



دانشگاه یزد

دانشکده علوم

گروه شیمی

پایان نامه

کارشناسی ارشد شیمی

سنتز مشتقات تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اوان در حضور کاتالیزورهای مناسب

استاد راهنما

دکتر بی بی فاطمه میرجلیلی

استاد مشاور

دکتر محمد عبداللهی

پژوهش و نگارش

نعیمه صالحی

شهریور ۱۳۸۹

## تقدیر و تشکر

سپاس و ستایش ایزد منان را که بار دیگر با لطف بیکرانیش مرا در اتمام مرحله‌ای دیگر از مراحل زندگیم یاری رساند و نعمت کسب دانش را به من ارزانی داشت و هیچ‌گاه در سخت‌ترین و تنهاترین لحظاتم مرا به خود واگذار نکرد و همیشه روزنه‌های امید را بر من گشوده ساخت و می‌دانم که با من و در وجودم جاری خواهد ماند.

پس از خالق یکتا سپاس قلبی خود را نثار خانواده‌ام می‌کنم که صبورانه در کدرنه‌های سخت مسیر زندگی، حتی در دیار غربت تنه‌ایم نگذاشتند و همراه با دعا‌هایی که بدرقه راهم می‌کردند بیش از پیش مرا شرمسار از خود گذشتگی، شکیبایی و مهر خود می‌نمودند. پدري فاضل و فرهیخته که با ترنم واژگان علم شیمی از همان دوران کودکی مرا با علم ارزشمند شیمی آشنا کرد. همسری مهربان که ایستادگی و آزادگی را به من آموخت.

با سپاس و تشکر فراوان از:

استاد گرانقدر سرکار خانم دکتر فاطمه میرجلیلی به خاطر تمامی راهنمایی‌ها و کمک‌های ارزنده ایشان در به اتمام رساندن این تحقیق، که هیچ کلامی نمی‌تواند احساس مرا برای تقدیر بیان نماید.

استاد کرامی جناب آقای دکتر محمد عبداللہی به خاطر قبول مشاوره پروژه اینجانب و راهنمایی‌های راهگشای ایشان

استاد فرهیخته جناب آقای دکتر عبدالحمید بامنیری که بخش بزرگی از اطلاعات اسپکتروسکوپی خود را مدیون زحمات ایشان می‌دانم

و در آخر سپاس فراوان خود را تقدیم به تمام اساتید والا مقام گروه شیمی می‌کنم که به من آموختند آنچه را که نمی‌دانستم و از تمامی دوستان خوب و عزیزی که خاطرات خوش و شیرین بودن در کنارشان یادگاریست نفیس از دوران تحصیل صمیمانه سپاسگزارم.

تقدیم به

پدر مهربانم که قلمم لبریز از زمزمه محبت اوست، گرمی دستانش و دل مهربانش را که  
هستی بخش قلب کوچکم است می ستایم.

به مادرم که نیست تا بسید درخشش ثمره زندگیش را، به دل پاکش که جاودانه ترین مونس من بود و  
آرزویش موفقیت من و اینک می دانم که می بیند، باشد که گوشه دلم از بسم های گرم نشسته بر  
لبانش که همیشه در جلوی نگاهم است، آرام گیرد.

به همسرم تک ستاره درخشان زندگیم که واژه انتظار را ابتدا از نگاهش و سپس از کلامش تا  
اعناق جانم احساس کردم.

و به تمامی کسانی که خوبی ها و محبت هایشان فراموش نشدنی است.

## چکیده

در خانواده ترکیبات هتروسیکل اکسیژن دار، مشتق‌های زانتن به عنوان ترکیبات فعال بیولوژیکی و رنگدانه‌های مورد استفاده در صنعت، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشند. از طرفی امروزه انجام واکنش‌های آلی در شرایط سبز بسیار مورد توجه می‌باشد. بنابراین با توجه به اهمیت زانتن‌ها و در نظر گرفتن اصول شیمی سبز، در این پروژه به سنتز ترا هیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون‌ها در حلال آب در دمای  $45^{\circ}\text{C}$  از طریق تراکم همزمان ۱، ۳-دی‌کربونیل‌های حلقوی، ۲-نفтол، و آلدهیدها در حضور  $0.1\text{ g}$  سدیم دودسیل سولفات و  $0.5\text{ g}$  کاتالیست بیسموت نیترات پنج‌آبه نشانده شده بر روی بستر سیلیکاژل که ارزان، در دسترس و دوست‌دار طبیعت می‌باشد، پرداخته شده است. سپس با افزایش طول سیستم مزدوج از طریق مهاجرت باند دوگانه در دمای  $50^{\circ}\text{C}$  و در حضور  $t\text{-BuONa}$  در حلال DMSO به تهیه رنگ ۹، ۹-دی‌متیل-۱۲-(۴-نیتروفنیل)-۷a، ۸، ۹، ۱۰-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون از ۹، ۹-دی‌متیل-۱۲-(۴-نیتروفنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون پرداخته شد.

