



دانشکده علوم و فناوریهای نوین
گروه مهندسی نانوفناوری

روش های سنتز نانومواد

مدرس: بهروز مومدی

تعریف علم نانو مواد

- مطالعه پدیده ها و دستکاری مواد در مقیاس اتمی و مولکولی که در این مقیاس کوچک خصوصیات مواد با ویژگی هایشان در مقیاس بزرگ متفاوت است.

تعریف نانو فناوری

- طراحی، شناسایی، تولید و کاربرد ساختارها، طرحها و سامانه ها با استفاده از کنترل شکل و اندازه مواد در مقیاس نانو.

فیزیک

شیمی

محیط زیست

مواد

پزشکی و داروسازی

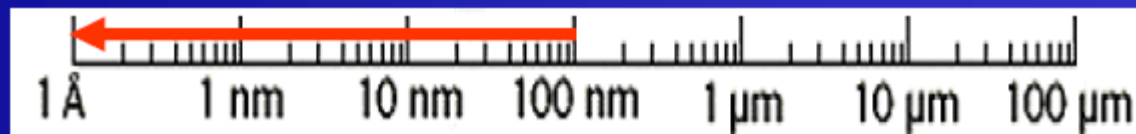
اطلاعات و ارتباطات

زیست شناسی

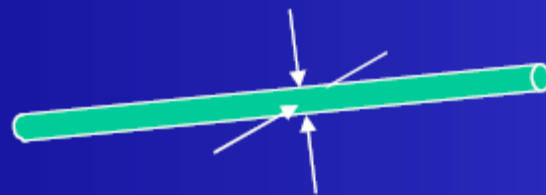
علوم مهندسی



- Nanotechnology is the ability to synthesize, characterize, and manipulate matter at the sub-100 nm length scale.



- Nanomaterials are characterized by structural features of sub-100 nm sizes

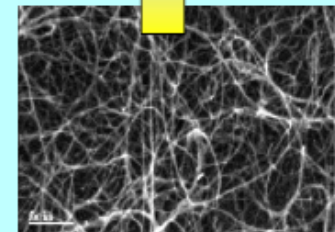


تعریف نانو مواد	ارائه کننده تعریف
<p>نانو مواد مهندسی یعنی موادی که یک بعد یا ابعاد آنها در محدوده ۱۰۰ نانومتری یا کمتر است یا اجزای عاملی مجزایی در داخل یا بیرون خود دارد که بیشتر آنها در یک بعد یا بیشتر، در محدوده ۱۰۰ نانومتری یا کمتر قرار دارند. ساختارها، ذرات کلوخه و ترکیبهایی که ابعادی بالاتر از ۱۰۰ نانومتر دارند اما خواصی در آنها هست که مربوط به مقیاس نانومتری می شود نیز در این دسته اند.</p>	<p>بخش نظارت نوین غذا در اتحادیه اروپا بخش نظارت نوین لوازم آرایشی اتحادیه اروپا تعاریف دیگری مشابه تعاریف بالا با محدودیتهای بیشتری مانند غیر قابل حل شدن و مقاوم زیستی وجود دارد.</p>
<p>فناوری نانو درک و کنترل ماده در ابعادی تقریباً بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر است که در آن مفاهیم منحصر به فردی کاربردهای جدید را ممکن می سازد. ابعادی تقریباً بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر به عنوان مقیاس نانو شناخته می شوند. خواص فیزیکی، شیمیایی، و زیستی غیر معمول در مواد نانومتری بروز می کند. این خواص به اقسام مختلف از خواص مواد توده ای و تک اتم ها و مولکول ها متفاوت هستند.</p>	<p>پیشگامی ملی فناوری نانو آمریکا برنامه استراتژیک ۲۰۰۷</p>
<p>نانو مواد مهندسی به هر ماده ای گفته می شود که دقیقاً طوری ساخته شده است که اجزای ساختاری و عاملی در سطح یا درون خود دارد که خیلی از آنها در یک بعد یا بیشتر در محدوده ۱۰۰ نانومتر به پایین هستند.</p>	<p>کمیته علمی بررسی خطرات جدید و شناخته شده سلامت در سال ۲۰۰۷</p>
<p>این کمیته از محدوده مساحت سطح مخصوص (بیش از ۶۰ متر مربع بر گرم) استفاده کرده است تا یک نانو مواد خاص را تعریف کند.</p>	<p>کمیته علمی بررسی خطرات جدید و شناخته شده سلامت در سال ۲۰۰۹</p>
<p>محدوده فناوری نانو از سطح اتمی در حدود ۰/۲ نانومتر یا ۲ آنگسترم تا حدود ۱۰۰ نانومتر است.</p>	<p>آژانس پزشکی اروپا در سال ۲۰۰۶ مقاله اطلاع رسانی محصولات دارویی مصرفی انسان مبتنی بر فناوری نانو</p>
<p>مقیاس نانو به ابعادی در محدوده ۱۰۰ نانومتر و کمتر اشاره دارد... اما تاثیرات وابسته به سطحی وجود دارد که ممکن است در مقیاسهای بالاتر اتفاق بیافتد.</p>	<p>کمیته ایمنی غذای اروپا نظرات علمی کمیته علمی در مورد خطرات احتمالی ناشی از علوم و فناوری های نانو در غذا و ایمنی تغذیه</p>
<p>عموماً زیر ۱۰۰ نانومتر تا سطح اتمی (۰,۲ نانومتر)</p>	<p>جامعه و آکادمی مهندسی رویال انگلستان جامعه رویال و آکادمی مهندسی رویال، ۲۰۰۴ موسسه استاندارد انگلستان</p>
<p>عموماً بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر</p>	<p>سازمان توسعه و همکاریهای اقتصادی سازمان جهانی استاندارد (ایزو)</p>

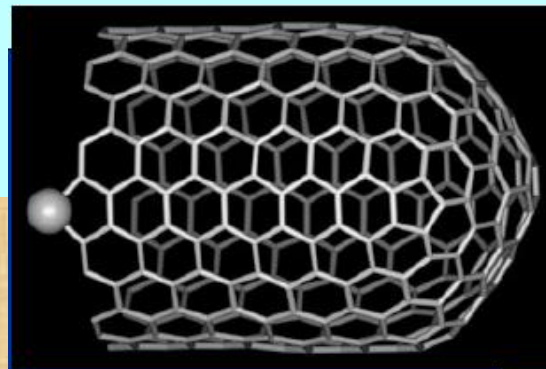
مساحت سطح ویژه حجمی ≤ 60 متر مربع
بر سانتی متر مکعب

Nanoscale = High Ratio of Surface Area to Vol.

- Why? Nanomaterials have a large surface area. Example: SWCNTs have a surface area $\sim 1600 \text{ m}^2/\text{gm}$ which translates to the size of a football field for only 4 gm.
- Large surface area \rightarrow large adsorption rates for gases and vapors \rightarrow changes some measurable properties of the nanomaterial \rightarrow basis for sensing
 - Dielectric
 - Capacitance
 - Conductance
 - Deflection of a cantilever
 -
 -



4 grams



۱

اگر شما یک مکعب به ضلع یک سانتی‌متر داشته باشید ...

۲

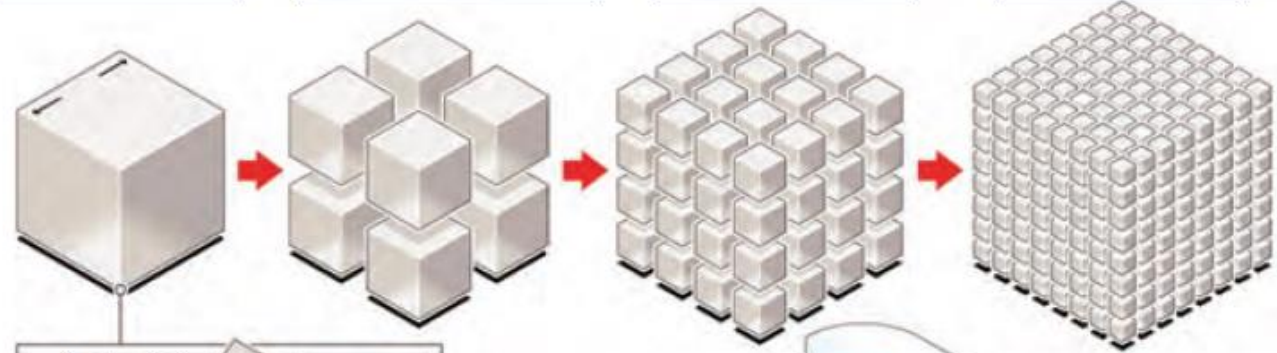
... و آن را به هشت مکعب کوچکتر تبدیل کنید، مساحت کل سطح آن دو برابر می‌شود ...

۳

کار تقسیم کردن مکعب را ادامه دهید ...

۴

تا جاییکه اندازه ضلع مکعب‌های کوچک به ۱ نانومتر برسد ...

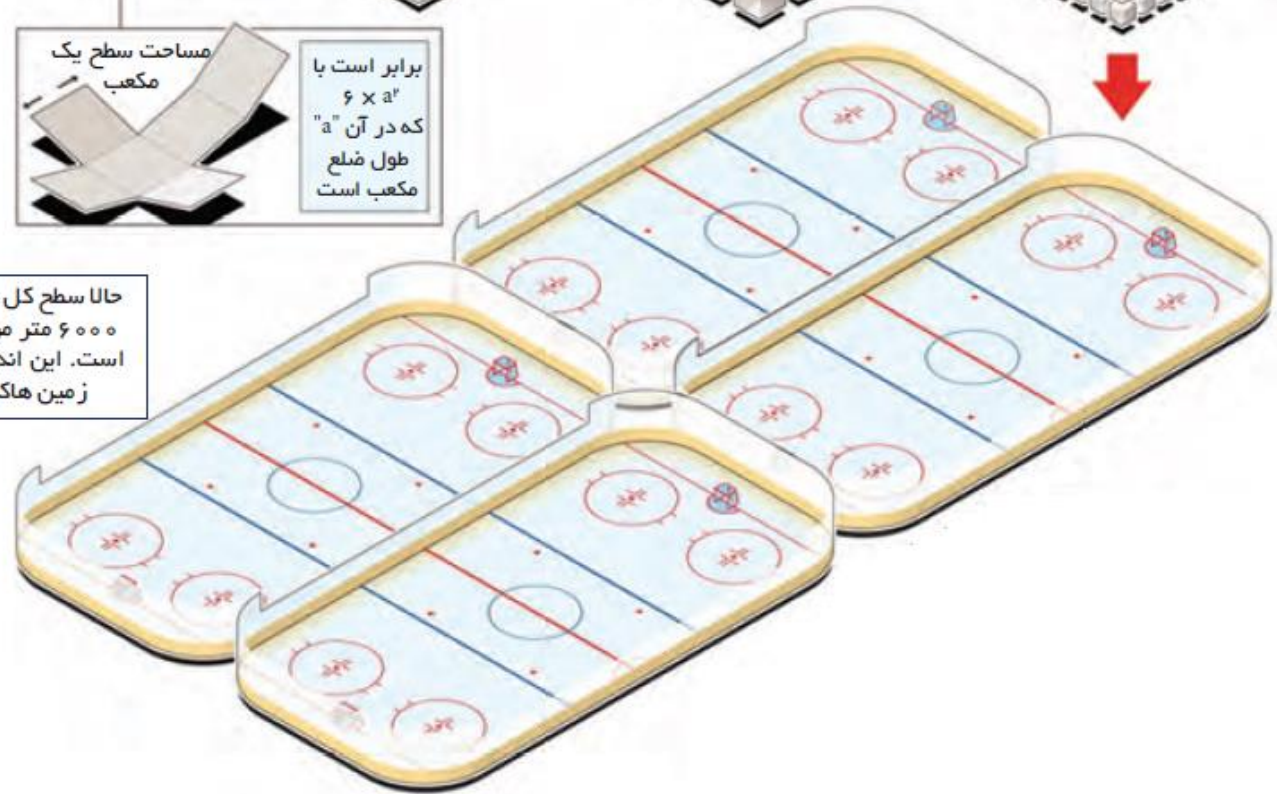


برابر است با $6 \times a^2$ که در آن "a" طول ضلع مکعب است

مساحت سطح یک مکعب

۵

حالا سطح کل مکعب‌ها به ۶۰۰۰ متر مربع رسیده است. این اندازه سطح ۴ زمین هاکی است



- **Nanotechnology is evolving rapidly!**
- **A \$2.5 trillion business globally by 2014**
- **An estimated 1 million workers in R&D and production, or using nanomaterials or products.**
- **The US leads the world in investing and in the number of “Nanotech Companies”**
- **The global picture is changing!**

