

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

دانشکده علوم
گروه فیزیک
گرایش حالت جامد

بررسی اثر پایدارکننده‌های مختلف (پلیمر و گروه‌های عاملی مختلف) روی
رسانندگی حرارتی نانوذرات آلومینا

از:

لادن پوریونس لنگرودی

استاد راهنما:

دکتر مجید سیفی

تقدیم به

فرشته‌های زمینی زندگی ام

پدر و مادر عزیزم

به پاس ذره‌ای از زحمات بی دریغشان

حد و پاس حقیقی خاص خداوند بزرگ و بلند مرتبه است که انسان را آفرید و سیر پایی پیش روی آنها گذاشت که با کام نهادن در این مسیرها، مراتب تعالی و پیشرفت راطی بنمایند. در زندگی یکایک انسان با موجودات شریف و اثر گذاری قرار داد که مانند ستاره ای در آسمان تیره و گنگ زندگی راه درست را بارها بنیانی با ایشان نشان داده و با قوه ای اختیار انسانی، انتخاب های صحیح انجام دهند.

از پدر و مادر عزیز و مهربانم که ستارگان در نشان آسمان زندگی ام هستند و بواسطه راهنمایی ها و بهدلی های ارزنده ی آنها در زندگی ام کام بر می دارم و همچنین خواهر های عزیزم سپاسگزارم.

از استاد راهنمای عزیز، جناب دکتر محمد سینی، به واسطه محبت های بی دریغشان نهایت تشکر را دارم و امیدوارم بهواره سلامت و موفق باشند.

مراتب تشکر و قدر دانی خود را از اساتید محترم، «دکتر رضائی» و «دکتر نادوی پور» که قبول زحمت فرموده و داوری این پایان نامه را بر عهده گرفتند نیز ابراز می دارم.

از مساعدت ها و بخاری صمیمانه مدیر محترم گروه فیزیک جناب آقای «دکتر صفاری»، همچنین پرسنل زحمتمکش این گروه و گروه شیمی خانم ها «قدس خواه» و «حسینی» نهایت سپاس را دارم.

از سرکار خانم «دکتر سیده هدی حکمت آرا» و دوستان عزیز در گروه شیمی، خانم ها «دکتر قبری» و «دکتر قویدست» و جناب آقای «دکتر لسانی» به پاس تمام زحماتی که در طول انجام این پروژه برایم کشیده اند نهایت تشکر را دارم.

از دوست و خواهر مهربانم خانم «زهرایکیبخت» که همیشه محکم حال من بودند صمیمانه تشکر می نمایم؛ همچنین از سایر دوستانم خانم «مریم حسینی» و دیگر عزیزان به پاس عاطفه سرشار و گرمای امید بخش وجودشان تشکر و قدر دانی کرده و آرزوی موفقیت برای همه دارم.

فهرست مطالب

د. چکیده فارسی.....

ذ. چکیده انگلیسی.....

فصل اول: مقدمه..... ۱-۱۲

۱-۱ نانوتکنولوژی چیست..... ۲

۲-۱ نانومواد..... ۳

۳-۱ نانوذرات..... ۵

۴-۱ نانوذرات آلومینا..... ۵

۱-۴-۱ برخی از کاربردهای آلومینا در صنعت..... ۶

۵-۱ روش‌های ساخت نانوذرات..... ۷

۱-۵-۱ فرایندهای اصلی در ساخت نانوذرات..... ۷

۲-۵-۱ روش‌های کلی ساخت نانوذرات..... ۷

۱-۲-۵-۱ روش‌های فیزیکی..... ۸

۲-۲-۵-۱ روش‌های شیمیایی..... ۹

۶-۱ نانو سیال..... ۱۱

فصل دوم: ساخت مواد..... ۱۴-۲۰

۱-۲ روند کلی آزمایش‌ها..... ۱۴

۲-۲ مواد شیمیایی اولیه..... ۱۴

۳-۲ آماده‌سازی مواد اولیه جهت استفاده در آزمایش..... ۱۵

۱-۳-۲ خشک کردن تولوئن..... ۱۵

۴-۲ ساخت نمونه‌ها..... ۱۵

۱-۴-۲ ساخت نانوذرات آلومینا به روش هم‌رسوبی (نمونه A1)..... ۱۵

۲-۴-۲ ساخت نانوذرات آلومینا/ اولئیک اسید به روش هم‌رسوبی در یک مرحله (نمونه A2)..... ۱۶

۳-۴-۲ ساخت نانوذرات آلومینا/ اولئیک اسید در روش دومرحله‌ای (نمونه A3)..... ۱۷

۴-۴-۲ ساخت نانوذرات آلومینا/ آبتیس در روش دومرحله‌ای (نمونه A4)..... ۱۷

۵-۴-۲ ساخت نانوذرات آلومینا/ پی وی پی به روش هم‌رسوبی در یک مرحله (نمونه A5)..... ۱۸

