





آشنایی مقدماتی با نانوذرات و روش های مشخصه یابی آن ها

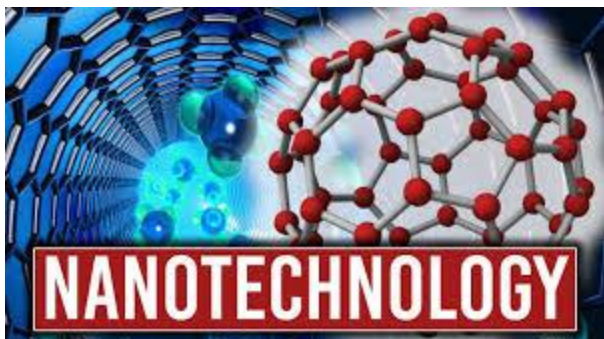
دکتر الهه عمادی

PhD پزشکی مولکولی

هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی سبزوار

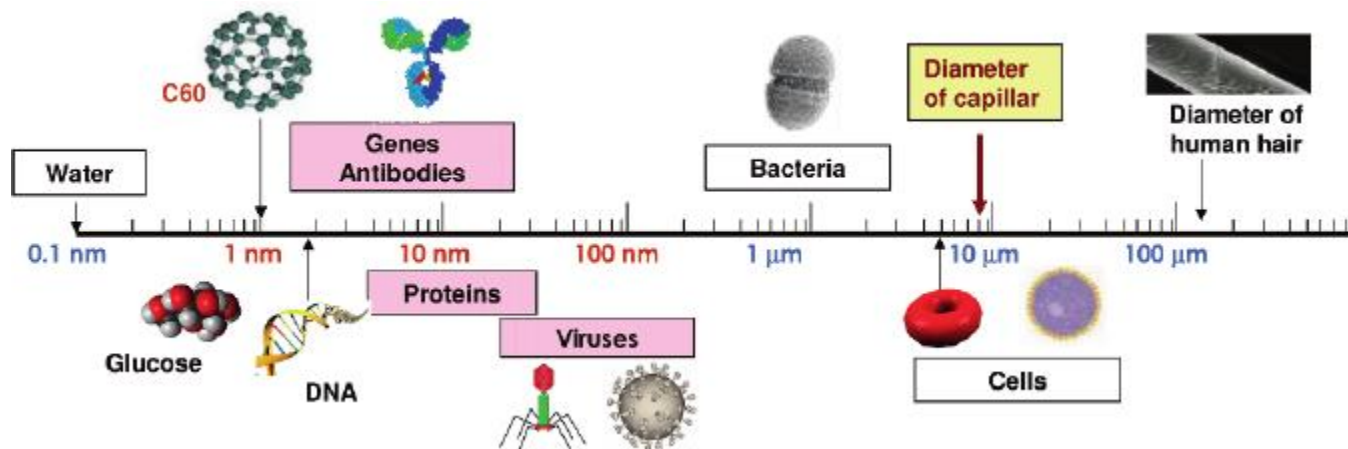
نانو فناوری

- ❖ علم مهندسی معکوس ریز ساخته های خداوند
- ❖ پیشوند نانو به معنی میلیاردم (10^{-9}) چیزی
- ❖ کاربرد عنوان نانو فناوری برای اولین بار توسط دکتر اریک درکسلر در سال ۱۹۸۶
- ❖ چند رشته ای بودن دانش نانو فناوری



نانوذرات؛ از لعاب‌های باستانی تا فناوری‌های نوین

❖ نانوذرات، ذراتی هستند که حداقل یکی از ابعاد آن‌ها در حدود ۱ تا ۱۰۰ نانومتر باشد.



❖ نانوذرات از زمان‌های بسیار دور بدون اطلاع از ماهیت شان مورد استفاده قرار می‌گرفته‌اند.

❖ شاید اولین استفاده آن‌ها در قرن ۴ و ۵ میلادی در لعاب‌های چینی و سرامیک‌های تزئینی بوده است.



❖ در دهه ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰، اولین مطالعات بسیار دقیق و اساسی در مورد نانوذرات در ایالات متحده و ژاپن انجام شد و محققان از اصطلاح ذرات بسیار ریز استفاده کردند.

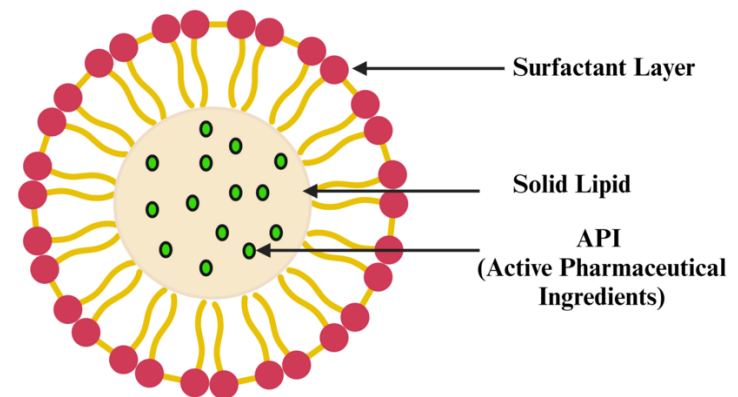
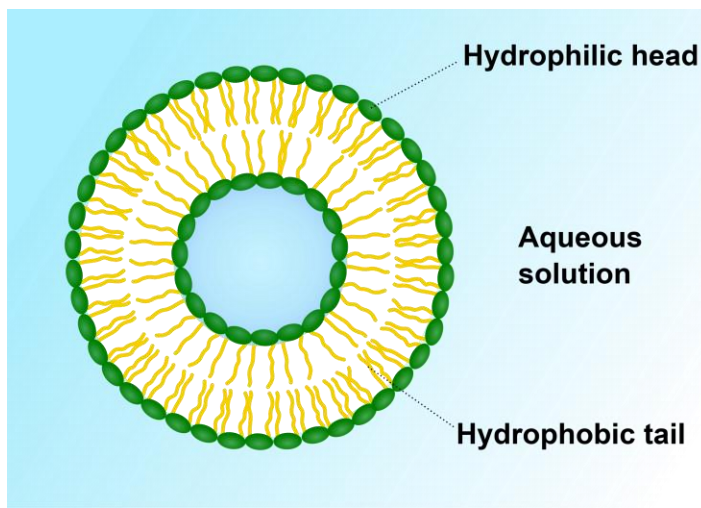
دسته بندی نانوذرات بر اساس جنس و کاربرد

نانوذرات لیپیدی (Lipid-based Nanoparticles) حامل‌های میکروسکوپی هستند که از لیپیدها (چربی‌ها) ساخته شده‌اند.

نانوذرات لیپیدی تنها یک حامل ساده نیستند؛ آن‌ها یک فناوری پلتفرمی انقلابی هستند که با حل چالش‌های اساسی در دارورسانی (حفاظت، تحویل و هدف‌گیری)، زمینه را برای نسل جدیدی از درمان‌ها، از واکسن‌های mRNA گرفته تا درمان‌های هدفمند سرطان، هموار کرده‌اند.

مثال‌های کلیدی: لیپوزوم‌ها (Liposomes)

نانوحامل‌های جامد لیپیدی (Solid Lipid Nanoparticles (SLNs))

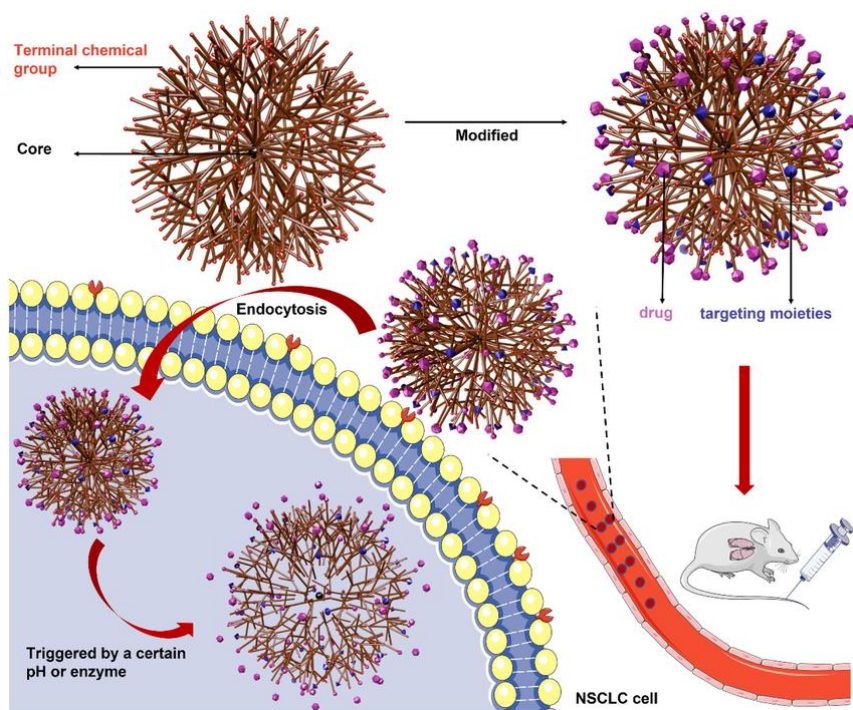


Solid Lipid Nanoparticle (SLN)

دسته بندی نانوذرات بر اساس جنس و کاربرد

نانوذرات پلیمری (Polymeric Nanoparticles) ذرات ریز و کروی هستند که از پلیمرهای زیست سازگار یا مصنوعی ساخته می‌شوند و داروها در داخل آنها محبوس، جذب سطحی یا به صورت شیمیایی به آنها متصل می‌شوند.

مثال های کلیدی: دندریمرها (Dendrimers)
نانوذرات Poly lactic-co-glycolic acid (PLGA)



دسته بندی نانوذرات بر اساس جنس و کاربرد

نانوذرات فلزی (Metallic Nanoparticles)، وقتی فلزات به اندازه نانو (۱-۱۰۰ نانومتر) کوچک می‌شوند، خاصیت جدیدی پیدا می‌کنند که در اندازه معمولی ندارند!

