

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده علوم پایه

رساله دوره دکتری شیمی آلی

سنتز و شناسایی برخی از مهمترین هتروسیکل‌های چهار، پنج، شش و هفت
عضوی با دو اتم نیتروژن با استفاده از مواد اولیه دو عاملی تحت شرایط واکنش-

های چند جزئی

ارائه دهنده:

نسربین زهره

استاد راهنما:

دکتر عبدالعلی علیزاده

مهر ۱۳۹۰

بسمتعالی



دانشگاه گیلان
دانشکده علوم پایه

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از رساله دکتری

آقای / خانم نسرين زهره رساله واحدی خود را با عنوان: « سنتز و شناسائی برخی از مهمترین هتروسیکل های چهار، پنج، شش، وهفت عضوی با دو اتم نیتروژن با استفاده از مواد اولیه دو عاملی تحت شرایط واکنش های چند جزئی » در تاریخ ۹۰/۷/۱۱ ارائه کردند. اعضای هیات داوران نسخه نهایی این رساله را از نظر فرم و محتوا تایید کرده است و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه دکتری پیشنهاد می کند.

اعضای هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنما	آقای دکتر عبد العلی علیزاده	دانشیار	
۲- استاد ناظر داخلی	آقای دکتر اکبر حیدری	استاد	
۳- استاد ناظر داخلی	آقای دکتر عیسی یآوری	استاد	
۴- استاد ناظر خارجی	آقای دکتر ایوب بازگیر	دانشیار	
۵- استاد ناظر خارجی	آقای دکتر فیروز مطلوبی	استاد	
۶- نماینده تحصیلات تکمیلی	آقای دکتر اکبر حیدری	استاد	

آیین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش‌های علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیأت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهش‌های علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرح‌های تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان‌نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجو مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان‌نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می باشد.


تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

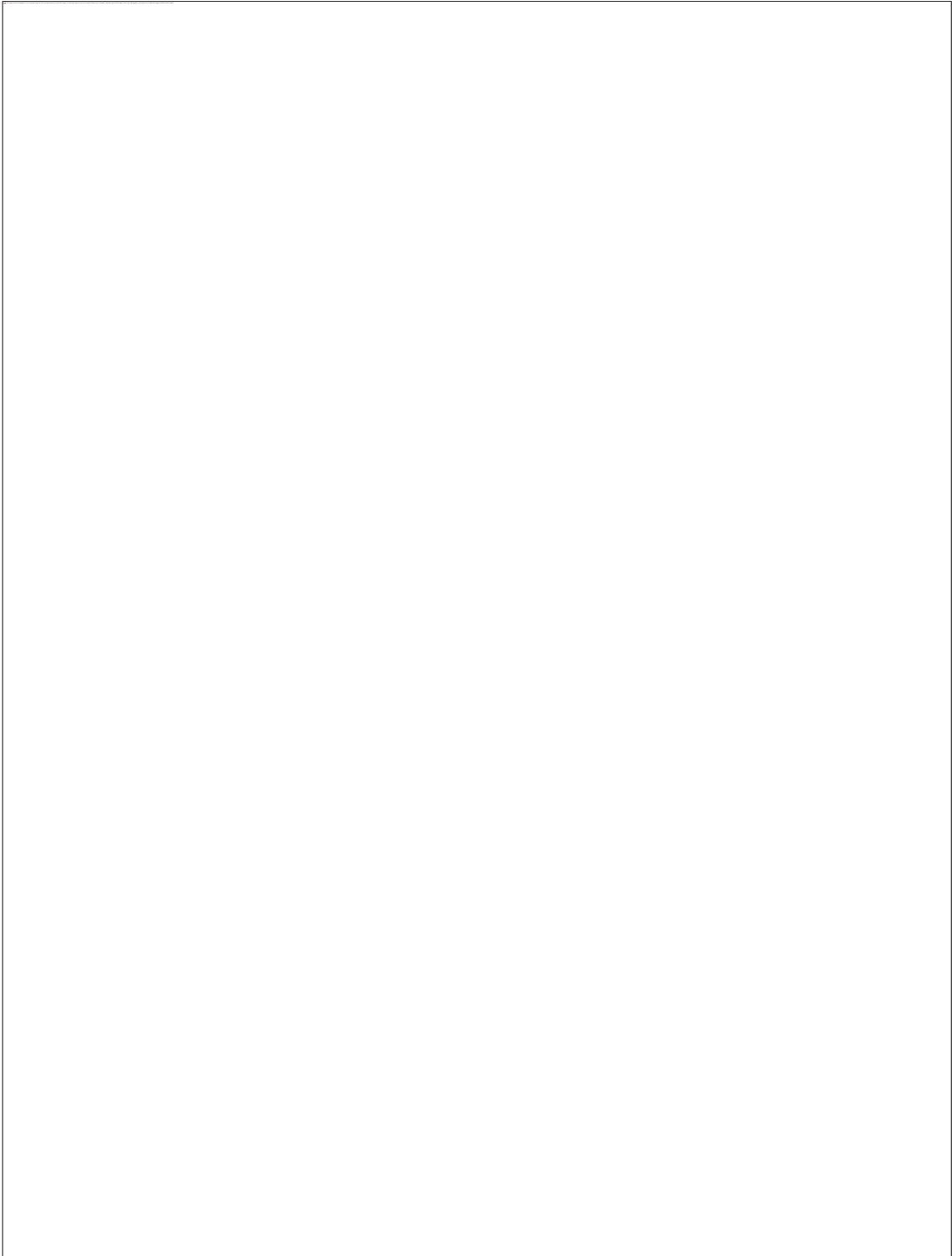
ماده ۳- انتشار کتاب، نرم افزار و یا آثار ویژه (اثری هنری مانند فیلم، عکس، نقاشی و نمایشنامه) حاصل از نتایج پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین‌نامه های مصوب انجام شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته ها در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این آیین‌نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۸۷/۴/۱ شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/۴/۲۳ در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم‌الاجرا است.

