بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده علوم

گروه شیمی کاربردی

بررسی خواص چند ترکیب نانومتری تهیه شده در حضور یک مایع یونی با کمک تابش ریزموج

استاد راهنما:

دکتر عزیز حبیبی ینگجه

توسط:

معصومه اسمعیلی طارمسری

پائیز 1388

تقدیم به

روح پاک پدرم که آرزویش مقدمه‌ای برای تلاش من بود

مادرم که تکیه‌گاه روزهای سخت و تنهایم است

تقدیر و تشکر

سپاس خدای را که علم را به معرفت زیور داد و توفیق آموختنم بخشید.

در ابتدا وظیفه خود می‌دانم از راهنمایی‌های استاد بزرگوارم، جناب آقای دکتر حبیبی که زحمت راهنمایی اینجانب را در طول اجرای این پایان نامه بر عهده داشتند تشکر و قدردانی نمایم.

از اساتید ارجمند، جناب آقای دکتر شکاری و جناب آقای دکتر خدادادی مقدم و کلیه اساتید محترم گروه شیمی که مرا از کمک‌ها و رهنمودهای خویش بی‌نصیب نگذاشته‌اند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از تمامی دوستانم در آزمایشگاه‌های تحقیقاتی شیمی‌فیزیک، شیمی آلی، شیمی تجزیه و مسئولین محترم آزمایشگاه‌های شیمی که در انجام مراحل مختلف این پروژه مرا یاری نمودند سپاسگذاری می‌نمایم.

از دوستانم که با محبت‌های بی‌دریغ‌شان تسکینی برای تنهای‌هایم بوده‌اند تشکر و قدردانی می‌نمایم.

از خانواده عزیزم که هیچگاه مرا در مسیر پر فراز و نشیب زندگی تنها نگذاشتند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

معصومه اسمعیلی پائیز 1388

نام خانوادگی دانشجو: اسمعیلی طارمسری **نام**: معصومه
عنوان پایان نامه: بررسی خواص چند ترکیب نانومتری تهیه شده در حضور یک مایع یونی با کمک تابش ریزموج
استاد راهنما: دکتر عزیز حبیبی ینگجه
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد **رشته**: شیمی **گرایش**: شیمی فیزیک **دانشگاه**: محقق اردبیلی **دانشکده**: علوم **تاریخ فارغ التحصیلی**: 88/8/20 **تعداد صفحه**: 142 صفحه
کلید واژه‌ها: اکسید روی، سولفید روی، سولفید کادمیم، سولفید روی- کادمیم، مایع یونی، فتوکاتالیزور، نانوذرات، ریزموج
چکیده: نانوذات نیمه رسانا خواص شیمیایی و فیزیکی متفاوت از خواص خود در حالت توده‌ای نشان می‌دهد. در این پایان نامه یک روش سریع و دوستدار محیط زیست برای تهیه مواد نانومتری اکسید روی، سولفید روی، سولفید کادمیم، سولفید روی- کادمیم در حضور مایع یونی استفاده شد. از آن جایی که مایعات یونی دارای یون‌های بزرگ با قطبیت بالا هستند، قابلیت جذب خوبی برای تابش ریزموج از خود نشان می‌دهند. روش سنتز ریزموج به کمک مایع یونی روش بسیار سریع برای سنتز انواع مواد نانومتری است. خواص مواد نانومتری تهیه شده توسط تکنیک‌های پراش اشعه X (XRD)، پراکندگی انرژی پرتوهای X (EDX)، میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و طیف سنجی بازتاب نفوذی (DRS) بررسی می‌گردد. فعالیت فتوکاتالیزوری نانوذرات توسط تخریب ماده رنگی متیلن بلو مورد بررسی قرار گرفت و اثرات دمای کلسینه شدن، زمان تابش ریزموج و مقدار مایع یونی بر روی تخریب فتوکاتالیزوری مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که مواد نانومتری تهیه شده در مایع یونی خواص فتوکاتالیزوری بهتری نسبت به مواد نانومتری تهیه شده در آب را دارا هستند. از طرفی افزایش زمان تابش ریزموج نیز باعث افزایش ثابت سرعت واکنش تخریب می‌گردد. افزایش فعالیت فتوکالیزوری به کاهش اندازه ذرات و در نتیجه افزایش مساحت سطح و کاهش ترکیب مجدد الکترون- حفره وابسته است.

