جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة بابل – كلية العلوم
قسم الفيزياء

دراسة بعض خصائص المواد النانوية

مشروع بحث مقدم الى مجلس كلية العلوم _ قسم الفيزياء
كجزء من متطلبات نيل درجة البكالوريوس في علم الفيزياء

من قبل الطالبة

علا احمد حسن جوده

بأشراف

أ. م. د. حسين حاكم عبد بريسم

١٤٤٥هـ **٢٠٢٤م**

Ministry of Higher Education
and Scientific Research
University of Babylon
College of Science
physics department

Study some properties of nanomaterials

A research project submitted to the Council of the College of Science – Department of Physics
As part of the requirements for obtaining a Bachelor's degree in Physics

by

Ola Ahmed Hassan Gouda

Supervisor by

Dr. Hussein Hakim Abdul Prism

1445 A.H 2024 A.D

بسم الله الرحمن الرحيم

قال تعالى :

(إِنَّ الَّذِينَ آمَنُوا وَعَمِلُوا الصَّالِحَاتِ إِنَّا لَا نُضِيعُ أَجْرَ مَنْ أَحْسَنَ عَمَلًا * أُولَئِكَ لَهُمْ جَنَّاتُ عَدْنٍ تَجْرِي مِنْ تَحْتِهِمُ الْأَنْهَارُ يُحَلَّوْنَ فِيهَا مِنْ أَسَاوِرَ مِنْ ذَهَبٍ وَيَلْبَسُونَ ثِيَابًا خُضْرًا مِنْ سُنْدُسٍ وَإِسْتَبْرَقٍ مُتَّكِئِينَ فِيهَا عَلَى الْأَرَائِكِ نِعْمَ الثَّوَابُ وَحَسُنَتْ مُرْتَفَقًا) .

صدق الله العلي العظيم

(سورة الكهف ، آية :- ٣٠- ٣١)

اقرار المشرف

أشهد إن إعداد البحث الموسوم بعنوان { دراسة بعض خصائص المواد النانوية } من قبل الطالبة (علا احمد حسن جوده) . قد جرى تحت اشرافي في قسم الفيزياء – كلية العلوم – جامعة بابل كجزء من متطلبات نيل شهادة البكالوريوس في علوم الفيزياء .

المشرف :- **حسين حاكم عبد بريسم**

المرتبة العلمية :- **استاذ مساعد**

التوقيع :-

التاريخ :- / / **٢٠٢٤**

توصية رئيس قسم الفيزياء

بناءاً على التوصيات المتوفرة ارشح هذا البحث للمناقشة

اسم رئيس القسم الفيزياء :- **سميرة عدنان مهدي**

المرتبة العلمية :- **استاذ مساعد**

التوقيع :-

التاريخ :- / / **٢٠٢٤**

العنوان :- جامعة بابل_ كلية العلوم / قسم الفيزياء

أهداء

بعد مسيرة دراسية دامت سنوات حملت في طياتها الكثير من الصعوبات والمشقة والتعب ، ها انا اليوم اقف على عتبة تخرجي اقطف ثمار تعبي وارفع قبعتي بكل فخر ، فاللهم لك الحمد قبل ان ترضى ولك الحمد اذا رضيت ولك الحمد بعد الرضا لانك وفقتني على اتمام هذا العمل وتحقيق حلمي .... أهدي هذا العمل :

الى المرآة التي صنعت مني فتاة طموحة وتعشق التحديات ، قدوتي الاولى التي منها تعرفت على القوة والثقة بالنفس لمن رضاها يخلق لي التوفيق (أمي) اطال الله في عمركِ بالصحة والعافية ....

الى ذلك الرجل العظيم الذي أخرج مافي داخلي وشجعني دائماً للوصول الى طموحاتي ، رجل علمني الحياة بأجمل شكل وبذل كل مابوسعه ولم يبخل (ابي) أدامكَ الله ظلاً لنا ....

إلى ملائكة رزقني الله بهن لاعرف من خلالهن طعم الحياة الجميلة ، تلك الملائكة التي غيرن مفاهيم الحب والصداقة والسند في حياتي (أخواتي) ....

إلى جميع من أمدوني بالقوة والتوجيه وآمن بي ودعمني في الاوقات الصعبة لأصل الى ما انا عليه الآن دمتم لي سنداً لاعمرَ له ....

الباحثة

الشكر والعرفان

لا يسعنا بعد الانتهاء من إعداد هذا البحث إلا أن أتقدم بجزيل الشكر وعظيم الامتنان إلى استاذي الفاضل

الدكتور حسين حاكم عبد بريسم

الذي تفضل بالإشراف على هذا البحث ، حيث قدم لي كل النصح والإرشاد طيلة فترة الإعداد فله مني كل الشكر والتقدير .

كما لا يفوتني أن أتقدم بجزيل الشكر والعرفان إلى كل أساتذة

قسم الفيزياء – كلية العلوم – جامعة بابل .

لهم مني كل الشكر و التقدير .

الباحثة

الخلاصة :

تعد المواد النانوية من المواد ذات أبعاد متناهية في الصغر وتقاس بوحدة النانومتر (nm)، أن المواد النانوية تتميز بخصائصها التركيبية والكهربائية . تمتلك تلك المواد بنية نانوية لها أهمية كبيرة لأنها ذات حلقة وصل بين المواد الكبيرة والجزيئات على المستوى الذري ولهذه المواد عدة تطبيقات عملية صناعية وطبية. تتغير خصائص المواد كلما أقترب حجمها من المقياس النانوي وكنسبة مئوية تكون الذرات الى السطح بارزة ، اما بالنسبة للمواد التي تكون أكبر من مايكرومتر واحد (1um) فأن النسبة المئوية للذرات الموجودة على السطح تكون صغيرة جدا مقارنة بالعدد الكلي للذرات فالجسيمات النانوية لها مساحة سطح عالية جدا نسبة الحجم ، هذا يوفر قوة انتشار هائلة ، كما أن مساحة السطح الكبيرة نسبة الى الحجم تقلل من درجة حرارة الانصهار للجسيمات النانوية وتغير من الخصائص الكيميائية والخصائص الفيزيائية (الكهربائية والميكانيكية والمغناطيسية والبصرية).

Abstract

Nanomaterials are materials with extremely small dimensions and are measured in nanometers (nm). Nanomaterials are distinguished by their structural and electrical properties. These materials have a nanostructure that is of great importance because they are a link between large materials and molecules at the atomic level, and these materials have many practical industrial and medical applications.

The properties of materials change as their size approaches the nanoscale. As a percentage, the atoms on the surface are prominent. As for materials that are larger than one micrometer (1um), the percentage of atoms on the surface is very small compared to the total number of atoms. Nanoparticles have a very high surface area. Volume ratio: This provides tremendous diffusion power, and the large surface area to volume ratio reduces the melting temperature of the nanoparticles and changes the chemical properties and physical properties (electrical, mechanical, magnetic and optical).

جدول المحتويات

ت	العنوان	رقم الصفحة
	الخلاصة	
الفصل الاول		
1-1	مقدمة عامة	1
2-1	دراسات سابقة	3
3-1	هدف البحث	6
الفصل الثاني		
1-2	تقنية النانو	8
2-2	تاريخ تقنية النانو	9
3-2	تصنيف المواد النانوية	10
4-2	تصنيع المواد النانوية	11
5-2	أشكال المواد النانوية	13
6-2	تطبيقات النانو التكنولوجي	18
الفصل الثالث		
1-3	خصائص المواد النانوية	27
1-1-3	الخصائص الفيزيائية للمواد النانوية	28
2-1-3	الخواص الكيميائية للمواد النانوية	29
3-1-3	الخواص الكهربائية للمواد النانوية	29
4-1-3	الخصائص الميكانيكية للمواد النانوية	31
5-1-3	الخصائص المغناطيسية للمواد النانوية	32
6-1-3	الخصائص البصرية للمواد النانوية	32
2-3	اختلاف خواص الجسيمات النانوية	34
	الاستنتاجات	36
	المصادر	44-37

الفصل الاول

المقدمة ودراسات سابقة

الفصل الاول

١-١ المقدمة

الحمد لله ، والصلاة والسلام على معلم البشرية محمد صلى الله عليه وآله وسلم ، ومن تبعه بإحسان إلى يوم الدين . أما بعد ، برزت خلال السنوات القليلة الماضية مصطلح جديد ألقى بثقله على العالم ، وأصبح محط الاهتمام على نحو كبير ، وهذا المصطلح هو **تقنية النانو (Nanotechnology)** ، أو كما يسميه بعضهم تكنولوجيا النانو. فهذه التقنية - بكل بساطة - ستمكننا من صنع أي شيء نتخيله ، وذلك عن طريق صف جزيئات المادة بجانب بعضها بعضا على نحو يفوق الخيال ، فلنتخيل إنتاج حواسيب بالغة الدقة يمكن وضعها على رأس قلم ، أو دبوس ، ولنتخيل أسطولاً من الروبوتات النانومترية الطبية التي يمكن حقنها في الدم ، أو ابتلاعها ؛ لتعالج الجلطات الدموية ، والأورام السرطانية ، والأمراض الأخرى المستعصية علاجها [1].

إن أصل كلمة " النانو " مشتق من الكلمة الإغريقية (نانوس) وهي كلمة إغريقية تعني القزم ويقصد بها كل ما هو صغير وتقنية النانو تعني : تقنية المواد متناهية الصغر أو التكنلوجيا المجهرية الدقيقة. وعلم النانو هو دراسة المبادئ الأساسية للجزيئات والمركبات التي لا يتجاوز قياسها ال ١٠٠ نانو متر .

ويعتمد مبدأ هذه التقنية على التقاط الذرات متناهية الصغر لأي مادة والتلاعب بها وتحريكها من مواضعها الأصلية إلى مواضع أخرى ثم دمجها مع ذرات لمواد أخرى لتكوين شبكة بلورية لكي نحصل على مواد نانوية الأبعاد متميزة الخواص عالية الأداء [٢].

ونجد عند مستوى النانو أن الخواص الطبيعية والكيميائية والبيولوجية تختلف اختلافا جذريا في الغالب على نحو غير متوقع - عن تلك المواد الكبيرة الموازية لها بسبب أن خواص الكمية الميكانيكية للتفاعلات الذرية يؤثر فيها بواسطة التغيرات في المواد على مستوى النانو[٣].

ويلحظ أنه من الممكن السيطرة على الخصائص الجوهرية للمواد بما في ذلك درجة الانصهار ، والخواص المغناطيسية ، وحتى اللون بدون تغير التركيب الكيميائي لها ؛ وذلك من خلال تصنيع أجهزة طبقا لمعيار النانومتر (١ نانومتر = $١٠^{-٩}$ متر) . والنانو متر هي وحدة قياس تساوي $١٠^{-٦}$ ميلليمتر أو $١٠^{-٩}$ متر[٤].

وتعد تقنية النانو (Nanotechnology) واحدة من اهم التقنيات الحديثة تشتمل تلك الخصائص على زيادة المساحة السطحية للمواد النانوية (Nanosize materials) بتناقص حجمها وصولا للمقياس النانوي (Nanoscale) ؛ فضلا عن امتلاك المواد النانوية لفعالية بايولوجية اقوى مقارنة بنفس المواد بمقياس اكبر (ماكروي ، macroscale او مايكروي ، microscale) .

فضلا عما سبق فأن التقنية النانوية تتيح امكانية الحصول على هجائن بايولوجية نانوية جديدة (novel nano – biohybrids) عن طريق التوليف بين حوامل النقل الكفوءة والامينة (efficient and safe transport carriers) والجزئيات البايولوجية [٥].

كما نجد عدة أمثلة موجودة على استخدام تكنولوجيا النانو في الطبيعة، فمثلًا الأذن الداخلية للضفدع تحتوي على نتوءات ميكانيكية نانوية تقيس الانحراف الناتج عن الصوت حتى ٣ نانومتر. كما تستخدم النملة خواص نطاق النانو لزيادة حساسية حاسة البصر عندها [٦].

٢-١ الدراسات السابقة

❖ في عام (١٩٥٩) قام الفيزيائي الأمريكي " ريتشارد فاينمان " بإلقاء محاضرة بعنوان " هناك متسع كبير في القاع " أمام الجمعية الفيزيائية الأمريكية وتساءل فيها (ماذا سيمكن للعلماء فعله إذا استطاعوا التحكم في تحريك الذرة الواحدة وإعادة ترتيبها كما يريدون ؟؟) كما وصف مجالاً جديداً يتعامل مع الذرات والجزيئات المنفردة لصنع مواد وآلات دقيقة بخصائص مميزة وهذا كان بداية الإعلان عن مجال جديد عرف لاحقاً بتقنية النانو[٧].

❖ وفي عام ١٩٧٤ أطلق الباحث الياباني " توريو تاينغوشي " تسمية المصطلح (تقنية النانو – Nano Technology) لأول مرة للتعبير عن طرق تصنيع عناصر ميكانيكية وكهربائية متناهية الصغر بدقة عالية [٨].

