بسم الله الرحمن الرحيم
الحمد لله رب العالمين الرحمن الرحيم مالك يوم الدين
اهدنا الصراط المستقيم صراط الذين
انعمت عليهم غير المغضوب عليهم
ولا الضالين

دانشگاه سیستان و بلوچستان

تحصیلات تکمیلی

پایان نامه کارشناسی ارشد شیمی آلی

عنوان :

تهیه نانو کمپوزیتهای جدیدی از پلیمریزاسیون درجای ۲- متوکسی آنیلین در حضور نانو سیلیکا سولفوریک اسید با نسبتهای پائین اکسیدان و منومر و دوپینگ پلیمر بازی آن با نانو سیلیکا سولفوریک اسید و نانو سیلیکا-ساپورت سولفوریک اسید

استاد راهنما:

دکتر علیرضا مدرسی عالم

استاد مشاور:

دکتر علی اکبر میرزایی

تحقیق و نگارش:

ایلناز شریعتی

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

دی ۱۳۹۱

بسمه تعالی

این پایان نامه با عنوان **تهیه نانو کمپوزیتهای جدیدی از پلیمریزاسیون درجای ۲-متوکسی آنیلین در حضور نانو سیلیکاسولفوریک اسید با نسبتهای پایین اکسیدان و منومر و دوپینگ پلیمر بازی آن با نانو سیلیکا سولفوریک اسید و نانو سیلیکا-ساپورت سولفوریک اسید** قسمتی از برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد **شیمی آلی** توسط دانشجو **ایلناز شریعتی** 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.

ایلناز شریعتی

این پایان نامه **۸** واحد درسی شناخته می شود و در تاریخ ۱۳۹۱/۱۰/۱۲ توسط هیئت داوران بررسی و درجه ..... به آن تعلق گرفت.

	نام و نام خانوادگی	**امضاء**	**تاریخ**
استاد راهنما:	دکتر علیرضا مدرسی عالم		
استاد مشاور:	دکتر علی‌اکبر میرزایی		
داور ۱:	دکتر نورالله حاضری		
داور ۲:	دکتر ابراهیم ملاشاهی		
نماینده تحصیلات تکمیلی:	دکتر میثم نوروزی‌فر		

دانشگاه سیستان و بلوچستان

تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب ایلناز شریعتی تأیید می کنم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کـار پژوهشـی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آن استفاده شده است مطابق مقررات ارجاع گردیده است. این پایان نامه پیش از این برای احراز هیچ مدرک هم سطح یـا بـالاتر ارائه نشده است.

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

نام و نام خانوادگی دانشجو: ایلناز شریعتی

امضاء

تقدیم به

شکرشایان نثار ایزد منان که فرصت تالیف این پایان‌نامه را به پایان برسانم.

این پایان‌نامه را ضمن تشکر و سپاس بیکران و در کمال افتخار و امتنان تقدیم می‌نمایم به:

محضر ارزشمند پدر و مادر عزیزم به پاس قدردانی از زحمات بی‌دریغ و محبت آمیزی که در دوران مختلف زندگی‌ام انجام داده‌اند و با

فداکاری‌هایشان همواره زمینه‌ساز پیشرفت من را به ارمغان آورده‌اند.

به استادان فرزانه‌ای که دیدگاه کسب علم و معرفت مرا یاری نمودند.

به آنان که در راه کسب دانش راهنمایم بودند.

به آنان که نفس خیرشان و دعای روح پرورشان بدرقه راهم بود.

الهی به من کمک کن تا بتوانم ادای دین کنم به خواسته‌های آنان جامه عمل بپوشانم.

پروردگارا حسن عاقبت، سلامت و سعادت را برای آنان مقدر بدار تا با توفیق خدمتی سرشار از شور و نشاط و همراه

با علم و دانش و پژوهش جهت رشد و شکوفایی ایران کهن سال عنایت بفرما.

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.

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 میرزایی، استاد مشاور گرامی‌ام و همچنین جناب آقای دکتر حاضری و جناب آقای دکتر ملاشاهی داوران محترم این پایان نامه و جناب آقای دکتر نوروزی فر نماینده‌ی محترم تحصیلات تکمیلی نیز می‌نمایم.

همواره قدردان و سپاسگزار خانواده عزیزم که رنج تحصیلم را متحمل شدند هستم.

با سپاس بی دریغ خدمت دوستان گران مایه ام خانم‌ها طاهره آخوندی، سکینه ظفری و تمامی دوستان و همکاران آزمایشگاه که مرا صمیمانه و مشفقانه یاری داده اند.

و با تشکر خالصانه خدمت همه کسانی که به نوعی مرا در به انجام رساندن این مهم یاری نموده اند.

چکیده

تهیه نانوکامپوزیتهای جدیدی از پلی (۲- متوکسی آنیلین) به روش معدنی در آلی با نانو سیلیکاسولفوریک اسید بعنوان نانو ماده معدنی و عامل دوپه کننده برای اولین بار تحت شرایط حلال آزاد (حالت جامد) به دو صورت زیر انجام شده است:

۱- پلیمریزاسیون درجای منومر (۲- متوکسی آنیلین) در حضور سیلیکا سولفوریک اسید با استفاده از اکسایش شیمیایی منومر در حضور اکسید کننده آمونیوم پرسولفات و با نسبتهای پایین اکسید کننده به منومر ($[Ox]/[M] \leq 1$).

۲- دوپینگ پلیمر بازی پلی (۲-متوکسی آنیلین) با نانو سیلیکا سولفوریک اسید و نانو سیلیکا-ساپورت سولفوریک اسید و غیر نانو آنها.

نقش پارامترهای مؤثر بر ساختار پلیمر، شامل: نسبت اسید به OH سطح سیلیکا، نسبت منومر به اسید و نسبت اکسید کننده به منومر مورد بررسی قرار گرفتند. همچنین اثر سیلیکا سولفوریک اسید تهیه شده از قبل و درجا 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 آنالیز عنصری (CHNS) شناسایی و مورفولوژی و اندازه ذرات آنها نیز با استفاده از تصاویر میکروسکوپ الکترونی پویشی (SEM) و عبوری (TEM) مورد مطالعه قرار گرفتند.

تشکیل و دوپینگ پلیمر توسط طیف سنجی FT-IR ثابت و با کمک طیف های UV-Vis اثر پارامترهای بیان شده بررسی شدند و شرایط بهینه برای سنتز کامپوزیتها و نانوکامپوزیتها تعیین گردید. تصاویر SEM و TEM نشان میدهند که اندازه نانوکامپوزیت های حاصل در بازه ۳۰-۵۰ نانومتر می باشد.