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه 1

1-1- مقدمه 1

1-2- نانوفناوری 2

1-3- عناصر نانومقیاس 3

1-3-1- نانوکپسول‌ها 3

1-3-2- نانو لوله ها 4

1-3-3- فولرین‌ها 4

1-3-4- نانوذرات 5

1-3-4-1- سرامیک‌های غیراکسیدی (نقاط کوانتومی) 5

1-3-4-2- نانوذرات سرامیکی (سرامیک‌های اکسید فلزی) 5

1-3-4-3- سیلیکات‌ها 5

1-3-4-4- نانوذرات فلزی 6

1-4- روش‌های سنتز عناصر نانومقیاس 6

1-4-1- فعال‌سازی مکانیکی 8

1-4-1-1- فراوری مکانیکی 8

1-4-1- تغییر شکل‌دهی پلاستیکی شدید 8

1-4-1-3- اختلاط شدید 8

1-4-1-4- فشرده‌سازی پودر 9

1-4-1-5- آسیابهای پرانرژی 9

1-4-2- رسوب‌دهی از فاز گاز 10

1-4-2-1- رسوب‌دهی شیمیایی بخار 11
1-4-2-2- رسوب‌دهی فیزیکی بخار 12
1-4-3- رسوب‌دهی از فاز مایع 12
1-4-3-1- الکتروپوشش‌دهی 12
1-4-3-2- روش‌های حرارتی 13
1-4-3-3- سل- ژل 14
1-4-3-4- فراصوت 15
1-4-3-5- ریزموج 16
1-5- مایعات یونی 17
1-5-1- ساختار مایعات یونی 18
1-5-2- تهیه مایعات یونی 19
1-5-3- خواص فیزیکی مایعات یونی 19
1-5-3-1- نقطه ذوب 21
1-5-3-2- پایداری حرارتی 21
1-5-3-3- ویسکوزیته 21
1-5-3-4- کشش سطحی 22
1-5-3-5- چگالی 22
1-5-4- سمیت مایعات یونی 22
1-5-5- کاربرد مایعات یونی 23
1-6- نیمه‌رساناها 23
1-6-1- انواع نیمه‌رساناها 24
1-6-1-1- نیمه‌رساناهای ذاتی 25

1-6-1-2- نیمه‌رساناهای غیر ذاتی 25
1-7- فتوکاتالیزورها 26
1-7-1- مکانیسم انجام واکنش‌های فتوکاتالیزوری در نیمه‌رساناها 26
1-7-2- جلوگیری از ترکیب مجدد الکترون و حفره توسط اکسیژن 28
1-8- روش‌های اندازه گیری خواص نانوذرات 29
1-8-1- میکروسکوپ‌های الکترونی 30
1-8-1-1- میکروسکوپ‌های الکترونی روبشی 32
1-8-2- پراش اشعه ایکس 34

فصل دوم: بخش تجربی 36
2-1- وسایل، دستگاه‌ها و مواد شیمیایی مورد استفاده 37
2-1-1- وسایل مورد استفاده 37
2-1-2- دستگاه‌های مورد استفاده 37
2-1-3- مواد شیمیایی مورد استفاده 38
2-2- تهیه مایع یونی 38
2-3- تهیه نانوذرات اکسید روی با استفاده از مایع یونی 39
2-4- سنتز نانوذرات سولفید روی با استفاده از مایع یونی 41
2-5- تهیه نانوذرات سولفید کادمیم با استفاده از مایع یونی 41
2-6- سنتز نانوکامپوزیت $Zn_xCd_{(1-x)}S$ با استفاده از مایع یونی 42
2-7- شناسایی نانوذرات 44
2-8- بررسی فعالیت فتوکاتالیزوری نانوذرات 45
2-9- بررسی جذب سطحی نانوذرات 44

