

٤٢٣٧٤



دانشگاه مازندران

## دانشگاه مازندران

دانشکده علوم پایه

موضوع:

سنتز سیستم های آلی جدید با استفاده از به دام اندازی حدواسط های فعال

بتایین و استفاده از روشهای نوین اوربیتال مولکولی در محاسبه انرژی و

پایدارترین صورتبندی ترکیبات آلی

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد شیمی (آلی)

۱۳۸۱ / ۸ / ۱۴

استاد راهنما:

دکتر ربابه بهارفر

استاد مشاور:

دکتر سکینه اصغری

نگارش:

سید جواد حسینی

خرداد ۱۳۸۱

۴۲۲۷۴

کتابخانه مرکزی  
دانشگاه مازندران  
مهرماه ۱۳۸۱

«سهمه تعالی»

دانشگاه مازندران  
معاونت آموزشی  
تحصیلات تکمیلی

## «ارزشیابی پایان نامه در جلسه دفاعیه»

دانشکده علوم پایه

نام و نام خانوادگی: سیدجواد حسینی شماره دانشجویی: ۷۸۵۲۴۷۹۱۲

رشته تحصیلی: شیمی آلی مقطع: کارشناسی ارشد سال تحصیلی: ۸۰-۸۱

عنوان پایان نامه: سنتز سیستمهای آلی جدید با استفاده از به دام اندازی حد واسط فعال بتائین، محاسبه انرژی پایداری ترکیبات

تاریخ دفاع: دوشنبه ۸۱/۳/۲۷ ساعت ۱۰ صبح

نمره پایان نامه (به عدد): ۱۹٫۵

نمره پایان نامه (به حروف): نوزده و پنج

هیأت داوران

استاد راهنما: خانم دکتر ربابه بهارفر

استاد مشاور: خانم دکتر سکینه اصغری

استاد مدعو: آقای دکتر محمود تاجبخش

استاد مدعو: آقای دکتر موسی قائمی

نماینده تحصیلات تکمیلی: آقای دکتر منصور لکوریج

امضاء

امضاء

امضاء

امضاء

امضاء

با سپاس به درگاه خداوند متعال که به واسطه الطاف بیکرانش توانایی شروع و اتمام این تلاش را به من ارزانی داشت. امیدوارم که حاصل این تلاش در جهت رسیدن به اهداف علمی کشور عزیزم ایران، مفید واقع گردد.

ابتدا از استاد راهنما سرکار خانم دکتر بهارفر که زحمات بسیاری در به ثمر رساندن این تلاش، متحمل شدند تشکر می‌کنم و خواهان توفیق روز افزون ایشان در تمامی مراحل زندگی از خداوند متعال می‌باشم.

از استاد مشاور سرکار خانم دکتر اصغری، که از تجارب گرانبهای ایشان در پیشبرد اهداف پایان نامه بهره بسیار گرفته شد، تشکر نموده و برای ایشان آرزوی سلامتی و بهروزی از درگاه حق تعالی دارم.

از اساتید محترم مدعو جناب آقای دکتر محمود تاجبخش و جناب آقای دکتر قائمی و جناب آقای دکتر لکوریج نماینده تحصیلات تکمیلی که زحمت مطالعه پایان نامه و شرکت در جلسه دفاع را تقبل نمودند تشکر می‌کنم.

از جناب آقای دکتر عزیزاده، ریاست محترم دانشکده علوم پایه و سایر اساتید گروه شیمی و کلیه مسئولین و کارکنان محترم واحدهای کتابخانه، انبار مواد شیمیایی، انتشارات دانشگاه مازندران که با اینجانب همکاری داشته اند، سپاسگذارم.

از همکاری پرسنل دانشگاه تربیت مدرس، مخصوصاً مسئول اتاق NMR 500، آقای حمید رضا بیژن زاده تشکر می‌کنم.

از همکاری دوستان ارجمندم، بویژه آقای مهدی نوریان که در نگارش پایاننامه زحمت زیادی را متقبل شدند، صمیمانه سپاسگذارم.