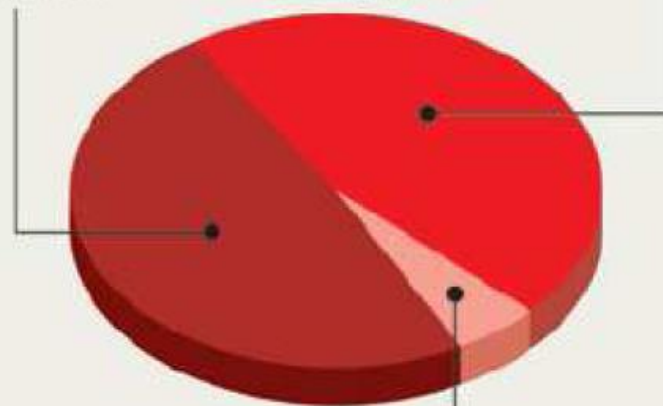


Public & Private Investments in 2005

GLOBAL NANOTECH INVESTMENT IN 2005 (US\$ million)

Government funding
(4,610)

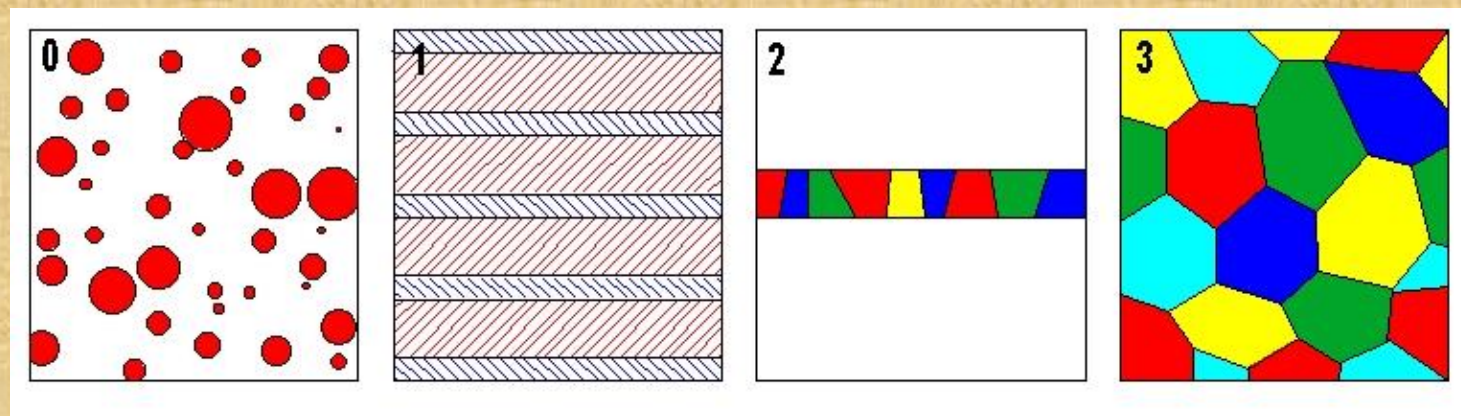
Corporate R&D spending
(4,356)



Venture capital
(497)

تقسیم بندی نانو مواد

- نانو مواد صفر بعدی (نانو ذرات فلزی و یا سرامیکی)
- نانو مواد یک بعدی (نانو لوله ها، فیبرها، نانو میله ها...)
- نانو مواد دو بعدی (لایه های نازک با ضخامت کمتر از ۱۰۰ نانومتر)
- نانو مواد سه بعدی (مواد نانو کریستال، نانو کامپوزیت های زمینه فلزی، سرامیکی و پلیمری)



نانو مواد:

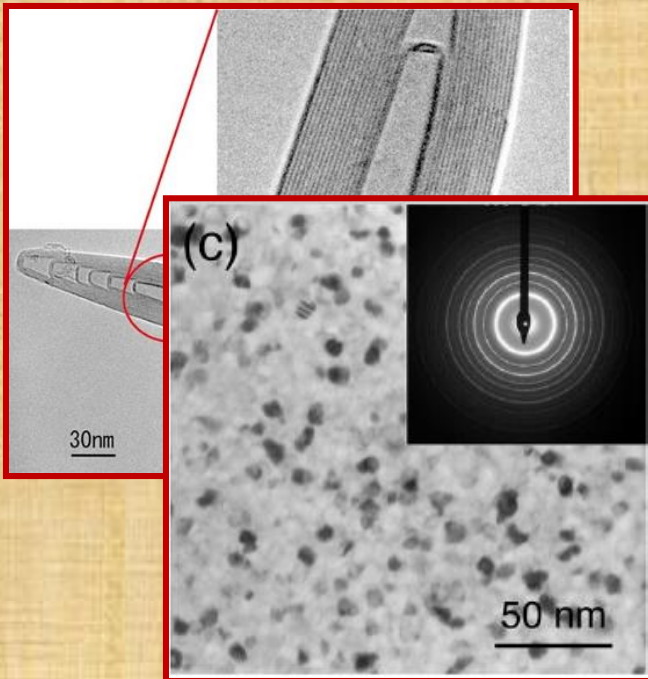
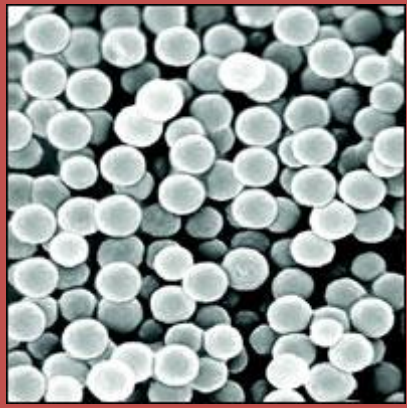
✓ نانو پودرها/ نانوذرات Nano powders/ Nano particles

نسبت سطح به حجم بالا \Leftarrow تغییر خواص فیزیکی و شیمیایی
(خواص اپتیکی، الکتریکی، کاتالیزوری و...)

✓ نانوتیوب ها و نانومیله ها Nano tubes & Nano rods

استحکام و انعطاف پذیری بسیار بالا خواص الکترونیکی ویژه

✓ مواد نانو ساختار: Nano structured materials



- Nanocrystalline materials
- Nanoparticles
- Nanocapsules
- Nanoporous materials
- Nanofibers
- Nanowires
- Fullerenes
- Nanotubes
- Nanosprings
- Nanobelts
- Dendrimers
- Molecular electronics
- Quantum dots
- NEMS, Nanofluidics
- Nanophotonics, Nano-optics
- Nanomagnetism
- Nanofabrication
- Nanolithography
- Nanomanufacturing
- Nanomedicine
- Nano-bio
-

خواص متفاوت و اغلب بسیار برتر نانو مواد در مقایسه با مواد متعارف

افزایش استحکام و سختی

افزایش انعطاف پذیری و شکل پذیری (سوپر پلاستیسته)

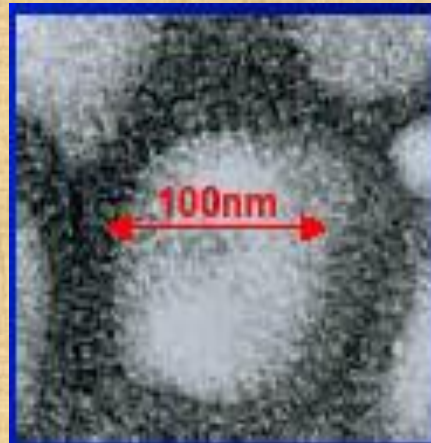
افزایش حد حلالیت عناصری آلیاژی

افزایش سرعت نفوذ

افزایش واکنش پذیری شیمیایی

امکان کنترل خواص ذاتی ماده بدون تغییر در ترکیب شیمیایی

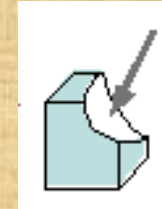
...



روشهاي توليد و ساخت نانو مواد

Top Down
کاهش ابعاد تا رسيدن
به محصول مورد نظر

دنيای ماکرو



دنيای درمقياس نانو

Bottom Up

ترکيب و درکنار هم قرار
دادن مواد براي رسيدن به
محصول مورد نظر

دنيای اتمی



Synthetic Strategies

- Bottom → Up

Nanoparticles are built up atom/molecule at a time

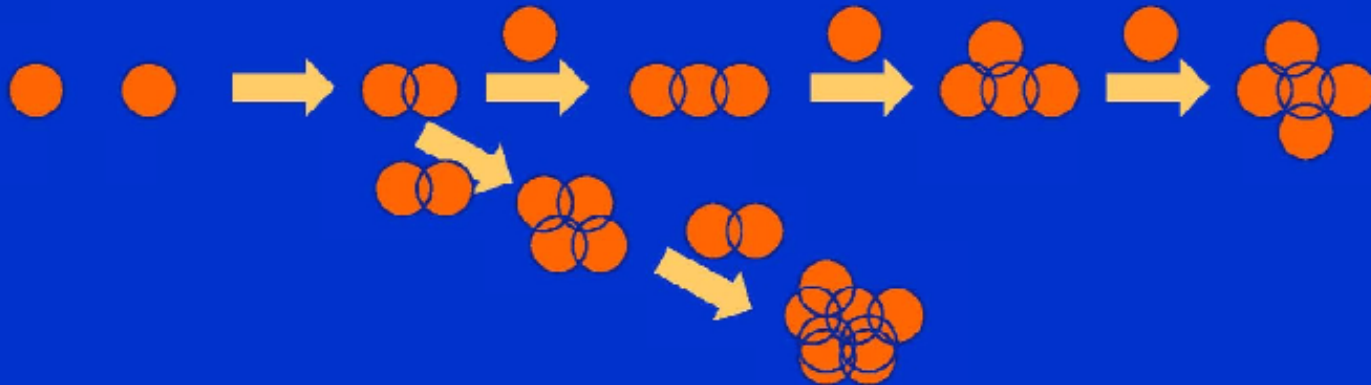
Energy is required for promoting the reactions

Process key – control nucleation and growth

Example – flame synthesis of titanium dioxide

Typically done in gas or liquid phases

Vs. Top → Down approach, usually Bottom → Up products have higher purity, better particle size/surface chemistry control