«اینجانب نسرین زهره. دانشجوی رشته شیمی آلی ورودی سال تحصیلی ۱۳۸۶ مقطع دکتری دانشکده علوم پایه. متعهد می شوم کلیه نکات مندرج در آئین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش‌های علمی دانشگاه تربیت مدرس را در انتشار یافته‌های علمی مستخرج از پایان‌نامه / رساله تحصیلی خود رعایت نمایم. در صورت تخلف از مفاد آئین‌نامه فوق‌الاشعار به دانشگاه وکالت و نمایندگی می‌دهم که از طرف اینجانب نسبت به لغو امتیاز اختراع بنام بنده و یا هر گونه امتیاز دیگر و تغییر آن به نام دانشگاه اقدام نماید. ضمناً نسبت به جبران فوری ضرر و زیان حاصله بر اساس برآورد دانشگاه اقدام خواهم نمود و بدینوسیله حق هر گونه اعتراض را از خود سلب نمودم»


تاریخ: ۹۰۰۶۰۶/۱۹



تقدیم به وجود پر مهر و خیر یگانه‌های زندگی‌ام

پدر و مادرم

به پاس یک عمر همراهی و فداکاری بی دریغشان

و تقدیم به خواهر مهربانم ، رعنا و برادران عزیزم ، حمید و محسن

خداوندا! سپاس و ستایش مخصوص ذات لایزال الهی تو است که هیچ آغازی و پایانی بی حکم و تدبیر دانسته‌های تو نیست. هزاران بار شکر می‌گویمت که توفیق آغاز و انجام این تحقیق را عطایم کردی بی آنکه لحظه‌ای تنه‌ایم گذاری.

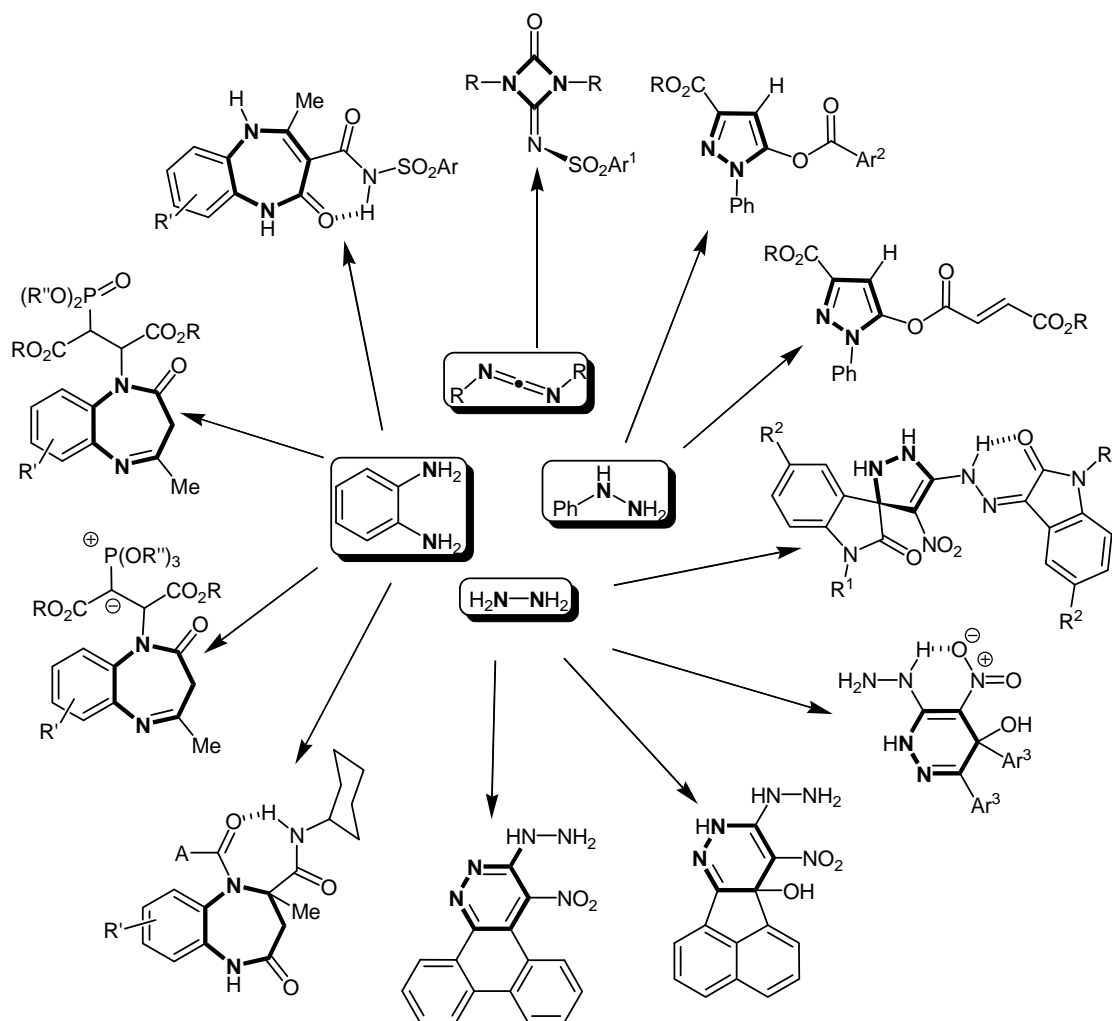
پیش و بیش از همه از استاد راهنمای محترم و صبورم، جناب آقای دکتر عبدالعلی علیزاده، بی- نهایت متشکرم که سراسر، راهنما و همراه همیشگی‌ام بودند و مجموعه حاضر را مدیون نیکاندیشی ایشان هستم.

از استادان محترم، آقایان دکتر عیسی یآوری، دکتر اکبر حیدری، دکتر فیروز مطلوبی مقدم و همچنین استاد بزرگوار، آقای دکتر ایوب بازگیر که زحمت مطالعه و داوری رساله حاضر را متقبل شدند، نهایت سپاس و تشکر را دارم و موفقیت روزافزون ایشان را از خداوند منان خواستارم.

از آقای مقداد حسینی که با همفکری، همکاری و کمک‌رسانی‌های همیشگی باعث دلگرمی من شدند، تشکر ویژه دارم.

