دانشگاه سیستان و بلوچستان

تحصیلات تکمیلی

**پایان نامه کارشناسی ارشد شیمی کاربردی**

عنوان:

# تهیه نانو کمپوزیتهای جدیدی از پلی(2-متیل آنیلین -کو- آنیلین) با نانو سیلیکا ی اسیدی


استاد(اساتید) راهنما:

**دکتر علیرضا مدرسی عالم**

**دکتر علی اکبر میرزایی**

استاد مشاور:

**دکتر حسن منصوری ترشیزی**

تحقیق و نگارش:

**فضل اله فتحی پور**



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

**بهمن ماه** 1389

**بسمه تعالی**

## تعهدنامه اصالت اثر

**اینجانب فضل الله فتحی پورتأیید 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: فضل الله فتحی پور**

**امضا**

**تقدیم به:**

# فرشتگان محبت

**به پاس تعبیر عظیم و انسانی شان از کلمه ایثار و از خودگذشتگی**

**به پاس عاطفه سرشار و گرمای امیدبخش وجودشان که در این سردترین روزگاران بهترین پشتیبان است**

**به پاس قلب های بزرگشان که فریاد رس است و سرگردانی و ترس در پناهشان به شجاعت می گراید**

**به پاس محبت های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی کند**

## این مجموعه را به پدر و مادر عزیزم تقدیم می کنم

***باتشکر ویژه از خواهران و برادرم و همچنین نامزد عزیزم***

# سپاسگزاری

شاکرم وسپاس‌گزارم خداوند منان را که هادی نور علم و بانی هستی، تا به من بیاموزد و رهنمون باشد به علم، تا دریابم علم او در تقابل و قیاس با آنچه می‌دانم اقیانوسی است در مقابل ذره‌ای.

در ابتدا از جناب آقای دکتر علیرضا مدرسی عالم استاد راهنمای اول 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.

از جناب آقای دکتر علی اکبر میرزایی استاد راهنمای دوم بنده که در این پروژه تحقیقاتی همواره مرا مورد عنایت و لطف خویش قرار دادند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از جناب آقای دکتر حسن منصوری ترشیزی استاد مشاور بنده در این پایان‌نامه که همواره مرا یاری نمودند سپاسگزارم.

از جناب آقای دکتر علیرضا رضوانی و جناب آقای دکتر میثم نوروزی فر که داوری پایان نامه این حقیر را بر عهده داشتند تشکر و قدردانی ویژه را دارم. همچنین از سرکار خانم دکتر مژگان خراسانی مطلق نماینده تحصیلات تکمیلی نیز سپاسگزارم.

در نهایت لازم می‌دانم از آقایان رحیم والی پشتکوهی، سیدمحسن بلادی موسوی، مهدی محمدرضایی، ابراهیم براتی، اصغر فرهادی، کامران آزادبخت، حامد نجفقلی، مهدی عابدی، محمد رنجبر، اسماعیل رضازاده، مهدی فاطمی، محمدشهرکی، مهدی رونده، مختار پاشایی، علیرضا امینی، میثم رشید، ایمان دیندارلو، مجتبی کلانتری، مرتضی اسفرم، مصطفی فدایی، کیان علیزاده، محمد زارع، حسن اولیایی، احسان علیزاده، فرزاد هوشمند، بهنام مرادخانی، بابک عباسپور، علی میری، حسین فداکار، آرمان میرزاعلی، نیما پناهی، میلاد قنبری، احسان رزمجو، مراد کاکی، مسعود آزادبخت، مجید رشیدپور و خانم ها فهیمه موحدی فر، سکینه ظفری، مائده آذرون، زهرا یاوری، ندا میری، و تمامی دوستانی که در طول این مدت همواره مرا یاری نموده و فضای مناسبی را برای بنده فراهم نمودند کمال تشکر و قدردانی را به‌جا بیاورم.

