

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه بیرجند
دانشکده علوم

پایان نامه:

جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد شیمی آلی

عنوان:

بررسی واکنش افزایشی مایکل و آمین دار کردن گروه کربونیلی به
روش احیاء در حضور کاتالیزور کربن نانو تیوب عامل دار شده با
سولفونیک اسید

استاد راهنما:

دکتر سارا سبحانی

استاد مشاور:

دکتر محمد مهدی درودمند

نگارش:

علی عاشوری

بهمن ۱۳۹۰

فرم شماره ۱۰

صور تجلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد



مدیریت تحصیلات تکمیلی

با تاییدات خداوند متعال جلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی کارشناسی ارشد آقای علی عاشوری به شماره دانشجویی: ۸۸۱۳۱۲۸۱۱۱ رشته: شیمی گرایش: آلی دانشکده: علوم تحت عنوان: بررسی واکنش افزایشی مایکل و آمین دار کردن گروه کربونیلی به روش احیاء در حضور کاتالیزور کربن نانو تیوب عامل دار شده با سولفونیک اسید

به ارزش: ۶ واحد در ساعت: ۱۲ روز: چهارشنبه مورخ: ۱۳۹۰/۱۱/۱۲

با حضور اعضای محترم جلسه دفاع و نماینده تحصیلات تکمیلی به شرح ذیل تشکیل گردید:

سمت	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
استاد راهنمای اول	دکتر سارا سبحانی	دانشیار	
استاد راهنمای دوم			
استاد مشاور اول	دکتر محمد مهدی درودمند	استادیار	
استاد مشاور دوم			
داور اول	دکتر محمد علی ناصری	استادیار	
داور دوم	دکتر حیدر رئیسی	دانشیار	
نماینده تحصیلات تکمیلی	مهندس احمد حاجی زاده	مربی	

نتیجه ارزیابی دفاع که منوط به ارائه اصلاحات پیشنهادی توسط هیئت داوران حداکثر ظرف مدت یکماه پس از تاریخ دفاع می باشد، به شرح زیر مورد تایید قرار گرفت:

قبول (با درجه: عالی و امتیاز: ۲۰) دفاع مجدد غیر قابل قبول
۱- عالی (۲۰-۱۹) ۲- بسیار خوب (۱۸-۱۸/۹۹) ۳- خوب (۱۷/۹۹-۱۶) ۴- قابل قبول (۱۵/۹۹-۱۴)

(بدیهی است عواقب آموزشی ناشی از عدم ارائه به موقع اصلاحات مزبور به عهده دانشجو می باشد)

حمد و سپاس خدا را که هر چه در نهایت همت خویش از او طلب کردم،

در نهایت سخاوت خود بر من ارزانی داشت.

صمیمانه ترین سپاس و تشکر تقدیم به محبت های بی شائبه استاد راهنمای عزیزم سرکار خانم دکتر سارا سجانی که با نظارت صبورانه و مساعدت همه جانبه خود، بنده را یاری

نمودند، تشکر و قدرانی می کنم. بی شک تپه و تودین این پایان نامه بدون کمک و راهنمایی های ارزنده ایشان امکان پذیر نبود. از استاد مشاور عزیزم جناب آقای دکتر محمد

همدی درودمند، بخاطر کمک های فراوانشان کمال تشکر را دارم و برای ایشان از خداوند متعال، تندرستی و موفقیت خواستارم.

از اساتید گرامی جناب آقای دکتر ناصری و جناب آقای دکتر زبیری که در بازنگری و تودین این پایان نامه قبول زحمت کردند نهایت تشکر را دارم.

از تمامی اساتید کارشناسان و مسئولین محترم گروه شیمی دانشگاه بیرجند که در طول انجام این پروژه مرایاری نمودند صمیمانه تشکر و قدرانی می نمایم.

در نهایت از دوستان و هم آزمایشگاهی های خوبم

آقایان: فعال ملکی، بارانی، متحدین، بامونی، تصیمی، مقربنی، ابوبکری، لقمانی نژاد، سعیدی، مومنی، فرخاری، کرزین، بهتی، حسینی، عربشاهی، اخلاقی، جاویدی

و خانم ها: ناصری، رضوی، پاکدین، هنرمند، رضازاده، هوشمند، خداوادی، جهانشاهی، بذرافشان

کمال تشکر را دارم.