از دوستان عزیز هم آزمایشگاهی، خانم‌ها رضوانیان، زارعی، صباح‌نو، نوع‌پرست، فیروزیار، میکائیلی، بابکی و موحدی و همچنین آقایان رستم‌نیا، مختاری، قنبری‌پور، احمدی، صابری، اسماعیلی، اسکوئیان و حسین‌پور به خاطر همکاری و ایجاد محیطی صمیمی سپاسگزارم.

از هم‌اتاقی‌های عزیزم خانم‌ها امیری و محمدی به دلیل هم‌زبانی همیشگی و ثبت لحظه‌های شاد و خاطرات به یاد ماندنی سپاسگزارم.



رساله حاضر به ارائه روش‌های کارآمد و جدید برای سنتز برخی از مهمترین هتروسیکل‌های دو نیتروژنه با استفاده از مواد اولیه دو عاملی (دارای دو نیتروژن)، تحت شرایط واکنش‌های تک‌ظرفی و یا چندجزئی می‌پردازد. ۱،۳-دی‌آزتیدین-۲-ون‌ها (آزا بتالاکتام) از طریق به‌دام انداختن یون-دوقطبی پیریدین-سولفونیل ایزوسیانات‌ها توسط کربودی‌ایمیدها سنتز می‌شوند. *N*-فنیل پیرازول‌ها از واکنش ترکیبات حاوی گروه عاملی COCl و حدواسط حاصل از فنیل‌هیدرازین و دی‌آلکیل استیلن‌دی-کربوکسیلات سنتز می‌شوند. برای سنتز هتروسیکل‌های پنج و شش عضوی با دو اتم نیتروژن از حدواسط حاصل از واکنش هیدرازین و ۱،۱-بیس(تیومتیل)-۲-نیترواتیلن به صورت درجا در واکنش

با ایزاتین‌ها و یا بنزیل‌ها به ترتیب برای سنتز اسپایرواکسیندول-پیرازولین‌ها و دی‌هیدرو پیریدازینول-ها استفاده می‌شود. در نهایت، حدواسط حاصل از اورتوفنیلن‌دی‌آمین و دی‌کیتین به صورت درجا توسط ایزوسیانید-اسید (واکنش اوگی)، یون-دوقطبی تری‌آلکیل فسفیت-استیلن‌دی‌استر و ایزوسیانات‌ها به دام انداخته می‌شود و ۵,۱-بنزودیازپین-۲-اون‌ها با اسکلت پیتوئیدی، گروه‌های فسفانیلیدن یا فسفوناتو سوکسینات و سولفونامید سنتز می‌شوند.

کلید واژه‌ها: هتروسیکل‌های دو نیتروژنه، دی‌آزتیدین، کربودی‌امید، ایزوسیانات، آزا بتالاکتام، پیرازول، فنیل‌هیدرازین، پیرازولیدین، اسپایرواکسیندول، ایزاتین، دی‌تیواستال، پیریدازین، بنزیل، بنزودیازپین، فنیلن‌دی‌آمین، دی‌کیتین، دی‌آلکیل استیلن‌دی-کربوکسیلات، واکنش اوگی، ایزوسیانید، واکنش تک ظرفی، واکنش چندجزئی

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فهرست علائم اختصاری.....	۵
فهرست شماها.....	۷
فهرست جدول‌ها.....	۸
فهرست شکل‌ها.....	۸
فصل ۱- معرفی مهمترین هتروسیکل‌های چهار، پنج، شش و هفت عضوی دو نیتروژنه و مروری بر	
خواص، کاربردها و روش‌های سنتزی آن‌ها.....	۱
۱-۱- هتروسیکل‌ها و اهمیت آن‌ها.....	۲
۱-۲- معرفی هتروسیکل‌های چهار عضوی با دو اتم نیتروژن.....	۲
۱-۲-۱- خواص، کاربردها و روش‌های سنتزی ۱،۳-دی‌آزیدین-۲-اون‌ها.....	۳
۱-۳- معرفی هتروسیکل‌های پنج عضوی با دو اتم نیتروژن.....	۶
۱-۳-۱- برخی از مهمترین خواص، کاربردها و روش‌های سنتزی پیرازول-ها.....	۸
۱-۳-۲- برخی از مهمترین خواص، کاربردها و روش‌های سنتزی اسپایرواکسیندول‌ها.....	۱۲
۱-۴- معرفی هتروسیکل‌های شش عضوی با دو اتم نیتروژن.....	۱۶
۱-۴-۱- برخی از مهمترین خواص، کاربردها و روش‌های سنتزی پیریدازین‌ها.....	۱۹
۱-۵- معرفی هتروسیکل‌های هفت عضوی با دو اتم نیتروژن.....	۲۴
۱-۵-۱- برخی از مهمترین خواص، کاربردها و روش‌های سنتزی بنزودیازپین‌ها.....	۲۶
فصل ۲- ارائه روش‌های نوین سنتزی برای برخی از مهمترین هتروسیکل‌های چهار، پنج، شش و	
هفت عضوی با دو اتم نیتروژن.....	۳۰
۱-۲- ۱،۳-دی‌آزیدین-۲-اون‌ها.....	۳۱
۱-۱-۲- واکنش‌های [۲+۲] سیانات‌ها و کربو دی‌ایمیدها از ابتدا تا امروز.....	۳۱
۲-۱-۲- ارائه یک روش کارآمد و بدیع برای سنتز ۴-آریل‌سولفونیل‌ایمینو-۱،۳-دی‌آزیدین-۲-اون‌ها.....	۳۴
۳-۱-۲- بحث و نتیجه‌گیری.....	۳۹