در بخش بعدی این پروژه پس از کاهش ۹، ۹-دی‌متیل-۱۲-(۴-نیتروفنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون و تبدیل آن به ۱۲-(۴-آمینوفنیل)-۹، ۹-دی‌متیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون و استفاده از تعدادی آمین دیگر، سنتز رنگ‌های آزو در دمای محیط و در غیاب اسیدهای معدنی در حضور بیسموت نیترات پنج‌آبه نشانده شده بر روی بستر سیلیکاژل انجام شد. رنگ‌های آزو دارای کاربردهای زیادی در صنایع از جمله در صنعت نساجی می‌باشند.

ساختار شیمیایی ترکیبات سنتز شده توسط روش‌های طیف‌سنجی مادون قرمز، رزونانس مغناطیسی هسته و طیف‌سنجی فرابنفش بررسی شد.

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۲	۱-۱- معرفی، کاربردها، سنتز و واکنش‌های زانتن‌ها
۲	۱-۱-۱- معرفی زانتن‌ها
۲	۱-۱-۲- کاربرد و خواص بیولوژیکی زانتن‌ها
۴	۱-۱-۲-۲- تعیین اوزون موجود در هوا
۵	۱-۱-۲-۳- کاربردهای دارویی زانتن
۷	۱-۱-۲-۴- فلوئورون
۸	۱-۱-۲-۵- زانتن به عنوان شناساگر pH درون سلولی
۹	۱-۱-۲-۶- زانتن به عنوان لیگاند
۹	۱-۱-۳- بررسی روش‌های سنتز زانتن‌ها
۱۰	۱-۱-۳-۱- تراکم مشتق‌های سالیسیل آلدهید با تترالون
۱۰	۱-۱-۳-۲- تراکم فرمالدهید با فنول
۱۱	۱-۱-۳-۳- واکنش آریل اکسی منیزیم هالیدها با تری اتیل ارتو فرمات
۱۱	۱-۱-۳-۴- حلقوی شدن آریل تریفلات‌های چند حلقه‌ای
۱۲	۱-۱-۳-۵- واکنش الکل با رزورسینول
۱۲	۱-۱-۳-۶- واکنش مشتق‌های ا، ۳-سیکلوهگزا دی‌اون با آلدهیدها
۱۳	۱-۱-۳-۷- واکنش ۲-نفتول با آلدهیدها
۱۳	۱-۱-۳-۸- واکنش ۲-هیدروکسی نفتالن-۱، ۴-دی اون با آلدهیدها
۱۴	۱-۱-۳-۹- واکنش باز مانیک با فنول
۱۵	۱-۱-۳-۱۰- تراکم اولمن ارتو هالو بنزوئیک اسید با انواع فنل‌ها
۱۵	۱-۱-۳-۱۱- تراکم همزمان آلدهیدها، ۲-نفتول و ۱، ۳-دی کربونیل‌های حلقوی
۱۸	۱-۱-۴- واکنش‌های زانتن‌ها
۱۹	۱-۱-۴-۱- اکسایش

- ۱۹-۱-۴-۲- آسیلاسیون فریدل-کرافتس.....
- ۲۰-۱-۴-۳- واکنش با منگنز استات (III).....
- ۲۱-۱-۴-۴- فوتولیز.....
- ۲۲-۱-۲- مهاجرت پیوند دوگانه.....
- ۲۳-۱-۳- رنگینه‌های آزو.....
- ۲۳-۱-۳-۱- رنگدانه‌های آلی.....
- ۲۳-۱-۳-۲- رنگینه‌های آزو.....
- ۲۴-۱-۳-۳- دی آزودار کردن.....
- ۲۵-۱-۳-۴- جفت شدن آزویی.....
- ۲۶-۱-۳-۵- ساختار ترکیبات آزویی.....
- ۲۷-۱-۴- شیمی سبز.....
- ۲۷-۱-۴-۱- مقدمه.....
- ۲۷-۱-۴-۲- سنتز ترکیب‌های آلی در حلال آب.....
- ۲۸-۱-۴-۳- سنتز ترکیب‌های آلی با استفاده از امواج فراصوت و ریزموج.....
- ۳۰-۱-۵- معرف بیسموت نیترات پنج‌آبه و بستر سیلیکاژل.....
- ۳۰-۱-۵-۱- بیسموت.....
- ۳۰-۱-۵-۲- بیسموت نیترات پنج‌آبه.....
- ۳۲-۱-۵-۳- کاربردهای بیسموت نیترات پنج‌آبه در سنتزهای آلی.....
- ۳۸-۱-۵-۴- سیلیکاژل.....
- ۴۱-۱-۲- کارهای تجربی.....
- ۴۱-۱-۲-۱- واکنش‌گرها و مواد مورد استفاده.....
- ۴۱-۱-۲-۲- دستگاه‌های مورد استفاده.....
- ۴۱-۱-۲-۳- روش تهیه کاتالیست  $Bi(NO_3)_3 \cdot 5H_2O$ .....

