جمهورية العراق

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة بابل

كلية التربية للعوم الصرفة

قسم فيزياء

تطبيقات النانو و الحد من كوارث النانو

بحث مقدم لمجلس كلية التربية للعوم الصرفة كجزء من متطلبات نيل شهادة البكالوريوس

في الفيزياء

اعداد الطالبة

نور الهدى خالد حسين

مشرف البحث

أ.م .نجلاء محمد هادي

2023 1444

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ وقل ربي زدني علما ﴾

صدق الله العلي العظيم

سورة طه الاية (114)

الأهداء

الى من علمني ان الدنيا كفاح . . . وسلاحها العلم والمعرفة

إلى الذي لم يبخل علي باي شي . . . . إلى من سعى لأجل راحتي ونجاحي

إلى أعظم واعز رجل في الكون . . . ابي

كما اهدي بحثي إلى من ساندني وقف جانبا خطوه ب خطوه إلى أن أتممت مشواري

زوجي العزيز فلك جزيل الشكر والامتنان .

إلى أصحاب الفضل علي جميعا منذ نعومة أظفاري إلى أن سطرت آخر حرف في هذه البحث

إلى كل طالب علم وأدب اخوتي واخواتي

زملائي جمعيا فلكم مني جزيل الشكر

والامتنان اهدى هذا بحثي إلى أمام زماني (عج) والى من ساندتني في صلاتها

ودعائها . . . . . إلى من سهرت الليالي تنير

دربي إلى من تشاركني افراحي إلى نبع

العطف والحنان الي اجمل انسانه في حياتي

الى أروع امراه في الوجود

امي الغالية . . . . .

الشكر والتقدير

الحمد الله رب العالمين والصلاة والسلام على سيد المرسلين محمد (صلى الله عليه واله وسلم) ، وبعد فاني احمد الله كثيرا واشكره شكرا وفيرا لما وفقني له واعانني في اتمام بحثي هذا وان اسجل اجلالا وعرفانا عظيم شكري وامتناني لاستاذه الفاضله (نجلاء محمد) المشرف على هذا البحث لما بذله من جهد علمي صادق ، ولما غمرني به من خلق علمي وتوجيهات رشيدة كما ان شكري موجه الادارة كلية التربية للعلوم الصرفة بجامعة الفيزياء القسم الفيزياء الدراسة

للمجهودات المبذولة من قبل اساتذتنا الكرام في الجامعة لتوفير افضل بيئة للتدريس في افضل الاحوال التي تلائم طلبة العلم

كذلك شكري وحبي الى اسرتي و بالاخص ابي وامي واخوتي لما قدموه من تعاون ومشقه وصبر اثناء الانشغال بالدراسة

المحتويات

الفصل الاول :النانو	
المقدمة : المقدمة	**7**
مفهوم النانو	**9**
تاريخ النانو تكنولوجي وتطوره	**10**
خواص المواد النانوية	14
المقدمة تصنيع المواد النانوية	**15**
اشكال المواد النانوية	**16**
الفصل الثاني : تطبيقات النانو	**21**
تطبيقات النانو في الطب	**22**
تطبيقات النانو في مجال الغذاء	**24**
تطبيقات النانو في مجال الزراعه	**25**
تطبيقات النانو في الصناعه	**26**
الفصل الثالث :الحد من الكوارث	**31**
دور تقنية النانو في الحد من الكوارث	**32**
دور تقنيه النانو في الرماية الصحية و الطب في حاله الكوارث	**33**
دور تقنية النانو في تطوير اداء العاملين في الدفاع المدني و الانقاذ في مواجهه الكوارث	**37**

الخلاصة

تم دراسه هذا البحث حيث يتكون من فصلين الفصل الاول يتحدث عن النانو حيث تكلمنا عن الفصل الاول مفهوم النانو و نبذه تاريخية وخواص المواد النانو وتصنيع المواد النانو واشكال المواد النانو هذا ما تحدثنا عنه في الفصل الاول اما الفصل الثاني تحدثنا عن تطبيقات النانو تطبيقات النانو في الطب وتطبيقات النانو في مجال الغذاء وتطبيقات النانو في الزراعه و تطبيقات النانو في الصناعه اما الفصل الثالث يتحدث عن حد من كوارث النانو دور تقنيه النانو في الحد من الكوارث و دور تقنيه النانو في الرمايه الصحية و الطب في حاله الكوارث دور تقنية النانو في تطوير اداء العالمين في الدفاع المدني و الانقاذ في مواجه الكوارث

الفصل الاول

نانو

(1-1). مقدمة

أصبحت في طليعة الحالات الأكثر أهمية وإثارة في الفيزياء، الكيمياء، الأحياء والمهندسة ومجالات عديدة أخرى، فقد أعطت أملا كبيرا لثورات علمية في المستقبل القريب ستغير وجهة التقنية في العديد من التطبيقات، لذا في المهم إعطاء فكرة عامة وموجزة لغير المختصين عن هذه التقنية، ويعود الاهتمام الواسع بتقنية النانو إلى الفترة ما بين 1996 إلى 1998م عندما قام مركز تقييم التقنية العالمي الأمريكي (WTEC) بدراسة تقويمية لأبحاث النانو وأهميتها في الإبداع التقني، ولخصت الدراسة إلى نقاط من أهمها أن لتقنية النانو مستقبلاً عظيماً في جميع المجالات الطبية والعسكرية والمعلوماتية والإلكترونية والحاسوبية والبتروكيميائية والزراعية والحيوية وغيرها، وأن تقنية النانو متعددة الخلفيات فهي تعتمد على مبادئ الفيزياء والكيمياء والهندسة الكهربائية والكيميائية وغيرها إضافة الشخص الأحياء والصيدلة، ولذا فإن الباحثين في مجال ما لابد أن يتواصلوا مع الآخرين في مجالات أخرى من أجل الحصول على خلفية عريضة عن تقنية النانو ومشاركة فعالة في هذا الفعال المثير، كما أن المدراء الفنيين وداعمي هذه الأبحاث لابد من أن يلموا بإيجاز عن عموم هذه الحالات. [1,a]

مفهوم تقنية الناتو على اعتبار أن الجسيمات التي يقل حجمها عن مالة نانومار (الناتومار هو جزء من ألف مليون من المار) تعطي للمادة التي تدخل في تركيبها خصائص وسلوكيات جديدة، وهذا بسبب أن هذه الجسيمات أصغر من الأموال المسيرة المصاحبة لبعض الظواهر) تبدي مفاهيم فيزيائية وكيميائية جديدة مما يقود إلى سلوك حديد يعتمد على حجم الجسيمات، فقد لوحظ، كمثال لذلك، أن التركيب الإلكتروني، التوصيلية، التفاعلية، درجة الانصهار والخصائص الميكانيكية للمادة تتغير كلها عندما يقل حجم الجسيمات عن قيمة حرجة من الحجم، حيث كلما اقترب حجم المادة من الأبعاد الذرية كلما خضعت المادة القوانين ميكانيكا الكم بدلاً من قوانين الفيزياء التقليدية. إن اعتماد سلوك المادة على حجمها يمكننا من التحكم بهندسة خواصها، وبناء عليه فقد استنتج الباحثون أن لهذا المفهوم آثاراً تقنية عظيمة تشمل مجالات تقنية واسعة ومتنوعة تشمل إنتاج مواد حقيقة وقوية، اختزال زمن توصيل الدواء الثانوي إلى الجهاز الدوري البشري، زيادة حجم استيعاب الأشرطة المغناطيسية وصناعة مفاتيح حاسوب سريعة .[1,b]

(2-1) مفهوم النانو

أن مفهوم النانو يعني مصطلح النانو وهو الجزء من المليار من المتر ؛ فالنانومتر هو واحد على المليار من المتر و لكي تتخيل صغر النانو متر تذكر ما يلي ؛ تبلغ سماكة الشعرة الواحدة للإنسان 50 ميكرومترا أي 50,000 نانو متر، وأصغر الأشياء التي يمكن للإنسان رؤيتها بالعين المجردة يبلغ عرضها حوالي 10,000 نانو متر، وعندما تصطف عشر ذرات من الهيدروجين فإن طولها يبلغ نانو مترا واحدا فيا له من شيء دقيق للغاية. و قد يكون من المفيد أن تذكر التعاريف التالية:

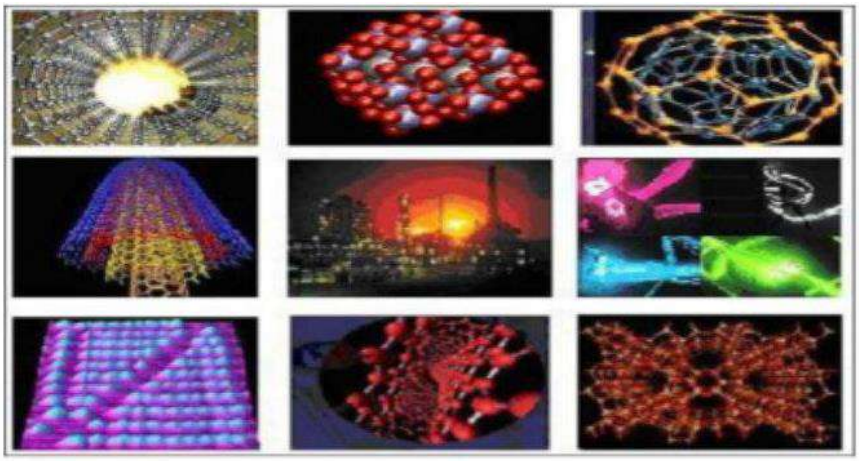
مقياس النانو : يشمل الأبعاد التي يبلغ طولها نانومترا واحدا إلى غاية ال100 نانو متر

علم النانو : هو دراسة المبادئ الأساسية للحزينات والمركبات التي لا يتجاوز قياسها ال100 نانو متر

