دانشگاه سیستان و بلوچستان

تحصیلات تکمیلی

پایان نامه کارشناسی ارشد شیمی کاربردی

عنوان:

تهیه نانوکامپوزیت‌های جدیدی از پلی (۲-متوکسی آنیلین) با نانو سیلیکای اسیدی

استاد راهنما:

دکتر علیرضا مدرسی عالم

استاد مشاور:

دکتر علی‌اکبر انتظامی

تحقیق و نگارش:

سکینه ظفری

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

شهریور ۱۳۹۰

بسمه تعالی

این پایان نامه با عنوان تهیه‌ی نانوکامپوزیت‌های جدیدی **از پلی (۲- متوکسی آنیلین) با نانو سیلیکای اسیدی** قسمتی از برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد **شیمی کاربردی** توسط دانشجو **سکینه ظفری** 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.

سکینه ظفری

این پایان نامه **۸** واحد درسی شناخته می شود و در تاریخ **۱۳۹۰/۶/۳۱** 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 علی‌اکبر انتظامی		
داور ۱:	دکتر مژگان خراسانی مطلق		
داور ۲:	دکتر حسن منصوری ترشیزی		
نماینده تحصیلات تکمیلی:	دکتر میثم نوروزی‌فر		

تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب سکینه ظفری 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: سکینه ظفری

امضا

به بهانه‌ی بوسیدن دست‌های خسته‌شان که عمری به پای بالندگی‌ام چروک شد

و به شکرانه‌ی هستی‌شان که بار سنگین زندگی‌ام را کشیدند

تقدیم به پدر و مادرم

سپاسگزاری

شکر و سپاس بی‌قیاس مهربان پروردگاری را که زمین گسترده با همه‌ی رازهای بیشمار نهفته در دل خاکش، ذره‌ای است در دریای آفرینش او. لطفش را سپاسگزارم که بر این بنده‌اش مهر بسیار ارزانی داشت و مدد نمود تا در ردای آسمانی دانش‌پژوهی، رازی از بیشمار راز نهفته‌ی زمینش را جستجو کنم و گامی دیگر بردارم در شناخت نیکوترش، که بی‌شک تحمل سختی‌های مسیر آموختن بی‌لطف او برایم امکان‌پذیر نبود. پس تو را شکر بسیار می‌نمایم به خاطر تمام مهربانیهایت و این کمینه‌ی ناچیز پیشکشی است به درگاه باشکوهت.

گرامی‌ترین مراتب سپاس و قدردانی قلبی خود را به پیشگاه اساتید فرهیخته جناب آقای دکتر علیرضا مدرسی عالم، استاد راهنمای ارجمند و بزرگوارم، به پاس تمام زحمات و دقت نظر ایشان و جناب آقای دکتر علی‌اکبر انتظامی، استاد مشاور گرامی‌ام تقدیم می‌نمایم. همچنین از سرکار خانم دکتر مژگان خراسانی مطلق و جناب آقای دکتر حسن منصوری ترشیزی داوران محترم این پایان نامه و جناب آقای دکتر میثم نوروزی‌فر نماینده‌ی محترم تحصیلات تکمیلی نیز قدردانی می‌نمایم.

همواره قدردان و سپاسگزار خانواده عزیزم که رنج تحصیلم را متحمل شدند هستم و سلامت، سعادت، موفقیت و سربلندیشان را از ایزد یکتا خواستارم.

خداوند را شاکرم به خاطر وجود و همراهی دوستان خوبم: محبوبه قهرمانی‌نژاد، معصومه خسروی، فهیمه موحدی‌فر، زهرا شاهدی، زهرا یاوری و آمنه داوری‌منش.

از همه دوستان و همکاران خوبم متشکرم.

چکیده

کامپوزیت‌ها و نانو کامپوزیت‌های جدیدی از پلی(۲- متوکسی آنیلین) و سیلیکای ساپورت شده با سه نوع اسید دوپانت جامد؛ کامفور سولفونیک اسید، سولفوریک اسید (٪۹۸) و پرکلریک اسید (٪۷۰) با استفاده از اکسایش شیمیایی منومر ۲- متوکسی آنیلین در حضور اکسیدان آمونیوم پرسولفات برای اولین بار تحت شرایط حلال آزاد (حالت جامد) سنتز شدند. نقش پارامترهای مؤثر بر ساختار پلیمر، شامل: نسبت اسید به OH سیلیکا، نسبت منومر به اسید و نسبت اکسیدان به منومر مورد بررسی قرار گرفت. همچنین اثر سیلیکای از قبل ساپورت شده توسط اسید نیز مطالعه شد.

کامپوزیت‌ها و نانو کامپوزیت‌های سنتز شده به کمک طیف سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه (FT-IR)، ماوراء بنفش-مرئی (UV-Vis) و تفکیک انرژی اشعه‌ی X (EDX) شناسایی و مورفولوژی و اندازه ذرات آنها نیز با استفاده از تصاویر میکروسکوپ الکترونی پویشی (SEM) و عبوری (TEM) مورد مطالعه قرار گرفت. تشکیل و دوپینگ پلیمر توسط طیف‌سنجی FT-IR ثابت و با کمک طیف‌های UV-Vis اثر تغییر پارامترهای گفته شده بررسی شدند. تصاویر میکروسکوپ الکترونی نیز نشان دادند که متوسط اندازه ذرات کامپوزیت‌ها و نانو کامپوزیت‌های پلی(۲- متوکسی آنیلین)- سیلیکا ساپورت کامفور سولفونیک اسید به ترتیب ۰/۹۱۸ میکرومتر و ۵۳/۲۲ نانومتر بوده و ذرات آنها بی‌شکل هستند. کامپوزیت‌ها و نانو کامپوزیت‌های پلی(۲- متوکسی آنیلین)- سیلیکا پرکلریک اسید نیز به ترتیب دارای ذراتی با متوسط اندازه‌ی ۵۴۷ و ۶/۹۱ نانومتر می‌باشند. در حالی که کامپوزیت‌ها و نانو کامپوزیت‌های پلی(۲- متوکسی آنیلین)- سیلیکا سولفوریک اسید، مطابق تصاویر SEM ذراتی بی‌شکل و با میانگین اندازه‌ی ۱/۰۴ میکرومتر و ۴۳/۱ نانومتر دارند. اما از تصاویر TEM نیز چنین مشخص می‌شود که ذرات نانو کامپوزیت‌ها نسبتاً کروی بوده و نانو کامپوزیت‌های فوق به ترتیب شامل ذراتی با متوسط اندازه‌ی ۱۴/۵، ۱۹/۲ و ۱۷ نانومتر هستند.

