النانو تكنلوجي وتطبيقاته المستقبلية

م.م. الحان أنور يونس الصفار
جامعة الموصل / كلية التربية للبنات
قسم اللغة العربية

م.م. ايمان هشام عبد الرحمن
جامعة الموصل / كلية التربية للبنات
قسم التربية البدنية وعلوم الرياضة

الخلاصة :

لا يستطيع احد اليوم ان ينعزل عن العالم فهو يتأثر ويؤثر به ، يسمع ويقرأ عنالمستجدات حيث ان التقنية والمعلوماتية اصبحت في كل مكان حولنا وفي تطورمستمر في المجالت العلمية المختلفة ، وعجلة التطور لتقف أبداً فهي في تطورمستمر ومما لاشك فيه ان تقنية النانو اصبحت محور اهتمام العلم الحديث وفيمقدمة المجالت الكثر اهمية في الحياة . وقد تناولنا في هذا البحث عرض اهم تطبيقات النانو تكنلوجي في مجالات البيئة والهندسة الحيوية والالكترونيات والاتصالات ونظم المعلومات .

الكلمات المفتاحية : اصل مصطلح النانو ، تطبيقات النانو تكنلوجي ، مستقبل النانوتكنلوجي .

Nano technology and its future applications

Alhan anwr Y. alsaffar
Mosul University / College Of Education for Girls
Arabic Department

Eman Hisham abd- alruhman
Mosul University / College Of Education for Girls
Department of physical education
and sport science

Abstract :

Today , no one can isolate himself from the world. He is influenced and influenced by it. He hears and reads about the lasted developments. Information technology and technology have become everywhere around us and in constant development in the various scientific fields . The interest of modern science is at the forefront of the most important fields in life.In this paper we discussed the most important applications of nanotechnology in the fields of environment, bioengineering , electronics, communication and information system .

Keywords: nano, applications of nano technology, the future of nano technology

1. المقدمة :

يعد عصر البخار والآلات الميكانيكية العظيمة الذي بدأ مع نهاية القرن الثامن عشر وعصر السليكون الذي أشرق مع اختراع اول ترانزستور في بداية الخمسينات، ولجت الحضارة الانسانية في طور جديد منذ بداية التسعينات وهو عصر تكنلوجيا النانو وكان رمز هذه التكنلوجيا هو صناعة مواد تقاس احجامها بالنانومتر لها صفات عجيبة والات متناهية الصغر تتمتع بقدرات هائلة .[1]

اكتشف العلماء امكانية التلاعب بخصائص المواد على المستوى الجزيئي لإنتاج مواد حديثة مدهشة ذات تخصصات غير عادية لم يباكر لها مثيل في الوجود في تاريخ البشرية، انها النانو تكنلوجي انتفاضة الالفية الثالثة.[1]

وقد نال علم النانو تكنلوجي اهتماما واسعا على الصعيد العالمي لما احدثه من تحولات جذرية في سمات المواد الفيزيائية والكيميائية والمغناطيسية والالكترونية فالذهب مثلا اصبح سائلا وليس له اللون الذهبي بل اطياف من الوان شتى وبذلك فتح الباب لعدد من التحولات التي يسرت لوجود تطبيقات متعددة في ميادين شتى.[1]

تتطابق اهداف النانو تكنلوجي مع اهداف التنمية الدولية التي حددتها الامم المتحدة في الالفية الثالثة ففي عام 2000، تكفلت جميع الدول الاعضاء في الامم المتحدة وعددها 189 بالوصول الى 8 اهداف لدعم التنمية الانسانية وتشجيع الاستقرار الاقتصادي والاجتماعي حتى عام 2015.[5]

وفي عام 2000 اعلنت امريكا (مبادرة تقنية النانو الوطنية NNI) والتي جعلت تقنية النانو تقنية استراتيجية وطنية وفتحت فضاء الدعم الحكومي الكبير لهذه التقنية في جميع المحاولات الصناعية والعلمية والجامعية، وتلا ذلك قيام اليابان عام 2002 بإنشاء مركز مختص للباحثين في تقنية النانو وذلك بتوفير كافة الاجهزة المختصة ودعم الباحثين وتشجيعهم وتبادل المعلومات فيما بينهم . [1]

اذا نظرنا الى اهم عشر تحديات تواجه الإنسانية في القرن الواحد والعشرين نجد ان الطاقة اولها تتبعها توفر المياه الصحية والغذاء، الامن، والبيئة النظيفة والفقر والارهاب والحروب وانتشار الامراض والتعليم والديمقراطية والانفجار السكاني .[2]

ويعتبر ميدان النانو تكنلوجي ليس حقلاً منفصلاً عن العلوم بل يعمل على المكونات الاساسية للمادة الا وهي الذرات والجزيئات، وأصول علوم وتكنلوجيا النانو هي جواهر مفاهيم العلوم والجديد هو زيادة فهمنا عن التفاعل بين الذرات والجزيئات والادوات المستعملة لمعالجة وتخليق مواد وادوات جديدة على التدرج الفائق الصغر.[1]

ان النانو تكنلوجي هو مسعى فهم سلوك وخصائص المواد والتحكم فيها على صعيد الذرة والجزيْ عند مستوى قياسات مابين 100-1 نانومتر بهدف تخليق تركيبات واجهزة ونظم صغيرة الحجم ذات خصائص ووظائف جديدة .[2]

يعود الاهتمام الواسع بتقنية النانو الى الفترة مابين 1996-1998 عندما قام مركز تقييم التقنية العالمي الامريكي (WTEC) بدراسة تقويمية لأبحاث النانو واهميتها في الابداع التقني، وأوجزت الدراسة الى نقاط من اهمها ان لتقنية النانو مستقبلا كبيراً في كافة المضامير الطبية والعسكرية والمعلوماتية والالكترونية والحاسوبية والبتروكيمياوية والزراعية والحيوية وغيرها.[1]

2. اصل مصطلح النانو وتاريخه:

كلمة النانو هي بادئة منحوتة من اللغة اليونانية القديمة وتعني قزم وفي مجال العلوم يعني النانو جزءا من مليار فمثلا نانو ثانية (وحدة لقياس الزمن) تعني واحد من مليار من الثانية الواحدة، وبالنظير يستخدم النانومتر كوحدة لقياس اطوال الاشياء الصغيرة جداً التي لاترى الا تحت المجهر (ميكروسكوب) الكتروني.[3]

وتستعمل هذه الوحدة للتعبير عن أبعاد ومعايير ذرات وجزيئات المواد المركبة والجسيمات المجهرية مثل البكتريا والفايروسات، والنانومتر الواحد يعادل قياس طول صف مكون من 13 ذرة من ذرات غاز الهيدروجين واذا ما تصورنا انها وضعت متراصة بعضها بجوار البعض، يبلغ مقدار اطوال بكتريا الكوليرا نحو 1 ماكروميتر وهو مايعادل 1000 نانو متر.[1]

ان استخدام تقنية النانو قديم جدا ويعود الى الحضارة الاغريقية والحضارة الصينية في صناعة الزجاج ولعل الاناء الاغريقي المعروف «ليكورجز» والذي يتحول لونه حذوا لزاوية سقوط الضوء احد اقدم التطبيقات لهذه التقنية والذ استخدم في صناعته جسيمات نانو من الذهب تم خلطها بالزجاج .[2]

