





دانشگاه سمنان
دانشکده شیمی

پایان نامه جهت دریافت درجه دکتراى تخصصى رشته شیمی

گرایش آلی

سنتز و اصلاح نانو ذرات اکسید فلزات واسطه و استفاده از آنها به عنوان
نانوکاتالیزگرهای ناهمگن اسیدی جامد در سنتز ترکیبات آلی

استاد راهنما:

دکتر علی عموزاده

استاد مشاور:

دکتر اسکندر کلوری

نگارنده:

سلمان رحمانی

بهمن ماه ۱۳۹۳

چکیده

در بخش اول از پایان نامه حاضر، نانوذرات TiO_2 با روش هیدروترمال سنتز شدند. برای اثبات ساختار نانوذرات سنتز شده از تکنیک‌های XRD، SEM، TEM، FT-IR و TGA استفاده شد. پس از اثبات ساختار نانوذرات تیتانیوم دی‌اکسید، از آن به عنوان کاتالیزگر ناهمگن قابل بازیافت و استفاده مجدد در سنتز ۸،۱-دی‌اکسو-اکتاهیدروآکریدین‌ها و ۱-آمیدوآلکیل-۲-نفتل‌ها استفاده شد.

در بخش دوم از پایان نامه حاضر، نانوذرات تیتانیوم دی‌اکسید با کلروسولفونیک اسید وارد واکنش شده و نانو-تیتانیا-سولفونیک‌اسید ($\text{nano-TiO}_2\text{-SO}_3\text{H}$) سنتز شد. ساختار نانو-تیتانیا-سولفونیک‌اسید با تکنیک‌های XRD، SEM، TGA، FT-IR، تابع اسیدی هامت و اندازه‌گیری مقدار یون‌های H^+ موجود در سطح کاتالیزگر از طریق تیتراسیون اثبات شد. سپس از آن به عنوان نانوکاتالیزگر ناهمگن اسیدی جامد در سنتز مشتقات پیریمیدینون‌ها، چالکن‌ها، بنزو تیا زول‌ها، پلی‌هیدروکینولین‌ها، ۴،۱-دی‌هیدروپیریدین‌ها و تری‌آریل‌پیریدین‌ها استفاده شد. در این بررسی‌ها نانوکاتالیزگر جدید سنتز شده قابلیت کاتالیزگری بسیار خوبی از خود نشان داد. در همه واکنش‌های مورد بررسی نانو-تیتانیا-سولفونیک‌اسید به راحتی بازیافت شده و بدون کاهش معنی‌داری در قابلیت کاتالیزگری تا چندین مرتبه به طور مجدد استفاده شد.

در بخش سوم از پایا نامه حاضر، نانوذرات تنگستن تری‌اکسید طی یک فرآیند شیمیایی عامل‌دار شدند. طی این فرآیند گروه عاملی اسیدی ($\text{-SO}_3\text{H}$) توسط واکنش با کلروسولفونیک‌اسید روی سطح نانوذرات تنگستن تری‌اکسید قرار گرفت و نانو-تنگستن تری‌اکسید-سولفونیک‌اسید ($\text{nano-WO}_3\text{-SO}_3\text{H}$) سنتز شد. ساختار نانو-تنگستن تری‌اکسید-سولفونیک‌اسید با تکنیک‌های XRD، FE-SEM، FT-IR، TGA، تابع اسیدی هامت و اندازه‌گیری مقدار یون‌های H^+ موجود در سطح کاتالیزگر از طریق تیتراسیون اثبات شد. در ادامه از آن به عنوان نانوکاتالیزگر ناهمگن اسیدی جامد با کارایی بالا در سنتز مشتقات ۸،۱-دی‌اکسو-اکتاهیدروزانتن‌ها، تتراهیدروبنزو زانتن‌ها، بنزایمیدازول‌کینازولین‌ها، ۸،۱-دی‌اکسو-دکاهیدروآکریدین‌ها و هگزا هیدروکینولین‌ها استفاده شد. واکنش‌های مورد بررسی در حضور نانوکاتالیزگر جدید سنتز شده خیلی سریع و با بازده بسیار خوبی انجام شدند. در همه واکنش‌های مورد بررسی نانو-تنگستن تری‌اکسید-سولفونیک‌اسید به راحتی بازیافت شده و بدون کاهش معنی‌داری در قابلیت کاتالیزگری تا چندین مرتبه به طور مجدد استفاده شد.

در بخش پایانی پایان نامه حاضر، کروم تری‌اکسید طی یک فرآیند شیمیایی دارای عامل اسیدی ($\text{-SO}_3\text{H}$) شد. در این فرآیند کلروسولفونیک‌اسید با کروم تری‌اکسید وارد واکنش شده و کروم تری‌اکسید-سولفونیک‌اسید ($\text{CrO}_3\text{-SO}_3\text{H}$) سنتز شد. ساختار کروم تری‌اکسید-سولفونیک‌اسید با تکنیک‌های XRD، FE-SEM، FT-IR، TGA، تابع اسیدی هامت و اندازه‌گیری مقدار یون‌های H^+ موجود در سطح کاتالیزگر از طریق تیتراسیون اثبات شد. در ادامه از آن به عنوان کاتالیزگر با قابلیت جداسازی و استفاده مجدد در سنتز مشتقات ۸،۱-دی‌اکسو-اکتاهیدروزانتن‌ها، ۸،۱-دی‌اکسو-دکاهیدروآکریدین‌ها، پلی‌هیدروکینولین‌ها و هگزا هیدروکینولین‌ها استفاده شد. واکنش‌های مورد بررسی در حضور کروم

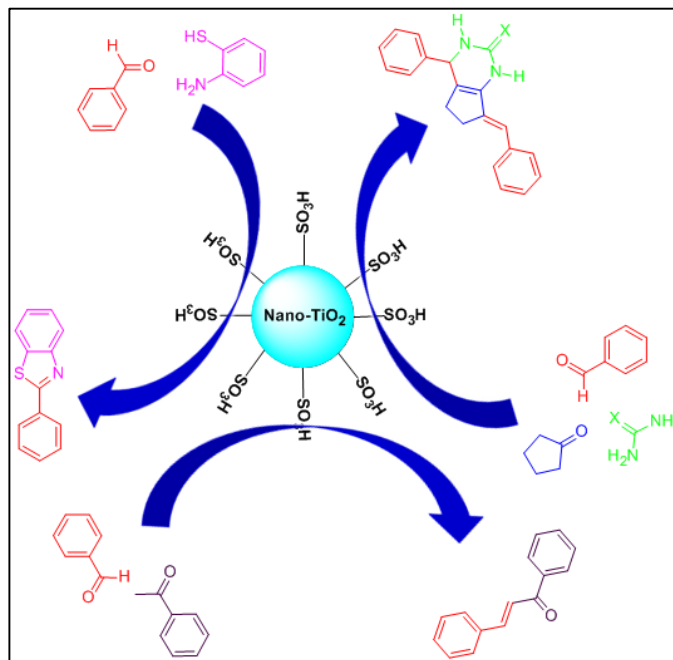
تری اکسید-سولفونیک اسید سریع و با بازده بسیار خوبی انجام شدند. در همه واکنش‌های مورد بررسی کروم تری اکسید-سولفونیک اسید به راحتی بازیافت شده و بدون کاهش معنی داری در قابلیت کاتالیزگری تا چندین مرتبه به طور مجدد استفاده شد.

واژه‌های کلیدی: نانو-تیتانیا-سولفونیک اسید، نانو-تنگستن تری اکسید-سولفونیک اسید، کروم تری اکسید-سولفونیک اسید، نانو کاتالیزگر، کاتالیزگر ناهمگن اسیدی جامد.