کلمات کلیدی: پلیمر هادی، کامپوزیت، نانو کامپوزیت، نانو سیلیکا، پلی (۲- متوکسی آنیلین)، حلال آزاد، دوپینگ، نانو سیلیکا سولفوریک اسید، نانوسیلیکا ساپورت سولفوریک اسید، حالت جامد.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه‌ای بر پلی آنیلین و نانو کمپوزیت‌ها ۱
۱-۱- تاریخچه‌ی پلیمرهای هادی مزدوج ۲
۱-۲- پلی آنیلین ۴
۱-۲-۱- فرم‌های مختلف پلی آنیلین ۶
۱-۳- خواص پلی آنیلین ۸
۱-۳-۱- هدایت ۸
۱-۳-۲- خواص نوری پلی آنیلین ۱۰
۱-۳-۳- خواص مکانیکی ۱۱
۱-۴- سنتز پلی آنیلین ۱۲
۱-۴-۱- سنتز الکتروشیمیایی ۱۳
۱-۴-۱-۱- مکانیزم پلیمریزاسیون الکتروشیمیایی ۱۳
۱-۴-۲- سنتز شیمیایی ۱۴
۱-۴-۲-۱- مکانیزم پلیمریزاسیون شیمیایی ۱۵
۱-۵- ماهیت اکسیدان ۱۶
۱-۶- دوپینگ پلی آنیلین توسط اسیدها ۱۷
۱-۷- معایب پلی آنیلین ۱۹
۱-۸- پلی آنیلین‌های با استخلاف آلکیل و آلکوکسی ۱۹
۱-۸-۱- اثر استخلاف بر خواص پلیمرها ۲۰
۱-۸-۱-۱- حلالیت ۲۰
۱-۸-۱-۲- رسانایی جریان مستقیم (DC) ۲۱
۱-۸-۱-۳- وزن ملکولی ۲۱
۱-۸-۱-۴- خواص ردوکس ۲۱
۱-۸-۱-۵- خواص الکترونیکی و طیف سنجی ۲۲
۱-۸-۱-۶- خواص مکانیکی و گرمایی ۲۲
۱-۹- شناسایی پلی آنیلین ۲۲
۱-۹-۱- طیف سنجی ۲۳
۱-۱۰- کاربردهای مهم پلی آنیلین ۲۵
۱-۱۰-۱- الکتروکرومیک ۲۵
۱-۱۰-۲- محافظت در مقابل خوردگی ۲۵

۱-۱۰-۳- ماده جاذب در زمینه جداسازی آلاینده های زیست محیطی ۲۵
۱-۱۰-۴- ساخت وسایل هوشمند ۲۶
۱-۱۰-۵- تهیه پلاستیک رسانا ۲۶
۱-۱۱- نانو کمپوزیت: تحول بزرگ در مقیاس کوچک ۲۶
۱-۱۱-۱- انواع نانوکامپوزیت‌ها ۲۷
۱-۱۱-۱-۱- نانو کمپوزیت‌های پایه پلیمری ۲۸
۱-۱۱-۱-۲- نانو کمپوزیت‌های پایه سرامیکی ۲۸
۱-۱۱-۱-۳- نانو کمپوزیت‌های پایه فلزی ۲۹
فصل دوم : بخش تجربی ۳۰
۲-۱- مواد و تجهیزات ۳۱
۲-۱-۱- مواد شیمیایی ۳۱
۲-۱-۲- تجهیزات ۳۱
۲-۲- سنتز کامپوزیت‌ها ۳۲
۲-۳- آماده سازی منومر ۲- متوکسی آنیلین ۳۲
۲-۴- تهیه‌ی کامپوزیت پلی (۲- متوکسی آنیلین) سیلیکا سولفوریک اسید به روش پلیمریزاسیون درجا ۳۲
۲-۴-۱- آماده سازی انواع سیلیکاها ۳۲
۲-۴-۱-الف- آماده سازی سیلیکا S1 ..... ۳۳
۲-۴-۱-ب- آماده سازی سیلیکا S2 ..... ۳۳
۲-۴-ج- آماده سازی سیلیکا S3 ..... ۳۴
۲-۴-۲- تهیه انواع سیلیکا سولفوریک اسیدها (SSA) ۳۴
۲-۴-۳- تعیین مقدار H^+ سیلیکا سولفوریک اسید ۱ به روش تیتراسیون ۳۵
۲-۴-۴- تهیه‌ی کامپوزیت‌های پلی (۲- متوکسی آنیلین) سیلیکا سولفوریک اسید با نسبت-های پایین اکسیدان به منومر(کامپوزیت‌های ۳ تا ۱۳) ۳۶
۲-۴-۵- تهیه‌ی کامپوزیت‌های پلی (۲- متوکسی آنیلین) سیلیکا سولفوریک اسید در حضور آغازگر ۱و۴-بنزن دی آمین (کامپوزیت شماره ۱۴) ۴۴
۲-۴-۶- تهیه کامپوزیت‌های پلی (۲- متوکسی آنیلین) سیلیکا سولفوریک اسید در حضور $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2$ به عنوان کاتالیزور در واکنش (کامپوزیت‌های ۱۵ و ۱۶) ۴۶
۲-۵- تهیه‌ی کامپوزیت‌ها و نانو کمپوزیت‌ها به وسیله دوپینگ پلی (۲- متوکسی آنیلین) امرالدین بازی (POMA-EB) با استفاده از اسیدهای جامد دوپه کننده از سیلیکا..... ۴۹
۲-۵-۱- تهیه‌ی پلی (۲- متوکسی آنیلین) امرالدین بازی ۴۹
۲-۵-۲- سنتز کامپوزیت‌هایی از پلی (۲- متوکسی آنیلین) با استفاده از اسیدهای دوپانت ۵۱
۲-۵-۳- سنتز نانو کمپوزیت‌ها ۵۵
۲-۵-۳-الف- نانو سیلیکا S4 ..... ۵۵