کلمات کلیدی: کامپوزیت، نانو کامپوزیت، پلی(۲- متوکسی آنیلین)، نانو سیلیکا، حلال آزاد، دوپینگ، کامفور سولفونیک اسید، سولفوریک اسید، پرکلریک اسید.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه‌ای بر پلیمرهای هادی **۱**
۱-۱- تاریخچه‌ی پلیمرهای هادی..... ۲
۱-۲- انواع پلیمرهای هادی ۳
۱-۲-۱- کامپوزیت‌های پلیمری رسانا ۳
۱-۲-۲- پلیمرهای ردوکس ۳
۱-۲-۳- پلیمرهای رسانای یونی ۵
۱-۲-۴- پلیمرهای هادی ذاتی (درونی) ۵
۱-۳- مکانیسم هدایت ۷
۱-۴- مفهوم دوپینگ در پلیمرهای هادی ذاتی ۹
۱-۵- اصول دوپینگ پلیمرهای مزدوج ۱۲
۱-۵-۱- دوپینگ اکسایش-کاهشی ۱۴
۱-۵-۲- دوپینگ اسید- باز ۱۶
۱-۵-۳- دیگر روش‌های دوپینگ پلیمرهای مزدوج ۱۸
۱-۵-۳-۱- دوپینگ نوری ۱۸
۱-۵-۳-۲- دوپینگ تزریق بار ۱۹
۱-۶- بعضی کاربردهای پلیمرهای هادی ۱۹
۱-۶-۱- تبدیل و ذخیره‌ی انرژی، سوئیچ الکتروشیمیایی ۱۹
۱-۶-۲- سل‌های فوتو ولتایی پلیمر (جدائی بار القاء شده‌ی نوری) ۲۱
۱-۶-۳- تکنولوژی نمایشگرها: نشر نور القاء شده‌ی الکتریکی ۲۲
۱-۶-۴- الکتروکرومیک ۲۴
۱-۶-۵- محافظت از خوردگی ۲۴
۱-۶-۶- ابزارهای رهاسازی کنترل شده ۲۵
۱-۷- نانو کامپوزیت: تحول بزرگ در مقیاس کوچک ۲۶
۱- ۷-۱- انواع نانو کامپوزیت‌ها ۲۷
۱-۷-۱-۱- نانو کامپوزیت‌های پایه پلیمری ۲۷
۱-۷-۱-۲- نانو کامپوزیت‌های پایه سرامیکی ۲۸
۱-۷-۱-۳- نانو کامپوزیت‌های پایه فلزی ۲۸
فصل دوم: پلی‌آنیلین و مشتقات آن **۳۰**
۲-۱- پلی‌آنیلین ۳۱
۲-۱-۱- فرم‌های مختلف پلی‌آنیلین ۳۳

۲-۱-۲- خواص پلی‌آنیلین ۳۵
۲-۱-۲-۱- هدایت ۳۵
۲-۱-۲-۲- خواص نوری پلی‌آنیلین ۳۵
۲-۱-۲-۳- خواص مکانیکی ۳۷
۲-۱-۳- سنتز پلی‌آنیلین ۳۸
۲-۱-۳-۱-سنتز الکتروشیمیایی ۳۸
۲-۱-۳-۲-سنتز شیمیایی ۳۹
۲-۱-۳-۳-دیگر روش‌های سنتز ۴۳
۲-۱-۳-۳-الف- پلیمریزاسیون فوتوشیمیایی ۴۳
۲-۱-۳-۳-ب-پلیمریزاسیون آنزیمی ۴۴
۲-۲- پلی‌آنیلین‌های با استخلاف آلکیل و آلکوکسی ۴۴
۲-۲-۱- اثر استخلاف بر خواص پلیمرها ۴۵
۲-۲-۱-۱- حلالیت ۴۶
۲-۲-۱-۲- رسانایی ۴۶
۲-۲-۱-۳- وزن مولکولی ۴۷
۲-۲-۱-۴- خواص ردوکس ۴۷
۲-۲-۱-۵- خواص الکترونیکی و طیف سنجی ۴۷
۲-۲-۱-۶- خواص مکانیکی و گرمایی ۴۷
فصل سوم: بخش تجربی **۴۹**
۳-۱- مواد و تجهیزات ۵۰
۳-۱-۱- مواد ۵۰
۳-۱-۲- تجهیزات ۵۰
۳-۲- سنتز پلی(۲- متوکسی آنیلین) ۵۱
۳-۳- سنتز کامپوزیت‌ها ۵۳
۳-۳-۱- آماده سازی سیلیکا ۵۳
۳-۳-۲- تهیه‌ی کامپوزیت‌های پلی(۲- متوکسی آنیلین)- سیلیکا ساپورت کامفور سولفونیک اسید (به روش پلیمریزاسیون درجا و بدون حلال) ۵۴
۳-۳-۲- الف- سنتز سیلیکا ساپورت کامفور سولفونیک اسید ۵۴
۳-۳-۲-ب- سنتز کامپوزیت پلی(۲- متوکسی آنیلین)- سیلیکا ساپورت کامفور سولفونیک اسید ۵۵
۳-۳-۳- تهیه‌ی کامپوزیت‌های پلی (۲-متوکسی آنیلین)- سیلیکا ساپورت پرکلریک اسید (به روش پلیمریزاسیون درجا و بدون حلال) ۵۸
۳-۳-۳- الف- سنتز سیلیکا ساپورت پرکلریک اسید (۷۰٪) ۵۸
۳-۳-۳-ب- سنتز کامپوزیت پلی(۲- متوکسی آنیلین)- سیلیکا ساپورت کامفور سولفونیک اسید ۵۹
۳-۳-۴- تهیه‌ی کامپوزیت‌های پلی(۲- متوکسی آنیلین)- سیلیکا ساپورت سولفوریک اسید (۹۸٪) (به روش پلیمریزاسیون درجا و بدون حلال) ۶۳