Synthetic Strategies

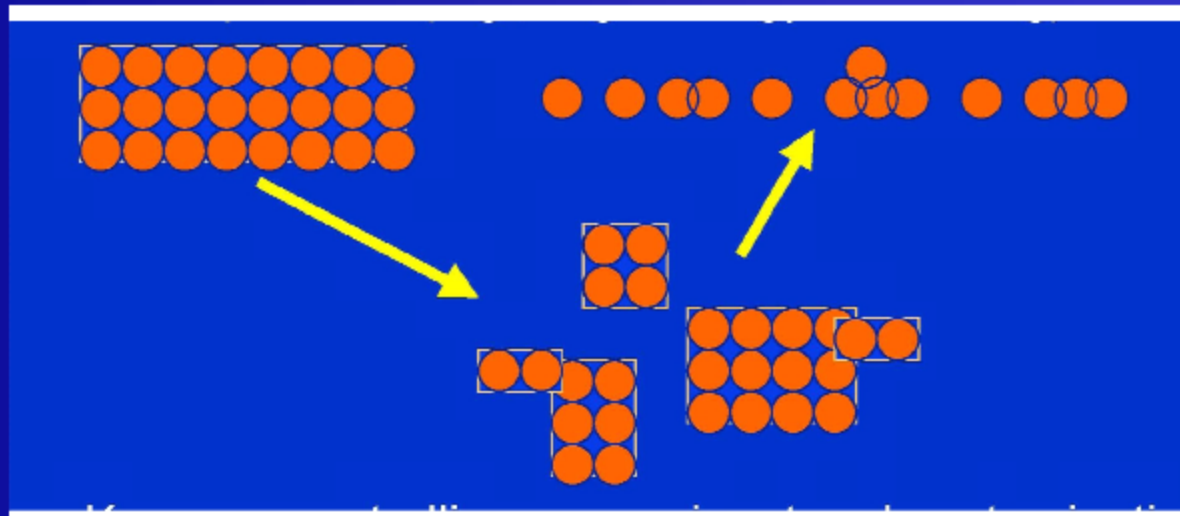
Top → Down

Bulk particulate materials are broken down into smaller and smaller particles

Process key – control energy input and contamination

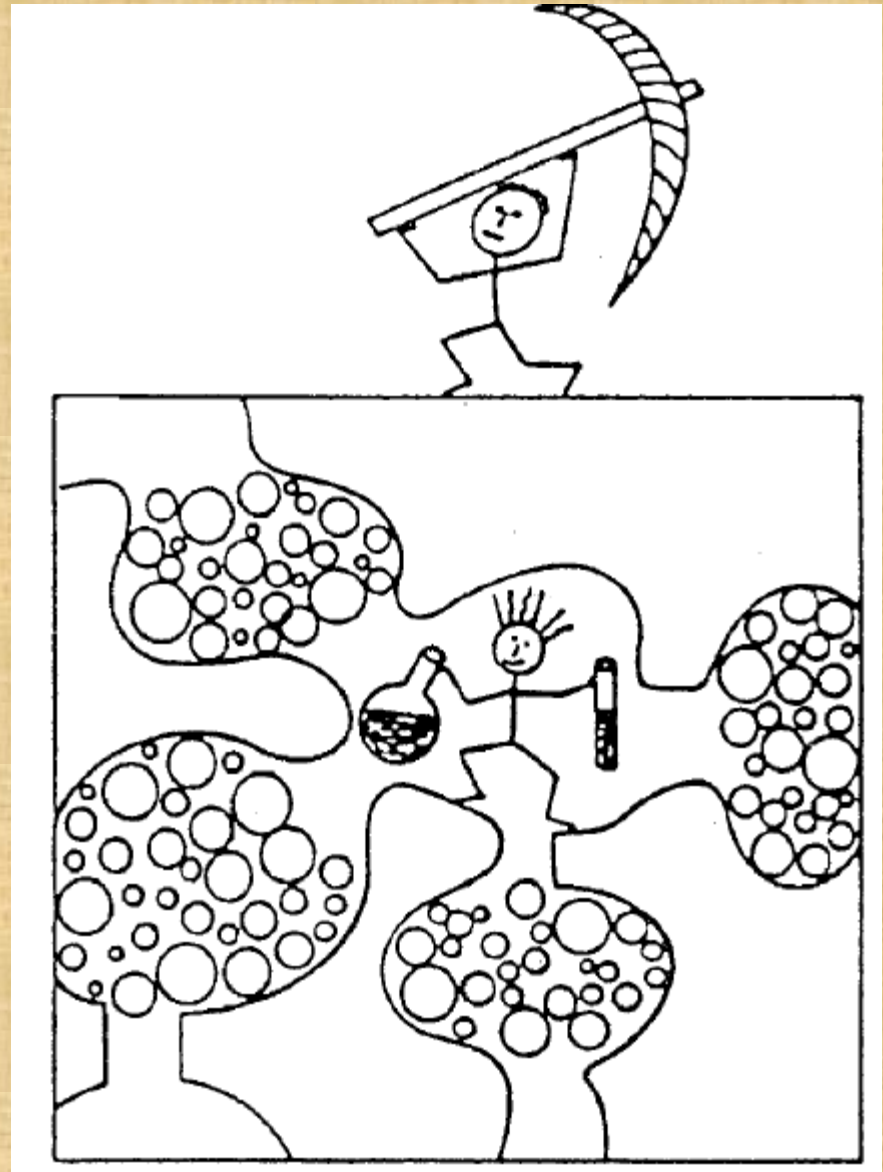
Example – high energy ball milling

Typically performed on solids or dispersed solids



Source: Nanophase Technologies Corp.

**Two approaches to
the synthesis of
Nanoparticles.
A comparison of
Nanochemistry and
Nanophysic.**



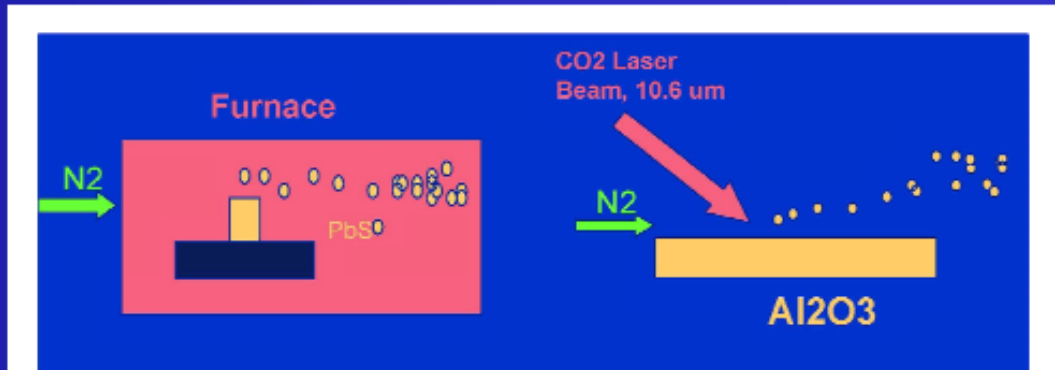
روشهاي توليد و ساخت نانو مواد (روش های شیمیایی)

- روش های آبی (Aqueous Methods)
- روش های غیر آبی (Non-aqueous Methods)
- روش های سونوشیمی (Sono-chemical Methods)
- روش های اورگانومتالیک (Organo-metallic Methods)
- روش های رسوب الکتروشیمیایی (Electro-deposition Methods)
- روش های رسوب از محلول (Solution Deposition)
- روش های سل-ژل (Sol-Gel)
- ...

Gas Phase Synthesis

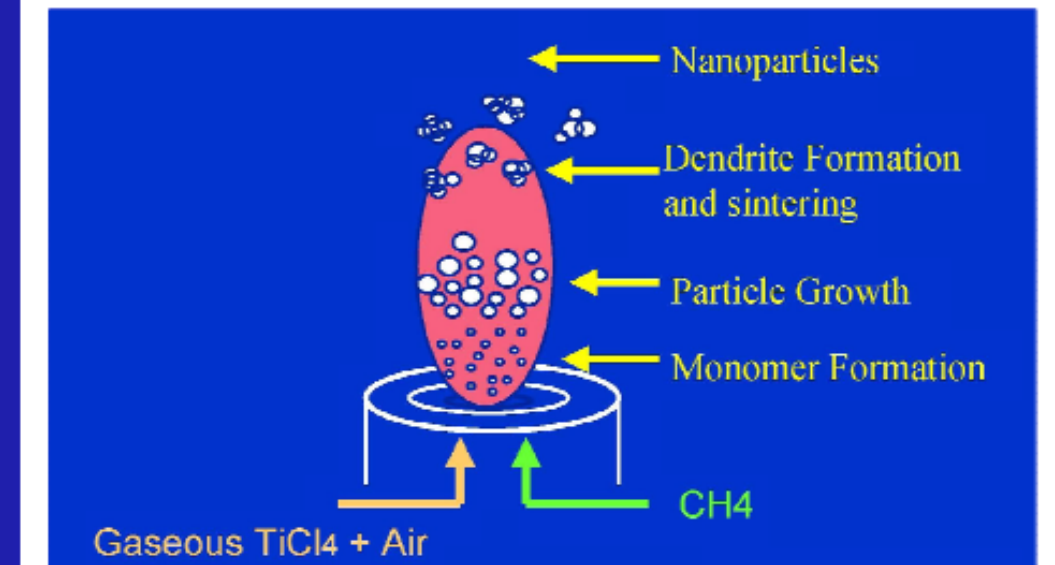
- Vapor Condensation

Sublimation



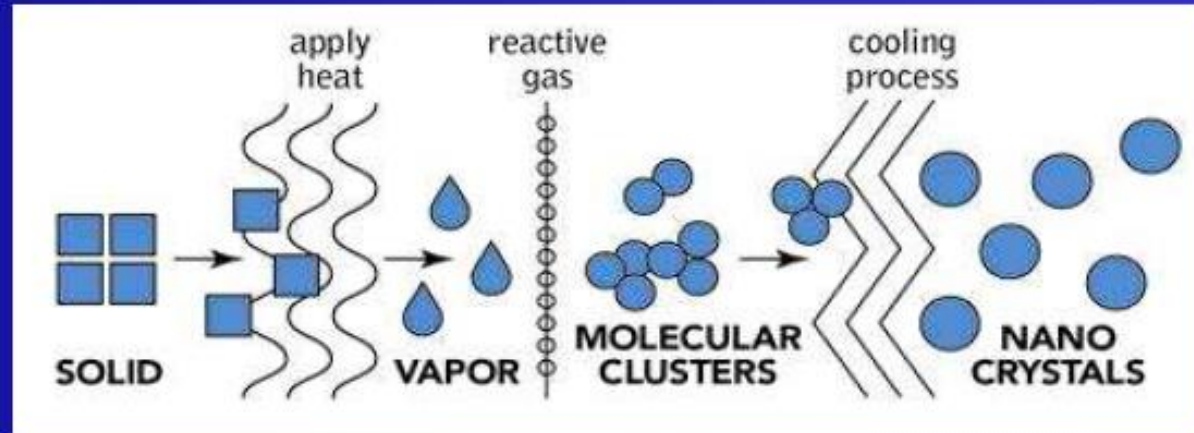
- Vapor Reaction

Flame synthesis



Source: Nanophase
Technologies Corp.

