A/cm<sup>2</sup>.

**Еластичност:** Јаглеродните наноцевки можат да се виткаат под големи агли и повторно да се вратат во првобитната положба без да се оштетат.

## Механички својства

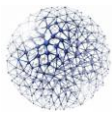
Резултатите добиени со помош на трансмисиона електронска микроскопија и микроскопија за атомска сила укажуваат дека јаглеродните наноцевки поседуваат огромна цврстина и висок Јунгов модул споредено со други материјали, благодарение на силната врска меѓу јаглеродот и ковалентните sp<sup>2</sup> врски. Јаглеродните наноцевки се поцврсти од челикот и отпорни се на различни сили.

Механичките својства на C-наноцевките во споредба со други материјали

Материјал	Јунгов модул (GPa)	Затегнувачка цврстина (GPa)	Густина (g/cm <sup>3</sup> )
SWCNT	1054	150	2,6
MWCNT	1200	150	2,6
Јаглеродни влакна	163	2,05	2,6
Челик	208	0,4	7,8
Епоксид	3,5	0,005	1,2
Дрво	16	0,008	0,6

Слика 11. Механички својства на јаглеродните наноцевки во споредба со други материјали





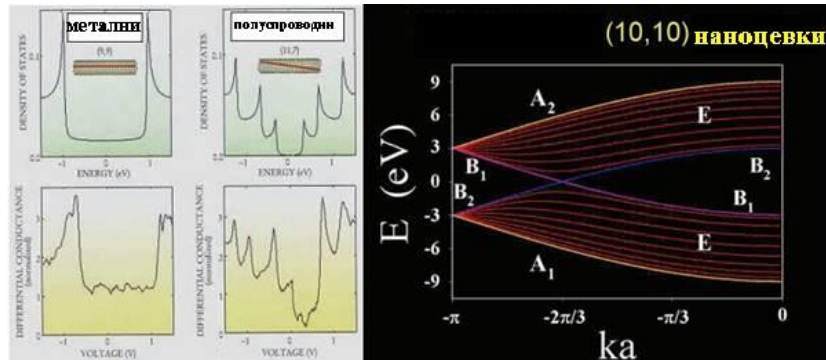
## Електронски својства

Јаглеродните наноцевки можат да се однесуваат како метали или полупроводници.

Напреднатите начини на синтеза за добивање на чисти материјали и ефикасните техники за прочистување

овозможиле мерење на електронските својства

на наноцевките на индивидуално ниво како и зависноста од отпорноста на температурите. Досегашните истражувања покажале дека електронските својства на наноцевките зависат од нивната структура. На сликата се прикажани електронските својства на наноцевките врз основа на резултатите до кои дошол Cees Dekker.



Слика 12. Електронски својства:Енергетски нивоа

## Термички својства

Графитната природа, единствената структура и димензија укажуваат на добри термички својства на наноцевките. Се смета дека наноцевките се одлични термички проводници долж својата оска, а на бочните страни се добри изолатори. Томанек и неговите соработници објавиле необично високи вредности од 6600 W/mK за термичка проводливост на собна температура. Испитувањата покажале дека јаглеродните наноцевки се температурно стабилни до 2800°C во вакуум и до 750°C во воздух. Многу се отпорни на слини киселини и високи температури, заради својата совршена структура.

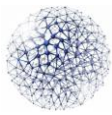
## Електрохемиски својства

Повеќеслојните наноцевки поседуваат интересни хемиски својства, кои можат да се искористат за разни електро-аналитички примени. Во ова смисла се проучувани електрохемиските својства на електродата на која се модифицирани тенки филмови на повеќеслојните наноцевки, како на пример: реактивност на модифицираните електроди, капацитативност и електрохемиските својства во зависност од дебелината на подготвените електроди.

## Нелинеарни оптички својства

Јаглеродните наноцевки покажуваат одлични нелинеарни својства, вклучувајќи ги нелинеарната апсорпција, краткиот период на возобновување, висока нелинеарност од трет ред и работа во широк опсег на фреквенција. Заради тоа



