تقنية النانو

مقدمة

أصبحت تقنية النانو في طليعة المجالات الأكثر أهمية وإثارة في الفيزياء، الكيمياء، الأحياء والهندسة ومجالات عديدة اخرى. فقد أعطت أملاً كبيراً لثورات علمية في المستقبل القريب ستغير وجهة التقنية في العديد من التطبيقات. ويعود الإهتمام الواسع بتقنية النانو إلى الفترة مابين 1996 إلى 1998م عندما قام مركز تقييم التقنية العالمي الامريكي (WTEC) بدراسة تقويمية لأبحاث النانو وأهميتها في الإبداع التقني. وخلصت الدراسة إلى نقاطٍ من أهمها أن لتقنية النانو مستقبلاً عظيماً في جميع المجالات الطبية والعسكرية والمعلوماتية والالكترونية والحاسوبية والبتروكيميائية والزراعية والحيوية وغيرها، وأن تقنية النانو متعددة الخلفيات فهي تعتمد على مبادئ الفيزياء والكيمياء والهندسة الكهربية والكيميائية وغيرها إضافةً لتخصص الأحياء والصيدلة. ولذا فإن الباحثين في مجالٍ ما لابد أن يتواصلوا مع الآخرين في مجالات أخرى من أجل الحصول على خلفية عريضة عن تقنية النانو و مشاركة فعالة في هذا المجال المثير. كما أنّ الإداريين ذوي العلاقة وداعمي هذه الأبحاث لابد من أن يُلمّوا بإيجاز عام عن هذه المجالات.

مفهوم النانو:

(Nano) كلمة النانو هي بادئة ممشتقة من اللغة اليونانية القديمة وتعني القزم

ومن أجل فهم مقياس النانو، نحن بحاجة إلى معرفة الوحدات المستخدمة في قياس وتحديد أبعاد المواد:

أي أن النانومتر يساوي جزء من مليار جزء من المتروبمعنى آخر أن المتر يحتوي مليار جزء من النانومتر، وهذا المقياس أصغر من طول موجة الضوء المرئي، وأقل بمائة ألف مرة من سمك شعرة الإنسان.

الوحدة	المسمى	الرمز	قيمتها
1	kilometer	(km)	10^{3}m
1	decimeter	(dm)	10^{-1}m
1	centimeter	(cm)	10^{-2}m
1	millimeter	(mm)	10^{-3}m
1	micrometer	μm	10^{-6}m
1	nanometer	(nm)	10^{-9}m
1	angstrom	(Å)	10^{-10}m
1	picometer	(pm)	10^{-12}m
1	femtometer	(fm)	10^{-15}m

علم النانو و تقنية النانو

تكنولوجيا الـ«نانو» هي العلم الذي يتعامل مع أجزاء صغيرة لا تُرى بالعين المجردة، ولتقريب هذا التعريف الى الواقع فان قطر شعرة الراس يساوي تقريبا 75000 نانومتر، وكذلك فان نانومتر واحد يساوي عشر ذرات هيدروجين مرصوفة بجانب بعضها البعض طوليا (بمعنى ان قطر ذرة الهيدروجين يساوي 0,1 نانومتر)، كما إن حجم خلية الدم الحمراء يصل الى 2000 نانومتر.

و يعتبر عالم النانو الحد الفاصل بين عالم الذرات والجزيئات وبين عالم المايكرو. وهو علم يقوم بأخذ الذرات والجزيئات وترتيبها بشكل دقيق وحساس لإنتاج منتج معين.و يعتمد مفهوم تقنية النانو على اعتبار أن الجسيمات التي يقل حجمها عن مائة نانومتر (النانومتر جزء من الف مليون من المتر) تُعطي للمادة التي تدخل في تركيبها خصائص وسلوكيات جديدة.

افترض أن لديك مكعب من الذهب وطُلب منك تقسيمة إلى مكعبات صغيرة ، هل ستحصل على شيء آخر غير الذهب؟! بالطبع لا فخواص الذهب سواءً في المكعبات الصغيرة أو الكبيرة هي نفسها من حيث اللون الأصفر البراق أو القيمة المادية أو غير ذلك. ماذا لو واصلت التقطيع حتى حصلت على قطع صغيرة جداً هل سيتغير شيء ؟ أيضاً لا فخصائص الذهب هي كما كانت. ولكن إذا استخدمنا أجهزة خاصة واستطعنا أن نفكك الذهب إلى عينات صغيرة جداً ووصلنا إلى مقاس النانومتر فإن الذهب سوف يفقد خواصه المعروفة. فمثلاً إذا قطعنا الذهب إلى أقل من 100 نانومتر فسيتحول لونه من الأصفر إلى البرتقالي وإذا قطعناه إلى أقل من 50 نانومتر فسنحصل على اللون الأخضر!. إذاً المواد تبدأ تفقد خواصها المعروفه عندما تصل إلى مقاسات النانومتر. إن اعتماد سلوك المادة على حجمها يمكننا من التحكم بهندسة خواصها، وبناءً عليه فقد استنتج الباحثون أن لهذا المفهوم آثاراً تقنية عظيمة تضم مجالات تقنية واسعة ومتنوعة تشمل إنتاج مواد خفيفة وقوية ، إختزال زمن توصيل الدواء النانوي إلى الجهاز الدوري البشري، زيادة حجم استيعاب الأشرطة المغناطيسية وصناعة مفاتيح حاسوب سريعة... الخ.

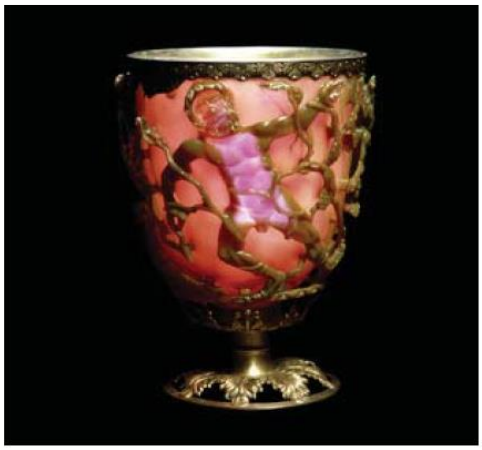
وتقنية النانو تعني التحكم التام والدقيق في إنتاج المواد وذلك من خلال التحكم في تفاعل الجزيئات الداخلة في التفاعل وتوجيه هذه الجزيئات من خلال إنتاج مادة معينة وهذا النوع من التفاعل يعرف بالتصنيع الجزيئي، ووضع الذرات أثناء التفاعل في مكانها الصحيح أو المناسب.

فمثلا لو تم توجيه وضع ذرات الكاربون في الفحم عند إجراء التفاعل فإنه يمكن تنتج الألماس،وكذلك لو تم توجيه وضع ذرات الرمل عند إجراء التفاعل يمكن إنتاج المواد المستخدمة في إنتاج شرائح الكمبيوتر , من المعروف أن الطريقة التقليدية في تصنيع المواد الكيماوية المختلفة تتم بخلط مكونات التفاعل معا بدون الأخذ في الاعتبار اتجاه الذرات الداخلة في التفاعل وبالتالي فإن المادة الكيماوية الناتجة تكون خليطا من عدة مواد، أما باستخدام تقنية النانو فمن الممكن توجيه وضع الذرات الداخلة في التفاعل بتوجيه محدد وبالتالي فان المواد الناتجة سوف تكون أكثر دقة وأكثر نقاوة من التصنيع بالطرق التقليدية ومن ثم توحيد نوعية المنتج وكذلك تقليل تكلفة الإنتاج وخفض الطاقة المستهلكة، وهناك أجهزة على مستوى النانو (Nanodevice)قادرة على توجيه الذرات ووضعها في مكانها الصحيح أثناء عملية التفاعل .

تاريخ تقنية النانو

على الرغم من أن تقنية النانو حديثة نسبياً ، فإن وجود أجهزة تعمل بهذا المفهوم وتراكيب ذات أبعاد نانوية ليس بالأمر الجديد، والواقع أن وجودها يعود إلى عمر الأرض وبدء الحياة فيها. حيث من المعروف ان الأنظمة البيولوجية في الجسم الحي تقوم بتصنيع بعض الاجهزة الصغيرة جدا والتي تصل الى حدود مقياس النانو. فالخلايا الحية تعد مثالا مهما لتقنية النانو الطبيعية، حيث تُعد الخلية مستودعا لعدد كبير من الآلات البيولوجية بحجم النانو ويتم تصنيع البروتينات داخلها على شكل خطوط مجتمعة بحجم النانو تسمى ريبوزومات ثم يتم تشكيلها بواسطة جهاز نانوي آخر يسمى جولجي. بل ان الانزيمات هي بنفسها تعد آلة نانوية تقوم بفصل الجزيئات او جمعها حسب حاجة الخليه. وبالتالي فيمكن للآلات النانوية المصنعة ان تتفاعل معها وتؤدي الهدف المنشود مثل تحليل محتويات الخلية ، ايصال الدواء اليها او ابادتها عندما تصبح مؤذية.