Gas Phase Synthesis



Physical Vapor Synthesis (PVS)
NanoArc Synthesis (NAS™)

Solid precursor (powder or
metallic rod)
Patented process, equipment, and
materials

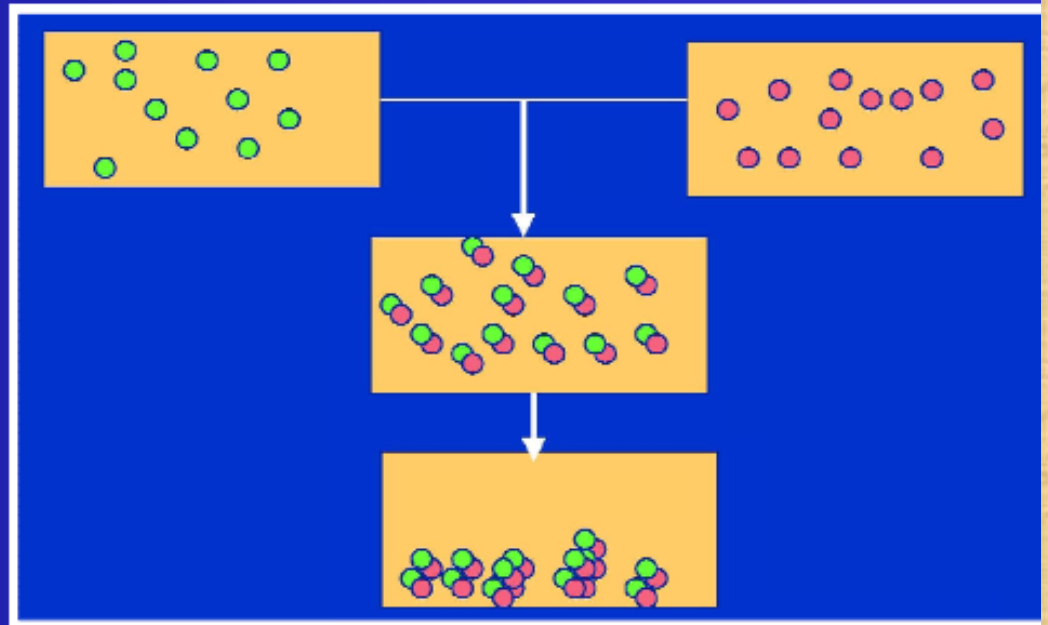


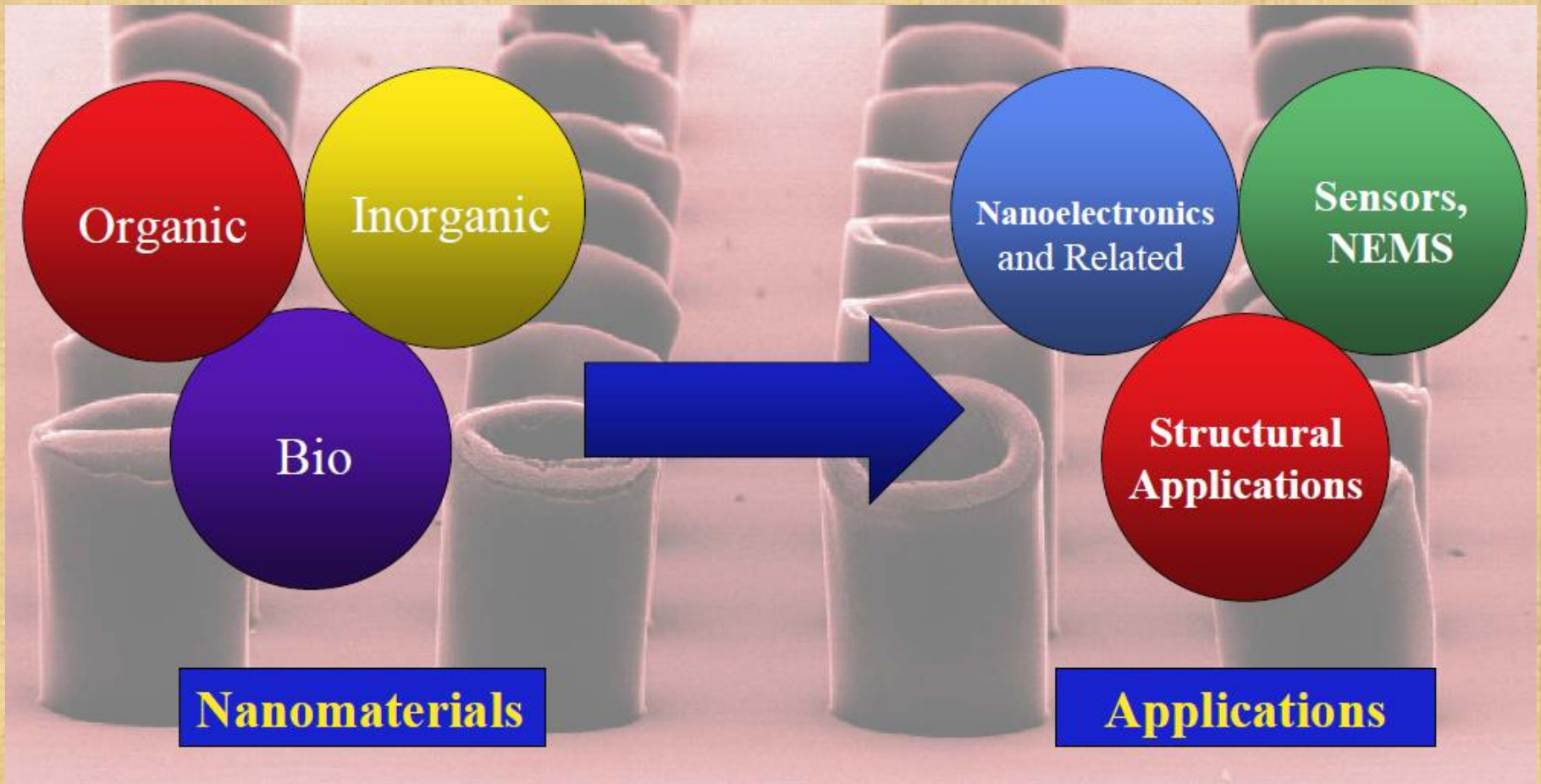
Liquid Phase Synthesis

- Precipitation – solvent removed by filtration or centrifuging
 - Clear solutions
 - Molecules are combined or reacted to form insoluble molecules
 - Particles are built by nucleating and growing insoluble molecules
 - Process key – control agglomeration

Examples:

- Hydrolysis (pH)
- Co-precipitation
 - add precipitation agents
- Homogeneous precipitation
 - precipitation agents produced In-situ
- Redox reactions
- Decomposition





- More efficient catalytic converters
- Thermal barrier and wear resistant coatings
- Battery, fuel cell technology



- Improved displays
- Wear-resistant tires

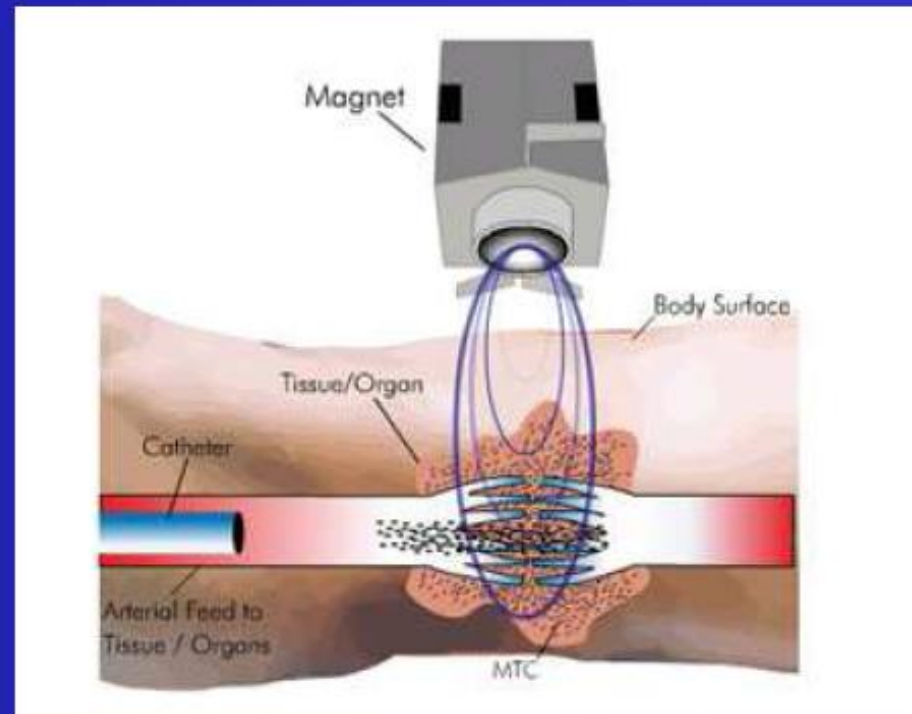


- High temperature sensors for ‘under the hood’; novel sensors for “all-electric” vehicles
- High strength, light weight composites for increasing fuel efficiency

