الفصل التاسع: المواد النانوية

Nano Materials

(1) المقدمة :

كلمة النانو هي بادئة منحوتة من اللغة اليونانية القديمة وتعني قزم (Nanos) ، وفي مجال العلوم يعني النانو جزءاً من مليار (جزء من الف مليون) ، مثلاً نانو ثانية (وحدة لقياس الزمن) تعني واحداً على مليار من الثانية الواحدة ، وبالمثل يستخدم النانو متر (nm) كوحدة لقياس اطوال الاشياء الصغيرة جداً التي لا ترى الا تحت المجهر الالكتروني ، وتستخدم هذه الوحدة للتعبيرعن ابعاد اقطار ومقاييس ذرات وجزيئات المواد المركبة والجسيمات المجهرية مثل البكتريا والفايروسات . والنانو المتر الواحد يساوي جزءاً من الف مليون (مليار) جزء من المتر .

وللمقارنة فأن النانو المتر الواحد منه يعادل قياس طول صف مكون من (13) ذرة من ذرات غاز الهيدروجين اذا ما تخيلنا انها وضعت متراصة بعضها بجانب البعض ، كما ان مقياس طول بكتريا الكوليرا يبلغ نحو (1 µm) وهو ما يعادل (1000)nm ولتقريب هذا التعريف الى الواقع فان قطر شعرة الرأس يساوي (75000)nm كما ان حجم خلية الدم الحمراء يصل الى (2000)nm. ويعد عالم النانو الحد الفاصل بين عالم الذرات والجزيئات وبين عالم المايكرو.

(2) المواد النانوية Nano Materials

يمكننا تعريف المواد النانوية بانها تلك الفئة المتميزة من المواد المتقدمة التي يمكن انتاجها بحيث تتراوح مقاييس ابعادها او ابعاد حبيباتها الداخلية بين (100-1)nm ، وقد ادى صغر احجام ومقاييس تلك المواد الى ان تسلك سلوكاً مغايراً للمواد التقليدية كبيرة الحجم التي تزيد ابعادها عن (100)nm. ففي المقياس النانوي تتصرف الاجسام بشكل مختلف تماماً عن تصرفها في المقاييس الكبرى. مثلاً الذهب في حجمه العادي يعد موصلاً ممتازاً للحرارة والكهرباء وتأثره قليل بالضوء . لكن جسيمات الذهب النانوية المبنية بشكل مناسب تبدأ بامتصاص الضوء وبامكانها تحويل ذلك الضوء الى حرارة كافية تجعلها تعمل كمشرط حراري مصغر يمكن من خلاله قتل الخلايا غير المرغوبة في الجسم مثل الخلايا السرطانية . كذلك بعض المواد الاخرى يمكن ان تصبح قوية بشكل ملاحظ عندما تبنى على مقياس نانوي بشكل لا يصدق حتى ان بعض العلماء يفكرون بامكانية جمع انابيب الكربون النانوية مع البلاستيك لصناعة مركب اخف بكثير من الفولاذ ، وفي الوقت نفسه تكون اكثر قوة منه . كما ان المواد النانوية من ناحية المصدر تكون متنوعة اذ تختلف باختلاف نسبها كأن تكون مواد عضوية او غير عضوية او مواد طبيعية او محضرة .

(3) علم النانو وتقانة النانو Nano Science & Nanotechnology

ربما لم تحظ اي تقانة سـابقة باهتمام وترقب كمثل الذي حظيت به تقانة النانو التي تعد المفتاح السحري للتقدم والنماء الاقتصادي المبني على العلم والمعرفة .

فعلم النانو يقصد به ذلك العلم الذي يعنى بدراسة وتوصيف مواد النانو وتعيين خواصها وخصالها الكيميائية والفيزيائية والمكيانيكية مع دراسة الظواهر المرتبطة الناشئة عن تصغير احجامها .

بينما تقانة النانو تعني دراسة المبادئ الاساسية للجزيئات والمركبات التي لا يتجاوز قياسها nm(100) ، بمعنى اخر هو التحكم التام والدقيق في انتاج المواد وذلك من خلال التحكم في تفاعل الجزيئات الداخلة في التفاعل وتوجيه هذه الجزيئات من خلال انتاج مادة معينة وهذا النوع من التفاعل يعرف بالتصنيع الجزيئي ، ويمكن وضع الذرات خلال التفاعل في مكانها الصحيح او المناسب ، مثلاً لو تم توجيه وضع ذرات الكربون في الفحم عند اجراء التفاعل فانه يمكن انتاج الماس ، اما اذا قمنا باعادة ترتيب الذرات في السيليكون واضفنا بعض العناصر القليلة فانه يمكن لنا بعد ذلك تصنيع رقائق الحاسوب.

(4) تصنيف المواد النانوية Classification of Nanomaterial

1. المواد النانوية احادية الابعاد

تقع تحت هذه الفئة جميع المواد التي يقل احد مقاييس ابعادها عن nm(100) وسميت هذه الفئة بالمواد النانوية احادية الابعاد (اي التي لها بعد نانوي واحد فقط) ، ومن امثلة هذه المواد الرقائق او الاغشية (Thin Layers) مثل المواد النانوية الموظفة في مجال طلاء الاسطح (Surface Nanocoating) كمثل التي تستعمل في طلاء اسطح المنتجات الفلزية لغرض حمايتها من التآكل بالصدأ.

2. المواد النانوية ثنائية الابعاد

يشترط في مجموعة هذه الفئة من المواد النانوية ان يقل مقياس بعدين من ابعادها عن nm(100) وتعد الانابيب النانوية (Nanotubes) ومنها انابيب الكربون النانوية والالياف النانوية وكذلك الاسلاك النانوية نماذج مهمة لتلك الفئة من المواد . وقد توظف كمواد داعمة ومقوية لقوالب الفلزات لرفع قيم صلادتها وتحسين خواصها الميكانيكية ، وعلى الاخص رفع مقاومتها للانهيار ، كما انها تجمع خواصاً فريدة اخر مثل القدرة الفائقة على التوصيل الحراري والكهربائي .