لايمكن تحديد عصر او حقبة معينة لبروز تقنية النانو، كما انه ليس من المعروف بداية استخدام الإنسان للمادة ذات الحجم النانوي، لكن من المعلوم أن أحد المقتنيات الزجاجية وهو كأس الملك الروماني لايكورجوس (Lycurgus) في القرن الرابع الميلادي الموجودة في المتحف البريطاني يحتوي على جسيمات ذهب وفضة نانوية، حيث يتغير لون الكأس من الأخضر إلى الأحمر الغامق عندما يوضع فيه مصدر ضوئي. وكذلك تعتمد تقنية التصوير الفوتوغرافي منذ القرنين الثامن عشر والتاسع عشر الميلاديين على انتاج فيلم أو غشاء مصنوع من جسيمات فضية نانوية حسّاسة للضوء.



ولكن من الواضح إن من أوائل الناس الذين استخدموا هذه التقنية (بدون ان يدركوا ماهيتها) هم العرب والمسلمون حيث كانت السيوف الدمشقية المعروفة بالمتانة يدخل في تركيبها مواد نانوية تعطيها صلابة ميكانيكية، كما كان صانعوا الزجاج في العصور الوسطى يستخدمون حبيبات الذهب النانوية الغروية للتلوين.

وهذه التطبيقات التي ذكرناها إنما هي تطبيقات قديمة عن النانو وغير مقصودة .... وبالنسبة للأبحاث الحديثة فقد قام الفيزيائي الأمريكي" ريتشارد فاينمان "بإلقاء محاضرة بعنوان "هناك متسع كبير في القاع " عام 1959 أمام الجمعية الفيزيائية الأمريكية وتساءل فيها(ماذا سيمكن للعلماء فعله إذا استطاعوا التحكم في تحريك الذرة الواحدة واعادة ترتيبها كما يريدون؟؟)كما وصف مجالاً جديداً يتعامل مع الذ ا رت والجزيئات المنفردة لصنع مواد وآلات دقيقة بخصائص مميزة وهذا كان بداية الإعلان عن مجال جديد عرف لاحقاً بتقنية النانو.

وفي عام 1974 أطلق الباحث الياباني" نوريو تاينغوشي "تسمية المصطلح(تقنية النانو Nano Technology) لأول مرة للتعبير عن طرق تصنيع عناصر ميكانيكية وكهربائية متناهية الصغر بدقة عالية.

عام 1976 استحدث الفيزيائي الفلسطيني" منير نايفة "طريقة ليزرية تسمى(التأين الرنيني) لكشف الذرات المنفردة وقياسها بأعلى مستويات الدقة والتحكم ,ورصد بها ذرة واحدة من بين ملايين الذ ا رت وكشف هويتها لأول مرة في التاريخ ,وتعمل هذه الط ريقة على إثارة الذ رات بليزر محدد اللون وتأيينها ثم تحسس الشحنات الصابغة.

وفي عام 1981 اخترع الباحثان السويسريان" جيرد بينغ "و" هنريك روهر "جهاز المجهر النفقي

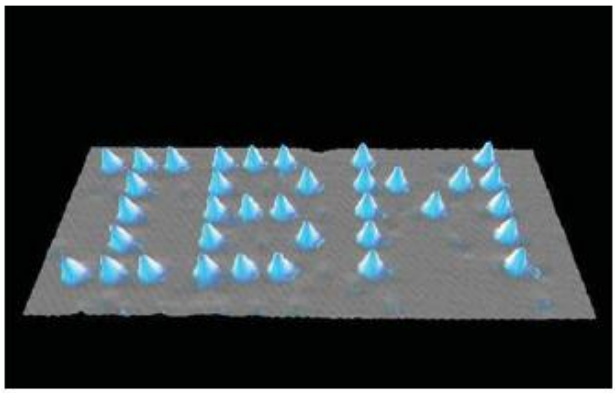
الماسح Scanning Tunneling Microscope) وقد مكن هذا المجهر العلماء لأول مرة من

التعامل المباشر مع الذ ا رت والجزيئات وتصويرها وتحريكها لتكوين جسيمات نانوية.

عام 1986 ألف" إريك دريكسلر("محركات التكوين) Engines of Creation –وذكر فيه المخاطر المتخيلة لتقنية النانو ,مثل صنع محركات ومركبات نانوية تستطيع نسخ نفسها ولا يمكن الحد من انتشارها ,

كما بسط فه الأفكار الأساسية لتقنية النانو منها إمكانية صناعة أي مادة بواسطة رصف مكوناتها الذرية واحدة تلو الأخرى.

ويعد بعض الباحثين ان عام 1990 هي البداية الحقيقية لعصر التقنية النانوية ففي هذا العام تمكن الباحثون في مختبر فرعي تابع لشركة (IBM) من صنع اصغر اعلان في العالم حيث استخدموا 35 ذرة من عنصر الزينون في كتابة اسم الشركة ذي الحروف الثلاثة على واجهة مقر فرعها بالعاصمة السويسرية.



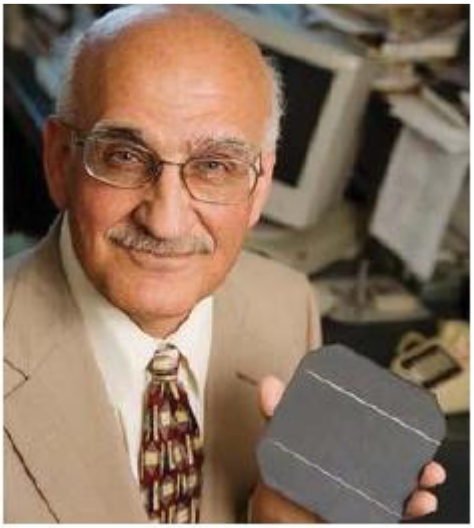
عام 1991 اكتشف الباحث الياباني" سوميو ليجيما "أنابيب الكاربون النانوية(Nano Tube Carbon) وهي عبارة عن اسطوانات من الكاربون قطرها عدة نانو مترات ولها خصائص إلكترونية وميكانيكية متميزة مما يجعلها مهمة لصناعة مواد وآلات نانوية مدهشة.

أخيرا عام 1992 كتب العالم منير نايفة بالذرات أصغر خط في التاريخ(حرف p وبجانبه قلب) رمزاً لحب فلسطين وانتشرت في كبرى المجلات العلمية ووكالات الأنباء العالمية.

وقد استخدم في ذلك المجهر النفقي الماسح والفائدة من هذا الرسم بالذرات أنه استطاع التحكم في الذرات الدقيقة وأعاد ترتيبها كما يشاء بالاضافة الى تصويرها مكبره

وبعد ذلك تم اكتشاف ترانزستور أنابيب الكاربون النانوية عام 1998، حيث يصنع على صورتين احداها معدني والأخرى شبه – موصله. ويستخدم هذا الترانزستور في جعل الالكترونات تتردد جيئة وذهابا عبر الكترودين ، وتكمن اهمية هذا الترانزستور ليس فقط في حجمه الثانوي ولكن ايضا بانخفاض استهلاكه للطاقة وانخفاض الحرارة المنبعثة منه .

وفي عام 2000 تمكن العالم الفيزيائي المسلم منير نايفه من اكتشاف وتصنيع عائلة من حبيبات السليكون اصغرها ذات قطر 1 نانو وتتكون من 29 ذرة سليكون سطحها على شكل الفولورينات الكاربونية الا ان داخلها غير فارغ وانما تتوسطها ذرة واحدة منفردة. هذه الحبيبات عند تعريضها لضوء فوق بنفسجي فانها تعطي الوانا مختلفة حسب قطرها تتراوح بين الأزرق والأخضر والأحمر.



