بسم الله الرحمن الرحيم

بسمه تعالی

دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده علوم پایه

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد

اعضای هیئت داوران نسخهٔ نهایی پایان‌نامه آقای **محمدصادق یزدان پرست** رشته **شیمی معدنی** تحت عنوان:«**سنتز و شناسایی برخی ترکیبات فلزات گروه سیزده در ابعاد نانو با استفاده از روش سونوشیمی**» از نظر فرم و محتوا بررسی نموده و آنرا برای اخذ درجهٔ کارشناسی‌ارشد مورد تائید قرار دادند.

اعضای هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنما	دکتر علی مرسلی	دانشیار	
۲- استاد ناظر داخلی	دکتر علیرضا محجوب	استاد	
۳- استاد ناظر داخلی	دکتر خدایار قلی وند	استاد	
٤- استاد ناظر خارجی	دکتر ناصر صفری	استاد	
٥- نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر علیرضا محجوب	استاد	

آیین نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه،دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد/ رساله دکتری نگارنده در رشته فیزیک هسته‌ای است که در سال ۱۳۸۹ در دانشکده علوم پایه دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی سرکار خانم/جناب آقای دکتر علی محمد علی ، مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر و مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: بنجانب محمدرضا صادق‌زادان دانشجوی رشته فیزیک هسته‌ای مقطع کارشناسی ارشد

تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی:

تاریخ و امضا: ۸۹/۱۱/۲۷

آیین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیأت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجو مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب، نرم افزار و یا آثار ویژه (اثری هنری مانند فیلم، عکس، نقاشی و نمایشنامه) حاصل از نتایج پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین نامه های مصوب انجام شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته ها در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این آیین‌نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۸۷/۴/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/۴/۲۳ در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم‌الاجرا است.

«اینجانب ... دانشجوی ... رشته ... ورودی ... سال ۸۷ تحصیلی ۱۳۸۷
مقطع ... دانشکده ... متعهد می شوم کلیه نکات مندرج در آئین نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش های علمی دانشگاه تربیت مدرس را در انتشار یافته های علمی مستخرج از پایان نامه / رساله تحصیلی خود رعایت نمایم. در صورت تخلف از مفاد آئین نامه فوق الاشعار به دانشگاه وکالت و نمایندگی می دهم که از طرف اینجانب نسبت به لغو امتیاز اختراع بنام بنده و یا هر گونه امتیاز دیگر و تغییر آن به نام دانشگاه اقدام نماید. ضمناً نسبت به جبران فوری ضرر و زیان حاصله بر اساس برآورد دانشگاه اقدام خواهم نمود و بدینوسیله حق هر گونه اعتراض را از خود سلب نمودم»

امضا.....

تاریخ: ۸۹/۱۱/۲۷

دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده علوم پایه

پایان‌نامه دوره کارشناسی‌ارشد شیمی (معدنی)

عنوان پایان‌نامه:

سنتز وشناسایی برخی ترکیبات فلزات گروه سیزده در مقیاس نانو با استفاده از روش سونو شیمی

نگارش:

محمد صادق یزدان پرست

استاد راهنما:

دکتر علی مرسلی

بهمن ۱۳۸۹

تقدیم به،

پدر و مادر فداکارم

که هر چه دارم از نعمت وجود آنهاست...

تقدیر و تشکر

پروردگار مهربانم حمد و ثنا مخصوص توست که خدایی جز تو نیست و معبودی جز تو ندارم تو را هزاران بار شکر می‌گویم.

اکنون که به لطفت این دوره از تحصیل را به پایان می‌برم سپاس بی‌پایان خود را تقدیم می-دارم به:

استاد بزرگوار، دلسوز و فرزانه ام " **جناب آقای دکترعلی مرسلی**"، که همواره از پشتیبانی و راهنمایی های ایشان بهره مند بوده ام.

استاد گرانقدر **جناب آقای دکتر علیرضا محجوب** که همواره من را مورد لطف و عنایت خود قرار دادند.

استاد گرانقدر **جناب آقای دکتر خدایار قلیوند** که از تجربیات با ارزش ایشان بهره مند بودم.

استاد گرانقدر **جناب آقای دکتر ناصر صفری** که با نهایت لطف، زحمت مطالعه، نظارت و تصحیح رساله مرا به عهده گرفتند.

