جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة بابل
كلية التربية للعلوم الصرفة
قسم الفيزياء

تكنلوجيا المواد النانوية وتطبيقاتها

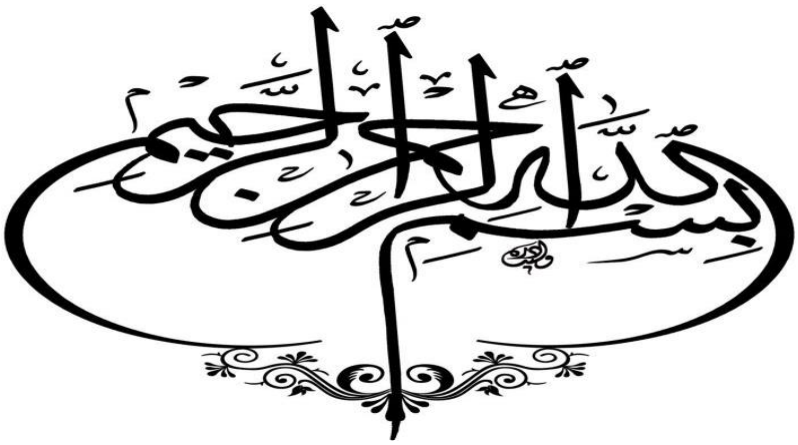
بحث مقدم الى مجلس قسم الفيزياء/ كلية التربية/ جامعة بابل
كجزء من متطلبات نيل درجة البكالوريوس علوم في الفيزياء

تقدمت بهِ الطالبة
زينب يعقوب علي

إشراف
أ.د عدي علي جيجان

1447هـ

2026م



صَدَقَ الله العَظِيم

طه: {114}

الإهداء

إلى من كانوا سببًا في دعمي وتشجيعي

إلى أساتذتي الأفاضل الذين لم يبخلوا عليّ بعلمهم

وتوجيههم

الى صاحب الفضل الكبير استاذي

مشرف البحث (أ.د عدي علي جيجان)

إلى عائلتي الكريمة التي كانت سندي الأول في مسيرتي

العلمية

أهدي ثمرة هذا الجهد المتواضع

راجيةً من الله أن يكون فيه نفع وفائدة

شـكـــر وتـــقديـــر

الحمد لله الأول قبل الأنشاء والأحياء والأخر بعد فناء الأشياء العليم الذي لا ينسى من ذكره

ولا ينقص من شكره ولا يخيب من دعاه ولا يقطع رجاء من رجاه والصلاة والسلام على أشر ف الخلق والمرسلين ابي القاسم محمد وعلى اله الطيبين الطاهرين

أما بعد ...

فيسعدني ان أتقدم بالشكر الجزيل وأوفر الامتنان لأستاذي الفاضل الأستاذ (أ.د عدي علي جيجان) لتفضله مشكور لأقتراح موضوع البحث ووقوفه معي لأكمال وأخراج البحث بشكله الحالي

كما يطيب لي ويسعدني أن أتقدم بوافر الشكر والتقدير و الاعتزاز لكافة تدريسي كلية التربية للعلوم الصرفة قسم الفيزياء

كما أتقدم بخالص الشكر والأمتنان الى كل من مد لي يد المساعدة في أخراج هذه الدراسة على أكمل وجه وأن اختم بحثي بعون الله تعالى

..... والله ولي التوفيق .....

قائمة المحتويــات

	الموضـــــــــــــــوع	الصفحة
	الآية الكريمة	أ
	الإهداء	ب
	الشكر والتقدير	ت
	قائمة المحتويات	ث
	قائمة الاشكال	ج
	الخلاصة	ح
1	الفصل الاول مقدمة حول تقنية النانو	7-1
(1-1)	مقدمة: تقنية النانو	1
(2-1)	علم النانو وتقنية النانو	2-1
(3-1)	تاريخ تقنية النانو	6-3
(4-1)	مصطلحات في عالم النانو	7-6
2	الفصل الثاني المواد النانوية	22-9
(1-2)	طرق تصنيع المواد النانوية	9
(2-2)	خصائص المواد النانوية	13-10
(3-2)	أشكال المواد النانوية	22-13
3	الفصل الثالث تطبيقات تقنية النانو	26-24
(1-3)	تطبيقات تقنية النانو	25-24
(2-3)	شروط الجسيمات النانومترية	26
(3-3)	انتقادات تقنية النانو	26
	المصادر والمراجع	29-28

قائمة الأشكال

	الشكل	الصفحة
الفصل الاول		
(1-1)	كأس الملك الروماني لايكورجوس يحتوي على جسيمات ذهب وفضة نانوية	2
(2-1)	المجهر النفقي الماسح	4
(3-1)	استخدام عنصر الزينون في كتابة اسم شركة IBM	5
(4-1)	استخدم في ذلك المجهر النفقي الماسح في كتابة حرف "P" وبجانبه قلب فلسطين	5
(5-1)	العالم الفيزيائي العربي المسلم منير نايفه	6
(6-1)	بعض الامثلة على الاشياء في المقياس النانوي	7
الفصل الثاني		
(1-2)	تغيير لون جسيمات الذهب وجسيمات الفضة النانوية بسبب تغير ابعادها	12
(2-2)	تقسيم المادة النانوية من حيث الابعاد	14
(3-2)	كرة البوكي المكونة من 60 ذرة كاربون	18
(4-2)	رسم تخطيطي للمجهر الالكتروني النافذ (TEM)	20
(5-2)	رسم تخطيطي للمجهر الإلكتروني الماسح (SEM)	21
(6-2)	مجهر القوة الذرية (AFM)	22

الخلاصة

يهدف هذا البحث إلى التعرف على تقنية النانو من حيث مفهومها العلمي، وخصائص المواد النانوية، وطرق تصنيعها، مع تتبع تطورها التاريخي، وتسليط الضوء على أهم تطبيقاتها في المجالات المختلفة، إضافة إلى مناقشة أبرز التحديات والمخاطر المرتبطة بها.

يتناول هذا البحث تقنية النانو بوصفها من أهم التقنيات الحديثة التي تعتمد على التحكم بالمادة عند مقياس النانومتر، حيث تظهر خصائص جديدة ومميزة للمواد تختلف عن خصائصها في الأحجام الكبيرة يوضح البحث الأسس العلمية لهذه التقنية، والعوامل المؤثرة في سلوك المواد النانوية مثل زيادة المساحة السطحية وتأثيرات فيزياء الكم.