۲-۵-۳-ب- سنتز نانو کامپوزیت‌هایی از پلی (۲- متوکسی آنیلین) با استفاده از اسیدهای دوپانت ۵۶
۲-۶- تهیه پلیمر دوپه شده ۲۳ و ۲۴ به وسیله دوپینگ پلیمر بازی (۱۸) با اسیدهای برونستد (کلروسولفونیک اسید و سولفوریک اسید) ۶۰
فصل سوم: بحث و نتیجه‌گیری ۶۴
۳-۱- تهیه‌ی کامپوزیت‌ها و نانو کامپوزیت‌هایی از سیلیکا سولفوریک اسید و سیلیکا-ساپورت سولفوریک اسید پلی (۲-متوکسی آنیلین) در شرایط بدون حلال ۶۵
۳-۲- شناسایی عمومی ۶۹
۳-۳- بررسی و مقایسه‌ی طیف‌های FT-IR و UV-Vis سیلیکا (S1)، پلی (۲-متوکسی آنیلین) نمکی HCl، POMA-ES (۱۷) و بازی POMA-EB (۱۸) ۷۲
۳-۴- شناسایی کامپوزیت‌های پلی (۲- متوکسی آنیلین) سیلیکا سولفوریک اسید ۳ تا ۱۶ تهیه شده به روش پلیمریزاسیون درجا با نسب‌های پایین اکسید کننده به منومر ۷۹
۳-۴-۱- بررسی طیف های FT-IR ۸۲
۳-۴-۲- بررسی طیف‌های UV-Vis ۹۵
۳-۴-۳- بررسی تصاویر SEM سیلیکا (S1)، سیلیکا سولفوریک اسید ۱ و کامپوزیت‌های ۸ و۱۴ ..... ۱۰۰
۳-۴-۴- بررسی عناصر سطح سیلیکا سولفوریک اسید ۱ توسط طیف EDX ۱۰۱
۳-۴-۵- بررسی هدایت الکتریکی کامپوزیت‌ها ۱۰۱
۳-۵- بررسی طیف FT-IR نانو سیلیکا S4 ..... ۱۰۲
۳-۵-۱- بررسی طیف‌های SEM, EDX و TEM نانو سیلیکا S4 ..... ۱۰۳
۳-۶- شناسایی کامپوزیت و نانوکامپوزیت پلی (۲- متوکسی آنیلین) سیلیکا سولفوریک اسید ۲۰ و ۲۲ تهیه شده به وسیله دوپینگ مستقیم ۱۰۳
۳-۶-۱- بررسی طیف FT-IR کامپوزیت ۲۰ و نانوکامپوزیت ۲۲ ..... ۱۰۴
۳-۶-۲- بررسی طیف‌هایUV-Vis کامپوزیت ۲۰ و نانوکامپوزیت ۲۲ ..... ۱۱۲
۳-۶-۳- بررسی تصاویر SEM و TEM نانوکامپوزیت ۲۲ ..... ۱۱۵
۳-۶-۴- ساختار پیشنهادی برای کامپوزیت ۲۰ و نانو کامپوزیت ۲۲ توسط آنالیز داده‌های CHNS ۱۱۶
۳-۷- شناسایی کامپوزیت و نانوکامپوزیت پلی (۲- متوکسی آنیلین)-سیلیکا ساپورت سولفوریک اسید (۹۸٪) ۱۹ و ۲۱ تهیه شده به وسیله دوپینگ مستقیم ۱۱۹
۳-۷-۱- بررسی طیف های FT-IR کامپوزیت ۱۹ و نانوکامپوزیت ۲۱ ..... ۱۱۹
۳-۷-۲- بررسی طیف‌های UV-Vis کامپوزیت ۱۹ و نانوکامپوزیت ۲۱ ..... ۱۲۸
۳-۷-۳- بررسی تصاویر SEM کامپوزیت ۱۹ و نانوکامپوزیت ۲۱ ..... ۱۳۲
۳-۷-۴- ساختار پیشنهادی برای کامپوزت ۱۹ و نانوکامپوزیت ۲۱ توسط آنالیز داده‌های CHNS ۱۳۳
۳-۸- نتیجه‌گیری ۱۳۶

۳-۹- پیشنهادات ۱۳۷
پیوست ۱۳۸
مراجع ۱۹۸

فهرست جداول

عنوان جدول **صفحه**

جدول ۱-۱- مقایسه هدایت الکتریکی چند فلز با پلیمرهای هادی ۳

جدول ۱-۲: مقایسه پتانسیل اکسایش تعدادی از اکسید کننده‌ها ۱۷

جدول ۲-۱- رنگ، غلظت، شدت و طول موج پیک‌های جذبی سیلیکای S1 ..... ۳۳

جدول ۲-۲- نواحی طیفی UV مشاهده شده برای سیلیکا S1 و سیلیکا سولفوریک‌اسید ۱ در حلال متانول ۳۵

جدول ۲-۳- شرایط سنتز کامپوزیت‌های پلی (۲- متوکسی آنیلین) سیلیکا سولفوریک اسید (۳ تا ۱۳) ۳۶

جدول۲-۴- رنگ، غلظت، شدت و طول موج پیک جذبی کامپوزیت‌های پلی (۲- متوکسی آنیلین) سیلیکا سولفوریک اسید ۳ تا ۱۳ ..... ۴۲

جدول ۲-۵- هدایت الکتریکی کامپوزیت‌ها ۴۳

جدول ۲-۶- شرایط سنتز کامپوزیت پلی (۲-متوکسی آنیلین) سیلیکا سولفوریک اسید ۱۴ در حضور آغازگر دی آمین ۴۴

جدول ۲-۷- رنگ، غلظت، شدت و طول موج پیک جذبی کامپوزیت پلی (۲- متوکسی آنیلین) سیلیکا سولفوریک اسید ۱۴ در حضور آغازگر دی آمین ۴۶

جدول ۲-۸- شرایط سنتز کامپوزیت پلی (۲-متوکسی آنیلین) سیلیکا سولفوریک اسید ۱۵ و ۱۶ در حضور کاتالیزورآهن (II) ۴۷

جدول ۲-۹- رنگ، غلظت، شدت و طول موج پیک جذبی کامپوزیت‌های پلی (۲- متوکسی آنیلین) سیلیکا سولفوریک اسید ۱۵ و ۱۶ در حضور کاتالیزور آهن (II) ۴۹

جدول ۲-۱۰- رنگ، غلظت، شدت و طول موج پیک‌های جذبی طیف UV-Vis ۲- متوکسی آنیلین(۱)، پلی (۲- متوکسی آنیلین) امرالدین نمک (۱۷) و بازی (۱۸) ۵۱

جدول ۲-۱۱- شرایط سنتز کامپوزیت‌های پلی (۲- متوکسی آنیلین) سیلیکا سولفوریک اسید ۲۰ و سیلیکا-ساپورت سولفوریک اسید ۱۹ ..... ۵۲

