

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه اصفهان

دانشکده علوم

گروه شیمی

پایان نامه ی کارشناسی ارشد رشته ی شیمی گرایش کاربردی

سنتز و شناسایی یکسری از پلی آمیدها و کوبلی آمیدهای مقاوم حرارتی جدید با

گروه های جانبی بی پیریدین

استاد راهنما:

دکتر غلامعلی کوهمره

پژوهشگر:

زینب سوری

بهمن ماه ۱۳۸۸

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات،  
ابتکارات و نوآوری های ناشی از تحقیق  
موضوع این پایان نامه متعلق به دانشگاه  
اصفهان است .



دانشگاه اصفهان

دانشکده علوم

گروه شیمی

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی شیمی گرایش کاربردی خانم

زینب سوری

تحت عنوان

سنتز و شناسایی یکسری از پلی آمیدها و کوبلی آمیدهای مقاوم حرارتی جدید با

گروه‌های جانبی بی‌پیریدین

به تصویب نهایی رسید.

در تاریخ ۸۸/۱۱/۱۷ توسط هیات داوران زیر بررسی و با درجه عالی

امضا

۱- استاد راهنمای پایان نامه دکتر غلامعلی کوهمره با مرتبه علمی استادیار

امضا

۲- استاد داور داخل گروه دکتر فاطمه رفیع منزلت با مرتبه علمی استادیار

امضا

۳- استاد داور خارج گروه دکتر امیر عبدالملکی با مرتبه علمی استادیار

امضای مدیر گروه

«سایش آن مهربان ترین را که چون بخواند راه را برای رسیدن به آنچه می خواهی به

خوبی، هموار می نماید»

خدایا تو را سپاس که مرا آفریدی و قدرت مفلکرم بخشیدی.

تو را سپاس که مرا علم آموختی و خاندانم را به نور ایمان روشن فرمودی.

ای خدای مهربان من با تکیه بر تو و به امید یاری تو و در راه رضای تو پاد مسیر آموختن نهادم و بایاد و

نام تو آغاز کردم تا در لحظه لحظه آموختنم در کنارم باشی و یاری ام کنی.

پاسگذار وجود همه کسانی، هستم که همواره همراه و مشوق من در زندگی و تحصیل بوده اند.

زینب سوری

بهمین ماه هزار و سیصد و هشتاد و هشت

این پایان نامه را اگر منقرضی باشد تقدیم می کنم به:

اسوه صبر و استقامت،

بزرگ بانومی دشت کربلا:

زینب کبری (س)

تقدیم به این و آن،

این که با اولین فریادم در اوج درد آرام گرفت و بجنزد،

خواب را فراموش کرده نظاره خوابم،

و دست گرفت و پایه یابد.

تا این لحظه..... “مادرم”

و آن که در اولین دیدار، بجنذر برایم معنی نمود

و واژه جان را بانان جا به جا نمود

و از جان جای نان مایه گذاشت

و در نهایت اندوه تبسم ارزانیم داشت.

تا این هنگام..... “پدرم”

تقدیم به:

خواهر و برادران عزیزم که بیشتر از جان دوستشان دارم و

قلم لبریز از عشق به آنهاست.



تقدیم بہ:

استاد کرامت قدرم، جناب آقای دکتر کوہمہرہ کہ علاوہ بر علم با

نش والای انسانی خویش بہ من درس زندگی آموخت۔

## چکیده

پلی‌آمیدهای آروماتیک (آرامید) پلیمرهایی با مقاومت حرارتی بالا هستند که بطور کلی خواص مکانیکی و گرمایی عالی دارند و در برابر اکسیداسیون حرارتی مقاوم هستند. پلیمرهای مقاوم حرارتی در دهه اخیر بخاطر افزایش تقاضا برای پلیمرهای با کاربرد دمای بالا خیلی مورد توجه قرار گرفته اند و به عنوان جایگزینی برای فلزات و یا سرامیک‌ها در صنایع خودرو سازی، وسایل فضا پیما و صنایع الکترونیکی بکار می‌روند. به همین دلیل در این کار تحقیقاتی یک سری پلی‌آمیدها (PA)s و کوپلی‌آمیدهای (CPA)s مقاوم حرارتی جدید دارای گروه جانبی حجیم و هتروسیکل بی‌پیریدین سنتز شده و برخی از خواص فیزیکی آنها بررسی گردید. ابتدا با شروع از ۴-نیترو بنزآلدئید و ۴-نیترواستوفنون، دی‌آمین جدید طی سه مرحله سنتز شد. ساختار این دی‌آمین نیز توسط روشهای طیف‌سنجی IR،  $^1\text{H-NMR}$  و  $^{13}\text{C-NMR}$  تأیید شد. سپس پلی‌آمیدها و کوپلی‌آمیدهای جدید بر پایه‌ی این مونومر با دی‌اسیدهای آروماتیک و به روش تراکمی مستقیم (با استفاده از روش رفلاکس ملایم و همچنین با استفاده از تابش امواج ریز موج) سنتز گردیدند. کلیه پلیمرهای سنتز شده با روش‌های اسپکتروسکوپی IR و  $^1\text{H-NMR}$  شناسایی شده و خواص فیزیکی آنها مانند حالیت و ویسکوزیته مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آنالیز حرارتی بر روی این پلیمرها نشان داد که این پلیمرها از پایداری حرارتی خوبی برخوردار بوده و به علت حضور گروه حجیم و هتروسیکل بی‌پیریدین در زنجیره‌ی پلیمری از حالیت خوبی نیز برخوردار می‌باشند. مطالعات XRD بر روی این پلیمرها درجه‌ی مقبولی از حالت بلوری را نشان داد.

**کلید واژه‌ها:** بی‌پیریدین، گروه جانبی، سنتز و شناسایی، مقاومت حرارتی، پلی‌آمید

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	فصل اول: مقدمه
۱- کلیات.....	۱- کلیات.....
۱-۱- تعریف و طبقه‌بندی پلیمرها.....	۱-۱- تعریف و طبقه‌بندی پلیمرها.....
۲-۱- دماهای تبدیل.....	۲-۱- دماهای تبدیل.....
۱-۲-۱- مقدمه.....	۱-۲-۱- مقدمه.....
۲-۲-۱- انواع دماهای تبدیل.....	۲-۲-۱- انواع دماهای تبدیل.....
۳-۲-۱- عوامل مؤثر بر دمای انتقال شیشه‌ای ( $T_g$ ).....	۳-۲-۱- عوامل مؤثر بر دمای انتقال شیشه‌ای ( $T_g$ ).....
۴-۲-۱- عوامل مؤثر بر دمای ذوب ( $T_m$ ).....	۴-۲-۱- عوامل مؤثر بر دمای ذوب ( $T_m$ ).....
۳-۱- آنالیز حرارتی.....	۳-۱- آنالیز حرارتی.....
۱-۳-۱- مقدمه.....	۱-۳-۱- مقدمه.....
۲-۳-۱- گرما سنجی روبشی تفاضلی (DSC).....	۲-۳-۱- گرما سنجی روبشی تفاضلی (DSC).....
۱-۲-۳-۱- کاربرد دستگاه DSC.....	۱-۲-۳-۱- کاربرد دستگاه DSC.....
۳-۳-۱- آنالیز گرما وزن سنجی (TGA).....	۳-۳-۱- آنالیز گرما وزن سنجی (TGA).....
۴-۳-۱- تجزیه دینامیکی مکانیکی (DMTA).....	۴-۳-۱- تجزیه دینامیکی مکانیکی (DMTA).....
۴-۱- حلالیت در پلیمرها.....	۴-۱- حلالیت در پلیمرها.....
۵-۱- خشک کردن پلیمرها.....	۵-۱- خشک کردن پلیمرها.....
۶-۱- تابش ریز موج.....	۶-۱- تابش ریز موج.....
۱-۶-۱- سنتز و فراورش پلیمرها تحت تابش ریز موج.....	۱-۶-۱- سنتز و فراورش پلیمرها تحت تابش ریز موج.....
۷-۱- مقاومت حرارتی در پلیمرها.....	۷-۱- مقاومت حرارتی در پلیمرها.....
۱-۷-۱- مقدمه.....	۱-۷-۱- مقدمه.....
۲-۷-۱- روش‌های بهبود مقاومت حرارتی پلیمرها.....	۲-۷-۱- روش‌های بهبود مقاومت حرارتی پلیمرها.....
۳-۷-۱- دسته‌بندی پلیمرهای مقاوم حرارتی.....	۳-۷-۱- دسته‌بندی پلیمرهای مقاوم حرارتی.....
۸-۱- پلی‌آمیدها.....	۸-۱- پلی‌آمیدها.....
۱-۸-۱- تاریخچه.....	۱-۸-۱- تاریخچه.....
۲-۸-۱- خواص و کاربرد فیزیکی پلی‌آمیدها.....	۲-۸-۱- خواص و کاربرد فیزیکی پلی‌آمیدها.....
۳-۸-۱- روش‌های سنتز پلی‌آمیدها.....	۳-۸-۱- روش‌های سنتز پلی‌آمیدها.....
۱-۳-۸-۱- آمیدی کردن مستقیم.....	۱-۳-۸-۱- آمیدی کردن مستقیم.....

