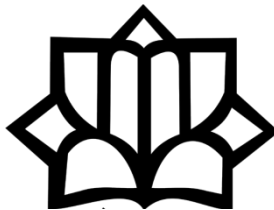


صلى الله عليه وسلم



دانشگاه کاشان

پژوهشکده علوم و فناوری نانو

پایان نامه

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته علوم و فناوری نانو

گرایش نانوشیمی

## عنوان:

تهیه و شناسایی نانو ساختارهای  $\text{CuI}$ ،  $\text{Pb(OH)I}$  و نانوکامپوزیت‌های آن‌ها با پایه گرافنی به روش

هم‌رسوبی و سونوشیمیایی

## استاد راهنما:

پروفسور مسعود صلواتی نیاسری

## توسط:

فرنوش توکلی

خرداد ۱۳۹۲

## **به نام مهربان ترین**

سپاس خدای را که سخنوران، در ستودن او بمانند، شمارندگان، شمردن نعمت‌های او ندانند و کوشندگان، حق او را گزاردن نتوانند. و سلام و درود بر حضرت محمد(ص) و خاندان پاک او، طاهران معصوم، هم آنان که وجودمان وامدار وجودشان است و نفرین پیوسته بر دشمنان ایشان تا روز رستاخیز بر ما واجب...

## **تقدیم به**

### **پنج گوهر گرانبهای زندگی ام...**

#### **پدر و مادر نازنینم**

که لحظات ناب باور بودن، لذت و غرور دانستن، جسارت خواستن، عظمت رسیدن و تمام تجربه های یکتا و زیبای زندگی، مدیون حضور سبز آنهاست.

،

#### **استاد راهنمای بزرگوارم**

که با کرامتی چون خورشید ، سرزمین دل را روشنی بخشیدند و گلشن سرای علم و دانش را با راهنمایی‌های کار ساز و سازنده بارور ساختند.

و

#### **فرناز و فرهاد عزیزم**

همسفران مهربان زندگی که با هم آغاز کردیم، در کنار هم آموختیم و به امید هم به آینده چشم می‌دوزیم،

قلبم لبریز از عشق به شماست،

چشمانم منتظر موفقیت‌های شماست و

خوشبختی تان منتهای آرزوهایم است.

حال که به یاری پروردگار متعال توفیق جمع آوری و تکمیل این مجموعه را پیدا کرده‌ام بر خود واجب می‌دانم مراتب سپاس و تشکر خود را خدمت تمامی عزیزانی که در این مدت برای من زحمت کشیده‌اند و همیاری و مصاحبت با آنان سبب پیشرفت من در این عرصه بوده است تقدیم کنم. از درگاه قادر مطلق برای همه این عزیزان آرزوی موفقیت، سلامتی و شادکامی دارم. در ابتدا از **پدر و مادر** عزیز، دلسوز و فداکارم... که پیوسته جرعه نوش جام تعلیم، تربیت، فضیلت و انسانیت آن‌ها بوده‌ام، همواره چراغ وجودشان روشنگر راه من در سختی‌ها و مشکلات بوده است، بر کوتاهی و درشتی من قلم عفو کشیده و کریمانه از کنار غفلت‌هایم گذشته‌اند و نیز در تمام عرصه‌های زندگی یار و یاور بی چشم داشت برای من بوده‌اند تشکر می‌کنم، دستان گرم و پر مهرشان را می‌بوسم و برایشان لحظاتی شاد و سرشار از سلامتی آرزو می‌کنم... باشد که این خردترین بخشی از زحمات آنان را سپاس گوید... همچنین، صمیمانه‌ترین و بهترین تقدیرها را به **خواهر و برادر** مهربان و عزیزم تقدیم می‌کنم که همیشه مانند دو فرشته همراه و همنشین لحظات خوشی و ناخوشی‌ام بوده‌اند. از قادر مطلق برایشان بهروزی و عاقبت خیر را طلب می‌کنم.