# چکیده

در این کار تحقیقاتی موفقیت بزرگی در سنتز نانو کامپوزیتهای جدیدی از دو نوع نانو سیلیکا سولفوریک اسید با پلی(آنیلین-کو2--متیل آنیلین) و کامپوزیت هایی از سیلیکاسولفوریک اسید، سیلیکا ساپورت سولفوریک اسید، سیلیکاساپورت کامفورسولفونیک اسید و سیلیکاساپورت پرکلریک اسید با پلی(2-متیل آنیلین-کو-آنیلین) تحت شرایط بدون حلال برای اولین بار بدست آمد. در واقع کوپلیمریزاسیون (با مخلوطی از مونومرهای آنیلین و 2-متیل آنیلین) و دوپینگ پلی(آنیلین-کو- 2متیل آنیلین) بطور هم‌زمان با اسیدهای جامد سیلیکا سولفوریک اسید در مقیاس نانو و غیر نانو و سیلیکاساپورت سولفوریک اسید، سیلیکاساپورت کامفورسولفونیک اسید و سیلیکاساپورت پرکلریک اسید در مقیاس غیر نانو به صورت جداگانه و به حالت بدون حلال انجام شد. ابتدا در سه نسبت مختلف از آنیلین به 2-متیل آنیلین (1/1، 10/1 و 1/10) در حضور اسیدهای مختلف بالا و آمونیوم پراکسی سولفات بعنوان اکسید کننده، کامپوزیتهای کوپلیمری سنتز شدند و سپس خواص آنها با کامپوزیت هایی از هوموپلیمرهای آنیلین و 2-متیل آنیلین مقایسه گردید. کامپوزیتهای سنتز شده با استفاده از دستگاههای UV-Vis, FT-IR, EDX, SEM, TEM و دستگاه چرخش نوری مورد شناسایی و بررسی قرار گرفته و ساختارهای پیشنهادی برای آنها ارائه و اثبات شد. در تصاویر SEM، مشخص شد که نانوکامپوزیتهای سنتز شده در ابعاد 85-64 نانومتر هستند. ورود نانو سیلیکا اسید به ساختار پلی(آنیلین-کو2--متیل آنیلین) سبب تغییر در مورفولوژی و ابعاد (پلی آنیلین-کو2--متیل آنیلین) می‌شود.از طیف‌سنجی FT-IR و UV-Vis جهت اثبات فرایند کوپلیمریزاسیون و فرایند دوپینگ نانوکامپوزیت ها و کامپوزیت ها استفاده گردید.

**کلمات کلیدی**: پلیمر هادی، پلی آنیلین، پلی(آنیلین-کو2--متیل آنیلین)، نانوکامپوزیت، اسید جامد، حلال آزاد، کوپلیمریزاسیون، نانوسیلیکا، نانوسیلیکا سولفوریک اسید، سیلیکاساپورت سولفوریک اسید، سیلیکاساپورت پرکلریک اسید ، نانوسیلیکا سولفوریک اسید، سیلیکا ساپورت کامفورسولفونیک اسید

# فهرست مطالب

**عنوان** **صفحه**


**فصل اول: نانوتکنولوژی** ..... 1

1-1- مقدمه ..... 2

1-2- نانو ..... 2

1-2-1 نانوتکنولوژی ..... 2

1-3- نانوکامپوزیت‌ها ..... 3

1-4- سنتز نانو پلی آنیلین ..... 5

1-4-1- سنتز دارای قالب یا الگو ..... 6

1-4-2- سنتز بدون قالب یا الگو ..... 6

1-4-1-1- سنتز قالب سخت یا الگوی فیزیکی ..... 6

1-4-1-2- سنتز قالب نرم یا الگوی شیمیایی ..... 7

1-4-1-3- ترکیب الگوهای سخت و نرم ..... 8

1-4-1-4- پلیمریزاسیون دانه‌گذاری ..... 9

1-4-2-1- سنتز رادیو شیمیایی ..... 9

1-4-2-2- روش مخلوط سریع واکنش ..... 10

1-4-2-3- سنتز شیمیایی صوت ..... 10

1-4-2-4- سنتز الکتروشیمیایی ..... 11

1-4-2-5- پلیمریزاسیون بین سطحی ..... 11

1-5- خواص اتمی عنصر سیلیکون و ترکیبات آن ..... 11

1-5-1- کاربردهای چند منظوره نانوسیلیس معلق ..... 12

1-6- روش‌های ساخت نانوکامپوزیت‌ها ..... 12

1-6-1- پلیمریزاسیون درجا ..... 12

1-6-2- روش محلولی..... 13
1-6-3- روش اختلاط مذاب..... 13
1-7- طبقه‌بندی نانوکامپوزیت‌ها..... 13
1-7-1- انواع کامپوزیت‌های نانوذره‌ای..... 13
1-7-2- انواع کامپوزیت‌های نانولوله‌ای..... 13
1-8- انواع نانوکامپوزیت‌ها..... 14
1-8-1- نانوکامپوزیت‌های پایه پلیمری..... 14
1-8-2- نانوکامپوزیت‌های پایه سرامیکی..... 15
1-8-3- نانوکامپوزیت‌های پایه فلزی..... 15
1-9- کوپلیمریزاسیون..... 16
1-9-1- خواص کوپلیمرها..... 16
1-10- انواع کوپلیمرها..... 16
1-10-1- کوپلیمرهای تصادفی یا بی نظم..... 16
1-10-2- کوپلیمرهای متناوب..... 17
1-10-3- کوپلیمرهای دسته‌ای..... 17
1-10-4- کوپلیمرهای پیوندی..... 19
1-11- تعیین نوع ساختار کوپلیمر با استفاده از مکانیسم کوپلیمریزاسیون..... 19
1-12- نامگذاری کوپلیمرها..... 20
**فصل دوم: روشهای سنتز پلی‌آنیلین و پلی(آنیلین-کو-2-متیل آنیلین)**..... 21
2-1- پلی‌آنیلین..... 22
2-2- ساختمان پلی آنیلین..... 22
2-3- معایب پلی آنیلین..... 23
2-4- سنتز پلی آنیلین..... 24
2-4-1- سنتز الکتروشیمیایی پلی‌آنیلین..... 24