سرکار خانم رحمانی، سرکار خانم فردین دوست، جناب آقای مهندس رضایی، جناب آقای بیژن زاده که در طول این دوره همکاری و مساعدت بسیار خوبی با اینجانب داشتند.

دوستان و همکاران بسیار خوبم در آزمایشگاه که در نهایت صمیمیت مرا در انجام این کار یاری نمودند.

ودر نهایت از خانواده عزیزم که همیشه زحمات من به دوش آنها بود تقدیر وتشکر می کنم.

چکیده:

در این پایان نامه برخی از ترکیبات فلزات گروه سیزده جدول تناوبی در مقیاس نانو سنتز شدند. از آنجا که خواص کلی عناصر این گروه بسیار متفاوت هستند روش‌های گوناگونی مورد استفاده قرار گرفت. با استفاده از روش سونوشیمی، نانو ساختار ایندیم(III) هیدروکسید و ایندیم(III) اکسید سنتز شدند. نانو ساختارهای آلومینیوم اکسید، ایندیم(III) اکسید و تالیم(III) اکسید با استفاده از پیش ماده های پلیمر کوئوردیناسیونی سنتز شدند و یک پلیمر کوئوردیناسیونی نانومتخلخل از آلومینیوم نیز با استفاده از روش سورفکتانت تهیه شد.علاوه بر موارد فوق چندین پلیمر کوئوردیناسیونی جدید از تالیم (I) نیز سنتز و شناسایی شدند. برای شناسایی محصولات سنتزی از روش‌های طیف سنجی IR بلور نگاری پرتو ایکس و پراش پرتو ایکس استفاده شد و پایداری گرمایی آن ها توسط آنالیزهای وزن سنجی حرارتی و تجزیه گرمایی تفاضلی، و شکل ظاهری آن ها با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی مورد بررسی قرار گرفت. ترکیبات سنتز شده در زیر آورده شده است:

$Al_2(OH)_2[C_{10}O_8H_2]$ (MIL-118) (1), $Al_2(OH)$ $[C_8O_4H_4].[\ C_8O_4H_6]_{.7}$ (MIL-53) (2),
$Al_8(OH)_{15}$ $[C_{27}O_{18}H_9]$ (MIL-110) (3), $Ga(OH)(C_8H_4O_4) \cdot 0.74C_8H_6O_4$(4)
$Ga(OH)(btec).0.5H_2O$ (5), $In_2(OH)_3(BDC)_{1.5}$ (6),
$In_2(OH)_2[C_{10}O_8H_2]$ (7), $[Tl_2(BDT)]_n$ (8),
$[Tl_2(4\text{-}HPT)]_n$ (9), $[Tl_2(5\text{-}PT)]_n$ (10),
$[Tl_2(4\text{-}BPT)]_n$ (11)

Btec= 1,2,4,5-benzenetetracarboxylic acid. Bdc= 1,4-benzendicarboxylic acid

H_2BDT=1,4 Benzenditetrazol-5-yl, 4-HPT=5-(4-Hydroxyphenyl)tetrazole, 5-HPT=5-Phenyltetrazole, 4-HBPT=5-(4-Bromophenyl)tetrazole

کلمات کلیدی: پلیمرهای کوئوردیناسیونی میکرو متخلخل، آلومینیوم اکسید، گالیم اکسید، ایندیم اکسید، تالیم اکسید، تالیم(I)، نانوساختار، نانو اکسید.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست مطالب:.....أ