جدول ۲-۱۲- رنگ، غلظت، شدت و طول موج پیک‌های جذبی طیف UV-Vis کامپوزیت‌های پلی (۲- متوکسی آنیلین) سیلیکا سولفوریک اسید ۲۰ و سیلیکا-ساپورت سولفوریک اسید ۱۹ ..... ۵۴

جدول ۲-۱۳- درصد عناصر کامپوزیت ۱۹ با استفاده از دستگاه آنالیز عنصری CHNS ۵۵

جدول ۲-۱۴- درصد عناصر کامپوزیت ۲۰ با استفاده از دستگاه آنالیز عنصری CHNS ۵۵

جدول ۲-۱۵- شرایط سنتز نانوکامپوزیت‌های پلی (۲- متوکسی آنیلین) سیلیکا سولفوریک اسید

۲۲ و سیلیکا-ساپورت سولفوریک اسید ۲۱ ..... ۵۷
جدول ۲-۱۶- رنگ، غلظت، شدت و طول موج پیک‌های جذبی طیف UV-Vis نانو کامپوزیت‌های پلی (۲- متوکسی آنیلین) سیلیکا سولفوریک اسید ۲۱ و سیلیکا-ساپورت سولفوریک اسید ۲۲ ..... ۵۹
جدول ۲-۱۷- درصد عناصر کامپوزیت ۲۱ با استفاده از دستگاه آنالیز عنصری CHNS ۵۹
جدول ۲-۱۸- درصد عناصر کامپوزیت ۲۲ با استفاده از دستگاه آنالیز عنصری CHNS ۶۰
جدول۲-۱۹- جدول ۲-۱۹- شرایط تهیه پلی (۲- متوکسی آنیلین) دوپه شده باکلرو سولفونیک اسید ۲۳ و سولفوریک اسید (۹۸٪) ۲۴ ..... ۶۱
جدول ۲-۲۰- جدول ۲-۲۰- رنگ، غلظت، شدت و طول موج پیک‌های جذبی طیف UV-Vis ترکیب پلی (۲- متوکسی آنیلین) دوپینگ شده با سولفوریک اسید ۲۴ ..... ۶۲
جدول ۲-۲۱- جدول ۲-۲۱- درصد عناصر ترکیبات ۲۳ و ۲۴ با استفاده از دستگاه آنالیز عنصری CHNS ۶۲
جدول ۳-۱- جمع بندی نتایج شرایط تهیه کامپوزیت‌ها و نانو کامپوزیت‌های پلی(۲- متوکسی آنیلین) ۷ تا ۱۳ به روش پلیمریزاسیون درجا ۷۰
جدول ۳-۲- جمع بندی نتایج شرایط تهیه کامپوزیت‌ها و نانو کامپوزیت‌های پلی (۲- متوکسی آنیلین) ۱۹ تا ۲۲ به روش دوپینگ پلیمر بازی ۷۱
جدول ۳-۳- نواحی اصلی طیف FT-IR سیلیکا (S1) و پلی (۲- متوکسی آنیلین) امرالدین بازی (۱۸) و نمکی HCl (۱۷) ۷۲
جدول ۳-۴- رنگ، غلظت، شدت و طول موج پیک‌های جذبی طیف UV-Vis پلی (۲- متوکسی آنیلین) امرالدین نمکی HCl (۱۷) و بازی (۱۸) ۷۹
جدول ۳- ۵- مقایسه‌ی داده‌های طیف FT-IR کامپوزیت‌ها پلی (۲- متوکسی آنیلین) سیلیکا سولفوریک اسید ۳ تا ۱۶ با سیلیکا (S1)، سیلیکا سولفوریک اسید ۱ و پلی (۲- متوکسی آنیلین) دوپه شده با $ClSO_3H$ ۲۳ و بازی (۱۸) ۸۰
جدول ۳-۶- مقایسه‌ی نواحی طیف‌های FT-IR کامپوزیت‌ها پلی (۲- متوکسی آنیلین) سیلیکا سولفوریک اسید ۳ تا ۱۶ ..... ۸۳
جدول ۳-۷- رنگ، غلظت، شدت و طول موج پیک جذبی کامپوزیت‌های پلی (۲- متوکسی آنیلین) سیلیکا سولفوریک اسید ۳ تا ۱۶..... ۹۶
جدول ۳-۸- مقایسه مورفولوژی و متوسط اندازه ذرات سیلیکا (S1) ، (SSA 1) و کامپوزیت های ۸ و ۱۴ ..... ۱۰۰
جدول ۳-۹- هدایت الکتریکی کامپوزیت‌ها ۱۰۱
جدول ۳-۱۰- هدایت برای پلی(۲-متوکسی‌آنیلین) دوپه شده توسط اسیدهای آلی سولفونیک ۱۰۲
جدول ۳-۱۱- مقایسه طیف FT-IR سیلیکای S1 با نانو سیلیکا S4 ..... ۱۰۲
جدول ۳-۱۲- مقایسه‌ی داده‌های طیف FT-IR کامپوزیت و نانوکامپوزیت پلی (۲- متوکسی

