بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه سیستان و بلوچستان

تحصیلات تکمیلی

پایان نامه کارشناسی ارشد در شیمی آلی

عنوان:

تهیه نانوکامپوزیت‌های جدیدی از کوپلیمریزاسیون آنیلین با ۲- متیل آنیلین در حضور نانو سیلیکا-ساپورت پرکلریک اسید

استاد راهنما:

دکتر علیرضا مدرسی عالم

استاد مشاور:

دکتر میثم نوروزی فر

تحقیق و نگارش :

المیرا بندانی

(این پایان نامه از حمایت مالی دانشگاه سیستان و بلوچستان بهره مند شده است)

مهر ۱۳۹۲

بسمه تعالی

این پایان نامه با عنوان **تهیه‌ی نانوکامپوزیت‌های جدیدی از کوپلیمریزاسیون آنیلین با ۲- متیل آنیلین در حضور نانو سیلیکا-ساپورت پرکلریک اسید** قسمتی از برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد **شیمی آلی** توسط دانشجو **المیرا بندانی** تحت راهنمایی استاد پایان نامه **دکتر علیرضا مدرسی عالم** تهیه شده است. استفاده از مطالب آن به منظور اهداف آموزشی با ذکر مرجع و اطلاع کتبی به حوزه تحصیلات تکمیلی دانشگاه سیستان و بلوچستان مجاز می باشد.

المیرا بندانی

این پایان نامه **۶** واحد درسی شناخته می شود و در تاریخ ۱۱ /۱۳۹۲/۷ توسط هیئت داوران بررسی و درجه .....**عالی**..... به آن تعلق گرفت.

	نام و نام خانوادگی	**امضاء**	**تاریخ**
استاد راهنما:	دکتر علیرضا مدرسی عالم		
استاد مشاور:	دکتر میثم نوروزی فر		
داور ۱:	دکتر نورالله حاضری		
داور ۲:	دکتر ابراهیم ملاشاهی		
نماینده تحصیلات تکمیلی:	دکتر حمیده سراوانی		

دانشگاه سیستان و بلوچستان

تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب المیرا بندانی تأیید می‌کنم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آن استفاده شده است مطابق مقررات ارجاع گردیده است. این پایان‌نامه پیش از این برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه سیستان و بلوچستان می‌باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو: المیرا بندانی

امضا

ای پدر از تو هر چه می گویم باز هم کم می آورم

خورشیدی شدی و از روشنایی ات جان گرفتم و در ناامیدی ها نازم را

کشیدی و لبریزم کردی از شوق

اکنون حاصل دستان خسته ات رمز موفقیتم شد

به خودم تبریک می گویم که تو را دارم و دنیا با همه بزرگیش مثل تو را ندارد .....

و تو ای مادر، ای شوق زیبایی نفس کشیدن

ای روح مهربان، هستی ام

تو رنگ شادی هایم شدی و غم ها را با تمام وجود از من دور کردی و

عمری خستگی ها را به جان خریدی تا اکنون توانستی طعم خوش پیروزی را به من بچشانی

این اثر ناقابل تقدیم به وجود نازنینتان

سپاسگزاری

«خدایا! کمکم کن عهدی را که با تو در طوفان بستم، در آرامش فراموش نکنم. تو را سپاس می گویم به خاطر تمام نعمت هایی که بر من ارزانی داشتی».

در ابتدا از جناب آقای دکتر علیرضا مدرسی عالم استاد راهنمای ارجمند و بزرگوارم که همواره با سعه صدر و با دقت نظر بسیار بالا راهنمایی پایان نامه اینجانب را بر عهده داشتند، سپاس فراوان دارم و از درگاه خداوند منان سلامتی و موفقیت روزافزون برای ایشان آرزومندم.

مراتب سپاس و قدردانی خود را به جناب آقای دکتر نوروزی فر، استاد مشاور گرامی ام و همچنین جناب آقای دکتر حاضری و جناب آقای دکتر ملاشاهی داوران محترم این پایان نامه و خانم دکتر سراوانی نماینده ی محترم تحصیلات تکمیلی تقدیم می نمایم.

همواره قدردان و سپاسگزار پدر و مادر مهربانم که لحظات ناب باور بودن، لذت و غرور دانستن، جسارت خواستن، عظمت رسیدن و تمام تجربه های یکتا و زیبای زندگیم، مدیون حضور سبز آنهاست، هستم.

و از خواهرانم: الهام، سمیرا و الناز عزیزم بخاطر تمام دلگرمی ها و محبت هایشان سپاس گزارم.

با سپاس بی دریغ خدمت دوستان و همکلاسی های گران مایه ام خانم ها معصومه توحیدی نیا، بیتا ایراندوست، فرانک کاوه، ایلناز شریعتی و آقایان جعفر منصوری، شهاب آریان پور و نعیم صدیقی و تمامی دوستان و همکاران آزمایشگاه که مراصمیمانه و مشفقانه یاری داده اند.

