بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه آزاداسلامی

واحدتهران مرکزی

دانشکده علوم پایه

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد (.M.Sc)

گرایش:شیمی معدنی

عنوان:

بررسی فرایند رهایش تتراسایکلین با نانوذرات گرافن اکساید

استاد راهنما:

دکتر شهره نفیسی

استاد مشاور:

دکتر مجید هاشمیان زاده

پژوهشگر:

احسان عزت پور قدیم

زمستان ۱۳۹۱

تقدیم به:

روح پاک پدرم

دستهای پر مهر مادرم

تشکر و قدردانی :

خداوند بخشنده و مهربان که همیشه در کارها و مشکلات من را یاری داده و هدایت گر من بوده است.
از سرکار خانم فیروزه منوچهری که من را در انجام تز کارشناسی ارشد یاری نمودند و تکنیک های آزمایشگاهی را به من آموزش دادند کمال قدرادنی را دارم.

از مدیریت محترم گروه شیمی سرکار خانم دکتر محبوبه منوچهری و از آقای دکتر صفری ثابت ریاست محترم دانشکده که در طول انجام تز کارشناسی ارشد، اینجانب را حمایت نمودند کمال سپاس و قدردانی را دارم. همچنین از زحمات بی دریق مسئول آزمایشگاه تحقیقات سرکار خانم ساعدی و همکارانشان خانم ها: عباسی وقاضی مرادی که با وجود تمام مشکلات من را یاری نمودند کمال سپاس و قدردانی را دارم و برای این بزرگواران موفقیت و بهروزی از خداوند مهربان آرزومند هستم.

تعهد نامه اصالت پایان نامه کارشناسی ارشد

اینجانب **احسان عزت پور قدیم** دانش آموخته مقطع کارشناسی ارشد نا پیوسته به شماره دانشجویی ۸۸۰۸۳۸۴۱۴۰۰ در رشته شیمی معدنی که در تاریخ ۹۱/۱۱/۸ از پایان نامه خود تحت عنوان: **بررسی فرایند رهایش تتراسایکلین با نانوذرات گرافن اکساید** با کسب نمره **۲۰** و درجه **عالی** دفاع نموده ام بدینوسیله متعهد می شوم:

۱- این پایان نامه حاصل تحقیق وپژوهش انجام شده توسط اینجانب بوده ودر مواردی که از دستاوردهای علمی وپژوهشی دیگران(اعم از پایان نامه، کتاب ، مقاله و.....) استفاده نموده ام، مطابق ضوابط و رویه های موجود، نام منبع مورد استفاده وسایر مشخصات آن را در فهرست ذکر ودرج کرده ام.

۲- این پایان نامه قبلاً برای دریافت هیچ مدرک تحصیلی(هم سطح،پایین تر یا بالاتر) در سایر دانشگاه ها ومؤسسات آموزش عالی ارائه نشده است.

۳- چنانچه بعد از فراغت از تحصیل، قصد استفاده و هرگونه بهره برداری اعم از چاپ کتاب، ثبت اختراع و.... از این پایان نامه داشته باشم، از حوزه معاونت پژوهشی واحد مجوزهای مربوطه را اخذ نمایم.

۴- چنانچه در هر مقطع زمانی خلاف موارد فوق ثابت شود، عواقب ناشی از آن را بپذیرم و واحد دانشگاهی مجاز است با اینجانب مطابق ضوابط ومقررات رفتار نموده ودر صورت ابطال مدرک تحصیلی ام هیچگونه ادعایی نخواهم داشت.

نام ونام خانوادگی:
احسان عزت پور قدیم
تاریخ وامضاء:

بسمه تعالی

در تاریخ۹۰/۱۱/۸

دانشجـوی کارشناسی ارشد **آقای احسان عزت پور قدیم** از پایان نامه خود دفـاع نمـوده و بـا نمـره **۲۰** بحـروف **بیست** و بـا **درجــه عالی** مورد تصویـب قـرار گرفت.