آنیلین) سیلیکا سولفوریک اسید ۲۰ و ۲۲ با سیلیکا (S1)، سیلیکا سولفوریک اسید ۱ و پلی (۲- متوکسی آنیلین) دوپه شده با $ClSO_3H$ ۲۳ و بازی ۱۸ ..... ۱۰۴
جدول ۳-۱۳- مقایسه‌ی نواحی طیف‌های FT-IR کامپوزیت ۲۰ و نانوکامپوزیت ۲۲ پلی (۲- متوکسی آنیلین) سیلیکا سولفوریک اسید..... ۱۰۷
جدول ۳-۱۴- مقایسه داده‌های طیف FT-IR کامپوزیت ۱۹ و نانوکامپوزیت ۲۱ با پلیمر دوپه شده به وسیله H_2SO_4 ..... ۱۱۱
جدول ۳-۱۵- رنگ، غلظت، شدت و طول موج پیک‌های جذبی طیف UV-Vis کامپوزیت و نانوکامپوزیت پلی (۲- متوکسی آنیلین) سیلیکا سولفوریک اسید ۲۰ و ۲۲ ..... ۱۱۲
جدول ۳- ۱۶- درصد عناصر ترکیبات 20-bw و 20-aw با استفاده از آنالیز CHNS ۱۱۶
جدول ۳- ۱۷- درصد عناصر ترکیبات 22-bw و 22-aw با استفاده از آنالیز CHNS ۱۱۷
جدول ۳- ۱۸- مقایسه‌ی داده‌های طیف FT-IR کامپوزیت‌ها و نانو کامپوزیت‌های سنتز شده‌ی پلی (۲- متوکسی آنیلین)- سیلیکا ساپورت سولفوریک اسید (۹۸٪) ۱۹ و ۲۱ با سیلیکا (S1) و پلی (۲- متوکسی آنیلین) بازی ۱۸ و دوپه شده توسط سولفوریک اسید ۲۴ ..... ۱۱۹
جدول ۳-۱۹- مقایسه‌ی نواحی طیف‌های FT-IR کامپوزیت‌ها و نانوکمپوزیت پلی (۲- متوکسی آنیلین)- سیلیکا ساپورت سولفوریک اسید ۱۹ و ۲۱ ..... ۱۲۱
جدول ۳-۲۰- مقایسه داده‌های طیف FT-IR کامپوزیت ۱۹ و نانوکامپوزیت ۲۱ با پلیمر دوپه شده به وسیله H_2SO_4 ۲۴ ..... ۱۲۷
جدول ۳-۲۱- رنگ، غلظت، شدت و طول موج پیک‌های جذبی طیف UV-Vis کامپوزیت و نانوکامپوزیت پلی (۲- متوکسی آنیلین) سیلیکا-ساپورت سولفوریک اسید ۱۹ و ۲۱ در حلال NMP و متانول ۱۲۸
جدول ۳-۲۲- رنگ، غلظت، شدت و طول موج پیک‌های جذبی طیف UV-Vis کامپوزیت و نانوکامپوزیت پلی (۲- متوکسی آنیلین) سیلیکا-ساپورت سولفوریک اسید ۱۹ و ۲۱ در حلال DMSO ۱۲۸
جدول ۳-۲۳- مقایسه مورفولوژی و متوسط اندازه ذرات کامپوزیت ۱۹ و نانوکمپوزیت ۲۱ ..... ۱۳۲
جدول ۳- ۲۴- درصد عناصر کامپوزیت‌ها 19-aw با استفاده از آنالیز داده‌ها CHNS ۱۳۴
جدول ۳- ۲۵- درصد عناصر نانوکامپوزیت‌ها 21-bw و 21-aw با استفاده از آنالیز داده‌ها CHNS ۱۳۴

فهرست شکل‌ها

عنوان شکل **صفحه**

شکل ۱-۱- ساختار کلی پلی‌آنیلین ۴

طرح ۱-۱- پلی آنیلین ۵

شکل ۱-۲- رسانایی امرالدین باز به عنوان تابعی از pH محلول دوپانت HCl طی دوپینگ با پروتونیک اسید (● و □ مربوط به دو سری آزمایش متفاوت هستند) ۶

شکل ۱-۳- فازهای مختلف پلی آنیلین ۷

شکل ۱-۴- نوار انرژی در جامدات ۹

شکل ۱-۵- سطوح انرژی محاسبه شده‌ی الیگو تیوفن‌ها با n=1- 4 و پلی تیوفن، که Eg : شکاف انرژی ۹

شکل ۱-۶- طیف UV-Vis امرالدین نمک PAnI.(±)-HCSA و باز در حلال NMP ۱۰

شکل ۱-۷- مکانیزم الکتروپلیمریزاسیون آنیلین ۱۴

شکل ۱-۸- مکانیزم پلیمریزاسیون شیمیایی آنیلین ۱۶

شکل ۱-۹- طیف FT-IR نمک پلی‌آنیلین ۲۳

طرح ۱-۲- حلقه‌های کینوئیدی (a) و بنزنوئیدی (b) ۲۳

شکل ۱-۱۰- طیف UV-Vis لوکومرالدین ۲۴

طرح ۲-۱- تهیه سیلیکا سولفوریک اسیدها ۳۴

طرح ۲-۲- تیتراسیون SSA 1 ..... ۳۶

طرح۲-۳- فرمول محاسبه بازده ۳۹

طرح ۲-۴- طرح کلی سنتز پلی (۲- متوکسی آنیلین) امرالدین نمک (۱۷) ۵۰

طرح ۳-۱- ساختار کلی کامپوزیت‌ها و نانو کامپوزیت‌هایی که از آنیلین و مشتقات آن سنتز شده است ۶۶

طرح ۳-۲- ساختارهای پلارونیک کامپوزیت پلی (۲- متوکسی آنیلین) سیلیکا سولفوریک اسید تهیه شده به روش پلیمریزاسیون درجا (در ساختار نانو و غیر نانو) ۳ تا ۱۶..... ۶۷

طرح ۳-۳- ساختارهای کامپوزیت‌های پلی (۲- متوکسی آنیلین) سیلیکا سولفوریک اسید و سیلیکا ساپورت سولفوریک اسید تهیه شده به روش دوپینگ مستقیم پلیمر بازی (در ساختار نانو و غیر نانو) ۶۸