مراعاتات در آن علمی برین  
تمت به درک

برگ سبزی تقدیم به گلستان پر مهر و محبت خانواده‌ام

پدر عزیز و بزرگوارم

معنای صبر و وفاداری و تجلی مهر و محبت، مادرم و

خواهران و برادرانم

تقدیم به همسر عزیزم و خانواده‌ی پر از مهر ایشان

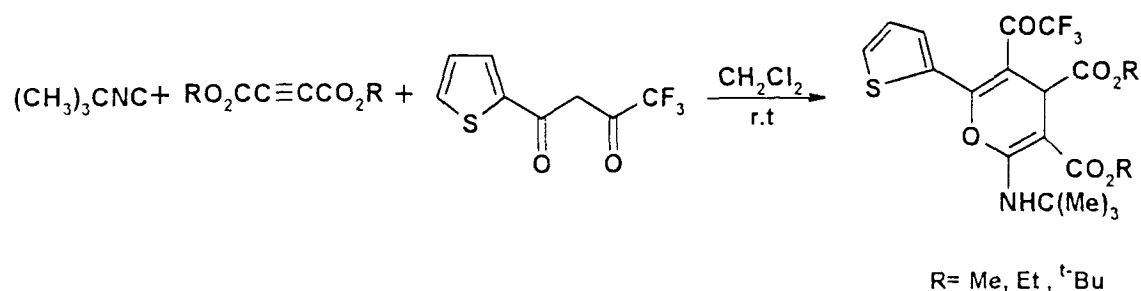
## چکیده

در فصل اول یک روش ساده و ویژه برای سنتز شیمی گزین مشتقات پر استخلاف

۴H - پیران با استفاده از واکنش ۲- تنوییل تری فلورو استن با استرهای استیلنی در مجاورت

ترسیو بوتیل ایزوسیانید ارائه می شود. از جمله مزایای این روش می توان استخراج آسان ، راندمان

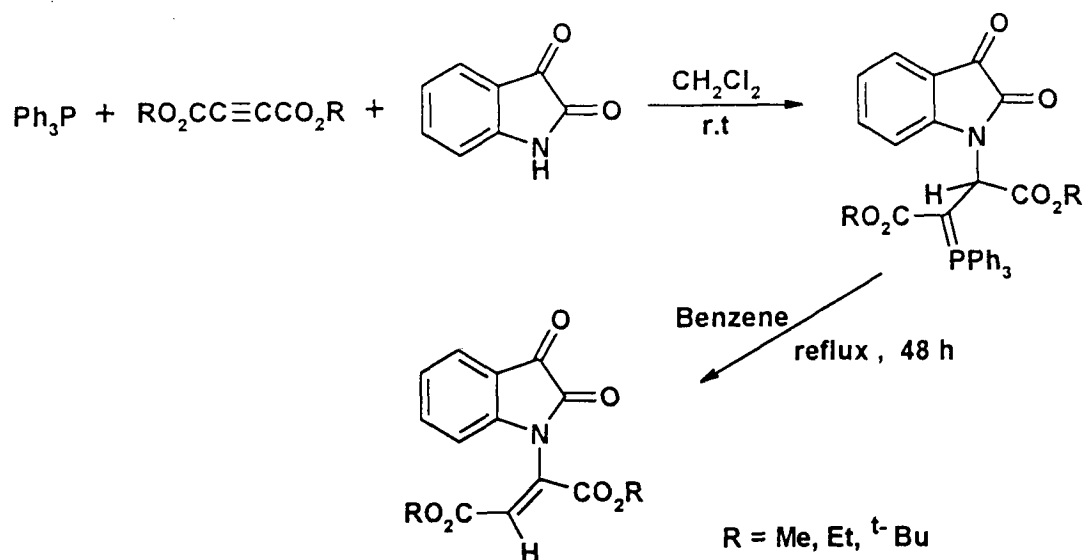
بالا و زمان کوتاه واکنش را نام برد.



