





دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده شیمی

ساخت و بررسی خواص بیونانو کامپوزیت‌های پلیمری پایدار حرارتی و
فعال نوری جدید حاوی نانو ذره‌های اصلاح شده‌ی روی اکسید و تیتانیوم
دی‌اکسید با امواج فراصوت

رساله دکتری شیمی آلی - پلیمر

فاطمه زراعت‌پیشه

استاد راهنما

پروفسور شادپور ملک‌پور

خدایا نگویم دستم بگیر؛ عمریست گرفته‌ای مبادا رها کنی

سپاس خداوندی که زندگی‌ام بدون یادش بی‌معناست.

نوشتن راهی است برای ابراز آنچه در اندیشه‌ی روح جاری است ولی بی‌شک تمام آن نیست. از خانواده ارجمندم به‌ویژه پدر، مادر و خواهر عزیزم زهره که شوق پیمودن این راه را در من زنده کردند، پرمهرترین تشکرها را دارم.

تشکر و سپاس به خاطر تمامی زحمات، تلاش‌ها، راهنمایی‌ها، صبوری‌ها و فرصت‌هایی که استاد راهنمای بزرگوارم جناب آقای پروفسور شادپور ملک‌پور در راه به ثمر نشستن این پروژه به من ارزانی داشتند. از استاد مشاور ارجمندم جناب آقای پروفسور حسن حدادزاده که همواره راهنمایی‌های ایشان روشنی بخش و امید دهنده‌است، نهایت سپاس را دارم.

از جناب آقای دکتر سبزیان که همکاری علمی ارزشمندی در انجام این رساله مبذول فرمودند تشکر و قدردانی می‌نمایم.

از اساتید بزرگوار جناب آقای پروفسور مجید میرمحمدصادقی، دکتر امیر عبدالملکی و دکتر حسین توکل که داوری این رساله را به عهده گرفتند کمال تقدیر و تشکر را دارم.

از همه‌ی دوستان عزیزم به‌ویژه خانم‌ها فاطمه ابریشمی، مرضیه خانی، خاطره عبدی و همکاران ارجمندم در آزمایشگاه تحقیقاتی پلیمر به‌ویژه آقایان دکتر محمد دیناری و امین زاده‌نظری تشکر و قدردانی می‌نمایم و برای تمامی آنها آرزوی موفقیت و سربلندی می‌کنم.

فاطمه زراعت‌پیشه

زمستان ۱۳۹۱

کلیه حقوق مادی مرتبط بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع این رساله متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است.

تقدیم به

پدر بزرگوارم

و مادر مهربانم

که فرصت پرواز در آبی بیکران زندگی را به من دادند.

و به من آموختند رنگین کمان پاداش کسی است که تا آخرین

قطره زیر باران بماند.

عزیزانی که به خوبی حرمت روزهای رفته‌شان را می‌دانم.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فهرست مطالب	هشت
فهرست جدول‌ها	پانزده
فهرست طرح‌ها	شانزده
فهرست شکل‌ها	هفده
چکیده	۱
فصل اول مقدمه	
۱-۱- مقدمه‌ای بر نانو فناوری	۲
۲-۱- کاربرد مواد نانو ساختار	۳
۱-۲-۱- صنعت نساجی	۳
۲-۲-۱- صنایع تصفیه و جذب فلزهای سنگین از پساب‌ها	۳
۳-۲-۱- صنعت ساختمان	۴
۴-۲-۱- علوم پزشکی	۴
۳-۳-۱- نانو کامپوزیت‌ها	۴
۱-۳-۱- نانو کامپوزیت‌های پلیمری	۵
۲-۳-۱- نانو کامپوزیت‌های سرامیکی	۶
۳-۳-۱- نانو کامپوزیت‌های فلزی	۶
۴-۱- نانو ذره‌ها	۷
۱-۴-۱- نانو ذره‌های آلی	۷
۲-۴-۱- نانو ذره‌های معدنی	۷
۵-۱- نانو ذره‌های اکسید فلزی	۷
۱-۵-۱- تیتانیم دی‌اکسید (TiO_2)	۷
۱-۵-۱- الف- کاربردهای تیتانیم دی‌اکسید به عنوان فوتوکاتالیست	۹
۲-۵-۱- روی اکسید	۱۰
۳-۵-۱- زیرکونیم دی‌اکسید (ZrO_2)	۱۱
۶-۱- راه‌های ورود نانو ذره‌ها به درون زنجیره پلیمری	۱۲
۱-۶-۱- مقدمه	۱۲
۱-۶-۱- الف- اصلاح سطح نانو ذره‌ها با گروه‌های قابل پلیمر شدن	۱۲
۱-۶-۱- ب- اصلاح سطح نانو ذره‌ها به وسیله گروه‌های آغازگر واکنش پلیمر شدن رادیکالی	۱۳
۱-۶-۱- پ- رشد هم‌زمان از نانو ذره‌های معدنی در بافت پلیمر	۱۴
۱-۶-۱- ت- اصلاح سطح نانو ذره‌ها با استفاده از معرف‌های اصلاح کننده‌ی سطحی	۱۴
۷-۱- امواج فراصوت و استفاده از آنها در فناوری نانو	۱۵
۸-۱- تجهیزات مورد نیاز برای بررسی مشخصه‌های نانو کامپوزیت‌های پلیمری	۱۶