3. المواد النانوية ثلاثية الابعاد

تمثل الكريات (Spheres) نانوية الابعاد مثل الحبيبات النانوية وكذلك مساحيق الفلزات فائقة النعومة ومن الجدير بالذكر ان هذه الفئة من المواد النانوية ثلاثية الابعاد سواء أهيأة حبيبات كانت ام مساحيق فائقة النعومة تتصدر قائمة الانتاج العالمي من المواد النانوية بوجه عام ، نظراً لتعدد استعمالاتها في المجالات التكنولوجية الحديثة وتطبيقاتها. فعلى سبيل المثال تتوافر الآن في الاسواق مساحيق حبيبات نانوية لأكاسيد الفلزات ذات اهمية اقتصادية كبيرة حيث

تدخل اكاسـيد الفلزات مثل اوكسـيد السـيليكون (SiO_2) واوكسـيد التيتانيوم (TiO_2) واوكسـيد الالمنيوم (Al_2O_3) وكذلك اوكسيد الحديد (Fe_3O_4) في قطاع صـناعة الالكترونيات ومواد البناء وكذلك في صناعة الادوية والاجهزة الطبية الحديثة لتحل بذلك محل المواد التقليدية، ولتساهم في رفع كفاية المنتجات وجدوتها.

وتعد فئة الحبيبات النانوية لعناصـر الفلزات الحرة ، ولاسـيما فلز الذهب والفضـة من اهم المواد النانوية الحبيبية ، وذلك لأهميتها واسـتعمالتها في كثير من التطبيقات المتعلقة بدحر الاورام السرطانية التي تصيب اعضاء الجسم وقتلها .

(5) خواص المواد النانوية Properties of Nanomaterials

1. الخواص الميكانيكية

تأتي الخواص الميكانيكية للمادة على رأس قائمة الخواص المستفيدة من صغر حجم الحبيبات فعلى سـبيل المثال ترتفع قيم الصـلادة (Hardness) للمواد الفلزية وسـبائكها وكذلك تزيد مقاومتها لمواجهة اجهادات الاحمال المختلفة الواقعة عليها وذلك من خلال تصـغير مقاييس حبيبات المادة والتحكم في ترتيب ذراتها.

2. نقطة الانصهار

تتأثر قيم درجات حرارة انصـهار المادة بتصـغير ابعاد مقاييس حبيباتها فعلى سـبيل المثال ان درجة الحرارة التي يتحول عندها فلز الذهب النقي من الحالة الصـلبة الى الحالة السـائلة تعرف بنقطة الانصـهار وهي (1064°C) . والسـؤال الذي يطرح نفسـه هل تتغير هذه القيمة مع تغير اوضـاع ذرات فلز الذهب وترتيبها الناجمة عن تصغير مقاييس ابعاد حبيباته وزيادة مساحة اسطحه الخارجية ؟

ان قيمـة نقاط انصـهار فلز الذهب تختلف باختلاف مقاييس ابعاد اقطار حبيباتـه ، اذ انـه تتناقص بتناقص اقطار تلك الحبيبات تناقصاً ملحوظا لتقل الى نحو (500°C) عند تدني مقياس اقطار حبيبات الذهب الى نحو (1.35)nm.

3. الخواص البصرية

اضـافة الى ما سـبق ذكره من الخواص المهمة التي تتميز بها المواد النانوية فقد اسـتحوذت تلك المواد على اهتمام الباحثين والعلماء والعاملين في مجال البصـريات ، نظراً للخواص غير المسـبوقة التي تمتلكها تلك المواد اذ تختلف في خواصـها البصـرية عن نظائرها من المواد التقليدية كبيرة الحبيبات .

ومن المثير للدهشـة ان امتداد تأثير حجم الحبيبات يؤدي الى تغيير الخواص البصـرية للمادة ومنها التشـتت او الانكسـار الضـوئي لسـطح المادة. فعلى سـبيل المثال فان اللون المعروف لحبيبات

الـذهـب النـقـي التـي تـزيـد اقطـارهـا عن nm(200) هو اللـون الـذهبـي الاصـــفـر الـذي نعرفـه لكن اذا مـا تم تصـــغير هـذه الحبيبـات الى اقـل من nm(20) فـأنهـا تكون عـديمـة اللون (شفافة) ومع زيادة تصغير الحبيبات تظهر الحبيبات بألوان مختلفة من الاخضر الى البرتقالي ثم الى الاحمر ، وذلك وفقاً لمقاييس ابعاد اقطارها .

ويعد مجال الالكترونيات والبصـــريات احد اهم المجالات التطبيقية الخاصـــة بالمواد النانوية التي تجمع في خواصـها صـفات بصـرية وقدرة فائقة على التوصـيل الكهربائي ، حيث تسـتعمل هذه المواد في صـناعة الشـاشـات عالية الدقة ، فائقة التباين ونقاء الالوان مثل شـاشـات التلفاز والحاسـبات الحديثة .

4. الخواص الكهربائية

ان أثر تناهي صـــغر احجام حبيبات المواد النانوية وكثافة اعداد الحدود الحبيبية يعدان امراً ايجابياً على خواصـــها الكهربائية التي تتمثل بقدرتها الفائقة على توصـــيل التيار الكهربائي وتســـتخدم المواد النانوية الآن في صـــناعة اجهزة الحســـاســـات الدقيقة والشـــرائح الالكترونية بمختلف الاجهزة الحديثة كما تســـتعمل في صـــناعة مكونات الهواتف الخلوية والحاســـبات مما مكن هذه القطاعات الصناعية من انتاج اجهزة خفيفة الوزن ذات مواصفات عالية التقانة [6].