۴۴	..... پیرازول ها	۲-۲
۴۴	..... N-فنیل پیرازول-۵,۳-دی کربوکسیلات ها	۱-۲-۲
۴۴	..... N-فنیل پیرازول-۵,۳-دی کربوکسیلات ها	۱-۱-۲-۲
۵۰	..... بحث و نتیجه گیری	۲-۱-۲-۲
۵۵	..... اسپایرواکسیندول-پیرازولین ها	۲-۲-۲
۵۵	..... ارائه روش سنتزی جدید برای اسپایرواکسیندول-پیرازولین ها	۱-۲-۲-۲
۵۹	..... بحث و نتیجه گیری	۲-۲-۲-۲
۶۲	..... ۴,۱-دی هیدرو هیدرازینو پیریدازینول ها	۳-۲
۶۲	..... ارائه یک روش سنتزی نوین، سریع و تک ظرفی برای ۴,۱-دی-هیدرو هیدرازینو پیریدازینول ها	۱-۳-۲
۶۶	..... بحث و نتیجه گیری	۲-۳-۲
۶۹	..... ۵,۱-بنزودیازپین ها	۴-۲
۶۹	..... تتراهیدرو-۵,۱-بنزودیازپین-۲-کربوکسامیدها با اسکلت پیتوئیدی	۱-۴-۲
۶۹	..... ارائه روش سنتزی جدید برای تتراهیدرو-۵,۱-بنزودیازپین-۲-کربوکسامیدها با اسکلت پیتوئیدی	۱-۱-۴-۲
۷۲	..... بحث و نتیجه گیری	۲-۱-۴-۲
	..... ۳,۲-دی هیدرو-۵,۱-بنزودیازپین-۲-اون ها با گروه فسفانیلیدن سوکسینات، فسفوناتو سوکسینات و سولفونامید	۲-۴-۲
۸۰	..... سولفونامید	
	..... ارائه روش سنتزی جدید برای ۳,۲-دی هیدرو-۵,۱-بنزودیازپین-۲-اون ها با گروه فسفانیلیدن سوکسینات، فسفوناتو سوکسینات یا سولفونامید	۱-۲-۴-۲
۸۰	..... سوکسینات، فسفوناتو سوکسینات یا سولفونامید	
۸۳	..... بحث و نتیجه گیری	۲-۲-۴-۲
۹۰	..... فصل ۳- مواد، روش ها، اطلاعات طیفی و طیف های اسپکتروسکوپی	
۹۱	..... حلال ها، مواد و دستگاه های مورد استفاده	۱-۳
۹۱	..... حلال ها	۱-۱-۳
۹۲	..... مواد مورد استفاده	۲-۱-۳
۹۲	..... دستگاه های مورد استفاده	۳-۱-۳
	..... روش تهیه، اطلاعات طیفی و طیف های اسپکتروسکوپی ترکیبات ۴-آریل سولفونیل ایمینو-۳,۱-دی-	۲-۳
۹۳	..... آزتیدین-۲-اون	

- ۱-۲-۳- روش عمومی تهیه ترکیبات ۴-آریل سولفونیل ایمینو-۳,۱-دی آرتیدین-۲-اون ۳۶ (برای مثال ۳۶a)..... ۹۳
- ۲-۲-۳- اطلاعات طیفی ترکیبات ۴-آریل سولفونیل ایمینو-۳,۱-دی آرتیدین-۲-اون ۳۶..... ۹۳
- ۳-۲-۳- طیف‌های اسپکتروسکوپی ترکیبات ۴-آریل سولفونیل ایمینو-۳,۱-دی آرتیدین-۲-اون ۳۶a و ۳۶b..... ۹۵
- ۳-۳- روش تهیه، اطلاعات طیفی و طیف‌های اسپکتروسکوپی ترکیبات N-فنیل پیرازول-۵,۳-دی-..... ۹۹
- کربوسیلات‌های ۵۳ و ۵۵..... ۹۹
- ۱-۳-۳- روش عمومی تهیه ترکیبات N-فنیل پیرازول-۵,۳-دی کربوسیلات‌های ۵۳ و ۵۵..... ۹۹
- ۲-۳-۳- اطلاعات طیفی حدواسط ۳۲ و ترکیبات N-فنیل پیرازول-۵,۳-دی کربوسیلات ۵۳ و ۵۵..... ۱۰۰
- ۳-۳-۳- طیف‌های اسپکتروسکوپی حدواسط‌های ۵۱a و ۵۱c و ترکیبات N-فنیل پیرازول-۵,۳-دی-..... ۱۰۵
- کربوسیلات‌های ۵۳a و ۵۵a..... ۱۰۵
- ۴-۳- روش تهیه، اطلاعات طیفی و طیف‌های اسپکتروسکوپی ترکیبات اسپایرواکسیندول-پیرازولین ۶۶..... ۱۱۰
- ۱-۴-۳- روش عمومی تهیه ترکیبات اسپایرواکسیندول-پیرازولین ۶۶ (برای مثال ۶۶a)..... ۱۱۰
- ۲-۴-۳- اطلاعات طیفی ترکیبات اسپایرواکسیندول-پیرازولین ۶۶..... ۱۱۰
- ۳-۴-۳- طیف‌های اسپکتروسکوپی حدواسط ۶۴ و ترکیب اسپایرواکسیندول-پیرازولین ۶۶a..... ۱۱۴
- ۵-۳- روش تهیه، اطلاعات طیفی و طیف‌های اسپکتروسکوپی ترکیبات هیدرازینو پیریدازینول ۷۱..... ۱۱۷
- ۱-۵-۳- روش عمومی تهیه ترکیبات هیدرازینو پیریدازینول ۷۱ (برای مثال ۷۱a)..... ۱۱۷
- ۲-۵-۳- اطلاعات طیفی ترکیبات هیدرازینو پیریدازینول ۷۱، ۷۶ و ۷۷..... ۱۱۷
- ۳-۵-۳- طیف‌های اسپکتروسکوپی ترکیب هیدرازینو پیریدازینول ۷۱a و ۷۷..... ۱۲۱
- ۶-۳- روش تهیه، داده‌های طیفی و طیف‌های اسپکتروسکوپی ترکیبات تتراهیدرو-۵,۱-بنزودیازپین-۲-..... ۱۲۶
- کربوکسامید ۸۲..... ۱۲۶
- ۱-۶-۳- روش عمومی تهیه ترکیبات تتراهیدرو-۵,۱-بنزودیازپین-۲-کربوکسامید ۸۲ (به عنوان مثال ۸۲a)..... ۱۲۶
- ۲-۶-۳- اطلاعات طیفی حدواسط ۸۴ و ترکیبات تتراهیدرو-۵,۱-بنزودیازپین-۲-کربوکسامید ۸۲..... ۱۲۶
- ۳-۶-۳- طیف‌های اسپکتروسکوپی ترکیبات تتراهیدرو-۵,۱-بنزودیازپین-۲-کربوکسامید ۸۲a و ۸۲f/۸۲g..... ۱۳۵
- ۷-۳- روش تهیه، اطلاعات طیفی و طیف‌های اسپکتروسکوپی ترکیبات دی‌هیدرو-۵,۱-بنزودیازپین با گروه فسفانیلیدن سوکسینات ۸۸ و یا فسفوناتو سوکسینات ۸۹..... ۱۴۴

