

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

شیمی هتروسیکلی

(ویراست پنجم)

جلد اول

جان جول، کیت میلز

ترجمه

دکتر مجید هروی

(عضو هیأت علمی دانشگاه الزهراء)

دکتر هوشنگ واحدی

(عضو هیأت علمی دانشگاه پیام نور)

ابراهیم عامل محرابی

دانش نگار

سرشناسه	جول، جان آرتور (Joule, J. A. (John Arthur)
عنوان و نام پدیدآور	شیمی هتروسیکلی/جان جول، کیت میلز : ترجمه مجید هروی، هوشنگ واحدی، ابراهیم عامل محرابی.
مشخصات نشر	تهران: دانش نگار، ۱۳۹۱-
مشخصات ظاهری	ج: مصور، جدول.
شابک	978-964-2927-95-1
وضعیت فهرست نویسی	فیا
یادداشت	عنوان اصلی: Heterocyclic chemistry . 5th ed. , c2009.
موضوع	شیمی هتروسیکلیک
شناسه افزوده	میلز، کیت
شناسه افزوده	Mills, K. (Keith)
شناسه افزوده	هروی، مجید، ۱۳۳۱ - مترجم
شناسه افزوده	واحدی، هوشنگ، ۱۳۴۱ - مترجم
شناسه افزوده	عامل محرابی، ابراهیم، ۱۳۴۸ - مترجم
رده بندی کنگره	۱۳۹۱، ج ۹، QD۴۰۰
رده بندی دیویی	۵۷/۵۹
شماره کتابشناسی ملی	۲۹۲۷۰۶۳

فرهنگ گرامری:

کپی کردن یا تهیه فایل های pdf از تمام یا قسمتی از کتاب، تزیین آشکار حقوق مادی و معنوی ناشر و مولف است و انگیزه تالیف، ترجمه و نشر کتاب های جدید را در کشور از بین می برد. خواهشمند است در زمان خرید کتاب، از اصل بودن آن اطمینان حاصل نمایید.



شیمی هتروسیکلی (ویراست پنجم) - جلد اول

تألیف: جان جول، کیت میلز

ترجمه: دکتر مجید هروی، دکتر هوشنگ واحدی، ابراهیم عامل محرابی

نوبت چاپ: اول

سال چاپ: ۱۳۹۱

شمارگان: ۱۰۰۰ جلد

قیمت: ۱۸۰۰۰ تومان همراه با CD

چاپ و صحافی: فرنگارنگ

شابک: ۹۷۸-۹۷۸-۲۹۲۷-۹۵-۱



تهران، انقلاب، خیابان منیری جاوید (اردیبهشت)، نبش وحید نظری، شماره ۱۴۲ - تلفکس: ۶۶۲۰۰۱۲۴ - ۶۶۲۰۰۲۲۰

این اثر مشمول قانون حمایت از حقوق مؤلفان، مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ است، هر کس تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه ناشر، نشر یا پخش یا عرضه کند تحت پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

فهرست

فصل ۱

نامگذاری ترکیبات هتروسیکلی ۱۵

فصل ۲

- ۱۹..... ساختار و خواص طیفی هتروسیکل‌های آروماتیک
- ۱-۲..... سیستم‌های آروماتیک کربوسیکلی ۱۹
- ۱-۱-۲..... ساختارهای بزن و متالن ۱۹
- ۲-۱-۲..... انرژی رزونانسی آروماتیک ۲۱
- ۲-۲..... ساختار سیستم‌های هتروآروماتیک شش‌عضوی ۲۲
- ۱-۲-۲..... ساختار پیریدین ۲۲
- ۲-۲-۲..... ساختار دی‌آزین‌ها ۲۳
- ۳-۲-۲..... ساختار پیریدینیوم و کاتیون‌های وابسته به آن ۲۳
- ۴-۲-۲..... ساختارهای پیریدون‌ها و پیرون‌ها ۲۴
- ۳-۲..... ساختار سیستم‌های هتروآروماتیک پنج‌عضوی ۲۴
- ۱-۳-۲..... ساختار پیرول ۲۴
- ۲-۳-۲..... ساختار تیوفن و فوران ۲۶
- ۳-۳-۲..... ساختار آزول‌ها ۲۶
- ۴-۳-۲..... ساختار پیریل و آنیون‌های وابسته ۲۷
- ۴-۲..... ساختار ترکیبات هتروآروماتیک دو حلقه‌ای ۲۸
- ۵-۲..... ناتومری در سیستم‌های هتروسیکلی ۲۸
- ۶-۲..... سیستم‌های مزوبونی ۲۹
- ۷-۲..... برخی خواص طیفی سیستم‌های هتروسیکلی ۳۰
- ۱-۷-۲..... طیف سنجی فرابنفش/مرئی (الکترونی) ۳۰
- ۲-۷-۲..... رزونانس مغناطیسی هسته ۹ ۳۲