چکیده

کامپوزیت‌ها و نانو کامپوزیت‌های جدیدی از پلی(آنیلین-کو-۲- متیل آنیلین)/ سیلیکا- ساپورت پرکلریک اسید با کو پلیمریزاسیون درجا با استفاده از سیلیکا- ساپورت پرکلریک اسید به عنوان اسید جامد دوپه کننده و تحت شرایط بدون حلال (حالت جامد) سنتز شدند. در واقع پلیمریزاسیون و دوپینگ پلی(آنیلین-کو- ۲-متیل آنیلین) بطور هم‌زمان با اسیدهای جامد سیلیکا ساپورت پرکلریک اسید و نانو سیلیکا- ساپورت پرکلریک اسید به صورت جداگانه و به حالت بدون حلال انجام شد. ابتدا نقش پارامترهای مؤثر بر ساختار پلیمر، شامل: نسبت اسید بهOH سیلیکا، نسبت اسید به مونومر مورد بررسی قرار گرفت. سپس سه کامپوزیت در مقیاس نانو و غیر نانو از کوپلیمرهای با سه نسبت مختلف از آنیلین به ۲-متیل آنیلین (۱/۱، ۱/۱۰ و ۱۰/۱) با اسید جامد و آمونیوم پر سولفات به عنوان اکسید کننده و بدون حلال سنتز شدند. در سنتز تعدادی از نانو کامپوزیت ها از مواد اولیه غیر نانو (سیلیکا مش ۶۰) استفاده شده بود ولی با این حال در همه آنها فرایند نانو شدن به خوبی صورت گرفته بود.تمام نمونه ها تهیه شده با استفاده از سیلیکا مش ۶۰ (۰,۲تا ۰,۰۶۳ میلی متر) و یا با استفاده نانو سیلیکا در اندازه ۱۵ نانو متر، به نانو کامپوزیت تبدیل شده اند(اندازه آنها زیر ۱۰۰ نانو متر شده است). کامپوزیت‌ها و نانو کامپوزیت‌های سنتز شده به کمک طیف سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه (FT-IR)، ماوراء بنفش-مرئی (UV-Vis) شناسایی و مورفولوژی و اندازه ذرات آنها نیز با استفاده از تصاویر میکروسکوپ الکترونی پویشی (SEM) و عبوری (TEM) مورد مطالعه قرار گرفت. همچنین از اطلاعات طیفی بدست آمده از دستگاه های مختلف جهت اثبات فرایند کوپلیمریزاسیون و دوپینگ استفاده گردید. مطابق تصاویر SEM ذراتی بی‌شکل و با میانگین اندازه‌ی۴۰ الی ۸۰ نانومتر دارند. از تصاویر TEM نیز چنین مشخص می‌شود که ذرات نانو کامپوزیت‌ها کروی بوده و نانو کامپوزیت‌های فوق به ترتیب شامل ذراتی با متوسط اندازه‌ی ۲۵ الی ۴۰ نانومتر هستند.

کلمات کلیدی: پلیمر هادی، پلی(۲-متیل آنیلین-کو- آنیلین)، نانوکامپوزیت، اسید جامد، حلال آزاد، نانوسیلیکا، نانو سیلیکا- ساپورت پرکلریک اسید ، پلی(آنیلین-کو-۲-متیل آنیلین) .

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه‌ای بر پلی آنیلین ، پلی (آنیلین-کو-۲-متیل آنیلین)و نانو تکنولوژی ۱
۱-۱- تاریخچه‌ی پلیمرهای هادی مزدوج ۲
۱-۲- پلی آنیلین ۴
۱-۲-۱- ساختمان پلی آنیلین ۴
۱-۲-۲- معایب پلی‌آنیلین ۵
۱-۲-۳- سنتز پلی آنیلین ۵
۱-۲-۴- سنتز الکتروشیمیایی پلی آنیلین ۶
۱-۳- عوامل موثر درسنتز الکتروشیمیایی پلی آنیلین ۸
۱-۴-سنتز شیمیایی پلی‌آنیلین ۹
۱-۵- پروتونه شدن پلی‌آنیلین ۱۱
۱-۶- دوپینگ پلی‌آنیلین توسط اسیدها ۱۱
۱-۷- شناسایی پلی‌آنیلین ۱۲
۱-۷-۱- طیف نور سنجی Uv-vis ۱۲
۱-۷-۲- تفرق اشعهX(XRD) یا WAXS ۱۵
۱-۷-۳- دستگاه اندازه‌گیری هدایت الکتریکی ۱۶
۱-۸- کوپلیمریزاسیون ۱۷
۱-۸-۱- خواص کوپلیمرها ۱۸
۱-۹- انواع کوپلیمرها ۱۸
۱-۹-۱- کوپلیمرهای تصادفی یا بی نظم(Random Copolymers) ۱۸
۱-۹-۲- کوپلیمرهای متناوب ۱۹
۱-۹-۳- کوپلیمرهای دسته‌ای)(Block Copolymers ۱۹
۱-۹-۴- کوپلیمرهای پیوندی(Graft Copolymers) ۲۰
۱-۱۰- تعیین نوع ساختار کوپلیمر با استفاده از مکانیسم کوپلیمریزاسیون ۲۱
۱-۱۱- نامگذاری کوپلیمرها ۲۱
۱-۱۲- خواص الکتریکی کوپلیمرهای رسانا ۲۲
۱-۱۳- کوپلیمریزاسیون آنیلین و مشتقات آلکیل دار آنیلین ۲۲
۱-۱۳-۱- کوپلیمریزاسیون شیمیایی ۲۳
۱-۱۳-۲- کوپلیمریزاسیون الکتروشیمیایی ۲۴

۱-۱۴ -مکانیزم پلیمریزاسیون الکتروشیمیایی ۲-متیل آنیلین وپلی(آنیلین-کو-۲-متیل آنیلین) ۲۶
۱-۱۵-نانو تکنولوژی ۲۹
۱-۱۶- نانوکامپوزیت: تحول بزرگ در مقیاس کوچک ۲۹
۱-۱۷- انواع نانوکامپوزیت‌ها ۳۰
۱-۱۷-۱- نانوکامپوزیت‌های پایه پلیمری ۳۰
۱-۱۷-۲- نانوکامپوزیت‌های پایه سرامیکی ۳۱
۱-۱۷-۳- نانوکامپوزیت‌های پایه فلزی..... ۳۱
۱-۱۸- سنتز نانو پلی آنیلین ها ۳۲
۱-۱۸-۱- سنتز دارای قالب یا الگو..... ۳۲
۱-۱۸-۲- سنتز بدون قالب یا بدون الگو ۳۲
۱-۱۹- نانو سازه های تو خالی پلی آنیلین ۳۳
۱-۱۹- ۱- نانو کپسول های پلی آنیلین ۳۳
۱-۲۰- انواع روش های ساخت نانو کپسول ها ۳۴
۱-۲۰-۱- قالب های سخت ۳۴
۱-۲۰-۱- ۱- نانو ذرات پلیمری ۳۴
۱-۲۰-۱-۲- نانو ذرات غیر ارگانیک ۳۷
۱-۲۰-۲- قالب های نرم..... ۳۸
۱-۲۰-۳- بدون قالب..... ۳۸
۱-۲۱- نانوتیوپ های پلی آنیلین ۳۹
۱-۲۲- انواع روش های ساخت نانو تیوپ ها ۳۹
۱-۲۲-۱- قالب های سخت ۳۹
۱-۲۲-۱-۱ غشاهای نانو متخلخل ۳۹
۱-۲۲-۱-۲- نانو فیبرها ۴۰
۱-۲۲-۲- قالب نرم ۴۰
۱-۲۲-۲-۱- اسیدهای سولفونیک ۴۱
۱-۲۲-۲-۲- تارتاریک اسید ۴۲
۱-۲۲-۳- بدون قالب ۴۲
فصل دوم : بخش تجربی ۴۴
۲-۱- مواد و تجهیزات ۴۵
۲-۱-۱- مواد مصرفی ۴۵
۲-۱-۲- تجهیزات ۴۵
۲-۲- سنتز کامپوزیت‌ها و نانوکامپوزیت ها ۴۶
۲-۳- تهیه کامپوزیت‌های پلی(آنیلین –کو-۲-متیل آنیلین)/ سیلیکا ساپورت پرکلریک اسید به روش کوپلیمریزاسیون درجا ۴۶

