دانشگاه کاشان

دانشکده مهندسی

گروه مهندسی مکانیک

پایان نامه

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

عنوان:

کمانش نانو مخروط کربنی دو جداره تحت نیروی فشاری محوری واقع در یک محیط الاستیک

استاد راهنما:

دکتر کیوان ترابی

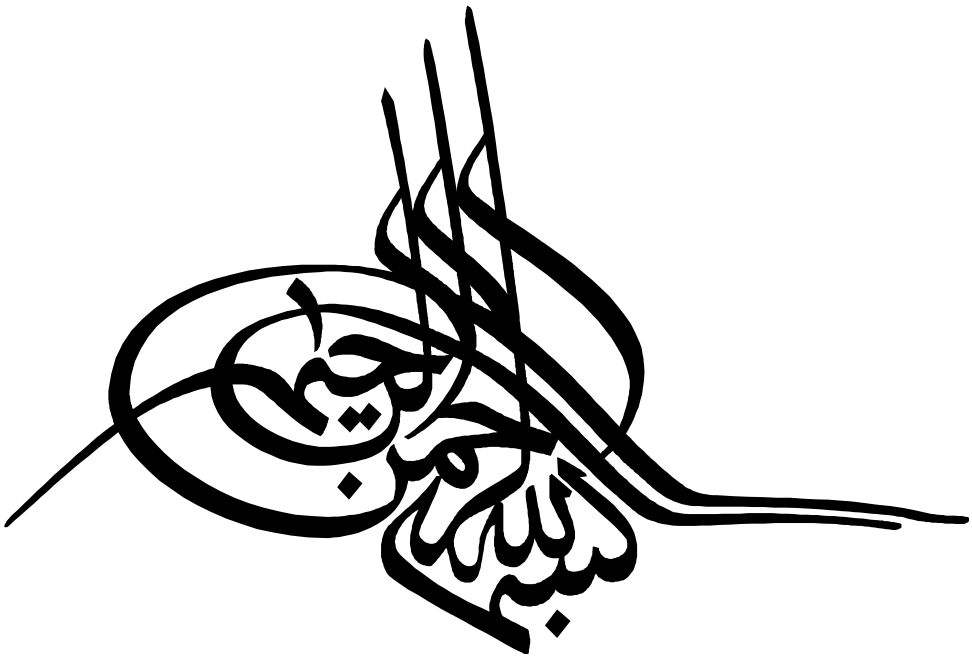
استاد مشاور:

دکتر علی قربان پور

توسط:

شیوا مرتضوی

بهمن ۱۳۸۹


بسم الله الرحمن الرحيم

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

تشکر و قدر دانی

بدون شک انجام این پروژه بدون راهنمایی های ارزنده اساتید ارجمندم آقایان دکتر ترابی و دکتر قربان پور میسر نبوده و آنچه در ادامه می آید حاصل راهنمایی های اساتید و همکاری همسرم دکتر عسگری می باشد. با نهایت سپاس از زحمات و کمک های بی شائبه اساتید محترم، توفیق و بهروزی ایشان را آرزومندم.

همچنین از تشریک مساعی آقایان دکتر لقمان و دکتر محمدی مهر به عنوان استاد داور داخل دانشگاه که این پایان نامه را مورد مطالعه قرار داده و در جلسه دفاعیه شرکت نموده اند تشکر می نمایم.

در پایان از جناب آقای دکتر ابراهیم آبادی که به عنوان نماینده تحصیلات تکمیلی دانشگاه قبوی زحمت نموده اند سپاسگزاری می نمایم.

چکیده

با توجه به اهمیت بارگذاری محوری و فشاری نانومخروطهای کربنی و مطالعه پایداری در این تحقیق کمانش نانو مخروط تک جداره و دو جداره واقع در محیط الاستیک تحت نیروی محوری با استفاده از مدل پوسته مخروطی مورد مطالعه قرار گرفته است.

از تئوری های مکانیک محیط پیوسته و استفاده از فرض لاو کیرشهف روابط سینماتیک نیروها و ممان ها برای پوسته مخروطی به دست می آید. سپس معادله انرژی پتانسیل کل برای پوسته مخروطی نوشته شده وفرضیات ساندرز در نظرگرفته می شود. با اعمال روابط اویلر بر معادله انرژی، سه معادله تعادل به دست می آیند. با استفاده از ضابطه ترفتز(نقطه مجاور) این روابط خطی می شوند. با توجه به شرایط تکیه گاه ساده مودهای کمانش تقریب زده شده و با اعمال به معادلات و استفاده از روش گلرکین بار کمانش به دست می آید.همچنین نانو مخروط دو جداره به صورت پوسته های مخروطی متحدالمرکز در نظر گرفته شده ومعادلات حاکم بر نانومخروط دو جداره به دست آمده و با روش مذکور حل شده است.