به نام خداوندی که نعمت بزرگ پدر و مادر را بر سر فرزندانشان ارزانی داشت.
به نام او که پدر و مادر را منت و نعمت قرار داد.

تقدیم به پدر و مادر عزیزتر از جانم

مهربان فرشتگانی که

مخضات ناب باور بودن، تمام تجربه های یکتا و زیبای زندگیم، مدیون حضور سبز آنهست، پدر و مادرم که به من چگونه زیستن را آموختند.

تقدیم به خواهر و برادران عزیزم که در دوران تحصیل همواره مشوق و پشتیبانم بودند.

تقدیم به آنان که دعای خیرشان بدرقه ای راهم بود.

تقدیم به آنان که در راه کسب علم و معرفت برای من از آنچه در توان داشتند دریغ نوزیدند.

تقدیم به آنان که مشوق راه دانشم بودند.

تقدیم به آنان که دوری مرا تحمل کردند و تقدیم به آنان که در رهنگذر عمریاری گرومایه دلگرمی من بودند.

امیدوارم بتوانم ادای دین کنم و به خواسته آنان جامه عمل بپوشانم.

خدایا عاقبت به خیری و عافیت و طول عمر را برای آنان از درگاهت مسئلت دارم.

کلیه مزایا از چاپ و تکثیر، نسخه برداری، ترجمه، اقتباس و... از پایان نامه کارشناسی ارشد برای دانشگاه بیرجند محفوظ می باشد. نقل مطالب با ذکر منبع

بلامانع است.

چکیده

در این تحقیق، بدلیل اهمیت و کاربرد فراوان نانو ذرات و از جمله کربن نانو تیوب‌ها، کاتالیزور کربن نانوتیوب چند دیواره عامل‌دار شده با سولفونیک اسید ($\text{MWCNTs-SO}_3\text{H}$)، برای اولین بار با روش رسوب بخار شیمیایی (CVD) و با استفاده از استیلن (به عنوان پیش ماده CNTs)، تیوفن (به عنوان پیش ماده گوگرد) و فروسن (به عنوان کاتالیزور نانو CNTs) سنتز شد. سپس کاربرد این کاتالیزور در بعضی از واکنش‌های آلی مانند واکنش آمین‌دار کردن گروه کربونیلی آلدهیدها و کتون‌ها به روش احیاء و همچنین واکنش افزایش مایکل ایندول‌ها و پیرازولون با نیتروآلکن‌ها مورد مطالعه قرار گرفت.

در ابتدا، سنتز آمین‌های مختلف (نوع دوم و سوم) از طریق واکنش آمین‌دار کردن گروه کربونیلی آلدهیدها و کتون‌ها به روش احیاء در حضور کاتالیزور $\text{MWCNTs-SO}_3\text{H}$ با استفاده از سدیم بورو هیدرید، در شرایط بدون حلال و در دمای محیط مورد بررسی قرار گرفت. سهولت بازیافت و قابلیت استفاده مجدد کاتالیزور و عدم تشکیل محصولات جانبی از مزایای این روش می‌باشد.

در قسمت بعد، واکنش افزایش مایکل ایندول‌ها و پیرازولون با نیتروآلکن‌های مختلف به وسیله کاتالیزور $\text{MWCNTs-SO}_3\text{H}$ تحت شرایط رفلاکس و در حلال استونیتریل مورد مطالعه قرار گرفت. زمان کوتاه واکنش، سهولت بازیافت و قابلیت استفاده مجدد کاتالیزور و عدم تشکیل محصولات جانبی از مزایای این روش می‌باشد.