2-4-1-1- عوامل موثر درسنتز الکتروشیمیایی پلی‌آنیلین..... 25
2-4-2- سنتز شیمیایی پلی‌آنیلین..... 27
2-5- پروتونه شدن پلی‌آنیلین..... 28
2-6- دوپینگ پلی‌آنیلین توسط اسیدها..... 28
2-7- شناسایی پلی‌آنیلین..... 29
2-7-1- طیف سنجی..... 29
2-7-2- تفرق اشعه X (XRD) ..... 33
2-7-3- دستگاه اندازه‌گیری هدایت الکتریکی ..... 33
2-8- کوپلیمریزاسیون آنیلین و مشتقات آلکیل دار آنیلین..... 35
2-9- انواع روش های کوپلیمریزاسیون آنیلین ومشتقات آلکیل دار آنیلین..... 36
(ارتو- تولوئیدن و متا- تولوئیدن)
2-9-1- کوپلیمریزاسیون شیمیایی..... 36
2-9-2- کوپلیمریزاسیون الکتروشیمیایی..... 37
2-9-3- مکانیزم پلیمریزاسیون الکتروشیمیایی 2-متیل آنیلین و پلی(2-متیل آنیلین-کو-آنیلین) 39
**فصل سوم**: **بخش تجربی**..... 42
3-1- دستگاه‌ها و تجهیزات..... 43
3-2- مواد شیمیایی..... 43
3-3- تهیه نانو سیلیکای نوع I..... 44
3-4- تهیه سیلیکا سولفوریک‌اسید ..... 45
3-5- تعیین مقدار $H^+$ سیلیکا سولفوریک اسید به روش تیتراسیون..... 46
3-6- تهیه نانو سیلیکا سولفوریک‌اسید نوع I..... 47
3-7- تعیین مقدار $H^+$ نانو سیلیکا سولفوریک اسید نوع I به روش تیتراسیون..... 48
3-8- نانو سیلیکای نوع II ..... 48
3-9- تهیه نانو سیلیکا سولفوریک‌اسید نوع II ..... 49

3-10- تعیین مقدار $H^+$ نانو سیلیکا سولفوریک‌اسید نوع II به روش تیتراسیون..... 50

3-11- تهیه کامپوزیت سیلیکاسولفوریک اسید با پلی‌آنیلین (کامپوزیت شماره 1)..... 50

3-12- تهیه کامپوزیت سیلیکاسولفوریک اسید با پلی 2-متیل آنیلین (کامپوزیت شماره 2)..... 52

3-13- تهیه کامپوزیت سیلیکا سولفوریک اسید با پلی(آنیلین-کو-2-متیل آنیلین)..... 53

با نسبت آنیلین به 2-متیل آنیلین یک به یک (کامپوزیت شماره 3)

3-14- تهیه کامپوزیت سیلیکا سولفوریک اسید با پلی(آنیلین-کو-2-متیل آنیلین)..... 55

با نسبت آنیلین به 2-متیل آنیلین ده به یک (کامپوزیت شماره4)

3-15- تهیه کامپوزیت سیلیکا سولفوریک اسید پلی(آنیلین-کو-2-متیل آنیلین)..... 56

با نسبت آنیلین به 2-متیل آنیلین یک به ده (کامپوزیت شماره5)

3-16- تهیه نانوکامپوزیت سیلیکا سولفوریک اسید پلی(آنیلین-کو-2-متیل آنیلین)..... 58

با نسبت آنیلین به 2-متیل آنیلین یک به یک با استفاده از نانوسیلیکای نوع I (نانوکامپوزیت $I_a$)

3-17- تهیه نانوکامپوزیت سیلیکا سولفوریک اسید پلی (آنیلین-کو-2-متیل آنیلین)..... 60

با نسبت آنیلین به 2-متیل آنیلین دو به یک با استفاده از نانوسیلیکای نوع I (نانوکامپوزیت $I_b$)

3-18- تهیه نانوکامپوزیت سیلیکا سولفوریک اسید پلی (آنیلین-کو-2-متیل آنیلین)..... 61

با نسبت آنیلین به 2-متیل آنیلین ده به یک و استفاده از نانوسیلیکای نوع I (نانوکامپوزیت $I_c$)

3-19- تهیه نانوکامپوزیت سیلیکاسولفوریک اسید پلی‌آنیلین با استفاده از..... 63

نانوسیلیکای نوع II (نانوکامپوزیت 1N)

3-20- تهیه نانوکامپوزیت سیلیکا سولفوریک اسید پلی 2-متیل آنیلین با استفاده از..... 65

نانوسیلیکای نوع II (نانوکامپوزیت 2N)

