فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

مقدمه و اصول نظری ..... ی

1-1- تاریخچه فناوری نانو 2

2-1- تعریف نانوفناوری 4

3-1- حوزه های مختلف فناوری نانو 6

1-3-1- نانوفناوری مرطوب 6

2-3-1- نانوفناوری خشک 7

3-3-1- نانوفناوری محاسباتی 7

4-1- طبقه بندی نانومواد 8

1-4-1- تعریف نانوذرات 8

2-4-1- دسته بندی نانوذرات 9

1-2-4-1- نانوذرات نیمه رسانا 9

2-2-4-1- نانوذرات سرامیکی 9

3-2-4-1- نانوذرات فلزی 10

3-4-1- خواص نانوذرات 11

4-4-1- کاربردهای نانوذرات 12

1-4-4-1- حافظه های مغناطیسی 13

2-4-4-1- نیمه هادی های نیمه مغناطیسی 13

3-4-4-1- تصویربرداری های پزشکی 14

4-4-4-1- کاتالیست‌های جدید و بسیار فعال 14

5-4-4-1- کاتالیست سنتز نانولوله های کربنی و سایر نانوسیم ها 14

1-4-4-6- حامل های دارویی 15
1-4-4-7- سلول های خورشیدی 15
1-5- روش های تولید نانومواد..... 16
1-5-1- رسوب‌دهی فیزیکی بخار (PVD) 16
1-5-2- رسوب‌دهی شیمیایی بخار (CVD)..... 17
1-5-3- پاشش حرارتی 17
1-5-4- چگالش گاز خنثی (IGC) 18
1-5-5- روش چگالش از بخار شیمیایی(CVC)..... 18
1-5-6- آلیاژسازی مکانیکی 18
1-5-7- روش مکانوشیمیایی 19
1-5-8- روش آبی-حرارتی 20
1-5-9- روش فرآیندهای شیمیایی مرطوب 21
1-5-10- روش سل-ژل 22
1-5-11- روش کاهش شیمیایی 23
1-6- ابزارهای شناسایی و تعیین خصوصیات نانو مواد 24
1-6-1- طیف‌سنجی پراش اشعه ایکس 25
1-6-1-1- تعیین اندازه نانوذرات به کمک رابطه شرر..... 26
1-6-2- میکروسکوپ الکترونی..... 26
1-6-2-1- میکروسکوپ‌های الکترونی روبشی 27
1-6-2-2- میکروسکوپ‌های الکترونی عبوری 28
1-6-3- اسپکتروسکوپی تبدیل فوریه مادون قرمز (FT-IR) 28
1-6-4- طیف‌سنجی انعکاسی-نفوذی ماورای بنفش و مرئی 29
1-7- طلا..... 29
1-7-1- تاریخچه طلا 30
1-7-2- شیمی طلا..... 30

1-7-3- ترکیبات طلا 31
1-7-3-1- پتاسیم دی سیانواورئات(I) 32
1-7-3-2- تتراکلروآئوریک اسید(III) 32
1-7-3-3- سدیم دی سولفیتواورئات(I) 32
1-7-4- کاربردهای طلا 33
1-7-4-1- جواهرسازی 33
1-7-4-2- پزشکی 33
1-7-4-3- الکترونیک 34
1-7-4-4- صنعت 34
1-7-5- روش های سنجش طلا 35
1-7-5-1- روش انحلال آکوا رجیا 35
1-7-5-2- فرآیند میلر 36
1-7-6- نانوذرات طلا 36
1-7-6-1- روش سنتز کاهشی نانوذرات طلا 37
1-8- نقره 39
1-8-1- تاریخچه نقره 39
1-8-2- شیمی نقره 40
1-8-3- ترکیبات نقره 40
1-8-4- کاربردهای نقره 41
1-8-5- تجزیه و شناسایی 42
1-8-6- نانوذرات نقره و کاربردهای آن 43
1-8-7- تولید نانوذرات نقره به روش کاهش شیمیایی 46
1-9- طیف‌سنجی جذب اتمی 47
1-9-1- اصول پایه طیف‌سنجی جذب اتمی 47
1-9-2- تئوری طیف‌سنجی جذب اتمی 48