فهرست جدول‌ها.....ط

فهرست شکل‌ها.....ز

فصل ۱: مقدمه.....۱

۱-۱-نانو مواد، خواص و روش‌های سنتز آن.....۲

۱-۱-۱- طبقه‌بندی نانو مواد.....۳

۱-۱-۲-روش‌های تولید نانوساختارهای اکسید فلزی.....۴

۱-۱-۲-۱- روش‌های حالت بخار.....۵

۱-۱-۲-۲- روش‌های حالت جامد.....۵

۱-۱-۲-۳- روش‌های حالت مایع.....۵

۱-۲-معرفی کلی عناصر گروه سیزده جدول تناوبی و برخی از مهمترین ترکیبات آنها.....۶

۱-۲-۱- مقدمه‌ای در مورد آلومینیوم.....۶

۱-۲-۱-۱- معرفی آلومینیوم اکسید.....۸

۱-۲-۲- مقدمه‌ای در مورد عنصر گالیم.....۱۱

۱-۲-۳- مقدمه‌ای در مورد ایندیم.....۱۲

۱-۲-۳-۱- معرفی ایندیم اکسید.....۱۳

۱-۲-۴- مقدمه‌ای در مورد تالیم.....۱۵

۱-۳-پلیمرهای کوئوردیناسیونی.....۱۷

۱-۳-۱-پیوندها در ساختار پلیمر کوئوردیناسیونی.....۱۷

۱-۳-۲- انواع شبکه‌های کوئوردیناسیونی ۲۰
۱-۴-خواص پلیمرهای کوئوردیناسیونی ۲۳
۱-۴-۱-۱-خاصیت تخلخل ۲۳
۱-۴-۱-۲- خواص مغناطیسی ۲۳
۱-۴-۱-۳- خاصیت کاتالیزوری ۲۳
۱-۴-۱-۴- سایر خواص پلیمرهای کوئوردیناسیونی ۲۴
۱-۵-تعریف و معرفی ترکیبات متخلخل ۲۴
۱-۵-۱-دسته‌بندی‌های متفاوت از مواد متخلخل ۲۵
۱-۵-۲-طراحی و سنتز چارچوب‌های فلز آلی (MOFها) ۲۶
۱-۵-۳- نامگذاری MOFها ۲۸
۱-۵-۴- مقایسه‌ی پلیمرهای کوئوردیناسیونی و MOFها ۲۹
۱-۶-روش سونوشیمی ۳۰
۱-۶-۱- تاریخچه ۳۰
۱-۶-۲- بررسی مکانیسم فرایند سونوشیمی ۳۱
۱-۷-هدف ۳۶

فصل ۲: نتایج تجربی ۳۷

۲-۱-مواد و حلال های مصرفی ۳۸
۲-۲-دستگاه‌های مورد استفاده ۳۹
۲-۳-سنتز نانوساختارهای ایندیم(III) هیدروکسید و ایندیم(III) اکسید به روش سونوشیمی ۴۰
۲-۴-سنتز پلیمرهای کوئوردیناسیونی گروه سیزده ۴۱
۲-۴-۱- روش کلی ۴۱

۲-۴-۲- سنتز پلیمرهای کوئوردیناسیونی متخلخل از آلومینیوم..... ۴۱
۲-۴-۲-۱- سنتز (MIL-118) $Al_2(OH)_2[C_{10}O_8H_2]$ (۱)..... ۴۲
۲-۴-۲-۲- سنتز (MIL-53) $Al_2(OH)\ [C_8O_4H_4].[\ C_8O_4H_6]_{0.7}$ (۲)..... ۴۲
۲-۴-۲-۳- سنتز (MIL-110) $Al_8(OH)_{15}\ [C_{27}O_{18}H_9]$ (۳)..... ۴۳
۲-۴-۳- سنتز پلیمرهای کوئوردیناسیونی گالیم..... ۴۴
۲-۴-۳-۱- سنتز $Ga(OH)(C_8H_4O_4)\cdot 0.74C_8H_6O_4$ (۴)..... ۴۴
۲-۴-۳-۲- سنتز $Ga(OH)(btec).0.5H_2O$ (۵)..... ۴۴
۲-۴-۴- سنتز پلیمرهای کوئوردیناسیونی ایندیم(III)..... ۴۵
۲-۴-۴-۱- سنتز $In_2(OH)_3(BDC)_{1.5}$ (۶)..... ۴۵
۲-۴-۴-۲- سنتز $In_2(OH)_2[C_{10}O_8H_2]$ (۷)..... ۴۵
۲-۴-۵- سنتز پلیمرهای کوئوردیناسیونی تالیم(I)..... ۴۶
۲-۴-۵-۱- لیگاندهای تترازولی ۴۶
۲-۴-۵-۲-سنتز $[Tl_2(BDT)]_n$ (۸)..... ۴۶
۲-۴-۵-۳- سنتز $[Tl_2(4\text{-}HPT)]_n$ (۹)..... ۴۷
۲-۴-۵-۴- سنتز $[Tl_2(5\text{-}PT)]_n$ (۱۰)..... ۴۷
۲-۴-۵-۵- سنتز $[Tl_2(4\text{-}BPT)]_n$ (۱۱)..... ۴۸
۲-۵-طیف‌های IR ترکیب‌ها و نانوساختارهای تهیه شده..... ۴۹