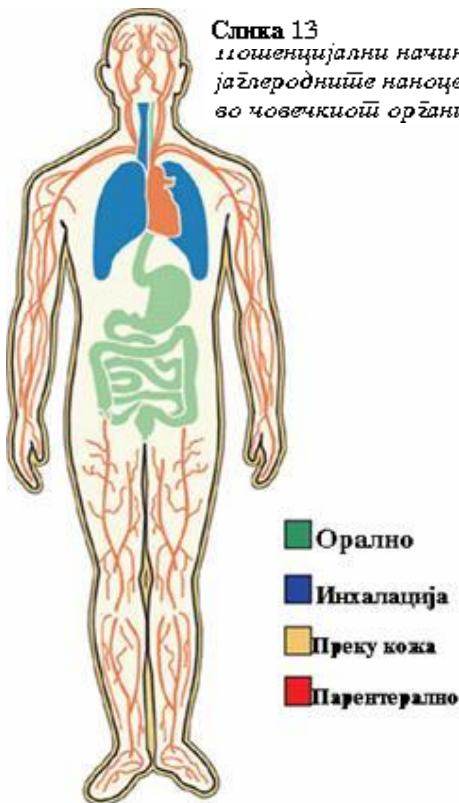


Јаглеродните наноцевки брзо се претвораат во клучна компонента во разни фотонски уреди, како што се сатурациските апсорбери<sup>4</sup> и како компоненти чии параметри зависат од интензитетот на светлината, а се користат кај различни типови на ласери. Докажано е дека сатурациските апсорбери кои се засновани на јаглеродните наноцевки имаат повеќе предности и тоа: цената, едностваниот начин на производство и времето на возобновување.

## Електронска емисија

Уште одамна е познато дека јаглеродните наноцевки се емитери на електрони. Тие имаат одлични својства за емитирање на електрони, како што се: големиот однос меѓу должината и пречникот (>1000), атомски остри врвови, висока температурна и хемиска стабилност и висока електрична и термичка проводливост. Истражувањата од последните години докажале дека слојот на јаглеродните наноцевки може да се користи како емитер на електрони за техничка намена на пример LCD екраните. И бидејќи поседуваат одлични својства на емитирање светлина, повеќеслојните наноцевки сигурно во иднина ќе најдат примена во микроскопите со скенирачка сонда.

## Биолошки својства



Само во полето на биохемијата и биомедицината предлагани се многу начини за примена на наноцевките. Способноста на наноцевките да продираат во клетките, дава можност да се користат како трансмитери за малите молекуларни лекови. Односно можат да се вградат во биомедицински импланти, како носачи на лекови/вакцини или како биосензори. Останатите биоматеријали на база на јаглерод кои наоѓаат примена во биомедицината покажале одлични долгорочни биолошки својства и биокомпатибилност. Јаглеродните наноцевки, се во принцип чисти јаглероди. Но поради фактот што јаглеродните наноцевки имаат екстремно мали димензии и можат да продрат во клетките, се претпоставува дека тие би можеле да се акумулираат во телото. И поради тоа токсичноста на овие честички е пресудна. Резултатите од некои истражувања покажале дека наноцевките не

<sup>4</sup> се користат за намалување на шумот





покажуваат никакви знаци на токсичност, додека пак други покажале дека потенцијалното однесување на овие материји е слично како и кај азбестот.

### ПРИМЕНА

#### *„The Next Big Thing is Really Small“*

Јаглеродните наноцевки се нови материјали, материјали на иднината. Кои со брзина на светлината метафорички кажано, ќе ја заземат секоја можна сфера на човековото дејствување. Како што пластиката, ефтин материјал, го одбележи дваесетиот век така јаглеродните наноцевки би можеле да го одбележат дваест и првиот. Откритието на наноцевките е вистинска благодет за човештвото. Замислете, наноцевките со нивната исклучително мала димензија кога би се користеле насекаде околу нас, тогаш целата енергија на светот што постои денес во обем би била еквивалентна на обемот на само една коцка шеќер.

Единствените својства, високата хемиска и термичка стабилност и големата специфична површина, ги прават наноцевките интересни материјали за примена во многу области. Јаглеродните наноцевки го привлекуваат вниманието на научната и стручната јавност кога се во прашање: уредите со нанометарски димензии, дисплеј со рамен екран (FED), видови на микроскопија со помош на скенирачки сонди, електромеханички системи со нанометарски димензии како што се: микро-електрични мотори, нанодиоди, наноспроводноливи кабли за микро-електронски уреди, полимерни композити, метални (јонски) композити, нанокмозити и транспортни катализатори. Покрај досега наведеното, добро е позната примената на наноцевките кај уредите за детекција, како што се: електрохемиските детектори, сензорите за гас, биосензорите со имобилизирани биомолекули и многу други биолошки примени. Уште се користат и за одредување на метални јони, како складирање на соларната енергија. Со правилна комбинација на наноцевките може да се создаде материјал кој е сто пати поцврст од челикот, а шест пати полесен. Инжињерите планираат да го искористат овој материјал за изработка на автомобили и авиони.