- ۲-۱-۴- روش عمومی سنتز تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون ها از طریق واکنش تراکمی همزمان آلدهیدها، ۱،۳-دی کربونیل های حلقوی و  $\beta$ -نفتول در حضور کاتالیست  $Bi(NO_3)_3 \cdot SiO_2 \cdot 50\%$  و سدیم دودسیل سولفات در دمای  $45^\circ C$  در حلال آب ..... ۴۲
- ۲-۱-۴-۱- سنتز ۹، ۹-دی متیل-۱۲-(۴-نیتروفنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون در حضور کاتالیست  $Bi(NO_3)_3 \cdot SiO_2 \cdot 50\%$  و سدیم دودسیل سولفات در دمای  $45^\circ C$  در حلال آب ..... ۴۲
- ۲-۱-۵- روش عمومی سنتز تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون ها از طریق واکنش تراکمی همزمان آلدهیدها، ۱، ۳-دی کربونیل های حلقوی و  $\beta$ -نفتول در حضور کاتالیست  $Bi(NO_3)_3 \cdot 5H_2O \cdot SiO_2 \cdot 50\%$  و سدیم دودسیل سولفات در حلال آب با استفاده از تابش فراصوت ..... ۴۳
- ۲-۱-۵-۱- سنتز ۹، ۹-دی متیل-۱۲-(۴-نیتروفنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون در حضور کاتالیست  $Bi(NO_3)_3 \cdot SiO_2 \cdot 50\%$  و سدیم دودسیل سولفات در حلال آب با استفاده از تابش فراصوت ..... ۴۳
- ۲-۱-۶- سنتز ۹، ۹-دی متیل-۱۲-(۴-نیتروفنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون در حضور کاتالیست  $Bi(NO_3)_3 \cdot SiO_2 \cdot 50\%$  تحت شرایط بدون حلال با استفاده از تابش ریزموج ..... ۴۴
- ۲-۱-۷- سنتز رنگ ۹، ۹-دی متیل-۱۲-(۴-نیتروفنیل)-۷a-۸، ۹، ۱۰-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون از ترکیب ۹، ۹-دی متیل-۱۲-(۴-نیتروفنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون ..... ۴۴
- ۲-۱-۸- سنتز ۱۲-(۴-آمینوفنیل)-۹، ۹-دی متیل تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون از طریق کاهش گروه نیترو ترکیب ۹، ۹-دی متیل-۱۲-(۴-نیتروفنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون ..... ۴۵
- ۲-۱-۹- روش عمومی سنتز رنگ های آزو در حضور  $Bi(NO_3)_3 \cdot SiO_2 \cdot 50\%$  در دمای محیط .. ۴۵
- ۲-۱-۹-۱- سنتز ۱۲-[۴-(۴-هیدروکسی فنیل آزو) فنیل]-۹، ۹-دی متیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدرو بنزو[a]زانتن-۱۱-اون در حضور  $Bi(NO_3)_3 \cdot SiO_2 \cdot 50\%$  در دمای محیط ..... ۴۶
- ۲-۲- داده های طیفی ..... ۴۷
- ۳-۱- یافتن روشی مناسب و بهینه برای سنتز تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون ها ..... ۷۰



- ۷۰-۱-۱-۳- انتخاب کاتالیزوری مناسب برای سنتز مشتق‌های تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون..... ۷۰
- ۷۱-۱-۳- بررسی نقش حلال در سنتز ۹، ۹-دی‌متیل-۱۲-(۴-نیتروفنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲- تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون در حضور کاتالیزور  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . در حلال‌های مختلف.. ۷۲
- ۷۲-۱-۳- بهینه‌سازی دمای واکنش سنتز ۹، ۹-دی‌متیل-۱۲-(۴-نیتروفنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲- تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون در حلال آب ..... ۷۴
- ۷۳-۱-۳- استفاده از امولسیون‌کننده سدیم دودسیل سولفات در حلال آب ..... ۷۴
- ۷۴-۱-۳- استفاده از بسترهای جامد برای تهیه کاتالیست‌های هتروژن ..... ۷۶
- ۷۵-۱-۳- بهینه‌سازی نسبت درصد  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  به  $\text{SiO}_2$  کاتالیزور  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot \text{SiO}_2$  برای تهیه مشتقات تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون ..... ۷۷
- ۷۶-۱-۳- بهینه‌سازی مقدار کاتالیست  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot \text{SiO}_2$  ۵۰٪ برای تهیه مشتقات تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون ..... ۷۸
- ۷۷-۱-۳- بررسی کارایی کاتالیست در مقیاس نانو ..... ۷۹
- ۷۸-۱-۳- سنتز ۹، ۹-دی‌متیل-۱۲-(۴-نیتروفنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲- تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون در حضور  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot \text{SiO}_2$  ۵۰٪ با استفاده از تابش ریزموج و و فراصوت ..... ۸۰
- ۷۹-۱-۳- سنتز مشتقات تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون در حلال آب در حضور ۰/۰۵ g کاتالیست  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot \text{SiO}_2$  ۵۰٪ و ۰/۰۱ g سدیم دودسیل سولفات ..... ۸۰
- ۸۰-۱-۳- تهیه تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون‌ها در حضور کاتالیزور  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot \text{SiO}_2$  ۵۰٪ یا نانو کاتالیست  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot \text{SiO}_2$  ۵۰٪ در مقیاس بالا ..... ۸۴
- ۸۱-۱-۳- بررسی قابلیت استفاده مجدد محیط واکنش مدل ۴-نیتروبنزالدهید،  $\beta$ -نفتول و دایمدون ..... ۸۴
- ۸۲-۱-۳- بررسی حضور کاتالیست بر روی بستر سیلیکاژل ..... ۸۵
- ۸۳-۱-۳- تعیین خصوصیات نانو کاتالیست  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot \text{SiO}_2$  ۵۰٪ ..... ۸۷
- ۸۴-۱-۳- تفسیر طیف FT-IR،  $^1\text{H NMR}$ ،  $^{13}\text{C NMR}$ ، ۹، ۹-دی‌متیل-۱۲-(۴-نیتروفنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲- تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون ..... ۸۸
- ۸۵-۱-۳- بررسی مکانیسم واکنش سنتز ۹، ۹-دی‌متیل-۱۲-(۴-نیتروفنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲- تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون ..... ۹۰

