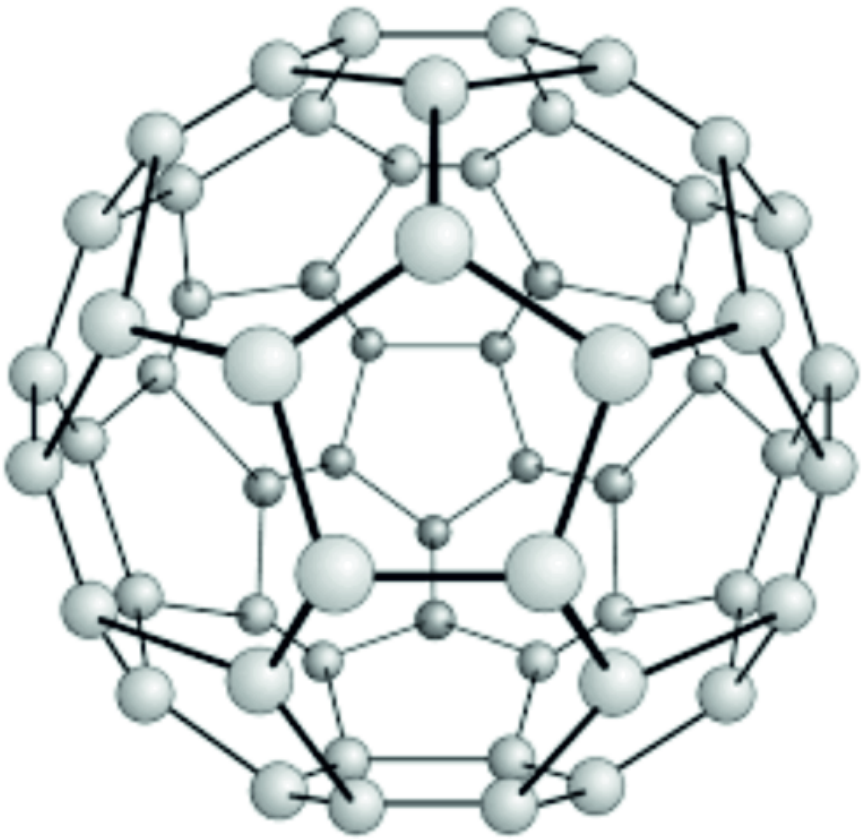
نانو فولرن و باکی بال ها

Nano fullerene

در نانو الکترونیک



نویسنده : دکتر افشین رشید

درباره نویسنده

نویسنده : افشین رشید

سطح علمی نویسنده : دکترای نانو _ میکرو الکترونیک

تارنما : www.electronic-tarfand.blog.ir

پست الکترونیک : afshinrashid342@gmail.com

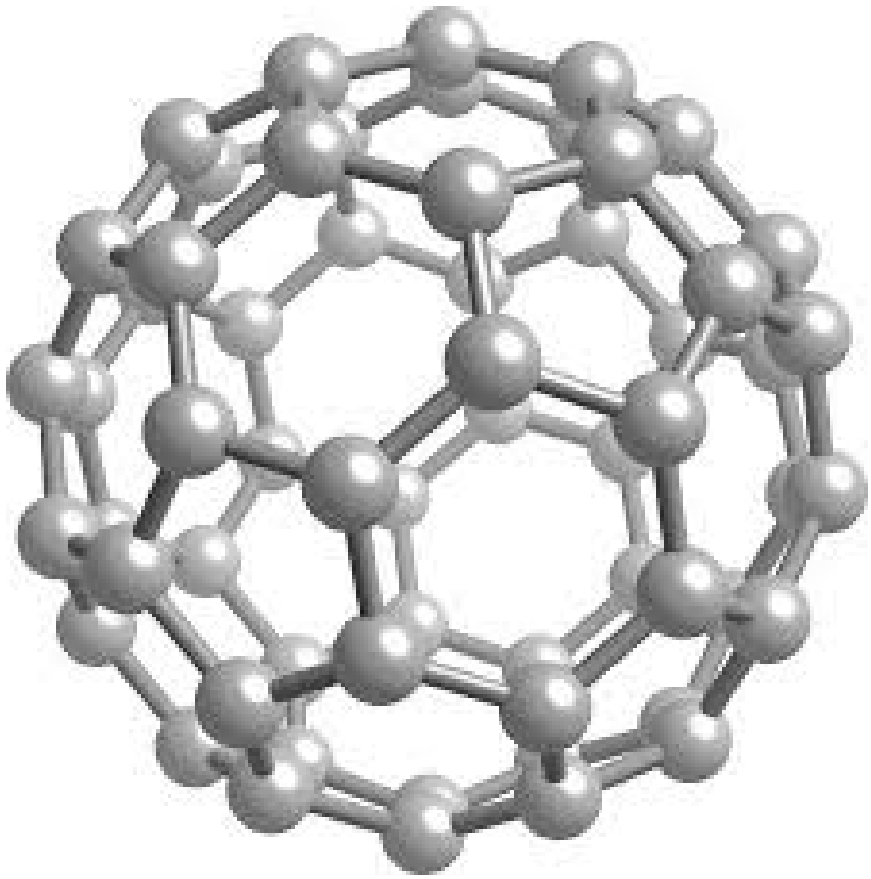
به نام خدا

پیشگفتار از نویسنده کتاب :

در ستایش علم الکترونیک همین بس که کاربردی ترین علوم در جوامع میباشد . و از یاد نبریم نانو _میکرو الکترونیک برترین گرایش علوم الکترونیک و کلید دستیابی به یک فناوری برتر در نیمه ی سَده پیش رو میباشد. شاید باور کردنی نباشد اما تغییر در حجم و بازطراحی مدار ه‌ای الکترونیکی و مخابراتی بر پایه علوم نانو الکترونیک میتواند تا چند برابر کارایی و قدرت این عناصر الکترونیکی افزایش دهد . و دست با تر در صنایع دریایی ؛ نظامی ؛ پزشکی ؛ الکترونیکی ؛ مخابراتی _ارتباطی ؛ به ارمغان آورد .

(دکتر افشین رشید)

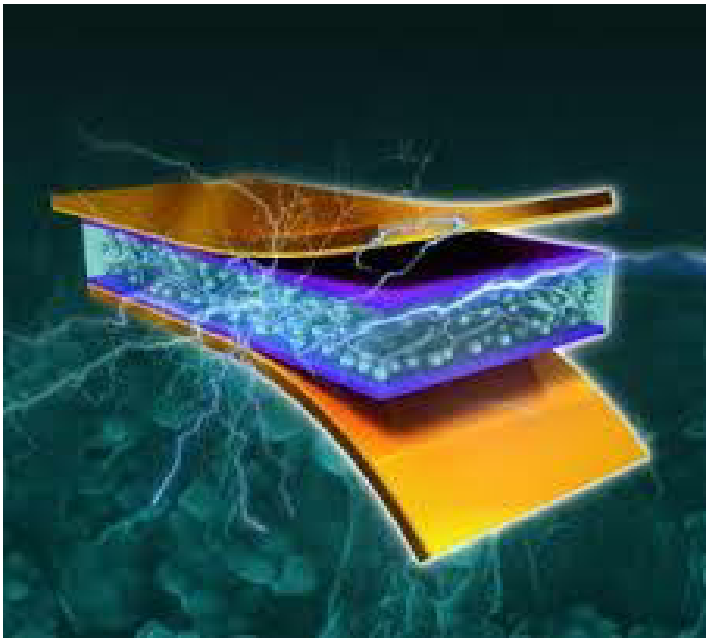
نانو (باک مینستر فولرن) ؛(Buckminsterfullerene) و خصوصیات باکی بال ها



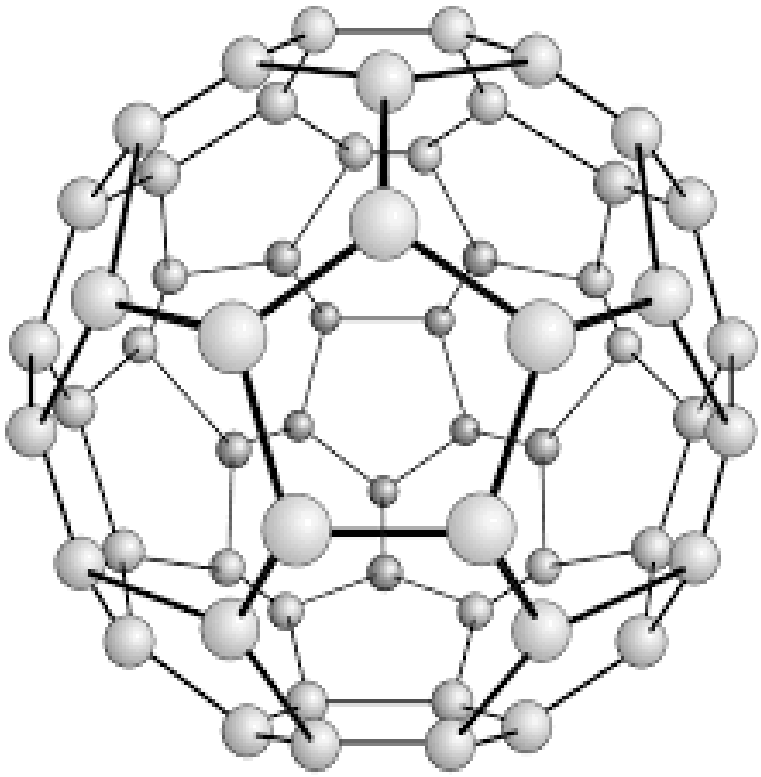
باکی بال (C60) و فولرنها از جمله موادی هستند که بسیاری از مواد نانو بر پایه آن بنا شده است.خواص ساختاری و الکترونیکی منحصر به فرد، و نیز کاربرد آنها در زمینه های مختلف از قبیل کاربردهای الکترونیکی مانند ساخت نانو الکترود های به کار رفته در مدار های الکتری‌کی خاص، نانو فوتونیکی در نانو سلول های خورشیدی و جاذب نانو طول موج های خاص میباشد.

از مهمترین و منحصر به فرد ترین خواص فولرن ها، توانایی آنها در

حفظ اتم ها و یا مولکول های کوچک در درون قفس کربنی می باشد. قفس های کربنی اندو هدرال (EFs) ،به دلیل پایداری ذاتی،نانو ساختارهای اندو هدرال آنها که حاوی یک یا دو اتم فلزی مانند LaSc و یا حاوی یک فلز –نیترید خوشه ای مانندSc3N میباشند سنتز شده اند. اهمیت پارامترهای فضائی و الکترونی مرتبط با ساختار قفس مانند فولرن در عوامل این واهمیت درون گیر نانو ساختار ها و پایداری این ترکیبات میباشد. خواص نوری ، انرژی های یونش و الکترون خواهی و پایداری نسبی چند گانگی های مختلف فلرون ها بسیار تاثیر گذار در تکثیر ادوات نانو الکترونیکی میباشد.از میان مجموعه فولرن ها، ساختارهایC70, C60 بیشترین فراوانی را دارا می باشند. این مقادیر به ترتیب شامل 75 و 24 درصد می باشند و 1 در صد باقیمانده نیزاز فولرن های C74 تا C100 تشکیل شده است.قفس C60 با تقارن Ih قطری در حدود 7Å دارد. مولکول C70 نیز به شکل توپ راگبی است و تقارن آن معمو ً ساختاری مسطح دارد اما در فولرن ها آرایش 5h ،عرض آن 7Å و طول آن 10 Å است. کربن پیوندی کربن از حالت مسطح خارج می شود به طوری که سه پیوند، یک هرم کم عمق را ایجاد می کنند. فشار حاصل از این تغییر، در مولکول C60 حدود 400 mol/kcal تفاوت انرژی ایجاد می کند که این مطلب می تواند دلیل قانع کننده ای برای واکنش پذیری بیشتر فولرن ها نسبت به نانو لوله ها باشد.