فهرست مطالب

عنوان.....	صفحه.....
فصل اول: تاریخچه.....	۱.....
۱-۱ بخش اول: کاتالیزور.....	۲.....
۱-۱-۱ مقدمه.....	۲.....
۲-۱-۱ مروری بر کاتالیزورهای جامد.....	۲.....
۳-۱-۱ کربن نانوتیوب‌ها.....	۳.....
۱-۳-۱-۱ خواص کربن نانوتیوب‌ها.....	۶.....
۲-۳-۱-۱ تولید کربن نانوتیوب‌ها.....	۷.....
۱-۲-۳-۱-۱ روش رسوب بخار شیمیایی.....	۷.....
۳-۳-۱-۱ عوامل موثر در تولید کربن نانوتیوب‌ها.....	۹.....
۲-۱ بخش دوم: واکنش آمین‌دار کردن گروه کربونیلی به روش احیاء.....	۱۰.....
۱-۲-۱ مقدمه.....	۱۰.....
۲-۲-۱ مروری کوتاه بر تعاریف احیاء.....	۱۰.....
۳-۲-۱ خواص عمومی کاهنده خوب.....	۱۲.....
۴-۲-۱ احیاء ترکیبات کربونیل.....	۱۲.....
۱-۴-۲-۱ معرف‌های هیدریدی هسته دوستی.....	۱۲.....
۱-۱-۴-۲-۱ سدیم بورو هیدرید.....	۱۳.....
۱-۱-۴-۲-۱ مزایای سدیم بورو هیدرید در شیمی احیاء.....	۱۴.....
۲-۱-۴-۲-۱ مروری بر واکنش‌های احیاء توسط سدیم بورو هیدرید.....	۱۵.....

- ۱۶-۲-۱مروری بر واکنش‌های انجام شده در فاز جامد.....
- ۱۸-۲-۱انجام واکنش در شرایط هتروژن.....
- ۱۹-۲-۱مروری بر آمین‌ها.....
- ۱۹-۲-۱-۱انواع آمین‌ها.....
- ۲۱-۲-۱تهیه آمین‌ها.....
- ۲۳-۲-۱مروری بر آمین‌دار شدن کاهشی ترکیبات کربونیل.....
- ۲۵-۳-۱بخش سوم: واکنش افزایش مایکل ایندول‌ها و پیرازولون با نیتروآلکن‌ها.....
- ۲۵-۳-۱مقدمه.....
- ۲۵-۳-۱اهمیت ترکیبات هتروسیکل.....
- ۲۶-۳-۱مروری بر واکنش‌های پیرازولون.....
- ۲۹-۳-۱مروری بر واکنش‌های ایندول‌ها.....
- ۳۱-۳-۱واکنش افزایش مایکل ایندول‌ها با ترکیبات α - β -غیر اشباع.....
- ۳۳-۴-۱اهداف.....
- ۳۴- فصل دوم: بخش تجربی.....
- ۳۵-۲-۱دستگاه‌ها و مواد شیمیایی.....
- ۳۶-۲-۲سنتز کاتالیزور MWCNTs-SO₃H با استفاده از روش CVD.....
- ۳۷-۲-۳روش عمومی برای آمین‌دار کردن گروه کربونیلی آلدهیدها و کتون‌ها به روش احیاء.....
- ۳۷-۲-۳-۱سنتز N-بنزیل-۲-متوکسی آنیلین (1b).....
- ۳۸-۲-۳-۲سنتز N-بنزیل-۴-متیل آنیلین (1e).....

۳۹.....	۴-۲ روش عمومی سنتز نیتروآلکن‌ها.....
۳۹.....	۱-۴-۲ سنتز ۱-کلرو-۴-(۲-نیترو وینیل) بنزن (2c).....
۴۰.....	۵-۲ روش عمومی سنتز ۲-پیرازولیل-۱-نیترو آلکن‌ها با استفاده از واکنش افزایش مایکل.....
۴۰.....	۱-۵-۲ سنتز ۳-متیل-۴-(۲-نیترو-۱-(تیوفن-۲-یل)اتیل)-۱-فنیل پیرازول-۵-ال (3t).....
۴۱.....	فصل سوم: بحث و نتیجه گیری.....
۴۲.....	۱-۳ سنتز کاتالیزور MWCNTs-SO ₃ H با استفاده از روش CVD.....
۴۲.....	۲-۳ شناسایی نانو کاتالیزور MWCNTs-SO ₃ H.....
۴۳.....	۱-۲-۳ شناسایی توسط الگوی XRD.....
۴۳.....	۲-۲-۳ شناسایی توسط طیف رامان.....
۴۴.....	۳-۲-۳ شناسایی توسط تصاویر SEM و TEM.....
۴۵.....	۴-۲-۳ شناسایی توسط طیف سنجی FT-IR.....
۴۶.....	۳-۳ نمودار TGA.....
۴۶.....	۴-۳ ایزوترم جذب نیتروژن.....
۴۷.....	۵-۳ تهیه آمین‌ها با استفاده از واکنش آمین‌دار کردن گروه کربونیلی به روش احیاء.....
۴۸.....	۱-۵-۳ بهینه کردن شرایط واکنش.....
۴۹.....	۲-۵-۳ تهیه آمین‌ها با استفاده از کاتالیزور MWCNTs-SO ₃ H در شرایط بهینه شده.....
۵۳.....	۳-۵-۳ بازیافت کاتالیزور.....
۵۳.....	۶-۳ نتیجه گیری.....
۵۴.....	۷-۳ واکنش افزایش مایکل ایندول‌ها و پیرازولون با نیتروآلکن‌ها.....
۵۵.....	۱-۷-۳ بهینه کردن شرایط واکنش.....