۹۳	نتیجه‌گیری ۱۷-۱-۳
۹۶	مهاجرت پیوند دوگانه ۲-۳
۹۶	۱-۲-۳ سنتز رنگ ۹، ۹-دی‌متیل-۱۲-(۴-نیتروفنیل)-۷a، ۸، ۹، ۱۰-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون
۹۶	۲-۲-۳ تفسیر طیف FT-IR، $^1\text{H NMR}$ و UV ترکیب ۹، ۹-دی‌متیل-۱۲-(۴-نیتروفنیل)-۷a، ۸، ۹، ۱۰-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون
۱۰۰	۳-۳ رنگ‌های آزو
۱۰۰	۱-۳-۳ سنتز ۱۲-(۴-آمینوفنیل)-۹، ۹-دی‌متیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون
۱۰۰	۲-۳-۳ تفسیر طیف FT-IR، $^1\text{H NMR}$ ۱۲-(۴-آمینوفنیل)-۹، ۹-دی‌متیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون
۱۰۱	۳-۳-۳ سنتز رنگ‌های آزو بر پایه تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون در دمای محیط و در حضور $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot \text{SiO}_2$ ۵۰٪
۱۰۲	۱-۳-۳-۳ بهینه‌سازی مقدار کاتالیست $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot \text{SiO}_2$ ۵۰٪ برای سنتز رنگ‌های آزو بر پایه تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون در دمای محیط
۱۰۲	۴-۳-۳ سنتز رنگ‌های آزو بر پایه تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون در حضور ۰/۲ g از کاتالیزور $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot \text{SiO}_2$ ۵۰٪ در دمای محیط
۱۰۴	۵-۳-۳ تفسیر طیف FT-IR، $^1\text{H NMR}$ و UV ۱۲-(۴-هیدروکسی فنیل آزو) فنیل-۹، ۹-دی‌متیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون
۱۰۵	۶-۳-۳ سنتز رنگ‌های آزو بر پایه آمین‌های دیگر در حضور $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot \text{SiO}_2$ ۵۰٪ و در دمای محیط
۱۰۷	۷-۳-۳ تفسیر طیف FT-IR، $^1\text{H NMR}$ و UV ۱-۲-(۲، ۲-دی‌متیل فنیل آزو)-۴، ۴-۶
۱۰۹	دی‌متیل فنیل آزو-۲-نفتول
۱۱۰	۸-۳-۳ تفسیر طیف FT-IR، $^1\text{H NMR}$ و UV ۴-(۱-نفتیل آزو)-۱-نفتیل آمین
۱۱۱	۹-۳-۳ نتیجه‌گیری
۲۵۱	منابع

## فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
۲۹.....	شکل ۱-۱: انواع دستگاه‌های مولد امواج فراصوت
۳۹.....	شکل ۱-۳: سیلیکاژل
۸۶.....	شکل ۳-۱: طیف FT-IR (a) $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (b) $\text{SiO}_2$ (c) $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot \text{SiO}_2$
۸۷.....	شکل ۳-۲: SEM نانو کاتالیست $\text{SiO}_2$
۸۸.....	شکل ۳-۳: SEM نانو کاتالیست $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot \text{SiO}_2$ ۵۰٪
۹۳.....	شکل ۳-۴: مکانیسم سنتز تتراهیدروبنزو[ <i>a</i> ]زانتن-۱۱-اون‌ها در حضور SDS
	شکل ۳-۵: طیف UV (a) ترکیب ۹، ۹-دی‌متیل-۱۲-۴-نیتروفنیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲- تتراهیدروبنزو[ <i>a</i> ]زانتن-۱۱-اون (قبل از ایزومری شدن) (b) ترکیب ۹، ۹-دی‌متیل-۱۲-۴- نیتروفنیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[ <i>a</i> ]زانتن-۱۱-اون (بعد از ایزومری شدن)
۹۸.....	