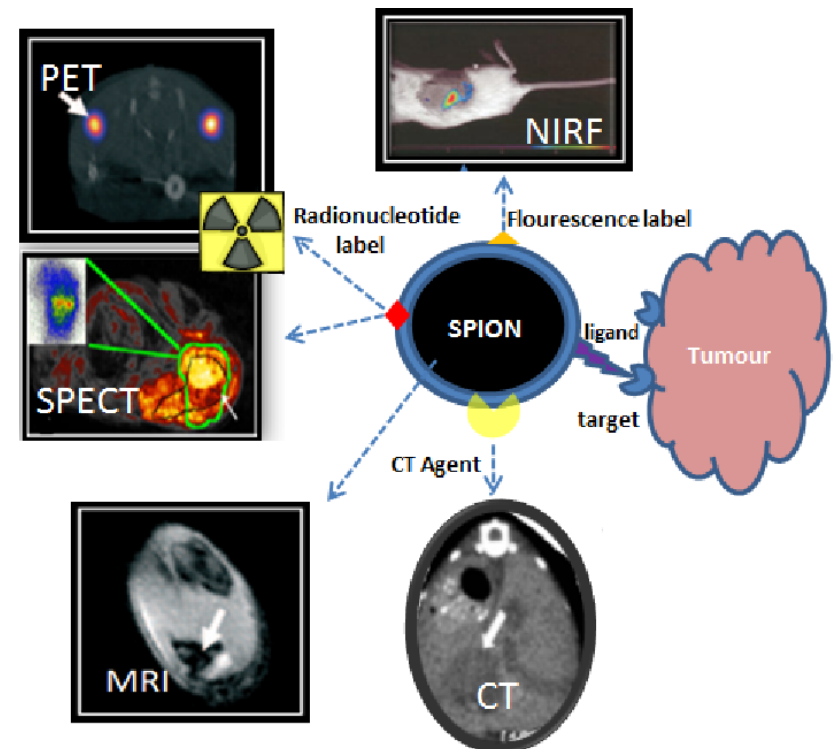
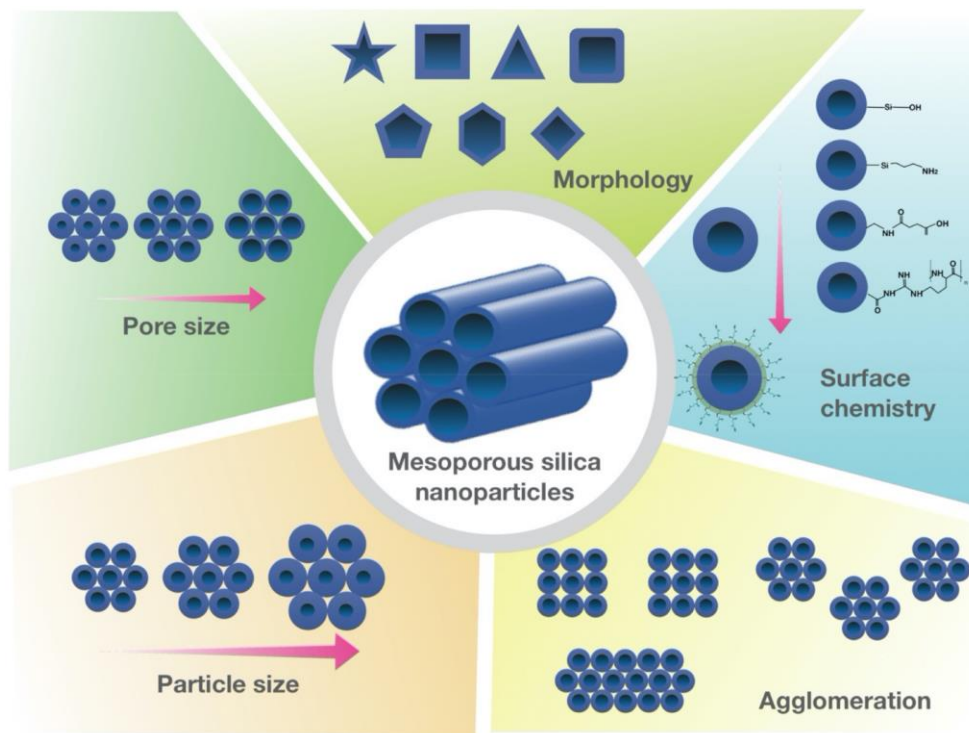
مثال های کلیدی: نانوذرات طلا (Gold NPs)
نانوذرات نقره (Silver NPs)



دسته بندی نانوذرات بر اساس جنس و کاربرد

نانوذرات معدنی (Inorganic Nanoparticles)

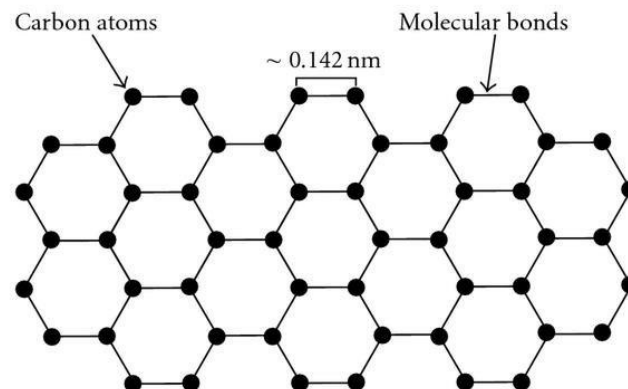
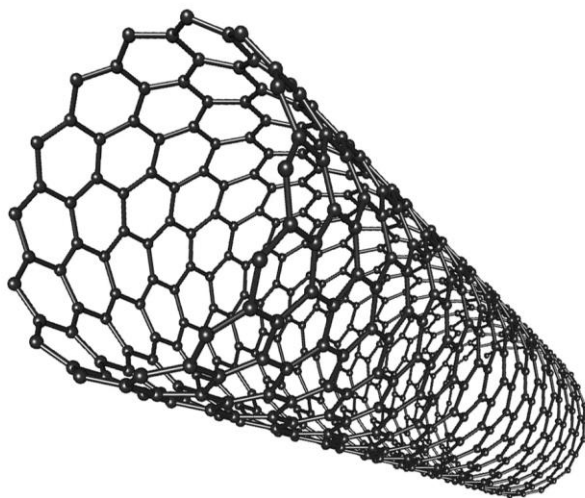
مثال های کلیدی: سیلیکا مزوپور (Mesoporous Silica)
نانوذرات مغناطیسی اکسید آهن با خاصیت سوپر پارامغناطیس
(Superparamagnetic Iron Oxide Nanoparticles (SPIONs))



دسته بندی نانوذرات بر اساس جنس و کاربرد

نانوذرات کربنی (Carbon-based Nanoparticles)، ذراتی هستند که از اتم‌های کربن تشکیل شده‌اند و در مقیاس نانو، ساختارهای منحصر به فردی مانند لوله، صفحه یا کروی دارند.

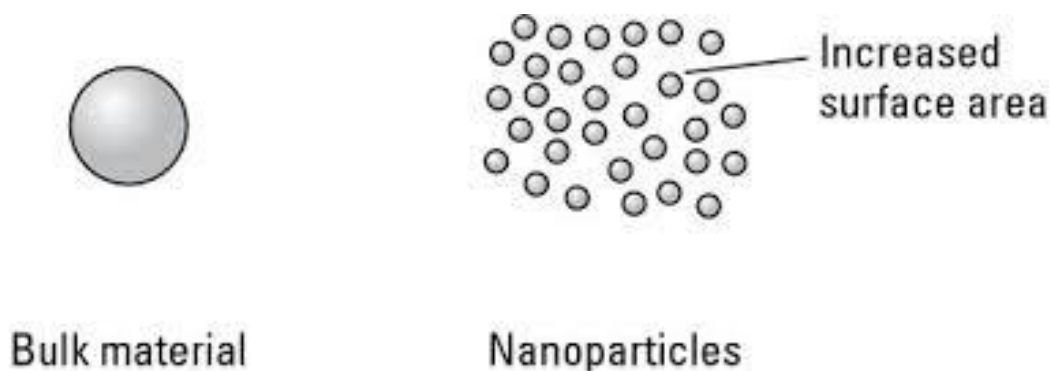
مثال‌های کلیدی: نانولوله‌های کربنی (Carbon Nanotubes (CNTs))
گرافن (Graphene)



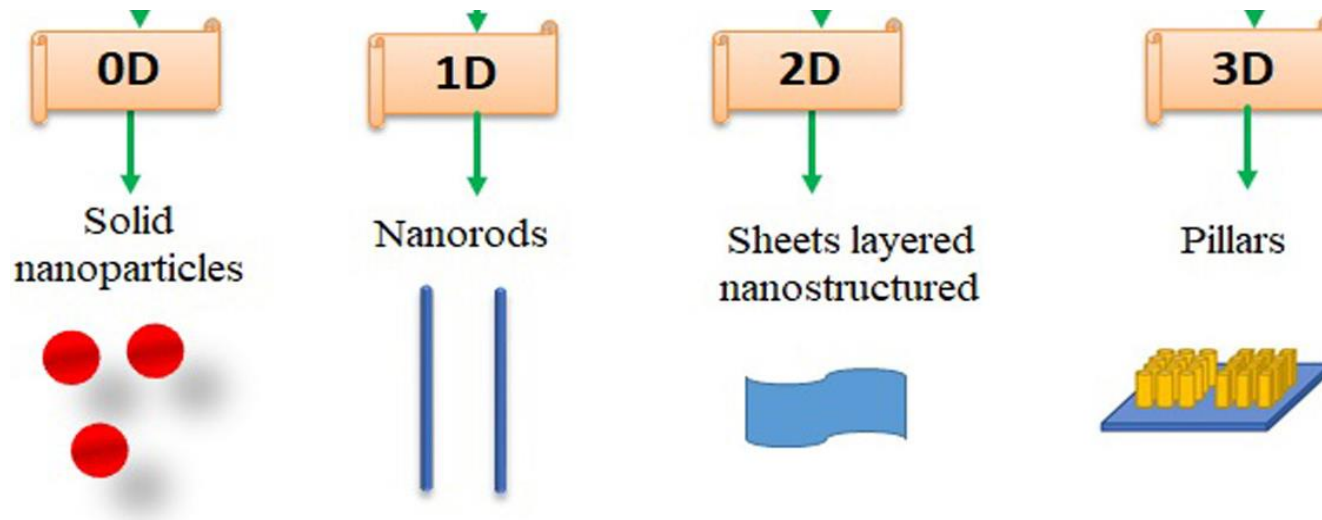
❖ خصوصیات مواد علاوه بر ترکیب و ساختار به ابعاد مواد هم بستگی دارند.

❖ نانومواد دارای خواص فیزیکی، مکانیکی، شیمیایی، نوری و مغناطیسی ویژه ای در برابر مواد توده ای هستند.

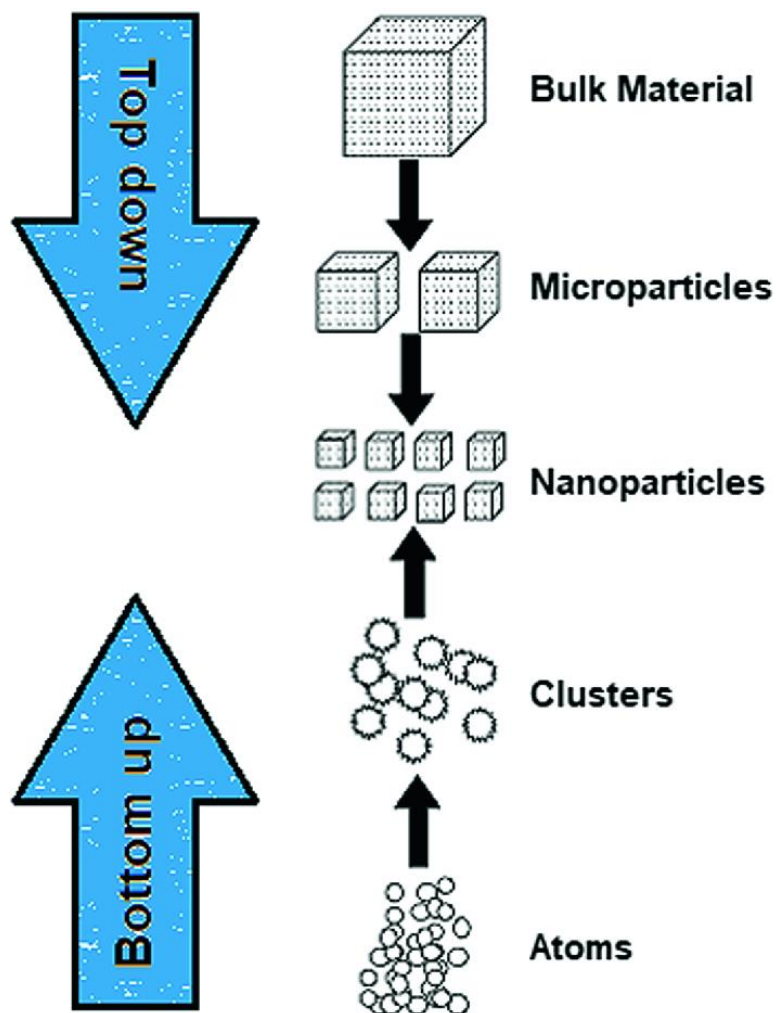
❖ بنابراین، نانومواد به دلیل خواص منحصر به فرد مورد توجه بسیاری قرار گرفته اند.