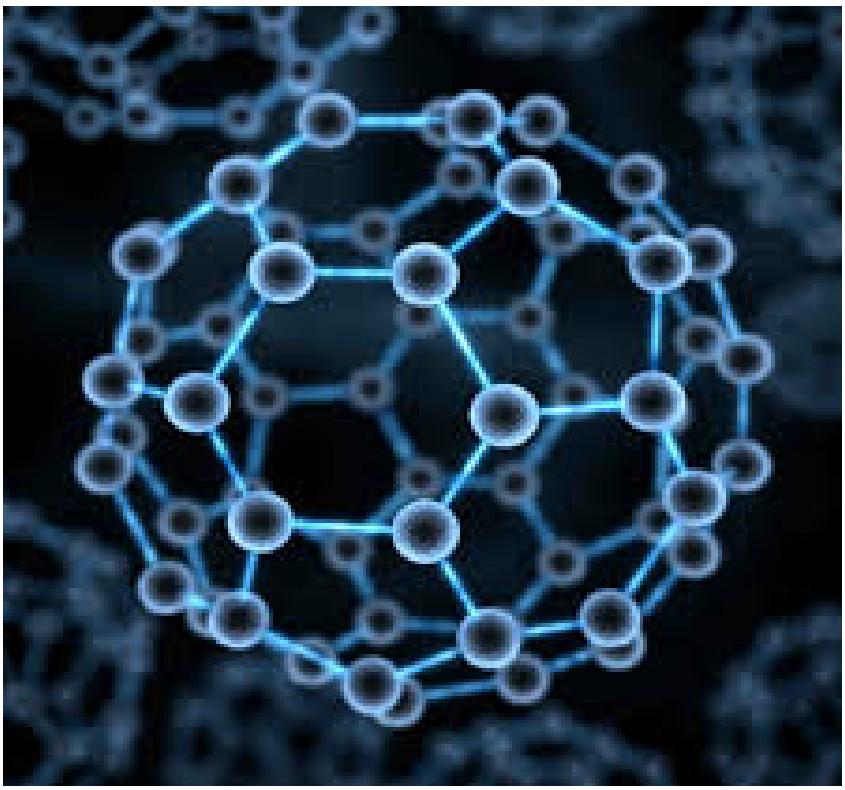


سنتز و جداسازی نانو فولرن ها و باکی بال ها به روش تخلیه ی الکتریکی این دسته از ترکیبات نانو ساختار اولین بار به روش تخلیه ی الکتریکی بدست آمدند. البته مکانیسم دقیقی برای تشکیل فولرنها شناخته نشده است، اما به نظر میرسد آنها در طی ایجاد پ سما کربن تولید می شوند. خالص سازی فولرن ها معمو توسط کروماتوگرافی ستونی با عملکرد با انجام میشود. همچنین در مقیاس کوچکتر، عمل تصعید میتواند برای تولید فولرن های عاری از ح ل با خلوص با استفاده شود. فولرنها جامد های دوده مانند وتیره رنگ و در بعضی از موارد درخشان هستند. ح لیت فولرنها در ح لهای هیدروکربنی ناچیز است معمو اما در ح ل های نانو مولکول آروماتیک زیاد است و در ترکیبات نانو ساختار فولرنهای بزرگتر از فولرنهای کوچکتر کمتر حل میشوند.



باکی بال (C60) و فولرنها از جمله موادی هستند که بسیاری از مواد نانو بر پایه آن بنا شده است.خواص ساختاری و الکترونیکی منحصر به فرد، و نیز کاربرد آنها در زمینه های مختلف از قبیل کاربردهای الکترونیکی مانند ساخت نانو الکترود های به کار رفته در مدار های الکتریکی خاص، نانو فوتونیکی در نانو سلول های خورشیدی و جاذب نانو طول موج های خاص میباشد.

نانوذرات و نانو ساختارهای (فولرن ها)، (نانو تیوب هاCNT) بر پایه

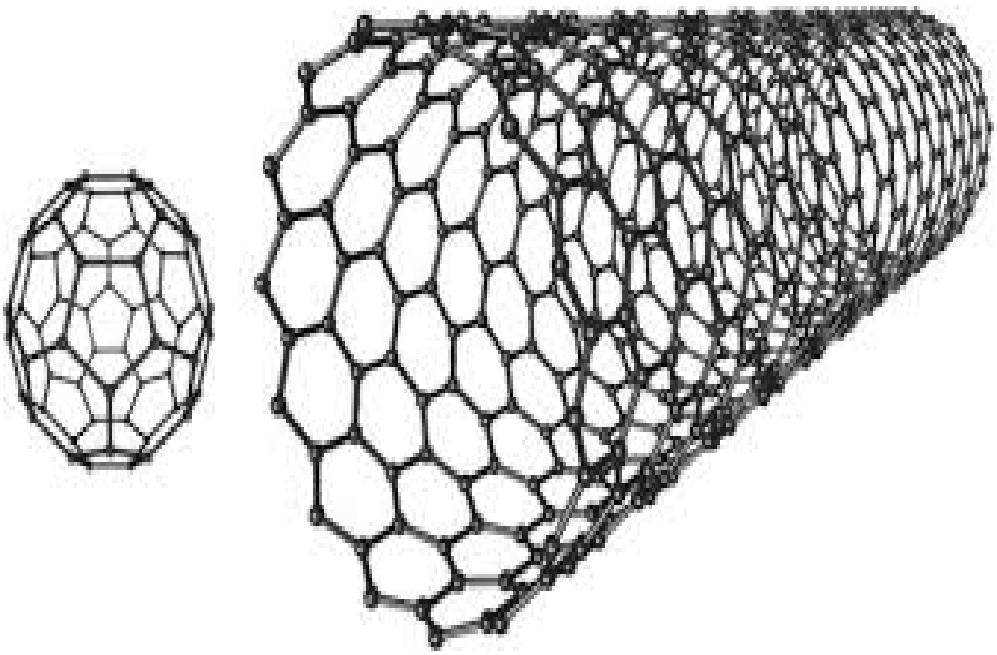


نانو تیوبهای کربنی (CNT) به دلیل خواص فیزیکو-شیمیایی وِژه ای همانند حرارتی، مغناطیسی ، نوری و یا هدایت الکتریکی که از خود نشان میدهند .واکنشهای بیولوژیکی و سمیت در خصوص نانولوله های کربنی، و نانو تیوب های CNT همانند نانو مواد دیگر، وجود داشته نشان داده شده است که به وِژگیهای فیزیکی متعددی همانند طول، قطر، سطح، تمایل به متراکم شدن، دیسپرسیتی، وجود و ماهیت کاتالیزور باقیمانده و همچنین گروههای عاملی شیمیایی

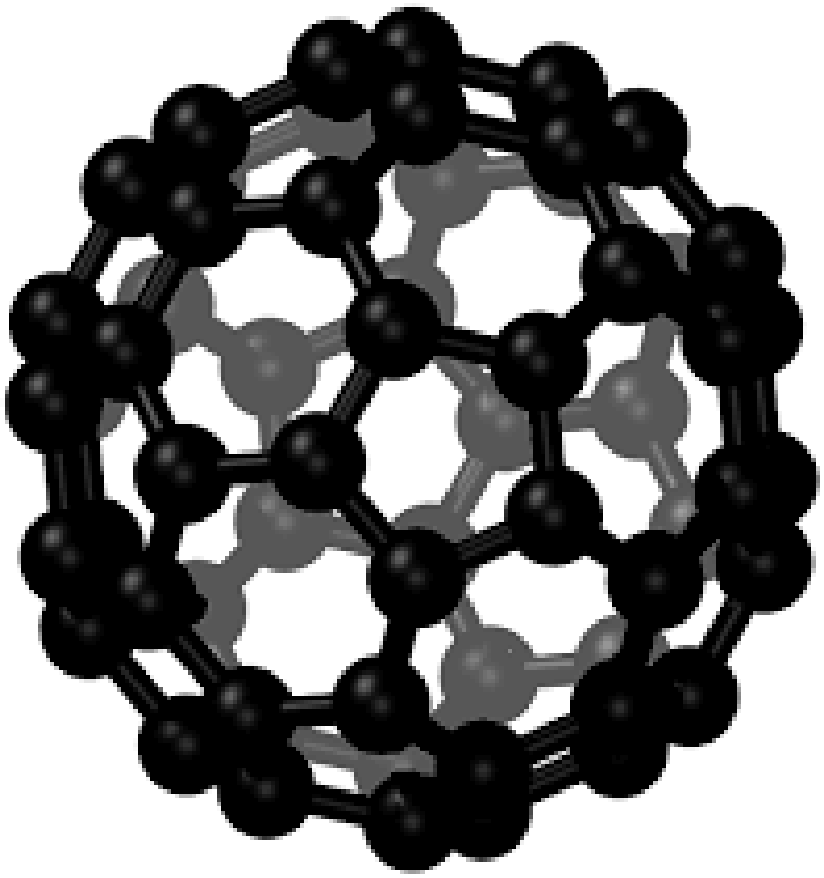
این نانو مواد بستگی دارد به همین علل و به خصوص با توجه به روند رو به رشد کارایی نانولوله های کربنی در بیوسنسورها و بررسی سمیت CNT در محیطهای بیولوژیک و ت ش برای رفع این مشکل ضروری است به طور کلی در بیو سنسور ها و محیطهای بیولوژیکی که تعامل CNT با خواص الکترون ها و تداخل با ساختار آنها صورت میگیرد، احتمال دارد که سمیت نانولوله های کربنی باعث کاهش الکترون در نانو ساختارهای متخلخل گردد. یکی از راه هایی که برای از کاهش سمیت CNT پیشنهاد شده است استفاده از پوشش سطحی بر روی نانولوله ها می باشد. به قرار دادن گروههای عاملی مناسب تکنیک عامل دار نمودن گویند در مطالعات مختلف نشان داده شده است که قرار گرفتن در معرض نانولوله های کربنی خالص، به طور قابل توجهی باعث کاهش میزان تکثیر سلولها و چرخه سلولی، آپوپتوز و نکروز در ساختار سنسور های زیستی و بیوسنسورها میشود در اثر فرایند عاملدار نمودن نانولوله های کربنی و نانو سنسورهای زیستی که به طور معمول به صورت خوشه تجمع مییابد، از هم جدا شده و با مولکولهای خاص پوشش داده میشوند. نانو لوله های کربنی(2 2600/ g) ترکیبات پلی آروماتیک با مساحت سطحی بیش از m هستند. سطوح جانبی نانولوله ها بسیار هیدروفوب میباشد.

نانوذرات و نانو ساختارهای (فولرن) ها

ساختار و ساختمان (فولرن) ها در طبیعت دارای پنج آلوتروپ الماس، گرافیت، نانولوله، کربن بی شکل و فولرن است، که همگی جامد می باشند. پایه ی فولرین ها صفحات موجود در گرافیت می باشد با این تفاوت که در ساختار اتمی فولرین ها به جای شش ضلعی های منظم موجود در صفحات گرافیت، یک سری شش ضلعی و پنج ضلعی منظم وجود دارد که به صورت یک در میان در کنار هم قرار گرفته و کره فولرن را تشکیل داده اند. قرارگیری این پنج ضلعی و شش ضلعی ها در کنار هم برای شکل دادن یک ساختار کروی ضروری است. در حقیقت بدون حضور پنج ضلعی ها در ساختار گرافین نمی توان از صفحات گرافین ساختارهای کروی به دست آورد.

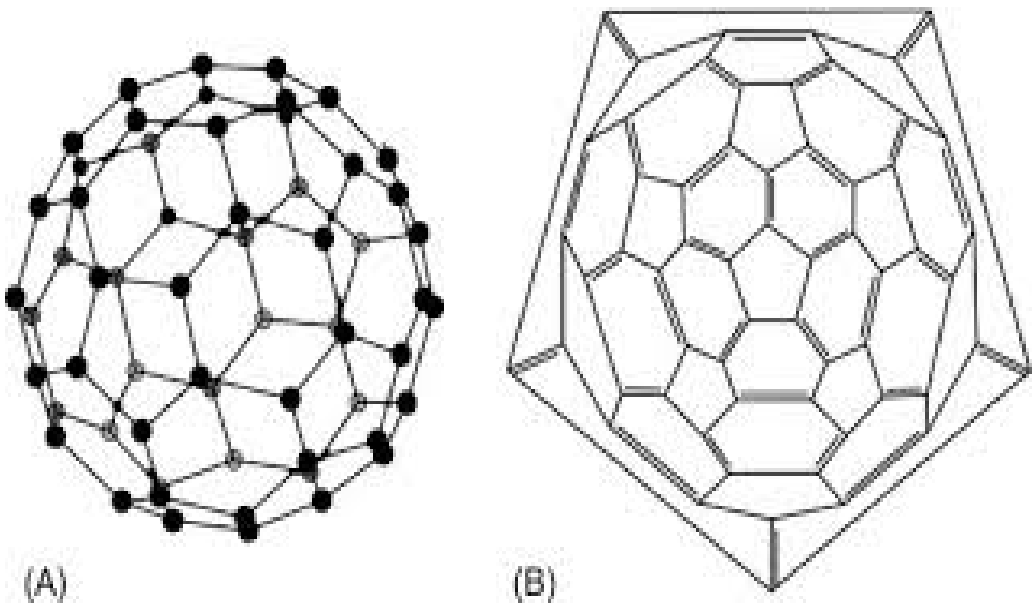


فولرن ها را با توجه به تعداد اتم های موجود در ساختمان شان شناسایی می کنند. برای نامگذاری فولرن ها از یک حرف C استفاده می شود که بیانگر اتم کربن موجود در ساختار آن هاست. بعد از حرف C تعداد اتم های کربن موجود در واحد شبکه ی کروی فولرن ذکر می شود. مثـ ً مولکول C60 دارای 60 اتم کربن است. تعداد اتم ها در فولرن های تولید شده تاکنون از 28 عدد تا صدها اتم کربن است



عملکرد (باکی تیوب ها و فولرن های C60وC70) و الماس

اولین فولرین کشف شده باکی بال بود؛ بیشترین خواصی که در مورد فولرین ها بیان می شود مربوط به این دو نوع C70 و C60 است.فولرینها، مولکولهایی درحد نانومتر هستند که درشکل ساده آن، 60 اتم کربن یک الیه گرافیتی با ساختاری سه بعدی، منحنی تشکیل میدهند. 60 بر خ ف الماس و گرافیت، که مولکول هایشان ادامه دار است، فولرین ها مولکول بسته ایدارند: مثل C60 و... میباشند. (60 فولرینها) که باکیبال و باکی تیوب نیز نامیده میشوند شامل نانو لوله ها، نانو فیبرها ،فولرین ساختاری شبیه گرافیت دارد اما به جای بخش های تماما 6ضلعی، اتمهای کربن در رئوس 5(یا 7)ضلعی ها نیز جای گرفته اند.