۹-۱-طبقه بندی روش های تعیین مشخصه های نانومواد بر اساس نحوه عملکرد ۱۶

۹-۱-۱-روش های میکروسکوپی ۱۶

۹-۱-۱-الف-میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) ۱۷

۹-۱-۱-ب-میکروسکوپ الکترونی روبشی نشر زمینه (FE-SEM) ۱۷

۹-۱-۱-پ-میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) ۱۸

۹-۲-روش های پراش ۱۹

۹-۲-الف-پراش پرتو ایکس ۱۹

۹-۲-ب-فلوئورسانس پرتو ایکس ۲۰

۱۰-۱-زمینه های پلیمری ۲۰

۱۰-۱-۱-پلیمرهای مقاوم حرارتی ۲۰

۱۰-۱-۲-پلی آمیدها ۲۱

۱۰-۱-۳-پلی استرها ۲۱

۱۰-۱-۴-پلی ایمیدها ۲۲

۱۰-۱-۵-کوپلی ایمیدها ۲۳

۱۰-۱-۵-الف-پلی (استر-ایمید)ها ۲۳

۱۰-۱-۵-ب-پلی (آمید-ایمید)ها ۲۳

۱۱-۱-پلیمرهای زیست تخریب پذیر ۲۴

۱۱-۱-۱-پلیمرهای زیست تخریب پذیر با خاستگاه طبیعی ۲۴

۱۱-۱-۲-پلیمرهای زیست تخریب پذیر سنتزی ۲۵

۱۱-۱-۳-روش های تخریب پلیمرهای زیست تخریب پذیر ۲۵

۱۱-۱-۴-مراحل زیست تخریب پذیری ۲۷

۱۱-۱-۵-کاربردهای پلیمرهای زیست تخریب پذیر ۲۷

۱۲-۱-آمینواسیدها ۲۷

۱۳-۱-پلیمرهای فعال نوری ۲۸

۱۴-۱-هدف های انجام این پروژه ی تحقیقاتی ۳۰

فصل دوم بخش تجربی

۱-۲-دستگاه ها و تجهیزات ۳۲

۲-۲-مواد اولیه (تهیه و خالص سازی) ۳۵

جدول ۲-۱: مشخصات مواد شیمیایی به کار رفته ۳۵

۳-۲-تهیه ی دی ال N^1, N^2 -(بیروملیتویل) بیس(متیل استر تیروسین) (۵) ۳۷

۳-۲-۱-تهیه ی S-تیروسین متیل استر هیدروکلرید (۲) ۳۷

۳-۲-۱-الف-مشخصات طیفی S-تیروسین متیل استر هیدروکلرید (۲) ۳۷

۳-۲-۲-تهیه ی S-تیروسین متیل استر (۳) ۳۷

۳-۲-۲-الف-مشخصات طیفی S-تیروسین متیل استر (۳) ۳۸

- ۳۸-۳-۳-۲-تهیه‌ی ترکیب N^I, N -(پیروملیتویل)-بیس متیل استر تیروسین (۵)..... ۳۸
- ۳۸-۳-۳-۲-الف-مشخصات طیفی دی‌ال آروماتیک ۵..... ۳۸
- ۳۸-۴-۲-تهیه‌ی پلی(استر-ایمید)های (۹a-۹e) فعال نوری مشتق شده از TMA، L-والین، L-فنیل آلانین، L-لوسین، L-ایزولوسین، L-متیونین و دی‌ال N^I, N -(پیروملیتویل)-بیس متیل استر تیروسین (۵) از طریق پلیمرشدن تراکمی با استفاده از سیستم ویلزمایر TsCl/Py/DMF..... ۳۸
- ۳۸-۱-۴-۲-تهیه‌ی N -تری‌ملیتیل‌ایمیدو-L-فنیل آلانین (۸e)..... ۳۸
- ۳۹-۱-۴-۲-الف-مشخصات طیفی دی‌اسید (۸e)..... ۳۹
- ۳۹-۲-۴-۲-تهیه‌ی N -تری‌ملیتیل‌ایمیدو-L-والین (۸a)..... ۳۹
- ۳۹-۲-۴-۲-الف-مشخصات طیفی دی‌اسید (۸a)..... ۳۹
- ۳۹-۳-۴-۲-تهیه‌ی N -تری‌ملیتیل‌ایمیدو-L-متیونین (۸b)..... ۳۹
- ۳۹-۳-۴-۲-الف-مشخصات طیفی دی‌اسید (۸b)..... ۳۹
- ۴۰-۴-۲-تهیه‌ی N -تری‌ملیتیل‌ایمیدو-L-لوسین (۸c)..... ۴۰
- ۴۰-۴-۲-الف-مشخصات طیفی دی‌اسید (۸c)..... ۴۰
- ۴۰-۵-۴-۲-تهیه‌ی N -تری‌ملیتیل‌ایمیدو-L-ایزو لوسین (۸d)..... ۴۰
- ۴۰-۵-۴-۲-الف-مشخصات طیفی دی‌اسید (۸d)..... ۴۰
- ۴۰-۶-۴-۲-واکنش پلیمرشدن دی‌اسیدهای (۸a-۸e) با دی‌ال N^I, N -(پیروملیتویل)-بیس متیل استر تیروسین (۵) از طریق پلیمرشدن تراکمی به روش ویلزمایر با در نظر گرفتن شرایط بهینه شده..... ۴۰
- ۴۱-۶-۴-۲-الف-مشخصات طیفی پلی(استر-ایمید)های تهیه شده..... ۴۱
- ۴۲-۵-۲-اصلاح سطح نانوذره‌های TiO_2 با عامل اصلاح کننده $KH550$ (گاما-آمینوپروپیل-تری‌اتوکسی سیلان)..... ۴۲
- ۴۳-۵-۲-الف-مشخصات طیفی نانوذره‌های TiO_2 اصلاح شده با $KH550$ ۴۳
- ۴۳-۶-۲-تهیه‌ی بیونانو کامپوزیت‌های $PEI9b/TiO_2$ ۴۳
- ۴۳-۶-۲-الف-مشخصات طیفی بیونانو کامپوزیت (۱۰ درصد وزنی) $PEI9b/TiO_2$ ۴۳
- ۴۳-۷-۲-بررسی خواص بیولوژیکی و ارزیابی عدم سمیت ترکیب‌های تهیه شده در محیط کشت..... ۴۳
- ۴۴-۸-۲-اصلاح سطح نانوذره روی اکسید (ZnO) با واکنشگرهای اصلاح کننده..... ۴۴
- ۴۴-۱-۸-۲-اصلاح سطح ZnO با واکنشگر اصلاح کننده $KH570$ (گاما-متاکریلویلوکسی پروپیل تری متوکسی سیلان)..... ۴۴
- ۴۴-۱-۸-۲-الف-مشخصات طیفی $ZnO-KH570$ ۴۴
- ۴۴-۲-۸-۲-اصلاح سطح ZnO با واکنشگر اصلاح کننده $KH550$ ۴۴
- ۴۴-مطابق روش ذکر شده در قسمت ۲-۸-۱ عمل شد..... ۴۴
- ۴۴-۹-۲-بیونانو کامپوزیت‌های PEI/ZnO ۴۴
- ۴۴-۱-۹-۲-تهیه‌ی بیونانو کامپوزیت‌های $PEI/ZnO-KH570$ ۴۴
- ۴۴-۱-۹-۲-الف-مشخصات طیفی بیونانو کامپوزیت $PEI/ZnO-KH570$ ۴۴
- ۴۴-۲-۹-۲-تهیه‌ی بیونانو کامپوزیت‌های $PEI/ZnO-KH550$ ۴۴
- ۴۵-۲-۹-۲-ب-مشخصات طیفی بیونانو کامپوزیت $PEI/ZnO-KH550$ ۴۵