به این ترتیب تاثیر محیط الاستیک بر رفتار کمانش نانو مخروط تک و دو جداره با دو مدل وینکلر و پاسترناک بررسی شده است. همچنین در نانو مخروط دو جداره تاثیر نیروی واندروالس نیز مورد بررسی قرار گرفته است. تاثیر تئوری الاستیک غیر موضعی و زاویه نیم راس مخروط بر بار کمانش و مدهای کمانش مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج به دست آمده حاکی از آن است که با افزایش زاویه راس مخروط پایداری کمانش افزایش می یابد. به علاوه پایداری نانو مخروط دو جداره نسبت به نانو مخروط تک جداره بیشتر است.

کلمات کلیدی :کمانش، نانو مخروط کربنی دو جداره، نیروی واندروالس، بارهای فشاری محوری، محیط الاستیک

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول: معرفی نانولوله ها و نانومخروطهای کربنی	۱
۱-۱- مقدمه ای بر نانو فناوری	۱
۱-۲- نانو لوله کربنی تک جداره	۵
۱-۳- نانومخروط کربنی	۸
۱-۴- خواص نانولوله ها و نانومخروطهای کربنی	۱۰
۱-۴-۱- خواص مکانیکی	۱۱
۱-۴-۲- خواص الکتریکی	۱۲
۱-۴-۳- واکنش پذیری شیمیایی	۱۳
۱-۵- روش های سنتز نانولوله و نانومخروطهای کربنی	۱۳
۱-۵-۱- تخلیص	۱۴
۱-۶- کاربردها نانولوله ها و نانومخروطهای کربنی	۱۵
۱-۷- مرور تحقیقات گذشته و تعریف پایان نامه	۱۸
۱-۷-۱- نانو لوله های کربنی	۱۸
۱-۷-۲- نانومخروطهای کربنی	۲۰
۱-۷-۳- تعریف پایان نامه و اهداف مورد نظر	۲۶
فصل دوم: معادلات حاکم و فرمول بندی مساله	۲۸
۲-۱- روابط تعادل پوسته مخروطی با استفاده از روش انرژی	۲۸
۲-۱-۱ ضابطه تعادل در نقطه مجاور(ضابطه ترفتز)	۳۲