۵-۲ ساخت نانوسیال بر پایه اتیل گلیکول..... ۱۹

فصل سوم: مشخصه‌یابی..... ۲۱-۵۱

۱-۳ مقدمه ای بر روش‌های مشخصه‌یابی..... ۲۲

۱-۱-۳ طیف سنجی مادون قرمز..... ۲۲

۲۲	۲-۱-۳ طیف پراش پرتو ایکس
۲۳	۳-۱-۳ میکروسکوپ الکترونی روبشی
۲۴	۴-۱-۳ میکروسکوپ الکترونی عبوری
۲۵	۲-۳ بررسی طیف مادون قرمز نمونه‌ها
۲۵	۱-۲-۳ طیف مادون قرمز نمونه A2 و A3
۲۷	۲-۲-۳ طیف مادون قرمز نمونه A4
۲۹	۳-۲-۳ طیف مادون قرمز نمونه A5
۳۰	۳-۳ بررسی طیف پراش پرتو ایکس نمونه‌ها
۳۱	۱-۳-۳ طیف پراش پرتو ایکس نمونه A1
۳۲	۲-۳-۳ طیف پراش پرتو ایکس نمونه A2
۳۴	۳-۳-۳ طیف پراش پرتو ایکس نمونه A3
۳۵	۴-۳-۳ طیف پراش پرتو ایکس نمونه A4
۳۷	۵-۳-۳ طیف پراش پرتو ایکس نمونه A5
۳۸	۶-۳-۳ مقایسه طیف پراش پرتو ایکس نمونه‌ها
۴۱	۴-۳ بررسی تصاویر حاصل از میکروسکوپ الکترونی نمونه‌ها
۴۱	۱-۴-۳ بررسی تصاویر حاصل از میکروسکوپ الکترونی نمونه A1
۴۳	۲-۴-۳ بررسی تصاویر حاصل از میکروسکوپ الکترونی نمونه A2
۴۴	۳-۴-۳ بررسی تصاویر حاصل از میکروسکوپ الکترونی نمونه A3
۴۶	۴-۴-۳ بررسی تصاویر حاصل از میکروسکوپ الکترونی نمونه A4
۴۸	۵-۴-۳ بررسی تصاویر حاصل از میکروسکوپ الکترونی نمونه A5
۵۰	۵-۳ نتایج کلی حاصل از مشخصه‌یابی‌ها

فصل چهارم: رسانندگی حرارتی ۵۳-۸۳

۵۳	۱-۴ مروری بر مقالات
۵۳	۱-۱-۴ مروری بر رسانندگی حرارتی نانوسیال حاوی نانوذرات آلومینا در مقالات تجربی
۵۸	۲-۱-۴ تئوری‌های حاکم بر رسانندگی حرارتی نانوسیالات
۶۰	۲-۴ دستگاه بررسی رسانندگی حرارتی KD2 Pro
۶۰	۱-۲-۴ مشخصات دستگاه
۶۳	۲-۲-۴ تئوری دستگاه KD2 Pro
۶۵	۳-۴ بررسی رسانندگی حرارتی نمونه‌ها
۶۶	۱-۳-۴ بررسی رسانندگی حرارتی اتیلن گلیکول (KEG)
۶۷	۲-۳-۴ بررسی رسانندگی حرارتی نانوسیال NF1 (KNF1)
۶۹	۳-۳-۴ بررسی رسانندگی حرارتی نانوسیال NF2 (KNF2)
۷۱	۴-۳-۴ بررسی رسانندگی حرارتی نانوسیال NF3 (KNF3)
۷۳	۵-۳-۴ بررسی رسانندگی حرارتی نانوسیال NF4 (KNF4)

۶-۳-۴	مقایسه رسانندگی حرارتی نانوسیال‌ها (KNF) در سیال پایه اتیلن گلیکول.....	۷۶
۷-۳-۴	مقایسه نسبت رسانندگی حرارتی نانوسیال‌ها (KNF/KEG) با مدل مرشد	۸۰
۴-۴	نتیجه گیری.....	۸۲
۵-۴	چشم انداز آینده	۸۳
مراجع.....		۸۵-۸۹