۲۹	۱-۸-۳-۲- واکنش اسید کلرایدها با آمین‌ها
۳۲	۱-۸-۳-۳- آمیدی کردن از طریق واکنش تراکمی مستقیم در حضور معرف‌های متراکم کننده
۳۷	۱-۸-۳-۴- پلیمر شدن حلقه گشایی
۳۸	۱-۸-۴- بهبود خواص پلی‌آمیدها
۴۰	۱-۸-۵- اثر ساختار بر روی خواص حرارتی پلی‌آمیدها
۴۲	۱-۹- اهداف

### فصل دوم: بخش تجربی

۴۳	۲-۱- دستگاه‌های شناسایی
۴۴	۲-۱-۱- طیف مادون قرمز ( IR, FT-IR )
۴۴	۲-۱-۲- طیف جرمی نمونه‌ها ( MASS )
۴۴	۲-۱-۳- آنالیز عنصری ( CHNS )
۴۴	۲-۱-۴- طیف‌های رزونانس مغناطیسی هسته‌ای ( NMR )
۴۴	۲-۱-۵- تجزیه حرارتی وزن سنجی ( TGA )
۴۴	۲-۱-۶- آنالیز گرما سنجی روبشی دیفرانسیلی ( DSC )
۴۴	۲-۱-۷- گرانروی درونی ( Viscosity )
۴۴	۲-۱-۸- نقطه ذوب ( m.p )
۴۵	۲-۱-۹- پراش اشعه‌ی ایکس ( XRD )
۴۵	۲-۱-۱۰- طیف ماوراء بنفش- مرئی ( UV-Vis )
۴۵	۲-۱-۱۱- اجاق ریز موج ( MW )
۴۵	۲-۲- تهیه و آماده سازی مواد شیمیایی
۴۶	۲-۳- سنتز مونومر (۶،۴- بیس (۴- آمینو فنیل)-۲،۲- بی‌پیریدین (۴))
۴۶	۲-۳-۱- سنتز ترکیب ۴،۴- دی‌نیترو بنزال استو فنون (۱)
۴۶	۲-۳-۲- سنتز ترکیب ۱- (۲- اکسو-۲- (پیریدین-۲- ایل) اتیل)- پیریدینیم یداید (نمک کرومک) (۲)
۴۷	۲-۳-۳- سنتز ترکیب ۶،۴- بیس (۴- نیترو فنیل)-۲،۲- بی‌پیریدین (۳)
۴۷	۲-۳-۳-۲- سنتز با استفاده از نمک کرومک
۴۸	۲-۳-۴- سنتز ترکیب مونومر ۶،۴- بیس (۴- آمینو فنیل)-۲،۲- بی‌پیریدین (۴)