عنوان **صفحه**

۲-۲- مدل پوسته پیوسته بر اساس الاستیسیته غیر موضعی ۳۵

۲-۳- بررسی تاثیر محیط الاستیک و نیروی واندروالس ۳۷

۲-۴- حل روابط پایداری پوسته مخروطی ۳۹

۲-۴-۱- بررسی نانو لوله تک جداره در محیط الاستیک ۳۹

۲-۴-۲- بررسی نانو لوله دو جداره در محیط الاستیک ۴۱

فصل سوم: تجزیه و تحلیل نتایج عددی ۴۹

۳-۱- نانو مخروط تک جداره ۴۹

۳-۲- نانو مخروط دو جداره ۶۰

۳-۳- نتیجه گیری ۷۴

۳-۴- پیشنهادات برای ادامه کار ۷۵

فهرست مراجع ۷۷

پیوست الف- روابط نانومخروط کربنی تک جداره ۸۱

پیوست ب - روابط نانومخروط کربنی دو جداره ۹۲

فهرست شکل ها

عنوان **صفحه**

شکل (۱-۱) نحوه شکل گیری نانو لوله های کربنی از صفحه گرافیتی ۶

شکل (۱-۲) نانومخروط تک جداره زیگزاگ و آرمچیر ۶

شکل (۱-۳) نانومخروط دو جداره ۷

شکل (۱-۴) نمونه ای از نانو مخروط با راس متفاوت ۹

شکل (۱-۵) مدل هندسی نانومخروطها ۱۰

شکل (۱-۶) تصویر زمان های متفاوت رشد a) ۵دقیقه – b ۱۰دقیقه – c ۲۰ دقیقه ۱۴

شکل (۱-۷) شبیه سازی یک نانولوله تحت بار محوری فشاری ۱۹

شکل (۱-۸) تصویر نانومخروط در مطالعات تجربی ۲۱

شکل (۱-۹) تصاویر نانومخروط با زوایای مختلف راس در مطالعات تجربی ۲۲

شکل (۱-۱۰) تصاویر نانومخروط چندجداره در مطالعات تجربی ۲۲

شکل (۱-۱۱) نحوه تشکیل یک نانومخروط از یک صفحه گرافیت ۲۳

شکل (۱-۱۲) نانومخروط با زاویه راس ۸۶.۶درجه که با روش مذکور ایجاد شده است ۲۴

شکل (۱-۱۳) نانو مخروط ناقص با زوایای راس مختلف ۲۵

شکل (۱-۱۴) ساختار نانو مخروط چندلایه ۲۵

شکل(۱-۲) هندسه پوسته مخروطی ۲۸

شکل(۱-۳)تغییرات بار کمانش بر حسب مد کمانش طولیmبه ازای مدهای کمانش عرضیnمتفاوت $\beta = 15.2, k = 8.99\times10^{17}\ N/m^3, G = 2.071N/m, e_0a = 0.05538nm$ ۴۴

شکل(۲-۳) تغییرات بار کمانش بر حسب مد کمانش طولیmبه ازای مدهای کمانش عرضیnمتفاوت $\beta = 30, k = 8.99\times10^{17}\ N/m^3, G = 2.071N/m, e_0a = 0.05538nm$ ۴۴

عنوان **صفحه**

شکل(۳-۳) تغییرات بار کمانش بر حسب مد کمانش طولیm به ازای مدهای کمانش عرضیn ۴۵

متفاوت $\beta = 43.3, k = 8.99\times10^{17}\ N/m^3, G = 2.071N/m, e_0a = 0.05538nm$

شکل (۴-۳) تغییرات بار کمانش بر حسب مد کمانش طولی m به ازای زوایای نیم راس مخروط ۴۶

متفاوت $n = 1, k = 8.99\times10^{17}\ N/m^3, G = 2.071N/m, e_0a = 0.05538nm$

شکل(۵-۳) تغییرات بار کمانش بر حسب مد کمانش طولی m به ازای زوایای نیم راس مخروط ۴۶

متفاوت $n = 5, k = 8.99\times10^{17}\ N/m^3, G = 2.071N/m, e_0a = 0.05538nm$

شکل(۶-۳) تغییرات بار کمانش بر حسب مد کمانش طولی m به ازای زوایای نیم راس مخروط ۴۷