در ساختار نانو گرافیت های الماس دو نوع اتصال وجود دارد:

1_ پیوند کوا نسی، اتصالی که بین اتم های کربن هر یه نه زنبوری وجود دارد.

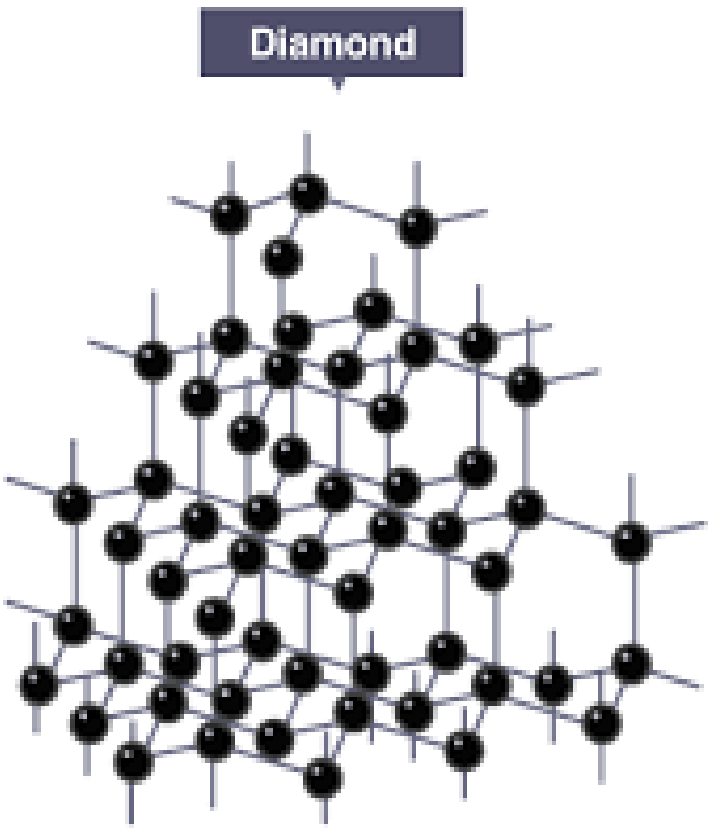
2_ اتصالی است که الیه های النه زنبوری را به یکدیگر وصل می کند.

نانو گرافیت، درجهت صفحات نه زنبوری بدلیل داشتن پیوند قوی کوا نسی استحکام با یی دارد؛ بالعکس، این ساختار درجهت عمود برصفحات نه زنبوری به مراتب دارای استحکام کمتری است. ساختار نانو گرافیت الماس دارای یک ساختار شبکه ای است. در نانو گرافیت پیوندهای اتمی تنها درسطح برقرار می شوند درحالیکه درساختار الماس این پیوندها به صورت شبکه ای سه بعدی فضا را پرمی کنند. در گرافیت هراتم کربن با سه اتم کربن دیگر اتصال کوا نسی ایجاد میکند، درحالیکه در الماس هراتم کربن با چهار اتم کربن دیگر پیوند کوا نسی برقرار می نماید.

کاربرد های نانو الماس (Nano diamond) در صنایع نانو الکترونیک

در صنایع نانو الکترونیک ؛ نانو چیپ ، افزایش سرعت نانو ترانزیستور ها ، هر دو نوع الماس یعنی سنگهای نوع n و p مورد برای کاربردهای نانو الکترونیکی نیز در میکرو الکترونیک مورد استفاده قرار میگیرند.با افزودن ناخالصی فلز برون"B "به الماس، میتوان نانو الماس نوع P یعنی الماس آبی تولید کرد وبا افزودن فسفر به الماس های بی رنگ، الماس نوع n نیز تولید کرد.امروزه

نیم رسانا های بسیاری مثل سیلیکون در گستره وسیعی از دستگاه های نانو الکترونیکی بکار می روند. اما نانو الماس با توجه به دامنه تغییرات حرارتی و سرعت فوق العاده زیادش، تنها در مقایسه با نانو ذرات ط است که عنوان دومین نانو نیمه رسانای برتر جهان را به خود اختصاص می دهد.نانو گرافیت و نانو نوار های گرافن به سبب پراکندگی ابرΠ هادی الکتریسیته است. ذرات Active نانو الماس nano diamond با داشتن چنین وی‌ژگی هایی و بخصوص الکترونیکی می تواند پایه گذار انواع سراسر نوینی از ادوات نانو الکترونیکی پرقدرت باشد.

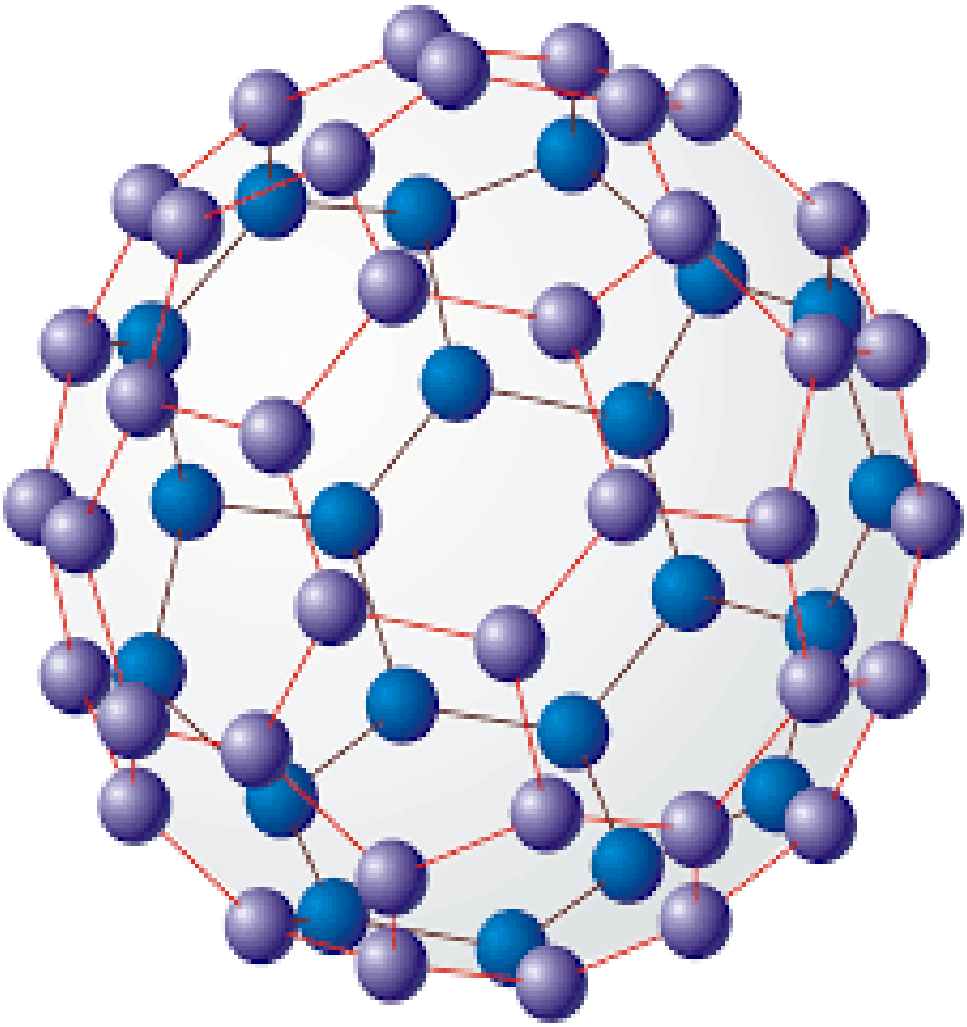


اندازه ی نانو ذره و وی‌ژگی های هدایت الکترونیکی در فولرن ها

وی‌ژگی مهم همه ی نانو ساختارهای آنست که تعداد اتم های سطح در آن ها نسبت به تعداد اتم های حجم بیشتر است. این نسبت با کاهش اندازه ی نانو ذره افزایش می یابد. بنابراین اندازه ی نانو ذره وی‌ژگی مهم آن محسوب می شود.بازه ی تغییر فعالیت نانو ذرات به ماهیت و شکل نانو ساختار بستگی دارد. با این حال، اگر انرژی میدان نانو ذره با انرژی پرتودهی الکترو مغناطیسی قابل قیاس باشد و اگر در محدوده ی معین طول موج با رخداد واکنش های شیمیایی در مواد تحت پرتودهی تغییرات چشمگیر ایجاد گردد فعالیت نانو ذره های تا اندازه ی 100nm چشمگیر خواهد بود.اتم های سطح نانو ذرات از لحاظ انرژی جبران نشده اند. بطور کلی، نتایج رشد انرژی نانو ذره را می توان بصورت انرژی کل اتم های سطح ذره بیان نمود. آزادی جنبش اتم های سطح نانو ساختار ها محدود است و تنها جنبش های ارتعاشی و حرکت الکترون ها امکان پذیر می باشد. این دو واکنش الکترو جنبشی به یکدیگر وابسته اند چون جابجایی ابرهای الکترونی اتم ها بطور حتم بسامدهای ارتعاشی پیوندهای اتم های نانو ذرات را تغییر می دهد. از طرف دیگر، تغییر مکان الکترون های ظرفیت در پیوندها قطبیت پیوند و اجسام موسوم به ابر مولکولرا تغییر می دهد. در این

صورت انتقال الکترون به سطح انرژی با تر امکان پذیر می شود.از این لحاظ، نانو لوله های کربنی CNTs جالب ترین گونه های مورد بررسی هستند. در این نانو لوله های کربنی که آن ها را از محیط محافظت می نمایند تعامل دارند و به این دلیل این نانو لوله های CNTs را نانو لوله های های فلز/ کربن می نامند.فولرن ها را با توجه به تعداد اتم های موجود در ساختمان شان شناسایی می کنند. برای نامگذاری فولرن ها از یک حرف C استفاده می شود که بیانگر اتم کربن موجود در ساختار آن هاست. بعد از حرف C تعداد اتم های کربن موجود در واحد شبکه ی کروی فولرن ذکر می شود. مثـ ً مولکول C60 دارای 60 اتم کربن است. تعداد اتم ها در فولرن های تولید شده تاکنون از 28 عدد تا صدها اتم کربن است.

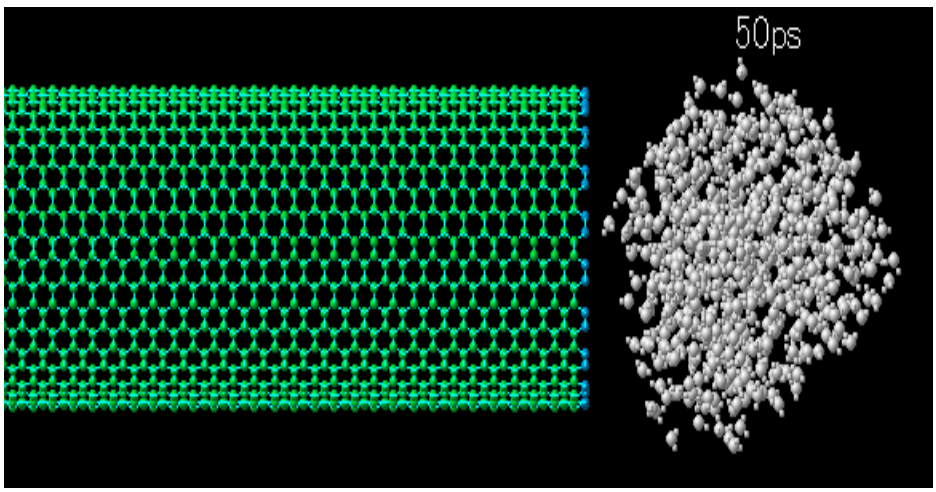
وی‌ژگی مهم همه ی نانو ساختارهای آنست که تعداد اتم های سطح در آن ها نسبت به تعداد اتم های حجم بیشتر است. این نسبت با کاهش اندازه ی نانو ذره افزایش می یابد. بنابراین اندازه ی نانو ذره وی‌ژگی مهم آن محسوب می شود.