بدون شک جایگاه و منزلت استاد ارجمندم، بالاتر از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی شائبه‌ی ایشان، با زبان قاصر و دست ناتوانم، چیزی بنگارم؛ اما از آن جایی که تجلیل از استاد بزرگوام، سپاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را تامین می‌کند و سلامت امانت‌هایی را که به دستش سپرده‌اند، تضمین؛ بر حسب وظیفه و از باب "من لم یشکر المنعم من المخلوقین لم یشکر الله عز و جل": از استاد با کمالات، صبور، با تقوا، مهربان و شایسته‌ام؛ **جناب آقای پروفیسور مسعود صلواتی نیاسری** که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ نمودند و زحمت راهنمایی این رساله را بر عهده گرفتند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از حضرت علیم آرزو دارم همواره در کسوت شریف استادی با کلام نافذ و عزم راسخ و با تولید علم، دانش و پژوهش جهت آینده سازان این مرز و بوم با سرافرازی برای نیل به زندگی سعادت‌مندانه‌ی دنیوی و رستگاری اخروی کوشا و پویا باشند. از **سرکار خانم دکتر فاطمه مهندس**، دوست و همراه عزیز و متینم که در طول این دو سال خواهرانه مرا همراهی کردند کمال تشکر را دارم.

بر خود واجب می‌دانم از استاد ارجمندم **جناب آقای دکتر مسعود همدانیان** که در طول این دو سال از دریای علم و کمالاتشان به اندازه کافی بهره برده‌ام و زحمت بازخوانی و داوری این پایان نامه را کشیدند سپاسگزاری کنم. از **جناب آقای دکتر اکبری** نیز که زحمت داوری و بازخوانی پایان نامه‌ام را متحمل شدند بسیار متشکرم. از تمامی دوستان و هم‌آزمایشگاهی‌های بزرگوام در آزمایشگاه تحقیقاتی پروفیسور صلواتی که مصاحبت با آن‌ها یکی از تجربه‌های یکتای زندگی‌ام بوده و طلایی‌ترین روزهای تحصیلم را در کنارشان بوده‌ام تشکر و قدردانی می‌کنم.

"از همه معلمان و اساتیدی که رسم زندگی و راه علم آموزی را به من آموختند، سپاسگزارم و خود را وامدار زحماتشان می‌دانم"

"من به سرچشمه نورشیدم خود بروم راه  
ذره‌ای بودم دوست تو مرا بالا برد"

## چکیده

در پروژه‌ی حاضر، نانوذرات مس یدید و نانومیله‌های هیدروکسید یدید سرب با نام لائوریونیت به ترتیب به روش هم رسوبی و سونوشیمیایی تهیه شدند. از طرف دیگر، نانوکامپوزیت‌های این دو نانوساختار با پایه گرافن تهیه و شناسایی شدند. در تهیه نانوساختار مس یدید از کاهنده‌های طبیعی آب انار و گلوکز که دوست دار محیط زیست می‌باشند جهت کاهش مس (II) به مس (I) استفاده شد. تهیه نانوساختار میله مانند هیدروکسید یدید سرب برای اولین بار در این پروژه گزارش شد. این نانوساختار نیز با استفاده از باز شیف N و N - بیس (سالیسیلیدین) - اتیلن دی آمین یا H<sub>2</sub>salen به عنوان سورفاکتانت تهیه گردید. نکته جالب توجه در تهیه نانوساختار Pb(OH)I این بود که محصول، تنها در حضور امواج فراصوت ایجاد شد و در غیاب این امواج میکروساختار PbI<sub>2</sub> به دست آمد. از طرف دیگر، نانو لایه گرافن، با استفاده از روش شیمیایی تهیه شد. در مرحله اول تهیه گرافن، با استفاده از روش هامر گرافیت به گرافیت اکسید تبدیل شد و سپس در مرحله کاهش دو عامل کاهنده مورد بررسی قرار گرفتند. لایه‌های اکسید گرافیت در یک روش با استفاده از هیدرازین هیدرات و در روش دیگر با اعمال حرارت در جو آرگون کاهش پیدا کردند. در نهایت جهت ساخت کامپوزیت‌های گرافنی مس یدید و هیدروکسید یدید سرب روش پس گرافنیزاسیون انتخاب شد. نانو ساختارها و نانوکامپوزیت‌های حاصل با استفاده از روش‌های مختلفی مانند XRD، SEM، TEM، EDX، FT-IR، PL و UV-vis شناسایی و مورد بررسی قرار گرفتند.