در فصل دوم روشی برای سنتز اولفینهای پر استخلاف و کم الکترون با استفاده از واکنش

ایزاتین با استرهای استیلنی در مجاورت تری فنیل فسفین، ارائه می شود. نکته قابل توجه در این

واکنش نقش کاتالیزوری تری فنیل فسفین می باشد.



در فصل سوم پایداری این ترکیبات با بهره گرفتن از روشهای محاسباتی مورد مطالعه قرار می گیرد.

## فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول	
بخش ۱: نگرشی بر ساختار، روشهای تهیه و واکنش های ایزوسیانیدها	۱
۱-۱- تاریخچه تهیه ایزوسیانیدها	۲
۲-۱- ساختار و خواص فیزیکی شیمیایی ایزوسیانیدها	۳
۱-۲-۱- طیف $^1\text{H-NMR}$	۴
۲-۲-۱- طیف IR	۴
۳-۱- تهیه ایزوسیانیدها	۵
۱-۳-۱- تهیه ایزوسیانیدها از واکنش دی متیل فرمامید و تیونیل کلرید	۵
۲-۳-۱- تهیه ایزوسیانیدها از N-آلکیل فرمی میدات	۶
۴-۱- واکنشهای شیمیایی ایزوسیانیدها	۷
۱-۴-۱- مقدمه	۷
۲-۴-۱- واکنش با الکترون دوست ها	۸
۱-۲-۴-۱- واکنش با هالوژن ها	۸
۲-۲-۴-۱- واکنش با هالیدهای هیدروژن	۹
۳-۲-۴-۱- واکنش با کربوکسیلیک اسیدها	۹
۴-۲-۴-۱- واکنش با اسیدکلریدها	۹
۳-۴-۱- واکنشهای تراکمی چند مرکزی	۱۰
۱-۳-۴-۱- واکنش پاسرنی	۱۰
۲-۳-۴-۱- واکنش یوگی	۱۱
۴-۴-۱- واکنش با بنزاین	۱۳
۵-۴-۱- واکنش با هسته دوست ها	۱۳
۱-۵-۴-۱- هیدرولیز اسیدی ایزوسیانیدها	۱۴
۲-۵-۴-۱- واکنش ایزوسیانیدها با واکنشگرهای آلی- فلزی	۱۴

- بخش ۲: سنتز مشتقات پر استخلاف ۴H- پیران حاصل از واکنش ۲- تنوییل تری فلوئورو استن
- ۱۷..... با استرهای استیلنی در مجاورت ترسیو بوتیل ایزوسیانید
- ۱۸..... ۵-۱- شیمی ترکیبات  $\beta$ - دی کربونیل
- ۱۹..... ۶-۱- تهیه ترکیبات  $\beta$ - دی کربونیل
- ۱۹..... ۱-۶-۱- تهیه  $\beta$ - دی کربونیل ها با استفاده از تراکم کلایزن
- ۲۱..... ۲-۶-۱- تهیه  $\beta$ - دی کربونیل ها به روش واکنش لیتیم انولاتها با اسید کلریدها
- ۲۱..... ۳-۶-۱- تهیه  $\beta$ - دی کربونیل ها به روش اکسایش ۳- هیدروکسی کربونیل ها با استفاده از واکنشگر کوری - کیم (N-کلرو سوکسینیمید- دی متیل سولفید) و سایر واکنشگرهای اکساینده
- ۲۳.....
- ۲۴..... ۷-۱- واکنشهای  $\beta$ - دی کربونیل ها
- ۲۴..... ۱-۷-۱- واکنش  $\beta$ - دی کربونیل ها با سلنیم فلزی به عنوان یک الکتروفیل
- ۲۴..... ۲-۷-۱- واکنش تراکمی  $\beta$ - دی کربونیل ها با ۳,۲، دی هیدروفوران
- ۲۶..... ۳-۷-۱- واکنش های حلقه زایی ترکیبات کربونیل دار با ایزوسیانیدها
- ۲۶..... ۴-۷-۱- واکنش های حلقه زایی ترکیبات کربونیل دار با ایزوسیانیدها در مجاورت آلکیل لیتیم
- ۲۷.....
- ۲۷..... ۵-۷-۱- واکنش حلقه زایی ترکیبات کربونیل دار  $\beta, \alpha$  سیر نشده با ایزوسیانیدها
- ۲۸..... ۸-۱- تنوییل تری فلوئورو استن یک ترکیب  $\beta$ - دی کربونیل با استخلافات الکترون کشنده
- ۲۸..... ۹-۱- سنتز ۲- تنوییل تری فلوئورو استن
- ۲۸..... ۱۰-۱- سنتز شیمی گزین دی آلکیل ۲- (ترسیو بوتیل آمینو) -۶- (۲-تنوییل) -۵- (۲,۲,۲-تری فلوئورو استیل) -۴H- پیران -۳,۴ - دی کربوکسیلات
- ۲۹.....
- ۲۹..... ۱۱-۱- بررسی طیف های دی آلکیل ۲- (ترسیو- بوتیل آمینو) -۶- (۲-تنوییل) -۵- (۲,۲,۲-تری فلوئورو استیل) -۴H- پیران -۳,۴ - دی کربوکسیلات
- ۳۳.....
- ۳۶..... ۱۲-۱- بخش تجربی
- ۳۶..... ۱-۱۲-۱- مواد و حلال های مورد استفاده
- ۳۶..... ۲-۱۲-۱- دستگاهها و لوازم مورد نیاز



