https://journal.utripoli.edu.ly/index.php/Alqalam/index eISSN 2707-7179

8th Libyan International Conference on Medical, Applied, and Social Sciences

المؤتمر الدولي الليبي الثامن للعلوم الطبية والتطبيقية والانسانية

تحت شعار: التطورات التكنولوجية والاتجاهات الحديثة في التعليم

بحث اصلي

نمو وتطور تطبيقات تقنية النانو الحيوية وآفاق المستقبل

لطفي خميس الفرجاني*، أشرف علي النعاس، أكرم منصور الشريف، عبد الفتاح الهادي أبوكريديغه

المركز الليبي لبحوث التقنيات الحيوية، طرابلس، ليبيا

معلومات البحث

ايميل المؤلف المسؤول. lutfi_k2010@yahoo.com

تاريخ استلام البحث: 2024-04-01
تاريخ قبول البحث: 2024-05-18
تاريخ نشر البحث: 2024-06-27

الكلمات الدالة: تقنية النانو الحيوية ، المواد النانوية ، التنمية المستدامة ، الناتج المحلي الإجمالي.

حقوق الطبع والنشر: © 2024 من قبل المؤلفين. تم تقديمه للنشر المحتمل للوصول المفتوح بموجب شروط وأحكام رخصة المشاع الإبداعي الدولي.(CC BY 4.0)
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

المستخلص

بالرغم من التكلفة المرتفعة للمواد والأجهزة النانوية فإن تقنية النانو تشهد نمواً وتطوراً كبيرين على مستوى العالم وأصبحت المنافسة كبيرة بين الدول المتقدمة لإنتاج هذه التقنية وتطويرها من خلال تخصيص ميزانيات ضخمة والتوسع في إنشاء المراكز البحثية المتخصصة ودعمها بسبب الطلب المتزايد عليها ، و تعتبر هذه التقنية الحديثة أخر ما توصل إليه التطور العلمي والتكنولوجي خلال السنوات الاخيرة والتي من شأنها أن تعمل على تحقيق الأهداف الإقتصادية للتنمية المستدامة من خلال توظيف الموارد الاقتصادية المختلفة واستخدامها الاستخدام الأمثل . وقد هدفت هذه الدراسة الى التعريف بتقنية النانو وأهميتها وتطبيقاتها في مجالات الحياة المختلفة وتوضيح مدى إمكانية الإستفادة منها في تحقيق الأهداف الإقتصادية للتنمية المستدامة. وتوصلت الدراسة إلى بعض النتائج والتوصيات أهمها تشجيع العمل على إدخال واستخدام تقنية النانو الحيوية كمدخل للتنمية المستدامة فى الصناعة الليبية وبخاصة الصناعات التي تواجه منافسة عالية من المستوردة وتسويق منتجات صديقة للبيئة فى السوق المحلي كخطوة أولى من خلال نقل نتائج البحوث والدراسات الأكاديمية إلى المنشآت الصناعية والشركات الإنتاجية المختلفة وإنشاء مراكز لأبحاث تقنية النانو في ليبيا ودعمها وتطويرها والربط بينها وبين المنظمات الإقليمية والدولية للإستفادة من خبراتها في هذا المجال ، و توعية وتشجيع القطاع الصناعي الخاص بإستخدام تقنية النانو الحيوية لما لها من ميزات وفوائد كبيرة على البيئة والمجتمع ، وكذلك بما أن النفط يعتبر المورد الوحيد للدخل في ليبيا والذي يمثل حوالي 95 % من إجمالي الناتج المحلي الإجمالي فإنه وفي حال ركزت الدولة على دعم وتشجيع الإستثمار في إتجاه إدخال واستخدام هذه التقنية ، فهناك إمكانية كبيرة للإستفادة منها كمورد دخل يقدم إضافة للناتج المحلي الإجمالي في ليبيا وتكون أحد مصادر تنوع الدخل.