فصل سوم: نتایج، بحث و نتیجه‌گیری 46
3-1- نانوذرات اکسید روی 47
3-2-1- تفسیر الگوی XRD 47
3-1-2- تفسیر نتایج بدست آمده از تصاویر SEM 48
3-1-3- تفسیر نتایج بدست آمده از آنالیز EDX 56
3-1-4- تفسیر نتایج بدست آمده از طیف DRS 57
3-1-5- مکانیسم تشکیل نانوذرات اکسید روی 58
3-1-6- تفسیرطیف FT – IR 60
3-1-7- بررسی سینتیک و مکانیسم تخریب رنگ متیلن بلو 61
3-1-7-1- بررسی تاثیر مدت زمان تابش 61
3-1-7-2- بررسی تاثیر دمای کلسینه شدن 62
3-1-7-3- بررسی تاثیر حلال 64
3-1-8- بررسی جذب سطحی توسط نانوذرات اکسیدروی 68
3-2- نانوذرات سولفید روی 70
3-2-1- تفسیر الگوی XRD 70
3-2-2- تفسیر نتایج بدست آمده از تصاویر SEM 72
3-2-3- تفسیر نتایج بدست آمده از آنالیز EDX 77
3-2-4- تفسیر نتایج بدست آمده از طیف DRS 78
3-2-5- مکانیسم تشکیل نانوذرات سولفید روی 79
3-2-6- تفسیرطیف FT – IR 80
3-2-7- بررسی سینتیک و مکانیسم تخریب رنگ متیلن بلو 81
3-2-7-1- بررسی تاثیر دمای کلسینه شدن 81

3-2-7-2- بررسی تاثیر حلال..... 83
3-2-8- بررسی جذب سطحی توسط نانوذرات سولفید روی..... 86
3-3- نانوذرات سولفید کادمیم..... 87
3-3-1- تفسیر الگوی XRD..... 88
3-3-2- تفسیر نتایج بدست آمده از تصاویر SEM..... 88
3-3-3- تفسیر نتایج بدست آمده از آنالیز EDX..... 93
3-3-4- تفسیر نتایج بدست آمده از طیف DRS..... 94
3-3-5- مکانیسم تشکیل نانوذرات سولفید کادمیم..... 95
3-3-6- تفسیرطیف FT – IR..... 96
3-3-7- بررسی سینتیک تخریب رنگ متیلن بلو..... 97
3-3-7-1- بررسی فعالیت فتوکاتالیزوری نانوذرات CdS توسط نور ماوراءبنفش..... 97
3-3-7-1-1 بررسی تاثیر دمای کلسینه شدن..... 97
3-3-7-1-2- بررسی تاثیر حلال..... 100
3-3-7-1-3- بررسی تاثیر مدت زمان تابش..... 102
3-3-7-2- بررسی فعالیت فتوکاتالیزوری نانوذرات CdS توسط نور مرئی..... 105
3-3-7-2-1- بررسی تاثیر دمای کلسینه شدن..... 106
3-3-7-2-2- بررسی تاثیر حلال..... 108
3-3-7-2-3- بررسی تاثیر مدت زمان تابش..... 109
3-3-8- بررسی جذب سطحی توسط نانوذرات سولفید کادمیم..... 113
3-4- نانوکامپوزیت $Zn_xCd_{(1-x)}S$..... 114
3-4-1- تفسیر الگوی XRD..... 115
3-4-2- تفسیر نتایج بدست آمده از تصاویر SEM..... 117

3-4-3- تفسیر نتایج بدست آمده از DRS 120
3-4-4- مکانیسم تشکیل نانوذرات $Zn_xCd_{(1-x)}S$ 122
3-4-5- بررسی سینتیک تخریب رنگ متیلن بلو 123
3-4-5-1- بررسی فعالیت فتوکاتالیزوری نانوکامپوزیت $Zn_xCd_{(1-x)}S$ تحت نور ماوراءبنفش..... 123
3-4-5-1-1 بررسی اثر تغییر کسر مولی روی و کادمیم در فعالیت فتوکاتالیزوری نانوکامپوزیت $Zn_xCd_{(1-x)}S$ توسط نور ماوراء بنفش..... 123
3-4-5-1-2- بررسی تاثیر حلال 124
3-4-5-1-3- بررسی تاثیر دمای کلسینه شدن 125
3-4-5-2- بررسی فعالیت فتوکاتالیزوری نانوکامپوزیت $Zn_xCd_{(1-x)}S$ توسط نور مرئی..... 127
3-4-5-2-1- بررسی اثر تغییر کسر مولی روی و کادمیم در فعالیت فتوکاتالیزوری نانوکامپوزیت $Zn_xCd_{(1-x)}S$ توسط نور مرئی 128
3-4-5-2-2- بررسی تاثیر حلال 129
3-4-6-1-3- بررسی تاثیر دمای کلسینه شدن 130
3-5- نتیجه گیری کلی 131
3-6- پیشنهادات 134
منابع 135