تقنية النانو : هو تطبيق لهذه العلوم وهندستها لإنتاج مخترعات مفيدة

ويعرف النانوتكنولوجي كما يذكر الزهراني (2009م) الثانوتكنولوجي Nano technology هو التقنيات المصنوعة بأصغر وحدة قياس للبعد استطاع الإنسان قياسها حتى الآن (النانو متر)، أي التعامل مع أجسام ومعدات وآلات دقيقة جدا ذات أبعاد نانويه، (1 متر = 1000.000.000 نانومتر ، فالنانو هو أدق وحدة قياس مترية معروفة حتى الآن، ويبلغ طوله واحد من بليون من المتر أي ما يعادل عشرة أضعاف وحدة القياس الذري المعروفة

بالأنغستروم، و حجم الناتو أصغر بحوالي 80.000 مرة من قطر الشعرة، وكلمة النانو تكنولوجي تستخدم أيضاً بمعنى أنها تقنية المواد المتناهية في الصغر أو التكنولوجيا المجهرية الدقيقة أوتكنولوجيا المنمات .[1]



شكل رقم (1) مواد نانوية مختلفة

أن كلمة النانو مشتقة من الكلمة الأغريقية (Dwarf) والتي تعنى جزء من البليون من الكل، ويعرف النائومتر بأنه جزء من البليون من المتر، وجزء من الألف من الميكرومتر،وتتمثل تقنية النانو في توظيف التركيبات النانونية في أجهزة وأدوات ذات أبعاد نانوية، ومن المهم معرفة أن مقياس النانو صغير جداً جداً بحيث لا يمكن بناء أشياء أصغر منه. أن فكرة استخدام تقنية النانو تتلخص في إعادة ترتيب الذرات التي تتكون منها المواد في وضعها الصحيح، وكلما تغير

الترتيب الذري للمادة كلما تغير الناتج منها إلى حد كبير، وبمعنى آخر فإنه يتم تصنيع المنتجات المصنعة من الذرات، وتعتمد خصائص هذه المنتجات على كيفية ترتيب هذه الذرات، فإذا قمنا بإعادة ترتيب الدرات في الفحم يمكننا الحصول على الماس، أما إذا قمنا بإعادة ترتيب الذرات في الرمل وأضفنا بعض العناصر القليلة يمكننا تصنيع رقائق الكمبيوتر. وإذا قمنا بإعادة ترتيب الذرات في الطين والماء والهواء يمكننا الحصول على البطاطا.. وما يعكف عليه العلم الآن أن طريقة الترتيب بناء على النانو، من مادة إلى أخرى، وبحل هذا اللغز فإن ما كان يحلم به العلماء قبل قرون بتحويل المعادن الرخيصة إلى ذهب سيكون ممكنا، لكن الواقع أن الذهب سيفقد قيمته في هذه الحالة !! . [2]

(3-1)تاريخ النانو تكنلوجي وتطوره

انه لا يمكن تحديد عصر أو حقبة معينة لبروز تقنية النانو ولكن من الواضح أن من أوائل الناس الذين استخدموا هذه التقنية (بدون أن يدركوا ماهيتها) هم صانعي الزجاج في العصور الوسطى حيث كانوا يستخدمون حبيبات الذهب النانوية العربية للتلوين. وفي العصر الحديث ظهرت بحوث ودراسات عديدة حول مفهوم تقنية النانو وتصنيع موادها

وتوظيفها في تطبيقات متفرقة وسنعرض هنا لبعض الأحداث المثيرة التي صنعت مسيرة هذه التقنية وجعلتها تقنية المستقبل. ففي عام 1959 تحدث العالم الفيزيائي المشهور ريتشارد فيمان إلى الجمعية الفيزيائية الأمريكية في محاضرته الشهيرة بعنوان (هناك مساحة واسعة في الأسفل) قائلاً بأن المادة عند مستويات النانو (قبل استخدام هذا الاسم) بعدد قليل من الذرات تتصرف بشكل مختلف عن حالتها عندما تكون بالحجم المحسوس، كما أشار إلى إمكانية تطوير

طريقة التحريك الذرات والجزئيات بشكل مستقل والوصول إلى الحجم المطلوب، وعند هذه المستويات تتغير كثير من المفاهيم الفيزيائية فمثلاً تصبح الجاذبية أقل أهمية وبالمقابل تزداد أهمية التوتر السطحي وقوة تجاذب فاندر فالز،وقد توقع أن يكون للبحوث حول خصائص المادة عند مستويات النانو جوراً جذرياً في تغيير الحياة الإنسانية، وقبل هذه المحاضرة، وبالرغم من وجود أبحاث قليلة على مواد بمستوي النانو وإن كانت لم تسمى بهذا الاسم، فقد تمكن أهلير من تسجيل مشاهداته للسيلكون الأسفنجي (Porous silicon) عام 1956، وبعد ذلك بعدة سنوات تم الحصول على أشعاع مرئي من هذه المادة لأول مرة عام 1990 حيث زاد الاهتمام بها بعدئذ. [3]

كما أمكن في الستينات تطوير سوائل مغناطيسية (Ferro fluids) حيث تصنع هذه السوائل من حبيبات أو جسيمات مغناطيسية بأبعاد نانوية، كما اشتملت الاهتمامات البحثية في الستينات على ما يعرف بالرنين البارامغناطيسي الإلكتروني (EPR) لإلكترونات التوصيل في جسيمات بأبعاد نانوية تسمى آنذاك بالعوالق أو الغروانيات (Colloids) حيث تنتج هذه الجسيمات بالفصل أو التحلل الحراري composition -heat de -وفي عام 1969 اقترح ليو ايساكي تصنيع تركيبات شبه موصلة بأحجام النانو، وكذلك تصنيع شبيكات شبه موصلة مفرطة الصغر، وقد أمكن في السبعينات التنبؤ بالخصائص التركيبية للفلزات الثانوية كوجود أعداد سحرية عن طريق دراسات طيف الكتلة (mass spectroscopy) حيث تعتمد الخصائص على أبعاد العينة غير المتبلورة. كما أمكن تصنيع أول بئر كمي (quantum well) في بعدين في نفس الفترة بسماكة درية أحادية تلاها بعد ذلك تصنيع النقاط الكمية (quantum dots) ببعد صفري والتي تضحت مع تطبيقاتها هذه الأيام. وقد ظهر مسمى تقنية النانو عام 1979 عبر تعريف البروفيسور توربو تانيقوشي في ورقته العلمية المنشورة في مؤتمر الجمعية اليابانية للهندسة الدقيقة حيث قال (أن تقنية النانو ترتكز على عمليات فصل، الدماج، وإعادة تشكيل المواد بواسطة ذرة واحدة أو جزيء)، وفي نفس الفترة ظهرت مفاهيم علمية عديدة تداولتها الأوساط العلمية حول التحريك اليدوي

لذرات بعض الفلزات عند مستوي النانو، ومفهوم النقاط الكمية، وإمكانية وجود أوعية صغيرة جدا تستطيع تقييد إلكترون أو أكثر. ومع اختراع الميكروسكوب النفقي الماسح (Scamming Tunneling Micropscpe

STM بواسطة العالمان حيرد بينج وهينريك روهر عام 1981، وهو جهاز يقوم بتصوير الأجسام بحجم النانو زادت البحوث المتعلقة بتصنيع ودراسة التركيبات الثانوية للعديد من المواد، وقد حصل العالمان على جائزة نوبل في الفيزياء عام بسبب هذا الاختراع، وبعد ذلك بعدة سنوات تحح العالم الفيزيائي دون ايجار في معامل IBM في تحريك الذرات باستخدام جهاز الميكروسكوب النفقي الماسح، مما فتح مجالاً جديداً لإمكانية تجميع الذرات المفردة

مع بعضها، وفي نفس الوقت تم اكتشاف الفلورينات بواسطة هارولد كرونو، ريتشارد سمالي وروبرت كيرل، وهي عبارة عن جزيئات تتكون من 60 ذرة كربون تتجمع على شكل كرة قدم (وقد حصلوا على حائزة نوبل في الكيمياء1996). وفي عام 1995 تمكن العالم الكيميائي منجي باوندي من تحضير حبيبات من شبه الموصلات الكادميوم / الكبريت (أو السلينيوم) أصغرها ذات قطر 3 - 4 نانومتر. أما طرق تحضير العينات الثانوية غير المتبلورة والمعتمدة

على تقنيات الليزر، البلازما أو الحفر بشعاع الكتروني وغيرها فقد وجدت منذ منتصف الثمانينات . كما أن المفهوم الفيزيائي للتقييد الكمي الإلكتروني (quantum continement) قد بدأ في أوائل الثمانينات أيضاً، [4]

وقد سجلت أول قياسات على تكميم التوصيلية في نهاية الثمانينيات وأمكن تصنيع أول ترانزيستور وحيد الإلكترون(single electron transistor) وفي عام 1991 تمكن البروفيسور سوميو ليحيما من جامعة ميجي من اكتشاف أنابيب الكربون الثانوية، وهي عبارة عن أنابيب أسطوانية مجوفة قطرها بضعة نانومتر ومصنوعة من شرائح الجرافيت، وبعد ذلك تم اكتشاف ترانزستور أنابيب الكربون الثانوية عام 1998، حيث يصنع على صورتين أحداها معدنية والأخرى شبه – موصلة، ويستخدم هذا الترانزستور في جعل الإلكترونات تتردد جيئة وذهاباً - إلكترودين. وتكمن أهمية هذا الترانزستور ليس فقط في حجمه الثانوي ولكن أيضا بانخفاض استهلاكه للطاقة وانخفاض الحرارة المنبعثة منه، وفي عام 2000 تمكن العالم الفيزيائي المسلم منير نايفه من اكتشاف وتصنيع عائلة من حبيبات السليكون أصغرها ذات قطر 1 نانو وتتكون من 29 درة سليكون سطحها على شكل الفولورينات الكربونية إلا أن داخلها غير