Постои широк спектар на можни примени во заштитата на животната средина, како што се: сорбенти, мембрани со висок флукс, длабочински филтри, антимикуробни агенси, сензори во различни технологии за обновлива енергија и стратегија за спречување на загадувањето.

Јаглеродните наноцевки се користат во аналитичката хемија поради сорпционите како и електронските својства. Можноста јаглеродните наноцевки да воспостават п-п електростатична интеракција и големата специфична површина ја олеснуваат адсорпцијата на различни аналити на начин кој е селективен и лесен за повторување. Овие својства во аналитичката хемија се искористени на три начини, и тоа за: (i) подготовка на примероци за микро екстракција на цврста фаза, (ii) добивање на стационарни и псевдостационарни фази за одвојување на аналити, (iii) развој на пиезоелектричен систем за детекција на испарливи аналити.







## Други можни примени

### 1. Вселенски лифт

Концептите за вселенски лифт се вредни за спомнување поради нивните планови за користење на материјали базирани на јаглеродни наноцевки како тензичен



елемент во кабелскиот дизајн, поради фактот дека измерената сила на наноцевките изгледа доволно голема за да го направи ова возможно. Вселенскиот лифт претставува концепт(кабел) со кој матрејали(нуклеиден отпад) и луѓе би можеле да се транспортираат од површината на Земјата во вселената, до орбитата и назад. За тоа е потребен кабел направен од наноцевки кој би се протегал од екваторот до одредена точка

во орбитата. Како што ротира планетата, инерцијата на крајот на кабелот ја поништува гравитацијата и го држи затегнат. Ракетите и матрејалите полесно ќе се испраќаат долж кабелот во вселената и би стигнале до орбитата без употреба на ракетен погон.

### 2. Побрзи компјутерски чипови

Брзината на обработка на компјутерските чипови зависи од бројот на транзистори кој го имаат. Денес типичен десктоп процесор користи помалку од половина милјарда на силиконски транзистори. Компјутерските чипови користејќи ги наноцевките би можеле да го зголемат бројот на транзистори драстично. Нивната мала големина овозможува повеќе милјарди на транзистори од наноцевки да се содржат во еден компјутерски чип, правејќи ги помали и побрзи компјутерите.

### 3. Подобри соларни ќелии

Полупроводниците се користат во соларните ќелии. Изложени на светлина, овие материјали ослободуваат електрони, и формираат употреблива електрична енергија. Повеќето соларни ќелии денес користат силиконски полупроводници, но ова може да се смени. Поради нивната мала големина, милјарда од јаглеродните нанотуби би можеле да се збијат врз соларните ќелии и да ослободуваат многу повеќе електрична енергија по квадратен инч од силиконот. Во прилог на горенаведеното, наноцевките апсорбираат светлина толку добро што професор на Рајс Универзитетот ги користи за да го формира најмрачниот материјал што човекот до сега го направил.



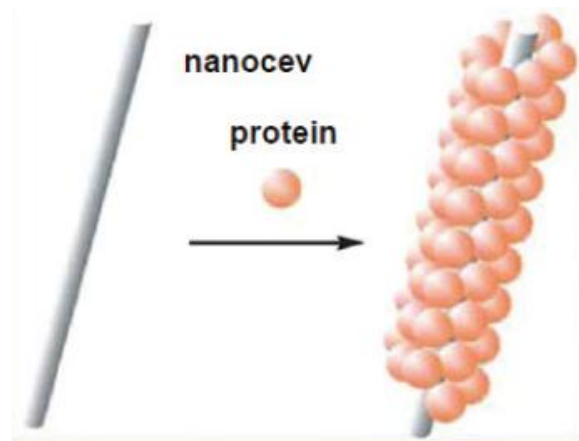


## 4. Молекуларни шприцеви и сонди

Јаглеродните наноцевки се потенцијални медицински игли за инјектирање на лекови и гени во болните клетки. Големината и обликот се само половична причина зошто. Како сонди, нивните физички својства, вклучувајќи ги термичката и електрична спроводливост, ги прават соодветни за размена на информации помеѓу внатрешноста и надворешноста на клеточната мембрана.

## 5. CNT употребени за уништување на канцерогени заболувања

Јаглеродните наноцевки би можеле еден ден да ги пронајдат и да ги уништат канцерогените клетки, без штетно да влијаат на здравите клетки. Со третирање на CNTs со одредени протеини, научниците развиваат метод, да ги врзат директно за канцерогените клетки. Откако би се спровело ова, CNTs кои се одлични спроводници на топлина, можат да бидат изложени на инфрацрвено светло, така би продреле во кожата на пациентот. Светлината ќе ги загрее CNTs на температура доволно висока да ги уништи болните клетки, оставајќи го околното ткиво нештетено. Што е недостаток на хемотерапијата.