- ۲-۱۰-تهیه‌ی پلی(استر-ایمید)های (۱۴e-۱۴a) از دی‌ال N^1, N^1 - $4', 3', 4', 3'$ -بنزوفنون تتراکربوکسیلیک- $4', 3', 4', 3'$ -
دی‌ایمیدو-بیس(متیل استر تیروسین) (۱۱)..... ۴۵
- ۲-۱۰-۱-تهیه‌ی دی‌ال N^1, N^1 - $4', 3', 4', 3'$ -بنزوفنون تتراکربوکسیلیک- $4', 3', 4', 3'$ -دی‌ایمیدو-بیس(متیل استر
تیروسین) (۱۱)..... ۴۵
- ۲-۱۰-۱-الف-مشخصات طیفی دی‌ال آروماتیک ۱۱..... ۴۵
- ۲-۱۰-۲-تهیه‌ی N^1, N^1 - (پیروملیتویل)-بیس-L-والین دی‌اسید (۱۲a)..... ۴۶
- ۲-۱۰-۲-الف-مشخصات طیفی دی‌اسید (۱۲a)..... ۴۶
- ۲-۱۰-۳-تهیه‌ی N^1, N^1 - (پیروملیتویل)-بیس-L-لوسین دی‌اسید (۱۲b)..... ۴۶
- ۲-۱۰-۳-الف-مشخصات طیفی دی‌اسید (۱۲b)..... ۴۷
- ۲-۱۰-۴-تهیه‌ی N^1, N^1 - (پیروملیتویل)-بیس-L-فنیل آلانین دی‌اسید (۱۲c)..... ۴۷
- ۲-۱۰-۴-الف-مشخصات طیفی دی‌اسید (۱۲c)..... ۴۷
- ۲-۱۰-۵-تهیه‌ی N^1, N^1 - (پیروملیتویل)-بیس-L-یزولوسین دی‌اسید (۱۲d)..... ۴۷
- ۲-۱۰-۵-الف-مشخصات طیفی دی‌اسید (۱۲d)..... ۴۸
- ۲-۱۰-۶-تهیه‌ی N^1, N^1 - (پیروملیتویل)-بیس-L-آلانین دی‌اسید (۱۲e)..... ۴۸
- ۲-۱۰-۶-الف-مشخصات طیفی دی‌اسید (۱۲e)..... ۴۸
- ۲-۱۰-۷-تهیه‌ی N^1, N^1 - (پیروملیتویل)-بیس-L-والین دی‌اسید کلرید (۱۳a)..... ۴۸
- ۲-۱۰-۷-الف-مشخصات طیفی دی‌اسید کلرید (۱۳a)..... ۴۸
- ۲-۱۰-۸-تهیه‌ی N^1, N^1 - (پیروملیتویل)-بیس-L-لوسین دی‌اسید کلرید (۱۳b)..... ۴۹
- ۲-۱۰-۸-الف-مشخصات طیفی دی‌اسید کلرید (۱۳b)..... ۴۹
- ۲-۱۰-۹-تهیه‌ی N^1, N^1 - (پیروملیتویل)-بیس-L-فنیل آلانین دی‌اسید کلرید (۱۳c)..... ۴۹
- ۲-۱۰-۱۰-تهیه‌ی N^1, N^1 - (پیروملیتویل)-بیس-L-یزولوسین دی‌اسید کلرید (۱۳d)..... ۴۹
- ۲-۱۰-۱۰-الف-مشخصات طیفی دی‌اسید کلرید (۱۳d)..... ۵۰
- ۲-۱۰-۱۱-تهیه‌ی N^1, N^1 - (پیروملیتویل)-بیس-L-آلانین دی‌اسید کلرید (۱۳e)..... ۵۰
- ۲-۱۰-۱۱-الف-مشخصات طیفی دی‌اسید کلرید (۱۳e)..... ۵۰
- ۲-۱۰-۱۲-تهیه‌ی پلی(استر-ایمید)های (۱۴e-۱۴a) از دی‌ال N^1, N^1 - $4', 3', 4', 3'$ -بنزوفنون تتراکربوکسیلیک-
 $4', 3', 4', 3'$ -دی‌ایمیدو-بیس(متیل استر تیروسین) (۱۱) از طریق پلیمرشدن تراکمی با در نظر گرفتن شرایط بهینه شده ۵۰..
۲-۱۰-۱۲-مشخصات طیفی پلی(استر-ایمید)های تهیه شده..... ۵۱
- ۲-۱۱-تهیه‌ی پلی(آمید-ایمید)های مشتق شده از TMA، دی‌آمین تجاری MCDEA و دی‌آمین‌های تجاری a-17d
از طریق پلیمرشدن تراکمی مستقیم..... ۵۲
- ۲-۱۱-۱-تهیه‌ی ۴',۴-متیلن بیس(۳-کلرو-۲،۶-دی‌اتیل تری‌ملیتیل‌ایمیدو بنزن) دی‌اسید (۱۶)..... ۵۲
- ۲-۱۱-۱-الف-مشخصات طیفی دی‌اسید (۱۶)..... ۵۲
- ۲-۱۱-۲-واکنش پلیمرشدن دی‌اسید ۴',۴-متیلن بیس(۳-کلرو-۲،۶-دی‌اتیل تری‌ملیتیل‌ایمیدو بنزن) (۱۶) با
دی‌آمین‌های تجاری 17a-17d از طریق پلیمرشدن تراکمی مستقیم..... ۵۳
- ۲-۱۱-۲-الف-مشخصات طیفی پلی(آمید-ایمید)های تهیه شده (PAI)..... ۵۳

- ۵۴..... ۱۲-۲- اصلاح سطح نانوذره‌های ZrO_2 با واکنشگر اصلاح کننده ی $KH550$
- ۵۴..... ۱۲-۲- الف- مشخصات طیفی $ZrO_2-KH550$
- ۵۴..... ۱۳-۲- تهیه ی نانو کامپوزیت های $PAI/ZrO_2-KH550$
- ۵۵..... ۱۳-۲- الف- مشخصات طیفی نانو کامپوزیت تهیه شده $PEI/ZrO_2-KH550$
- ۵۶..... فصل سوم بحث و نتیجه گیری.....
- ۵۶..... ۱-۳- تهیه ی دی ال N',N - (پیروملیتویل)- بیس (متیل استر تیروسین) (۵).....
- ۵۶..... ۱-۱-۳- تهیه ی ترکیب S-متیل استر تیروسین هیدروکلرید (۲).....
- ۵۷..... ۲-۱-۳- تهیه ی ترکیب S-متیل استر تیروسین (۳).....
- ۵۸..... ۳-۱-۳- تهیه ی منومر N',N - (پیروملیتویل)- بیس (متیل استر تیروسین) (۵).....
- ۵۸..... ۲-۳- تهیه ی پلی (استر-ایمید) های (PEIs) (۹a-۹e) فعال نوری مشتق شده از TMA (۷)، L-والین، L-فنیل آلانین، L-لوسین، L-ایزولوسین، L-متیونین و دی ال آروماتیک N',N - (پیروملیتویل)- بیس (متیل استر تیروسین) (۵) از طریق پلیمر شدن تراکمی با استفاده از سیستم ویلزمایر $TsCl/Py/DMF$
- ۵۸..... ۱-۲-۳- تهیه ی N-تری ملیتیل ایمیدو- L-فنیل آلانین (۸e).....
- ۵۸..... ۲-۲-۳- واکنش پلیمر شدن دی اسیدهای (۹a-۹d) با دی ال آروماتیک N',N - (پیروملیتویل)- بیس (متیل استر تیروسین) (۵) از طریق پلیمر شدن تراکمی با استفاده از سیستم ویلزمایر.....
- ۶۲..... ۳-۲-۳- شناسایی پلی (استر-ایمید) های تهیه شده (۹a-۹e).....
- ۶۴..... ۴-۲-۳- مطالعه میزان بلورینگی پلیمرهای تهیه شده.....
- ۶۴..... ۲-۵-۳- بررسی مورفولوژی پلیمرها با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی نشر زمینه (FE-SEM).....
- ۶۴..... ۶-۲-۳- بررسی خواص حرارتی پلی (استر-ایمید) های (۹a-۹e).....
- ۶۶..... ۶-۲-۳- خواص انحلالی پلیمرها.....
- ۶۷..... ۳-۳- تهیه ی بیونانو کامپوزیت های $PEI9b/TiO_2$
- ۶۸..... ۱-۳-۳- شناسایی بیونانو کامپوزیت های $PEI9b/TiO_2$
- ۶۹..... ۲-۳-۳- بررسی پراش پرتو- ایکس بیونانو کامپوزیت های $PEI/TiO_2-KH550$
- ۷۰..... ۳-۳-۳- بررسی مورفولوژی.....
- ۷۰..... ۳-۳-۳- الف- بررسی تصویرهای FE-SEM.....
- ۷۱..... ۳-۳-۳- ب- بررسی تصویرهای TEM.....
- ۷۲..... ۴-۳-۳- بررسی خواص حرارتی بیونانو کامپوزیت های تهیه شده.....
- ۷۳..... ۴-۳-۳- بررسی خواص نوری.....
- ۷۴..... ۳-۵-۳- بررسی خواص بیولوژیکی و ارزیابی عدم سمیت در محیط کشت.....
- ۷۷..... ۴-۴-۳- اصلاح سطح نانوذره های روی اکسید (ZnO) با واکنشگرهای اصلاح کننده.....
- ۷۷..... ۱-۴-۳- اصلاح سطح ZnO با واکنشگر اصلاح کننده ی $KH550$
- ۷۸..... ۲-۴-۳- اصلاح سطح ZnO با واکنشگر اصلاح کننده $KH570$
- ۸۰..... ۳-۵-۳- بیونانو کامپوزیت های PEI/ZnO
- ۸۰..... ۱-۳-۵- تهیه ی بیونانو کامپوزیت های $PEI/ZnO-KH550$