فصل ۳

- ۳۵..... جایگزینی روی هتروسیکل‌های آروماتیک
- ۱-۳..... افزایش در نیتروژن به شیوه‌ی الکترون‌دوستی ۳۵
- ۲-۳..... جایگزینی الکترون‌دوستی در کربن ۳۷
- ۱-۲-۳..... جایگزینی الکترون‌دوستی آروماتیک: مکانیزم ۳۷

- ۲۸..... ۲-۲-۳ هتروسیکل‌های شش‌عضوی
- ۴۰..... ۳-۲-۳ هتروسیکل‌های پنج‌عضوی
- ۴۲..... ۳-۳ جایگزینی هسته‌دوستی در کریل
- ۴۲..... ۱-۳-۳ جایگزینی هسته‌دوستی آروماتیک: مکانیزم
- ۴۳..... ۲-۳-۳ هتروسیکل‌های شش‌عضوی
- ۴۵..... ۳-۳-۳ جایگزینی الکترون‌دوستی نیابتی
- ۴۷..... ۴-۳ جایگزینی رادیکالی در کریل
- ۴۷..... ۱-۴-۳ واکنش‌های هتروسیکل‌ها با رادیکال‌های هسته‌دوست
- ۵۰..... ۲-۴-۳ واکنش با رادیکال‌های الکترون‌دوست
- ۵۱..... ۵-۳ پروتون‌زدایی از ۱-هیدرازول
- ۵۱..... ۶-۳ اکسایش و کاهش ۶-حلقه‌های هتروسیکلی
- ۵۲..... ۷-۳ اورتو-کینودی‌متان‌ها در سنتز ترکیبات هتروسیکلی

فصل ۴

- ۵۵..... شیمی هتروسیکلی آلی فلزی
- ۵۵..... ۱-۴ تهیه ترکیبات آلی فلزی و واکنش‌های آنها
- ۵۶..... ۱-۱-۴ لینیم
- ۶۵..... ۲-۱-۴ منیزیم
- ۶۹..... ۴-۱-۴ مس
- ۶۹..... ۵-۱-۴ بور
- ۷۴..... ۶-۱-۴ سیلیکون و قلع
- ۷۶..... ۷-۱-۴ جیوه
- ۷۷..... ۸-۱-۴ پالادیم
- ۷۷..... ۹-۱-۴ فلزدارشدن زنجیره‌ی جانبی
- ۷۹..... ۲-۴ واکنش‌های کاتالیز شده با فلزات واسطه
- ۸۰..... ۱-۲-۴ فرایندهای پایه‌ای پالادیم
- ۸۴..... ۲-۲-۴ کاتالیزورها
- ۸۷..... ۳-۲-۴ طرف الکترون‌دوست؛ گروه‌های ترک‌کننده/هالیدها
- ۹۱..... ۴-۲-۴ واکنش‌های جفت‌شدگی متقاطع
- ۹۲..... ۵-۲-۴ طرف هسته‌دوست (آلی فلزی)
- ۹۸..... ۶-۲-۴ هسته‌دوست‌های دیگر
- ۱۰۰..... ۷-۲-۴ سیستم‌های حلقوی در واکنش‌های جفت‌شدگی متقاطع
- ۱۱۰..... ۸-۲-۴ گزینش‌پذیری آلی فلزی

۹-۲-۴	آریل دارشدن مستقیم	۱۱۲
۱۰-۲-۴	N-آریل دارشدن	۱۱۸
۱۱-۲-۴	واکنش‌های هک	۱۲۳
۱۲-۲-۴	واکنش‌های کربونیل‌دارشدن	۱۲۶

فصل ۵

روش‌های سنتز در شیمی هتروسیکلی	۱۲۷
۱-۵ واکنش‌های فاز گازی و روش‌های مرتبط با آن	۱۲۸
۱-۱-۵ واکنش‌های فاز گازی	۱۲۸
۲-۱-۵ واکنش گره‌های پشتیبانی جامد و رابندها	۱۳۱
۳-۱-۵ استخراج از فاز جامد	۱۳۲
۴-۱-۵ واکنش‌های پشتیبانی شده روی پلیمرهای انحلال پذیر	۱۳۲
۵-۱-۵ نشان‌های فازی	۱۳۲
۲-۵ گرمادهی ریزموج	۱۳۴
۳-۵ واکنش گاه‌های جریانی	۱۳۶
۴-۵ خطرات: انفجار	۱۳۸

فصل ۶

سنتز حلقه‌ی هتروسیکل‌های آروماتیک	۱۳۹
۱-۶ انواع واکنش‌هایی که به‌وفور در سنتز حلقه‌های هتروسیکلی استفاده می‌شوند	۱۳۹
۲-۶ ترکیب‌های رایج واکنش دهنده‌ها	۱۴۱
۱-۲-۶ روش‌های متداول برای سنتز پیرول که فقط شامل تشکیل پیوند کربن با هترواتم می‌شوند	۱۴۱
۲-۲-۶ روش‌های متداول برای سنتز پیریمیدین که فقط شامل تشکیل پیوند کربن با هترواتم می‌شود	۱۴۲
۳-۲-۶ روش‌های متداول برای سنتز که شامل تشکیل هر دو پیوند و می‌شوند	۱۴۲
۳-۶ خلاصه	۱۴۴
۴-۶ فرایندهای الکتروسیکلی در سنتز حلقه‌های هتروسیکلی	۱۴۵
۵-۶ نیتروها در سنتز حلقه‌های هتروسیکلی	۱۴۶
۶-۶ سنتز هتروسیکل‌های جوش خورده به حلقه‌ی بنزن و کاتالیز با پالادیم	۱۴۷