كما يستعرض طرق تصنيع المواد النانوية وأشكالها المختلفة، إضافة إلى التطور التاريخي لهذه التقنية وأبرز إنجازاتها ويركز البحث كذلك على التطبيقات المتنوعة لتقنية النانو في مجالات الطب، والطاقة، والإلكترونيات، والبيئة، وغيرها، مع الإشارة إلى التحديات والمخاوف المرتبطة باستخدامها، خاصة ما يتعلق بصحة الإنسان والبيئة، ويخلص البحث إلى أن تقنية النانو تمثل مجالًا واعدًا يحمل إمكانات كبيرة لتطوير مختلف جوانب الحياة، مع ضرورة الاستخدام الآمن والمسؤول لها.

الفصل الاول

مقدمة حول تقنية النانو

(1-1) مقدمة: تقنية النانو

كلمة "نانو" هي بادئة مشتقة من اللغة اليونانية القديمة وتعني "القزم" ومن أجل فهم مقياس النانو، نحن بحاجة إلى معرفة الوحدات المستخدمة في قياس وتحديد أبعاد المواد النانومتر يساوي جزءًا من مليار جزء من المتر، أي أن المتر الواحد يحتوي على مليار نانومتر وهذا المقياس أصغر من طول موجة الضوء المرئي، وأقل بمائة ألف مرة من سمك شعرة الإنسان اصبحت تقنية النانو ومجالات عديدة أخرى محط اهتمام كبير، فقد أعط أملا كبيرًا بثورات علمية في المستقبل القريب ستغير وجه التقنية في العديد من التطبيقات ويعود الاهتمام الواسع بتقنية النانو إلى الفترة ما بين 1996 و1998م، عندما قام مركز تقييم التقنية العالمي الأمريكي (WTEC) بدراسة تقويمية لأبحاث النانو وأهميتها في الإبداع التقني.

وخلصت الدراسة إلى نقاط من أهمها أن لتقنية النانو مستقبلًا عظيمًا في جميع المجالات الطبية والعسكرية والمعلوماتية والإلكترونية والحاسوبية والبتروكيميائية والزراعية والحيوية وغيرها وأن تقنية النانو متعددة الخلفيات، فهي تعتمد على مبادئ الفيزياء والكيمياء والهندسة الكهربية والهندسة الكيميائية وغيرها، إضافة إلى تخصصي الأحياء والصيدلة ولذا فإن الباحثين في مجال ما لابد أن يتواصلوا مع الآخرين في مجالات أخرى من أجل الحصول على خلفية عريضة عن تقنية النانو ومشاركة فعالة في هذا المجال المثير كما أن الإداريين ذوي العلاقة وداعمي هذه الأبحاث لابد أن يلموا بإيجاز عام عن هذه المجالات.

في المجال الطبي، ساهمت تقنية النانو في تطوير أنظمة توصيل الدواء بدقة عالية مما يساعد على استهداف الخلايا المصابة فقط وتقليل الآثار الجانبية أما في مجال الطاقة، فقد استُخدمت المواد النانوية في تحسين كفاءة الخلايا الشمسية وتخزين الطاقة كذلك دخلت هذه التقنية في صناعة الإلكترونيات الحديثة حيث ساعدت على تصغير حجم الأجهزة وزيادة كفاءتها.

(1-2) علم النانو وتقنية النانو

تكنولوجيا النانو هي العلم الذي يتعامل مع أجزاء صغيرة جدًا لا تُرى بالعين المجردة ولتقريب هذا التعريف إلى الواقع، فإن قطر شعرة الرأس يساوي تقريبًا 75000 نانومتر، وكذلك فإن النانومتر الواحد يساوي عشر ذرات هيدروجين مصطفة بجانب بعضها البعض طوليًا (بمعنى أن قطر ذرة الهيدروجين يساوي 0.1 نانومتر)، كما أن حجم خلية الدم الحمراء يصل إلى 2000 نانومتر.

يُعتبر عالم النانو الحد الفاصل بين عالم الذرات والجزيئات وبين عالم الميكرو وهو علم يقوم بأخذ الذرات والجزيئات وترتيبها بشكل دقيق وحساس لإنتاج منتج معين ويعتمد مفهوم

تقنية النانو على اعتبار أن الجسيمات التي يقل حجمها عن 100 نانومتر (النانومتر جزء من المليون من المتر) تُعطي للمادة التي تدخل في تركيبها خصائص وسلوكيات جديدة.

تخيل أن لديك مكعبًا من الذهب وطُلب منك تقسيمه إلى مكعبات صغيرة، هل ستحصل على شيء آخر غير الذهب؟ بالطبع لا، فخواص الذهب سواء 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 جدًا، هل سيتغير شيء؟ أيضًا لا، فخصائص الذهب كما هي ولكن إذا استخدمنا أجهزة خاصة واستطعنا تفكيك الذهب إلى عينات صغيرة جدًا ووصلنا إلى مقياس النانومتر، فإن الذهب سيفقد خواصه المعروفة فمثلًا، 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، إذن، المواد تبدأ بفقد خواصها المعروفة عندما تصل إلى مقاسات النانومتر إن اعتماد سلوك المادة على حجمها يمكننا من التحكم بهندسة خواصها، وبناءً عليه استنتج الباحثون أن لهذا المفهوم آثارًا تقنية عظيمة تشمل مجالات تقنية واسعة ومتنوعة، كإنتاج مواد خفيفة وقوية، واختزال زمن توصيل الدواء النانوي إلى الجهاز الدوري البشري، وزيادة حجم استيعاب الأشرطة المغناطيسية، وصناعة مفاتيح حاسوب سريعة، وغيرها.

تقنية النانو تعني التحكم التام والدقيق في إنتاج المواد من خلال التحكم في تفاعل الجزيئات الداخلة في التفاعل وتوجيهها لإنتاج مادة معينة، وهذا النوع من التفاعل يُعرف بالتصنيع الجزيئي، ووضع الذرات أثناء التفاعل في مكانها الصحيح أو المناسب فمثلًا، لو تم توجيه وضع ذرات الكربون في الفحم عند إجراء التفاعل، فإنه يمكن إنتاج الألماس، وكذلك لو تم توجيه وضع ذرات الرمل عند إجراء التفاعل، يمكن إنتاج المواد المستخدمة في صناعة شرائح الكمبيوتر.