متفاوت $n = 20, k = 8.99\times10^{17}\ N/m^3, G = 2.071N/m, e_0a = 0.05538nm$

شکل(۷-۳) تغییرات بار کمانش بر حسب مد کمانش طولیm ۴۸

$\beta = 15, n = 1, k = 8.99\times10^{17}\ N/m^3, G = 2.071N/m$

شکل(۸-۳). تغییرات بار کمانش بر حسب مد کمانش طولی m ۴۸

$\beta = 30, n = 1, k = 8.99\times10^{17}\ N/m^3, G = 2.071N/m$

شکل (۹-۳) تغییرات بار کمانش بر حسب مد کمانش طولی m ۴۹

$\beta = 15, n = 10, k = 8.99\times10^{17}\ N/m^3, G = 2.071N/m$

شکل(۱۰-۳) . تغییرات بار کمانش بر حسب مد کمانش طولی m ۵۰

$\beta = 30, n = 10, k = 8.99\times10^{17}\ N/m^3, G = 2.071N/m$

شکل(۱۱-۳) تغییرات بار کمانش بر حسب مد کمانش طولی m ۵۱

$\beta = 15, n = 1, G = 2.071N/m, e_0a = 0.05538nm$

شکل(۱۲-۳) تغییرات بار کمانش بر حسب مد کمانش طولی m ۵۱

$\beta = 30, n = 1, G = 2.071N/m, e_0a = 0.05538nm$

عنوان **صفحه**

شکل(۱۳-۳) تغییرات بار کمانش بر حسب مد کمانش طولی m ۵۲

$\beta = 15, n = 10, G = 2.071N/m, e_0a = 0.05538nm$

شکل(۱۴-۳) تغییرات بار کمانش بر حسب مد کمانش طولی m ۵۳

$\beta = 30, n = 10, G = 2.071N/m, e_0a = 0.05538nm$

شکل۱۵-۳ . تغییرات بار کمانش بر حسب مد کمانش طولی m ۵۴

$\beta = 15, n = 1, k = 8.99\times10^{17} N/m^3, e_0a = 0.05538nm$

شکل(۱۶-۳) تغییرات بار کمانش بر حسب مد کمانش طولی m ۵۴

$\beta = 30, n = 1, k = 8.99\times10^{17} N/m^3, e_0a = 0.05538nm$

شکل۱۷-۳ . تغییرات بار کمانش بر حسب مد کمانش طولی m ۵۵

$\beta = 15.2, n = 10, k = 8.99\times10^{17} N/m^3, e_0a = 0.05538nm$

شکل(۱۸-۳) . تغییرات بار کمانش بر حسب مد کمانش طولی m ۵۶

$\beta = 30, n = 10, k = 8.99\times10^{17} N/m^3, e_0a = 0.05538nm$

شکل(۱۹-۳). تغییرات بار کمانش بر حسب مدهای کمانش m,n ۵۷

$\beta = 15.2, k = 8.99\times10^{17} N/m^3, G = 2.071N/m, e_0a = 0.05538nm$

شکل(۲۰-۳) . تغییرات بار کمانش بر حسب مدهای کمانش m,n ۵۷

$\beta = 19.4, k = 8.99\times10^{17} N/m^3, G = 2.071N/m, e_0a = 0.05538nm$

شکل(۲۱-۳). تغییرات بار کمانش بر حسب مدهای کمانش m,n ۵۸

$\beta = 30, k = 8.99\times10^{17} N/m^3, G = 2.071N/m, e_0a = 0.05538nm$

شکل (۲۲-۳) تغییرات بار کمانش بر حسب مدهای کمانش m,n ۵۸

$\beta = 43.3, k = 8.99\times10^{17} N/m^3, G = 2.071N/m, e_0a = 0.05538nm$

شکل (۲۳-۳) تغییرات بار کمانش بر حسب مد کمانش طولیm به ازای مدهای کمانش عرضیn ۶۰

متفاوت

صفحه $\beta = 15.2, k = 8.99\times10^{17} N/m^3, G = 2.071N/m, e_0a = 0.05538nm, C_v = 9.91866693\times10^{19} N/m^3$

عنوان

شکل (۲۴-۳) تغییرات بار کمانش بر حسب مد کمانش طولیm به ازای مدهای کمانش عرضیn متفاوت ۶۰

$\beta = 30, k = 8.99\times10^{17} N/m^3, G = 2.071 N/m, e_0 a = 0.05538 nm, C_v = 9.91866693\times10^{19} N/m^3$

شکل(۲۵-۳) . تغییرات بار کمانش بر حسب مد کمانش طولی m ۶۱

$n = 1, k = 8.99\times10^{17} N/m^3, G = 2.071 N/m, e_0 a = 0.05538 nm, C_v = 9.91866693\times10^{19} N/m^3$

شکل(۲۶-۳) . تغییرات بار کمانش بر حسب مد کمانش طولی m ۶۲

$n = 5, k = 8.99\times10^{17} N/m^3, G = 2.071 N/m, e_0 a = 0.05538 nm, C_v = 9.91866693\times10^{19} N/m^3$

شکل۲۷-۳ . تغییرات بار کمانش بر حسب مد کمانش طولی m ۶۲

$n = 10, k = 8.99\times10^{17} N/m^3, G = 2.071 N/m, e_0 a = 0.05538 nm, C_v = 9.91866693\times10^{19} N/m^3$

شکل۲۸-۳ . تغییرات بار کمانش بر حسب مد کمانش طولی m ۶۳

$n = 5, \beta = 30^\circ, k = 8.99\times10^{17} N/m^3, G = 2.071 N/m, C_v = 9.91866693\times10^{19} N/m^3$

شکل(۲۹-۳) . تغییرات بار کمانش بر حسب مد کمانش طولی m ۶۴

$n = 5, \beta = 15.2^\circ, k = 8.99\times10^{17} N/m^3, G = 2.071 N/m, C_v = 9.91866693\times10^{19} N/m^3$

شکل(۳۰-۳) . تغییرات بار کمانش بر حسب مد کمانش طولی m ۶۵

$n = 10, \beta = 15.2^\circ, k = 8.99\times10^{17} N/m^3, G = 2.071 N/m, C_v = 9.91866693\times10^{19} N/m^3$