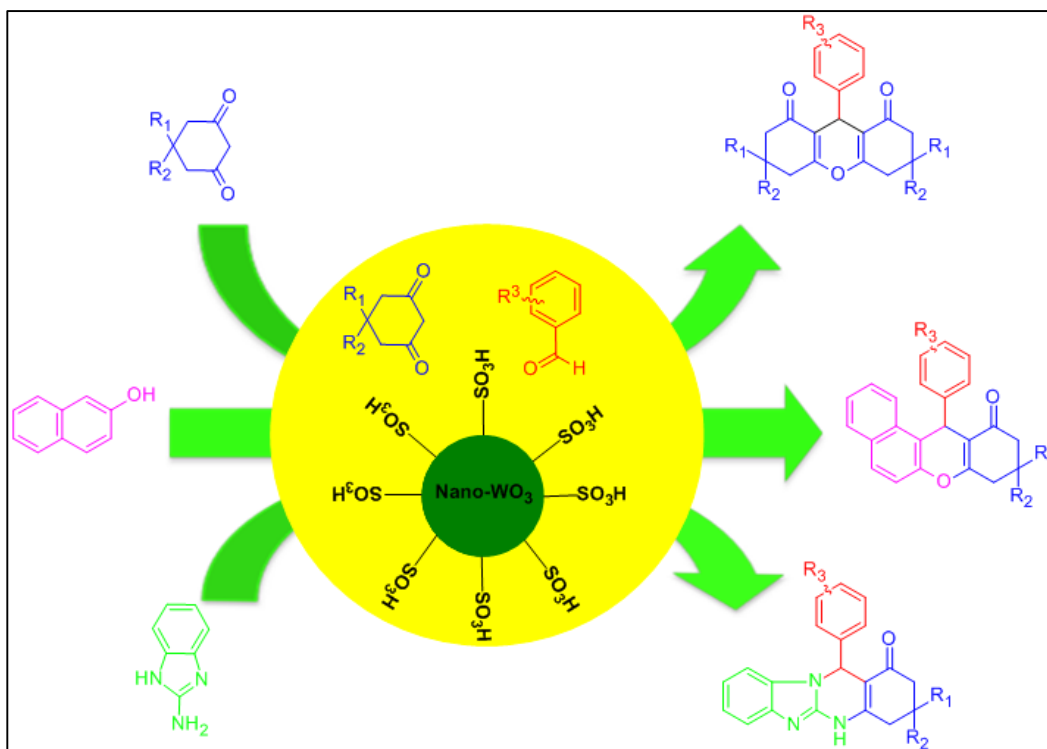
چکیده تصویری

(۱) نانو-تیتانیا-سولفونیک اسید: کاتالیزگر با کارایی بالا و استفاده مجدد برای دسته‌ای از واکنش‌های آلی تحت شرایط

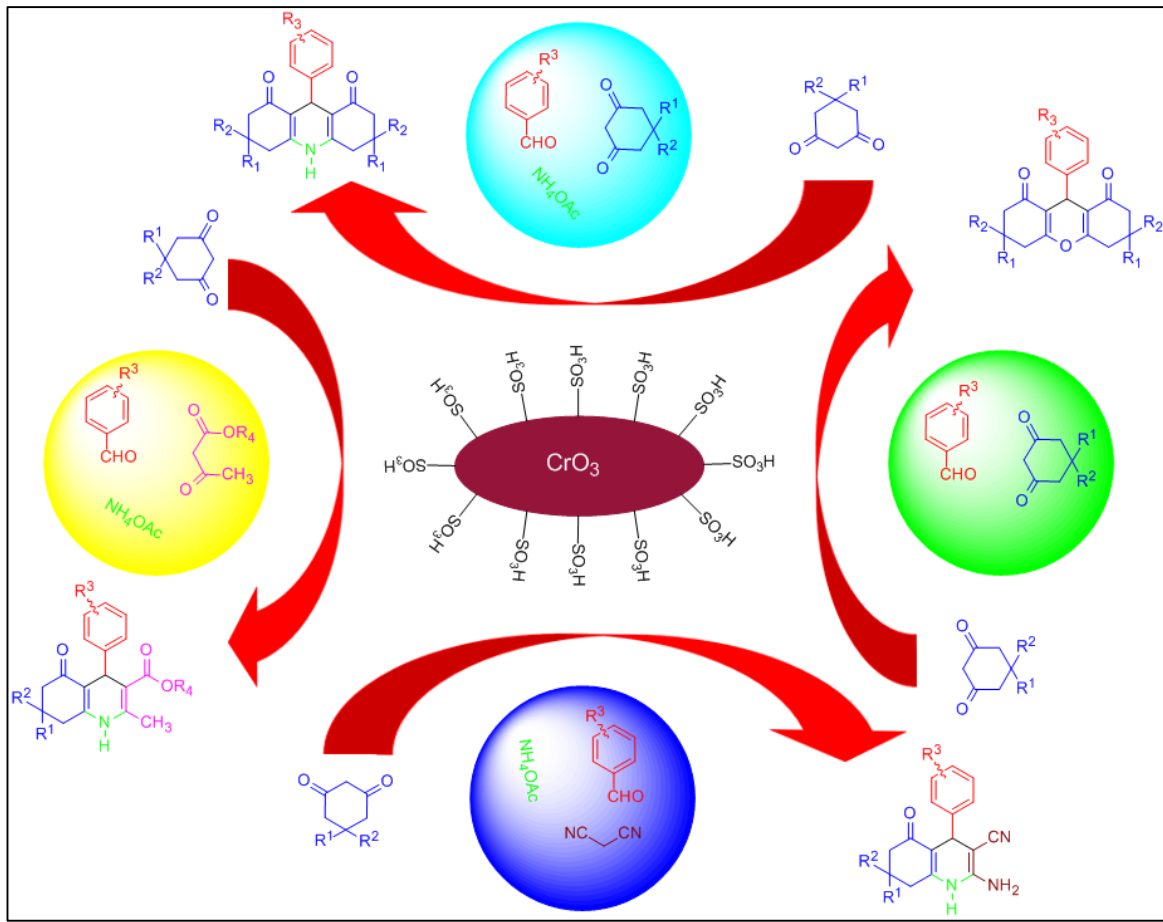
بدون حلال



(۲) نانو-تنگستن تری اکسید-سولفونیک اسید: نانو کاتالیزگر ناهمگن جدید، کارا و با قابلیت استفاده مجدد بالا



۳) معرفی کروم تری اکسید-سولفونیک اسید به عنوان کاتالیزگر اسیدی جامد جدید برای دسته‌ای از واکنش‌های آلی



فهرست مندرجات

فصل ۱ مقدمه و کلیات	۱
۱-۱ کاتالیزگر	۲
۱-۲ اجزای مهم کاتالیزگر	۲
۱-۳ انواع کاتالیزگر	۳
۱-۳-۱ کاتالیزگر همگن	۳
۱-۳-۲ کاتالیزگر ناهمگن	۳
۱-۴ کاتالیزگرهای اسیدی	۴
۱-۴-۱ هالیدهای فلزی	۴
۱-۴-۲ اکسید عناصر فلزی	۴
۱-۴-۳ سولفاتهای فلزی	۴
۱-۴-۴ زئولیتها	۴
۱-۴-۵ هتروپلی اسیدها	۵
۱-۴-۶ اسیدهای مایع	۵
۱-۴-۷ کاتالیزگرهای ناهمگن اسیدی جامد	۷
۱-۵ نانوذرات	۸
۱-۵-۱ ویژگیهای نانوذرات	۸
۱-۶ سنتز نانوذرات	۹
۱-۷ معرفی نانوذرات تیتانیوم دی اکسید	۹
۱-۷-۱ ویژگیهای نانوذرات تیتانیوم دی اکسید	۱۰
۱-۷-۲ روشهای سنتز نانوذرات تیتانیوم دی اکسید	۱۱
۱-۷-۳ کاربرد نانوذرات تیتانیوم دی اکسید	۱۳
۱-۸ نانو ذرات تنگستن تری اکسید	۱۵
۱-۸-۱ ویژگیهای نانوذرات تنگستن تری اکسید	۱۶
۱-۸-۲ روشهای سنتز نانوذرات تنگستن تری اکسید	۱۶