امضاء استاد راهنما

فهرست مطالب

عنوان | صفحه

فصل اول :کلیات طرح

۱-۱ جذب سطحی تتراسیکلین توسط نانوذرات گرافن اکساید ۱
۱-۱-۱ روشهای جذب واحدهای تصفیه فاضلاب و پساب های صنعتی وشهری ۲
۱-۱-۲ انواع اجسام جاذب ۲
۱-۱-۳ گرافن اکساید ۳
۱-۱-٤ گرافن و گرافن اکساید ۵
۱-۱-۵ روند ۷
۱-۱-٦ کاربردها ۱۱
۱-۱-۷ تاریخچه آنتی بیوتیک ها ۱۵
۱-۱-۸ مقاومت میکروبی ۱۷
۱-۱-۹ مقاومت ژنتیک در برابر دارو ۱۷
۱-۱-۱۰ مکانیسم عمل آنتی بیوتیک ها ۱۸
۱-۱-۱۱ تتراسیکلین ها ۱۸
۱-۱-۱۲ فارماکوکینتیک ۱۸
۱-۱-۱۳ عوارض جانبی ۱۹
۱-۱-۱٤ فارماکولوژ ی بالینی دارو های ضد میکروب ۱۹

فصل دوم : روش و تئوری

۲-۱ جذب سطحی ۲۲
۲-۲-۲ انواع جذب سطحی ۲۲
۲-۲-۳ گستره جذب سطحی ۲۵
۲-۲-٤ ایزوترم‌های جذب سطحی ۲۵
۲-۲-۵ ایزوترم فروندلیش ۳۵
۲-۲-٦ ایزوترم اصلاح شده لانگمویر ٤۲
۲-۲-۷ ایزوترم تمکین ٤۲