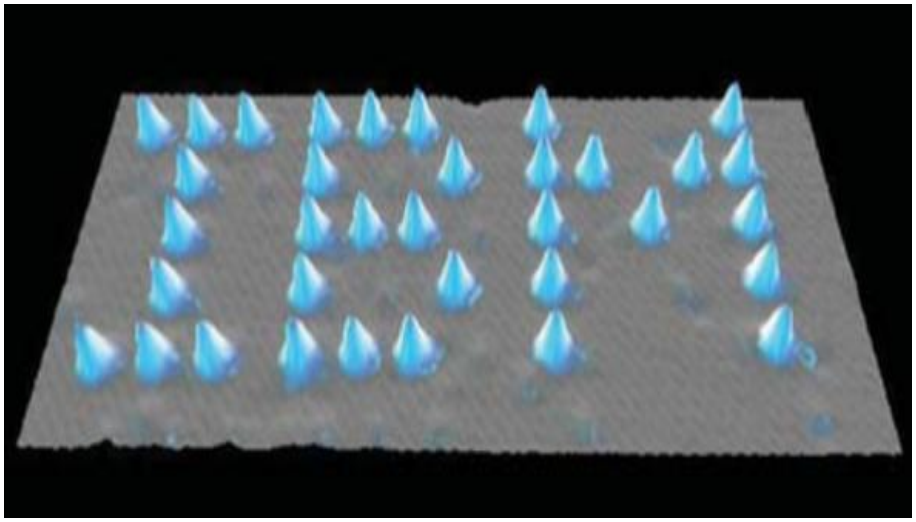
❖ في عام ١٩٧٦ استحدث الفيزيائي الفلسطيني " منير نايفة " طريقة ليزرية تسمى (التأين الرنيني) لكشف الذرات المنفردة وقياسها بأعلى مستويات الدقة والتحكم ، ورصد بها ذرة واحدة من بين ملايين الذرات وكشف هويتها لأول مرة في التاريخ ، وتعمل هذه الطريقة على إثارة الذرات بليزر محدد اللون وتأيينها ثم تحسس الشحنات الصابغة .

❖ وفي عام ١٩٨١ 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 الذرات والجزيئات وتصويرها وتحريكها لتكوين جسيمات نانوية [٨].

❖ وفي عام ١٩٨٦ 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.

❖ عام ١٩٩١ اكتشف الباحث الياباني " سوميو ليجيما " أنابيب الكربون النانوية (Carbon Nano Tube) وهي عبارة عن اسطوانات من الكربون قطرها عدة نانو مترات ولها خصائص إلكترونية وميكانيكية متميزة مما يجعلها مهمة لصناعة مواد وآلات نانوية مدهشة [٩].

❖ ويعد بعض الباحثين أن سنة ١٩٩٠ م هي البداية الحقيقية لعصر التقنية النانوية ، ففي ذلك العام تمكن الباحثون في مختبر فرعي تابع لشركة (IBM) من صنع أصغر إعلان في العالم (انظر: الشكل ١-١) ، حيث استخدموا ٣٥ ذرة من عنصر الزينون في كتابة اسم الشركة ذي الحروف الثلاثة على واجهة مقر فرعها بالعاصمة السويسرية [١٠].



الشكل (١-١) توضح اسم الشركة (IBM) كتبت بواسطة الذرات [١٠]

❖ في عام ١٩٩٢ كتب العالم منير نايفة بالذرات أصغر خط في التاريخ (حرف p وبجابه قلب) رمزاً لحب فلسطين وانتشرت في كبرى المجلات العلمية ووكالات الأنباء العالمية .

❖ وفي عام ١٩٩٣ م تمكن العالم الأمريكي دونالد بثيون (Donald Bethune) من شركة IBM لتكنولوجيا الحاسبات في الولايات المتحدة الأمريكية من رصد نانوتيوب مكون من طبقة واحدة (single – wall) يبلغ قطرها ١٢ نانومتر[١١].

ثم انطلق العلماء بعد ذلك في مجال النانوتيوب ، حتى استطاع فريق من العلماء الصينيين حديثاً رصد أصغر نانوتيوب في العالم ، حيث يصل قطره إلى ٥ , ٠ نانومتر فقط .

❖ وفي عام ١٩٩٦ م أنشئت الوكالة الوطنية لتقنية النانوية الولايات المتحدة الأمريكية ، وهي منظمة حكومية أمريكية هدفها عمل الأبحاث والتجارب في مجال تقنية النانو . وفي عام ٢٠٠٣ م عرفت أسرار هذه التقنية ، وتحكم في عالم المواد النانوية .

❖ وفي عام ٢٠٠٠ تمكَّن العالم الفيزيائي المسلم منير نايفه من اكتشاف وتصنيع عائلة من حبيبات السليكون اصغرها ذات قطر ١ نانومتر وتتكون من ٢٩ ذرة سليكون سطحها على شكل الفولورينات الكربونية الا ان داخلها غير فارغ وتتوسطها ذرة واحدة منفردة. هذه الحبيبات عند تعريضها لضوء فوق بنفسجي فأنها تعطي الوانا مختلفة (حسب قطرها) تتراوح بين الازرق والاخضر والاحمر[١٢].

❖ أما التجمُّع الذاتي (self-assembly) للجزيئات، أو ربطها تلقائياً مع سطوح فلزية فقد أصبح في الوقت الحاضر ممكناً لتكوين صف من الجزئيات على سطحٍ ما كالذهب وغيره.

❖ وفي عام ٢٠٠٠م أعلنت أمريكا (مبادرة تقنية النانو الوطنية) NNI، والتي جعلت تقنية النانو تقنية إستراتيجية وطنية وفتحت مجال الدعم الحكومي الكبير لهذه التقنية في جميع المجالات الصناعية والعلمية والجامعية. وتلا ذلك قيام اليابان عام ٢٠٠٢ بإنشاء مركز متخصص للباحثين في تقنية النانو وذلك بتوفير جميع الأجهزة المتخصصة ودعم الباحثين وتشجيعهم وتبادل المعلومات فيما بينهم.

❖ وفي عام ٢٠٠٤ م بدأت مرحلة التطبيقات الصناعية لهذه التقنية ، حيث استخدمت المواد النانوية في صناعة المطاط الماليزي ، وكانت النتائج مذهلة ، فقد قفزت الخصائص الميكانيكية للمطاط من ١٢ إلى ٢٠ ضعفا ، وذلك بإضافة أجزاء بسيطة من المواد النانوية.

ولقد حظيت تقنية النانو في الوقت الحاضر بالاهتمام الكبير نظرا لتطبيقاتها المتوقعة في المجالات المختلفة ، وخاصة المجالات الطبية ، والعسكرية ، والحوسبة ، والاتصالات .

١-٣ هدف البحث :

يهدف البحث الى:

١) التعرف على تاريخ تقنية النانو وأبحاث بعض العلماء في القرن العشرين حولها
٢) دراسة خصائص المواد النانوية
٣) التعرف على أشكال المواد النانوية
٤) التعرف على تطبيقات النانو تكنولوجي في الوقت الحاضر والاستفادة من خواصها في تطبيقات مستقبلية مميزة .

الفصل الثاني

تقنية النانو

الفصل الثاني

تقنية النانو

٢-١ تقنية النانو Nanotechnology

يتم تعريف تقنية النانو على أنها تقنية متقدمة قائمة على دراسة وفهم علم النانو والعلوم الأساسية مع توفير القدرة التكنولوجية لتخليق المواد النانوية والتحكم في هيكلها الداخلي عن طريق إعادة هيكلة وترتيب الذرات والجزيئات لضمان الحصول على منتجات مميزة وفريدة من نوعها ، يتم استعمال النانومتر كوحدة لقياس أطوال الأشياء الصغيرة جدا التي لا ترى إلا تحت المجهر الإلكتروني ، تستعمل هذه الوحدة للتعبير عن أبعاد الأقطار والمقاييس وجزيئات المواد المعقدة والجسيمات المجهرية مثل البكتيريا والفيروسات ، النانومتر هو جزء من ألف مليون (مليار) جزء لكل متر ، وبعبارة أخرى ، المتر الواحد يحتوي على مليار جزء من النانو متر[١٣].

ربما لم تحصل أي تقنية سابقة على قدر كبير من الاهتمام والتوقع مثل تقنية النانو ، التي هي بحق تكنولوجيا القرن الحادي والعشرين ، كانت المفتاح السحري للتقدم والنمو الاقتصادي . وأصبحت تقنية النانو في طليعة الحقول والمجالات الموجودة في الكيمياء والفيزياء والهندسة وعلم الأحياء ، وأعطت أملا كبيرا وواعد بناء على الأسس والمبادئ العلمية التي تتضمن تغييرات واسعة ومتقدمة في الأجهزة التكنولوجية وتطبيقاتها[١٤].

وان التحول من الجسيمات المايكروية الى الجسيمات النانوية يحدث عدد من التغييرات في الخواص الفيزيائية ، وتغيرات مهمة ، بما في ذلك زيادة في نسبة مساحة السطح إلى الحجم وزيادة في حجم الجسيمات المتحركة في مجال يسيطر على التأثيرات الكمية. التحكم في سلوك الذرة على سطح الجسيمات المشكلة ، وهذا سيؤثر على خصائص الجسيمات جسديا ، وكذلك على تفاعل الجسيمات مع مواد مختلفة.

تقنية النانو هي معالجة المادة على نطاق ذري وجزيئي. يشير الوصف الأقدم والأوسع لتقنية النانو إلى الهدف التكنولوجي الخاص بمعالجة الذرات والجزيئات بدقة لتصنيع منتجات macroscale ، والتي يشار إليها أيضا بتقنية النانو الجزيئية [١٥].

تم تطوير وصف أكثر عمومية لتقنية النانو في وقت لاحق من قبل المبادرة الوطنية لتقنية النانو ، والتي تعرف تقنية النانو ، بأنها معالجة المواد ذات بعد واحد على الأقل يتراوح من ١ إلى ١٠٠ نانومتر . يعكس هذا التعريف حقيقة أن التأثيرات الميكانيكية الكمومية مهمة في هذا النطاق للعالم الكمي ، ومن ثم فقد تحول التعريف من هدف تكنولوجي معين إلى فئة بحث تضم جميع أنواع البحث والتقنيات التي تتناول الخصائص الخاصة للمادة التي تحدث أدناه عتبة حجم معين . لذلك من الشائع أن نرى تعدد " تقنيات النانو " للإشارة إلى مجموعة واسعة من الأبحاث والتطبيقات ذات السمات المشتركة هي الحجم . من الطبيعي جدا أن تقنية النانو يتم تعريفها بواسطة الحجم واسع جدا ، والتي تتضمن المجالات العلمية المتنوعة مثل علوم السطح ، الكيمياء العضوية ، الاحياء الجزيئية ، فيزياء أشباه الموصلات ، تخزين الطاقة ، التصنيع الدقيق والهندسة الجزيئية [١٥].

امتدادات فيزياء الأجهزة التقليدية إلى مناهج جديدة تماما قائمة على التجميع الذاتي الجزيئي ، من تطوير مواد جديدة ذات أبعاد على مقياس النانو إلى التحكم المباشر في المادة على المقياس الذري . يناقش العلماء حاليا الآثار المستقبلية لتقنية النانو . قد تكون تقنية النانو قادرة على إنشاء العديد من المواد والأجهزة الجديدة مع مجموعة واسعة من التطبيقات ، مثل طب النانو وتكنولوجيا النانو وإنتاج طاقة الكتلة الحيوية والمنتجات الاستهلاكية . من ناحية أخرى ، تثير تقنية النانو العديد من القضايا نفسها التي تثيرها أي تقنية جديدة ، بما في ذلك مخاوف بشأن سمية المواد النانوية وتأثيرها على البيئة وتأثيراتها المحتملة على الاقتصاد العالمي[١٤,١٥].

٢-٢ تاريخ تقنية النانو

منذ آلاف السنين ، تم استعمال تقنية النانو قبل إدخال المصطلح . أدخل البشر المواد النانوية في صناعة المطاط والزجاج والصلب . لا يمكننا تحديد تاريخ محدد لبداية تقنية النانو ، ولكن تبين أن الزجاج قد طلي في العصور الوسطى باستعمال الجسيمات النانوية الذهبية الغروية . كما هو الحال في الكأس الروماني الذي صنع للملك (Lycurgus) ، الموجود في المتحف البريطاني منذ القرن الرابع الميلادي ، يتغير لون الكأس بين الأخضر والأحمر عند تعرضه للضوء ، تم صنع الكأس باستعمال جزيئات الفضة والجسيمات النانوية الذهبية. كما وجد في اليابان أن (samurai) استعملوا جزيئات نانوية في عملية طلاء السيوف للحصول على خصائص عالية الجودة [١٦].

في عام ١٩٧٤ ، استعمال الباحث Norio Taniguchi كلمة " تقنية النانو " لأول مرة في طوكيو ؛ على الرغم من أنه لم يكن واسع الانتشار .

في عام ١٩٨٦ استعمل K. Eric Drexler أيضا كلمة " تقنية النانو " في كتابه " محركات الإبداع : الحقبة القادمة لتقنية النانو " التي اقترحت فكرة مقياس النانو " مجمع " قادرة على إنتاج نسخة من نفسها وغيرها من العناصر ذات التعقيد التعسفي مع التحكم الذري . أيضا في عام ١٩٨٦ ، شارك Drexler في إنشاء معهد Foresight للمساعدة في زيادة المعلومات العامة وفهم مفاهيم تقنية النانو وآثارها ، منذ عام ١٩٨٠ تضمنت معظم تقنيات النانو دراسة عدة طرق لتصنيع الأجهزة الميكانيكية من عدد قليل من الذرات[١٧].