۳-۳-۴- الف- سنتز سیلیکا ساپورت سولفوریک اسید (۹۸٪) ۶۳
۳-۳-۴-ب- سنتز کامپوزیت پلی(۲- متوکسی آنیلین)- سیلیکا ساپورت سولفوریک اسید (۹۸٪) ۶۴
۳-۵- تهیه‌ی نانو کامپوزیت‌ها ۶۸
۳-۵- الف- نانو سیلیکا و نانو سیلیکاهای ساپورت شده با اسیدها ۶۸
۳-۵-ب- سنتز نانو کامپوزیت‌ها ۶۹
فصل چهام: بحث و نتیجه‌گیری **۷۳**
۴-۱- تهیه‌ی کامپوزیت‌ها و نانو کامپوزیت‌ها ۷۴
۴-۲- شناسایی عمومی ۷۵
۴-۲-۱- شناسایی کامپوزیت‌ها و نانو کامپوزیت‌های پلی(۲- متوکسی آنیلین)- سیلیکا ساپورت کامفور سولفونیک اسید ۷۸
۴-۲-۱-۱- بررسی طیف های FT-IR ۸۰
۴-۲-۱-۲- بررسی طیف‌های UV-Vis ۸۷
۴-۲-۱-۳- بررسی تصاویر SEM و TEM ۸۹
۴-۲-۱-۴- بررسی طیف EDX ۹۰
۴-۲-۱-۵- بررسی چرخش نوری ۹۰
۴-۲-۲- شناسایی کامپوزیت‌ها و نانوکامپوزیت‌های پلی(۲- متوکسی آنیلین)- سیلیکا ساپورت پرکلریک اسید ۹۲
۴-۲-۲-۱- بررسی طیف های FT-IR ۹۳
۴-۲-۲-۲- بررسی طیف‌های UV-Vis ۱۰۲
۴-۲-۲-۳- بررسی تصاویر SEM و TEM ۱۰۴
۴-۲-۲-۴- بررسی طیف‌های EDX ۱۰۴
۴-۲-۳- شناسایی کامپوزیت‌ها و نانو کامپوزیت‌های پلی(۲- متوکسی آنیلین)- سیلیکا ساپورت سولفوریک اسید ۱۰۵
۴-۲-۳-۱- بررسی طیف های FT-IR ۱۰۷
۴-۲-۳-۲- بررسی طیف‌های UV-Vis ۱۱۵
۴-۲-۳-۳- بررسی تصاویر SEM و TEM ۱۱۷
۴-۲-۳-۴- بررسی طیف‌های EDX ۱۱۷
۴-۲-۴- مقایسه‌ی ترکیبات نانو با غیر نانو ۱۱۷
۴-۳- نتیجه‌گیری ۱۲۱
۴-۴- پیشنهادات ۱۲۴
مراجع **۱۲۵**
پیوست **۱۳۹**

فهرست جداول

عنوان جدول **صفحه**

جدول ۲-۱- پتانسیل اکسایش تعدادی از اکسیدان‌ها ۴۳
جدول ۳-۱- رنگ، غلظت، شدت و طول موج پیک‌های جذبی طیف UV-Vis ۲-متوکسی آنیلین (۱) و پلی (۲- متوکسی آنیلین) امرالدین باز (۳) و نمک (۲) ۵۳
جدول ۳-۲- رنگ، غلظت، شدت و طول موج پیک‌های جذبی سیلیکای S1 ..... ۵۴
جدول ۳-۳- شرایط سنتز کامپوزیت‌های پلی (۲- متوکسی آنیلین)- سیلیکا ساپورت کامفور سولفونیک اسید ۵۵
جدول ۳-۴- رنگ، غلظت، شدت و طول موج پیک‌های جذبی طیف UV-Vis کامپوزیت‌های پلی (۲- متوکسی آنیلین)- سیلیکا ساپورت کامفور سولفونیک اسید ۵۷
جدول ۳-۵- شرایط سنتز کامپوزیت‌های پلی (۲- متوکسی آنیلین)- سیلیکا ساپورت پرکلریک اسید (۷۰٪) ۵۹
جدول ۳-۶- رنگ، غلظت، شدت و طول موج پیک‌های جذبی طیف UV-Vis کامپوزیت‌های پلی (۲- متوکسی آنیلین)- سیلیکا پرکلریک اسید (۷۰٪) ۶۲
جدول ۳-۷- رنگ، غلظت، شدت و طول موج پیک‌های جذبی طیف UV-Vis سیلیکا و سیلیکا ساپورت سولفوریک اسید (۹۸٪) ۶۴
جدول ۳-۸- شرایط سنتز کامپوزیت‌های پلی (۲- متوکسی آنیلین)- سیلیکا ساپورت سولفوریک اسید (۹۸٪) ۶۵
جدول ۳-۹- رنگ، غلظت، شدت و طول موج پیک جذبی کامپوزیت‌های پلی (۲-متوکسی آنیلین)- سیلیکا ساپورت سولفوریک اسید (۹۸٪) ۶۷
جدول ۳-۱۰- شرایط سنتز نانو کامپوزیت‌های پلی (۲- متوکسی آنیلین)- سیلیکای اسیدی ۶۹
جدول ۳-۱۱- رنگ، غلظت، شدت و طول موج پیک‌های جذبی طیف UV-Vis نانو کامپوزیت‌های پلی (۲- متوکسی آنیلین)- سیلیکای اسیدی ۷۲
جدول ۳-۱۲- مقایسه مورفولوژی و متوسط اندازه ذرات نانو کامپوزیت‌ها ۷۲
جدول ۴-۱- نواحی اصلی طیف FT-IR سیلیکا و پلی (۲- متوکسی آنیلین) امرالدین بازی (۳) ۷۶
جدول ۴-۲- شرایط سنتز کامپوزیت‌ها و نانو کامپوزیت‌های پلی (۲- متوکسی آنیلین) – سیلیکا ساپورت کامفور سولفونیک اسید ۷۹
جدول ۴-۳- مقایسه‌ی داده‌های طیف FT-IR کامپوزیت‌ها و نانو کامپوزیت‌های پلی (۲- متوکسی آنیلین)- سیلیکا ساپورت کامفور سولفونیک اسید با سیلیکا (S1)، سیلیکا ساپورت کامفور سولفونیک اسید (۴) و پلی (۲- متوکسی آنیلین) دوپه شده با