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱: نانومواد..... ۳
- شکل ۱-۲: دسته بندی نانومواد: الف) صفر بعدی ب) یک بعدی پ) دو بعدی ت) سه بعدی ۵
- شکل ۳-۱: طرحی از روش بالا به پایین (روش فیزیکی) و پایین به بالا (روش شیمیایی) برای ساخت نانوذرات..... ۸
- شکل ۱-۲: نانوذرات آلومینای ساخته شده به روش هم رسوبی ۱۶
- شکل ۲-۲: نانوذرات آلومینا/ اولئیک اسید تهیه شده در روش تک مرحله‌ای ۱۶
- شکل ۳-۲: طرح شماتیک جذب اولئیک اسید بر روی سطح نانوذرات آلومینا ۱۷
- شکل ۴-۲: طرح شماتیک آمین‌دار شدن نانوذرات آلومینا..... ۱۸
- شکل ۵-۲: نانوذرات آلومینا/ پی وی پی ۱۹
- شکل ۶-۲: نانوسیال‌های تهیه شده از نانوذرات ساخته شده بر پایه سیال اتیلن گلیکول ۲۰
- شکل ۱-۳: پرتوهای مورد بررسی در میکروسکوپ الکترونی روبشی..... ۲۴
- شکل ۲-۳: پرتوهای مورد بررسی در میکروسکوپ الکترونی عبوری..... ۲۴
- شکل ۳-۳: طیف مادون قرمز الف) اولئیک اسید ب) آلومینا/ اولئیک اسید در روش تک مرحله‌ای (نمونه A2) پ) آلومینا/ اولئیک اسید در روش دو مرحله‌ای (نمونه A3) ۲۶
- شکل ۴-۳: انواع برهمکنش بین لیگاند و سطح نانوذره فلزی ۲۷
- شکل ۵-۳: طیف مادون قرمز الف) نانوذرات آلومینا (نمونه A1) ب) نانوذرات آلومینا/ آبتیس (نمونه A4) ۲۸
- شکل ۶-۳: طیف مادون قرمز الف) نانوذرات آلومینا (نمونه A1) ب) نانوذرات آلومینا/ پی وی پی (نمونه A5) ۲۹
- شکل ۷-۳: طیف پراش پرتو ایکس نانوذرات آلومینا (نمونه A1) ۳۱
- شکل ۸-۳: طیف پراش پرتو ایکس نانوذرات آلومینا/ اولئیک اسید در روش تک مرحله‌ای (نمونه A2) ۳۳
- شکل ۹-۳: طیف پراش پرتو ایکس نانوذرات آلومینا/ اولئیک اسید در روش دو مرحله‌ای (نمونه A3) ۳۵
- شکل ۱۰-۳: طیف پراش پرتو ایکس نانوذرات آلومینا/ آبتیس (نمونه A4) ۳۶
- شکل ۱۱-۳: طیف پراش پرتو ایکس نانوذرات آلومینا/ پی وی پی (نمونه A5) ۳۸
- شکل ۱۲-۳: طیف پراش پرتو ایکس نانوذرات: الف) A1 ب) A2 پ) A3 ت) A4 ث) A5 ۳۹
- شکل ۱۳-۳: تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نانوذرات آلومینا (نمونه A1) ۴۱
- شکل ۱۴-۳: تصاویر میکروسکوپ الکترونی عبوری نانوذرات آلومینا ۴۲
- شکل ۱۵-۳: تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نانوذرات آلومینا/ اولئیک اسید در روش تک مرحله‌ای (نمونه A2) ۴۳
- شکل ۱۶-۳: تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نانوذرات آلومینا/ اولئیک اسید در روش دو مرحله‌ای (نمونه A3) ۴۴
- شکل ۱۷-۳: تصاویر میکروسکوپ الکترونی عبوری نانوذرات آلومینا/ اولئیک اسید در روش دو مرحله‌ای ۴۵
- شکل ۱۸-۳: تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نانوذرات آلومینا/ آبتیس (نمونه A4) ۴۷
- شکل ۱۹-۳: تصاویر میکروسکوپ الکترونی عبوری نانوذرات آلومینا/ آبتیس ۴۸
- شکل ۲۰-۳: تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نانوذرات آلومینا/ پی وی پی (نمونه A5) ۴۹
- شکل ۲۱-۳: تصاویر میکروسکوپ الکترونی عبوری نانوذرات آلومینا/ پی وی پی ۵۰
- شکل ۱-۴: مدل مرشد ۶۰
- شکل ۲-۴: دستگاه KD2 Pro به همراه حسگر KS-1 ۶۱

شکل ۳-۴: الف) محفظه شیشه‌ای ب) حمام آب پ) آماده سازی سیستم جهت اندازه‌گیری حرارتی	۶۲
شکل ۴-۴: طرح شماتیک آماده‌سازی سیستم جهت اندازه‌گیری رسانندگی حرارتی نانوسیال	۶۳
شکل ۵-۴: نمودار تغییرات هدایت حرارتی اتیلن گلیکول به ازای افزایش دما	۶۶
شکل ۶-۴: نمودار تغییرات هدایت حرارتی نانوسیال NF1 به ازای افزایش دما	۶۷
شکل ۷-۴: مقایسه نمودار تغییرات هدایت حرارتی نانوسیال NF1 و سیال پایه اتیلن گلیکول به ازای افزایش دما	۶۸
شکل ۸-۴: نمودار تغییرات نسبت هدایت حرارتی نانوسیال آلومینا به سیال پایه اتیلن گلیکول به ازای افزایش دما	۶۸
شکل ۹-۴: نمودار تغییرات هدایت حرارتی نانوسیال NF2 به ازای افزایش دما	۶۹
شکل ۱۰-۴: مقایسه نمودار تغییرات هدایت حرارتی نانوسیال‌های NF1، NF2 و سیال پایه اتیلن گلیکول به ازای افزایش دما	۷۰
شکل ۱۱-۴: نمودار تغییرات نسبت هدایت حرارتی نانوسیال NF2 به سیال پایه اتیلن گلیکول به ازای افزایش دما	۷۰
شکل ۱۲-۴: نمودار تغییرات هدایت حرارتی نانوسیال NF3 به ازای افزایش دما	۷۱
شکل ۱۳-۴: مقایسه نمودار تغییرات هدایت حرارتی نانوسیال‌های NF1، NF3 و سیال پایه اتیلن گلیکول به ازای افزایش دما	۷۲
شکل ۱۴-۴: نمودار تغییرات نسبت هدایت حرارتی نانوسیال NF3 به سیال پایه اتیلن گلیکول به ازای افزایش دما	۷۳
شکل ۱۵-۴: نمودار تغییرات هدایت حرارتی نانوسیال NF4 به ازای افزایش دما	۷۴
شکل ۱۶-۴: مقایسه نمودار تغییرات هدایت حرارتی نانوسیال‌های NF1، NF4 و سیال پایه اتیلن گلیکول به ازای افزایش دما	۷۴
شکل ۱۷-۴: نمودار تغییرات نسبت هدایت حرارتی نانوسیال NF4 به سیال پایه اتیلن گلیکول به ازای افزایش دما	۷۵
شکل ۱۸-۴: نمودار تغییرات هدایت حرارتی نانوسیال‌ها به ازای افزایش دما	۷۷
شکل ۱۹-۴: نمودار نسبت هدایت حرارتی نانوسیال‌ها به سیال پایه اتیلن گلیکول به ازای افزایش دما	۷۸
شکل ۲۰-۴: مقایسه مقادیر نسبت رسانندگی حرارتی نانوسیال‌های مورد بررسی در این پروژه به ازای افزایش دما با مدل	
مرشد	۸۱