٢-٣ تصنيف المواد النانوية

يمكن تقسيم المواد النانوية إلى :

١. **المواد النانوية أحادية الابعاد :** وهي تللك المواد التي يقل قياس احد ابعادها عن ١٠٠ نانوميتر ومن الأمثلة عليها الرقائق والاغشية مثل المواد النانوية المستعملة في اعمال طلاء الاسطح .
٢. **المواد النانوية ثنائية الأبعاد :** وهي تلك المواد التي يقل قياس بعدين فيها عن ١٠٠ نانومتر مثل الأنابيب النانوية والأسطوانات ، مثل الأنابيب الكاربون النانوية والألياف النانوية .
٣. **مواد نانوية ثلاثية الأبعاد :** وهي تلك المواد التي يقل قياسات ابعادها عن ١٠٠ نانومتر مثل الخلايا النانوية ، بما في ذلك المساحيق المعدنية ومواد السيراميكية فائقة النعومة .

المواد داخل مقياس النانو عندما تتراوح أحجامها من ١ إلى ١٠٠ نانومتر ، مصطلح النانوي هو كلمة يونانية تعني قزما أو صغيرا جدا ، وهذه التقنية والمواد النانوية قد اكتسبت زخما وأهمية في هذا القرن عن طريق الخواص تمتلكها هذه المواد الميكانيكية والبصرية والكيميائية ، ومن الاشياء المهمة و هو خاصية الضد الميكروبي لما تمتلكه من مساحة سطحية عالية مقارنة بالحجم ، والتي ثبتت فعاليتها في القضاء على العديد من مسببات الأمراض ، وكذلك السلالات المقاومة للمضادات الحيوية والمبيدات[١٨].

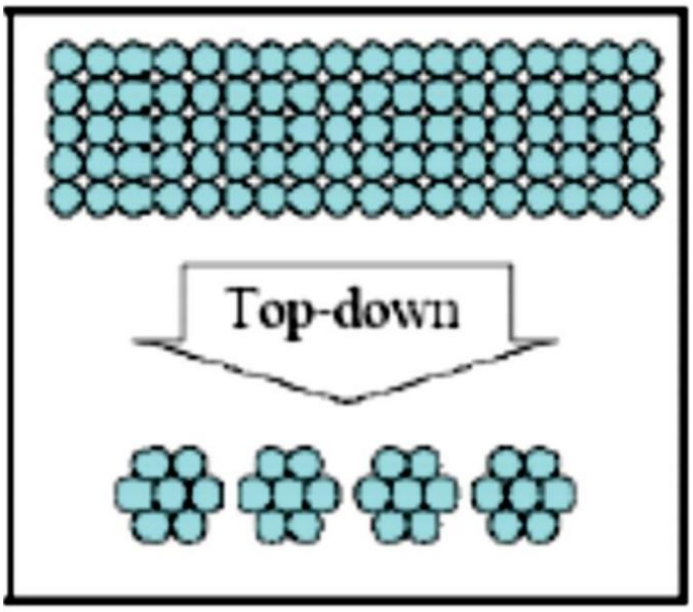
تم تحويل العديد العناصر إلى حالة النانو ، بما في ذلك النحاس ، الزنك ، التيتانيوم ، المغنيسيوم ، الذهب والفضة . أثبتت الدراسات الحديثة نظرية إمكانية استعمال المعدن الفضي والجزيئات الفضية النانوية الفضية في المجال الطبي ، على سبيل المثال ، الحروق ، طب الأسنان ، تغليف الأدوات ، الملابس

الطبية والمنسوجات ، وكذلك في مختبرات تنقية وتعقيم المياه بسبب خصائصه التي لا تكون شديدة السمية للخلايا البشرية ، وهي مستقرة لأنها محمولة جواً ، وهي أقل تقلباً أو تبخرا [١٩].

٢-٤ تصنيع المواد النانوية

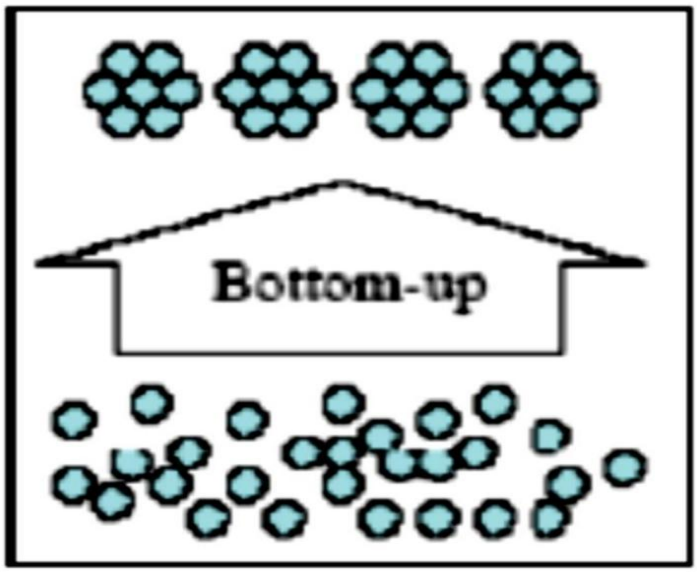
لتصنيع او تحويل اي مادة الى الصيغة النانوية توجد طريقتان .

١) تحويل من كبير إلى صغير و تسمى هذه الطريقة Top – down approach اذ تعتمد على تحويل القطعة الكبيرة للمعدن بعميلة الطحن والسحق الى جسيمات نانوية مع اضافة مواد تعمل على الاستقرار والتثبيت وبهذه الطريقة يمكن الحصول على جسيمات نانوية بحجم يتراوح بين ١٠ – ١٠٠ نانومتر .



الشكل (٢-١) يوضح الطريقة Top – down approach [٢٠].

٢) التحويل من حجم صغير جدا إلى حجم أكبر ويطلق على هذه الطريقة مصطلح Bottom – up approach اذ تعتمد على عملية التجميع ذرة مع ذرة أو جزيئة مع جزيئة .



الشكل (٢-٢) يوضح الطريقة Bottom – up approach [٢٠].

يمكن تطبيق هذه المبادئ والتقنيات بثلاث طرق [٢١]:

١- **الطريقة الفيزيائية Physical synthesis method :** وبهذه الطريقة يتم إنتاج الجسيمات النانوية بالطريقة المعروفة تبخر- تكثيف في ظروف الضغط الجوي ويستعمل فرن أنبوبي .

٢- **الطريقة الاحيائية Biological synthesis method :** تعتمد هذه الطريقة على مكونات من الكائنات الحية اذ تستعمل كعوامل مختزلة ومغلف للجسيمات النانوية اذ يستعمل على سبيل المثال الانزيمات والاحماض الامينية ، سكريات متعدد . فيتامينات . اذ تكون هذه الطريقة صديقة للبيئة

٣- **الطريقة الكيميائية Chemical reduction method :** تعتمد هذه الطريقة على المواد املاح المعادن كعوامل اختزال بالإضافة إلى استعمال المثبتات والمغلفات ، والتي تستعمل عادة لتحضير محلول فضي غروي مستقر ، على سبيل المثال elemental hydrogen and borohydride citrate

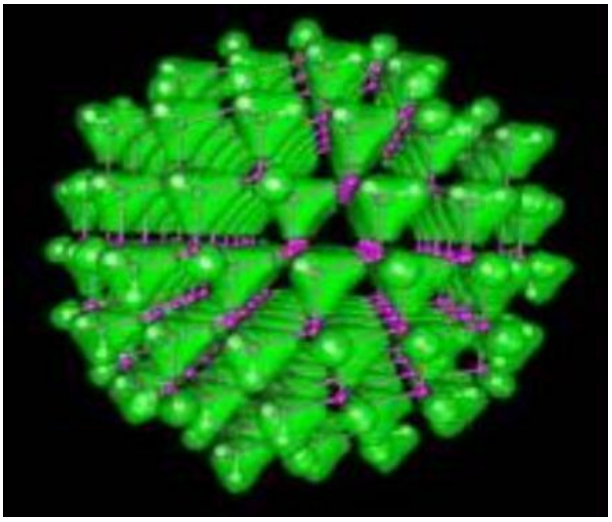
٢-٥ أشكال المواد النانوية

تتخذ المواد النانوية أشكالاً عدة ، لكل منها تركيب وخصائص ومقياس لقطرها وطولها ، ولكل منها استخدامات مميزة أيضا ، ويمكن تصنيف المواد النانوية حسب الشكل إلى [٢٢]:

١- النقاط الكمية (Quantum Dots) :

هي عبارة عن تركيب نانوي شبه موصل ثلاثي الأبعاد يتراوح بعده بين ٢ و ١٠ نانومتر ، وهذا يقابل ١٠- ٥٠ ذرة في القطر الواحد ، و ١٠٠- ١٠٠٠٠٠ ذرة في حجم النقطة الكمية الواحدة .

وعندما يكون قطر النقطة الكمية يساوي ١٠ نانومتر فإنه إذا رصفنا ٣ ملايين نقطة كمية بجانب بعضها البعض كما في الشكل (٢-٣) أدناه ، نحصل على طول يساوي عرض إصبع إبهام الإنسان [٢٣].



الشكل (٢-٣) النقاط الكمية بجانب بعضها البعض [٢٤].

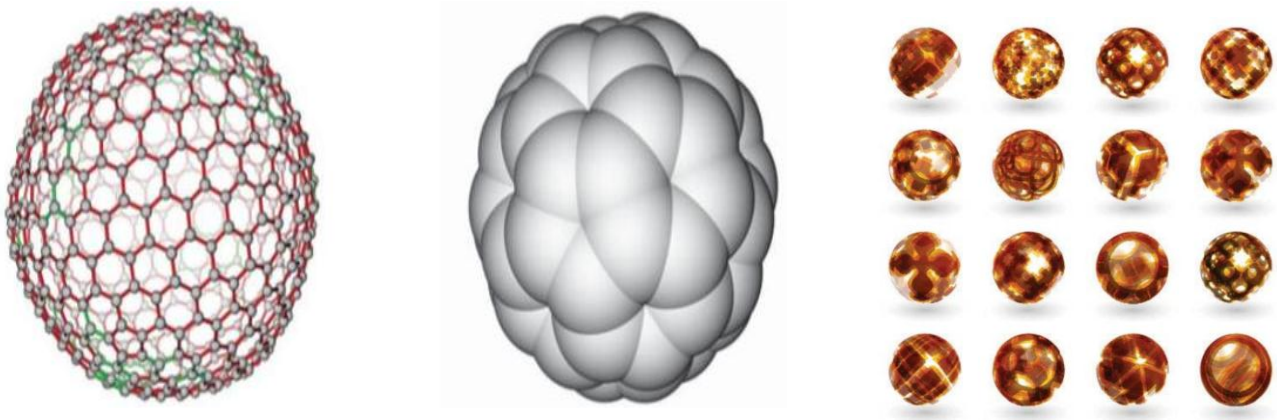
٢- الفولورين (Fullerene) :

تركيب نانوي غريب آخر للكربون وهو عبارة عن جزيء مكون من ٦٠ ذرة كربون ورمز لها بالرمز C_{60} ، وقد اكتشف عام ١٩٨٥. إن جزيء الفولورين كروي يشبه كرة القدم المنقطة كما في الشكل أدناه . وهو يحضر منذ اكتشافه وحتى الآن بكميات تجارية ، وقد سمي بالفولورين نسبة للمخترع والمهندس المعماري " بكمنستر فولر " [٢٥].

وقد نشأ فرع كيمياء جديد يسمى الفولورين حيث عرف أكثر من ٩٠٠٠ مركب فولورين منذ عام ١٩٩٧ وظهرت تطبيقات مختلفة لكل من هذه المركبات ومنها المركبات $C_{60}K_3$ و $RbCS_2C_{30}$ التي ابدت توصيلية فائقة ، كما اكتشفت أشكال أخرى منها كالفولورين المخروطي والأنبوبي والكروي .

٣- الكرات النانوية (Nano balls):

من أهمها كرات الكربون النانوية التي تنتمي إلى فئة الفولورينات من مادة C_{60} ولكنها تختلف عنها قليلاً بالتركيب حيث أنها متعددة القشرة ، كما أنها خاوية المركز . والكرات النانوية لا يوجد على سطحها فجوات وبسبب أنا تركيبها يشبه البصل فقد سماها العلماء (البصل) ، وقد يصل قطر الكرة الواحدة إلى ٥٠٠ نانومتر أو أكثر [٢٦].



شكل (٢-٤) رسم توضيحي لكرة النانوية [٢٧].