طرح ۳-۴- شمای کلی کار تحقیقاتی در این پایان‌نامه (در ساختار نانو و غیر نانو) ۶۹

شکل ۳-۱- مقایسه‌ی طیف FT-IR پلی (۲-متوکسی آنیلین) نمکی ۱۷ و بازی ۱۸ ..... ۷۶

شکل ۳-۲- مقایسه طیف‌های UV-Vis پلی (۲- متوکسی آنیلین) امرالدین نمکی HCl (۱۷) و بازی ۱۸ در حلال NMP ۷۷
شکل ۳-۳- مقایسه طیف‌های UV-Vis پلی (۲- متوکسی آنیلین) امرالدین نمکی HCl (۱۷) و بازی ۱۸ در حلال متانول ۷۷
شکل ۳-۴- مقایسه‌ی طیف FT-IR کامپوزیت‌های ۳، ۴ و ۶ ..... ۸۸
شکل ۳-۵- جابجایی پیک کینوئیدی و بنزوئیدی برای کامپوزیت‌های پلی (۲- متوکسی آنیلین)- سیلیکا سولفوریک اسید ۳، ۴ و ۶ با افزایش مقدار اکسید کننده ۸۹
شکل ۳- ۶- مقایسه‌ی طیف FT-IR کامپوزیت‌های ۱۱ و ۱۲ ..... ۹۰
شکل ۳- ۷- مقایسه‌ی طیف FT-IR کامپوزیت‌های ۱۵ و ۱۶..... ۹۱
شکل ۳- ۸- مقایسه‌ی طیف FT-IR کامپوزیت‌های ۸ و ۱۴ ..... ۹۲
شکل ۳- ۹- مقایسه‌ی طیف FT-IR کامپوزیت‌های ۷ و ۱۶ ..... ۹۲
شکل ۳-۱۰- مقایسه‌ی طیف FT-IR کامپوزیت‌های ۴ و ۵ ..... ۹۳
شکل ۳-۱۱- مقایسه طیف‌های FT-IR کامپوزیت‌های ۳، ۵، ۶، ۱۱ و ۱۲ قبل از work-up ۹۴
شکل ۳-۱۲- مقایسه طیف‌های FT-IR کامپوزیت‌های ۳، ۵، ۶، ۱۱ و ۱۲ بعد از work-up ۹۵
شکل ۳-۱۳- مقایسه طیف‌های UV-Vis کامپوزیت‌های ۳، ۴ و ۶ با افزایش نسبت اکسیدکننده به منومر در حلال NMP ۹۸
شکل ۳-۱۴- مقایسه طیف‌های UV-Vis کامپوزیت‌های ۱۱ و ۱۲ با افزایش نسبت منومر به اسید در حلال NMP ۹۹
شکل ۳-۱۵- مقایسه طیف UV-Vis کامپوزیت‌های ۳ و ۶ قبل و بعد از work-up در حلال NMP ۹۹
شکل ۳-۱۶- تصویر SEM سیلیکا S1 ..... ۱۰۰
شکل ۳-۱۷- تصویر SEM سیلیکا سولفوریک اسید ۱ ..... ۱۰۰
شکل ۳-۱۸- تصویر SEM کامپوزیت 8-aw ۱۰۱
شکل ۳-۱۹- تصویر SEM کامپوزیت 14-aw ۱۰۱
شکل ۳-۲۰- مقایسه‌ی طیف FT-IR کامپوزیت‌های 22-aw و 22-bw ۱۰۹
شکل ۳-۲۱- مقایسه‌ی طیف FT-IR کامپوزیت‌های 20-aw و 20-bw ۱۰۹
شکل ۳-۲۲- مقایسه‌ی طیف FT-IR کامپوزیت‌های ۲۰ و نانوکامپوزیت ۲۲ ..... ۱۱۰
شکل ۳-۲۳- مقایسه‌ی طیف FT-IR کامپوزیت‌های ۲۰ و نانوکامپوزیت ۲۲ ..... ۱۱۰
شکل ۳-۲۴- مقایسه‌ی طیف FT-IR سیلیکاS1، کامپوزیت ۲۰ و پلیمر دوپه شده با کلروسولفونیک اسید $POMA/ClSO_3H$ ۲۳ ..... ۱۱۲
شکل ۳-۲۵- مقایسه‌ی طیف FT-IR نانوسیلیکاS4، نانوکامپوزیت ۲۲ و پلیمر دوپه شده با کلروسولفونیک اسید $POMA/ClSO_3H$ ۲۳ ..... ۱۱۲

شکل ۳-۲۶- مقایسه طیف‌های UV-Vis بعد و قبل از work-up نانوکامپوزیت ۲۲ در حلال NMP ۱۱۴
شکل ۳-۲۷- مقایسه طیف‌های UV-Vis بعد و قبل از work-up کامپوزیت ۲۰ در حلال NMP ۱۱۴
شکل ۳-۲۸- تصاویر TEM نانوکامپوزیت 22-aw ۱۱۵
شکل ۳-۲۹- تصویر SEM نانوکامپوزیت 22-bw ۱۱۶
شکل ۳-۳۰- تصویر SEM نانوکامپوزیت 22-aw ۱۱۶
طرح ۳-۵- ساختار پیشنهادی بر اساس آنالیز داده های CHNS مربوط به کامپوزیت ۲۰ و نانوکامپوزیت ۲۲ قبل از work-up ۱۱۸
طرح ۳-۶- ساختار پیشنهادی بر اساس آنالیز داده‌های CHNS مربوط به کامپوزیت ۲۰ و نانوکامپوزیت ۲۲ بعد از work-up ۱۱۸
شکل ۳-۳۱- مقایسه‌ی طیف FT-IR نانوکامپوزیت‌های 21-aw و 21-bw ۱۲۴
شکل ۳-۳۲- مقایسه‌ی طیف FT-IR کامپوزیت‌های 19-aw و 19-bw ۱۲۴
شکل ۳-۳۳- مقایسه‌ی طیف FT-IR قبل از work-up کامپوزیت ۱۹و نانوکامپوزیت ۲۱ ..... ۱۲۵
شکل ۳-۳۴- مقایسه‌ی طیف FT-IR بعد از work-up کامپوزیت ۱۹ و نانوکامپوزیت۲۱ ..... ۱۲۵
شکل ۳-۳۵- مقایسه‌ی طیف FT-IR کامپوزیت ۱۹ و نانوکامپوزیت۲۱ و پلی (۲- متوکسی آنیلین) بازی ۱۸ ..... ۱۲۶
شکل ۳-۳۶- مقایسه‌ی طیف FT-IR نانوسیلیکاS4، کامپوزیت ۲۱ و پلیمر دوپه شده با سولفوریک اسید $POMA/H_2SO_4$ ۲۴ ..... ۱۲۷
شکل ۳-۳۷- مقایسه‌ی طیف FT-IR سیلیکا،S1 نانوکامپوزیت ۱۹ و پلیمر دوپه شده با سولفوریک اسید $POMA/H_2SO_4$ ۲۴ ..... ۱۲۷
شکل ۳-۳۸- مقایسه طیف‌های UV-Vis بعد و قبل از work-up نانوکامپوزیت ۲۱ در حلال NMP ۱۳۰
شکل ۳-۳۹- مقایسه طیف‌های UV-Vis بعد و قبل از work-up کامپوزیت ۱۹ در حلال NMP ۱۳۰
شکل ۳-۴۰- مقایسه طیف UV-Vis کامپوزیت ۱۹ قبل و بعد از work-up در حلال DMSO ۱۳۱
شکل ۳-۴۱- مقایسه طیف UV-Vis نانوکامپوزیت ۲۱ قبل و بعد از work-up در حلال DMSO ۱۳۲
شکل ۳-۴۱- تصویر SEM نانوکامپوزیت 21-bw ۱۳۳
شکل ۳-۴۲- تصویر SEM نانوکامپوزیت 21-aw ۱۳۳
شکل ۳-۴۳- تصویر SEM کامپوزیت 19-aw ۱۳۳
طرح ۳-۷- ساختار پیشنهادی بر اساس آنالیز داده های CHNS مربوط به نانوکامپوزیت 21-bw ... ۱۳۵
طرح ۳-۸- ساختار پیشنهادی بر اساس آنالیز داده های CHNS مربوط به کامپوزیت 19-aw و نانوکامپوزیت 21-aw ۱۳۵
شکل ۴-۱-الف: طیف FT-IR مونومر (۲- متوکسی آنیلین) ۱ ..... ۱۳۹