HCSA و بازی ۸۰
جدول ۴-۴- مقایسه‌ی نواحی طیف FT-IR کامپوزیت‌ها و نانو کامپوزیت‌های پلی (۲- متوکسی آنیلین)- سیلیکا ساپورت کامفور سولفونیک اسید ۸۲
جدول ۴-۵- طول موج پیک‌های جذبی UV-Vis کمپوزیت‌ها و نانو کامپوزیت‌های پلی (۲- متوکسی آنیلین)- سیلیکا ساپورت کامفور سولفونیک اسید ۸۸
جدول ۴-۶- درصد عناصر ترکیب ۴۳ با استفاده از EDX ۹۱
جدول ۴-۷- چرخش نوری کامپوزیت‌ها و نانو کامپوزیت‌های پلی (۲- متوکسی آنیلین)- سیلیکا ساپورت کامفور سولفونیک اسید ۹۱
جدول ۴-۸- شرایط سنتز کامپوزیت‌ها و نانو کامپوزیت پلی (۲- متوکسی آنیلین) – سیلیکا ساپورت پرکلریک اسید ۹۲
جدول ۴-۹- مقایسه‌ی میانگین داداهای طیف FT-IR کامپوزیت‌ها و نانو کامپوزیت-های سنتز شده‌ی پلی (۲- متوکسی آنیلین)- سیلیکا ساپورت پرکلریک اسید (۷۰٪) با سیلیکا و پلی (۲- متوکسی آنیلین) بازی و دوپه شده..... ۹۴
جدول ۴-۱۰- مقایسه پیک‌های طیف FT-IR کامپوزیت‌ها و نانو کامپوزیت‌های پلی (۲- متوکسی آنیلین)- سیلیکا ساپورت پرکلریک اسید ۹۵
جدول ۴-۱۱- طول موج پیک‌های جذبی UV-Vis کمپوزیت‌ها و نانو کامپوزیت‌های پلی (۲- متوکسی آنیلین)- سیلیکا ساپورت پرکلریک اسید ۱۰۲
جدول ۴-۱۲- در صد عناصر ترکیبات ۲۳ و ۴۷ با استفاده از طیف EDX ۱۰۴
جدول ۴-۱۳- شرایط سنتز کامپوزیت‌ها و نانو کامپوزیت‌های پلی (۲- متوکسی آنیلین) – سیلیکا ساپورت سولفوریک اسید ۱۰۶
جدول ۴-۱۴- مقایسه‌ی میانگین داده‌های طیف FT-IR کامپوزیت‌ها و نانو کامپوزیت-های سنتز شده‌ی پلی (۲- متوکسی آنیلین)- سیلیکا ساپورت سولفوریک اسید با سیلیکا (۲۸) و پلی (۲- متوکسی آنیلین) امرالدین نمک (۲) ۱۰۷
جدول ۴-۱۵- مقایسه نواحی طیفی کامپوزیت‌ها و نانو کامپوزیت‌های پلی (۲- متوکسی آنیلین)- سیلیکا ساپورت سولفوریک اسید ۱۰۹
جدول ۴-۱۶- رنگ و طول موج پیک جذبی UV-Vis کمپوزیت‌ها و نانو کامپوزیت-های پلی (۲- متوکسی آنیلین)- سیلیکا ساپورت سولفوریک اسید ۱۱۵
جدول ۴-۱۷- درصد عناصر ترکیبات ۳۵ و ۴۶ با استفاده از طیف EDX ۱۱۸
جدول ۴-۱۸- مقایسه‌ی داده‌های طیف FT-IR ترکیبات ۴۰، ۴۱ و ۴۲ ..... ۱۱۸
جدول ۴-۱۹- مقایسه نواحی طیف FT-IR نانوکامپوزیت‌ها و کامپوزیت‌های مشابه ۱۱۹
جدول ۴-۲۰- مقایسه‌ی طول موج پیک‌های جذبی طیف UV-Vis کمپوزیت‌ها و نانو کامپوزیت‌های پلی (۲- متوکسی آنیلین) در NMP و متانول ۱۲۰

فهرست شکل‌ها

عنوان شکل **صفحه**

طرح۱-۱- دو نمونه پلیمر آلی اشباع به همراه کمپلکس‌های فلزات واسطه‌ی معلق ۴
طرح ۱-۲- دو نمونه کمپلکس فلزات واسطه با لیگاندهای قابل پلیمریزاسیون ۴
طرح ۱-۳- یک پلیمر آلی اشباع با جزء آلی فعال الکتروشیمیایی آویزان ۵
طرح ۱- ۴- پلی‌آنیلین سولفونه شده ۶
شکل ۱-۱- نوار انرژی در جامدات ۷
شکل ۱-۲- سطوح انرژی محاسبه شده‌ی الیگو تیوفن ها با n=1- 4 و پلی تیوفن ۸
شکل ۱- ۳- ساختار شماتیک a) سولیتون خنثی، b) سولیتون منفی و c) سولیتون مثبت ۹
شکل ۱- ۴- ساختار شماتیک a) بای پلارون و b) پلارون ۹
شکل ۱-۵- ساختار شیمیایی برخی از پلیمرهای مزدوج ۱۱
شکل ۱- ۶- رسانایی برخی فلزات و پلیمرهای مزدوج دوپه شده ۱۱
شکل ۱- ۷- فرم‌های ایزومری پلی‌استیلن ۱۲
شکل ۱- ۸- فرم‌های هم تراز پلی‌استیلن ۱۳
شکل ۱- ۹- حالت‌های پایه‌ی غیر هم تراز پلی‌پارا فنیلن ۱۳
شکل ۱- ۱۰- دوپینگ نوع p پلی‌استیلن ۱۵
شکل ۱- ۱۱- فرم‌های اصلی پلی‌آنیلین بازی ۱۶
شکل ۱- ۱۲- دوپینگ اکسیدی و اسید- باز پلی‌آنیلین ۱۸
طرح ۱-۵- دوپینگ نوری پلی‌استیلن ۱۹
شکل ۱- ۱۳- اکسایش – احیاء پلی- پیرول ۲۰
طرح ۱-۶- پلی پارا- فنیلن وینیلن ۲۱
شکل ۱- ۱۴- یک سل فوتوولتایی پلیمری ۲۲
شکل ۱- ۱۵- ساختار شماتیک یک دیود نشر نور پلیمری تک لایه ۲۳
شکل ۱- ۱۶- دیاگرام انرژی یک PLED تک لایه ۲۳
طرح ۱- ۷- ساختار MEH-CN-PPV ۲۴
طرح ۲- ۱- ساختار کلی پلی‌آنیلین ۳۱
شکل ۲-۱- رسانایی امرالدین باز به عنوان تابعی از pH محلول دوپانت HCl طی دوپینگ ۳۲
شکل ۲-۲- فازهای مختلف پلی‌آنیلین ۳۳
طرح ۲- ۲- ساختار لکوامرالدین باز ۳۴
طرح ۲- ۳- ساختار امرالدین باز ۳۴
شکل ۲-۳- طیف UV-Vis امرالدین نمک PANI (±)-HCSA در حلال NMP ۳۶

