

به نام او که

هستی از اوست



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 نانوساختارهای CeO_2 ، Al(OH)_3 و La(OH)_3 به روش سونوشیمی و کاربرد آنها در ساخت نانوکامپوزیت‌های زمینه پلیمری دیرسوز

استاد راهنما:

پروفسور مسعود صلواتی نیاسری

به وسیله:

پرستو جمشیدی

شهریور ماه ۱۳۹۲

تاریخ: ۱۳۹۲/۰۶/۱۷
شماره: ۳۰۲۵۷۱
پیوست:



مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه

صورتجلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

نام و نام خانوادگی دانشجو: پرستو جمشیدی
شماره دانشجویی: ۹۰۳۱۵۱۰۲۰۳
رشته: علوم و فناوری نانو
گرایش: نانوشیمی
پژوهشکده: علوم و فناوری نانو
عنوان پایان نامه: "تهیه و شناسایی نانوساختارهای $\text{La}(\text{OH})_3$, $\text{Al}(\text{OH})_3$, CeO_2 به روش سونوشیمی و کاربرد آن در ساخت کامپوزیت‌های زمینه پلیمری دیرسوز"

این پایان نامه به مدیریت تحصیلات تکمیلی به منظور بخشی از فعالیت‌های تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد ارائه می‌گردد. دفاع از پایان نامه در تاریخ ۹۲/۰۶/۰۶ مورد تأیید و ارزیابی هیأت داوران قرار گرفت و با نمره $\frac{۲۰}{۲۰}$ به عدد: $\frac{۲۰}{۲۰}$ و درجه عالی به تصویب رسید.

اعضاء هیأت داوران

عنوان	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱. استاد راهنما:	پروفسور مسعود صلواتی نیاسری	استاد	
۲. متخصص و صاحب نظر دحلل دانشگاه:	دکتر احمد اکبری دکتر مسعود همدانیان	دانشیار دانشیار	
۳. نماینده تحصیلات تکمیلی دانشگاه:	دکتر احمد اکبری	دانشیار	

دکتر محمدرضا منصورنیا

مدیر تحصیلات تکمیلی

تقدیم به:

پدر و مادر عزیزم

که همواره در تمام مراحل

زندگی پشتیبان من بوده‌اند.

برخود واجب می‌دانم از استاد گرامی و ارجمند، جناب آقای **دکتر مسعود صلواتی** **نیاسری** که در تمامی مراحل انجام این پروژه تجربیات خود را در اختیارم قرار دادند سپاسگزاری کنم .

از اساتید گرامی جناب آقای **دکتر مسعود همدانیان** و جناب آقای **دکتر احمد اکبری** که قبول زحمت نموده و پایان نامه اینجانب را مطالعه فرمودند، تشکر و قدردانی میکنم.

همچنین لازم می‌دانم از همه همکاران زحمت کش خود در آزمایشگاه پژوهشی دکتر صلواتی به خصوص جناب آقای دکتر داود قنبری نهایت سپاسگزاری را داشته باشم.

چکیده

هدف از این پروژه ساخت نانوذرات CeO_2 ، Al(OH)_3 و La(OH)_3 به روش سونوشیمی و کاربرد آن-ها بعنوان عامل دیرسوزکننده در نانوکامپوزیت‌های زمینه پلیمری است. ایده‌ی جدید در این پروژه در ابتدا نحوه‌ی ساخت نانوذرات و سپس پایداری حالت حدواسط هیدروکسیدی ترکیبات و در انتها کاربرد این نانوذرات با ساختار بهینه در پلیمرهای متفاوت بعنوان ترکیبات دیرسوزکننده است. در ابتدا نانوذرات خالص با روش مافوق صوت تهیه و توسط آنالیز پراش پرتوی ایکس (XRD) و طیف‌نگاری پاشندگی انرژی اشعه ایکس (EDS) مورد شناسایی قرار گرفتند، اندازه‌ی بلورینگی ذرات بر اساس معادله‌ی دبای شرر تعیین شد. اثرات هر یک از پارامترهای زمان و توان دستگاه فراصوت و استفاده از سه سورفکتانت کاتیونی، آنیونی و خنثی بر روی نانوساختارها با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مورد بررسی قرار گرفت و در شرایط مختلف مقایسه شد.

نانوکامپوزیت‌ها به دو روش درجا و غیردرجا ساخته و نحوه‌ی توزیع ذرات در بین رشته‌های پلیمری توسط میکروسکوپ الکترونی عبوری (SEM) بررسی شد. جهت بررسی اثر ذرات در پلیمرها با عنوان ترکیبات دیرسوزکننده تست استاندارد UL-۹۴ مورد استفاده واقع شد.