من المعروف أن الطريقة التقليدية في تصنيع المواد الكيميائية المختلفة تتم بخلط مكونات التفاعل معًا دون الأخذ في الاعتبار اتجاه الذرات الداخلة في التفاعل، وبالتالي فإن المادة الكيميائية الناتجة تكون خليطًا من عدة مواد أما باستخدام تقنية النانو، فمن الممكن توجيه وضع الذرات الداخلة في التفاعل بتوجيه محدد، وبالتالي فإن المواد الناتجة ستكون أكثر دقة ونقاوة مقارنة بالتصنيع بالطرق التقليدية، مما يؤدي إلى توحيد نوعية المنتج، وتقليل تكلفة الإنتاج، وخفض الطاقة المستهلكة وهناك أجهزة على مستوى النانو (Nanodevice) قادرة على توجيه الذرات ووضعها في مكانها الصحيح أثناء عملية التفاعل.

(3-1) تاريخ تقنية النانو

على الرغم من أن تقنية النانو حديثة نسبيًا، إلا أن وجود أجهزة تعمل بهذا المفهوم وتراكيب ذات أبعاد نانوية ليس بالأمر الجديد، بل يعود وجودها إلى عمر الأرض وبدء الحياة فيها فمن المعروف أن الأنظمة البيولوجية في الجسم الحي تقوم بتصنيع بعض الأجهزة الصغيرة جدًا التي تصل إلى حدود مقياس النانو فالخلايا الحية تُعد مثالًا مهمًا لتقنية النانو الطبيعية، حيث تُعد الخلية مستودعًا لعدد كبير من الآلات البيولوجية بحجم النانو تُصنع البروتينات داخلها على شكل خطوط مجتمعة بحجم النانو تسمى "ريبوزومات"، ثم يتم تشكيلها بواسطة جهاز نانوي آخر يسمى "جولجي" بل إن الإنزيمات هي بحد ذاتها آلات نانوية تقوم بفصل الجزيئات أو جمعها حسب حاجة الخلية وبالتالي، يمكن للآلات النانوية المصنعة أن تتفاعل معها وتؤدي الهدف المنشود، مثل تحليل محتويات الخلية، أو إيصال الدواء إليها، أو إبادتها عندما تصبح مؤذية لا يمكن تحديد عصر أو حقبة معينة لبروز تقنية النانو، كما أنه ليس من المعروف متى بدأ الإنسان استخدام المادة ذات الحجم النانوي لكن من المعلوم أن أحد المقتنيات الزجاجية وهو "كأس الملك الروماني لايكورجوس" (Lycurgus) من القرن الرابع الميلادي، والمحفوظ في المتحف البريطاني، يحتوي على جسيمات ذهب وفضة نانوية، حيث يتغير لون الكأس من الأخضر إلى الأحمر الغامق عندما يوضع فيه مصدر ضوئي كذلك، تعتمد تقنية التصوير الفوتوغرافي منذ القرنين الثامن عشر والتاسع عشر الميلاديين على إنتاج فيلم أو غشاء مصنوع من جسيمات فضية نانوية حساسة للضوء.

الشكل (1-1) كأس الملك الروماني لايكورجوس يحتوي على جسيمات ذهب وفضة نانوية

من الواضح أن من أوائل الناس الذين استخدموا هذه التقنية (بدون أن يدركوا ماهيتها) هم العرب والمسلمون، حيث كانت السيوف الدمشقية المعروفة بالمتانة يدخل في تركيبها مواد نانوية تمنحها صلابة ميكانيكية كما كان صانعو الزجاج في العصور الوسطى يستخدمون

حبيبات الذهب النانوية الغروية للتلوين يتعامل مع الذرات والجزيئات المنفردة لصنع مواد وآلات دقيقة بخصائص مميزة، وكان هذا بداية الإعلان عن مجال جديد عُرف لاحقًا بتقنية النانو.

في عام 1974، أطلق الباحث الياباني "نوريو تاينغوشي" تسمية "تقنية النانو" (NANO TECHNOLOGY) لأول مرة للتعبير عن طرق تصنيع عناصر ميكانيكية وكهربائية متناهية الصغر بدقة عالية.

في 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 الذرات وكشف هويتها لأول مرة في التاريخ تعمل هذه الطريقة على إثارة الذرات بليزر محدد اللون وتأيينها ثم تحسس الشحنات الصادرة.

في عام 1981، اخترع الباحثان السويسريان "جيرد بينغ" و"هنريك روهر" جهاز "المجهر النفقي الماسح" (SCANNING TUNNELING MICROSCOPE)، وقد مكّن هذا المجهر العلماء لأول مرة من التعامل المباشر مع الذرات والجزيئات وتصويرها وتحريكها لتكوين جسيمات نانوية.

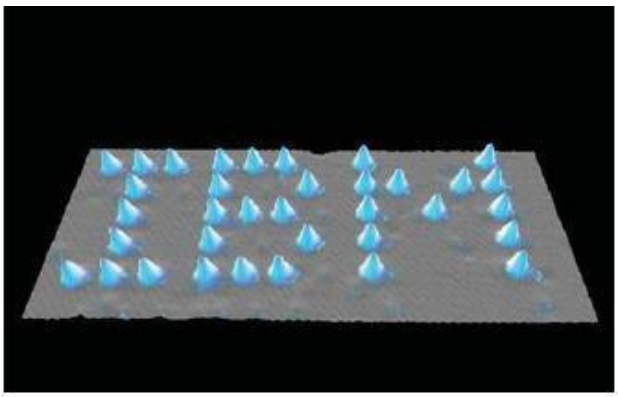
الشكل (1-2) المجهر النفقي الماسح

وفي عام 1981 اخترع الباحثان السويسريان" جيرد بينغ "و" هنريك روهر "جهاز المجهر النفقي الماسح MICROSCOPE TUNNELING SCANNING وقد مكن هذا المجهر العلماء لأول مرة من التعامل المباشر مع الذرات والجزيئات وتصويرها وتحريكها لتكوين جسيمات نانوية.

وفي عام 1986، ألف "إريك دريكسلر" كتاب "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 فيه الأفكار الأساسية لتقنية النانو، منها إمكانية صناعة أي مادة بواسطة رصف مكوناتها الذرية واحدة تلو الأخرى.

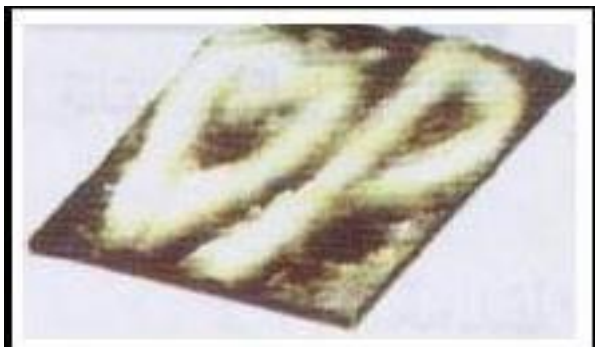
يعتبر بعض الباحثين أن عام 1990 هو البداية الحقيقية لعصر التقنية النانوية، ففي هذا العام تمكن الباحثون في مختبر تابع لشركة IBM من صنع أصغر إعلان في العالم، حيث استخدموا 35 ذرة من عنصر الزينون في كتابة اسم الشركة المكون من ثلاثة أحرف على واجهة مقر فرعها في العاصمة السويسرية.