طرح ۲- ۴- ساختار شماتیک حلقه کینوئیدی و یک واحد ایمین – فنیل – آمین ۳۶
شکل ۲-۴- مکانیزم الکتروپلیمریزاسیون آنیلین ۴۰
شکل ۲-۵- پلیمریزاسیون شیمیایی آنیلین ۴۲
طرح ۲- ۵- ساختار شماتیک Methylviologen ۴۳
طرح ۲- ۶- ساختار کلی پلی‌آنیلین‌های استخلاف شده ۴۵
طرح ۳-۱- طرح کلی سنتز پلی (۲- متوکسی آنیلین) امرالدین نمک ۵۲
طرح ۴-۱- ساختار شیمیایی پلی (۲- متوکسی آنیلین) ۷۴
طرح ۴-۲- طرح سنتز و ساختار کلی کامپوزیت پلی (۲- متوکسی آنیلین)- سیلیکای اسیدی ۷۵
طرح ۴-۳- ساختار پیشنهادی برای کامپوزیت‌ها و نانو کامپوزیت‌های پلی(۲- متوکسی آنیلین) – سیلیکا ساپورت کامفور سولفونیک اسید ۷۸
شکل ۴-۱- جابجایی پیک کینوئیدی برای کامپوزیت‌های پلی (۲- متوکسی آنیلین)- سیلیکا ساپورت کامفور سولفونیک اسید با افزایش مقدار اکسیدان در نسبت ۱ =mon./acid (ترکیبات ۵، ۶، ۸ و ۹) و ۲ =mon./acid (ترکیبات ۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۱۳) ۸۴
شکل ۴-۲- مقایسه‌ی طیف FT-IR کامپوزیت‌های ۵ تا ۹ ..... ۸۵
شکل ۴-۳- مقایسه‌ی طیف FT-IR کامپوزیت‌های ۶ و ۷ ..... ۸۶
شکل ۴-۴- مقایسه‌ی طیف FT-IR کامپوزیت‌های ۱۰ تا ۱۳ ..... ۸۵
شکل ۴-۵- تغییرات طول‌موج جذب $n\rightarrow\pi^*$ کامپوزیت‌های پلی (۲- متوکسی آنیلین)- سیلیکا ساپورت کامفور سولفونیک اسید در حلال NMP و متانول در دو نسبت منومر به اسید ۸۹
طرح ۴-۴- ساختار پیشنهادی برای کامپوزیت‌ها و نانو کامپوزیت‌های پلی (۲- متوکسی آنیلین) – سیلیکا ساپورت پرکلریک اسید ۹۲
شکل ۴-۶- محل پیک کینوئیدی کامپوزیت‌های پلی (۲- متوکسی آنیلین)- سیلیکا ساپورت پرکلریک اسید با افزایش نسبت اکسیدان در نسبت ۱=ox./mon/. (ترکیبات ۱۵، ۱۶،۱۹ و ۲۱) و ۲=ox./mon. (ترکیبات ۲۲، ۲۳، ۲۵ و ۲۷)..... ۹۷
شکل ۴-۷- مقایسه‌ی طیف FT-IR کامپوزیت‌های ۱۵، ۱۶، ۱۹ و ۲۱ ..... ۹۹
شکل ۴-۸- مقایسه‌ی طیف FT-IR کامپوزیت‌های ۱۹ و ۲۰ ..... ۹۹
شکل ۴-۹- مقایسه‌ی طیف FT-IR کامپوزیت‌های ۲۲، ۲۳، ۲۵ و ۲۷ ..... ۱۰۰
شکل ۴-۱۰- مقایسه‌ی طیف FT-IR کامپوزیت‌های ۱۶، ۱۷ و ۱۸ ..... ۱۰۰
شکل ۴-۱۱- مقایسه‌ی طیف FT-IR کامپوزیت‌های ۲۳ و ۲۴ ..... ۱۰۱
شکل ۴-۱۲- مقایسه‌ی طیف FT-IR کامپوزیت‌های ۲۵ و ۲۶ ..... ۱۰۱
شکل ۴-۱۳- تغییرات طول‌موج جذب‌ها ی $n\rightarrow\pi^*$ کامپوزیت‌های پلی (۲- متوکسی آنیلین) – سیلیکا ساپورت پرکلریک اسید (۷۰٪) در دو حلال NMP و متانول در نسبت منومر به اسید ۱(ترکیبات ۱۵،۱۶،۱۹ و ۲۱) و۲(ترکیبات ۲۲،۲۳،۲۵ و ۲۷ ..... ۱۰۳
طرح ۴-۵- ساختار پیشنهادی برای کامپوزیت‌ها و نانو کامپوزیت‌های پلی (۲- متوکسی آنیلین) – سیلیکا ساپورت سولفوریک اسید ۱۰۵

شکل ۴-۱۴- جابجایی پیک کینوئیدی کامپوزیت‌های پلی (۲- متوکسی آنیلین)- سیلیکا ساپورت سولفوریک اسید (۹۸٪) با افزایش مقدار اکسیدان در دو نسبت منومر به اسید برابر ۱ (ترکیبات ۲۹ تا ۳۲) و ۲ (ترکیبات ۳۴ تا ۳۷) ۱۱۰
شکل ۴-۱۵- مقایسه‌ی طیف FT-IR کامپوزیت‌های ۲۹ تا ۳۲ ..... ۱۱۲
شکل ۴-۱۶- مقایسه‌ی طیف FT-IR کامپوزیت‌های ۳۰ و ۳۳ ..... ۱۱۳
شکل ۴-۱۷- مقایسه‌ی طیف FT-IR کامپوزیت‌های ۳۴ و ۳۷ ..... ۱۱۳
شکل ۴-۱۸- مقایسه‌ی طیف FT-IR کامپوزیت‌های ۳۱ و ۳۸ ..... ۱۱۴
شکل ۴-۱۹- مقایسه‌ی طیف FT-IR کامپوزیت‌های ۳۶ و ۳۹ ..... ۱۱۴
شکل ۴-۲۰- تغییرات طول‌موج جذب $n\rightarrow\pi^*$ کامپوزیت‌های پلی (۲- متوکسی آنیلین)- سیلیکا ساپورت سولفوریک اسید در حلال NMP و متانول در دو نسبت منومر به اسید ۱۱۶
شکل ۴-۲۱- مقایسه‌ی محل پیک کینوئیدی طیف FT-IR کامپوزیت‌های با نسبت ۱ = Mon./Acid و دوپه شده با اسیدهای مختلف ۱۲۱
شکل ۴-۲۲- مقایسه‌ی محل پیک کینوئیدی طیف FT-IR کامپوزیت‌های با نسبت ۲ = Mon./Acid و دوپه شده با اسیدهای مختلف ۱۲۱
شکل ۴-۲۳- مقایسه‌ی بازده کامپوزیت‌های دوپه شده با اسیدهای مختلف ۱۲۳