3-21- تهیه نانوکامپوزیت سیلیکا سولفوریک اسید پلی(آنیلین-کو-2-متیل آنیلین)..... 66

با نسبت آنیلین به 2-متیل آنیلین یک به یک با استفاده از نانوسیلیکای نوع II (نانوکامپوزیت 3N)

3-22- تهیه نانوکامپوزیت سیلیکا سولفوریک اسید پلی(آنیلین-کو-2-متیل آنیلین)..... 68

با نسبت آنیلین به 2-متیل آنیلین ده به یک با استفاده از نانوسیلیکای نوع II (نانوکامپوزیت 4N)
3-23- تهیه نانوکامپوزیت سیلیکا سولفوریک اسید پلی(آنیلین-کو-2-متیل آنیلین)..... 70
با نسبت آنیلین به 2-متیل آنیلین یک به ده با استفاده از نانوسیلیکای نوع II (نانوکامپوزیت 5N)
3-24- تهیه سیلیکا ساپورت سولفوریک اسید (98%)(S-SSA)..... 71
3-25- تعیین مقدار $H^+$ در سیلیکا ساپورت سولفوریک اسید به روش تیتراسیون..... 72
3-26- تهیه کامپوزیت سیلیکا ساپورت سولفوریک اسید با پلی آنیلین (کامپوزیت شماره 6)..... 73
3-27- تهیه کامپوزیت سیلیکا ساپورت سولفوریک اسید با پلی 2-متیل آنیلین..... 74
(کامپوزیت شماره 7)
3-28- تهیه کامپوزیت سیلیکا ساپورت سولفوریک اسید با پلی(آنیلین-کو-2-متیل آنیلین)..... 76
با نسبت آنیلین به 2-متیل آنیلین یک به یک (کامپوزیت شماره8)
3-29- تهیه کامپوزیت سیلیکا ساپورت سولفوریک اسید با پلی(آنیلین-کو-2-متیل آنیلین)..... 78
با نسبت آنیلین به 2-متیل آنیلین ده به یک (کامپوزیت شماره9)
3-30- تهیه کامپوزیت سیلیکا ساپورت سولفوریک اسید با پلی(آنیلین-کو-آنیلین2-متیل)..... 79
با نسبت آنیلین به 2-متیل آنیلین یک به ده (کامپوزیت شماره10)
3-31- تهیه سیلیکا ساپورت کامفورسولفونیک اسید (S-SCSA)..... 81
3-32- تعیین مقدار $H^+$ کامفورسولفونیک اسید به روش تیتراسیون..... 81
3-33- تهیه کامپوزیت سیلیکا ساپورت کامفورسولفونیک اسید با پلی آنیلین..... 82
(کامپوزیت شماره 11)
3-34- تهیه کامپوزیت سیلیکا ساپورت کامفورسولفونیک اسید با پلی 2-متیل آنیلین..... 84
(کامپوزیت شماره 12)
3-35- تهیه کامپوزیت سیلیکا ساپورت کامفورسولفونیک اسید با پلی(آنیلین-کو-2-متیل آنیلین).. 85
با نسبت آنیلین به 2-متیل آنیلین یک به یک (کامپوزیت شماره 13)
3-36- تهیه کامپوزیت سیلیکا ساپورت کامفورسولفونیک اسید با پلی(آنیلین-کو-2-متیل آنیلین).. 87
با نسبت آنیلین به 2-متیل آنیلین ده به یک (کامپوزیت شماره 14)

3-37- تهیه کامپوزیت سیلیکا ساپورت کامفورسولفونیک اسید با پلی(آنیلین-کو-2-متیل آنیلین).. 89
با نسبت آنیلین به 2-متیل آنیلین یک به ده (کامپوزیت شماره 15)
3-38- تهیه سیلیکای ساپورت پرکلریک اسید70%(S-SPCA)..... 91
3-39- تعیین مقدار $H^+$ در S-SPCA به روش تیتراسیون..... 91
3-40- تهیه کامپوزیت سیلیکا ساپورت پرکلریک اسید با پلی آنیلین (کامپوزیت شماره 16) ..... 92
3-41- تهیه کامپوزیت سیلیکا ساپورت پرکلریک اسید با پلی 2-متیل آنیلین ..... 94
(کامپوزیت شماره 17)
3-42- تهیه کامپوزیت سیلیکا ساپورت پرکلریک اسید با پلی(آنیلین-کو-2-متیل آنیلین) با..... 95
نسبت آنیلین به 2-متیل آنیلین یک به یک (کامپوزیت شماره18)
3-43- تهیه کامپوزیت سیلیکا ساپورت پرکلریک اسید با پلی(آنیلین-کو-2-متیل آنیلین) با..... 97
نسبت آنیلین به 2-متیل آنیلین ده به یک (کامپوزیت شماره19)
3-44- تهیه کامپوزیت سیلیکا ساپورت پرکلریک اسید با پلی(آنیلین-کو-2-متیل آنیلین) با..... 98
نسبت آنیلین به 2-متیل آنیلین یک به ده (کامپوزیت شماره20)
**فصل چهارم: بحث ونتیجه گیری**..... 100
4-1- تهیه نانو سیلیکاهای نوع I و II ..... 108
4-1-1- بررسی طیف های FT-IR سیلیکاژل..... 108
4-1-2- بررسی طیف UV-Vis سیلیکاژل ..... 109
4-1-3- بررسی تصاویر SEM سیلیکاژل..... 109
4-1-4- بررسی طیف های FT-IR نانو سیلیکای نوعI ..... 109
4-1-5- بررسی طیف UV-vis نانو سیلیکای نوعI ..... 110
4-1-6- بررسی تصاویر SEM و TEM نانو سیلیکای نوع I..... 110
4-1-7- بررسی طیف FT-IR نانو سیلیکای نوع II ..... 110
4-2- تهیه سیلیکا سولفوریک اسید معمولی..... 112
4-2-1- طیف FT-IR سیلیکا سولفوریک اسید..... 113