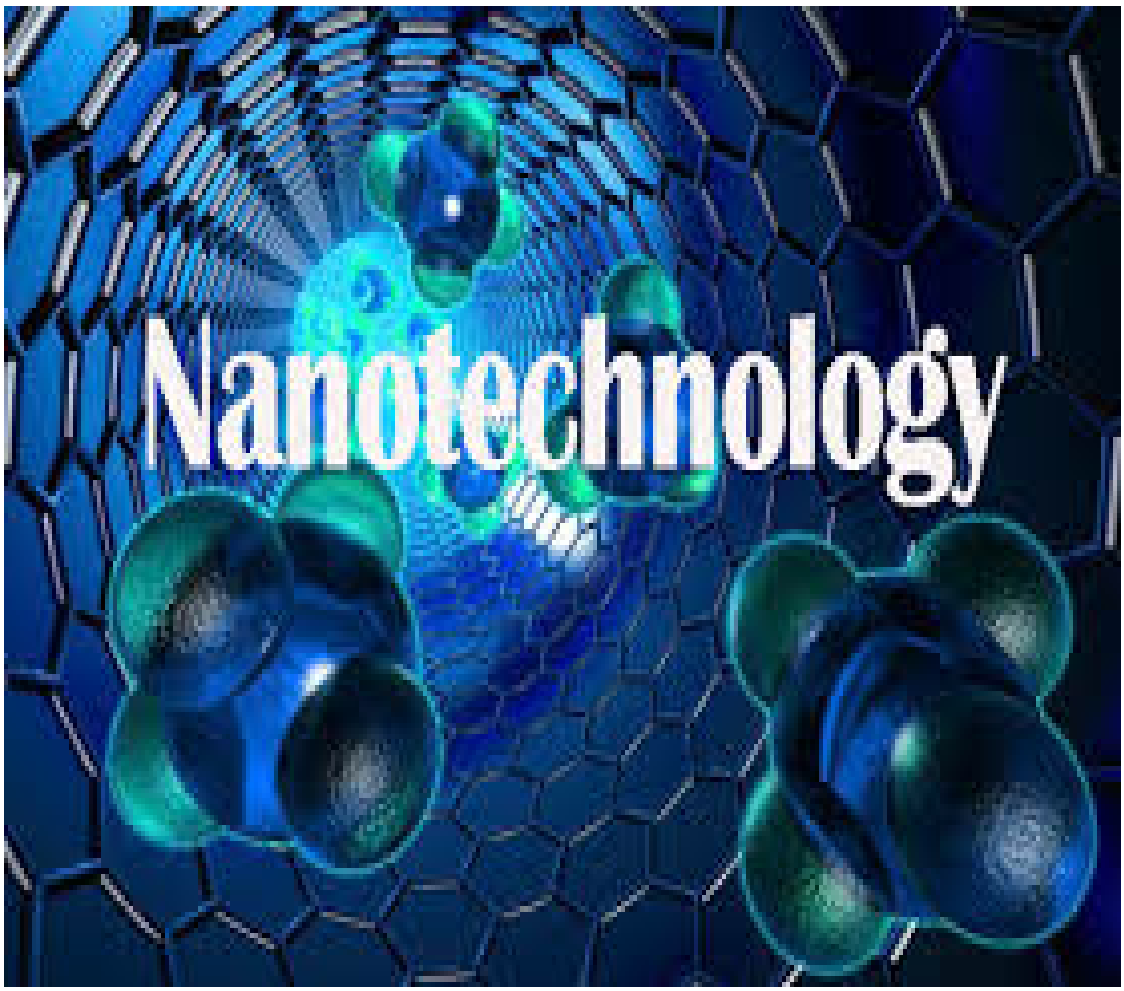
ساختار و ساختمان داخلی فولرن ها در نانو لوله های رسانای کربنی

فولرن ها را با توجه به تعداد اتم های موجود در ساختمان شان شناسایی می کنند. برای نامگذاری فولرن ها از یک حرف C استفاده می شود که بیانگر اتم کربن موجود در ساختار آن هاست.

فولرنها از جمله موادی هستند که بسیاری از مواد نانو بر پایه آن بنا شده است.خواص ساختاری و الکترونیکی منحصر به فرد، و نیز کاربرد آنها در زمینه های مختلف از قبیل کاربردهای الکترونیکی مانند ساخت نانو الکترود های به کار رفته در مدار های الکتریکی خاص، نانو فوتونیکی در نانو سلول های خورشیدی و جاذب نانو طول موج های خاص میباشد. یه های نانو لوله ها می توانند مانند یک فلز رفتار کنند و از نظر الکتریکی زوایه دار انجام شوند. تغییر ساختار و ساختمان در آنها میتواند نمایش خصوصیات نیمه هادی. یا غیر هدایت کننده باشد به عنوان مثال ، تغییر جزئی در قسمت مارپیچ می تواند لوله را از یک فلز به یک نیمه هادی با شکاف بزرگ تبدیل کند.

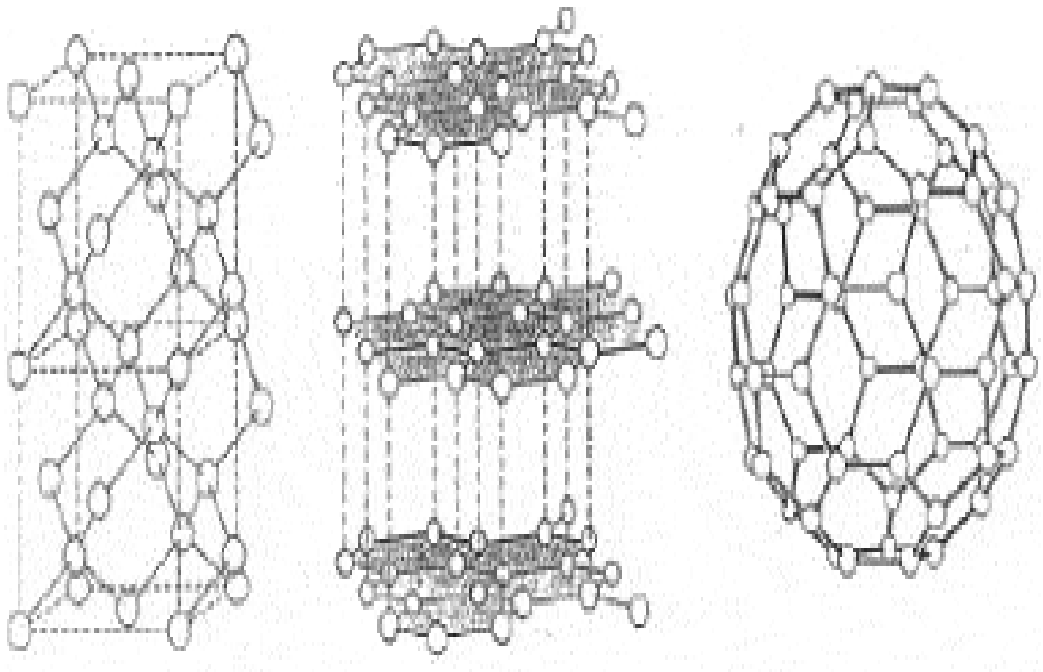


یه های نانو لوله ها می توانند مانند یک فلز رفتار کنند و از نظر الکتریکی زوایه دار انجام شوند. تغییر ساختار و ساختمان در آنها میتواند نمایش خصوصیات نیمه هادی. یا غیر هدایت کننده باشد به عنوان مثال ، تغییر جزئی در قسمت مارپیچ می تواند لوله را از یک فلز به یک نیمه هادی با شکاف بزرگ تبدیل کند.وی‌ژگی مهم همه ی نانو ساختارها آنست که تعداد اتم های سطح در آن ها نسبت به تعداد اتم های حجم بیشتر است. این نسبت با کاهش اندازه ی نانو ذره در فولرن ها افزایش می یابد.

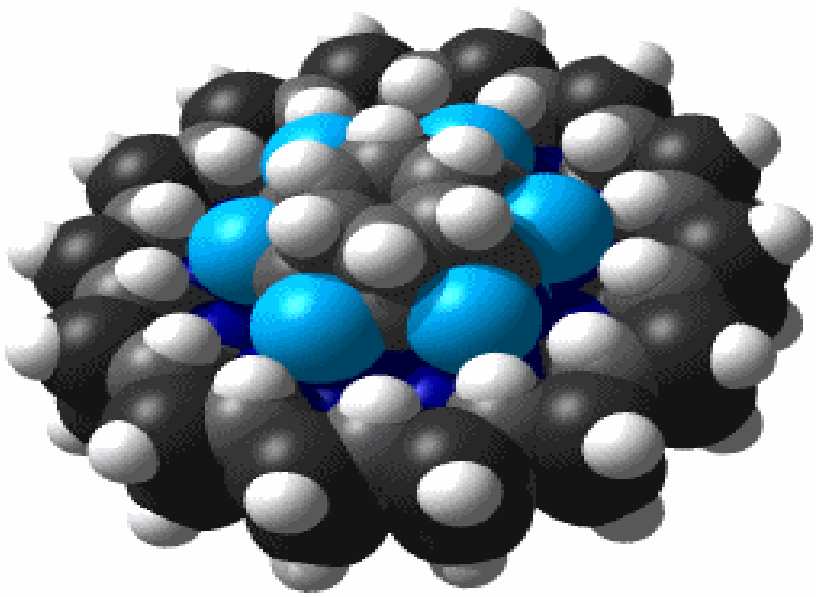


خواص بی نظیر فولرنس (فرم سوم کربن و گرافن)

نکته: فولرن فرم سوم کربن به همراه گرافیت و الماس است که دارای خواص بی نظیری است و آن را برای مقاومت در برابر جریان در نانو ترانزیستور ها ، نانو فتوولتائیک آلی ، نانو ابر رسانا ها و نانو سنسور ها (نانو حسگر) می کند. خواص بی نظیر فولرنس طیف وسیعی از کاربرد ها را از نانو الکترونیک تا پزشکی امکان پذیر می سازد فولرن می توانند به عنوان ابر رساناها از طریق رسانای نیمه هادی رفتار کنند و انتقال دهنده های رادیکال استثنایی هستند. دوام شدید، وی‌ژگی به راحتی می توان در خصوصیات انتقال جریان به عنوان یک مشتق اص ح استفاده کرد و این امر باعث تغییر در ساختار الکترونیکی ، ح لیت و خصوصیات بدنی (ساختار) آنها شده است.



ساختار و ساختمان (فولرن) ها در طبیعت دارای پنج آلوتروپ الماس، گرافیت، نانولوله، کربن بی شکل و فولرن است، که همگی جامد می باشند. پایه ی فولرین ها صفحات موجود در گرافیت می باشد با این تفاوت که در ساختار اتمی فولرین ها به جای شش ضلعی های منظم موجود در صفحات گرافیت، یک سری شش ضلعی و پنج ضلعی منظم وجود دارد که به صورت یک در میان در کنار هم قرار گرفته و کره فولرن را تشکیل داده اند. قرارگیری این پنج ضلعی و شش ضلعی ها در کنار هم برای شکل دادن یک ساختار کروی ضروری است. در حقیقت بدون حضور پنج ضلعی ها در ساختار گرافین نمی توان از صفحات گرافین ساختارهای کروی به دست آورد.اولین فولرین کشف شده باکی بال بود؛ بیشترین خواصی که در مورد فولرین ها بیان می شود مربوط به این دو نوع C70 وC60 است.



تغییر ساختار در فولرن های C60 نانو لوله های کربنی رسانا

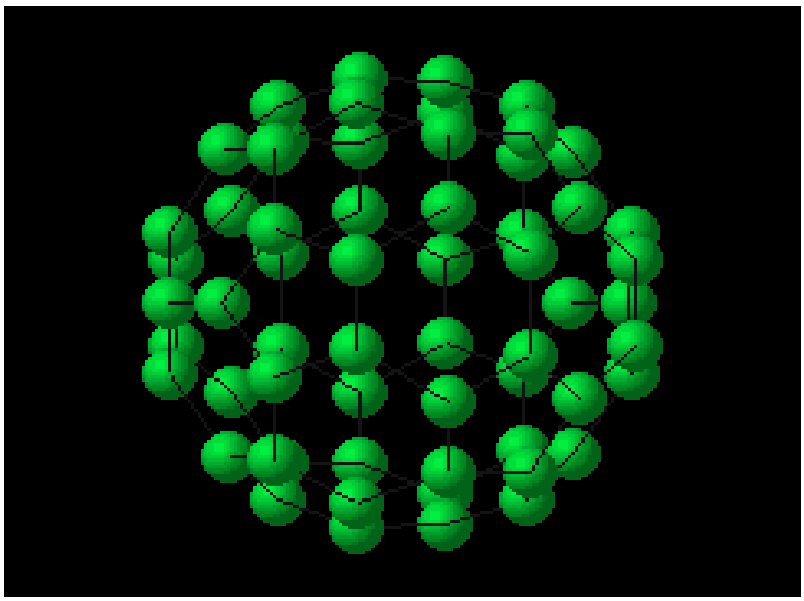
Buckyballs ها می توانند ، در صورت فشرده شدن به شکل اصلی خود برگردند و با سرعت بسیار شگفت آور چرخش کنند.فولرن ها ذرات تشکیل دهنده باکی بال ها در نانو لوله های کربنی رسانا میباشند.فولرینها، مولکولهایی درحد نانومتر هستند که درشکل ساده آن، 60 اتم کربنِ یک الیه گرافیتی با ساختاری سه بعدی، منحنی تشکیل میدهند. 60 بر خ ف الماس و گرافیت، که مولکول هایشان ادامه دار است، فولرین ها مولکول بسته ایدارند: مثل C60 و... میباشند. (60 فولرینها) که باکیبال و باکی تیوب نیز نامیده میشوند شامل نانو لوله ها، نانو فیبرها ،فولرین ساختاری شبیه گرافیت دارد اما به جای بخش های تماما 6ضلعی، اتمهای کربن در رئوس 5(یا 7) ضلعی ها نیز جای گرفته اند.نانو لوله های کربنی از مهمترین و پر کاربردترین ساختار های کربنی هستند. آنها از خواص و وی‌ژگی های منحصر بفردی برخوردار هستند. نانو لوله های کربنی ء وه بر اینکه استحکام بسیار با یی دارند، از انعطاف و پیچش پذیری خوبی نیز برخور دارند. یکی از کاربردهای آنها، کامپوزیت است. مهمترین خاصیت نانو لوله ها، هدایت الکتریکی آنهاست که بستگی به میزان نظم قرار گرفتن اتم ها، مقدار این پارامتر متغیر است. آنها مولکول هایی استوانه ای شکل با انتهای باز یا بسته هستند. ساختار نانو لوله ها مانند صفحه ای از گرافیت است که رول شده باشد. برای

درک بهتر ساختار نانو لوله یک یه گرافیت را در نظر بگیرید. اتم هایی را که در یک ردیف قرار گرفته اند با (m,n) که نشان دهنده مختصات یک نقطه در صفحه است . به طوری که مختصات n ،مربوط به ستون اتم ها و مختصات m مربوط به ردیف اتم ها باشد. همانطور که میدانیم برای تهیه یک لوله از یک صفحه، کافی است یک نقطه از صفحه را روی نقطه ی دیگر قرار دهیم. یک نانو لوله مانند صفحه گرافیتی است که به شکل لوله درآمده باشد. بسته به اینکه چگونه دو سر صفحه گرافیتی به یکدیگر متصل شده باشند، انواع مختلفی از نانو لوله ها را خواهیم داشت.