عبر فارغ وإنما تتوسطها ذرة واحدة منفردة ، هذه الحبيبيات عند تعريضها لضوء فوق بنفسجي فإنها تعطي ألوانا مختلفة حسب قطرها تتراوح بين الأزرق والأخضر والأحمر، أما التجمع الذاتي (self-assembly) للجزيئات، أو ربطها تلقائياً مع سطوح فلزية فقد أصبحت في الوقت الحاضر ممكنة لتكوين صف من الجزئيات على سطح ما كالذهب وغيره، إن من وجهة النظر الفيزيائية الالكترونية يعتمر النانو تكنول حي الجيل الخامس الذي ظهر في عالم الإلكترونيات الذي يمكن تصنيف ثوراته التكنولوجية على أساس أنها مرت بعدة أحيال شكلت أسباب الورود الحقيقي للنانو الذي عن المرحلة الراهنة لها :

- الجيل الأول ويتمثل في استخدام المصباح الإلكتروني (Lamp) بما فيه التلفزيون .
- الجبل الثاني ويتمثل في اكتشاف الترانزيستور، وانتشار تطبيقاته الواسعة.
- الجيل الثالث من الإلكترونيات ويتمثل في استخدام الدارات التكاملية (Integrate Circuit ،) وهي عبارة عن قطعة صغيرة جداً شكلت ما تشكله تقنيات النانو في وقتنا الحالي من قفزة هامة في تطور وتقليل حجم الدارات الالكترونية فقد قامت باحترال حجم العديد من الأجهزة بل رفعت من كفاءتها وعددت من وظائفها.
- الجيل الرابع ويتمثل في استخدام المعالجات الصغيرة(Microprocessor)، الذي أحدث ثورة هائلة في مجال الإلكترونيات بإنتاج الحاسبات الشخصية (Personal Computer) والرقائق الكومبيترية السيليكونية التي أحدثت تقدماً في العديد من المجالات العلمية والصناعية.
- الجيل الخامس ويتمثل فيما صار يعرف باسم النانو تكنولوجي nano technology وهو الجيل الحالي . [5]

(4-1)خواص المواد النانوية:

يمكن القول أن المواد النانوية هي تلك الفئة المتميزة من المواد المتقدمة التي يمكن إنتاجها بحيثتتراوح مقاييس أبعادها أو أبعاد حبيباتها الداخلية بين 1 نانومتر و 100 نانومتر وقد أدى صغرهذه المواد أن تختلف صفاتها عن المواد الأكبر حجما (أكبر من 100 نانومتر) . وتعد هذه المواد هي مواد البناء للقرن الحادي والعشرين وركن مهم من أركان تكنولوجيات هذا القرن. وتتنوع المواد الثانوية من حيث المصدر، وتختلف باختلاف نسبها ، كان تكون موادعضوية أو غير عضوية – طبيعية أو مخلفة (مصنعة) .

خواص المواد النانوية :

1-الخواص الميكانيكية: ترتفع قيم الصلابة للمواد الفلزية وسبانكها وكذلك تزيد مقاومتها لمواجهة إجهادات الأحمال المختلفة الواقعة عليها وذلك من خلال تصغير مقاييس حبيبات المادة والتحكم في ترتيب ذراتها، فمثلاً إذا قمنا بتصغير حبيبات المواد السيراميكية إلى إكسابها المزيد من المتانة وهي صفة لا توجد في مواد السيراميك العادية.

2- درجة الانصهار: تتأثر قيم درجات حرارة انصهار المادة بتصغير أبعاد مقاييس حبيباتها فمثلاً درجة انصهار الذهب هي 1064 درجة مئوية، وإذا قمنا بإنقاص أقطار حبيبات الذهب فإن درجة الانصهار تنقص حوالي 500 درجة مئوية.

3 - الخواص المغناطيسية: تعتمد قوة المغناطيس اعتماداً كلياً على مقياس أبعاد حبيبات المادة المصنوع منها المغناطيس، وكلما صغر حجم الجسيمات النانوية وتزايدت مساحة أسطحها الخارجية ووجود الذرات على تلك الأسطح كلما زادت قوة المغناطيس وشدته،

4- الخواص الكهربائية: إن صغر أحجام حبيبات المواد النانوية يؤثر إيجاباً على خواصها الكهربائية حيث تزداد قدرة المواد على توصيل التيار الكهربائي، حيث تستخدم المواد النانوية في صناعة أجهزة الحساسات الدقيقة والشرائح الالكترونية في الأجهزة الحديثة وهي ذات مواصفات تقنية عالية. [6]

5- الخواص الكيميائية: إذا كانت الجسيمات الثانوية متجانسة وبنفس الحجم فإن تفاعلها يزداد . [7]

(5-1) تصنيع المواد النانوية

عند تصنيع المواد بحجم النانو فإن التركيب الفيزيائي والتركيز الكيميائي للمواد الخام المستخدمة في التصنيع تلعب دوراً مهماً في خصائص المادة الثانوية الناتجة، وهذا خلافاً لما يحدث عند تصنيع المواد العادية، تتركب المواد عادة من مجموعة من الحبيبات والتي تحتوي على عدد من الذرات وقد تكون هذه الحبيبات مرتبة أو غير مرئية للعين المجردة بناء على حجمها، ويمكن ملاحظتها بواسطة الميكروسكوب. ففي هذه المواد يتفاوت حجم الحبيبات يكون من مئات الميكرومترات إلى سنتيمترات، أما في المواد النانوية فإن حجم الحبيبات يكون في حدود 1-100 نانومتر. هناك طريقتان لتصنيع حجم نانوي من المادة أحدهما من الأعلى للأسفل (UP - DOWN) حيث تبدأ هذه الطريقة حجم محسوس من المادة محل الدراسة وتصغر شيئاً فشيئاً حتى الوصول إلى المقياس الثانوي، ومن التقنيات المستخدمة في ذلك الحفر الضولي، القطع، الكحت والطحن. وقد استخدمت هذه التقنيات للوصول إلى مركبات الكترونية مجهريه كشرائح الكمبيوتر وغيرها. أصغر حجم أمكن الوصول إليه في حدود 100 نانومتر ولا زال البحث مستمراً قلي الحصول على أحجام أصغر من ذلك. [8]

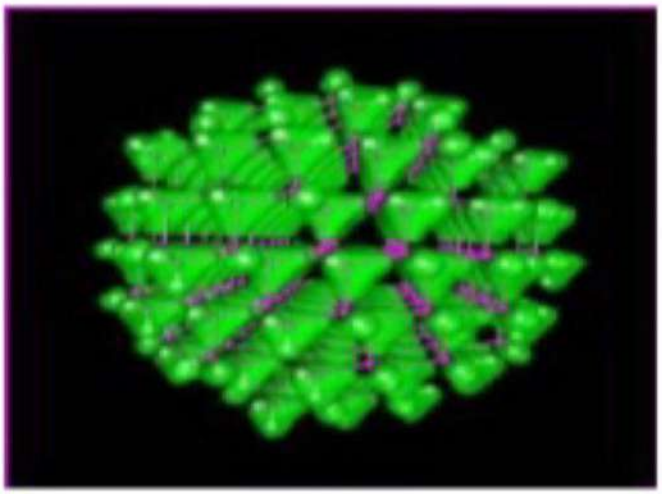
أما الطريقة الأخرى فهي من الأسفل للأعلى (BOTTOM-UP) حيث تبدأ هذه الطريقة تحديثات منفردة كأصغر وحدة وتجمع في تركيب أكبر، وغالباً ما تكون هذه الطرق كيميائية، وتتميز بصغر حجم النواتج (نانومتر واحد)، قلة هدر للمادة الأصلية والحصول على قوة ترابط بين الجسيمات الثانوية الناتجة، يمكن فحص ودراسة خصائص المواد الثانوية والتأكد من تركيبها باستخدام عدد من الأجهزة والتقنيات العلمية من أهمها : المجهر الإلكتروني الإنفاذي (tem)، المجهر الإلكتروني الماسح (SEM)، مجهر القوى الذرية (AFM) مع العوازل، وحيوية الأشعة السينية (XRD). ويمكن تصنيع المواد الثانوية على عدة أشكال وذلك بناء على الاستخدام المقرر لهذه المواد. [9]

(6-1)أشكال المواد الثانوية:

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

1 - النقاط الكمية (Quantum Dots):

هي عبارة عن تركيب نانوي شبه موصل ثلاثي الأبعاد يتراوح بعدة بين 2 و10 نانومتر, وهذا يقابل 10- 50 ذرة في القطر الواحد، و 100- 100000 ذرة في حجم النقطة الكمية الواحدة. وعندما يكون قطر النقطة الكمية يساوي 10 نانومتر فإنه إذا رصفنا 3 ملايين نقطة كمية بجانب بعضها البعض تحصل على طول يساوي عرض إصبع إبهام الإنسان.



شكل رقم (2)

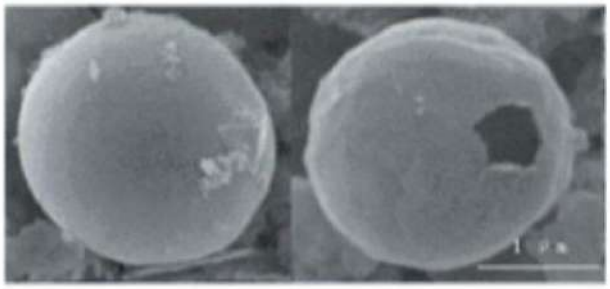
2 - الفولورين (Fullerene):

تركيب نانوي غريب آخر للكربون وهو عبارة عن جزيء مكون من 60 ذرة كربون ورمز لها بالرمز C وقد اكتشف عام 1985، 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". وقد نشأ فرع كيمياء جديد يسمى الفولورين حيث عرف أكثر من 9000 مركب فولورين منذ عام 1997 وظهرت تطبيقات مختلفة لكل من هذه المركبات ومنها المركبات RbCSC KC0 التي أبدت توصيلية فائقة, كما اكتشفت أشكال أخرى منها كالفولورين المخروطي والأنبوبي والكروي.