فصل ۷

واکنش‌پذیری پیریدین‌ها، کینولین‌ها و ایزو کینولین‌ها	۱۴۹
--	-----

فصل ۸

پیریدین: واکنش‌ها و سنتز	۱۶۱
۱-۸ واکنش با واکنش گره‌های الکترون دوست	۱۶۲
۱-۱-۸ افزایش به نیتروژن	۱۶۲

- ۱۶۶..... ۲-۱-۸ جایگزینی در کربن
- ۱۶۹..... ۲-۸ واکنش با عوامل اکساینده
- ۱۶۹..... ۳-۸ واکنش با واکنش گره‌های هسته دوست
- ۱۶۹..... ۱-۳-۸ جایگزینی هسته دوستی با انتقال هیدرید
- ۱۷۱..... ۲-۳-۸ جایگزینی هسته دوستی با جابه جایی گروه‌های ترک کننده ی خوب
- ۱۷۴..... ۴-۸ فلزدار شدن و واکنش های پیریدین های C-فلزدار
- ۱۷۴..... ۱-۴-۸ فلزدار شدن مستقیم حلقه
- ۱۷۷..... ۲-۴-۸ تبادل فلز-هالوژن
- ۱۷۹..... ۵-۸ واکنش با رادیکال ها؛ واکنش های رادیکال های پیریدیل
- ۱۷۹..... ۱-۵-۸ هالوژن دار شدن
- ۱۷۹..... ۲-۵-۸ رادیکالی های کربنی
- ۱۷۹..... ۳-۵-۸ دیمری شدن
- ۱۸۰..... ۴-۵-۸ رادیکال های پیریدینیل
- ۱۸۰..... ۶-۸ واکنش با عوامل کاهنده
- ۱۸۱..... ۷-۸ واکنش های الکتروسیکلی (حالت پایه)
- ۱۸۲..... ۸-۸ واکنش های فوتوشیمیایی
- ۱۸۳..... ۹-۸ اکسی و آمینوپیریدینها
- ۱۸۳..... ۱-۹-۸ ساختار
- ۱۸۴..... ۲-۹-۸ واکنش های پیریدون ها
- ۱۸۶..... ۳-۹-۸ واکنش های آمینوپیریدین ها
- ۱۸۹..... ۱۰-۸ آلکیل پیریدین ها
- ۱۹۱..... ۱۱-۸ پیریدین آلدئیدها، کتون ها، کربوکیلیک اسیدها و استرها
- ۱۹۱..... ۱۲-۸ نمک های چهارتایی پیریدینیوم
- ۱۹۱..... ۱-۱۲-۸ کاهش و اکسایش
- ۱۹۳..... ۲-۱۲-۸ افزایش های آلی فلزی و سایر افزایش های هسته دوستی
- ۱۹۶..... ۳-۱۲-۸ افزایش هسته دوستی و سپس حلقه گشایی
- ۱۹۷..... ۴-۱۲-۸ حلقوی شدن های شامل یک موقعیت یا استخلاف
- ۱۹۷..... ۵-۱۲-۸ N-آلکیل زدایی
- ۱۹۷..... ۱۳-۸ پیریدین N-کسیدها
- ۱۹۸..... ۱-۱۳-۸ جایگزینی و افزایش الکترون دوستی
- ۱۹۹..... ۲-۱۳-۸ جایگزینی و افزایش هسته دوستی