فهرست اشکال

شکل(1-1): فرایند تولید نانوذرات با روش پایین به بالا و بالا به پایین 7

شکل(1-2): نمایی از آسیاب‌های پرانرژی 9

شکل(1-3): شمایی از فرایند رسوب‌دهی از گاز 10

شکل(1-4): شمایی از فرایند رسوب‌دهی بخار 11

شکل(1-5): تصویر SEM نانوذرات ZnO 14

شکل(1-6): شمایی از فرایند سل- ژل 15

شکل(1-7): شمایی از مکانیسم عمل در فرآیند فراصوت 16

شکل(1-8): شمایی از ساختار احتمالی مایعات یونی 18

شکل(1-9): رشد تصاعدی تعداد مقالات مرتبط با مایعات یونی در فاصله زمانی(2008-1970) ... 20

شکل(1-10): شمایی از چگونگی تشکیل نوارهای انرژی در نیمه‌رساناها 24

شکل(1-11): مقایسه رسانایی الکتریکی مواد 25

شکل(1-12): رشد تصاعدی تعداد مقالات مرتبط با فتوکاتالیزورها در فاصله زمانی(2008-1975) 27

شکل(1-13): شمایی از مکانیسم برانگیخته‌سازی نیمه‌رساناها توسط نور و انتقال الکترون و حفره در آن 28

شکل(1-14): میزان شکاف انرژی برای چند نوع نیمه‌رسانا 29

شکل(1-15): شمایی از مقایسه بین حد تفکیک میکروسکوپ‌های نوری و میکروسکوپ‌های الکترونی 31

شکل(1-16): شمایی از ساختار میکروسکوپ الکترونی 33

شکل(1-17): شمایی ساده از بدست آمدن ساختار مولکول‌ها به کمک پراش اشعه ایکس 34

شکل(1-18): شمایی از الگوی XRD 35

شکل(2-1): شمایی از واکنش کلی برای تشکیل مایع یونی [EMIM][$EtSO_4$] 39
شکل(2-2): طیف FT-IR مایع یونی[EMIM][$EtSO_4$] 40
شکل(2-3): شمایی از راکتور فتوکاتالیزور 45
شکل(3-1): الگوی XRD نانوذرات ZnO تهیه شده در آب و محلول آبی مایع یونی تحت زمان‌های مختلف از تابش ریزموج 48
شکل(3-2): تصاویر SEM با بزرگ‌نمایی مختلف از نانوذرات ZnO تهیه شده در محلول آبی مایع یونی با نسبت حجمی 1:1 با تابش 5 دقیقه ریزموج 50
شکل(3-3): تصاویر SEM با بزرگ‌نمایی مختلف از نانوذرات ZnO تهیه شده در محلول آبی مایع یونی با نسبت حجمی 1:1 با تابش 10 دقیقه ریزموج 52
شکل(3-4): تصاویر SEM با بزرگ‌نمایی مختلف از نانوذرات ZnO تهیه شده در محلول آبی مایع یونی با نسبت حجمی 1:1 با تابش 15 دقیقه ریزموج 54
شکل(3-5): تصاویر SEM با بزرگ‌نمایی مختلف از نانوذرات ZnO تهیه شده در محلول آبی مایع یونی با نسبت حجمی 4:1 با تابش 10 دقیقه ریزموج 56
شکل(3-6): الگوی EDX نانوذرات ZnO تهیه شده تحت تابش ریزموج به مدت **5، 10 و 15** دقیقه در محلول آبی مایع یونی و نیز آب خالص تحت تابش ریزموج به مدت 15 دقیقه 57
شکل(3-7): طیف DRS نانوذرات ZnO تهیه شده تحت تابش ریزموج به مدت **5، 10 و 15** دقیقه در محلول آبی مایع یونی و نیز آب خالص تحت تابش ریزموج به مدت 15 دقیقه..... 58
شکل(3-8): شمایی از برهمکنش‌های موجود بین نانوذرات ZnO و مایع یونی [EMIM][$EtSO_4$] 59
شکل(3-9): طیف FT- IR نانوذرات ZnO تحت تابش ریزموج به مدت 10 دقیقه به همراه طیف مربوط به مایع یونی خالص 60
شکل(3-10): شمایی از ساختار متیلن بلو..... 61
شکل(3-11): تغییرات میزان جذب متیلن بلو بر حسب مدت زمان تابش امواج ماوراءبنفش در