- ۸۰.....۲-۳-۵-تهیه‌ی بیونانو کامپوزیت‌های PEI/ZnO-KH570
- ۸۰.....۳-۳-۵-شناسایی بیونانو کامپوزیت‌های PEI/ZnO
- ۸۱.....۴-۳-۵-بررسی طیف‌سنجی پراش پرتو-ایکس بیونانو کامپوزیت‌های PEI/ZnO
- ۸۲.....۳-۵-۵-بررسی تصویرهای FE-SEM بیونانو کامپوزیت‌های PEI/ZnO
- ۸۴.....۶-۳-۵-بررسی تصویرهای TEM از بیونانو کامپوزیت‌های PEI/ZnO
- ۸۵.....۶-۳-۵-بررسی خواص حرارتی بیونانو کامپوزیت‌های PEI/ZnO
- ۸۸.....۷-۳-۵-بررسی خواص نوری بیونانو کامپوزیت‌های PEI/ZnO
- ۸۸.....۶-۳-تهیه‌ی پلی(استر-ایمید)های فعال نوری جدید مشتق شده از دی‌ال (۱۱) و دی‌اسید کلریدهای مختلف
- ۳-۶-۱-تهیه‌ی N',N -۴',۳',۴',۳-بنزوفنون تتراکربوکسیلیک(۳',۴',۳',۴'-دی ایمیدو-بیس(متیل استر تیروسین))
- ۸۸..... (۱۱)
- ۹۲.....۲-۶-۳-تهیه‌ی دی‌اسیدهای N',N - (پیروملیتویل)-بیس-L-آمینو اسید (12a-12e)
- ۹۲.....۳-۶-۳-تهیه‌ی دی‌اسید کلریدهای N',N - (پیروملیتویل)-بیس-L-آمینو اسید (13a-13e)
- ۳-۶-۷-تهیه‌ی پلی(استر-ایمید)های فعال نوری جدید مشتق شده از دی‌ال (۱۱) و دی‌اسید کلریدهای مختلف (13a-13e)
- ۹۳.....
- ۹۵.....۸-۶-۳-شناسایی پلی(استر-ایمید)های (۱۴a-۱۴e)
- ۹۷.....۹-۶-۳-مطالعه میزان بلورینگی PEI14a
- ۹۸.....۱۰-۶-۳-بررسی خواص حرارتی پلی(استر-ایمید)های ۱۴b و ۱۴c
- ۹۹.....۱۱-۶-۳-بررسی تصویرهای FE-SEM از نانو ساختارهای پلیمری
- ۳-۷-۷-تهیه‌ی پلی(آمید-ایمید)های مشتق شده از TMA و دی‌آمین تجاری MCDEA (۱۵) از طریق پلیمرشدن تراکمی
- ۱۰۰.....
- ۱۰۰.....۱-۷-۳-تهیه‌ی دی‌اسید ۴',۴-متیلن بیس(۳-کلرو-۲،۶-دی‌اتیل تری‌ملیتیل‌ایمیدو بنزن) (۱۶)
- ۳-۷-۲-واکنش پلیمرشدن دی‌اسید ۴',۴-متیلن بیس(۳-کلرو-۲،۶-دی‌اتیل تری‌ملیتیل‌ایمیدو بنزن) (۱۶) با دی‌آمین‌های تجاری 17a-17d از طریق پلیمرشدن تراکمی مستقیم
- ۱۰۲.....
- ۳-۷-۳-شناسایی پلی(آمید-ایمید)ها
- ۳-۷-۴-بررسی طیف‌سنجی پراش پرتو-ایکس PAI18a
- ۳-۷-۵-۷-بررسی رفتار حلالیت پلیمر
- ۳-۷-۶-۶-بررسی رفتار حرارتی پلی(آمید-ایمید)های PAI18a و PAI18b
- ۳-۷-۷-۷-بررسی تصویرهای FE-SEM
- ۳-۸-۸-اصلاح سطح نانوذره‌های ZrO_2 با واکنشگر اصلاح‌کننده KH550
- ۳-۹-۹-تهیه‌ی نانو کامپوزیت‌های PAI/ ZrO_2 -KH550
- ۳-۹-۱-۹-شناسایی نانو کامپوزیت‌های PAI/ ZrO_2
- ۳-۹-۲-۹-مشخصه‌یابی نانو کامپوزیت‌های PAI/ ZrO_2 -KH550 با استفاده از پراش پرتو-ایکس
- ۳-۹-۳-۹-بررسی مورفولوژی نانو کامپوزیت‌های PAI/ ZrO_2 -KH550 با استفاده از تصویرهای FE-SEM
- ۳-۹-۴-۹-۴-بررسی تصویرهای TEM از نانو کامپوزیت‌های PAI/ ZrO_2 -KH550

- ۱۱۳.....PAI/ZrO₂-KH₅₅₀ ۹-۵-۳ بررسی خواص حرارتی نانو کامپوزیت های
- ۱۱۳.....PAI/ZrO₂ ۹-۶-۳ بررسی خواص نوری نانو کامپوزیت های
- ۱۱۵.....نتیجه گیری ۱۰-۳
- ۱۱۶.....آینده نگری ۱۱-۳