العالم الفيزيائى العربى المسلم منير نايفه

مصطلحات في عالم النانو

من خلال ما تقدم يمكن ادراج بعض المصطلحات في عالم النانو

المصطلح	التعريف
نانو *Nano*	هي مأخوذة من كلمة نانوسNanos اليونانيةوتعني القزم Dwarf أو الشيء المتناهي في الصغر
النانو متر *Nanometer*	وحدة قياس مترية = ١من مليون جزء من المليمتر= ١٠$^{-٩}$متر.
مقياس النانو *Nanoscale*	القياس من ١ نانومتر إلى ١٠٠ نانومتر.
علم النانو *Nanoscience*	دراسة تركيب وخصائص المواد عند مقياس النانومتر.
تقنية technolog	تعني التطبيق العملي للمعرفة في مجال معين .
تقنية النانو *Nanotechnology*	هو تكنولوجيا المواد المتناهية في الصغر ، ويختص بمعالجة المادة على مقياس النانو لإنتاج نواتج جديدة مفيدة وفريدة في خواصها .

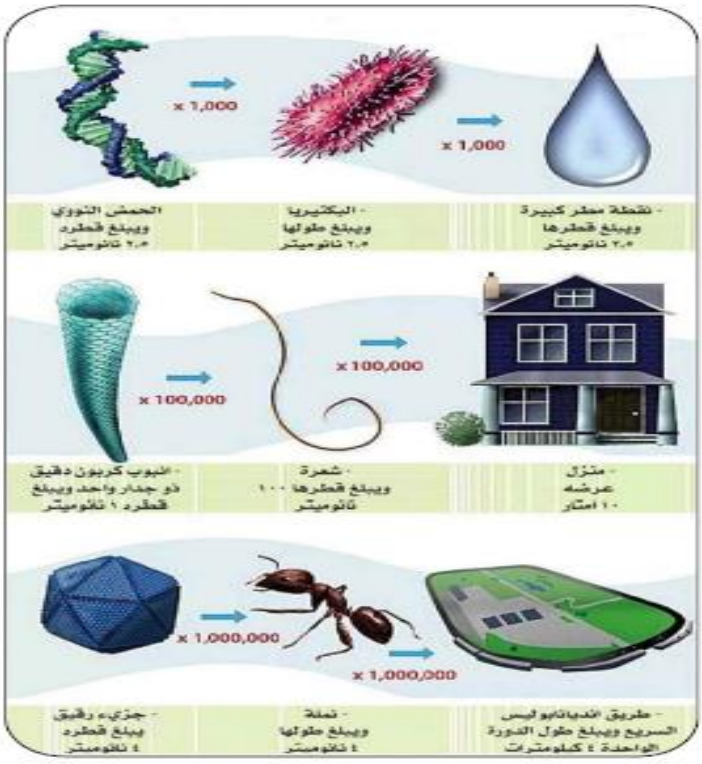
الحقائق التالية تساعد على تخيل مدى صغر النانومتر:

قطر شعرة الانسان = 80000 نانومتر!

خلية الدم الحمراء = 2000 نانومتر تقريبا !

عرض غشاء نواة الخلية = 10 إلى 30 نانومتر!

طول 10 ذرات هيدروجين متراصة = 1 نانومتر!



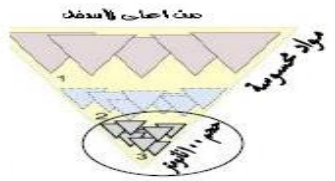
بعض الامثلة على الاشياء في المقياس النانوي

أشكال المواد النانوية

عند تصنيع المواد بحجم النانو فان التركيب الفيزيائي والتركيز الكيميائي للمواد الخام المستخدمة في التصنيع تلعب دورا مهما في خصائص المادة النانوية الناتجة، وهذا خلافا لما يحدث عند تصنيع المواد العادية. تتركب المواد عادة من مجموعة من الحبيبات والتي تحتوي على عدد من الذرات وقد تكون هذه الحبيبات مرئية او غير مرئية للعين المجردة بناء على حجمها، ويمكن ملاحظتها بواسطة الميكروسكوب. ففي هذه المواد يتفاوت حجم الحبيبات من مئات المايكرومترات الى سنتيمترات، اما في المواد النانوية فان حجم الحبيبات يكون في حدود 0.01 نانومتر.
هناك طريقتان لتصنيع حجم نانوي من المادة :

الطريقة الاولى: من الأعلى للأسفل (top-down) حيث تبدأ هذه الطريقة بحجم محسوس من المادة محل الدراسة ويُصغّر شيئاً فشيئاً حتى الوصول إلى المقياس النانوي . ومن التقنيات المستخدمة في ذلك الحفر الضوئي و القطع والكحت والطحن. وقد أستخدمت هذه التقنيات للحصول على مركبات الكترونية مجهرية كشرائح الكمبيوتر و غيرها. أصغر حجم أمكن الوصول إليه في حدود 100 نانومتر ولازال البحث مستمرا للحصول على احجام اصغر من ذلك.

الطريقة الثانية: من الأسفل للأعلى (bottom-up) حيث تبدأ هذه الطريقة بجزيئات منفردة كأصغر وحدة وتُجمّع في تركيب أكبر. وغالباً مايستخدم في ذلك الطرق الكيميائية، وتتميّز تلك بصغرحجم المادة الناتجة (نانومتر واحد) بالإضافة الى قلة الهدر للمادة الأصلية والحصول على قوة ترابط بين الجسيمات النانوية الناتجة.

طريقة من أعلى لأسفل	طريقة من أسفل لأعلى
١/نبدأ من حجم محسوس من المادة.	١/ نبدأ من ذرة أو جزيء من المادة.
٢/ نستخدم تقنيات كالحفر الضوئي، الطحن، الاستئصال الليزري.	٢/ نستخدم طرقاً كيميائية كطريقة السائل–هلامي.
٣/ نقسمها إلى أجزاء أصغر فأصغر.	٣/ نجمعها في تركيب أكبر فأكبر.
٤/ نصل لحجم ١٠٠ نانومتر تقريباً.	٤/ نصل لحجم ١ نانومتر.
٥/ الهدر للمادة الأصلية وعدم الحصول على قوة ترابط بين الجسيمات النانوية الناتجة.	٥ / قلة الهدر للمادة الأصلية والحصول على قوة ترابط بين الجسيمات النانوية الناتجة.
	
تكتسب المادة الناتجة خصائص جديده غير موجودة في المادة بحجمها الطبيعي.	

خصائص المواد النانوية

يمكن توضيح أسباب هذا التغير الكبير في الخواص الجسيمات النانو الى سببين رئيسيين هما:

أولا: زيادة المساحة السطحية

وحسب القانون الكيميائي الشهير والذي يفيد بأن زيادة سطح المادة يؤدي الى زيادة تفاعل المادة إي أن المادة تصبح ذات نشاط كيميائي عالي كلما زادت مساحة سطحها المتفاعل. حيث أن زيادة المساحة السطحية تعني زيادة عدد الذرات المتواجدة على السطح ومن المعلوم أن ذرات سطح إي مادة هي المسئولة عن عملية التفاعل الكيميائي مع الذرات الأخرى لأنها تمتلك الكترونات غير مقيدة بينما الذرات في داخل المادة تكون أكثر تقيدا وبالتالي لا تشارك في عملية التفاعل الكيميائي وعليه فأنه عندما تصغر المادة فإن مساحة سطحها تزداد مما يعني زيادة نسبة الذرات المتواجدة على سطح المادة والتي تكون ذات حالات طاقة عالية مما يساعد في زيادة تفاعل هذه الذرات مع ذرات المواد المجاورة لها.