کلمات کلیدی: ۱- مس یدید ۲- هیدروکسید یدید سرب ۳- گرافن ۴- هم رسوبی ۵- سونوشیمیایی

## فهرست علائم و اختصارات

<b>AFM</b>	Atomic Force Microscope
<b>FT-IR</b>	Fourier Transform Infra-Red
<b>SEM</b>	Scanning Electron Microscope
<b>nm</b>	Nanometer
<b>XRD</b>	X-ray Diffraction Pattern
<b>TEM</b>	Transmission Electron Microscope
<b>PL</b>	Photoluminescence
<b>STM</b>	Scanning Tunneling Microscope
<b>FCC</b>	Face Cubic Center
<b>SDS</b>	Sodium Dodecyl Sulfate
<b>PVP</b>	Polyvinylpyrrolidone
<b>H<sub>2</sub>Salen</b>	<i>N,N</i> -bis(salicylidene)-ethylenediamine
<b>LUMO</b>	Lowest Unoccupied Molecular Orbital
<b>HOMO</b>	Highest Occupied Molecular Orbital
<b>CVD</b>	Chemical Vapor Deposition
<b>UV-Vis</b>	Ultraviolet-visible

## فهرست مطالب

صفحه

عنوان

### فصل اول: مقدمه

۲	۱-۱- روش‌های ساخت نانومواد
۴	۱-۱-۱- هم رسوبی
۵	۱-۱-۱-۱- تئوری و ترمودینامیک روش هم رسوبی
۱۱	۱-۱-۲- رشد پایانی و تشکیل نانوذرات پایدار
۱۲	۱-۲-۱- سونوشیمی
۱۳	۱-۲-۱-۱- تاریخچه فراصوت
۱۴	۱-۲-۲- پیشینه سنتز با فراصوت
۱۴	۱-۲-۳- روش سونوشیمی در تهیه نانوذرات
۱۵	۱-۲-۴-۱-۱- منشا اثرات سونوشیمیایی
۱۶	۱-۲-۵- عوامل موثر بر فرآیندهای سونوشیمیایی
۱۹	۱-۲-۶-۱-۱- مزایا و معایب فرآیند سونوشیمیایی
۲۰	۲-۱- مس یدید، کاربرد و پیشینه تهیه
۲۵	۳-۱- هیدروکسید یدید سرب، کاربرد و پیشینه تهیه
۲۹	۴-۱- گرافن، کاربرد و پیشینه تهیه
۲۹	۱-۴-۱- تاریخچه گرافن
۲۹	۲-۴-۱- گرافن چیست؟
۳۱	۳-۴-۱- گرافن از دید محققان
۳۱	۴-۴-۱- کاربردهای گرافن
۳۴	۵-۱- کامپوزیت‌های گرافنی
۳۴	۱-۵-۱- کامپوزیت نانوذره - گرافن

- ۳۵ ۱-۵-۲- روش‌های تهیه کامپوزیت‌های نانوذرات - گرافن
- ۳۵ ۱-۵-۳- پیشینه تهیه کامپوزیت‌های نانوذرات- گرافن

## فصل دوم: بخش تجربی

- ۴۲ ۲-۱- وسایل، مواد و دستگاه‌های مورد استفاده
- ۴۲ ۲-۱-۱- وسایل آزمایشگاهی
- ۴۲ ۲-۱-۲- مواد شیمیایی
- ۴۴ ۲-۱-۳- دستگاه‌های مورد استفاده
- ۴۵ ۲-۲- روش انجام آزمایش
- ۴۵ ۲-۲-۱- تهیه نانوذرات مس یدید با استفاده از روش هم رسوبی
- ۴۵ ۲-۲-۱-۱- بررسی نسبت‌های مولی متفاوت کاهنده به نمک مس (II)
- ۴۷ ۲-۲-۱-۲- بررسی استفاده از کاهنده‌های اضافی در کنار گلوکز
- ۴۷ ۲-۲-۲- تهیه میکرو/ نانوساختارهای CuI با استفاده از آب انار به روش هم رسوبی
- ۴۸ ۲-۲-۳- تهیه میکرو/ نانوساختارهای Pb(OH)I به روش سونوشیمیایی
- ۴۸ ۲-۲-۳-۱- تهیه بازشیف H<sub>2</sub>salen در تهیه میکرو/ نانوساختارهای Pb(OH)I
- ۴۹ ۲-۲-۳-۲- تهیه میکرو/ نانوساختارهای هیدروکسی یدید سرب
- ۵۳ ۲-۲-۴- تهیه نانولایه‌های گرافن
- ۵۳ ۲-۲-۵- تهیه نانو کامپوزیت مس یدید- گرافن
- ۵۴ ۲-۲-۶- تهیه نانو کامپوزیت هیدروکسی یدیدسرب- گرافن
- ۵۵ ۲-۳- آماده‌سازی نمونه جهت انجام آنالیز
- ۵۵ ۲-۳-۱- آماده‌سازی نمونه جهت انجام آنالیز XRD
- ۵۵ ۲-۳-۲- آماده‌سازی نمونه جهت انجام آنالیز FT-IR
- ۵۵ ۲-۳-۳- آماده‌سازی نمونه جهت گرفتن تصویر SEM
- ۵۶ ۲-۳-۴- آماده‌سازی نمونه جهت گرفتن تصویر TEM
- ۵۷ ۲-۳-۵- آماده‌سازی نمونه جهت انجام آنالیز PL