کلمات کلیدی:

سریم‌اکسید، آلومینیوم‌هیدروکسید، لانتانیوم‌هیدروکسید، نانوذره، دیرسوز، سونوشیمی

فهرست

صفحه	عنوان
۱	فصل اول
۲	۱-۱- مقدمه‌ای بر نانوفناوری
۳	۲-۱- طبقه‌بندی نانومواد
۸	۳-۱- نانوذرات
۸	۴-۱- روش‌های ساخت نانوساختارها
۹	۱-۴-۱- سنتز در فاز مایع
۱۰	۲-۴-۱- روش سونوشیمی
۱۱	۳-۴-۱- تاریخچه فراصوت
۱۱	۴-۴-۱- پیشینه سنتز با فراصوت
۱۲	۵-۴-۱- منشا اثرات سونوشیمی
۱۳	۶-۴-۱- عوامل موثر بر فرایند سونوشیمی
۱۵	۷-۴-۱- روش‌های مختلف سونوشیمی
۱۷	۸-۴-۱- دستگاه فراصوت
۱۷	۹-۴-۱- فواید و ایرادهای فرایند سونوشیمی
۱۹	۵-۱- مقدمه‌ای بر پلیمر
۲۲	۶-۱- مقدمه‌ای بر کامپوزیت
۲۴	۷-۱- نانوکامپوزیت‌های پلیمر-فلز
۲۵	۸-۱- روش‌های ساخت نانوکامپوزیت‌های پلیمری
۲۵	۱-۸-۱- تمایز بر اساس استفاده از محلول یا مذاب
۲۶	۲-۸-۱- تمایز بر اساس استفاده از مونومر یا پلیمر
۲۶	۳-۸-۱- تمایز بر اساس زمان سنتز نانوذره
۲۷	۹-۱- ساختار و ویژگی‌های نانوکامپوزیت
۲۸	۱۰-۱- نانوکامپوزیت‌های مقاوم در برابر حرارت
۲۸	۱-۱۰-۱- عوامل موثر بر اشتعال‌پذیری و شرایط کاهش آن‌ها
۲۸	۲-۱۰-۱- مکانیسم کلی مواد دیرسوزکننده
۲۹	۳-۱۰-۱- هیدروکسیدهای معدنی به تاخیر اندازه‌ی آتش
۳۰	۱۱-۱- آنالیز تعیین خواص حرارتی
۳۰	۱-۱۱-۱- آنالیز وزن‌سنجی گرمایی TGA و DTA
۳۱	۲-۱۱-۱- آنالیز گرماسنج دیفرانسیلی روبشی و آنالیز حرارتی و دیفرانسیلی DSC/DTA

۳۱	۳-۱۱-۱- تست آزمایشگاهی UL-94
۳۲	۴-۱۱-۱- تست ضریب حداقل اکسیژن LOI
۳۳	۵-۱۱-۱- کالری متر مخروطی
۳۴	۱۲-۱- مقدمه‌ای بر ترکیبات ساخته شده
۳۴	۱-۱۲-۱- سریم اکسید
۴۲	۲-۱۲-۱- آلومینیوم هیدروکسید
۴۴	۳-۱۲-۱- لانتانیم هیدروکسید

۴۶ فصل دوم

۴۷	۱-۲- وسایل، مواد و دستگاه‌های مورد استفاده
۴۷	۱-۱-۲- وسایل آزمایشگاهی
۴۷	۲-۱-۲- مواد شیمیایی
۴۸	۳-۱-۲- دستگاه فراصوت مورد استفاده برای سنتز نانوذرات
۴۹	۴-۱-۲- دستگاه‌های مورد استفاده جهت شناسایی
۴۹	۲-۲- روش انجام آزمایش
۴۹	۱-۲-۲- ساخت نانو ساختارهای CeO_2
۵۰	۲-۲-۲- ساخت نانو ساختارهای $Al(OH)_3$
۵۰	۳-۲-۲- ساخت نانو ساختارهای $La(OH)_3$
۵۱	۳-۲- آماده‌سازی نمونه جهت انجام آنالیز XRD
۵۱	۴-۲- آماده‌سازی نمونه جهت تصویربرداری FE-SEM
۵۱	۵-۲- آماده‌سازی نمونه جهت آنالیز EDS
۵۲	۶-۲- شرایط آزمایشگاهی
۵۲	۱-۶-۲- شرایط آزمایشگاهی CeO_2
۵۴	۲-۶-۲- شرایط آزمایشگاهی $Al(OH)_3$
۵۷	۳-۶-۲- شرایط آزمایشگاهی $La(OH)_3$
۵۸	۴-۶-۲- روش تهیه نانوکامپوزیت CeO_2 در پلی استایرن
۵۸	۱-۴-۶-۲- روش درجا
۵۸	۲-۴-۶-۲- روش غیردرجا
۵۸	۵-۶-۲- روش تهیه نانوکامپوزیت $Al(OH)_3$ در PVA
۵۸	۱-۵-۶-۲- روش درجا
۵۹	۲-۵-۶-۲- روش غیردرجا
۵۹	۶-۶-۲- روش تهیه نانوکامپوزیت $La(OH)_3$ در سلولز استات
۵۹	۱-۶-۶-۲- روش درجا
۵۹	۲-۶-۶-۲- روش غیردرجا