4-3- سنتز کامپوزیت های شماره 5-1..... 113
4-3-1- بررسی عمومی طیف های FT-IR کامپوزیت های 5-1..... 114
4-3-2- بررسی عمومی طیف های UV-Vis کامپوزیت های 5-1..... 118
4-3-2-1- بررسی عمومی طیف های UV-Vis کامپوزیت های 5-1 در حلال متانول..... 120
4-3-2-2 بررسی عمومی طیف های UV-Vis کامپوزیت های 5-1 در حلال NMP..... 121
4-3-2-3- بررسی عمومی طیف های UV-Vis کامپوزیت های 5-1 در حلال DMSO ..... 122
4-3-3- مقایسه تصاویر SEM سیلیکا، سیلیکاسولفوریک اسید و کامپوزیت های 5-1..... 123
4-4- سنتز نانوکامپوزیت های شماره 1N-5N..... 125
4-4-1- بررسی عمومی طیف های FT-IR نانوکامپوزیت های 1N-5N..... 125
4-4-2- بررسی عمومی طیف های UV-Vis نانوکامپوزیت های 1N-5N..... 128
4-4-2-1- بررسی عمومی طیف های UV-Vis نانوکامپوزیت های 1N-5N در حلال متانول..... 131
4-4-2-2- بررسی عمومی طیف های UV-Vis نانوکامپوزیت های 1N-5N در حلال NMP..... 131
4-4-2-3- بررسی عمومی طیف های UV-Vis کامپوزیت های 5-1 در حلال DMSO ..... 132
4-4-3- مقایسه تصاویر SEM نانوسیلیکا، نانوسیلیکاسولفوریک اسید و نانوکامپوزیت های 1N-5N 133
4-5- سنتز نانوکامپوزیت های $I_a$, $I_b$ و $I_c$ ..... 133
4-5-1- بررسی عمومی طیف های FT-IR نانوکامپوزیت های $I_a$, $I_b$ و $I_c$ ..... 134
4-5-2- بررسی عمومی طیف های UV-Vis نانوکامپوزیت های $I_a$, $I_b$ و $I_c$..... 136
4-5-2-1- بررسی عمومی طیف های UV-Vis نانوکامپوزیت های $I_a$, $I_b$ و $I_c$ در حلال متانول..... 138
4-5-2-2- بررسی عمومی طیف های UV-Vis نانوکامپوزیت های $I_a$, $I_b$ و $I_c$ در حلال NMP.... 139
4-5-2-3- بررسی عمومی طیف های UV-Vis نانوکامپوزیت های $I_a$, $I_b$ و $I_c$ در حلال DMSO... 140
4-5-3- مقایسه تصاویر SEM نانوسیلیکا، نانوسیلیکاسولفوریک اسید و نانوکامپوزیت های..... 141
$I_a$, $I_b$ و $I_c$
4-6- سنتز کامپوزیت های شماره 10-6..... 141
4-6-1- بررسی عمومی طیف های FT-IR کامپوزیت های 10-6..... 142
4-6-2- بررسی عمومی طیف های UV-Vis کامپوزیت های 10-6..... 146