شکل ۴-۱-ب- طیف UV-Vis منومر (۲- متوکسی آنیلین) ۱ در حلال NMP ۱۳۹
شکل ۴-۲-الف- طیف FT-IR (KBr) سیلیکای S1 ..... ۱۴۰
شکل ۴-۲-ب- طیف UV-Vis (MeOH) سیلیکای S1 ..... ۱۴۰
شکل ۴-۲-ج- تصاویر SEM سیلیکای S1 ..... ۱۴۱
شکل ۴-۳-الف- طیف FT-IR سیلیکا سولفوریک اسید۱ ..... ۱۴۲
شکل ۴-۳-ب- طیف UV-Vis(MeOH) سیلیکا سولفوریک اسید۱ ..... ۱۴۲
شکل ۴-۳-ج- تصویر SEM سیلیکا سولفوریک اسید ۱ ..... ۱۴۳
شکل۴-۳-د- طیف EDX سیلیکا سولفوریک اسید ۱ ..... ۱۴۴
شکل ۴-۴-الف- طیف FT-IR کامپوزیت ۳-bw ۱۴۴
شکل ۴-۴-ب: طیف Uv-Vis کامپوزیت ۳-bw در حلال NMP ۱۴۵
شکل ۴-۵-الف- طیف FT-IR کامپوزیت ۳-aw ۱۴۵
شکل ۴-۵-ب: طیف Uv-Vis کامپوزیت ۳–aw درحلالNMP ۱۴۶
شکل ۴-۵-ج: طیف Uv-Vis کامپوزیت ۳–aw در حلال متانول ۱۴۶
شکل۴-۶-الف: طیف FT-IR کامپوزیت ۴-aw ۱۴۷
شکل ۴-۶-ب: طیف Uv-Vis کامپوزیت ۴-aw در حلال NMP ۱۴۷
شکل ۴-۶-ج: طیف Uv-Vis کامپوزیت ۴-aw در حلال متانول ۱۴۸
شکل ۴-۷-الف: طیف FT-IR کامپوزیت ۵-bw ۱۴۸
شکل ۴-۷-ب: طیف Uv-Vis کامپوزیت ۵–bw در حلال NMP ۱۴۹
شکل ۴-۸-الف: طیف FT-IR کامپوزیت ۵-aw ۱۴۹
شکل ۴-۸-ب: طیف Uv-Vis کامپوزیت ۵–aw در حلالNMP ۱۵۰
شکل ۴-۹-الف: طیف FT-IR کامپوزیت ۶-bw ۱۵۰
شکل ۴-۹-ب: طیف Uv-Vis کامپوزیت ۶–bw در حلال NMP ۱۵۱
شکل ۴-۱۰-الف: طیف FT-IR کامپوزیت ۶-aw ۱۵۱
شکل ۴-۱۰-ب: طیف Uv-Vis کامپوزیت ۶–aw در حلالNMP ۱۵۲
شکل ۴-۱۰-ج: طیف Uv-Vis کامپوزیت ۶–aw در حلال متانول ۱۵۲
شکل ۴-۱۱-الف: طیف FT-IR کامپوزیت ۷-aw ۱۵۳
شکل ۴-۱۱-ب: طیف Uv-Vis کامپوزیت ۷-aw در حلال NMP ۱۵۳
شکل ۴-۱۱-ج: طیف Uv-Vis کامپوزیت ۷-aw در حلال متانول ۱۵۴
شکل ۴-۱۲-الف: طیف FT-IR کامپوزیت ۸-aw ۱۵۴
شکل ۴-۱۲-ب: طیف Uv-Vis کامپوزیت ۸–aw در حلال NMP ۱۵۵
شکل ۴-۱۲-ج: طیف Uv-Vis کامپوزیت ۸–aw در حلال متانول ۱۵۵
شکل ۴-۱۲-د: تصویر SEM کامپوزیت ۸-aw ۱۵۶