Buckyballs ها می توانند ، در صورت فشرده شدن به شکل اصلی خود برگردند و با سرعت بسیار شگفت آور چرخش کنند.فولرن ها ذرات تشکیل دهنده باکی بال ها در نانو لوله های کربنی رسانا میباشند.

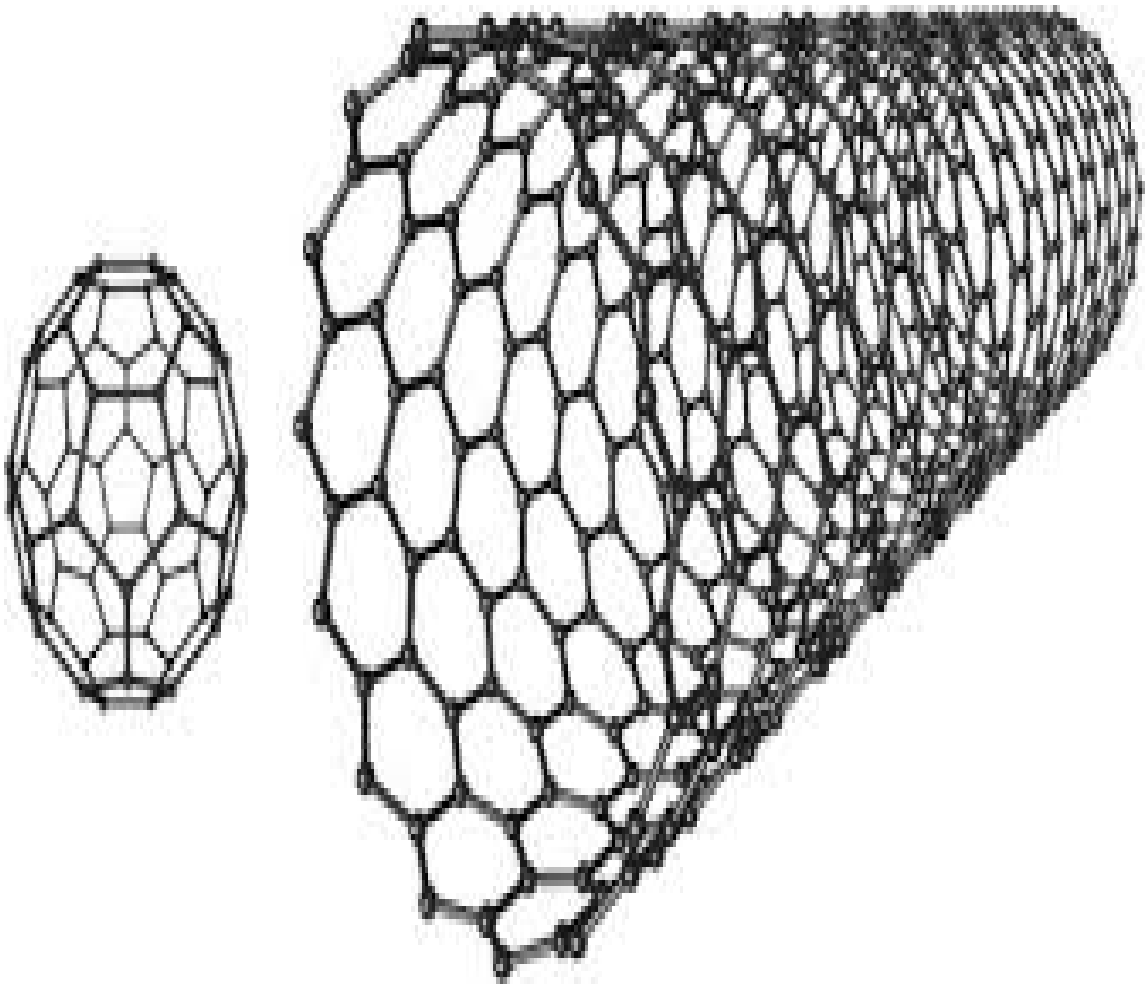
خصوصیات ساختاری ، الکترونیکی فولرن C90 در نانو لوله های کربنی تک جداره (SWCNT)

خصوصیات ساختاری ، الکترونیکی فولرن ها در نانو لوله های کربنی تک جداره (SWCNTs) وجود دارد که بر روشهای مختلف محاسباتی فولرن C90 که برای درک خواص مختلف نانو ساختارهای کربن به کار گرفته شده است.اهمیت کاربرد روش های محاسباتی در کاوش در اندازه های مختلف فولرن C90 و ایزومرهای آنها وجود دارد. رابطه بین انحنای موضعی و واکنش پذیری نانو لوله های کربنی بدون عیب و نقص فولر و تک دیواره مشخص شده زنده ماندن عناصر هیدروژن و فلوئور در سطح خارجی SWCNTs با استفاده از نانو ساختارهای کربن و فولرن C90 و گرافن نیز وجود دارد.نانو لوله های کربنی نیمه هادی که قطر آنها بزرگتر باشد بازده بهتری در تجهیزات الکترونیک دارند. پراکندگی انتخابی SWCNTs با استفاده از آروماتیک های بنزوئید متراکم را مانند پنتاسن، آنتراسن و مشتقات (quaterylene)تکثیر نموده اند.



نانو لوله های کایرال بزرگ را میتوان با استفاده از آروماتیک های بنزوئید متراکم جدا نمود در حالی که نانولوله های کایرال کوچک با مشتقات پلی-پریلن جدا میشوند. ع وه بر آن با کنترل فرآیند پراکندگی- جداسازی، میتوان نانولوله فلزی و سپس نانولوله های نیمه هادی را جدا نمود.ایزومرهای نوری نانولوله ها را با استفاده از مولکول های آروماتیک دیپورفیرین جداسازی نمودند ایزومرهای دیپورفیرین کایرال به عنوان موچینهای مولکولی عمل میکنند تا بتوانند به طور انتخابی SWCNTs راستگرد یا چپگرد را جداسازی نمایند. میزان انتخابگری کایرال با کنترل زاویه ی دو وجهی بین پورفیرینها بهینه میشود. جالب است که مولکولهای دیپورفیرین میتوانند راستگرد یا چپگرد قبل از این کار، تفرق الکترونی با تصحیح خطا بودن شبکه ی کربنی در فضای نانو لوله های کربنی SWCNT و SWCNTs را تشخیص دهند. یا میتوانند تا حدی انانتیومرهای SWCNT و SWCNTs را جدا کند. این کار باعث میشود که نانو مولکول های آروماتیک با ضریب اطمینان با تری جداسازی نانو لوله های کایرال را انجام دهند.

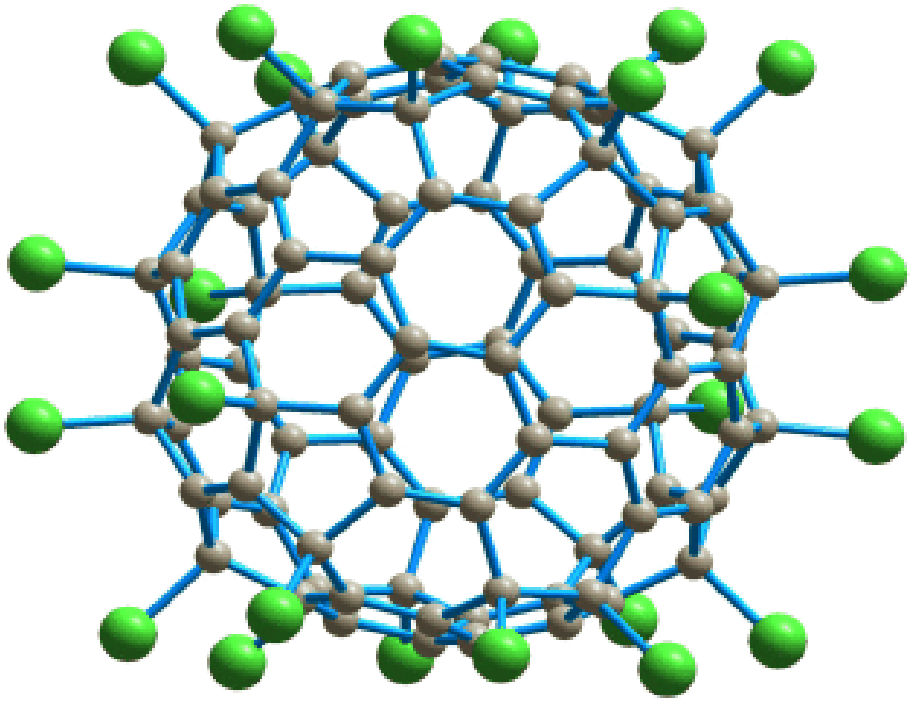
خصوصیات ساختاری ، الکترونیکی فولرن ها در نانو لوله های کربنی تک جداره (SWCNTs) وجود دارد که بر روشهای مختلف محاسباتی فولرن C90 که برای درک خواص مختلف نانو ساختارهای کربن به کار گرفته شده است.



چهار ایزومر فولرن C 96 ، با ترین فولرن خالی در نانو لوله های کربنی CNT

چهار ایزومر C 96 ، با ترین فولرن تو خالی موجود در غشای نانو لوله های کربنی CNT و CNTs است. بخشهای C 96 ، که با بازیافت از دوده فولرن جدا شده است دارای افزایش توان بخشی به خاصیت نانو الکترونیکی نانو لوله های کربنی CNT و CNTS است. فولرن به همراه گرافن از نانو ذرات تشکیل دهنده نانو لوله های کربنی میباشد.فولرن ها را با توجه به تعداد اتم های موجود در ساختمان شان شناسایی می کنند. برای نامگذاری فولرن ها از یک حرف C استفاده می شود که بیانگر اتم کربن موجود در ساختار آن هاست. بعد از حرف C تعداد اتم های کربن موجود در واحد شبکه ی کروی فولرن ذکر می شود. مث ً مولکول C96 دارای 96 اتم کربن است. تعداد اتم ها در فولرن های تولید شده تاکنون از 28 عدد تا صدها اتم کربن است.باکی بال (C96) و فولرنها از جمله موادی هستند که بسیاری از مواد نانو بر پایه آن بنا شده است. خواص ساختاری و الکترونیکی منحصر به فرد، و نیز کاربرد آنها در زمینه های مختلف از قبیل کاربرد های الکترونیکی مانند ساخت نانو الکترود های به کار رفته در مدار های الکتریکی خاص، نانو فوتونیکی در نانو سلول های خورشیدی و جاذب نانو طول موج های خاص میباشد.از مهمترین و من‌حصر به فرد ترین خواص

فولرن C96 توانایی آنها در حفظ اتم ها و یا مولکول های کوچک در درون قفس کربنی می باشد. فولرن های C96 می توانند به عنوان ابر رساناها از طریق رسانای نیمه هادی رفتار کنند و انتقال دهنده های رادیکال استثنایی هستند. دوام شدید، وی‌ژگی به راحتی می توان در خصوصیات انتقال جریان به عنوان یک مشتق اص ح استفاده کرد و این امر باعث تغییر در ساختار الکترونیکی ، ح لیت و خصوصیات بدنی (ساختار) آنها شده است.