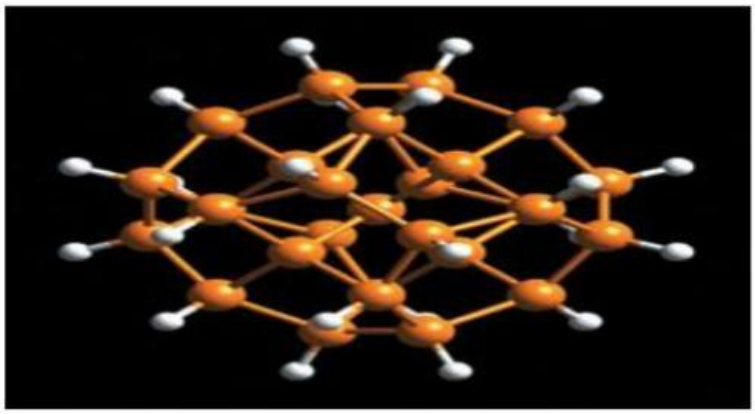
٤- الجسيمات النانوية (Nanoparticles):

على الرغم من أن كلمة (الجسيمات النانوية) حديثة الاستخدام ، إلا ان هذه الجسيمات كانت موجودة في المواد المصنعة أو الطبيعية منذ قديم الزمان .

ويمكن تعريف الجسيمات النانوية على أنها عبارة عن تجمع ذري أو جزيئي ميكروسكوبي يتراوح عددها من بضع ذرات (جزيء) إلى مليون ذرة ، وتكون مرتبطة مع بعضها البعض بشكل كروي تقريباً كما في الشكل (٢-٥) ونصف قطره أقل من ١٠٠ نانومتر [٢٨].

عندما يصل حجم الجسيم النانوي إلى مقياس النانو في بعد واحد فإنها تسمى البئر الكمي (Quantum well) ، اما عندما يكون حجمها النانوي في بعدين فتسمى السلك الكمي (Quantum wire) ، وعندما يكون ب ٣ أبعاد تسمى النقط الكمية (Quantum dots) . ولا بد هنا من الإشارة إلى أن التغيير في الأبعاد النانوية في التركيبات الثلاثة السالفة الذكر سوف يؤثر على الخصائص الإلكترونية لها ، مما يؤدي إلى حدوث تغيير كبير في الخصائص الضوئية للتركيبات النانوية[٢٩].

لقد أمكن حديثاً تصنيع جسيمات نانوية من الفلزات والعوازل وأشباه الموصلات والتركيبات المهجنة (مثل الجسيمات النانوية المغلفة) وكذلك تصنيع نماذج لجسيمات نانوية ذات طبيعة شبه صلبة . وتعتبر جسيمات النحاس النانوية (أقل من ٥٠ نانومتر) ذات صلابة عالية وغير قابلة للطرق والسحب على عكس جسيمات النحاس العادية حيث يمكن ثنيها وطرقها وسحبها .



الشكل (٢-٥) يوضح الجسيمات النانوية المرتبطة مع بعضها البعض بشكل كروي [٣٠].

٥- الأنابيب النانوية (Nanotubes) :

هي عبارة عن شرائح تطوى بشكل اسطواني ، وغالباً تكون نهاية الأنبوب مفتوحة والأخرى مغلقة بشكل نصف دائرة . تصنع من مواد عضوية (كربون) أو مواد غير عضوية (أكاسيد الفلزات كأسيد الفناديوم والمنجنيز) [٣١].

تتمتع هذه الأنابيب بالقوة والصلابة والناقلية الكهربائية ، ولكن أكاسيد الفلزات تكون أثقل وأضعف من أنابيب الكربون . ويتراوح قطر الأنبوب النانوي بين ١ نانومتر و ١٠٠ نانومتر وطولها يبلغ ١٠٠ ميكرومتر ليشكل سلك نانوي ، للأنابيب النانوية عدة أشكال ، فقد تكون مستقيمة ، لولبية ، متعرجة ، خيزرانيه ، أو مخروطية وغير ذلك كما موضح في الشكل (٢-٦) أدناه .

الشكل (٢-٦) انابيب النانوية بعدة أشكال [٣٢].

٦- الألياف النانوية (Nano fibers) :

لاقت هذه المواد اهتماماً كبيراً مؤخراً لأهميتها الصناعية. وتتخذ عدة أشكال كالألياف السداسية والحلزونية والألياف الشبيهة بحبة القمح .

تتميز الألياف النانوية بأن مساحة سطحها إلى حجمها كبيرة حيث أن عدد ذرات السطح كبيرة بالنسبة للعدد الكلي ، وهذا ما يكسبها خواص ميكانيكية مميزة كالصلابة وقوة الشد وغيرها ، ولكنها تعاني من صعوبة التحكم باستمراريتها واستقامتها وتراصفها .

تستخدم هذه الألياف في الطب وزراعة الأعضاء كالمفاصل والتئام الجروح ونقل الأدوية في الجسم ، كما تستخدم في المجالات العسكرية كالتقليل من مقاومة الهواء[٣٣].

٧ ـ المركبات النانوية (Nanocomposites) :

هي عبارة عن مواد يضاف إليها جسيمات نانوية خلال تصنيع تلك المواد ، ونتيجة لذلك فإن المادة النانوية تبدي تحسناً كبيراً في خصائصها ، فعلى سبيل المثال ، يؤدي إضافة أنابيب الكربون النانوية إلى تغيير خصائص التوصيلية الكهربية والحرارية للمادة.

وقد يؤدي إضافة أنواع أخرى من الجسيمات النانوية إلى تحسين الخصائص الضوئية وخصائص العزل الكهربائي وكذلك الخصائص الميكانيكية مثل الصلابة والقوة ، يجب أن تكون النسبة المئوية الحجمية للجسيمات النانوية المضافة منخفضة جدا (في حدود % ٠.٥ إلى % ٥) وذلك بسبب أن النسبة بين المساحة السطحية إلى الحجم للجسيمات النانوية تكون عالية [٣٤]. ١امظ

٨ـ الأسلاك النانوية (Nano wires) :

نلحظ هنا أن الأسلاك التي تظهر في الشكل رقم (٢-٧) لها أقطار تزيد عن نانومتر واحد ، وبأطوال مختلفة ، أي نسبة طول إلى عرض تزيد عن ١٠٠٠ مرة ، لذا فهي تلحق بالمواد ذات البعد الواحد وهي تتفوق على الأسلاك العادية التقليدية ، لأن الالكترونات فيها تكون محصورة كمياً باتجاه جانبي واحد مما يجعلها تحتل مستويات طاقة محددة تختلف عن تلك المستويات العريضة الموجودة في المادة المحسوسة .

وهذه الأسلاك غير موجودة في الطبيعة بل تحضر في المختبر بطرق عديدة منها الكحت الكيميائي لسلك كبير أو قذف سلك كبير بواسطة جسيمات ذات طاقة عالية . وتتخذ أشكالاً عديدة متعددة منها حلزونية أو متماثلة خماسية وعند تحضيرها تكون معلقة من الطرف العلوي أو مترسبة على سطح آخر[٣٥] .

للأسلاك النانوية العديد من الاستخدامات المستقبلية كربط مكونات الكترونية داخل دائرة صغيرة وبناء الدوائر الالكترونية المنطقية وقد تستخدم مستقبلا لتصنيع الكمبيوتر الرقمي .

شكل (٢-٧) صورة ميكروسكوبية لأسلاك نانوية مصنوعة من السليكون [٣٦].

٢-٦ تطبيقات النانو تكنولوجي

استخدامات تقنية النانو في الوقت الحاضر وفي المستقبل في مختلف النواحي والمجالات الحياتية فالعلماء يسعون لاستخدامها في خدمة البشرية [٣٧].

٢-٦-١ تطبيقات النانو تكنولوجي في الطب

ساهم تطور تقنية النانو على تغيير القواعد الطبية المتبعة في منع الأمراض وتشخيصها وعلاجها وأصبحنا نعيش عصر التقنية الطبية النانوية ، فمثلاً تقدم تقنية النانو طرقاً جديدة لحاملات الدواء داخل الجسم (حاملات نانوية ذات أحجام تصل لمقياس النانو) تكون قادرة على استهداف خلايا مختلفة في الجسم . ويمكن بواسطة هذه التقنية تصوير خلايا الجسم بسهولة كما لو أننا نأخذ لها صور عادية ، كذلك يمكن التحكم بتلك الخلايا وتشكيلها بأشكال مختلفة. إضافة إلى استخدام الليبوزوم النانوية المصنعة كأنظمة توصيل للعقارات المضادة للسرطان واللقاحات ، كما تستخدم جسيمات الذهب النانوية في أجهزة الاختبار المنزلي للكشف عن الحمل[٣٨].

- **الكشف عن الأمراض :** إن الأسلاك النانوية تستخدم كمجسات حيوية نانوية وذلك لحساسيتها العالية وحجمها الصغير جداً ، حيث يتم طلاء هذه الأسلاك بأجسام مضادة مصنعة بحيث أنها تلتصق فقط بالجسيمات الحيوية (DNA) أو البروتينات ، أو الجسيمات البيولوجية الأخرى في الجسم ، ولا

تلتصق بغيرها من الجزيئات ، وعندما ترتبط هذه البروتينات أو غيرها بالأسلاك النانوية المطلية فسوف تتغير توصيليتها ، وبذلك يمكن استخدام هذا المجس الحيوي النانوي في اكتشاف عدد كبير من الأمراض في مراحلها الأولية ، وذلك بإدخال أعداد كبيرة من الأسلاك النانوية داخل الجسم يتم طلائها بأجسام مضادة مختلفة ، تمثل مجسات مختلفة[٣٩].

- **في علاج السرطان :** تستخدم الأغلفة النانوية المطلية بالذهب لتدمير الخلايا السرطانية ، ويبلغ طول هذه الأغلفة النانوية حوالي ١٢٠ نانومتر وهي أصغر من حجم خلية السرطان حوالي ١٧٠ مرة . وعندما تحقن هذه الأغلفة النانوية داخل الجسم فإنها تلتصق تلقائياً بالخلايا السرطانية ، ومن ثم يتم تعريض تلك الخلايا لأشعة ليزر تحت الحمراء فتعمل بدورها على تسخين الذهب ورفع درجة حرارته مما يؤدي إلى احتراق تلك الخلايا وموتها ، وتمتاز هذه الطريقة بالدقة والموضوعية نظرا لصغر الأغلفة النانوية بالنسبة للخلايا وتركزها بالخلايا المريضة فقط مما يجعل الخلايا السليمة بعيدة عن الخطر وعن الآثار الجانبية لتلك الطريقة [٣٩].

- **في مجال الأدوية والعقاقير :** أدخل حاليا مصطلح جديد إلى علم الطب هو النانو بيوتك وهو البديل الجديد للمضادات الحيوية . ففي جامعة (هانج بانج) في سيؤول استطاع الباحثون إدخال نانو الفضة إلى المضادات الحيوية ، ومن المعروف أن الفضة قادرة على قتل ٦٥٠ جرثومة ميكروبية دون أن تؤذي جسم الإنسان .

وهذه التقنية سوف تحل الكثير من مشاكل البكتيريا المقاومة للمضادات الحيوية التي أحدثت طفرات تحول تأثير المضاد الحيوي على هذه البكتيريا . حيث يقوم النانو بيوتك بنقب الجدار الخلوي البكتيري أو الخلايا المصابة بالفيروس مما يسمح للماء بالدخول إلى داخل الخلايا فتقتل[٤٠].

- **في مجال العمليات الجراحية :** قامت شركة (كورفس) بصناعة روبوت صغير بحجم النانومتر يستخدم كمساعد للأطباء في العمليات الجراحية الحرجة والخطرة ، حيث يستطيع الطبيب التحكم في الروبوت بواسطة جهاز خاص مما يساعد في إنجاز العملية بكفاءة عالية وبدقة متناهية ، وبالطبع فهي أفضل من الطرق التقليدية للعمليات الجراحية وأقل خطراً ، فهنا يستخدم الطبيب عصاة تحكم تمكنه من التحكم بذراع الروبوت الذي يحمل الأجهزة الدقيقة وكاميرا مصغرة وذلك ليحول التحركات الكبيرة إلى تحركات صغيرة وهذا يتيح مزيدا من الدقة الجراحية.

وذكرت صحيفة نانو ليترز أنه تم تصنيع نسيج طبي شفاف من البروتين لا يزيد سمكه عن عشر المليمتر يستخدم لتغطية الجروح وتعقيمها وتسريع التئامها ثم يذوب ويختفي بنفسه [٤١].

٢-٦-٢ تطبيقات النانو تكنولوجي في مجال الصناعة

١- **صناعة الطائرات والسيارات :** تقدم تقنية النانو الكثير لتحسين الصناعة في هذا المجال ، فهي تدخل على سبيل المثال في صناعة الأبواب والمقاعد والدعامات ، ومن أهم مميزات القطع المحسنة أنها صلبة وذات مرونة عالية بالإضافة إلى أنها تتميز بخفة الوزن . وبالنسبة للقطع المحسنة المستخدمة في صناعة الأجزاء الداخلية أنها تقلل من استهلاك الوقود . كما أنها ستساعد في صنع محركات نفاثة تتميز بهدونها وأدائها العالي .

٢- **صناعة الزجاج :** تدخل تقنية النانو في تحسين الزجاج بشكل عام وتحسين زجاج النوافذ بشكل خاص حيث يصبح عالي الشفافية وذلك باستخدام نوع معين من جسيمات النانو في صناعة من الزجاج يعرف ب " الزجاج النشط " ، حيث أن هذه الجسيمات تتفاعل مع الأشعة فوق البنفسجية فتهتز مما يزيل الرواسب والأوساخ والغبار الملتصق بالسيارات كما أنها تتميز بأنها تشكل سطحاً قابلاً للماء مما يجعل تنظيفها أمراً سهلاً لدرجة أنه أطلق عليه اسم " زجاج التنظيف الذاتي ".