۱۷.....	۳-۸-۱ کاربرد نانوذرات تنگستن تری اکسید.....
۱۸.....	فصل ۲ بخش تجربی
۱۹.....	۲-۱ مواد شیمیایی استفاده شده در این رساله
۱۹.....	۲-۲ تجهیزات و سایل مورد استفاده
۲۰.....	۲-۳ سنتز نانوذرات تیتانیوم دی اکسید
۲۰.....	۳-۲-۱ نانو تیتانیوم دی اکسید: نانوکاتالیزگر قابل بازیافت ناهمگن برای سنتز ۸،۱-دی اکسودکاهیدروآکریلین ها
۲۱.....	۳-۲-۲ استفاده از نانوذرات تیتانیوم دی اکسید به عنوان کاتالیزگر قابل بازیافت برای سنتز ۱-آمیدوآلکیل-۲- نفتل ها
۲۳.....	۲-۴ سنتز نانو-تیتانیا-سولفونیک اسید (nano-Titania-Supported-Sulfonic Acid) (n-TSA)
۲۳.....	۴-۱-۲ روش عمومی سنتز نانو-تیتانیا-سولفونیک اسید (nano-Titania-Supported-Sulfonic Acid) (n-TSA)
۲۴.....	۴-۲-۱ نانو-تیتانیا-سولفونیک اسید: کاتالیزگر با کارایی بالا و قابل استفاده مجدد در سنتز پیریمیدینون ها، بنزوتیازول ها و چالکن ها در شرایط بدون حلال
۲۴.....	۴-۲-۱-۱ سنتز پیریمیدینون ها در مجاورت نانو-تیتانیا-سولفونیک اسید
۲۵.....	۴-۲-۱-۲ سنتز بنزوتیازول ها در مجاورت نانو-تیتانیا-سولفونیک اسید
۲۵.....	۴-۲-۱-۳ سنتز چالکن ها در مجاورت نانو-تیتانیا-سولفونیک اسید
۲۶.....	۴-۳-۱ سنتز پلی هیدروکینولین ها و ۱،۴-دی هیدروپیریدین ها با واکنش هانش کاتالیز شده توسط نانو-تیتانیا-سولفونیک اسید به عنوان نانوکاتالیزگر ناهمگن اسیدی جامد با کارایی بالا و قایل بازیافت
۲۷.....	۴-۳-۱-۱ سنتز پلی هیدروکینولین ها در مجاورت نانو-تیتانیا-سولفونیک اسید
۲۸.....	۴-۳-۱-۲ سنتز ۱،۴-دی هیدروپیریدین ها در مجاورت نانو-تیتانیا-سولفونیک اسید
۲۸.....	۴-۳-۱-۳ سنتز تک ظرف، با کارایی بالا و بدون حلال مشتقات ۲،۴،۶-تری آریل پیریدین ها توسط نانو-تیتانیا-سولفونیک اسید به عنوان نانوکاتالیزگر ناهمگن با کارایی بالا و قابل استفاده مجدد
۳۰.....	۲-۵ سنتز نانوذرات تنگستن تری اکسید
۳۰.....	۲-۶ سنتز نانو-تنگستن تری اکسید-سولفونیک اسید (nano-WO ₃ -Supported-Sulfonic Acid) (n-WSA)
۳۱.....	۶-۱-۲ روش عمومی سنتز نانو-تنگستن تری اکسید-سولفونیک اسید (Nano-WO ₃ -Supported-Sulfonic Acid) (n-WSA)
۳۱.....	۶-۲-۱ نانو تنگستن تری اکسید-سولفونیک اسید (nano-WO ₃ -SO ₃ H): به عنوان نانوکاتالیزگر ناهمگن جدید، با کارایی بالا و قابل استفاده مجدد در سنتز مشتقات ۸،۱-اکتاهیدروزانتن ها، تتراهیدروبنزو[<i>a</i>]زانتن ها و تتراهیدرو[<i>۴و۵</i>]ایمیدازو[<i>۲و۱</i> - <i>b</i>]کوپینازولین ها (n-WSA)

۳۳	۲-۶-۲-۲ سنتز مشتقات تتراهیدروبنزوزانتن ها.....
۳۳	۲-۶-۲-۳ سنتز مشتقات بنزایمیدازول کینازولین ها.....
۳۴	۲-۶-۳ سنتز مشتقات ۸،۱-دی اکسو-دکاهیدروآکریدین ها و هگزا هیدروکینولین ها در حضور نانو-تنگستن تری اکسید-سولفونیک اسید، به عنوان نانو کاتالیزگر ناهمگن اسیدی جامد با کارایی بالا و قابلیت استفاده مجدد.....
۳۵	۲-۶-۳-۱ بررسی سنتز مشتقات آکریدین ها در حضور نانو-تنگستن تری اکسید-سولفونیک اسید.....
۳۶	۲-۶-۳-۲ بررسی سنتز مشتقات هگزا هیدروکینولین ها.....
۳۷	۲-۷ معرفی کروم تری اکسید-سولفونیک اسید ($\text{CrO}_3\text{-SO}_3\text{H}$) به عنوان کاتالیزگر اسیدی جامد جدید برای دسته‌ای از واکنش-های آلی.....
۳۸	۲-۷-۱ روش عمومی سنتز کروم تری اکسید-سولفونیک اسید ($\text{CrO}_3\text{-SO}_3\text{H}$).....
۳۹	۲-۷-۲ استفاده از کاتالیزگر کروم تری اکسید-سولفونیک اسید (CrSA) در سنتز ترکیبات آلی.....
۳۹	۲-۷-۲-۱ بررسی سنتز مشتقات ۸،۱-دی اکسو-اکتاهیدروزانتن ها در مجاورت کروم تری اکسید-سولفونیک اسید.....
۴۰	۲-۷-۲-۲ بررسی سنتز مشتقات ۸،۱-دی اکسو-دکاهیدروآکریدین ها در مجاورت کروم تری اکسید-سولفونیک اسید.....
۴۱	۲-۷-۲-۳ بررسی سنتز مشتقات پلی هیدروکینولین ها در حضور کروم تری اکسید-سولفونیک اسید.....
۴۲	۲-۷-۲-۴ بررسی سنتز مشتقات هگزا هیدروکینولین ها در مجاورت کروم تری اکسید-سولفونیک اسید.....
۴۴	فصل ۳ تحلیل و بررسی نتایج.....
۴۴	۳-۱ تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به سنتز و استفاده از کاتالیزگرهای ناهمگن اسیدی جامد جدید در سنتز ترکیبات آلی ..
۴۵	۳-۱-۱ شناسایی نانو تیتانیوم دی اکسید (nano-TiO_2).....
۴۵	۳-۱-۲ شناسایی نانو-تیتانیا-سولفونیک اسید (n-TSA).....
۴۵	۳-۲-۱ پراش پرتو ایکس (XRD).....
۴۵	۳-۲-۲ تصویر میکروسکپ الکترونی روبشی (SEM).....
۴۶	۳-۲-۳ آنالیز طیف سنجی مادون قرمز (FT-IR).....
۴۶	۳-۲-۴ آنالیز وزن سنجی گرمایی.....
۴۷	۳-۲-۵ اندازه گیری میزان H^+
۴۷	۳-۲-۶ مطالعه قدرت اسیدی سطح نانو-تیتانیا-سولفونیک اسید توسط تابع اسیدی هامت.....
۴۹	۳-۳ استفاده از نانو-تیتانیا-سولفونیک اسید در سنتز مشتقات پیریمیدینون ها، بنزوتیازول ها و چالکن ها.....
۴۹	۳-۳-۱ بهینه سازی شرایط سنتز پیریمیدینون ها.....
۶۵	۳-۳-۲ بهینه سازی شرایط سنتز بنزوتیازولها.....