۴-۲- سنتز پلیمرها.....	۵۰
۱-۴-۲- سنتز پلی آمیدها به روش تراکمی مستقیم.....	۵۰
۱-۴-۲-۱- پلی آمید حاصل از واکنش دی آمین سنتزی (۴) و ترکیب پیریدین -۶،۲- دی کربوکسیلیک اسید (PA <sub>1</sub> ).....	۵۰
۲-۴-۲-۱- پلی آمید حاصل از واکنش دی آمین سنتزی (۴) و ترکیب پیریدین -۵،۲- دی کربوکسیلیک اسید (PA <sub>2</sub> ).....	۵۱
۳-۴-۲-۱- پلی آمید حاصل از واکنش دی آمین سنتزی (۴) و ترکیب -۴،۴- دی کربوکسیلیک اسید دی فنیل سولفون (PA <sub>3</sub> ).....	۵۱
۴-۴-۲-۱- پلی آمید حاصل از واکنش دی آمین سنتزی (۴) و ترکیب -۴،۴- دی کربوکسیلیک اسید دی فنیل اتر (PA <sub>4</sub> ).....	۵۲
۲-۴-۲- سنتز پلی آمیدها به روش تراکمی مستقیم و استفاده از تابش ریز موج.....	۵۲
۲-۴-۲-۱- بهینه کردن حلال.....	۵۲
۲-۴-۲-۲- بهینه کردن توان دستگاه.....	۵۲
۲-۴-۲-۳- بهینه کردن زمان.....	۵۳
۴-۴-۲-۲- پلی آمید حاصل از واکنش دی آمین سنتزی (۴) و ترکیب پیریدین -۶،۲- دی کربوکسیلیک اسید (PA <sub>1m</sub> ).....	۵۳
۵-۴-۲-۲- پلی آمید حاصل از واکنش دی آمین سنتزی (۴) و ترکیب پیریدین -۵،۲- دی کربوکسیلیک اسید (PA <sub>2m</sub> ).....	۵۴
۳-۴-۲- سنتز کوپلی آمیدها به روش تراکمی مستقیم.....	۵۴
۱-۴-۲-۳- کوپلی آمید حاصل از واکنش دی آمین سنتزی (۴) با مخلوط دی اسیدهای -۴،۴- دی کربوکسیلیک اسید دی فنیل اتر و پیریدین -۶،۲- دی کربوکسیلیک اسید (CPA <sub>1</sub> ).....	۵۴
۲-۴-۲-۳- کوپلی آمید حاصل از واکنش دی آمین سنتزی (۴) و دی آمین تجاری -۴،۱- فنیل دی آمین با پیریدین -۶،۲- دی کربوکسیلیک اسید (CPA <sub>2</sub> ).....	۵۵
۳-۴-۲-۳- کوپلی آمید حاصل از واکنش دی آمین سنتزی (۴) و دی آمین تجاری -۴،۱- فنیل دی آمین با پیریدین -۵،۲- دی کربوکسیلیک اسید (CPA <sub>3</sub> ).....	۵۶
۵-۲- نحوه ی انجام مطالعات UV- Vis.....	۵۶
۶-۲- نحوه ی انجام مطالعات ویسکومتری.....	۵۶

## فصل سوم: بحث و نتیجه‌گیری

۱-۳-تهیه‌ی مونومر دی‌آمین (۴).....	۵۸
۱-۱-۳- سنتز ترکیب ۴،۴-دی‌نیترو بنزال استو فنون (۱).....	۵۸
۲-۱-۳- سنتز ترکیب ۴،۶- بیس (۴- نیترو فنیل)-۲،۲- بی‌پیریدین (۳).....	۵۸
۳-۱-۳- سنتز ترکیب ۴،۶- بیس (آمینو فنیل)-۲،۲- بی‌پیریدین (۴).....	۶۳
۲-۳- تهیه‌ی گروهی از پلی‌آمیدهای (PA)s ( مقاوم حرارتی جدید از واکنش دی‌آمین سنتز شده (۴) و دی-اسیدهای آروماتیک (A <sub>1</sub> -A <sub>2</sub> ).....	۶۶
۱-۲-۳- سنتز پلی‌آمیدها به روش تراکمی مستقیم.....	۶۶
۲-۲-۳- واکنش‌های پلیمر شدن با استفاده از تابش ریز موج.....	۶۹
۳-۲-۳- بررسی حلالیت پلی‌آمیدهای سنتز شده.....	۷۳
۴-۲-۳- شناسایی پلی‌آمیدها.....	۷۵
۵-۲-۳- بررسی خصوصیات حرارتی پلی‌آمیدها.....	۷۹
۶-۲-۳- مکانیسم واکنش پلیمر شدن.....	۸۸
۳-۳- سنتز، شناسایی و بررسی ویژگی‌های فیزیکی کوپلی‌آمیدها.....	۸۹
۱-۳-۳- واکنش‌های کوپلیمر شدن.....	۸۹
۲-۳-۳- بررسی حلالیت کوپلی‌آمیدهای سنتز شده.....	۹۴
۳-۳-۳- شناسایی کوپلی‌آمیدها.....	۹۵
۴-۳-۳- بررسی خصوصیات حرارتی کوپلی‌آمیدها.....	۹۷
۴-۳- مطالعه‌ی مورفولوژی پلیمرهای سنتز شده به کمک XRD.....	۱۰۲
۵-۳- مطالعات UV-Vis.....	۱۰۵
۶-۳- بحث و نتیجه‌گیری.....	۱۰۸
منابع و مأخذ.....	۱۰۹

## فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱- شمای کلی واکنش پلیمر شدن.....	۳
شکل ۲-۱- تشکیل پیوندهای هیدروژنی بین زنجیرهای مجاور در پلی‌آمیدها.....	۸
شکل ۳-۱- شمای کلی یک دستگاه آنالیز حرارتی.....	۹
شکل ۴-۱- منحنی DSC پلی‌اتیلن که در آن ناحیه‌ی ذوب نشان داده شده است.....	۱۲
شکل ۵-۱- منحنی TGA یک واکنش تک مرحله‌ای.....	۱۴
شکل ۶-۱- طرح کلی پلیمرهای تراکمی ساده.....	۲۰
شکل ۷-۱- نمونه‌ای از پلیمرهای تراکمی ساده.....	۲۰
شکل ۸-۱- طرح کلی پلیمرهای هتروسیکلی.....	۲۱
شکل ۹-۱- نمونه‌ای از پلیمرهای هتروسیکلی.....	۲۱
شکل ۱۰-۱- طرح کلی کوپلیمرهای تراکمی هتروسیکلی.....	۲۲
شکل ۱۱-۱- نمونه‌ای از پلیمرهای تراکمی هتروسیکلی.....	۲۲
شکل ۱۲-۱- نمونه‌ای از پلیمرهای نردبانی.....	۲۳
شکل ۱۳-۱- نمونه‌ای از پلی‌آمیدهای آلیفاتیک و آروماتیک.....	۲۵
شکل ۱۴-۱- تهیه‌ی پل‌آمیدها با استفاده از مشتقات استری گروه‌های کربوکسیلیک اسید.....	۲۷
شکل ۱۵-۱- سنتز پلی‌آمیدها با استفاده از دی‌آمیدها.....	۲۸
شکل ۱۶-۱- سنتز پلی‌آمیدها با استفاده از مشتقات آسیلی با دی‌آمین‌ها.....	۲۸
شکل ۱۷-۱- واکنش پلیمر شدن تراکمی محلول اسد کلرایدها با آمین‌ها.....	۳۰
شکل ۱۸-۱- واکنش پلیمر شدن تراکمی محلول اسید کلرایدها با دی‌آمین‌ها در حضور نمک LiCl.....	۳۱
شکل ۱۹-۱- مکانیسم پلیمر شدن تراکمی مستقیم در حضور $ClPO(OPh)_2 / Py$ .....	۳۳
شکل ۲۰-۱- مکانیسم پلیمر شدن تراکمی مستقیم در حضور $ClPO(OPh)_2 / DMF / Py$ .....	۳۴
شکل ۲۱-۱- پلیمر شدن تراکمی مستقیم از طریق روش یامازاکی.....	۳۵
شکل ۲۲-۱- روش تهیه‌ی صنعتی نایلون ۶.....	۳۷
شکل ۲۳-۱- پلیمر شدن حلقه‌گشایی N- کربوکسی انیدریدها.....	۳۸
شکل ۲۴-۱- تعدادی از روش‌های تهیه‌ی پلی‌آمیدها.....	۳۹
شکل ۲۵-۱- پلی‌آمید با حلالیت مناسب حاوی چندین پیوند اتری.....	۴۱
شکل ۱-۳- طیف IR دی‌نیتروبنزال استوفنون (۱) (قرص KBr).....	۵۹