كما وصنعت السيوف الدمشقية المعروفة بصلابتها ومرونتها من فولاذ اطلق عليه اسم «الوتز» WOOTZ وهو فولاذ يصنع في الهند بطريقة خاصة، وقد درس الباحث الالماني صورا لهذه السيوف التقطها بالمجهر الالكتروني وعثر فريقه على تراكيب لانابيب باحجام نانوية داخل هذا الفولاذ، تشبه الانابيب الكربونية التي يوظفها المصممون في التقنيات الحديثة لصنع منتجات متينة تتصف بخفة وزنها.[2][3]

وفي عام 1959 قام الفيزيائي الامريكي ريتشارد فاينمان بالقاء محاضرة بعنوان «هناك متسع في االقاع» تساءل فيها ماذا سيمكن للعلماء فعله اذا استطاعوا التحكم في تحريك الذرة الواحدة واعادة ترتيبها كما يريدون ووصف مجالاً جديداً يتعامل مع الذرات والجزيئات المنفردة لصنع مواد والات دقيقة بخصائص مميزة . [1]

اما في عام 1976 استحدث الفيزيائي الفلسطيني «منير نايفة» طريقة ليزرية تسمى (التأين الرنيني) لكشف الذرات المنفردة وقياسها باعلى مستويات الدقة والتحكم ورصد بها ذرة واحدة من بين ملايين الذرات وكشف هويتها لأول مرة في التاريخ وتعمل هذه الطريقة على اثارة الذرات بليزر محدد اللون وتايينها ثم تحسس الشحنات الصابغة [2]

وفي عام 1981 اخترع الباحثان السويسريان «جيرد بينغ» و «هنريك روهر» جهاز المجهر النفقي الماسح Scanning Tunneling Microscope وقد مكن هذا المجهر العلماء لاول مرة من التعامل المباشر مع الذرات والجزيئات وتصويرها وتحريكها لتكوين جسيمات نانوية . [2]

عام 1986 ألف اريك دريكسلر (محركات التكوين) Engines of Creation وذكر فيه المخاطر المتخيلة لتقنية النانو مثل صنع محركات ومركبات نانوية تستطيع نسخ نفسها ولايمكن الحد من انتشارها كما بسط فيه الافكار الاساسية لتقنية النانو منها امكانية صناعة اي مادة بواسطة رصف مكوناتها الذرية واحدة تلو الاخرى .[5]

عام 1991 اكتشف الباحث الياباني «سوميو ليجيما» انابيب الكربون النانوية Carbon Nano Tube وهي عبارة عن اسطوانات من الكربون قطرها عدة نانو متر ولها خصائص الكترونية وميكانيكية متميزة مما يجعلها مهمة لصناعة مواد والات نانوية مدهشة .[3]

وفي عام 1992 كتب العالم منير نايفة بالذرات اصغر خط في التاريخ (حرف P وبجانبه قلب) رمزاً لحب فلسطين وانتشرت في كبرى المجلات العلمية ووكالات الانباء العالمية، وقد استخدم في ذلك المجهر النفقي الماسح والفائدة من هذا الرسم بالذرات انه استطاع التحكم في الذرات الدقيقة واعادة تركيبها كما يشاء [2]

اما في الفترة مابين 1996الى 1998 عندما قام مركز تقييم التقنية العلمي الامريكي (WTEC) بدراسة تقويمية لابحاث النانو واهميتها في الابداع التقني، ولخصت الدراسة الى نقاط من أهمها ان لتقنية النانو مستقبلاً عظيماً في جميع المجالات الطبية والعسكرية والمعلوماتية والالكترونية والحاسوبية والبتروكيمياوية والزراعية والحيوية وغيرها .

وان تقنية النانو متعددة الخلفيات فهي تعتمد على مبادى الفيزياء والكيمياء والهندسة الكهربائية والكيميائية وغيرها اضافة لتخصص الاحياء والصيدلة.[5]

3. مبادى تقنية النانو :

هناك العديد من المبادى التي تتميز بها تقنية النانو عن التقنيات المعروفة لدينا وهي سبب اهتمام العلماء بالوصول الى هذا الحجم النانوي فقد يخطر على بال الانسان مالفائدة من هذه التقنية ولماذا نحتاج الى الوصول لهذا الحجم الدقيق وهو السؤال الذي طرحه العالم الفيزيائي ريتشارد فاينمان واجاب عنه العالم الفلسطيني منير نايفة وفي الجدول التي اهم هذه المبادى[2] :

جدول : يمثل مبادى وميزات المواد النانوية

المبدأ	الميزة
امكانية التحكم بتحريك الذرات منفردة واعادة ترتيبها	امكانية بناء اي مادة في الكون لان الذرة هي وحدة البناء لكل المواد
الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمادة عند مقياس النانو تختلف عن الخصائص لنفس المادة في الحجم الطبيعي	اكتشاف خصائص مميزة للمواد يستفاد منها الكثير من الاختراعات والمجالات التطبيقية
تعتمد تقنية النانو على مبادى الفيزياء والكيمياء والاحياء والهندسة الكهربائية والالكترونية	تربط العلوم وتشجع الجميع باختلاف تخصصاتهم العلمية على الدخول في مجالها والتعاون فيما بينهم
امكانية التحكم بالذرات في صنع المواد والالات وتنقيتها من الشوائب وتخليصها من العيوب	تصبح خصائص المواد والالات افضل فهي اصغر واخف واقوى واسرع وارخص واقل استهلاكا للطاقة
تعتمد تقنية النانو على الابحاث العلمية التي تتصف بامكانية تطبيقها في الاختراعات واستخدامات مفيدة	تحول الخيال العلمي الى واقع حقيقي

4. خواص المواد النانوية :

وتتمثل بما يلي [6]:

4-1 الخواص الميكانيكية: ترتفع قيم الصلابة للمواد الفلزية وسبائكها وكذلك تزيد مقاومتها لمواجهة اجهادات الاحمال المختلفة الواقعة عليها وذلك من خلال تصغير مقاييس حبيبات المادة والتحكم في ترتيب ذراتها، فمثلا اذا قمنا بتصغير حبيبات المواد السيراميكية الى اكسابها المزيد من المتانة وهي صفة

لاتوجد في مواد السيراميك العادية .

4-2 درجة الانصهار: تتاثر قيم درجات حرارة انصهار المادة بتصغير ابعاد مقاييس حبيباتها فمثلاً درجة انصهار الذهب هي 1064 درجة مئوية واذا قمنا بانقاص اقطار حبيبات الذهب فان درجة الانصهار تنقص حوالي 500 درجة مئوية .

4-3 الخواص المغناطيسية : تعتمد قوة المغناطيس اعتمادا كليا على مقياس ابعاد حبيبات المادة المصنوع منها المغناطيس وكلما صغر حجم الجسيمات النانوية وزيادة مساحة اسطحها الخارجية ووجود الذرات على تلك الاسطح كلما زادت قوة المغناطيس وشدته.