شکل(۳۱-۳) . تغییرات بار کمانش بر حسب مد کمانش طولی m ۶۵

$n = 10, \beta = 30^\circ, k = 8.99\times10^{17} N/m^3, G = 2.071 N/m, C_v = 9.91866693\times10^{19} N/m^3$

شکل ۳۲-۳ . تغییرات بار کمانش بر حسب مد کمانش طولی m ۶۶

$n = 5, \beta = 15.2^\circ, G = 2.071 N/m, e_0 a = 0.05538 nm, C_v = 9.91866693\times10^{19} N/m^3$

شکل ۳۳-۳ . تغییرات بار کمانش بر حسب مد کمانش طولی m ۶۷

$n = 5, \beta = 30^\circ, G = 2.071 N/m, e_0 a = 0.05538 nm, C_v = 9.91866693\times10^{19} N/m^3$

عنوان **صفحه**

شکل۳۴-۳ . تغییرات بار کمانش بر حسب مد کمانش طولی m ۶۸

$n=10, \beta=15.2^{\circ}, G=2.071N/m, e_0a=0.05538nm, C_v=9.91866693\times10^{19}N/m^3$

شکل ۳۵-۳ . تغییرات بار کمانش بر حسب مد کمانش طولی m ۶۸

$n=10, \beta=30^{\circ}, G=2.071N/m, e_0a=0.05538nm, C_v=9.91866693\times10^{19}N/m^3$

شکل۳۶-۳ . تغییرات بار کمانش بر حسب مد کمانش طولی m ۶۹

$n=5, \beta=15.2, k=8.99\times10^{17}N/m^3, e_0a=0.05538nm, C_v=9.91866693\times10^{19}N/m^3$

شکل۳۷-۳ . تغییرات بار کمانش بر حسب مد کمانش طولی m ۷۰

$n=5, \beta=30^{\circ}, k=8.99\times10^{17}N/m^3, e_0a=0.05538nm, C_v=9.91866693\times10^{19}N/m^3$

شکل۳۸-۳ . تغییرات بار کمانش بر حسب مد کمانش طولی m ۷۱

$n=10, \beta=15.2^{\circ}, k=8.99\times10^{17}N/m^3, e_0a=0.05538nm, C_v=9.91866693\times10^{19}N/m^3$

شکل۳۹-۳ . تغییرات بار کمانش بر حسب مد کمانش طولی m ۷۱

$n=10, \beta=30^{\circ}, k=8.99\times10^{17}N/m^3, e_0a=0.05538nm, C_v=9.91866693\times10^{19}N/m^3$

شکل ۴۰-۳ . تغییرات بار کمانش بر حسب مدهای کمانش m,n ۷۲

$\beta=15.2, k=8.99\times10^{17}N/m^3, G=2.071N/m, e_0a=0.05538nm, C_v=9.91866693\times10^{19}N/m^3$

شکل ۴۱-۳ . تغییرات بار کمانش بر حسب مدهای کمانش m,n ۷۳

$\beta=19.4, k=8.99\times10^{17}N/m^3, G=2.071N/m, e_0a=0.05538nm, C_v=9.91866693\times10^{19}N/m^3$

شکل ۴۲-۳ . تغییرات بار کمانش بر حسب مدهای کمانش m,n ۷۳

$\beta=30, k=8.99\times10^{17}N/m^3, G=2.071N/m, e_0a=0.05538nm, C_v=9.91866693\times10^{19}N/m^3$

شکل ۴۳-۳ . تغییرات بار کمانش بر حسب مدهای کمانش m,n ۷۴

$\beta=43.3, k=8.99\times10^{17}N/m^3, G=2.071N/m, e_0a=0.05538nm, C_v=9.91866693\times10^{19}N/m^3$

فهرست جدول ها

عنوان **صفحه**

جدول (۱-۱) مقایسه خواص مکانیکی نانو لوله ها با برخی مواد متداول ۱۲

فهرست علایم و اختصارات

بار فشاری محوری	F
ضخامت	h
پارامترهای هندسی	H,L,R,X_0, R_1
انحنا سطح میانی	
منتج ممان	
منتج ممان مربوط به حالت پایداری	
منتج نیرو	
منتج نیرو مربوط به حالت پایداری	
منتج نیرو مربوط به حالت پایداری	
فشار هیدرواستاتیک	P
جابه جایی های نصف النهاری، محیطی و نرمال	u,v,w
جابه جایی های نصف النهاری، محیطی و نرمال مربوط به حالت پایداری	
جهات نصف النهاری، محیطی و نرمال	x, θ , z
زاویه نیم راس	
چرخش صفحه میانی در جهت θ	
چرخش صفحه میانی در جهت θ مربوط به حالت پایداری	
چرخش صفحه میانی در جهت x	
چرخش صفحه میانی در جهت x مربوط به حالت پایداری	
کرنش عمودی	