۲-۳-۱-آماده سازی سیلیکا ۴۶
۲-۳-۲- تهیه سیلیکا-ساپورت پرکلریک اسید ۷۰٪(S-SPCA) ۴۷
۲-۴- تهیه کامپوزیت های پلی(آنیلین –کو- ۲-متیل آنیلین)/سیلیکا -ساپورت پرکلریک اسید با نسبت آنیلین به ۲- متیل آنیلین یک به یک ۴۸
۲-۵- تهیه کامپوزیت پلی(آنیلین –کو- ۲-متیل آنیلین)/سیلیکا –ساپورت پرکلریک اسید با نسبت آنیلین به ۲- متیل آنیلین ده به یک ۵۵
۲-۶- تهیه کامپوزیت پلی(آنیلین –کو- ۲-متیل آنیلین)/سیلیکا-ساپورت پرکلریک اسید با نسبت آنیلین به ۲- متیل آنیلین یک به ده ۶۰
۲-۷- سنتز نانوکامپوزیت‌ها ۶۵
۲-۷-۱- نانو سیلیکا ۶۵
۲-۷-۲- تهیه نانوسیلیکا-ساپورت پرکلریک اسید ۷۰٪ ۶۵
۲-۸- تهیه نانو کامپوزیت های پلی(آنیلین –کو- ۲-متیل آنیلین) نانوسیلیکا-ساپورت پرکلریک اسید با نسبت آنیلین به ۲- متیل آنیلین یک به یک ، ده به یک و یک به ده ۶۶
فصل سوم : بحث و نتیجه گیری ۷۲
۳-۱- مقدمه ۷۳
۳-۲- شناسایی کلی کامپوزیت ها و نانو کامپوزیت ها ۸۳
۳-۲-۱- بررسی کلی طیف های FT-IR ۸۳
۳-۲- ۲- بررسی کلی طیف های UV-Vis ۹۰
۳-۳-شناسایی و بررسی کامپوزیت های پلی(آنیلین –کو- ۲-متیل آنیلین)/ سیلیکا -ساپورت پرکلریک افزودن ابتدا منومر ۹۲
۳-۳-۱-بررسی طیف FT-IR کامپوزیت ۱ ..... ۹۳
۳-۳-۲- بررسی طیف های UV-Vis کامپوزیت ۱و۳ ..... ۹۷
۳-۴- شناسایی و بررسی کامپوزیت های پلی(آنیلین –کو- ۲-متیل آنیلین)/ سیلیکا -ساپورت پرکلریک اسید با افزودن ابتدا اکسیدان ۹۹
۳-۴-۱-بررسی طیف FT-IR کامپوزیت ۱۱-۹ و۱۷-۱۵ ..... ۱۰۰
۳-۴-۲- بررسی طیف های UV-Vis کامپوزیت های ۱۱-۹ و۱۷-۱۵ ..... ۱۰۹
۳-۴-۳-بررسی تصاویر SEM سیلیکا، سیلیکا ساپورت پرکلریک اسید و کامپوزیت های ۱۵،۱۶و۱۷ ..... ۱۱۴
۳-۴-۴- بررسی هدایت الکتریکی کامپوزیتهای ۱۵،۱۶و۱۷ ..... ۱۱۶
۳-۵- بررسی طیف **FT-IR** نانوسیلیکا ۱۱۶
۳-۵-۱- بررسی طیف EDX، SEM و TEM نانو سیلیکا ۱۱۷
۳-۶- شناسایی و بررسی نانو کامپوزیت های پلی(آنیلین –کو- ۲-متیل آنیلین)/ نانوسیلیکا -ساپورت پرکلریک اسید با افزودن ابتدا اکسیدان ۱۱۸
۳-۶-۱-بررسی طیف FT-IR نانوکامپوزیت های ۱۲،۱۳و۱۴ ..... ۱۱۸