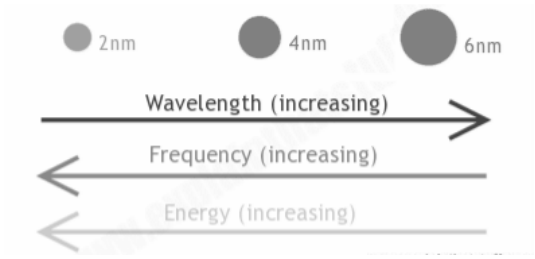
4-4 الخواص الكهربائية : ان صغر احجام حبيبات المواد النانوية يؤثر ايجابا على خواصها الكهربائية حيث تزداد قدرة المواد على توصيل التيار الكهربائي حيث تستخدم المواد النانوية في صناعة اجهزة الحساسات الدقيقة والشرائح الالكترونية في الاجهزة الحديثة وهي ذات مواصفات تقنية عالية .

4-5 الخواص الكيميائية: اذا كانت الجسيمات النانوية متجانسة وبنفس الحجم فان تفاعلها يزداد .

5. اشكال المواد النانوية :

تتخذ المواد النانوية اشكالا عدة لكل منها تركيب وخصائص ومقياس لقطرها وطولها ولكل منها استخدامات مميزة أيضاً ويمكن تصنيف المواد النانوية حسب الشكل الى :

5-1 : النقاط الكمية (Quantum Dots): وهي عبارة عن تركيب نانوي شبه موصل ثلاثي الابعاد يتراوح بعده بي 2 و 1 نانومتر، وهذا يقابل 50-10 ذرة في القطر الواحد و100000-100 ذرة في حجم النقطة الكمية الواحدة. وعندما يكون قطر النقطة الكمية يساوي 10 نانومتر فانه إذا رصفنا 3 ملايين نقطة كمية بجانب بعضها البعض نحصل على طول يساوي عرض اصبع ابهام الانسان [7].

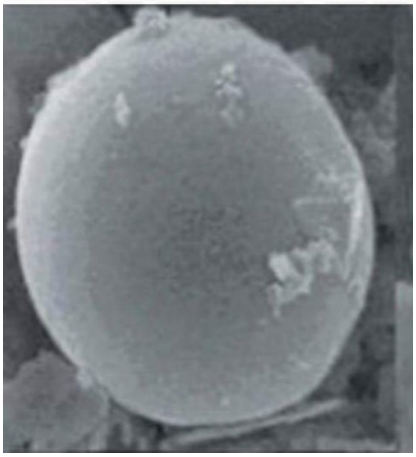


شكل (1): يوضح احجام النقاط الكمية

5-2 الفولورين (Fullerene): تركيب نانوي غريب اخر للكربون وهو عبارة عن جزيء مكون من 60 ذرة كربون ورمز لها بالرمز C 60 ، وقد اكتشف عام 1985 ان جزيء الفولورين كروي يشبه كرة القدم المنقطة كما في الشكل ادناه. وهو يحضر منذ اكتشافه وحتى الان بكميات تجارية وقد سمي بالفولورين نسبة للمخترع والمهندس المعماري «بكمنستر فولر» وقد نشا فرع كيمياء جديد يسمى الفولورين حيث عرف اكثر من 9000 مركب فولورين منذ عام 1997 وظهرت تطبيقات مختلفة لكل من هذه المركبات ومنها المركبات K 3 c 60 و RbCs 2 c 60 التي ابدت توصيلية فائقة كما اكتشفت اشكال أخرى منها كالفولورين المخروطي والانبوبي والكروي [7].

شكل (2): يمثل جزيْ الفلورين شبيه بالكرة

5-3 الكرات النانوية (Nano balls): من أهمها كرات الكربون النانوية التي تنتمي الى فئة الفولورينات من مادة C 60 ولكنها تختلف عنها قليلا بالتركيب حيث انها متعددة القشرة كما انها خاوية المركز. والكرات النانوية لايوجد على سطحها فجوات وبسبب ان تركيبها يشبه البصل فقد سماها العلماء (البصل) وقد يصل قطر الكرة الواحدة الى 500 نانومتر او اكثر [7].

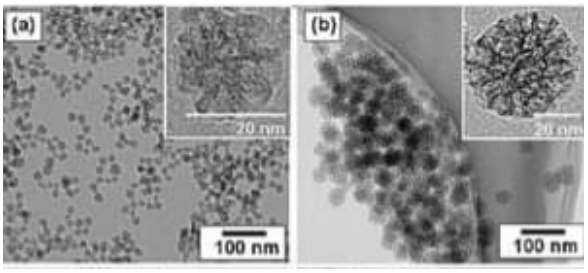


شكل (3): يمثل الكرات النانوية

5- 4 الجسيمات النانوية (Nano particles): على الرغم من ان كلمة (الجسيمات النانوية) حديثة الاستخدام، الا ان هذه الجسيمات كانت موجودة في المواد المصنعة او الطبيعية منذ قديم الزمان .

ويمكن تعريف الجسيمات النانوية على انها عبارة عن تجمع ذري أو جزيئي ميكروسكوبي يتراوح عددها من بضع ذرات الى مليون ذرة وتكون مرتبطة مع بعضها البعض بشكل كروي تقريبا ونصف قطره اقل من 100 نانومتر. عندما يصل حجم الجسيم النانوي الى مقياس النانو في بعد واحد فانها تسمى البئر الكمي (Quantum Well) اما عندما يكون حجمها النانوي في بعدين فتسمى السلك الكمي (Quantum Wire) وعندما يكون ب 3 ابعاد تسمى النقط الكمية (Quantum dots). لابد من الاشارة الى ان التغيير في الابعاد النانوية في التركيبات الثلاثة السالفة الذكر سوف يؤثر على الخصائص الالكترونية لها مما يؤدي الى حدوث تغيير كبير في الخصائص الضوئية للتركيبات النانوية [7].

لقد أمكن حديثاً تصنيع جسيمات نانوية من الفلزات والعوازل واشباه الموصلات والتركيبات المهجنة (مثل الجسيمات النانوية المغلفة) وكذلك تصنيع نماذج لجسيمات نانوية ذات طبيعة شبه صلبة. وتعتبر جسيمات النحاس النانوية (اقل من 50 نانومتر) ذات صلابة عالية وغير قابلة للطرق والسحب على عكس جسيمات النحاس العادية حيث يمكن ثنيها وطرقها وسحبها . [2]



شكل (4): يمثل الجسيمات النانوية

5- 5 : الانابيب النانوية (Nanotubes): هي عبارة عن شرائح تطوى بشكل اسطواني، وغالباً تكون نهاية الانبوب مفتوحة والاخرى مغلقة بشكل نصف دائرة. تصنع من مواد عضوية (كربون) أو مواد غير عضوية (اكاسيد الفلزات كاكسيد الفناديوم والمنجنيز) تتمتع هذه الانابيب بالقوة والصلابة والناقلية الكهربائية. ولكن اكاسيد الفلزات تكون اثقل واضعف من انابيب الكربون [9].