۳-۷-۲ واکنش افزایش مایکل ایندولها و پیرازولون با نیتروآلکنها با استفاده از کاتالیزور MWCNTs-SO₃H در

شرایط بهینه شده..... ۵۶.....

۳-۷-۳ بازیافت کاتالیزور..... ۶۱.....

۳-۸ نتیجه گیری..... ۶۲.....

ضمیمه..... ۶۳.....

منابع..... ۷۶.....

فهرست اشکال و جداول

صفحه	عنوان
۵	شکل ۱-۱: MWCNTs (B)، SWCNTs (A).....
۶	شکل ۲-۱: MWCNTs-SO ₃ H.....
۸	شکل ۳-۱: روش CVD برای تولید کربن نانوتیوب‌ها.....
۴۳	شکل ۱-۳: الگوی XRD (- MWCNTs، MWCNTs-SO ₃ H).....
۴۴	شکل ۲-۳: طیف رامان (- MWCNTs، MWCNTs-SO ₃ H).....
۴۴	شکل ۳-۳: تصاویر SEM و TEM کاتالیزور MWCNTs-SO ₃ H (A SEM، B TEM).....
۴۵	شکل ۴-۳: طیف FT-IR (A MWCNTs-SO ₃ H، B MWCNTs).....
۴۶	شکل ۵-۳: نمودار TGA (- MWCNTs، MWCNTs-SO ₃ H).....
۴۷	شکل ۶-۳: ایزوترم جذب نیتروژن (- MWCNTs، MWCNTs-SO ₃ H).....
۴۸	جدول ۱-۳: بهینه کردن شرایط واکنش.....
	جدول ۲-۳: واکنش آمین‌دار کردن گروه کربونیلی آلدهیدها و کتون‌ها به روش احیاء در حضور کاتالیزور
۵۰	MWCNTs-SO ₃ H.....
۵۵	جدول ۳-۳: بهینه کردن شرایط واکنش.....
	جدول ۴-۳: واکنش افزایش مایکل ایندول‌ها و پیرازولون با نیتروآلکن‌های مختلف در حضور کاتالیزور
۵۷	MWCNTs-SO ₃ H.....
۶۴	شکل ۱: طیف ¹ H NMR مربوط به ترکیب 1b
۶۵	شکل ۲: طیف باز شده ¹ H NMR مربوط به ترکیب 1b
۶۶	شکل ۳: طیف باز شده ¹ H NMR مربوط به ترکیب 1b

- شکل ۴: طیف ^{13}C NMR مربوط به ترکیب **1b** ۶۷
- شکل ۵: طیف باز شده ^{13}C NMR مربوط به ترکیب **1b** ۶۸
- شکل ۶: طیف IR مربوط به ترکیب **1b** ۶۹
- شکل ۷: طیف ^1H NMR مربوط به ترکیب **1e** ۷۰
- شکل ۸: طیف باز شده ^1H NMR مربوط به ترکیب **1e** ۷۱
- شکل ۹: طیف باز شده ^1H NMR مربوط به ترکیب **1e** ۷۲
- شکل ۱۰: طیف ^1H NMR مربوط به ترکیب **3t** ۷۳
- شکل ۱۱: طیف باز شده ^1H NMR مربوط به ترکیب **3t** ۷۴
- شکل ۱۲: طیف باز شده ^1H NMR مربوط به ترکیب **3t** ۷۵

اختصارات

MWCNTs-SO ₃ H.....	Sulfonated Multi Walled Carbon Nanotubes
MWCNTs.....	Multi Walled Carbon Nanotubes
SWCNTs.....	Single Walled Carbon Nanotubes
CNTs.....	Carbon Nanotubes
XRD.....	X-ray Diffraction
TGA.....	Thermogravimetric Analysis
SEM.....	Scanning Electron Microscopy
TEM.....	Transmission Electron Microscopy
NMR.....	Nuclear Magnetic Resonance
TLC.....	Thin Layer Chromatography
rt.....	Room Temperature
sf.....	Solvent Free
UV.....	Ultraviolet
MW.....	Microwave