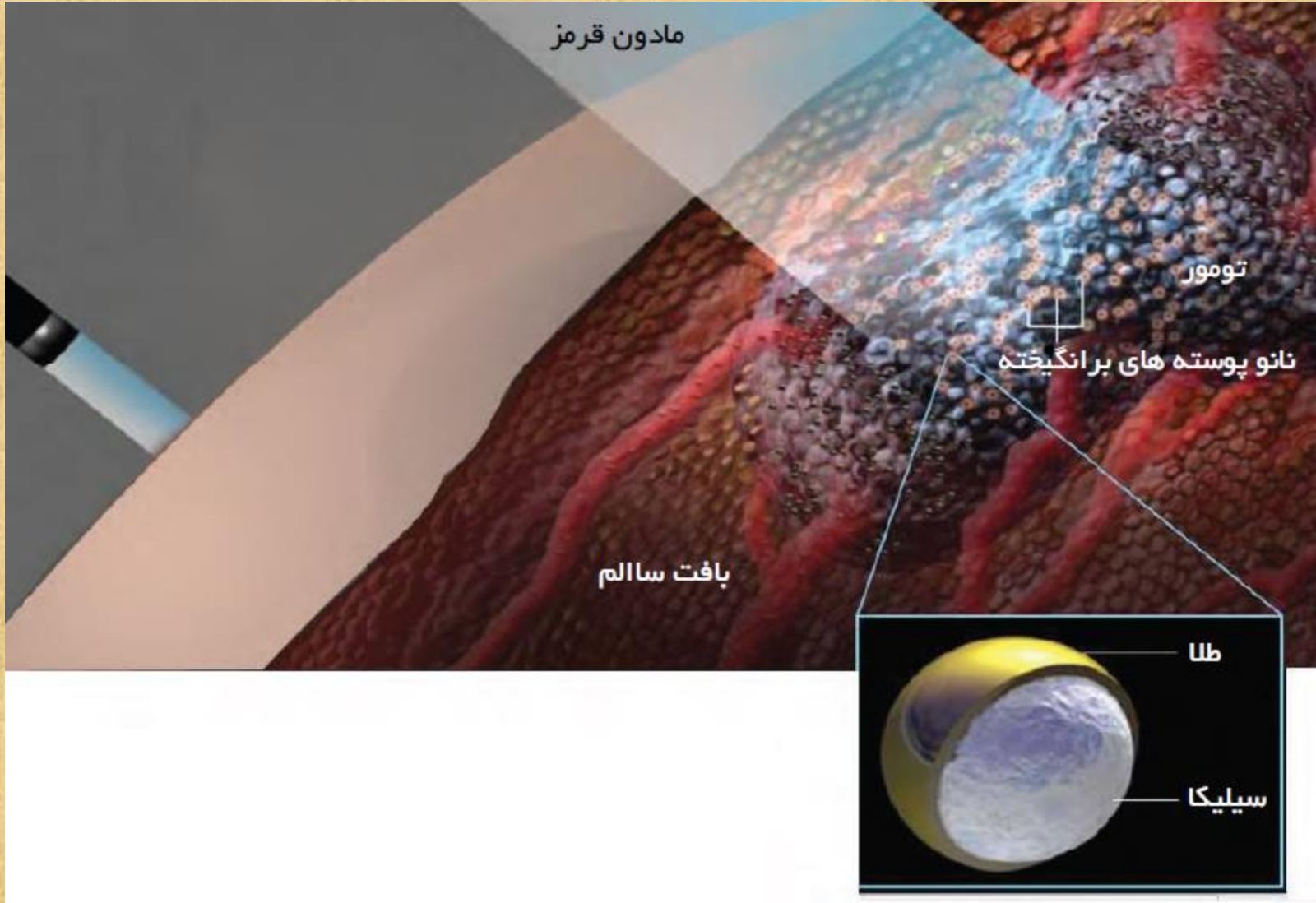


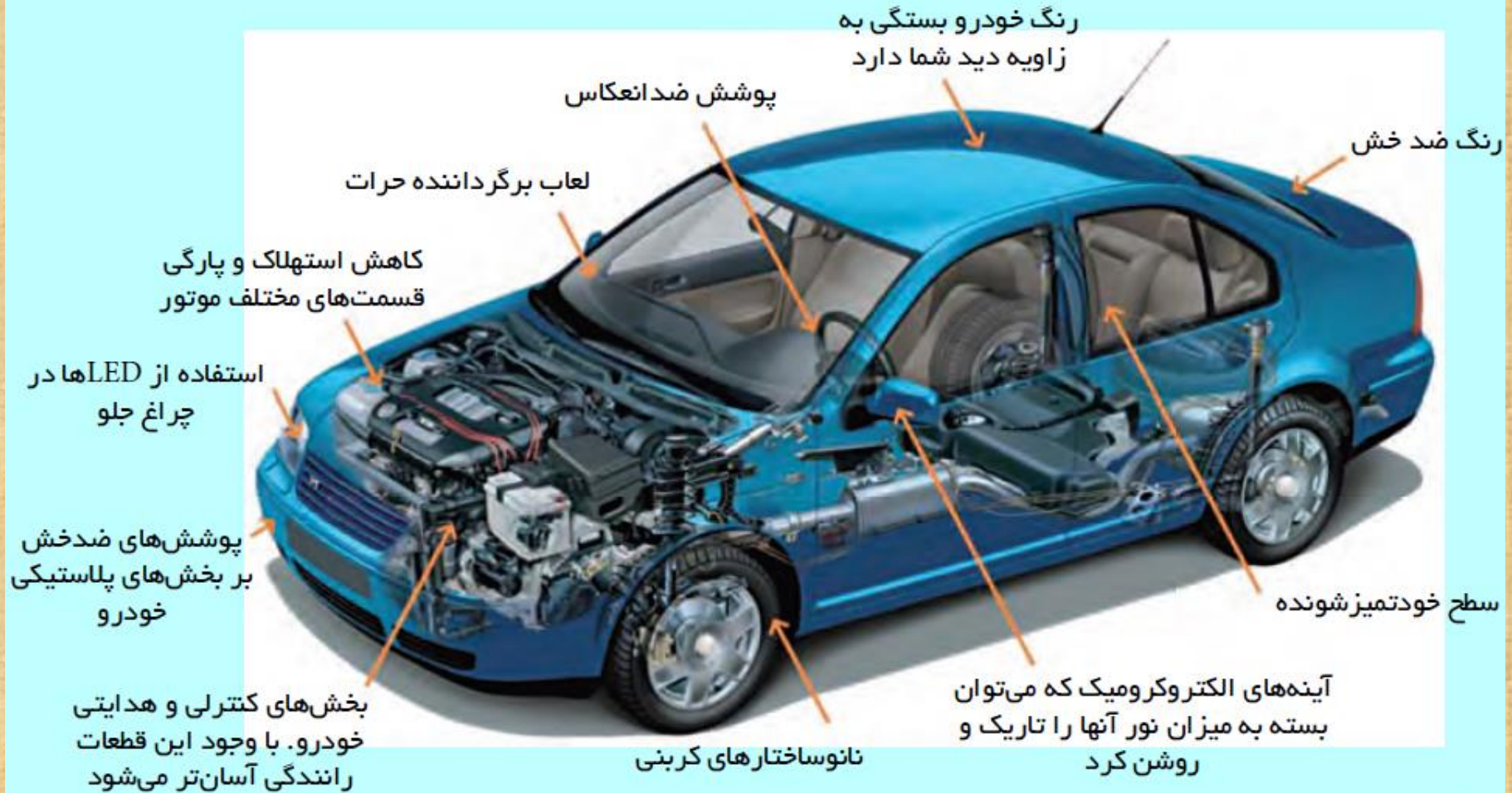
Drug Delivery and Disease Treatment

- Potential to revolutionize cancer treatment
- Nanocrystals: Effective agents for selective targeting and destruction of cancer cells?
 - Small particle size
 - Surface functionalization possible
 - Unique properties (magnetic, optical)



Source: FeRx, Inc.





- Adding certain inorganic clays to rubber dramatically improves the lifetime and wear-characteristics of tires.

Why ?

The nanoscale clay particles bind to the ends of the polymer molecules - which you can think of as molecular strings - and prevent them from unraveling.

درخت فناوری های نانو

بالا به پائین

میکرو و نانو ساخت (لیتوگرافی)

MEMS

- سنسورهای بی سیم باد لاستیک (خودرو)
- قطعات پیوندی کوچک و قابل تنظیم از راه دور (پزشکی)
- عبار هوشمند (دیده بان سیستم)
- وسایل آزمایشگاهی بسیار ریز و قابل حمل (پزشکی)
- تشخیص مقادیر بسیار اندک زیست مولکولها (پزشکی)

نانوسیالات

- جداسازی زیست مولکولها و گازها
- توالی سنجی DNA

نقاط کوانتومی

نانوسیمها

- آشکارسازهای شیمیایی و زیستی
- حافظه های مغناطیسی
- کانالیست های پیل سوختی (وسایل الکترونیکی قابل حمل)
- دیودهای نورافشان

نانوالیاف پلیمری

- الیاف نفوذناپذیر نسبت به روغن، آب و لکه، الیاف مقاوم به آتش، بهبود یافت و تنفس پذیری الیاف مصنوعی
- کامپوزیت های رسانا
- واسطه های دارورسانی
- حسگرها

مواد نانویلموری

- عشاهای با سطح ویژه بالا
- مواد مستحکم و سبک
- بهبود مقاومت حرارتی
- کابل های ابررسانای منعطف
- سازه های سبک تر

نانوکپسولها

- دارورسانی استنشاقی و خوراکی
- لباس های مطبوع تر و پایدارتر
- کودهای با رهاپس کنترل شده با تأخیری، روش های جدید پراکنش سلاح های شیمیایی

الکتروریسندگی مذاب

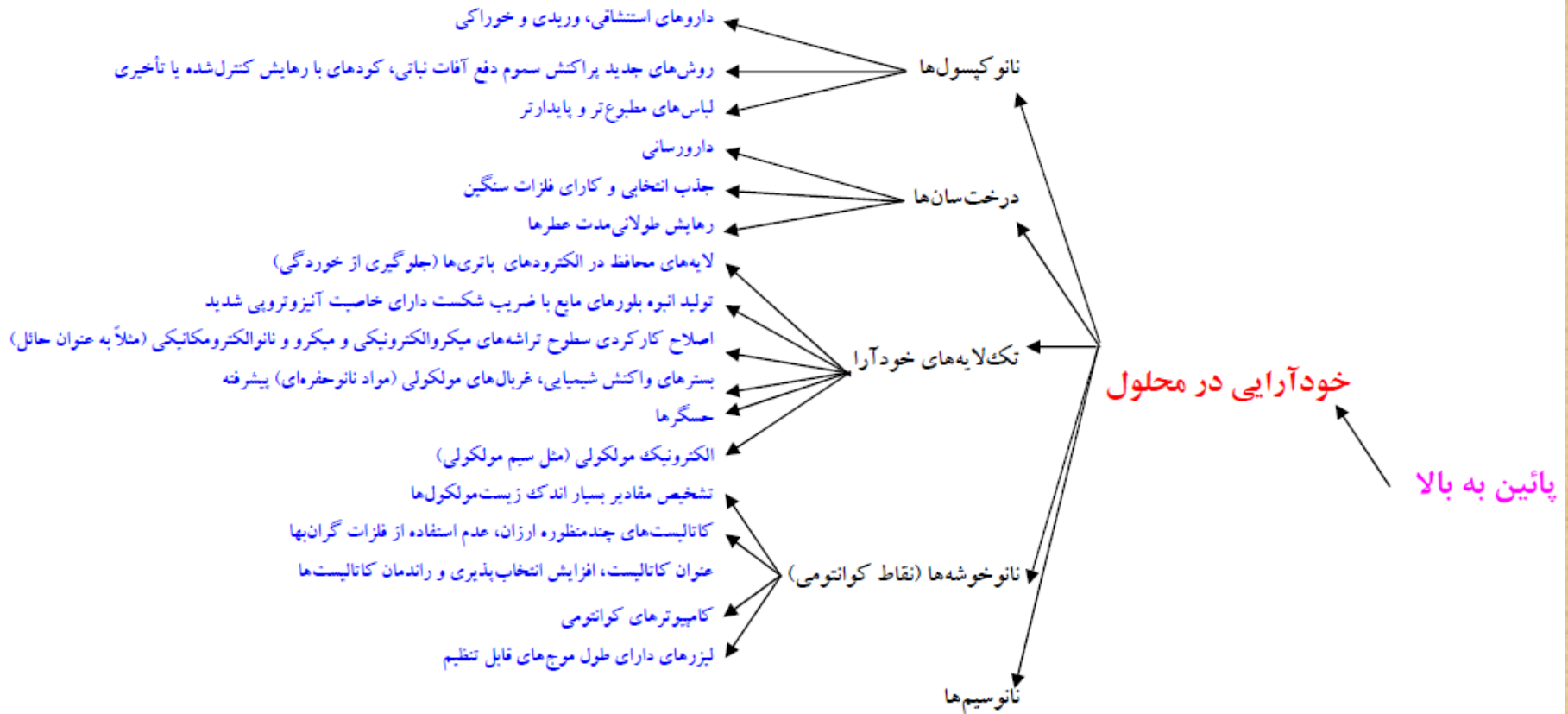
تغییر شکل دهی سریع

اختلاط شدید

خردایش مکانیکی

(فرآیندهای حالت جامد)

نانوذرات



پائین به بالا

سل ژل

نانوذرات

- تجزیه آسان آلاینده‌های آلی با کمک نور و حرارت (فرآیندهای تصفیه و آلودگی زدایی، الباف خودپاک کن)
- سوخت‌های راکت پر قدرت تر، روغن موتورهای بسیار کارا تر
- پیل‌های خورشیدی سبک تر با خصوصیات مکانیکی بهینه، افزایش سرعت شارژ و تخلیه باتری‌ها
- رنگ‌های خوش رنگ تر و پایدارتر (ضدخش و ضدکثیفی) و رسانا، تزئینات و روشنایی رنگی زیباتر
- دارورسانی استنشاقی، وریدی، جلدی و خوراکی، بانداژهای بی نیاز از تجدید و اسپری‌های قابل استنشاق
- سیالات هوشمند جرم‌های رسانا (نشت گیرهای الکترونولوژیک، خنک‌سازی اتوماتیک ترانسفورماتورها و یخچال‌ها)

نانوروشک‌ها

- روکش‌های مستحکم و سبک، ضدخش، مقاوم به فرسایش، روکش‌های زره و رخته کننده در زره
- روکش‌های با پایداری حرارتی بالا، روکش‌های ضد خوردگی
- روکش‌های شفاف و سبک، طیف‌گزین، ضدمه، ضد دست‌نوشته، ضد بازتاب، ضد الکتریسیته ساکن (رسالنا)
- فیلم‌های اشعه X ضدخش، فیلم‌های ارزان، پروضوح و ضدتاری (عکس‌های هوایی)
- فیلم‌های نانوحفره‌ای دارای ثابت دی‌الکتریک پائین (تراشه‌های کامپیوتری، ابرخازن‌ها)

مواد نانوحفره‌ای

- کاتالیست‌های چندمنظوره ارزان، تجزیه آسان آلاینده‌های آلی
- جداسازی جذبی و غربالی بسیار کارای مواد پیچیده (تصفیه و شیرین‌سازی آب شرب، ماسک‌های ضدگاز بادوام تر و کارا تر، جداسازی

آئروژل‌ها

- زیست مولکول‌ها، توالی‌سنجی (DNA)
- حایق‌های سبک تر و شفاف (در شیشه‌های دوجداره)
- روکش‌های محافظ تجار بین ستاره‌ای