1-9-3- اجزای دستگاه جذب اتمی 51
1-9-3-1- منبع تابش 51
1-9-3-1-1- لامپ کاتدی توخالی 51
1-9-3-1-2- لامپ تخلیه بدون الکترود 53
1-9-3-2- تکفام‌سازها یا صافی‌ها 54
1-9-3-2-1- صافی‌های جذبی 54
1-9-3-2-2- صافی تداخلی 55
1-9-3-2-3- تکفام‌سازها 56
1-9-3-3- وسایل لازم برای تشکیل بخارهای اتمی 57
1-9-3-4- آشکارسازها 58
1-9-3-5- دستگاه نمایش خروجی 59
1-9-4- عملکرد 60
1-9-4-1- روش شعله 60
1-9-4-2- روش غیرشعله‌ای 60
1-9-4-3- روش‌های شیمیایی 61
1-9-5- پهن‌شدگی خطوط طیفی 61
1-9-5-1- پهن‌شدن طبیعی خط 62
1-9-5-2- پهن‌شدگی داپلر 62
1-9-5-3- پهن‌شدگی فشاری 62
1-9-6- مزاحمت‌ها 63
1-10- اهداف پژوهش 64

مواد، دستگاه‌ها و روش کار 67

2-1- مواد 68
2-2- وسایل و دستگاه‌ها 70

2-3- بخش تجربی 70
2-3-1- سنتز نانوذرات طلا 70
2-3-1-1- تهیه تتراکلروآئوریک اسید 70
2-3-1-2- سنتز نانوذرات طلا 71
2-3-1-3- بررسی اثر دما بر پایداری نانوذرات طلا 72
2-3-1-4- شناسایی نانوذرات طلا با طیف‌سنجی ماورای بنفش-مرئی 73
2-3-1-5- بررسی پایداری نانوذرات طلا نسبت به زمان 73
2-3-2- نانوذرات نقره 74
2-3-2-1- سنتز نانوذرات نقره به روش کاهش شیمیایی 74
2-3-2-2- شناسایی نانو ذرات نقره با طیف‌سنجی ماورای بنفش-مرئی 74
2-3-2-3- بررسی اثر دما بر پایداری نانوذرات نقره 75
2-3-2-4- بررسی اثر زمان بر پایداری نانوذرات نقره 75
2-3-3- اندازه‌گیری غلظت نانوذرات طلا و نقره با طیف‌سنجی جذب اتمی 76
2-3-3-1- تهیه محلول‌های ذخیره طلا و نقره 77
2-3-3-2- اندازه گیری با شعله 78

نتایج و بحث 80

3-1- طیف ماورای بنفش – مرئی 82
3-1-1- طیف ماورای‌بنفش-مرئی محلول کلوییدی نانو ذرات طلا 83
3-1-2- طیف ماورای‌بنفش-مرئی محلول کلوییدی نانوذرات نقره 83
3-1-3- بررسی پایداری نانوذره‌های طلا و نقره 84
3-1-4- بررسی پایداری دمایی نانو ذرات طلا 87
3-1-5- بررسی پایداری دمایی نانوذرات نقره 88
3-2- اندازه‌گیری غلظت نانوذرات با طیف‌سنج جذب اتمی 89
3-2-1- منحنی کالیبراسیون برای محلول‌های یون فلز طلا 90

3-2-2- اندازه‌گیری غلظت نانوذرات طلا 91
3-2-2-1- هدایت مستقیم محلول نانوذرات طلا به طیف‌سنج جذب اتمی 92
3-2-2-2- بررسی بازده فرآیند تولید نانوذرات طلا به کمک داده های حاصل از طیف‌سنجی جذب اتمی 92
3-2-3- منحنی کالیبراسیون نقره 95
3-2-4- اندازه‌گیری غلظت نانوذرات نقره 96
3-2-4-1- هدایت مستقیم محلول نانوذرات نقره به طیف‌سنج جذب اتمی 97
3-2-4-2- بررسی بازده فرآیند تولید نانوذرات نقره به کمک داده های حاصل از طیف‌سنجی جذب اتمی 97
3-3- نتیجه‌گیری نهایی 102
منابع و مراجع 105