فصل ۳: نتایج و بحث..... ۵۸

۳-۱-سنتز نانوساختارهای ایندیم(III) هیدروکسید و ایندیم(III) اکسید به روش سونوشیمی..... ۵۹
۳-۲- سنتز پلیمر کوئوردیناسیونی میکرومتخلخل آلومینیوم به عنوان پیش‌ماده برای سنتز آلومینیوم اکسید..... ۷۲
۳-۲-۱- سنتز (MIL-118) $Al_2(OH)_2[C_{10}O_8H_2]$ (۱)..... ۷۲

۳-۲-۲- شناسایی پلیمر کوئوردیناسیونی اولیه ۷۳
۳-۲-۳- شناسایی آلومینیوم اکسید سنتز شده ۷۴
۳-۲-۴- سنتز (MIL-53) $Al_2(OH)[C_8O_4H_4].[C_8O_4H_6]_{0.7}$ (۲) ۷۵
۳-۲-۴-۱- شناسایی پلیمر کوئوردیناسیونی اولیه ۷۵
۳-۲-۴-۲- شناسایی آلومینیوم اکسید سنتز شده ۷۷
۳-۲-۵- سنتز (MIL-110) $Al_3O(OH)(H_2O)[C_{18}O_{12}H_6]$ (۳) ۷۸
۳-۲-۵-۱- شناسایی پلیمر کوئوردیناسیونی اولیه سنتز شده بدون کنترل pH ۷۸
۳-۲-۵-۲- شناسایی آلومینیوم اکسید سنتز شده ۷۹
۳-۲-۵-۳- سنتز MIL-110{pH4} ۸۳
۳-۲-۵-۴- شناسایی پلیمر کوئوردیناسیونی MIL-110{pH4} ۸۳
۳-۲-۵-۵- روش سنتز نانو ذرات MIL-110 با استفاده از سورفکتانت ۸۵
۳-۳-سنتز پلیمر کوئوردیناسیونی میکرومتخلخل گالیم به عنوان پیش ماده برای سنتز گالیم اکسید ۸۷
۳-۳-۱- سنتز $Ga(OH)(C_8H_4O_4)\ 0.74C_8H_6O_4$ (۴) ۸۷
۳-۳-۱-۱- شناسایی پلیمر کوئوردیناسیونی اولیه ۸۷
۳-۳-۱-۲- شناسایی گالیم اکسید سنتز شده ۸۸
۳-۳-۲- سنتز $Ga(OH)(btec)\cdot 0.5H_2O$ (۵) ۹۰
۳-۳-۲-۱- شناسایی پلیمر کوئوردیناسیونی اولیه ۹۰
۳-۳-۲-۲- شناسایی گالیم اکسید سنتز شده ۹۱
۳-۴-سنتز نانوساختارهای ایندیم اکسید از پیش ماده های پلیمر کوئوردیناسیونی ۹۳
۳-۴-۱- سنتز $In_2(OH)_3(BDC)_{1.5}$ (۶) ۹۳
۳-۴-۱-۱- شناسایی پلیمر کوئوردیناسیونی اولیه ۹۳