## فهرست جداول

صفحه	عنوان
۷۱	جدول ۱-۳: بررسی واکنش ۴-نیتروبنزآلدهید، دایمدون و $\beta$ -نفتول در دمای $90^\circ\text{C}$ و در غیاب حلال در حضور کاتالیزورهای مختلف .....
۷۲	جدول ۲-۳: بررسی واکنش سنتز ۹،۹-دی‌متیل-۱۲-(۴-نیتروفنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[ <i>a</i> ]زانتن-۱۱-اون در حلال‌های مختلف در حضور کاتالیزور $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ در دمای محیط .....
۷۳	جدول ۳-۳: بررسی واکنش سنتز ۹،۹-دی‌متیل-۱۲-(۴-نیتروفنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[ <i>a</i> ]زانتن-۱۱-اون در حلال‌های مختلف تحت شرایط رفلکس در حضور کاتالیزور $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .....
۷۴	جدول ۳-۴: بررسی واکنش سنتز ۹،۹-دی‌متیل-۱۲-(۴-نیتروفنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[ <i>a</i> ]زانتن-۱۱-اون در حلال آب در دماهای مختلف در حضور کاتالیزور $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ....
۷۵	جدول ۳-۵: بررسی واکنش سنتز ۹،۹-دی‌متیل-۱۲-(۴-نیتروفنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[ <i>a</i> ]زانتن-۱۱-اون در حلال آب در دمای $45^\circ\text{C}$ در حضور SDS .....
۷۶	جدول ۳-۶: بررسی واکنش سنتز ۹،۹-دی‌متیل-۱۲-(۴-نیتروفنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[ <i>a</i> ]زانتن-۱۱-اون در حضور $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ و $\text{SiO}_2$ خالص و $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot \text{SiO}_2$ .....
۷۷	جدول ۳-۷: بررسی واکنش سنتز ۹،۹-دی‌متیل-۱۲-(۴-نیتروفنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[ <i>a</i> ]زانتن-۱۱-اون در حضور درصدهای مختلف $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ، در حلال آب در دمای $45^\circ\text{C}$ .....
۷۸	جدول ۳-۸: بررسی مقدار کاتالیست $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot \text{SiO}_2$ ۵۰٪ جهت سنتز ۹،۹-دی‌متیل-۱۲-(۴-نیتروفنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[ <i>a</i> ]زانتن-۱۱-اون در حلال آب در دمای $45^\circ\text{C}$ .....
۷۹	جدول ۳-۹: مقایسه فعالیت کاتالیزوری نانو کاتالیست $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot \text{SiO}_2$ ۵۰٪ با کاتالیست $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot \text{SiO}_2$ ۵۰٪ با زمان واکنش ۴/۵ ساعت در حضور سدیم دودسیل سولفات .
۸۱	جدول ۳-۱۰: سنتز مشتق‌های تتراهیدروبنزو[ <i>a</i> ]زانتن-۱۱-اون در حضور کاتالیست $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot \text{SiO}_2$ ۵۰٪ و سدیم دودسیل سولفات .....
۸۵	جدول ۳-۱۱: قابلیت استفاده مجدد محیط واکنش مدل ۴-نیترو بنزآلدهید، دایمدون و $\beta$ -نفتول .....

جدول ۳-۱۲: بررسی و مقایسه شرایط واکنش و عملکرد کاتالیست  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot \text{SiO}_2$  ۵۰٪ در واکنش مدل ۴-نیتروبنزآلدهید، دایمدون و  $\beta$ -نفتول با دیگر کاتالیست‌ها ..... ۹۴

جدول ۳-۱۳: بررسی مقدار  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot \text{SiO}_2$  ۵۰٪ جهت سنتز رنگ ۱۲-۴-۴-هیدروکسی فنیل آزو (فنیل-۹، ۹-دی‌متیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون در دمای محیط ..... ۱۰۳

جدول ۳-۱۴: سنتز رنگ‌های آزو بر پایه تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون در دمای محیط و در حضور  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot \text{SiO}_2$  ۵۰٪ ..... ۱۰۴

جدول ۳-۱۵: سنتز رنگ‌های آزو در دمای محیط در حضور  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot \text{SiO}_2$  ۵۰٪ ..... ۱۰۷

## فهرست طیف‌ها

عنوان	صفحه
طیف FT-IR ۳-۱: ۹، ۹-دی‌متیل-۱۲-فنیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون-۱۱۳	۱۱۳
طیف $^1\text{H NMR}$ ۳-۱: ۹، ۹-دی‌متیل-۱۲-فنیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون	۱۱۴
طیف $^1\text{H NMR}$ ۳-۱-۱: ۹، ۹-دی‌متیل-۱۲-فنیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون	۱۱۵
طیف $^1\text{H NMR}$ ۳-۱-۲: ۹، ۹-دی‌متیل-۱۲-فنیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون	۱۱۶
طیف $^{13}\text{C NMR}$ ۳-۱: ۹، ۹-دی‌متیل-۱۲-فنیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون	۱۱۷
طیف $^{13}\text{C NMR}$ ۳-۱-۱: ۹، ۹-دی‌متیل-۱۲-فنیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون	۱۱۸
طیف $^{13}\text{C NMR}$ ۳-۱-۲: ۹، ۹-دی‌متیل-۱۲-فنیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون	۱۱۹
طیف $^{13}\text{C NMR}$ ۳-۱-۳: ۹، ۹-دی‌متیل-۱۲-فنیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون	۱۲۰
طیف FT-IR ۳-۲: ۱۲-(۴-کلرو فنیل)-۹، ۹-دی‌متیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون	۱۲۱
طیف $^1\text{H NMR}$ ۳-۲: ۱۲-(۴-کلرو فنیل)-۹، ۹-دی‌متیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون	۱۲۲
طیف $^1\text{H NMR}$ ۳-۱-۲: ۱۲-(۴-کلرو فنیل)-۹، ۹-دی‌متیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون	۱۲۳