## فصل سوم: بحث و نتیجه گیری

۵۹	۱-۳- مقدمه
۵۹	۲-۳- تهیه و شناسایی نانوساختارهای مس یدید
۶۰	۱-۲-۳- بررسی تأثیر نسبت‌های مولی بالاتر از (۱:۱) گلوکز به نمک مس نیترات در مورفولوژی نانوساختارهای مس یدید
۶۰	۱-۲-۳-۱- نتایج XRD
۶۲	۱-۲-۳-۲- نتایج SEM
۶۵	۲-۲-۳- بررسی تأثیر نسبت‌های مولی کمتر از (۱:۱) گلوکز به نمک مس نیترات در مورفولوژی نانوساختارهای مس یدید
۶۵	۱-۲-۲-۳- نتایج SEM
۶۷	۳-۲-۳- بررسی استفاده از کاهنده‌های اضافی در کنار گلوکز
۶۸	۱-۳-۲-۳- بررسی نانوساختارهای مس یدید به دست آمده با پتاسیم بورهیدرات و هیدرازین هیدرات در حضور گلوکز
۶۸	۱-۳-۲-۳-۱- نتایج SEM
۶۹	۲-۳-۲-۳-۱- نتایج XRD
۷۰	۲-۳-۲-۳-۲- نانوساختارهای مس یدید به دست آمده با استفاده از سدیم سولفیت در حضور گلوکز
۷۰	۱-۲-۳-۲-۳- نتایج XRD
۷۱	۲-۲-۳-۲-۳- نتایج SEM
۷۲	۳-۳-۲-۳- بررسی نانوساختارهای مس یدید به دست آمده با استفاده از سدیم سولفیت در غیاب گلوکز
۷۲	۱-۳-۳-۲-۳- نتایج XRD و SEM
۷۴	۲-۳-۳-۲-۳- نتایج FT-IR
۷۵	۳-۳-۳-۲-۳- نتایج EDS
۷۵	۴-۳-۳-۲-۳- نتایج PL

۷۶	۴-۳-۲-۳- مکانیسم تشکیل نانوساختارهای مس یدید به روش هم رسوبی
۷۷	۳-۳- تهیه نانوساختارهای مس یدید با استفاده از آب انار به عنوان کاهنده
۸۰	۱-۳-۳- بررسی تأثیر استفاده از حجم‌های متفاوت آب انار
۸۰	۱-۱-۳-۳- نتایج SEM
۸۴	۲-۱-۳-۳- نتایج TEM
۸۶	۳-۱-۳-۳- نتایج XRD
۸۸	۴-۱-۳-۳- نتایج طیف UV-vis و PL
۹۰	۵-۱-۳-۳- نتایج EDS
۹۰	۴-۳- تهیه و شناسایی میکرو/ نانوساختارهای Pb(OH)I
۹۱	۱-۴-۳- نتایج FT-IR
۹۳	۲-۴-۳- نتایج UV-vis
۹۳	۳-۴-۳- نتایج EDS
۹۴	۴-۴-۳- تأثیر زمان سونش در تهیه میکرو/ نانوساختارهای Pb(OH)I
۹۵	۱-۴-۴-۳- نتایج SEM
۹۸	۲-۴-۴-۳- نتایج TEM
۹۹	۳-۴-۴-۳- نتایج XRD
۱۰۰	۵-۴-۳- تأثیر PVP و SDS در تهیه میکرو/ نانوساختار Pb(OH)I
۱۰۰	۱-۵-۴-۳- نتایج SEM
۱۰۲	۲-۵-۴-۳- نتایج XRD
۱۰۳	۶-۴-۳- تأثیر توان اولتراسوند در تهیه میکرو/ نانوساختار Pb(OH)I
۱۰۳	۱-۶-۴-۳- نتایج SEM
۱۰۵	۷-۴-۳- تأثیر تابش امواج فراصوت روی مورفولوژی و ترکیب شیمیایی محصولات
۱۰۵	۱-۷-۴-۳- نتایج SEM