حضور نانوذرات ZnO تهیه شده در محلول آبی مایع یونی با نسبت حجمی 1:1 با کمک تابش ریزموج به مدت (a) 5، (b) 10 و (c) 15 دقیقه.....62
شکل(3-12): تغییرات میزان جذب متیلن بلو بر حسب مدت زمان تابش امواج ماوراءبنفش در حضور نانوذرات ZnO تهیه شده در آب با استفاده از تابش ریزموج به مدت 15 دقیقه در دماهای کلسینه مختلف در (الف) آب خالص (ب) محلول آبی مایع یونی با نسبت حجمی 1:1.....63
شکل (3-13): تغییرات میزان جذب متیلن بلو بر حسب مدت زمان تابش امواج ماوراءبنفش در حضور نانوذرات ZnO تهیه شده با استفاده از تابش ریزموج به مدت 15 دقیقه در دماهای کلسینه شدن مختلف در (الف) دمای اتاق، (ب) 200 °C، (ج) 300 °C و (ج) 400 °C.....66
شکل (3-14): نمودار تغییرات میزان جذب محلول آبی متیلن بلو بر حسب طول موج.....67
شکل(3-15): نمودار ln A بر حسب زمان تابش برای تخریب متیلن بلو برای نانوذرات ZnO تهیه شده در محلول آبی مایع یونی با نسبت حجمی 1:1 تحت تابش ریزموج به مدت 10 دقیقه.....68
شکل(3-16): تغییرات میزان جذب سطحی متیلن بلو بر حسب مدت زمان در حضور نانوذرات ZnO تهیه شده تحت تابش ریزموج به مدت 10 دقیقه در حلال‌های آب، محلول‌های آبی مایع یونی با نسبت 1:1 و نیز محلول آبی مایع یونی با نسبت 4:1.....69
شکل(3-17): الگوی XRD نانوذرات ZnS تهیه شده در حلال‌های مختلف.....71
شکل(3-18): تصاویر SEM با بزرگ‌نمایی مختلف از نانوذرات ZnS تهیه شده آب خالص 73
شکل(3-19): تصاویر SEM با بزرگ‌نمایی مختلف از نانوذرات ZnS تهیه شده در محلول‌های آبی مایع یونی با نسبت حجمی 1:1.....75
شکل(3-20): تصاویر SEM با بزرگ‌نمایی مختلف از نانوذرات ZnS تهیه شده در محلول‌های آبی مایع یونی با نسبت حجمی 4:1.....77
شکل(3-21): الگوی EDX نانوذرات ZnS تهیه شده در (a) آب خالص (b) محلول آبی مایع یونی با نسبت حجمی 1:1 و (c) با نسبت حجمی 4:1.....78