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول 1-1 ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نانوذرات 12

جدول 2-1 مشخصات مواد شیمیایی مورد استفاده 69

جدول 2-2 مشخصات کلی وسایل و دستگاه‌های مورد استفاده 70

جدول 3-1 نتایج حاصل از اندازه‌گیری جذب محلول‌های استاندارد طلا 90

جدول 3-2 نتایج حاصل از اندازه گیری جذب محلول نانوذرات طلا 93

جدول 3-3 مقایسه مقدار غلظت واقعی و غلظت تئوری نانوذرات طلا (31/60ppm) 94

جدول 3-4 نتایج حاصل از اندازه‌گیری جذب محلول‌های استاندارد حاوی یون نقره 95

جدول 3-5 نتایج حاصل از اندازه‌گیری جذب محلول‌های نانوذرات نقره 98

جدول 3-6 نتایج حاصل از اندازه‌گیری میانگین جذب محلول‌های نانوذرات نقره در مقایسه با محلول‌های استاندارد 99

جدول 3-7 مقایسه مقادیر غلظت واقعی نقره (X) در مقایسه با مقادیر تئوری (μ) و محاسبه خطای نسبی 101

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل 1-1 جام لیکرگوس حاوی نانوذرات نقره و طلا متعلق به قرن چهار پس از میلاد 3

شکل 1-2 نمایش شماتیک مدارهای الکترونی در ساختار اتم 49

شکل 1-3 طیف‌های جذب و نشر اتمی در برابر طیف پیوسته 50

شکل 1-4 اجزای دستگاه جذب اتمی 51

شکل 1-5 نمایی از یک لامپ کاتدی تو خالی 52

شکل 1-6 نمایی از یک لامپ تخلیه بدون الکترود 53

شکل 1-7 نمایی از یک صافی تداخلی 55

شکل 1-8 الف) نمایی ازیک دستگاه اتمساز نوعی در حضور شعله‌ای از جنس هوا- استیلن (شکل سمت راست) و ب) نمایی از دستگاه اتمساز بدون شعله (شکل سمت چپ). 58

شکل 1-9 نمایی از یک فوتوتکثیرکننده 59

شکل 3-1 طیف UV-Vis محلول کلوییدی حاوی نانوذرات طلای سنتز شده، سرعت اسکن 150 nm/min 83

شکل 3-2 طیف UV-Vis محلول کلوئیدی حاوی نانوذرات نقره‌ی سنتز شده، سرعت اسکن 150 nm/min..... 84

شکل 3-3 الف) طیف UV-Vis نانوذره‌های طلا به مدت سی روز و ب) طیف UV-Vis نانوذره‌های نقره به مدت سی روز 86

شکل 3-4 طیف UV-Vis محلول حاوی نانوذرات طلا در سه دمای 4 °C ، 25 °C و 43 °C، سی روز پس از سنتز 87

شکل 3-5 طیف UV-Vis محلول حاوی نانوذرات نقره در سه دمای 4 °C ، 25 °C و 43 °C سی روز پس از سنتز 89

شکل 3-6 نمودار کالیبراسیون محلول حاوی یون فلز طلا به شکل $AuCl_4^-$ 91

شکل 3-7 نمودار کالیبراسیون یون فلز نقره 96
شکل 3-8 نمودار جذب – غلظت نانوذرات نقره در شعله استیلن/هوا دستگاه جذب اتمی 99
9-3 مقایسه منحنی جذب-غلظت نانوذرات نقره در مقایسه با منحنی کالیبراسیون نقره 100

مقدمه و اصول نظری

مقدمه

فناوری نانو به سرعت درحال توسعه و پیشرفت است. در دهه اخیر پیشرفت قابل توجهی در تولید نانوذرات صورت گرفته که نتیجه آن، تکمیل روش‌های مختلف برای تولید تجاری نانوذرات بوده است. از میان نانوذرات فلزی، نانوذرات طلا و نقره اهمیت و کاربرد بسیار زیادی دارند، بنابراین در سال‌های اخیر، تلاش‌های قابل توجهی درمورد سنتز و تعیین مشخصات نانوذرات فلزی طلا و نقره صورت گرفته‌است. مرور مطالب منتشر شده در رابطه با تحقیقات و کاربردهای فناوری نانو، حاکی از استفاده گسترده نانوذرات طلا در صنایع کشاورزی، مواد و تجهیزات الکترونیکی، کاربردهای نظامی، معالجه سرطان و تکنیک‌های دارویی-زیستی، پیل‌های سوختی و...می‌باشد. نانوذرات نقره نیز کاربردهای فراوانی ازقبیل کارایی الکترونیکی و نوری، بهداشتی و کاتالیتیکی دارد.