طیف $^1\text{H}$ NMR ۲-۲-۳: ۱۲-(۴-کلرو فنیل)-۹، ۹-دی متیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-	۱۲۴
تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون	
طیف FT-IR ۳-۳: ۱۲-(۴-بروموفنیل)-۹، ۹-دی متیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-	۱۲۵
اون	
طیف $^1\text{H}$ NMR ۳-۳: ۱۲-(۴-بروموفنیل)-۹، ۹-دی متیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-	۱۲۶
۱۱-اون	
طیف $^1\text{H}$ NMR ۱-۳-۳: ۱۲-(۴-بروموفنیل)-۹، ۹-دی متیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-	۱۲۷
تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون	
طیف $^1\text{H}$ NMR ۲-۳-۳: ۱۲-(۴-بروموفنیل)-۹، ۹-دی متیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-	۱۲۸
تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون	
طیف $^{13}\text{C}$ NMR ۳-۳: ۱۲-(۴-بروموفنیل)-۹، ۹-دی متیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-	۱۲۹
۱۱-اون	
طیف $^{13}\text{C}$ NMR ۱-۳-۳: ۱۲-(۴-بروموفنیل)-۹، ۹-دی متیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-	۱۳۰
تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون	
طیف $^{13}\text{C}$ NMR ۲-۳-۳: ۱۲-(۴-بروموفنیل)-۹، ۹-دی متیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-	۱۳۱
تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون	
طیف $^{13}\text{C}$ NMR ۳-۳-۳: ۱۲-(۴-بروموفنیل)-۹، ۹-دی متیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-	۱۳۲
تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون	
طیف FT-IR ۴-۳: ۱۲-(۳-بروموفنیل)-۹، ۹-دی متیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-	۱۳۳
اون	
طیف $^1\text{H}$ NMR ۴-۳: ۱۲-(۳-بروموفنیل)-۹، ۹-دی متیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-	۱۳۴
۱۱-اون	
طیف $^1\text{H}$ NMR ۱-۴-۳: ۱۲-(۳-بروموفنیل)-۹، ۹-دی متیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-	۱۳۵
تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون	

- طیف  $^1\text{H NMR}$  ۳-۴-۲: ۱۲-(۳-بروموفنیل)-۹، ۹-دی‌متیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-  
تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون ..... ۱۳۶
- طیف FT-IR ۳-۵: ۹، ۹-دی‌متیل-۱۲-(۴-نیتروفنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-  
اون ..... ۱۳۷
- طیف  $^1\text{H NMR}$  ۳-۵: ۹، ۹-دی‌متیل-۱۲-(۴-نیتروفنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-  
۱۱-اون ..... ۱۳۸
- طیف  $^1\text{H NMR}$  ۳-۵-۱: ۹، ۹-دی‌متیل-۱۲-(۴-نیتروفنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-  
تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون ..... ۱۳۹
- طیف  $^1\text{H NMR}$  ۳-۵-۲: ۹، ۹-دی‌متیل-۱۲-(۴-نیتروفنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-  
تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون ..... ۱۴۰
- طیف  $^{13}\text{C NMR}$  ۳-۵: ۹، ۹-دی‌متیل-۱۲-(۴-نیتروفنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-  
۱۱-اون ..... ۱۴۱
- طیف  $^{13}\text{C NMR}$  ۳-۵-۱: ۹، ۹-دی‌متیل-۱۲-(۴-نیتروفنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-  
تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون ..... ۱۴۲
- طیف  $^{13}\text{C NMR}$  ۳-۵-۲: ۹، ۹-دی‌متیل-۱۲-(۴-نیتروفنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-  
تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون ..... ۱۴۳
- طیف UV ۳-۵: ۹، ۹-دی‌متیل-۱۲-(۴-نیتروفنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون  
..... ۱۴۴
- طیف FT-IR ۳-۶: ۹، ۹-دی‌متیل-۱۲-(۳-نیتروفنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-  
اون ..... ۱۴۵
- طیف  $^1\text{H NMR}$  ۳-۶: ۹، ۹-دی‌متیل-۱۲-(۳-نیتروفنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-  
۱۱-اون ..... ۱۴۶
- طیف  $^1\text{H NMR}$  ۳-۶-۱: ۹، ۹-دی‌متیل-۱۲-(۳-نیتروفنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-  
تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون ..... ۱۴۷