- ۳۷-۱۲-۳ خشک کردن دی کلرومتان (حلال واکنش).....
- ۱-۱۲-۴-۱ روش کار عمومی سنتز دی آلکیل -۲- (ترسیو بوتیل آمینو) -۶- (۲-تنوییل) -۵-  
 (۲,۲,۲) -تری فلوئورو استیل) -۴H- پیران-۳,۴- دی کربوکسیلات..... ۳۷
- ۱-۱۲-۵-۱ سنتز دی متیل -۲- (ترسیو- بوتیل آمینو) -۶- (۲-تنوییل) -۵- (۲,۲,۲) -تری فلوئورو  
 استیل) -۴H- پیران-۳,۴- دی کربوکسیلات..... ۳۸
- ۱-۱۱-۴-۱ سنتز دی اتیل -۲- (ترسیو بوتیل آمینو) -۶- (۲-تنوییل) -۵- (۲,۲,۲) -تری فلوئورو  
 استیل) -۴H- پیران-۳,۴- دی کربوکسیلات..... ۳۹
- ۱-۱۱-۵-۱ سنتز دی ترسیو بوتیل -۲- (ترسیو بوتیل آمینو) -۶- (۲-تنوییل) -۵- (۲,۲,۲) -تری  
 فلوئورو استیل) -۴H- پیران-۳,۴- دی کربوکسیلات..... ۴۰

## فصل دوم

- بخش ۱: مقدمه ای بر ایلیدهای پایدار فسفر..... ۶۰
- ۱-۲-۱- ساختار و ماهیت ایلیدها..... ۶۱
- ۲-۲- تهیه ایلیدهای فسفر..... ۶۳
- ۱-۲-۲-۱- تهیه ایلیدهای فسفر از نمکهای فسفونیم..... ۶۴
- ۲-۲-۲-۲- تهیه ایلیدهای فسفر از کاربنها..... ۶۵
- ۳-۲-۲-۲- تهیه ایلیدهای فسفر با استفاده از افزایش مایکل به نمکهای فسفونیم..... ۶۵
- ۳-۲-۳-۲- واکنشهای ایلیدها..... ۶۶
- ۱-۳-۲-۱- واکنش با هالوژن..... ۶۶
- ۲-۳-۲-۲- واکنش با الکیل هالیدها..... ۶۸
- ۳-۳-۲-۳- واکنش ایلیدها با ترکیبات کربونیل دار  $\alpha, \beta$  سیرنشده..... ۶۹
- ۴-۳-۲-۴- واکنش ایلیدها با استرهای استیلنی..... ۷۰
- ۱-۴-۳-۲-۴- شیمی استرهای استیلنی..... ۷۰
- ۲-۴-۳-۲-۲- واکنش ایلیدها با DMAD در حلال بدون پروتون..... ۷۲
- ۳-۴-۳-۲-۳- واکنش ایلیدها با DMAD در حلال پروتون دار..... ۷۳
- ۵-۲-۵-۵- واکنش ویتیک..... ۷۴