۲-۳-۱ سرعت فرآیند جذب سطحی و عوامل موثر بر آن ٤٦

۲-۳-۲ معادله لاگرگرن ۵۰

۲-۳-۳ معادله الوویچ ۵۱

۲-۳-٤ معادله سرعت شبه مرتبه دوم ۵۲

۲-٤ تاثیر دما در فرآیند جذب سطحی ۵٤

۲-۵ تاثیر **pH** در فرآیند جذب سطحی..... ۵۵

۲-٦ مطالعات ترمودینامیکی ۵۵

۲-۷ تعیین انرژی فعال‌سازی در فرآیند جذب سطحی..... ۵٦

فصل سوم :مواد و روش ها

۳-۱ دستگاه ها و وسایل مورد استفاده ۵۹

۳-۲ مواد مصرف در آزمایش ها ۵۹

۳-۳ سنتز گرافن اکساید..... ٦۳

۳-٤ روش آماده سازی محلول ها ٦٦

۳-۵ آزمایش **pH** ٦۷

۳-٦ برای آزمایش جذب در گرما..... ٦۷

۳-۷ برای آزمایش جذب در زمان..... ٦۸

۳-۸ آماده سازی نمونه های **FT-IR**..... ٦۸

فصل چهارم :بحث و نتیجه گیری

٤-۱ شناسایی گرافن اکساید..... ۷۱

٤-۲ بررسی **FT-IR** جذب سطحی تترا سایکلین توسط گرافن اکساید..... ۷۳

٤-۳ بررسی کیفی **UV-Vis**..... ۷٤

٤-٤ بررسی **pH** بهینه با درصد جذب..... ۷۵

٤-۵ جذب ایزوترم..... ۸۰

۵-۵ مطالعه و بررسی سینتیک جذب..... ۸۷

۵-۵-۱ معادلات شبه درجه اول و شبه درجه دوم..... ۸۷

۵-٦ بررسی مطالعات ترمودینامیکی..... ۹۰

۵-۷ پیشنهادات..... ۹۱

شکل | صفحه

۱-۱ مراحل تهیه گرافن ۳
۱-۲ تعداد مقالات چاپ شده از گرافن ۸
۱-۳ ساختار صفحه ای گرافن ۱۰
۱-٤ کاربردهای گسترده گرافن ۱۲
۲-۱ شمای کلی منحنی پتانسیل ۲٤
۲-۲ حالت گذار جذب شیمیایی هیدروژن ۲٦
۲-۳ منحنی ایزوترم لانگمویر ۲۷
۲-٤ منحنی ΔH_{ads} ۲۹
۲-۵ منحنی ایزوترم لانگمویر در دماهای مختلف ۳۰
۲-٦ منحنی $\frac{1}{v}$ بر حسب $\frac{1}{p}$ ۳۰
۲-۷ نمودار جذب هیدروژن بر روی سطوح فلزی ۳۱
۲-۸ نمودار $\frac{1}{qc}$ بر حسب $\frac{1}{Ce}$ ۳٤
۲-۹ نمودار ایزوترم فروندلیش ۳۷
۲-۱۰ پنج نوع از ایزوترم‌های جذب ۳۸
۲-۱۱ ایزوترم **BET** ٤۰
۲-۱۲ منحنی ایزوترم تمکین ٤۳
۲-۱۳ مسیر حرکت ذره در فرآیند جذب سطحی ٤٦
۳-۱ جرم و ساختار تتراسایکلین ٦۱
۳-۲ استوکیومتری و ساختار گرافن اکساید ٦۲
۳-۳ مخلوط گرافیت، اسید سولفوریک و اسید فسفریک ٦۳
۳-٤ پس از اضافه کردن آب اکسیژنه ٦٤
۳-۵ شستشو با الکل ٦۵
۳-٦ خشک شدن با آون خلاء ٦٦
٤-۱ طیف **UV-Vis** گرافن اکساید ۷۱

٤-٢	طیف رامان گرافن اکساید	٧٢
٤-٣	طیف **FT-IR** گرافن اکساید	٧٢
٤-٤	**XRD** گرافن اکساید	٧٣
٤-٥	طیف **FT-IR** گرافن اکساید(**GO**)،تتراسایکلین(**TC**) وگرافن و تتراسایکلین (**GO-TC**)	٧٤
٤-٦	طیف **UV-Vis** گرافن اکساید،تتراسایکلین وگرافن و تتراسایکلین	٧٥
٤-٧	اثر **pH** بر درصد جذب	٧٧
٤-٨	**qe** به **Ce** در ٣٠ درجه سانتیگراد	٨٢
٤-٩	**qe** به **Ce** در ٢٥ درجه سانتیگراد	٨٢
٤-١٠	**qe** به **Ce** در ٣٥ درجه سانتیگراد	٨٢
٤-١١	لانگمیر در ٢٥ درجه سانتیگراد	٨٣
٤-١٢	لانگمیر ٣٠ درجه سانتیگراد	٨٣
٤-١٣	لانگمیر ٣٥ درجه سانتیگراد	٨٤
٤-١٤	فروندلیچ ٢٥ درجه سانتیگراد	٨٤
٤-١٥	فروندلیچ ٣٠ درجه سانتیگراد	٨٥
٤-١٦	فروندلیچ ٣٥ درجه سانتیگراد	٨٥
٤-١٧	دابین رادشیویک ٢٥ درجه سانتیگراد	٨٦
٤-١٨	دابین رادشیویک ٣٠ درجه سانتیگراد	٨٦
٤-١٩	دابین رادشیویک ٣٥ درجه سانتیگراد	٨٧
٤-٢٠	معادله شبه درجه اول	٨٨
٤-٢١	معادله شبه درجه دوم در سه دما	٨٩

جدول | صفحه

۲-۱ جدول اثرات گروههای استخلافی بر میزان جذب..... ٤۹

٤-۱ جدول درصد جذب در pH=۲..... ۷۷

٤-۲ جدول درصد جذب در pH =۳..... ۷۸

٤-۳ جدول درصد جذب در pH =٤..... ۷۸

٤-٤ جدول درصد جذب در pH =٥..... ۷۸

٤-٥ جدول درصد جذب در pH =٦..... ۷۹

٤-٦ جدول درصد جذب در pH =۷..... ۷۹

٤-۷ جدول درصد جذب در pH =۸..... ۷۹

٤-۸ جدول درصد جذب در pH =۹ ..... ۸۰

٤-۹ جدول درصد جذب در pH=۱۰..... ۸۰

٤-۱۰ جدول ایزوترم های لانگمیر ،فرندلیچ و دابین رادشویک..... ۸۱

٤-۱۱ جدول معادلات شبه درجه اول و دوم..... ۸۹

٤-۱۲ جدول انرژی آزاد گیبس(ΔG°) ،آنتالپی (ΔH°)و انتروپی(ΔS°)..... ۹۰

فهرست منابع ومآخذ:

چکیده انگلیسی ۹۲

فصل نخست

مقدمه و تئوری

هدف از این تحقیق، جذب و رهایش تتراسایکلین به کمک نانوذرات گرافن اکساید می‌باشد. در اکثر موارد جهت جذب سطحی از موادی که دارای سطح تماس بالایی برخوردار هستند مانند گرافن اکساید ،نانوتیوپ کربنی و نانو ذرات کربن اکتیو استفاده می‌شود. به دلیل هزینه بالای فرآیند جذب و گران بودن اکثر جاذب‌ها، سعی شده است که جاذب با حداقل هزینه تولید شود و همچنین بیشترین میزان جذب را داشته باشد [1].

1-1 جذب سطحی تتراسایکلین توسط نانوذرات گرافن اکساید

1-1-1 روشهای جذب واحدهای تصفیه فاضلاب و پساب های صنعتی و شهری معمولاً در دو گروه: جذب فیزیکی و جذب شیمیایی طبقه‌بندی می‌شوند[2] . همچنین این تقسیم بندی برای جذب داروها برای استفاده در سیستم های انتقال دارو نیز مورد استفاده قرار می گیرد.

الف) جذب فیزیکی

در جذب فیزیکی، از نیروهای فیزیکی برای حذف تتراسایکلین استفاده می‌شود. واحدهای جذب فیزیکی قادر به جذب تتراسایکلین حل شده (در آب) و یا به صورت مواد معلق است. مهمترین واحدهای جذب فیزیکی ،جذب سطحی براساس نیروهای واندروالسی طبقه بندی می شوند.

ب) جذب شیمیایی

روش جذب و اتصال تتراسایکلین به گرافن اکساید توسط پیوند های شیمیایی از طریق گروه های عاملی آمید ،آمین و هیدروکسی تتراسایکلین با گروه های عاملی آلدهید ،کتون وکربوکسیلیک که روی سطح گرافن اکساید وجود دارد می تواند از طریق برقراری پیوند های شیمیایی آمیدی و اتری از طریق واکنش های استریفیکاسیون به گرافن اکساید متصل گردد.

۱-۱-۲ انواع اجسام جاذب

مواد مختلفی دارای خاصیت جذب سطحی می‌باشند. موادی که به عنوان جاذب به کار می‌روند باید دارای خصوصیاتی از قبیل سطح مخصوص زیاد، مقاومت در برابر سایش، قابل دسترس و ارزان باشند. بطور کلی جاذب‌ها به سه گروه قطبی، مولکولی و غیر قطبی طبقه بندی می‌شوند که عبارت است از[۳]:

الف) **جاذب‌های قطبی**: شامل خاکهای طبیعی، موادی از قبیل آلومینا و سیلیکاژل که استفاده اصلی از این مواد در جداسازی آب از مایع مانند گازوئیل و رنگزدایی از تولیدات نفتی و همچنین صنایع نساجی است.

ب) **جاذب‌های مولکولی**: عمدتاً کریستالهای زئولیت مصنوعی(آلومینوهای فلزی یا ترکیب با نانوتیوپ) می‌باشد که با اندازه‌های کنترل شده تولید می‌گردند.

ج) **جاذب‌های غیرقطبی**: که مهمترین آنها کربن فعال و به طور کلی ترکیبات کربنی مانند نانوتیوب و گرافن اکساید می‌باشد البته کربن فعال در زمینه تصفیه فاضلاب و جذب گاز های شیمیایی بیشترین کاربرد را دارد و دلیل عمده آن قابلیت جذب ترکیبات آلی توسط ترکیبات کربنی می‌باشد که این ترکیبات در تصفیه آب و داروسازی به عنوان حامل های دارویی کاربرد قابل توجهی دارد.