کرنش عمودی سطح میانی	
کرنش عمودی سطح میانی مربوط به حالت پایداری	
کرنش برشی	
کرنش برشی سطح میانی	
کرنش برشی سطح میانی مربوط به حالت پایداری	
نسبت پواسون	υ
تنش نرمال	
تنش برشی	
طول پیوند کربن - کربن	a
ضریب ثابت نیروی واندروالس	c
ثابت فنر مدل وینکلر	k
ثابت برشی مدل پاسترناک	G

فصل اول:

معرفی نانولوله ها و نانومخروطهای کربنی

۱-۱- مقدمه ای بر نانو فناوری

طی چند سال اخیر واژه ای با امکانات بالقوه نهان و پر دامنه به شتاب خود را در چارچوب آگاهی ها و نشریات علمی جا انداخته است. این واژه "نانو" است. این واژه تامل در خصوص تغییرات شگرفی را فراهم آورده که تقریبا در هر جنبه از علم و مهندسی با آثاری در اقتصاد، روابط بین الملل، زندگی روزمره اتفاق افتاده است. پیشوند نانو به معنی یک میلیاردیم است. یک نانو متر برابر است با ۱/۱۰۰۰۰۰۰۰۰یک متر. برای درک بهتر مقیاس نانو باید توجه کنیم که ضخامت یک موی انسان برابر است با پنجاه هزار نانو متر. پهنای اندام یک باکتری از چند صد نانو متر تجاوز نمی کند و کوچکترین شکل هایی که بر روی ریز تراشه ها حک می کنند حدود ۱۳۰ نانو متر عرض دارند. کوچک ترین شی قابل رویت با چشم غیر مسلح انسان ده هزار نانو پهنا دارد. اگر ده اتم هیدروژن را در یک خط به دنبال یکدیگر بگذاریم طول چنین خطی یک نانو متر خواهد بود. [۱]

دانش نانو به بیان بسیار ساده عبارت است از مطالعه اصول بنیانی ملکولها و ساختارهایی با دست کم دارای یک بعد به اندازه تقریبی یک تا صد نانو متر. چنین ساختارهایی را با تساهل، نانو ساختار می گویند. نانو فناوری عبارتست از کاربرد این نانو ساختار ها در ابزار مفیدی با مقیاس نانو. برای روشن شدن موضوع باید بدانیم که مقیاس نانو فقط کوچک نیست بلکه

کوچک از نوع خاص است. هر چیزی که ابعادش کوچک تر از یک نانو متر باشد یک اتـم آزاد و یا یک مولکول رهاست که به صورت یک ذره بخار رقیق شناور در فضاست. علاوه بر این مقیاس نانو منحصر به فرد است زیرا در آن محدوده، خواص معمـول مـاده چـون رسـانایی الکتریکـی، سختی و یا نقطه ذوب با خواص عجیب و غریب دنیای اتـم و مولکـول مثـل آثـار کوانتـومی و موجی ذرات به هم می رسند. در مقیاس نانو بیشترین خواص مـاده و ماشـین هـا بسـتگی بـه ابعادشان دارد و این همان چیزی است که در مقیاس های دیگر مشاهده نمی شود. مـثلا یـک مدار و یا نانو سیم ضرورتا از قانون اهم یعنی معادله مهمی که اسـاس الکترونیـک امـروزی بـه شمار می آید پیروی نمی کند. قانون اهم بین جریان، ولتاژ و مقاومت رابطـه برقـرار مـی کنـد. جریان الکترون ها درون یک سیم را مانند جریان آب رودخانه می نگرد. حال اگر قطر یک سیم در حد قطر یک اتم باشد جریان الکترون ها نمی توانند از سیم مثل سیال بگذرد بلکه یکی پس از دیگری عبور می کند و به این ترتیب قانون اهم دیگر صادق نیست. این گونه جفـت شـدگی ابعاد و خواص بنیادی شیمیایی، الکتریکی و فیزیکی مواد کلید تمامی دانش نانو به شـمار مـی آید[۱].