❖ نانو مواد بر اساس ابعاد و مورفولوژی طبقه بندی می شوند.



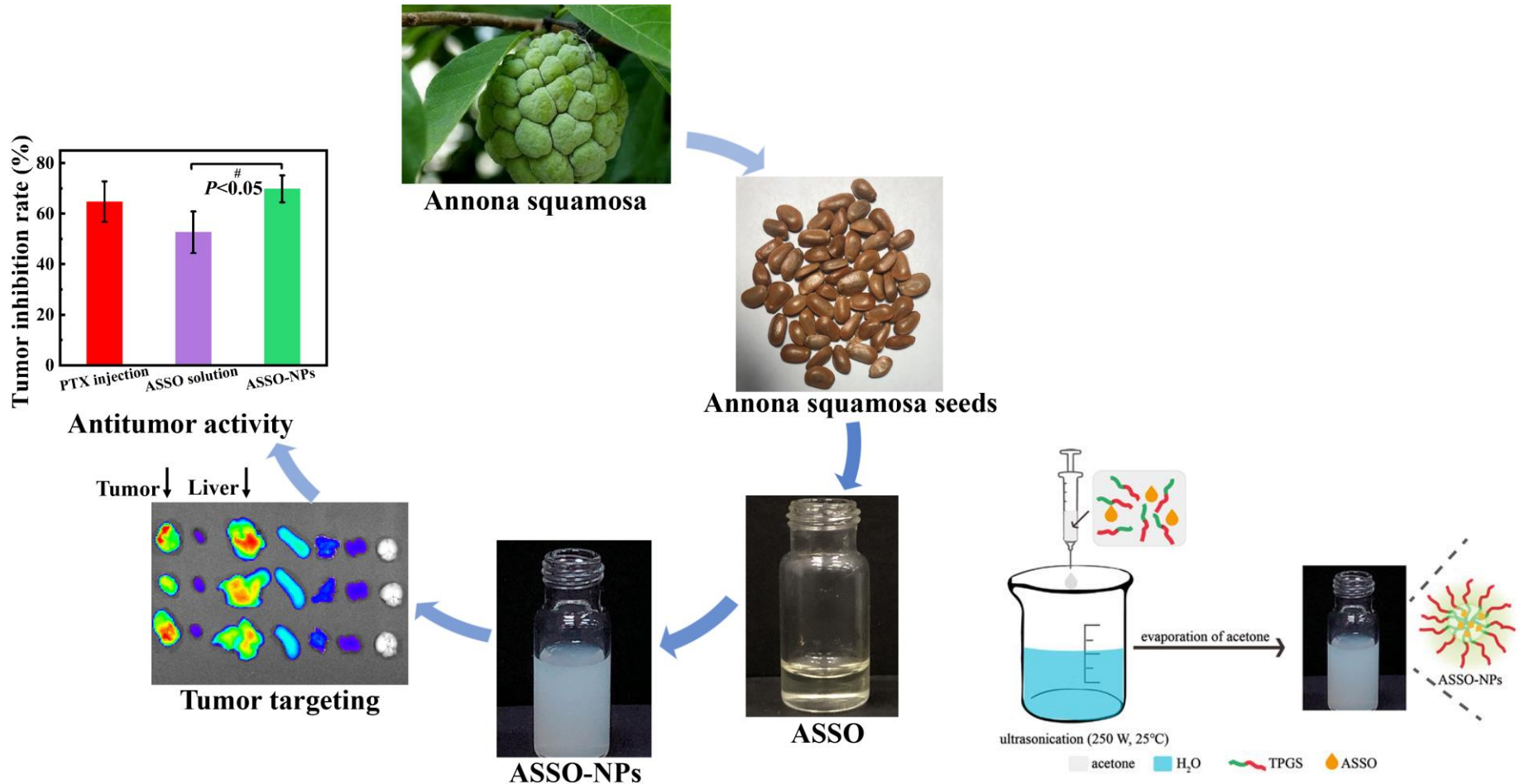
اصلی ترین روش های ساخت مواد در مقیاس نانو



- ❖ روش بالا به پایین (فاز جامد)
- ❖ روش پایین به بالا (فاز مایع و فاز گاز)

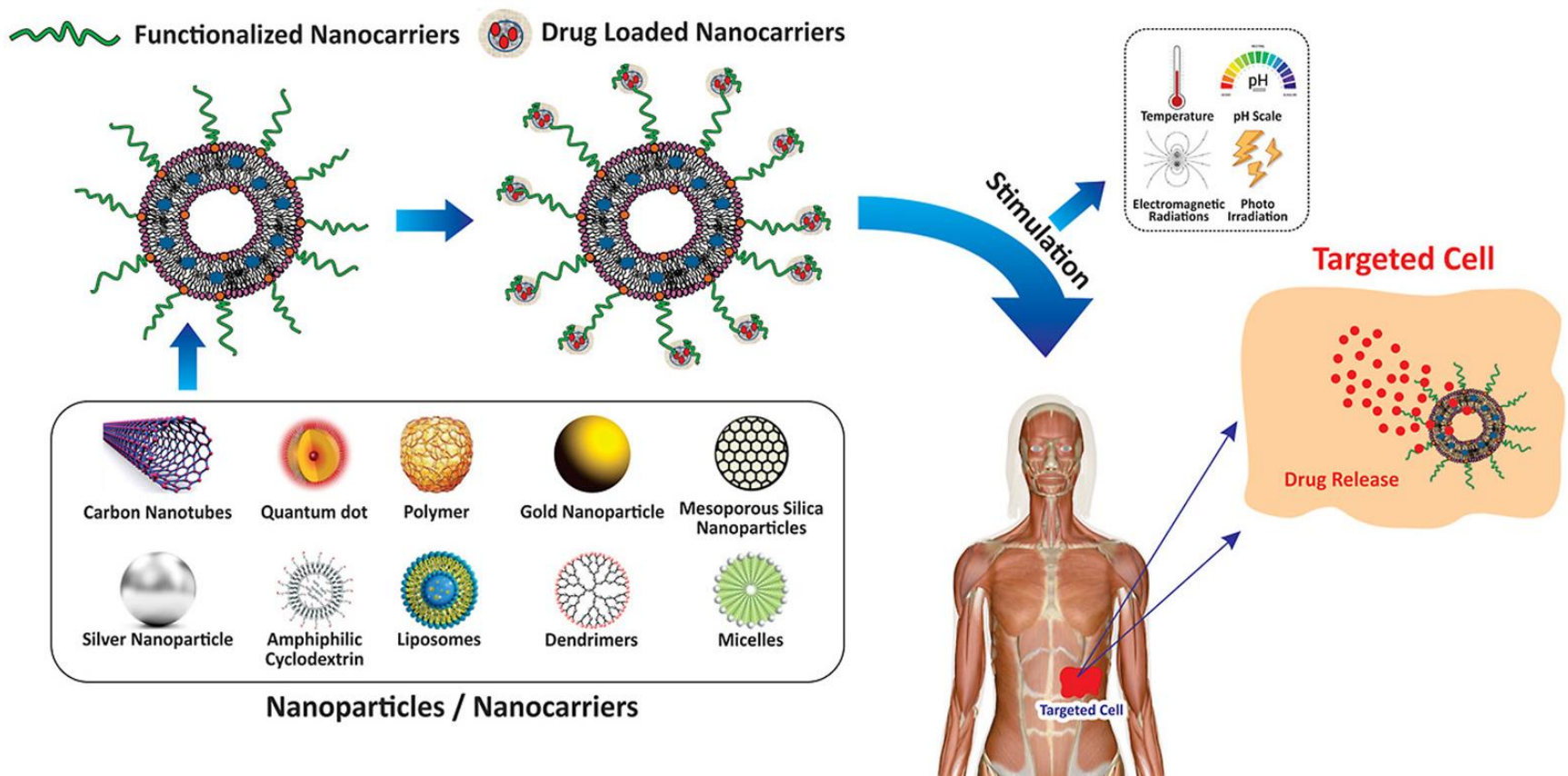
کاربردهای حیاتی نانوذرات در پزشکی

❖ افزایش حلالیت و پایداری داروهای کم محلول



کاربرد های حیاتی نانو ذرات در پزشکی

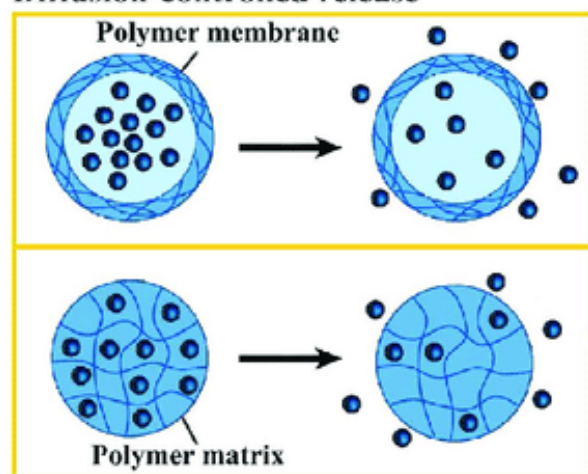
❖ هدفمندسازی دارو (Drug Targeting) / نتیجه: کاهش عوارض جانبی و افزایش اثربخشی



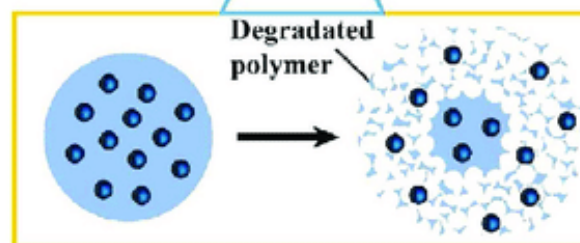
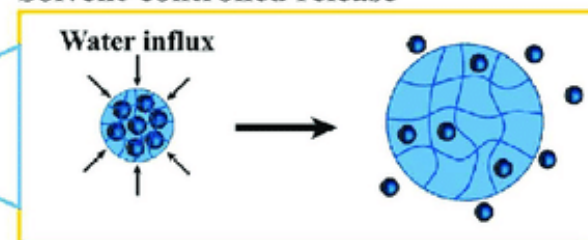
کاربردهای حیاتی نانوذرات در پزشکی

❖ رهایش کنترل شده دارو (Controlled Release)