۳-۴-۱-۲- شناسایی ایندیم اکسید سنتز شده ۹۴
۳-۴-۲- سنتز $In_2(OH)_2[C_{10}O_8H_2]$ (۷) ۹۷
۳-۴-۲-۱- شناسایی پلیمر کوئوردیناسیونی اولیه ۹۷
۳-۴-۲-۲- شناسایی ایندیم اکسید سنتز شده ۹۸
۳-۵-سنتز نانوساختارهای تالیم اکسید از پیش ماده های پلیمر کوئوردیناسیونی ۱۰۰
۳-۵-۱-سنتز $[Tl_2(BDT)]_n$ (۸) ۱۰۰
۳-۵-۱-۱- شناسایی پلیمر کوئوردیناسیونی اولیه ۱۰۰
۳-۵-۱-۲-ساختار بلوری پلیمر ۸ ..... ۱۰۱
۳-۵-۲- سنتز $[Tl_2(4\text{-}PT)]_n$ (۹) ۱۰۴
۳-۵-۲-۱- شناسایی پلیمر کوئوردیناسیونی اولیه ۱۰۴
۳-۵-۲-۲-ساختار بلوری ترکیب ۹ ..... ۱۰۴
۳-۵-۲-۳-سنتز تالیم(III) اکسید از کلسینه کردن مستقیم ترکیب (۹) ۱۰۸
۳-۵-۲-۴- شناسایی تالیم اکسید سنتز شده ۱۰۸
۳-۵-۳-سنتز $[Tl\ (5\text{-}PT)]_n$ (۱۰) ۱۱۰
۳-۵-۳-۱- شناسایی پلیمر کوئوردیناسیونی اولیه ۱۱۰
۳-۵-۳-۲ ساختار بلوری پلیمر $[Tl\ (5\text{-}PT)]_n$ (۱۰) ۱۱۱
۳-۵-۴-سنتز $[Tl\ (4\text{-}BPT)]_n$ (۱۱) ۱۱۴
۳-۵-۴-۱- شناسایی پلیمر کوئوردیناسیونی اولیه ۱۱۴
۳-۵-۴-۲-ساختار بلوری پلیمر **۱۱** ۱۱۴
۳-۵-۵-سنتز $[Tl\ BT]_n$ (۱۲) ۱۱۸
۳-۵-۵-۱- شناسایی پلیمر کوئوردیناسیونی اولیه ۱۱۸
۳-۵-۵-۲-ساختار بلوری پلیمر **۱۲** ۱۱۸

فهرست مراجع..... ۱۲۳

فهرست جدول‌ها

عنوان صفحه

جدول ۲-۱- شرایط تجربی برای سنتز نانوساختارهای ایندیم هیدروکسید..... ۴۰

جدول ۳-۱- طول پیوندهای انتخابی [Å] و زوایای [°]ترکیب۸.....۱۰۲

جدول ۳-۲- داده های بلور نگاری و پالایش ترکیب ۸.....۱۰۳

جدول ۳-۳- طول پیوندهای انتخابی [Å] و زوایای [°] ترکیب.....۱۰۶

جدول ۳-۴- داده های بلور نگاری و پالایش ترکیب ۹.....۱۰۶

جدول ۳-۵- طول پیوندهای انتخابی [Å] و زوایای [°] ترکیب۱۰.....۱۱۲

جدول ۳-۶- داده های بلور نگاری و پالایش ترکیب ۱۰.....۱۱۲

جدول ۳-۷- طول پیوندهای انتخابی [Å] و زوایای [°] ترکیب ۱۱.....۱۱۷

جدول ۳-۸- داده های بلور نگاری و پالایش ترکیب ۱۱.....۱۱۷

جدول ۳-۹- طول پیوندهای انتخابی [Å] و زوایای [°] ترکیب۱۲.....۱۲۰

جدول ۳-۱۰- طول برهمکنش‌های اتم تالیم با اتم‌های کربن [Å] در ترکیب۱۲.....۱۲۰

جدول ۳-۱۱- داده های بلور نگاری و پالایش ترکیب ۱۲.....۱۲۱

فهرست شکل‌ها

عنوان صفحه

شکل ۱-۱ انواعی از شبکه های تک بعدی ۱۹

شکل ۱-۲ انواعی از شبکه‌های دو بعدی ۲۰

شکل ۱-۳ چند مثال از شبکه های دوبعدی T-شکل ۲۰

شکل ۱-۴ نمایشی از شبکه های سه بعدی. ۲۱

شکل ۱-۵ شبکهٔ پلیمری با گره های الماسی از Cd و دارای حفره‌هایی جهت رسوخ ۲۲

شکل ۱-۶ شبکه های پلیمری با گره های الماسی و رسوخ شبکه ای در حفره‌ها. ۲۲

شکل ۱-۷ شبکهٔ سه بعدی با گره های اکتا هدرال ۲۳

شکل ۱-۸ نمایش مقیاس اندازه میکرو، مزو و ماکرو ۲۵

شکل ۱-۹ طبقه بندی ساختارهای متخلخل براساس ابعاد فضایی ۲۶

شکل ۱-۱۰ مثال‌هایی از واحدهای سازنده‌ی ثانویه معدنی و آلی (SBUs). سه نوع معمول از کلاسترهای معدنی: الف) واحد های چرخی شکل، ب) واحد روی(II) استات، ج) تریمر با اکسیژن مرکزی، د- و) نمایشی از مثال‌های واحدهای سازنده‌ی ثانویه آلی. ۲۷