ثانيا: تأثير فيزياء الكم

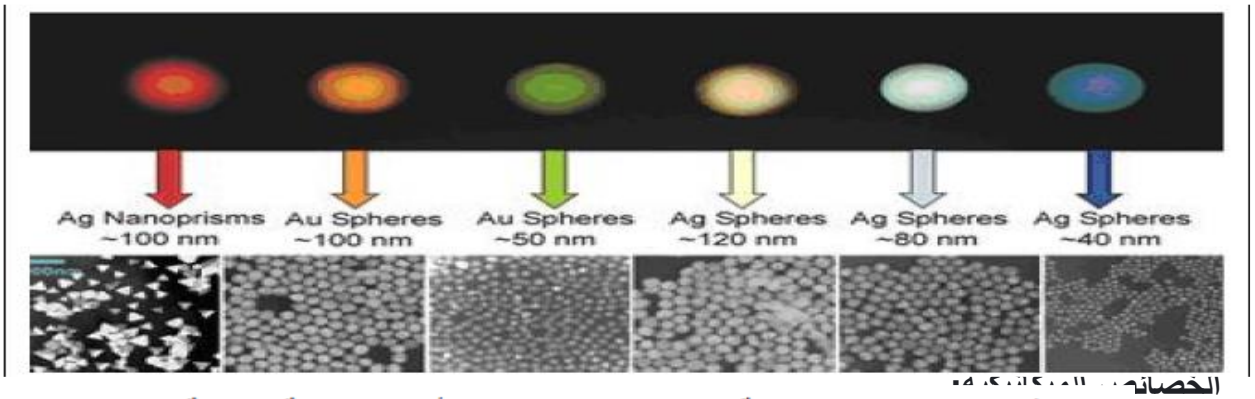
نظرا للابعاد الصغيرة لجسيمات النانو والتي تقترب من الأبعاد الذرية (عشرات الذرات) فإن فيزياء الكم لها تأثير كبير على خواص هذه الجسيمات . ولتوضيح هذه الفكرة فلنتذكر قوانين نيوتن في الميكانيك الكلاسيكي والتي نألفها في عالمنا الكبير و بالخصوص قوة الجاذبية الأرضية التي تأثر علينا و على العالم من حولنا ، سنجد أنها غير مهمة و غير مؤثرة على جسيمات النانو ، مما يجعل هذه الجسيمات تمتلك خصائص غير مألوفة لقوانين الفيزياء الكلاسيكية نظرا لتأثير فيزياء الكم عليها ويمكن توضيح ما سبق بمبدأ اللادقة (Uncertainty principle)والذي ينص على (أن المكان والزخم (الطاقة) لجسيم ما لا يمكن تعيينهما بدقة في نفس الوقت). فعندما تصغر المادة وتصبح ابعادها في مقياس النانو (بعبارة أخرى لتصبح جسيم نانو) فإن الفراغ الذي يتحرك فيه الإلكترون داخل هذا الجسيم يصغر أيضا مما ينتج عنه زيادة في طاقة الإلكترون (مستويات طاقة جديدة) وذلك لتعويض هذه المحدودية في المكان مما يؤدي بالطبع لتغيرات كبيرة في خواص هذا الجسيم.

مما تقدم يتضح بان الشيء الفريد في مقياس النانو "Nanoscale" هو ان جسيمات النانو "Nanoparticles" تبدي مفاهيم فيزيائية وكيميائية جديدة تؤدي إلى سلوك جديد تكون فيه معظم الخصائص الأساسية للمواد والآلات تعتمد على حجم هذه الجسيمات (size dependant) . وقد لوحظ كمثال لذلك أن كلا من الخصائص الكهربائية والمغناطيسية والبصرية والحرارية والميكانيكية للمادة تتغير كلها عندما تصبح أبعادها ضمن المقياس النانوي. فنجد تغير واضح في التركيب الإلكتروني ، التوصيلية ، التفاعلية (reactivity) ، درجة الانصهار . فعلى سبيل المثال

الخصائص البصرية

من الخصائص المميزة لجسيمات النانو القدرة على تغيير اللون، وذلك عندما يتغير حجم هذه الجسيمات وأشكالها، والمقصود بتغير الحجم هنا، وصول الجسيمات للحجم النانوي، فمثلا إذا أحضرت سبيكة ذهب سوف تجد أنها ذات لون ذهبي، جرب أن تقطع هذه السبيكة إلى قسمين هل تغير اللون؟، لم يحدث شيء ما زالت تحتفظ بنفس اللون، امسك جزء منها وقطعه إلى عشرة أجزاء، عشرين جزءا، مائة جزء، ما زال لا يوجد تغير في لونها، لكن عند مقياس النانو يتغير اللون الذهبي إلى اللون البرتقالي وذلك عندما يكون حجم الجسيمات أقل من (100) نانومتر، وكذلك يصبح لون محلول الذهب أخضر عندما يقل حجم جسيماته عن (50) نانومتر لكن اذا ما تم تصغير هذه الجسيمات الى اقل من 20 نانومتر ،فأنها تكون عديمة اللون (شفافة)، ولا يقتصر الأمر على جسيمات الذهب فقط وانما ينطبق على العديد من الجسيمات فمثلا يتغير لون محلول الفضة إلى اللون الأحمر عندما يقل حجم جسيماته عن (100) نانومتر، أما إذا كان لدينا محلول لجسيمات الفضة ذات الشكل الكروي فإن لون هذا المحلول يتغير إلى اللون الأصفر الفاتح عندما يكون حجم جسيماته أقل من (120) نانومتر، والى اللون الأزرق الفاتح عندما يكون حجم جسيماته أقل من (120) نانومتر، والى اللون الأزرق الغامق عندما يقل حجم جسيماته عن (40) نانومتر، كما موضح بالشكل ادناه

تغير لون جسيمات الذهب النانوية بسبب تغير أبعادها .



التغير في لون جسيمات الفضة وجسيمات الذهب عند أحجام نانوية مختلفة

الصلادة

ترتفع قيم الصلادة للمواد الفلزية عند تصغير مقاييس حبيبات المادة للمقياس النانوي، والتحكم في

ترتيب ذ راتها، فمثلاً صلابة جسيمات النانو الكروية المصنوعة من السيليكونSi ، والتي يتراوح حجمها ما بين (40-100) نانومتر، تفوق صلابة مادة السيليكون بمئات المرات، بل ذات صلابة تجعلها - واحدة من أصلب المواد على الأرض، وبالتحديد تمتلك صلابة ما بين الياقوت والماس ، .كما تستخدم حبيبات كاربيد التيتانيوم TiC في تصنيع أدوات القطع والحفر المستخدمة في تقطيع الأجسام شديدة الصلابة، وكذلك في الوصول إلى مكامن النفط، وبحيرات المياه الجوفية من خلال التعامل مع صخور الطبقات الجيولوجية شديدة الصلابة، بدلا من استخدام الماس الأسود مرتفع الثمن.

نقطة الانصهار:

تتأثر قيم درجات حرارة انصهار المادة عند تصغير أبعاد مقاييس حبيباتها للحجم النانوي، فمثلاً درجة انصهار الذهب هي C°(1064) ، وتتناقص هذه القيمة بتناقص أقطار تلك الحبيبات بشكل ملحوظ إلى نحو C° (500) عند وصول مقياس أقطار حبيباتها إلى نحو (1.35 نانومتر)، ويرجع العلماء ذلك للزيادة في مساحات أسطحها الخارجية، واختلاف ترتيب ذراتها عما كانت عليه.

الخصائص المغناطيسية والكهربائية:

تتأثر الخصائص المغناطيسية والكهربائية عند تصغير مقاييس أبعاد المواد للمقياس النانوي، حيث

تزداد مغناطيسيتها وقدرتها على التوصيل الكهربائي، وتستخدم الحبيبات النانوية فائقة المغناطيسية

في صناعة أجهزة التحليل فائقة الدقة، وكذلك في أجهزة التصوير بالرنين المغناطيسي. أما المواد

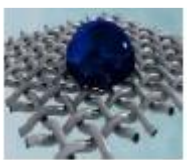
فائقة التوصيل للكهرباء فتستخدم في صناعة أجهزة الحساسات الدقيقة والشرائح الالكترونية بمختلف

الأجهزة الحديثة، كما تستخدم في صناعة مكونات الهواتف الخلوية والحاسبات.

أشكال المواد النانوية

يتم تصنيع المواد النانوية على عدة أشكال يمكن تصنيفها إلى ثلاث مجموعات رئيسة

1. المواد النانوية أحادية الأبعاد:



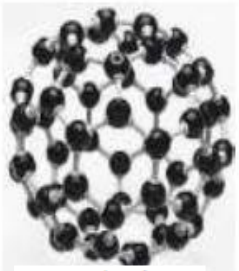
تكون هذه المواد على شكل طبقة مسطحة رقيقة ذات سمك نانوي في بُعد واحد فقط الذي يتراوح بين (1-100) نانومتر، ولا يُشترط أن يتمتع بعداها الآخران بمقاييس نانوية. ومن الأمثلة عليها: الرقائق أو الأغشيةThin Layers ، والأفلام الرقيقة Thin Films

المستخدمة في طلاء الأسطحSurface Nanocoating لحمايتها من الصدأ والتاكل والمستخدمة في تغليف المنتجات الغذائية بهدف وقايتها من التلوث والتلف، ورقائق السيليكون المستخدمة في صناعة الخلايا الشمسيةSolar Cells .

2. المواد النانوية ثنائية الأبعاد:

يُقصد بها المواد التي تمتلك بعدين يتراوح بين (1-100) نانومتر ، مثل الأنابيب النانويةNanotubes ،الألياف النانوية Fibers Nano ، كأنابيب الكاربون النانوية Carbon Nanotubes الاحادية ومتعددة الجدار.