۶۸	۳-۳-۳ بهینه‌سازی شرایط سنتز چالکن‌ها
۷۱	۳-۴ استفاده از نانو-تیتانیا-سولفونیک‌اسید در سنتز مشتقات پلی‌هیدروکینولین‌ها و ۴،۱-دی‌هیدروپیریدین‌ها
۷۱	۳-۴-۱ بهینه‌سازی شرایط سنتز پلی‌هیدروکینولین‌ها
۷۴	۳-۴-۲ بهینه‌سازی شرایط سنتز ۴،۱-دی‌هیدروپیریدین‌ها
۷۷	۳-۵ استفاده از نانو-تیتانیا-سولفونیک‌اسید در سنتز مشتقات ۶،۴،۲-تری‌آریل‌پیریدین‌ها
۸۲	۳-۶ شناسایی نانوتنگستن تری‌اکسید (nano-WO ₃)
۸۲	۳-۶-۱ پراش پرتو ایکس (XRD)
۸۳	۳-۶-۲ تصویر میکروسکپ الکترونی روبشی (FE-SEM)
۸۳	۳-۶-۳ طیف‌سنجی مادون قرمز (FT-IR)
۸۴	۳-۶-۴ آنالیز جرم‌سنجی حرارتی (TGA)
۸۴	۳-۷ شناسایی نانو-تنگستن تری‌اکسید-سولفونیک‌اسید (n-WSA)
۸۴	۳-۷-۱ پراش پرتو ایکس (XRD)
۸۵	۳-۷-۲ تصویر میکروسکپ الکترونی روبشی (FE-SEM)
۸۶	۳-۷-۳ آنالیز طیف‌سنجی مادون قرمز (FT-IR)
۸۷	۳-۷-۴ آنالیز وزن‌سنجی گرمایی (TGA)
۸۸	۳-۷-۵ اندازه‌گیری میزان H ⁺
۸۸	۳-۷-۶ مطالعه قدرت اسیدی سطح نانو-تنگستن تری‌اکسید-سولفونیک‌اسید توسط تابع اسیدی هامت
۹۰	۳-۸ استفاده از نانو-تنگستن تری‌اکسید-سولفونیک‌اسید (nano-WO ₃ -SO ₃ H) در سنتز مشتقات ۸،۱-دی‌اکسو-اکتاهیدروزانتن‌ها، تتراهیدروبنزوزانتن‌ها، بنزایمیدازولکینازولین‌ها، ۸،۱-دی‌اکسو-دکاهیدروآکریدین‌ها و هگزاهیدروکینولین‌ها
۹۰	۳-۸-۱ بهینه‌سازی شرایط سنتز مشتقات ۸،۱-دی‌اکسو-اکتاهیدروزانتن‌ها
۱۰۱	۳-۸-۲ بهینه‌سازی شرایط سنتز مشتقات تتراهیدروبنزوزانتن‌ها
۱۱۰	۳-۸-۳ بهینه‌سازی شرایط سنتز مشتقات بنزایمیدازولکینازولین‌ها
۱۱۵	۳-۸-۴ بهینه‌سازی شرایط سنتز مشتقات ۸،۱-دی‌اکسو-دکاهیدروآکریدین‌ها
۱۲۳	۳-۸-۵ بهینه‌سازی شرایط سنتز مشتقات هگزاهیدروکینولین‌ها
۱۲۸	۳-۹ شناسایی کروم تری‌اکسید-سولفونیک‌اسید (CrSA)
۱۲۸	۳-۹-۱ پراش پرتو ایکس
۱۲۹	۳-۹-۲ تصویر میکروسکپ الکترونی روبشی
۱۳۰	۳-۹-۳ آنالیز طیف‌سنجی مادون قرمز (FT-IR)

۱۳۰	..... ۳-۹-۴ آنالیز وزن سنجی گرمایی
۱۳۲	..... ۳-۹-۵ اندازه‌گیری میزان H^+
۱۳۲	..... ۳-۹-۶ مطالعه قدرت اسیدی سطح کروم تری‌اکسید-سولفونیک‌اسید توسط تابع اسیدی هامت
۳-۱۰	..... استفاده از کروم تری‌اکسید سولفونیک‌اسید در سنتز مشتقات ۸،۱-دی‌اکسو-اکتاهیدروزانتن‌ها، ۸،۱-دی‌اکسو-دکاهیدروآکریدین‌ها، پلی‌هیدروکینولین‌ها و هگزا‌هیدروکینولین‌ها
۱۳۳	..... ۳-۱۰-۱ بهینه‌سازی شرایط سنتز مشتقات ۸،۱-دی‌اکسو-اکتاهیدروزانتن‌ها
۱۳۷	..... ۳-۱۰-۲ بهینه‌سازی شرایط سنتز مشتقات ۸،۱-دی‌اکسو-دکاهیدروآکریدین‌ها
۱۳۸	..... ۳-۱۰-۳ بهینه‌سازی شرایط سنتز مشتقات پلی‌هیدروکینولین‌ها
۱۴۰	..... ۳-۱۰-۴ بهینه‌سازی شرایط سنتز مشتقات هگزا‌هیدروکینولین‌ها
۱۴۲	..... فصل ۴ طیف‌ها
۱۴۲	..... ۴-۱ طیف‌های مربوط به مشتقات پیریمیدینون‌ها
۱۴۶	..... ۴-۲ طیف‌های مربوط به مشتقات بنزوتیازول‌ها
۱۴۷	..... ۴-۳ طیف‌های مربوط به مشتقات چالکن‌ها
۱۴۸	..... ۴-۴ طیف‌های مربوط به ۶،۲-بیس(۴-برموفیل)-۴-(پارا-تولیل)پیریدین
۱۴۹	..... ۴-۵ طیف‌های مربوط به مشتقات ۸،۱-دی‌اکسو-اکتاهیدروزانتن‌ها
۱۶۴	..... ۴-۶ طیف‌های مربوط به مشتقات تتراهیدروبنزوزانتن‌ها
۱۷۳	..... ۴-۷ طیف‌های مربوط به مشتقات بنزایمیدازول‌کینازولین‌ها
۱۷۷	..... ۴-۸ طیف‌های مربوط به مشتقات ۸،۱-دی‌اکسو-دکاهیدروآکریدین‌ها
۱۸۴	..... ۴-۹ طیف‌های مربوط به مشتقات هگزا‌هیدروکینولین‌ها
۱۸۸	..... منابع

فهرست جدول‌ها

- جدول ۳-۱. اثر شرایط مختلف بر سنتز ۸،۱-دی‌اکسودکاهیدروآکریدین‌ها ۴۸
- جدول ۳-۲. نتایج به دست آمده از استفاده نانوذرات تیتانیوم دی‌اکسید برای سنتز ۸،۱-دی‌اکسودکاهیدروآکریدین‌ها ۴۹
- جدول ۳-۳. استفاده مجدد از نانوذرات تیتانیوم دی‌اکسید در سنتز ۸،۱-دی‌اکسودکاهیدروآکریدین‌ها ۵۰
- جدول ۳-۴. مقایسه شرایط بدون حلال با حلال‌های مختلف برای سنتز ۱-آمیدوآلکیل-۲-نفتل‌ها ۵۱
- جدول ۳-۵. بهینه‌سازی مقدار نانوتیتانیوم دی‌اکسید در سنتز ۱-آمیدوآلکیل-۲-نفتل‌ها ۵۲
- جدول ۳-۶. بهینه‌سازی دمای واکنش در سنتز ۱-آمیدوآلکیل-۲-نفتل‌ها ۵۲
- جدول ۳-۷. نتایج به دست آمده از استفاده نانوذرات تیتانیوم دی‌اکسید برای سنتز ۱-آمیدوآلکیل-۲-نفتل‌ها ۵۳
- جدول ۳-۸. استفاده مجدد از نانوذرات تیتانیوم دی‌اکسید در سنتز ۱-آمیدوآلکیل-۲-نفتل‌ها ۵۴
- جدول ۳-۹. محاسبه معادله اسیدی هامت (H_0) مربوط به نانو-تیتانیا-سولفونیک‌اسید ۵۸
- جدول ۳-۱۰. بهینه‌سازی کاتالیزگر برای سنتز پیریمیدینون‌ها ۵۹
- جدول ۳-۱۱. بهینه‌سازی حلال و دمای واکنش سنتز پیریمیدینون‌ها ۶۰
- جدول ۳-۱۲. سنتز مشتقات پیریمیدینون‌ها توسط نانو-تیتانیا-سولفونیک‌اسید ۶۱
- جدول ۳-۱۳. بهینه‌سازی کاتالیزگر برای سنتز بنزوتیازول‌ها ۶۵
- جدول ۳-۱۴. سنتز مشتقات بنزوتیازول‌ها توسط نانو-تیتانیا-سولفونیک‌اسید ۶۵
- جدول ۳-۱۵. بهینه‌سازی کاتالیزگر برای سنتز چالکن‌ها ۶۸
- جدول ۳-۱۶. سنتز مشتقات چالکن‌ها توسط نانو-تیتانیا-سولفونیک‌اسید ۶۹
- جدول ۳-۱۷. بهینه‌سازی کاتالیزگر برای سنتز پلی‌هیدروکینولین‌ها ۷۱
- جدول ۳-۱۸. بهینه‌سازی حلال و دمای واکنش سنتز پلی‌هیدروکینولین‌ها ۷۲
- جدول ۳-۱۹. سنتز مشتقات پلی‌هیدروکینولین‌ها در مجاورت نانو-تیتانیا-سولفونیک‌اسید ۷۳
- جدول ۳-۲۰. سنتز مشتقات ۴،۱-دی‌هیدروپیریدین‌ها در مجاورت نانو-تیتانیا-سولفونیک‌اسید ۷۵