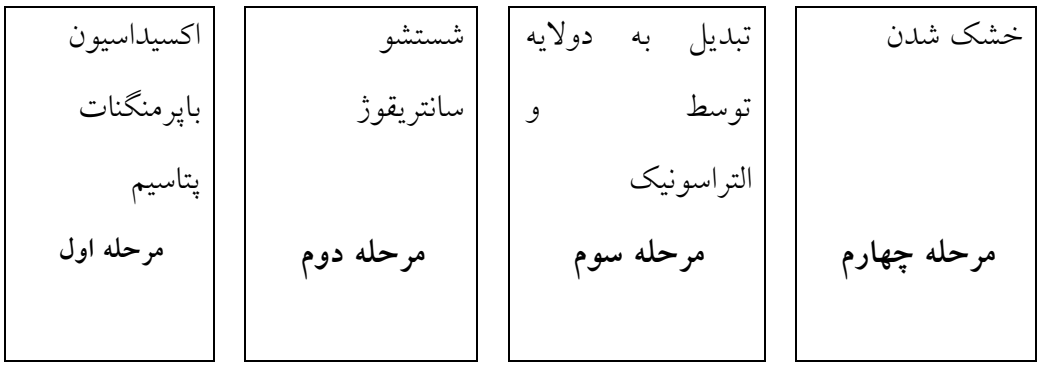
3-1-1 گرافن اکساید

یکی از موثرترین مواد جاذب سطحی ، پس از کربن فعال،گرافن اکساید می‌باشد که در صنایع الکترونیک حامل های دارویی ،صنایع نساجی برای حذف رنگ، مواد آلی ، تصفیه پساب های صنعتی ، شهری ودارویی استفاده می‌شود. گرافن اکساید از ماده کربنی گرافیت که ساختار سه لایه دارد تهیه می شود [٤]. بر روی مواد اولیه فرآیندهای متوالی اکسایش و شستشو انجام می‌گردد تا گرافیت سه لایه به گرافن اکساید دولایه تبدیل

شود. گرافن اکساید دارای سطح مناسب با گروه های عاملی مختلف از جمله آلدهید،حلقه اپوکسی و کربوکسیلیک اسید است در نتیجه از لحاظ ساختاری قابلیت جذب سطحی و شیمیایی را دارد .

الف) مراحل تهیه گرافن اکساید

با توجه به شکل (1-1) مراحل تهیه گرافن نشان داده شده است[۵] .



شکل 1-1 مراحل تهیه گرافن اکساید

قدم نخست در تولید گرافن اکساید،اکسیداسیون گرافیت توسط پرمنگنات پتاسیم در حضور اسید سولفوریک و اسید فسفریک می باشد که در دمای $50^{\circ}C$ در حدود ۱۲ ساعت توسط استیرر وهمزن انجام می گیرد سپس به آن آب اکسیژنه اضافه می گردد تا پرمنگنات اضافی احیا گردد. سپس حدود چهار ساعت (rpm) ٤۰۰۰ سانتریفوژ می گردد تا رسوب ازمحلول به طور کامل جدا گردد. پس از این مرحله، رسوب را با آب مقطر،اسید کلریدریک ۳۰ درصد هر کدام دوبار شستشو می گردد تا هرگونه ناخالصی مانند کمپلکس های فلزی باقیمانده از احیای پرمنگنات از رسوب جدا گردد و البته می توان از هولدر گلس فیلتر که مخصوص استفاده در دستگاه HPLC می باشد نیز برای جدا کردن این ترکیبات استفاده نمود پس از اتمام مراحل شستشو محلول حاوی رسوب حدود یک ساعت اولتراسونیک می شود و پس از آن حدود چهار ساعت

(rpm) ٤٠٠٠ سانتریفوژ می گردد. پس از اتمام این مرحله شستشو با اتر آغاز می شود و پس از شستشو برای خشک کردن از روتاری در فشار mbar ٤٠٠ و دمای $50^{\circ}C$(حدود ۳:۳۰ ساعت)استفاده می شود و ترکیب نمونه خشک می گردد و حالت بلوری به خود می گیرد[٦] .

ب) ظرفیت جذب گرافن اکساید

یکی از ویژگی‌های مهم مواد جاذب ظرفیت جذب آن می‌باشد [۷-۹]. این خصوصیت تعیین می‌کند که چه حجمی از مایع بوسیله واحد مواد جاذب مناسب است و عملیات جذب بر روی آن انجام می‌شود. دلایل زیر نشان می‌دهد که بالا بودن سطح گرافن اکساید، نشان دهنده بالا بودن ظرفیت جذب آن نمی‌باشد:

الف) در عملیات جذب، سطح خیس شده سطح موثر بوده و هرگز با سطح کل یکسان نمی‌باشد.