شکل(3-22): طیف DRS نانوذرات ZnS تهیه شده در حلال‌های مختلف 79
شکل(3-23): طیف FT- IR نانوذرات ZnS تحت تابش ریزموج به مدت 4 دقیقه به همراه طیف مربوط به مایع یونی خالص 81
شکل(3-24): تغییرات میزان جذب متیلن بلو بر حسب مدت زمان تابش امواج ماوراءبنفش در حضور نانوذرات ZnS تهیه شده در محلول آبی مایع یونی با نسبت حجمی (الف) 1:1 و (ب) 824:1
شکل(3-25): تغییرات میزان جذب متیلن بلو بر حسب مدت زمان تابش امواج ماوراء بنفش در حضور نانوذرات ZnS کلسینه شده در دمای (الف) اتاق و (ب) 200 ºC 84
شکل(3-26): نمودار ln A بر حسب زمان تابش برای ZnS تهیه شده در محلول آبی مایع یونی با نسبت حجمی 4:1 کلسینه شده در دمای 200 °C 85
شکل(3-27): تغییرات میزان جذب سطحی متیلن بلو بر حسب مدت زمان در حضور نانوذرات ZnS تهیه شده تحت تابش ریزموج به مدت 4 دقیقه 86
شکل(3-28): الگوی XRD نانوذرات CdS تهیه شده در حلال‌های مختلف 87
شکل(3-29): تصاویر SEM با بزرگ‌نمایی مختلف از نانوذرات ZnS تهیه شده در محلول‌های آبی مایع یونی با نسبت حجمی 1:1 تحت تابش ریز موج به مدت 4 دقیقه 89
شکل(3-30): تصاویر SEM با بزرگ‌نمایی مختلف از نانوذرات ZnS تهیه شده در محلول‌های آبی مایع یونی با نسبت حجمی 4:1 تحت تابش ریز موج به مدت 4 دقیقه 91
شکل(3-31): تصاویر SEM با بزرگ‌نمایی مختلف از نانوذرات ZnS تهیه شده در محلول‌های آبی مایع یونی با نسبت حجمی 4:1 تحت تابش ریز موج به مدت 6 دقیقه 93
شکل(3-32): الگوی EDX نانوذرات CdS تحت تابش ریزموج به مدت 4 دقیقه تهیه شده در (a) آب خالص، (b) و (c) محلول آبی مایع یونی با نسبت حجمی 1:1 و 4:1 و (d) محلول آبی مایع یونی با نسبت 4:1 تحت تابش ریزموج به مدت 6 دقیقه 94
شکل(3-33): طیف DRS نانوذرات CdS تحت تابش ریزموج به مدت 4 دقیقه تهیه شده در (a)

آب خالص، (b) و (c) محلول آبی مایع یونی با نسبت حجمی 1:1 و 4:1 و (d) محلول آبی مایع یونی با نسبت 4:1 تحت تابش ریزموج به مدت 6 دقیقه..... 95
شکل(3-34): طیف FT- IR نانوذرات CdS تحت تابش ریزموج به مدت 4 دقیقه به همراه طیف مربوط به مایع یونی خالص 96
شکل(3-35): تغییرات میزان جذب متیلن بلو بر حسب مدت زمان تابش امواج ماوراء بنفش در نانوذرات CdS کلسینه شده و تهیه شده با استفاده از تابش ریزموج به مدت 4 دقیقه در (الف) آب، (ب) و (ج) محلول آبی مایع یونی با نسبت حجمی 1:1 و 4:1 و (د) محلول آبی مایع یونی با نسبت حجمی 4:1 تحت تابش ریزموج به مدت 6 دقیقه 99
شکل(3-36): تغییرات میزان جذب متیلن بلو بر حسب مدت زمان تابش امواج ماوراء بنفش در حضور نانوذرات CdS تهیه شده با استفاده از تابش ریزموج به مدت 4 دقیقه در حلال‌های مختلف 100
شکل (3-37): تغییرات میزان جذب متیلن بلو بر حسب طول موج در حضور نانوذرات CdS تهیه شده با استفاده از تابش ریزموج به مدت 4 دقیقه در (الف) محلول آبی مایع یونی با نسبت حجمی 4:1 و (ب) آب خالص در زمان‌های مختلف تابش نور ماوراء بنفش 101
شکل(3-38): تغییرات میزان جذب متیلن بلو بر حسب مدت زمان تابش امواج ماوراء بنفش در حضور نانوذرات CdS در دماهای کلسینه (الف) دمای اتاق، (ب) 200 ºC، (ج) 300 ºC و (د) 400 ºC..... 104
شکل(3-39): نمودار ln A بر حسب زمان تابش نور ماوراءبنفش برای CdS تهیه شده در محلول‌های آبی مایع یونی با نسبت حجمی 1:1 تحت تابش ری‌زموج به مدت 4 دقیقه 105
شکل(3-40): تغییرات میزان جذب متیلن بلو بر حسب مدت زمان تابش امواج مرئی در حضور نانوذرات CdS کلسینه در دماهای مختلف تهیه شده تحت تابش ریزموج به مدت 4 دقیقه در(الف) آب، (ب) و (ج) محلول آبی مایع یونی با نسبت حجمی 1:1 و 4:1 و (د) محلول آبی مایع یونی