جدول ۳-۲۱	بهینه‌سازی کاتالیزگر در سنتز تری‌آریل‌پیریدین‌ها	۷۷
جدول ۳-۲۲	بهینه‌سازی دما و حلال در سنتز تری‌آریل‌پیریدین‌ها	۷۸
جدول ۳-۲۳	بهینه‌سازی منبع آمین در سنتز تری‌آریل‌پیریدین‌ها	۷۹
جدول ۳-۲۴	سنتز مشتقات تری‌آریل‌پیریدین‌ها در مجاورت نانو-تیتانیا-سولفونیک‌اسید	۷۹
جدول ۳-۲۵	محاسبه معادله اسیدی‌هامت (H_0) مربوط به نانو-تنگستن تری‌اکسید-سولفونیک‌اسید	۹۰
جدول ۳-۲۶	بهینه‌سازی مقدار کاتالیزگر در سنتز ۸،۱-دی‌اکسو-اکتاهیدروزانتن‌ها	۹۱
جدول ۳-۲۷	بهینه‌سازی شرایط سنتز ۸،۱-دی‌اکسو-اکتاهیدروزانتن‌ها	۹۱
جدول ۳-۲۸	سنتز مشتقات ۸،۱-دی‌اکسو-اکتاهیدروزانتن‌ها در مجاورت نانو-تنگستن تری‌اکسید-سولفونیک‌اسید	۹۲
جدول ۳-۲۹	مقایسه کارایی n-WSA با دیگر کاتالیزگرها در سنتز تتراهیدروبنزوزانتن‌ها	۱۰۲
جدول ۳-۳۰	سنتز مشتقات تتراهیدروبنزوزانتن‌ها در مجاورت نانو-تنگستن تری‌اکسید-سولفونیک‌اسید	۱۰۳
جدول ۳-۳۱	مقایسه کارایی n-WSA با دیگر کاتالیزگرها در سنتز بنزایمیدازول‌کینازولین‌ها	۱۱۰
جدول ۳-۳۲	سنتز مشتقات بنزایمیدازول‌کینازولین‌ها در مجاورت نانو-تنگستن تری‌اکسید-سولفونیک‌اسید	۱۱۱
جدول ۳-۳۲	نتایج به دست آمده از بهینه‌سازی نسبت مولی آمونیوم استات	۱۱۵
جدول ۳-۳۳	بهینه‌سازی مقدار کاتالیزگر در سنتز ۸،۱-دی‌اکسو-دکاهیدروآکریدین‌ها	۱۱۶
جدول ۳-۳۴	بهینه‌سازی شرایط سنتز ۸،۱-دی‌اکسو-دکاهیدروآکریدین‌ها	۱۱۶
جدول ۳-۳۵	سنتز مشتقات ۸،۱-دی‌اکسو-دکاهیدروآکریدین‌ها در مجاورت نانو-تنگستن تری‌اکسید-سولفونیک‌اسید	۱۱۷
جدول ۳-۳۶	سنتز مشتقات هگزا‌هیدروکینولین‌ها در مجاورت نانو-تنگستن تری‌اکسید-سولفونیک‌اسید	۱۲۴
جدول ۳-۳۷	محاسبه معادله اسیدی‌هامت (H_0) مربوط به کروم تری‌اکسید-سولفونیک‌اسید	۱۳۳
جدول ۳-۳۸	بهینه‌سازی مقدار کاتالیزگر در سنتز ۸،۱-دی‌اکسو-اکتاهیدروزانتن‌ها	۱۳۴
جدول ۳-۳۹	بهینه‌سازی شرایط سنتز ۸،۱-دی‌اکسو-اکتاهیدروزانتن‌ها	۱۳۵
جدول ۳-۴۰	سنتز مشتقات ۸،۱-دی‌اکسو-اکتاهیدروزانتن‌ها در مجاورت کروم تری‌اکسید-سولفونیک‌اسید	۱۳۵
جدول ۳-۴۱	نتایج به دست آمده از بازیافت و استفاده مجدد از کروم تری‌اکسید-سولفونیک‌اسید	۱۳۶

- جدول ۳-۴۲. سنتز مشتقات ۸،۱-دی‌اکسو-دکاهیدروآکریدین‌ها در مجاورت کروم تری‌اکسید-سولفونیک‌اسید ۱۳۷
- جدول ۳-۴۳. نتایج به دست آمده از بازیافت و استفاده مجدد از کروم تری‌اکسید-سولفونیک‌اسید ۱۳۸
- جدول ۳-۴۴. سنتز مشتقات پلی‌هیدروکینولین‌ها در مجاورت کروم تری‌اکسید-سولفونیک‌اسید ۱۳۸
- جدول ۳-۴۵. نتایج به دست آمده از بازیافت و استفاده مجدد از کروم تری‌اکسید-سولفونیک‌اسید ۱۴۰
- جدول ۳-۴۶. سنتز مشتقات هگزا‌هیدروکینولین‌ها در مجاورت کروم تری‌اکسید-سولفونیک‌اسید ۱۴۰
- جدول ۳-۴۷. نتایج به دست آمده از بازیافت و استفاده مجدد از کروم تری‌اکسید-سولفونیک‌اسید ۱۴۱