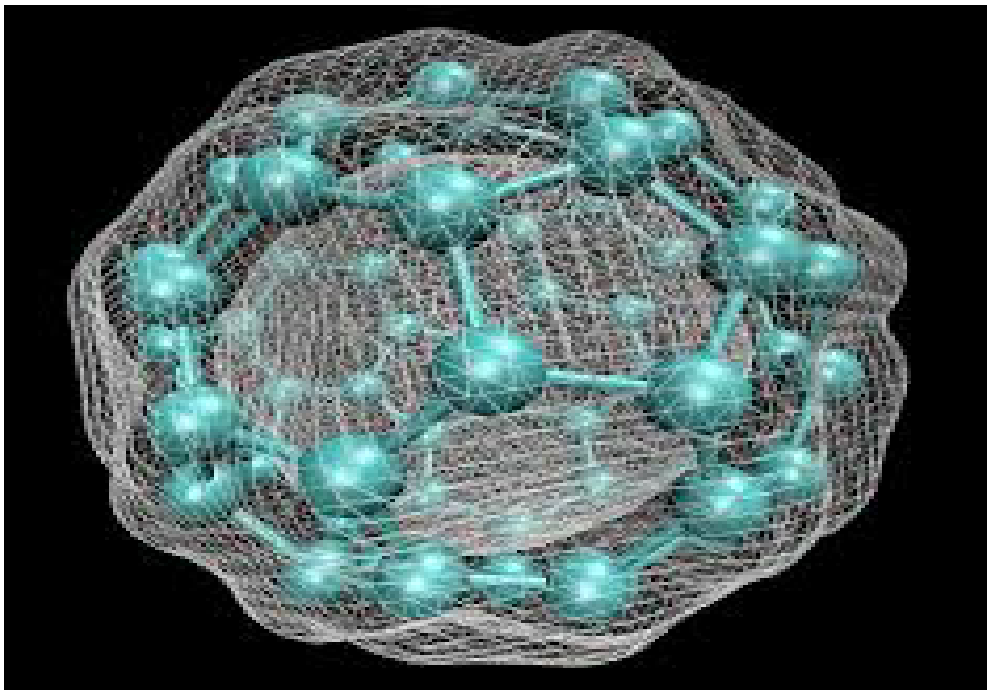


چهار ایزومر C 96 ، با ترین فولرن تو خالی موجود در غشای نانو لوله های کربنی CNT و CNTs است. بخشهای C 96 ، که با بازیافت از دوده فولرن جدا شده است دارای افزایش توان بخشی به خاصیت نانو الکترونیکی نانو لوله های کربنی CNT و CNTS است. فولرن به همراه گرافن از نانو ذرات تشکیل دهنده نانو لوله های کربنی میباشد.

عملکرد فولرن ها fullerene در ساختار یه های نانو لوله ها Nano Carbon tube

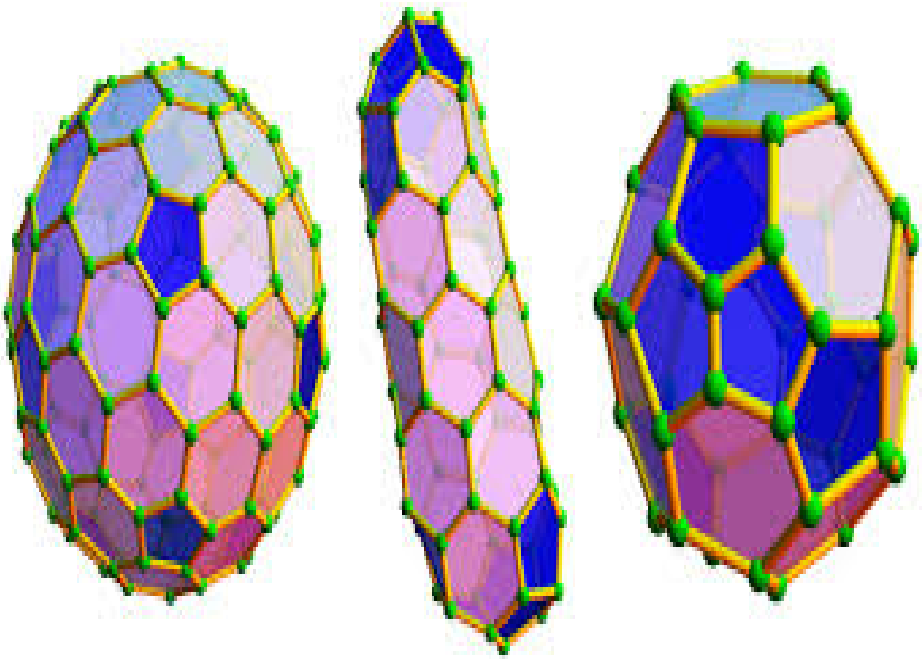
فولرن ها fullerene از جمله موادی هستند که بسیاری از مواد نانو بر پایه آن بنا شده است.خواص ساختاری و الکترونیکی منحصر به فرد، و نیز کاربرد آنها در زمینه های مختلف از قبیل کاربرد های الکترونیکی مانند ساخت نانو الکترود های به کار رفته در مدار های الکتریکی خاص، نانو فوتونیکی در نانو سلول های خورشیدی و جاذب نانو طول موج های خاص میباشد. یه های نانو لوله ها می توانند مانند یک فلز رفتار کنند و از نظر الکتریکی زوایه دار انجام شوند. تغییر ساختار و ساختمان در آنها میتواند نمایش خصوصیات نیمه هادی. یا غیر هدایت کننده باشد به عنوان مثال ، تغییر جزئی در قسمت مارپیچ می تواند لوله را از یک فلز به یک نیمه هادی با شکاف بزرگ تبدیل کند.فولرن ها را با توجه به تعداد اتم های موجود در ساختمان شان شناسایی می کنند. برای نامگذاری فولرن ها از یک حرف C استفاده می شود که بیانگر اتم کربن موجود در ساختار آن هاست .ایه های نانو لوله ها می توانند مانند یک فلز رفتار کنند و از نظر الکتریکی زوایه دار انجام شوند. تغییر ساختار و ساختمان در آنها میتواند نمایش خصوصیات نیمه هادی. یا غیر هدایت کننده باشد به عنوان مثال ، تغییر جزئی در قسمت مارپیچ

می تواند لوله را از یک فلز به یک نیمه هادی با شکاف بزرگ تبدیل کند.خواص بی نظیر فولرن ها fullerene طیف وسیعی از کاربرد ها را از نانو الکترونیک تا پزشکی امکان پذیر می سازد فولرن می توانند به عنوان ابر رساناها از طریق رسانای نیمه هادی رفتار کنند و انتقال دهنده های رادیکال استثنایی هستند. دوام شدید، وی‌ژگی به راحتی می توان در خصوصیات انتقال جریان به عنوان یک مشتق اص ح استفاده کرد و این امر باعث تغییر در ساختار الکترونیکی ، ح لیت و خصوصیات بدنی (ساختار) آنها شده است.



عملکرد فولرن ها fullerene در ساختار یه های نانو لوله ها Nano Carbon tube، و نانو تیوب های CNT همانند نانو مواد دیگر، وجود داشته نشان داده شده است که به وی‌ژگیهای فیزیکی متعددی همانند طول، قطر، سطح، تمایل به متراکم شدن، دیسپرسیتی، وجود و ماهیت کاتالیزور باقیمانده و همچنین گروههای عاملی شیمیایی

این نانو مواد بستگی دارد به همین علل و به خصوص با توجه به روند رو به رشد کارایی نانولوله های کربنی در بیوسنسورها و بررسی سمیت CNT در محیطهای بیولوژیک و ت ش برای رفع این مشکل ضروری است.



فولرن ها fullerene از جمله موادی هستند که بسیاری از مواد نانو بر پایه آن بنا شده است.خواص ساختاری و الکترونیکی منحصر به فرد، و نیز کاربرد آنها در زمینه های مختلف از قبیل کاربرد های الکترونیکی مانند ساخت نانو الکترود های به کار رفته در مدار های الکتریکی خاص، نانو فوتونیکی در نانو سلول های خورشیدی و جاذب نانو طول موج های خاص میباشد.

معرفی نانولوله های کربنی و (باکی بال ها C60)

در علم نانو و نانو الکترونیک نانو لوله های کربنی کاربرد های بسیاری دارند. کربن یکی از عناصر شگفت انگیز طبیعت است که به چهار صورت مختلف گرافیت، الماس، نانو لوله ها و باکی بالها در طبیعت یافت میشود. همه این چهار شکل، جامد هستند و در ساختار آنها اتمهای کربن به صورت کامل و منظم در کنار یکدیگر قرار گرفته اند. کربن از مهمترین عناصر موجود در طبیعت است و کاربردهای متعدد آن در زندگی بشر، به خوبی این نکته را تایید میکند. به عنوان مثال فو د . که یکی از اصلی ترین آلیاژهای مهندسی است . از انح ل حدود دو درصد کربن در آهن به حاصل میشود ؛ با تغییر درصد کربن به میزان تنها چندصدم درصد میتوان انواع فو د را به دست آورد. »شیمی آلی« نیز علمی است که به بررسی ترکیبات حاوی »کربن« و »هیدروژن« میپردازد و مهندسی پلیمر هم تنها براساس عنصر کربن پایه گذاری شده است. کربن، به چهار صورت مختلف در طبیعت یافت میشود که همه این چهار فرم جامد هستند و در ساختار آنها اتمهای کربن به صورت کامل منظم در کنار یکدیگر قرار گرفته اند.

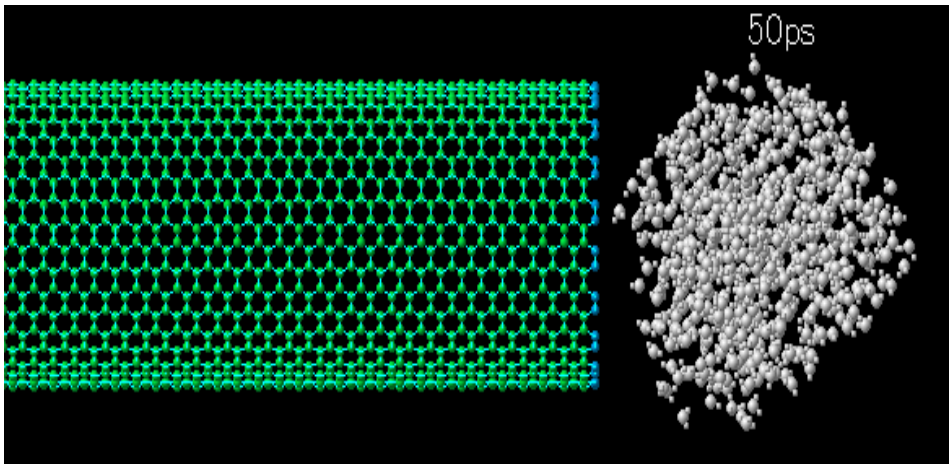
این ساختارها عبارتند از:

01.گرافیت

02.الماس

03.(باکی بالها) مانندC60

04 .نانولوله ها



گرافیت یکی از مهمترین ساختارهای کربن در طبیعت است و از قرارگرفتن شش اتم کربن در کنار یکدیگر به وجود آمده است. این اتمهای کربن به گونهای با یکدیگر ترکیب شده اند که یک شش ضلعی منتظم را پدید میآورند و از مجموع آنها، صفحهای به دست میآید که به عنوان یک (الیه گرافیت) در نظر گرفته میشود.اتمهای کربن با پیوندهای کوا نسی . که پیوندی قوی و محکم است . به یکدیگر متصل شده اند. زم به ذکر است که اتمهای کربن به کار

رفته در یک الیه گرافیت نمیتوانند با کربنی خارج از این الیه پیوند کووالنسی بدهند. بنابراین یک الیه گرافیت از طریق پیوندهای واندروالس که پیوندهایی ضعیف هستند به الیه زیرین متصل میشود. این مساله باعث میشود که صفحههای گرافیت بهراحتی روی یکدیگر بلغزند. به همین دلیل از این ترکیب در »روغنکاری« و » روانکاری« استفاده میشود. علت نرمی سطوحی که با مداد روی آنها نوشته شده است نیز همین نکته است.

الماس- 1-2

در دما و فشارهای خیلی با کربن به صورت الماس پایدار است که در آن هر اتم کربن با چهار اتم پیوند کوا نسی برقرار کرده است. به سبب وجود پیوند قوی کووالنسی کربن-کربن جزو سختترین مواد موجود در طبیعت با سختی 01 در مقیاس مورس محسوب میشود. همین ساختار باعث ایجاد خواص شگفتانگیزی در الماس گردیده است که از آن جمله میتوان به هدایت گرمایی چند برابر مس و دمای ذوب حدود 3111 اشاره کرد.

3-1 -باکی بالها

باکی بالها ساختارهای کربنی گلوله ای شکل و توخالی هستند که معروفترین آنها C60 یا فولرین است. C60 ساختاری شبیه به توپ فوتبال دارد. اتمهای کربن در آن با پیوند کوا نسی به صورت پنج ضلعی و شش ضلعی به هم متصل شده اند. در واقع این کره از 30 قسمت که 01 تای آن شش ضلعی و 00 تای آن پنج ضلعی است تشکیل شده است. باکی بالها بخاطر خصوصیات شیمیایی و شکل توخالی و قفس مانند خود کاربردهای بسیاری دارند. باکی بالها بی نهایت پایدار هستند و میتوانند فشارها و دماهای بسیار با را تحمل کنند. اتمهای کربن باکی بالها میتوانند با اتمها و مولکولها واکنش دهند بدون آنکه پایداری و ساختمان کروی آنان دچار تغییر یا عیب شود.