۱-۷-۳	روش عمومی تهیه ترکیبات دی‌هیدرو-۵,۱-بنزودیازپین با گروه فسفانیلیدن سوکسینات ۸۸ و یا فسفوناتو سوکسینات ۸۹.....	۱۴۴
۲-۷-۳	اطلاعات طیفی ترکیبات دی‌هیدرو-۵,۱-بنزودیازپین با گروه فسفانیلیدن سوکسینات ۸۸ و یا فسفوناتو سوکسینات ۸۹.....	۱۴۵
۳-۷-۳	طیف‌های اسپکتروسکوپی ترکیبات دی‌هیدرو-۵,۱-بنزودیازپین با گروه فسفانیلیدن سوکسینات ۸۸c و فسفوناتو سوکسینات ۸۹b.....	۱۵۰
۸-۳	روش تهیه، اطلاعات طیفی و طیف‌های اسپکتروسکوپی ترکیبات دی‌هیدرو-۵,۱-بنزودیازپین با گروه سولفونامید ۹۱ و ترکیبات N,N -آسیل‌آمیدو آریل تیوایمید ۹۲.....	۱۵۵
۱-۸-۳	روش عمومی تهیه ترکیبات دی‌هیدرو-۵,۱-بنزودیازپین با گروه سولفونامید ۹۱ و ترکیبات N,N -آسیل‌آمیدو آریل تیوایمید ۹۲ (برای مثال ۹۱a و ۹۲a).....	۱۵۵
۲-۸-۳	اطلاعات طیفی ترکیبات دی‌هیدرو-۵,۱-بنزودیازپین با گروه سولفونامید ۹۱ و ترکیبات N,N -آسیل-آمیدو آریل تیوایمید ۹۲.....	۱۵۶
۳-۸-۳	طیف‌های اسپکتروسکوپی ترکیبات دی‌هیدرو-۵,۱-بنزودیازپین با گروه سولفونامید ۹۱a و ترکیبات N,N -آسیل‌آمیدو آریل تیوایمید ۹۱a.....	۱۵۹
	فهرست مراجع.....	۱۶۴

فهرست علائم اختصاری

A	Angstrom
AcOH	Acetic acid
atm	Atmosphere
Bn	Benzyl
Boc	<i>tert</i> -Butyloxycarbonyl
Bz	Benzoyl
Cbz	Carboxybenzyl
DABCO	1,4-Diazabicyclo[2,2,2]octane
DCM	Dichloromethan
DIEA	<i>N,N</i> -Diisopropylethylamine
DME	Dimethoxyethane
Et ₂ O	Diethylether
EWG	Electron withdrawing group
h	hour
MS	Molecular sieve
MW	Microwave
NBS	<i>N</i> -Bromosuccinimide
NMI	<i>N</i> -Methylimidazole
PEPPSI	Pyridine-Enhanced Precatalyst Preparation Stabilization and Initiation (1,3-Diisopropylimidazol-2-ylidene)(3-chloropyridyl)palladium(II) dichloride
PG	Protecting group
Ph ₃ P	Triphenylphosphine
Py	Pyridine
rt	Room temperature
TFA	Trifluoroacetic acid
THF	Tetrahydrofurane
TS	4-Toluenesulfonyl

فهرست شماها

عنوان	صفحه
شمای ۱-۱: طبقه‌بندی هتروسیکل‌های چهار عضوی با دو اتم نیتروژن در سه گروه.....	۳
شمای ۱-۲: سنتز دی‌آزتیدینون ۱ در شرایط نوری با استفاده از آزا بنزن.....	۴
شمای ۱-۳: سنتز دی‌آزتیدینون‌ها با استفاده از دی‌آزیریدین‌ها و کمپلکس‌های پالادیوم یا کبالت.....	۴
شمای ۱-۴: سنتز دی‌آزتیدینون‌ها با استفاده از واکنش نوری پیریمیدینون ($h\nu, \lambda > 300 \text{ nm}$, benzene, 3 h,) a: 64% . b: $\text{O}_3, \text{CH}_2\text{Cl}_2, -78^\circ\text{C}$. c: $\text{Me}_2\text{S } 69\%$ or Et_3N	۴
شمای ۱-۵: دی‌آزتیدین‌های سنتز شده با خواص ضد میکروبی.....	۵
شمای ۱-۶: سنتز ۴-ایمینو-۱,۳-دی‌آزتیدین-۲-اون‌ها با استفاده از تبدیل بازی <i>N</i> - (کلروکربونیل) گوانیدین‌ها.....	۵
شمای ۱-۷: انواع پیرازول‌های آروماتیک و مشتقات کاهش یافته آنها.....	۷
شمای ۱-۸: پیرازول‌ها با سه پیوند دوگانه.....	۷
شمای ۱-۹: انواع ایمیدازول‌های بدون کربونیل.....	۸
شمای ۱-۱۰: برخی از ماکروسیکل‌های پیرازولی کاربردی در شیمی سوپرامولکول‌ها و شیمی معدنی.....	۹
شمای ۱-۱۱: ساختارهای پیرازولی با خواص کاربردی در شیمی دارویی و کشاورزی.....	۹
شمای ۱-۱۲: سنتز پیرازول‌ها با استفاده از هیدرازین و سیکلوبوتانون‌ها در مجاورت اسید لوئیس.....	۱۰
شمای ۱-۱۳: سنتز پیرازول‌ها با استفاده از آمید وینرب.....	۱۰
شمای ۱-۱۴: سنتز پیرازول‌های پراستخلاف با استفاده از نیتروالفین‌ها و هیدرازون‌ها.....	۱۱
شمای ۱-۱۵: سنتز چهار جزئی پیرازول‌ها در مجاورت کاتالیزور پالادیوم.....	۱۱
شمای ۱-۱۶: سنتز پیرازول‌ها و پیرازولین‌ها با استفاده از آلن‌ها و ترکیبات دی‌آزو دی‌کربوکسیلات.....	۱۱
شمای ۱-۱۷: ترکیبات اسپایرواکسیندول طبیعی با خواص بیولوژیکی.....	۱۲
شمای ۱-۱۸: روش دنیشفسکی برای سنتز اسپایرواکسیندول با استفاده از پایه ایندول.....	۱۳
شمای ۱-۱۹: سنتز هسته اسپایرو هورسفیلین با استفاده از واکنش درون مولکولی آریل هالیدها با کاتالیزور	
کمپلکس پالادیوم.....	۱۳
شمای ۱-۲۰: بسط حلقه‌های سیکلوپروپیل برای سنتز ترکیبات اسپایرو.....	۱۴