شکل ۱-۱۱ دستهٔ وسیعی از ترکیبات IRMOF که دارای توپولوژی شبکه ای یکسان بوده و تنها در شکل لیگاند اتصال دهندهٔ آلی، طول و آروماتیسیته با هم تفاوت دارند. ۲۸

شکل ۱-۱۲ الف)نمایش انتشار موج در هوا و ب) نمایش انتشار موج در فنر ۳۳

شکل ۱-۱۳ نمایش رشد نوسانی حباب با گذشت زمان. ۳۴

شکل ۲-۱ طیف IR پلیمرکوئوردیناسیونی (MIL-118) $Al_2(OH)_2[C_{10}O_8H_2]$ (۱) (قرص KBr) ۴۹

شکل ۲-۲ طیف IR پلیمرکوئوردیناسیونی (MIL-53) $Al_2(OH)[C_8O_4H_4].[C_8O_4H_6]_{.7}$ (۲) (قرص KBr) ۵۰

شکل ۲-۳ طیف IR پلیمرکوئوردیناسیونی(MIL-110) $Al_8(OH)_{15}[C_{27}O_{18}H_9]$ (۳) (قرص KBr) ۵۰
شکل ۲-۴ طیف IR پلیمرکوئوردیناسیونی $Ga(OH)(C_8H_4O_4)\cdot 0.74C_8H_6O_4$ (۴) (قرص KBr) ۵۱
شکل ۲-۵ طیف IR پلیمرکوئوردیناسیونی $Ga(OH)(btec)\cdot 0.5H_2O$ (۵) (قرص KBr) ۵۱
شکل ۲-۶ طیف IR پلیمرکوئوردیناسیونی $In_2(OH)_3(BDC)_{1.5}$ (۶) (قرص KBr) ۵۲
شکل ۲-۷ طیف IR پلیمرکوئوردیناسیونی $In_2(OH)_2[C_{10}O_8H_2]$ (۷) (قرص KBr) ۵۲
شکل ۲-۸ طیف IR پلیمرکوئوردیناسیونی $[Tl_2(BDT)]_n$ (۸) (قرص KBr) ۵۳
شکل ۲-۹ طیف IR پلیمرکوئوردیناسیونی $[Tl_2(4\text{-}HPT)]_n$ (۹) (قرص KBr) ۵۳
شکل ۲-۱۰ طیف IR پلیمرکوئوردیناسیونی $[Tl\ (5\text{-}PT)]_n$ (۱۰) (قرص KBr) ۵۴
شکل ۲-۱۱ طیف IR پلیمرکوئوردیناسیونی $[Tl\ (4\text{-}BPT)]_n$ (۱۱) (قرص KBr) ۵۴
شکل ۲-۱۲ طیف IR طیف IR لیگاند (H_2BDT=1,4 Benzenditetrazol-5-yl) (قرص KBr) ۵۵
شکل ۲-۱۳ طیف IR لیگاند (4-HPT=5-(4-Hydroxyphenyl)tetrazole) (قرص KBr) ۵۵
شکل ۲-۱۴- طیف IR لیگاند ۴-BPT=5-(4-Bromophenyl)tetrazole (قرص KBr)..... ۵۶
شکل ۲-۱۵- طیف IR لیگاند 4-BPT=5-(4-Bromophenyl)tetrazole (قرص KBr)..... ۵۶
شکل ۲-۱۶- طیف IR لیگاند BT=5-(Benzyl)tetrazole (قرص KBr)..... ۵۷
شکل ۲-۱۷ طیف IR پلیمرکوئوردیناسیونی $[Tl\ BT]_n$ (۱۲) (قرص KBr) ۵۷
شکل ۳-۱ - واکنش تهیه‌ی ایندیم اکسید از ایندیم استات و سدیم هیدروکسید ۵۹
شکل ۳-۲ طیف IR نانو ذرات سنتز شده الف) $In(OH)_3$ و ب) In_2O_3 ۶۰
شکل ۳-۳ طرح XRD نانو ذرات سنتز شده الف) $In(OH)_3$ و ب) In_2O_3 ۶۲
شکل ۳-۴ تصاویر SEM نانوذرات $In(OH)_3$ الف) نمونه‌ی شماره‌ی ۱، ب) نمونه‌ی شماره‌ی ۲ و ج) نمونه‌ی شماره‌ی ۳ ۶۴
شکل ۳-۵ تصاویر SEM نانوذرات $In(OH)_3$ الف) نمونه‌ی شماره‌ی ۴ و ب) نمونه‌ی شماره‌ی ۵ ۶۵
شکل ۳-۶ تصاویر SEM نانوذرات $In(OH)_3$ الف) نمونه‌ی شماره‌ی ۶، ب) نمونه‌ی شماره‌ی ۷ و ج)