4-1 -نانولوله های کربنی

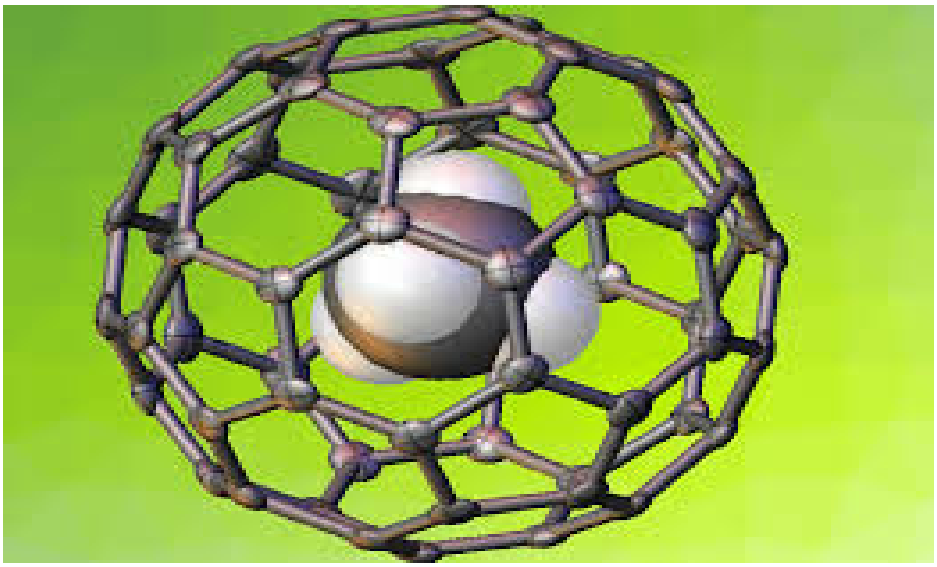
نانولوله های کربنی از مهمترین و پرکاربردترین ساختارهای کربنی هستند که اخیرا کشف شدهاند. آنها از خواص و وی‌ژگیهای منحصر بفردی برخوردار هستند. نانولوله های کربنی ء وه بر اینکه استحکام

بسیار با یی دارند، از انعطاف و پیچش پذیری خوبی نیز برخوردارند. یکی از کاربردهای آنها، کامپوزیت است. مهمترین خاصیت نانولولهها، هدایت الکتریکی آنهاست که بستگی به میزان نظم قرار گرفتن اتمها، مقدار این پارامتر متغیر است. نانو لوله های کربنی مولکولهایی استوانه ای شکل با انتهای باز یا بسته هستند. ساختار نانولوله ها مانند صفحهای از گرافیت است که رول شده باشد. برای درک بهتر ساختار نانولوله یک الیه گرافیت را در نظر بگیرید. اتمهایی را که در یک ردیف قرار گرفتهاند با(m,n)که نشاندهنده مختصات یک نقطه در صفحه است . مکانیابی میکنیم. به طوری که مختصاتn ،مربوط به ستون اتمها و مختصات m مربوط به ردیف اتمها باشد. همانطور که میدانیم برای تهیه یک لوله از یک صفحه، کافی است یک نقطه از صفحه را روی نقطه ی دیگر قرار دهیم. یک نانولوله مانند صفحه گرافیتی است که به شکل لوله درآمده باشد. بسته به اینکه چگونه دو سر صفحه گرافیتی به یکدیگر متصل شده باشند، انواع مختلفی از نانولوله ها را خواهیم داشت.

نانو (باک مینستر فولرن) ؛(Buckminsterfullerene) و خصوصیات باکی بال ها

باکی بال (C60) و فولرنها از جمله موادی هستند که بسیاری از مواد نانو بر پایه آن بنا شده است.خواص ساختاری و الکترونیکی منحصر به فرد، و نیز کاربرد آنها در زمینه های مختلف از قبیل کاربردهای الکترونیکی مانند ساخت نانو الکترود های به کار رفته در مدار های الکتریکی خاص، نانو فوتونیکی در نانو سلول های خورشیدی و جاذب نانو طول موج های خاص میباشد.از مهمترین و منحصر به فرد ترین خواص فولرن ها، توانایی آنها در حفظ اتم ها و یا مولکول های کوچک در درون قفس کربنی می باشد. قفس های کربنی اندو هدرال (EFs) ،به دلیل پایداری ذاتی،نانو ساختارهای اندو هدرال آنها که حاوی یک یا دو اتم فلزی مانند LaوSc و یا حاوی یک فلز –نیترید خوشه ای مانندSc3N میباشند سنتز شده اند. اهمیت پارامترهای فضائی و الکترونی مرتبط با ساختار قفس مانند فولرن در عوامل این واهمیت درون گیر نانو ساختار ها و پایداری این ترکیبات میباشد. خواص نوری ، انرژی های یونش و الکترون خواهی و پایداری نسبی چند گانگی های مختلف فلرون ها بسیار تاثیر گذار در تکثیر ادوات نانو الکترونیکی میباشد.از میان مجموعه فولرن ها، ساختارهایC70, C60 بیشترین فراوانی را دارا می باشند. این مقادیر به ترتیب شامل 75 و 24 درصد می باشند و 1 در صد

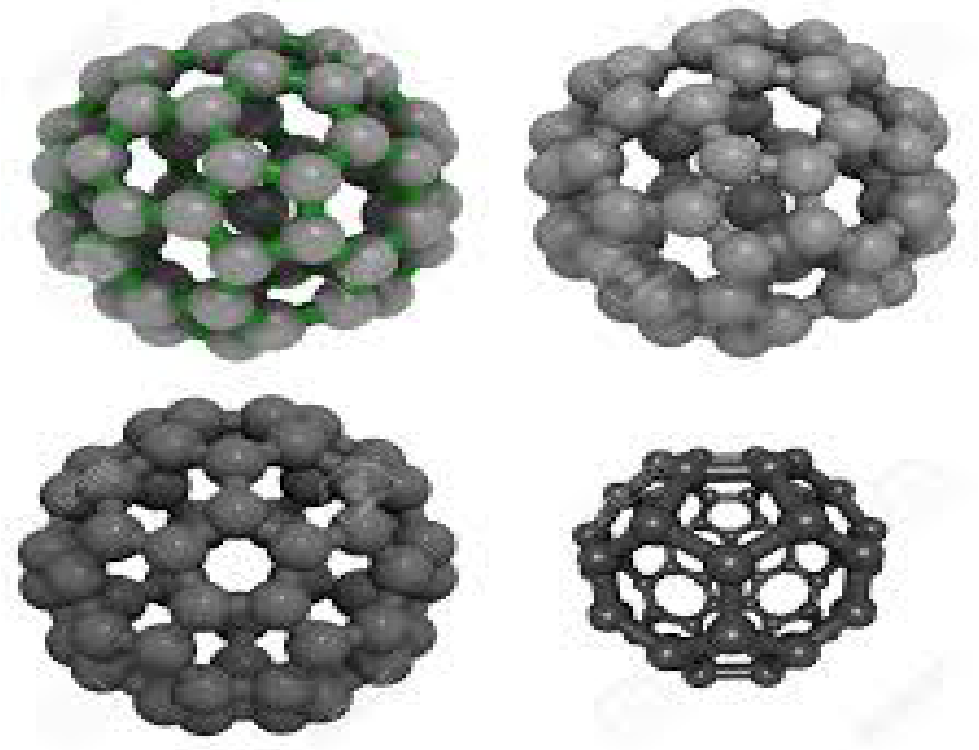
باقیمانده نیزاز فولرن های C74 تا C100 تشکیل شده است.قفس C60 با تقارن Ih قطری در حدود 7Å دارد. مولکول C70 نیز به شکل توپ راگبی است و تقارن آن معمو ً ساختاری مسطح دارد اما در فولرن ها آرایش 5h ،عرض آن 7Å و طول آن 10 Å است. کربن پیوندی کربن از حالت مسطح خارج می شود به طوری که سه پیوند، یک هرم کم عمق را ایجاد می کنند. فشار حاصل از این تغییر، در مولکول C60 حدود 400 mol/kcal تفاوت انرژی ایجاد می کند که این مطلب می تواند دلیل قانع کننده ای برای واکنش پذیری بیشتر فولرن ها نسبت به نانو لوله ها باشد.



سنتز و جداسازی نانو فولرن ها و باکی بال ها به روش تخلیه ی الکتریکیاین دسته از ترکیبات نانو ساختار اولین بار به روش تخلیه ی الکتریکی بدست آمدند. البته مکانیسم دقیقی برای تشکیل فولرنها شناخته نشده است، اما به نظر میرسد آنها در طی ایجاد پ سما کربن تولید می شوند. خالص سازی فولرن ها معمو توسط

کروماتوگرافی ستونی با عملکرد با انجام میشود. همچنین در مقیاس کوچکتر، عمل تصعید میتواند برای تولید فولرن های عاری از ح ل با خلوص با استفاده شود. فولرنها جامد های دوده مانند وتیره رنگ و در بعضی از موارد درخشان هستند. ح لیت فولرنها در ح لهای هیدروکربنی ناچیز است معمو اما در ح ل های نانو مولکول آروماتیک زیاد است و در ترکیبات نانو ساختار فولرنهای بزرگتر از فولرنهای کوچکتر کمتر حل میشوند.

باکی بال (C60) و فولرنها از جمله موادی هستند که بسیاری از مواد نانو بر پایه آن بنا شده است.خواص ساختاری و الکترونیکی منحصر به فرد، و نیز کاربرد آنها در زمینه های مختلف از قبیل کاربردهای الکترونیکی مانند ساخت نانو الکترود های به کار رفته در مدار های الکتریکی خاص، نانو فوتونیکی در نانو سلول های خورشیدی و جاذب نانو طول موج های خاص میباشد.

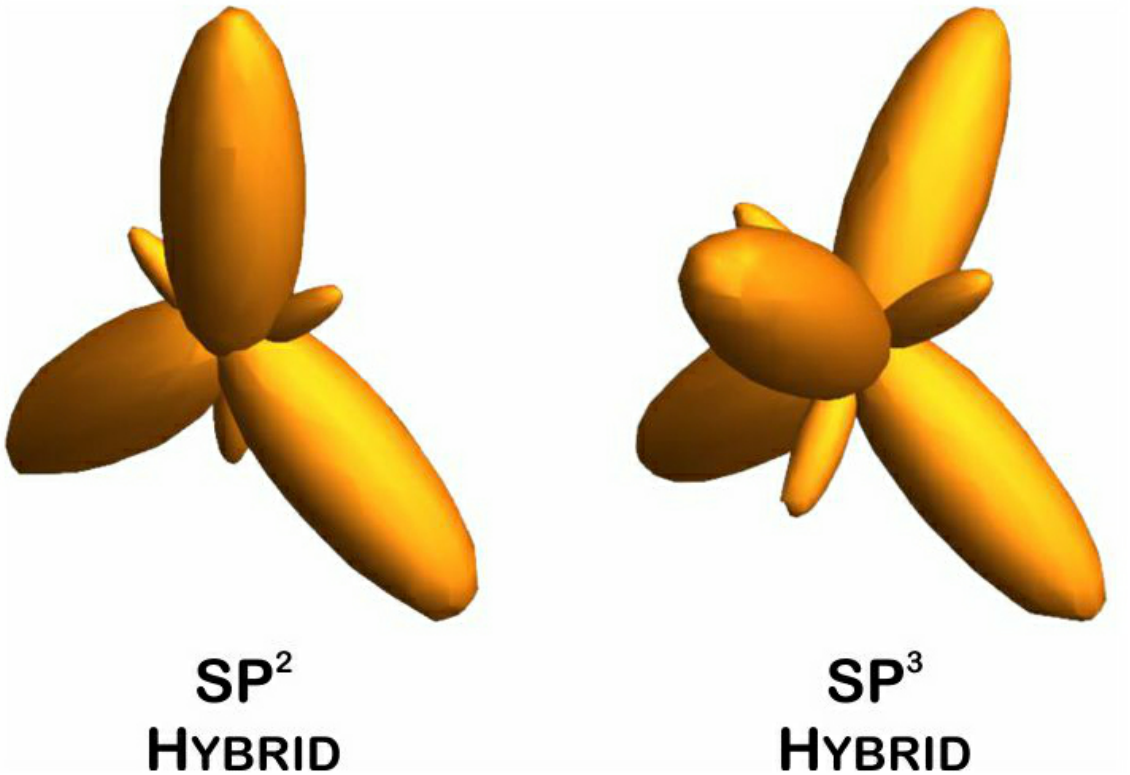


باکی بال های C70 و تغییر ساختار ذرات نانو لوله ها.

یک نانو لوله عضوی از خانواده فلورن هاست، که باکی بال های C70 را نیز شامل میشود. فلورنها خوشه ی بزرگ.ی از اتم های کربن در قالب یک قفس بسته میباشند و از وی.ژگی های خاصی برخوردارند که پیش از ای.ن در ه.یچ ترکیب دیگری یافت نشده است.بنابراین، فلورنها به طور کلی خانواده ای جالب توجه از ترکیب ها را تش.کیل میدهند که به طور قطع در کاربرد ها و فناوری های آینده مورد استفاده وسیع قرار خواهند گرفت. ساختار های عجیب و غریب زیادی از فلورنها، شامل ذرات ک.روی م.نظم، مخروط.ی، لول.ه ای و همچن.ین اش.کال پیچیده و عجیب دیگر وجود دارد. س.اختار باکی بال در شکل کره و نانو لوله به شکل استوانه است که معمو ً اقل یک س.ر آن ب.ا درپ.وش ن.یم ک.روی از ساختار باکی بال پوشیده شده است. مولکول استوانه ای هستند و خواص شگفت انگیزی دارند که آنها را برای بکارگیری در بس.یاری از کاربرد ه.ای نانو فناوری، الکترونیک، اپتیک و ح.وزه ه.ای دیگ.ر عل.م م.واد مناس.ب م.ی س.ازد. آنه.ا دارای اس.تحکام خ.ارق العاده ای بوده، خواص الکتریکی منحصر به فردی دارند، و هادی کارآمدی برای حرارت هستند.