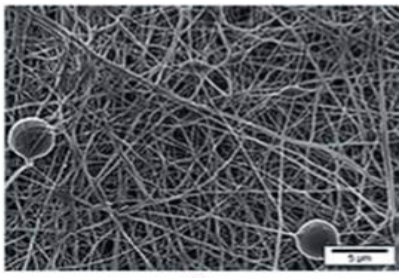
ويتراوح قطر الانبوب النانوي ا نانومتر وطولها

100 ميكرومتر ليشكل سلك نانوي للانابيب النانوية عدة اشكال فقد تكون مستقيمة، لولبية، متعرجة، خيزرانية أو مخروطية وغير ذلك [9].

شكل (5): نماذج لاشكال الكربون النانوية

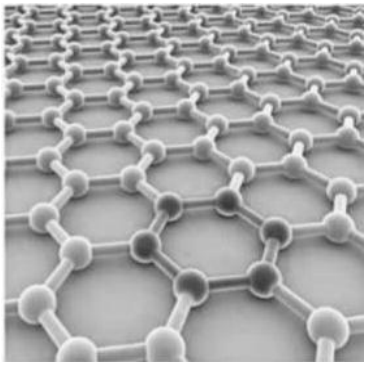
5-6 الالياف النانوية (Nano Fibers): لاقت هذه المواد اهتماما كبيرا مؤخرا لأهميتها الصناعية .وتتخذ عدة اشكال كالألياف السداسية والحلزونية والالياف الشبيهة بحبة القمح [4] .

تتميز الالياف النانوية بان مساحة سطحها إلى حجمها كبيرة حيث ان 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 الالياف في الطب وزراعة الاعضاء كالمفاصل والتئام الجروح ونقل الادوية في الجسم، كما تستخدم في المجالات العسكرية كالتقليل من مقاومة الهواء [10].



شكل (6): يمثل الالياف النانوية

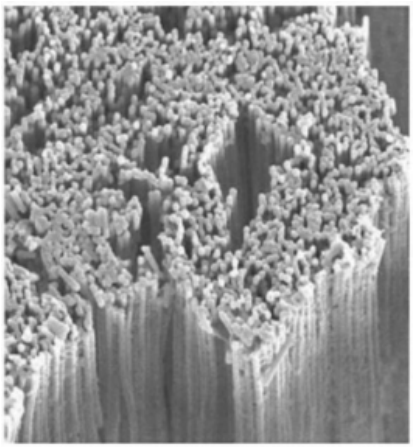
5-7 المركبات النانوية (Nano Composites): هي عبارة عن مواد يضاف اليها جسيمات نانوية خلال تصنيع تلك المواد، ونتيجة لذلك فان المادة النانوية تبدي تحسناً كبيراً في خصائصها [4].



شكل (7): يمثل مركب نانوي

5-8 الاسلاك النانوية (Nano Wires): هي اسلاك نانوية قد يقل قطرها عن نانومتر واحد وباطوال مختلفة، اي نسبة طول الى عرض تزيد عن 1000 مرة لذا فهي تلحق بالمواد ذات البعد الواحد وهي تتفوق على الاسلاك العادية التقليدية، لان الالكترونيات فيها تكون محصورة كميا باتجاه جانبي واحد مما يجعلها تحتل مستويات الطاقة محددة تختلف عن تلك المستويات العريضة الموجودة في المادة المحسوسة .وهذه الاسلاك غير موجودة في الطبيعة بل تحضر في المختبر بطرق عديدة منها الكحت الكيميائي لسلك كبير او قذف سلك كبير بواسطة جسيمات ذات طاقة عالية . وتتخذ اشكالا عديدة متعددة منها حلزونية او متماثلة خماسية وعند تحضيرها تكون معلقة من الطرف العلوي أو مترسبة على سطح اخر [5].

للأسلاك النانوية العديد من الاستخدامات المستقبلية كربط مكونات الكترونية داخل دائرة صغيرة وبناء الدوائر الإلكترونية المنطقية وقد تستخدم مستقبلاً لتصنيع الكومبيوتر الرقمي [5].



شكل (8): يمثل الاسلاك النانوية

6. تصنيف المواد النانوية:

تصنف المواد النانوية الى اصناف ثلاثة وهي:

6-1 **المواد النانوية احادية الابعاد:** تقع تحت هذه الفئة جميع المواد التي يقل احد مقاييس ابعادها عن 100 نانومتر . وسميت هذه الفئة بالمواد النانوية احادية البعد (اي التي لها بعد نانوي واحد فقط) ومن امثلة هذه المواد الرقائق او الاغشية Thin layer مثل المواد النانوية الموظفة في اعمال طلاء الاسطح surface Nanocoat-ing كمثل التي تستخدم في طلاء اسطح المنتجات الفلزية بفرض حمايتها من التاكل بالصدأ، أو تلك الافلام رقيقة السمك Thin Film المستخدمة في تغليف المنتجات الغذائية بهدف وقايتها من التلوث والتلف كذلك تصنع مواد اشباه الموصلات المختلفة مثل رقائق السيليكون لتوظيفها في صناعة الخلايا الشمسية. [4]

6-2 **المواد النانوية ثنائيةالابعاد:** يشترط في مجموعة هذه الفئة من المواد النانوية ان يقل مقياس بعدين من ابعادها عن 100 نانومتر. وتعد الانابيب او الاسطوانات النانوية (Nanotubes) ومنها انابيب الكاربون النانوية والالياف النانوية وكذلك الاسلاك النانوية (Nanowires) نماذج مهمة لتلك الفئة من المواد. تستخدم الانابيب والاسلاك النانوية في تصنيع الخلايا الشمسية والشرائح الالكترونية واجهزة الاستشعار والاجهزة الالكترونية الدقيقة.[4]

6-3 **المواد النانوية ثلاثية الابعاد:** تمثل الكريات Spheres نانوية الابعاد مثل الحبيبات النانوية وكذلك مساحيق الفلزات والمواد السيراميكية فائقة النعومة، امثلة لهذه الفئة من المواد التكنلوجية المهمة التي نعتت بانها ثلاثية . نظرا الى مقاييس ابعادها على المحاور X,Y,Z تقل عن 100 نانومتر . ومن الجدير بالذكر ان هذه المواد النانوية ثلاثية الابعاد سواء كانت على هيئة مساحيق ام حبيبات فائقة النعومة تتصدر قائمة الانتاج العالمي من المواد النانوية بوجه عام وذلك نظرا لتعدد استخداماتها في المجالات والتطبيقات التكنلوجية الحديثة. ونخص بالذكر فئة الحبيبات النانوية لعناصر الفلزات الحرة No-ble Metals وعلى الاخص فلز الذهب من اهم المواد النانوية الحبيبية وذلك لاهميتها واستخداماتها في كثير من التطبيقات المتعلقة بدحر وقتل الاورام السرطانية التي تصيب اعضاء الجسم. وقد استخدمت حبيبات الذهب النانوية في تحديد سلاسل الحامض النووي DNA المرتبط بالمرض وكذلك في تحديد سلاسل الحامض النووي للفيروسات التي تغزو جسم الانسان. [4]

7. تطبيقات النانو تكنلوجي :

كما رأينا فان خواص المواد النانوية متميزة ورائعة وبالاستفادة من هذه الخواص يمكننا الوصول إلى تطبيقات اكثر خدمة للبشرية واكثر تسريعا وتسهيلا لحياتنا اليوم، وفيما يلي سرد بعض الامثلة لتطبيقات تقنية النانو:

7-1: **الفوائد البيئية لتكنلوجيا النانو:** تملك الجزيئات النانوية امكانية توليد فوائد بيئية في كل من عمليات الانتاج والمنتجات معاً. ويمكن للمواد النانوية ان تحل

محل المواد التقليدية والتي تتطلب مواد خام اكثر أو تتطلب طاقة اكثر لانتاجها او انها غير معروفة كمواد مضرة بالبيئة.[5]

وفيما يلي بعض الطرق والتقنيات النانوية التي استخدمت لتقنية ومعالجة المياه واكتشاف تلوث الهواء:

أولاً: تنقية ومعالجة المياه : ان استخدام تقنية النانو في تطوير طرق وتقنيات المعالجة التقليدية للمياه (التي تشتمل على المعالجة الكيميائية وتحلية المياه يوالمعالجة بالاشعة فوق البنفسجية وغيرها من طرق التنقية) سيؤدي الى رفع كفاءة هذه التقنيات وهذا بدوره سيؤدي الى تقليل التلوث وتوفير المياه الصالحة للشرب. لقد بدى فعليا في استخدام تقنية النانو لمعالجة المياه (ماء الشرب ومياه الصرف الصحي والمياه الجوفية) وتم ذلك بثلاث اليات تشمل مايلي [6]:

أ- التحفيز الضوئي (photocatalysis):

يعتبر استخدام المواد المحفزة النانوية لمعالجة المياه اكثر كفاءة من استخدام مواد محفزة ضخمة وذلك لان المواد النانوية تتميز بمساحة سطحية كبيرة لتحتك بالمواد المتفاعلة. وتتضمن طريقة التحفيز الضوئي تفاعلات منشطة بضوء الشمس لتدمير الملوثات والكائنات الحية، ويتم ذلك باستخدام مادة نشطة ضوئياً، مثل الجسيمات النانوية لثاني اكسيد التيتانيوم (Tio 2)، وهي مادة شفافة اظهرت فاعلية فائقة للقضاء على البكتريا (Clostridium Perfringens) المقاومة للكلور. وتعتبر هذه العملية اقتصادية ولاتنتج عنها مواد جانبية، حيث يستطيع اي انسان وضع المياه الملوثة في زجاجات وتنقى المياه بمجرد تعريضها للشمس. [6]

ب- الترشيح النانوي (Nano - Filtration):

ان تقنية النانو ساعدت على انتاج اغشية ذات ثقوب صغيرة جداً (قد تصل الى 1 نانومتر). تستطيع ان تحتجز المواد العضوية (مثل جزيئات المبيدات) وتسمح لجزيئات الماء فقط بالمرور خلالها. ولقد استخدمت مرشحات من سليكات الالومونيوم النانوية لتنقية المياة من الشوائب والميكروبات دون الحاجة الى استخدام مطهرات كيميائية او مرسبات للاوساخ. يمكن أيضاً ان تتم عملية الترشيح باستخدام عدة اغشية مرتبة في طبقات، حيث تعمل كل طبقة على احتجاز نوع معين من المواد الملوثة الموجودة في الماء. وفي هذا الصدد تم انتاج غشاء من اكسيد الحديد الخزفي المعروف باسم Ferroxane الذي يستخدم لازالة الملوثات والمخلفات العضوية من الماء. وتم انتاج اغشية انابيب الكربون النانوية ومسام الخزف النانوية لاكسيد الالومونيوم التي لها القابلية على حجز ومنع مرور العوالق والفطريات والطفيليات والفيروسات والمواد الضارة بمصادر المياه العذبة كالبحيرات والانهار. [7]

ث- الاكسدة الكهروكيميائية

(Electrochemical Oxidation):

هذه الالية تحدث عملية اكسدة على سطح من انابيب الكربون النانوية عند جهد معين خاص بالمادة المراد اكسدتها. [6]

ثانياً: اكتشاف تلوث الهواء:

يعتبر تلوث الهواء بالغازات والعناصر السامة التي تكون في معظم الاحيان غير مرئية وغير محسوسة، من أخطر انواع التلوث البيئي. وفي هذا الصدد قدمت تقنية النانو مجسات ذات حساسية عالية جداً، تسمى مجسات النانو. ان هذه المجسات تستطيع اكتشاف اي تلوث في الهواء بدقة متناهية، تصل الى حد اكتشاف اي تلوث في الهواء بدقة متناهية، تصل الى حد اكتشاف بضع جزيئات من الابخرة او الغازات الملوثة. وتعتمد فكرة عمل المجسات النانوية على استخدام انابيب الكربون النانوية أو جسيمات البلاديوم النانوية أو اسلاك اكسيد الزنك النانوية، حيث تتغير الخواص

الكهربائية كالمقاومة والسعة الكهربائية لهذه المجسات عند امتصاصها لجزيئات الغاز الملوث [6].

7-2 تطبيقات النانو في مجال المعلومات

7-2-1 تخزين الذاكرة: يتم التنافس من الشركات الكبيرة في صناعة الحاسبات الالية في تحقيق انجازات كبيرة بالاعتماد على تقنية النانو ويمكن حصر الاتجاهات التطويرية في مجال الحاسبات الالية بخمس محاور رئيسية هي [8]:

1. العمل على زيادة سرعة المعالج بالاعتماد على الموصلات الضوئية وخفض معدلات استهلاك الطاقة والانبعاث الحراري.
2. زيادة سعة التخزين RAM (ذاكرة الوصول العشوائي) وجعلها تحتفظ بالبيانات حتى بعد انقطاع الطاقة عن طريق استخدام MRAM (Mag-netic Random Access Memory) ذاكرة الوصول العشوائي المغناطيسية، حيث توفر امكانية تقاطع النفق المغناطيسي بمقياس النانومتر، والتي بدورها يمكن ان تحتفظ بالبيانات المشفرة بسرعة وفعالية حتى في حالة توقف النظام .
3. تحسين وزيادة معدل احتفاظ بطارية اجهزة الحاسوب والهواتف المحمولة بالطاقة وتحسين شاشة العرض. حيث تحتوي شاشات العرض للهواتف النقالة والتلفزيونات الحديثة والكامرات الرقمية على افلام بوليمر ذات بنية نانومترية معروضة باسم الصمامات المضيئة العضوية organic light emitting Di-odes (OLEDS) حيث يعرض هذا النوع من الشاشات صوراً أكثر اضاءة اضافة الى زوايا رؤية اوسع ويكون وزنها أخف وكثافة الصورة افضل وانخفاض استهلاك الطاقة وعمراً اطول.
4. زيادة السعة التخزينية لوسائط تخزين البيانات حيث يمكن لترانزستور مقياس النانو (Nanoscale Transistor) خزن ذاكرة حاسب كاملة على شريحة واحدة صغيرة والتي تتميز بالسرعة والقوة وتوفير الطاقة.
5. تطبيقات اخرى تتمثل بالمنتجات الالكترونية مثل الادوات السمعية عالية الحساسية، الاحبار الموصلة للالكترونيات المطبوعة لترددات الراديو (RFID)، اغطية واحدة للفأرة ولوحة المفاتيح والهواتف المحمولة مضادة للمايكروبات والجراثيم، العاب فديو مشابهة للواقع، بطاقات ذكية وعارضات مرنة لقارئات الكتب الالكترونية .