فهرست جدول‌ها

صفحه	جدول
۳۵.....	جدول ۱-۲: مشخصات مواد شیمیایی به کار رفته.....
۴۲.....	جدول ۲-۲: تجزیه عنصری پلی(استر-ایمید)های PEI۹a و PEI۹b.....
۴۶.....	جدول ۳-۲: تجزیه عنصری دی‌ال تهیه شده ۱۱.....
۵۲.....	جدول ۴-۲: تجزیه عنصری پلی(استر-ایمید)های ۱۴a و ۱۴b.....
۵۳.....	جدول ۵-۲: نتایج تجزیه عنصری دی‌اسید (۱۶).....
۵۴.....	جدول ۶-۲: تجزیه عنصری پلی(آمید-ایمید)های تهیه شده (PAI18b و PAI18a).....
۱۲۰.....	جدول ۱-۳: بررسی اثر زمان واکنش و نسبت مولی TsCl به دی‌اسید بر روی گرانروی ذاتی و بازده پلیمر ۹b در دمای ۱۲۰.....
۶۱.....	درجه سانتی‌گراد.....
۶۲.....	جدول ۲-۳: نتایج و خواص فیزیکی پلی(استر-ایمید)های (۹a-۹e).....
۶۶.....	جدول ۳-۳: نتایج تجزیه حرارتی پلی(استر-ایمید)های ۹a-۹e.....
۷۳.....	جدول ۴-۳: نتایج تجزیه حرارتی PEI و بیونانو کامپوزیت‌های PEI/TiO ₂ -KH550 (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درصد وزنی).....
۷۷.....	جدول ۵-۳: بررسی فعالیت میکروبی در محیط خاک از نظر تعداد کلونی‌های قارچ و باکتری، ۳ ماه پس از کشت.....
۸۶.....	جدول ۶-۳: نتایج تجزیه حرارتی بیونانو کامپوزیت‌های PEI/ZnO-KH550.....
۸۶.....	جدول ۷-۳: نتایج تجزیه حرارتی بیونانو کامپوزیت‌های PEI/ZnO-KH570.....
۹۴.....	جدول ۸-۳: بهینه‌سازی شرایط واکنش تهیه پلی(استر-ایمید) ۱۴a.....
۹۵.....	جدول ۹-۳: برخی از داده‌های فیزیکی پلی(استر-ایمید)های (۱۴a-۱۴e).....
۹۹.....	جدول ۱۰-۳: نتایج تجزیه حرارتی پلی(استر-ایمید)های ۱۴b و ۱۴c.....
۱۰۲.....	جدول ۱۱-۳: نتایج و خواص فیزیکی پلی(آمید-ایمید)های 18a-18d.....
۱۰۶.....	جدول ۱۲-۳: نتایج مربوط به بررسی حلالیت پلی(آمید-ایمید)های 18a-18d.....
۱۰۷.....	جدول ۱۳-۳: نتایج تجزیه حرارتی پلی(آمید-ایمید)های 18a و 18b.....
۱۱۴.....	جدول ۱۴-۳: نتایج تجزیه حرارتی نانو کامپوزیت‌های PAI/ZrO ₂ -KH550.....

فهرست طرح‌ها

طرح	صفحه
طرح ۱-۱: اصلاح سطح نانوذره‌ها با گروه‌های قابل پلیمر شدن.	۱۳
طرح ۲-۱: اصلاح سطح نانوذره‌ها به وسیله گروه‌های آغازگر واکنش پلیمر شدن رادیکالی.	۱۴
طرح ۳-۱: نمونه‌هایی از معرف‌های اصلاح کننده.	۱۵
طرح ۴-۱: تعدادی از روش‌های تهیهی استرها.	۲۲
طرح ۵-۱: ساختار کلی پلی‌ایمیدها.	۲۲
طرح ۶-۱: نمونه‌هایی از پلیمرهای فعال نوری مشتق شده از آمینو اسیدها.	30
طرح ۱-۳: مراحل تهیهی منومر N',N' -پیروملیتویل) بیس(متیل استر تیروسین) (۵).	۵۷
طرح ۲-۳: تهیهی دی‌اسیدهای (۸a-۸e).	۵۹
طرح ۳-۳: پلیمر شدن تراکمی مستقیم در حضور TsCl/Py/DMF.	۶۰
طرح ۴-۳: واکنش دی‌ال (۵) و دی‌اسیدهای (۹a-۹e) به روش تراکمی مستقیم.	۶۱
طرح ۵-۳: تهیهی بیونانو کامپوزیت PEI/TiO ₂ -KH550.	۶۸
طرح ۶-۳: اصلاح سطح نانوذره‌های روی اکسید با واکنشگر اصلاح کننده KH550.	۷۸
طرح ۷-۳: اصلاح نانوذره‌های روی اکسید با واکنشگر اصلاح کننده KH570.	۷۹
طرح ۸-۳: تهیهی بیونانو کامپوزیت PEI/ZnO-KH550.	۸۰
طرح ۹-۳: مراحل تهیهی منومر N',N' -۴',۳',۴'-بنزوفنون تتراکربوکسیلیک(۳-۴',۳',۴'-دی‌ایمیدو-بیس(متیل استر تیروسین) (۱۱).	۸۹
طرح ۱۰-۳: تهیهی دی‌اسیدهای فعال نوری مشتق شده از آمینو اسیدها.	۹۲
طرح ۱۱-۳: فرایند تهیهی دی‌اسید کلریدهای فعال نوری (13a-13e).	۹۳
طرح ۱۲-۳: واکنش دی‌ال (۱۱) و دی‌اسید کلریدهای (۱۳a-۱۳e) و تشکیل پلی(استر-ایمید)های فعال نوری (۱۴a-۱۴e).	۹۴
طرح ۱۳-۳: مراحل تهیهی دی‌اسید (۱۶).	۱۰۰
طرح ۱۴-۳: واکنش دی‌آمین (17a-17d) و دی‌اسید (۱۶) به روش تراکمی.	۱۰۳
طرح ۱۵-۳: تهیهی نانو کامپوزیت PAI/ZrO ₂ -KH550.	۱۱۰