- شمای ۱-۲۱: سنتز بیس اسپایرواکسیندولها با سه مرکز کایرال در مجاورت اورگانوکاتالیزور..... ۱۴
- شمای ۱-۲۲: سنتز دی‌اکسو بیسیکلو اکتان-اکسواپندولها در مجاورت تیتانیوم تتراکلرید..... ۱۵
- شمای ۱-۲۳: واکنش سه جزئی ویلیامز برای سنتز اسپایرواکسیندول..... ۱۵
- شمای ۱-۲۴: سنتز بدون کاتالیزور اسپایرو ایندنو-پیریدو پیریمیدین-ایندولینها..... ۱۶
- شمای ۱-۲۵: سه روش ارائه شده برای سنتز اسپایرواکسیندول-پیرازولینها..... ۱۶
- شمای ۱-۲۶: پیرازین‌های آروماتیک..... ۱۷
- شمای ۱-۲۷: انواع پیریمیدین‌های آروماتیک و مشتقات کاهش یافته آنها..... ۱۸
- شمای ۱-۲۸: انواع پیریدازین‌های آروماتیک و پیریدازینونها..... ۱۹
- شمای ۱-۲۹: ترکیبات فعال طبیعی با اسکلت پیریدازینی..... ۲۰
- شمای ۱-۳۰: ساختارهای پیرازولی با خواص کاربردی در شیمی دارویی و کشاورزی..... ۲۰
- شمای ۱-۳۱: سنتز پیریدازینها با استفاده از آزا ایلیدها..... ۲۱
- شمای ۱-۳۲: سنتز پیریدازینونها بر مبنای اجزای ۱+۵ طی افزایش جزء هیدرازینی به پذیرنده مایکل..... ۲۲
- شمای ۱-۳۳: سنتز پیریدازینونها طی واکنش چهارجزئی اوگی با استفاده از اکسوهیدرازونها..... ۲۲
- شمای ۱-۳۴: هیدرازین‌دار کردن الکترون‌دوستی انولاتها برای سنتز ۱،۴-دی‌هیدرو پیریدازینها (الف: بالا، ب: پایین)..... ۲۳
- شمای ۱-۳۵: استفاده از دی‌آزا دی‌انها در واکنشی غیر از حلقه‌زایی ۲+۴ برای سنتز پیریدازینها..... ۲۳
- شمای ۱-۳۶: سنتز ۱،۴-دی‌هیدروپیریدازینها طی افزایش هیدرازین به پذیرنده مایکل تری‌کربونیتریل..... ۲۳
- شمای ۱-۳۷: واکنش هترودیازول-آلدردر برای سنتز پیریدازینها..... ۲۴
- شمای ۱-۳۸: انواع ۱،۲-بنزودیازپینها با سه پیوند دوگانه..... ۲۵
- شمای ۱-۳۹: انواع ۱،۴-دiazپین‌های پایه‌ای..... ۲۵
- شمای ۱-۴۰: ۱،۵-بنزودیازپین-۲-اون‌های فعال بیولوژیکی با خواص دارویی..... ۲۶
- شمای ۱-۴۱: سنتز بنزودیازپینونها طی واکنش آریل‌دار کردن درون مولکولی آمینها..... ۲۷
- شمای ۱-۴۲: سنتز ۱،۵-بنزودیازپینها با استفاده از انامینون..... ۲۸
- شمای ۱-۴۳: سنتز بنزودیازپین‌های پرفلوره با استفاده از انامینون پرفلورو استیلن‌استرها..... ۲۸
- شمای ۱-۴۴: سنتز ۱،۵-بنزودیازپینها با استفاده از واکنش فنیل‌دی‌آمین و چالکن حاصل از واکنش سونوگاشی..... ۲۸
- شمای ۱-۴۵: سنتز ۱،۵-بنزودیازپینونها با استفاده از محصول استیله شده بیلیس-هیلمن..... ۲۹