۶۰	فصل سوم
۶۱	۱-۳- مقدمه
۶۲	۲-۳- نانوساختارهای CeO_2 ساخته شده از منبع آمونیوم سریم نیترات
۶۲	۱-۲-۳- بررسی آنالیز فاز به روش پراش اشعه ایکس
۶۵	۲-۲-۳- آنالیز EDS
۶۶	۳-۲-۳- آنالیز FE-SEM
۶۶	۱-۳-۲-۳- اثر تغییرات پارامترهای متفاوت سونش
۷۲	۲-۳-۲-۳- اثر استفاده از سورفکتانت
۷۶	۴-۲-۳- آنالیز UL-94
۷۷	۳-۳- نانوساختارهای ساخته از منبع آلومینیوم نیترات
۷۷	۱-۳-۳- بررسی آنالیز فاز به روش پراش اشعه ایکس
۸۰	۲-۳-۳- آنالیز EDS
۸۱	۳-۳-۳- بررسی نتایج FE-SEM
۸۱	۱-۳-۳-۳- اثر تغییرات پارامترهای متفاوت سونش
۸۸	۲-۳-۳-۳- اثر استفاده از سورفکتانت
۹۲	۴-۳-۳- آنالیز UL-94
۹۴	۴-۳- نانوساختارهای $La(OH)_3$ ساخته از منبع آلومینیوم نیترات
۹۴	۱-۴-۳- بررسی آنالیز فاز به روش پراش اشعه ایکس
۹۵	۲-۴-۳- آنالیز EDS
۹۶	۳-۴-۳- بررسی نتایج SEM
۹۶	۱-۳-۴-۳- اثر تغییرات پارامترهای متفاوت سونش
۱۰۰	۲-۳-۴-۳- اثر تغییر نسبت PEG به لانتانیم نیترات در توان ۶۰ وات و زمان ۳۰ دقیقه
۱۰۱	۳-۳-۴-۳- اثر تغییر زمان سونش در شرایط $PEG : Surfactant = 5:1$
۱۰۴	۴-۴-۳- آنالیز UL-94
۱۰۶	۵-۳- نتیجه گیری
۱۰۸	۶-۳- پیشنهادات
۱۰۹	منابع

فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
۱۹	شکل ۱-۱- نمونه دستگاه فراصوت از نوع میله‌ای با شدت بالا
۲۵	شکل ۲-۱- شماتیک دو روش تشکیل نانو کامپوزیت اینترکلایت شده
۲۶	شکل ۳-۱- شماتیک سنتز نانوذرات کادمیم سولفید در بستر پلی‌آنیلین
۳۲	شکل ۴-۱- شماتیک دستگاه LOI
۳۳	شکل ۵-۱- شماتیک دستگاه گرماسنج مخروطی
۳۵	شکل ۶-۱- تصویر SEM از نانومیله‌های CeO_2
۳۶	شکل ۷-۱- تصویر SEM نانومیله‌های CeO_2 ساخته شده در حلال‌هایی با نسبت‌های متفاوت
۳۷	شکل ۸-۱- تصویر SEM نانو ساختارهای CeO_2 در حضور سورفکتانت‌های متفاوت
۳۷	شکل ۹-۱- تصویر SEM از CeO_2 با دو منبع متفاوت
۳۸	شکل ۱۰-۱- تصویر SEM از CeO_2 ساخته شده در دو دمای متفاوت
۳۸	شکل ۱۱-۱- تصویر SEM از CeO_2 ساخته شده در دو زمان متفاوت
۳۹	شکل ۱۲-۱- تصویر SEM و TEM از CeO_2
۴۰	شکل ۱۳-۱- تصویر SEM از CeO_2 حرارت داده شده در دماهای متفاوت
۴۲	شکل ۱۴-۱- تصویر SEM از آلومینا
۴۳	شکل ۱۵-۱- تصویر TEM از لانتانوم هیدروکسید
۵۲	شکل ۱-۲- الگوی XRD، الگوی EDS و تصویر SEM تهیه شده از CeO_2
۵۴	شکل ۲-۲- الگوی XRD، الگوی EDS و تصویر SEM تهیه شده از $Al(OH)_3$
۵۶	شکل ۳-۲- الگوی XRD، الگوی EDS و تصویر SEM تهیه شده از $La(OH)_3$
۶۳	شکل ۱-۳- الگوی XRD از نمونه‌ی (۱) زمان سونش ۳۰ دقیقه، توان سونش ۶۰ وات در حضور NaOH
۶۳	شکل ۲-۳- الگوی XRD از نمونه‌ی (۲) زمان سونش ۳۰ دقیقه، توان سونش ۶۰ وات در حضور NH_3
۶۴	شکل ۳-۳- الگوی EDS مربوط به نمونه‌ی (۲) زمان سونش ۳۰ دقیقه، توان سونش ۶۰ وات در حضور NH_3
۶۶	شکل ۴-۳- تصویر FE-SEM از نمونه‌ی (۲) زمان سونش ۳۰ دقیقه، توان سونش ۶۰ وات در حضور NH_3
۶۷	شکل ۵-۳- تصویر FE-SEM از نمونه‌ی (۳) زمان سونش ۱۵ دقیقه، توان سونش ۶۰ وات در حضور NH_3
۶۸	شکل ۶-۳- تصویر FE-SEM از نمونه‌ی (۴) زمان سونش ۴۵ دقیقه، توان سونش ۶۰ وات در حضور NH_3
۶۹	شکل ۷-۳- تصویر FE-SEM از نمونه‌ی (۵) زمان سونش ۴۵ دقیقه، توان سونش ۶۰ وات در حضور NH_3

- ۷۰ زمان سونش ۳۰ دقیقه، توان سونش ۴۵ وات در حضور NH_3
شکل ۳-۸- تصویر FE-SEM از نمونه‌ی (۶)
- ۷۲ زمان سونش ۳۰ دقیقه، توان سونش ۷۵ وات در حضور NH_3
شکل ۳-۹- تصویر FE-SEM از نمونه‌ی (۷)
- ۷۳ زمان سونش ۳۰ دقیقه، توان سونش ۶۰ وات در حضور NH_3 و سورفکتانت SDS
شکل ۳-۱۰- تصویر FE-SEM از نمونه‌ی (۸)
- ۷۴ زمان سونش ۳۰ دقیقه، توان سونش ۶۰ وات در حضور NH_3 و سورفکتانت CTAB
شکل ۳-۱۱- تصویر FE-SEM از نمونه‌ی (۹)
- ۷۷ زمان سونش ۳۰ دقیقه، توان سونش ۶۰ وات در حضور NH_3 و سورفکتانت PVP
شکل ۳-۱۲- الگوی پراش XRD مربوط به نمونه‌ی (۱۰)
- ۷۸ زمان سونش ۳۰ دقیقه، توان سونش ۶۰ وات در حضور هیدرازین
شکل ۳-۱۳- الگوی پراش XRD مربوط به نمونه‌ی (۱۱)
- ۷۸ زمان سونش ۳۰ دقیقه، توان سونش ۶۰ وات در حضور NaOH
شکل ۳-۱۴- الگوی پراش XRD مربوط به نمونه‌ی (۱۲)
- ۷۹ زمان سونش ۳۰ دقیقه، توان سونش ۶۰ وات در حضور NH_3
شکل ۳-۱۵ الگوی EDS مربوط به نمونه‌ی (۱۲)
- ۸۲ زمان سونش ۳۰ دقیقه، توان سونش ۶۰ وات در حضور NH_3
شکل ۳-۱۶- تصویر FE-SEM از نمونه‌ی (۱۲)
- ۸۳ زمان سونش ۳۰ دقیقه، توان سونش ۶۰ وات در حضور NH_3
شکل ۳-۱۷- تصویر FE-SEM از نمونه‌ی (۱۳)
- ۸۴ زمان سونش ۱۵ دقیقه، توان سونش ۶۰ وات در حضور NH_3
شکل ۳-۱۸- تصویر FE-SEM از نمونه‌ی (۱۴)
- ۸۵ زمان سونش ۴۵ دقیقه، توان سونش ۶۰ وات در حضور NH_3
شکل ۳-۱۹- تصویر FE-SEM از نمونه‌ی (۱۵)
- ۸۶ زمان سونش ۳۰ دقیقه، توان سونش ۴۵ وات در حضور NH_3
شکل ۳-۲۰- تصویر FE-SEM از نمونه‌ی (۱۶)
- ۸۸ زمان سونش ۳۰ دقیقه، توان سونش ۷۵ وات در حضور NH_3
شکل ۳-۲۱- تصویر FE-SEM از نمونه‌ی (۱۷)
- ۸۹ زمان سونش ۳۰ دقیقه، توان سونش ۶۰ وات در حضور NH_3 و سورفکتانت SDS
شکل ۳-۲۲- تصویر FE-SEM از نمونه‌ی (۱۸)
- ۹۰ زمان سونش ۳۰ دقیقه، توان سونش ۶۰ وات در حضور NH_3 و سورفکتانت CTAB
شکل ۳-۲۳- تصویر FE-SEM از نمونه‌ی (۱۹)
- ۹۲ زمان سونش ۳۰ دقیقه، توان سونش ۶۰ وات در حضور NH_3 و سورفکتانت PVP
شکل ۳-۲۴ از کامپوزیت زمینه پلیمری $\text{Al}(\text{OH})_3$ در PVA به روش درجا