Diffusion-controlled release



Solvent-controlled release

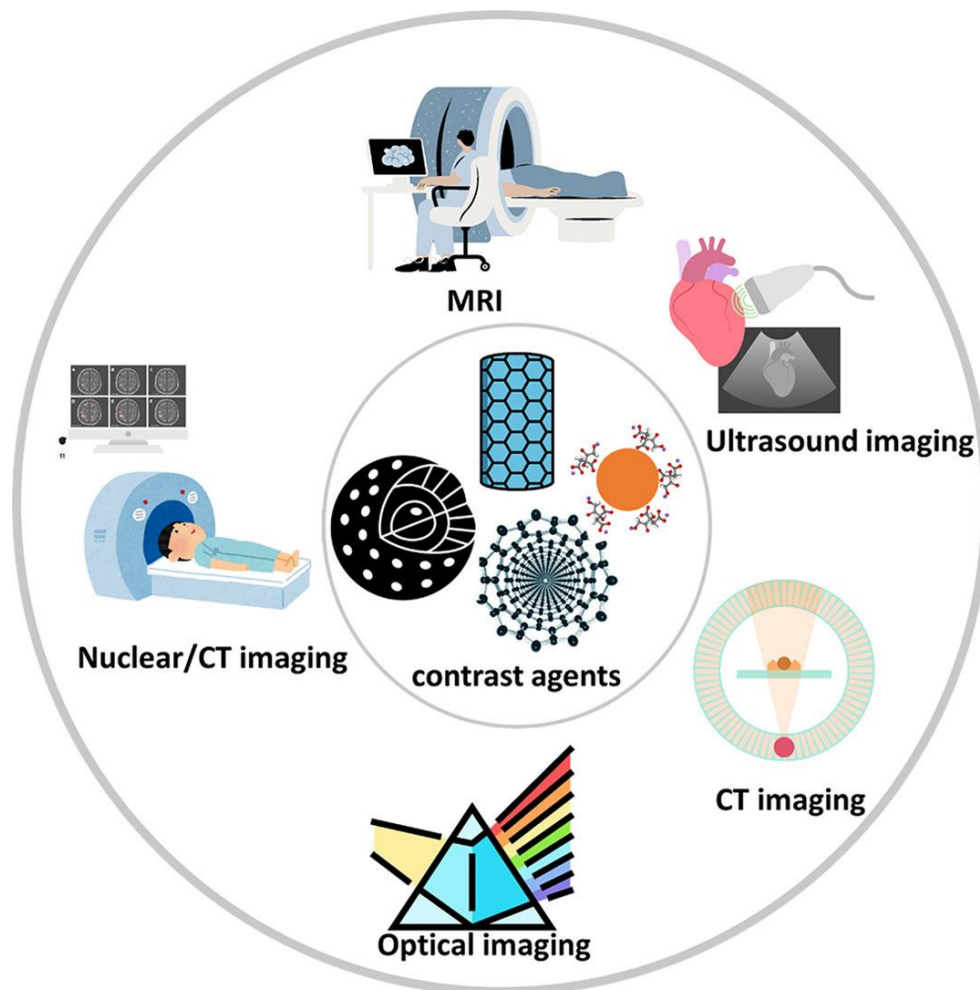


Degradation-controlled release

● Drug molecule

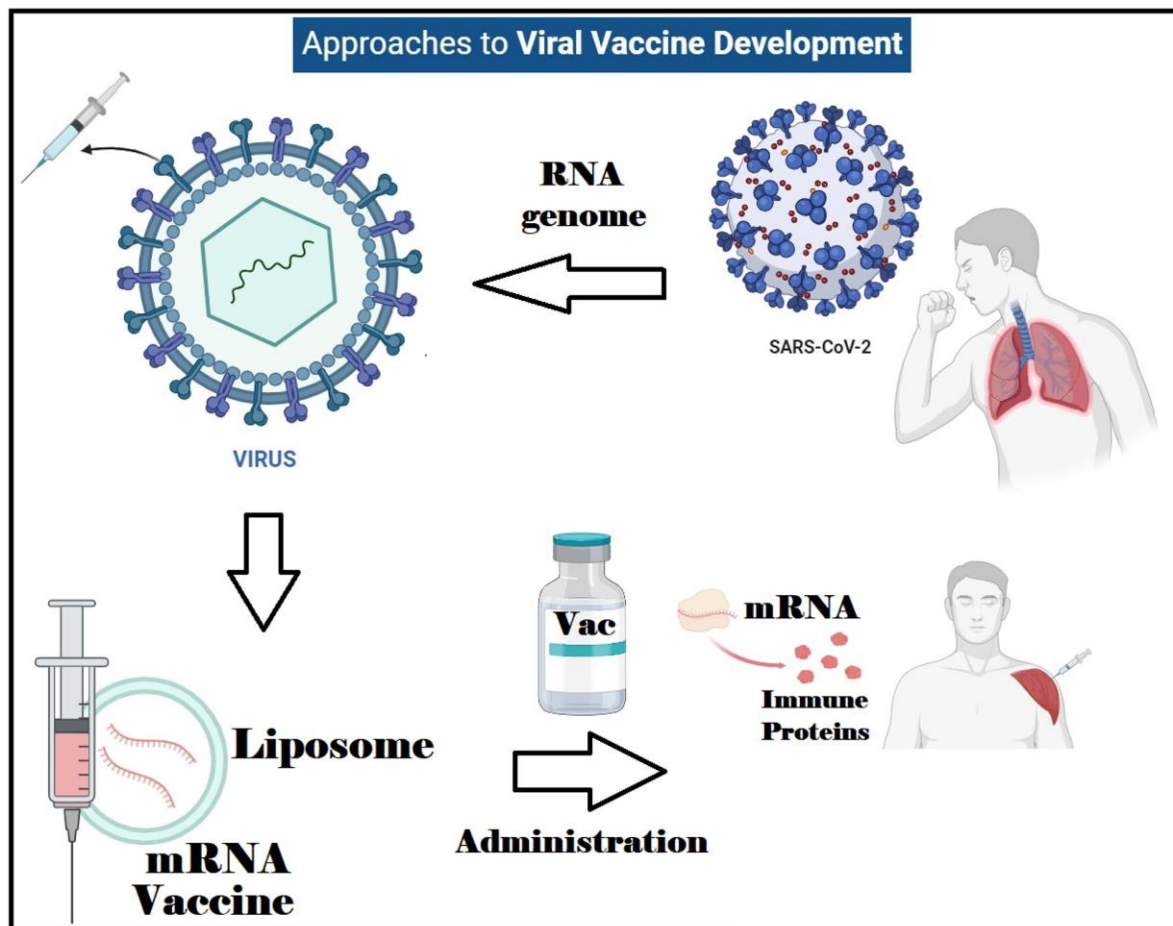
کاربرد های حیاتی نانو ذرات در پزشکی

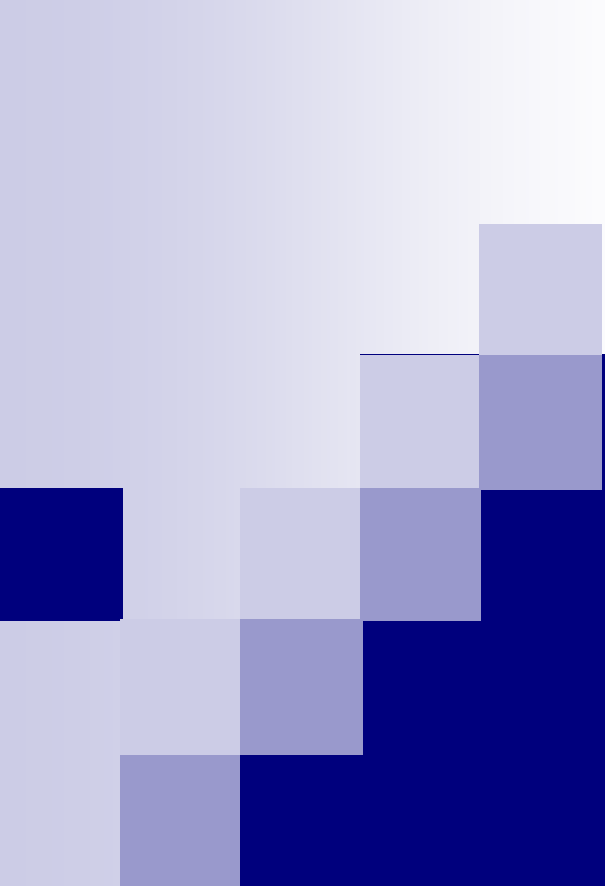
❖ بهبود تصویربرداری تشخیصی



کاربرد های حیاتی نانو ذرات در پزشکی

❖ کاربرد در واکسن ها





آشنایی با روش های مشخصه یابی نانوذرات

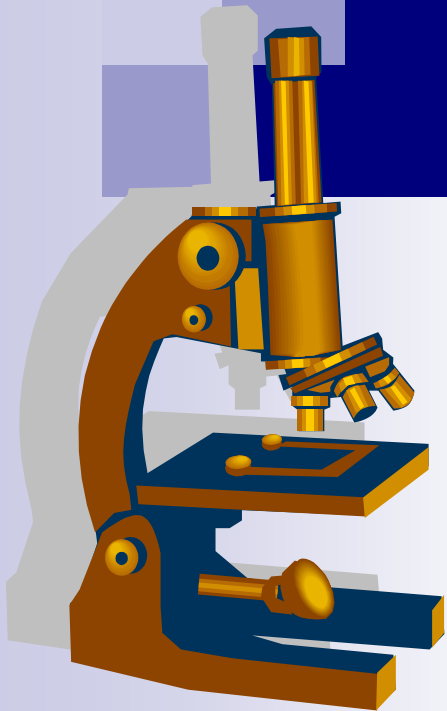
❖ مشخصه یابی به مطالعه ویژگی های مواد اشاره دارد.

❖ نانو ذرات دارای مشخصات و ویژگی های متنوعی هستند که برای تعیین هرکدام از آنها به ابزار و وسایل دقیقی نیاز است.

❖ از این رو تجهیزات و روش هایی شامل آنالیز میکروسکوپی، آنالیز ساختاری، روش های تعیین اندازه و سطح ویژه ذرات، آنالیز عنصری، روش های تعیین خواص فیزیکی برای این منظور مورد استفاده قرار می گیرند.

❖ نتیجه آنالیزها به صورت تصویر، طیف و یا گراف است که اطلاعاتی در مورد ابعاد، شکل، انواع پیوندها و عناصر ارائه می دهند.