3. المواد النانوية ثلاثية الأبعاد:



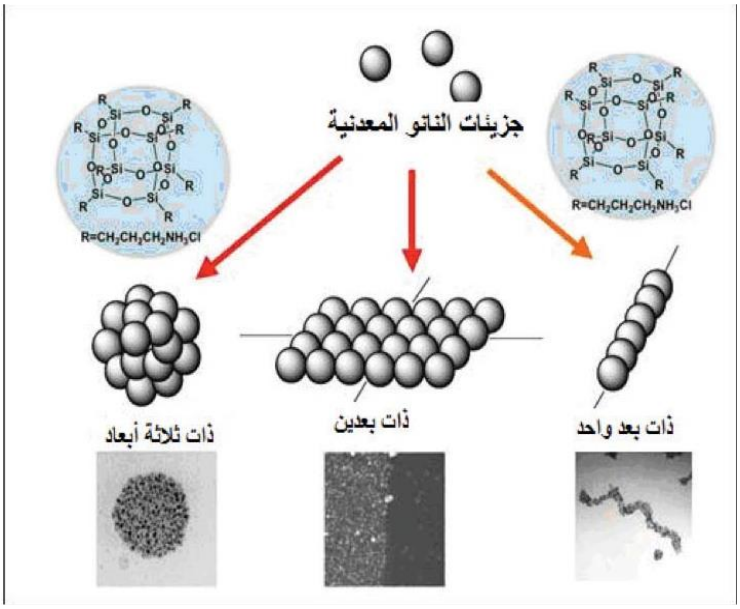
كرة البوكي

يُقصد بها المواد التي أبعادها الثلاثة تتراوح بين (1-100) نانومتر ، ويُطلق عليها

الكريات النانوية Nano Spheres مثل كرات البوكي Bucky Balls ،

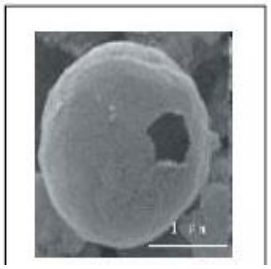
كالحبيبات النانوية Nano Powders والمساحيق فائقة النعومة

UltraNano Particles



تقسيم المادة النانوية من حيث الأبعاد

ومن أهم أشكال المواد النانوية:



الكرات النانوية

تعريفها: هي مواد نانوية كروية ثلاثية الابعادد متعددة القشرة وخاوية المركز ، ولا توجد فجوات على سطحها.

قياسها: قطرها = 500 نانومتر أو أكثر.

من أهمها : كرات الكاربون النانوية وتسمى الفلورين.

أطلق عليها العلماء اسم البصل لأن تركيبها يشبهه

الفلورين.

الأنابيب النانوية

تعريفها: هي شرائح نانوية ثنائية الابعاد تطوى بشكل أسطواني، وغالبا تكون إحدى نهايتي الأنبوب مفتوحة والأخرى مغلقة على شكل نصف كرة.

قياسها قطرها : أقل من 1 نانومتر إلى 100 نانومتر.

طولها = ١٠٠ مايكرومتر.

من أهمها: أنابيب الكاربون النانوية.

أشكالها : مستقيمة، لولبية، متعرجة، خيزرانية، مخروطية وغيرها.

خصائصها:

1. نسبة مساحة سطحها إلى حجمها كبيرة (عدد ذرات السطح كبير مقارنة بعدد ذرات الحجم).
2. لها خصائص غير متوقعة كالقوة والصلابة والتوصيل الكهربائي.
3. يمكن صنعها من مواد عضوية (الكاربون) أو غير عضوية (أكاسيد الفلزات).
4. أنابيب أكاسيد الفلزات تشبه في تركيبها أنابيب الكاربون النانوية ، وتختلف بأنها أثقل وأضعف من أنابيب الكاربون.

الأسلاك النانوية

أسلاك نانوية

تعريفها: هي مواد نانوية ذات بعد واحد تحضر في المختبر من مواد فلزية أو شبه موصلة أو عازلة أو عضوية أو غير عضوية

قياسها: قطرها = يقل عن 1 نانومتر

طولها؛ لها أطوال مختلفة قد تصل إلى 100 مايكرومتر .

أشكالها: حلزونية أو متماثلة خماسية، متعلقة من طرفها الأعلى أو مترسبة على سطح

طرق تحضيرها :

1. الكحت الكيميائي لسلك كبير.
2. قذف جسيمات ذات طاقة عالية على سلك كبير.

استخداماتها:

1. ربط مكونات إلكترونية دقيقة داخل دائرة صغيرة.
2. عمل وصلات ثنائية وترانزستورات معقدة.
3. بناء دوائر إلكترونية منطقية.
4. قد تستخدم لصنع كمبيوتر رقمي.
5. حساسات حيوية.

خصائصها:

1. نسبة طولها إلى عرضها تزيد عن ١٠٠٠ مرة؛ لذلك تسمى بالمواد ذات البعد الواحد.
2. تتفوق على الأسلاك التقليدية ثلاثية الأبعاد.
3. لا توجد في الطبيعة بل تحضر مختبريا.
4. لها توصيلية كهربائية تأخذ قيما محددة.
5. تخضع للحصر الكمي المبني على ميكانيك الكم.

النقاط الكمية

نقطة كمية.

تعريفها هي مواد نانوية ثلاثية الأبعاد وشبه موصلة، لها لب وقشرة.

قياسها: أبعادها = من 2 إلى 10 نانومتر.

قطرها = من 10 إلى 50 ذرة.

حجمها = من 100 إلى 100000 ذرة.

خصائصها

1. تعتمد خصائصها الإلكترونية والضوئية على حجمها.
2. تتأثر بالحصر الكمي الخاضع لميكانيك الكم.

مثال : طول 3 ملايين نقطة كمية بجانب بعضها = عرض أصبع ابهامك (عندما يكون قطر النقطة الكمية =10 نانومتر)

الألياف النانوية

ألياف نانوية.

تعريفها: هي مواد نانوية ثنائية الابعاد بشكل ألياف بقطر أقل من 100 نانومتر.

أشكالها : ألياف سداسية أو حلزونية أو بشكل حبة القمح.

خصائصها

1. نسبة مساحة سطحها إلى حجمها كبيرة (عدد ذرات السطح كبير مقارنة بعدد ذرات الحجم) .
2. لذلك تتميز بخواص الصلابة وقوة الشد وغيرها.
3. صعوبة التحكم في استمراريتها واستقامتها وتراصفها كما في شكل

أستخداماتها:

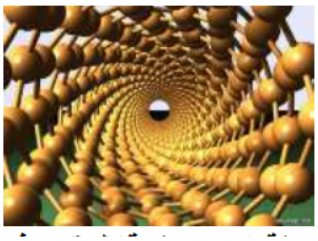
1. في الطب وزراعة الأعضاء كالمفاصل والتئام الجروح.

2. مرشحات لتنقية السوائل والغازات مثل ألياف الأمونيا الموجبة.
3. في التطبيقات العسكرية كتقليل مقاومة الهواء.
4. تطبيقات صناعية .
5. نقل الأدوية في الجسم.

طرق تحضيرها؛ التدوير الكهربائي، البلمرة.

جهاز التدوير الكهربائي

أنابيب الكربون النانوية



الخواص المميزة لأنابيب الكربون النانوية :

1) موصل جيد للكهرباء والحرارة

درجة توصيلها للكهرباء أعلى من النحاس اما توصيلها للحرارة فهو أعلي من درجة توصيل الماس.

2) اقوى من الصلب بسبب قوي الترابط بين جزيئاتها ، وأخف منه وبذلك فإن سلك انابيب النانو ، والذي يساوي حجم شعرة الإنسان يمكنه بسهولة أن يحمل قاطرة هذه القوة ألهمت العلماء لعمل أحبال ذات متانة يستخدمونها لعمل مصاعد الفضاء .

3) ترتبط بسهولة بالبروتين وبسبب هذه الخاصية ، يمكن استخدامها كأجهزة استشعار بيولوجية لأنها حساسة لجزيئات معينة .