فهرست نمودارها

نمودار ۱-۱ روش‌های ساخت نانوذرات	۹
----------------------------------	---

فهرست جداول

جدول ۱-۲	مشخصات سیال اتیلن گلیکول	۱۹
جدول ۱-۳	مشخصات دستگاه پراش پرتو ایکس	۳۰
جدول ۲-۳	داده‌های بدست آمده از طیف پراش پرتو ایکس نانوذرات آلومینا	۳۲
جدول ۳-۳	مشخصات بدست آمده از طیف پراش پرتو ایکس نانوذرات آلومینا/ اولئیک اسید در روش تک مرحله‌ای	۳۳
جدول ۴-۳	مشخصات بدست آمده از طیف پراش پرتو ایکس نانوذرات آلومینا/ اولئیک اسید در روش دو مرحله‌ای	۳۴
جدول ۵-۳	مشخصات بدست آمده از طیف پراش پرتو ایکس نانوذرات آلومینا/ آبتیس	۳۷
جدول ۶-۳	مشخصات بدست آمده از طیف پراش پرتو ایکس نانوذرات آلومینا/ پی وی پی	۳۷
جدول ۷-۳	اندازه نانوذرات	۳۹
جدول ۸-۳	مقایسه نتایج حاصل از مشخصه‌یابی‌ها در مورد اندازه‌ی نانوذرات	۵۱
جدول ۱-۴	مشخصات اجزاء دستگاه KD2 Pro	۶۱
جدول ۲-۴	درصد تغییرات رسانندگی حرارتی به ازای تغییرات دمایی برای مواد اندازه‌گیری شده	۷۶
جدول ۳-۴	درصد تغییرات رسانندگی حرارتی نانوسیال‌های حاوی نانوذرات آلاییده شده، نسبت به نانوسیال آلاییده نشده‌ی NF1	۷۹

عنوان: بررسی اثر پایدارکننده‌های مختلف (پلیمر و گروه‌های عاملی مختلف) روی رسانندگی حرارتی نانوذرات آلومینا
 نام دانشجو: لادن پوریونس لنگرودی

نانوذرات آلومینا یکی از نانوذرات کم خطر و پرکاربرد شناخته شده در صنعت می‌باشند. محدوده‌ی وسیع کاربردهای این نانوذره اعم از مقاومت بالا، استحکام دی الکتریکی خوب، رسانندگی حرارتی بالا، دیرگدازی بالا، کاربردهای زیستی و غیره باعث شده که موضوع بسیاری از تحقیقات دانشمندان قرار گیرد. از جمله نتایج حاصل از این تحقیقات استفاده از این نانوذره در تولید نانوسیالات به منظور ارتقاء کارایی دستگاه‌های صنعتی است. اما آنچه که در این میان همواره حائز اهمیت است تولید سیال پایدارتری از این نانوذره است تا بتوان در بازه زمانی طولانی‌تری از خواص این نانوذره در سیال بهره برد. در این پروژه اثر اصلاح سطح نانوذره توسط ۳ نوع لیگاند مختلف اسیدی، آمینی و پلیمری بررسی و تأثیر این مواد بر پایداری نانوذره شناسایی شد. همچنین رسانندگی حرارتی نانوسیال‌های تهیه‌شده، به عنوان یک اثر فیزیکی مورد بررسی قرار گرفت.

بر طبق نتایج بدست آمده، پوسته‌ی اسیدی و پلیمری باعث کاهش اندازه نانوذرات اولیه و پوسته‌ی آمینی با اثری متفاوت باعث افزایش اندازه‌ی این نانوذرات شدند. این نتایج با بررسی طیف پراش پرتو ایکس نانوذرات و میکروسکوپ‌های الکترونی روبشی و عبوری حاصل شد و گروه‌های عاملی نمونه توسط طیف مادون قرمز تعیین گردید. پایداری نانوذرات آلومینا در اثر عامل دار شدن، در سیال افزایش پیدا کرد و این امر باعث افزایش رسانندگی حرارتی نانوسیال شد. به گونه‌ای که به ازای غلظت ۱۰٪ حجمی نانوذرات در سیال اتیلن گلیکول در دمای ۸۰ درجه، برای اولئیک اسید ۱۰/۹۶٪، برای پی وی پی ۱۱/۴۰٪ و برای آب‌تیس ۳/۵٪ افزایش در تغییرات رسانندگی حرارتی نانوسیال نسبت به سیال پایه بدست آمد. این در حالی است که نانوذرات عامل دار نشده‌ی آلومینا تنها ۲/۲٪ افزایش در این دما نسبت به سیال پایه ایجاد نمودند.