فهرست شکل‌ها

عنوان شکل **صفحه**

شکل ۵-۱-الف: طیف FT-IR ترکیب شماره‌ی ۱ ..... ۱۴۰
شکل ۵-۱-ب: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی ۱ در حلال NMP ۱۴۰
شکل ۵-۲-الف: طیف FT-IR ترکیب شماره‌ی ۲ ..... ۱۴۱
شکل ۵-۲-ب: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی ۲ در حلال NMP ۱۴۱
شکل ۵-۲-ج: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی ۲ در حلال متانول ۱۴۱
شکل ۵-۳-الف: طیف FT-IR ترکیب شماره‌ی ۳ ..... ۱۴۲
شکل ۵-۳- ب: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی ۳ در حلال NMP ۱۴۲
شکل ۵-۳-ج: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی ۳ در حلال متانول ۱۴۲
شکل ۵-۴-الف: طیف FT-IR (KBr) سیلیکای S1 ..... ۱۴۳
شکل ۵-۴-ب: طیف UV-Vis (MeOH) سیلیکای S1 ..... ۱۴۳
شکل ۵-۴-ج: تصاویر SEM سیلیکای S1 ..... ۱۴۴
شکل ۵-۵-الف: طیف FT-IR ترکیب شماره‌ی ۴ ..... ۱۴۵
شکل ۵-۵-ب: تصاویر SEM ترکیب شماره‌ی ۴ ..... ۱۴۵
شکل ۵-۶-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی ۵–aw ۱۴۶
شکل ۵-۶-ب: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی ۵–aw در حلال NMP ۱۴۶
شکل ۵-۶-ج: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی ۵–aw در حلال متانول ۱۴۶
شکل۵-۷-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی ۶–aw ۱۴۷
شکل ۵-۷-ب: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی ۶–aw در حلال NMP ۱۴۷
شکل ۵-۷-ج: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی ۶–aw در حلال متانول ۱۴۷
شکل ۵-۸-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی ۷–bw ۱۴۸
شکل ۵-۸-ب: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی ۷–bw در حلال NMP ۱۴۸
شکل ۵-۹-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی ۷–aw ۱۴۹
شکل ۵-۹-ب: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی ۷–aw در حلال NMP ۱۴۹
شکل ۵-۹-ج: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی ۷–aw در حلال متانول ۱۴۹
شکل ۵-۹-د: تصویر SEM ترکیب شماره‌ی۷–aw ۱۵۰
شکل ۵-۱۰-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی ۸–aw ۱۵۱
شکل ۵-۱۰-ب: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی ۸–aw در حلال NMP ۱۵۱
شکل ۵-۱۰-ج: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی ۸–aw در حلال متانول ۱۵۱
شکل ۵-۱۱-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی ۹–aw ۱۵۲
شکل ۵-۱۱-ب: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی ۹–aw در حلال NMP ۱۵۲

شکل ۵-۱۱-ج: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw–۹ در حلال متانول ۱۵۲
شکل ۵-۱۲-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی aw–۱۰ ..... ۱۵۳
شکل ۵-۱۲-ب: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw–۱۰ در حلال NMP ۱۵۳
شکل ۵-۱۲-ج: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw–۱۰ در حلال متانول ۱۵۳
شکل ۵-۱۳-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی aw–۱۱ ..... ۱۵۴
شکل ۵-۱۳-ب: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw–۱۱ در حلال NMP ۱۵۴
شکل ۵-۱۳-ج: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw–۱۱ در حلال متانول ۱۵۴
شکل۵-۱۳-د: تصاویر SEM ترکیب شماره‌ی aw–۱۱ ..... ۱۵۵
شکل ۵-۱۴-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی aw–۱۲ ..... ۱۵۶
شکل ۵-۱۴-ب: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw–۱۲ در حلال NMP ۱۵۶
شکل ۵-۱۴-ج: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw–۱۲ در حلال متانول ۱۵۶
شکل ۵-۱۵-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی aw–۱۳ ..... ۱۵۷
شکل ۵-۱۵-ب: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw–۱۳ در حلال NMP ۱۵۷
شکل ۵-۱۵-ج: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw–۱۳ در حلال متانول ۱۵۷
شکل ۵-۱۶-الف: طیف FT-IR ترکیب شماره‌ی ۱۴ ..... ۱۵۸
شکل ۵-۱۶-ب: تصویر SEM ترکیب شماره‌ی ۱۴ ..... ۱۵۸
شکل ۵-۱۷-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی aw–۱۵ ..... ۱۵۹
شکل ۵-۱۷-ب: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw–۱۵ در حلال NMP ۱۵۹
شکل ۵-۱۷-ج: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw–۱۵ در حلال متانول ۱۵۹
شکل ۵-۱۸-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی bw–۱۶ ..... ۱۶۰
شکل۵-۱۹-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی aw–۱۶ ..... ۱۶۰
شکل ۵-۱۹-ب: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw–۱۶ در حلال NMP ۱۶۱
شکل ۵-۱۹-ج: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw–۱۶ در حلال متانول ۱۶۱
شکل ۵-۲۰-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی bw–۱۷ ..... ۱۶۱
شکل ۵-۲۱-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی aw–۱۷ ..... ۱۶۲
شکل ۵-۲۱-ب: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw–۱۷ در حلال NMP ۱۶۲
شکل ۵-۲۱-ج: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw–۱۷ در حلال متانول ۱۶۲
شکل ۵-۲۲-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی bw-۱۸ ..... ۱۶۳
شکل ۵-۲۲-ب: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی bw-۱۸ در حلال NMP ۱۶۳
شکل ۵-۲۳-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی aw-۱۸ ..... ۱۶۴
شکل ۵-۲۳-ب: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw-۱۸ در حلال NMP ۱۶۴
شکل ۵-۲۳-ج: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw-۱۸ در حلال متانول ۱۶۴
شکل ۵-۲۴-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی aw-۱۹ ..... ۱۶۵
شکل ۵-۲۴-ب: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw-۱۹ در حلال NMP ۱۶۵
شکل ۵-۲۴-ج: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw-۱۹ در حلال متانول ۱۶۵
شکل ۵-۲۵-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی bw–۲۰ ..... ۱۶۶
شکل ۵-۲۶-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی aw–۲۰ ..... ۱۶۷