با نسبت حجمی 4:1 تحت تابش به مدت 6 دقیقه 108
شکل(3-41): تغییرات میزان جذب متیلن بلو بر حسب مدت زمان تابش امواج مرئی در حضور نانوذرات CdS تهیه شده تحت تابش ریزموج به مدت 4 دقیقه..... 109
شکل(3-42): تغییرات میزان جذب متیلن بلو بر حسب مدت زمان تابش امواج مرئی در حضور نانوذرات CdS تهیه شده در دماهای کلسینه (الف) دمای اتاق، (ب) 200 °C، (ج) 300 °C و (د) 400 °C..... 111
شکل(3-43): تغییرات میزان جذب متیلن بلو بر حسب مدت زمان در حضور نانوذرات CdS تهیه شده تحت تابش ریزموج به مدت 4 دقیقه در (a) آب، (b) و (c) محلول آبی از مایع یونی با نسبت حجمی 1:1 و 4:1 و (d) محلول آبی مایع یونی با نسبت حجمی 4:1 تحت تابش ریزموج به مدت 6 دقیقه 113
شکل (3-44): الگوی XRD نانوکامپوزیت (a) ZnS، (b) $Zn_{0.95}Cd_{0.05}S$، (c) $Zn_{0.9}Cd_{0.1}S$، (d) $Zn_{0.8}Cd_{0.2}S$، (e) $Zn_{0.6}Cd_{0.4}S$، (f) $Zn_{0.4}Cd_{0.6}S$، (g) $Zn_{0.2}Cd_{0.8}S$ و (h) CdS 115
شکل (3-45): الگوی XRD نانوذرات $Zn_{0.2}Cd_{0.8}S$ 116
شکل (3-46): تصاویر SEM با بزرگ‌نمایی مختلف از نانوکامپوزیت $Zn_{0.2}Cd_{0.8}S$ تهیه شده در آب تحت تابش ریزموج به مدت 4 دقیقه 118
شکل (3-47): تصاویر SEM با بزرگ‌نمایی مختلف از نانوکامپوزیت $Zn_{0.2}Cd_{0.8}S$ تهیه شده در محلول‌های آبی مایع یونی با نسبت حجمی 1:1 تحت تابش ریزموج به مدت 4 دقیقه 120
شکل(3-48): طیف DRS مربوط به نانوکامپوزیت $Zn_xCd_{(1-x)}S$ 121
شکل (3-49): طیف DRS نانوکامپوزیت $Zn_{0.2}Cd_{0.8}S$ 122
شکل(3-50): تغییرات میزان جذب متیلن بلو بر حسب مدت زمان تابش امواج ماوراء بنفش در حضور نانوکامپوزیت $Zn_xCd_{(1-x)}S$ تهیه شده با استفاده از تابش ریزموج به مدت 4 دقیقه در محلول آبی مایع یونی با نسبت حجمی 1:1 124

شکل(3-51): تغییرات میزان جذب متیلن بلو بر حسب مدت زمان تابش امواج ماوراءبنفش در حضور نانوکامپوزیت $Zn_{0.2}Cd_{0.8}S$ تهیه شده تحت تابش ریزموج به مدت 4 دقیقه 125
شکل(3-52): تغییرات میزان جذب متیلن بلو بر حسب مدت زمان تابش امواج ماوراء بنفش در حضور نانوذرات $Zn_{0.2}Cd_{0.8}S$ کلسینه در دماهای مختلف تهیه شده با استفاده از تابش ریزموج به مدت 4 دقیقه در (الف) آب و (ب) محلول آبی مایع یونی با نسبت حجمی 1:1 127
شکل(3-53): تغییرات میزان جذب متیلن بلو بر حسب مدت زمان تابش امواج مرئی در حضور نانوکامپوزیت $Zn_xCd_{(1-x)}S$ تهیه شده با استفاده از تابش ریزموج به مدت 4 دقیقه در محلول آبی مایع یونی با نسبت حجمی 1:1 128
شکل(3-54): تغییرات میزان جذب متیلن بلو بر حسب مدت زمان تابش امواج مرئی در حضور نانوکامپوزیت $Zn_{0.2}Cd_{0.8}S$ تهیه شده تحت تابش ریزموج به مدت 4 دقیقه 129
شکل(3-55): تغییرات میزان جذب متیلن بلو بر حسب مدت زمان تابش امواج مرئی در حضور نانوذرات $Zn_{0.2}Cd_{0.8}S$ کلسینه در دماهای مختلف تهیه شده با استفاده از تابش ریزموج به مدت 4 دقیقه در (الف) آب و (ب) محلول آبی مایع یونی با نسبت حجمی 1:1 131
شکل (3-56): مقایسه تغییرات میزان جذب محلول آبی متیلن بلو بر حسب مدت زمان تابش امواج ماوراءبنفش در حضور نانوذرات مختلف تهیه شده در محلول آبی مایع یونی با نسبت حجمی 1:1 . 132