شكل رقم (3)

3- الكرات الثانوية (Nano balls)

من أهمها كرات الكربون النانوية التي تنتمي إلى فئة الفولورينات من مادة ولكنها تختلف عنها قليلا بالتركيب حيث أنها متعددة القشرة، كما أنها خاوية المركز. والكرات الثانوية لا يوجد على سطحها فجوات وبسبب أنا تركيبها يشبه البصل فقد سماها العلماء (البصل), وقد يصل قطر الكرة الواحدة إلى500 نانومتر أو أكثر

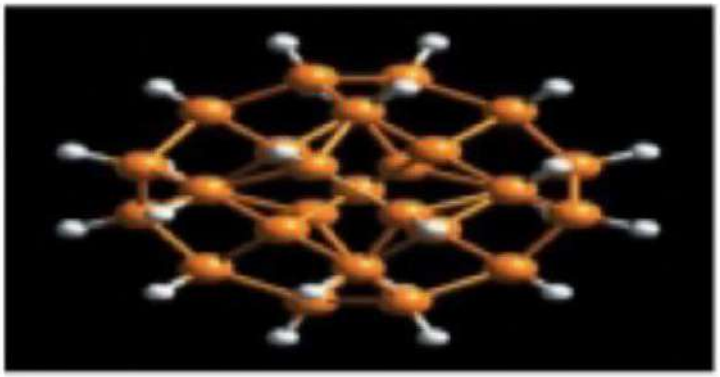


شكل رقم (4)

4 - 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 جزيني ميكروسكوبي يتراوح عندها من بضع ذرات (جزيء) إلى مليون ذرة، وتكون مرتبطة مع بعضها البعض بشكل كروي تقريباً ونصف قطره أقل من 100 نانومتر. عندما يصل حجم الجسيم الثانوي إلى مقياس النانو في بعد واحد فإنها تسمى البئر الكمي(Quantum well), اما عندما يكون حجمها الثانوي في بعدين فتسمى السلك الكمي(Quantum wire) ، وعندما يكون ب 3 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 التركيبات الثانوية. لقد أمكن حديثاً تصنيع جسيمات نانوية من الفلزات والعوازل وأشباه الموصلات والتركيبات المهجنة (مثل الجسيمات الثانوية المغلفة) وكذلك تصنيع نماذج لجسيمات نانوية ذات طبيعة شبه صلبة، وتعتبر جسيمات النحاس النانوية (أقل من 50 نانومتر) ذات صلابة عالية وغير قابلة للطرق والسحب على عكس حسيمات النحاس العادية حيث يمكن ثنيها وطرقها وسحبها.



شكل رقم (5)

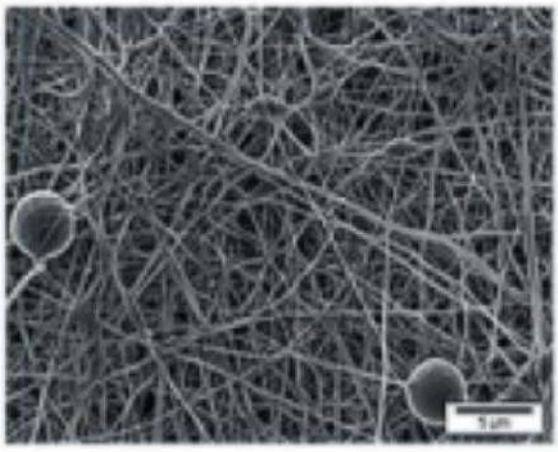
5 - الأنابيب النانوية (Nanotubes):

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)، تتمتع هذه الأنابيب بالقوة والصلابة والناقلية الكهربائية، ولكن أكاسيد الفلزات تكون أنقل وأضعف من أنابيب الكربون. ويتراوح قطر الأنبوب الثانوي بين 1 نانومتر و 100 نانومتر وطولها يبلغ 100 ميكرومتر ليشكل سلك نانوي للأنابيب الثانوية عدة أشكال، فقد تكون مستقيمة، لولبية، متعرجة، خيزرانية

شكل رقم (6)

6- الألياف النانوية (Nano fibers):

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



شكل رقم (7)

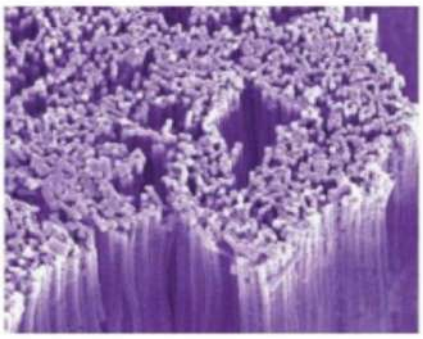
7 - المركبات الثانوية (Nanocomposites) :

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 0.5% إلى 5%) وذلك بسبب أن النسبة بين المساحة السطحية إلى الحجم للجسيمات الثانوية تكون عالية.

8- الأسلاك النانوية (Nano wires):

هي أسلاك نانوية قد يقل قطرها عن نانومتر واحد وبأطوال مختلفة، أي نسبة طول إلى عرض تزيد عن 1000 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. للأسلاك النانوية العديد من الاستخدامات المستقبلية كربط مكونات الكترونية داخل دائرة صغيرة وبناء الدوائر الالكترونية المنطقية وقد تستخدم مستقبلاً لتصنيع الكمبيوتر الرقمي



شكل رقم (8)

الفصل الثاني

تطبيقات نانو

(1-2) - تطبيقات النانو

لقد تطرقنا في بداية حلقة البحث إلى الحديث عن تطبيقات هذه التقنية في القديم كالزجاج الملون والسيف الدمشقي أما الآن فسوف نتحدث عن مجالات استخدام تقنية النانو في الوقت الحاضر وفي المستقبل في مختلف النواحي والمجالات الحياتية وهي خلاصة ما يهم من هذه التقنية فالعلماء يسعون لاستخدامها في خدمة البشرية.

(2-2)تطبيقات النانو 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 الثانوية في أجهزة الاختيار المنزلي للكشف عن الحمل.

الكشف عن الأمراض: إن الأسلاك النانوية تستخدم كمجسات حيوية ثانوية 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 الثانوي في اكتشاف عدد كبير من الأمراض في مراحلها الأولية، وذلك بإدخال أعداد كبيرة من الأسلاك الثانوية داخل الجسم يتم طلائها بأجسام مضادة مختلفة، تمثل مجسات مختلفة.

في علاج السرطان تستخدم الأغلفة الثانوية المطلية بالذهب لتدمير الخلايا السرطانية، ويبلغ طول هذه الأغلفة النانوية حوالي 120 نانومتر وهي أصغر من حجم خلية السرطان حوالي

170 مرة, وعندما تحقن هذه الأغلفة الثانوية داخل الجسم فإنها تلتصق تلقائياً بالخلايا السرطانية، ومن ثم يتم تعريض تلك الخلايا لأشعة ليزر تحت الحمراء لتعمل بدورها على تسخين الذهب ورفع درجة حرارته مما يؤدي إلى احتراق تلك الخلايا وموتها. وتمتاز هذه الطريقة بالدقة

والموضوعية نظراً لصغر الأغلفة الثانوية بالنسبة للخلايا وتركزها بالخلايا المريضة فقط سما يجعل الخلايا السليمة بعيدة عن الخطر وعن الآثار الجانبية لتلك الطريقة. [9]

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 650 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 بثقب الجدار الخلوي البكتيري أو الخلايا المصابة بالفيروس مما يسمح للماء بالدخول إلى داخل الخلايا فتقتل .

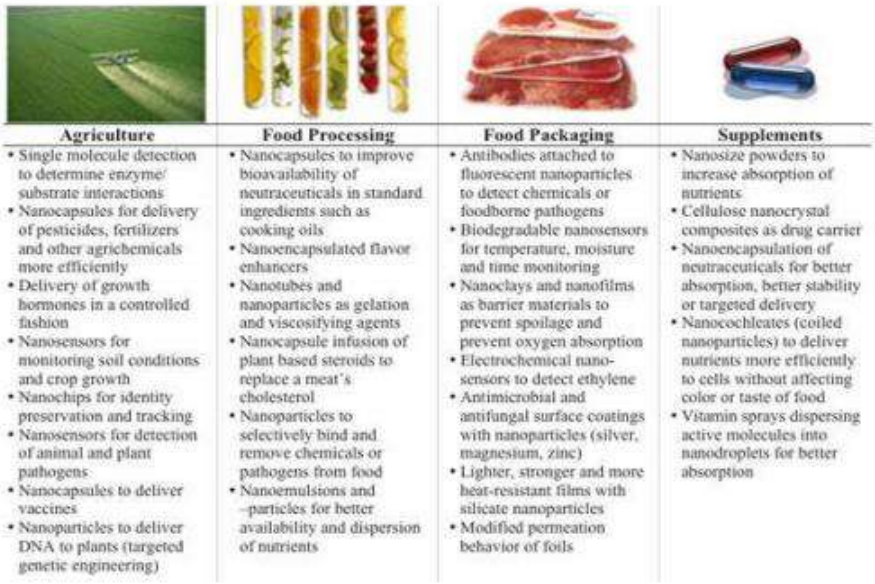
في مجال العمليات الجراحية:قامت شركة (كورفس) بصناعة روبوت صغير بحجم النانومتر يستخدم كمساعد للأطباء في العمليات الجراحية الحرجة والخطرة، حيث يستطيع الطبيب التحكم في الروبوت بواسطة جهاز خاص مما يساعد في إنجاز العملية بكفاءة عالية وبدقة متناهية. وبالطبع فهي أفضل من الطرق التقليدية للعمليات الجراحية وأقل 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.[10] 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[11]