1 - 1 - تاریخچه فناوری نانو[1]

در طول تاریخ بشر از زمان یونان باستان، مردم و به‌خصوص دانشمندان آن دوره بر این باور بودند که مواد را می‌توان آنقدر به اجزاء کوچک تقسیم کرد تا به ذراتی رسید که خردناشدنی هستند و این ذرات بنیان مواد را تشکیل می‌دهند، شایدبتوان دموکریتوس[2] فیلسوف یونانی را پدر فناوری و علوم نانو دانست چرا که در حدود 400 سال قبل از میلاد مسیح او اولین کسی بود که واژه اتم را که به معنی تقسیم‌نشدنی در زبان یونانی است برای توصیف ذرات سازنده مواد به کار برد [1].

با تحقیقات و آزمایش‌های بسیار، دانشمندان تاکنون 108 نوع اتم و تعداد زیادی ایزوتوپ کشف کرده‌اند. آن‌ها همچنین پی برده‌اندکه اتم‌ها از ذرات کوچک‌تری مانند کوارک-ها[3] و لپتون‌ها[4] تشکیل شده‌اند. با این حال این کشف‌ها در تاریخ پیدایش این فناوری پیچیده زیاد مهم نیست [2].

نقطه شروع و توسعه اولیه فناوری نانو به طور دقیق مشخص نیست. شاید بتوان گفت که اولین نانوتکنولوژیست‌ها شیشه‌گران قرون وسطایی بوده‌اند که از قالب‌های قدیمی[5] برای شکل‌دادن شیشه‌هایشان استفاده می‌کرده‌اند. البته این شیشه‌گران نمی‌دانستند که چرا با اضافه کردن طلا به شیشه رنگ آن تغییر می‌کند. در آن زمان برای ساخت شیشه‌های کلیساهای قرون وسطایی از ذرات نانومتری طلا استفاده می‌شده‌است و با این کار شیشه‌های رنگی بسیار

1- Nanotechnology
2- Democritus
3- Quarc
4- Lepton
5- Medieal forges

جذابی بدست می‌آمده‌است. این قبیل شیشه‌ها هم‌اکنون در بین شیشه‌های بسیار قدیمی یافت می‌شوند. رنگ به‌وجودآمده در این شیشه‌ها بر پایه این حقیقت استوار است که مواد با ابعاد نانو دارای همان خواص مواد با ابعاد میکرو نمی‌باشند.

در واقع یافتن مثال‌هایی برای استفاده از نانوذرات فلزی چندان سخت نیست. رنگدانه-های تزیینی جام مشهور لیکرگوس[1](شکل 1-1) در روم باستان (قرن چهارم بعد از میلاد) نمونه‌ای از آن‌هاست. این جام هنوز در موزه بریتانیا قرار دارد و بسته به جهت نور تابیده به آن رنگ‌های متفاوتی دارد. اگر نور تابیده شده از بیرون باشد نور انعکاس یافته از آن سبز است ولی اگر نوری از درون آن بتابد، به رنگ قرمز دیده می‌شود. آنالیز این شیشه حکایت از وجود مقادیر بسیار اندکی از بلورهای فلزی زیر 700 نانومتر دارد، که حاوی نقره و طلا با نسبت مولی تقریبا 14 به 1 است. حضور این نانوبلورها باعث رنگ ویژه جام لیکرگوس شده است [3و4].