ب) در اکثر کاربردها، موادی که جذب گرافن اکساید می‌شوند بزرگ هستند وچون بخشی از سطح گرافن از حلقه های اپوکسی و گروه های عاملی فوق الذکر پوشیده شده است ، این مسئله باعث می‌شود که از ظرفیت جذب کاسته گردد و از تمام این ظرفیت استفاده نشود. ظرفیت جذب یک ماده آلی بر روی کربن فعال، بوسیله منحنی ایزوترم یا غلظت‌های تعادلی ماده جذب شده بین گرافن اکساید و یا هر ماده کربنی دیگر از جمله نانوتیوب کربنی و کربن اکتیو و سیالی که حاوی ماده جذب شونده می‌باشد، بیان می‌شود.

ج) موارد استفاده گرافن اکساید

سیستمهای جذب به کمک گرافن اکساید در تصفیه پساب های صنعتی و خانگی کاربرد روزافزون دارند. همچنین در صنایع نساجی برای حذف رنگ و مواد آلی مورد استفاده قرار می گیرد، همچنین در حذف تتراسایکلین از آب و پساب دارویی بعنوان جاذب عمل می کند و همچنین بعنوان حامل های دارویی برای بارگیری ، حمل و رهایش توسط سایر داروها بویژه تتراسایکلین برای درمان سرطان ها وبیماری های عفونی مورد استفاده قرار گیرد. همچنین در تصفیه آب برای جدا کردن کمپلکس های فلزی وشیمیایی مانند مولیبدن،جیوه و آرسنیک نیز مورد استفاده قرار می گیرد[10].

د) انواع گرافن

گرافن اکساید دولایه و گرافن تک لایه که به گرافن کاهش یافته معروف است [11]:

گرافن اکساید دولایه[1]: این نوع گرافن به صورت نانوذرات معلق شده در محلول مورد استفاده قرار می گیرد ،همانطور که گفته شد در سیستم های رهایش دارو و تصفیه فاضلاب هم در جذب سطحی و هم شیمیایی کاربرد دارد ،به صورت دولایه ای می باشد که طول هر لایه بطور متوسط بین ۸-۹ آنگستروم در نوسان است و سطح و اطراف لایه های آن بترتیب پوشیده از حلقه های اپوکسی و کربوکسیلیک است.

گرافن اکساید کاهش یافته[۲]: این نوع گرافن به چند حالت از تهیه می شود روش نخست از گرافن اکساید که توسط هیدرازین تحت گاز هیدروژن و آرگون در دمای $900^{\circ}C$ به مدت ۱۵ دقیقه انجام می گردد که البته توسط راکتور انجام می گردد .روش دوم استفاده از روشupzipping استفاده می شود که تحت گاز هیدروژن نانوتیوب کربنی شکافته می گردد و به صورت تک لایه در می آید و روش آخر بصورت کربن اتمی در حالت بخار شده وپلاسما می باشد که در آن گرافن تک لایه رسوب داده می شود .این روش، به روش CVDمعروف است .

۱-۱-٤ گرافن و گرافن اکساید

امروزه از یک سو توانایی های سیلیکون به محدودیتهای خود رسیده و از سوی دیگر، به طور هم زمان کشف گرافن با خواص منحصربه فرد خود در مقیاس نانو، مسیر موجود برای تولید جایگزین های ممکن برای نسل جدید قطعات الکترونیکی سریعتر و کوچکتر در قرن 21 را هموار کرده است.