۳-۶-۲- بررسی طیف های UV-Vis نانو کامپوزیت های ۱۲،۱۳و۱۴..... ۱۲۳
۳-۶-۳-بررسی تصاویر SEM وTEM نانو سیلیکا و نانوکامپوزیت های ۱۲،۱۳و۱۴ ..... ۱۲۶
۳-۶-۴- بررسی هدایت الکتریکی نانوکامپوزیتهای ۱۲،۱۳و۱۴ ..... ۱۲۸
۳-۷- شناسایی و بررسی کامپوزیتهای (نانو کامپوزیتها)پلی(آنیلین –کو- ۲-متیل آنیلین)/ سیلیکا (نانوسیلیکا)-ساپورت پرکلریک اسید با ترتیب افزودن ابتدا اکسیدان و نسبت آنیلین به ۲- متیل آنیلین یک به یک ۱۲۹
۳-۷-۱- بررسی طیف های FT-IRنانو کامپوزیت ۱۲ و کامپوزیت ۱۵..... ۱۲۹
۳-۷-۲-بررسی طیف های UV-Visنانو کامپوزیت ۱۲ و کامپوزیت ۱۵ ..... ۱۲۲
۳-۷-۳- بررسی تصاویر SEM وTEM نانوکامپوزیت ۱۲و کامپوزیت ۱۵ ..... ۱۳۵
۳-۷-۴-بررسی هدایت الکتریکی نانوکامپوزیت ۱۲و کامپوزیت ۱۵ ..... ۱۳۶
۳-۸- شناسایی و بررسی کامپوزیتهای (نانو کامپوزیتها)پلی(آنیلین –کو- ۲-متیل آنیلین)/ سیلیکا (نانوسیلیکا)-ساپورت پرکلریک اسید با ترتیب افزودن ابتدا اکسیدان و نسبت آنیلین به ۲- متیل آنیلین ده به یک ۱۳۷
۳-۸-۱- بررسی طیف های FT-IRنانو کامپوزیت ۱۳ و کامپوزیت ۱۶ ..... ۱۴۱
۳-۸-۲- بررسی طیف های UV-Visنانو کامپوزیت ۱۳ و کامپوزیت ۱۶..... ۱۴۳
۳-۸-۳- بررسی تصاویر SEM وTEM نانوکامپوزیت ۱۳و کامپوزیت ۱۶..... ۱۴۵
۳-۸-۴-بررسی هدایت الکتریکی نانوکامپوزیت ۱۳و کامپوزیت ۱۶ ..... ۱۴۶
۳-۹- شناسایی و بررسی کامپوزیتهای (نانو کامپوزیتها)پلی(آنیلین –کو- ۲-متیل آنیلین)/ سیلیکا (نانوسیلیکا)-ساپورت پرکلریک اسید با ترتیب افزودن ابتدا اکسیدان و نسبت آنیلین به ۲- متیل آنیلین یک به ده ۱۴۶
۳-۹-۱- بررسی طیف های FT-IRنانو کامپوزیت ۱۴ و کامپوزیت ۱۷ ..... ۱۴۶
۳-۹-۲- بررسی طیف های UV-Visنانو کامپوزیت ۱۴ و کامپوزیت ۱۷ ..... ۱۵۰
۳-۹-۳- بررسی تصاویر SEM وTEM نانوکامپوزیت ۱۴و کامپوزیت ۱۷ ..... ۱۵۲
۳-۹-۴-بررسی هدایت الکتریکی نانوکامپوزیت ۱۴و کامپوزیت ۱۷..... ۱۵۳
۳-۱۰-نتیجه گیری ۱۵۵
۳-۱۱-پیشنهادات ۱۵۶
مراجع..... ۱۵۷
پیوست ۱۷۰

فهرست جداول

عنوان جدول **صفحه**

جدول ۱-۱- مقایسه هدایت الکتریکی چندفلز با پلیمر هادی ۳
جدول ۱-۲- انواع کوپلیمرهای دسته ای و فرمول ساختاری کلی آنها ۱۹
جدول۱-۳- نام گذاری انواع کوپلیمرهای دسته ای ۲۱
جدول ۲-۱- رنگ،غلظت،شدت و طول موج پیک های جذبی سیلیکای آماده شده در بخش ۲-۳-۱ ..... ۴۷
جدول ۲-۲- شرایط سنتز کامپوزیت های پلی(آنیلین-کو-۲-متیل آنیلین) سیلیکا- ساپورت پرکلریک اسید۶-۱ ..... ۴۹
جدول۲-۳- شرایط سنتز کامپوزیت های پلی(آنیلین-کو-۲-متیل آنیلین) سیلیکا- ساپورت پرکلریک اسید۹ و۱۵ ..... ۵۱
جدول ۲-۴- رنگ،شدت و طول موج پیک جذبی کامپوزیت های پلی (آنیلین-کو-۲-متیل آنیلین) سیلیکا-ساپورت پرکلریک اسید۱،۳،۹و۱۵ ..... ۵۴
جدول ۲-۵- هدایت الکتریکی کامپوزیت ۱۵..... ۵۵
جدول۲-۶- جدول۲-۶-شرایط سنتز کامپوزیت پلی(آنیلین-کو-۲-متیل آنیلین) سیلیکا –ساپورت پرکلریک اسید ۷،۱۱ و۱۶ ..... ۵۶
جدول ۲-۷- رنگ،شدت و طول موج پیک جذبی کامپوزیت های پلی (آنیلین-کو-۲-متیل آنیلین) سیلیکا-ساپورت پرکلریک اسید ۱۱و ۱۶ ..... ۵۹
جدول ۲-۸- هدایت الکتریکی کامپوزیت ۱۶..... ۶۰
جدول۲-۹- -شرایط سنتز کامپوزیت های پلی(آنیلین-کو-۲-متیل آنیلین) سیلیکا- ساپورت پرکلریک اسید ۸،۱۰و۱۷ ..... ۶۰
جدول۲-۱۰- رنگ،شدت و طول موج پیک جذبی کامپوزیتهای پلی (آنیلین-کو-۲-متیل آنیلین) سیلیکا-ساپورت پرکلریک اسید ۱۰و۱۷ ..... ۶۴
جدول ۲-۱۱- هدایت الکتریکی کامپوزیت ۱۷ ..... ۶۴
جدول ۲-۱۲- شرایط سنتز نانو کامپوزیت های پلی(آنیلین-کو-۲-متیل آنیلین) نانو سیلیکا- ساپورت پرکلریک اسید ۱۲،۱۳و ۱۴ ..... ۶۷
جدول۲-۱۳- رنگ،شدت و طول موج پیک جذبی نانوکامپوزیت های پلی (آنیلین-کو-۲-متیل آنیلین) نانو سیلیکا-ساپورت پرکلریک اسید ۱۲ ،۱۳ و۱۴ ..... ۷۰
جدول ۲-۱۴- هدایت الکتریکی کامپوزیت۱۲،۱۳و۱۴ ..... ۷۱