فصل اول

تاریخچه

۱-۱ بخش اول: کاتالیزور

۱-۱-۱ مقدمه

کاتالیزور ماده‌ای است که سرعت یک واکنش شیمیایی را زیاد می‌کند، بدین معنی که، سرعتی که در آن تعادل برقرار می‌شود را افزایش می‌دهد بدون آنکه خود در جریان واکنش مصرف شود. بدین ترتیب اجازه می‌دهد که واکنش دهنده‌ها و محصولات از مسیر جدیدی که دارای انرژی فعالسازی کمتری در مقایسه با انرژی فعالسازی واکنش بدون حضور کاتالیزور می‌باشد، بگذرد. در حالت ایده آل کاتالیزور را می‌توان بدون تغییر، در پایان واکنش بازیابی کرد. چون کاتالیزور در استوکیومتری واکنش تاثیری ندارد، آن را در بالای پیکان در معادله واکنش قرار می‌دهند، تاثیری که کاتالیزور بر روی سرعت واکنش می‌گذارد به صرف حضور آن نیست بلکه یک واکنش کاتالیز شده به طریقی یا با مکانیسمی متفاوت از واکنش کاتالیز نشده صورت می‌گیرد.

حضور کاتالیزور اجازه می‌دهد که اکثر تبدیلات در درجه حرارت پایین‌تر و تحت شرایط ملایم‌تر انجام شود. برای انجام هر واکنش شیمیایی، نیاز به مقداری انرژی است که به آن انرژی فعالسازی گویند، کاتالیزور با اثر گذاشتن بر انرژی فعالسازی واکنش، آن را کاهش داده و موجب می‌شود که واکنش سریع‌تر انجام گیرد.

دو نکته مهم در مورد اثر کاتالیزورها بر واکنش‌های شیمیایی به صورت زیر است :

۱- کاتالیزورها بر روی آنتالپی واکنش اثری ندارند.

۲- برای واکنش‌های برگشت پذیر، اثر کاتالیزور بر واکنش‌های مستقیم و معکوس یکسان می‌باشد.

۱-۱-۲ مروری بر کاتالیزورهای جامد

مشکل مهم و اساسی که در طی واکنش‌های شیمیایی ایجاد می‌شود، تولید مواد زائدی است که برای طبیعت مضر می‌باشند [۱]، بنابراین در سال‌های اخیر تحقیقات فراوانی در زمینه‌ی فرآیندهای شیمیایی که برای طبیعت بی‌خطر باشند انجام گرفته است. این تحقیقات نه تنها در مورد واکنش دهنده‌ها، بلکه در مورد

کاتالیزورهای به کار گرفته شده برای واکنش‌ها نیز انجام شده است. به طور کلی کاتالیزورها را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد:

- ۱- کاتالیزورهای هموژن^۱ بدان معنی که کاتالیزور و اجزای واکنش در یک فاز باشند.
 - ۲- کاتالیزورهای هتروژن^۲ بدان معنی که کاتالیزور و اجزای واکنش در فازهای مختلف بوده و برای انجام واکنش، ابتدا واکنش دهنده‌ها روی سطح کاتالیزور جذب سطحی^۳ شده و واکنش در سطح کاتالیزور انجام گرفته، سپس محصولات از سطح کاتالیزور واجذب^۴ می‌شوند.
- هر کدام از انواع کاتالیزورهای یاد شده، مزایا و معایبی دارند. از خصوصیات کاتالیزورهای هموژن میتوان به فعالیت بالا و گزینش پذیری زیادشان اشاره نمود. اما معمولا فرآیند جداسازی کاتالیزور از محصولات واکنش دشوار بوده و فعالیت کاتالیزور بازیابی شده پایین است. از طرف دیگر در کاتالیزورهای هتروژن، امکان جداسازی آسان کاتالیزور فراهم است. این کاتالیزورها بدون از دست دادن فعالیت کاتالیزوری برای چندین بار قابل استفاده می‌باشند. بنابراین تلاش‌های زیادی در جهت هتروژن نمودن کاتالیزورهای هموژن از طریق اتصال گروه‌های آلی و معدنی بر روی بسترهای مختلف صورت گرفته است. اما مشکلاتی در این بین همواره محدودیت‌هایی ایجاد نموده است، از آن جمله میتوان به جدا شدن کاتالیزور از بستر، کارایی ضعیف کاتالیزور و تخریب شدن بستر اشاره کرد.