مطالعه به کمک میکروسکوپ



معرفی برخی اصطلاحات

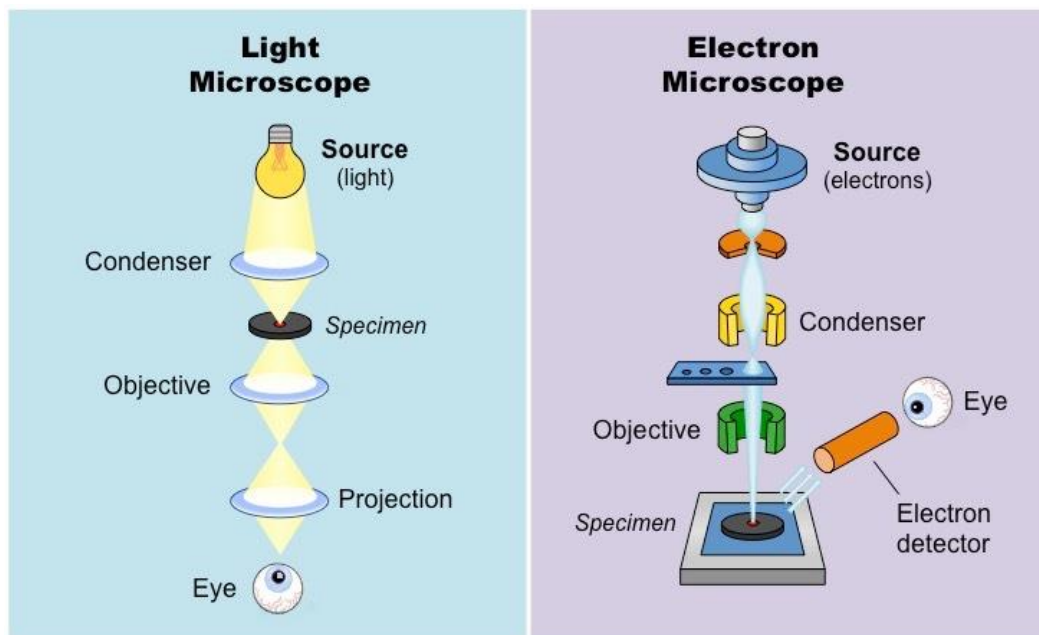
- ❖ بزرگنمایی (Magnification): به نسبت اندازه ی تصویر به اندازه شیء بزرگنمایی گفته می شود.
- ❖ وضوح یا تفکیک پذیری (Resolution): توانایی یک سیستم برای متمایزسازی جزئیات یک تصویر به عبارت دیگر قدرت تفکیک به معنای کوچکترین فاصله بین دو نقطه است که می توان دو نقطه مجزا را تشخیص داد. وضوح بالاتر به معنای جزئیات بیشتر تصویر است.
- ❖ لزوما بزرگنمایی بیشتر به معنای قدرت تفکیک بالاتر نیست.
- ❖ به کمک میکروسکوپ نوری میتوان بزرگنمایی های مختلفی را فراهم نمود. این کار با جایگزینی عدسی هایی با فاصله ی کانونی متفاوت و یا تغییر فاصله ی تمام اجزای میکروسکوپ انجام می شود.
- ❖ اندازه ی کوچکترین جزئیاتی که به طور معمول در یک میکروسکوپ نوری قابل تشخیص است به $200\text{ }\mu\text{m}$ محدود می شود. باید توجه داشت که چشم غیرمسلح انسان می تواند جزئیاتی به اندازه $200\text{ }\mu\text{m}$ را تشخیص دهد.

❖ مهمترین فاکتور در مطالعه نانو مواد بررسی شکل، ابعاد و مورفولوژی این مواد است.

❖ بشر از دیرباز از میکروسکوپ برای بزرگنمایی تصاویر استفاده می نموده است.

Micro : ریز Scope : نگاه کردن

❖ اصولاً از دو تکنیک مختلف در روش های تصویری استفاده می گردد: (۱) استفاده از نور (۲) استفاده از الکترون





LIGHT MICROSCOPE



ELECTRON MICROSCOPE

❖ اصولاً میکروسکوپ الکترونی مشابه میکروسکوپ نوری است اما ظاهر آن بسیار متفاوت است و به علت داشتن منبع تهیه الکترون بسیار بزرگتر است. کل سیستم باید در یک خلا نگهداری شود زیرا هوا مانع حرکت الکترون‌ها خواهد شد.

❖ در میکروسکوپ الکترونی به جای نور از پرتوهای الکترونی پر انرژی استفاده می‌گردد از آنجائیکه طول موج تابش الکترون بسیار کوتاهتر از پرتوهای نوری است تصاویر بدست آمده دارای بزرگنمایی بیشتری نسبت به میکروسکوپ نوری می‌باشند.

❖ به دست آوردن اطلاعات ساختاری، مورفولوژی و شیمیایی نانومواد با میکروسکوپ الکترونی به علت بزرگنمایی و قدرت تفکیک بالای آن امکان پذیر است.

❖ از میکروسکوپ نوری در مورد نانو موادها به ندرت استفاده می‌شود دلیل آن پایین بودن قدرت تفکیک آن به علت بزرگ بودن طول موج فوتون‌های نوری است.

انواع میکروسکوپ الکترونی

میکروسکوپ الکترونی عبوری

Transmission Electron Microscope (TEM)

میکروسکوپ الکترونی روبشی

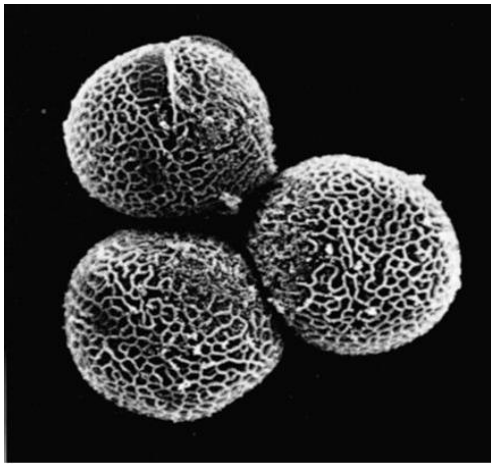
Scanning Electron Microscope (SEM)

❖ در ابتدا نوع TEM در سال ۱۹۳۲ ساخته شد. سپس SEM در سال ۱۹۳۸ طراحی و در سال ۱۹۴۲ ساخته شد.

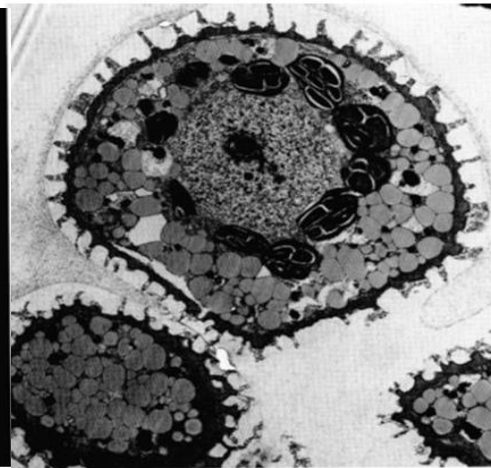
❖ SEM تصویری بزرگنمایی شده از سطح نمونه، آنطور که با چشم مشاهده می شود را فراهم می کند.

❖ TEM اطلاعاتی در مورد ساختار داخلی جامدات ارائه می کند و تصویر به دست آمده از آن شباهتی با مشاهدات چشمی ندارد.

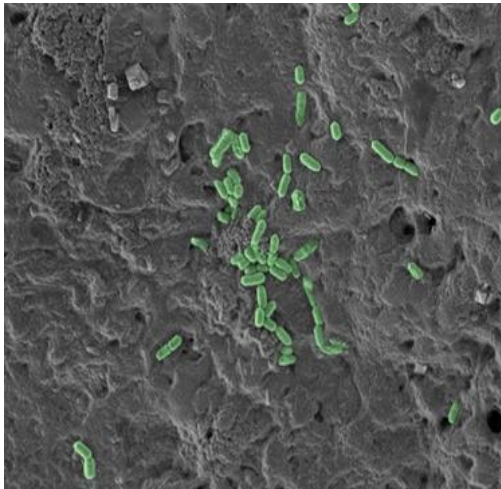
SEM



TEM



در **SEM** پرتو الکترون بر روی سطح نمونه Scan میشود و باعث کنده شدن الکترون های سطحی نمونه شده و تصویری سه بعدی به ما می دهد.



در **TEM** پرتو الکترون از برش بسیار نازک نمونه ها عبور کرده و تصویری دو بعدی را روی صفحه به ما میدهد. وضوح تصویر در TEM هزار برابر بیشتر از یک میکروسکوپ نوری است.

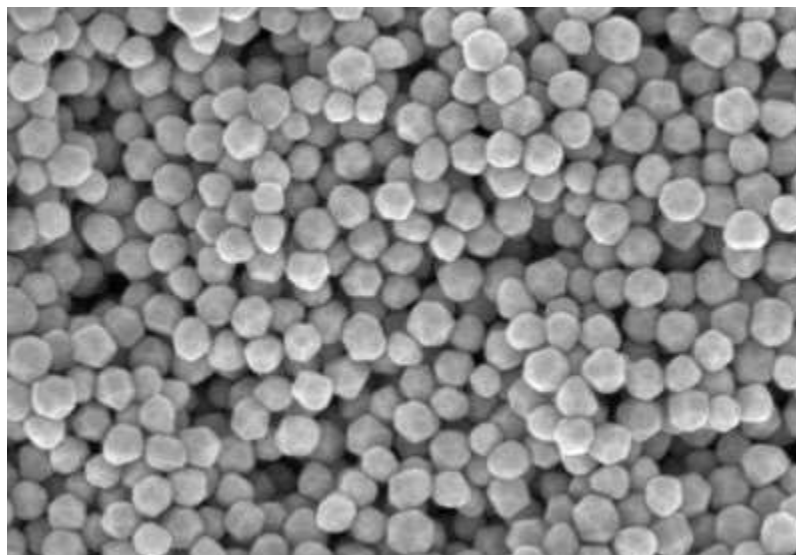
قسمت های تاریک تر بیانگر این امر هستند که الکترون های کمتری از این قسمت جسم عبور کرده اند (این بخش از نمونه چگالی بیشتری دارد) و نواحی روشن تر مکانهایی هستند که الکترون از آنها عبور کرده است

- ❖ در میکروسکوپ TEM وضوح 0.2 نانومتر است که در حد اتم است (بیشتر اتم ها ابعادی تقریبا برابر 0.2 نانومتر دارند).
- ❖ استفاده از میکروسکوپ TEM گران و وقت گیر است چرا که نمونه باید در ابتدا به شیوه ای خاص آماده شود لذا تنها در مواردی خاص از این میکروسکوپ استفاده نمایند.
- ❖ از میکروسکوپ TEM جهت آنالیز ریخت شناسی و مطالعه ساختار درون نمونه تا حد اتم استفاده می شود.
- ❖ چنانچه هدف، مطالعه ساختار درون نمونه تا حد اتم باشد، باید امکان آماده سازی نمونه به صورت لایه های بسیار نازک وجود داشته باشد تا الکترون از آن عبور کند. در مورد اجسام نرم میتوان آنها را فریز کرد.
- ❖ برای برش دادن نمونه ها به مقاطع بسیار نازک جهت مشاهده توسط TEM از اولترامیکروتوم استفاده می گردد.
- ❖ الکترونها با توان $50-125$ کیلوولت نمی توانند از ضخامت بیش از 150 نانومتر بگذرند.
- ❖ برای بهترین قدرت تفکیک باید ضخامت برشها $30-60$ نانومتر باشد.

❖ در SEM بمباران نمونه سبب می شود تا از نمونه الکترونیایی به سمت صفحه دارای بار مثبت رها شود که این الکترون ها در آنجا تبدیل به سیگنال می شوند. حرکت پرتو بر روی نمونه مجموعه ای از سیگنال ها را فراهم می کند که بر این اساس میکروسکوپ می تواند تصویری از سطح نمونه را بر صفحه کامپیوتر نمایش دهد.

❖ SEM اطلاعاتی در خصوص مرفولوژی سطح، شکل و اندازه نمونه فراهم می کند.