- شکل ۳-۲- طیف IR ترکیب (۳) (قرص KBr) ..... ۶۲
- شکل ۳-۳- طیف  $^1\text{H-NMR}$  ترکیب (۳) در حلال  $\text{DMSO-d}_6$  در دمای اتاق ..... ۶۲
- شکل ۳-۴- طیف IR مونومر دی‌آمین سنتز شده (۴) (قرص KBr) ..... ۶۵
- شکل ۳-۵- طیف  $^1\text{H-NMR}$  مربوط به دی‌آمین سنتز شده (۴) در حلال  $\text{DMSO-d}_6$  در دمای اتاق ..... ۶۵
- شکل ۳-۶- منحنی ویسکوزیته بر حسب زمان برای (  $\text{PA}_1$  ) با غلظت  $0.5 \text{ g/dL}$  در حلال DMF در دمای  $25^\circ\text{C}$  ..... ۶۸
- شکل ۳-۷- منحنی ویسکوزیته بر حسب زمان برای (  $\text{PA}_2$  ) با غلظت  $0.5 \text{ g/dL}$  در حلال DMF در دمای  $25^\circ\text{C}$  ..... ۶۸
- شکل ۳-۸- منحنی ویسکوزیته بر حسب زمان برای (  $\text{PA}_3$  ) با غلظت  $0.5 \text{ g/dL}$  در حلال DMF در دمای  $25^\circ\text{C}$  ..... ۶۹
- شکل ۳-۹- منحنی ویسکوزیته بر حسب زمان برای (  $\text{PA}_4$  ) با غلظت  $0.5 \text{ g/dL}$  در حلال DMF در دمای  $25^\circ\text{C}$  ..... ۶۹
- شکل ۳-۱۰- منحنی ویسکوزیته بر حسب زمان برای (  $\text{PA}_{1m}$  ) با غلظت  $0.5 \text{ g/dL}$  در حلال DMF در دمای  $25^\circ\text{C}$  ..... ۷۲
- شکل ۳-۱۱- منحنی ویسکوزیته بر حسب زمان برای (  $\text{PA}_{2m}$  ) با غلظت  $0.5 \text{ g/dL}$  در حلال DMF در دمای  $25^\circ\text{C}$  ..... ۷۲
- شکل ۳-۱۲- طیف FT-IR مربوط به  $\text{PA}_1$  (قرص KBr) ..... ۷۵
- شکل ۳-۱۳- طیف FT-IR مربوط به  $\text{PA}_2$  (قرص KBr) ..... ۷۶
- شکل ۳-۱۴- طیف FT-IR مربوط به  $\text{PA}_3$  (قرص KBr) ..... ۷۶
- شکل ۳-۱۵- طیف FT-IR مربوط به  $\text{PA}_4$  (قرص KBr) ..... ۷۷
- شکل ۳-۱۶- طیف FT-IR مربوط به  $\text{PA}_{1m}$  (قرص KBr) ..... ۷۷
- شکل ۳-۱۷- طیف FT-IR مربوط به  $\text{PA}_{2m}$  (قرص KBr) ..... ۷۸
- شکل ۳-۱۸- طیف  $^1\text{H-NMR}$  مربوط به  $\text{PA}_1$  در حلال  $\text{DMSO-d}_6$  در دمای اتاق ..... ۷۸
- شکل ۳-۱۹- منحنی TGA مربوط به  $\text{PA}_1$  تحت اتمسفر ازت با سرعت اسکن  $10^\circ\text{C/min}$  ..... ۷۹
- شکل ۳-۲۰- منحنی TGA مربوط به  $\text{PA}_2$  تحت اتمسفر ازت با سرعت اسکن  $10^\circ\text{C/min}$  ..... ۸۰
- شکل ۳-۲۱- منحنی TGA مربوط به  $\text{PA}_3$  تحت اتمسفر ازت با سرعت اسکن  $10^\circ\text{C/min}$  ..... ۸۰
- شکل ۳-۲۲- منحنی TGA مربوط به  $\text{PA}_4$  تحت اتمسفر ازت با سرعت اسکن  $10^\circ\text{C/min}$  ..... ۸۱