۲۰۰.....	۳-۱۳-۸ افزایش هسته‌دوست‌ها و سپس از دست رفتن اکسید
۲۰۱.....	۱۴-۸ سنتز پیریدین‌ها
۲۰۱.....	۱-۱۴-۸ سنتز حلقه
۲۱۱.....	۲-۱۴-۸ مثال‌هایی از سنتزهای قابل توجه ترکیبات پیریدینی
۲۱۳.....	تمرین‌ها
	فصل ۹
۲۱۷.....	کینولین‌ها و ایزو کینولین‌ها: واکنش‌ها و سنتز
۲۱۷.....	۱-۹ واکنش با واکنش گرهای الکترون‌دوست
۲۱۷.....	۱-۱-۹ افزایش به نیروژن
۲۱۸.....	۲-۱-۹ جایگزینی در کربن
۲۲۰.....	۲-۹ واکنش با عوامل اکساینده
۲۲۰.....	۳-۹ واکنش با واکنش گرهای هسته‌دوست
۲۲۰.....	۱-۳-۹ جایگزینی هسته‌دوستی با انتقال هیدرید
۲۲۲.....	۲-۳-۹ جایگزینی هسته‌دوستی با جابه‌جایی گروه‌های ترک‌کننده‌ی خوب
۲۲۳.....	۴-۹ فلزدارشدن و واکنش‌های کینولین‌ها و ایزو کینولین‌های C-فلزدار
۲۲۳.....	۱-۴-۹ فلزدارشدن مستقیم حلقه
۲۲۳.....	۲-۴-۹ تبادل فلز-هالوژن
۲۲۴.....	۵-۹ واکنش‌هایی با رادیکال
۲۲۴.....	۶-۹ واکنش با عوامل کاهنده
۲۲۵.....	۷-۹ واکنش‌های الکتروسیکلی (حالت پایه)
۲۲۵.....	۸-۹ واکنش‌های فوتوشیمیایی
۲۲۵.....	۹-۹ اکسی کینولین‌ها و اکسی ایزو کینولین‌ها
۲۲۷.....	۱۰-۹ آمینو کینولین‌ها و آمینو ایزو کینولین‌ها
۲۲۸.....	۱۱-۹ آلکیل کینولین‌ها و آلکیل ایزو کینولین‌ها
۲۲۸.....	۱۲-۹ کینولین و ایزو کینولین کربوکسیلیک اسیدها و استرها
۲۲۸.....	۱۳-۹ نمک‌های چهارتایی کینولین و ایزو کینولین
۲۳۱.....	۱۴-۹ کینولین و ایزو کینولین N-اکسیدها
۲۳۲.....	۱۵-۹ سنتز کینولین‌ها و ایزو کینولین‌ها
۲۳۲.....	۱-۱۵-۹ سنتز حلقه‌ها
۲۴۵.....	۲-۱۵-۹ مثال‌هایی از سنتزهای جالب توجه ترکیبات کینولین و ایزو کینولین
۲۴۷.....	تمرین‌ها

فصل ۱۰

واکنش پذیری یون‌های پیریلیوم و بنزوپیریلیوم، پیرون‌ها و بنزوپیرون‌ها ۲۴۹

فصل ۱۱

پیریلیوم‌ها، ۲- و ۴-پیرون‌ها: واکنش‌ها و سنتز ۲۵۳

۱-۱۱ واکنش‌های کاتیون‌های پیریلیوم ۲۵۴

۱-۱-۱۱ واکنش با واکنشگرهای الکترون‌دوست ۲۵۴

۲-۱-۱۱ واکنش‌های افزایشی با واکنش‌گرهای هسته‌دوست ۲۵۴

۳-۱-۱۱ واکنش‌های جایگزینی با واکنش‌گرهای هسته‌دوست ۲۵۷

۴-۱-۱۱ واکنش با رادیکال‌ها ۲۵۸

۵-۱-۱۱ واکنش با عوامل کاهنده ۲۵۸

۶-۱-۱۱ واکنش‌های نوسیمایی ۲۵۸

۷-۱-۱۱ واکنش با دوقطبی‌دوستانها: واکنش حلقه‌افزایی ۲۵۹

۸-۱-۱۱ آلکیل پیریلیومها ۲۵۹

۲-۲-۱۱ پیرون‌ها و ۴-پیرون‌ها (H-پیران ۲-ا، ۴-ا و FH-پیران ۴-ا، ۲-ا و ۴-ا پیرون‌ها) ۲۶۰