کلید واژه: نانوذرات آلومینا، اصلاح سطح، گروه عاملی، لیگاند، رسانندگی حرارتی

Abstract

Title: Effect of various surfactant (polymer and different functionalized groups) on thermal conductivity of alumina nanoparticles

Author: Pouryounes Langroudi, Ladan

Alumina nanoparticles are known as a safety and useful nanoparticles in industry. Many researchers consider to wide range of alumina applications due to their high strength, good dielectric strength, excellent thermal conductivity, high refractory, and biomaterial applications. Among the investigations result, one profit of this nanoparticles is in nanofluids to enhance the efficiency of industrial devices. Producing more stability of nanoparticles in nanofluids is important which the properties of them can be used in nanofluids in longer time. In this project, the effect of nanoparticles surface modification was investigated by three types of acidic, amine and polymeric ligand and the effect of these substances has been detected on the stability of the nanoparticles. Also the thermal conductivity of prepared nanofluids has been studied as a physical effect.

According to the results, the acidic and polymeric shell reduced the size of the primary particles and amine shell with different effect increased the size of these nanoparticles. These results were obtained by X-ray diffraction, scanning and transmission electron microscope and functional groups of samples were determined by infrared spectroscopy. Stability of alumina nanoparticles in fluid was increased by functionalizing them and it causes enhancement of the thermal conductivity. Enhancement in thermal conductivity ratio, for 10% volume concentration of nanoparticles in ethylene glycol at 80 °c was detected 10.96%, 11.40% , 3.5%, for PVP, APTES and oleic acid, respectively. While pristine alumina nanoparticles make only 2.2% increase in thermal conductivity at the same temperature.

Key Words: Alumina Nanoparticles, Surface Modification, Functional Groups, Ligand, Thermal Conductivity

فصل اول

مقدمه

۱-۱ نانو تکنولوژی چیست

نانو تکنولوژی، فناوری در جهت طراحی، تولید، مشخصه یابی و کاربرد مواد نانو ساختار است. هدف اصلی اکثر تحقیقات نانو تکنولوژی، شکل دهی ترکیبات جدید یا ایجاد تغییراتی در مواد موجود است [۱ و ۲]. در حالی که تعاریف زیادی برای فناوری نانو وجود دارد، NNI^۱ تعریفی را برای فناوری نانو ارائه می دهد که در برگیرنده هر سه تعریف ذیل باشد [۳]:

توسعه فناوری و تحقیقات در سطوح اتمی، مولکولی و یا ماکرومولکولی در مقیاس اندازه ای ۱ تا ۱۰۰ نانومتر.

۱. خلق و استفاده از ساختارها و ابزار و سیستم هایی که به خاطر اندازه کوچک یا حد میانه آنها، خواص و عملکرد نوینی دارند.

۲. توانایی کنترل یا دستکاری در سطوح اتمی .

اولین بار ریچارد فاینمن^۲ در سال ۱۹۵۹ میلادی طی یک سخنرانی، امکان به راه اندازی فرایندی برای دستکاری اتم ها و مولکول ها با استفاده از ابزارهای دقیق را مطرح کرد. واژه "فناوری نانو" نخستین بار در سال ۱۹۷۴ توسط پروفیسور نوریو تانیگوشی^۳، مدرس دانشگاه علوم توکیو در مقاله ای با نام "مفهوم اساسی فناوری نانو" به کار گرفته شد. او در این مقاله بیان کرد که فناوری نانو اساساً مجموعه ای از فرایندهای تفکیک، ادغام و تشکیل مواد در حد یک اتم یا یک مولکول است. پس از آن این فناوری به طور وسیع تر در دهه ی ۸۰ با خلق میکروسکوپ تونل زنی پیمایشی، کشف نانوکریستال های نیمه هادی، خلق باکی بال ها و خلق میکروسکوپ نیروی اتمی مورد بررسی قرار گرفت. اریک درکسلر^۴ و چاد میرکین^۵ نیز فعالیت های وسیعی در عرصه نانو داشتند. درکسلر در سال ۱۹۹۱ موفق به اخذ اولین دکترای نانو از دانشگاه MIT شد. وی نرم افزار طراحی و شبیه سازی سیستم های ماشین مولکولی را ابداع کرد و با تألیف کتاب هایی چون "موتورهای آفرینش: حوزه آینده نانوفناوری"، "نانوسیستم ها: ماشین مولکولی، ساخت و محاسبه"، و "آینده نامحدود: انقلاب نانوفناوری" تأثیر به سزایی در رشد فناوری نانو شد. پروفیسور چاد میرکین از نانو سیستم ها جهت پیشرفت بیوفناوری بهره گرفت. از جمله فعالیت های تحقیقاتی وی، کار روی تک لایه های خود تجمع یافته، طراحی وسایل الکترونیکی با اساس مولکولی، نانو لیتوگرافی، سنتز نانوذرات و سنتز

¹ National Nanotechnology Initiative

² Richard Feynman

³ Norio Taniguchi

⁴ K. Eric Drexler

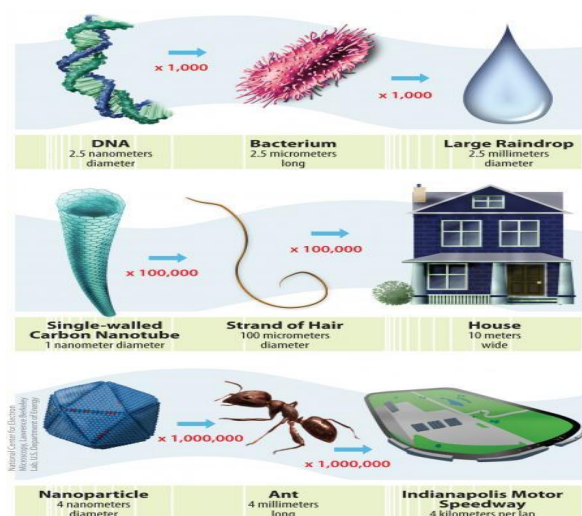
⁵ Chad Mirkin

هدفمند DNA می باشد. دکتر ریچارد اسمالی^۱، استاد رشته شیمی دانشگاه رایس از دیگر پیشگامان نانوفناوری بود و در سال ۱۹۹۶ موفق به دریافت جایزه نوبل به دلیل ابداع باکی بال‌ها شد. او نقش برجسته ای در عرصه فناوری نانو و کاربردهای پزشکی آن داشته است. او و گروهش یک روش کاربردی برای تولید انبوه نانولوله های کربنی ابداع کردند که این روش گامی حیاتی برای توسعه تجاری نانو لوله های کربنی در سال ۲۰۰۰ بود.