(6) تصنيع المواد النانوية Manufacturing of Nanomaterials

هناك طريقتان عامتان لانتاج المواد النانوية ; الاولى من الاعلى الى الاســـفل (Top-Down) والثانية من الاسفل الى الاعلى (Bottom-Up) ،.

أولا / طريقة التصغير (Top-Down) من الاعلى الى الاسفل

تبدأ هذه الطريقة من المواد في حالتها الطبيعية اي صـلبة (Bulk) ثم يتم تكسـيرها او تصـغيرها حتى تصـل الى قطع صـغيرة جداً (من مرتبة النانو) وذلك باسـتخدام الطرائق الميكانيكية او الكيميائية او غيرها وفيما يلي بعض هذه الطرائق ، :

1. الطحن

وهي طريقة ميكانيكية تنتج مواداً نانوية بشـكل مسـحوق (Powder) اذ يتم وضـع المادة تحت طاقة عالية جداً وطحنها عن طريق كرات مصـــنوعة من الفولاذ تتحرك اما بشـــكل لولبي او بشكل اهتزازي او بشكل رأسي ويمكن لنا صنع مسحوق يتراوح حجمه من nm(25-3).

2. الحك او الحفر

وهذه الطريقة اسـتعملت لانتاج جزيئات السـيليكون النانوية وتكون اما بطرائق كيميائية واما بطرائق الكتروكيميائية .

3. الاستئصال الليزري

يتم استخدام ليزر نبضي ذي طاقة عالية مركز على هدف صلب وموضوع في غرفة مفرغة من الهواء فيتفاعل شـــعاع الليزر مع الهدف فتتطاير الجزيئات مكونة بلازما وتترســـب على القاعدة وتتكون اغشـــية رقيقة . وكانت اول مرة اســـتخدمت فيها هذه الطريقة عام (1960) باســـتخدام ليزر الياقوت بيد ان الاغشـية الرقيقة المنتجة كانت ملوثة وبعد مدة زمنية حصـل تطوراً وتم تحسـين هذه الطريقة.

4. الترذيذ Sputtering

وتسـتعمل في صـنع الاغشـية الرقيقة اذ توضـع المادة تحت ضـغط منخفض جداً مفرغ من الهواء وبقاعدة باردة معرضـة لمجال مغناطيســي كل هذه العوامل تؤدي الى ان الجزيئات تنتزع من المادة او (تترذذ) لتترسب على القاعدة لتكون غشاءً رقيقاً .

ثانياً / طريقة البناء (Bottom-Up) من الاسفل الى الاعلى

تبدأ هذه الطريقة من الذرات او الجزيئات ليتم فصـلها عن بعض ثم يتم تجميعها لتصـل الى مرتبة النانو باستعمال التفاعلات الكيميائية او باستخدام طريقة تبادل المواد (اي مادة تشكل منها مادة اخرى).

للمواد النانوية خصائص يهتم بها جميع المشتغلين في هذا الجانب ومنها :

أ. حجم الجزيئات

الحجم مهم عند التعامل مع المواد النانوية فمثلاً السـيليكون النانوي عندما يكون حجم جزيئاته (1nm) فأنه يشـــع اللون الازرق بينما اذا كان حجم جزيئاته (3nm) فأنه يشـــع في المنطقة الحمراء وما بينهما يشـــع اخضـــر بخلاف المواد عندما تكون بهيأة (Bulk) فالحجم يكون غير مهم ولا تتغير خصائص المادة عند اختلاف حجمها .

ب. شكل الجزيئات

يكون شكل الجزيئات (سداسي وكروي وثلاثي ...) وهو مهم جداً في المواد النانوية فعندما تتغير الاشكال تتغير معها خصائص المادة .

جـ. توزيع الجزيئات

يعد توزيع الجزيئات امراً مهماً في تحديد خواص المادة هل ان التوزيع منتظم ام غير منتظم او هل هي مستقرة ام غير مستقرة؟.

د. تركيب الجزيئات

يعني تركيب الجزيئات او الذرات المستخدمة .

هـ. درجة تجمع الجزيئات

ويعني هل ان الجزيئات تكون متباعدة او متقاربة.

ويمكن تشخيص خصائص المواد النانوية ودراستها وتأكيد تركيبها باستخدام عدد من الاجهزة والتقنيات العلمية من اهمها :

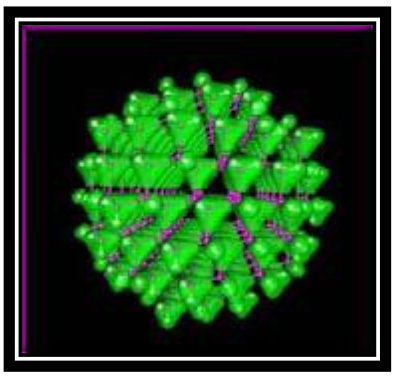
1. المجهر الالكتروني النفاذي Transmission Electron Microscopy (TEM)
2. مجهر المسح الالكتروني Scanning Electron Microscopy (SEM)
3. مجهر القوى الذرية Atomic Force Microscopy (AFM)
4. حيود الاشعة السينية X – Ray Diffraction

(7) اشكال المواد النانوية Shapes of Nanomaterials

تتخذ الجسيمات النانوية المصنعة اشكالاً مختلفة منها :