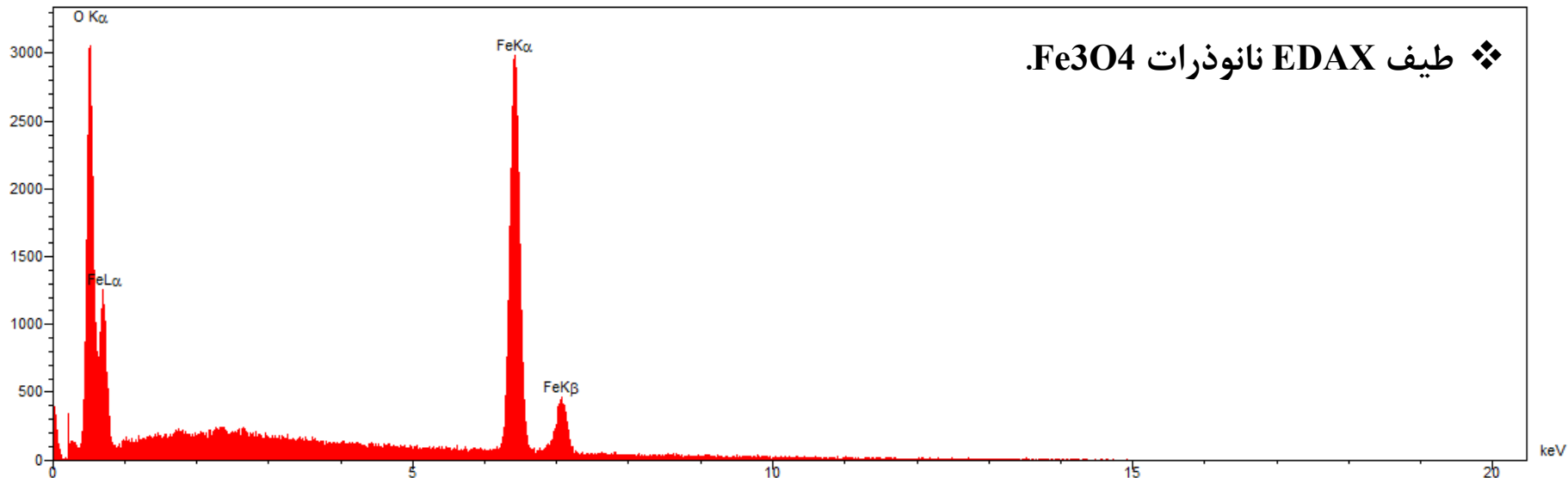
❖ وضوح در SEM ۱-۲ نانومتر است.



EDAX-MAP آنالیز



- ❖ از آنالیز طیف سنجی پراش انرژی پرتو ایکس (Energy Dispersive X-Ray Analysis) (EDS) یا (EDAX) یک افزونه در دستگاه های SEM جهت تشخیص درصد عناصر در نمونه های جامد است.
- ❖ این آنالیز می تواند با استفاده از انرژی اشعه ایکس منحصر به فرد ساطع شده از نمونه، نوع عنصر و درصد وزنی یا اتمی آن را تشخیص بدهد.
- ❖ این روش می تواند عناصر سبکی همانند اکسیژن، کربن و هالوژنها (فلوئور (F)، کلر (Cl)، برم (Br)، ید (I) و آستاتین (At) را نیز تشخیص دهد.
- ❖ آنالیز EDAX امکان اندازه گیری عناصر هیدروژن و هلیم را ندارد و در اندازه گیری عناصر تناوب دوم (مانند کربن، نیتروژن، اکسیژن و ...) با خطای قابل توجهی رو به رو است.
- ❖ عناصر تشکیل دهنده نمونه باید مشخص باشد. آنالیز EDAX برای بررسی نمونه های کاملاً مجهول مناسب نیست.
- ❖ حداقل نمونه مورد نیاز ۵ میلی گرم (۰/۰۰۵ گرم)
- ❖ کلیه نتایج به صورت یک فایل Word برای متقاضی ارسال می شود. نتایج EDAX شامل تصویر نمودار شدت پرتو اشعه ایکس بر حسب انرژی آن و یک جدول شامل درصد وزنی، درصد جرمی و خطای اندازه گیری عناصر تشکیل دهنده است، گزارش می شود.



Elt	W%	A%
O	25.64	54.62
Fe	74.36	45.38

❖ درصد وزنی (W%) غلظت عنصر در نمونه است. درصد وزنی یک عنصر، وزن آن عنصر اندازه گیری شده در نمونه تقسیم بر وزن تمام عناصر نمونه ضربدر ۱۰۰ است.

❖ درصد اتمی (A%) تعداد اتمهای آن عنصر است، درصد اتمی از تقسیم درصد وزن اتمی بر تعداد کل اتمهای نمونه ضربدر ۱۰۰ به دست می آید.

طیف سنجی فوریه ی مادون قرمز
Fourier-transform infrared
spectroscopy
(FTIR)

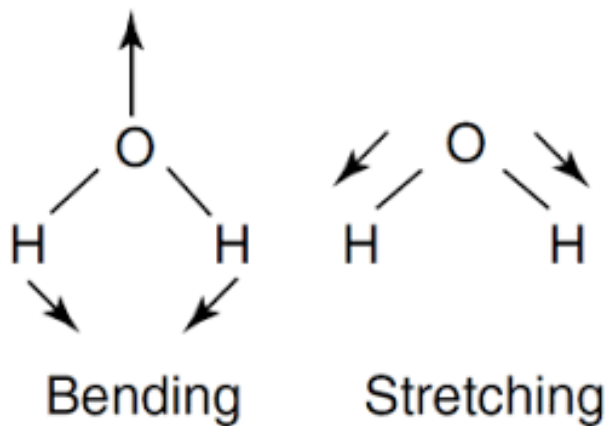


❖ آنالیز FTIR (آنالیز مادون قرمز مادون قرمز تبدیل فوریه) یکی از آنالیزهای پرکاربرد در زیر مجموعه های آنالیزهای طیف سنجی می باشد.

❖ با مطالعه طیف مادون قرمز خروجی دستگاه میتوان پیوندهای شیمیایی و گروه های عاملی مواد را شناسایی کرد. همچنین این روش شناخته شده ترین روش برای مطالعه اصلاحات سطحی صورت گرفته بر روی نانوذرات است.

❖ هزینه پایین و سرعت بالای آنالیز FTIR باعث کاربرد گسترده آن در رشته ها و صنایع گوناگون شده است.

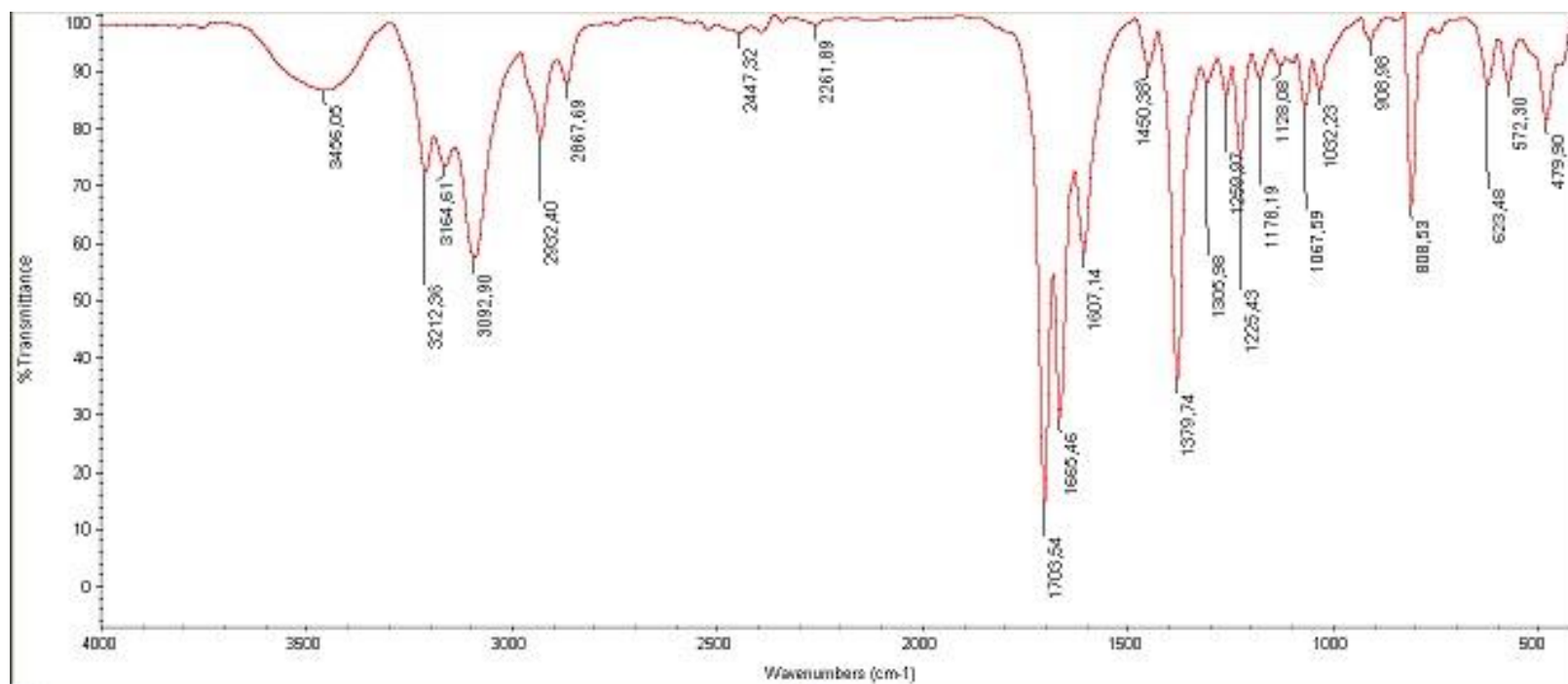
❖ اگر اتم هایی که در دو طرف یک پیوند شیمیایی قرار دارند متفاوت باشند، یک دو قطبی الکتریکی ایجاد می نمایند که در یک فرکانس مشخص ارتعاش می کنند.



❖ اساس آنالیز FTIR در پرتوی های مادون قرمز جذب شده توسط نمونه ناشی از برهمکنش میان ارتعاشات پیوندهای شیمیایی نمونه و تابش ناشی از نور منبع می باشد.