الشكل (1-3) استخدام عنصر الزينون في كتابة اسم شركة IBM

في عام 1991، اكتشف الباحث الياباني "سوميو ليجيما" أنابيب الكربون النانوية (CARBON NANO TUBE)، وهي عبارة عن أسطوانات من الكربون قطرها عدة نانومترات ولها خصائص إلكترونية وميكانيكية متميزة، مما يجعلها مهمة لصناعة مواد وآلات نانوية مدهشة.

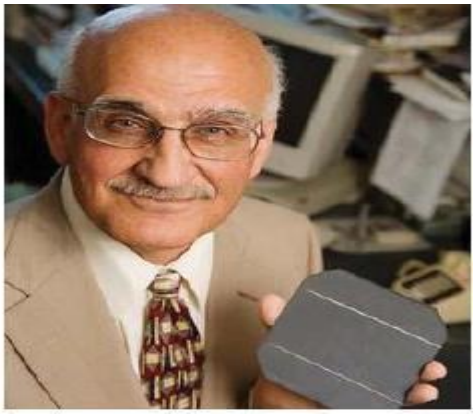
أخيرًا، في عام 1992، كتب العالم منير نايفة بالذرات أصغر خط في التاريخ، وهو حرف "P" وبجانبه قلب فلسطين، وانتشر الخبر في كبرى المجلات العلمية ووكالات الأنباء العالمية وقد استخدم في ذلك المجهر النفقي الماسح والفائدة من هذا الرسم بالذرات أنه استطاع التحكم في الذرات الدقيقة وأعاد ترتيبها كما يشاء بالاضافة الى تصويرها مكبره.



الشكل (1-4) استخدم في ذلك المجهر النفقي الماسح في كتابة حرف "P" وبجانبه قلب فلسطين

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.



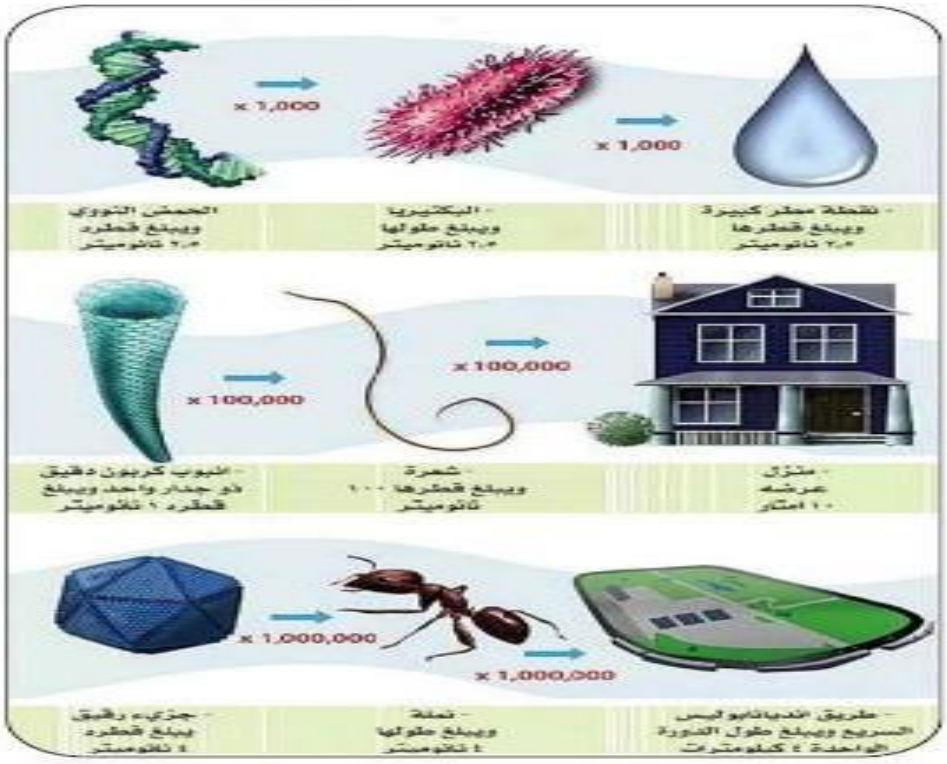
الشكل (1-5) العالم الفيزيائي العربي المسلم منير نايفه

(1-4) مصطلحات في عالم النانو

من خلال ما تقدم يمكن ادراج بعض المصطلحات في عالم النانو.

المصطلح	التعريف
نانو *Nano*	هي مأخوذة من كلمة نانوس Nanos اليونانية وتعني القزم Dwarf أو الشيء المتناهي في الصغر
النانو متر *Nanometer*	وحدة قياس مترية = ١ من 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!.



الشكل (1-6) بعض الامثلة على الاشياء في المقياس النانوي

الفصل الثاني

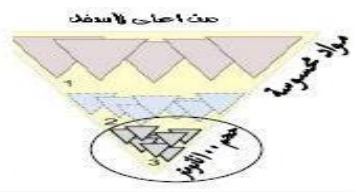
المواد النانوية

(1-2) طرق تصنيع 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 والقطع والكحت والطحن وقد أستخدمت هذه التقنيات للحصول على مركبات الكترونية مجهرية كشرائح الكمبيوتر وغيرها 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 ما يستخدم في ذلك الطرق الكيميائية، وتتميّز تلك بصغر حجم 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.	

(2-2) 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.