شکل 1-1 جام لیکرگوس حاوی نانوذرات نقره و طلا متعلق به قرن چهار پس از میلاد

1- Lycurgus

در سال 1959 ریچارد فاینمن[1] مقاله‌ای را درباره‌ی قابلیت‌های فناوری نانو در آینده منتشر ساخت. با وجود موفقیت‌هایی که توسط بسیاری تا آن زمان کسب شده‌بود، ریچارد پی فاینمن را به عنوان پایه‌گذار این علم می‌شناسند. فاینمن که بعدها جایزه نوبل را در فیزیک دریافت کرد در آن سال در یک مهمانی شام که توسط انجمن فیزیک آمریکا برگزار شده بود، سخنرانی کرد و ایده‌ی فناوری نانو را برای عموم مردم آشکار ساخت. عنوان سخنرانی وی «فضای زیادی در سطوح پایین وجود دارد» بود. سخنرانی او شامل این مطلب بود که می‌توان تمام دایره‌المعارف بریتانیا را بر روی یک سنجاق نگارش کرد. یعنی ابعاد آن به اندازه 1/25000 ابعاد واقعیش کوچک می‌شود. او همچنین از دوتایی کردن اتم‌ها برای کاهش ابعاد کامپیوترها سخن گفت. در آن زمان ابعاد کامپیوترها بسیار بزرگ‌تر از ابعاد کنونیبودند اما او احتمال می‌داد که ابعاد آن‌ها را بتوان حتی از ابعاد کامپیوترهای کنونی نیز کوچک‌تر کرد. او همچنین در آن سخنرانی توسعه بیش‌تر فناوری نانو را پیش‌بینی نمود [5].

1 - 2 - تعریف نانوفناوری

در طول چندسال گذشته، یک کلمه کوچک با پتانسیل بزرگ به سرعت خودش را با زیرکی وارد فهم جهان کرده‌است؛ این کلمه «نانو» است.

پیشوند «نانو» به معنی یک بیلیونم است. یک نانومتر(به طور خلاصه 1 نانومتر) 1/1000000000متر است. برای به دست‌آوردن حس مقیاس نانو، یک تار موی انسان 50000

1- Feynman,R.P

نانومتر، یک سلول باکتری اندازه‌ای نزدیک به هزار نانومتر و کوچک‌ترین اندازه‌ای که بـه طـور عادی بر روی ریزتراشه‌های[1] تجاری در ماه فوریـه‌ی سـال 2002 حـک شـده در حـدود 130 نانومتر هستند. کوچک‌ترین چیزهای قابل دیدن با چشم غیـر مسـلح انسـان در حـدود 10000 نانومتر هستند. فقط 10 اتم هیدروژن در یک خط 1 نانومتر را می‌سازند، این واقعاً کوچک‌ترین واقعیت است [6].

علم نانو، در ساده‌ترین شکل آن، مطالعه اصول بنیادی مولکول‌ها و ساختارها بـا حـداقل یک بعد بین 1 تا 100 نانومتری است [7].

در حالی که تعاریف زیادی بـرای نانوفنـاوری وجـود دارد، انجمـن ملـی نـانوتکنولوژی آمریکا[2] تعریفی را برای نانوفناوری ارایه می‌دهد که در برگیرنده هر سه ویژگی زیر باشد:

1. توسعه‌ی تحقیقات علمی و فناوری در سطوح اتمی، مولکولی و یا ماکرومولکولی در مقیاس ذراتی با اندازه ی 1تا 100 نانومتر

2. طراحی، ایجاد و استفاده از ساختارها، ابزارها و سامانه‌هایی که به خاطر اندازه کوچک آن‌ها، خواص و عملکرد نوینی دارند.

3. توانایی کنترل یا دستکاری در سطوح اتمی

به بیان ساده، علم نانو مطالعه اصول اولیه مولکول‌ها و ساختارهایی با ابعاد بین 1 تا 100 نانومتر است که این ساختارها را نانوساختار می‌نامیم. نانو فناوری کاربرد این ساختارها در دستگاه‌هایی با اندازه نانومتری است. در واقع نانوفناوری توانمندی تولید مواد، ابزارها و