جدول ۳-۱- جمع بندی نتایج شرایط تهیه کامپوزیت‌های پلی(آنیلین-کو-۲- متیل آنیلین)۱تا۶ به روش کوپلیمریزاسیون درجا ۷۷
جدول ۳-۲- جمع بندی نتایج شرایط تهیه کامپوزیت‌های پلی(آنیلین-کو-۲- متیل آنیلین)۷تا۱۱ به روش کوپلیمریزاسیون درجا ۷۸
جدول ۳-۳- جمع بندی نتایج شرایط تهیه کامپوزیت‌های پلی(آنیلین-کو-۲- متیل آنیلین)۱۵تا۱۷ به روش کوپلیمریزاسیون درجا ۸۰
جدول ۳-۴- جمع بندی نتایج شرایط تهیه نانو کامپوزیت‌های پلی(آنیلین-کو-۲- متیل آنیلین)۱۲تا ۱۴ به روش کوپلیمریزاسیون درجا ۸۱
جدول ۳-۵- نواحی طیفی FT-IR برای سیلیکا ، سیلیکا ساپورت پرکلریک اسید، پلی آنیلین و پلی (۲-متیل آنیلین) دوپه شده با پرکلریک اسید ۸۶
جدول ۳-۶- نواحی طیفی FT-IR در کامپوزیت ۱ ..... ۹۳
جدول ۳-۷- رنگ،شدت و طول موج پیک جذبی کامپوزیت های پلی (آنیلین-کو-۲-متیل آنیلین) سیلیکا-ساپورت پرکلریک اسید ۱و۳ ..... ۹۷
جدول ۳-۸- مقایسه نواحی طیفی FT-IR در کامپوزیت های ۱۱-۹ ..... ۱۰۰
جدول ۳-۹- مقایسه نواحی طیفی FT-IR در کامپوزیت های ۱۷-۱۵..... ۱۰۳
جدول ۳-۱۰- رنگ،شدت و طول موج پیک جذبی کامپوزیت های پلی (آنیلین-کو-۲-متیل آنیلین) سیلیکا-ساپورت پرکلریک اسید۱۱-۹ و۱۷-۱۵ ..... ۱۰۹
جدول ۳-۱۱- مقایسه مورفولوژی و متوسط اندازه ذرات سیلیکا، سیلیکا ساپورت پرکلریک اسید و کامپوزیت های ۱۵،۱۶و۱۷ ..... ۱۱۴
جدول ۳-۱۲- هدایت الکتریکی کامپوزیت‌ها ۱۱۶
جدول ۳-۱۳- مقایسه طیف FT-IR سیلیکابا نانو سیلیکا و نانو سیلیکا ساپورت پرکلریک اسید(NSSPCA) ۱۱۷
جدول ۳-۱۴- مقایسه نواحی طیفی FT-IR در نانوکامپوزیت های ۱۲،۱۳و۱۴ ..... ۱۱۸
جدول ۳-۱۵- رنگ،شدت و طول موج پیک جذبی نانوکامپوزیت های پلی (آنیلین-کو-۲-متیل آنیلین) نانو سیلیکا-ساپورت پرکلریک اسید ۱۲ ،۱۳ و۱۴ ..... ۱۲۳
جدول ۳-۱۶- مقایسه مورفولوژی و متوسط اندازه ذرات نانوسیلیکاو نانوکامپوزیت های ۱۲،۱۳و۱۴..... ۱۲۶
جدول ۳-۱۷- هدایت الکتریکی نانوکامپوزیت‌ها ۱۲۸
جدول ۳-۱۸- نواحی طیف FT-IR در نانوکامپوزیت۱۲و کامپوزیت۱۵ ..... ۱۲۹
جدول ۳-۱۹- رنگ،شدت و طول موج پیک جذبی نانوکامپوزیت۱۲ و کامپوزیت۱۵ پلی (آنیلین-کو-۲-متیل آنیلین) سیلیکا (نانو سیلیکا)-ساپورت پرکلریک اسید ۱۳۳
جدول ۳-۲۰- مقایسه مورفولوژی و متوسط اندازه ذرات نانوکامپوزیت ۱۲و کامپوزیت ۱۵ ..... ۱۳۵
جدول ۳-۲۱- هدایت الکتریکی نانوکامپوزیت ۱۲ و کامپوزیت۱۵ ..... ۱۳۶

جدول ۳-۲۲- نواحی طیف FT-IR در نانوکامپوزیت۱۳و کامپوزیت۱۶ ..... ۱۳۷
جدول ۳-۲۳- رنگ،شدت و طول موج پیک جذبی نانوکامپوزیت۱۳ و کامپوزیت۱۶ پلی (آنیلین-کو-۲-متیل آنیلین) سیلیکا (نانو سیلیکا)-ساپورت پرکلریک اسید ۱۴۱
جدول ۳-۲۴- مقایسه مورفولوژی و متوسط اندازه ذرات نانوکامپوزیت ۱۳و کامپوزیت ۱۶ ..... ۱۴۴
جدول ۳-۲۵- هدایت الکتریکی نانوکامپوزیت ۱۳ و کامپوزیت۱۶ ..... ۱۴۵
جدول ۳-۲۶- نواحی طیف FT-IR در نانوکامپوزیت۱۴و کامپوزیت۱۷ ..... ۱۴۶
جدول ۳-۲۷- رنگ،شدت و طول موج پیک جذبی نانوکامپوزیت۱۴ و کامپوزیت۱۷ پلی (آنیلین-کو-۲-متیل آنیلین) سیلیکا (نانو سیلیکا)-ساپورت پرکلریک اسید ۱۵۰
جدول ۳-۲۸-- مقایسه مورفولوژی و متوسط اندازه ذراتنانوکامپوزیت ۱۴و کامپوزیت ۱۷ ..... ۱۵۱
جدول ۳-۲۹- هدایت الکتریکی نانوکامپوزیت ۱۴ و کامپوزیت۱۷ ..... ۱۵۳