- ۹۳ شکل ۳-۲۵- الگوی پراش XRD مربوط به نمونه‌ی (۲۰)
- زمان سونش ۳۰ دقیقه، توان سونش ۶۰ وات در حضور NaOH
- ۹۴ شکل ۳-۲۶- الگوی EDS مربوط به نمونه‌ی (۲۰)
- زمان سونش ۳۰ دقیقه، توان سونش ۶۰ وات در حضور NaOH
- ۹۶ شکل ۳-۲۷- تصویر SEM از نمونه‌ی (۲۰)
- زمان سونش ۳۰ دقیقه، توان سونش ۶۰ وات در حضور NaOH و $PEG:La = 1:1$
- ۹۷ شکل ۳-۲۸- تصویر SEM از نمونه‌ی (۲۱)
- زمان سونش ۱۵ دقیقه، توان سونش ۶۰ وات در حضور NaOH و $PEG:La = 1:1$
- ۹۷ شکل ۳-۲۹- تصویر SEM از نمونه‌ی (۲۲)
- زمان سونش ۴۵ دقیقه، توان سونش ۶۰ وات در حضور NaOH و $PEG:La = 1:1$
- ۹۸ شکل ۳-۳۰- تصویر SEM از نمونه‌ی (۲۳)
- زمان سونش ۳۰ دقیقه، توان سونش ۴۵ وات در حضور NaOH و $PEG:La = 1:1$
- ۹۸ شکل ۳-۳۱- تصویر SEM از نمونه‌ی (۲۴)
- زمان سونش ۱۵ دقیقه، توان سونش ۷۵ وات در حضور NaOH و $PEG:La = 1:1$
- ۹۹ شکل ۳-۳۲- تصویر SEM از نمونه‌ی (۲۵)
- زمان سونش ۳۰ دقیقه، توان سونش ۶۰ وات در حضور NaOH و $PEG:La = 5:1$
- ۱۰۱ شکل ۳-۳۳- تصویر SEM از نمونه‌ی (۲۶)
- زمان سونش ۱۵ دقیقه، توان سونش ۶۰ وات در حضور NaOH و $PEG:La = 5:1$
- ۱۰۲ شکل ۳-۳۴- تصویر SEM از نمونه‌ی (۲۷)
- زمان سونش ۴۵ دقیقه، توان سونش ۶۰ وات در حضور NaOH و $PEG:La = 5:1$
- ۱۰۴ شکل ۳-۳۵- تصویر SEM از کامپوزیت $La(OH)_3$ در سلولز استات به روش درجا

فهرست جدول‌ها

صفحه	عنوان
۴۶	جدول ۱-۲- لیست مواد اولیه بکار رفته در این پروژه
۵۱	جدول ۲-۲- شرایط آزمایشگاهی به کار رفته جهت تهیه نانوذرات CeO_2 با استفاده از منبع $(\text{NH}_4)_2\text{Ce}(\text{NO}_3)_6$
۵۳	جدول ۳-۲- شرایط آزمایشگاهی به کار رفته جهت تهیه نانوذرات $\text{Al}(\text{OH})_3$ با استفاده از منبع $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$
۵۵	جدول ۴-۲- شرایط آزمایشگاهی به کار رفته جهت تهیه نانوذرات $\text{La}(\text{OH})_3$ با استفاده از منبع $\text{La}(\text{NO}_3)_3$ و NaOH بعنوان عامل هیدرولیزکننده و ساخت $\text{La}(\text{OH})_3$ بعنوان محصول
۶۲	جدول ۱-۳- اندازه بلوری نمونه‌های سریای بدست آمده با استفاده از معادله‌ی دبای-شرر
۷۷	جدول ۲-۳- اندازه بلوری نمونه‌های آلومینای بدست آمده با استفاده از معادله‌ی دبای-شرر