اولین جرقه نانو فناوری در سال ۱۹۵۹ توسط ریچارد فاینمن[1] زده شـد. او در نشسـت سـالیانه جامعهی فیزیک آمریکا، طی یک سخنرانی با عنوان "فضای زیادی در سطوح پایین وجـود دارد" ایده نانو فناوری را مطرح ساخت. وی معتقد بود که در آینده نزدیک انسان می تواند مولکول ها و اتم ها را به صورت مستقیم دستکاری کند. فاینمن در سخنرانی معروف خود با طرح سوالاتی باب جدیدی از علم را به سوی بشر گشود. از وقتی فاینمن نظرات و منطق خود را بـازگو کـرد، جهان روندی به سئی کوچک شدن در پیش گرفت. اصطلاح نانو فناوری اولین بار توسط نوریـو تانیگوچی[2] استاد دانشگاه علوم توکیو در سال ۱۹۷۴ بر زبان ها جاری شد. او ایـن واژه را بـرای توصیف ساخت مواد و وسایل دقیقی که ابعاد آنها در حد نانو متر باشد به کار بـرد. زمـانی کـه تقریبا نظریه فاینمن به دست فراموشی سپرده شده بود، یک دانشجوی رشته کامپیوتر بـه نـام

[1] Richard Feynman
[2] Norio Taniguchi

اریک درکسلر[1] که علاقه زیادی به نظریه فاینمن در ساخت سیستم هایی با ابعاد نانو متری داشت، سعی در شکوفایی این فرضیه نمود. وی بعد از اخذ درجه استادی علوم کامپیوتر، با جمع آوری جوانان جویا و کوشا نظریه نانو فناوری را بنا نهاد. اولین مقاله درکسلر در زمینه نانوفناوری در سال ۱۹۸۱ و با عنوان " پروتئین راهی برای تولید انبوه مولکولی ایجاد می کند" به چاپ رسید. در سال ۱۹۸۶ اصطلاح نانوفناوری توسط درکسلر در کتابی تحت عنوان "موتور آفرینش: آغاز دوران نانوفناوری" بازآفرینی و تعریف مجدد شد. وی این اصطلاح را در رساله دکترای خود مورد بررسی قرار داد و بعدها آن را در کتابی تحت عنوان " نانو سیستم ها، محاسبات و ساخت ماشین های مولکولی" توسعه داد. انقلاب فناوری و دانش نانو در اوایل دهه ۱۹۸۰ با دو تحول اساسی آغاز شد.اختراع میکروسکوپ تونل زنی پیمایشی[2] و سنتز و مطالعه خواص نانو بلورهای نیمه رسانا[3] و نقاط کوانتومی[4].

نانوفناوری رویکردی جدید در عرصه های مختلف علمی و صنعتی است از این رو کاربرد آن منحصر به زمینه خاصی نیست. در اینجا به مرور بعضی از پژوهش های کاربردی دانشمندان که با استفاده از نانوفناوری انجام شده است پرداخته می شود.

الکترونیک: نانو لوله ها در آستانه کاربرد در ترانزیستور ها سریع هستند . بسیاری از طراحان دستگاه ها تمایل دارند به پیشرفت هایی دست یابند که آنها را به افزایش تعداد اتصالات داخلی دستگاه ها در فضای کوچک تر قادر نماید. استفاده از نانو لوله های کربنی این هدف را محقق نموده است.نمایشگر های گسیل میدانی، استفاده از نقاط کوانتوم در ساخت دیود های نورانی سفید، نانو سیم ها، سیستم های نانو الکترومکانیکی، لیزرهای نیمه رسانای پهن باند و نانو کامپوزیت های نانو ذره ای فلزی برخی از کاربرد های نانوفناوری در الکترونیک می باشد.

فناوری اطلاعات : دانشمندان با استفاده از سلول های نانو حافظه ای تشکیل شده از نانو سیم ها با اندازه مولکولی به یک معماری جدی ترانزیستورها دست یافته اند که نوید بخش فشرده

[1] Eric Drexler
[2] Scanning Tunneling Microscope
[3] Semiconductor Nanocrystals
[4] Quantum Dots

سازی ذخیره اطلاعات است. حافظه های نانو لوله ای، عناصر مدارهای نوری و ذخیره سازی اطلاعات در مقیاس فوق العاده کوچک از این جمله اند.