عنوان	صفحه
۲-۵-۱- ویژگیهای واکنش ویتینگ و واکنشهای وابسته به آن	۷۵
۲-۵-۱-۱- فضا گزینی در واکنش ویتینگ	۷۵
۲-۵-۱-۲- واکنش ویتینگ با ترکیباتی غیر از الدهیدها و کتونها	۷۷
۲-۵-۱-۳- واکنش ویتینگ بی تقارن	۷۸
۲-۵-۱-۴- واکنش ویتینگ بر بستر جامد	۸۰
بخش ۲: سنتز اولفینهای پراستخلاف و کم الکترون با استفاده از ایلیدهای حاصل از واکنش	
ایزاتین با استرهای استیلنی در مجاورت تری فنیل فسفین	۸۱
۲-۶- تاریخچه تهیه ایزاتین	۸۲
۲-۷- سنتز ایزاتین و مشتقات آن	۸۳
۲-۷-۱- سنتز ایزاتین با استفاده از ارتو- نیترو بنزیل کلرید	۸۳
۲-۷-۲- سنتز ایزاتین و مشتقات آن به روش های توسعه یافته سندمایر	۸۳
۲-۷-۲-۱- سنتز چند مرحله ای ایزاتین با استفاده از تیرکاربانالید	۸۳
۲-۷-۲-۲- سنتز ایزاتین با استفاده از آنیلین	۸۴
۲-۷-۳- تهیه ایزاتین به روش واکنش ایمیدکلریدهای استخلاف شده با سولفوریک اسید	۸۵
۲-۷-۴- سنتز مشتقات ایزاتین با استفاده از پارا-تولوئیدین و دی کلرو استیک اسید	۸۵
۲-۷-۵- روش توسعه یافته استول	۸۶
۲-۸- خواص عمومی ایزاتین	۸۶
۲-۹- توتومری در ایزاتین	۸۷
۲-۱۰- اکسایش و کاهش ایزاتین	۸۷
۲-۱۰-۱- اکسایش ایزاتین با کرومیک اسید	۸۷
۲-۱۰-۲- اکسایش ایزاتین با پتاسیم پرمنگنات	۸۸
۲-۱۰-۳- کاهش ایزاتین	۸۹
۲-۱۱- واکنشهای ایزاتین	۹۰
۲-۱۱-۱- واکنش ایزاتین با واکنشگر گرینارد	۹۰
۲-۱۱-۲- واکنش ایزاتین با ترکیبات ارگانو فسفر دارای گروه متیلنی فعال	۹۱
۲-۱۲- سنتز دی آلکیل (Z)-۲-(۳,۲-دی اکسو-۳,۲-دی هیدرو-۱H-ایندول-۱-ایل)-۲- بوتن	۹۲
دی آت	۹۲

۱۳-۲- بررسی طیف های دی آلکیل (Z)-۲-(۳,۲-دی اکسو-۳,۲-دی هیدرو-۱H- ایندول-۱- ایل)-۲- بوتن دی آت	۹۴
۱۴-۲- بخش تجربی	۹۷
۱-۱۴-۱- مواد و حلال های مورد استفاده	۹۷
۱-۱۴-۲- دستگاهها و لوازم مورد نیاز	۹۷
۲-۱۴-۲- روش کار عمومی سنتز دی آلکیل (Z)-۲-(۳,۲-دی اکسو-۳,۲-دی هیدرو-۱H- ایندول-۱- ایل)-۲- بوتن دی آت	۹۷
۳-۱۴-۲- سنتز دی متیل (Z)-۲-(۳,۲-دی اکسو-۳,۲-دی هیدرو-۱H- ایندول-۱- ایل)-۲- بوتن دی آت	۹۸
۴-۱۴-۲- سنتز دی اتیل (Z)-۲-(۳,۲-دی اکسو-۲,۲-دی هیدرو-۱H- ایندول-۱- ایل)-۲- بوتن دی آت	۹۹
۵-۱۴-۲- سنتز دی ترسیو بوتیل (Z)-۲-(۳,۲-دی اکسو-۲,۲-دی هیدرو-۱H- ایندول-۱- ایل)-۲- بوتن دی آت	۱۰۰