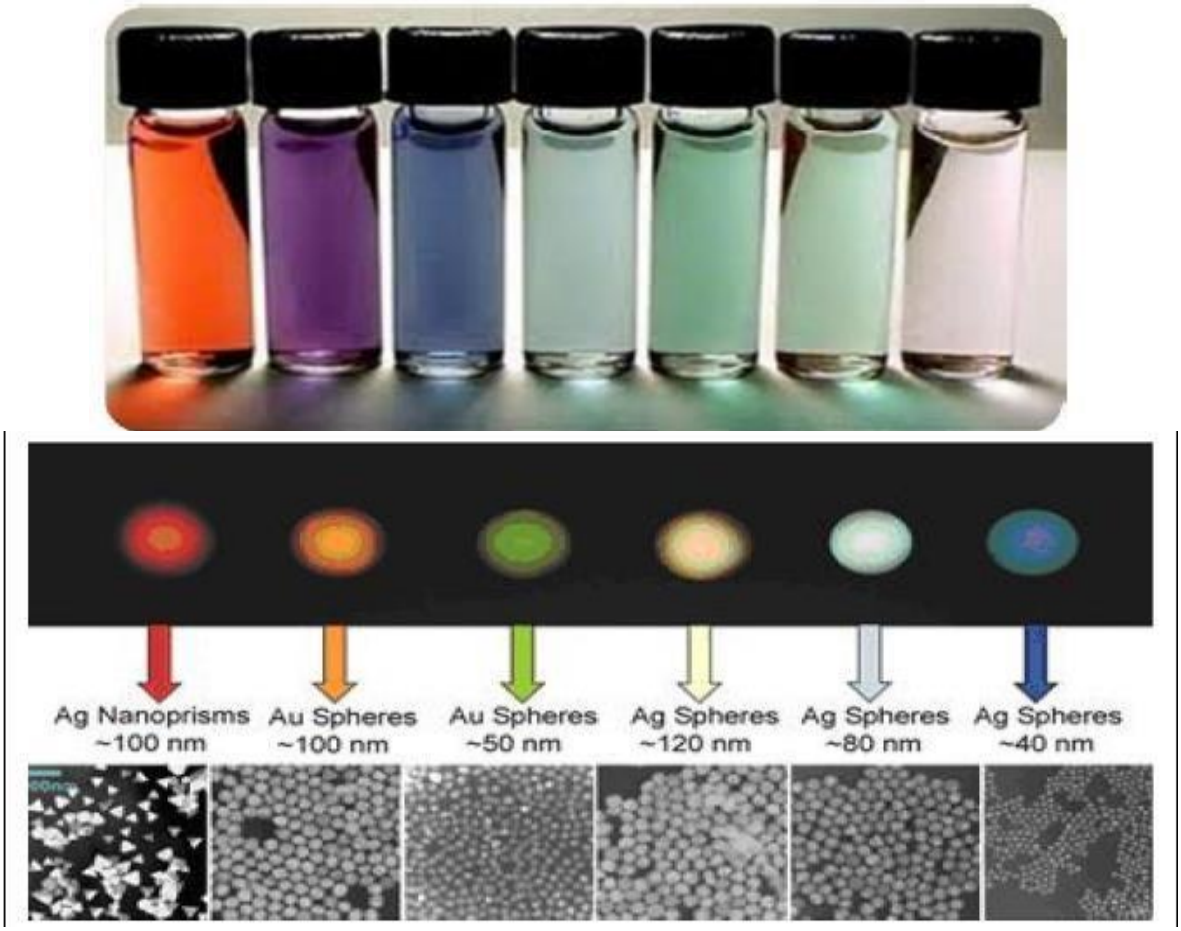
ثانيا: تأثير فيزياء الكم

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 وبالخصوص قوة الجاذبية الأرضية التي تأثر علينا وعلى العالم من حولنا، سنجد أنها غير مهمة وغير 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 PRINCIPLE UNCERTAINTY والذي ينص على أن المكان والزخم والطاقة 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.

ممـا تقـدم يتضـح بـان الشـيء الفريـد فـي مقيـاس النـانو "NANOSCALE" هـو ان جسـيمات النـانو "NANOPARTICLES" تبـدي مفـاهيم فيزيائيـة وكيميائيـة جديـدة تـؤدي إلـى سـلوك جديـد تكـون فيـه معظـم الخصـائص الأساسـية للمـواد والآلات تعتمـد علـى حجـم هـذه الجسـيمات DEPENDANT SIZE وقـد لـوحظ كمثـال لـذلك أن كـلا مـن الخصـائص الكهربائيـة والمغناطيسـية والبصـرية والحراريـة والميكانيكيـة للمـادة تتغيـر كلهـا عنـدما تصـبح أبعادهـا ضـمن المقيـاس النـانوي فنجـد تغيـر واضـح فـي التركيـب الإلكتروني، التوصيلية، التفاعلية (REACTIVITY)، درجة الانصهار.

الخصائص البصرية

مـن الخصـائص المميـزة لجسـيمات النـانو القـدرة علـى تغييـر اللـون، وذلـك عنـدما يتغيـر حجـم هـذه الجسـيمات وأشـكالها، والمقصـود بتغيـر الحجـم هنـا، وصـول الجسـيمات للحجـم النـانوي، فمـثلا إذا أحضـرت سـبيكة ذهـب سـوف تجـد أنهـا ذات لـون ذهبـي، جـرب أن تقطـع هـذه السـبيكة إلـى قسـمين هـل تغيـر اللـون؟، لـم يحـدث شـيء مـا زالـت تحـتفظ بـنفس اللـون، امسـك جـزء منهـا وقطعـه إلـى عشـرة أجـزاء، عشـرين جـزءا، مائـة جـزء، مـا زال لا يوجـد تغيـر فـي لونهـا، لكـن عنـد مقيـاس النـانو يتغيـر اللـون الـذهبي إلـى اللـون البرتقـالي وذلـك عنـدما يكـون حجـم الجسـيمات أقـل مـن (100 نـانومتر)، وكـذلك يصـبح لـون محلـول الـذهب أخضـر عنـدما يقـل حجـم جسـيماته عـن (50 نـانومتر) لكـن اذا مـا تـم تصـغير هـذه الجسـيمات الـى اقـل مـن (20 نـانومتر)، فأنهـا تكـون عديمـة اللـون (شـفافة)، ولا يقتصـر الأمـر علـى جسـيمات الـذهب فقـط وانمـا ينطبـق علـى العديـد مـن الجسـيمات فمـثلا يتغيـر لـون محلـول الفضـة إلـى اللـون الأحمـر عنـدما يقـل حجـم جسـيماته عـن (100 نـانومتر)، أمـا إذا كـان لـدينا محلـول لجسـيمات الفضـة ذات الشـكل الكـروي فـإن لـون هـذا المحلـول يتغيـر إلـى اللـون الأصـفر الفـاتح عنـدما يكـون حجـم جسـيماته أقـل مـن (120 نـانومتر)، والـى اللـون الأزرق الفـاتح عنـدما يكـون حجـم جسـيماته أقـل مـن (120 نـانومتر)، والـى اللـون الأزرق الغـامق عنـدما يقـل حجـم جسـيماته عـن (20 نـانومتر)، كما موضح بالشكل ادناه



الشكل (2-1) تغيير لون جسيمات الذهب وجسيمات الفضة النانوية بسبب تغير ابعادها

الخصائص الميكانيكية

1. الصلادة

ترتفع قيم الصلادة للمواد الفلزية عند تصغير مقاييس حبيبات المادة للمقياس النانوي، والتحكم في ترتيب ذراتها، فمثلًا 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.