1- Microchip
2- National nanotechnology initiative

سامانه‌های جدید با در دست گرفتن کنترل در سطح مولکولی و اتمی، همچنین استفاده از خواص آن‌ها در مقیاس نانو می‌باشد. ازتعاریف یاد شده چنین برمی‌آید که نانوفناوری یک رشته نیست بلکه رویکرد جدیدی در تمام رشته‌هاست. برای نانوفناوری کاربردهایی را در حوزه‌های گوناگون از جمله موادغذایی، دارویی، تشخیص پزشکی و زیست فناوری تا الکترونیک، رایانه، ارتباطات، حمل‌ونقل، انرژی، محیط زیست، هوا-فضا و امنیت ملی بر-شمرده‌اند. مفهوم چندرشته‌ای در نانوفناوری بدان معناست که نیروی کاری نانوفناوری باید دارای بینش وسیعی از مفاهیم شیمی، زیست‌شناسی، فیزیک، اصول مهندسی طراحی، کنترل فرآیند و فراورده‌ها داشته‌باشد. برای درک مفاهیم پایه‌ای و تدوین قوانین در مقیاس نانو تقریباً به تمامی علوم نیاز است [8].

1 - 3 - حوزه‌های مختلف فناوری نانو

برخی متخصصین فناوری نانو، این حوزه را به سه رشته تقسیم بندی کرده‌اند:

1 - 3 - 1 - نانوفناوری مرطوب[1]

این شاخه به مطالعه سیستم‌های زنده‌ای می‌پردازد که اساساً در محیط‌های آبی وجود دارند. در این شاخه ساختمان مواد ژنتیکی، غشاءها و سایر ترکیبات سلولی در مقیاس نانومتر مورد مطالعه قرار می‌گیرند. پژوهشگران موفق شده‌اند ساختارهای زیستی فراوانی تولید کنند

1- Wet nanotechnology

که بتوان نحوه عملکرد آن‌ها را در مقیاس نانویی کنترل کرد. این شاخه دربرگیرنده علوم پزشکی، دارویی و به طور کلی علوم و روش‌های مرتبط با زیست‌فناوری است [9].

1 - 3 - 2 - نانوفناوری خشک[1]

این شاخه، از علوم پایه مانند شیمی و فیزیک مشتق می‌شود و به مطالعه ساختارهای مواد از قبیل کربن، سیلیکون و مواد غیر آلی و فلزی می‌پردازد.

نکته‌ی قابل توجه این است که الکترون‌های آزاد که در نانوفناوری مرطوب موجب انتقال مواد و انجام واکنش‌ها می‌شوند، در فناوری خشک خصوصیات فیزیکی ماده را پدید می‌آورند. در نانوفناوری خشک کاربرد مواد نانویی در الکترونیک، مغناطیس و ابزارهای نوری مورد مطالعه قرار می‌گیرد. برای مثال طراحی و ساختن میکروسکوپ‌هایی که بتوان با استفاده از آن‌ها مواد را در ابعاد نانومتر مورد مطالعه قرارداد [9].

1 - 3 - 3 - نانوفناوری محاسباتی[2]

در بسیاری از مواقع ابزار آزمایشگاهی موجود برای انجام برخی از آزمایش‌های نانومتریک مناسب نیستند و لذا در چنین مواردی، از رایانه‌ها برای شبیه‌سازی فرآیندها و واکنش‌های اتم‌ها و مولکول‌ها استفاده می‌شود. شناختی که به وسیله محاسبه به دست می‌آید،

1- Dry nanotechnology
2- Computational nanotechnology

باعث می‌شودکه زمان لازم برای پیشرفت نانوفناوری خشک به‌طور محسوسی کاهش یابد و البته تاثیر مهمی در نانوفناوری مرطوب نیز خواهد داشت [9].

1 - 4 - طبقه بندی نانومواد

نانومواد به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند: نانوذرات و مواد نانوساختار[1] (یا مواد نانوکریستال) و مواد نانوساختار نیز به نانوسیم‌ها و نانولوله و نانولایه‌ها تقسیم می‌شوند. مواد نانوساختار، مواد توده‌ای پلی بلور هستند که اندازه دانه آن‌ها بین 1 تا 100 نانومتر است. به عبارتی می‌توان گفت نانوذرات[2]، اجزاء تشکیل دهنده برخی از مواد نانوساختار هستند.