- شمای ۱-۴۶: سنتز ۵,۱-بنزودیازپینون‌ها با استفاده از ترکیب مزویونی ۲۹
- شمای ۲-۱: واکنش آریل ایزوسیانات‌ها با دی‌آریل یا دی‌آلکیل کربودی‌ایمیدهای متقارن در دمای بالا ۳۱
- شمای ۲-۲: دو نمونه از واکنش‌های ایزوسیانات و کربودی‌ایمیدهای نامتقارن و اثرات الکترونی و فضایی روی مکان‌گزینی واکنش ۳۲
- شمای ۲-۳: واکنش دی‌آلکیل کربودی‌ایمید و آریل‌سولفونیل ایزوسیانات ۳۳
- شمای ۲-۴: طراحی واکنش‌های ایزوسیانات‌ها و دی‌آلکیل کربودی‌ایمیدها در مجاورت هتروسیکل‌های آروماتیک نیتروژن‌دار ۳۴
- شمای ۲-۵: دو مسیر پیش‌بینی شده برای واکنش NMI یا پیریدین، ایزوسیانات‌ها و کربودی‌ایمیدها ۳۴
- شمای ۲-۶: واکنش تک‌ظرفی و اکی‌مولار پیریدین، توسیل ایزوسیانات و دی‌ایزوپروپیل کربودی‌ایمید ۳۵
- شمای ۲-۷: سنتز ترکیبات متقارن ۴-آریل‌سولفونیل ایمینو-۱,۳-دی‌آزتیدین-۲-اون ۳۶ ۳۶
- شمای ۲-۸: تأیید عدم تشکیل محصولات ۳۶ بدون استفاده از پیریدین به عنوان آغازگر واکنش ۳۷
- شمای ۲-۹: عدم تشکیل محصولات ۳۶ با *N*-متیل‌ایمیدازول و یا تری‌آزین ۳۷
- شمای ۲-۱۰: استفاده از فنیل ایزوسیانات و فنیل ایزوتیوسیانات به جای آریل‌سولفونیل ایزوسیانات و عدم تشکیل محصول متقارن ۳۷ ۳۸
- شمای ۲-۱۱: دیاگرام ORTEP ترکیب ۴-آریل‌سولفونیل ایمینو-۱,۳-دی‌آزتیدین-۲-اون ۳۶a ۴۰
- شمای ۲-۱۲: مکانیسم پیشنهادی برای تشکیل ۴-آریل‌سولفونیل ایمینو-۱,۳-دی‌آزتیدین-۲-اون ۳۶ ۴۱
- شمای ۲-۱۳: مقایسه حدواسط‌ها و محصولات ناشی از خروج پیریدین و یا شکستن پیوند N-CO برای دو واکنش پیریدین-سولفونیل ایزوسیانات و پیریدین-فنیل ایزوسیانات و فنیل ایزوتیوسیانات ۴۲
- شمای ۲-۱۴: مقایسه حدواسط‌های حاصل از واکنش پیریدین، ایمیدازول و تری‌آزین در واکنش با سولفونیل-ایزوسیانات و کربودی‌ایمید ۴۳
- شمای ۲-۱۵: سنتز پیرازول‌های پراستخلاف با عبور از حدواسط ۵۰ تحت شرایط تک‌ظرفی ۴۴
- شمای ۲-۱۶: واکنش دو جزئی فنیل هیدرازین و دی‌آلکیل استیلن دی‌کربوکسیلات ۴۵
- شمای ۲-۱۷: واکنش طراحی شده برای سنتز پیرازول‌ها ۴۶
- شمای ۲-۱۸: تشکیل پیرازول ۵۳ به جای پیرازول ۵۲ از واکنش فنیل هیدرازین، دی‌متیل استیلن‌دی-کربوکسیلات و بنزوئیل کلرید ۴۷

- شمای ۱۹-۲: واکنش فنیل هیدرازین، دی آلکیل استیلن دی کربوکسیلات و بنزوئیل کلرید برای سنتز *N*-فنیل-۵,۳-۵۳
- ۴۷..... دی کربوکسیلات ۵۳
- شمای ۲۰-۲: استفاده از دی ترشیوبوتیل استیلن دی کربوکسیلات در واکنش با هیدرازین و ترکیبات ACOCl..... ۴۹
- شمای ۲۱-۲: استفاده از دی بنزوئیل استیلن و آلکیل استیلن کربوکسیلات در واکنش با هیدرازین و ترکیبات PhCOCl..... ۵۰
- شمای ۲۲-۲: استفاده از ترکیبات شامل COCl غیر از بنزوئیل و فوماریل کلرید..... ۵۰
- شمای ۲۳-۲: مکانیسم پیشنهادی برای سنتز *N*-فنیل-۵,۳-دی کربوکسیلات ۵۳ و ۵۵..... ۵۲
- شمای ۲۴-۲: واکنش فنیل هیدرازین و دی ترشیوبوتیل استیلن دی کربوکسیلات برای تأیید مکانیسم احتمالی واکنش ۵۳..... ۵۳
- شمای ۲۵-۲: استفاده از پارانیتر و بنزوئیل کلرید در واکنش با هیدرازین و استیلن دی استر..... ۵۴
- شمای ۲۶-۲: تشکیل تری فنیل پیرازول با استفاده از دی بنزوئیل استیلن..... ۵۵
- شمای ۲۷-۲: سنتز اسپایرواکسیندول با استفاده از حدواسط کیتین آمینال..... ۵۵
- شمای ۲۸-۲: سنتز اسپایرواکسیندول با استفاده از حدواسط نیترو کتین آمینال..... ۵۶
- شمای ۲۹-۲: سنتز ترکیب ۱,۱-بیس هیدرازینو-۲-نیترواتیلن..... ۵۶
- شمای ۳۰-۲: واکنش هیدرازین آبی، ۱,۱-بیس(متیل تیو)-۲-نیترواتیلن و ایزاتین برای تشکیل اسپایرواکسیندول- پیرازولین ۶۶..... ۵۷
- شمای ۳۱-۲: مکانیسم پیشنهادی برای سنتز ترکیبات اسپایرواکسیندول-پیرازولین ها..... ۶۰
- شمای ۳۲-۲: واکنش انواع ۲,۱-دی الکترون دوست های هالوژنه با هیدرازین و ۱,۱-بیس(متیل تیو)-۲-نیترواتیلن برای سنتز پیریدازین ها..... ۶۲
- شمای ۳۳-۲: ساختار و فرم های ایزومری ممکن برای محصول واکنش هیدرازین، بیس(متیل تیو)-۲-نیترواتیلن و بنزیل..... ۶۳
- شمای ۳۴-۲: واکنش هیدرازین، ۱,۱-بیس(متیل تیو)-۲-نیترواتیلن و دی آریل-۲,۱-اتان دی اونیون ها برای سنتز ترکیبات ۴,۱-دی هیدرو هیدرازینو پیریدازینول ۷۱..... ۶۴
- شمای ۳۵-۲: سنتز پیریدازین های آروماتیک چند حلقه ای با استفاده از اسنفتوکینون و فناترن کینون..... ۶۶
- شمای ۳۶-۲: مکانیسم پیشنهادی برای تشکیل ۴,۱-دی هیدرو هیدرازینو پیریدازینول ۷۱..... ۶۷
- شمای ۳۷-۲: واکنش اوگی و تشکیل آلفا آمیدو آمید (پپتوئید)..... ۶۹