1. النقاط الكمية Quantum Dots

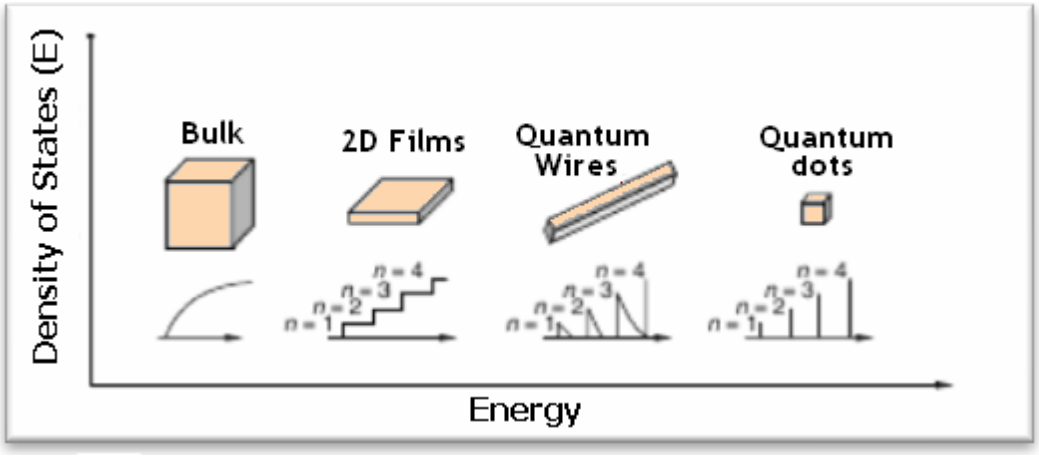
هي عبارة عن تركيب نانوي شبه موصل ثلاثي الابعاد تتراوح ابعاده بين nm(10-2) ، وهذا يقابل (50-10) ذرة في القطر الواحد او تقريبا (100000-100) ذرة في حجم النقطة للكمية الواحدة ،وتقوم النقطة الكمية بتقييد الكترونات حزمة التوصيل وفجوات حزمة التكافؤ. كما تبدي النقاط الكمية طيفاً طاقياً مكمماً متقطعاً وتكون الدوال الموجية المقابلة متمركزة داخل النقطة الكمية ، وعندما يكون قطر النقطة الكمية يساوي 10 nm فانه يمكن رصف ثلاثة ملايين نقطة كمية بعضها بجانب البعض بطول يساوي عرض اصبع ابهام الانسان . كما في الشكل (1) ،.



الشكل (1) النقاط الكمية

ويمكن تكميم الطاقة للابعاد الكبيرة والصغيرة ، اذ نلاحظ ان كثافة الحالات تتغير اسياً عند الاحجام الكبيرة ، بينما نجد ان هناك انقطاعات في الاحجام الصغيرة كما في الشكل (2) وهذا يقود الى حدوث تدرج عند الحالات ثنائية الاتجاه وشذوذ في احادية الاتجاه وخطوط متقطعة ضمن النقاط الكمية

التي لا يمكن للالكترون التحرك خلالها بحرية (مقيدة الحركة) وبذلك يمكن القول ان الخواص البصرية بما فيها الامتصاص وانبعاث الضوء تتغير وبشكل غير معهود مسبقاً .



الشكل (2) الحالات كدالة للطاقة في اشباه الموصلات الكبيرة ونانوية التركيب

2. الجسيمات النانوية Nanoparticles

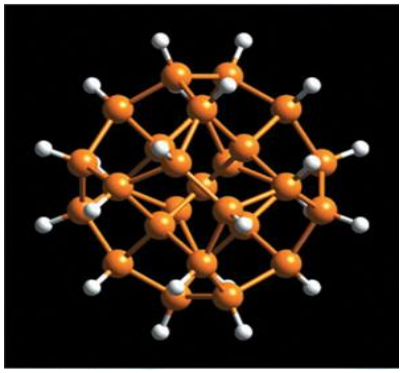
على الرغم من ان كلمة (الجسيمات النانوية) حديثة الاستعمال الا ان هذه الجسيمات كانت موجودة في المواد المصنعة او الطبيعية منذ زمن قديم .

يمكن تعريف الجسيمات النانوية على انها عبارة عن تجمع ذري او جزيئي يتراوح عددها من بضع ذرات الى مليون ذرة مرتبطة ببعضها بشكل كروي تقريبا وبنصف قطر اقل من (100 nm) كما في الشكل (3) فمثلا اذا كان جسيم نصف قطره نانومتر واحد ويحتوي على (25) ذرة اغلبها على سطح الجسم ، وهذا يختلف عن الجزيء الذي قد يتضمن عدد من الذرات وبذلك فان هذا الجسيم سيكون ذات ابعاد حرجة لا تسمح لحدوث ظواهر فيزيائية كالتوصيلية الكهربائية مثلا ، ولشكل الحبيبات (سداسية وكروية وثلاثية) اهمية في المواد النانوية حيث ان التغير في الشكل يؤدي الى تغير خصائص المادة .

ان الجسيمات بصورة عامة عندما يصل حجمها الى مقياس النانو في بعد واحد تسمى بالبئر الكمي (Quantum Well) . اما عندما تكون في بعدين فتسمى بالسلك الكمي (Quantum Wire) وعندما تكون بثلاثة ابعاد فانها تعرف بالنقاط الكمية (Quantum Dots) . والتغير في هذه الابعاد ضمن هذه التركيبات الثلاثة سوف يؤثر على الخصائص الالكترونية لها مما يؤدي الى حدوث تغيير كبير في الخصائص الضوئية ، ومن الخصائص المهمة وغير المتوقعة للجسيمات النانوية هو ان الخصائص السطحية لها سمة تتغلب على الخصائص الحجمية وهذا مخالف لما متعارف عليه ، اذ ان الخصائص الفيزيائية للمادة

الحجمية ثابتة بغض النظر عن حجمها ، ومن خصائصها المهمة تعلقها داخل سائل او محلول دون ان تطفو او تنغمر ، وذلك لان التفاعل بين سطح الحبيبات والسائل يكون قويا اذ يتغلب على فرق الكثافة بينهما والذي يكون مسؤولاً عن طفو او غمر المادة الحجمية في السائل .