۱-۲-۱۱ ساختار پیرون‌ها ۲۶۰

۲-۲-۱۱ واکنش‌های پیرون‌ها ۲۶۰

۳-۱۱ سنتز پیریلیوم‌ها ۲۶۵

۱-۳-۱۱ سنتز از ترکیبات ۵،۱-دی‌کربونیلی ۲۶۵

۲-۳-۱۱ اسیددارشدن آلکن ۲۶۷

۳-۳-۱۱ از ترکیبات ۳،۱-دی‌کربونیلی و کتون‌ها ۲۶۷

۴-۱۱ سنتز ۲-پیرون‌ها ۲۶۸

۱-۴-۱۱ از ۳،۱-کتو (آلدهیدو) اسیدها و ترکیبات کربونیل ۲۶۸

۲-۴-۱۱ روش‌های دیگر ۲۶۹

۵-۱۱ سنتز ۴-پیرون‌ها ۲۷۰

تمرین‌ها ۲۷۲

فصل ۱۲

بنزوپیریلیوم‌ها و بنزوپیرون‌ها: واکنش‌ها و سنتز ۲۷۵

۱-۱۲ واکنش بنزوپیریلیوم‌ها ۲۷۶

۱-۱-۱۲ واکنش با واکنش‌گرهای الکترون‌دوست ۲۷۶

۲-۱-۱۲ واکنش با عوامل اکساینده ۲۷۶

۳-۱-۱۲ واکنش با واکنش‌گرهای هسته‌دوست ۲۷۷

۴-۱-۱۲ واکنش با عوامل کاهنده ۲۷۸

۵-۱-۱۲ آلکیل بنزوپیریلیوم‌ها ۲۷۹

۲۷۹.....	۲-۱۲ بنزوپیرون‌ها (کرومون‌ها، کومارین‌ها و ایزوکومارین‌ها)
۲۷۹.....	۱-۲-۱۲ واکنش با واکنش‌گرهای الکترون‌دوست
۲۸۰.....	۲-۲-۱۲ واکنش با عوامل اکساینده
۲۸۱.....	۳-۲-۱۲ واکنش واکنش‌گرهای هسته‌دوست
۲۸۶.....	۳-۱۲ ستر بنزوپیرویلوم‌ها، کرومون‌ها، کومارین‌ها و ایزوکومارین‌ها
۲۸۷.....	۱-۳-۱۲ ستر حلقه‌ی ۱- بنزوپیرویلوم‌ها
۲۸۸.....	۲-۳-۱۲ ستر حلقه‌ی کومارین‌ها
۲۹۰.....	۳-۳-۱۲ ستر حلقه‌ی کرومون‌ها
۲۹۳.....	۴-۳-۱۲ ستر حلقه‌ی ۲- بنزوپیرویلوم
۲۹۳.....	۵-۳-۱۲ ستر حلقه‌ی ایزوکومارین
۲۹۴.....	۶-۳-۱۲ مثال‌های قابل توجه از ستر بنزوپیرویلوم‌ها و بنزوپیرون‌ها
۲۹۵.....	تمرین‌ها
	فصل ۱۳
۲۹۷.....	واکنش‌پذیری دی‌آزین‌ها: پیریدازین، پیریمیدین و پیرازین
	فصل ۱۴
۳۰۳.....	دی‌آزین‌ها: پیریدازین، پیریمیدین و پیرازین: واکنش‌ها و سنتز
۳۰۴.....	۱-۱۴ واکنش با واکنش‌گرهای الکترون‌دوست
۳۰۴.....	۱-۱-۱۴ افزایش در نیتروژن
۳۰۶.....	۲-۱-۱۴ جایگزینی در کربن
۳۰۶.....	۲-۱۴ واکنش با عوامل اکساینده
۳۰۷.....	۳-۱۴ واکنش با واکنش‌گرهای هسته‌دوست
۳۰۷.....	۱-۳-۱۴ جایگزینی هسته‌دوستی با انتقال هیدرید
۳۰۸.....	۲-۳-۱۴ جایگزینی هسته‌دوستی از طریق جابه‌جایی گروه‌های ترک‌کننده‌ی خوب
۳۱۱.....	۴-۱۴ فلزدارشدن و واکنش‌های دی‌آزین‌های C-فلزدار ۵۰
۳۱۱.....	۱-۴-۱۴ فلزدارشدن حلقه
۳۱۳.....	۲-۴-۱۴ تبادل فلز-هالوژن
۳۱۴.....	۵-۱۴ واکنش با عوامل کاهنده
۳۱۵.....	۶-۱۴ واکنش با رادیکال‌ها
۳۱۵.....	۷-۱۴ واکنش‌های الکتروسیکلی
۳۱۶.....	۸-۱۴ دی‌آزین N-اکسیدها
۳۱۸.....	۹-۱۴ اکسی‌دی‌آزین‌ها
۳۱۸.....	۱-۹-۱۴ ساختار اکسی‌دی‌آزین‌ها

۳۱۹.....	واکنش‌های اکسی‌دی‌آزین‌ها..... ۲-۹-۱۴
۳۲۹.....	آمینودی‌آزین‌ها..... ۱۰-۱۴
۳۳۰.....	آلکیل‌دی‌آزین‌ها..... ۱۱-۱۴
۳۳۱.....	نمک‌های دی‌آزونیوم چهارتایی..... ۱۲-۱۴
۳۳۲.....	سنتز دی‌آزین‌ها..... ۱۳-۱۴
۳۳۲.....	پیریدازین‌ها..... ۱-۱۳-۱۴
۳۳۴.....	پیریمیدین‌ها..... ۲-۱۳-۱۴
۳۳۹.....	پیرازین‌ها..... ۳-۱۳-۱۴
۳۴۲.....	روش جالب سنتز دی‌آزین‌ها..... ۴-۱۳-۱۴
۳۴۴.....	تریدین‌ها..... ۱۴-۱۴
۳۴۶.....	تمرین‌ها.....
	فصل ۱۵
۳۴۹.....	واکنش‌پذیری پیرول‌ها، فوران‌ها و تیوفن‌ها.....
	فصل ۱۶
۳۵۵.....	پیرول‌ها: واکنش‌ها و سنتز.....
۳۵۶.....	۱-۱۶ واکنش با واکنش‌گرهای الکترون‌دوست.....
۳۵۶.....	۱-۱-۱۶ جایگزینی در کربن.....
۳۶۷.....	۲-۱۶ واکنش با عوامل اکساینده.....
۳۶۸.....	۳-۱۶ واکنش با واکنش‌گرهای هسته‌دوست.....
۳۶۸.....	۴-۱۶ واکنش با بازها.....
۳۶۸.....	۱-۴-۱۶ پروتون‌زدایی از N-هیدروژن و واکنش‌های آنیون‌های پیرول.....
۳۶۹.....	۲-۴-۱۶ مشتقات لیتمی، سدیمی، پتاسیمی و منیزیمی.....
۳۷۰.....	۵-۱۶ C-فلزدارشدن و واکنش‌های پیرول‌های C-فلزدار.....
۳۷۰.....	۱-۵-۱۶ فلزدارشدن مستقیم حلقه.....
۳۷۱.....	۲-۵-۱۶ تبادل فلز-هالوژن.....
۳۷۱.....	۶-۱۶ واکنش با رادیکال‌ها.....
۳۷۲.....	۷-۱۶ واکنش با عوامل کاهنده.....
۳۷۳.....	۸-۱۶ واکنش‌های الکتروسیکلی (حالت پایه).....
۳۷۴.....	۹-۱۶ واکنش با کاربن‌ها و کاربنوئیدها.....
۳۷۵.....	۱۰-۱۶ واکنش‌های فوتوشیمیایی.....
۳۷۶.....	۱۱-۱۶ ترکیبات پیرول با X متصل به کربن.....
۳۷۶.....	۱۲-۱۶ پیرول آلدئیدها و کتون‌ها.....