- شمای ۲-۳۸: واکنش اورتوفنیلن دی‌آمین، دی‌کیتین، فنیل استیک‌اسید و سیکلوهگزیل ایزوسیانیید برای سنتز ترکیب دیازپین **۸۲a** ۷۰
- شمای ۲-۳۹: واکنش اورتوفنیلن دی‌آمین، دی‌کیتین، کربوکسیلیک اسید و سیکلوهگزیل ایزوسیانیید برای سنتز ترکیبات تتراهیدرو-۱،۵-بنزودیازپین-۲-کربوکسامید **۸۲** ۷۱
- شمای ۲-۴۰: دو ساختار کنفورماسیونی محصولات **۸۲** در فاز محلول در DMSO ۷۳
- شمای ۲-۴۱: ساختار ترکیب **۸۲a** در حالت جامد و دیگرام ORTEP مربوط به تک بلور آن ۷۵
- شمای ۲-۴۲: طیف $^1\text{H NMR}$ تغییرات گرمایی ترکیب **۸۲a** قسمت CONH ۷۷
- شمای ۲-۴۳: مکانیسم پیشنهادی برای تشکیل ترکیبات ۱،۵-بنزودیازپین-۲-کربوکسامید **۸۲** ۷۹
- شمای ۲-۴۴: سنتز حدواسط **۸۴** برای تأیید مکانیسم واکنش ۷۹
- شمای ۲-۴۵: سنتز ۱،۵-بنزودیازپین-۲-اون‌ها با گروه‌های فسفانیلیدین یا فسفوناتو سوکسینات ۸۱
- شمای ۲-۴۶: توتومری شدن ایمین-انامین ترکیب **۸۴** ۸۲
- شمای ۲-۴۷: واکنش اورتوفنیلن دی‌آمین و دی‌کیتین در مجاورت آریل سولفونیل ایزوسیانیات و یا بنزوئیل ایزوتیوسیانیات برای سنتز ترکیبات ۱،۵-بنزودیازپین-۲-اون‌ها با گروه سولفونامید **۹۱** ۸۲
- شمای ۲-۴۸: دو ایزومر چرخشی حاصل از چرخش محدود شده حول پیوند کربن-کربن در ترکیب **۸۸** ۸۴
- شمای ۲-۴۹: دیگرام ORTEP مربوط به تک بلور **۸۸c** ۸۵
- شمای ۲-۵۰: دو دیاسترومر ممکن برای ترکیب **۸۹** ۸۶
- شمای ۲-۵۱: مکانیسم پیشنهادی برای تشکیل ترکیبات ۱،۵-بنزودیازپین-۲-اون‌ها با گروه‌های سولفونامید **۹۱**، فسفانیلیدین سوکسینات **۸۸** و فسفوناتو سوکسینات **۸۹** ۸۸
- شمای ۳-۱: طیف IR ترکیب **۳۶a** ۹۵
- شمای ۳-۲: طیف جرمی ترکیب **۳۶a** ۹۶
- شمای ۳-۳: طیف $^1\text{H NMR}$ ترکیب **۳۶a** ۹۶
- شمای ۳-۴: طیف $^{13}\text{C NMR}$ ترکیب **۳۶a** ۹۷
- شمای ۳-۵: طیف IR ترکیب **۳۶b** ۹۷
- شمای ۳-۶: طیف جرمی ترکیب **۳۶b** ۹۸

۹۸.....	شمای ۳-۷: طیف ^1H NMR ترکیب ۳۶b
۹۹.....	شمای ۳-۸: طیف ^{13}C NMR ترکیب ۳۶b
۱۰۵.....	شمای ۳-۹: طیف ^1H NMR ترکیب ۵۱a
۱۰۵.....	شمای ۳-۱۰: طیف ^1H NMR ترکیب ۵۱c
۱۰۶.....	شمای ۳-۱۱: طیف IR ترکیب ۵۳a
۱۰۶.....	شمای ۳-۱۲: طیف جرمی ترکیب ۵۳a
۱۰۷.....	شمای ۳-۱۳: طیف ^1H NMR ترکیب ۵۳a
۱۰۷.....	شمای ۳-۱۴: طیف ^{13}C NMR ترکیب ۵۳a
۱۰۸.....	شمای ۳-۱۵: طیف IR ترکیب ۵۵a
۱۰۸.....	شمای ۳-۱۶: طیف جرمی ترکیب ۵۵a
۱۰۹.....	شمای ۳-۱۷: طیف ^1H NMR ترکیب ۵۵a
۱۰۹.....	شمای ۳-۱۸: طیف ^{13}C NMR ترکیب ۵۵a
۱۱۴.....	شمای ۳-۱۹: طیف ^1H NMR ترکیب ۶۴
۱۱۴.....	شمای ۳-۲۰: طیف ^{13}C NMR ترکیب ۶۴
۱۱۵.....	شمای ۳-۲۱: طیف IR ترکیب ۶۶a
۱۱۵.....	شمای ۳-۲۲: طیف جرمی ترکیب ۶۶a
۱۱۶.....	شمای ۳-۲۳: طیف ^1H NMR ترکیب ۶۶a در حلال $\text{DMSO}-d_6$
۱۱۶.....	شمای ۳-۲۴: طیف ^1H NMR ترکیب ۶۶a در مخلوط حلالهای $\text{DMSO}-d_6/\text{D}_2\text{O}$
۱۱۷.....	شمای ۳-۲۵: طیف ^{13}C NMR ترکیب ۶۶a
۱۲۱.....	شمای ۳-۲۶: طیف IR ترکیب ۷۱a
۱۲۲.....	شمای ۳-۲۷: طیف جرمی ترکیب ۷۱a
۱۲۲.....	شمای ۳-۲۸: طیف ^1H NMR ترکیب ۷۱a در حلال $\text{DMSO}-d_6$
۱۲۳.....	شمای ۳-۲۹: طیف ^1H NMR ترکیب ۷۱a در مخلوط حلالهای $\text{DMSO}-d_6/\text{D}_2\text{O}$
۱۲۳.....	شمای ۳-۳۰: طیف ^{13}C NMR ترکیب ۷۱a