## فصل سوم

مطالعه پایداری مولکولهای سنتزی با استفاده از روشهای محاسباتی	۱۱۶
۱-۳- مقدمه	۱۱۷
۲-۳- روشهای محاسباتی	۱۱۸
۳-۳- شبیه سازی مولکولها	۱۱۸
۴-۳- مختصری در مورد مبانی کوانتومی روشهای اوربیتال مولکولی	۱۲۰
۵-۳- بنای اوربیتالهای مولکولی با استفاده از تقریب LCAO	۱۲۶
۷-۳- روشها و نرم افزارهای مهم abinitio	۱۲۹
۸-۳- تاثیرات Basis set	۱۲۹
۹-۳- انواع basis set	۱۳۰
Minimal Basis set	۱-۹-۳
Split Valance Basis set	۲-۹-۳

۱۳۱.....	Polarized Basis set -۴-۱۳-۳
۱۳۱.....	۱۰-۳- روشهای نیمه تجربی مکانیک کوانتومی
۱۳۲.....	۱-۱۰-۳- روش اوربیتال مولکولی هوکل
۱۳۲.....	۲-۱۰-۳- روش صرف نظر کامل از همپوشانی جزئی
۱۳۲.....	۳-۱۰-۳- روش INDO
۱۳۳.....	۴-۱۰-۳- روش MINDO
۱۳۳.....	۵-۱۰-۳- روش MNDO
۱۳۴.....	۶-۱۰-۳- روش AM <sub>1</sub>
۱۳۵.....	۷-۱۰-۳- روش PM3
۱۳۶.....	۱۱-۳- مقایسه روشهای نیمه تجربی
۱۳۷.....	۱۲-۳- نرم افزارهای محاسباتی نیمه تجربی موجود
۱۳۸.....	۱۳-۳- مقایسه پایداری مولکولهای سنتزی به وسیله روشهای محاسباتی
۱۴۰.....	۱۴-۳- دورنمای آینده
۱۴۱.....	۱۵-۳- مقایسه پایداری مولکولهای سنتزی به وسیله روشهای محاسباتی
۱۴۲.....	۱-۱۵-۳- نتایج حاصل از محاسبات
۱۴۳.....	۱۶-۳- بخش تجربی
۱۴۳.....	۱-۱۶-۳- دستگاهها و نرم افزارهای مورد نیاز
۱۴۳.....	۲-۱۶-۳- روند کلی محاسبات
۱۴۵.....	بحث و نتیجه گیری
۱۴۶.....	فهرست منابع و مراجع