شکل ۵-۲۶-ب: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw–۲۰ در حلال NMP ۱۶۷
شکل ۵-۲۶-ج: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw–۲۰ در حلال متانول ۱۶۷
شکل ۵-۲۷-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی aw–۲۱ ..... ۱۶۸
شکل ۵-۲۷-ب: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw–۲۱ در حلال NMP ۱۶۸
شکل ۵-۲۷-ج: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw–۲۱ در حلال متانول ۱۶۸
شکل ۵-۲۸-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی aw–۲۲ ..... ۱۶۹
شکل ۵-۲۸-ب: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw–۲۲ در حلال NMP ۱۶۹
شکل۵-۲۸-ج: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw–۲۲ در حلال متانول ۱۶۹
شکل ۵-۲۹-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی aw–۲۳ ..... ۱۷۰
شکل ۵-۲۹-ب: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw–۲۳ در حلال NMP ۱۷۰
شکل ۵-۲۹-ج: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw–۲۳ ..... ۱۷۰
شکل ۵-۲۹-د: تصویر SEM ترکیب شماره‌ی aw–۲۳ ..... ۱۷۱
شکل ۵-۲۹-ه: تصویر EDX ترکیب شماره‌ی aw–۲۳ ..... ۱۷۱
شکل ۵-۳۰-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی bw–۲۴ ..... ۱۷۳
شکل ۵-۳۱-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی aw–۲۴ ..... ۱۷۴
شکل ۵-۳۱-ب: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw–۲۴ در حلال NMP ۱۷۴
شکل ۵-۳۱-ج: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw–۲۴ ..... ۱۷۴
شکل ۵-۳۲-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی aw-۲۵ ..... ۱۷۵
شکل ۵-۳۲-ب: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw-۲۵ در حلال NMP ۱۷۵
شکل ۵-۳۲-ج: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw-۲۵ در حلال متانول ۱۷۵
شکل ۵-۳۳-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی bw-۲۶ ..... ۱۷۶
شکل ۵-۳۴-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی aw-۲۶ ..... ۱۷۷
شکل ۵-۳۴-ب: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw-۲۶ در حلال NMP ۱۷۷
شکل ۵-۳۴-ج: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw-۲۶ در حلال متانول ۱۷۷
شکل ۵-۳۵-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی aw-۲۷ ..... ۱۷۸
شکل ۵-۳۵-ب: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw-۲۷ در حلال NMP ۱۷۸
شکل ۵-۳۵-ج: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw-۲۷ در حلال متانول ۱۷۸
شکل ۵-۳۶-الف: طیف FT-IR ترکیب شماره‌ی ۲۸ ..... ۱۷۹
شکل ۵-۳۶-ب: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی ۲۸ در حلال متانول ۱۷۹
شکل ۵-۳۶-ج: تصاویر SEM ترکیب شماره‌ی ۲۸ ..... ۱۸۰
شکل ۵-۳۷-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی aw–۲۹ ..... ۱۸۱
شکل ۵-۳۷-ب: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw–۲۹ در حلال NMP ۱۸۱
شکل ۵-۳۷-ج: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw–۲۹ در حلال متانول ۱۸۱
شکل ۵-۳۷-د: تصویر SEM ترکیب شماره‌ی aw–۲۹ ..... ۱۸۲
شکل ۵-۳۸-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی bw–۳۰ ..... ۱۸۲
شکل ۵-۳۹-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی aw–۳۰ ..... ۱۸۳
شکل ۵-۳۹-ب: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw–۳۰ در حلال NMP ۱۸۳

شکل ۵-۳۹-ج: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw–۳۰ در حلال متانول ۱۸۳
شکل ۵-۴۰-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی aw–۳۱ ..... ۱۸۴
شکل ۵-۴۰-ب: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw–۳۱ در حلال NMP ۱۸۴
شکل ۵-۴۰-ج: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw–۳۱ در حلال متانول ۱۸۴
شکل ۵-۴۱-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی aw–۳۲ ..... ۱۸۵
شکل ۵-۴۱-ب: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw–۳۲ در حلال NMP ۱۸۵
شکل ۵-۴۱-ج: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw–۳۲ در حلال متانول ۱۸۵
شکل ۵-۴۲-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی bw–۳۳ ..... ۱۸۶
شکل ۵-۴۲-ب: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی bw–۳۳ در حلال NMP ۱۸۶
شکل ۵-۴۳-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی aw–۳۳ ..... ۱۸۷
شکل ۵-۴۳-ب: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw–۳۳ در حلال NMP ۱۸۷
شکل ۵-۴۳-ج: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw–۳۳ در حلال متانول ۱۸۷
شکل ۵-۴۴-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی aw–۳۴ ..... ۱۸۸
شکل ۵-۴۴-ب: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw–۳۴ در حلال NMP ۱۸۸
شکل ۵-۴۴-ج: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw–۳۴ در حلال متانول ۱۸۸
شکل ۵-۴۵-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی aw–۳۵ ..... ۱۸۹
شکل ۵-۴۵-ب: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw–۳۵ در حلال NMP ۱۸۹
شکل ۵-۴۵-ج: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw–۳۵ در حلال متانول ۱۸۹
شکل ۵-۴۵-د: تصاویر SEM ترکیب شماره‌یaw-۳۵ ..... ۱۹۰
شکل ۵-۴۵-ه: تصویر EDX ترکیب شماره‌ی aw–۳۵ ..... ۱۹۲
شکل ۵-۴۶-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی aw-۳۶ ..... ۱۹۲
شکل ۵-۴۶-ب: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw-۳۶ در حلال NMP ۱۹۳
شکل ۵-۴۶-ج: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw-۳۶ در حلال متانول ۱۹۳
شکل ۵-۴۷-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی aw-۳۷ ..... ۱۹۴
شکل ۵-۴۷-ب: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw-۳۷ در حلال NMP ۱۹۴
شکل ۵-۴۷-ج: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw-۳۷ در حلال متانول ۱۹۴
شکل ۵-۴۸-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی aw-۳۸ ..... ۱۹۵
شکل ۵-۴۸-ب: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw-۳۸ در حلال NMP ۱۹۵
شکل ۵-۴۸-ج: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw-۳۸ در حلال متانول ۱۹۵
شکل ۵-۴۹-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی aw-۳۹ ..... ۱۹۶
شکل ۵-۴۹-ب: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw-۳۹ در حلال NMP ۱۹۶
شکل ۵-۴۹-ج: طیف UV-Vis ترکیب شماره‌ی aw-۳۹ در حلال متانول ۱۹۶
شکل ۵-۵۰-الف: طیف FT-IR(KBr) نانوسیلیکای S2 ..... ۱۹۷
شکل ۵-۵۰-ج: تصاویر SEM نانو سیلیکا S2 ..... ۱۹۸
شکل ۵-۵۰-د: تصاویر TEM نانو سیلیکای S2 ..... ۱۹۸
شکل ۵-۵۱-الف: طیف FT-IR ترکیب شماره‌ی ۴۰ ..... ۱۹۹
شکل ۵-۵۲-الف: طیف FT-IR ترکیب شماره‌ی ۴۱ ..... ۱۹۹