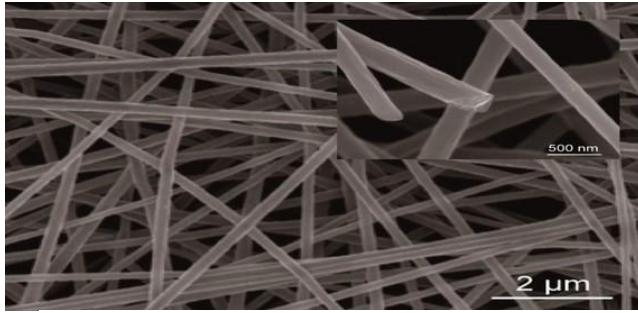
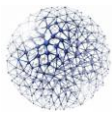
Слика 16 Нековалентно сврзување на протеини со јаглеродна наноцевка

## 6. Потенки телевизори

Традиционалните цевки во ТВ уредите би можеле да се заменат со низа од CNTs. Кои се одлични емитери на електронни, можат да се користат кај екраните со поле на емисија за да ги возбудат фосфорните точки, создавајќи светли со висока резолуција екрани кои се само неколку милиметри дебели. Најголема придобивка од тоа е што тие би трошеле помалку енергија од LCD и плазма ТВ.

## 7. Завршува ерата на батериите

Наместо складирајќи ја електричната енергија хемиски т.с во батерии, кондензаторите би ја складирале физички. CNTs имаат голема површина и користејќи ги како диелектрици ја зголемуваат способноста за складирање. За разлика од традиционалните батерии овие кондензатори инстантно би се полнеле и подолг временски период би бил потребен да се испразнат. Би се користеле кај електричните автомобили и преносните компјутери.



### 8. Регенерација на коските

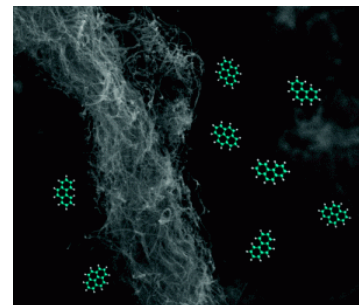
Технологијата дојде до тој степен со откривањето на јаглеродните наноцевки, така што на пациентите со коскени болести ќе им се исполни сонот. CNTs ги привлекуваат клучните соединенија за заздравување на коскениот ткиво, како што се калциумовите кристали.

### 9. Панцири

Важна е медицината, но не помалку важна е и националната заштита. Но до колку се поврзат јаглеродните наноцевки во влакна може да се направи материјал за нови панцири, полесни и поотпорни на крушуми за разлика од традиционалните.

### 10. Филтри

Со филтрите направени од јаглеродни наноцевки многу лесно загадената вода би се исчистила од загадувачи, поефективно од филтрите врз база на јаглен. Она што им дава висок капацитет на јаглеродните наноцевки да ги задржат загадувачите, е нивната голема површина.



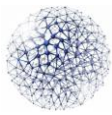
### 11. Мобилните ќе се полнат со помош на телесна топлина

Научниците во Универзитетот Вејк Форест во Северна Каролина успеале да создадат ткаенина наречена Power Felt во која има вткаено јаглеродни наноцевки со чија помош телесната топлина може да се искористи за создавање на струја. Материјалот користи температурни разлики како на пример, собна температура и телесна, за да создаде полнеж. Може да најде примена во автомобилската индустрија и за полнење на мобилни телефони.

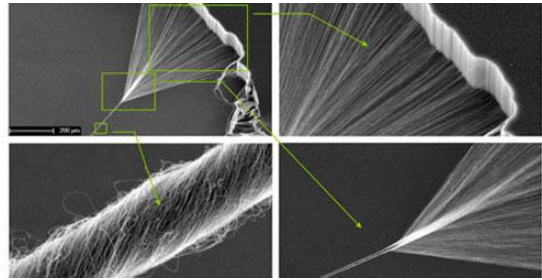
### 12. Вештачки мускули од јаглеродни наноцевки

Создадени се вештачки мускули кои можат да се виткаат 1000 пати повеќе од било кој соодветен материјал кој претходно бил создаден. Вештачките мускули обично се создаваат од полимери, но мускулите направени од јаглеродни наноцевки можат да создадат ист вртежен момент како и комерцијално





достапните електрични мотори. Ваквата торзија е неверојатно својство кое воид кон апликации во механизми кои досега биле недостижни. Во напис објавен во Science, истражувачите покажале дека новите влакна можат да вртат плоча 1800 пати потешка од нив со 590 ротации во минута.