۳۷۷	.....	۱۶-۱۳	پیرول کربوکسیلیک
۳۷۷	.....	۱۶-۱۴	پیرول کربوکسیلیک اسید استرها
۳۷۸	.....	۱۶-۱۵	اکسی پیرول ها و آمینو پیرول ها
۳۷۸	.....	۱۶-۱۵-۱	۲-کسی پیرول ها
۳۷۸	.....	۱۶-۱۵-۲	۳-کسی پیرول ها
۳۷۸	.....	۱۶-۱۵-۳	آمینو پیرول ها
۳۷۹	.....	۱۶-۱۶	ستز پیرول ها
۳۷۹	.....	۱۶-۱۶-۱	ستز حلقه
۳۸۷	.....	۱۶-۱۶-۲	برخی سنت های جالب پیرول ها
۳۸۹	.....		تمرین ها

فصل ۱۷

۳۹۱	.....		تیوفن ها: واکنش ها و سنتز
۳۹۲	.....	۱۷-۱	واکنش با واکنش گره های الکترون دوست
۳۹۲	.....	۱۷-۱-۱	جایگزینی روی کربن
۳۹۷	.....	۱۷-۱-۲	افزایش روی اتم گوگرد
۳۹۸	.....	۱۷-۲	واکنش با عوامل اکساینده
۳۹۸	.....	۱۷-۳	واکنش با واکنش گره های هسته دوست
۳۹۹	.....	۱۷-۴	فلز دار شدن واکنش های تیوفن های C-فلز دار
۳۹۹	.....	۱۷-۴-۱	فلز دار شدن حلقه
۴۰۱	.....	۱۷-۴-۲	تبادل فلز-هالوژن
۴۰۳	.....	۱۷-۵	واکنش با رادیکال ها
۴۰۳	.....	۱۷-۶	واکنش با عوامل کاهنده
۴۰۴	.....	۱۷-۷	واکنش های الکتروسیکلی (حالت پایه)
۴۰۵	.....	۱۷-۸	واکنش های فوتوشیمیایی
۴۰۵	.....	۱۷-۹	ترکیبات تیوفن-: مشتقات نئیلی
۴۰۶	.....	۱۷-۱۰	تیوفن آلدهیدها و کتون ها و کربوکسیلیک اسیدها و استرها
۴۰۶	.....	۱۷-۱۱	اکسی تیوفن ها و آمینو تیوفن ها
۴۰۶	.....	۱۷-۱۱-۱	اکسی تیوفن ها
۴۰۸	.....	۱۷-۱۱-۲	آمینو تیوفن ها
۴۰۸	.....	۱۷-۱۲	ستز تیوفن ها
۴۰۸	.....	۱۷-۱۲-۱	ستز حلقه
۴۱۳	.....	۱۷-۱۲-۲	مثال های جالبی از ستز ترکیبات تیوفن