۱۰۷	۳-۴-۷-۲- نتایج XRD
۱۰۸	۳-۴-۸- مکانیسم تشکیل سونوشیمیایی میکرو/ نانو ساختارهای Pb(OH)I
۱۱۲	۳-۵- تهیه و شناسایی نانولایه‌های گرافن
۱۱۲	۳-۵-۱- بررسی و شناسایی گرافیت
۱۱۲	۳-۵-۱-۱- نتایج XRD
۱۱۳	۳-۵-۱-۲- نتایج SEM
۱۱۴	۳-۵-۱-۳- نتایج FT-IR
۱۱۴	۳-۵-۲- تهیه و شناسایی گرافیت اکسید
۱۱۵	۳-۵-۲-۱- نتایج FT-IR
۱۱۶	۳-۵-۲-۲- نتایج XRD
۱۱۸	۳-۵-۲-۳- نتایج SEM
۱۱۸	۳-۵-۳- تهیه و شناسایی گرافن
۱۲۰	۳-۵-۳-۱- تهیه و شناسایی گرافن با استفاده از کاهنده هیدرازین هیدرات
۱۲۰	۳-۵-۳-۱-۱- بررسی تأثیر میزان هیدرازین هیدرات در کاهش گرافیت اکسید
۱۲۰	۳-۵-۳-۱-۱-۱- نتایج FT-IR
۱۲۲	۳-۵-۳-۱-۱-۲- نتایج XRD
۱۲۳	۳-۵-۳-۱-۱-۳- نتایج SEM

۱۲۳	۳-۵-۳-۱-۲- بررسی تأثیر زمان در کاهش گرافیت اکسیدبا استفاده از هیدرازین هیدرات
۱۲۴	۳-۵-۳-۱-۲-۱- نتایج FT-IR
۱۲۵	۳-۵-۳-۲- تهیه و شناسایی گرافن از طریق کاهش حرارتی گرافیت اکسید
۱۲۶	۳-۵-۳-۱-۲- بررسی تأثیر دمای واکنش کاهش گرافیت اکسید
۱۲۶	۳-۵-۳-۱-۱-۲- نتایج FT-IR
۱۲۹	۳-۵-۳-۲- بررسی اثر زمان در کاهش گرافیت اکسید
۱۲۹	۳-۵-۳-۱-۲-۲- نتایج FT-IR
۱۳۱	۳-۵-۳-۲-۲-۲- نتایج SEM
۱۳۳	۳-۵-۳-۲-۲-۳- نتایج XRD
۱۳۴	۳-۶- تهیه و شناسایی کامپوزیت‌های با پایه گرافن
۱۳۵	۳-۶-۱- بررسی و شناسایی نانوکامپوزیت مس یدید - گرافن
۱۳۶	۳-۶-۱-۱- نتایج XRD
۱۳۷	۳-۶-۱-۲- نتایج SEM
۱۳۷	۳-۶-۱-۳- نتایج EDS
۱۳۸	۳-۶-۲- بررسی و شناسایی نانوکامپوزیت هیدروکسید یدید سرب - گرافن
۱۳۸	۳-۶-۱-۲- نتایج XRD
۱۳۹	۳-۶-۲-۲- نتایج SEM