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱. گزینش پذیری زئولیت‌ها در واکنش‌های شیمیایی. ۵.....
- شکل ۱-۲. نحوه‌ی آرایش هشت وجهی‌های TiO_6 در سه فاز روتیل، آناتاز و بروکیت. ۱۰.....
- شکل ۳-۱. تصویر پراش پرتو ایکس به دست آمده از نانو ذرات تیتانیوم دی‌اکسید. ۴۵.....
- شکل ۳-۲. تصویر میکروسکپ الکترونی روبشی (الف) و میکروسکپ الکترونی عبوری (ب) به دست آمده از نانو ذرات تیتانیوم دی‌اکسید. ۴۶.....
- شکل ۳-۳. آنالیز طیف سنجی مادون قرمز (FT-IR) به دست آمده از نانو ذرات تیتانیوم دی‌اکسید. ۴۶.....
- شکل ۳-۴. آنالیز وزن‌سنجی گرمایی به دست آمده از نانوذرات تیتانیوم دی‌اکسید. ۴۷.....
- شکل ۳-۵. پراش پرتو ایکس مربوط به الف) نانوذرات تیتانیوم دی‌اکسید، ب) نانو-تیتانیا-سولفونیک‌اسید. ۵۵.....
- شکل ۳-۶. تصویر میکروسکپ الکترونی روبشی مربوط به الف) نانوذرات تیتانیوم دی‌اکسید، ب) نانو-تیتانیا-سولفونیک‌اسید. ۵۵.....
- شکل ۳-۷. طیف‌سنجی مادون قرمز به دست آمده از الف) نانوذرات تیتانیوم دی‌اکسید و ب) نانو-تیتانیا-سولفونیک‌اسید. ۵۶.....
- شکل ۳-۸. آنالیز وزن‌سنجی گرمایی به دست آمده از الف) نانوذرات تیتانیوم دی‌اکسید و ب) نانو-تیتانیا-سولفونیک‌اسید. ۵۷.....
- شکل ۳-۹. طیف الکترونی به دست آمده مربوط به الف) شناساگر ۴-نیتروانیلین و ب) شناساگر در حضور نانو-تیتانیا-سولفونیک‌اسید. ۵۸.....
- شکل ۳-۱۰. نمودار استفاده مجدد از n-TSA برای سنتز پیریمیدینون؛ شرایط واکنش: بنزآلدهید (۱ میلی‌مول)، سیکلوپنتانون (۱ میلی‌مول)، اوره (۱/۲ میلی‌مول)، زمان واکنش: ۰/۷۵ ساعت در دمای $70^\circ C$ و در شرایط بدون حلال. ۶۲.....
- شکل ۳-۱۱. نمودار استفاده مجدد از n-TSA برای سنتز ۲-فنیل‌بنزو[d]تيازول؛ شرایط واکنش: بنزآلدهید (۱ میلی‌مول)، ۲-آمینوتیوفنول (۱ میلی‌مول)، زمان واکنش: ۳۰ دقیقه، در دمای $70^\circ C$ و در شرایط بدون حلال. ۶۷.....
- شکل ۳-۱۲. نمودار بررسی استفاده مجدد از n-TSA برای سنتز ۱-فنیل‌بوت-۲-ان-۱-اون؛ شرایط واکنش: بنزآلدهید (۱ میلی‌مول)، استوفنون (۱ میلی‌مول)، زمان واکنش: ۹۰ دقیقه، در دمای $70^\circ C$ و در شرایط بدون حلال. ۷۰.....
- شکل ۳-۱۳. نمودار بررسی استفاده مجدد از n-TSA برای سنتز اتیل-تری‌متیل-۵-اکسو-۴-فنیل-هگزاهیدروکینولین-۳-کربوکسیلات؛ شرایط واکنش: اتیل‌استواستات (۱ میلی‌مول)، دیمیدون (۱ میلی‌مول)، بنزآلدهید (۱ میلی‌مول)، آمونیوم‌استات (۱ میلی‌مول)، زمان واکنش: ۱۵ دقیقه، در دمای $70^\circ C$ و در شرایط بدون حلال. ۷۴.....

شکل ۱۴-۳. نمودار بررسی استفاده مجدد از n-TSA برای سنتز دی اتیل-۶،۲-دی متیل-۴-فنیل-۱،۴-دی هیدرو پیریدین-۵،۳-دی کربوکسیلات؛ شرایط واکنش: اتیل استواساتات (۲ میلی مول)، بنزآلدهید (۱ میلی مول)، آمونیوم استات (۱ میلی مول)، زمان واکنش: ۲۰ دقیقه، در دمای ۷۰ °C و در شرایط بدون حلال. ۷۶.....

شکل ۱۵-۳. تصویر میکروسکپ الکترونی روبشی n-TSA قبل (آ) و بعد از ۱۰ باز استفاده مجدد (ب). ۷۷.....

شکل ۱۶-۳. نمودار بررسی استفاده مجدد از n-TSA برای سنتز ۶،۴،۲-تری فنیل پیریدین؛ شرایط واکنش: استوفنون (۲ میلی مول)، بنزآلدهید (۱ میلی مول)، آمونیوم استات (۱/۵ میلی مول)، زمان واکنش: ۲ ساعت، در دمای ۱۱۰ °C و در شرایط بدون حلال. ۸۱.....

شکل ۱۷-۳. تصویر پراش پرتو ایکس به دست آمده از نانو ذرات تنگستن تری اکسید. ۸۲.....

شکل ۱۸-۳. تصویر میکروسکپ الکترونی روبشی به دست آمده از نانو ذرات تنگستن تری اکسید. ۸۳.....

شکل ۱۹-۳. آنالیز طیف سنجی مادون قرمز (FT-IR) به دست آمده از نانو ذرات تنگستن تری اکسید. ۸۳.....

شکل ۲۰-۳. آنالیز وزن سنجی گرمایی به دست آمده از نانو ذرات تنگستن تری اکسید. ۸۴.....

شکل ۲۱-۳. پراش پرتو ایکس مربوط به الف) نانو ذرات تنگستن تری اکسید، ب) نانو-تنگستن تری اکسید-سولفونیک اسید. ۸۵.....

شکل ۲۲-۳. تصویر میکروسکپ الکترونی روبشی مربوط به نانو-تنگستن تری اکسید-سولفونیک اسید. ۸۶.....

شکل ۲۳-۳. طیف سنجی مادون قرمز به دست آمده از الف) نانو ذرات تنگستن تری اکسید و ب) نانو-تنگستن تری اکسید-سولفونیک اسید. ۸۷.....

شکل ۲۴-۳. آنالیز وزن سنجی گرمایی به دست آمده از الف) نانو ذرات تنگستن تری اکسید و ب) نانو-تنگستن تری اکسید-سولفونیک اسید. ۸۸.....

شکل ۲۵-۳. طیف الکترونی به دست آمده مربوط به الف) شناساگر ۴- نیتروآنیلین و ب) شناساگر در حضور نانو-تنگستن تری اکسید-سولفونیک اسید. ۸۹.....

شکل ۲۶-۳. نمودار استفاده مجدد از n-WSA برای سنتز ترامتیل-۹-فنیل-هگزا هیدرو (۱H) زانتن-۸،۱(۲H)-دی اون؛ شرایط واکنش: ۴- کلرو-بنزآلدهید (۱ میلی مول)، دیمیدون (۲ میلی مول)، زمان واکنش: ۱ ساعت، در دمای ۱۰۰ °C و در شرایط بدون حلال. ۹۳.....

شکل ۲۷-۳. نمودار استفاده مجدد از n-WSA برای سنتز دی متیل-۱۲-فنیل-۱۰،۹-دی هیدرو-۸H-بنزو [a] زانتن-۱۱(۱۲H)-اون؛ شرایط واکنش: بنزآلدهید (۱ میلی مول)، دیمیدون (۱ میلی مول)، β-نفتل (۱ میلی مول) زمان واکنش: ۸۵ دقیقه، در دمای ۱۰۰ °C و در شرایط بدون حلال. ۱۰۴.....