## فهرست نمودارها

عنوان	صفحه
نمودار(۱-۱): تهیه ایزوسیانیدها از واکنش دی متیل فرمامید و تیونیل کلرید	۶.....
نمودار(۲-۱): تهیه ایزوسیانیدها از N-آلکیل فرمی میدات	۶.....
نمودار(۳-۱): واکنش با هالوژن ها	۸.....
نمودار(۴-۱): واکنش با هالیدهای هیدروژن	۹.....
نمودار(۵-۱): واکنش با کریوکسیلیک اسیدها	۹.....
نمودار(۶-۱): واکنش با کلراید اسیدها	۱۰.....
نمودار(۷-۱): واکنش پاسرنی	۱۰.....
نمودار(۸-۱): مکانیسم واکنش پاسرنی	۱۱.....
نمودار(۹-۱): مکانیسم واکنش اوگی	۱۲.....
نمودار(۱۰-۱): واکنش ایزوسیانیدها با بنزاین	۱۳.....
نمودار(۱۱-۱): افزایش آمین به گروه ایزوسیانو نیز در محیط اسیدی	۱۴.....
نمودار(۱۲-۱): واکنش ایزوسیانیدهای فاقد هیدروژن $\alpha$ با واکنشگرهای آلی-فلزی	۱۵.....
نمودار(۱۳-۱): کاربرد متالو-آلدمینها به عنوان یک واکنشگر حدواسط درتهیه سایر ترکیبات آلی	۱۶..
نمودار(۱۴-۱): تهیه $\beta$ - دی کربونیل ها با استفاده تراکم کلایزن	۱۶.....
نمودار(۱۵-۱): واکنش تراکم کلایزن متقاطع و تراکم کلایزن مخلوط	۲۰.....
نمودار(۱۶-۱): تهیه $\beta$ - دی کربونیل ها به روش واکنش لیتیم انولاتها با اسید کلریدها	۲۱.....
ادامه نمودار(۱۶-۱): تهیه $\beta$ - دی کربونیل ها به روش واکنش لیتیم انولاتها با اسید کلریدها	۲۲.....
نمودار(۱۷-۱): تهیه $\beta$ - دی کربونیل ها به روش اکسایش ۳- هیدروکسی کربونیل ها	۲۳.....
نمودار(۱۸-۱): واکنش $\beta$ - دی کربونیل ها با سلنیم فلزی	۲۴.....
نمودار(۱۹-۱): واکنش تراکمی $\beta$ - دی کربونیل ها با ۲،۳- دی هیدروفوران	۲۴.....
نمودار(۲۰-۱): مکانیزم واکنش تراکمی $\beta$ - دی کربونیل ها با ۲،۳، دی هیدروفوران	۲۵.....
نمودار(۲۱-۱): واکنش حلقه زایی ترکیبات کربونیل دار با ایزوسیانیدها	۲۶.....
نمودار(۲۲-۱): مکانیسم واکنش حلقه زایی ایزوسیانیدها با گروه کربونیل	۲۶.....