فهرست شکل ها

عنوان شکل **صفحه**

طرح ۱-۱- حالتهای اکسایشی گوناگون پلی آنیلین ۴
طرح ۱-۲- مکانیسم سنتز الکتروشیمیایی پلی آنیلین ۷
طرح ۱-۳- مکانیسم سنتز شیمیایی پلی آنیلین ۱۰
شکل ۱-۱- طیف FT-IR پلی آنیلین..... ۱۳
طرح ۱-۴- حلقه های کینوئید (a) بنزوئید (b)..... ۱۳
شکل ۱-۲- طیف UV-Vis امرالدین نمک PAnI.(±)-HCSA و باز در حلال NMP ۱۴
شکل ۱-۳- طیف XRDپلی‌آنیلین ۱۵
طرح ۱-۵-شمای دستگاه اندازه‌گیری هدایت الکتریکی با روش استاندارد چهار نقطه‌ای ۱۷
طرح ۱-۶- کوپلیمرتصادفی یا بی نظم ۱۸
طرح ۱-۷- ساختمان کوپلیمر متناوب ۱۹
طرح ۱-۸- ساختمان شماتیک هوپلیمر(a) ، کوپلیمرهای دسته ای ، دو دسته ای (b) و سه دسته ای (c) و چنددسته ای (d) ۲۰
طرح ۱-۹- شکل گیری کوپلیمرهای پیوندی ۲۰
طرح ۱-۱۰- واکنش های مرحله ای انتشار زنجیر در فرایند کوپلیمریزاسیون ۲۱
طرح ۱-۱۱- فرمول عمومی فرم بازی (حالت امرالدین) برای نشان دادن پلی آنیلین و مشتقاتش ۲۳
شکل ۱-۴- ولتاموگرام مربوط به پلی آنیلین (a)،پلی(آنیلین-کو-ارتوتولوئیدن) (b)، پلی ارتو- تولوئیدن (c) ۲۵
طرح ۱-۱۲- تبدیل واحدهای آمین به رادیکال کاتیون ۲۳
شکل ۱-۵- طیف FT-IR مربوط به پلی آنیلین(a) و پلی ۲-متیل آنیلین (b) و پلی(آنیلین-کو-۲-متیل آنیلین) (c) ۲۶
طرح ۱-۱۳- مراحل مکانیسم پلیمریزاسیون الکتروشیمیایی آنیلین و ۲-متیل آنیلین ۲۷
طرح ۱-۱۴- مکانیسم پلیمریزاسیون الکتروشیمیایی پلی(آنیلین-کو-۲-متیل آنیلین) ۲۷
شکل ۱-۶- بهره گیری از تکنیک لایه به لایه برای استفاده از نانو ذرات پلیمری به عنوان قالب ۳۵
شکل ۱-۷- استفاده از قالب های ذره ای پوسته-هسته (PS-PSS) برای تولید نانو کپسول هایی با قطرپوسته معین و اندازه حفره کنترل شده ۳۶
شکل ۱-۸- استفاده از نانو ذرات PS-PSS باسایز 200nm به عنوان قالب برای تولید کپسولهای ترکیبیPANI/AU ۳۷
شکل ۱-۹- بهره گیری از اکسیدفلزات به عنوان قالب برای تهیه ی نانو کپسول های تو خالی پلی -

آنیلین ۳۷
شکل ۱-۱۰- استفاده از نانوتیوپ هالوسیت برای تولید نانوتیوپ های توخالی پلی آنیلین ۴۰
شکل ۱-۱۱- تولیدنانوکابل های تک بعدیPANI/Au در حضورCSA به عنوان سورفاکتانت
و دوپانت ۴۱
شکل ۱-۱۲- ساخت نانوتیوپها در حضور(۱) وعدم حضور (۲) سورفاکتانت (SDBS) ۴۲
طرح ۲-۱- سیلیکا ساپورت شده توسط پرکلریک اسید۷۰٪ ۴۸
طرح ۲-۲- سنتزکامپوزیت های پلی(آنیلین-کو-۲-متیل آنیلین)سیلیکا- ساپورت پرکلریک اسید ۴۸
طرح ۲-۳- نانو سیلیکا- ساپورت شده توسط پرکلریک اسید۷۰٪ ۶۶
طرح ۲-۴- سنتز نانوکامپوزیت های پلی(آنیلین-کو-۲-متیل آنیلین) نانوسیلیکا-ساپورت پرکلریک
اسید با افزودن ابتدا اکسیدان ۶۶
طرح ۳-۱- روش و ساختار کلی کامپوزیت‌ها و نانوکامپوزیت‌هایی که از آنیلین و مشتقات
آن سنتز شده ۷۴
طرح ۳-۲- ساختار پیشنهادی برای کامپوزیت ها و نانوکامپوزیت های۱۷-۱..... ۷۵
طرح ۳-۳- شمای کلی کار تحقیقاتی در این پایان‌نامه (در ساختار نانو و غیر نانو) ۷۶
شکل ۳- ۱- طیف های جذبی UV-Vis پلی (۲-متیل آنیلین) در فرم های دوپه نشده(a)،
و دوپه شده (b) ۹۱
شکل ۳-۲- مقایسه طیف های FT-IR کامپوزیت **۱**در قبل و بعد از ورکاپ ۹۶
شکل ۳-۳- مقایسه طیف UV-Visکامپوزیت های ۱و۳در قبل و بعد از ورکاپ در حلالNMP ۹۹
شکل ۳-۴- مقایسه طیف FT-IR کامپوزیت های ۹ ،۱۰و۱۱ در قبل و بعد از ورکاپ ۱۰۵
شکل ۳- ۵- مقایسه طیف FT-IR کامپوزیت های ۱۵ ،۱۶و۱۷ با کامپوزیتهای SSPCA-PANI
وSSPCA-POT..... ۱۰۶
شکل ۳-۶- مقایسه طیف UV-Visکامپوزیت های ۹ ،۱۰ و۱۱ در قبل وبعد
از ورکاپدر حلالNMP..... ۱۱۱
شکل ۳-۷- مقایسه طیف UV-Visکامپوزیت های ۱۵ ،۱۶ و۱۷ در قبل وبعد
از ورکاپدر حلالNMPحلالNMP ۱۱۳
شکل ۳-۸- تصویرSEMسیلیکا ۱۱۵
شکل ۳-۹- تصویر SEM سیلیکا ساپورت پرکلریک اسید ۱۱۵
شکل ۳-۱۰- تصاویر SEM کامپوزیت های ۱۵،۱۶و۱۷بعد از ورکاپ ۱۱۵
شکل ۳- ۱۱- مقایسه طیف FT-IR نانوکامپوزیت های ۱۲ ،۱۳ و۱۴ ..... ۱۲۱
شکل ۳-۱۲- مقایسه طیف UV-Visنانوکامپوزیت های ۱۲ ،۱۳ و۱۴در قبل وبعد از
ورکاپدر حلالNMP ۱۲۵
شکل ۳-۱۳- تصویر SEM نانوسیلیکا ۱۲۷
شکل ۳-۱۴- تصویر TEM نانوسیلیکا ۱۲۷
شکل ۳-۱۵- تصویر SEM نانوکامپوزیت aw-۱۲..... ۱۲۷
شکل ۳-۱۶- تصویر TEM نانوکامپوزیت aw-۱۲ ..... ۱۲۷