۱۴۰

۳-۲-۶-۳- نتایج EDS

۱۴۱

۳-۷- پیشنهادات

۱۴۲

منابع و مأخذ

## فهرست شکل‌ها

صفحه

عنوان

- شکل ۱-۱. طرح شماتیکی از هسته‌زایی و رشد ذرات به روش رسوبگذاری  
۶
- شکل ۲-۱. شماتیک ساخت مس یدید با استفاده از پوشش PAA  
۲۱
- شکل ۳-۱. تصاویر SEM و AFM قالب PAA و مس یدید  
۲۲
- شکل ۴-۱. تصویر SEM، مس یدید به دست آمده به روش سونوشیمی در زمان‌های گوناگون  
۲۳
- شکل ۵-۱. تصاویر SEM از نانومیله‌های تهیه شده به روش هیدروترمال  
۲۴
- شکل ۶-۱. تصویر SEM نانوذرات Pb(OH)Br به دست آمده به روش هم رسوبی  
۲۶
- شکل ۷-۱. مکانیسم تشکیل نانوسیم‌های Pb(OH)Br با ترکیب روش مایکروویو و سونوشیمی  
۲۶
- شکل ۸-۱. تصویر SEM نانوسیم‌های Pb(OH)Br به دست آمده با ترکیب روش مایکروویو و  
۲۷  
سونوشیمی
- شکل ۹-۱. شماتیک تشکیل میکرودیسک‌های Pb(OH)Br را به روش سونوشیمیایی  
۲۷
- شکل ۱۰-۱. تصویر SEM میکرودیسک‌های Pb(OH)Br را به روش سونوشیمیایی  
۲۸
- شکل ۱۱-۱. الگوی XRD نانساختار Pb(OH)Br  
۲۸
- شکل ۱۲-۱. تصویر SEM نانومیله‌های Pb(OH)Br  
۲۹
- شکل ۱۳-۱. شماتیک قرارگیری اتم‌های کربن و تشکیل تک لایه گرافن  
۳۰
- شکل ۱۴-۱. تصویر چپ: طیف FT-IR گرافیت اکسید و کامپوزیت گرافنی بیسموت اکسید  
۳۶
- شکل ۱۵-۱. تصویر سمت چپ: تصویر SEM و تصویر سمت راست: تصویر TEM کامپوزیت گرافنی  
۳۶  
بیسموت اکسید
- شکل ۱۶-۱. شماتیک تهیه نانوکامپوزیت کادمیوم سلنید-گرافن با استفاده از روش هیدروترمال و به  
۳۷  
صورت پس گرافنیزاسیون
- شکل ۱۷-۱. الگوی XRD مربوط به (۱) گرافیت اکسید، (۲) کادمیوم سلنید و (۳) کامپوزیت گرافنی  
۳۷  
کادمیوم سلنید

- شکل ۱-۱۸- (b) تصویر SEM کامپوزیت گرافنی کادمیم سلنید و تصویر (c) تصویر TEM کامپوزیت گرافنی کادمیم سلنید
- شکل ۱-۱۹- شماتیک تهیه کامپوزیت گرافن -  $Fe_3O_4$
- شکل ۱-۲۰- تصویر سمت راست: طیف FT-IR (a) گرافیت اکسید، (b) نانوذره  $Fe_3O_4$  و (c) کامپوزیت گرافنی؛ تصویر سمت چپ: الگوی XRD (a) کامپوزیت گرافنی و (b) اکسید گرافن
- شکل ۱-۲۱- تصویر سمت راست: تصویر SEM و تصویر سمت چپ: تصویر TEM کامپوزیت گرافنی
- شکل ۱-۲۲- تصویر SEM نانومیله های  $MoO_3$
- شکل ۱-۲۳- تصویر TEM نانوکامپوزیت  $MoO_3$  - گرافن
- شکل ۱-۲۴- الگوی XRD گرافیت اکسید و نانوکامپوزیت  $MoO_3$  - گرافن
- شکل ۲-۱- نمای ساده ای از دستگاه مولد امواج فراصوت استفاده شده در این پروژه
- شکل ۲-۲- نحوه تشکیل  $H_2salen$
- شکل ۲-۳- شماتیک تهیه میکرو/نانو ساختارهای  $Pb(OH)I$
- شکل ۳-۱- الگوی XRD نمونه ۱۱
- شکل ۳-۲- الگوی XRD نمونه ۱
- شکل ۳-۳- الگوی XRD نمونه ۵
- شکل ۳-۴- تصویر SEM نمونه ۱ (a و b)، نمونه ۲ (c و d) و نمونه ۳ (e و f)
- شکل ۳-۵- تصویر SEM نمونه ۴ (a و b) و نمونه ۵ (c و d)
- شکل ۳-۶- تصویر SEM نمونه ۶ (a و b)، نمونه ۷ (c و d) و نمونه ۸ (e و f)
- شکل ۳-۷- تصویر SEM نمونه ۹ (a و b)، نمونه ۱۰ (c و d) و نمونه ۱۱ (e و f)
- شکل ۳-۸- تصویر SEM نمونه ۱۲ (a و b) و نمونه ۱۳ (c و d)
- شکل ۳-۹- الگوی XRD نمونه ۱۳
- شکل ۳-۱۰- الگوی XRD نمونه ۱۴
- شکل ۳-۱۱- تصویر SEM نمونه ۱۴
- شکل ۳-۱۲- الگوی XRD نمونه ۱۵