علائم اختصاری

PVA	Poly Vinil Alcohol
SDS	Sodium Dodecyl Sulfate
SEM	Scanning Electron Microscope
TEM	Transmission Electron Microscope
EDS	Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy
XRD	X-Ray diffraction pattern
PEG	Poly Ethylen Glycol
CTAB	Cetyl Trimethyl Ammonium Bromide
nm	Nano Meter
LOI	Limiting Oxigen Index

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه‌ای بر نانوفناوری

هرچند کلمه‌ی نانوفناوری نسبتاً جدید است لیکن ابزارهای مفید و ساختارهایی با ابعاد نانومتر از دیرباز وجود داشته‌اند و در حقیقت قدمت آن‌ها به شروع حیات کره‌ی زمین بازمی‌گردد. جانوران نرم‌تن صدف‌دار و حلزون، صدف‌های بسیار سختی را می‌سازند که دارای سطوح داخلی رنگین‌کمان ماندنی هستند، این صدف‌ها با آرایش دادن کربنات کلسیم در واحدهای نانوساختاری بسیار محکم که به وسیله‌ی چسبی ساخته شده از ترکیب کربوهیدرات-پروتئین به یکدیگر متصل می‌شوند، این حالت را به وجود می‌آورند. به خاطر بلوک‌های نانوساختار، ترک‌هایی که بر روی سطح خارجی صدف شروع می‌شوند، قادر نیستند در سرتاسر آن شیوع پیدا کنند. حتی در قرن چهارم پس از میلاد شیشه‌سازان شیشه‌هایی حاوی فلزات در مقیاس نانوساخته‌اند از جمله آن‌ها می‌توان به پنجره‌های کلیساهای جامع قرون وسطا اشاره نمود. در ده تا پانزده سال گذشته پیشرفت در علوم و فناوری نانو همراه با روش‌های جدید برای ساخت، مطالعه و اصلاح نانوذرات و نانوساختارها بوده است. گسترش و پیشرفت در این زمینه ناشی از پیشرفت در نانوشیمی است [۱].

نانوفناوری به مواد و ترکیباتی مربوط می‌شود که به دلیل داشتن ابعاد نانومتری (تا ۱۰۰ نانومتر) خواص فیزیکی، شیمیایی و زیستی جدیدی را از خود نشان می‌دهند. اساس نانوفناوری توانایی کار در سطح مولکولی و اتمی برای ایجاد ساختارهایی جدید با کاربردهای نوین است. اگر حداقل یکی از ابعاد ساختاری ماده کمتر از اندازه‌ی بحرانی باشد، اغلب رفتار مشخصی پدیدار می‌شود که نمی‌توان آنرا با مدل‌ها و تئوری‌های سنتی بیان نمود. برای مثال ساختار الکترونی و رسانندگی، واکنش‌پذیری، دمای ذوب و خواص مکانیکی زمانی که اندازه سیستم به مقدار کمتر از طول بحرانی برسد، تغییر می‌کند. بعبارت دیگر امکان کنترل خواص ذرات بدون تغییر در ترکیب

شیمیایی ماده وجود خواهد داشت. در نانومواد نسبت سطح به حجم بسیار زیاد است. سطوح بسیار بزرگ نانوساختارها موجب تاثیر بیشتر آنها با اتم‌های درونی‌تر، باندهای ضعیف‌تری تشکیل می‌دهند، بعلاوه شرایط ناپایدار و انرژی سطحی بالا، اتم‌ها در تلاش برای تغییر وضعیت هستند، بنابراین فعالیت بیشتری برای واکنش با محیط از خود نشان می‌دهند. هرچه اندازه‌ی ساختار کوچک‌تر باشد تعداد اتم‌های سطحی نیز بیشتر است. در مواد توده‌ای خواص سطحی را می‌توان معمولا مورد اغماض قرار داد. اتم‌های سطحی نقش بسیار مهمی در خواص حرارتی نانومواد دارند. البته تغییرات مهم رفتاری در این ساختارها صرفا به خاطر کاهش ابعاد اتفاق نمی‌افتد، بلکه بخاطر پدیده‌های ذاتی در مقیاس نانو نظیر محدودیت اندازه‌ی کوانتومی می‌باشد [۵-۲]. نانوفناوری ساخت اشیا، اتم به اتم و مولکول به مولکول توسط ماشین‌های برنامه‌ریزی شده در مقیاس نانومتریک است. نانوفناوری به مواد و سیستم‌هایی مربوط می‌شود که ساخته‌ها و اجزای آنها به دلیل ابعاد نانومتری رفتار جدید و بهتری را نشان می‌دهند. فناوری نانو آینه‌ی فناوری آفرینش است. نقطه‌ی تلاقی تفکر و عمل تمامی دانشمندان و محققان علوم مختلف است. این فناوری امکان ساخت و تولید اشیا بسیاری را در قیمت کم و بدون آلودگی فراهم کرده‌است. در نتیجه این فناوری پیشرفتی است شگرف و مهم، درست همانقدر مهم که نخستین ابزار کشف شد [۸-۶].