طیف $^1\text{H}$ NMR ۳-۶-۲: ۹، ۹-دی‌متیل-۱۲-(۳-نیتروفنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲- تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون.....	۱۴۸
طیف $^1\text{H}$ NMR ۳-۷-۷: ۹، ۹-دی‌متیل-۱۲-(۴-ایزوپروپیل‌فنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲- تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون.....	۱۵۰
طیف $^1\text{H}$ NMR ۳-۷-۱: ۹، ۹-دی‌متیل-۱۲-(۴-ایزوپروپیل‌فنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲- تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون.....	۱۵۱
طیف $^1\text{H}$ NMR ۳-۷-۲: ۹، ۹-دی‌متیل-۱۲-(۴-ایزوپروپیل‌فنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲- تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون.....	۱۵۲
طیف FT-IR ۳-۸: ۱۲-(۴-هیدروکسی‌فنیل)-۹، ۹-دی‌متیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲- تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون.....	۱۵۳
طیف $^1\text{H}$ NMR ۳-۸-۲: ۱۲-(۴-هیدروکسی‌فنیل)-۹، ۹-دی‌متیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲- تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون.....	۱۵۶
طیف $^{13}\text{C}$ NMR ۳-۸: ۱۲-(۴-هیدروکسی‌فنیل)-۹، ۹-دی‌متیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲- تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون.....	۱۵۷
طیف $^{13}\text{C}$ NMR ۳-۸-۱: ۱۲-(۴-هیدروکسی‌فنیل)-۹، ۹-دی‌متیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲- تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون.....	۱۵۸
طیف $^{13}\text{C}$ NMR ۳-۸-۲: ۱۲-(۴-هیدروکسی‌فنیل)-۹، ۹-دی‌متیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲- تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون.....	۱۵۹
طیف $^{13}\text{C}$ NMR ۳-۸-۳: ۱۲-(۴-هیدروکسی‌فنیل)-۹، ۹-دی‌متیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲- تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون.....	۱۶۰
طیف FT-IR ۳-۹: ۱۲-(۴-متوکسی‌فنیل)-۹، ۹-دی‌متیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن- ۱۱-اون.....	۱۶۱
طیف $^1\text{H}$ NMR ۳-۹: ۱۲-(۴-متوکسی‌فنیل)-۹، ۹-دی‌متیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲- تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون.....	۱۶۲

طیف $^1\text{H}$ NMR ۳-۹-۱: ۱۲-(۴-متوکسی فنیل)-۹، ۹-دی متیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-	تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون	۱۶۳
طیف $^1\text{H}$ NMR ۳-۹-۲: ۱۲-(۴-متوکسی فنیل)-۹، ۹-دی متیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-	تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون	۱۶۴
طیف $^1\text{H}$ NMR ۳-۱۰-۱: ۱۲-(۲،۳-دی هیدروکسی فنیل)-۹، ۹-دی متیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-	تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون	۱۶۷
طیف $^1\text{H}$ NMR ۳-۱۰-۱: ۱۲-(۲،۳-دی هیدروکسی فنیل)-۹، ۹-دی متیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-	تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون	۱۶۸
طیف $^1\text{H}$ NMR ۳-۱۰-۲: ۱۲-(۲،۳-دی هیدروکسی فنیل)-۹، ۹-دی متیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-	تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون	۱۶۹
طیف FT-IR ۳-۱۱: ۹، ۹-دی متیل-۱۲-(۴-استیریل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون	۱۷۰	
طیف FT-IR ۳-۱۲: ۱۲-فنیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون	۱۷۱	
طیف $^1\text{H}$ NMR ۳-۱۲: ۱۲-فنیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون	۱۷۲	
طیف $^1\text{H}$ NMR ۳-۱۲-۱: ۱۲-فنیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون	۱۷۳	
طیف $^1\text{H}$ NMR ۳-۱۲-۲: ۱۲-فنیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون	۱۷۴	
طیف $^{13}\text{C}$ NMR ۳-۱۲: ۱۲-فنیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون	۱۷۵	
طیف $^{13}\text{C}$ NMR ۳-۱۲-۱: ۱۲-فنیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون	۱۷۶	
طیف $^{13}\text{C}$ NMR ۳-۱۲-۲: ۱۲-فنیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون	۱۷۷	
طیف $^{13}\text{C}$ NMR ۳-۱۲-۳: ۱۲-فنیل-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون	۱۷۸	
طیف FT-IR ۳-۱۳: ۱۲-(۴-کلرو فنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون	۱۷۹	
طیف $^1\text{H}$ NMR ۳-۱۳: ۱۲-(۴-کلرو فنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون	۱۸۰	
طیف $^1\text{H}$ NMR ۳-۱۳-۱: ۱۲-(۴-کلرو فنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون	۱۸۱	
طیف $^1\text{H}$ NMR ۳-۱۳-۲: ۱۲-(۴-کلرو فنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون	۱۸۲	