1 - 4 - 1 - تعریف نانوذرات

طبق تعریف جوامع علمی یک نانوذره به ذره‌ای گفته می‌شود که ابعادی بین 1 تا 100 نانومتر داشته باشد. نانوذرات از طیف وسیعی از مواد ساخته می‌شوند. با توجه به تعریف نانوذرات ممکن است این ذهنیت به وجود آید که این ذرات با چنین ابعاد کوچکی در هوا معلق خواهند ماند اما در واقع چنین نیست و نیروهای الکترواستاتیکی بین این ذرات آن‌ها را در کنار هم نگه می‌دارد [10].

1-Nano structure
2- Nano particles

1 - 4 - 2 - دسته‌بندی نانوذرات

نانوذرات به طور کلی به سه دسته طبقه‌بندی می‌شوند:

1. نانوذرات نیمه رسانا (نقاط کوانتومی)

2. نانوذرات سرامیکی[1]

3.نانوذرات فلزی[2]

1 - 4 - 2 - 1 - نانوذرات نیمه رسانا

نقطه کوانتومی یک نقطه از بلور نیمه‌رسانا است که الکترون‌ها، حفره‌ها یا هر دو آن‌ها را در سه بعد در بر می‌گیرند. این ناحیه از چند نانومتر تا چند صد نانومتر را شامل می‌شود. در نقاط کوانتومی، الکترون‌ها درست مثل وضعیت یک اتم، موقعیت‌های گسسته‌ای از انرژی را اشغال می‌کنند. به همین علت به آن‌ها لفظ اتم‌های مصنوعی نیز اطلاق می‌شود.

1 - 4 - 2 - 2 - نانوذرات سرامیکی

معمول‌ترین نانوذرات، نانوذرات سرامیکی هستند که به سرامیک‌های اکسید فلزی، نظیر اکسیدهای تیتانیوم، روی، آلومینیوم، آهن و نانوذرات سیلیکاتی که عموماً به شکل ذرات نانومقیاسی خاک رس می‌باشند، تقسیم می‌شوند. طبق تعریف حداقل باید یکی از ابعاد

1- Ceramic nanoparticles
2- Metal nanoparticles

نانوذرات کمتر از صد نانومتر باشد. وقتی اندازه نانوذرات کاهش می‌یابد، نسبت سطح موثر به حجم ذرات افزایش یافته، اثرات سطحی قوی‌تر شده و خواص کاتالیستی افزایش می‌یابد. به همین دلیل نانوذرات به عنوان کاتالیزور در زمینه‌هایی نظیر باتری‌ها، پیل‌های سوختی و انواع فرآیندهای صنعتی قابل استفاده هستند. سرانجام این که افزایش سطح موثر حلالیت را افزایش می‌دهد. برای مثال قدرت ترکیبات ضد باکتری را بهبود می‌بخشد. اصلاح شیمیایی سطح نانوذرات تاثیر زیادی در کارایی و کاربرد آن‌ها دارد. ایجاد خواص آب دوستی و آب‌گریزی جزء روش‌های اصلاح شیمیایی نانوذرات محسوب می‌شوند. برای نمونه نانوذرات سیلیکاتی برای بدست آوردن خاصیت آب‌گریزی بیش‌تر باید به صورت شیمیایی اصلاح شوند.

1 - 4 - 2 - 3 - نانوذرات فلزی

طبق تعریف عمومی نانوذرات فلزی، ذراتی به ابعاد 1 تا 100 نانومتر هستند. این نانوذرات می‌توانند بدون این‌که ذوب شوند، در دماهای پایین‌تر از دمای ذوب فلز، در یک جامد آمیخته شوند. این کار منجر به سهل‌تر شدن فرآیند تولید روکش‌ها و بهبود کیفیت آن‌ها خصوصاً در کاربردهای الکترونیکی نظیر خازن‌ها می‌گردد. همچنین نانوذرات فلزی در دماهای کم‌تر از دمای همتاهای غیر نانومقیاسی خود به سطوح و مواد توده‌ای تبدیل می‌شوند و هزینه ساخت را کاهش می‌دهند.