نانوالیاف معدنی

- فیلتراسیون بسیار سریع (برحسب بار الکتریکی)، زیست مولکول‌ها، استریلیزه نمودن آسان ویروس‌ها و باکتری‌ها از آب
- رشد سریع بافت (قطعات پیوندی، تکثیر نمونه زیستی)

سرامیک‌ها و شیشه‌های

- یکپارچه
- دمای بخت پائین تر

پائین به بالا

قوس الکتریکی

- فولرین ها
 - روغن موتورهای بسیار کاراتر، روان کننده های جامد
 - روش های ارسال و درمان هدف مند دارو (درمان پوکی استخوان، درمان سرطان با فولرین های حساس به نور)
 - لاستیک های با خاصیت ارتجاعی بهینه
- نانولوله ها

رسوب دهی فاز گاز

- نانولوله ها
 - کربنی
 - افزایش ظرفیت باتری ها و پیل های سوختی، افزایش راندمان پیل های خورشیدی
 - جلیقه های مستحکم و ضد گلوله سبک
 - کابل های ابررسانا یا رسانای سبک
 - رنگ های رسانا
 - روکش های کامپوزیتی ضد رادار
 - روکش های مقاوم در برابر حرارت (هوافضا، ...)
 - نیترید بور
 - مواد مستحکم و سبک، مقاوم در برابر حرارت (مواد جدید زره و رخنه کننده در زره، قطعات سازه ای سبک تر)
- مواد نانوبلوری
 - کابل های ابررسانای متعطف
- لیفچه های کربنی
 - کانالیزورها
 - کامپوزیت ها
- نانوروکش ها
- نانوسیم ها

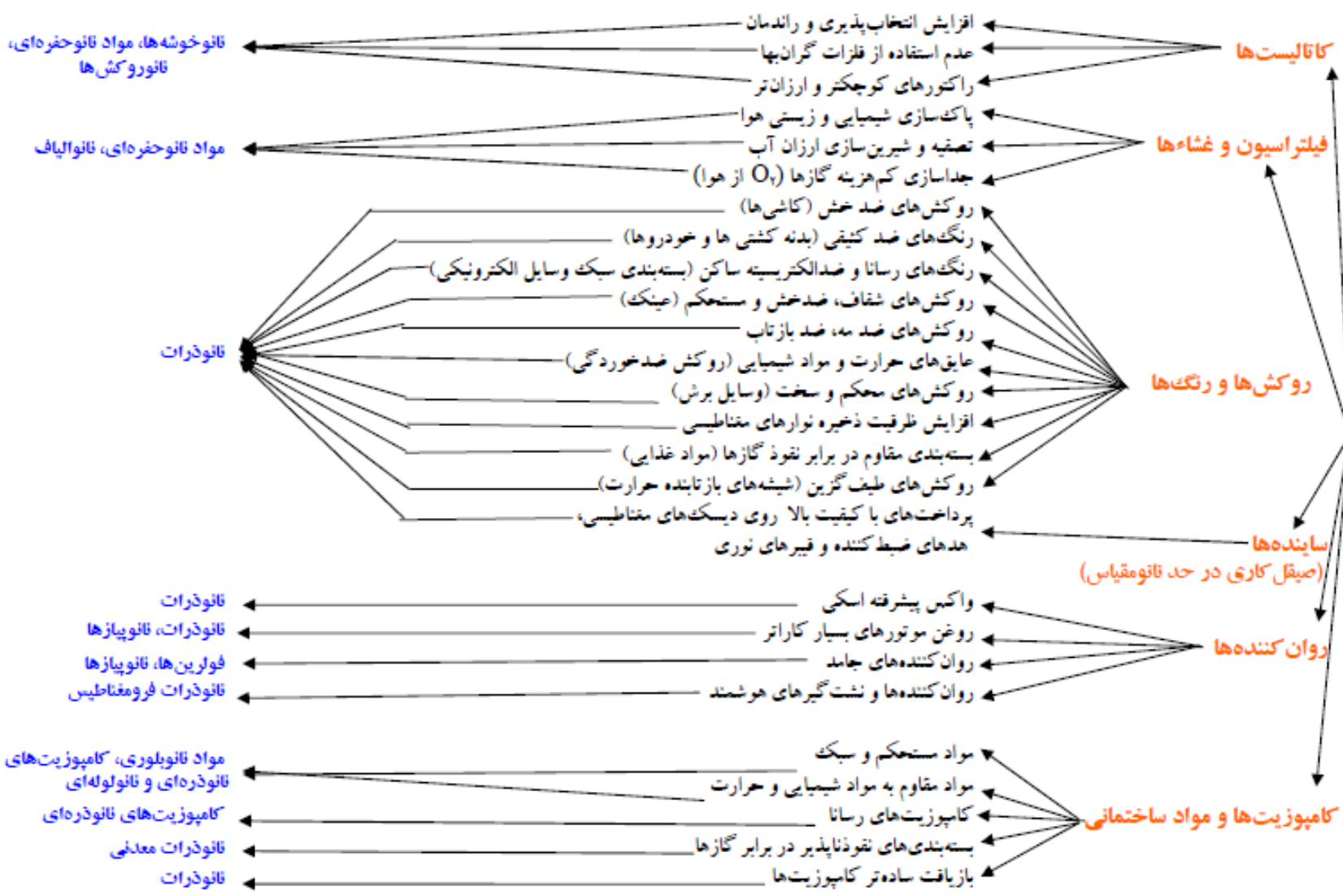
مواد مبتنی بر نانو ساختارها
(روکش دهی، اصلاح شیمیایی)

- نانوکامپوزیت های نانوذره ای
 - نانوذرات سیلیکاتی
 - بسته بندی مقاوم در برابر نفوذ گازها
 - مواد مستحکم و سبک
 - کاهش آب رفتگی و تاب برداشتنی کامپوزیت ها
 - سرامیکی
 - کامپوزیت های رسانای حرارت و مقاوم در برابر آن
 - نانوکامپوزیت های فلزی
 - بهبود خوراس مکانیکی موتور و محورها
 - مواد و قطعات مقاوم در برابر تشعشع
- نانوکامپوزیت های نانولوله ای
 - نانولوله های نیترید بور
 - کامپوزیت های رسانای حرارت و مقاوم در برابر آن
 - نانولوله های کربنی
 - مواد مستحکم، سبک و رسانا

درخت

منفعت (کاربردهای) نانو

مواد شیمیایی و مواد



صنعت
خودروسازی
و حمل و نقل

مواد ساختمانی و روکش‌ها

- روکش‌های فتوکرومیک و الکتروکرومیک پنجره‌ها ← نانوذرات
- بدنه‌های سبک‌تر و مستحکم‌تر ← نانو کامپوزیت‌های سیلیکاتی
- لاستیک‌های مقاوم در برابر فرسایش و با خاصیت ارتجاعی بهینه ← کریز بلک، نانوذرات سیلیکاتی (رسی)، فوئرین‌ها
- بهبود خواص مکانیکی و مقاومت حرارتی موتور و محورها ← نانوذرات سرامیکی، مواد نانویلوری
- روکش‌های ضد اصطکاک یا تاقان‌ها و بدنه زیر دریایی ← نانویبازها، نانوذرات
- روکش‌های مقاوم به فرسایش و حرارت (تسمه‌ها) ← نانوذرات سیلیکاتی، نانولوله‌های کربنی

رنگ‌های رسانا

- رنگ‌های رسانا ← کامپوزیت‌های نانولوله‌های کربنی، لایفچه‌های کربنی
- بدنه‌های ضد خوردگی و ضد کثیفی ← نانو کامپوزیت‌های پلیمری، نانوروش‌ها

روکش‌های خود پاک‌کن شیشه و بدنه

- روکش‌های خود پاک‌کن شیشه و بدنه ← نانوذرات
- روکش‌های ضدخش شیشه و بدنه ← نانوذرات

ماشه‌های کوچک و ارزان کیسه هوا

- ماشه‌های کوچک و ارزان کیسه هوا ← NEM
- حسگرهای بی سیم باد لاستیک ← نانوحسگرها

انواع هشدار دهنده‌های دیگر

- انواع هشدار دهنده‌های دیگر ← آرایه‌های نانولوله کربنی
- نشانگرهای زیباتر و تعاملی‌تر ← نانوذرات

حسگرها

صفحات نمایشگر مسطح

مبدل‌های کاتالیستی و فیلترها

- مبدل‌های کاتالیستی و فیلترها ← نانوروش‌ها
- احتراق عاری از آلاینده‌ها با کاتالیست‌های احتراق ← نانوروش‌ها
- حذف آلودگی با کاتالیست‌های چندمنظوره ارزان ← نانوروش‌ها

باتری‌ها

- باتری‌ها ← افزایش ظرفیت باتری‌ها ← نانولوله‌های کربنی
- باتری‌ها ← افزایش سرعت شارژ و تخلیه باتری‌ها ← نانوذرات
- باتری‌ها ← افزایش ظرفیت ذخیره هیدروژن پیل‌های سوختی ← نانوساخ کربنی، نانولوله کربنی

پیل‌های سوختی

نیرو محرکه

- نیرو محرکه ← روغن موتورهای بسیار کارا تر ← نانوذرات، نانویبازها
- نیرو محرکه ← روان کننده‌های جامد ← فوئرین‌ها، نانویبازها

روان کننده‌ها

پزشکی و دارورسانی

تشخیص، تحلیل و اکتشاف

- تشخیص مقادیر بسیار اندک زیست مولکولها
 - نقاط کوانتومی
 - بارکدهای نانوسیبی
 - نانوحسگرهای نانولوله‌ای
- توالی سنجی سریع DNA یا RNA
 - نانوحفره‌های مجهز به نانوالکتروود
- تشخیص و جداسازی پیشرفته زیست مولکولها
 - نانوسیالات
- وسایل آزمایشگاهی بسیار ریز و قابل حمل
 - NEMS

دارورسانی و درمان

- روش های بپینه مصرف دارو
 - مصرف استنشاقی و جلدی
 - تاتوذرات، تاتوکپسولها
 - تزریق وریدی
 - مصرف خوراکی
- روش های رسانش و درمان هدفمند
 - رسانش مبتنی بر پادتن
 - درمان مبتنی بر قولرینها
 - رسانش و درمان مبتنی بر خاصیت مغناطیسی
 - تاتوذرات مغناطیسی