تمرین‌ها..... ۴۱۵

فصل ۱۸

فوران‌ها: واکنش‌ها و سنتز..... ۴۱۷

۱-۱۸ واکنش با واکنش گره‌های الکترون دوست..... ۴۱۸

۱-۱-۱۸ جایگزینی در کربن..... ۴۱۸

۲-۱۸ واکنش با عوامل اکساینده..... ۴۲۲

۳-۱۸ واکنش با واکنش گره‌های هسته دوست..... ۴۲۳

۴-۱۸ فلزدار شدن و واکنش‌های فوران‌های C-فلزدار..... ۴۲۴

۱-۴-۱۸ فلزدار شدن حلقه..... ۴۲۴

۲-۴-۱۸ تبادل فلز-فلوئور..... ۴۲۵

۵-۱۸ واکنش با رادیکال‌ها..... ۴۲۵

۶-۱۸ واکنش با عوامل کاهش‌دهنده..... ۴۲۶

۷-۱۸ واکنش‌های الکتروسیکلی (حالت پیرا)..... ۴۲۶

۸-۱۸ واکنش با کربن‌ها و کاربنوئیدها..... ۴۲۹

۹-۱۸ واکنش‌های فوتوشیمیایی..... ۴۲۹

۱۰-۱۸ ترکیبات C-X-فوریل؛ خواص زیست‌پیرایی..... ۴۲۹

۱۱-۱۸ فوران کریو کسلیک اسیدها، استرها و آلدیدها..... ۴۲۹

۱۲-۱۸ اکسی و آمینو فوران‌ها..... ۴۳۰

۱-۱۲-۱۸ اکسی فوران‌ها..... ۴۳۰

۲-۱۲-۱۸ آمینو فوران‌ها..... ۴۳۲

۱۳-۱۸ سنتز فوران‌ها..... ۴۳۲

۱-۳-۱۸ سنتز حلقه..... ۴۳۳

۲-۱۳-۱۸ مثال‌های جالبی از سنتز فوران‌ها..... ۴۳۸

تمرین‌ها..... ۴۳۹

اختصارات

- acac = acetylacetonato [MeCOCHCOMe^-]
 adloc = adamantanyloxycarbonyl
 Aliquat® = tricaprylmethylammonium chloride [$\text{MeN}(\text{C}_8\text{H}_{17})_3\text{Cl}$]
p-An = *para*-anisyl [$4\text{-MeOC}_6\text{H}_4$]
 aq. = aqueous
 atm = atmosphere
 9-BBN = 9-borabicyclo[3.3.1]nonane [$\text{C}_8\text{H}_{15}\text{B}$]
 BINAP = 2,2'-bis(diphenylphosphino)-1,1'-binaphthalene [$\text{C}_{22}\text{H}_{16}\text{P}_2$]
 BINOL = 1,1'-bi(2-naphthol) [$\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_2$]
 Bn = benzyl [PhCH_2]
 Boc = *tertiary*-butoxycarbonyl [$\text{Me}_3\text{COC}=\text{O}$]
 BOM = benzyloxymethyl [$\text{PhCH}_2\text{OCH}_2$]
 BOP = (benzotriazol-1-yloxy)tris(dimethylamino)phosphonium hexafluorophosphate
 BSA = *N,O*-bis(trimethylsilyl)acetamide [$\text{MeC}(\text{OSiMe}_3)=\text{NSiMe}_3$]
 Bt = benzotriazol-1-yl [$\text{C}_6\text{H}_4\text{N}_3$]
i-Bu = *iso*-butyl [Me_2CHCH_2]
n-Bu = *normal*-butyl [$\text{Me}(\text{CH}_2)_3$]
s-Bu = *secondary*-butyl [$\text{MeCH}_2\text{C}(\text{Me})\text{H}$]
t-Bu = *tertiary*-butyl [Me_3C]
 Bus = *tertiary*-butylsulfonyl [Me_3CSO_2]
 c. = concentrated
 c = *cyclo* as in *c*- C_5H_9 = cyclopentyl [C_5H_9]
 CAN = cerium(IV) ammonium nitrate [$\text{Ce}(\text{NH}_4)_2(\text{NO}_3)_6$]
 Cbz = benzyloxycarbonyl [$\text{PhCH}_2\text{OC}=\text{O}$]
 CDI = 1,1'-carbonyldiimidazole [$(\text{C}_3\text{H}_3\text{N}_2)_2\text{C}=\text{O}$]
 Chloramine T = *N*-chloro-4-methylbenzenesulfonamide sodium salt [$\text{TsN}(\text{Cl})\text{Na}$]
 cod = cycloocta-1,5-diene [C_8H_{12}]
 coe = cyclooctene [C_8H_{14}]
 cp = cyclopentadienyl anion [$c\text{-C}_5\text{H}_5^-$]
 cp* = pentamethylcyclopentadienyl anion [$\text{Me}_5\text{-c-C}_5$]
m-CPBA = *meta*-chloroperbenzoic acid [$3\text{-ClC}_6\text{H}_4\text{CO}_3\text{H}$]
 CSA = camphorsulfonic acid
 CuTC = thiophene-2-carboxylic acid copper(II) salt [$\text{C}_5\text{H}_3\text{CuO}_2\text{S}$]
 Cy = cyclohexyl [C_6H_{11}]
 DABCO = 1,4-diazabicyclo[2.2.2]octane [$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_2$]
 dba = *trans,trans*-dibenzylideneacetone [$\text{PhCH}=\text{CHCOCH}=\text{CHPh}$]
 DBU = 1,8-diazabicyclo[5.4.0]undec-7-ene [$\text{C}_9\text{H}_{16}\text{N}_2$]
 DCC = *N,N'*-dicyclohexylcarbodiimide [$c\text{-C}_6\text{H}_{11}\text{N}=\text{C}=\text{N-c-C}_6\text{H}_{11}$]
 DCE = 1,2-dichloroethane [$\text{Cl}(\text{CH}_2)_2\text{Cl}$]
 DDQ = 2,3-dichloro-5,6-dicyano-1,4-benzoquinone [$\text{C}_6\text{Cl}_2\text{N}_2\text{O}_2$]
 de = diastereomeric excess