نمونه‌ی شماره‌ی ۸ ۶۷

شکل ۳-۷ تصاویر SEM نانوذرات $In(OH)_3$ الف) نمونه‌ی شماره‌ی ۹، ب) نمونه‌ی شماره‌ی ۱۰ ۶۸

شکل ۳-۸ تصویر SEM الف) ذرات $In(OH)_3$ نمونه‌ی شماره‌ی ۱۱ و ب) نانو ذرات In_2O_3 بهینه ۶۹

شکل ۳-۹ نمودار توزیع نانو ذرات سنتز شده در شرایط بهینه الف) $In(OH)_3$ و ب) In_2O_3 ۷۰

شکل ۳-۱۰ نمودار EDAX نانوساختارهای ایندیم هیدروکسید ۷۱

شکل ۳-۱۱ نمودار TGA و DTA نمونه‌ی شماره‌ی ۱ ۷۲

شکل ۳-۱۲ مقایسه‌ی الگوی a XRD) ترکیب در حالت پودری b) شبیه‌سازی شده MIL-118 و c) شبیه‌سازی MIL-120 ۷۳

شکل ۳-۱۳ الگوی XRD آلومینیوم اکسید حاصل از کلسینه‌ی مستقیم ترکیب (۱) ۷۴

شکل ۳-۱۴ تصویر SEM آلومینیوم اکسید حاصل از کلسینه‌ی مستقیم ترکیب (۱) ۷۵

شکل ۳-۱۵ مقایسه الگوی XRD ترکیب 2 a) شبیه سازی شده b) ترکیب در حالت پودری ۷۶

شکل ۳-۱۶ الگوی XRD آلومینیوم اکسید حاصل از کلسینه‌ی مستقیم پلیمر کوئوردیناسیونی (۲) ۷۷

شکل ۳-۱۷ تصویر SEM میکرو الیاف آلومینیوم اکسید حاصل از کلسینه‌ی مستقیم ترکیب ۲ ۷

شکل ۳-۱۸ مقایسه الگوی XRD ترکیب 3 a) شبیه سازی شده b) ترکیب در حالت پودری ۷۹

شکل ۳-۱۹ الگوی XRD آلومینیوم اکسید حاصل از کلسینه‌ی مستقیم پلیمر کوئوردیناسیونی ۳ ۸۰

شکل ۳-۲۰ تصویر SEM میکروذرات و نانو ساختارهای آلومینیوم اکسید حاصل از کلسینه‌ی مستقیم ترکیب ۳ ۸۲

شکل ۳-۲۱ تصویر SEM مربوط به a) MIL-110 بدون تنظیم pH و b) {MIL-110{pH4 ۸۳

شکل ۳-۲۲ تصویر SEM نانو ذرات آلومینیوم اکسید حاصل از کلسینه‌ی مستقیم ترکیب MIL-{110{pH4 ۸۴