شکل ۳-۲۳- منحنی TGA مربوط به PA <sub>1m</sub> تحت اتمسفر ازت با سرعت اسکن ۱۰°C/min	۸۱
شکل ۳-۲۴- منحنی TGA مربوط به PA <sub>2m</sub> تحت اتمسفر ازت با سرعت اسکن ۱۰°C/min	۸۲
شکل ۳-۲۵- منحنی مقایسه TGA مربوط به پلی‌آمیدهای سنتز شده تحت اتمسفر ازت با سرعت اسکن ۱۰°C/min	۸۲
شکل ۳-۲۶- منحنی DSC مربوط به PA <sub>1</sub> تحت اتمسفر ازت با سرعت اسکن ۱۰°C/min	۸۴
شکل ۳-۲۷- منحنی DSC مربوط به PA <sub>2</sub> تحت اتمسفر ازت با سرعت اسکن ۱۰°C/min	۸۴
شکل ۳-۲۸- منحنی DSC مربوط به PA <sub>3</sub> تحت اتمسفر ازت با سرعت اسکن ۱۰°C/min	۸۵
شکل ۳-۲۹- منحنی DSC مربوط به PA <sub>4</sub> تحت اتمسفر ازت با سرعت اسکن ۱۰°C/min	۸۵
شکل ۳-۳۰- منحنی DSC مربوط به PA <sub>1m</sub> تحت اتمسفر ازت با سرعت اسکن ۱۰°C/min	۸۶
شکل ۳-۳۱- منحنی DSC مربوط به PA <sub>2m</sub> تحت اتمسفر ازت با سرعت اسکن ۱۰°C/min	۸۶
شکل ۳-۳۲- منحنی مقایسه DSC مربوط به پلی‌آمیدهای سنتز شده تحت اتمسفر ازت با سرعت اسکن ۱۰°C/min	۸۷
شکل ۳-۳۳- منحنی ویسکوزیته بر حسب زمان برای CPA <sub>1</sub>	۹۳
شکل ۳-۳۴- منحنی ویسکوزیته بر حسب زمان برای CPA <sub>2</sub>	۹۳
شکل ۳-۳۵- منحنی ویسکوزیته بر حسب زمان برای CPA <sub>3</sub>	۹۴
شکل ۳-۳۶- طیف FT-IR مربوط به CPA <sub>1</sub> (قرص KBr)	۹۵
شکل ۳-۳۷- طیف FT-IR مربوط به CPA <sub>2</sub> (قرص KBr)	۹۶
شکل ۳-۳۸- طیف FT-IR مربوط به CPA <sub>3</sub> (قرص KBr)	۹۶
شکل ۳-۳۹- منحنی TGA مربوط به CPA <sub>1</sub> تحت اتمسفر ازت با سرعت اسکن ۱۰°C/min	۹۸
شکل ۳-۴۰- منحنی TGA مربوط به CPA <sub>2</sub> تحت اتمسفر ازت با سرعت اسکن ۱۰°C/min	۹۸
شکل ۳-۴۱- منحنی TGA مربوط به CPA <sub>3</sub> تحت اتمسفر ازت با سرعت اسکن ۱۰°C/min	۹۹
شکل ۳-۴۲- منحنی مقایسه TGA مربوط به کوپلی‌آمیدهای سنتز شده تحت اتمسفر ازت با سرعت اسکن ۱۰°C/min	۹۹
شکل ۳-۴۳- منحنی DSC مربوط به CPA <sub>1</sub> تحت اتمسفر ازت با سرعت اسکن ۱۰°C/min	۱۰۰
شکل ۳-۴۴- منحنی DSC مربوط به CPA <sub>2</sub> تحت اتمسفر ازت با سرعت اسکن ۱۰°C/min	۱۰۰
شکل ۳-۴۵- منحنی DSC مربوط به CPA <sub>3</sub> تحت اتمسفر ازت با سرعت اسکن ۱۰°C/min	۱۰۱