كرة البوكي

تتكون كرة البوكي من 60 ذرة من ذرات الكاربون ويرمز لها بالرمز C^{60} ، ولها مجموعة من الخصائص المميزة والتي تعتمد على تركيبها . ونلاحظ أن النموذج الجزيئي لكرات البوكي يبدو ككرة قدم مجوفة ، وبسبب شكل الكرة المجوف يختبر العلماء الآن فاعلية استخدام كرة البوكي كحامل للأدوية في الجسم ، فالتركيب المجوف يمكنه أن يتناسب مع

جزيء من دواء معين داخله بينما الجزء الخارجي لكرات البوكي مقاوم للتفاعل مع جزيئات أخرى داخل الجسم

مراحل تطور الالكترونيات

الجيل الأول:

بدأ منذ أن استخدم الإنسان المصباح الكهربائي والراديو والتلفزيون والحاسب الآلي فيما بعد، وكانت الصمامات الثنائية والثلاثية التي اخترعها العالم جون فلمنغ عام 1904 هي أساس عملها، ويتكون الصمام الثلاثي من انبوبة زجاجية مفرغة من الهواء، تحتوي على ثلاثة أقطاب مصعد ومهبط وشبكة تتحكم بحركة الإلكترونات، وكانت هذه الصمامات كبيرة الحجم وثقيلة الوزن، وتستهلك طاقة كهربائية كبيرة، ووظيفتها تضخيم الجهد والقدرة بالتحكم بالتيار الكهربائي المار في دوائر تلك الأجهزة الكهربائية زيادة أو نقصانا، وتوليد ذبذبات في أجهزة الإرسال والاستقبال الإذاعية والتلفزيونية.

الجيل الثاني:

بدأ عندما تم اختراع الترانزستور عام 1928 من قبل مجموعة من العلماء الأمريكان، كانوا يعملون في شركة بيل للهواتف وهم: باردين ووالتربراتن وشوكلي، وقد نالوا جائزة نوبل في الفيزياء عام 1956 حيث حل الترانزستور محل الصمامات، لأنه أسرع أداء وأصغر حجما وأطول عمرا وأقل تكلفة، ويحتاج إلى طاقة كهربائية أقل، وهو بذلك يبعث كمية قليلة من الحرارة أثناء عمله، ولا ينكسر لعدم احتوائه على الزجاج.

الجيل الثالث:

بدأ هذا الجيل عام 1965 عندما نجح العلماء بتصغير الدوائر الإلكترونية، بحيث تحتوي قطعة من السيلسيوم مساحتها لا تتعدى 1 مم^2 على عشرات العناصر الإلكترونية، كالمقاومات والترانزستورات بحيث تكوّن ما يسمى الدوائر المتكاملة((Integrated Circuit ويرمز لها بالرمز(IC) , ، و التي حلت محل الترانزستور، واختزلت حجم العناصر الكهربائية والأجهزة التي تتكون منها، ومن أهم مزاياها ما يلي:

-تكاليف تصنيعها أقل بكثير من تصنيع عناصر الدائرة الكهربائية بشكل منفصل.

-ضياع القدرة الكهربائية فيها أقل .

-لها كفاءة عالية، لأنها خالية من التوصيلات، لكن يؤخذ عليها أنها إذا تعطل جزء منها فلا بد من تغييرها كاملة.
- حجمها ووزنها صغيران .
-لها أنواع عديدة حسب طريقة التصنيع، أو نوع العمل الذي تقوم به.

الجيل الرابع:

بدأ عندما اهتمت الصناعات الالكترونية بتصغير مكوناتها إلى مرتبة الميكرو متر، وهو جزء من مليون من المتر، بهدف الحصول على منتجات أصغر حجما ، وأرخص سعرا وأعلى كفاءة، فكان ابتكار الميكروسكوب الذي نرى من خلاله الكائنات الدقيقة التي لا ترى بالعين المجردة، والميكروويف والشرائح الالكترونية الميكروية المستخدمة في الحواسيب والهواتف النقالة.

الجيل الخامس:

بدأ عندما بلغت الشرائح الالكترونية المايكروية أقصى كفاءتها، فتطلب الأمر إنتاج شرائح جديدة، من أجل مضاعفة سرعة وكفاءة الحواسيب في تخزين المعلومات، ولإنجاز ذلك كان لابد من تصغير مكونات هذه الشرائح إلى مستوى النانو، واستخدام تلك الحواسيب والمكروسكوبات في إنتاج المواد النانوية التي تستخدم في الصناعة.

المجاهر المستخدمة في رؤية المواد النانوية (Microscopes)

عند تصنيع المواد بحجم النانو فإن التركيب الفيزيائي والتركيز الكيميائي للمواد الخام المستخدمة في التصنيع دور مهم في خصائص المادة النانوية الناتجة، وهذا الأمر بخلاف ما يحدث عند تصنيع المواد العادية؛ لأن المواد في الحجم العادي تتكون من مجموعة من الحبيبات التي تحتوي على عدد من الذرات، وقد تكون هذه الحبيبات مرئية، أو غير مرئية بالعين المجردة بناء على حجمها، بيد أن المواد النانوية لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة، بل يمكن رؤيتها فقط بمجاهر خاصة. ويستخدم في الوقت الحاضر عدد من المجاهر الإلكترونية في تطبيقات كثيرة خاصة بمجال تقنية النانو. وبواسطة هذه المجاهر يمكن رؤية المواد النانوية، وفحصها، وتصويرها في مقاسات نانوية.

وسنستعرض هنا بعض المجاهر الأساسية التي لا بد أن تتوفر في المختبرات المهتمة بتقنيات النانو. ومنها على سبيل المثال لا الحصر:

المجهر الإلكتروني النفّاذ (TEM) و المجهر الإلكتروني الماسح (SEM) و مجهر القوة الذرية (AFM) مع العوازل .

المجهر الالكتروني النافذ Transmission Electron Microscope (TEM)

يستخدم المجهر الالكتروني النافذ في:

1- د راسة الخواص التركيبية والبلورية للعينات.

2- معرفة تفاصيل التركيب الدقيق للخلية وعضياتها.

-يتميز بقدرته التكبيرية التي قد تصل إلى (200000) مرة.
تصل قوة التمييز في المتوسط إلى (0.2) نانومتر، ويستخدم لذلك حزمة الكترونية قوية تتراوح طاقتها ما بين (30-350) KeV مما يعطيه قدرة تمييز تساعد على تحليل المميزا ت الذرية ، والمقصود بقوة التمييز: "قدرة المجهر على التفريق بين جسمين دقيقين متقاربين للعينات المدروسة، بحيث يظهران منفصلين، ويعتمد ذلك على الطول الموجي المستخدم."

-يعتمد مبدأ عمله على مبدأ نفاذ الالكترونات الساقطة من خلال العينة المدروسة، ومن ثمّ تكوين الصور على شاشة فلورسنت أو على الأفلام الفوتوغرافية بواسطة القسم النافذ من الحزمة الالكترونية.

طريقة عمله:

-يتم انتاج الالكترونات عن طريق الانبعاث الحراري، وذلك بتسخين فتيلة filament تصنع غالباً من التنكستين ، حيث يتم تسليط جهد تعجيل على هذه الفتيلة يتراوح ما بين (60-100) KeV وتمتلك الالكترونات المعجلة طاقة يتحكم بها عن طريق المستخدم حسب المطلوب.

-تمر حزمة الالكترونات بعد ذلك خلال عمود المجهر المفرغ، ويتم تركيز هذه الحزمة بواسطة مجموعة من العدسات الكهرومغناطيسية على طول هذا العمود، كما تعمل فتحات التحكم الموجودة على طول هذا العمود على التحكم في عرض حزمة الالكترونات، وذلك بحجز الالكترونات المشتتة.

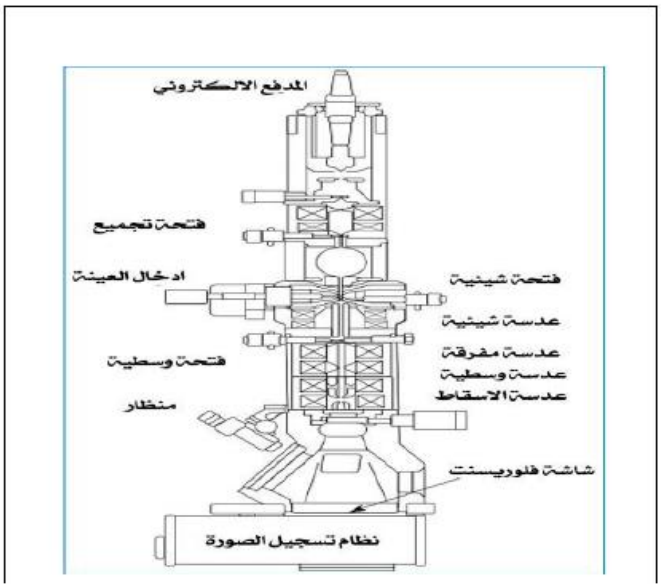
-تصل الحزمة الالكترونية بعد ذلك إلى العينة، و ينتج عن ذلك تفاعل لهذه الالكترونات مع سطح العينة، حيث ينفذ جزء من الحزمة الساقطة يسمى الحزمة النافذة، وهي عبارة عن حزم الالكترونية نافذة من دون انحراف ، وحزم الكترونية متشتتة ومنحرفة من ذ را ت وجزيئات العينة.