1. Graphene oxide
2. Reduce Graphene oxide

ویژگی های جذاب گرافن، باعث شده است که اعتبارات و حامیان مالی فراوانی برای تحقیقات در این زمینه پیدا شود و ما شاهد افزایش نمایی در تعداد مقالات مرتبط با گرافن باشیم. ما در این مقاله، روند تحقیقات در مورد گرافن را مطالعه کرده، چالش ها و فرصت های اصلی در این زمینه را مورد بحث قرار می دهیم. آینده محتمل « آن پایین جای زیادی وجود دارد » ، پروفسور ریچارد فاینمن، در جمله معروف من نمی توان ببینم که چه چیزی اتفاق می افتد، اما به جرأت « ؛ نانومواد را پیش بینی کرده بود می گویم که هنگامی که ما بر روی آرایش اجزاء در مقیاس کوچک کنترل داشته باشیم به محدوده بسیار وسیع تری از خواص قابل پیش بینی اجزا دست خواهیم یافت و کارهای مختلفی می توانیم انجام دهیم. .از آن زمان به بعد، تلاش های زیادی به منظور درک و بهره برداری از مواد در سطح اتمی با استفاده از خواص نانومقیاس انجام گرفته است.

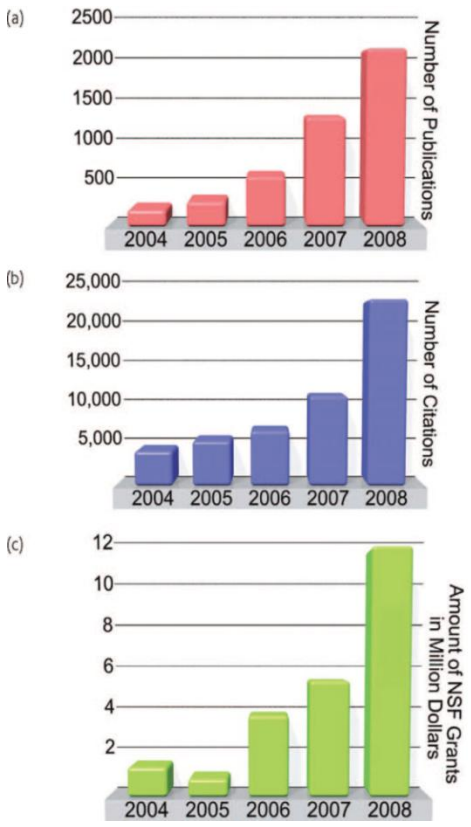
نانولوله های کربنی یکی از نمونه های بسیار واضح است .اما در سال 2004 ، امکان جداسازی لایه های منفرد گرافیت با ضخامت یک اتم که به آن گرافن گفته می شد به صورت آزمایشگاهی به وسیله ی رویه سابی مکانیکی گرافیت فراهم شد .[12] این کشف نقطه عطفی در فناوری نانو از آغاز تاکنون بود که مفهوم اجزای تک اتمی را به واقعیت نزدیکتر کرد.

کربن ششمین عنصر جدول تناوبی و اولین عنصر است .الماس و گرافیت رایج ترین (IV A) از گروه4 آلوتروپ های کربن هستند که به ترتیب به خاطر سفتی و نرمی، کاربردهای گوناگونی دارند .کربن می تواند به صورت زنجیره های طولانی درآید که به آن زنجیری شدن می گویند که این فرآیند منجر به تشکیل ترکیبات آلی گوناگونی می شود که شامل بیومولکولها می گردد. سیلیکون دومین عنصر مشابه کربن در گروه 4 است که ساختار الکترونی با باندهای نیمه پر مشابه دارد. سیلیکون در مقایسه با کربن، به راحتی زنجیری نمی شود زیرا اثرات فضایی مانع از هم پوشانی الکترونهای اوربیتال از ترکیباتی که شامل پیوندهای دوگانه و سه گانه از سیلیکون باشند تاکنون گزارش شده است .[13] انداز ه ی کوچک و ساختار الکترونیکی کربن، آن را به عنوان یک عنصر ویژه با قابلیت تولید ساختارهای چند بعدی به خواص جالب توجه تبدیل کرده است .گرافن یک آلوتروپ دو بعدی) با ضخامت یک اتم (از کربن با ساختار صفحه های شبکه مانند لانه زنبوری است، این ماده