2. نقطة الانصهار

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

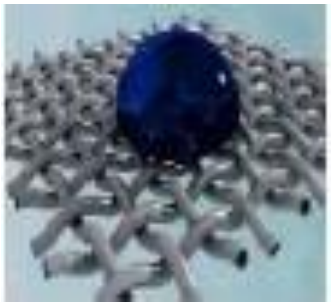
الخصائص المغناطيسية والكهربائية

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.

(3-2) أشكال المواد النانوية

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

1. المواد النانوية أحادية الأبعاد:



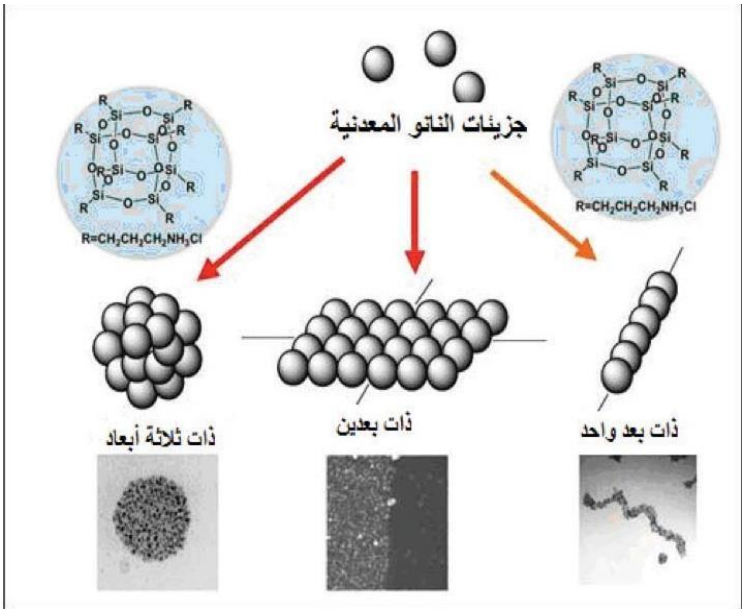
تكون هذه المواد على شكل طبقة مسطحة رقيقة ذات سمك نانوي في بُعد واحد فقط الذي يتراوح بين (1-100) نانومتر، ولا يُشترط أن يتمتع بعداها الآخران بمقاييس نانوية، ومن الأمثلة عليها: الرقائق أو الأغشية THIN LAYERS، والأفلام الرقيقة THIN FILMS المستخدمة في طلاء الأسطح SURFACE NANOCOATING لحمايتها من الصدأ والتأكل والمستخدمة في تغليف المنتجات الغذائية بهدف وقايتها من التلوث والتلف، ورقائق السيليكون المستخدمة في صناعة الخلايا الشمسية SOLAR CELLS.

2. المواد النانوية ثنائية الابعاد:

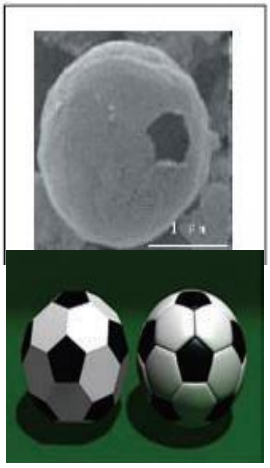
يُقصد بها المواد التي تمتلك بُعدين يتراوحان بين 1-100 نانومتر، مثل الأنابيب النانوية (Nanotubes)، والألياف النانوية (Nano Fibers)، كأنابيب الكربون النانوية (Carbon Nanotubes) أحادية ومتعددة الجدار.

3. المواد النانوية ثلاثية الأبعاد:

يُقصد بها المواد التي أبعادها الثلاثة تتراوح بين 1-100 نانومتر، ويُطلق عليها: الكريات النانوية (Nano Spheres)، مثل كرات البوكي (Bucky Balls)، والمساحيق فائقة النعومة (Nano Powders)، والحبيبات النانوية (UltraNano Particles).



الشكل (2-2) تقسيم المادة النانوية من حيث الابعاد



ومن أهم أشكال المواد النانوية:

1. الكرات النانوية

تعريفها: هي مواد نانوية كروية، ولا توجد فجوات على سطحها.

قياسها: قطرها = 500 نانومتر أو أكثر.

من أهمها: كرات الكربون النانوية وتسمى الفوليرين.

2. الانابيب 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.

3. الأسلاك النانوية

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

أسلاك نانوية

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.

4. 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).

5. 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:

جهاز التدوير الكهربائي

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.
6. طرق تحضيرها؛ التدوير الكهربائي، البلمرة.

6. أنابيب الكربون النانوية

الخواص المميزة لأنابيب الكربون النانوية:

1. موصل جيد للكهرباء والحرارة درجة توصيلها للكهرباء أعلى من النحاس اما توصيلها الحراري فهو اعلى 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 المجاهر المستخدمة في رؤية المواد النانوية (Microscopes).

عنـد تصـنيع المـواد بحجـم النـانو فـإن التركيـب الفيزيـائي والتركيـز الكيميـائي للمـواد الخـام المسـتخدمة فـي التصـنيع دور مهـم فـي خصـائص المـادة النانويـة الناتجـة، وهـذا الأمـر بخـلاف مـا يحـدث عنـد تصـنيع المـواد العاديـة؛ لأن المـواد فـي الحجـم العـادي تتكـون مـن مجموعـة مـن الحبيبـات التـي تحتـوي علـى عـدد مـن الـذرات، وقـد تكـون هـذه الحبيبـات مرئيـة، أو غيـر مرئيـة بـالعين المجـردة بنـاء علـى حجمهـا، بيـد أن المـواد النانويـة لا يمكـن رؤيتهـا بـالعين المجـردة، بـل يمكـن رؤيتهـا فقـط بمجـاهر خاصـة ويسـتخدم فـي الوقـت الحاضـر عـدد مـن المجـاهر الإلكترونيـة فـي تطبيقـات كثيـرة خاصـة بمجـال تقنيـة النـانو وبواسـطة هـذه المجـاهر يمكـن رؤيـة المـواد النانويـة، وفحصـها، وتصـويرها فـي مقاسات نانوية.

الشكل (2-3) كرة البوكي المكونة من 60 ذرة كاربون

وسنسـتعرض هنـا بعـض المجـاهر الأساسـية التـي لا بـد أن تتـوفر فـي المختبـرات المهتمة بتقنيات النانو ومنها على سبيل المثال لا الحصر:

المجهـر الإلكترونـي النفّـاذ (TEM) والمجهـر الإلكترونـي الماسـح (SEM) ومجهـر القوة الذرية (AFM) مع العوازل .