فهرست جداول

جدول(3-1): ثابت سرعت ظاهری تخریب متیلن بلو توسط نانوذرات ZnO تهیه شده در آب و محلول‌های آبی مایع یونی تحت تابش ریزموج به مدت 15 دقیقه در دماهای کلسینه شدن مختلف 64

جدول(3-2): ضرایب ثابت سرعت ظاهری تخری‌ب متی‌لن بلو توسط نانوذرات ZnS تهیه شده در محلول‌های مختلف کلسینه شده در دمای $200\ ^{\circ}C$ 85

جدول(3-3): ثابت سرعت ظاهری تخریب متیلن بلو به وسیله نور ماوراء بنفش و مرئی بر روی نانوذرات CdS تهیه شده تحت تابش ریزموج به مدت 4 دقیقه در آب خالص، محلول‌های آبی مایع یونی با نسبت حجمی 1:1 و 4:1 و همچنین نانوذرات تهیه شده در محلول آبی مایع یونی با نسبت 4:1 تحت تابش ریز موج به مدت 6 دقیقه 112

جدول (3-4): میزان جذب سطحی متیلن بلو توسط نانو ذرات سولفید کادمیم..... 114

جدول(3-5): ثابت سرعت ظاهری تخریب متیلن بلو به وسیله نور ماوراء بنفش برای نانوذرات مختلف 132

1-1- مقدمه

در هزاره جدید بشر بطور جدی با چالش پاک‌سازی منابع طبیعی از جمله آب و هوا رو به روست. در این راستا دانشمندان کوشیده‌اند ضمن بهره‌گیری از فناوری‌های نوین آثار سوء توسعه بر محیط‌زیست را به حداقل برسانند. نانوفناوری از جمله مهمترین این فناوری‌هاست که کاربردهای آن در همه جا با هزینه کمتر، دوام و عمر بیشتر، مصرف انرژی پایین‌تر، هزینه نگهداری کمتر و خواص بهتر همراه است. از این‌رو بکارگیری این دانش بشری با شتاب رو به توسعه گذارده است [1]. در سالهای اخیر دانشمندان به دنبال نیمه‌رساناهایی هستند که برای تخریب فتوکاتالیزوری مواد شیمیایی که درون هوا و آب پایدار هستند به‌کار گیرند[8]. در کشورهای در حال توسعه سراسر جهان، مرگ و میر ناشی از بیماری‌های ناشی از آب‌های آلوده از دلایل عمده مرگ و میر می‌باشد. لذا اهمیت ضدعفونی کردن و کنترل میکروبی آب را نمی‌توان نادیده گرفت. هر چند روش‌های گندزدایی معمول امروزی در تصفیه آب آشامیدنی، میکروب‌های بیماری‌زا را به خوبی کنترل می‌کند، لیکن تحقیقات چند دهه گذشته پیرامون معمای غیر قابل حل تشکیل محصولات جانبی مضر در این زمینه در متون مختلف گزارش شده است. رشد سریع در زمینه نانوفناوری، کاربرد نانومواد را در محیط زیست مورد توجه قرار داده است. مخصوصاً پتانسیل نانوذرات در ایجاد انقلابی برای کنار گذاشتن فرایندهای معمول در تصفیه آب مورد توجه قرار گرفته