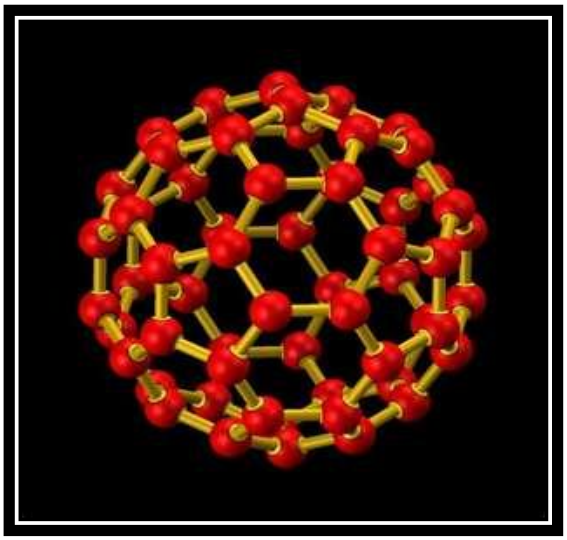
لقد امكن حديثاً تصـنيع حبيبات نانوية من الفلزات والعوازل واشـباه الموصـلات والتركيبات المهجنة. وتعد حبيبات النحاس النانوية التي يصل حجمها الى اقل من (50 nm) ذات صلابة عالية وغير قابلة للطرق او السـحب وذلك عكس ما يحدث لمادة النحاس العادية اذ يمكن ثنيها وطرقها وسحبها بسهولة .



الشكل (3) جسيم نانوي

3. الفولورين Fullerene

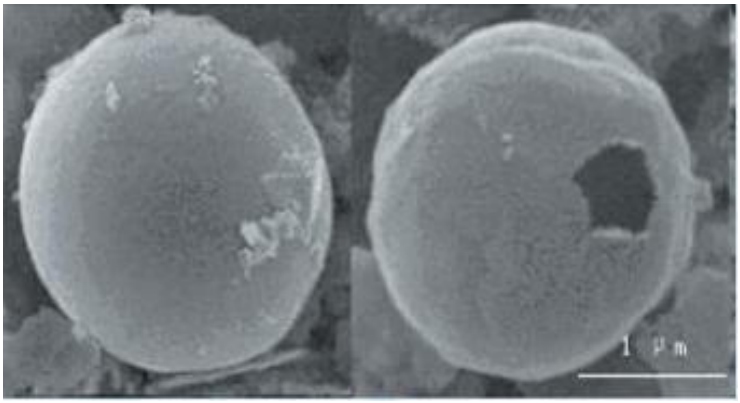
هو تركيب نانوي آخر للكربون وهو عبارة عن جزيء مكون من (60) ذرة من ذرات الكربون كما في الشكل (4) ويرمز له بالرمز C_{60} ، وقد اكتشف عام 1985. إن جزيء الفولورين كروي المظهر ويشبه تماماً كرة القدم التي تحتوي على (12) شكلاً خماسياً و (20) شكلاً سداسياً. ومنذ اكتشاف كيفية تصنيع الفولورين عام 1990 وهو يحضر بكميات تجارية. كما أمكن الحصول على جزئيات بعدد مختلف من ذرات الكربون مثل C_{36} و C_{48} إلا إن العلماء أبدوا اهتماما خاصا بالجزيء C_{60}. لقد سمي هذا التركيب بالفولورين نسبة للمخترع والمهندس المعماري بكمنستر فولر (Buckminster Fuller) وهكذا فقد نشأ فرع جديد يسمى كيمياء الفولورين، اذ عرف أكثر من (9000) مركب فولورين منذ عام 1997، وظهرت تطبيقات مختلفة لكل من هذه المركبات، ومنها المركبات K_3C_{60} و $RbCs_2C_{60}$ و C_{60}-$CHBr_3$ التي أبدت توصيلية فائقة (Superconductivity) كما اشتقت أشكال أخر منها مثل الفولورين المخروطي والأنبوبي فضلا" عن ذلك الكروي ايضاً .



الشكل (4) كرة الفولورين

4. الكرات النانوية Nanoballs

من أهمها كرات الكربون النانوية التي تنتمي إلى فئة الفلورينات من مادة C_{60}، لكنها تختلف عنها قليلاً بالتركيب ،اذ أنـها متعددة القشرة. كما أنـها خالية المركز، على خلاف الجسيمات النانوية ، بينما لا يوجد على السطح فجوات كما هي الحال في الأنابيب النانوية متعددة الغلاف . وبسبب تركيبها الذي يشـبه البصـل فقد سـماها العلماء البصـل (Bucky) وقد يصـل قطر الكرات النانوية إلى 500)nm) أو أكثر، كما في الشكل (5) .