در نانوتکنولوژی مرزهای کمتری بین رشته های علمی وجود دارد و این امر موجب می شود ارتباط تنگاتنگی میان این فناوری با رشته هایی مانند فیزیک کاربردی، علم مواد، شیمی، زیست شناسی، مهندسی پزشکی، علم سطح، مهندسی برق و رباتیک وجود داشته باشد [۱-۵].

۲-۱ نانو مواد

نانو مواد به موادی گفته می شود که حداقل یکی از ابعاد خطی آنها کمتر از ۱۰۰ نانو متر باشد. یک نانو متر یک میلیون بار کوچکتر از یک میلی متر است.



شکل ۱-۱: نانو مواد [۳]

تاریخچه‌ی نانومواد بلافاصله بعد از انفجار بزرگ آغاز شد؛ زمانی که نانو ساختارها در شهاب سنگ های اولیه دیده شدند. بعد از آن، طبیعت بسیاری از نانو ساختارهای دیگر مانند صدف‌ها، اسکلت‌ها و غیره را نمایان ساخت. اما تاریخچه‌ی علمی نانومواد اندکی بعد آغاز شد. یکی از اولین گزارش‌های علمی از نانومواد، در ذرات کلوییدی سنتز شده توسط مایکل

^۱ Richard Smalley

فارادی^۱ در سال ۱۸۵۷ بود. در اوایل دهه ۱۹۴۰، رسوب و بخار نانوذرات سیلیکا ساخته شد و در ایالت متحده آمریکا و آلمان به عنوان جایگزین برای کربن سیاه بسیار نازک برای تقویت لاستیک‌ها به کار رفت. در دهه ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ میلادی، پودرهای نانومتری فلزات برای ذخیره اطلاعات بر روی نوار ساخته شد. در سال ۱۹۷۶ برای اولین بار نانوکریستال‌ها به روش تبخیر گاز بی‌اثر توسط بوهرمن^۲ و گرنکوویست^۳ تولید گردید.

امروزه استفاده از نانومواد به سرعت در حال گسترش است. با ورود به محدوده‌ی نانو با تغییر برخی از خواص فیزیکی روبرو می‌شویم که دو مورد مهم آن‌ها عبارتند از افزایش نسبت سطح به حجم ذرات و ورود اندازه ذره به قلمرو تاثیرهای کوانتومی. این اثرات باعث می‌شوند که در این مقیاس، خصوصیات اپتیکی، مغناطیسی، الکتریکی، حرارتی و ... در مواد پدیدار گردد و یا خواص مواد دستخوش تغییرات زیادی شود. این خواص پدید آمده باعث کاربرد این دسته از مواد در پزشکی، الکترونیک، اپتیک غیرخطی، فوتونیک، ذخیره اطلاعات، کاتالیزورها، سلول‌های خورشیدی، سرامیک‌سازی و نانوبیولوژی و دیگر علوم می‌شود.

نانومواد با توجه به ابعادشان به ۴ دسته تقسیم می‌شوند:

- ذرات صفر بعدی: مانند نانوذرات شامل نقاط کوانتومی
- ذرات یک بعدی: مانند نانوسیم‌ها و نانولوله‌ها و نانوفیبرها
- ذرات ۲ بعدی: مانند فیلم‌های نازک، صفحه‌ها و شبکه‌ها
- ذرات ۳ بعدی: مانند نانوذرات حجیم

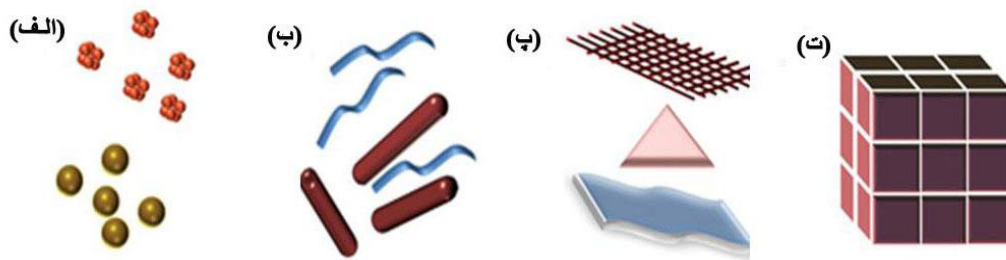
نانومواد همچنین می‌توانند به صورت مجزا، ترکیبی و توده در اشکال کروی، لوله‌ای و اشکال غیر منظم تشکیل شوند.

انواع رایج نانومواد شامل نانولوله‌ها، نانوخوشه‌ها، نقاط کوانتومی و فولرن‌ها می‌باشند [۲ و ۶-۹].