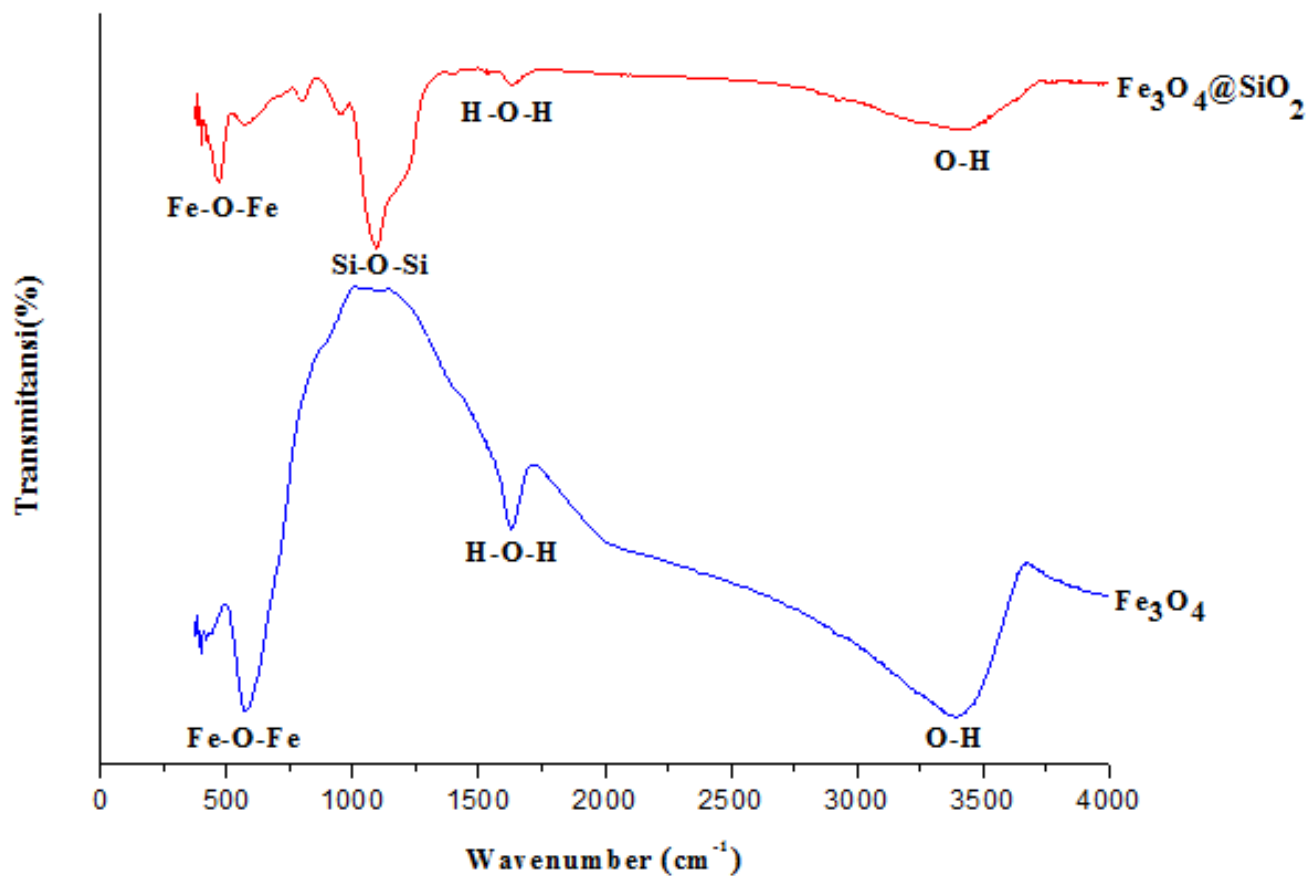
❖ اطلاعات حاصل از جذب (A) مادون قرمز که با طول موج تابشی منبع (λ) تغییر می کند، به صورت یک طیف به نمایش گذاشته میشود.

❖ محور عرض شدت عبور تابش (T) بر حسب درصد و محور طول عدد موجی متناظر با طول موج نور مادون قرمز تابیده شده بر حسب cm^{-1} را نشان می دهد.



❖ مولکول‌هایی همچون O_2 ، N_2 و Cl_2 که دارای پیوند غیرقطبی هستند، هیچ برهمکنش میان تابش مادون قرمز و پیوند نخواهند داشت.

❖ برای اثبات عامل دار شدن یا نشدن نانوذرات با یک ترکیب دیگر یا صحت پوشش دار شدن یک طیف از ترکیب اولیه و یک طیف هم از ترکیب عامل دار شده یا پوشش دار شده گرفته می شود و سپس جزئیات طیفی هر دو مورد مقایسه قرار می گیرد و تغییرات ایجاد شده تحلیل می گردد.



❖ متداول ترین روش آماده سازی نمونه های جامد، قرص سازی با پتاسیم بروماید (KBr) بسیار حساس به رطوبت است.

❖ حدود یک میلی گرم از هر نمونه با ۱۰۰ میلی گرم KBr درون هاون عقیق به خوبی مخلوط می شود. سپس مقداری از آن در قالب فلزی مخصوص ریخته شده و با دستگاه پرس هیدرولیک تحت فشار قرار می گیرد تا یک قرص شفاف به دست آمد و قرص برای آنالیز درون دستگاه قرار داده می شود و طیف مادون قرمز آن در ناحیه $400-4000\text{ cm}^{-1}$ ثبت می گردد.

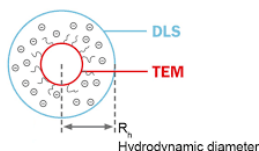


آنالیز پراکندگی نور دینامیکی Dynamic light scattering (DLS)



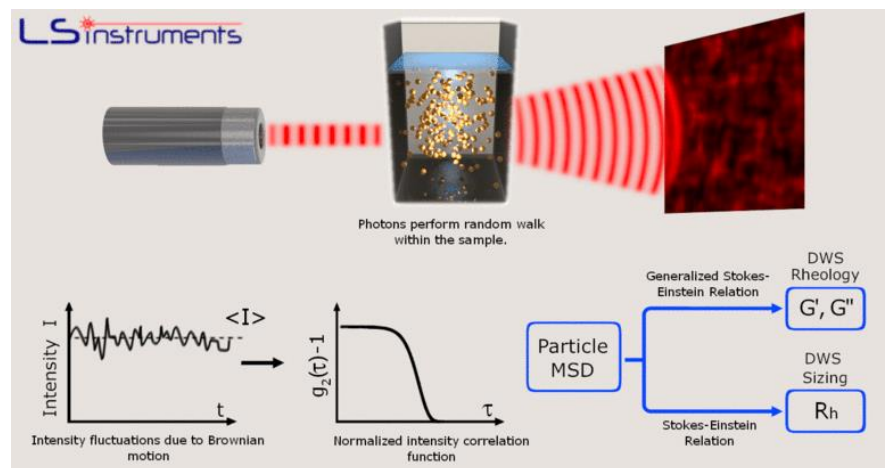
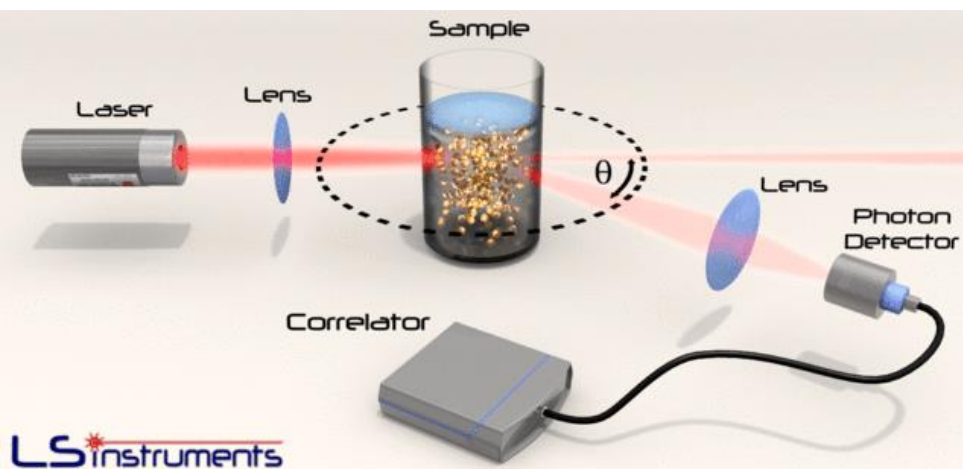
❖ پراکندگی نور دینامیکی (DLS) روشی فیزیکی است که برای تعیین توزیع اندازه ذرات در محدوده چند نانومتر تا میکرون موجود در محلول ها و سوسپانسیون است.

❖ آنالیزهای SEM و TEM اندازه ذرات را در حالت خشک بررسی می کنند. با این حال برای رنج گسترده ای از کاربردها نیاز به پخش کردن ذرات در یک مایع است، باید رفتار ذرات در مایعات نیز بررسی شود که در نتیجه نیاز به انجام آنالیز DLS است.



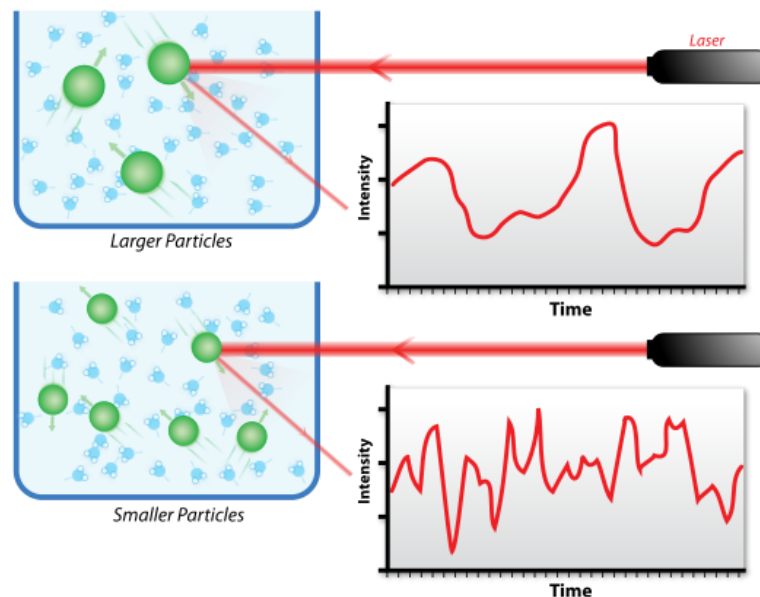
❖ این روش به **برهمکنش نور با ذره** بستگی دارد. نور پراکنده شده به وسیله ی نانوذرات به قطر ذرات ارتباط دارد.

❖ هنگامی که پرتو لیزر با فرکانس معین به ذرات متحرک برخورد کند، نور با فرکانس متفاوت پخش شده و در فاز نور پخش شده نوسان ایجاد می شود.



❖ میزان تغییر در فرکانس نور پخش شده با اندازه ذرات ارتباط دارد.

❖ مشاهده ی ذرات بزرگ تر در مقایسه با ذرات کوچک تر نشان می دهد که در دمای ثابت، ذرات بزرگ تر بسیار آهسته تر حرکت می کنند و ذرات کوچک تر تغییر بیشتری را در فرکانس نور ایجاد می کنند.



❖ نمونه های پودری باید قبل از آنالیز درون یک مایع (معمولا آب یا الکل) دیسپرس شوند تا کلوئیدی یکنواخت بدست آید. برای این که نرم افزار دستگاه DLS بتواند تحلیل صحیحی داشته باشد نیاز است تا ضریب شکست و ویسکوزیته فاز مایع مشخص باشد و برای تحلیل به نرم افزار داده شود.

SZ-100

Emadi-Fe304_0363.nsz Measurement Results

Date	: Wednesday, February 06, 2019 10:55:53 AM
Measurement Type	: Particle Size
Sample Name	: Emadi
Scattering Angle	: 90
Temperature of the Holder	: 24.9 °C
Dispersion Medium Viscosity	: 0.897 mPa·s
Transmission Intensity before Meas.	: 1940
Distribution Form	: Standard
Distribution Form(Dispersity)	: Monodisperse
Representation of Result	: Number(Rayleigh)
Count Rate	: 213 kCPS

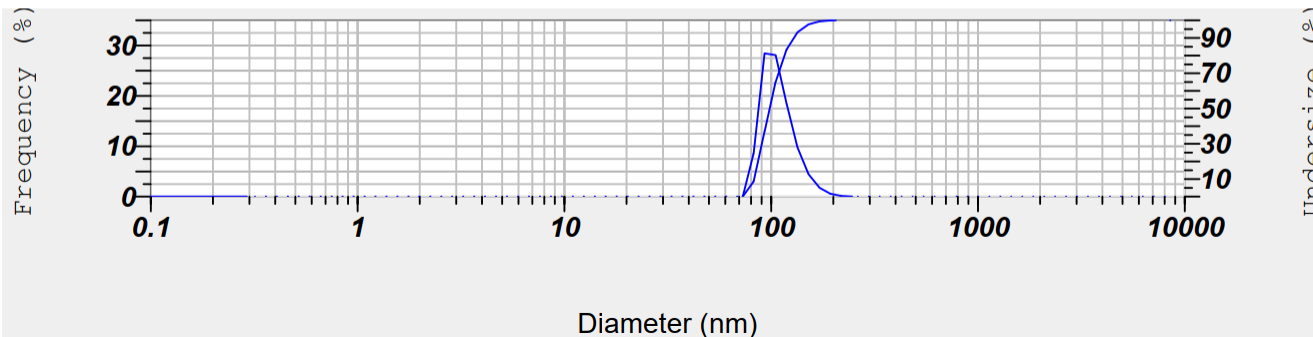
❖ نتایج آنالیز DLS شامل یک فایل PDF است که در بخش اول این فایل مشخصات نمونه و شرایط آزمون را نشان می‌دهد. در بخش‌های دیگر این فایل نتایج نمودارهای توزیع اندازه و شدت ذرات گزارش می‌شود.