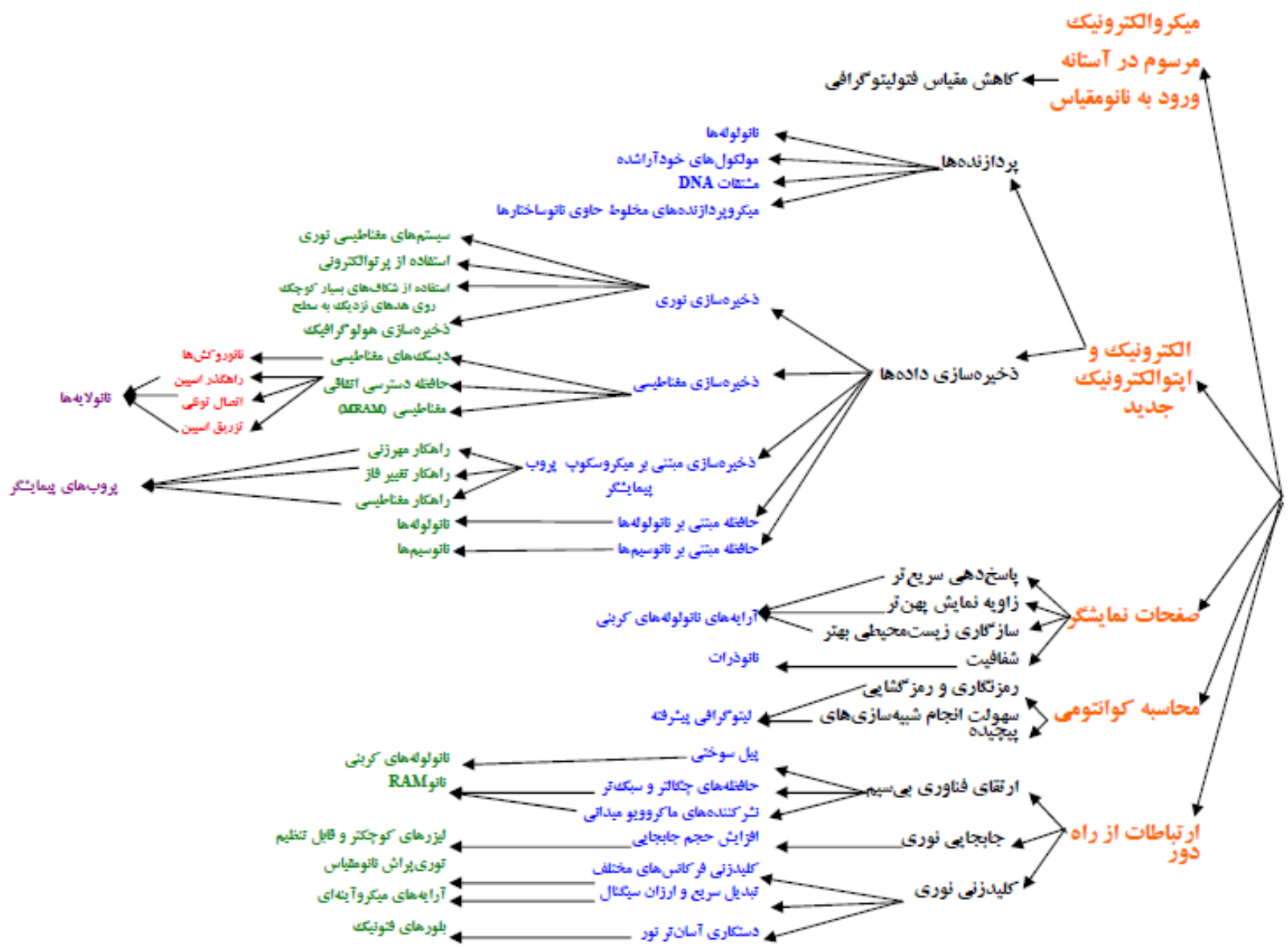
اعضاء مصنوعی

- اعضاء مستحکم تر
- اعضاء زیست سازگارتر (بدون پس زنی بدن)
- اعضاء حسی کوچک قابل یکپارچه سازی با بدن
 - مواد تاتوبلوری
 - تاتوروشها
 - تاتوحسگرها
 - تاتوالکترونیک

عوامل ضد میکروبی

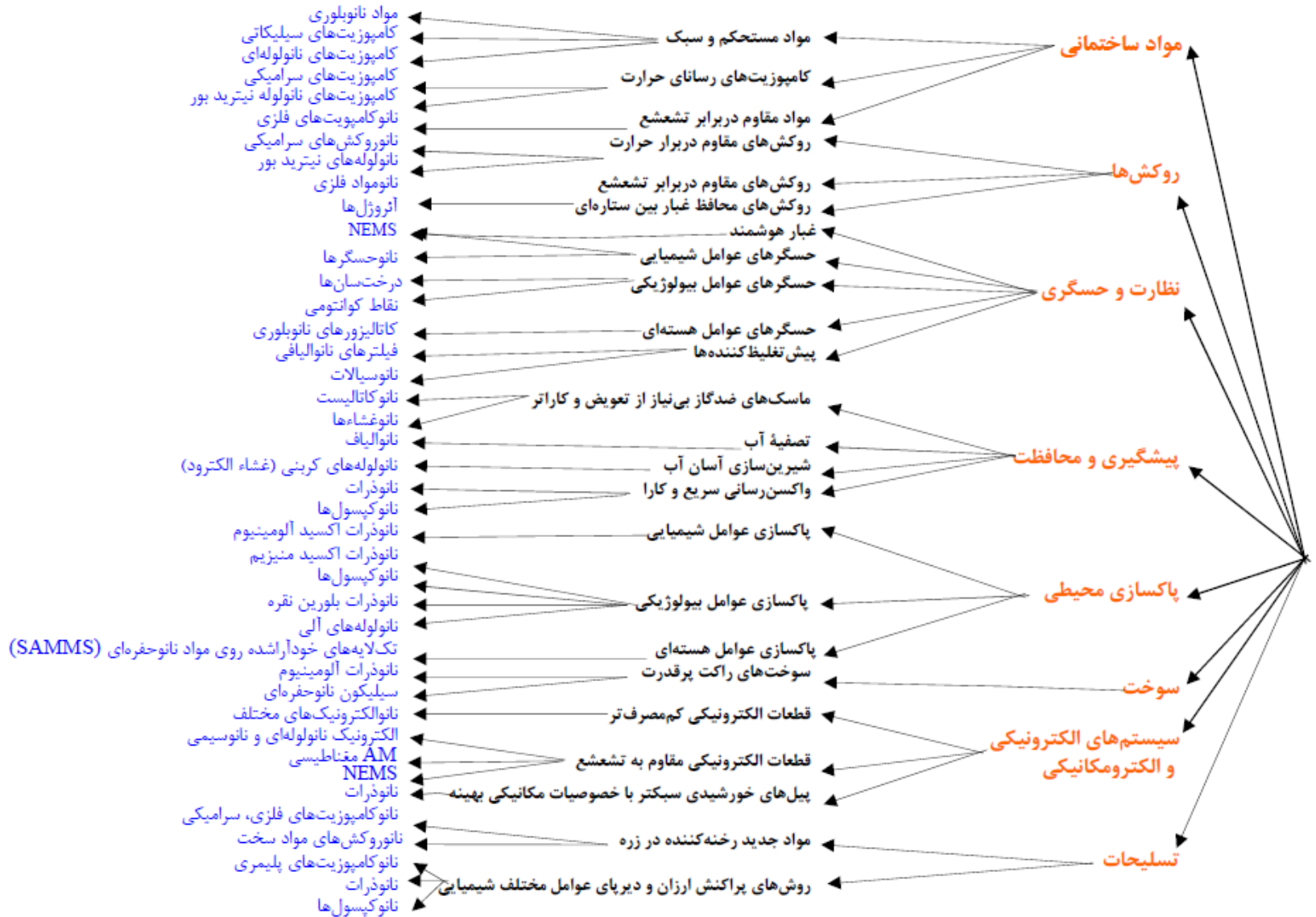
- باندازه های بی نیاز از تجدید
- کرم های قابل انتشار
- اسپری های قابل استنشاق
- اسپری های پوشش دهنده زخم
- تاتوذرات نقره
- تاتوباف

فناوری
اطلاعات و
مخابرات





صنایع
هوافضا و
دفاعی



کشاورزی

کودهای (تزیقی) با رهایش کنترل شده یا تأخیری

سموم دیرپا و زیست سازگار

افزایش شتاب تحقیقات در
اصلاح نژاد نباتات و حیوانات

وسایل آزمایشگاهی قابل حمل

گلخانه های کم هزینه تر

قطعات مکانیکی مستحکم تر

کنترل لحظه به لحظه وضعیت گیاه

تشخیص مقادیر بسیار اندک
زیست مولکولها

توالی سنجی سریع DNA

انتقال ژن و دارو به درون سلول

صرفه جویی در مصرف انرژی

دوام بیشتر اسکلت در برابر رطوبت

نانوذرات مخلوط، نانوکپسولها

نانوحفره های پیشرفته

نانوذرات طلا

نقاط کوانتومی

بارکدهای نانوسیسی

حسگرهای نانولوله ای

نانوسبالات

NEMS

نانوحسگر

آنرولها

نانوروكشها

نانوكامپوزیتها

نانوروكشها

فناوری های زیست محیطی

کاهش ضایعات

- عملی شدن پیل های سوختی با آلایندگی کم
- افزایش راندمان کاتالیست های شیمیایی و احتراق
- کاهش مصرف انرژی با افزایش راندمان پیل های خورشیدی
- کاهش مصرف مواد سمی با افزایش ظرفیت و عمر باتری ها
- صرفه جویی انرژی با کاهش وزن خودروها و غیره

نانوذرات، نانولوله ها

نانوذرات، نانولوله ها

نانوذرات

بازیافت آسان مواد

مجدد با ذوب

نانوکامپوزیت های فلزی

نانوکامپوزیت های پلاستیکی

کاتالیزورهای روی پایه مواد نانوحفزه ای (اورانیوم)