فهرست شکل‌ها

شکل	صفحه
شکل ۱-۱: ساختار سلول واحد بلورهای روتیل و آناتاز در TiO_2	۸
شکل ۲-۱: انواع ساختارهای ZnO	۱۰
شکل ۱-۲: میکروسکوپ نوری دیجیتال حرفه‌ای.....	۳۳
شکل ۲-۲: دستگاه پخش کننده فراصوت.....	۳۴
شکل ۱-۳: طیف FT-IR ترکیب N^+ ، N^- (پیروملیتویل) - بیس (متیل استر تیروسین) (۵) (قرص KBr).....	۵۸
شکل ۲-۳: طیف FT-IR مربوط به PEI 9b (قرص KBr).....	۶۲
شکل ۳-۳: طیف $^1\text{H-NMR}$ (۵۰۰ MHz) مربوط به PEI 9b (در حلال $\text{DMSO}-d_6$).....	۶۳
شکل ۴-۳: طیف $^1\text{H-NMR}$ (۵۰۰ MHz) مربوط به PEI 9c (در حلال $\text{DMSO}-d_6$).....	۶۳
شکل ۵-۳: الگوی پراش XRD مربوط به PEI 9b و PEI 9c.....	۶۴
شکل ۶-۳: تصویرهای FE-SEM پلی (استر-ایمید)های 9a-9e.....	۶۵
شکل ۷-۳: نمودار TGA پلی (استر-ایمید)های 9a-9e (با سرعت حرارت‌دهی $10^\circ\text{C}/\text{min}$).....	۶۷
شکل ۸-۳: طیف‌های FT-IR نانوذره‌های TiO_2 (a)، KH550 (b)، نانوذره‌های TiO_2 اصلاح شده با KH550 (c)، پلیمر خالص PEI 9b (d)، بیونانو کامپوزیت (۱۰٪) $\text{PEI}9\text{b}/\text{TiO}_2$ (e) (قرص KBr).....	۶۹
شکل ۹-۳: الگوی پراش XRD (a) PEI خالص، (b) نانوذره‌های TiO_2 ، (c) بیونانو کامپوزیت (۵٪) KH550- PEI/TiO_2 ، (d) بیونانو کامپوزیت (۱۰٪) PEI/TiO_2 -KH550.....	۷۰
شکل ۱۰-۳: تصویرهای FE-SEM مربوط به بیونانو کامپوزیت PEI/TiO_2 -KH550 (۱۰ درصد وزنی).....	۷۱
شکل ۱۱-۳: تصویرهای میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) مربوط به بیونانو کامپوزیت PEI/TiO_2 -KH550 (۱۰ درصد وزنی).....	۷۱
شکل ۱۲-۳: طیف‌های TGA بیونانو کامپوزیت‌های PEI/TiO_2 -KH550 (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درصد وزنی) (با سرعت حرارت‌دهی $10^\circ\text{C}/\text{min}$).....	۷۲
شکل ۱۳-۳: طیف‌های UV/Vis جذبی مربوط به PEI خالص و بیونانو کامپوزیت‌های PEI/TiO_2 -KH550 (قرص جامد).....	۷۴
شکل ۱۴-۳: مقایسه رشد کلونی‌های قارچ موجود در عصاره خاک حاوی دی‌اسید 8a (a)، PEI 9a (a')، دی‌اسید 8b (b)، PEI 9b (b') و بیونانو کامپوزیت PEI/TiO_2 -KH550 (۱۰ درصد وزنی) (e) در مقایسه با خاک حاوی BPA (c) و خاک شاهد (d).....	۷۵
شکل ۱۵-۳: مقایسه رشد کلونی‌های باکتری موجود در عصاره خاک حاوی دی‌اسید 8a (a)، PEI 9a (a')، دی‌اسید 8b (b)، PEI 9b (b') و بیونانو کامپوزیت PEI/TiO_2 -KH550 (۱۰ درصد وزنی) (e) در مقایسه با خاک حاوی BPA (c) و خاک شاهد (d).....	۷۶
شکل ۱۶-۳: طیف‌های FT-IR از KH550 (a)، نانوذره‌های ZnO (b) و نانوذره‌های ZnO اصلاح شده با KH550 (c) (قرص KBr).....	۷۸
شکل ۱۷-۳: طیف‌های FT-IR از نانوذره‌های ZnO (a)، KH570 (b)، ZnO (c) نانوذره‌های ZnO اصلاح شده با KH570 (قرص KBr).....	۷۹

- شکل ۳-۱۸: طیف‌های FT-IR بیونانو کامپوزیت‌های PEI با درصدهای مختلف ZnO-KH550 (قرص KBr)..... ۸۱
- شکل ۳-۱۹: الگوی پراش XRD (a) PEI خالص، (b) نانوذره‌های روی اکسید، (c) بیونانو کامپوزیت PEI/ZnO-KH550 (%۱۲) (d) و PEI/ZnO-KH550 (%۱۲)..... ۸۲
- شکل ۳-۲۰: الگوی پراش XRD (a) نانوذره‌های روی اکسید، (b) PEI خالص، (c) PEI/ZnO-KH570 (%۱۸) و (d) PEI/ZnO-KH570 (%۱۲)..... ۸۳
- شکل ۳-۲۱: تصاویرهای FE-SEM مربوط به PEI/ZnO-KH550 (۸ درصد وزنی) (a و b) و PEI/ZnO-KH550 (۱۲ درصد وزنی)..... ۸۳
- شکل ۳-۲۲: تصاویرهای FE-SEM مربوط به PEI/ZnO-KH570 (۸ درصد وزنی) (a و b) و PEI/ZnO-KH570 (۱۲ درصد وزنی)..... ۸۴
- شکل ۳-۲۳: تصاویرهای TEM مربوط به PEI/ZnO-KH550 (۱۲ درصد وزنی)..... ۸۵
- شکل ۳-۲۴: تصاویرهای TEM مربوط به PEI/ZnO-KH570 (۱۲ درصد وزنی)..... ۸۵
- شکل ۳-۲۵: منحنی‌های TGA بیونانو کامپوزیت‌های PEI/ZnO-KH550 با درصدهای مختلف نانوذره‌ها (با سرعت حرارت‌دهی ۲۰°C/min)..... ۸۷
- شکل ۳-۲۶: منحنی‌های TGA بیونانو کامپوزیت‌های PEI/ZnO-KH570 با درصدهای مختلف نانوذره‌ها (با سرعت حرارت‌دهی ۲۰°C/min)..... ۸۷
- شکل ۳-۲۷: طیف UV-Vis پلیمر، نانوذره‌های اصلاح شده و بیونانو کامپوزیت‌های PEI/ZnO-KH550 (قرص جامد)..... ۸۸
- شکل ۳-۲۸: طیف FT-IR ترکیب N,N' -۴،۴،۴،۳-بنزوفنون تتراکربوکسیلیک-۴،۳،۴،۳-دی ایمیدو-بیس (متیل استر تیروسین) (۱۱) (قرص KBr)..... ۹۱
- شکل ۳-۲۹: طیف $^1\text{H-NMR}$ ترکیب N,N' -۴،۴،۴،۳-بنزوفنون تتراکربوکسیلیک-۴،۳،۴،۳-دی ایمیدو-بیس (متیل استر تیروسین) (۱۱) (در حلال $\text{DMSO-}d_6$)..... ۹۱
- شکل ۳-۳۰: طیف $^{13}\text{C-NMR}$ ترکیب N,N' -۴،۴،۴،۳-بنزوفنون تتراکربوکسیلیک-۴،۳،۴،۳-دی ایمیدو-بیس (متیل استر تیروسین) (۱۱) (در حلال $\text{DMSO-}d_6$)..... ۹۱
- شکل ۳-۳۱: طیف FT-IR مربوط به پلی (استر-ایمید)‌های ۱۴a و ۱۴b (قرص KBr)..... ۹۶
- شکل ۳-۳۲: طیف $^1\text{H-NMR}$ (۴۰۰ MHz) مربوط به PEI ۱۴a (در حلال $\text{DMSO-}d_6$)..... ۹۶
- شکل ۳-۳۳: طیف $^1\text{H-NMR}$ (۴۰۰ MHz) مربوط به PEI ۱۴b (در حلال $\text{DMSO-}d_6$)..... ۹۷
- شکل ۳-۳۴: الگوی پراش XRD برای PEI 14a..... ۹۷
- شکل ۳-۳۵: منحنی‌های TGA پلی (استر-ایمید)‌های ۱۴b و ۱۴c (با سرعت حرارت‌دهی ۲۰°C/min)..... ۹۸
- شکل ۳-۳۶: تصاویرهای میکروسکوپ الکترونی روبشی نشر زمینه (FE-SEM) ترکیب ۱۴a (a و b)، ۱۴b (c و d) و ۱۴c (e و f)..... ۹۹
- شکل ۳-۳۷: طیف FT-IR (KBr)، دی‌اسید (۱۶) (قرص KBr)..... ۱۰۱
- شکل ۳-۳۸: طیف $^1\text{H-NMR}$ (۴۰۰ MHz) دی‌اسید (۱۶) (در حلال $\text{DMSO-}d_6$)..... ۱۰۱
- شکل ۳-۳۹: طیف FT-IR (KBr) مربوط به PAI 18a (قرص KBr)..... ۱۰۴
- شکل ۳-۴۰: طیف $^1\text{H-NMR}$ (۴۰۰ MHz) مربوط به PAI 18a (در حلال $\text{DMSO-}d_6$)..... ۱۰۴