٣- **صناعة النظارات الشمسية :** قامت شركة sunglasses للنظارات الشمسية بتصنيع طلاء بلاستيكي مقاوم للخدش والانعكاس وأنتجت نظارات النانو ذات الخصائص المميزة ، كما أنها تعتبر مقبولة السعر نظراً لصغر الكمية المطلوبة من جسيمات النانو في تصنيعها [٤٢].

٤- **صناعة المنتجات الرياضية :** تستخدم تقنية النانو في هذا المجال بشكل عام لهدفين ، أولاً لتقوية الأدوات الرياضية ، وثانياً لإكسابها المرونة والخفة ، حيث أن بعض جسيمات النانو أقوى ١٠٠ مرة من المعدن الصلب وأخف منه ب ٦ مرات . ومن هذه المنتجات التي تم تحسينها : مضارب الهوكي ، مضارب البيسبول ، مضارب وكرات التنس ، كرات الغولف .

٥- **صناعة الدهانات والأصبغة :** حيث تتميز هذه الدهانات بأن لها القدرة على مقاومة الخدش والتأكل والتفتت مما يجعلها مناسبة لطلاء السفن والمراكب .

٦- **التطبيقات الصحية :** أهمها سوائل النانو المضادة للبكتيريا والمكروبات المسؤولة عن الكثير من الأمراض . وتتميز هذه المطهرات بعدم تأثيرها على الأسطح فهي لا تسبب التأكل ولا الصدأ .

٧- **صناعة الشاشات :** تتميز هذه الشاشات المحسنة عن طريق تقنية النانو بأنها توفر كثيرا من الطاقة التي تستهلك في تشغيلها ، كما أنها تتميز بوضوح ودقة عالية. وبالنسبة لحجمها فهي تتميز بقلة سماكتها وخفة وزنها .

٨- **مادة تضاف إلى البلاستيك والسيراميك والمعادن :** وتعمل هذه المادة على جعل هذه المواد قوية كالفولاذ وخفيفة كالعظام وستكون لها استعمالات كثيرة خصوصاً في هيكل الطائرات والأجنحة ، فهي مضادة للجليد ومقاومة للحرارة حتى ٩٠٠ درجة مئوية .

٩- **صناعة الثلاجات :** بالرغم من أن الحرارة المنخفضة في الثلاجات تقلل تكاثر البكتيريا إلا أنها لا تمنعها ، لذا قامت شركة سامسونج للإلكترونيات بتبطين الثلاجات بطبقة مجهرية من محلول نانو الفضة ، لمنع البكتيريا من عملية التمثيل الضوئي والتنفس. وبالتالي موتها. مما يجعل هذه الثلاجات تحافظ على الطعام داخلها صالحاً لفترة أطول من الثلاجات العادية[٤٣].

١٠- **صناعة الغسالات :** أيضاً قامت شركة سامسونج للإلكترونيات بتجهيز غسالات بنظام التنظيف بالفضة، الذي يعتمد على التحليل الكهربائي لجزيئات الفضة ، فتقوم بتعقيم الملابس وحمايتها من البكتريا والفطريات بنسبة ٩٩.٩ % لمدة ٣٠ يوم.

١١- **منقيات مياه (فلترات) :** يتميز فلتر الاستحمام ١٠٠٠ – AQ باحتوائه على ٣ طبقات هي : نانو الكربون ونانو الفضة ونانو النحاس والزنك ، وتعمل هذه الطبقات الوسيطة الثلاث على تنقية المياه من الكلور والبكتيريا والمعادن الثقيلة وباقي الملوثات المضرة بالشعر والجلد.

٢-٦-٣ تطبيقات النانو التكنولوجي في مجال الالكترونيات

تعد الإلكترونيات عصب الحياة الحديثة وقد أضحت عنصراً مهماً في حياتنا اليوم ولا يمكن تخيل حياتنا بدونها كونها مكون رئيسي في جميع الأجهزة الكهربية الحديثة التي نستخدمها اليوم[٤٤] .

ومما لا شك فيه أن تكنولوجيا النانو أضحى لها دور أساسي وكبير في تطوير صناعة الإلكترونيات ، المعروفة باسم الالكترونيات النانوية (Nanoelectronics) .

أولا : في مجال الترانزستورات : لنتحدث قليلاً عن ماهية الترانزستورات وتاريخ صناعتها .

يعود اختراع الترانزستورات إلى العام ١٩٤٨ عندما قام علماء الفيزياء جون باردين و والتر براتن و ويليم شوكلي الباحثون بمعمل بل تلفون " في الولايات المتحدة بإعلان اختراعهم للترانزستور . وقد نال هذا الفريق بعدها على جائزة نوبل في الفيزياء عام ١٩٥٦[٤٥].

والترانستور هو وحدة صغيرة جداً تقوم بوظيفة منظم لمرور التيار الكهربائي خلاله بمقدار غير ثابت حيث أنه يختلف باختلاف قيمة التيار الداخل إليه ، وتدخل الترانزستورات كمكونات رئيسية في بناء الدوائر المتكاملة في الأجهزة الإلكترونية المختلفة (حاسوب ، مذياع ، مركبات فضائية ..) .

وبفضل تكنولوجيا النانو تمكنت شركة إنتل من مضاعفة عدد الترانزستورات المستخدمة في المعالجات وذلك من خلال تصغير أبعادها ، والتي وصلت اليوم إل ٩٠ نانو متر ومن المحتمل أن تصل أبعادها إلى ٥٠ نانومتر خلال السنوات المقبلة . ومن دون شك فإن هذه المضاعفة ؛ في عدد الترانزستورات ووجود الأعداد الضخمة منها يعني مضاعفة قدرات الحاسوب وسرعته في إجراء العمليات الحسابية المعقدة في أجزاء من الثانية الواحدة ، بالإضافة إلى مضاعفة قدرته في معالجة الصور ومختلف الوسائط السمعية والبصرية [٤٦].

ثانياً : في مجال الحساسات : إن تكنولوجيا النانو قدمت وتقدم الدعم في مجال إنتاج ما يعرف الآن باسم أجهزة الاستشعار والحساسات النانوية Nanosensors التي تعد أحد أهم مخرجات هذه التقنية . وبما أن المواد النانوية تتمتع بخواص جيدة ومواصفات عالية جداً لذا فإنها تعتبر نموذجية في الاستخدام بمجال الاستشعار عن بعد. وقد أسهم تناهي صغر أحجام تلك الحساسات وخفة وزنها وانخفاض تكلفتها الإنتاجية في ازدهارها كي تستخدم في مجالات عديدة مثل مجال النقل والمواصلات، مجال البناء والمرافق، الطب والرعاية الصحية، الحراسة والعمليات العسكرية وإنتاج الأسلحة. وبما أن الحساسات النانوية تتميز بالدقة المتناهية والزمن القياسي في تحديد هوية وتركيز الملوثات الكيميائية، الميكروبية والبكتيرية في البيئة المحيطة فقد وظفت أيضاً في مجال رصد التدهور البيئي والتنبؤ بالأخطار البيئية[٤٧].

وقد غدت الحساسات النانوية مألوفة بعد أن غزت مجالات متعلقة بأنشطتنا اليومية. فعلى سبيل المثال ، تلك الحساسات المستخدمة في الفتح الآلي لأبواب المحلات التجارية ، و تلك المستخدمة في السيارات لمساعدة السائق في تحديد ما حوله من أشياء خشية الارتطام أثناء عملية إيقاف السيارة في المواقف ورصد بيانات ضغط زيت المحرك ودرجة حرارته ومستوى الوقود. وكذلك في الطائرات فهي تزود بعدد

هائل من الحساسات النانوية التي يعتمد عليها الملاح الجوي في التعرف على العوامل الجوية الخارجية وارتفاع الطائرة ، ومعرفة أي خلل أو عطل قد يقع في أحد اجزاء الطائرة[٤٨].

وبالنسبة إلى رحلات الفضاء الخارجي فقد قامت وكالة ناسا الفضائية بخطوة رائدة حيث تمكنت لأول مرة في تاريخ البشرية من تصنيع إحدى حساسات النانو الكيميائية واختبارها على متن إحدى المركبات الفضائية. وقد برهنت التجربة على نجاح تلك الحساسات المتقدمة في العمل في الفضاء الخارجي وقدرتها الفائقة على تعيين وتحليل المقادير الضئيلة لملوثات الهواء الداخلي للمركبة الفضائية، ولا شك أن وجود هذه الملوثات ضمن المركبة الفضائية على الرغم من ضآلتها ، قد يسبب تهديداً كبيراً لطاقم الملاحة بسبب تراكم تلك الملوثات وزيادتها في المركبة الفضائية المغلقة، خصوصاً خلال الرحلات الطويلة التي قد تمدد لأشهر[٤٨].

وقد استخدمت تقنية النانو متمثلة في تقنية النظم الكهرو ميكانيكية الصغرى MEMS في تصنيع هذا الجهاز . وجهاز الاستشعار هذا يتألف من مجموعة من الإلكترونيات ترتبط بحساس نانوي مثبت معها بلوحة الإلكترونيات الرئيسية بالجهاز. وقد استخدمت أنابيب الكربون النانوية في تركيب هذا الحساس وذلك نظراً لدقة هذه المواد النانوية المتقدمة في تعيين وتحليل الكميات الضئيلة جدا من الغازات المتسربة في الهواء وتحديد أنواعها.

وفي مجال الكشف عن المتفجرات فإن الحساسات العادية لديها العديد من العيوب ككبر الحجم وانخفاض حساسيتها بالإضافة إلى طول الفترة الزمنية اللازمة لأداء مهامها ، وصعوبة تكثيف توزيعها في أماكن مهمة أخرى مثل مواقف السيارات المنتشرة في المباني والمراكز التجارية ، والجسور والأنفاق ودور العبادة .... الخ ، فضلاً عن صعوبة ربط هذه الحساسات مع بعضها من خلال شبكة أرضية تكون قادرة على رصد واكتشاف أماكن وجود المتفجرات ونوع المواد المستخدمة وإرسال تلك البيانات لحظياً لمركز القيادة والتحكم [٤٩].

لذا فقد تدخلت تكنولوجيا النانو في توفير الحلول المناسبة بإنتاج مصغرات من أجهزة استشعار لها حساسية فائقة في التمييز بين المواد المتفجرة وتصنيفها بدقة عالية. كما تتميز هذه الحساسات النانوية بانخفاض تكلفة إنتاجها .

وترتكز فكرة عملها على تصيد جزيئات المواد العضوية المستخدمة في صناعة المتفجرات ذلك لأن هذه المواد ذات درجات غليان منخفضة أي تتبخر نسب ضئيلة من جزيئاتها عند درجة حرارة الغرفة فتتصيدها الحساسات الكيميائية وتحللها وترسل إشارات لاسلكية لشبكة نظم المعلومات الجغرافية GIS التي ترسلها إلى أجهزة ال GPS لدى فرق المتابعة والمراقبة الأرضية. وتصدر هذه البيانات وفقاً للإحداثيات الثلاثية الخاصة بكل حساس ومن ثم يمكن تحديد موقع وجود اللغم والتدخل الفوري لإبطاله.

٢-٦-٤ تطبيقات النانو تكنولوجي في المستقبل

كما رأينا فإن خواص المواد النانوية متميزة ورائعة بالاستفادة من هذه الخواص يمكننا الوصول إلى تطبيقات أكثر خدمة للبشرية وأكثر تسريعاً وتسهيلا لحياتنا اليوم منها [٥٠]:

- **صناعة الملابس :** يجري العمل على تصنيع ملابس ستكون مقاومة للبقع والسوائل ، وستحمي من أضرار الأشعة فوق البنفسجية كما أنها ستكون قادرة على توفير الاتصال بالإنترنت، وإعادة شحن الأجهزة ، ومراقبة الحالة الصحية لمرتديها، كما قامت شركة لونار ديزاين بتصميم نموذج لجاكيت مستقبلي يتحول إلى أي شكل وأي لون يريده المشتري كما توجد محاولات لصنع ملابس تقيس النبض والتنفس وبيانات صحية وتنظف نفسها من الأوساخ والروائح .
- **في مجال الزراعة :** قد تستخدم معدات نانوية لزيادة خصوبة التربة وزيادة الإنتاج الزراعي ، مثل الزيوليتات ذات المسامات النانوية لإطلاق جرعات فعالة من الماء والمواد المخصبة للزرع وجرعات من الغذاء والدواء للمواشي.
- **وفي المجال العسكري :** يقوم بعض الخبراء بتطوير دبور آلي بمحرك نانوي يصور أهدافاً استخبارية ويطلق النار ويتسلل إلى العدو ويشوش أجهزة الاتصال ، كما يستخدم الجيش الأمريكي ألياف نانوية لتطوير زي قتالي يسمح بدخول الهواء ويمنع دخول الغازات السامة [٥٠].
- **في مجال الأغذية :** ويتم حاليا إجراء تجارب على استخدام النانو تكنولوجي في إنتاج مستشعرات حيوية قادرة على التقاط البكتيريا الدقيقة التي تصيب الطعام وتتسبب في إفساده ، وبالتالي سيكون من السهل الحفاظ على حياة الإنسان ، كما يجري العمل على إنتاج شراب لا لون له ولا طعم يحتوي مواد نانوية وعند وضعه في الميكروويف على تردد معين يتحول إلى عصير الليمون وعلى تردد آخر يتحول إلى عصير التفاح وهكذا .