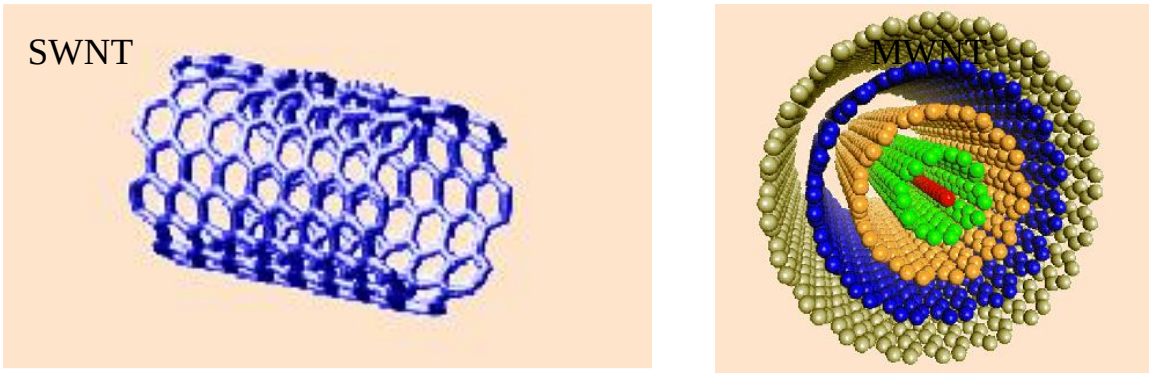


الشكل (5) الكرات النانوية

5. الانابيب النانوية Nanotubes

تصـنع الأنابيب النانوية أحيانا من مواد غير عضـوية مثل أكاسـيد بعض الفلزات كاوكسـيد الفناديوم، وأوكسـيد المنغنيز واوكسـيد الخارصـين وغيرها وهي شـبيهة من ناحية تركيبها بأنابيب الكاربون النانوية ، ولكنها أثقل منها وليست بالقوة نفسها ، وتعد اليوم أنابيب الكاربون التي اكتشفت بالصدفة عام 1991 من مخلفات الكاربون أكثر أهمية ، نظرا لتركيبها المتماثل وخصائصها المثيرة

واستعمالاتها الكثيرة في التطبيقات الصناعية ، والعلمية وفي الاجهزة الالكترونية الدقيقة ، والاجهزة الطبية الحيوية ، والتي يمكن وصفها على انها عبارة عن شرائح من الجرافيت يمكن طيها حول محورها لتأخذ الشكل الاسطواني حيث ترتبط ذرتا نهايتي الشريحة مع بعضها لتغلق الأنبوب وتكون إحدى نهايتي الأنبوب مفتوحة والأخرى مغلقة على شكل نصف كرة كما انه قد يكون جدار الأنبوب فردي الذرات فتسمى الأنابيب حينها بوحيدة الجدار Single wall nanotubes (SWNT) او ثنائي او أكثر فتسمى بالأنابيب متعددة الجدار Multi wall nanotubes (MWNT) كما في الشكل (6) وللأنابيب النانوية عدة أشكال فقد تكون مستقيمة ، ولولبية ، ومتعرجة او مخروطية ولها خصائص غير اعتيادية من حيث القوة والصلابة والتوصيلية الكهربائية وغيرها وتتمتع بنسبة وزن الى متانة عالية فضلاً عن ذلك انها مفيدة للتطبيقات التي تحتاج صلابة مع أوزان خفيفة، فهي اصلب من الفولاذ بأكثر من (100) مرة، ومن أهم طرائق إنتاجها الترسيب بوساطة البخار الكيميائي والقوس الكهربائي والليزر.

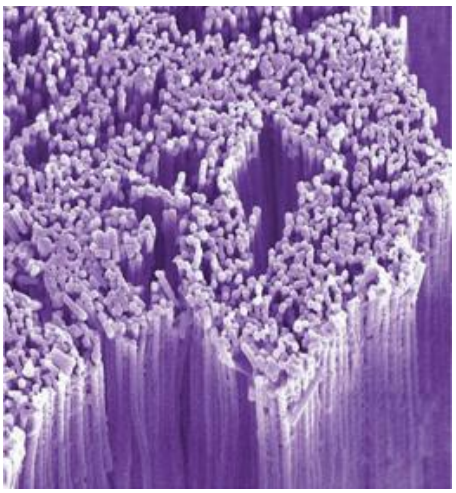


الشكل (6) اشكال الانابيب النانوية

6. الاسلاك النانوية Nanowaires

هي أسلاك ذات أقطار قليلة جدا ، اذ أن نسبة طولها الى عرضها تزيد عن (1000) مرة كما في الشكل (7) ، لذا فهي تصنف ضمن المواد ذات البعد الواحد وهي تتفوق على الأسلاك التقليدية (ثلاثية الأبعاد) وذلك بسبب أن الالكترونات تكون فيها محصورة كمياً باتجاه جانبي واحد مما يجعلها تحتل مستويات ذات طاقة محددة تختلف عن تلك المستويات العريضة الموجودة في المواد الحجمية وبسبب خضوعها للحصر الكمي المبني على ميكانيك الكم فان لها توصيلية كهربائية ذات قيم محددة، وهي لا توجد في الطبيعة بل تصنع في المختبر و منها الفلزي (كالنيكل والفضة والبلاتينيوم) وشبه الموصل (كالسليكون و نترات الكاليوم وفوسفات الانديوم) والعازل (كالسليكات واوكسيد التيتانيوم) وهي أيضا تكون على أشكال مختلفة فقد تكون حلزونية او متماثلة خماسية الشكل وتصنع في الغالب عن طريق قشط سلك كبير او قذف سلك كبير بوساطة جسيمات

ذات طاقة عالية بالاضافة الى طرائق أخر . ومن أهم استعمالاتها في المستقبل القريب ربط مكونات الكترونية دقيقة داخل دائرة صـغيرة او عمل وصـلات (P-N) وكذلك بناء الدوائر المنطقية في الحاسوب الرقمي .



الشكل (7) الاسلاك النانوية

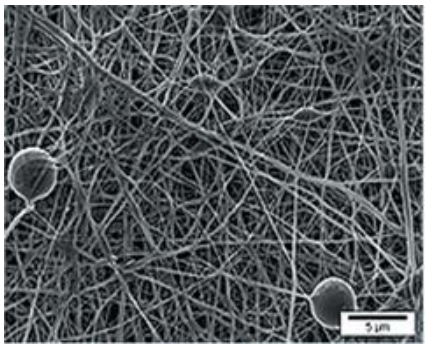
7. المتراكبات النانوية Nanocomposite

هي عبارة عن مواد تضـاف إليها جسـيمات نانوية خلال تصـنيعها، ونتيجة لذلك فان المواد النانوية تبدي تحسـنا كبيرا في خصـائصـها فمثلا وجد انه باضـافة أنابيب الكاربون النانوية تتغير خصـائص التوصـيلية الكهربائية والحرارية للمادة وقد يؤدي إضـافة أنواع أخر من الحبيبات النانوية الى تحسـين الخصـائص الضـوئية وخصـائص العزل الكهربائي وكذلك الخصـائص الميكانيكية، وتجري البحوث حاليا للحصـول على مركبات نانوية جديدة ذات خصـائص ومميزات تختلف عن المركبات الأصلية ومن المتراكبات النانوية المعروفة الآن هي المتراكبات البوليميرية النانوية .