اقتبس البحث: *لطفي خميس الفرجاني، أشرف علي النعاس، أكرم منصور الشريف، عبد الفتاح الهادي أبوكريديغه. نمو وتطور تطبيقات تقنية النانو الحيوية وآفاق المستقبل. مجلة القلم للعلوم الطبية والتطبيقية. 2024: 7(Supp2) :62-72.* https://doi.org/10.54361/ajmas.2472210

المقدمة :

تُعتبر تقنية النانو من أخر ما توصلت إليه التطورات العلمية والتكنولوجية في السنوات الأخيرة ، فهي بمثابة الثورة الصناعية الثانية التي ستسهم في تحقيق الأبعاد الإقتصادية والبيئية والإجتماعية للتنمية المستدامة من خلال تخفيضها للنفايات الصناعية ومن ثم التخلص من التلوث الصناعي وتحسين كفاءة إستخدام الموارد الإقتصادية المتاحة الإستخدام الأمثل ، ومن أبرز ما توصلت إليه هذه التقنية هو خفض في إستهلاك الموارد ، وكذلك توفير بدائل للمواد الأولية النادرة ذات الأثار البيئية الضارة فتساهم في تجنب إستخدام مواد ضارة بالبيئة ، ورفع كفاءة المنتجات وطرق إنتاجها ، أيضاً تساهم هذه التقنية في الحد من الإنبعاثات والمخلفات أثناء عملية التصنيع والإنتاج وتتيح إمكانية تدوير المخلفات وإستثمارها لإعادة إستخدامها كمواد أولية تدخل في عملية التصنيع .

وفي هذا الإتجاه وبالرغم من التكلفة المرتفعة لهذه التقنية فإنه يجب على الدول النامية الأخذ في الإعتبار أن كثير من وسائل وطرق الإنتاج الصناعية لديها تعتبر ذات تقنيات قديمة وتقليدية لذلك فإن عملية تحديثها أصبحت ضرورية من أجل مواكبة التطورات العلمية والتقنية في هذا المجال وأن هذا التحديث سيكون في الوقت الذي تمت فيه بالفعل خطوات ملموسة في التطبيق العملي لتقنية النانو في الدول الأكثر تقدماً وبعض الدول النامية ومنها بعض الدول العربية مثل السعودية ومصر، والتي يمكن الاستفادة من تجاربها وخبراتها ومواكبة التطور الحاصل على مستوى العالم والمتمثل بالإنتشار الواسع والمتسارع لتطبيق تقنية النانو في الصناعات المختلفة ومن ثم تحقيق هدف تحديث الصناعة من جانب وهدف التنمية المستدامة من جانب أخر.

المشكلة البحثية

تتمثل المشكلة في معرفة التحديات التي تواجه تطبيق تقنية النانو الحيوية في ليبيا وعدم مواكبة النمو والتطور التكنولوجي المتسارع في مجالات التصنيع الحديثة وإنعكاسه سلباً على إستراتيجية تحقيق أهداف التنمية المستدامة مما ادى إلى سيطرة المنتج المستورد على السوق المحلي .
ولهذا أصبح من الضروري البحث عن حلول لهذه المشكلة من خلال الإستثمار في تقنية النانو الحيوية التي تؤدي إلى زيادة كفاءة المنتجات الصناعية وتقليل التأثيرات البيئية ، وإحداث تنوع في مصادر الدخل من خلال الإستثمار في الموارد المتاحة ، ومواكبة التطور التكنولوجي بما يحقق أهداف التنمية المستدامة.

أهمية البحث

تكمن في التركيز على أهمية إستخدام تقنية النانو وتطبيقاتها المستقبلية المتوقعة لحل الكثير من المشكلات في مجالات الحياة المختلفة ومدى إمكانية إستخدامها في ليبيا من خلال الإستثمار في الموارد المتاحة بما يحقق أهداف التنمية المستدامة في ظل إرتفاع المنافسة العالمية على إستخدام هذه التقنية.

هدف البحث

يهدف البحث الى التعريف بتقنية النانو من حيث تاريخها وأهميتها ومبادئها ومجالات تطبيقها في الوقت الحاضر ومدى إمكانية الإستفادة منها في المستقبل من خلال تحديد للمتطلبات الاساسية لتطبيق هذه التقنية في ليبيا

فرضية البحث

يقوم البحث على فرضية أن إستخدام تقنية النانو من شأنها ان تسهم في تحقيق أهداف وأبعاد التنمية المستدامة في ليبيا .

منهجية البحث

تم الاعتماد على التحليل الوصفي للتعرف على متطلبات تطبيق تقنية النانو في ليبيا من خلال إستقراء مجموعة من البحوث والدراسات التي لها علاقة بموضوع البحث.