نانوذرات و نانوروش های تیتانیا

مواد نانوحفزه ای

درخت سان ها

SAMs

نانوروش ها

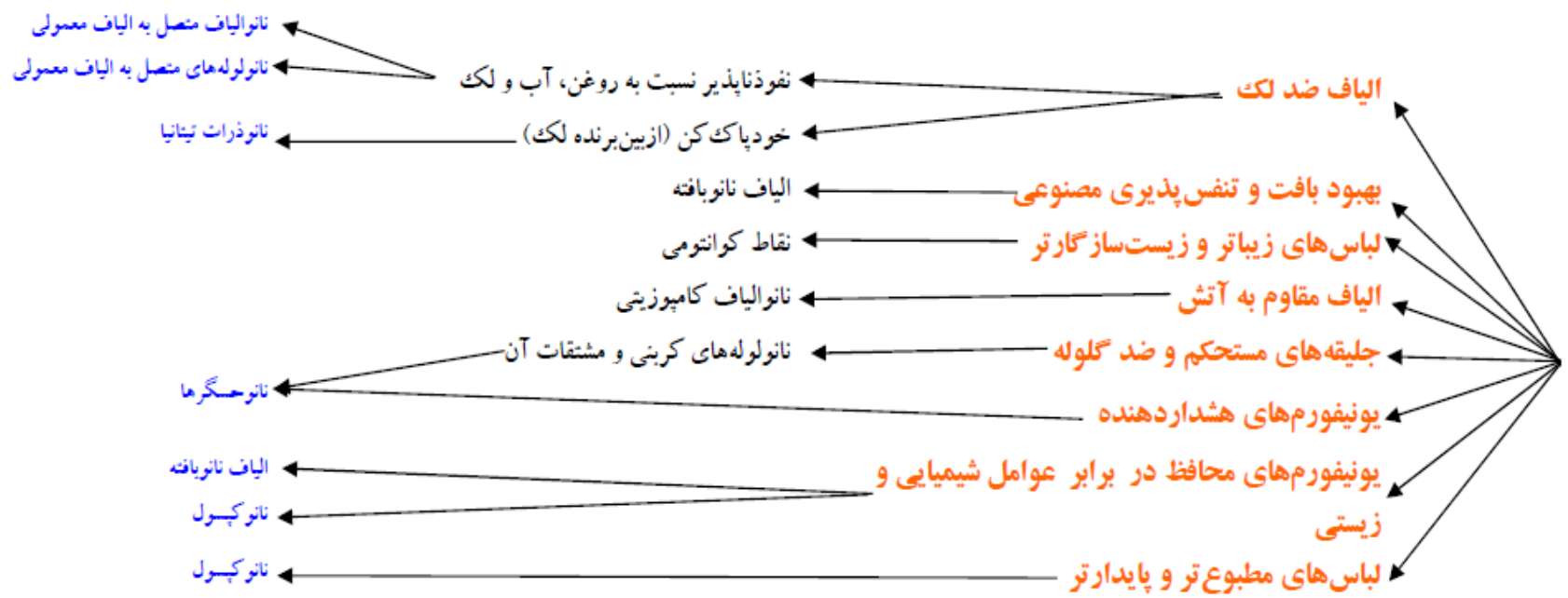
آلودگی زدایی

تجزیه آسان آلاینده های آلی

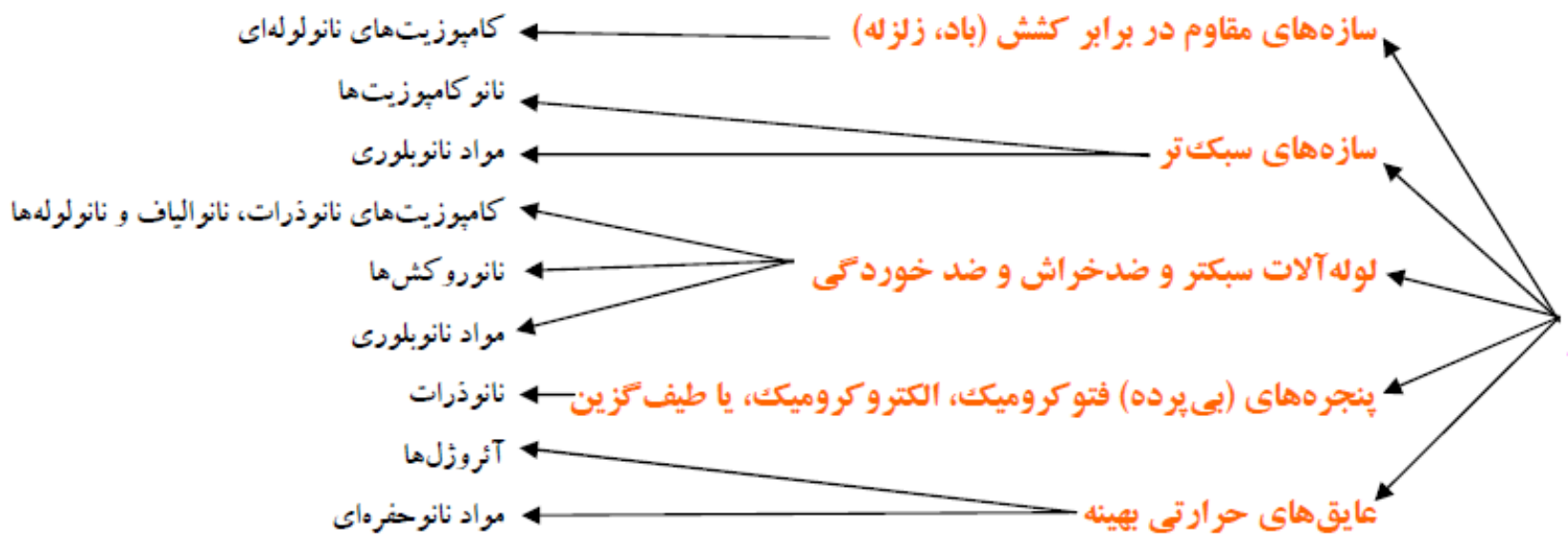
جذب انتخابی و کارای فلزات سنگین

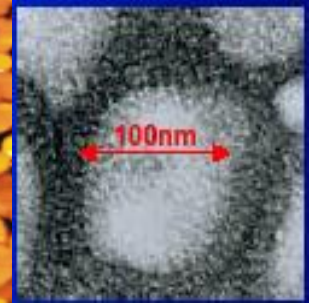
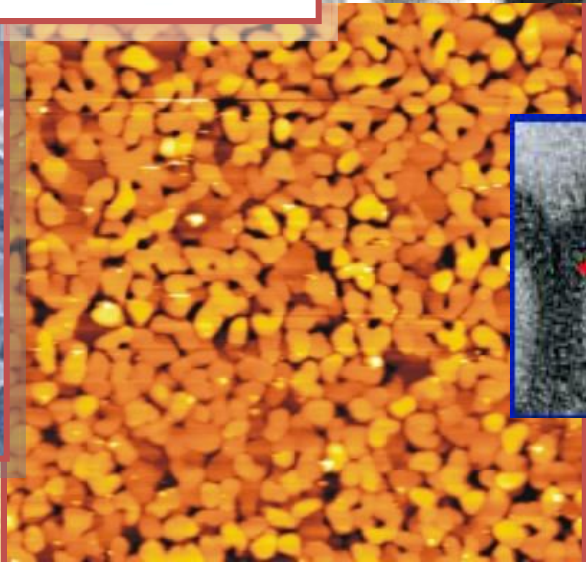
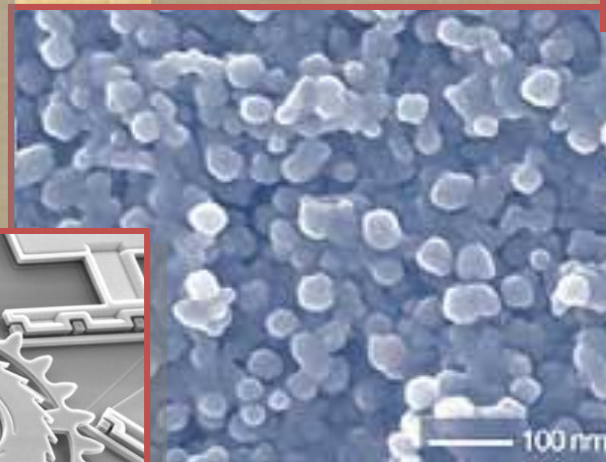
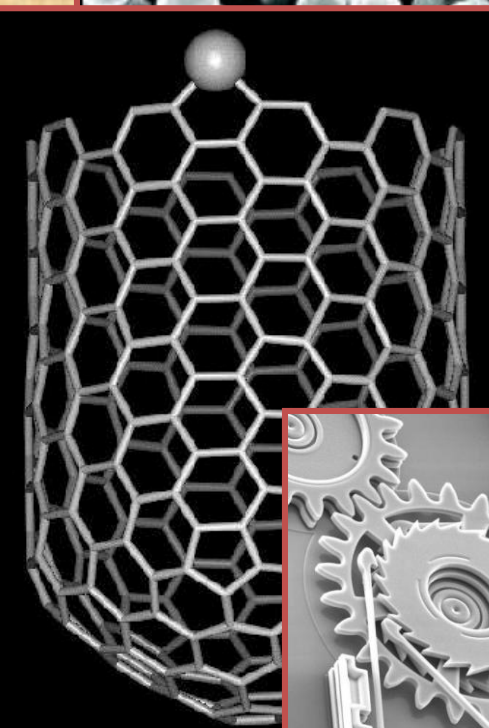
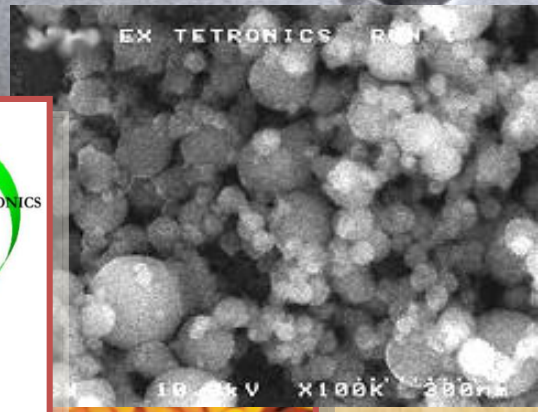
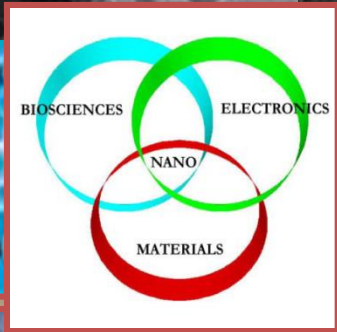
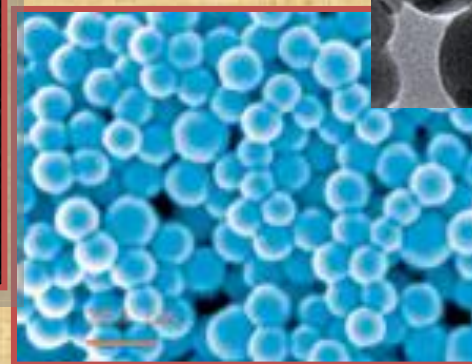
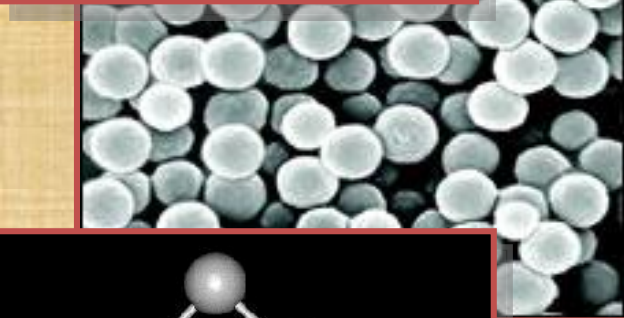
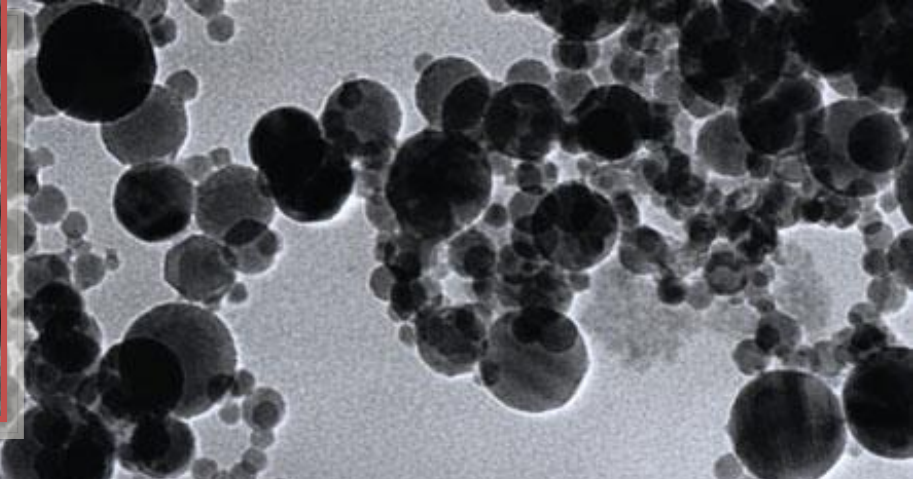
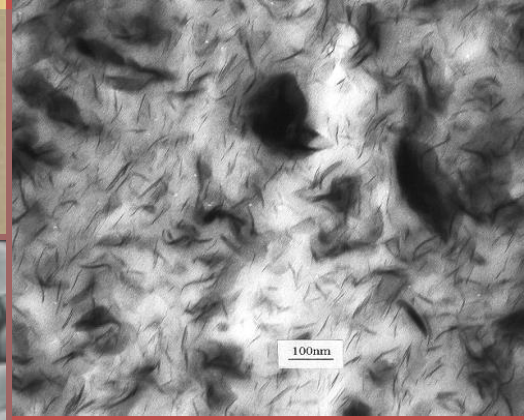
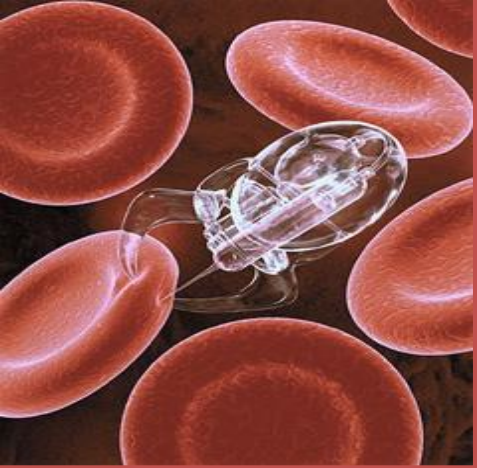
مبدل های کاتالیستی ارزان

نساجی



ساخت و ساز





Carbon Nanotube Applications