8. الالياف النانوية Nanofibers

لاقت الألياف النانوية كما في الشـكل (8) مؤخراً اهتماماً كبيراً لتطبيقاتـــها الصـناعية. وقد اكتشف العلماء العديد من أشكالها ،مثل الألياف السداسية ، والحلزونية ، والألياف الشبيهة بحبة القمح (corn-shaped). والجدير بالذكر ان الجزء الجانبي لليف النـانوي اللويحي أو الأنبوبي لـه شـــكلاً سداسياً مثلاً، وليس أسطوانياً، ومن أشـهر الألياف النانوية تلك المصـنوعة من ذرات الكاربون على هيأة بوليمر كما في البوليين. وتكون نسبة مساحة السطح إلى الحجم كبيرة في حالة الألياف النانوية ، كما في الأنابيب النانوية، وان عدد ذرات السـطح تكون كبيرة مقارنة بالعدد الكلي، وهذا يكسـب تلك

الألياف خواصا" ميكانيكية مميزة مثل الصلابة وقوة الشد وغيرها مما يؤهلها بلا منافس لاستعمالها مرشحات في تنقية السوائل أو الغازات، وفي الطب الحيوي وزراعة الأعضاء ، مثل المفاصل ونقل الأدوية في الجسم وفي التطبيقات العسكرية مثل تقليل مقاومة الهواء وإلى آخره من التطبيقات لا سيما بعد تطوير طرائق التحضير . وهناك أكثر من طريقة لتحضير الألياف البوليمرية، من أشهرها التدوير الكهربائي (Electrospinning) والتي ما زالت تواجه العديد من الصعوبات للتحكم بخصائص الألياف الناتجة ،مثل استمراريتها واستقامتها وتراصفها .



الشكل (8) الالياف النانوية

(8) تطبيقات تقانة النانو Applications of Nanotechnology

لتقانة النانو تطبيقات واسعة وتدخل في الكثير من المجالات الصناعية والعسكرية والطبية والزراعية وغيرها ، وعلى سبيل المثال هناك مجموعة كبيرة من مواد الخام تم تحسينها باحداث تغيير في الخصائص الفيزيائية للاحجام الصغيرة او النانوية . وتستفيد الجزيئات النانوية على سبيل المثال من الزيادة الواضحة في مساحة السطح الى نسبة الحجم. ومن ثم تصبح خواصها البصرية ومنها الفلورية معتمدة على قطر الجسيم وعندما يتم دمجها في مادة كتلية فان الجزيئات النانوية تؤثر بشدة على الخواص الميكانيكية للمادة ومنها الصلابة او الليونة . وعلى سبيل المثال يمكن تدعيم البوليمرات التقليدية من خلال استعمال الجزيئات النانوية الموجودة بالمواد الجديدة والتي قد تستعمل كبدائل خفيفة الوزن للمعادن وستمكن تلك المواد المدعمة نانوياً من تقليص الوزن المصاحب بزيادة في الثبات وتحسن في الوظيفة ، وتطبق تقانة النانو في مجالات عدة منها.

1. الطب

استفادت الجماعات البحثية الحيوية والطبية من الخصائص الفريدة للمواد النانوية والمرتبطة بالتطبيقات المختلفة مثل عوامل التباين وتصوير الخلية وعلاجات السرطان . كما يمكن اضافة الوظائف للمواد النانوية من خلال تواصلها وتفاعلها مع غالبية الجزيئات والتركيبات الحيوية ومن التطبيقات في مجال الطب :

أ. التشخيص

تستعمل الجزيئات النانوية والمرتبطة بالجسم المضاد الملائم من اجل تصنيف بعض الجزيئات والجسيمات المحددة والكائنات الدقيقة ، كما يمكن استعمال جزيئات الذهب النانوية والموسومة بالشرائح القصيرة للحامض النووي بهدف التعرف على التسلسل الجيني لعينة ما.

ب. توصيل الدواء

تستعمل هذه التقانة في توصيل الدواء الى خلايا محددة ياستعمال الجزيئات النانوية . ويمكن تقليص عملية الاستهلاك الكلية للدواء بالاضافة الى الاعراض الجانبية بشكل واضح من خلال ايداع العامل النشط في المنطقة المريضة فقط وبدون اي جرعات اعلى مما هو مطلوب . اذ يقلل هذا الاسلوب الانتقائي من التكلفة والمخاطر الصحية مثلاً من مركب ميسليس (Micelles) المستعمل في تغليف الدواء والذي يستعمل في الحفاظ على جزيئات الدواء الصغيرة للمساعدة في انتقالها الى وجهتها المقصودة.

جـ. هندسة الانسجة

تساعد تقانة النانو في اعادة انتاج النسيج التالف واصلاحه ، وتستفيد تقانة هندسة الانسجة من عملية انتشار الخلايا المحفزة صناعياً من خلال استعمال عوامل النمو القائمة في المواد النانوية المناسبة ، وقد تحل تقانة هندسة النسيج محل اساليب العلاج التقليدية المستعملة في يومنا هذا ومنها زراعة الاعضاء او الاطراف الصناعية وقد تسفر الانماط المتقدمة من تقانة هندسة الانسجة عن اطالة الحياة .