مهندسی بافت: نانوفناوری می تواند به بازیابی یا ترمیم بافت های آسیب دیده کمک کند. برخی کاربرد های نانوفناوری در مهندسی بافت عبارتند از ساخت استخوان بر روی پایه مصنوعی، ترمیم مجدد اعصاب بینایی به کمک داربست نانو الیاف، رشد مصنوعی رگ های خونی. همچنین نانو لوله ها کربنی در درمان اختلالات و آسیب های عصبی، ساخت ماهیچه مصنوعی، تشخیص گلوکز، کمک به درما آسیب دیدگی مغز، دارو رسانی به سلول های آسیب دیده، از بین بردن تومورهای سرطانی و ژن درمانی کاردبرد دارد.

نانو فیلتر ها : نانو فیلتر ها می توانند در فیلتراسیون سریع خون مورد استفاده قرار گیرند. همچنین می توانند در بازیابی عناصری مانند کلسیم و سدیم، جداسازی زیستی باکتری ها، ویروس ها و اسید های نوکلئیک، تصفیه DNA جذب پروتئین و اسیدهای نوکلئیک، تصفیه محصولات آشامیدنی و غذایی، استریلیزه کردن سرم های پزشکی و سیالات زیستی، خالص سازی دارو ها و آنزیم ها و ... مورد استفاده قرار گیرند.

داروسازی و دارورسانی : مصرف دارو در حال حاضر به صورت حجمی است در حالی که در زمان بیماری سلول های خاصی از بدن نیازمند آن هستند. نانو کپسول ها نمونه هایی از ابزارهای نانویی برای رساندن دارو به سلول های هدف می باشد. نانو مواد اندازه مشابه بسیاری ساختارها و مولکولهای زیستی دارند از این رو می توانند در کاربدرها و پژوهش های زیست دارویی هم در محیط های آزمایشگاهی و هم در بدن موجود زنده مفید باشند.

صنایع غذایی : یکی از کاربردهای نانو فناوری در صنایع غذایی ایجاد پلاستیک های جدید در صنعت بسته بندی مواد غذایی است. در تولید این پلاستیک ها از نانو ذرات استفاده شده است. اکسیژن مسئله ساز ترین عامل در بسته بندی مواد غذایی است زیرا این عنصر باعث فساد چربی مواد غذایی و همچنین تغییر رنگ آنها می شود. در این پلاستیک جدید نانو ذرات به صورت زیگزاگ قرار گرفته اند و ماند سدی مانع از نفوذ اکسیژن می شوند. همچنین نانو کامپوزیت ها جایگزین خوبی برای بطری های پلاستیکی و نوشیدنی ها هستند.

کشاورزی : استفاده از سموم هوشمند در ابعاد نانو می تواند راه حل مناسبی برای مبارزه با بیماری گیاهان بدون مصرف مقدار اضافی از سموم و آلودگی محیط زیست باشد. از دیگر کاربردهای نانو فناوری در زمینه کشاورزی می توان به طراحی مولکولی مواد شیمیایی سازگار با طبیعت برای تغذیه گیاه با حفظ آن در برابر حشرات، ارتقای ژنتیکی و انتقل ژن ها و دارو ها در گیاهان و امکان سازگاری گیاهان با خشکسالی اشاره کرد[۲].

۱-۲- نانو لوله کربنی تک جداره[1]

در سال ۱۹۹۱ دانشمندی به نام ایجیما به طور اتفاقی ساختار دیگری از کربن ها را کشف و تولید کرد که خواص منحصر به فردی دارند[۳]. در ابتدا او این ساختار را نوعی فولرن تصور نمود که در یک راستا کشیده شده اند اما بعد ها متوجه شد که این ساختار خواص متفوتی نسبت به فولرن ها دارد و به همین دلیل آنها را نانو لوله های کربنی نامید. در یک نانو لوله کربنی اتم های کربن در ساختاری استوانه ای آرایش یافته اند. آرایش اتم های کربن در دیواره این ساختار استوانه ای دقیقا مشابه آرایش کربن در صفحات گرافیتی است. این صفحات کربنی بر روی یکدیگر انباشته می شوند و هر لایه از طریق نیروی واندروالس به لایه زیرین متصل می شود. هنگامی که صفحات گرافیت در هم پیچیده می شوند نانو لوله های کربنی را تشکیل می دهند. در واقع نانو لوله کربنی صفحه گرافیتی است که به صورت لوله درآمده باشد. در ادامه توضیح داده خواهد شد که این صفحه گرافیتی می تواند به قسمی در هم پیچیده شود که تشکیل مخروط دهد.

[1] SWCNT