- DEAD = diethyl azodicarboxylate $[\text{EtO}_2\text{CN}=\text{NCO}_2\text{Et}]$
 DIAD = diisopropyl azodicarboxylate $[i\text{-PrO}_2\text{CN}=\text{NCO}_2i\text{-Pr}]$
 DIBALH = diisobutylaluminum hydride $[(\text{Me}_2\text{CHCH}_2)_2\text{AlH}]$
 DMA = *N,N*-dimethylacetamide $[\text{MeCONMe}_2]$
 DMAP = 4-dimethylaminopyridine $[\text{C}_7\text{H}_{10}\text{N}_2]$
 DME = 1,2-dimethoxyethane $[\text{MeO}(\text{CH}_2)_2\text{OMe}]$
 DMF = *N,N*-dimethylformamide $[\text{Me}_2\text{NCH}=\text{O}]$
 DMFDMA = dimethylformamide dimethyl acetal $[\text{Me}_2\text{NCH}(\text{OMe})_2]$
 DMSO = dimethylsulfoxide $[\text{Me}_2\text{S}=\text{O}]$
 DoM = directed *ortho*-metallation
 DPPA = diphenylphosphoryl azide $[(\text{PhO})_2\text{P}(\text{O})\text{N}_3]$
 dppb = 1,4-bis(diphenylphosphino)butane $[\text{Ph}_2\text{P}(\text{CH}_2)_4\text{PPh}_2]$
 dppf = 1,1'-bis(diphenylphosphino)ferrocene $[\text{C}_{34}\text{H}_{28}\text{FeP}_2]$
 dppp = 1,3-bis(diphenylphosphino)propane $[\text{Ph}_2\text{P}(\text{CH}_2)_3\text{PPh}_2]$
 EDTA = ethylenediaminetetracetic acid $[(\text{HO}_2\text{CCH}_2)_2\text{N}(\text{CH}_2)_2\text{N}(\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H})_2]$
 ee = enantiomeric excess
 E⁺ = general electrophile
 eq = equivalent(s)
 ESR = electron spin resonance
 Et = ethyl $[\text{CH}_3\text{CH}_2]$
 f. = fuming
 Fur = furyl as in 2-Fur = 2-furyl (furan-2-yl) $[\text{C}_4\text{H}_3\text{O}]$
 FVP = flash vacuum pyrolysis
 Het = general designation for an aromatic heterocyclic nucleus
 HMDS = 1,1,1,3,3,3-hexamethyldisilazane $[\text{Me}_3\text{SiNHSiMe}_3]$
 hplc = high pressure liquid chromatography
 HOMO = highest occupied molecular orbital
 hv = ultraviolet or visible irradiation
 hy = high yield
 Kryptofix 2.2.2 = 4,7,13,16,21,24-hexaoxa-1,10-diazabicyclo[8.8.8]hexacosane $[\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{N}_2\text{O}_6]$
 LDA = lithium diisopropylamide $[\text{LiN}i\text{-Pr}_2]$
 LiTMP = lithium 2,2,6,6-tetramethylpiperidide $[\text{LiN}(\text{CMe}_2(\text{CH}_2)_3\text{CMe}_2)]$
 liq. = liquid
 LR = Lawesson's reagent $[\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_2\text{P}_2\text{S}_4]$
 LUMO = lowest unoccupied molecular orbital
 Me = methyl $[\text{CH}_3]$
 MOM = methoxymethyl $[\text{CH}_3\text{OCH}_2\text{O}]$
 mp = melting point
 MS = molecular sieves
 MTBD = 1,3,4,6,7,8-hexahydro-1-methyl-2*H*-pyrimido[1,2-*a*]pyridine $[\text{C}_8\text{H}_{15}\text{N}_3]$
 Ms = mesyl (methanesulfonyl) $[\text{MeSO}_2]$
 MSH = *O*-(mesitylenesulfonyl)hydroxylamine $[\text{H}_2\text{NOSO}_2\text{C}_6\text{H}_2\text{-2,4,6-Me}_3]$
 MW = reaction heated by microwave irradiation
 NBS = *N*-bromosuccinimide $[\text{C}_4\text{H}_4\text{BrNO}_2]$
 NDA = sodium diisopropylamide $[\text{NaN}i\text{-Pr}_2]$
 NIS = *N*-iodosuccinimide $[\text{C}_4\text{H}_4\text{INO}_2]$
 NMP = *N*-methylpyrrolidone $[\text{C}_4\text{H}_9\text{NO}]$
 NPE = 2-(4-nitrophenyl)ethyl $[4\text{-O}_2\text{NC}_6\text{H}_4\text{CH}_2\text{CH}_2]$