(3-2) تطبيقات النانو في مجال الغذاء

إن "الغذاء الثانوي" أو nanofood تعبير يطلق على الغذاء الذي استعمل في إنتاجه أو في أي مرحلة من مراحل إنتاجه تقنية النانو، و بعبارة أخرى هو الغذاء الذي يتم إستخدام تقنية النانو في زراعته أو معالجته أو تعليقه. وحالياً يعتبر التغليف إحد أكثر التطبيقات العملية لتقنية النانو حيث يتم فيها إستعمال جسيمات النانو طين (Nanoclay) في صنع أغلقة بلاستيكية قوية وخفيفة ومقاومة للحرارة و قادرة على منع الأوكسجين وثاني أكسيد الكاربون من الدخول و إفساد الأطعمة، و إضافة الى ذلك يتم تطبيق تقنية النانو ايضاً لصنع تعليف خاص مقاوم للمكروبات

والبكتيريا. وتسعى شركات الغذاء لتطبيق التقنيات الحديثة مثل تقنية النانو من أجل انتاج افضل للمحاصيل الزراعية، حيث يعتقد العلماء إن إستخدام تقنية النانو سيساعد شركات الغلاء على إنتاج مواد غذائية خالية من أضرار المواد الحافظة واقل كذلك لمنأ مما هي عليه اليوم، وذلك من خلال إستخدام اقل للمواد الغذائية مستقبلاً، وهناك بعض المنتجات أنتجت عن طريق تقنية النانو ومثل هذه المنتجات موجودة في بعض أنواع الغذاء مثل بعض أنواع العصائر، ومن المتوقع أن تساهم تقنية النانو في تحقيق تقدم في كثير من مجالات الزراعة والغذاء

والطاقة وكذلك توفير الماء النقي، تعتبر هذه التقنية حديثة على المستوى العالمي[12]



Agriculture	Food Processing	Food Packaging	Supplements
• Single molecule detection to determine enzyme/ substrate interactions • Nanocapsules for delivery of pesticides, fertilizers and other agrichemicals more efficiently • Delivery of growth hormones in a controlled fashion • Nanosensors for monitoring soil conditions and crop growth • Nanochips for identity preservation and tracking • Nanosensors for detection of animal and plant pathogens • Nanocapsules to deliver vaccines • Nanoparticles to deliver DNA to plants (targeted genetic engineering)	• Nanocapsules to improve bioavailability of neutraceuticals in standard ingredients such as cooking oils • Nanoencapsulated flavor enhancers • Nanotubes and nanoparticles as gelation and viscosifying agents • Nanocapsule infusion of plant based steroids to replace a meat's cholesterol • Nanoparticles to selectively bind and remove chemicals or pathogens from food • Nanoemulsions and –particles for better availability and dispersion of nutrients	• Antibodies attached to fluorescent nanoparticles to detect chemicals or foodborne pathogens • Biodegradable nanosensors for temperature, moisture and time monitoring • Nanoclays and nanofilms as barrier materials to prevent spoilage and prevent oxygen absorption • Electrochemical nano-sensors to detect ethylene • Antimicrobial and antifungal surface coatings with nanoparticles (silver, magnesium, zinc) • Lighter, stronger and more heat-resistant films with silicate nanoparticles • Modified permeation behavior of foils	• Nanosize powders to increase absorption of nutrients • Cellulose nanocrystal composites as drug carrier • Nanoencapsulation of neutraceuticals for better absorption, better stability or targeted delivery • Nanocochleates (coiled nanoparticles) to deliver nutrients more efficiently to cells without affecting color or taste of food • Vitamin sprays dispersing active molecules into nanodroplets for better absorption

شكل رقم (1)

(4-2) تقنية النانو في مجال الزراعة

أما في مجال الزراعة فإن تقنية النانو سوف تعمل على تحسين قوة المبيدات الكيميائية مع تخفيض تكلفة المعالجة الكيميائية للمحاصيل مما يعطي فعالية كبيرة في القضاء على الحشرات و الآفات التي تفتك بالمحاصيل الزراعية، إلى جانب كونها مأمونة الإستعمال ، و ايضاً يتم تطوير أدوات نانو خاصة تساعد على تحسين الإمتصاص الغذائي للنباتات مما يؤدي إلى الزيادة في نمو النباتات وتحسين إنتاجها، و كذلك باستخدام تقنية النانو يمكن صنع noll نانو لها القدرة على إكتشاف الأمراض التي تصيب النباتات وعرضها بشكل واضح مما يساعد المنتجين على مراقبة محاصيلهم بطريقة أكثر علمية و إحترافية، ولقد تطورت طرق الزراعة و إنتاج الأغذية بشكل كبير خلال العشر سنوات الماضية، وتسعى شركات الغذاء لتطبيق التقنيات الحديثة مثل تقنية النانو من أجل انتاج افضل للمحاصيل الزراعية، حيث يعتقد العلماء إن إستخدام تقنية النانو سيساعد شركات الغذاء على إنتاج مواد غذائية حالية من أضرار المواد الحافظة واقل كذلك ثمنا مما هي عليه اليوم، وذلك من خلال إستخدام اقل للمواد الكيميائية في تحضير و إنتاج المواد الغذائية مستقبلاً. [13]

النانو».. الحل لمشكلات العالم في الطاقة والغذاء ونقص الماء

توقع الدكتور ريكي يادا المدير العلمي لكرسي كندا البحثي لتركيب بروتين الغذاء، أن يكون علم وتقنية النانو أحد حقوق العلم الأكثر إثارة منذ أمد بعيد، مشيرا إلى أن لهذه التقنية قدرة على إعطاء حلول مبتكرة للمشكلات الكبيرة التي يواجهها العالم فيما يخص إنتاج الطاقة والتغلب على نقص الغذاء والمياه الصالحة للشرب وقال خلال المؤتمر السعودي الخامس للغذاء والتغذية الذي دشنه الأمير الدكتور منصور العزيز وزير الشؤون البلدية والقروية، أمس في الرياض: «إن التطبيقات المحتملة لتقنية النانو في مجال علوم وتقنية الأغذية تعد من المحالات الجديدة في هذا الخصوص» .وعاد ليتوقع أن يكون لسوق الغذاء والزراعة على مستوى الثانو تأثير اقتصادي كبير يقدر بمليارات الدولارات، وتأثير خاص في مجالات الزراعة مثل جزيئات الثانو ومستحلبات الثاني في المبيدات، وسلامة الغذاء والأمن الحيوي وتطوير المنتجات[14]

Kitchen Nano Garden حديقة نانو داخل المطبخ

صممت شركة Hyundai حديقة نانو داخل المطبخ وهو يشبه الثلاجة وهي تستخدم الزراعة المائية و بة ويتم التحكم وتحديد الضوء والماء والإمدادات الغذائية المناسبة بدلا من ضوء الشمس وهي تتيح للمستخدمين تحديد سرعة النمو وبدون اللجوء إلى المبيدات أو الأسمدة. وهي كذلك تعمل على تنقية الهواء ، والقضاء على الروائح الكريهة، وبذلك يمكن الحصول على محاصيل نظيفة غير مضرة بالبيئة كما في شكل 9 . [15]

Hyundai Engineering & Construction and Gromo

شكل (3)

(5-2)تطبيقات النانو في الصناعة :

لقد فتحت العلوم والتقنيات المتناهية في الشعر الباب أمام تطبيقات متعددة ومتنوعة تشمل مختلف المجالات العلمية والصناعية. تكتم هذه العلوم وهذه التقنيات بأجسام ذات أبعاد نانومترية؛ تتميز بخواص ميكانيكية، كيميائية، إلكترونية وكهربائية جديدة، نظرا لارتفاع نسبة سطحها على حجمها، وفي هذا الجزء سنتطرق إلى تطبيقات النانو في الصناعة والتي بدأت تنتشر انتشارا واسعا وتلقى قبولا كبيرا نظرا لجودتها ودقتها، وتطبيقات النانو في الصناعة كثيرة ولايمكن حصرها في هذا الجزء من البحث الذي سنحاول من خلاله التطرق إلى أهم هذه التطبيقات في عصرنا الحالي

1-في مجال صناعة الورق :

تم استخدام تقنيات النانو تكنولوجي لتطوير صناعة الورق في مصر في إنجاز علمي مهم، وقد تمكن فريق بحثي بالمركز القومي للبحوث من تحضير أنواع متطورة من الورق من ألياف نانو متربة تم استخدامها من المخلفات الزراعية مثل قش الأرز ومصاصة القصب، ويتميز هذا النوع من الورق المحضر بتكنولوجيا النانو بمواصفات عالية الجودة والمتانة تتفوق علي الورق المحضر بالطرق التقليدية. وأشار الدكتور هاني الناظر رئيس المركز القومي للبحوث، إلى أنه باستخدام النانو سوف يحدث طفرة في صناعة الورق في مصر، حيث يمكن الاستغناء نسبيا عن استيراد لب الورق ذي الألياف الطويلة كما يمكن تصنيع ورق بمواصفات أعلي في الجودة بطرق ميكانيكية حديثة ومتطورة، وقد تم التوصل من خلال النتائج الأولية للأبحاث الى أنواع متطورة من الورق من الألياف النانومترية لقش الأرز ومصاصة القصب لها قود شد تعادل من أربعة الى خمسة أضعاف قوة الشد للورق المحضر صناعيا بالطرق التقليدية . [16]

2-بطاريات جديدة من فيروسات معدلة وراثياً ـ وبتقنية النانو :