شکل ۳-۲۳ نمودار توزیع اندازه‌ی ذرات آلومینیوم اکسید حاصل از کلسینه‌ی مستقیم {MIL-110{pH4 ۸۴
شکل ۳-۲۴ طیف IR مربوط به {MIL110{pH4 ,MIL100{pH7} و نانوذرات MIL-110 سنتز شده به روش سورفکتانت ۸۵
شکل ۳-۲۵ تصویر SEM نانو ذرات MIL-110 سنتز شده به روش سورفکتانت ۸۶
شکل ۳-۲۶ نمودار توزیع اندازه‌ی نانو ذرات MIL-110 سنتز شده به روش سورفکتانت ۸۶
شکل ۳-۲۷ مقایسه الگوی XRD ترکیب ۴ a) شبیه سازی شده b) ترکیب در حالت پودری ۸۸
شکل ۳-۲۸ الگوی XRD گالیم اکسو هیدروکسید حاصل از کلسینه‌ی مستقیم ترکیب ۴ ۸۹
شکل ۳-۲۹ تصویر SEM میکروساختارهای گالیم اکسو هیدروکسید حاصل از کلسینه‌ی مستقیم ترکیب ۴ ۹۰
شکل ۳-۳۰ مقایسه الگوی XRD ترکیب ۴ a) شبیه سازی شده b) ترکیب در حالت پودری ۹۱
شکل ۳-۳۱ الگوی XRD گالیم اکسید حاصل از کلسینه‌ی مستقیم ترکیب ۵ ۹۲
شکل ۳-۳۲ تصویر SEM میکروساختارهای گالیم اکسید حاصل از کلسینه‌ی مستقیم ترکیب ۵ ۹۲
شکل ۳-۳۳ مقایسه الگوی XRD ترکیب ۶ a) شبیه سازی شده b) ترکیب در حالت پودری ۹۴
شکل ۳-۳۴ الگوی XRD ایندیم اکسید حاصل از کلسینه‌ی مستقیم ترکیب ۶ ۹۵
شکل ۳-۳۵ تصویر SEM نانوساختارهای ایندیم اکسید حاصل از کلسینه‌ی مستقیم ترکیب ۶ ۹۶
شکل ۳-۳۶ نمودار توزیع اندازه‌ی ذرات ایندیم اکسید حاصل از کلسینه‌ی مستقیم ترکیب ۶ ۹۶
شکل ۳-۳۷ مقایسه الگوی XRD ترکیب ۷ (a شبیه سازی شده (b ترکیب در حالت پودری ۹۷
شکل ۳-۳۸ الگوی XRD ایندیم اکسید حاصل از کلسینه مستقیم ترکیب ۷ ۹۸
شکل ۳-۳۹ تصویر SEM نانوساختارهای ایندیم اکسید حاصل از کلسینه مستقیم ترکیب ۷ ۹۹
شکل ۳-۴۰ نمودار توزیع اندازه ذرات ایندیم اکسید حاصل از کلسینه مستقیم ترکیب ۷ ۱۰۰
شکل ۳-۴۱ نمایش ORTEP ترکیب $[Tl_2(BDT)]_n$ (۸) ۱۰۱

شکل ۳-۴۲ نمایش شبکه دو بعدی تشکیل شده ترکیب ۸ ۱۰۲
شکل ۳-۴۳ برهم‌کنش‌های تالیم- تالیم در ترکیب ۸ ۱۰۲
شکل ۳-۴۴ نمایش ORTEP ترکیب $[Tl_2(4\text{-}PT)]_n$ ۱۰۵
شکل ۳-۴۵ نمایش شبکه‌ی دو بعدی زیگزاگ در پلی‌مر ۹ ۱۰۶
شکل ۳-۴۶ برهم‌کنش‌های تالیم با اکسیژن‌های صفحات مجاور در ترکیب ۹ ۱۰۶
شکل ۳-۴۷ الگوی XRD تالیم اکسید حاصل از کلسینه‌ی مستقیم ترکیب ۹ ۱۰۸
شکل ۳-۴۸ تصویر SEM نانوساختارهای تالیم اکسید حاصل از کلسینه مستقیم ترکیب ۹ ۱۰۹
شکل ۳-۴۹ نمودار توزیع اندازه ذرات تالیم اکسید حاصل از کلسینه مستقیم ترکیب ۹ ۱۱۰
شکل ۳-۵۰- نمایش ORTEP ترکیب $[Tl\ (4\text{-}BPT)]_n$ (۱۰) ۱۱۱
شکل ۳-۵۱- نمایش شبکه دو بعدی تشکیل شده ترکیب ۱۱۲
شکل ۳-۵۲- برهم کنش های تالیم-تالیم در ترکیب ۱۱۲
شکل ۳-۵۳- نمایش ORTEP ترکیب $[Tl\ (4\text{-}BPT)]_n$ (۱۱) ۱۱۵
شکل ۳-۵۴- نمایش شبکه دو بعدی تشکیل شده ترکیب ۱۱ ۱۱۶
شکل ۳-۵۵- برهم کنش های تالیم-تالیم در ترکیب ۱۱ ۱۱۶
شکل ۳-۵۶- نمایش ORTEP ترکیب $[Tl\ BT]_n$ (۱۲) ۱۱۹
شکل ۳-۵۴- نمایش برهمکنش های پلی هاپتو ایجاد شده در ترکیب ۱۲..... ۱۲۰