2. الطاقة

وتمثل اكثر المشاريع تقدماً والمرتبطة بمجال الطاقة في التخزين والتحويل وتحسينات التصنيع وذلك عن طريق الاقلال من المواد المستعملة ومعدلات العملية التصنيعية ، وتوفير الطاقة (من خلال افضل طريقة للعزل الحراري) ، وكذلك ايجاد مصادر متجددة للطاقة .

أ. تقليص استهلاك الطاقة

يمكن التوصل الى تقليص اكبر للطاقة من خلال تطبيق افضل لاساليب العزل ، وذلك من خلال استعمال الاضاءة الكافية او اساليب الاحتراق. ويمكن ان تحول اللمبات الضوئية المستعملة حالياً نحو (5%) فقط من الطاقة الكهربائية الى ضوء الا ان الاساليب التقانة النانوية ومنها المصباح الثنائي الباعث للضوء والتي يرمز لها بـــ (LED) او الذرات المحددة كمياً والتي يرمز لها بالرمز (QCA) قد تؤدي الى ترشيد استهلاك الكهرباء لاغراض الاضاءة .

ب. زيادة كفاءة انتاج الطاقة

تحتوي افضل الخلايا الشمسية المستخدمة في يومنا هذا على طبقات عدة من اشباه الموصلات المكدسة وذلك بهدف امتصاص الضوء في صور عدة للطاقة ، الا انها مازالت مصنعة باسلوب لا يسمح سوى باستخدام (40%) فقط من طاقة الشمس . وللخلايا الشمسية المتوافرة حاليا قدرات منخفضة تتروح بين %(20 – 15) . الا ان تقانة النانو قد تساعد على زيادة قدرة تحول الضوء من خلال استعمال الهياكل النانوية ذات استمرارية من الحزم ذات الفجوات .

جـ. استخدام انظمة للطاقة اكثر صداقة للبيئة

وتمثل احد نماذج الطاقة الصديقة للبيئة في استخدام خلية وقود تعمل بوساطة الهيدروجين ، والتي تنتج بصورة مثالية من الطاقات المتجددة. ولعل افضل مادة نانوية مستعملة بخلية الوقود تتمثل في المحفز المكون من جزيئات المعادن النبيلة المدعومة بالكربون ذات قياسات nm(5 – 1) وتحتوي المواد المناسبة لتخزين الهيدروجين على عدد ضخم من المسام النانوية الصغيرة. كما قد تساهم تقانة النانو في زيادة تقليص الملوثات المنبعثة من محرك الاحتراق من خلال استعمال مرشحات المسام النانوية .

3. الصناعات الثقيلة

تتمثل الصناعات الثقيلة الاستفادة الحتمية من تقانة النانو في مجالات كثيرة منها في :

أ. الفضاء

تكون المواد الاخف والاقوى ذات فائدة هائلة في مجال تصنيع الطائرات ، مما يزيد من كفاءة الاداء . كما ستستفيد مركبات الفضاء من تلك المواد حيث يؤدي الوزن هنا دوراً كبيراً . كما ستساعد تقانة النانو في تقليص حجم المعدات ومن ثم تقليص استهلاك الوقود المطلوب ، لتحليقها في الجو .

ب. تصنيع المركبات

كما هو الحال في مجال تصنيع مركبات الفضاء ، تمثل المواد الاخف والاقوى مصدر فائدة كبيرة في تصنيع المركبات والسيارات والتي تتسم بالسرعة والامان . كما تستفيد محركات الاحتراق من الاجزاء التي تتسم بالصلابة والمقاومة للحرارة .

4. استهلاك السلع

أ. الاغذية

توفر تقانة النانو حلولاً لمجموعة كبيرة من التحديات الهندسية والعلمية في مجال الاغذية والصناعة الحيوية لتصنيع اغذية امنة عالية الجودة من خلال استخدام وسائل لها القدرة في التحمل . وتعد عمليات ضبط جودة الاغذية والتعرف على البكتريا باستخدام المستشعرات الحيوية ومنها انظمة حفظ

الغذاء الذكية والنشطة ، وكذلك عملية التغليف النانوية لمكونات الاغذية وكذلك يمكن تطبيق تقانة النانو في مجالات انتاج الاغذية وتجهيزها وسلامتة تعبأتها.

ت. الادوات المنزلية

لعلً اشـــهر تطبيق لتقانة النانو في مجال الادوات المنزلية هو التنظيف الذاتي او الاســطح ســهلة التنظيف على السيراميك او الزجاج.

جـ . البصريات

تتوافر في الاســواق الآن اول نظارة شـــمســـية تســـتعمل طلاءات البوليمر الرقيقة جداً الواقية والمضادة للانعكاس . كما توفر تقانة النانو في مجال البصريات طلاءات سطحية مقاومة للخدش باستخدام مكونات نانوية . فضــلاً عن ذلك ان بصــريات النانو قد تسـمح بزيادة دقة تصــحيح بؤبؤ العين والاشــكال الاخر من جراحات ليزر العين وايضا تستخدم في صناعة قرنية للعين.

د. الزراعة

تماز تطبيقات تقانة النانو بالقدرة على تغيير قطاع الزراعة وسـلسـلة انتاج الغذاء بالكامل ، ابتداءً من عملية الانتاج وحتى عملية الحفظ والتجهيز والتعبئة والنقل ومعالجة النفايات . بحيث يكون لافكار علوم النانو وتطبيقات تقانة النانو القدرة على اعادة تنظيم دائرة الانتاج ، باعادة بناء التجهيزات وعمليات الحفظ كذلك هذا بالاضافة الى ان بعض من التحديات الرئيسية والمرتبطة بمجال الزراعة ومنها انخفاض الكفاءة الانتاجية في المســاحة المزروعة كبر حجم المســاحة غيرالمزروعة وفقدان الموارد ومنها المياه والمخصــبات ومبيدات الحشــرات وضــياع المنتجات ويمكن مواجهتها من خلال التطبيقات المختلفة لتقانة النانو .