جزء قویترین موادی است که تاکنون اندازه گیری شده است [14].این ترکیب به عنوان بلوکهای است ساختمانی پای های نانولوله های کربنی و فولرین های بزرگ است .خواص نانولوله های کربنی ناشی از صفحات گرافن است .یک صفحه ی محدود از گرافن کامل نشان دهنده یک باند گپ الکترونیکی صفر با الکترونهایی که اثرات جرمی صفر دارند در جایی که باندهای والانس و رسانشی به هم می رسند قرار می گیرند. این پدیده گرافن را به یک ماده غیر عادی تبدیل کرده است که مانند یک فلز یا نیمه رسانا رفتار نمی کند .روشهای زیادی برای معرفی باند گپ های تنظیم پذیر که برای کاربردهای نانوالکترونیک مور نیاز است مانند اثرات زیر لایه، ابعاد اصلاح شده در نانوتراشه ها و کاربرد میدان الکتریکی وجود دارد[15] . گرافن خواص فیزیکی عجیبی از خود نشان می دهد که قبلاً در مقیاس نانو مشاهده نشده است .مشاهده اثر در دمای اتاق، تحرک (Hall effect) کوانتومی هال ، (Ballistic) الکترونی خیلی بالا و انتقال پرتاب های مسیر پویش آزاد الکترونی طولانی، ابررسانایی حرارتی، مقاومت مکانیکی عالی و انعطاف پذیری بالا، از خواص قابل توجه گرافن است .بنابراین، این ماده برای صنعت الکترونیک جالب توجه است .همچنین معادلات شرودینگر معمولی برای مطالعه رفتار غیرعادی گرافن کافی نیست و نیاز به ملاحظات نسبیتی داردو این ماده را تبدیل به یک نمونه عالی برای مطالعه تئوری کوانتوم برای ذرات نسبیتی ساخته است .جالب توجه است که صفحه های گرافن برای مولکولهایی به کوچکی هلیوم نیز غیر قابل نفوذ است .[16] به نظر میرسد که این ماده ویژگی های غافلگیرکننده بیشتری نیز دارد که باید کشف شود. به تازگی کاسترونتو و همکارانش (Castro Neto) یک مطالعه ی مروری را در این زمینه انجام داده اند و خلاصه ی جامعی از پژوهش های مربوط به گرافن را فراهم کرده اند که مطالعه آن پیشنهاد می شود.

۱-۱-۵ روند

ظهور گرافن پس از دوره ای که از سیلیکون در ترانزیستور ها استفاده می شد مورد توجه قرار گرفت. با توجه به قانون مور ،که در آن مشکل پیوند های π غیر مستقر است باعث می شود جریان پس از مدتی افت نماید. قبل از رسیدن به محدودیت پیوند های π،الکترون های غیر مستقر می توانند در سطح مولکو لها غلبه کند، لذا گرایش شدیدی در جوامع علمی نسبت به موادی که از این طریق ساخته می شوند به وجود آمده است .در حال حاضر گرافن یک موضوع تحقیقاتی نوین ومهم در عرصه علوم و فناوری به شمار می رود. مروری مختصر در مورد تعداد مطالب چاپ شده در (نشان دهنده رشد تعداد مقالات a. مورد گرافن) شکل(۱-۲) منتشر شده در این زمینه از زمان کشف آن است.



شکل (۱-۲)

نمودار در تهیه شده CAS که بر اساس پایگاه داده است، ده برابر شدن تعداد مقالات را در مدت پنج سال نشان می دهد .تعداد کل ارجاعات در هر سال بر مبنای پایگاه Web of Science اطلاعات به دست آمده از سایت نشان داده شد .این نمودار در شکل b (WoS) نشان دهنده افزایش فو ق العاده همراه با افزایش اعتبار علمی تحقیقات مربوط به گرافن است شکل (۱-۲) .نتایج مربوط به اندیس 105و (h-index) ا -hارجاعات نشان دهنده اندیس متوسط ارجاع به هر مقاله در حدود 20 است .این یک انداز ه گیری علمی از ارزش علمی مقالات مربوط به گرافن است. یکی از بزرگترین مراجع (NSF) بنیاد ملی علوم برای حمایت از تحقیقات گرافن در ایالات متحده در مودر NSF است .بر مبنای پایگاه داد ه های عمومی بیش ، NSFاعتبارات پژوهشی منتشر شده در سایت از 28 میلیون دلار اعتبار به دانشمندانی که در زمینه گرافن کار می کنند اختصاص داده شد .تعداد اعتبارات اختصاص داده شده به تحقیقات مربوط به گرافن در سال 2008 نزدیک به 10 برابر آن در