4-6-2-1- بررسی عمومی طیف های UV-Vis کامپوزیت های 10-6 در حلال متانول..... 147
4-6-2-2- بررسی عمومی طیف های UV-Vis کامپوزیت های 10-6 در حلال NMP..... 147
4-6-2-3- بررسی عمومی طیف های UV-Vis کامپوزیت های 10-6 در حلال DMSO ..... 148
4-6-3- مقایسه تصاویر SEM سیلیکا، سیلیکاساپورت سولفوریک اسید و کامپوزیت های10- 6... 149
4-7- سنتز کامپوزیت های شماره 15-11..... 150
4-7-1- بررسی عمومی طیف های FT-IR کامپوزیت های 15-11..... 150
4-7-2- بررسی عمومی طیف های UV-Vis کامپوزیت های 15-11..... 154
4-7-2-1- بررسی عمومی طیف های UV-Vis کامپوزیت های 15-11 در حلال متانول..... 155
4-7-2-2- بررسی عمومی طیف های UV-Vis کامپوزیت های 15-11 در حلال NMP..... 155
4-7-2-3- بررسی عمومی طیف های UV-Vis کامپوزیت های 15-11 در حلال DMSO ..... 156
4-7-3- مقایسه چرخش نوری کامپوزیت های 15-11..... 157
4-7-4- مقایسه تصاویر SEM سیلیکا، سیلیکاساپورت کامفورسولفونیک اسید و ..... 158
کامپوزیت های 15-11
4-8- سنتز کامپوزیت های شماره 20-16..... 158
4-8-1- بررسی عمومی طیف های FT-IR کامپوزیت های 20-16..... 158
4-8-2- بررسی عمومی طیف های UV-Vis کامپوزیت های 16-20..... 163
4-8-2-1- بررسی عمومی طیف های UV-Vis کامپوزیت های 20-16 در حلال متانول..... 164
4-8-2-2- بررسی عمومی طیف های UV-Vis کامپوزیت های 20-16 در حلال NMP..... 165
4-8-2-3- بررسی عمومی طیف های UV-Vis کامپوزیت های 20-16 در حلال DMSO ..... 165
4-8-3- مقایسه تصاویر SEM سیلیکا، سیلیکاساپورت پرکلریک اسید و کامپوزیت های 20-16... 166
**پیشنهادات**..... 168
**مراجع**..... 169
**پیوست**..... 175

## فهرست جداول

**عنوان** **صفحه**


جدول1-1- انواع کوپلیمرهای دسته ای و فرمول ساختاری کلی آنها..... 18

جدول1-2- نامگذاری انواع کوپلیمرهای دسته ای..... 20

جدول 3-1- نواحی طیفی UV مشاهده شده برای کامپوزیت شماره 1 در حلال های: متانول..... 51
NMP و DMSO

جدول 3-2- نواحی طیفی UV مشاهده شده برای کامپوزیت شماره 2 در حلال های: متانول..... 53
NMP و DMSO

جدول 3-3- نواحی طیفی UV مشاهده شده برای کامپوزیت شماره 3 در حلال های: متانول..... 54
NMP و DMSO

جدول 3-4- نواحی طیفی UV مشاهده شده برای کامپوزیت شماره 4 در حلال های: متانول..... 56
NMP و DMSO

جدول 3-5- نواحی طیفی UV مشاهده شده برای کامپوزیت شماره 5 در حلال های: متانول..... 58
NMP و DMSO

جدول 3-6- نواحی طیفی UV مشاهده شده برای نانو کامپوزیت $I_a$ در حلال های: متانول..... 59
NMP و DMSO

جدول 3-7- نواحی طیفی UV مشاهده شده برای نانو کامپوزیت $I_b$ در حلال های: متانول..... 61
NMP و DMSO

جدول 3-8- نواحی طیفی UV مشاهده شده برای نانو کامپوزیت $I_c$ در حلال های: متانول..... 63
NMP و DMSO

جدول 3-9- نواحی طیفی UV مشاهده شده برای نانو کامپوزیت 1N در حلال های: متانول..... 64
NMP و DMSO

جدول 3-10- نواحی طیفی UV مشاهده شده برای نانو کامپوزیت 2N در حلال های: متانول..... 66
NMP و DMSO

جدول 3-11- نواحی طیفی UV مشاهده شده برای نانو کامپوزیت 3N در حلال های: متانول..... 68

NMP و DMSO

جدول 3-12- نواحی طیفی UV مشاهده شده برای نانو کامپوزیت 4N در حلال های: متانول..... 69

NMP و DMSO

جدول 3-13- نواحی طیفی UV مشاهده شده برای نانو کامپوزیت 5N در حلال های: متانول..... 71

NMP و DMSO

جدول 3-14- نواحی طیفی UV مشاهده شده برای کامپوزیت شماره 6 در حلال های: متانول..... 74

NMP و DMSO

جدول 3-15- نواحی طیفی UV مشاهده شده برای کامپوزیت شماره 7 در حلال های: متانول..... 76

NMP و DMSO

جدول 3-16- نواحی طیفی UV مشاهده شده برای کامپوزیت شماره 8 در حلال های: متانول..... 77

NMP و DMSO

جدول 3-17- نواحی طیفی UV مشاهده شده برای کامپوزیت شماره 9 در حلال های: متانول..... 79

NMP و DMSO

جدول 3-18- نواحی طیفی UV مشاهده شده برای کامپوزیت شماره 10 در حلال های: متانول..... 80

NMP و DMSO

جدول 3-19- نواحی طیفی UV مشاهده شده برای کامپوزیت شماره 11 در حلال های: متانول..... 83