أعلن باحثون بمعهد تكنولوجيا ماساتشوستس أنهم توصلوا إلى صنع بطاريات صديقة للبيئة يمكنها تزويد السيارات الهجين والهواتف النقالة بالطاقة اللازمة، وذلك باستخدام تقنية النانو المتناهية الصغر والفيروسات المعدلة وراثيا وفق تقرير مجلة "كومبيوترورلد". وذكرت مصادر المعهد أن فيروسات تصيب البكتيريا ولا تضر الإنسان، قد استخدمت لبناء الطرفين المشحونين بالسالب والموجب (القطبين) لبطاريات أيونات ليثيوم، لها نفس الطاقة والقدرة والأداء لأحدث الطرازات القابلة للشحن، بحيث تشغل سيارات الطاقة المحينة والأجهزة الإلكترونية الشخصية، ولدى اختيار تلك البطاريات في المعامل، أمكن لمادة القطب السالب الجديدة (الكاثود) أن تشحن وتفرغ أكثر من مائة مرة دون أن تفقد أي جزء من سعتها وقدرتها الكهربائية. وكانت رئيسة المعهد سوزان هو كفيلد قد أخذت الأسبوع الماضي نموذجا أوليا من البطارية الجديدة إلى البيت الأبيض، وناقشت التمويل الاتحادي لمشروعات تطوير تقنيات الطاقة النظيفة مع الرئيس باراك أوباما. وتمكن هذه التقنية بطاريات أيونات ليثيوم من الشحن في ثوان وليس ساعات. ويأملون أن يؤدي هذا الإنجاز إلى بطاريات أصغر وأسرع شحنا لاستخدامها في الهواتف النقالة والأجهزة الأخرى. وكان فريق بحثي آخر من المعهد قد أعلن أيضا في فبراير شباط الماضي عن تصميم رقاقة رقمية ذات كفاءة عالية باستخدام الطاقة، يمكنها تشغيل أجهزة طبية مزروعة بجسم الإنسان، باستخدام حرارة الجسم كمصدر للطاقة. ولكن لا تزال الرقاقة الجديدة في مرحلة إثبات صحة الفكرة، وهي تستخدم طاقة

أقل بعشر مرات من الرقاقات التقليدية الأخرى، وهذا ما قد يزيد من عمر بطارية الجهاز الطبي، أما في البطاريات الخضراء الحديدة، فقد أمكن للفيروسات المعدلة وراثيا أن تكون في الواقع

الأقطاب الموجبة (الأنودات) للبطاريات. ويذكر تقرير المعهد أنه في بطاريات أيونات ليثيوم التقليدية، تتدفق أيونات ليثيوم بين الأنود سالب الشحن المصنوع من الغرافيت والكاثود موجب الشحن المصنوع من أكسيد الكوبلت أو فوسفات الحديد. وبحسب علماء مشروع البحث، فإن تقنية الفيروسات المعدلة قد تم التوصل إليها منذ سنوات حيث تقوم ببناء أنود سالب الشحنة بتغليف نفسها بطبقة من أكسيد الكوبلت والذهب، ثم تتجمع الفيروسات لتكون سلكا متناهي الدقة. لكن في الآونة الأخيرة، قام فريق البحث بهندسة تعديل فيروسات تغلف نفسها بفوسفات الحديد. ثم تقيد نفسها إلى أنابيب نانومترية (متناهية الصغر) من الكربون لإيجاد شبكة فائقة التوصيل. ويمكن للإلكترونات الانتقال عبر شبكات أنابيب الكربون الثانومترية، ناقلة الطاقة بسرعة كبيرة، وجاءت إضافة أنابيب الكربون النانومترية لتزيد مستوى الموصلية بدون إضافة وزن ثقيل للبطارية، ويرجح لبطاريات تبنى هذه التقنية أن تكون

خفيفة الوزن ومرنة بما يكفي لاتخاذ شكل حاوياتها[17]

3-صناعة الطائرات و السيارات:

تقدم تقنية النانو الكثير لتحسين الصناعة في هذا المجال، فمثلا تتدخل هذه التقنية في صناعة الأبواب و المقاعد و الدعامات، و من أهم مميزات هذه القطع المحسنة أنها صلبة و ذات مرونة عالية في نفس الوقت كما أنها تتميز بخفة وزها. و تدخل النانو أيضا في تحسين الزجاج بشكل عام و تحسين زجاج النوافذ بشكل خاص حيث يصبح عالي الشفافية، وذلك باستخدام نوع معين من جسيمات النانو في صناعة نوع من الزجاج يعرف باسم "الزجاج النشط"، حيث أن هذه الجسيمات تتفاعل مع الأشعة الفوق بنفسجية فتهتز مما يزيل الرواسب و الأوساخ و الغبار الملتصق بالسيارات كما أن هذه الجسيمات تتميز بأنها تشكل سطحا قابلا للماء مما يجعل تنظيفها أمرا سهلا لدرجة أنه أطلق عليه اسم "زجاج التنظيف الذاتي ". و من ميزات القطع المحسنة المستخدمة في صناعة الأجزاء الداخلية أنها تقلل من استهلاك الوقود.،كما أنها ستساعد في صنع محركات نفاثة تتميز بهدولها و أدائها العالي، [18]

3-المنتجات الرياضية:

تستخدم تقنية النانو في هذا المجال بشكل عام لهدفين، أولا لتقوية الأدوات الرياضية، و ثانيا لإكسابها المرونة و الحقة. حيث أن بعض جسيمات النانو أقوى بمائة مرة من المعدن الصلب و أخف منه بست مرات، و من المنتجات التي تم

تحسينها: مضارب الهوكي، مضارب البيسبول، مضارب و كرات التنس، كرات القولف . [18]

3-صناعة الدهانات و الأصباغ:

تتميز هذه الدهانات بأن لها القدرة على مقاومة الخدش و الشاكل و التفتت مما سيجعلها مناسبة تماما لدهن السفن والمراكب. [18]

4-صناعة الشاشات

تتميز الشاشات التي تم تحسينها بتقنية النانو بأنها توفر كثيرا من الطاقة التي تستهلك في تشغيلها، كما أنها ستتميز بوضوح و دقة عالية. أما بالنسبة لحجمها فهي تتميز بصغر سماكتها و خفة وزنها . [18]

5-تنقية المياه:

و يعتبر من أهم التطبيقات التي تستخدم النانو حيث أن الكثير من الدول النامية تعاني من نقص في المياه و إذا ما استخدمت النانو في تنقيتها و معالجتها و تحليتها فإن ذلك سيؤدي إلى توفر المياه بشكل أكبر. كما أن درجة نقاء المياه ستكون أعلى من السابق حيث ستعمل جسيمات النانو المستخدمة على حجز و منع مرور العوالق و الكائنات الحية الدقيقة في المياد. و الجدير بالذكر هنا قيام فريق بحثي سعودي باسم مدينة الملك عبد العزيز للعلوم و التقنية بالحصول على تسجيل حقوق اختراع لأغشية جديدة تحلي الماء من الأملاح و تنقيها من المواد السامة بكفاءة و سرعة

عالية و ذلك بالاعتماد على تقنية النانو . [18]

6-صناعة الملابس :

كشف علماء في معهد فراو نهوفر الألماني المعروف عن إنتاج أنسجة رقيقة يمكن للإنسان أن يغير لونها حسب الطلب . وأوضح العلماء أنه يمكن لتقنية النانو تكنولوجي أن تحدث ثورة في عالم الأنسجة والملابس بعد أن اقتحمت في السابق عوالم صناعة الأجهزة والمعدات والمواد الدقيقة، وجاء في تقرير للمعهد لاقتصاد العمل والتنظيم أن أربعة معاهد تابعة له، تحتم بأبحاث البوليمر والسيلكون والمواد والفيزياء، شاركت في الاختراع، وتتكون الأقمشة الرقيقة، التي تصلح أيضا لكسو الأقمشة والسطوح من الخارج، من كريات ثانوية بالغة الصغر تغير لونها حسب طول الموجات الضوئية التي تنعكس عليها. وذكر فلوريان روتفوس، من معهد فراونحوفر، أن العلماء توصلوا إلى صنع «ماتريكس» النسيج من خلال مزج الكريات الثانوية مع صيغة عديمة اللون. وأبدت صناعة الأنسجة من كافة أنحاء العالم اهتمامها بالاختراع بغية إحداث ثورة في عالم الموضة والأنسجة والملابس، كما أعربت شركات أخرى تهتم بالبناء بالاختراع برغبة صناعة ورق جدران يغير لونه حسب الطلب واعتماد العلماء الألمان في اختراعهم على نتائج دراسة نشرها الأميركي يادون ين عام 2007، من جامعة كاليفورنيا، في محلة «الكيمياء التطبيقية. وذكر «بن» حينها أنه نجح في التوصل إلى إنتاج بلورات من أكسيد الحديد تغير لونها باستخدام مادة رابطة تتفاعل مع مجال مغناطيسي معين، كانت مشكلة بن أنذاك هي أن النسيج المنتج من البلورات يعود إلى لونه الرمادي الأصلي حينما ينتهي مفعول المجال المغناطيسي، وهي المشكلة التي تغلب عليها الألمان حاليا من خلال استخدام الكريات الثانوية محل البلورات والتخلي عن أكسيد الحديد لصالح إنتاج عجينة ما لم يكشف عن مكوناتها، أو ماتريكس، يربط الكريات ببعضها، وبدلا من الحقول المغناطيسية، نجح علماء معهد فراوخوفر في تغيير لون النسيج المنتج بهذه الطريقة باستخدام الأشعة فوق البنفسجية. وأكد رونفوس أن التقنية لا تشكل أي خطر على صحة الإنسان، وهذا يعني أن من الممكن مستقبلا شراء بدلة واحدة وتغيير لونها عدة مرات في الحفلة الواحدة، أو الاحتفاظ بالبدلة وتغيير لون القميص وربطة العنق فقط، ويمكن أن يكون الاختراع مهما للعاملين في المواقع التي تتطلب تغيير الملابس باستمرار كما هي الحال مع مقدمي برامج التلفزيون .[19]