شکل ۳-۱۷- تصویر SEM نانوکامپوزیت aw-۱۳ ..... ۱۲۷
شکل ۳-۱۸ تصویر TEM نانوکامپوزیت aw-۱۳ ..... ۱۲۷
شکل ۳-۱۹- تصویر SEM نانوکامپوزیت aw-۱۴ ..... ۱۲۸
شکل ۳-۲۰- مقایسه طیف FT-IR نانوکامپوزیت ۱۲ و کامپوزیت ۱۵..... ۱۳۱
شکل ۳- ۲۱- مقایسهطیف UV-Visنانوکامپوزیت ۱۲و کامپوزیت۱۵در قبل وبعد از ورکاپ
در حلالNMP ۱۳۵
شکل ۳-۲۲- تصویر SEM نانوکامپوزیتaw-۱۲ ..... ۱۳۵
شکل ۳-۲۳- تصویر TEM نانوکامپوزیتaw-۱۲ ..... ۱۳۵
شکل ۳-۲۴- تصویر SEM کامپوزیتaw-۱۵ ..... ۱۲۵
شکل ۳-۲۵- مقایسه طیفFT-IRنانوکامپوزیت ۱۳ و کامپوزیت ۱۶..... ۱۴۰
شکل ۳-۲۶- مقایسه طیف UV-Visنانوکامپوزیت ۱۳و کامپوزیت۱۶در قبل وبعد از
ورکاپ در حلالNMP ۱۴۲
شکل ۳-۲۷- تصویر SEM نانوکامپوزیتaw-۱۳ ..... ۱۴۴
شکل ۳-۲۸- تصویر TEM نانوکامپوزیتaw-۱۳ ..... ۱۴۴
شکل ۳-۲۹- تصویر SEM کامپوزیتaw-۱۶ ..... ۱۴۵
شکل ۳- ۳۰- مقایسه طیفFT-IRنانوکامپوزیت۱۴و کامپوزیت۱۷ ..... ۱۴۹
شکل ۳-۳۱- مقایسه طیف UV-Visنانوکامپوزیت ۱۴و کامپوزیت۱۷در قبل وبعد از
ورکاپ ۱۵۱
شکل ۳-۳۲- تصویر SEM نانوکامپوزیتaw-۱۴ ..... ۱۵۳
شکل ۳-۳۳- تصویر SEM کامپوزیتaw-۱۷..... ۱۵۳
شکل ۵- ۱-الف- طیف FT-IR (KBr)سیلیکا ۱۷۱
شکل ۵-۱-ب- طیفUV-Vis (MeOH) سیلیکا ۱۷۱
شکل ۵-۱-ج- تصاویر SEM سیلیکا ۱۷۲
شکل ۵- ۲-الف- طیف FT-IR سیلیکا ساپورت پرکلریکاسید(۷۰٪) ۱۷۳
شکل ۵-۲-ب- تصاویر SEMسیلیکا ساپورت پرکلریکاسید(۷۰٪) ۱۷۳
شکل ۵- ۳-الف- طیف FT-IRکامپوزیتbw-۱ ..... ۱۷۴
شکل ۵- ۳-ب- طیف UV-Visکامپوزیتbw-۱ در حلال NMP ۱۷۴
شکل ۵-۴-الف- طیف FT-IRکامپوزیتaw-۱ ..... ۱۷۵
شکل ۵-۴-ب- طیف UV-Visکامپوزیتaw-۱ در حلال NMP ۱۷۵
شکل ۵- ۵-الف- طیف UV-Visکامپوزیتbw-۳در حلال NMP ۱۷۶
شکل ۵-۵-ب- طیف UV-Visکامپوزیتaw-۳ در حلال NMP ۱۷۶
شکل ۵-۶-الف- طیف FT-IRکامپوزیتbw-۹ ..... ۱۷۷
شکل ۵- ۶-ب- طیف UV-Visکامپوزیتbw-۹در حلال NMP ۱۷۷
شکل ۵-۷-الف- طیف FT-IRکامپوزیتaw-۹ ..... ۱۷۸
شکل ۵-۷-ب- طیف UV-Visکامپوزیتaw-۹ در حلال NMP ۱۷۸
شکل ۵- ۸-الف- طیف UV-Visکامپوزیتbw-۱۵ در حلال NMP ۱۷۹