- شکل ۲۸-۳. نمودار استفاده مجدد از n-WSA برای سنتز دی‌متیل-۱۲-فنیل-تتراهیدروبنزو[۵،۴]ایمیدازوکینوزالین؛ شرایط واکنش: بنزالدهید (۱ میلی‌مول)، دیمیدون (۱ میلی‌مول)، ۲-آمینو-بنزایمیدازول (۱ میلی‌مول)، زمان واکنش: ۱۵ دقیقه، در دمای 100°C و در شرایط بدون حلال. ۱۱۲
- شکل ۲۹-۳. نمودار استفاده مجدد از n-WSA برای سنتز تترا‌متیل-۹-فنیل-هگزا‌هیدروآکریدین؛ شرایط واکنش: ۴-کلرو-بنزالدهید (۱ میلی‌مول)، دیمیدون (۲ میلی‌مول)، آمونیوم استات (۱ میلی‌مول)، زمان واکنش: ۷۵ دقیقه، در دمای 80°C و در شرایط بدون حلال. ۱۱۸
- شکل ۳۰-۳. نمودار استفاده مجدد از n-WSA برای سنتز ۲-آمینو-دی‌متیل-۵-اکسو-۴-فنیل-هگزا‌هیدروکینولین-۳-کربونیتریل؛ شرایط واکنش: ۴-کلرو-بنزالدهید (۱ میلی‌مول)، دیمیدون (۲ میلی‌مول)، آمونیوم استات (۱ میلی‌مول)، زمان واکنش: ۱۵ دقیقه، در دمای 80°C و در شرایط بدون حلال. ۱۲۵
- شکل ۳۱-۳. پراش پرتو ایکس مربوط به الف) ذرات کروم تری‌اکسید، ب) کروم تری‌اکسید-سولفونیک‌اسید. ۱۲۸
- شکل ۳۲-۳. تصویر میکروسکپ الکترونی روبشی مربوط به ذرات کروم تری‌اکسید. ۱۲۹
- شکل ۳۳-۳. تصویر میکروسکپ الکترونی روبشی مربوط به ذرات کروم تری‌اکسید-سولفونیک‌اسید. ۱۲۹
- شکل ۳۴-۳. طیف‌سنجی مادون قرمز به دست آمده از الف) ذرات کروم تری‌اکسید و ب) کروم تری‌اکسید-سولفونیک‌اسید. ۱۳۰
- شکل ۳۵-۳. آنالیز وزن‌سنجی گرمایی به دست آمده از الف) کروم تری‌اکسید و ب) کروم تری‌اکسید-سولفونیک‌اسید. ۱۳۱
- شکل ۳۶-۳. طیف الکترونی به دست آمده مربوط به الف) شناساگر ۴-نیتروآنیلین و ب) شناساگر در حضور کروم تری‌اکسید-سولفونیک‌اسید. ۱۳۳
- شکل ۱-۴. طیف $^1\text{H NMR}$ به دست آمده از ترکیب ۷-(۴-بروموبنزیلیدین)-۴-(۴-بروموفنیل)-۷،۵،۴،۳-تتراهیدرو-۱H-سیکلوپنتا[d]پیریمیدین-۲(۵H)-تیون (جدول ۱۲-۳، ردیف ۱۴). ۱۴۲
- شکل ۲-۴. طیف $^{13}\text{C NMR}$ به دست آمده از ترکیب ۷-(۴-بروموبنزیلیدین)-۴-(۴-بروموفنیل)-۷،۵،۴،۳-تتراهیدرو-۱H-سیکلوپنتا[d]پیریمیدین-۲(۵H)-تیون (جدول ۱۲-۳، ردیف ۱۴). ۱۴۳
- شکل ۳-۴. طیف $^1\text{H NMR}$ به دست آمده از ترکیب ۷-(۴-متوکسی‌بنزیلیدین)-۴-(۴-متوکسی‌فنیل)-۷،۵،۴،۳-تتراهیدرو-۱H-سیکلوپنتا[d]پیریمیدین-۲(۵H)-تیون (جدول ۱۲-۳، ردیف ۱۶). ۱۴۳
- شکل ۴-۴. طیف $^{13}\text{C NMR}$ به دست آمده از ترکیب ۷-(۴-متوکسی‌بنزیلیدین)-۴-(۴-متوکسی‌فنیل)-۷،۵،۴،۳-تتراهیدرو-۱H-سیکلوپنتا[d]پیریمیدین-۲(۵H)-تیون (جدول ۱۲-۳، ردیف ۱۶). ۱۴۴

- شکل ۵-۴. طیف $^1\text{H NMR}$ به دست آمده از ترکیب ۴-(نفتالن-۲-ایل)-۷-(نفتالن-۲-ایل متیلن)-۳،۴،۵،۷-تتراهیدرو-۱H-سیکلوپنتا[*d*]پیریمیدین-۲(۵H)-تیون (جدول ۱۲-۳، ردیف ۱۹). ۱۴۴
- شکل ۶-۴. طیف $^{13}\text{C NMR}$ به دست آمده از ترکیب ۴-(نفتالن-۲-ایل)-۷-(نفتالن-۲-ایل متیلن)-۳،۴،۵،۷-تتراهیدرو-۱H-سیکلوپنتا[*d*]پیریمیدین-۲(۵H)-تیون (جدول ۱۲-۳، ردیف ۱۹). ۱۴۵
- شکل ۷-۴. طیف $^1\text{H NMR}$ به دست آمده از ترکیب ۲-(نفتالین-۳-ایل) بنزو[*d*]تiazول (جدول ۱۴-۳، ردیف ۱۳). ۱۴۶
- شکل ۸-۴. طیف $^{13}\text{C NMR}$ به دست آمده از ترکیب ۲-(نفتالین-۳-ایل) بنزو[*d*]تiazول (جدول ۱۴-۳، ردیف ۱۳). ۱۴۶
- شکل ۹-۴. طیف $^1\text{H NMR}$ به دست آمده از ترکیب ۳-(*E*)-۳-(نفتالین-۳-ایل)-۱-فنیل پروپ-۲-ان-۱-اون (جدول ۱۶-۳، ردیف ۱۳). ۱۴۷
- شکل ۱۰-۴. طیف $^{13}\text{C NMR}$ به دست آمده از ترکیب ۳-(*E*)-۳-(نفتالین-۳-ایل)-۱-فنیل پروپ-۲-ان-۱-اون (جدول ۱۶-۳، ردیف ۱۳). ۱۴۷
- شکل ۱۱-۴. طیف $^1\text{H NMR}$ به دست آمده از ترکیب ۶،۲-بیس(۴-برموفنیل)-۴-(پارا-تولیل)پیریدین (جدول ۲۴-۳، ردیف ۱۲). ۱۴۸
- شکل ۱۲-۴. طیف $^{13}\text{C NMR}$ به دست آمده از ترکیب ۶،۲-بیس(۴-برموفنیل)-۴-(پارا-تولیل)پیریدین (جدول ۲۴-۳، ردیف ۱۲). ۱۴۸
- شکل ۱۳-۴. طیف $^1\text{H NMR}$ به دست آمده از ترکیب ۹-فنیل-۳،۴،۵،۶،۷،۹-هگزاهیدرو-۱H-زانتن-۸،۱-(۲H)-دی اون (جدول ۲۸-۳، ردیف ۱). ۱۴۹
- شکل ۱۴-۴. طیف $^{13}\text{C NMR}$ به دست آمده از ترکیب ۹-فنیل-۳،۴،۵،۶،۷،۹-هگزاهیدرو-۱H-زانتن-۸،۱-(۲H)-دی اون (جدول ۲۸-۳، ردیف ۱). ۱۴۹
- شکل ۱۵-۴. طیف $^1\text{H NMR}$ به دست آمده از ترکیب ۹-(۴-برموفنیل)-۳،۴،۵،۶،۷،۹-هگزاهیدرو-۱H-زانتن-۸،۱-(۲H)-دی اون (جدول ۲۸-۳، ردیف ۳). ۱۵۰
- شکل ۱۶-۴. طیف $^{13}\text{C NMR}$ به دست آمده از ترکیب ۹-(۴-برموفنیل)-۳،۴،۵،۶،۷،۹-هگزاهیدرو-۱H-زانتن-۸،۱-(۲H)-دی اون (جدول ۲۸-۳، ردیف ۳). ۱۵۰
- شکل ۱۷-۴. طیف $^1\text{H NMR}$ به دست آمده از ترکیب ۹-(پارا-تولیل)-۳،۴،۵،۶،۷،۹-هگزاهیدرو-۱H-زانتن-۸،۱-(۲H)-دی اون (جدول ۲۸-۳، ردیف ۴). ۱۵۱