كما أجرى بعض الباحثين بجامعة بنسلفانيا الأمريكية تجارب على تحقيق إخفاء بعض الأجسام أو تقديم ميزة الشفافية لأي جسم مهما كان المادة المصنوع منها ، حتى لو كان جسماً بشرياً وذلك من خلال الاعتماد على النانو تكنولوجي في كسر خطوط الضوء بزوايا معينة .

وحالياً يتم التفكير بتصنيع أجهزة نانوية ذات خصائص ميكانيكية وكهربائية تحل بديلاً عن خلايا الدم الأصلية وتقوم بجميع وظائفها ، كما أن تقنية النانو تستطيع أن تقدم بديلاً للأعضاء والأجهزة البشرية تكون بكفاءة قريبة من الأصلية ، حيث تجرى البحوث الآن باستبدال بعض الأعضاء التي تؤدي وظائف حركية كالعظام والعضلات والمفاصل بأعضاء نانوية تقوم بنفس المهمة [٥١].

الفصل الثالث

خصائص المواد النانوية

الفصل الثالث

٣-١ خصائص المواد النانوية

تختلف خصائص المواد ذات الحجم النانوي بشكل كبير عن خصائص الذرات والمواد السائبة بسبب الشحنة السطحية/التفاعل، وعلم البلورات، والتركيب، ومساحة السطح، وتأثيرات الحجم النانوي، والتي يمكن رؤيتها في التأثيرات المغناطيسية والبصرية والكهربائية والميكانيكية والكيميائية. والخصائص الفيزيائية للمواد النانوية. يتم تحديد نقاء وأداء الجسيمات النانوية من خلال تركيبها الكيميائي أو العنصري.

يعد حجم الجسيمات أحد القياسات الأساسية والأكثر أهمية لتوصيف الجسيمات النانوية. المجهر الإلكتروني هو الأسلوب الأكثر استخدامًا لقياس الحجم والتوزيع. إن نسبة مساحة السطح إلى الحجم للجسيمات النانوية لها تأثير كبير على أدائها وخصائصها. يتم قياس مساحة السطح بشكل شائع باستخدام تحليل Brunauer-Emmett-Teller (BET) . يرتبط نقاء وأداء الجسيمات النانوية ارتباطًا مباشرًا بتركيبتها الكيميائية أو العنصرية[٥٢].

يتم تحديد تفاعلات الجسيمات النانوية مع الهدف إما عن طريق شحنتها السطحية أو شحنتها الإجمالية. أحد التطبيقات الأكثر شيوعًا لمقياس الجهد زيتا هو قياس الشحنات السطحية واستقرار التشتت للمادة في المحلول.

المواد النانوية: تُعرف الدراسة العلمية لترتيب الذرات والجزيئات داخل البلورات والمواد الأخرى باسم علم البلورات. يمكن استخدام علم البلورات لتحديد التنظيم الهيكلي للجسيمات النانوية باستخدام حيود مسحوق الأشعة السينية، أو حيود الإلكترون، أو حيود النيوترونات. هناك حاجة إلى تركيز المواد النانوية لتحديد عدد المواد النانوية المنتشرة في جميع أنحاء المرحلة الغازية من أجل حساب تركيز الهواء أو الغاز المطلوب للعملية[٥٣].

يمكن القول أن المواد النانوية هي تلك الفئة المتميزة من المواد المتقدمة التي يمكن إنتاجها بحيث تتراوح مقاييس أبعادها أو أبعاد حبيباتها الداخلية بين ١ نانومتر و ١٠٠ نانومتر وقد أدى صغر هذه المواد أن تختلف صفاتها عن المواد الأكبر حجما (أكبر من ١٠٠ نانومتر) . وتعد هذه المواد هي مواد البناء للقرن

الحادي والعشرين وركن مهم من أركان تكنولوجيات هذا القرن . وتتنوع المواد النانوية من حيث المصدر ، وتختلف باختلاف نسبها، كأن تكون مواد عضوية أو غير عضوية – طبيعية او مخلقة (مصنعة) . ومن الخواص المواد النانوية مايلي [٥٤] :

٣-١-١ الخصائص الفيزيائية للمواد النانوية

تتكون الجسيمات النانوية من ثلاث طبقات: الطبقة السطحية، وطبقة القشرة، واللب. تتكون الطبقة السطحية عادةً من مجموعة متنوعة من الجزيئات مثل أيون المعدن والمواد الخافضة للتوتر السطحي والبوليمرات. قد تحتوي الجسيمات النانوية على مادة واحدة أو ربما تتكون من مجموعة من عدة مواد. يمكن أن توجد الجسيمات النانوية على شكل معلقات أو غرويات أو هباء جوي مشتت اعتمادًا على خصائصها الكيميائية والكهرومغناطيسية.

خصائص الجسيمات النانوية تعتمد على حجمها. على سبيل المثال، تعتبر جسيمات النحاس النانوية التي يقل حجمها عن ٥٠ نانومتر مواد شديدة الصلابة ولا تظهر خصائص قابلية الطرق أو الليونة للنحاس السائب. التغييرات الأخرى التي تعتمد على حجم الجسيمات النانوية هي المغناطيسية الفائقة التي تظهرها المواد المغناطيسية، والحبس الكمي بواسطة جسيمات أشباه الموصلات Q، ورنين البلازمون السطحي في بعض الجزيئات المعدنية[٥٤].

وقد أثبتت الأبحاث أيضًا أن امتصاص الإشعاع الشمسي في الخلايا الكهروضوئية أعلى بكثير في الجسيمات النانوية منه في الأغشية الرقيقة من الصفائح المستمرة من المواد السائبة. وذلك لأن الجسيمات النانوية أصغر حجمًا ويمكنها امتصاص كمية أكبر من الإشعاع الشمسي.

تظهر الجسيمات النانوية انتشارًا معززًا عند درجات حرارة مرتفعة نظرًا لارتفاع مساحة سطحها إلى نسبة الحجم. تسمح خاصية الجسيمات النانوية هذه بالتلبيد عند درجات حرارة أقل مما هي عليه في حالة الجزيئات الأكبر حجمًا. في حين أن خاصية الانتشار هذه التي تظهرها الجسيمات النانوية قد لا تؤثر على كثافة المنتج، إلا أنها يمكن أن تؤدي إلى التكتل.

لا تعتمد درجة حرارة انصهار المادة السائبة على حجمها، ولكن درجة انصهار المواد النانوية تتناقص مع انخفاض حجم الجسيمات بسبب ذرات السطح غير المحدودة[٥٤].

يظل الحجم الإجمالي للمادة السائبة دون تغيير عندما يتم تقسيمها إلى مواد نانوية الحجم، ولكن مساحة السطح المجمعة تزداد. بالمقارنة مع المواد السائبة، يؤدي هذا إلى زيادة في نسبة السطح إلى الحجم عند مقياس النانو. تتمتع الجزيئات أو الذرات السطحية بطاقة سطحية عالية وميل إلى التكتل.

٣-١-٢ الخواص الكيميائية للمواد النانوية

يتم تحديد تطبيقات هذه المادة من خلال خصائصها الكيميائية، والتي تشمل تفاعل الجسيمات النانوية مع الهدف وثباتها وحساسيتها لعناصر مثل الرطوبة والبيئة والحرارة والضوء. تلعب القابلية للاشتعال والتآكل ومقاومة التآكل وإمكانات الأكسدة وإمكانات التخفيض للجسيمات النانوية دورًا في تحديد تطبيقاتها. لقد حسنت المواد النانوية بشكل كبير أو خواصها التحفيزية الجديدة مثل التفاعلية والانتقائية والمحفزات مقارنة بنظيراتها السائبة.

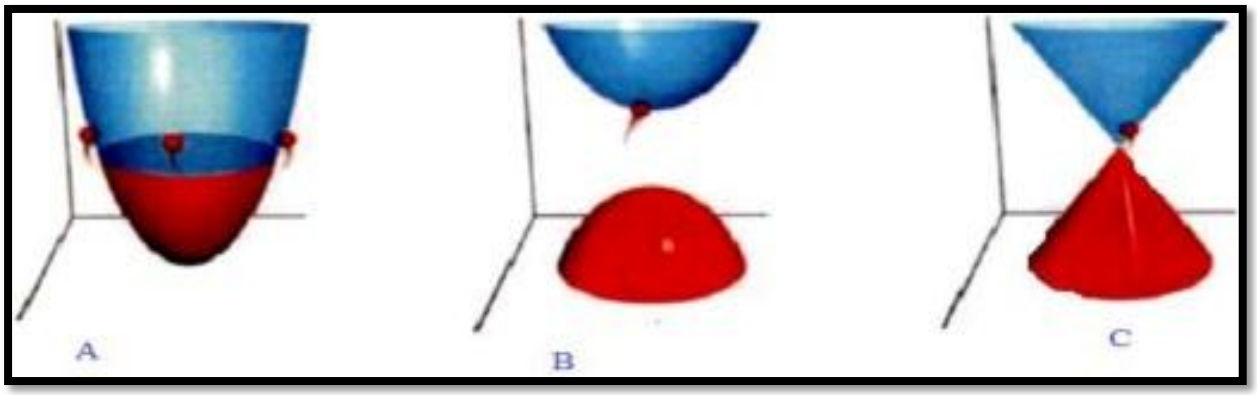
ويزداد النشاط الكيمائي للمواد النانوية لوجود أعداد ضخمة من ذرات المادة على أوجه أسطحها الخارجية، حيث تعمل كمحفزات تتفاعل بقوة مع الغازات السامة، مما يرشحها لأن تؤدي الدور الأهم في الحد من التلوث البيئي، كما تعد خلايا الوقود أحد التطبيقات قليلة التكلفة للمحفزات النانوية، ومن أهم مصادر الطاقة الجديدة والنظيفة [٥٥].

٣-١-٣ الخواص الكهربائية للمواد النانوية

يمكن للمواد النانوية أن تزيد من الموصلية الكهربائية في السيراميك، ولكنها تزيد من المقاومة الكهربائية في المعدن. يتم نقل التوصيل الإلكتروني في المواد السائبة، مما يعني أن الإلكترونات يمكن أن تتحرك بحرية في جميع الاتجاهات. وعندما يتم تقليل المقياس إلى المقياس النانوي، فإن التأثير الكمي يتولى المسؤولية؛ يحدث إلغاء تموضع الإلكترون على طول محور الأنابيب النانوية، والقضبان النانوية، والأسلاك النانوية[٥٦].

بسبب حبس الإلكترون، يتم استبدال نطاقات الطاقة بحالات طاقة منفصلة، مما يجعل المواد الموصلة تتصرف إما كأشباه موصلات أو عوازل. تشير هذه النتيجة إلى أن المعدن أصبح شبه موصل. على سبيل

المثال، يمكن لأنابيب الكربون النانوية أن تكون إما موصلات أو أشباه موصلات اعتمادًا على بنيتها النانوية. لتقليل قطر السلك، يتم تقليل عدد أوضاع موجة الإلكترون التي تساهم في التوصيل الكهربائي في خطوات كمية محددة جيدًا. ويظهر في الشكل (٣-١) .



الشكل (٣-١) يوضح السلوك الكهربائي للأنابيب النانوية: أ، المعدن؛ ب، أشباه الموصلات. ج- الجرافيت[٥٧].

وكذلك تسمح مساحة حدود (سطح) الحبوب الكبيرة للمواد النانوية بتخزين طاقة أكبر بكثير من المواد التقليدية ذات الحبيبات الخشنة. يمكن أن يؤدي مرور تيار كهربائي عبر هذه المواد أو تطبيق مجال كهربائي إلى تقديم نطاق امتصاص بصري جديد أو تعديل نطاق موجود.

تستخدم العديد من الأجهزة التي تتطلب طاقة كهربائية البطاريات القياسية والقابلة لإعادة الشحن. تتميز هذه البطاريات عادةً بكثافة طاقة منخفضة (سعة تخزين)، مما يستلزم إعادة شحنها بشكل متكرر. نظرًا لقدرتها على تخزين طاقة أكبر بكثير من تلك التقليدية، تعد المواد البلورية النانوية مرشحة واعدة لاستخدامها كألواح فاصلة في البطاريات. ومن المتوقع أن تستمر بطاريات هيدريد معدن النيكل، التي تجمع بين النيكل البلوري النانوي وهيدريدات المعدن، لفترة أطول بكثير وتحتاج إلى شحن أقل كثيرًا. علاوة على ذلك، يتم تعزيز خصائص العزل الكهربائي بشكل كبير عن طريق صنع هذه البلورات النانوية[٥٨].

بشكل عام، تعتبر المواد النانوية أقل شأنا من المواد السائبة من حيث التوصيل الحراري والكهربائي. وفقا لنظرية الإلكترون الحر الكلاسيكية للمعادن، فإن التوصيل الكهربائي ينتج عن الحركة الحرة للإلكترونات داخل المادة المعدنية الصلبة. يعد تشتت الفونون الكهربائي والفونون العالي في المواد النانوية مسؤولاً عن انخفاض توصيلها[٥٨].