المجهـــر الالكترونـــي النافـــذ Transmission Electron Microscope (TEM)

يستخدم المجهر الالكتروني النافذ في:

1. دراسة الخواص التركيبية والبلورية للعينات.
2. معرفة تفاصيل التركيب الدقيق للخلية وعضياتها.
3. يتميز بقدرته التكبيرية التي قد تصل إلى (200000) مرة.
4. تصـل قـوة التمييـز فـي المتوسـط إلـى (0.2 نـانومتر)، ويسـتخدم لـذلك حزمـة الكترونيـة قويـة تتـراوح طاقتهـا مـا بـين (300-30Kev) ممـا يعطيـه قـدرة تمييـز تسـاعد علـى تحليـل المميـزات الذريـة، والمقصـود بقـوة التمييـز: "قـدرة المجهـر علـى التفريـق بـين جسـمين دقيقـين متقـاربين للعينـات المدروسـة، بحيـث يظهـران منفصلين، ويعتمد ذلك على الطول الموجي المستخدم".

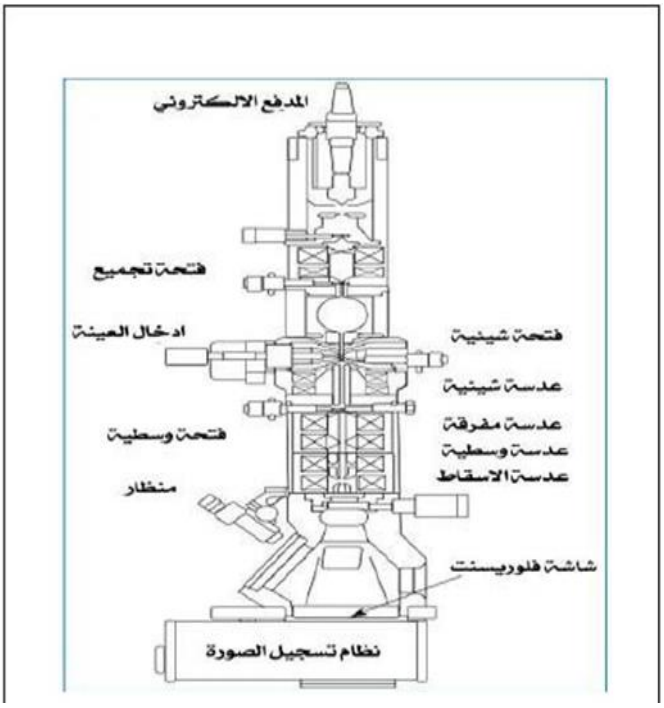
يعتمـد مبـدأ عملـه علـى مبـدأ نفـاذ الالكترونـات السـاقطة مـن خـلال العينـة المدروسـة، ومـن ثـمّ تكـوين الصـور علـى شاشـة فلورسـنت أو علـى الأفـلام الفوتوغرافيـة بواسطة القسم النافذ من الحزمة الالكترونية.

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 (100-60Kev) 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، وينتج 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 ذرات 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 ذرات هذه المناطق أو تشتتها بشكل كبير، وهذا يدل على أن العينة في هذه المناطق التي تظهر بشكل مظلم تحتوي على عناصر ذرات 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).



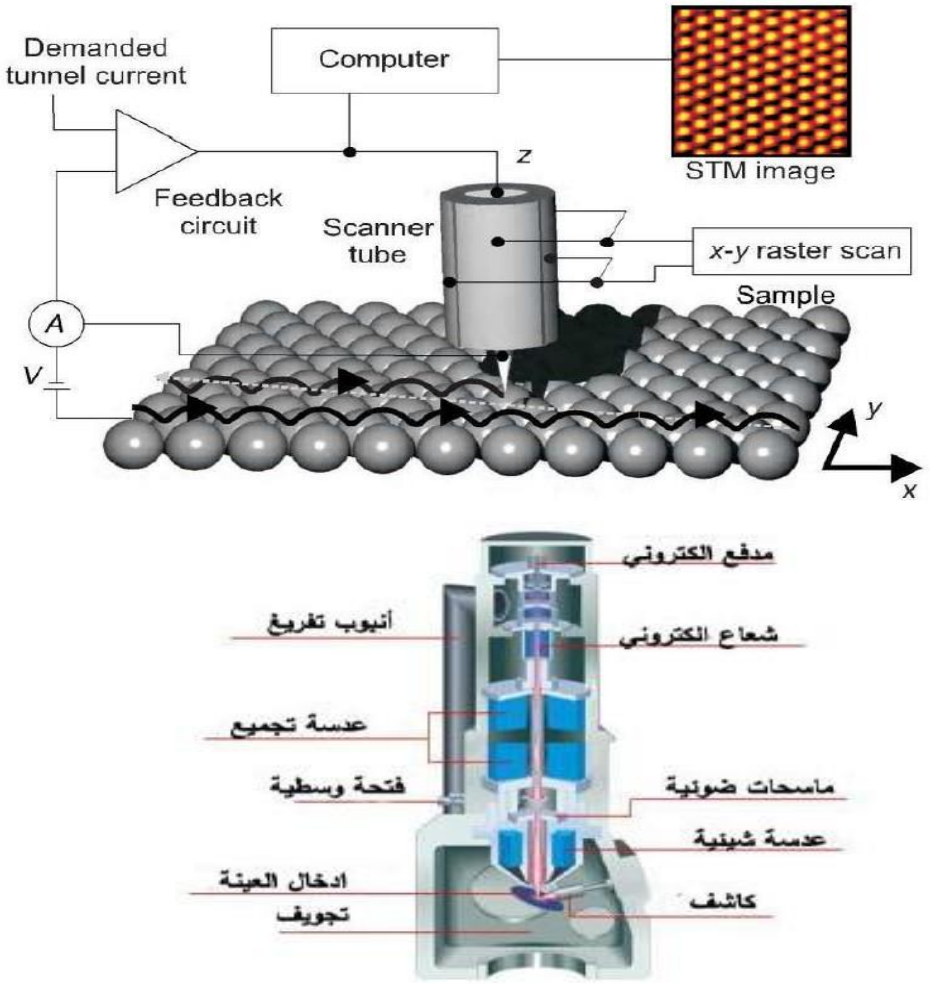
الشكل (2-4) رسم تخطيطي للمجهر الالكتروني النافذ (TEM)

المجهر الالكتروني الماسح Scanning Electron Microscopy (SEM)

يعمل SEM عن طريق الخطوات التالية:

- انتاج الكترونات عن طريق الانبعاث الحراري، ويتم ذلك باستخدام فتيلة FILAMENT تسخين تصنع عادة من التنكستين، ويسلط عليها جهد تعجيل تتفاوت قيمته ما بين (30– 0.1Kev).
- 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 تماما، 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 واظهارها كصور واشارة الأشعة السينية X-RAY والتي تتم ترجمتها إلى طيف تحليلي.