- شکل ۳-۴۱: طیف $^1\text{H-NMR}$ (۴۰۰ MHz) مربوط به PAI18b (در حلال $\text{DMSO-}d_6$) ۱۰۵
- شکل ۳-۴۲: الگوی پراش پرتو-ایکس PAI18a ۱۰۵
- شکل ۳-۴۳: منحنی TGA مربوط به پلی(آمید-ایمید)های 18a و 18b (با سرعت حرارت دهی $20^\circ\text{C}/\text{min}$) ۱۰۷
- شکل ۳-۴۴: تصاویرهای میکروسکوپ الکترونی روبشی نشر زمینه (FE-SEM) پلیمر 18a (a و b)، 18b (c و d) و 18c (e و f) ۱۰۸
- شکل ۳-۴۵: طیف‌های FT-IR از (a) KH550، (b) ZrO_2 ، (c) نانوذره‌های اصلاح شده با KH550 (قرص KBr) ۱۰۹
- شکل ۳-۴۶: طیف‌های FT-IR (a) PAI خالص، (b) نانوکامپوزیت (۴٪) PAI/ ZrO_2 -KH550، (c) نانوکامپوزیت (۸٪) PAI/ ZrO_2 -KH550، (d) نانوکامپوزیت (۱۲٪) PAI/ ZrO_2 -KH550 (قرص KBr) ۱۱۰
- شکل ۳-۴۷: الگوی پراش XRD (a) PAI خالص، (b) نانوذره‌های ZrO_2 ، (c) نانوکامپوزیت (۸٪) PAI/ ZrO_2 -KH550 ۱۱۱
- شکل ۳-۴۸: تصاویرهای FE-SEM مربوط به PAI (a و b)، نانوکامپوزیت‌های ۴ درصد وزنی (c و d)، ۸ درصد وزنی (e و f) و ۱۲ درصد وزنی (g و h) از PAI/ ZrO_2 -KH550 ۱۱۲
- شکل ۳-۴۹: تصاویرهای TEM مربوط به PAI/ ZrO_2 -KH550 (۸ درصد وزنی) ۱۱۳
- شکل ۳-۵۰: منحنی‌های TGA نانوکامپوزیت‌های PAI/ ZrO_2 -KH550 با درصدهای مختلف نانوذره‌ها (با سرعت حرارت دهی $20^\circ\text{C}/\text{min}$) ۱۱۴
- شکل ۳-۵۱: طیف UV-Vis پلیمر و نانوکامپوزیت‌های PAI/ ZrO_2 -KH550 (قرص جامد) ۱۱۵

چکیده

در این پروژه تحقیقاتی، ابتدا یک سری پلی(استر-ایمید)های فعال نوری مشتق شده از دی ال N',N - (پیروملیتویل)-بیس(متیل استر تیروسین) از طریق پلیمر شدن تراکمی با استفاده از سیستم ویلزمایر و دی‌اسیدهای مختلف تهیه شدند. اثر برخی از متغیرهای واکنش بر ویژگی‌های فیزیکی پلیمرهای تهیه شده مورد مطالعه قرار گرفت. پلیمرهای به دست آمده بازده و پایداری حرارتی بسیار خوبی را نشان می‌دهند و گرانشی ذاتی آنها در محدوده $0.42-0.35$ dL/g می‌باشد. این پلیمرها، دارای حلالیت بسیار خوبی در حلال‌های آلی قطبی بدون پروتون هستند. پلیمرهای تهیه شده با روش‌های شناسایی مانند چرخش ویژه، FT-IR، ^1H-NMR ، تجزیه‌ی عنصری، XRD، TGA و FE-SEM بررسی شدند. به دلیل وجود آمینواسید در ساختار منومر و پلیمرهای تهیه شده، انتظار می‌رود این مواد زیست‌تخریب‌پذیر باشند. بنابراین، در بخش دیگر پروژه، خواص بیولوژیکی و زیست‌تخریب‌پذیری پلیمرهای تهیه شده مورد بررسی قرار گرفت. در بخش بعد، به منظور بهبود بخشیدن به پراکندگی نانوذره‌ها در زمینه‌ی پلیمری، سطح نانوذره‌های TiO_2 و ZnO با عامل‌های اصلاح‌کننده‌ی سیلان‌دار اصلاح شده و با یکی از پلیمرهای تهیه شده که خواص بیولوژیکی آن مورد بررسی قرار گرفت، واکنش داده شد. بیونانو کامپوزیت‌های جدید با اضافه کردن درصد‌های مختلف نانوذره‌ها به زمینه‌ی پلیمری با استفاده از امواج فراصوت به عنوان یک روش ساده و ارزان تهیه گردیدند. بیونانو کامپوزیت‌های تهیه شده با روش‌های XRD، FE-SEM، TEM، UV/Vis و TGA مورد بررسی و مطالعه قرار گرفتند. نتایج FE-SEM و TEM حاکی از آن هستند که ذره‌ها به‌طور یکنواخت و در اندازه نانومتری در زمینه‌ی پلیمری پراکنده شده‌اند. بررسی پایداری حرارتی بیونانو کامپوزیت‌های تهیه شده به کمک تجزیه‌ی TGA، بهبود خواص حرارتی پلیمر را تایید کرد. در قسمت بعد، یک سری پلی(استر-ایمید)های فعال نوری جدید طی پلیمر شدن تراکمی منومر جدید N',N - (۳،۳'،۴،۴'-بنزوفنون تتراکربوکسیلیک) - (۳،۳'،۴،۴'-دی‌ایمیدو-بیس(متیل استر تیروسین) و دی‌اسید کلریدهای مختلف تهیه شدند. در این راستا، تأثیر عوامل مختلف مانند دما و زمان روی واکنش پلیمر شدن بررسی گردید و بهترین شرایط مورد استفاده قرار گرفت. پلیمرهای تهیه شده دارای بازده و گرانشی خوبی بودند و علاوه بر این، این پلیمرها به دلیل داشتن گروه‌های انعطاف‌پذیر در ساختار خود، حلالیت خوبی در حلال‌های آلی دارند و به علت حضور حلقه‌های آروماتیک، مقاومت حرارتی بالایی از خود نشان می‌دهند. در قسمت آخر، یک سری پلی(آمید-ایمید)های جدیدی تهیه شد که برای تهیه آنها، ابتدا دی‌اسید جدید ۴،۴'-متیلن بیس(۳-کلرو-۶،۲-دی‌اتیل تری‌ملیتیل‌ایمیدوبنزن) تهیه گردید. با استفاده از پلی(آمید-ایمید) حاوی دی‌اسید تهیه شده و دی‌آمین تجاری ۴،۴'-متیلن بیس(۳-کلرو-۶،۲-دی‌اتیل‌آنیلین) و با اضافه کردن درصد‌های مختلف از نانوذره‌های ZrO_2 اصلاح شده با عامل اصلاح‌کننده‌ی سیلان‌دار به زمینه‌ی پلیمری، نانو کامپوزیت‌های جدیدی تهیه شدند. نانو کامپوزیت‌های تهیه شده با استفاده از روش‌های مختلفی مانند FT-IR، XRD، FE-SEM، TEM، UV/Vis و TGA بررسی شدند.