طیف $^{13}\text{C}$ NMR ۳-۱۳: ۱۲- (۴-کلروفنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون ۱۸۳..
طیف $^{13}\text{C}$ NMR ۳-۱۳: ۱-۱۲- (۴-کلروفنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون ۱۸۴
طیف $^{13}\text{C}$ NMR ۳-۱۳: ۲-۱۲- (۴-کلروفنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون ۱۸۵
طیف $^{13}\text{C}$ NMR ۳-۱۳: ۳-۱۲- (۴-کلروفنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون ۱۸۶
طیف FT-IR ۳-۱۴: ۱۲- (۴-نیتروفنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون ..... ۱۸۷
طیف $^1\text{H}$ NMR ۳-۱۴: ۱۲- (۴-نیتروفنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون ... ۱۸۸
طیف $^1\text{H}$ NMR ۳-۱۴: ۱-۱۲- (۴-نیتروفنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون ۱۸۹
طیف $^1\text{H}$ NMR ۳-۱۴: ۲-۱۲- (۴-نیتروفنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون ۱۹۰
طیف FT-IR ۳-۱۵: ۱۲- (۴-متیل فنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون ..... ۱۹۱
طیف $^1\text{H}$ NMR ۳-۱۵: ۱۲- (۴-متیل فنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون .. ۱۹۲
طیف $^1\text{H}$ NMR ۳-۱۵: ۲-۱۲- (۴-متیل فنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون ۱۹۴
طیف $^{13}\text{C}$ NMR ۳-۱۵: ۱۲- (۴-متیل فنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون ۱۹۵.
طیف $^{13}\text{C}$ NMR ۳-۱۵: ۱-۱۲- (۴-متیل فنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون
۱۹۶.....
طیف $^{13}\text{C}$ NMR ۳-۱۵: ۲-۱۲- (۴-متیل فنیل)-۸، ۹، ۱۰، ۱۲-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون
۱۹۷.....
طیف FT-IR ۳-۱۶: ۲- (۴، ۴-دی متیل-۲-هیدروکسی-۶-اکسوسیکلوهگز-۱-انیل) (۴)-
۱۹۸.....- (۴، ۴-دی متیل-۲-هیدروکسی-۶-اکسوسیکلوهگز-۱-انیل) (۴)-
طیف $^1\text{H}$ NMR ۳-۱۶: ۲- (۴، ۴-دی متیل-۲-هیدروکسی-۶-اکسوسیکلوهگز-۱-انیل) (۴)-
۱۹۹..... (۴، ۴-دی متیل-سیکلوهگز-۱-انیل) (۴)-
طیف $^1\text{H}$ NMR ۳-۱۶: ۱-۲- (۴، ۴-دی متیل-۲-هیدروکسی-۶-اکسوسیکلوهگز-۱-انیل) (۴)-
۲۰۰.....- (۴، ۴-دی متیل-۲-هیدروکسی-۶-اکسوسیکلوهگز-۱-انیل) (۴)-
طیف $^1\text{H}$ NMR ۳-۱۶: ۲-۲- (۴، ۴-دی متیل-۲-هیدروکسی-۶-اکسوسیکلوهگز-۱-انیل) (۴)-
۲۰۱..... (۴، ۴-دی متیل-سیکلوهگز-۱-انیل) (۴)-

طیف FT-IR ۳-۱۷: ۹، ۹-دی‌متیل-۱۲-(۴-نیتروفنیل)-۷a، ۸، ۹، ۱۰-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون	۲۰۲
طیف $^1\text{H NMR}$ ۳-۱۷: ۹، ۹-دی‌متیل-۱۲-(۴-نیتروفنیل)-۷a، ۸، ۹، ۱۰-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون	۲۰۳
طیف $^1\text{H NMR}$ ۳-۱۷-۱: ۹، ۹-دی‌متیل-۱۲-(۴-نیتروفنیل)-۷a، ۸، ۹، ۱۰-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون	۲۰۴
طیف $^1\text{H NMR}$ ۳-۱۷-۲: ۹، ۹-دی‌متیل-۱۲-(۴-نیتروفنیل)-۷a، ۸، ۹، ۱۰-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون	۲۰۵
طیف UV ۳-۱۷: ۹، ۹-دی‌متیل-۱۲-(۴-نیتروفنیل)-۷a، ۸، ۹، ۱۰-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون	۲۰۶
طیف FT-IR ۳-۱۸: ۱۲-(۴-آمینوفنیل)-۹، ۹-دی‌متیل-۸، ۹، ۱۰-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون	۲۰۷
طیف $^1\text{H NMR}$ ۳-۱۸: ۱۲-(۴-آمینوفنیل)-۹، ۹-دی‌متیل-۸، ۹، ۱۰-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون	۲۰۸
طیف $^1\text{H NMR}$ ۳-۱۸-۱: ۱۲-(۴-آمینوفنیل)-۹، ۹-دی‌متیل-۸، ۹، ۱۰-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون	۲۰۹
طیف $^1\text{H NMR}$ ۳-۱۸-۲: ۱۲-(۴-آمینوفنیل)-۹، ۹-دی‌متیل-۸، ۹، ۱۰-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون	۲۱۰
طیف FT-IR ۳-۱۹: ۱۲-[۴-(۴-هیدروکسی‌فنیل آزو) فنیل]-۹، ۹-دی‌متیل-۸، ۹، ۱۰-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون	۲۱۱
طیف $^1\text{H NMR}$ ۳-۱۹: ۱۲-[۴-(۴-هیدروکسی‌فنیل آزو) فنیل]-۹، ۹-دی‌متیل-۸، ۹، ۱۰-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون	۲۱۲
طیف $^1\text{H NMR}$ ۳-۱۹-۱: ۱۲-[۴-(۴-هیدروکسی‌فنیل آزو) فنیل]-۹، ۹-دی‌متیل-۸، ۹، ۱۰-تتراهیدروبنزو[a]زانتن-۱۱-اون	۲۱۳