۱-۲- طبقه‌بندی نانومواد

در دهه ۱۹۲۰ دانشمندان دریافتند که خواص نظیر استحکام و قابلیت هدایت الکتریکی توسط ساختار اتمی و مولکولی آنها تعیین می‌شود. بعدها دانش فوق منجر به ساخت مواد نیمه هادی شد که پایه و اساس صنعت الکترونیک کنونی است. در سال‌های اخیر با ابداع ابزار نانو، علم مواد به

نقطه‌ای رسیده است که توسط آن می‌توان ارتباط بین ساختار و مواد و خواص آن‌ها را کنترل کرد. چنانچه گفته شد اگر حداقل یکی از ابعاد ساختاری ماده، کمتر از اندازه بحرانی شد، اغلب رفتار مشخصی پدیدار میشود که نمی‌توان آنرا با مدل‌ها و تئوری‌های سنتی بیان نمود. تمامی خواص ساختار زمانی که سیستم به مقدار کمتر از طول بحرانی برسد تغییر می‌کند منظور از یک ماده نانوساختار، جامدی است که کریستال‌های تشکیل‌دهنده آن در مقیاس نانومتر قرار داشته باشد. عبارت دیگر، این مواد از کریستال‌ها یا دانه‌های نانومتری تشکیل شده‌اند که از لحاظ ساختار اتمی، جهات کریستالوگرافی و یا ترکیب شیمیایی ممکن است با یکدیگر متفاوت باشند. معمولا خواص این مواد متفاوت از جامداتی با ساختار میکرومتری است. اندازه‌ی دانه‌های ریزتر معمولا منجر به استحکام مکانیکی بهتر می‌شود. گاهی ممکن است دانه‌های کریستال در محدوده‌ی نانومتر نباشند ولی فازهای ثانویه‌ای با ابعاد نانومتر در داخل جسم پراکنده شوند و خواص ماده را به شدت تحت تاثیر قرار دهند. برای نمونه، در اثر ذرات کاربید سیلیسیم با ابعاد 10 nm در داخل آلومینیوم می‌توان استحکام مکانیکی را به شدت افزایش داد. این مواد با عنوان نانوکامپوزیت شناخته می‌شوند، دارای استحکام ویژه (نسبت استحکام به وزن) بالایی هستند و در صنایع هوافضا و حمل و نقل به-کار گرفته می‌شوند [۹].

در مواد رایج بیشتر اتم‌ها در سطح قرار گرفته‌اند. آن‌ها قسمتی از توده‌ی ماده را پدید می‌آورند که بخوبی بلوری و خیلی خوب گسترده و طراحی شده‌اند و گاهی اوقات مملو از نقص‌های ساختاری و ناخالصی‌هایی است که استحکام ماده را از بین می‌برد. در نانومواد، این توده‌ی مواد واقعا وجود ندارد و اختلاف اصلی در بررسی مواد نانوفناوری، نسبت سطح به توده است که عبارت است از تعداد اتم‌های مرزی سطح تقسیم بر تعداد کل اتم‌ها. مواد با این خاصیت بی‌نظیر هستند. به همین دلیل است که نانومواد کاملا متفاوت هستند. به هر حال نکته‌ی مهم چگونگی تغییرات