NMP و DMSO

جدول 3-20- نواحی طیفی UV مشاهده شده برای کامپوزیت شماره 12 در حلال های: متانول..... 85

NMP و DMSO

جدول 3-21- نواحی طیفی UV مشاهده شده برای کامپوزیت شماره 13 در حلال های: متانول..... 87

NMP و DMSO

جدول 3-22- نواحی طیفی UV مشاهده شده برای کامپوزیت شماره 14 در حلال های: متانول..... 88

NMP و DMSO

جدول 3-23- نواحی طیفی UV مشاهده شده برای کامپوزیت شماره 15 در حلال های: متانول..... 90

NMP و DMSO

جدول 3-24- نواحی طیفی UV مشاهده شده برای کامپوزیت شماره 16 در حلال های: متانول..... 93

NMP و DMSO

جدول 3-25- نواحی طیفی UV مشاهده شده برای کامپوزیت شماره 17 در حلال های: متانول..... 95

NMP و DMSO

جدول 3-26- نواحی طیفی UV مشاهده شده برای کامپوزیت شماره 18 در حلال های: متانول..... 96

NMP و DMSO

جدول 3-27- نواحی طیفی UV مشاهده شده برای کامپوزیت شماره 19 در حلال های: متانول..... 98

NMP و DMSO

جدول 3-28- نواحی طیفی UV مشاهده شده برای کامپوزیت شماره 20 در حلال های: متانول..... 99

NMP و DMSO

جدول4 -1- جمع بندی کامپوزیت ها و نانوکامپوزیت ها..... 102

جدول 4-2- مقایسه FT-IR سیلیکای معمولی با نانو سیلیکاها..... 112

جدول 4-3- مقایسه باندهای جذبی FT-IR کامپوزیت های 5-1..... 115

جدول 4-4- نواحی طیفی UV مشاهده شده برای کامپوزیت های 5-1..... 120

جدول 4-5- مقایسه مورفولوژی و متوسط اندازه ذرات سیلیکا ، سیلیکاسولفوریک اسید..... 124

و کامپوزیت های 5-1

جدول 4-6- مقایسه باندهای جذبی FT-IR در نانو کامپوزیت های 1N-5N..... 126

جدول 4-7- نواحی طیفی UV مشاهده شده برای نانوکامپوزیت های 1N-5N..... 130

جدول 4-8 مقایسه مورفولوژی و متوسط اندازه ذرات نانوسیلیکا نوع II،..... 133

نانوسیلیکاسولفوریک اسید نوع II و نانوکامپوزیت ها 1N-5N

جدول 4- 9- مقایسه باندهای جذبی FT-IR در نانوکامپوزیت های $I_a$, $I_b$ و $I_c$ ..... 135

جدول 4-10- نواحی طیفی UV مشاهده شده برای نانوکامپوزیت های $I_a$, $I_b$ و $I_c$ ..... 138

جدول 4-11- مقایسه مورفولوژی و متوسط اندازه ذرات نانوسیلیکا نوع I،..... 141

نانوسیلیکاسولفوریک اسید نوع I و نانو کامپوزیت های $I_a$, $I_b$ و $I_c$

جدول 4-12- مقایسه باندهای جذبی FT-IR کامپوزیت های شماره 10-6..... 143

جدول 4-13- نواحی طیفی UV مشاهده شده برای کامپوزیت های 10-6..... 146

جدول 4-14- مقایسه تصاویر SEM سیلیکا، سیلیکاساپورت سولفوریک اسید و ..... 149
کامپوزیت های 6-10
جدول 4-15- مقایسه باندهای جذبی FT-IR کامپوزیت های شماره 15-11..... 151
جدول 4-16- نواحی طیفی UV مشاهده شده برای کامپوزیت های 15-11..... 154
جدول 4-17- چرخش نوری کامپوزیت های 15-11..... 157
جدول 4-18- مقایسه تصاویر SEM سیلیکا، سیلیکاساپورت کامفورسولفونیک اسید ..... 158
و کامپوزیت های 16-11
جدول 19-4- مقایسه باندهای جذبی FT-IR کامپوزیت های شماره 20-16..... 160
جدول 4-20- نواحی طیفی UV مشاهده شده برای کامپوزیت های 20-16..... 162
جدول 4-21- مقایسه تصاویر SEM سیلیکا، سیلیکاساپورت پرکلریک اسید و..... 167
کامپوزیت های 20-16

## فهرست طرح ها

**عنوان** **صفحه**


طرح 1-1- کوپلیمرتصادفی یا بی نظم..... 17

طرح 1-2- ساختمان کوپلیمرمتناوب..... 17

طرح 1-3- ساختمان شماتیک هموپلیمر (a)، کوپلیمرهای بلوکی، دوساختاری (b)، سه ساختاری (c)... 18
،چند ساختاری (d)