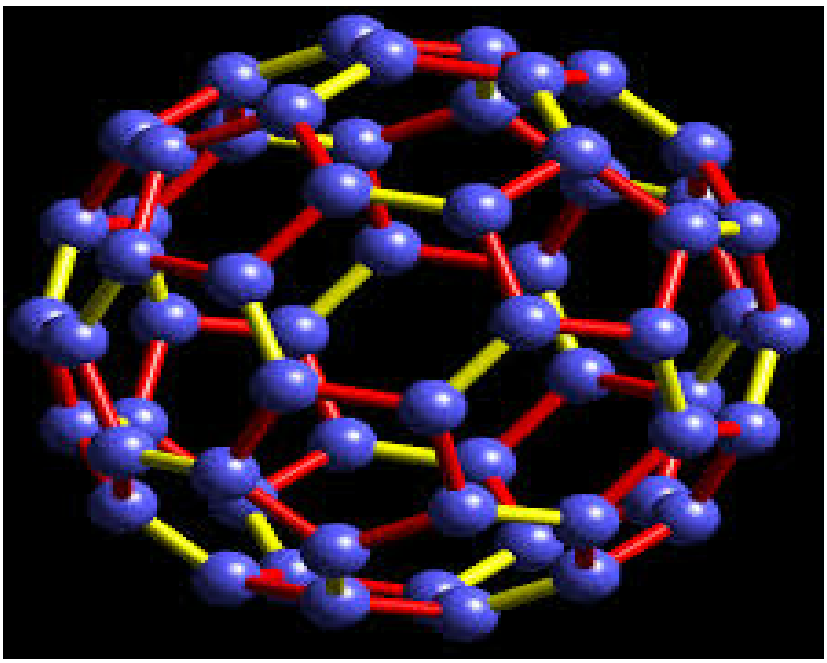
نانو لوله های کربنی C70 به عنوان عایق اکسید کننده قوی برای یه های آلی با قدرت کم انرژی عمل می کنند. نام باکی بال C70 از اندازه اش گرفته شده، زیرا قطر آن در ابعاد نانومتر (تقریب.اً 50000 براب.ر ک.وچکتر از قط.رم.وی س.ر انسان) بوده و این در حالی است که طول آن میتواند به بلندی چند میلیمتر برسد. طول بلن.د چن.دین میکرون.ی و قطر کوچک چند نانومتری آنها نسبت طول به قطر بسیار بزرگی را نتیجه میدهد. ل.ذا م.یت.وان آنه.ا را تقریب.اً ب.ه ص.ورت فل.ورنه.ای ی.ک بع.دی در نظ.ر گرف.ت. ب.دین ترتی.ب باکی بال های C70 از خ.واص جال.ب الکترونیک.ی، مک.انیکی و مولک.ولی وی.ژه ای برخ.وردارند. وی.ژگی نانو لوله های کربنی از اثر ساختار تقریب.اً ی.ک بع.دی آنه.ا ب.ر روی خ.واص مولک.ولی و الکترونیک.ی ش.ان معطوف میشود. نانو لوله ها در دو دسته ی اصلی وجود دارند: نانو لوله های تک دیواره و ن.انو لوله های چند دیواره MWNTs نانو لوله های تک دیواره را میتوان به ص.ورت ورق.ه ه.ای بلن.د گرافی.ت در نظر گرفت که به شکل استوانه پیچیده شده اند. نسبت طول به قطر نانو لوله ها در حدود 1000 بوده و میتوان آنها را به عنوان ساختارهای تقریباً یک بعدی درنظر گرفت. نانو لوله ها مشابه گرافیت تمام.اً تشکیل شده اند،

این ساختار هیبریدی، از هیبرید SP 2 از هیبرید SP که در الماس وج.ود دارد ق.ویتر اس.ت و استحکام منحصر به فردی به این مولکولها م.یده.د. نانو لول.ه ه.ا معم.و ً تح.ت نیروه.ای وان.دروالس ب.ه ش.کل ریسمان به هم میچسبند. تحت فشار زیاد، نانو لوله ها میتوانند با هم ممزوج و متصل شوند و این امکان ب.ه وج.ود میآید که بتوان سیم های به طول نامحدود و بسیار مستحکمی را تولید کرد.



معرفی انواع فولرین ها و ساختمان باکی بال در(CNTs,
Nanotubes Carbon)

نانو فولرین ها با قابلیت ذخیره انرژی الکترو استاتیکی که آنها را می توان به عنوان نانو ابر خازنی با ظرفیت بسیار با بکار برد. همچنین بوسیله این نانو لوله ها میتوان شبکه عصبی را ترمیم کرد. نانو فولرین های کربنی، آلوتروپی از کربن نظیر الماس و گرافیت هستند این ترکیبات از کربن ساخته شده اند که شکلهای کروی، بیضوی به خود می گیرند به آن دسته که کروی شکل هستند، باکی بال می گویند.فولرینها فعالیت شیمیایی زیادی ندارند. پهنای صفحه گرافیت حدود چند نانومتر.طول نانو لوله ها در بازه ای در حدود چند میکرومتر تا کمتر از یک متر است.ساختار مولکولی منحصربفرد آنها باعث ایجاد خواص ماکروسکوپی غیرمعمول است

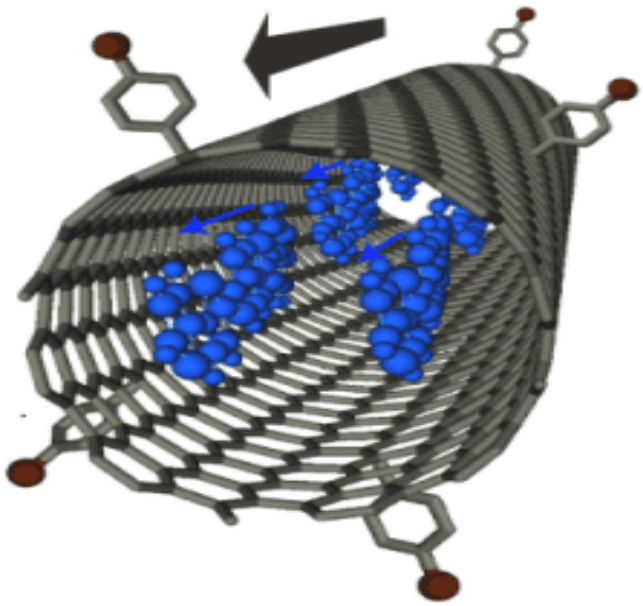


نانو فولرین های غیرکربنی

در فولرین های غیرکربنی، عناصر دیگر، ساختاری مشابه فولرین ها را به وجود می آورند، ساختار شیمیایی این فولرین ها اغلب اکسید فلزی است، اکسید وانادیوم یک نمونه از آنهاست.

فولرین های درون وجهی

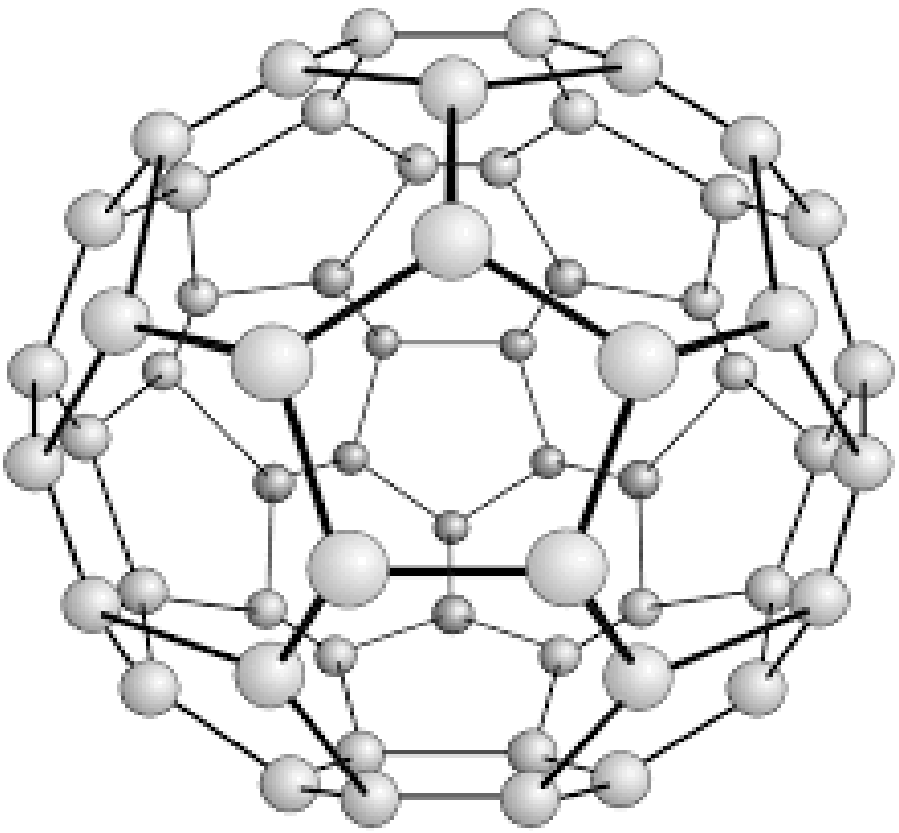
اتم های مختلف را داخل خود محصور می کنند، نانو ساختارهای به دست آمده برای کاربردهایی از جمله ردیابی عناصر و فرایندهای زیست شناختی به کار می روند.فولرین های چند یه شامل چند فولرین است که در داخل یکدیگر قرار دارند. به همین دلیل به این ساختار نانو پیاز نیز گفته می شود.



فولرین ها به نور حساس اند و با تغییر طول موج نور خواص الکتریکی شان به شدت تغییر می کند. مانند: دیودهای نور افشان آلی با طول عمر و عملکرد با ودرون مولکول های فولرین ها را می توان توسط عناصر دیگر پر کرد. به عنوان مثال با قرار دادن

برخی عناصر فلزی درون فولرین ها می توان خواص الکتریکی آنها را ارتقاء داد. همچنین از مولکول فلورین برای ذخیره سازی در نانو ابر خازن ها و حبس اتم های غیرکربنی می توان استفاده کرد.

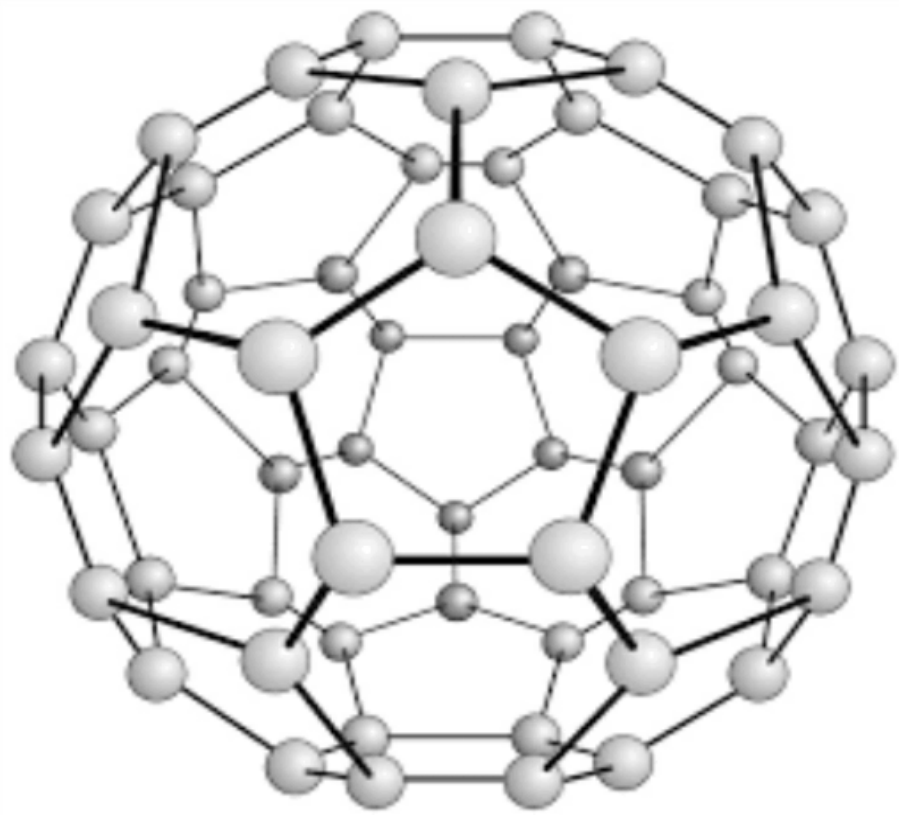
از نانو لوله های کربنی به عنوان فولرین های کشیده شده یاد می کنند. و از صفحات گرافن برای توانمند سازی نانو لوله های کربنی استفاده میگردد.نانو فولرین ها با قابلیت ذخیره انرژی الکترو استاتیکی که آنها را می توان به عنوان نانو ابر خازنی با ظرفیت بسیار با بکار برد.



نانو فولرن و باکی بال ها

Nano fullerene

در نانو الکترونیک



نویسنده : دکتر افشین رشید