خواص مواد با اندازه‌ی ذرات است و باید به این نکته توجه کرد که با کاهش اندازه‌ی ذره مفهوم فاز نامشخص‌تر می‌شود و درک پیوندهای بین فازهای همگن و ناهمگن و نیز بین حالات آمورف و بلوری مشکل خواهد بود. در حال حاضر، مفاهیم عمومی شیمی که روابطی مانند ترکیب-خواص، ساختار-جزمولی را تعیین می‌کند، می‌تواند توسط مفاهیم اندازه و خودآرایی بسط داده شود و مکانیسم‌ها و اثرات جدید را ایجاد کند. با وجود تمام موفقیت‌های نانوشیمی، هنوز نمی‌توان به این سوال که چگونه اندازه‌ی ذرات بر روی خواص آن‌ها موثر است پاسخ داد. توضیح رابطه‌ی بین اندازه و فعالیت شیمیایی یک ذره اغلب مهم‌ترین مسئله در نانوشیمی است. برای نانوذرات، دو نوع اثرات اندازه مشاهده شده است [۱۰]:

۱- اثر ذاتی یا درونی که به دلیل تغییرات ویژه در سطح مواد توده‌ای و خواص شیمیایی یک ذره است.

۲- اثرات خارجی که به دلیل بستگی اندازه بعنوان فاکتورهای خارجی است و به اثرات داخلی وابسته نیست.

در محدوده‌ی خاصی از نظر ذرات، اندازه‌ی ذرات بر روی خواص آن موثر است که این تاثیر برای ذرات کوچک‌تر، بیشتر است. در جایی که وابستگی نامنظم خواص-اندازه حکم‌فرماست، از نظر نانوشیمی مطلوب‌تر است. وابستگی فعالیت شیمیایی بر روی اندازه‌ی نانوذرات واکنش‌دهنده با این حقیقت که خواص اتم‌های مجزا عناصر بخوبی خوشه‌ها و نانوذرات‌اند، توضیح داده می‌شود که خواص آن‌ها با خواص ماکرو ذرات متفاوت است. برای فهمیدن و آنالیز نسبی وابستگی خواص شیمیایی به اندازه ذرات می‌توان مقایسه‌ای را بین عکس‌العمل انواع مواد، نانوذرات و خوشه با تغییر اندازه‌ی آن‌ها انجام داد [۱۱]، تعیین رابطه‌ی بین اندازه و خواص آن‌ها از عنصر تا عنصر دیگر

متفاوت است و باید برای هر عنصری بطور ویژه بررسی شود. در نانوشیمی، برهم‌کنش هر ذره با محیط ویژه و مخصوص است.

هنگام مطالعه‌ی انفرادی خواص چنین ذراتی باید به تغییرات کیفی خواص ذرات بصورت تابعی از اندازه توجه شود. اثرات اندازه‌ی داخلی در شیمی می‌تواند به وسیله تغییرات ساختار ذرات و افزایش مناطق الکترونی به وسیله‌ی سطح ایجاد شود و خواص سطح بر روی پایداری و واکنش-پذیری ذرات موثر است. برای تعداد کمی از اتم‌های جذب شده بر روی سطح، واکنش شیمیایی نمی‌تواند در حجم بینهایت بزرگی انجام شود که به دلیل تناسب سطوح نانوذرات و واکنش‌گر است. واکنش‌های شیمیایی در مقیاس‌های کوچک با واکنش سینتیکی کلاسیک متفاوت است که به دلیل انعطاف‌پذیری غلظت ذرات واکنش‌گر است. واکنش‌ها شامل مقادیر کمی از مولکول‌های واکنش‌گر است که توسط رابطه‌ی گسترده انعطاف‌پذیری تعداد واکنش‌گرها شناسایی می‌شود. این فاکتور توسط تغییرات غلظت واکنش‌گرها در طی زمان بر روی سطوح نانوذرات با اندازه متفاوت است که می‌تواند یک نتیجه برای فعالیت متفاوت‌شان باشد [۱۲].

همانطور که قبلاً بیان شد در نانوذرات، مقادیر قابل توجهی از اتم‌ها بر روی سطح قرار دارند که با کاهش اندازه‌ی ذرات این مقدار افزایش می‌یابد. این پدیده باعث افزایش انرژی سیستم می‌شود که نتایج ترمودینامیکی نامشخصی را ایجاد می‌کند، نظیر وابستگی اندازه ذرات با نقطه ذوب نانوذرات، واکنش‌پذیری ذرات، دمای انتقالات اشکال بلوری مختلف، افزایش حلالیت و تغییرات در تعادلات شیمیایی. مطالعات تئوری و آزمایشگاهی ترمودینامیک ذرات کوچک تصدیق می‌کند که اندازه ذرات همانند سایر متغیرهای ترمودینامیکی یک متغیر فعال در تعیین حالت و واکنش‌پذیری سیستم است. بعنوان یک قانون، نانوذرات هنگامی که برهم‌کنش با محیط اطراف خود نداشته