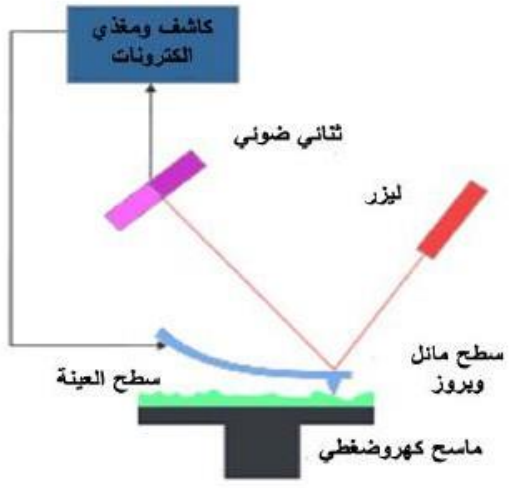
الشكل (2-5) رسم تخطيطي للمجهر الإلكتروني الماسح (SEM)

مجهر القوة الذرية Atomic Force Microscopy (AFM)

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

يحتوي المجهر على ذراع طولها بحدود الميكرومتر، 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 وفقاً 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 بارتفاع ثابت، يصطدم الرأس بالسطح المتعرج للعينة مما يتسبب في إحداث تلف للرأس ولتجنب ذلك، يتم غالباً عمل تغذية راجعة في الجهاز تقوم بضبط المسافة بين الرأس وسطح العينة والمحافظة على وجود قوة ثابتة بينهما وهنا يتم تثبيت العينة على قضيب كهروضغطي ماسح، مما يمكن العينة من الحركة إلى أعلى (باتجاه المحور) للحفاظ على قوة ثابتة، ويتم مسح العينة بالاتجاهين X و Y.



الشكل (2-6) مجهر القوة الذرية (AFM)

الفصل الثالث

تطبيقات تقنية النانو

(3-1) 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 أشكالًا 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.

(2-3) 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 وخصوصا الفلزية منها ذات صلابة وشدة تحمل عاليتين.

(3-3) 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 وغيرها تركز الانتقادات هنا على عنصرين:

العنصر الأول: هو أن النانو 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 نانو أنابيب الكربون في أكثر ضررا من غبار الكوارتز الذي يسبب السيليكوسيس وهو مرض مميت يحصل في أماكن العمل.

العنصر 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".

المصادر والمراجع

المصادر والمراجع

1. الشايب، أحمد محمد (2018): تقنية النانو: المبادئ والتطبيقات. دار المسيرة للنشر والتوزيع، عمان، الأردن.
2. العمر، فهد عبد الله (2020): مقدمة في علم وتقنية النانو. مجلة العلوم والتقنية، المجلد 15، 3، ص 45-78.
3. نايفة، منير (2003): التأيين الرنيني واكتشاف الذرات المنفردة. مجلة الفيزياء العربية، المجلد 8، ص 12-28.
4. الهيئة الوطنية للعلوم والتقنية والابتكار (2021): تقرير حالة تقنية النانو في المملكة العربية السعودية. الرياض

5. FEYNMAN, R. P. (1959). THERE'S PLENTY OF ROOM AT THE BOTTOM. ENGINEERING AND SCIENCE, CALIFORNIA INSTITUTE OF TECHNOLOGY, 23(5), 22-36.
6. TANIGUCHI, N. (1974). ON THE BASIC CONCEPT OF "NANO-TECHNOLOGY". PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRODUCTION ENGINEERING, TOKYO, PART II, JAPAN SOCIETY OF PRECISION ENGINEERING.
7. DREXLER, K. E. (1986). ENGINES OF CREATION: THE COMING ERA OF NANOTECHNOLOGY. ANCHOR BOOKS, NEW YORK.
8. IIJIMA, S. (1991). HELICAL MICROTUBULES OF GRAPHITIC CARBON. NATURE, 354(6348), 56-58.
9. ROCO, M. C., WILLIAMS, R. S., & ALIVISATOS, P. (EDS.) (1999). NANOTECHNOLOGY RESEARCH DIRECTIONS: IWGN WORKSHOP REPORT. NATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY COUNCIL (NSTC), WASHINGTON, DC.
10. SALATA, O. V. (2004). APPLICATIONS OF NANOPARTICLES IN BIOLOGY AND MEDICINE. JOURNAL OF NANOBIOTECHNOLOGY, 2(1),
11. POOLE, C. P., & OWENS, F. J. (2003). INTRODUCTION TO NANOTECHNOLOGY. JOHN WILEY & SONS, NEW JERSEY.
12. VOLLATH, D. (2013). NANOMATERIALS: AN INTRODUCTION TO SYNTHESIS, PROPERTIES AND APPLICATIONS (2ND ED.). WILEY-VCH, WEINHEIM, GERMANY.
13. RAO, C. N. R., MÜLLER, A., & CHEETHAM, A. K. (EDS.) (2004). THE CHEMISTRY OF NANOMATERIALS: SYNTHESIS, PROPERTIES AND APPLICATIONS. WILEY-VCH, WEINHEIM.

14. BUZEA, C., PACHECO, I. I., & ROBBIE, K. (2007). NANOMATERIALS AND NANOPARTICLES: SOURCES AND TOXICITY. BIOINTERPHASES, 2(4), MR17-MR71.
15. BINNIG, G., & ROHRER, H. (1987). SCANNING TUNNELING MICROSCOPY—FROM BIRTH TO ADOLESCENCE. REVIEWS OF MODERN PHYSICS, 59(3), 615-625.
16. مركز تقييم التقنية العالمي الأمريكي WTEC) (1999). NANOSTRUCTURE SCIENCE AND TECHNOLOGY: A WORLDWIDE STUDY. NATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY COUNCIL, WASHINGTON, DC. .
17. الموقع الرسمي لمركز الأبحاث الوطنية للنانو تكنولوجي. متاح على: HTTPS://WWW.NNIN.ORG .
18. موقع المعهد الوطني للمعايير والتقنية (NIST)متاح على: HTTPS://WWW.NIST.GOV/NANOTECHNOLOGY