- نمودار (۱-۲۳): واکنش حلقه زایی ترکیبات کربونیل دار با ایزوسیانیدها در مجاورت آلکیل لیتیم..... ۲۷
- نمودار (۱-۲۴): واکنش حلقه زایی ترکیبات کربونیل دار  $\beta, \alpha$  سیر نشده با ایزوسیانیدها..... ۲۷
- نمودار (۱-۲۵): سنتز ۲- تنوییل تری فلوئورو استن ..... ۲۸
- نمودار (۱-۲۶): سنتز شیمی گزین دی آلکیل -۲- (ترسیو بوتیل آمینو) -۶- (۲-تنوییل) -۵- (۲,۲,۲) - تری فلوئورو استیل) -۴H- پیران-۳,۴- دی کربوکسیلات ..... ۲۹
- نمودار (۱-۲۷): مکانیزم تشکیل دی آلکیل -۲- (ترسیو بوتیل آمینو) -۶- (۲-تنوییل) -۵- (۲,۲,۲) - تری فلوئورو استیل) -۴H- پیران-۳,۴- دی کربوکسیلات ..... ۳۰
- نمودار ( ۱-۲ ) : تهیه ایلدهای فسفر از نمکهای فسفونیم ..... ۶۴
- نمودار (۲-۲) هیدرولیز ایلید ناپایدار ..... ۶۴
- نمودار ( ۲-۳ ) : تهیه ایلدهای فسفر با استخلاف هالوژن در موقعیت ..... ۶۵
- نمودار (۲-۴): تهیه ایلدهای فسفر با استفاده از واکنش مایکل ..... ۶۵
- نمودار ( ۲-۵ ) : استفاده از نمکهای سیکلوپروپیل در تهیه ایلدهای فسفر ..... ۶۵
- نمودار (۲-۶): افزایش الکترون دوست به ایلید ..... ۶۶
- نمودار (۲-۷): واکنش ایلدهای فسفونیم با هالوژن ..... ۶۶
- ادامه نمودار (۲-۷): واکنش ایلدهای فسفونیم با هالوژن ..... ۶۷
- نمودار (۲-۸): تشکیل آلکن از طریق حد واسط یون هالونیوم ..... ۶۸
- نمودار (۲-۹): واکنش ایلدها با الکیل هالیدها ..... ۶۸
- نمودار (۲-۱۰): واکنش ایلدها با ترکیبات کربونیل دار (  $\alpha$  ,  $\beta$  سیر نشده) ..... ۶۹
- نمودار (۲-۱۱) : واکنش ایلدها با DMAD در حلال بدون پروتون ..... ۷۲
- نمودار (۲-۱۲) : واکنش ایلدها با DMAD در حلال پروتون دار ..... ۷۳
- نمودار (۲-۱۳) : اولین واکنش ویتگ ( ۱۹۵۳ ویتگ ) ..... ۷۴
- نمودار (۲-۱۴) : فضا گزینی در واکنش ویتگ ..... ۷۶
- نمودار (۲-۱۵): روش اصلاحی کلوزر بر واکنش ویتگ (کلوزر ۱۹۶۶) ..... ۷۶
- نمودار (۲-۱۶): روش اصلاحی استیل-گناری ..... ۷۷
- نمودار (۲-۱۷): واکنش ویتگ با دی اتیل اگزالات ( ۱۹۶۵ گریل و مایکل ) ..... ۷۸
- نمودار (۲-۱۸): سنتز پنم  $\beta$  - لاکتام ( وودوارد-۱۹۸۷) ..... ۷۸
- نمودار (۲-۱۹) : واکنش ویتگ بی تقارن ( بستان ۱۹۶۹ ، هانسین ۱۹۹۲ ) ..... ۷۹

- نمودار(۲-۲۰): سنتز ایزاتین از ارتو-نیتر و بنزیل کلراید ..... ۸۳
- نمودار(۲-۲۱): سنتز چند مرحله ای ایزاتین با استفاده از تیوکاربانالیدین ..... ۸۴
- نمودار(۲-۲۲): سنتز ایزاتین با استفاده از واکنش آنیلین و کلرال هیدرات هیدروکسیل آمین ..... ۸۴
- نمودار(۲-۲۳): تهیه ایزاتین از ایمیدکلریدها ..... ۸۵
- نمودار(۲-۲۴): سنتز مشتقات ایزاتین با استفاده از پارا تولوئیدین ..... ۸۵
- نمودار(۲-۲۵): تهیه ایزاتین به روش توسعه یافته استول ..... ۸۶
- نمودار(۲-۲۶): اکسایش ایزاتین با کرومیک اسید ..... ۸۸
- نمودار(۲-۲۷): اکسایش ایزاتین با پتاسیم پرمنگنات ..... ۸۸
- نمودار(۲-۲۸): تراکم ایزاتین با دی اکسیندول ..... ۸۹
- نمودار(۲-۲۹): کاهش ایزاتین با محلول الکی سولفید هیدرژن ..... ۸۹
- نمودار(۲-۳۰): کاهش ایزاتین به اکسیندول به وسیله هیدرازین ..... ۹۰
- نمودار(۲-۳۱): واکنش ایزاتین با واکنشگر گرینارد ..... ۹۱
- نمودار(۲-۳۲): واکنش ایزاتین با ترکیبات ارگانو فسفر ..... ۹۱
- نمودار(۲-۳۲): سنتز دی آلکیل (Z) -۲-(۲,۳-دی اکسو-۳,۲-دی هیدرو-۱H- ایندول-۱- ایل)-۲- بوتن دی آت ..... ۹۲
- نمودار(۲-۳۳): مکانیزم سنتز دی آلکیل (Z) -۲-(۲,۳-دی اکسو-۳,۲-دی هیدرو-۱H- ایندول-۱- ایل)-۲- بوتن دی آت ..... ۹۳