شکل ۳-۴۶- منحنی مقایسه DSC مربوط به پلی آمیدهای سنتز شده تحت اتمسفر ازت با سرعت اسکن ۱۰°C/min	۱۰۱
شکل ۳-۴۷- طیف XRD مربوط به PA <sub>2</sub>	۱۰۳
شکل ۳-۴۸- طیف XRD مربوط به CPA <sub>3</sub>	۱۰۳
شکل ۳-۴۹- مقایسه دو منحنی XRD مربوط به PA <sub>2</sub> و CPA <sub>3</sub>	۱۰۴
شکل ۳-۵۰- طیف UV-Vis مربوط به نمک CuCl <sub>2</sub>	۱۰۶
شکل ۳-۵۱- طیف UV-Vis مربوط به PA <sub>3</sub>	۱۰۶
شکل ۳-۵۲- طیف UV-Vis مربوط به نمک و PA <sub>3</sub>	۱۰۷

## فهرست طرح‌ها

عنوان	صفحه
طرح ۳-۱- روش تهیهی دی‌نیترو بنزال استوفنون (۱).....	۵۸
طرح ۳-۲- بستن حلقه با استیل پیریدین.....	۶۰
طرح ۳-۳- سنتز نمک کروئیکه.....	۶۰
طرح ۳-۴- بستن حلقه با نمک کروئیکه.....	۶۱
طرح ۳-۵- احیا ترکیب دی‌نیترو به دی‌آمین با استفاده از $\text{SnCl}_2$ .....	۶۳
طرح ۳-۶- احیای ترکیب دی‌نیترو به دی‌آمین به کمک هیدرازین هیدرات و اتانول.....	۶۴
طرح ۳-۷- احیای ترکیب دی‌نیترو به کمک هیدرازین هیدرات در دی‌اکسان در حضور Pd/ C.....	۶۷
طرح ۳-۸- واکنش تهیهی پلی‌آمیدها از طریق پلیمر شدن تراکمی دی‌آمین سنتز شده (۴) با دی‌اسیدهای آروماتیک مختلف.....	۷۰
طرح ۳-۹- واکنش تهیهی پلی‌آمیدها از طریق پلیمر شدن تراکمی دی‌آمین سنتز شده (۴) با دی‌اسیدهای آروماتیک مختلف در حضور تابش ریز موج.....	۷۱
طرح ۳-۱۰- مکانیسم واکنش پلیمر شدن.....	۸۸
طرح ۳-۱۱- سنتز کوپلی‌آمید (۱).....	۹۰
طرح ۳-۱۲- سنتز کوپلی‌آمید (۲).....	۹۱
طرح ۳-۱۳- سنتز کوپلی‌آمید (۳).....	۹۲

## فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۱-۱- دمای انتقال شیشه‌ای و دمای ذوب تعدادی از پلیمرها .....	۶
جدول ۲-۱- دمای انتقال شیشه‌ای برخی از پلیمرها .....	۷
جدول ۳-۱- بعضی از مراحل برجسته در اندازه‌گیری گرمایی .....	۱۰
جدول ۴-۱- گروه‌های ساختاری جهت افزایش مقاومت حرارتی .....	۱۹
جدول ۱-۳- مشخصات پل‌آمیدهای سنتز شده .....	۷۳
جدول ۲-۳- حلالیت پلی‌آمید-ها .....	۷۴
جدول ۳-۳- مشخصات گرمایی پلی‌آمیدها .....	۸۳
جدول ۴-۳- مشخصات کوپلی‌آمیدهای سنتز شده .....	۸۹
جدول ۵-۳- حلالیت کوپلی‌آمیدها .....	۹۴
جدول ۶-۳- مشخصات گرمایی کوپلی‌آمیدها .....	۹۷
جدول ۷-۳- نتایج حاصل از منحنی XRD برای PA <sub>2</sub> .....	۱۰۵
جدول ۸-۳- نتایج حاصل از منحنی XRD برای CPA <sub>3</sub> .....	۱۰۶