¹ Michael Faraday

² Buhrman

³ Granqvist



شکل ۱-۲: دسته بندی نانومواد: الف) صفر بعدی ب) یک بعدی پ) دو بعدی ت) سه بعدی [۶]

۳-۱ نانوذرات

واژه نانوذره عموماً به تمام ذرات بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر که دارای بعد صفر هستند (صرف نظر از شکلشان) اطلاق می‌گردد. نانوذرات با توجه شکل و اندازه‌ای که در این محدوده دارند، نانوخوشه، نقاط کوانتومی، نانوکریستال، نانوپودر و... نامیده می‌شوند. همچنین با توجه به خصوصیات نانوذرات می‌توان آن‌ها را به صورت نانوذرات فلزی، اکسید فلزی، مغناطیسی، نیمه رسانا، پلیمری و ... گروه‌بندی کرد [۹ و ۱۰].

۴-۱ نانوذرات آلومینا

اکسید آلومینیوم (آلومینا) یکی از ترکیبات غیرآلی با فرمول شیمیایی Al_2O_3 است. این اکسید، یک اکسید آمفوتر مهم و از نظر شیمیایی خنثی می‌باشد. آلومینا به طور عمده از بوکسیت که حاوی مقادیر مختلفی از هیدروکسید آلومینیوم است به دست می‌آید. در طبیعت، آلومینای خالص در سنگ معدن کوراندوم که از جمله سنگ‌های سنباده است یافت می‌شود. یاقوت کبود و یاقوت سرخ نیز از جمله سنگ‌های قیمتی هستند که حاوی مقادیری از کوراندوم به همراه ناخالصی می‌باشند.

به دلیل اینکه آلومینیوم فلزی واکنش‌پذیری زیادی با اکسیژن موجود در اتمسفر دارد استفاده از اکسید آن امروزه بسیار پرکاربرد می‌باشد. آلومینا دارای شکل هندسی هشت وجهی و فازهای مختلف $\alpha, \chi, \eta, \delta, \kappa, \theta, \gamma, \rho$ است که هر کدام از این فازها ساختار کریستالی و ویژگی مربوط به خود را دارد. این فازها در طی عملیات حرارتی روی هیدروکسید آلومینا ایجاد می‌شوند. تفاوت خواص فازهای مختلف آلومینا، باعث ایجاد کاربردهای متفاوت در آن می‌شود. پایدارترین فاز آلومینا آلفا آلومینا نام دارد که دارای سختی بالا، خواص دی‌الکتریک و حرارتی عالی است و به همین دلیل اغلب به عنوان پوشش‌دهنده مقاوم سطح مواد، جهت جلوگیری از سایش و خوردگی استفاده می‌گردد. در میان فازهای دیگر آلومینا که پایداری کمتری دارند،

فازهای θ ، K و γ از اهمیت بیشتری برخوردارند. فاز K نیز به دلیل سختی بالای خود مانند فاز α به عنوان پوشش‌دهنده‌ی مواد استفاده شده و در صنعت برش فلزات کاربرد دارد. همچنین دو فاز کم پایدار γ و θ به دلیل انرژی سطحی پایین و داشتن سطح فعال بزرگتر به عنوان کاتالیست در صنعت استفاده می‌شوند.

آلومینا دارای ویژگی‌های بسیاری است که این اکسید فلزی را به یکی از مواد پرکاربرد در صنعت تبدیل می‌کند. برخی از این ویژگی‌ها عبارتند از: استحکام فشاری بالا، سختی بالا، مقاومت به سایش عالی، مقاومت در برابر حملات شیمیایی بوسیله‌ی گستره‌ی وسیعی از مواد شیمیایی، رسانایی گرمایی زیاد، مقاومت در برابر شوک حرارتی، دیرگدازی، مقاوت دی‌الکتریکی زیاد و شفافیت در برابر فرکانس‌های اشعه‌ی ماکروویو. همچنین ماده اولیه آلومینا به‌سهولت قابل دسترسی است و قیمت آن دارای نوسان شدید نیست [۱۱-۱۶].

۱-۴-۱ برخی از کاربردهای آلومینا در صنعت

- به عنوان دیرگدازها در صنعت فولاد سازی؛ به دلیل اینکه در دماهای بالا مقاومت خوبی در برابر خوردگی از خود نشان می‌دهد.
- در ساخت مواد نسوز مانند آجرهای نسوز
- به عنوان ساینده‌ها؛ به علت مقاومت خوب در برابر ساینده‌گی و سختی بالا
- کاربرد الکتریکی: آلومینا استحکام دی‌الکتریک بالایی دارد و می‌توان به عنوان پایه مدار، عایق شمع اتومبیل، پوشش لامپ‌های بخار سدیم از آن استفاده کرد. کاربرد آلومینا در مدارهای با فرکانس بالا اهمیت پیدا می‌کند. در واقع گرمای پدید آمده در این مدارها می‌تواند مواد متداول مانند پلاستیک را ذوب کرده و تنها مواد سرامیکی هستند که می‌توانند در این شرایط تحمل داشته باشند.
- کاربردهای زیستی: آلومینا از لحاظ شیمیایی یک اکسید آمفوتر و خنثی است و مقاومت در برابر خوردگی آن زیاد است و با محیط بدن سازگاری دارد، به این دلیل، در ساخت داروها و کاربردهای زیستی می‌توان از این ماده بهره برد. البته در هنگام استفاده از آلومینا در این محدوده از صنعت باید به این نکته توجه کرد که این اکسید فلزی نیز مانند سایر سرامیک‌ها ماده‌ای ترد می‌باشد و استحکام کششی آن پایین است [۱۲ و ۱۷].