- شکل ۱۸-۴. طیف ^{13}C NMR به دست آمده از ترکیب ۹-(پارا-تولیل)-۹،۷،۶،۵،۴،۳-هگزاهیدرو-۱H-زانتن-۸،۱-(۲H)-دی‌اون (جدول ۲۸-۳، ردیف ۴)..... ۱۵۱
- شکل ۱۹-۴. طیف ^1H NMR به دست آمده از ترکیب ۷،۶،۴،۳-تتراهیدرو-۶،۶،۳،۳-تترامتیل-۹-فنیل-۲H-زانتن-۸،۱-(۵H،۹H)-دی‌اون (جدول ۲۸-۳، ردیف ۶)..... ۱۵۲
- شکل ۲۰-۴. طیف ^{13}C NMR به دست آمده از ترکیب ۷،۶،۴،۳-تتراهیدرو-۶،۶،۳،۳-تترامتیل-۹-فنیل-۲H-زانتن-۸،۱-(۵H،۹H)-دی‌اون (جدول ۲۸-۳، ردیف ۶)..... ۱۵۲
- شکل ۲۱-۴. طیف ^1H NMR به دست آمده از ترکیب ۷،۶،۴،۳-تتراهیدرو-۶،۶،۳،۳-تترامتیل-۹-(۳-نیتروفنیل)-۲H-زانتن-۸،۱-(۵H،۹H)-دی‌اون (جدول ۲۸-۳، ردیف ۸)..... ۱۵۳
- شکل ۲۲-۴. طیف ^{13}C NMR به دست آمده از ترکیب ۷،۶،۴،۳-تتراهیدرو-۶،۶،۳،۳-تترامتیل-۹-(۳-نیتروفنیل)-۲H-زانتن-۸،۱-(۵H،۹H)-دی‌اون (جدول ۲۸-۳، ردیف ۸)..... ۱۵۳
- شکل ۲۳-۴. طیف ^1H NMR به دست آمده از ترکیب ۷،۶،۴،۳-تتراهیدرو-۶،۶،۳،۳-تترامتیل-۹-(۴-نیتروفنیل)-۲H-زانتن-۸،۱-(۵H،۹H)-دی‌اون (جدول ۲۸-۳، ردیف ۹)..... ۱۵۴
- شکل ۲۴-۴. طیف ^{13}C NMR به دست آمده از ترکیب ۷،۶،۴،۳-تتراهیدرو-۶،۶،۳،۳-تترامتیل-۹-(۴-نیتروفنیل)-۲H-زانتن-۸،۱-(۵H،۹H)-دی‌اون (جدول ۲۸-۳، ردیف ۹)..... ۱۵۴
- شکل ۲۵-۴. طیف ^1H NMR به دست آمده از ترکیب ۹-(۴-فلوئوروفنیل)-۶،۶،۳،۳-تترامتیل-۹،۷،۶،۵،۴،۳-هگزاهیدرو-۱H-زانتن-۸،۱-(۵H،۹H)-دی‌اون (جدول ۲۸-۳، ردیف ۱۰)..... ۱۵۵
- شکل ۲۶-۴. طیف ^{13}C NMR به دست آمده از ترکیب ۹-(۴-فلوئوروفنیل)-۶،۶،۳،۳-تترامتیل-۹،۷،۶،۵،۴،۳-هگزاهیدرو-۱H-زانتن-۸،۱-(۵H،۹H)-دی‌اون (جدول ۲۸-۳، ردیف ۱۰)..... ۱۵۵
- شکل ۲۷-۴. طیف ^1H NMR به دست آمده از ترکیب ۷،۶،۴،۳-تتراهیدرو-۶،۶،۳،۳-تترامتیل-۹-ارتو-تولیل-۲H-زانتن-۸،۱-(۵H،۹H)-دی‌اون (جدول ۲۸-۳، ردیف ۱۳)..... ۱۵۶
- شکل ۲۸-۴. طیف ^1H NMR به دست آمده از ترکیب ۶،۶،۳،۳-تترامتیل-۹-(نفتالین-۲-ایل)-۹،۷،۶،۵،۴،۳-هگزاهیدرو-۱H-زانتن-۸،۱-(۲H)-دی‌اون (جدول ۲۸-۳، ردیف ۱۷)..... ۱۵۶
- شکل ۲۹-۴. طیف ^{13}C NMR به دست آمده از ترکیب ۶،۶،۳،۳-تترامتیل-۹-(نفتالین-۲-ایل)-۹،۷،۶،۵،۴،۳-هگزاهیدرو-۱H-زانتن-۸،۱-(۲H)-دی‌اون (جدول ۲۸-۳، ردیف ۱۷)..... ۱۵۷

- شکل ۳۰-۴. طیف $^1\text{H NMR}$ به دست آمده از ترکیب ۹-(۵-برمو-۲-هیدروکسی فنیل)-۷،۶،۴،۳-تتراهیدرو-۶،۶،۳،۳-تترامتیل- $2H$ -زانتن-۸،۱-($5H,9H$)-دی اون (جدول ۲۸-۳، ردیف ۱۸). ۱۵۷
- شکل ۳۱-۴. طیف $^{13}\text{C NMR}$ به دست آمده از ترکیب ۹-(۵-برمو-۲-هیدروکسی فنیل)-۷،۶،۴،۳-تتراهیدرو-۶،۶،۳،۳-تترامتیل- $2H$ -زانتن-۸،۱-($5H,9H$)-دی اون (جدول ۲۸-۳، ردیف ۱۸). ۱۵۸
- شکل ۳۲-۴. طیف $^1\text{H NMR}$ به دست آمده از ترکیب (E)-۶،۶،۳،۳-تترامتیل-۹-استیریل-۹،۷،۶،۵،۴،۳-هگزاهیدرو- $1H$ -زانتن-۸،۱-($2H$)-دی اون (جدول ۲۸-۳، ردیف ۱۹). ۱۵۸
- شکل ۳۳-۴. طیف $^{13}\text{C NMR}$ به دست آمده از ترکیب (E)-۶،۶،۳،۳-تترامتیل-۹-استیریل-۹،۷،۶،۵،۴،۳-هگزاهیدرو- $1H$ -زانتن-۸،۱-($2H$)-دی اون (جدول ۲۸-۳، ردیف ۱۹). ۱۵۹
- شکل ۳۴-۴. طیف $^1\text{H NMR}$ به دست آمده از ترکیب ۹-(۶،۶،۳-تری فنیل)-۷،۶،۴،۳-تتراهیدرو-۹،۶،۳-تری فنیل- $2H$ -زانتن-۸،۱-($5H,9H$)-دی اون (جدول ۲۸-۳، ردیف ۲۰). ۱۵۹
- شکل ۳۵-۴. طیف $^{13}\text{C NMR}$ به دست آمده از ترکیب ۹-(۶،۶،۳-تری فنیل)-۷،۶،۴،۳-تتراهیدرو-۹،۶،۳-تری فنیل- $2H$ -زانتن-۸،۱-($5H,9H$)-دی اون (جدول ۲۸-۳، ردیف ۲۰). ۱۶۰
- شکل ۳۶-۴. طیف $^1\text{H NMR}$ به دست آمده از ترکیب ۹-(۴-متیل فنیل)-۷،۶،۴،۳-تتراهیدرو-۳،۶-دی فنیل- $2H$ -زانتن-۸،۱-($5H,9H$)-دی اون (جدول ۲۸-۳، ردیف ۲۱). ۱۶۰
- شکل ۳۷-۴. طیف $^{13}\text{C NMR}$ به دست آمده از ترکیب ۹-(۴-متیل فنیل)-۷،۶،۴،۳-تتراهیدرو-۳،۶-دی فنیل- $2H$ -زانتن-۸،۱-($5H,9H$)-دی اون (جدول ۲۸-۳، ردیف ۲۱). ۱۶۱
- شکل ۳۸-۴. طیف $^1\text{H NMR}$ به دست آمده از ترکیب ۹-(۴-متوکسی فنیل)-۷،۶،۴،۳-تتراهیدرو-۳،۶-دی فنیل- $2H$ -زانتن-۸،۱-($5H,9H$)-دی اون (جدول ۲۸-۳، ردیف ۲۲). ۱۶۱
- شکل ۳۹-۴. طیف $^{13}\text{C NMR}$ به دست آمده از ترکیب ۹-(۴-متوکسی فنیل)-۷،۶،۴،۳-تتراهیدرو-۳،۶-دی فنیل- $2H$ -زانتن-۸،۱-($5H,9H$)-دی اون (جدول ۲۸-۳، ردیف ۲۲). ۱۶۲
- شکل ۴۰-۴. طیف $^1\text{H NMR}$ به دست آمده از ترکیب ۹-(۴-کلرو فنیل)-۷،۶،۴،۳-تتراهیدرو-۳،۶-دی فنیل- $2H$ -زانتن-۸،۱-($5H,9H$)-دی اون (جدول ۲۸-۳، ردیف ۲۳). ۱۶۲
- شکل ۴۱-۴. طیف $^{13}\text{C NMR}$ به دست آمده از ترکیب ۹-(۴-کلرو فنیل)-۷،۶،۴،۳-تتراهیدرو-۳،۶-دی فنیل- $2H$ -زانتن-۸،۱-($5H,9H$)-دی اون (جدول ۲۸-۳، ردیف ۲۳). ۱۶۳