شکل ۵-۵۳-الف طیف FT-IR ترکیب شماره‌ی ۴۲ ..... ۲۰۰
شکل ۵-۵۳-ب: تصویر EDX ترکیب شماره‌ی ۴۲ ..... ۲۰۰
شکل ۵-۵۳-ج: تصویر SEM ترکیب شماره‌ی ۴۲ ..... ۲۰۱
شکل ۵-۵۳-د: تصویر TEM ترکیب شماره‌ی ۴۲ ..... ۲۰۲
شکل ۵-۵۴-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی aw–۴۳ ..... ۲۰۳
شکل ۵-۵۴-ب: طیف UV-Vis ترکیب aw– ۴۳ در حلال NMP ۲۰۳
شکل ۵-۵۴-ج: طیف UV-Vis ترکیب aw– ۴۳ در حلال متانول ۲۰۳
شکل ۵-۵۴-د: تصویر SEM ترکیب شماره‌ی aw–۴۳ ..... ۲۰۴
شکل ۵-۵۴-ه: تصویر EDX ترکیب شماره‌ی aw–۴۳ ..... ۲۰۶
شکل ۵-۵۴-و: تصاویر TEM ترکیب شماره‌ی aw–۴۳ ..... ۲۰۶
شکل ۵-۵۵-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی bw–۴۴ ..... ۲۰۷
شکل ۵-۵۶-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی aw–۴۴ ..... ۲۰۷
شکل ۵-۵۶-ب: طیف UV-Vis ترکیب aw–۴۴ در حلال NMP ۲۰۸
شکل ۵-۵۶-ج: طیف UV-Vis ترکیب aw–۴۴ در حلال متانول ۲۰۸
شکل ۵-۵۶-د: تصویر SEM ترکیب شماره‌ی aw–۴۴ ..... ۲۰۹
شکل ۵-۵۷-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی bw–۴۵ ..... ۲۰۹
شکل ۵-۵۸-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی aw–۴۵ ..... ۲۱۰
شکل ۵-۵۸-ب: طیف UV-Vis ترکیب aw–۴۵ در حلال NMP ۲۱۰
شکل ۵-۵۸-ج: طیف UV-Vis ترکیب aw–۴۵ در حلال متانول ۲۱۰
شکل ۵-۵۸-د: تصویر SEM ترکیب شماره‌ی aw–۴۵ ..... ۲۱۱
شکل ۵-۵۹-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی bw–۴۶ ..... ۲۱۲
شکل ۵-۶۰-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی aw–۴۶ ..... ۲۱۳
شکل ۵-۶۰-ب: طیف UV-Vis ترکیب aw–۴۶ در حلال NMP ۲۱۳
شکل ۵-۶۰-ج: طیف UV-Vis ترکیب aw–۴۶ در حلال متانول ۲۱۳
شکل ۵-۶۰-د: تصویر SEM ترکیب شماره‌ی aw–۴۶ ..... ۲۱۴
شکل ۵-۶۰-ه: تصویر EDX ترکیب شماره‌ی aw–۴۶ ..... ۲۱۶
شکل ۵-۶۰-و: تصاویر TEM ترکیب شماره‌ی aw–۴۶ ..... ۲۱۶
شکل۵-۶۱-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی bw–۴۷ ..... ۲۱۷
شکل ۵-۶۱-ج: طیف UV-Vis ترکیب bw–۴۷ در حلال متانول ۲۱۷
شکل ۵-۶۲-الف: طیف FT-IR (KBr) ترکیب شماره‌ی aw–۴۷ ..... ۲۱۸
شکل ۵-۶۲-ب: طیف UV-Vis ترکیب aw–۴۷ در حلال NMP ۲۱۸
شکل ۵-۶۲-ج: طیف UV-Vis ترکیب aw–۴۷ در حلال متانول ۲۱۸
شکل ۵-۶۲-د: تصویر SEM ترکیب شماره‌ی aw–۴۷ ..... ۲۱۹
شکل ۵-۶۲-ه: تصویر EDX ترکیب شماره‌ی aw–۴۷ ..... ۲۲۱
شکل ۵-۶۲-و: تصاویر TEM ترکیب شماره‌ی aw–۴۷ ..... ۲۲۱

فهرست اختصارات

علامت	نشانه
NMP	*N*- متیل ۲- پیرولیدینون
S	سیلیکا
aw	بعد از work-up
bw	قبل از work-up
HCSA	کامفور سولفونیک اسید
SSCSA	سیلیکا ساپورت کامفور سولفونیک اسید
SSPA	سیلیکا ساپورت پرکلریک اسید
SSSA	سیلیکا ساپورت سولفوریک اسید
Ox.	اکسیدان
Mon.	مونومر
NSSCA	نانو سیلیکا ساپورت کامفور سولفونیک اسید
NSSPA	نانو سیلیکا ساپورت پرکلریک اسید
NSSSA	نانو سیلیکا ساپورت سولفوریک اسید
λ *(nm)*	طول موج
Abs	جذب