Calculation Results

Peak No.	S.P.Area Ratio	Mean	S. D.	Mode
1	1.00	102.4 nm	19.2 nm	91.3 nm
2	---	--- nm	--- nm	--- nm
3	---	--- nm	--- nm	--- nm
Total	1.00	102.4 nm	19.2 nm	91.3 nm

Cumulant Operations

Z-Average	: 143.0 nm
PI	: 0.377



پتانسیل زتا

Zeta Potential



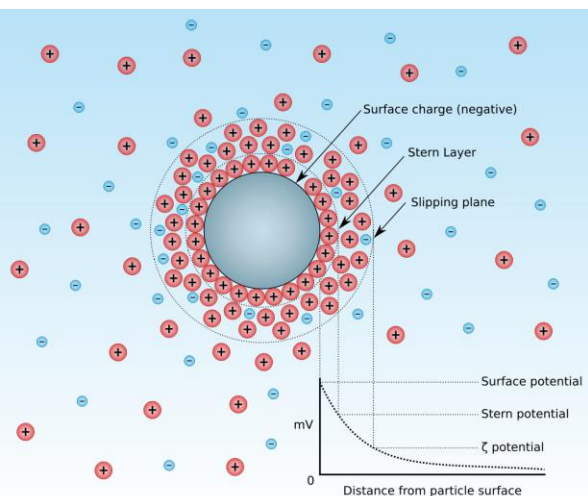
❖ پتانسیل زتا اندازه گیری بار الکتریکی موثر بر روی سطح نانوذرات در محیط مایع است.

❖ میزان بارذرات در کاربردهای گسترده ای از اهمیت بالایی برخوردار است.

❖ بار بالای ذرات چه منفی و چه مثبت منجر به پایداری ذرات در مایعات، عدم رسوب دادن آنها و چگونگی برهمکنش ذرات می شود.

❖ ذرات باردار درون حلال یون‌هایی با بار مخالف را جذب می‌کنند. این امر باعث می‌شود تا روی سطح ذرات باردار یون‌هایی با بار مخالف جمع شوند.

❖ پتانسیلی که در این فاصله وجود دارد را به نام پتانسیل زتا نامیده می‌شود.



SZ-100

Measurement Results

Emadi-304_0354.nzt Measurement Results

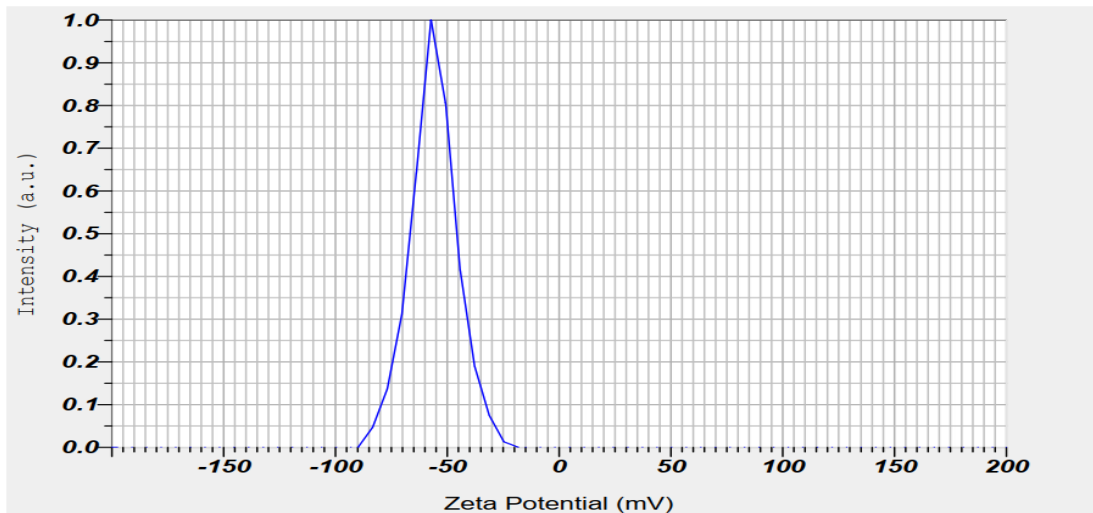
Date : Wednesday, February 06, 2019 10:18:21 AM
 Measurement Type : Zeta Potential
 Sample Name : Emadi-304
 Temperature of the Holder : 25.0 °C
 Dispersion Medium Viscosity : 0.895 mPa·s
 Conductivity : 0.094 mS/cm
 Electrode Voltage : 3.8 V

Calculation Results

Peak No.	Zeta Potential	Electrophoretic Mobility
1	-56.0 mV	-0.000434 cm ² /Vs
2	--- mV	--- cm ² /Vs
3	--- mV	--- cm ² /Vs

Zeta Potential (Mean) : -56.0 mV

❖ نتایج آزمون پتانسیل زتا به صورت فایل PDF و یک فایل Excel ارائه می شود که فایل PDF شامل شرایط آزمون، نمودار پراکندگی پتانسیل زتا و میانگین پتانسیل زتا است.



آنالیز توزین حرارتی

Thermal gravimetric analysis (TGA)

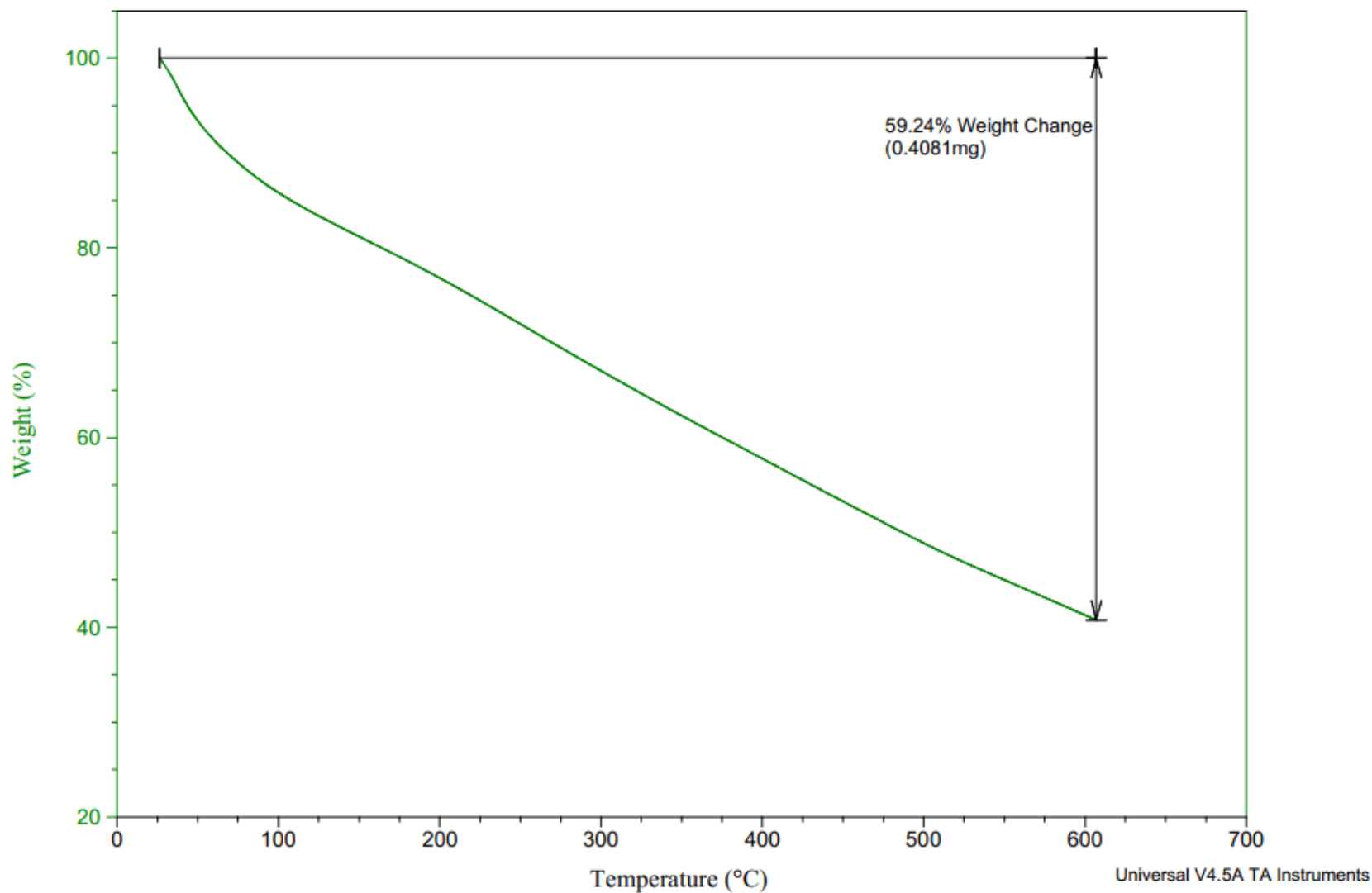


- ❖ آنالیز TGA در دسته آنالیزهای حرارتی است که تغییرات وزن نمونه بر اثر تغییر دما ثبت شده و به صورت یک نمودار ارائه می شود.
- ❖ با تفسیر نتایج این آنالیز می توان به اطلاعاتی مانند پایداری حرارتی و میزان رطوبت ماده دست یافت.
- ❖ همچنین امروزه از این آنالیز برای بررسی میزان بارگذاری مواد آلی و داروها در نانوذرات معدنی استفاده می گردد.
- ❖ در آزمون TGA نمونه در یک بوته از جنس آلومینا و یا پلاتین قرار داده می شود. این بوته درون یک کوره قرار دارد و بوته به یک ترازوی حساس متصل است. کوره می تواند با یک نرخ مشخص (از ۱ تا ۳۰ درجه سانتی گراد بر دقیقه) نمونه را گرم کند.
- ❖ با این روش می توان به بررسی تغییرات وزن نمونه بر اثر تغییر دما پرداخت. غالباً عواملی مانند از دست دادن رطوبت، خروج ترکیبات فرار، سوختن ترکیبات آلی، تجزیه حرارتی و اکسید شدن باعث تغییر جرم نمونه می شود.

Sample: a
Size: 0.6890 mg
Method: Cyclic
Comment: 25-600@5-Air

DSC-TGA

File: G:\...99-09-12 99072828\la\la.001
Operator: Beam Gostar Taban
Run Date: 01-Dec-2020 20:27
Instrument: SDT Q600 V20.9 Build 20





با سپاس فراوان از
توجه شما عزیزان