7-2-3 الاجهزة الالكترونية البصرية: حلت الاجهزة الالكترونية البصرية محل الاجهزة التناظرية الالكترونية التقليدية في تقنية الاتصالات الحديثة بسبب عرض النطاق الترددي لها وزيادة قدرتها وكفاءتها منها النقاط الكمية (Quantum Dots) والبلورات الضوئية (Crystals photonic). حيث تعد النقاط الكمية اجسام نانوية يمكن استخدامها بين العديد من الاشياء الأخرى لإنتاج اشعة الليزر حيث يتميز عن ليزر شبه الموصل العادي في الاعتماد على طول الموجة المنبعثة على قطر النقطة ويكون اقل تكلفة وبجودة اشعاع أفضل واعلى من الليزر التقليدي. اما البلورات الضوئية فهي مواد ذات فهي مواد ذات اختلاف دوري في معامل الانكسار مع شعرية ثابتة تقدر بنصف الطول الموجي للضوء المستخدم مما يسمح بتوفير فجوة حزمية اختيارية لانتشار طول الموجة المحدد وبذلك فهي تتشابه اشباه الموصلات في مجال الفوتونات بدل الالكترونيات [9]

7-2-4 شاشات العرض: توفر تكنلوجيا النانو امكانية انتاج عارضات مختلفة مع استهلاك اقل في الطاقة باستخدام الانابيب النانوية الكربونية (CNT Carbon Nanotubes) هذا وتتميز الانابيب النانوية الكربونية بقدرتها العالية على التوصيل للكهرباء

وصغر قطرها الذي يصل الى بضعة نانومترات، لذا يمكن استخدامها في البث بكفاءة على نطاق انبعاث العارضات Field Emission Display ويشابه مبدا عملها مع انبوب اشعة المهبط الا انه اصغر بكثير من ناحية قياس الطول وعلى الرغم من ان توقيت ظهور هذه التطبيقات غير معروف الا ان تكنلوجيا النانو تساهم في زيادة القدرة على تخزين البيانات وسرعات المعالجات .[10]

7-2-5 الحاسوب الكمي :

هو حاسوب يعتمد على مبادى ميكانيك الكم وظواهرها مثل حالة التشابك الكمي (Quantum En-tanglement) والتراكب الكمي (Quantum Super-position) في معالجة البيانات في الحاسوب التقليدي وتقاس كمية البيانات في الحواسيب الكمية بالكيوبت (Qubit) والتي تمثل النقاط الكمية (Quantum Bits) بدلاً من البت (Bit) الذي يستخدم في الحاسبات التقليدية. تكمن الغاية من استخدام هذه الحاسبات في الاستفادة من الخواص الكمية للجسيمات في تمثيل البيانات ومعالجتها [11]

7-3 تطبيقات النانو تكنلوجي في المجال الطبي:

يعتبر الطب من العلوم التي حدث فيها طفرات متعددة بعد اكتشاف النانو وذلك بسبب التطبيقات المتعددة التي تطورت بعد ذلك للوقوف بجانب المرضى لتحقيق الكثير من العمليات التشخيصية والعلاجية باستخدام تقنيات النانو ومن اهم ميزات وتطبيقات النانو في هذا المجال :

7-3-1 مسحوق النانو (Nano Powder):
لقد استفاد الطب كثيرا من مسحوق النانو وذلك في تصنيع الادوية المستنشقة (Inhaled Drugs) حيث ان المركبات الميكومترية يمكن ان تترسب على جدران الحويصلات الهوائية بالرئة ويؤدي ذلك عادة الى الكثير من المضاعفات والاثار الجانبية لتناولها اما باستخدام مسحوق النانو فقد تم التغلب على هذه المشاكل نهائياً لتصبح الادوية المستنشقة اقل خطورة على المريض .

7-3-2 اصداف النانو ذهب (Nano Shells):
تستخدم هذه الاصداف لمكافحة الاورام السرطانية. والتي هي عبارة عن كرات من الزجاج نانوية الحجم وغطاة بطبقة رقيقة من النانو ذهب، يتم حقن اصداف الذهب النانوية داخل الجسم فتتجمع في الورم ثم يسلط اشعة تحت الحمراء على منطقة الورم فتمر هذه الاشعة بامان عبر الانسجة السليمة، ولكن تعمل على تسخين اصداف النانو ذهب فترتفع حرارتها بشكل كبير وتدمر الورم دون المساس بالخلايا السليمة، حيث تبشر الدراسات التجريبية الى ان هذا العلاج ناجح مع الحد الادنى من الاثار الجانبية.[12]

7-3-3 البلورات النانوية (النقاط الكمية):
تستخدم البلورات النانوية للكشف عن الاورام السرطانية اثناء التصوير بالرنين المغناطيسي حيث انها تعطي صوراً استثنائية لمواضع الورم فعند تحفيزها بالاشعة فوق البنفسجية ينبعث منها ضوءاً معيناً، كما ويمكن استخدامها داخل الجسم مما يلغي الحاجة الى الخزعة. النقاط الكمية أكثر اشراقاً وبنسبة 20 مرة وأكثر استقراراً بنسبة 100 مرة من الاصباغ التقليدية]12[.

7-3-4 الجسيمات الشحمية: وهي جسيمات نانوية قائمة على الدهون تستخدم على نطاق واسع في الصناعات الدوائية ومستحضرات التجميل بسبب قدرتها على الانهيار داخل الخلايا بمجرد اتمام عملية التسليم. يمكن تحميل الجسيمات الشحمية بالعقاقير اما في الترشيح المائي او في الغشاء الدهني. تنقل الجسيمات الشحمية الادوية المحبة للماء (القابلة للذوبان في الماء) داخل القلب (الحجرة المائية) والعقاقير الكارهة للماء

(غير قابلة للذوبان في الماء ولكن لها قابلية الذوبان في الدهون) بين طبقة ثنائية. [13]

7-4 **تطبيقات النانو في مجال الاتصالات**: ويتضمن هذا الجانب العديد من الانجازات نذكر منها:

7-4-1 صناعة الياف نانوية بصرية قادرة على ارسال المعلومات والمكالمات مباشرة دون الحاجة الى تحويلها من ضوء الى كهرباء وبالتالي تزداد سرعة النقل الى حوالي 100 ضعف[14]

7-4-2 صناعة ليزرات نانوية مما يجعل اجهزة الاتصالات المستخدمة صغيرة الحجم. [10]

7-4-3 استخدام الالياف النانوية كقافلات ضوئية في البلورات السائلة في الاتصالات الضوئية. [14]

7-4-4 استخدام انابيب الكاربون النانوية في صنع ترانزستور الاثر المجالي والقافلات في الكومبيوترات مما يؤدي الى زمن القفل سيكون اسرع بمقدار 410 من المركبات العادية. [15]