٣-١-٤ الخواص الميكانيكية للمواد النانوية

نظرًا للخصائص الفريدة التي تظهرها المواد البلورية النانوية، فقد تم إجراء الكثير من الأبحاث حول السلوك الميكانيكي لهذه المواد. نظرًا للتفاعل المعقد بين هياكل العيوب، فإن سلوكيات الشد وتصلب العمل والزحف والتعب والتشوه للمواد النانوية البلورية تختلف تمامًا عن تلك الخاصة بنظيراتها السائبة. ويرجع ذلك إلى حقيقة أن المواد البلورية النانوية أصغر بكثير. فيما يلي قائمة بالعوامل الرئيسية التي تساهم في الاختلافات الكبيرة في السلوك الميكانيكي للمواد ذات البنية النانوية[٥٩] :

1. يتأثر سلوك هذه العيوب استجابةً لتطبيق الضغط بشدة بوجود نسبة عالية جدًا من الذرات الموجودة عند حدود الحبوب والوصلات الثلاثية. إن تأثير حجم الحبيبات على استقرار الانخلاعات له أيضًا تأثير كبير على ديناميكيات الانخلاعات، والتي بدورها لها تداعيات على كل من تصميم المواد وخواصها الميكانيكية. نظرًا لأن تفاعلات الخلع هي عمليات التشوه الرئيسية التي تحدد الخواص الميكانيكية للمواد ذات الحبيبات الخشنة، فإن وضع التشوه البلاستيكي للمواد النانوية قد يكون مختلفًا بشكل كبير. وذلك لأن تفاعلات الخلع هي المسؤولة عن تحديد الخاصية الميكانيكية للمواد ذات الحبيبات الخشنة.
2. تصبح آليات التشوه البديلة مثل هجرة حدود الحبوب أو الانزلاق وتوسيع الشقوق وغيرها من العمليات المماثلة ذات صلة بالأسباب المذكورة أعلاه.
3. تعتمد كمية المسامية في المواد النانوية بشكل كبير على تقنية المعالجة المستخدمة، ويمكن أن يكون مستوى المسامية كبيرًا أيضًا، على سبيل المثال في حالة العينات التي تم خلطها ميكانيكيًا. حتى بعد التكتل، قد يظل حجم المسام أقل من حجم الحبوب أو حتى نفس الحجم. من الممكن أن يكون لوجود المسامية تأثير كبير على الطريقة التي تتصرف بها المواد النانوية ميكانيكيًا.
4. كما أن الخصائص الميكانيكية للمواد النانوية قد تتأثر بفصل المواد المذابة المختلفة عند حدود الحبوب.

إن الكثافة الأكبر للعيوب مثل حدود الحبيبات، والخلع، والوصلات الثلاثية، وما إلى ذلك، هي ما يعطي المواد النانوية خواصها الميكانيكية المميزة بسبب زيادة عدد الذرات السطحية والواجهات. عند مقارنتها بالمواد السائبة، تتمتع المواد النانوية بالخصائص الميكانيكية التالية[٦٠] :

- زيادة القوة
- زيادة المتانة
- زيادة الصلابة
- زيادة الليونة

٣-١-٥ الخواص المغناطيسية للمواد النانوية

يمكن أن يتغير السلوك المغناطيسي للعناصر عند المقياس النانوي بسبب حجم الجسيمات النانوية المغناطيسية .تؤدي البنية النانوية للمواد المغناطيسية السائبة إلى تغيير المنحنيات، مما يؤدي إلى ظهور مغناطيسات ناعمة أو صلبة ذات خصائص محسنة على المستوى النانوي. يتمتع الحجم بالقدرة على زيادة التفاعل والسلوك المغناطيسي الفائق عند أحجام الحبوب الحرجة. يمكن للمواد السائبة غير المغناطيسية أن تصبح مغناطيسية على المستوى النانوي .على سبيل المثال، الذهب والبلاتين ليسا مغناطيسيين بكميات كبيرة ولكنهما مغناطيسيان على مقياس النانو . تُستخدم المواد النانوية المغناطيسية في التطبيقات الطبية الحيوية مثل التصوير بالرنين المغناطيسي لتوصيل الأدوية وارتفاع حرارة السوائل المغناطيسية[٦١].

٣-١-٦ الخصائص البصرية للمواد النانوية

لقد جذبت الخصائص البصرية المميزة بشكل كبير للأنظمة البلورية النانوية عن تلك الموجودة في البلورات السائبة الكثير من الاهتمام .إن قدرة الجسيمات النانوية على تقييد الناقلات الكهربائية ميكانيكيًا، والكفاءة التي يمكن من خلالها نقل الطاقة والشحنة عبر مسافات نانوية، والدور الذي غالبًا ما يتم تضخيمه بشكل كبير للواجهات البينية، كلها من المساهمين المهمين .ومن خلال معالجة حجم البلورة وكيمياء السطح، يمكن ضبط الخصائص البصرية الخطية وغير الخطية لهذه المواد بدقة[٦٢].

توفر مفاهيم الحبس الكمومي وعمليات البلازمون السطحي تفسيرًا لهذه الخصائص البصرية غير العادية.

٣-١-٦-١ الحبس الكمي

وتظهر الظاهرة المعروفة باسم الحبس الكمي بشكل أكبر في المواد شبه الموصلة التي لها بعد واحد يقع في نطاق ١-١٠ نانومتر .الإكسيتونات هي أزواج ثقب الإلكترون الموجودة في المادة، ويشار إلى المسافة

التي تفصل بينهما بنصف قطر إكسيتون- بور .في حالة المواد السائبة، يكون نصف قطر الإكسيتون- بور أصغر بكثير من حجم المادة السائبة، بينما في حالة المواد شبه الموصلة، يكون نصف قطر الإكسيتون- بور إما أصغر من حجم المادة السائبة أو مشابهًا لها .ولأن الإكسيتون لا يمكنه أن يمتد إلى حده الطبيعي، فإن هذا يؤدي إلى تقييده[٦٣].

الحبس الكمي هو المصطلح المستخدم لوصف هذا الحدوث .ونتيجة لهذه العملية، يصبح مستوى الطاقة في نطاق التكافؤ ونطاق التوصيل مختلفين، وتتحول طاقة فجوة النطاق بشكل ملحوظ مقارنة بالمادة في شكلها السائب .وستنخفض طاقة فجوة النطاق تبعاً لحجم المادة النانوية، والعكس صحيح .وهذا يؤدي إلى تغيير في الخصائص البصرية المعروفة باسم التحول الأزرق.

٣-١-٦-٢ تأثير البلازمون السطحي

البلازمونات هي أشباه جسيمات تتشكل عندما يتم تكميم تذبذبات البلازما بنفس الطريقة التي يؤدي بها تكميم موجات الضوء والصوت إلى تكوين الفوتونات .عندما يتفاعل الفوتون مع البلازمونات، يمكن إنشاء شبه جسيم جديد يعرف باسم بولاريتون البلازما .البلازمونات السطحية، والمعروفة غالبًا باسم SP باختصار، هي فئة فرعية من البلازمونات التي تقتصر على الأسطح وتشكل بولاريتون من خلال تفاعل مكثف مع الضوء SPs .هي العناصر المسؤولة عن لون المادة النانوية.

يحدث تأثير البلازمون السطحي عندما يصبح حجم الجسيم المعدني أصغر من الطول الموجي للضوء ويصبح تردد التذبذب الطبيعي للبلازمون مساوياً لتردد الضوء المستخدم .يؤدي هذا إلى إثارة البلازمون السطحي أو وصوله إلى الرنين، اعتمادًا على المصطلح الذي تفضله[٦٤].

وكأحد الأمثلة التوضيحية، فإن تردد جزيئات الذهب الكروية أعلى بنحو ٠.٥٨ مرة من تردد البلازما السائبة .ولهذا السبب، يكون تردد SP في النطاق المرئي، على الرغم من أن تردد البلازما السائبة يقع في المنطقة فوق البنفسجية (بطول موجي قريب من ٥٢٠ نانومتر .(يمكن زيادة المجال الكهربائي المحلي بشكل كبير بالقرب من رنين SP إذا تم تطبيق موجة من الضوء على تعليق الجسيمات النانوية في المضيف .يمكن أن يتسبب هذا في حدوث رنينSP .

٢-٣ اختلاف خواص الجسيمات النانوية

١- **حجم الجسيمات :** إن خصائص المواد كالتوصيل واللون لا تتغير بتغير الحجم ، إلا عندما يصل حجمها إلى مقياس النانومتر فإن خصائصها تتغير ، مثلاً السليكون بالحجم الطبيعي يعتبر مادة معتمة لا تشع ، أما عندما يكون بحجم ١ نانومتر يشع بالأزرق ، وعندما يكن بحجم ٣ نانومتر يشع باللون الأحمر .

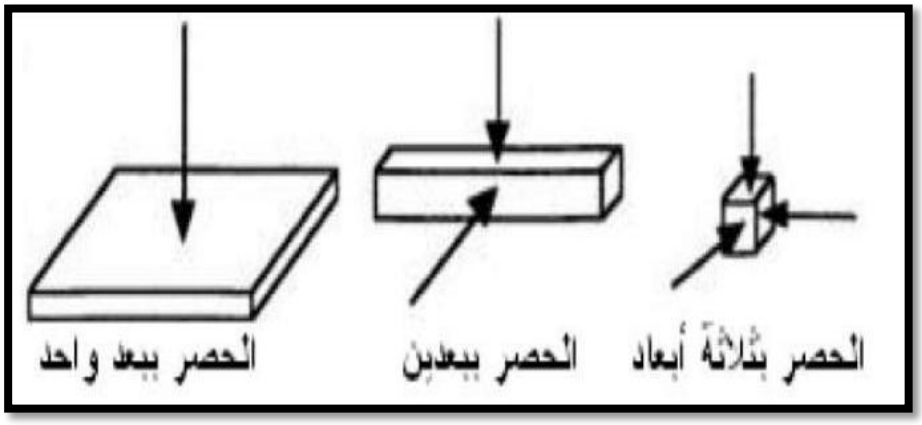
٢- **شكل الجسيمات :** تعتمد خصائص الجسيم النانوي على الشكل الذي يكون كرويا أو أنبوبياً أو سداسياً أو غيرها من الأشكال .

٣- **تركيب الجسيمات :**أي ما نوع الذرات أو الجزيئات التي يتركب منها الجسيم النانوي وما عددها.

٤- **درجة التجمع :** بعض الجسيمات النانوية تكون الجزيئات أو الذرات فيها متباعدة ، والبعض الآخر تكون جزيئاتها أو ذراتها متكتلة ملاصقة لبعضها البعض ، واختلاف درجة تجمع الجزيئات من جسيم لآخر يسبب تغير الخصائص .

٥- **التوزيع :** قد يكون توزيع الجزيئات أو الذرات داخل الجسيم منتظماً أو غير منتظم ، وقد يكون مستقراً أو غير مستقر، فمثلاً جزيئات السيلكون متوزعة بانتظام في المحلول فيشع المحلول كله ، لكن بعد تركها لعدة أيام يصبح توزيعها غير منتظم وتنزل للقاع فلا يعد المحلول يشع بالكامل .

٦- **الحصر الكمي :** فبعض المواد تكون محصورة ببعدين فتكون حركة الإلكترونات باتجاه واحد ، وبعد المواد تكون محصورة في بعد واحد فتكون حركة الإلكترونات في اتجاهين[٦٥] .



الشكل (٣-٢) حركة الكترونات في بعض المواد (الحصر الكمي) [٦٥].

الاستنتاجات والمصادر

الاستنتاجات

في نهاية هذا البحث نستنتج أن:

١. تقنية النانو هي من أهم التقنيات في يومنا هذا وفي المستقبل وأصبحت في طليعة المجالات الأكثر أهمية في كل مجالات العلم ، لما لها أهمية في تحسين المنتجات وعلاج الأمراض وخدمة البشرية في مجالات الحياة جميعها ، بالإضافة إلى أنها تعطي أملاً كبيراً للثورات العلمية في المستقبل في الفيزياء والكيمياء وعلم الأحياء والهندسة وغيرها .

٢. إن المقياس النانوي يتيح لنا استخدام علم النانو؛ فهو يساعدنا على فهم سبب حدوث الأشياء من خلال دراستها على أصغر نطاق ممكن. بمجرد أن نفهم علم النانو، يمكننا الاستفادة بالتقنيات التي يقدمها.

٣. يجب العمل على الاستفادة من الخواص المتميزة للمواد النانوية في إحداث ابتكارات واختراعات تفيد البشرية في مجالات السلم وتسريع الحياة وتسهيلها بالإضافة إلى التخلص من الأمراض الخبيثة التي لم يصل العلم اليوم لعلاج جذري لها والكثير من الخدمات الأخرى .

٤. الخلايا الشمسية : طوّرت الشركات خلايا شمسية بتقنية النانو يمكن تصنيعها بتكلفة أقل بكثير من الخلايا الشمسية التقليدية.

٥. وبما أن النانو هو محور اهتمام العلم اليوم لذلك نأمل أن يزداد الاهتمام به في العراق العظيم ، ويصبح بلدنا من أكثر الدول سعياً في البحث في هذه التقنية وجديدها لنتمكن من اللحاق بالركب العلمي وإطلاق العنان للطاقات العلمية والعقول الموجودة في البلد لإثبات جدارتهم وكفاءتهم .