۷۳	شکل ۳-۱۳- تصویر SEM نمونه ۱۵
۷۴	شکل ۳-۱۴- طیف FT-IR، نمونه ۱
۷۵	شکل ۳-۱۵- طیف EDS نمونه ۱
۷۶	شکل ۳-۱۶- طیف فوتولومینسانس نمونه ۱
۷۷	شکل ۳-۱۷- شماتیک تشکیل نانوساختارهای مس یدید با اعمال شرایط مختلف
۷۸	شکل ۳-۱۸- ساختار کلی فلاوونوئیدها
۷۸	شکل ۳-۱۹- ساختار شیمیایی آنتوسیانین
۸۱	شکل ۳-۲۰- تصویر SEM نمونه ۱۶ (a و b)، نمونه ۱۷ (c و d)، نمونه ۱۸ (e و f) و نمونه ۱۹ (g و h)
۸۲	شکل ۳-۲۱- تصویر SEM نمونه ۲۰
۸۳	شکل ۳-۲۲- تصویر SEM نمونه ۲۱ (a و b)، نمونه ۲۲ (c و d) و نمونه ۲۳ (e و f)
۸۴	شکل ۳-۲۳- تصویر TEM نمونه ۲۰
۸۵	شکل ۳-۲۴- تصویر HRTEM نمونه ۱۷
۸۶	شکل ۳-۲۵- الگوی XRD نمونه ۱۶
۸۷	شکل ۳-۲۶- الگوی XRD نمونه ۱۷
۸۷	شکل ۳-۲۷- الگوی XRD نمونه ۲۰
۸۸	شکل ۳-۲۸- الگوی XRD نمونه ۲۳
۸۸	شکل ۳-۲۹- طیف UV-vis نمونه ۲۰
۸۹	شکل ۳-۳۰- طیف PL نمونه ۲۰
۹۰	شکل ۳-۳۱- طیف EDS نمونه ۲۰
۹۲	شکل ۳-۳۲- طیف FT-IR مربوط به H <sub>2</sub> salen
۹۲	شکل ۳-۳۳- طیف FT-IR نمونه ۲۴
۹۳	شکل ۳-۳۴- طیف UV-vis نمونه ۲۴
۹۴	شکل ۳-۳۵- طیف EDS نمونه ۲۰



۹۵	شکل ۳-۳۶- تصویر SEM نمونه ۲۴ (a و b)، نمونه ۲۵ (c و d)، نمونه ۲۶ (e و f) و نمونه ۲۷ (g) و (h)
۹۷	شکل ۳-۳۷- تصویر TEM نمونه ۲۶
۹۸	شکل ۳-۳۸- الگوی XRD نمونه ۲۴
۹۹	شکل ۳-۳۹- الگوی XRD نمونه ۲۵ (a)، نمونه ۲۶ (b) و نمونه ۲۷ (c)
۱۰۱	شکل ۳-۴۰- تصویر SEM نمونه ۲۸ (a و b)، نمونه ۲۹ (c و d) و نمونه ۳۰ (e و f)
۱۰۲	شکل ۳-۴۱- الگوی XRD نمونه ۲۸
۱۰۴	شکل ۳-۴۲- تصویر SEM نمونه ۳۱ (a و b و c) و نمونه ۳۲ (d و e)
۱۰۶	شکل ۳-۴۳- تصویر SEM نمونه ۳۳ (a و b و c) و نمونه ۳۴ (d و e)
۱۰۷	شکل ۳-۴۴- الگوی XRD نمونه ۳۳
۱۰۹	شکل ۳-۴۵- شماتیک مکانیسم پیشنهادی جهت تشکیل و رشد سونوشیمیایی میکرو/ نانوساختارهای $\text{Pb(OH)I}$ با استفاده از $\text{H}_2\text{salen}$
۱۱۳	شکل ۳-۴۶- الگوی XRD گرافیت
۱۱۳	شکل ۳-۴۷- تصویر SEM گرافیت
۱۱۴	شکل ۳-۴۸- طیف FT-IR گرافیت
۱۱۶	شکل ۳-۴۹- طیف FT-IR گرافیت اکسید
۱۱۷	شکل ۳-۵۰- الگوی XRD گرافیت اکسید
۱۱۸	شکل ۳-۵۱- تصویر SEM گرافیت اکسید
۱۲۱	شکل ۳-۵۲- طیف FT-IR نمونه ۳۵
۱۲۱	شکل ۳-۵۳- طیف FT-IR نمونه ۳۶
۱۲۲	شکل ۳-۵۴- الگوی XRD نمونه ۳۶
۱۲۳	شکل ۳-۵۵- تصویر SEM نمونه ۳۶
۱۲۴	شکل ۳-۵۶- طیف FT-IR نمونه ۳۷
۱۲۶	شکل ۳-۵۷- طیف FT-IR نمونه ۳۸