7-4-5 اطلقت منظمة بحوث الفضاء الهندية مركبة اطلاق الاقمار القطبية في عام 2017 وكان القمر الصناعي الفلندي (آكتو-1) على متنها، حيث انه قمر نانوي يبلغ وزنه 5 كغم في حين يصل وزن القمر العادي الى 500 كغم كما انه مزود بتكنلوجيا متقدمة مصغرة تضاهي تلك الموجودة في القمر العادي. [15]

7-4-6 اطلقت وكالة القضاء الاوربية (إسا) العديد من الاقمار الصناعية النانوية لتحقيق العديد من المهام كاختبار التقنيات المدارية لتخفيض التكاليف وتسجيل الملاحظات واخذ القياسات في الفضاء وكان هذا ضمن مشروع اسمه (كيوب سات) [16]

8. مستقبل تقنية النانو تكنلوجي :

ان تقنية النانو تنتشر بقفزة هائلة في جميع فروع العلوم والهندسة والطب والاقتصاد والعلاقات الدولية وحياتنا اليومية. فتخيل ظهور حواسيب خارقة الاداء وتوضع على رؤوس الاقلام واسطولاً من روبوتات النانو الطبية التي يمكننا حقنها في الجسم او ابتلاعها لعلاج الجلطات الدموية والاورام والامراض المستعصية [10].

يعتقد العلماء ان تقنية النانو ستحل مجموعة من التحديات التي تواجه البشرية كالامراض وتوفير المياه النظيفة ورحلات فضائية رخيصة لا تؤثر فيها الاشعاعات لكن القلق يبدأ بتصنيع شرائح تحمل خصائص نانوية ففي عام 2010 تم الاعتماد بان تصبح جميع المبادئ الاساسية في صناعة الشرائح قابلة للتغيير واعادة النظر فيها بمجرد ان نبدأ بالانتقال الى الشرائح النانوية. اذن، اعادة تصميم وصناعة الشرائح تحتاج لثورة تتغير معها المفاهيم واعادة حسابات الشركات لتطبيقات النانو التقنية المذهلة، كاستخدامها في الجراحة دون جراحة وصنع سيارة بحجم الحشرة وطائرة بحجم البعوضة وزجاج غير موصل للحرارة وصناعة اقمشة لايخترقها الماء .

صناعة النانو دخلت حيز التطبيق في مجموعة من السلع يستخدم جزيئات الاكسيد بانواعه (الالمنيوم والتيتانيوم) خصوصاً في مواد التجميل والمراهم المضادة للاشعة حيث تحجب الاشعة فوق البنفسجية (UV) .

وقد تمكن باحثون في جامعة (هانج يانج) في سيؤول - كوريا الجنوبية ادخال الفضة للمضادات الحيوية والمتوقع نزول مايسمى «هاولت باكارد» عملاق الكومبيوتر قريبا الى السوق بشكل رقاقات يدخل في صنعها (نانو اليكترونات) قادرة على حفظ المعلومات اكثر بالاف المرات من الذاكرة الموجودة حالياً .

وتمكن باحثو جامعتي كولومبيا ونيوأورليانز جمع جزيئتين غير قابليتين للاجتماع الى بلور ثلاثي

الابعاد. فتم اختراع مادة غير موجودة في الطبيعة هي «مغنيسيوم مع خصائص مولدة للضوء ومصنوعة من نانو» وأوكسيد الحديد محاطاً برصاص من السيلينايد وهو نصف موصل للحرارة وقادر على توليد الضوء هذه الميزة لها استعمالات كثيرة في مجالات الطاقة والبطاريات.

ويتوقع صنع مواد معدنية قوية لكنها خفيفة لاستعمالها في هيكل الطائرات واجنحتها لانها مضادة للجليد ومقاومة للحرارة حتى درجة 100 مئوية. العلماء يتوقعون ان تعمل التقنية عمل الانزيمات والمضادات الحيوية الموجودة في اجسامنا .

فمن المتوقع مستقبلا جملة انجازات منها :

1. انابيب كاربونية نانوية ستحدث ثورة في تصميم السيارات بسبب قوتها وقدرتها على توصيل الكهرباء والحرارة.
2. نانو روبوت تؤدي لتصنيع محركات أو روبوتات ميكروسكوبية للمساعدة في دراسة الخلايا والنظم البيولوجية والالياف .
3. عربات ميكرو متناهية في الصغر يمكن تطويرها لابحاث الفضاء والمدارات والمناخ .
4. مجسات نانو متناهية في الصغر ولاسلكية وسريعة وفي غاية الحساسية يمكن وضعها مع المجسات الالكترونية والكيميائية او البصرية لاستخدامها في المهام العلمية خاصة في عمليات الروبوت .
5. ادماج تقنية النانو في شبكات بشرية مثل شبكات المراقبة البيئية .
6. ادارة الاوضاع الصحية لرواد الفضاء يمكنهم في رحلات طويلة استخدام تقنية النانو لمواجهة الاوضاع المناخية ذات الاشعاعات المرتفعة وتصنيع اجهزة رقابة طبية ومعدات للعلاج، والمساعدة في التغلب على الضغوط والتوتر الناشئ عن رحلات الفضاء الطويلة بطريقتين :
   - تصنيع المواد النانوية التي يمكن استخدامها للتغلب على اختراق الاشعة الكونية للسفن الفضائية .
   - مجسات النانو لتحديد مستويات الاشعة .
7. تصنيع كومبيوترات مكونة من شبكة أنابيب كربون نانوية متوازية موضوعة على قاعدة معينة [14]
8. زيادة عدد القافلات في الشرائح الالكترونية حيث ان انابيب الكربون النانوية ذات قطر 2 نانومتر لها مقاومة منخفضة جداً وبالتالي تحمل تياراً كبيراً فانه يمكن استخدامها كتوصيلات داخلية في القافلات بديلا عن اسلاك النحاس العادية، كما وتعمل انابيب الكربون كحمام حراري لتبديد الحرارة بعيدا عن الشريحة الالكترونية. [14]
9. ستطلق روسيا عام 2019 مجموعة من الاقمار الصناعية النانوية الصغيرة «تانيوشا» وزودت بنظام استقرار سلبي مما يسمح بادخال تعديلات في عملها اثناء تحليقها. [16]

ومن بين أهم (10) موضوعات بالاضافة إلى مواجهة الامراض المعدية وعلاج السرطان وتوفير المياه النظيفة للجميع وتوفير رحلات فضائية رخيصة، واحدى الافكار العظيمة لانابيب النانو لتطبيق تقنية النانو هو المصعد الفضائي فهو كابل مرتبط بالارض على منصة عائمة في خط الستواء وفي الناحية الاخرى معلقة في الفضاء فيما بعد المدار .

ويستخدم المصعد الفضائي مصاعد كهربائية تتحرك على الكابل لوضع صواريخ ومحطات فضائية ومعدات في مدار الارض. وستتيح انابيب النانو للمهندسين بناء مصاعد فضائية والتحرك بسرعة في الفضاء، ويمكن لنفس المادة خفض كلفة نقل المعدات عبر المصاعد وتخفيف وزن الاقمار التي تعمل بالطاقة

الشمسية ومحطات الفضاء.