### 13. Создадена најчувствителната вага во светот

Како се мери тежината на атом до последниот протон? Со вага која е толку прецизна што може да ја измери најмалата единица мерка за тежина-јоктограм. Ниедна обична вага не го може тоа-најмалите тежини се мерат со помош на наноцевки. Наноцевките вибрираат на различни фреквенции зависно од масата на честичките или молекулите поставени на нив. За да достигнат поголема чувствителност, Адриан Бахтолд и неговите колеги од Каталонскиот Институт за Нанотехнологија во Барселона употребиле куси наноцевки. Тие даваат најдобра резолуција и функционираат на ниските температури кои се најдобри за мерење на фреквенција. Сензорот успеал да измери атом на ксенон до најблискиот јоктограм или  $10^{-24}$  грама. Ова значи дека се работи за првата вага која може да измери еден протон кој тежи 1,7 јоктограм.

### 14. Флексибилни екрани

Благодарение на флексибилноста на CNTs, слична како кај силиконот во поглед на изведбата, би можело да се направат флексибилни екрани кои би можеле да се свиткуваат и замотуваат како лист хартија. Можат да се искористат како електронски весници *roll-up* уреди.

## ЛИЧНО РАЗМИСЛУВАЊЕ ЗА ПРИМЕНАТА НА ЈАГЛЕРОДНИТЕ НАНОЦЕВКИ

Примената на наноцевките може драстично да го промени светот, она што досега беше само научна фантастика можеби денес ќе се оствари.

Главна преокупација на екологите, но и предизвикувач на загриженост е уништувањето на „природниот филтер“ кој не заштитува од УВ зрачењето. Не толку голем временски период беше потребен за да се создаде озонската дупка, но дефинитивно ќе биде потребно да поминат илјадници години за да се поправи тој голем недостаток. Ние сметаме дека благодарение на јаглеродните наноцевки овој проблем би се решило. Кога наноцевките би се функционализирале соодветно, би можеле да се преплетат и да ја затворат озонската дупка.

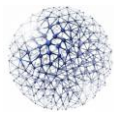




Однесувањето на одредени наноматерии во наноскалата може да биде сосема спротивно на нормалното. Со јаглеродните наноцевки би можело да се формира тунел со кој лесно би се преминувало низ тврди површини, кои нормално се непроодни. Замислете да имаме ефтина вода од океаните. Процесот на десалинизација е многу скап, но доколку во системот на прочистување се вградени наноцевки значително ќе се намали трошокот за прочистување на водата. Ова би решило многу проблеми во земјите каде што има недостаток на чиста вода за конзумирање.

Однесувањето на одредени наноматерии во наноскалата може да биде сосема спротивно на нормалното. Со јаглеродните наноцевки би можело да се формира тунел со кој лесно би се преминувало низ тврди површини, кои нормално се непроодни.

Поради нивната голема апсорпциона моќ, јаглеродните наноцевки би можеле да се вградат во сидовите, каде што би ги апсорбирале токсичните гасови, како што е чаодот од цигарите. Би можеле да ги заменат огромните апсорбирачки машини, а воедно и да го одражуваат воздухот чист во одредена просторија.



## КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

1. Шрајвер,Аткинс:Неорганска хемија четврто издание, Oxford press
2. Александар Андоновски,Зора Митревска,Станоја Стоименов:Физика за IV година,Просветно дело,2004
3. H.W. Kroto, D.R.M. Walton:The Fullerenes, New Horizons for the Chemistry, Cambridge University Press, New York, 1997.
4. M.S. Dresselhaus, G. Dresselhaus, P.C. Eklund:Science of Fullerenes and Carbon Nanotubes, Academic, New York, 1996.
5. H.W. Kroto, J.R. Heath, S.C. Obrien, R.F. Curl, R.E. Smalley:Nature ,1985
6. P.J.F. Harris:Carbon nanotubes and related structures, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, 1999.
7. P.G. Collins, P. Avouris:Nanotubes for Electronics, Scientific American December 2000
8. B. Bhushan, Springer Handbook of Nanotechnology, Springer Science+Business Media, Inc., 2007
9. <http://365.com.mk/5362/nov-razvoj-vo-sozdavanje-veshtachki-muskuli>
10. <http://energetskaefikasnost.info/baterii-od-nano-cevki-poizdrzhivi-i-dolgovechni/>