-يتم بعد ذلك تحسين الحزمة الالكترونية باستخدام العدسات الكهرومغناطيسية وفتحات التحكم واستقبالها واظهارها على شاشة فلورسنت بشكل صورة.

وتحتوي الصورة الناتجة على مناطق مظلمة ومناطق مضيئة، حسب نوع العينة ونوع العناصر التي تحتويها، حيث تشير المناطق المظلمة إلى أن الالكترونات لم تصل إلى الشاشة من هذه المناطق، ويحدث ذلك نتيجة

امتصاصها من ذرا ت هذه المناطق أو تشتتها بشكل كبير، وهذا يدل على أن العينة في هذه المناطق التي تظهر بشكل مظلم تحتوي على عناصر ذ را ت ثقيلة (أعداد ذرية كبيرة).

أما المناطق المضيئة فتشير إلى وصول أعداد كبيرة من الالكترونات إلى هذه المناطق، مما يدل على أن الالكترونات لم تعاني أي امتصاص أو تشتت كبير من ذرات هذه المناطق، مما يدل على أن العينة في هذه المناطق التي تظهر بشكل مضيء تحتوي على عناصر لذرات خفيفة (أعداد ذرية صغيرة) .



رسم تخطيطي للمجهر الالكتروني النافذ TEM

المجهر الالكتروني الماسح Scanning Electron Microscope (SEM)

يستخدم المجهر الالكتروني الماسح في:

1. دراسة أسطح العينات وتركيباتها الدقيقة ومكوناتها الكيميائية وسماكتها.

2. دراسة أحجام الجسيمات والجزيئات والميكروبات.

3. تكبير الأشياء التي بحجم النانومتر بحيث تكون واضحة ومعروفة المقاسات.

ويتميز SEM بقدرته التكبيرية التي تصل إلى أكثر من نصف مليون مرة.

ويستخدم فيه إشعاع الكتروني، وهو عبارة عن حزمة من الالكترونات عالية الطاقة ذات طول موجي قصير جداً في حدود (0.0068نانومتر). وقوة التمييز Resolution له تصل إلى واحد نانومتر تقريبا.

طريقة عمله:

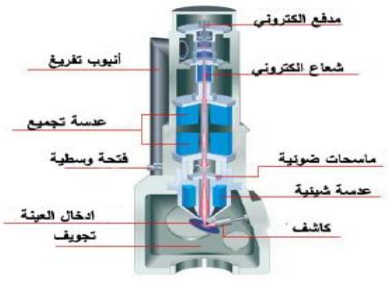
يعمل SEM عن طريق الخطوات التالية:

-إنتاج الكترونات عن طريق الانبعاث الحراري، ويتم ذلك باستخدام فتيلة filament تسخين تصنع عادة من التنكستين، ويُسلط عليها جهد تعجيل تتفاوت قيمته ما بين (0.1 – 30) KeV .

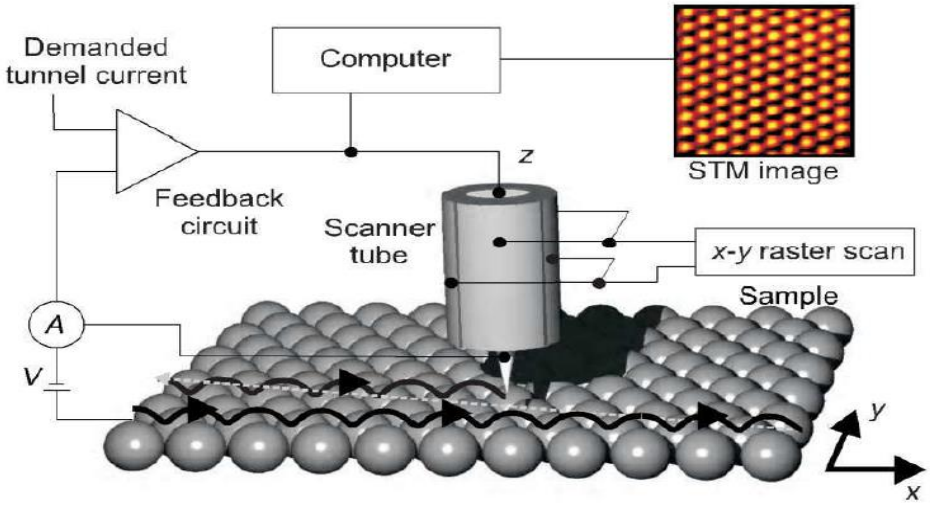
- تمر حزمة الالكترونات خلال عمود المجهر المفرغ، ويتم تركيز هذه الحزمة بواسطة مجموعة من العدسات الكهرومغناطيسية على طول العمود.

-يتم التحكم في عرض حزمة الالكترونات عن طريق الفتحات الموجودة على طول عمود المجهر، حيث يتم حجز الالكترونات المشتتة والمنحرفة عن مسار الحزمة.

-توضع العينة داخل غرفة المجهر، وهي عبارة عن حيّز مغلق ومفرغ تماماً، حيث تصطدم فيها، الحزمة الالكترونية حيث تتفاعل معها، وينتج عن هذا التفاعل إشارات signals من أهمها ، إشارة انبعاث الالكترونات الثانوية(SE) ، وانبعاث الالكترونات المشتتة الخلفية (BSE) والتي يتم تحليلها ومعالجتها و اظهارها كصور و اشارة الأشعة السينية X-Ray والتي تتم ترجمتها إلى طيف تحليلي.



رسم تخطيطي للمجهر الالكتروني الماسح SEM



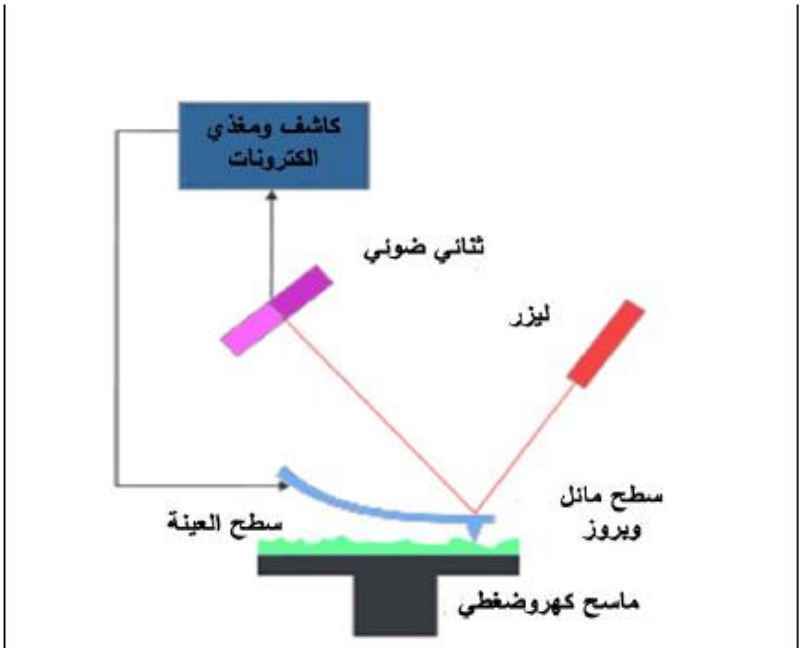
مخطط توضيحي لتركيب ميكروسكوب STM .

مجهر القوة الذرية Atomic Force Microscopy

أحد أنواع مجاهر المجس المسحية ذات التحليل العالي جداً، والتي لها قدرة تحليل تصل إلى أجزاء من النانومتر. ويمكن بواسطته الحصول على صورة طوبوغرا فية ثلاثية الأبعاد للعينة المدروسة.

ويستخدمAFM في تصوير وقياس وتحريك المادة عند مستويات النانو.ويمتاز بدقة عالية في قياس الارتفاع تصل إلى نصف انكستروم، حيث تعتمد دقته على مدى دقة الابرة. لكنه قد يفشل في دراسة السطوح ذات الخشونة الظاهرة التي تزيد خشونتها عن (10) ميكرونات.