الفصل الثالث

الحد من كوارث نانو

(3-1) دور تقنية النانو في الحد من الكوارث

تعتبر تقنية النانو من اهم التقنيات للقرن الواحد والعشرون المعروفة حتى يومنا

هذا ويتزايد الاهتمام بها يوما بعد يوم في كافة مجالات الحياة. وفي السنوات

القليلة القادمة سوف تقود تطبيقات تقنية الاختراعات والإبداعات التقنية وتساهم

بشكل كبير في تطوير الاقتصاد. وسوف تلعب تقنية النانو دورا كبيرا في الكثير من مجالات الحياة وتحل الكثير من المشاكل التي تواجه البشرية على الكرة الأرضية من خلال المواد والمنتجات الجديدة المتوفرة الآن والتي هي قيد البحث والتطوير. على سبيل المثال في يومنا هذا نحتاج إلى توفير مصدر مياه كافي للشرب لما يقارب 1.1 بليون شخص وبناء مصارف صحية لما يقارب 2.6 بليون شخص. توفر تقنية النانو حلول عديدة وواعدة منها ما هو متوفر الآن ومنها تحت التطوير. كذلك توفير أراضي خصبة صالحة للزراعة لتوفير الغذاء اللازم للبشرية يمكن ان يتم بتقنية النانو لاستصلاح الأراضي للزراعة وزيادة خصوبتها لتصبح مناسبة للزراعة. كما تعد تقنية النانو بتوفير خلايا شمسية ذات كفاءة عالية من مواد رخيصة الثمن لتحويل أشعة الشمس لكهرباء لتشغيل المنازل والمصانع والسيارات. بالإضافة إلى الكثير من المجالات التي يمكن ان نتحدث عنها يبرز لنا موضوع من اهم المواضيع التي تهدد البشرية على الأرض وهو الإمكانيات اللازمة للدول المتقدمة والنامية على حد سواء لمواجهة الكوارث الطبيعية مثل الزلازل والفيضانات التي تضر بالبنية التحتية وتهدد مصادر المياه. فالتطورات التقنية التي اعتمدت على تقنية النانو من أنظمة لاسلكية وتبادل معلومات وأنظمة استشعار ومجسمات دفعت في اتجاه تطوير أجهزة الدفاع المدني ووحدات الإنقاذ للحد من الكوارث كتطوير ملابس مقاومة للحرائق لرجال الإطفاء وتدعيم عربات الإنقاذ بأجهزة تمكنها من الوصول لاماكن حرجة لإنقاذ المتضررين تحت الأنقاض بسبب الانهيارات هذا بالإضافة إلى توفير حلول للرعاية الطبية ومعالجة المياه وحلول لمشاكل الغذاء والتغذية التي تعد من اهم المشاكل التي تواجه الدول النامية، وكما يقول البروفيسور محمد الحاصل على جائزة نوبل للسلام ان "الوصول للتقنية يحد من مشاكل الفقر". يونس ولما لهذا الموضوع من أهمية فسوف نقوم باستعراض أهمية تقنية النانو ودورها في الحد من الكوارث من خلال التقنيات المتوفرة حاليا والتي تعتمد على تقنية النانو

(2-3)دور تقنية النانو في الرماية الصحية والطب في حالة الكوارث

توفر تقنية النانو في مجال الرعاية الصحية والطب الكثير من الابتكارات والاختراعات التي أدت إلى تقدم كبير في مجال الرعاية الصحية والطب ليس على مدار اليوم فقط ولكن حتى في الكوارث. تتطلب معالجة المصابين في حالات الكوارث رفع مستوى الطوارئ لأقصى حد في أي دولة والاستعانة بفرق متخصصة محلية ودولية، الكوارث الطبية تشمل كل الطبية التي تتعامل مع كم المصابين والمرضى في حالات الكوارث، كل في هذه الحالات الوصول لكل مريض ومصاب ومعالجته بعناية خيص مصابه بشكل سريع حتى لا يتفشي الوباء ويصيب أناس أكثر وتعاني معظم الدول النامية والمتقدمة أيضا من عدم توفر الإمكانيات الكافية للتعامل مع كل المصابين في هذه الظروف بالسرعة والدقة المطلوبة فيموت منهم الكثير ويتفاقم المرض مع البعض منهم وتزداد الحالة سوءا لو كان التعامل مع مرض وبائي يتطلب القضاء عليه بأسرع ما يمكن.

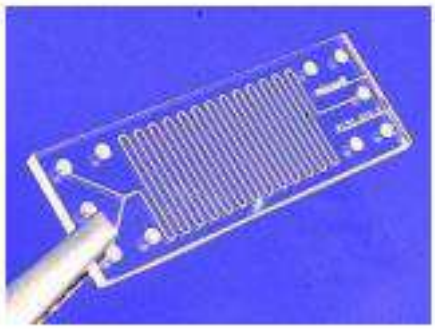
-دور تقنية النانو في توفير الحلول العملية

في مثل هذه الحالات يمكن الاعتماد على تقنية النانو في الحد من الكارثة من خلال التقنيات التي توفرها لمراقبة المريض وتشخيص حالته الصحية وكذلك التقنيات التي توفرها لحماية الأشخاص المحيطين بالمريض من الإصابة بالمرض ومن الحلول التي تقدمها تقنية النانو ما يلي:

أولا: تقنيات للمرضى والمصابين

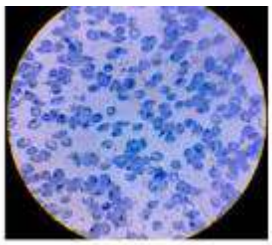
(1) استخدام مختبر على شريحة

هو مختبر كيميائي على شريحة رقيقة لا تتجاوز أبعاده المليمتر الواحد إلى سنتيمتر يمتلك قدرة مختبر تحليل كامل قادر على التعامل مع كميات دقيقةمن السوائل بحجم ميكروليتر ويحللها ويعطي النتيجة وقد تم تطويره بواسطة شركة سيمنز



(2) الميكروسكوب على الجوال

قامت شركة German Phone Ltd بتمويل من البروفيسور محمد يونس بتطوير ميكروسكوب مدمج مع الجوال يسمى CellScope قادر على إرسال صور دقيقة وتحليلها لتشخيص الإصابات والأمراض واستخدمت في العناية الصحية في بنغلاديش. وقد مكنت تقنية النانو من إطالة عمر البطارية وقدرة التخزين لهذه الأجهزة لتصبح فعالة في الأماكن النائية.



(3) استخدام ضمادات جروح مضادة للبكتيريا بدلا من الفرز

طور باحثون في جامعة Philipps الألمانية من الياف نانوية من مواد بوليميرية من مشتقات السليلوز يمكن وضعها على الجروح لتعمل على التامها بدون الحاجة إلى الغرز التقليدية التي تأخذ وقت وتتطلب مهارة وهذه يمكن بسرعة وبسهولة تطبيقها على الجرحى في الكوارث وغيرها.

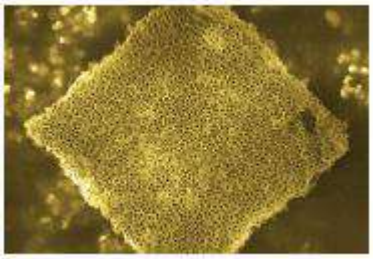
(4) مطياف ثانوي للطب والرعاية الصحية

جاري العمل على تطوير مطياف نانوي من خلال شركةOpsolution NanoPhotonics الألمانية يقوم بقياسات عن بعد لأي شخص للحصول على معلومات حول سلامته الصحية يمكنه الكشف عن مستويات السكر في الدم ويأمل الباحثون على تثبته داخل جهاز الجوال ليحمله الشخص معه وقد استخدم بالفعل في عادم السيارات لقياس الغازات السامة المنبعثة من أي سيارة حيث لم يكن هذا الأمر ممكنا في السابق. ويعتبر جهاز شامل للرعاية الصحية يمكن ان يكون ذو قيمة كبيرة في الكوارث لمعرفة الأشخاص المحتاجين لتدخل طبي سريع حيث ان الجهاز سوف يعمل على إرسال معلومات طبية حول مستخدمة لمركز الرعاية الصحية.

ثانيا: التقنيات التي توفر الحماية من انتقال العدو وانتشار الأوبئة

(1) استخدام إسفنجة ثانوية لالتئام الجروح

مواد مبتكرة من المعقمات طويلة المدى، وهي مواد تعقيم تقضي على الميكروبات لمدة تزيد عن 10 أيام وتوضع على أي سطح بواسطة إسفنجة نانوية تحتوي على حبيبات نانوية من الفضة طورتها شركةAdexano الألمانية وتستخدم في تعقيم الأدوات والمعدات الطبية أيضاء



(2) استخدام اقمشه مزودة بمواد مبيدة للأوبئة

استخدام مركبات نانوية في إنتاج الأقمشة فتح لإمكانيات جديدة لملابس طاردة للبعوض خصوصا في المناطق التي تنتشر فيها الملاريا. تعرف هذه الملابس باسمZeroFly وهي عبارة عن شريحة بلاستيكية تحتوي على غطاء سطحي نانوي من مبيد حشري. يعمل هذا السطح على توفير الحماية اللازمة ضد الحشرات له أهمية كبيرة في منع انتشار الأمراض أثناء الكوارث التي قد تنتقل بالبعوض والحشرات الأخرى.