وعلى صعيد التطبيقات الطبية لتقنية النانو فسيتم صناعة خلايا نانوية تدخل جسم الانسان وتتجه الى كل خلية سرطانية مصابة وتقضي عليها دون اي تاثير سلبي على العكس من ادوية مرض السرطان التي تطيل في عمر المريض فقط ولها تاثير سلبي على الجسم، وكذلك الحديث عن روبوتات طبية نانوية صغيرة جدا تنطلق بسرعة الى مكان الانسداد الشرياني للمريض لتقوم بفتحه وعودة الدم يمشي بشكل طبيعي.

اما في المجال العسكري فتمكنت تقنية النانو من قلب ميزان القوة في العالم فهناك دبور الي بمحرك نانوي صغير جداً يتسلل بين صفوف الاعداء وله القوة على الضرب الناري والتشويش وكذلك سمكة صغيرة الكترونية قادرة على عبور المحيطات وتعطيل قدرة الغواصات النووية عن العمل، وكذلك ملابس عسكرية تقاوم الغازات السامة وحتى لها القدرة على الصمود أكثر في وجه الحرائق الناتجة عن انفجار الالغام والقذائف.

9. السلامة من المواد النانوية:

بالرغم من الجوانب الايجابية التي قد تم تحملها تقنية النانو الى المستقبل من تطوير وتسهيل للحياة الا ان هناك كثير من الخبراء الذين يرون ان استخدام هذه التقنية في مجالات معينة من الحياة قد يكون لها عواقب غير محمودة. وتتمثل المخاوف من تقنية النانو بالآتي:

1. يوجد قلق كبير من صعوبة السيطرة على الذرات بعد تجزئة المواد المتكونة منها فهي تحتاج الى اجهزة دقيقة جدا لتتمكن من رؤية الجزيئات والتحكم فيها.
2. ان يصبح النانو ذاتي التكاثر بلا حدود والسيطرة على كل شي في الكرة الارضية، كذلك التسمم البيئي وتأثيره على الاقتصاد العالمي لذا بدأت منظمات البيئة والصحة العالمية تنظيم المؤتمرات لبحث هذه المخاطر .
3. النانو جزيئات صغيرة جدا لحد يمكنها التسلل وراء جهاز المناعة في الجسم البشري وعبور خلايا الرئة والجلد، وهذا مقلق لان بامكانها تخطي حاجز شرايين الدماغ واظهرت دراسة في جامعة اكسفورت جزيئات ثنائي اكسيد التتانيوم الموجودة في المراهم والكريمات المضادة لأشعة الشمس اصابت الحمض النووي (DNA) للجلد بالضرر.[17]

10. النتائج:

1. ان تقنية النانو من أهم التقنيات في يومنا هذا وفي المستقبل وأصبحت في طليعة المجالات الأكثر أهمية في كل مجالات العلم، لما لها من أهمية في تحسين المنتجات وعلاج الامراض وخدمة البشرية في مجالات الحياة جميعها، بالإضافة إلى انها تعطي أملاً كبيراً للثورات العلمية في المستقبل في الفيزياء والكيمياء والاحياء والهندسة وغيرها.
2. ان للمواد النانوية خواص متميزة في احداث ابتكارات واختراعات تفيد البشرية في مجالات السلم وتسريع الحياة وتسهيلها بالإضافة إلى التخلص من الامراض الخبيثة التي لم يصل العلم اليوم لعلاج جذري لها والكثير من الخدمات الأخرى.
3. هناك العديد من القضايا المتعلقة بتكنلوجيا النانو في مجال الانابيب الكربونية بصورة مذهلة.
4. تكنلوجيا النانو علم يهتم بالتعامل مع المواد في مستواها الذري والجزيئي لمقياس لا يتعدى 100 نانومتر.
5. هناك عدة أشكال للمواد النانوية.

11. التوصيات:

1. انشاء شبكة معلومات تكنلوجية عربية نانوية مرتبطة بشبكات المعلومات الدولية تخدم بحوث تطبيقات تكنلوجيا النانو.
2. تفعيل استخدام تكنلوجيا النانو وتطبيقاتها في حل مشاكل الطاقة في العراق (عن طريق استخدام الخلايا الشمسية) والمياه (استخدام مرشحات تكنلوجيا النانو لتحلية مياه الابار والمياه الجوفية كمصادر مياه بديلة – اعادة استخدام مياه الصرف الصحي في اعمال الزراعة والري).
3. تنظيم ورش عمل اسبوعية او شهرية لدعم دور تكنلوجيا النانو في كافة مجالات الحياة في الجامعات العراقية يتم من خلالها مناقشة أحدث الابحاث العالمية والعربية في هذا المجال.
4. توسيع قاعدة استخدام تكنلوجيا النانو عن طريق توفير منتجات تكنلوجيا النانو في الاسواق العراقية.

المصادر

[1] احمد وحسونة، مرفت رشاد وايمن جاب،2017، «التطبيقات البيئية الخضراء لتكنلوجيا النانو في المستقبل»، المؤتمر الدولي السابع للاتحاد العربي للتنمية المستدامة (سبل تعزيز التكنلوجيا النظيفة والتقنيات صديقة البيئة بالمنطقة العربية)، جامعة عين شمس.

[2] سالم، منتظر صاحب،2018، «دراسة تطبيقات النانوتكنلوجي وكيفية عمله في المختبر المحمول»، جامعة القادسية.

[3] يوسف، علي،2015، «النانوتكنلوجي وتطبيقاته في المستقبل».

[4] النانو ثورة المستقبل، http://sites.google.com

[5] http://www.gafrd.org

[6] أحميدة، محمد حمزة سليمان وأحميدة، نجوى حمزة سليمان و أنور، عزيزة، 2017، «مقدمة عن تقنية النانو: تعريفها أو مصطلحاتها، وتواجدها وتطبيقاتها في البيئة»، جامعة بنغازي.

[7] Guerra, F.D.; Attia, M.F.; Wnitehead,D.C., 2018, "Nanotechnology For Environmental Remediation Material and Application",MDPI.

[8] United States National Nanotechnology Initiative, Benefits and Applications. http://www. nano.gov/you/nanotechnology-benefits

[9] Hsu, T.R, 2002, " Miniaturization - A paradigm shift in advanced manufacturing and education".

[10] سيد، رحاب فايز احمد، ''تكنلوجيا النانو في مجال المعلومات والاتصالات: الفرص والتحديات''، 2012، مجلة اعلم، العدد الحادي عشر.

[11] Bonsor, K. and Strickland, J., "How Quantum Computers Work" ,http://www.howstuffworks.com/quantum-computer.htm

[12] العمري، حاتم، مقالة، جامعة أم القرى.

http://www.nanotechpost.wordpress.com

[13] Moshed,A.M.A.; Sarkar,M.K.I.; Khaleque,M.A., 2017, "The Application of Nanotechnology in Medical Sciences: New Horizon of Treatment", American Journal of Biomedical Sciences.

[14] http://nano.ksu.edu.sa

[15] http://www.finland.fi.com

[16] http://arabic.rt.com

[17] عبدالرحمن، أحمد عوف محمد، 2013، «طب النانو. تكنلوجيا النانو وتطبيقاتها في الطب»، الطبعة الاولى.