۱-۱-۳ کربن نانوتیوب‌ها

کربن نانوتیوب‌ها در سال ۱۹۹۱ توسط دانشمندی به نام ایجیما^۵ به طور کامل اتفاقی و در حین مطالعه روی سطوح الکترودهای گرافیتی مورد استفاده در تخلیه قوس‌های الکتریکی کشف شد [۲].

¹ Homogeneous
² Heterogeneous
³ Adsorption
⁴ Desorption
⁵ Ijima

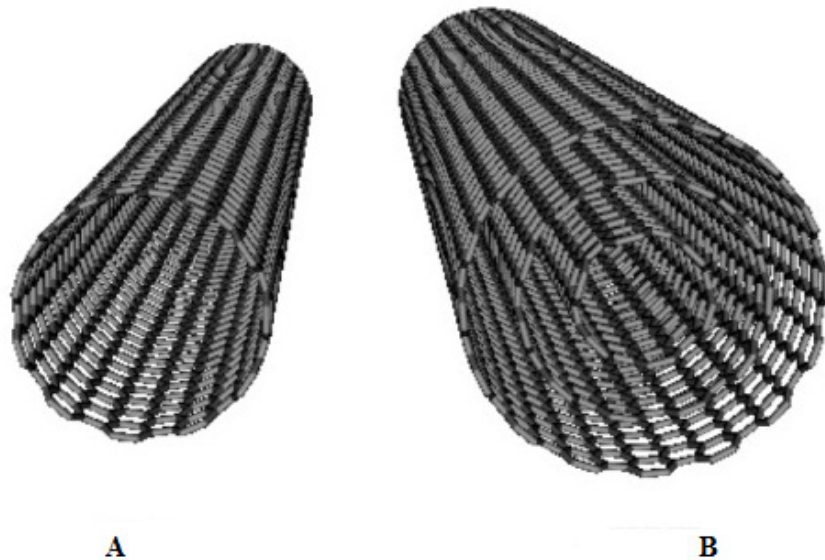
این مواد دارای خواص ساختاری، مکانیکی و الکتریکی فوق‌العاده‌ای هستند، که ناشی از خواص ویژه پیوندهای کربنی، طبیعت شبکه تک بعدی و تقارن استوانه‌های آن‌ها است. قطر کربن نانوتیوب‌ها در حدود چند نانومتر و طولشان در حدود چند میکرومتر بوده و خواص آن‌ها به خواص الیاف گرافیتی ایده‌آل نزدیک است. در میان انواع کربن نانوتیوب‌های کشف شده دو نوع بیش از همه مورد توجه قرار گرفته است. این دو نوع عبارتند از کربن نانوتیوب‌های چنددیواره^۱ (MWCNTs) که در سال ۱۹۹۱ کشف شدند و کربن نانوتیوب‌های تک‌دیواره^۲ (SWCNTs) که در سال ۱۹۹۳ کشف شدند. هر نانوتیوب تک‌دیواره از یک استوانه گرافیتی تشکیل یافته که به وسیله دو کلاهک بسته می‌شوند، این استوانه‌ها به صورت متقارن قرار گرفته‌اند و قطر آن‌ها بین ۱-۲ نانومتر است.