(3) استخدام انظمة تغليف وتعبلة وتبريد ذكية

أوعية تحافظ على درجة حرارة الأدوية الحساسة مصنعة من مواد نانوية مسامية تقلل من فقد الحرارة أثناء نقلها من مكان لآخر وخصوصا اثناء النقل لاماكن الكوارث حيث لا يوجد كهرباء للتبريد ويمكن استخدامها للأطعمة، تحتوي هذه الأغلفة على انظمة ذكية من مجسات تشير لدرجة سلامة محتوياتها وكم تبقى من الوقت قبل ان تفسد وتحتوي على غلاف مدمج به حبيبات الفضة النانوية لمنع التلوث.

(4) استخدام مبردات تعمل على خلايا الوقود

طور طلاب من جامعة العلوم التطبيقية في Russelsheim من تطوير صندوق ثلاجة تعمل بخلايا الوقود لتبريد المواد الحساسة للحرارة لا تحتاج أي مصدر كهربي وتعمل لفترة طويلة استخدمت فيها تقنية النانو لزيادة كفاءة خلايا الوقود وكذلك كفاءة الجدار العازل لعزل الحرارة.

(4-2) دور تقنية النانو في تطوير أداء العاملين في الدفاع المدني والإنقاذ في مواجهة الكوارث

استخدام معدات حماية الأشخاص يعتبر أمرا في غاية الأهمية في الكثير من الوظائف المهنية، من هذه المعدات السترات الواقية من الرصاص والخوذات والأحذية وغيرها. تصمم معدات الحماية الشخصية لحماية موظفي الطواري من أي أشياء قد تصطدم بهم أثناء تأدية مهامهم، فمثلا رجال الإطفاء بملابس خاصة تمكنهم من أداء عملهم بكفاءة وسلامة وأمان. هذه الملابس يجب ان تكون مصنعة من مواد مقاومة للصدمات ومقاومة للآثار الميكانيكية والحرارية ومضادة للتلوث

البيولوجي والمواد السامة والمواد الخطرة من سوائل وغازات ولا تلتصق بها الأغبرة والركام.

دور تقنية النانو في توفير الحلول العملية

تفوقت تقنية النانو في توفير مواد طلاء مصنعة من مواد نانوية قادرة على إكساب المواد التقليدية من ملابس وأنسجة بمختلف أنواعها وتكسبها خواص جديدة مناسبة جدا للتعامل مع حالات الطوارئ وخصوصا لرجال الإنقاذ لتجنبهم الكثير من المخاطر. ومن هذه التقنيات ما يكفل للرجال الإنقاذ لأداء مهمتهم بنجاح بالأساليب التي وفرتها تقنية النانو على النحو التالي:

اولا: الملابس الأقنعة

(1) زيادة المقاومة ضد الطعنات الحادة

طلاء بمحاليل نانوية تجعل الأنسجة كما لو كانت أنظمة دفاع ضد الرصاص وحتى الطعنات مما يحمي مرتديها من رجال الإنقاذ من أي زجاج أو مواد حادة متناثرة. تم تطوير محاليل الطلاء النانوية بواسطة مركز أبحاث شركةTextilforschungszentrum Nord-West

.

(2) نظارات مطلية بطبقات حماية مضادة للانعكاس والضباب

أفلام بولميرية بمسامات نانوية يمكن ان تغطي الخوذات والنظارات تسمح بالرؤية في الضباب وتجعل عمل رجال الإنقاذ ممكنا في الظروف الغير طبيعية، توضع هذه الأفلام على شكل طلاء على العدسات والزجاج وشاشات المراقبة ويتطلب لعمل هذا الطلاء مواد بمعامل انكسار اصغر من 1.3 والأفضل أن يكون1.22 الا انه لا يمكن الحصول على هذه القيمة إلا باستخدام طبقات أفلام البوليمر النانوية، كما ان شركة De Cie GmbH طورت جسيمات نانوية بوليمرية لها تستطيع القيام بوظائف عضوية تقاوم الضباب واي سطح توضع عليه هذه المادة يوفر رؤية واضحة حتى في درجات الضباب الكثيف.

(3) القنعة مزودة بفلاتر تنقية

أنسجة دقيقة من الياف الفيبر النانوية قادرة على ترشيح الهواء وتنقيته من ادق الكائنات والأغبرة في حالات الطوارئ لتوفير الحماية لرجال الإنقاذ لأداء مهامهم التي لا يمكن القيام بها بدونها لحساسية درجة التلوث التي قد تكون في المكان المتعرض لكارثة.

(4) استخدام ملابس موصلة للكهرباء للمراقب الطبية

يعكف مجموعة من الباحثين في العديد من المراكز البحثية تحت برنامج أنظمة الحماية والأمان لخدمات الطوارئ لابتكار أنسجة مدمج بها مستشعرات حساسة تعرف باسم SensProCloth توفر وسيلة اتصال مع رجال الإنقاذ بمقر القيادة لتبادل المعلومات وإرسال التعليمات والاطمئنان على حالتهم الصحية قبل ان يتعرضوا لحرارة مرتفعة أو بيئة عمل ملوثة كيميائيا أو إشعاعيا.

ثانيا: اجهزة البحث والتنقيب عن الناجين

(1) استخدام حشرات مجهزة بمستشعرات ومجسمات للتنقيب والرصد

قام فريق بحثي بابتكار بمعدات نانوية قادرة على التقاط الطاقة من حركة أجنحة حشرة خنفساء تعرف باسم Green June beetle. والفكرة تقوم على تثبيت مولدين صغيرين على كلا الجناحين لتوليد الطاقة الكافية لتشغيل أجهزة البحث والتصنت مثل كاميرا صغيرة أو ميكرفون. يمكن لهذه الحشرات البحث عن الناجين في الأنقاض وفي الأماكن التي تشكل خطر على الأنسان الدخول فيها لإمكانية حدوث انهيارات أو إشعاعات أو غازات قد تؤدي بحياة المنقذ

(2) استخدام أدوات قوية للحفر

استخدمت حبيبات كربيد التيتانيوم النانوية وحبيبات كربيد التنجستن النانوية في صناعة أدوات حفر وقطع فائقة الصلابة قادرة على الحفر في الصخور العالية الصلادة بسرعة تفوق مواد الحفر المصنعة من الماس. بهذه الأدوات يمكن بسرعة الوصول إلى أي شخص تحت الأنقاض وإنقاذ حياته.[20]

المصادر

1-Apply nanotech to up industrial, agri output .1 نسخة محفوظة 26-04-2012 على موقع واي باك مشين, The Daily Star (Bangladesh), 17 April 2012 نسخة محفوظة 27 أكتوبر 2012 على موقع واي باك مشين

a. Wireless Nanocrystals Efficiently Radiate Visible Light , تمت أرشفته من الأصل في November 14 2012 2015 أغسطس 05 اطلع عليه بتاريخ .

b. Mashaghi .S.: Jadidi .T. Koenderink .G.: Mashaghi .A. "Lipid Nanotechnology". Int. J. Mol. Sci. 2013 (14): 4242-4282 تمت أرشفته من الأصل في .2013-09-27

.2-Wireless Nanocrystals Efficiently Radiate Visible Light". 14 pjes 2012. 2015 أغسطس 05 اطلع عليه بتاريخNovember

.3-Mashaghi S. Jadidi .T.: Koenderink .G.: Mashaghi .A. "Lipid Nanotechnology." Int. J. Mol. Sci. 2013 (14): 4242-4282. 27-09-2013

4-نقالة الكربون الثانوية في الصيف الدمشقي الذي يعود إلى القرن السابع عشر، باللغة الإنكليزية نسخة محفوظة 14 أكتوبر 2016 على موقع واي باك مشين

5-(الصالحي والصويان، 2007م) .

6--كتاب ما هي تقنية النانو)مقدمة مختصرة بشكل دروس مبسطة(لنهى علوي الحبشي- 1432ه – 2111 م وزارة الثقافة و إلعالم في المملكة العربية السعودية

7- http://www.uobabylon.edu.iq/uobcoleges/service_showrest.aspx

http://nano.ksu.edu.sa/ar/nanotech-shapes8-

9- http://nano.ksu.edu.sa/ar/

10- http://uqu.edu.sa/page/ar/55475

11 –كتاب ماهي تقنية النانو (مقدمة مختصرة بشكل دروس مبسطة)لنهى علوي الحبشي -1432-2011 م وزارة الثقافة و الاعلام في المملكة العربية السعودية

12-نسخة محفوظة 31 مارس 2013 على موقع واي باك مشُين welcome to sainsce .com

13-صحيفة الاقتصادية العدد 5966 الاربعاء 26 صفر 1431 . الموافق 10 فبراير 2010

14- http://www.islamonline.net/servlet/Satellite?c=Article_C&pagename=Zone-English-HealthScience%2FHSELayout&cid=1216208224637 . .

15- Cavalcanti A, Shirinzadeh B, Freitas RA Jr, Hogg T. (2008). "Nanorobot architecture for medical target identification". Nanotechnology. 19 (1):

16- صحيفة الاقتصادية العدد 5966 الاربعاء 26 صفر 1431 . الموافق 10 فبراير 2010

17- PMID 18654395. doi:10.1038/nnano.2007.350. Cite uses deprecated parameter coauthors= (مساعدة|coauthors=)

18- Ignatyev, M. B. (2010). "Necessary and sufficient conditions of nanorobot synthesis". Doklady Mathematics. 82 (1): 671-675.

doi: 10.1134/S1064562410040435.

19- Cerofolini, G., Amato, P., Masserini, M., Mauri, G. (2010). "A Surveillance System for Early-Stage Diagnosis of Endogenous Diseases by Swarms of Nanobots". Advanced Science Letters. 3 (4): 345-352. doi:10.1166/asl.2010.1138.

20- طارق بن طلق المطيري –تقنية النانو في الحد من الكوارث –الجامعة الاسلامية العالمية بماليزيا كلية التدريب في جامعة نايف العربية للعلوم الامنيةسنة 2012