شکل ۵-۸-ب- طیف FT-IRکامپوزیتaw-۱۵ ..... ۱۷۹
شکل ۵-۸-ج- طیف UV-Visکامپوزیتaw-۱۵ در حلال NMP ۱۸۰
شکل ۵- ۸-د- تصاویر SEMکامپوزیتaw-۱۵ ..... ۱۸۰
شکل ۵-۹-الف- طیف FT-IRکامپوزیتbw-۱۱ ..... ۱۸۱
شکل ۵-۹-ب- طیف UV-Visکامپوزیتbw-۱۱در حلال NMP ۱۸۱
شکل ۵- ۱۰-الف- طیف FT-IRکامپوزیتaw-۱۱ ..... ۱۸۲
شکل ۵-۱۰-ب- طیف UV-Visکامپوزیتaw-۱۱ در حلال NMP ۱۸۲
شکل ۵-۱۱-الف- طیف UV-Visکامپوزیتbw-۱۶ در حلال NMP ۱۸۳
شکل ۵- ۱۱-ب- طیف FT-IRکامپوزیتaw-۱۶ ..... ۱۸۳
شکل ۵-۱۱-ج- طیف UV-Visکامپوزیتaw-۱۶ در حلال NMP ۱۸۴
شکل ۵-۱۱-د- تصاویر SEMکامپوزیتaw-۱۶ ..... ۱۸۴
شکل ۵- ۱۲-الف- طیف FT-IRکامپوزیتbw-۱۰ ..... ۱۸۵
شکل ۵-۱۲-ب- طیف UV-Visکامپوزیتbw-۱۰در حلال NMP ۱۸۵
شکل ۵-۱۳-الف- طیف FT-IRکامپوزیتaw-۱۰ ..... ۱۸۶
شکل ۵- ۱۳-ب- طیف UV-Visکامپوزیتaw-۱۰ در حلال NMP ۱۸۶
شکل ۵-۱۴-الف- طیف UV-Visکامپوزیتbw-۱۷ در حلال NMP ۱۸۷
شکل ۵-۱۴-ب- طیف FT-IRکامپوزیتaw-۱۷ ..... ۱۸۷
شکل ۵- ۱۴-ج- طیف UV-Visکامپوزیتaw-۱۷ در حلال NMP ۱۸۸
شکل ۵-۱۴-د- تصاویر SEMکامپوزیتaw-۱۷ ..... ۱۸۸
شکل ۵-۱۵-الف- طیف FT-IRنانوسیلیکا ۱۸۹
شکل ۵- ۱۵-ب- طیف EDXنانو سیلیکا ۱۸۹
شکل ۵-۱۵-ج- تصاویر SEM نانو سیلیکا ۱۹۰
شکل ۵-۱۵-د- تصاویر TEM نانو سیلیکا ۱۹۱
شکل ۵- ۱۵-ه-طیف FT-IRنانوسیلیکا ساپورت پرکلریک اسید ۱۹۲
شکل ۵-۱۶-الف- طیف UV-Visنانوکامپوزیتbw-۱۲ در حلال NMP ۱۹۲
شکل ۵-۱۶-ب- طیف IR(KBr)نانوکامپوزیتaw-۱۲ ..... ۱۹۳
شکل ۵- ۱۶-ج- طیف FT-IRنانوکامپوزیتaw-۱۲ ..... ۱۹۳
شکل ۵-۱۶-د- طیف UV-Visنانوکامپوزیتaw-۱۲ در حلال NMP ۱۹۴
شکل ۵-۱۶-ه- تصاویر SEMنانوکامپوزیتaw-۱۲ ..... ۱۹۵
شکل ۵-۱۶-ی- تصاویر TEMنانوکامپوزیتaw-۱۲ ..... ۱۹۶
شکل ۵-۱۷-الف- طیف UV-Visنانوکامپوزیتbw-۱۳ در حلال NMP ۱۹۶
شکل ۵-۱۷-ب- طیف IR(KBr)نانوکامپوزیتaw-۱۳ ..... ۱۹۷
شکل ۵- ۱۷-ج- طیف FT-IRنانوکامپوزیتaw-۱۳ ..... ۱۹۷
شکل ۵-۱۷-د- طیف UV-Visنانوکامپوزیتaw-۱۳ در حلال NMP ۱۹۸
شکل ۵-۱۷-ه- تصاویر SEMنانوکامپوزیتaw-۱۳ ..... ۱۹۹

شکل ۵- ۱۷-ی- تصاویر TEMنانوکامپوزیتaw-۱۳ ..... ۲۰۰
شکل ۵-۱۸-الف- طیف UV-Visنانوکامپوزیتbw-۱۴ در حلال NMP ۲۰۰
شکل ۵-۱۸-ب- طیف (KBr)IRنانوکامپوزیتaw-۱۴ ..... ۲۰۱
شکل ۵- ۱۸-ج- طیف FT-IRنانوکامپوزیتaw-۱۴ ..... ۲۰۱
شکل ۵-۱۸-د- طیف UV-Visنانوکامپوزیتaw-۱۴ در حلال NMP ۲۰۲
شکل ۵-۱۸-ه- تصاویر SEMنانوکامپوزیتaw-۱۴ ..... ۲۰۳

فهرست علائم

علامت	نشانه
m(Kg)	جرم(کیلو گرم)
Nm	نانومتر
µm	میکرومتر
ml	میلی‌لیتر
C (g/l)	غلظت (گرم/ لیتر)
°C	درجه سانتی‌گراد
Aw	بعد از work-up
Bw	قبل از work-up
min	زمان / دقیقه
NMP	N- متیل ۲- پیرولیدینون
DDW	آب دو بار تقطیر شده
S	سیلیکا
NS	نانو سیلیکا
PANI-ES	پلی آنیلین امرالدین نمکی
PANI-EB	پلی آنیلین امرالدین بازی
POT-EB	پلی ارتو تولوئیدین امرالدین بازی
POT-ES	پلی ارتو تولوئیدین امرالدین نمکی
SSPCA	سیلیکا-ساپورت پرکلریک اسید
NSSPCA	نانو سیلیکا-ساپورت پرکلریک اسید
W	وزن رسوب
Mon	منومر
AN	آنیلین
O-Tol	۲-متیل آنیلین
OX	اکسیدان
APS	آمونیوم پرسولفات