شکل ۴-۱۳-الف: طیف IR کامپوزیت aw-۹ ..... ۱۵۷
شکل ۴-۱۳-ب: طیف Uv-Vis کامپوزیت aw–۹ در حلال NMP ۱۵۷
شکل ۴-۱۳-ج: طیف Uv-Vis کامپوزیت aw–۹ در حلال متانول ۱۵۸
شکل ۴-۱۴-الف: طیف IR کامپوزیت aw-۱۰ ..... ۱۵۸
شکل ۴-۱۴-ب: طیف Uv-Vis کامپوزیت aw–۱۰ در حلال NMP ۱۵۹
شکل ۴-۱۴-ج: طیف Uv-Vis کامپوزیت aw–۱۰ در حلال متانول ۱۵۹
شکل ۴-۱۵-الف: طیف FT-IR کامپوزیت bw-۱۱ ..... ۱۶۰
شکل ۴-۱۶-الف: طیف FT-IR کامپوزیت aw-۱۱ ..... ۱۶۰
شکل ۴-۱۶-ب: طیف Uv-Vis کامپوزیت aw–۱۱ در حلال NMP ۱۶۱
شکل ۴-۱۶-ج: طیف Uv-Vis کامپوزیت aw–۱۱ در حلال متانول ۱۶۱
شکل ۴-۱۷-الف: طیف FT-IR کامپوزیت bw-۱۲ ..... ۱۶۲
شکل ۴-۱۸-الف: طیف FT-IR کامپوزیت aw-۱۲ ..... ۱۶۲
شکل ۴-۱۸-ب: طیف Uv-Vis کامپوزیت aw–۱۲ در حلال NMP ۱۶۳
شکل ۴-۱۸-ج: طیف Uv-Vis کامپوزیت aw–۱۲ در حلال متانول ۱۶۳
شکل ۴-۱۹-الف: طیف IR کامپوزیت aw-۱۳ ..... ۱۶۴
شکل ۴-۱۹-ب: طیف Uv-Vis کامپوزیت aw–۱۳ در حلال NMP ۱۶۴
شکل ۴-۱۹-ج: طیف Uv-Vis کامپوزیت aw–۱۳ در حلال متانول ۱۶۵
شکل ۴-۲۰-الف: طیف FT-IR کامپوزیت aw-۱۴ ..... ۱۶۵
شکل ۴-۲۰-ب: طیف Uv-Vis کامپوزیت aw–۱۴ در حلال NMP ۱۶۶
شکل ۴-۲۰-ج: طیف Uv-Vis کامپوزیت aw–۱۴ در حلال متانول ۱۶۶
شکل ۴-۲۰-د: تصویر SEM کامپوزیت aw-۱۴ ..... ۱۶۷
شکل ۴-۲۱-الف: طیف FT-IR کامپوزیت aw-۱۵ ..... ۱۶۸
شکل ۴-۲۱-ب: طیف Uv-Vis کامپوزیت aw–۱۵ در حلال NMP ۱۶۸
شکل ۴-۲۱-ج: طیف Uv-Vis کامپوزیت aw–۱۵ در حلال متانول ۱۶۹
شکل ۴-۲۲-الف : طیف FT-IR کامپوزیت aw-۱۶ ..... ۱۶۹
شکل ۴-۲۲-ب: طیف Uv-Vis کامپوزیت aw–۱۶ در حلال NMP ۱۷۰
شکل ۴-۲۲-ج: طیف Uv-Vis کامپوزیت aw–۱۶ در حلال متانول ۱۷۰
شکل ۴-۲۳-الف: طیف FT-IR پلی (۲-متوکسی آنیلین) امرالدین نمکی ۱۷ ..... ۱۷۱
شکل ۴-۲۳-ب: طیف UV-Vis پلی (۲-متوکسی آنیلین) امرالدین نمکی ۱۷ در حلال NMP ۱۷۱
شکل ۴-۲۳-ج: طیف UV-Vis پلی (۲-متوکسی آنیلین) امرالدین نمکی ۱۷ در حلال متانول ۱۷۲
شکل ۴-۲۴-الف: طیف FT-IR (KBr) پلی (۲-متوکسی آنیلین) امرالدین بازی ۱۸ ..... ۱۷۲
شکل ۴-۲۴-ب: طیف UV-Vis پلی (۲-متوکسی آنیلین) امرالدین بازی ۱۸ در حلال NMP ۱۷۳

شکل ۴-۲۴-ج: طیف UV-Vis پلی (۲-متوکسی آنیلین) امرالدین بازی ۱۸ در حلال متانول ۱۷۳
شکل ۴-۲۵-الف: طیفFT-IR کامپوزیت bw-۱۹ ..... ۱۷۴
شکل ۴-۲۵-ب: طیف UV-Vis کامپوزیت bw-۱۹ در حلال NMP ۱۷۴
شکل ۴-۲۵-ج: طیف UV-Vis کامپوزیت bw-۱۹ در حلال متانول ۱۷۵
شکل ۴-۲۵-د: طیف UV-Vis کامپوزیت bw-۱۹ در حلالDMSO ۱۷۵
شکل ۴-۲۶-الف: طیف FT-IR کامپوزیت aw-۱۹ ..... ۱۷۶
شکل ۴-۲۶-ب: طیف UV-Vis کامپوزیت aw-۱۹ در حلال NMP ۱۷۶
شکل ۴-۲۶-ج: طیف UV-Vis کامپوزیت aw-۱۹ در حلال متانول ۱۷۷
شکل ۴-۲۶-د: طیف UV-Vis کامپوزیت aw-۱۹ در حلال DMSO ۱۷۷
شکل ۴-۲۶-ه: تصویر SEM کامپوزیت aw-۱۹ ..... ۱۷۸
شکل ۴-۲۷-الف: طیف FT-IR کامپوزیت bw-۲۰ ..... ۱۷۹
شکل ۴-۲۷-ب: طیف UV-Vis کامپوزیت bw-۲۰ در حلال NMP ۱۷۹
شکل ۴-۲۷-ج: طیف UV-Vis کامپوزیت bw-۲۰ در حلال متانول ۱۸۰
شکل ۴-۲۸-الف: طیفFT-IR کامپوزیت aw-۲۰ ..... ۱۸۰
شکل ۴-۲۸-ب: طیف UV-Vis کامپوزیت aw-۲۰ در حلال NMP ۱۸۱
شکل ۴-۲۸-ج: طیف UV-Vis کامپوزیت aw-۲۰ در حلال متانول ۱۸۱
شکل ۴-۲۹-الف: طیف FT-IR نانوسیلیکای S4 ..... ۱۸۲
شکل ۴-۲۹-ب: طیف EDX نانو سیلیکای S4 ..... ۱۸۲
شکل ۴-۲۹-ج: تصاویر SEM نانو سیلیکا S4 ..... ۱۸۳
شکل ۴-۲۹-د: تصویر TEM نانو سیلیکای S4 ..... ۱۸۴
شکل ۴-۳۰-الف: طیف FT-IR نانوکامپوزیت bw-۲۱ ..... ۱۸۵
شکل ۴-۳۰-ب: طیف UV-Vis نانوکامپوزیت bw-۲۱ در حلال NMP ۱۸۵
شکل ۴-۳۰-ج: طیف UV-Vis نانوکامپوزیت bw-۲۱ در حلال DMSO ۱۸۶
شکل ۴-۳۰-د: تصاویر SEM نانو کامپوزیت bw-۲۱ ..... ۱۸۷
شکل ۴-۳۱-الف: طیف FT-IR نانوکامپوزیت aw-۲۱ ..... ۱۸۸
شکل ۴-۳۱-ب: طیف UV-Vis نانوکامپوزیت aw-۲۱ در حلال NMP ۱۸۸
شکل ۴-۳۱-ج: طیف UV-Vis نانوکامپوزیت aw-۲۱ در حلال DMSO ۱۸۹
شکل ۴-۳۱-د: تصاویر SEM نانوکامپوزیت aw-۲۱ ..... ۱۹۰
شکل ۴-۳۲-الف: طیفFT-IR نانوکامپوزیت bw-۲۲ ..... ۱۹۱
شکل ۴-۳۲-ب: طیف UV-Vis نانوکامپوزیت bw-۲۲ در حلال NMP ۱۹۱
شکل ۴-۳۲-ج: تصاویر SEM نانوکامپوزیت bw-۲۲ ..... ۱۹۲
شکل ۴-۳۳-الف: طیفFT-IR نانوکامپوزیت aw-۲۲ ..... ۱۹۳