References المصادر

[1] Road Maps for Nanotechnology in Energy. The institute of Nanotechnology, September, 2006.

[2] Nalwa. H. S, Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology, Stevenson Ranch, American Scientific publishers, 2003.

[3] Mansoori. G.A, Principle of Nanotechnology: Molecular based study condensed matter in small systems, World Scientific Publishing Co. 2005.

[4] Wolf. E. L, Nanophysics and Nanotechnology: An introduction to modern concepts in Nanoscience, Wiely- Vch Verlag Gmbh&Co, 2004.

[5] Poole. C. P and Owens. F. j, Introduction to Nanotechnology, Wiley-interscience, New Jersey, 2003.

[6] Williams. D. B and Carter. C. B, Transmission Electron Microscopy, Plenum press, New York & London, 1996.

[7] Williams. R. A, Nanotechnology- The primary drive of a new global business revolution, lecture at King saud university, March 2008.

[8] European Commission: Nanosciences and Nanotechnology: An action plan for Europe for 2005 to 2009, communication, 2005 .

[9] Li , J. Y. , Chen , X. L. , Li , H. , He , M. , & Qiao , Z. Y. (2001) . Fabrication of zinc oxide nanorods . Journal of crystal growth , 233 (1-2) , 5-7 .

[10] Frade , T. , Jorge , M. M. , & Gomes , A. (2012) . One – dimensional ZnO nanostructured films : Effect of oxide nanoparticles . Materials Letters , 82 , 13-15 .

[11] Banerjee , D. , Lao , J. Y. , Wang , D. Z. , Huang , J. Y. , Ren , Z. F. , Steeves , D. , … & Sennett , M. (2003) . Large – quantity free – standing ZnO nanowires . Applied Physics Letters , 83 (10) , 2061-2063 .

[12] Hahn , Y. B. (2011) . Zinc oxide nanostructures and their applications . Korean Journal of Chemical Engineering , 28 (9) . 1797 .

[13] Wahab , R. , Hwang , I. H. , Shin , H. S. , Kim , Y. S. , Musarrat , J. , & Siddiqui , M. A. (2012) . Zinc Oxide Nanostructures and their Applications . Intelligent Nanomaterials : Processes , Properties , and Applications , 183-212 .

[14] N. Daneshvar , S. Aber , M. Dorraji , A. Khataee and M. Rasoulifard . (2007) . " Preparation and Investigation of Photocatalytic Properties of ZnO Nanocrystals : Effect of Operational Parameters and Kinetic Study " , World Academy of Science , Engineering and Technology , vol . 29 , pp.267-272 ,, and references there in .

[15] M. Safari , M. Rostami , M. Alizadeh , A. Alizadehbirjandi , S. Nakhli and R.Aminzadeh . (2014) . " Response Surface Analysis of Photocatalytic Decolourization of Methyl Tert – Butyl Ether by : Core / Shell Fe304 / ZnO Nanoparticles " , Journal of environmental Health Science and Engenering , vol . 12 , no . 1 , pp . 1-12 .

[16] Özgür , Ü . , Alivov , Y. I. , Liu , C. , Teke , A. , Reshchikov , M. , Doğan , S. , & Morkoç , H. (2005) . A comprehensive review of ZnO materials and devices . Journal of applied physics , 98 (4) , 11 . M.

[17] Fierro J. L. G. (2006) . Metal Oxides : Chemistry & Applications . CRC Press .

[18] Abou– Nour , K.M. , Eftaiha , A. , Al – Warthan , A. and Ammar , R.A. (2010) .Synthesis and applications of silver nanoparticles . Arab . J. Chem . 2010 , 3 , 135-140 .

[19] Gurav , A.S. , Kodas , T.T. , Wang , L.M. , Kauppinen , E.I. and Joutsensaari , J. (1994) .Generation of nanometer – size fullerene particles via vapor condensation . Chem . Phys . Lett . 1994 , 218 , 304-308 .

[20] Tien , D.C. , Liao , C.Y. , Huang , J.C. , Tseng , K.H. , Lung , J.K. , Tsung , T.T. , Kao , W.S. , Tsai , T.H. , Cheng , T.W. and Yu , B.S. , (2008) .Novel technique for preparing a nano - silver water suspension by the arc – discharge method . Rev. Adv . Mater . Sci . 2008 , 18 , 750-756 .

[21] Pluym , T. , Powell , Q. , Gurav , A. , Ward , T. , Kodas , T. and Glicksman , H. (1993) .

[22] Solid silver particle production by spray pyrolysis . J. Aerosol Sci . 1993 , 24 , 383-392 .

[23] Elsupikhe , R.F. , Shameli , K. , Ahmad , M.B. , Ibrahim , N.A. andZainudin , N. (2015) .

[24] Green sonochemical synthesis of silver nanoparticles at varying concentrations of carrageenan . Nanoscale Res . Lett.2015 , 10 , 302 .

[25] Das R. , Gang , S. and Nath , S. S. .Preparation and antibacterial activity of silver nanoparticles . Journal of Biomaterials and Nanobiotechnology , Vol . 2 , P 472-475 (2011).

[26] Dong , P. V. , Ha , C. H. , Binh , L. T. and Kasbohm , J. Chemical synthesis and antibacterial activity of novel – shaped silver nanoparticles .. International Nano Letters , Vol . 2 , No. 9 , P 1-9 (2012).

[27] Khan , Z. , Al – Thabaiti , S. A. , Obaid , A. Y. and Al – Youbi , A. O. . Preparation and characterization of silver nanoparticles by chemical reduction method . Colloids and Surfaces.82 : 513-517 (2011).

[28] Solomon , S. D. , Bahadory , M. , Jeyaraiasingam , A. V. , Rutkowsky , S. A.andBoritz , C .Synthesis and study of silver nanoparticles . Journal of Chemical Education . 84 (2) 322-325(2007) .

[29] Kheybari , S. , Samadi , N. , Hosseini , S. V. , Fazeli , A. and Fazeli , M. R..Synthesis and antimicrobial effects of silver nanoparticles produced by chemical reduction method , DARU . 18. (3) : 168-172 (2010).

[30] Ahamed M ; Alsalhi MS ; Siddiqui MK . " Silver nanoparticle applications and human health " . Clin . Chim . Acta . 411 (23-24) : 1841-8 (2010).

[31] Belkin , A .; et . , al . " Self – Assembled Wiggling Nano Structures and the Principle of Maximum Entropy Production " . Sci . Rep . 5 : 8323(2015) .

[32] Poole Jr , C. P. , & Owens , F. J. "Introduction to nanotechnology ". John Wiley & Sons (2003).

[33] Buzea , C .; Pacheco , L. I .; Robbie , K.. " Nanomaterials and nanoparticles : Sources and toxicity " . Biointerphases . 2 (4) : MR17 MR71(2007) .

[34] Vinson R. , & Sierakowski , R. L.. The behavior of structures composed of composite materials , 2nd ed . Kluwer Academic Publishers (2006).

[35] Sanjay , S. S. , & Pandey , A. C.. A brief manifestation of nanotechnology . Springer , New Delhi . In EMR / ESR / EPR Spectroscopy for Characterization of Nanomaterials , Advanced Structured Materials 62 , 47-63(2017) .

[36] Rai , M. , Yadav , A. and Gade , A."Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials " Biotechnology Advances . 27 (1) 76-83 (2009).

[37] Gu , H. , Ho , P.L. , Tong , E. , Wang , L. and Xu , B."Presenting vancomycin on nanoparticles to enhance antimicrobial activities" Nano letters , Vol . 3 , No. 9,1261-1263 (2003).

[38] Durán , N. , Marcarto , P.D. , De Souza , G.I.H. , Alves , O.L. and Esposito , E." Antibacterial effect of silver nanoparticles produced by fungal process on textile fabrics and their effluent treatment" Journal of biomedical nanotechnology , Vol . 3 , No. 2 , 203-208(2007) .

[39] Landage , S. M. and Wasif , A. L. "Nanosilver an effective antimicrobial agent for finishing of textiles" International Journal of Engineering Science & Emerging Technology.4 (1) : 66-78(2012) .

[40] Meija , Juris ; et al" Atomic weights of the elements 2013 (IUPAC Technical Report) " . Pure and Applied Chemistry .88 (3) : 265-91(2016) .

[41] Le Quay B , Stellacci F. " Antibacterial activity of silver nanoparticles : a surface science insight " Nano Today 10 (3) : 339 (2015).

[42] Chernousova , S. and Epple , M. ,"Silver as antibacterial agent : ion , nanoparticle , and metal " Angewandte Chemie International Edition , 52 (6) , pp.1636-1653 (2013).

[43] Edwards , H.W .; Petersen , R.P. " Reflectivity of evaporated silver films " . Physical Review . 50 (9) : 871(1936) .

[44] Zhou , W. , Bai , S. , Ma , Y. , Ma , D. , Hou , T. , Shi , X. and Hu , A. , (2016) .

[45] Martin – Gondre , L. , Alducin , M. , Bocan , G.A. , Muiño , R.D. and Juaristi , J.I. , (2012) .

[46] Desireddy , A. , Conn , B.E. , Guo , J. , Yoon , B. , Barnett , R.N. Monahan , B.M. , Kirschbaum , K. , Griffith , W.P. , Whetten , R.L. Landman , U. and Bigioni , T.P. ,. Ultrastable silver nanoparticles . Nature , 501 (7467) , pp.399-402 (2013).

[47] Kong , X. Y. , Ding , Y. , Yang , R. , & Wang , Z. L.. Single crystal nanorings formed by epitaxial self – coiling of polar nanobelts . Science , 303 (5662) , 1348-1351(2004) .

[48] Ahamed M ; Alsalhi MS ; Siddiqui MK .. " Silver nanoparticle applications and human health ". Clin . Chim . Acta . 411(23-24):1841-8(2010) .

[49] AshRani , P.V .; Low Kah Mun , Grace ; Hande , Manoor Prakash ; Valiyaveettil , Suresh . . " Cytotoxicity and Genotoxicity of Silver Nanoparticles in Human Cells " . ACS Nano . 3 (2) : 279-290(2008) .

[50] Kim S , Choi JE , Choi J , et al .. " Oxidative stress - dependent toxicity of silver nanoparticles in human hepatoma cells " . Toxicol in Vitro . 23 (6) : 1076-84 (2009).

[51] Navarro E , Piccapietra F , Wagner B , et al . " Toxicity of silver nanoparticles to chlamydomonas reinhardtii " . Environ Sci Technol . 42 (23) : 8959-64(2008) .

[52] S. L. Pal, U. Jana, P. K. Manna, G. P. Mohanta, R. Manavalan, JAPS, 228, 234(2011).

[53] C. Buzea, I. I. Pacheco, K. Robbie, Biointerphases2, MR17 (2007).

[54] S. A. Afolalu, S. B. Soetan, S. O. Ongbali, A. A. Abioye, A. S. Oni, IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng., 640, 012065(2019).

[55] C. S. C. Santos, B. Gabriel, M. Blanchy, O. Menes, D. García, M. Blanco, N. Arconada, V. Neto, 5th International conference on Advanced Nano Materials, (2014).

[56] S. Talebian, G. G. Wallace, F. S A. Schroeder, J. Conde, Nat. Nanotechnol., 15, 618, 21(2020).

[57] Anonymous. Nanomedicine and the COVID-19 vaccines. Nat. Nanotechnol., 15, 963(2020).

[58] Barhoum, A. S. H. Makhlouf. Emerging Applications of Nanoparticles and Architecture Nanostructures. Elsevier, Amsterdam, the Netherlands; (2018).

[59] S. M. Siregar, J. Siregar, L. A. Nasution, A. H. Daulay, Int. J. Mod. Phys.: Conf. Ser., 1120(2018).

[60] D. Bokov, A. Turki Jalil, S. Chupradit, W. Suksatan, M. Javed Ansari, I. H. Shewael, G. H. Valiev, E. Kianfar, Adv. In Mater. Sci. Engi. 2021, 1, 21.

[61] Z. Jinchang, X. Xianghua, L. Shiguo, K. Nagaya, Y. Tsuchiya, Y. Mano, K. Y. Mong, L. Hongyu, Electronics Packaging Technology Conference. IEEE, Singapore;, 1011, 1017(2008).

[62] M. Rai, T. A. Nguyen, editors. Nanomaterials Recycling. Elsevier, Amsterdam, Netherland; (2021).

[63] N. Patil, R. A. Bhaskar, V. I. Vyavhare, R. A. Dhadge, V. A. Khaire, Y. O. Patil, Int. J. Curr. Pharm. Res., 13, 11(2021).

[64] L. A. Kolahalam, I. K. Viswanath, B. S. Diwakar, B. Govindh, V. Reddy, Y. L. Murthy. Mater. Today: Proc., 18, 2182(2019).

[65] K. Khalid, X. Tan, Z. H.F. Mohd, Y. Tao, C. C. Lye, D. T. Chu, M. K. Lam, Y. C. Ho, J. W. Lim, W. L. Bioengineered., 11, 328(2020).

[66] S. Horikoshi, N. Serpone, editors. Microwaves in Nanoparticle Synthesis: Fundamentals and Applications. John Wiley & Sons, Germany; (2013).