کلمات کلیدی:

پلیمرهای فعال نوری، آمینواسید، پلی(استر-ایمید)، پلی(آمید-ایمید)، زیست‌تخریب‌پذیری، بیونانو کامپوزیت

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه‌ای بر نانوفناوری^۱

نانوفناوری شامل فرایند تولید، شناسایی و کاربرد مواد در ابعاد ۱۰۰-۱ نانومتر، در ابزارها و سیستم‌ها است [۱]. این مواد به دلیل اندازه کوچک که نسبت سطح به حجم بیشتری در مقایسه با همتای خود در اندازه میکرون دارند، می‌توانند خصوصیت‌های برجسته‌ای در زمینه‌های الکترونیکی، نوری، کاتالیتیکی و ... داشته باشند [۲]. به‌طور کلی دو روش برای تهیه نانو مواد در حوزه نانوفناوری استفاده می‌شود که شامل مسیر تهیه بالا به پایین^۲ و مسیر تهیه پایین به بالا^۳ می‌باشد. در مسیر تولید از بالا به پایین، نانو ساختارها به وسیله کاهش اندازه مواد از اندازه‌های بزرگتر به اندازه‌های کوچکتر با استفاده از فرایندهای گوناگون شامل خرد کردن، آسیاب کردن و ... تولید می‌شوند. امروزه از مسیر تهیه بالا به پایین برای تولید نانوذره‌ها^۴ در مقیاس صنعتی کمک گرفته می‌شود. در مسیر پایین به بالا، از انباشتگی اتم‌ها و مولکول‌ها بر اساس برهم‌کنش‌های نیروی دافعه و جاذبه بین زوج مولکول‌های سازنده مواد، نانوذره‌هایی در اندازه‌های مورد نظر تهیه خواهند شد. با توجه به اینکه مقیاس مواد نانو در مقایسه با مواد شیمیایی صنعتی چندین مرتبه کوچکتر است، آلودگی حاصل از مصرف آنها مشکل ساز نیست ولی با این حال قابل چشم‌پوشی نیز نمی‌باشد. نگرانی‌های عمده در رابطه با استفاده از مواد نانومقیاس مربوط به اثرهای ناشناخته‌ی آنها بر سلامتی انسان است که ممکن است به علت خواص وابسته به اندازه باشد [۳].

¹ Nanotechnology

² Top-down

³ Bottom-up

⁴ Nanoparticles

۲-۱- کاربرد مواد نانو ساختار

با نانوفناوری می‌توان موادی هوشمند، با وزن کم، مقاومت بالا در برابر حرارت، سایش و فشار کششی تهیه کرد. تهیه قطعه‌های ساختاری در ابعاد نانو با ترکیب دقیق و چیدن آنها در ساختارهای بزرگتر که خواص بیولوژیکی، الکترونیکی، مکانیکی و حرارتی ویژه‌ای دارند، امکان‌پذیر است. این مواد راه‌های جدیدی برای ساخت محصول‌های شیمیایی و دارویی باز کرده‌اند [۴].

۱-۲-۱- صنعت نساجی

دستاوردهای فناوری در اندازه نانو، دریچه‌ای امید بخش جدیدی را در صنعت نساجی باز نموده‌است. امروزه ساخت کامپوزیت‌های تقویت‌شده به وسیله نانوالیاف پیشرفت چشمگیری کرده است. خواصی مانند شکل، سطح مقطع الیاف یا پر و خالی بودن آنها در خواص نهایی و کاربرد الیاف تاثیر گذار می‌باشند. فناوری نانو می‌تواند منسوجات را هوشمند نماید و به آنها کارایی‌های ویژه‌ای بدهد. با توجه به ارتباط محصول‌های فناوری نانو با خواص نوری، گرمایی، انعطاف‌پذیری و ... منسوجات زیادی می‌توانند از فناوری نانو بهره‌گیرند. یکی از مهمترین کاربردهای فناوری نانو در صنعت نساجی، تولید لباس‌های پنبه‌ای لکه‌گریز است. این لباس‌های ضد لکه خاصیت خودتمیزشوندگی دارند. در واقع در این لباس‌ها خواص آب‌گریزی تشدید شده است و اساس کار آنها تغییر در کشش سطحی است [۵].

۱-۲-۲- صنایع تصفیه و جذب فلزهای سنگین از پساب‌ها

حضور مقادیر زیادی از فلزهای سمی مانند جیوه، سرب، کادمیم، روی و فلزهای دیگر در محیط زیست، خطرهای جدی برای سلامتی انسان به همراه دارد و این خطرها جوامع علمی را تحت فشار قرار می‌دهند تا روش‌های اقتصادی و موثر جدیدی برای شناسایی و حذف آلاینده‌های سمی ارائه کنند.

در نتیجه‌ی تحقیق‌های انجام شده در زمینه تصفیه پساب‌ها، نانو ساختارهایی توسعه یافته‌اند که ویژگی‌های مورد نیاز برای این کاربردها را دارا می‌باشند. این مواد جدید با دارا بودن مساحت سطحی بالا و حفره‌های معمول، پس از یک فرایند عامل‌دار کردن که نتیجه آن اتصال لیگاندهای^۱ آلی مختلف به سطح آنها می‌باشد، این قابلیت را پیدا می‌کنند تا فلزهای سنگین را از پساب‌ها استخراج کنند. همچنین این قابلیت موجب می‌شود که این مواد به حسگرهای^۲ حساس برای تشخیص فلزهای سنگین تبدیل شوند. طراحی نانو ساختارهای عامل‌دار بر مبنای الگوبرداری از واکنش‌هایی است که فلزهای سنگین با برخی مولکول‌های زیستی در سلول زنده دارند. با بررسی این واکنش‌ها بهترین گروه عاملی که به این فلزها متصل می‌شوند، شناسایی می‌شوند و در نتیجه می‌توان این گروه‌های عاملی را به نانو ساختارها متصل نمود. به عنوان مثال، دانشمندان دریافته‌اند که فلزهای سنگین به‌طور عمده با گروه‌های عاملی حاوی اکسیژن، نیتروژن، و گوگرد پیوند برقرار می‌کنند. نانولوله‌های کربنی^۳ می‌توانند به‌طور انتخابی برخی از مواد را

¹ Organic ligands

² Sensors

³ Carbon nanotubes