MWCNTs شامل چند SWCNTs هم‌محور شده می‌باشد (شکل ۱-۱)، پس دارای دیواره‌ای ضخیم‌تر بوده و شامل چند استوانه گرافیتی هم‌محور است که با فاصله‌ای در حدود ۰/۳۴ نانومتر از یکدیگر جدا شده‌اند. قطر خارجی نانوتیوب‌های چنددیواره بین ۲-۲۵ نانومتر و قطر داخلی آن‌ها در حدود ۸-۱ نانومتر است [۳]. کربن نانوتیوب‌ها بدلیل داشتن خواصی از قبیل ساختار منحصر بفرد سطح، قطر کوچک، مساحت زیاد سطح فعال، پایداری شیمیایی خوب، هدایت الکتریکی بالا، خواص حرارتی و مکانیکی مناسب، به عنوان ساپورت برای گروه‌های عاملی مختلف و نانو کاتالیست‌ها استفاده شده‌اند. برای استفاده کامل از مزایای کربن نانو تیوب‌ها و همچنین استفاده عملی از کاربردهای بالقوه این مواد، عامل‌دار کردن شیمیایی آنها ضروری است. عامل‌دار کردن سطح کربن نانوتیوب به دو روش کلی یک مرحله یا دو مرحله‌ای امکان پذیر می‌باشد. در روش یک مرحله‌ای، عامل‌دار کردن در همان مرحله سنتز کربن نانوتیوب انجام می‌شود. این روش نسبت به عامل‌دار کردن سطح نانوتیوب از پیش ساخته شده دارای مزایایی از قبیل سادگی و عدم تخریب سطوح نانو در نتیجه استفاده از شرایط سخت برای قرار دادن گروه عاملی بر روی سطوح نانو می‌باشد. یکی از مهم‌ترین گروه‌ها

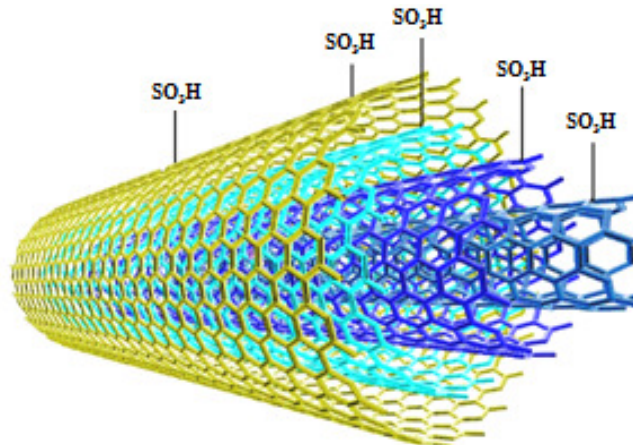
¹ Multi walled carbon nanotubes

² Single walled carbon nanotubes

برای عامل دار کردن کربن نانوتیوبها سولفونیک اسید می باشد (شکل ۱-۲)، که به روش های مختلفی بصورت دومرحله ای بر روی کربن نانوتیوبها قرار گرفته است [۳]. اما تاکنون کربن نانوتیوب عامل دار شده با سولفونیک اسید بصورت تک مرحله ای سنتز نشده است. در این تحقیق برای اولین بار کربن نانوتیوب عامل دار شده با سولفونیک اسید بصورت تک مرحله ای سنتز شده است. با عامل دار کردن کربن نانوتیوبها و اصلاح سطحشان، خاصیت آبگریزی این ترکیبات کاهش یافته و خواص فیزیکی و شیمیایی شان به طور چشمگیری بهبود می یابد.



شکل ۱-۱: (A) SWCNTs، (B) MWCNTs



شکل ۱-۲: MWCNTs-SO₃H

۱-۳-۱-۱-۱ خواص کربن نانوتیوب‌ها

خواص نانوتیوب‌ها تا حد زیادی به نظم اتمی، چگونگی در هم پیچیدن این لایه گرافیتی، قطر و طول تیوب، مورفولوژی و ساختار آن بستگی دارد. خواص ساختاری، مولکولی و الکترونیکی کربن نانوتیوب‌ها توسط اینکه ساختارشان نزدیک به ساختار یک بعدی است، تعیین می‌شود. مهم‌ترین خواص کربن نانوتیوب‌ها در زیر گفته شده است [۴]:

۱- **فعالیت شیمیایی:** به عنوان یک نتیجه کلی، فعالیت شیمیایی کربن نانوتیوب‌ها در مقایسه با یک ورقه گرافیت، با افزایش انحنا سطح نانوتیوب، افزایش می‌یابد. فعالیت شیمیایی نانوتیوب به طور مستقیم به همپوشانی ناقص اوربیتال‌های P که به علت سطح انحنا دار ایجاد می‌شود، مربوط است. به دلیل‌های مشابه، نانوتیوب‌های با قطر کمتر، واکنش پذیری بیشتری دارند.

۲- **هدایت الکتریکی:** وابسته به بردار کایرال، نانوتیوب‌های با قطر کوچک می‌توانند هادی یا نیمه هادی باشند. بنابراین می‌توان گفت که با تغییر ساختار مولکولی، هدایت الکتریکی هم تغییر می‌کند.