طرح 1-4- شکل گیری کوپلیمرهای پیوندی..... 19

طرح 1-5- واکنش های مرحله ی انتشار زنجیر در فرایند کوپلیمریزاسیون..... 20

طرح 2-1- حالتهای اکسایشی گوناگون..... 22

طرح 2-2- مکانیسم سنتز الکترو شیمیایی پلی آنیلین..... 25

طرح 2-3- مکانیسم سنتز شیمیایی پلی آنیلین..... 27

طرح 2-4- حلقه‌های کوئینوئید (a) و بنزنوئید (b)..... 30

طرح 2-5- شمای دستگاه اندازه‌گیری هدایت الکتریکی با روش استاندارد چهار نقطه‌ای..... 35

طرح 2-6- فرمول عمومی برای نشان دادن پلی آنیلین و مشتقاتش..... 36

طرح 2-7- ولتاموگرام مربزط به پلی آنیلین (a) ، پلی(آنیلین-کو-ارتوتولوئیدن) (b) ، ..... 38
پلی ارتو- تولوئیدن (c)

طرح 2-8- تبدیل واحدهای آمین به رادیکال کاتیون..... 38

شکل 2-9- طیف FT-IR مربوط به پلی آنیلین(a) و پلی 2-متیل آنیلین (b) و..... 39
پلی(آنیلین-کو-2-متیل آنیلین) (c)

طرح 2-10- مراحل مکانیزم پلیمریزاسیون الکتروشیمیایی آنیلین و 2-متیل آنیلین..... 40

طرح 2-11- مکانیزم پلی مریزاسیون الکتروشیمیایی پلی(آنیلین- کو-2-متیل آنیلین)..... 41

طرح 3-1- نمای کلی از تولید نانو سیلیکای نوع I..... 45

طرح 3-2- سیلیکا سولفوریک اسید..... 46

طرح 3-3- نانو سیلیکا سولفوریک‌اسید نوع I ..... 47

طرح 3-4- نانو سیلیکا سولفوریک‌اسید نوعII..... 49
طرح 3-5- ساختار پیشنهادی کامپوزیت شماره 1..... 51
طرح 3-6- ساختار پیشنهادی کامپوزیت شماره 2..... 52
طرح 3-7- ساختار پیشنهادی کامپوزیت شماره 3..... 54
طرح 3-8- ساختار پیشنهادی کامپوزیت شماره 4..... 55
طرح 3-9- ساختار پیشنهادی کامپوزیت شماره 5..... 57
طرح 3-10- ساختار پیشنهادی نانوکامپوزیت $I_a$..... 59
طرح 3-11- ساختار پیشنهادی نانوکامپوزیت $I_b$..... 60
طرح 3-12- ساختار پیشنهادی نانوکامپوزیت $I_c$..... 62
طرح 3-13- ساختار پیشنهادی نانوکامپوزیت شماره 1N..... 64
طرح 3-14- ساختار پیشنهادی نانوکامپوزیت شماره 2N..... 65
طرح 3-15- ساختار پیشنهادی نانوکامپوزیت شماره 3N..... 67
طرح 3-16- ساختار پیشنهادی نانوکامپوزیت شماره 4N..... 69
طرح 3-17- ساختار پیشنهادی نانوکامپوزیت شماره 5N..... 70
طرح 3-18- سیلیکا ساپورت سولفوریک اسید (98%)..... 72
طرح 3-19- ساختار پیشنهادی کامپوزیت شماره 6..... 73
طرح 3-20- ساختار پیشنهادی کامپوزیت شماره 7..... 75
طرح 3-21- ساختار پیشنهادی کامپوزیت شماره 8..... 77
طرح 3-22- ساختار پیشنهادی کامپوزیت شماره 9..... 78
طرح 3-23- ساختار پیشنهادی کامپوزیت شماره 10..... 80
طرح 3-24- سیلیکا ساپورت کامفورسولفونیک اسید..... 81
طرح 3-25- ساختار پیشنهادی کامپوزیت شماره 11..... 82
طرح 3-26- ساختار پیشنهادی کامپوزیت شماره 12..... 84
طرح 3-27- ساختار پیشنهادی کامپوزیت شماره 13..... 86
طرح 3-28- ساختار پیشنهادی کامپوزیت شماره 14..... 88

طرح 3-29- ساختار پیشنهادی کامپوزیت شماره 15..... 90
طرح 3-30- سیلیکا ساپورت شده توسط پرکلریک اسید(70%)..... 91
طرح 3-31- ساختار پیشنهادی کامپوزیت شماره 16..... 92
طرح 3-32- ساختار پیشنهادی کامپوزیت شماره 17..... 94
طرح 3-33- ساختار پیشنهادی کامپوزیت شماره 18..... 96
طرح 3-34- ساختار پیشنهادی کامپوزیت شماره 19..... 97
طرح 3-35- ساختار پیشنهادی کامپوزیت شماره 20..... 99
طرح 4-1- تهیه نانو سیلیکا به روش سل- ژل در حضور کاتالیست بازی..... 108
طرح 4-2- تهیه سیلیکا سولفوریک اسید..... 111