۵-۱ روش‌های ساخت نانوذرات

۱-۵-۱ فرایندهای اصلی در ساخت نانوذرات

روش‌های ساخت مواد در مقیاس نانو به دو روش اصلی بالا به پایین^۱ و روش پایین به بالا^۲ دسته‌بندی می‌شوند [۱۸-۲۰].

• روش بالا به پایین

این روش نخستین بار توسط فاینمن به عنوان روشی برای ساخت ذرات در ابعاد نانومتری مطرح شد. در روش بالا به پایین از مواد حجیم شروع کرده و با دستگاه‌ها و فرایندهای مکانیکی همچون بریدن، برداشتن، خرد کردن، له کردن، تراشیدن، ذوب کردن و ذره ذره کردن، ابعاد ماده را کاهش داده و به کمترین میزان ممکن تا مقیاس نانو می‌رسانیم. در این روش امکان ساخت مواد میکرومتری و نانومتری وجود دارد، اما ضایعات و پسماند زیاد است [۲۱ و ۲۲].

• روش پایین به بالا

روش پایین به بالا، اولین بار توسط درکسلر ارائه گردید و درست در جهت مخالف روش قبلی است. این روش با قرارگرفتن اتم‌ها و مولکول‌ها در کنار هم و به هم پیوستن واحدهای بنیادی، ابعاد ماده را افزایش یافته تا به مقیاس نانو برسد. این روش برخلاف روش پایین به بالا محدود به ساخت مواد نانومتری است. همچنین امکانات مورد استفاده در این روش نسبت به روش بالا به پایین ساده‌تر بوده، ضایعات کمتری دارد و نیاز به صرف زمان و انرژی کمتری است [۲۲ و ۲۳].

۲-۵-۱ روش‌های کلی ساخت نانوذرات

روش‌های متنوعی برای ساخت نانوذرات وجود دارد اما می‌توان همه این روش‌ها را با توجه به دو روش اصلی بالا به پایین و پایین به بالا و همچنین نوع مواد و دستگاه‌های استفاده شده به ۲ گروه کلی زیر تقسیم کرد:

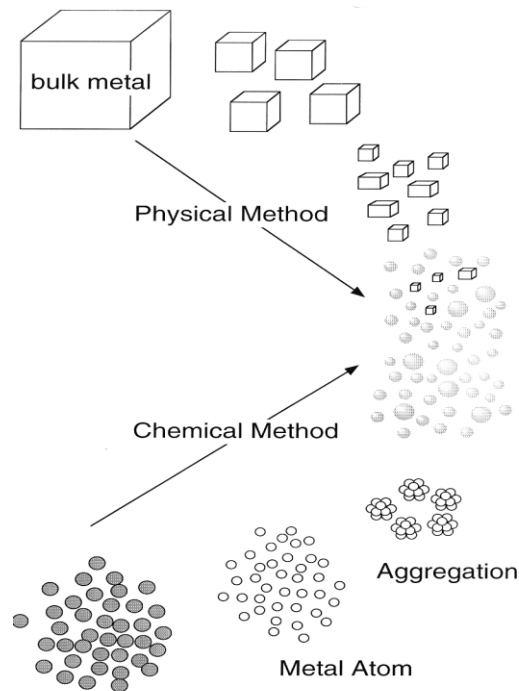
۱- روش‌های فیزیکی

۲- روش‌های شیمیایی

^۱ Top-Down

^۲ Bottom-Up

که روش‌های اول جزء روش‌های بالا به پایین و روش دوم جزء روش‌های پایین به بالا محسوب می‌شوند [۲۵].



شکل ۱-۳: طرحی از روش بالا به پایین (روش فیزیکی) و پایین به بالا (روش شیمیایی) برای ساخت نانوذرات [۲۴]

۱-۲-۵-۱ روش‌های فیزیکی

در روش فیزیکی تولید نانوذره بدون انجام واکنش و تماماً توسط فرایندهای فیزیکی صورت می‌گیرد. برخی از این روش‌ها در فاز گازی است، به گونه‌ای که با تبخیر یک فلز جامد و سپس چگالش سریع آن خوشه‌های نانومتری به صورت پودر به دست می‌آیند. روش‌های مختلفی برای تبخیر فلزات وجود دارد که هرکدام شرایط دمایی مخصوص به خود را دارند. این روش‌ها برای ایجاد نانوذرات سرامیکی فلزی و اکسید فلزی بکار می‌رود. نوع دیگر فرایندهای فیزیکی، روش‌هایی هستند که از طریق مکانیکی و انجام فرایندهای خردایشی، برای شکستن مواد حجیم و ساخت نانوذرات استفاده می‌شوند. به این روش فرایندهای حالت جامد نیز می‌گویند. خواص نانوذره حاصل، تحت تأثیر نوع ماده آسیاب کننده، زمان آسیاب و محیط اتمسفری آن است. از معایب این روش، میزان بالای ضایعات و پسماند و آلودگی حاصل از مواد آسیاب کننده می‌باشد. در روش‌های فیزیکی امکان کنترل اندازه ذره وجود دارد، همچنین آلودگی‌های ناشی از مواد شیمیایی در این روش کم است اما هزینه‌ی زیاد، بازده کم و همچنین نیاز به کنترل دماهای بالا از معایب این روش می‌باشد [۲۶-۲۸].