- شکل ۳-۵۸- طیف FT-IR گرافیت بسط‌پذیر که نتیجه قرارگیری گرافیت اکسید در دمای ۸۰۰  
 ۱۲۷ درجه سانتیگراد به مدت ۴۵ دقیقه در کوره است
- شکل ۳-۵۹- طیف FT-IR نمونه ۳۹  
 ۱۲۸
- شکل ۳-۶۰- طیف FT-IR نمونه ۴۲  
 ۱۲۹
- شکل ۳-۶۱- طیف FT-IR نمونه ۴۱  
 ۱۲۹
- شکل ۳-۶۲- طیف FT-IR نمونه ۴۰  
 ۱۳۰
- شکل ۳-۶۳- تصویر SEM گرافیت بسط‌پذیر  
 ۱۳۲
- شکل ۳-۶۴- تصویر SEM نمونه ۳۹  
 ۱۳۲
- شکل ۳-۶۵- الگوی XRD نمونه ۳۹  
 ۱۳۳
- شکل ۳-۶۶- الگوی XRD گرافیت اکسید، گرافن، مس یدید و کامپوزیت مس یدید-گرافن  
 ۱۳۴
- شکل ۳-۶۷- تصویر SEM گرافیت اکسید  
 ۱۳۴
- شکل ۳-۶۸- تصویر SEM نانوذرات مس یدید  
 ۱۳۴
- شکل ۳-۶۹- تصویر SEM نانوکامپوزیت مس یدید-گرافن  
 ۱۳۵
- شکل ۳-۷۰- طیف EDS کامپوزیت مس یدید - گرافن  
 ۱۳۶
- شکل ۳-۷۱- الگوی XRD گرافیت اکسید، گرافن، هیدروکسید یدید سرب و کامپوزیت هیدروکسید  
 ۱۳۷ یدید سرب- گرافن
- شکل ۳-۷۲- ، تصویر SEM نانومیله‌های هیدروکسید یدید سرب  
 ۱۳۸
- شکل ۳-۷۳- تصویر SEM نانوکامپوزیت هیدروکسید یدید سرب- گرافن  
 ۱۳۹
- شکل ۳-۷۴- طیف EDS نانوکامپوزیت هیدروکسید یدید سرب- گرافن  
 ۱۴۰

## فهرست جدول‌ها

صفحه

عنوان

۴۳	جدول ۱-۲. انواع مواد شیمیایی مورد استفاده
۴۶	جدول ۲-۲. جزئیات تهیه مس یدید با استفاده از نسبت‌های مولی متفاوت کاهنده گلوکز نسبت به نمک مس نیترات
۴۸	جدول ۳-۲. جزئیات تهیه مس یدید با استفاده از آب انار به روش هم رسوبی
۵۱	جدول ۴-۲. جزئیات تهیه میکرو/نانوساختارهای $Pb(OH)I$ به روش سونو شیمیایی
۵۳	جدول ۵-۲. جزئیات تهیه گرافن
۶۲	جدول ۱-۳. اندازه بلوری نمونه‌های به دست آمده با استفاده از معادله شرر

## فهرست علائم و اختصارات

<b>AFM</b>	Atomic Force Microscope
<b>FT-IR</b>	Fourier Transform Infra-Red
<b>SEM</b>	Scanning Electron Microscope
<b>nm</b>	Nanometer
<b>XRD</b>	X-ray Diffraction
<b>TEM</b>	Transmission Electron Microscope
<b>PL</b>	Photoluminescence
<b>STM</b>	Scanning Tunneling Microscope
<b>FCC</b>	Face Cubic Center
<b>SDS</b>	Sodium Dodecyl Sulfate
<b>PVP</b>	Polyvinylpyrrolidone
<b>H<sub>2</sub>salen</b>	N,N-bis(salicylidene)-Ethylenediamine
<b>LUMO</b>	Lowest Unoccupied Molecular Orbital
<b>HOMO</b>	Highest Occupied Molecular Orbital
<b>UV-vis</b>	Ultraviolet-Visible