ويحتوي على ذراع طولها بحدود الميكومتر، وفي نهايتها يوجد رأس حاد منحني (مجس) بنصف قطر انحناء في حدود النانومتر. ويُصنع هذا الرأس عادة من مادة السيليكون أو نترات السيليكون، ويستخدم لمسح سطح العينة المدروسة، وعندما يقترب الرأس الحاد ليلامس سطح العينة تنشأ قوى بين الرأس والسطح مما يؤدي إلى حدوث انحراف في ذراع المجهر طبقاً لقانون هوك. ويتم قياس هذه القوة عن طريق انعكاس شعاع ليزر على سطح الذراع عند انحرافه، ومن ثم يسقط هذا الشعاع على شبكة من الكاشفات الثنائية الضوئية لتكوين صورة دقيقة للسطح، وعند تحريك الرأس الحاد للمجهر على السطح على ارتفاع ثابت، يصطدم الرأس بالسطح المتعرج للعينة مما يتسبب في إحداث تلف للرأس. ويتم غالبا عمل تغذية راجعة في الجهاز تقوم بضبط المسافة بين الرأ س وسطح العينة والمحافظة على وجود قوة ثابتة بين الرأس والعينة، وهنا يتم تثبيت العينة على قضيب كهروضغطي ماسح، مما يمكّن العينة من الحركة إلى أعلى (باتجاه المحور) للحفاظ على حدوث قوة ثابتة، ويتم مسح العينة بالاتجاهينx,y .



رسم تخطيطي لمجهر القوة الذرية AFM

تطبيقات تقنية النانو

تُعد تقنية النانو فلسفة ووسيلة تقوم أساساً على هيمنة الإنسان وتنمية قدراته في تغيير الهياكل البنائية للمواد الهندسية وتجاوز كلاسيكيات الفيزياء والكيمياء ونظرياتهما التقليدية من أجل الارتقاء بمستوى أداء الأجهزة التي تدخل في تركيبها تلك المواد وذلك لتحقيق طفرة في التطبيقات واضافة أبعاد مبتكرة وجديدة في مختلف الصناعات الحالية والمستقبلية.

بدأ مصطلح تقنية النانو ينتشر في العديد من مجالات الحياة اليومية، وما نلمسه بشكل واضح هو سيطرة تقنية النانو في مجال الصناعات الالكترونية، وخاصة الهواتف النقالة والحواسيب ومن تطبيقات تقنية النانو في مختلف المجالات أقدم سرداً لجزء منها لا على سبيل الحصر:

1. **في المجال الطبي**: علاج الأورام السرطانية باستخدام جسيمات الذهب النانوية، حيث تتميز جسيمات الذهب النانوية بأن لها القدرة على امتصاص الضوء وتحويله إلى حرارة، فيتم حقن الورم بها مما يعمل على تدمير الخلية المصابة دون التأثير على الخلايا المجاورة.
2. **في مجال الالكترونيات**: تنتشر في الآونة الأخيرة الحواسيب اللوحية والهواتف النقالة التي تعمل بشاشات اللمس، وكذلك المعالجات متعددة الأنوية والتي وصلت إلى معالجات رباعية وثمانية الأنوية، مما يسهل ويسرع عملها، فلو تفحصنا الكابلات والمكثفات لوجدنا وزنها لا يتجاوز أجزاء من الملي غرامات.

3. **في مجال التجميل**: استخدام أكسيد الألومنيوم والتيتانيوم النانويين في العديد من السلع مثل مواد التجميل والمراهم المضادة للأشعة، وذلك لأن هذه المواد لها خاصية في قدرتها على حجب الأشعة الفوق بنفسجية كلها.

4. **معالجة مياه البحر:** باستخدام الأغشية النانوية قبل وصولها لوحدات التحلية، مثل خفض نسبة الملوحة وأزالة العسرة .

5. **في مجال الفضاء**: يمكن أن تكون تقنية النانو ذات فائدة كبيرة للتطبيقات الفضائية ومهمات الاستكشاف، فقد تم صنع مجس كيميائي محكم باستخدام أنابيب الكربون النانوية، وهو مثالي للاستخدام في مهام ناسا المتعلقة بكيمياء الفضاء، وكذلك تم تصميم جهاز لقياس الموجات باستخدام تقنية النانو، وهو جهاز أداؤه أعلى بكثير من الأجهزة التجارية المتوفرة بينما يستخدم طاقة أقل كما أنه أخف وزناً وأصغر حجماً .

6. **في مجال التغذية:** تحسين جودة الغذاء وخفض محتواه الضار من خلال التحكم في بنية وتركيب مكوناته الأساسية، وكذلك إضافة مكملات غذائية بالحجم النانوية مثل الفلزات الحرة من الحديد والزنك وكذلك الكبسولات الجيلاتينية نانوية المسام المحتوية على تركيزات عالية من زيوت السمك الشهيرة 3 Omega ومواد الإنزيمات المصاحبة لها، كما تدخل تقنية النانو في عملية تعبئة وتغليف المواد الغذائية، فيتم حفظ المواد الغذائية الطازجة مثل اللحوم والفواكه والخضروات والمخبوزات ومنتجات الألبان والوجبات الطازجة المعدة مسبقاً عن طريق تغليفها بأفلام رقيقة من البوليمرات الشفافة التي لا تزيد سماكتها عن (5) نانومتر، حيث يتم دمج حبيبات أو أنابيب نانوية تعمل على غلق مسامها بهدف منع وصول الرطوبة إلى الغذاء الطازج الموجود داخل العبوة .

7. **في مجال البناء**: يتم إضافة مواد نانوية إلى الخرسانة لإكسابها قوة ومتانة وخفة في الوزن مثل أنابيب الكربون النانوية التي تتميز بأنها أقوى (250) مرة من الفولاذ بنفس السُمك وأخف بعشرات المرات منه، مما مكّن من إقامة المباني الشاهقة الارتفاع والتي تأخذ أشكالاً انسيابية، ويطمح العلماء إلى إنتاج مصعد للفضاء باستخدام هذه التقنية.

8. **وفي مجال الحفاظ على البيئة من التلوث،** يتم استخدام مواد نانوية صديقة للبيئة تتفاعل مع الأشعة الفوق بنفسجية مما يتيح عملية التنظيف الذاتي للمواد مثل الشبابيك وزجاج السيارات، وكذلك استخدام الجسيمات النانوية التي تعمل على التخلص من الملوثات والتخلص من الروائح الكريهة مثل استخدام جسيمات الفضة وثاني أكسيد التيتانيوم النانويين.

9. وتوجد العديد من التطبيقات لهذه التقنية الرائعة في مجال الزراعة والبيولوجيا الحيوية والهندسة ولا ننسى المجال العسكري وغيرها العديد.

شروط الجسيمات النانومترية

1. ان تكون النسبة بين عدد البلورات السطحية الى عدد الذرات الداخلية قريبة من الواحد الصحيح.
2. ان تكون النسبة بين الطاقة السطحية الى الطاقة الكلية تقترب من الواحد الصحيح.
3. ان يصبح الطول الموجي الكمي للحالة الالكترونية اقصر ما يمكن, أي اقصر مما هي عليه في حالة الجسم الصلب التقليدي
4. أن يكون للتجمعات النانومترية و خصوصا الفلزية منها ذات صلابة و شدة تحمل عاليتين.

انتقادات تقنية النانو

تحصل دوما عند كل تطور علمي أو تقني انتقادات وتنتشر المخاوف . كما حصل في الثورة الصناعية الأولى وعند اختراع الكمبيوتر وظهور الهندسة الوراثية و غيرها , تركز الانتقادات هنا على عنصرين:

الأول هو أن النائو جزيئات صغيره جدا إلى الحد الذي يمكنها من التسلل وراء جهاز المناعة في الجسم البشري ، وبإمكانها أيضا أن تسيل من خلال غشاء خلايا الجلد والرئة ، وما هو أكثر إثارة للقلق أن بإمكانها أن تتخطى حاجز دم الدماغ. أظهرت دراسة في جامعة أكسفورد أن نانو جزيئات ثاني أكسيد التيتانيوم الموجودة في المراهم المضادة للشمس أصابت الحمض النووي DNA للجلد بالضرر. كما أظهرت دراسة من مركز جونسون للفضاء والتابع لناسا أن نالو أنابيب الكربون في أكثر ضررا من غبار الكوارتز الذي يسبب السيليكوسيس وهو مرض مميت يحصل في أماكن العمل .

الثاني هو أن يصبح النانو بوت ذاتي التكاثر . أي يشبه التكاثر الموجود في الحياة الطبيعية فيمكنه أن يتكاثر بلا حدود ويسيطر على كل شيء في الكرة الأرضية ومهما كان، فالإنسان على أبواب مرحلة جديدة تختلف نوعيا من جميع النواحي عما سبقها جديدة بايجابياتها وكبيرة بسلبياتها وكما يقول معظم العلماء" لا يمكن لأي كان الوقوف في وجه هذا التطور الكبير، فلنحاول تقليص السلبيات".