أولاً : نمو وتطور تقنية النانو الحيوية

1- مفهوم تقنية النانو الحيوية

تُفسر كلمة نانو بأنها كلمة يونانية الأصل (Nanos) والتي تعني القزم والتي أصبحت تسمى تقنية الجزيئات متناهية الصغر أو تقنية الصغائر أو تقنية النانو أو تقنية الجيل الخامس [1]
وهي تقنية تهتم بدراسة المادة وفهمها ومعالجتها حيث يتعلق مصطلح النانو بمعرفة الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية على المقاييس الذرية والجزيئية والتحكم بهذه الخصائص لإنشاء مواد جديدة ذات أنظمة وظيفية وبقدرات عالية لتكون بأبعاد تتراوح ما بين (1 ، 100) نانومتر والتي يمكن تطبيقها في مختلف المجالات العلمية مثل العلوم الفيزيائية والكيميائية وعلوم المواد والعلوم البيولوجية والهندسة .
ولقد عرف (John Wiley ، sons 2008) تقنية النانو بأنها عملية تصميم وبناء وإنتاج عن طريق التحكم في شكل وحجم وخصائص ووظائف وهياكل المواد عند قياس النانومتر او هي تقنية تتولى إنتاج الأشياء عبر تجميعها على المستوي الصغير من مكوناتها الأساسية مثل الذرة والجزيئات .
وبما أن تكنولوجيا النانو هي تقنيات توظف للعمل بمقاييس النانو فمن الضروري وجود علم ينظم عملها لذا ظهر علم النانو (Nanoscience) حيث يمكن تعريفه بأنه علم متعدد التخصصات يتركز على مفاهيم أكثر من علوم الكيمياء والفيزياء والرياضيات والأحياء والكيمياء الحيوية وعلوم أخرى بطبيعتها متعددة التخصصات كعلم المواد الهندسية الذي يغطي مفاهيم الكيمياء والفيزياء (Filipponi , Sutherland,2013) .
مما سبق يتضح لنا أن تقنية النانو بأنها ذلك المجال التقني الحديث الذي يهتم بتطبيق هذه التقنية في مختلف المجالات العلمية والإستفادة منها عن طريق تكوين مواد ذات خصائص نانوية جديدة ومتطورة

2 – تاريخ ظهور تقنية النانو الحيوية

يرجع إكتشاف المواد النانوية والتعرف عليها إلى العصور القديمة ، ومن أبرز ما يدل على إستعمال الإنسان لهذه المواد هو السيوف الدمشقية المعروفة بالقوة حيث بينت الدراسات وجود أسلاك وأنابيب نانوية كربونية في تركيب السيف المصنوع من الفولاذ ، فقد تبين من خلال عملية الصهر لتشكيل الصبات كانت أجزاء نباتية معروفة من الأوراق والأغصان الخشبية تضاف بمقدار محدد إلى الخلطة كمصدر كربوني بالإضافة إلى إستخدام أنواع من الخامات الغنية بالحديد التي جعلت من السيوف الدمشقية مميزة في عصرها كما هو موضح في الصورة رقم (1)[2]

الصورة رقم 1: السيف الدمشقي

وفي العصور الوسطى تم إستخدام حبيبات الذهب والفضة النانوية لتلوين زجاج كأس الملك الروماني لايكورجوس الموجود في المتحف البريطاني والذي يتغير لونه من الأخضر إلى اللون الأحمر حسب زاوية سقوط الضوء (Vajtai,2013)[2] ، و في العام 1959 حيث قال العالم ريتشارد فيمان "بأن المادة عند مستويات النانو وبعدد قليل من الذرات تتصرف بشكل مختلف عن حالتها عندما تكون بالحجم المحسوس، وتلى ذلك ظهور مصطلح النانو Nanotechnology في عام 1974 حيث كان العالم الياباني نوريو تانيجوتشي أول من إستخدم تقنية النانو لوصف عمليات تصنيع أشباه الموصلات المبنية بترتيب نانومتر ، وبين أن التكنولوجيا النانوية هي عملية معالجة وفصل وإعادة ترتيب الذرة أو الجزيء الواحد من المواد (Hulla,2015)[3] .

الصورة رقم 2 : (حبيبات الذهب والفضة النانوية) كأس الملك الروماني لايكورجوس

وفي عام 1976 إستحدث 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 بليزرمحدد اللون وتأيينها ثم تحسس الشحنات الصابغة ، وفي عام 1981 إخترع الباحثان السويسريان (جيرد بينغ ، 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

الصورة رقم 3: جهاز المجهر النفقي الماسح

وفي عام 1991 إكتشف البروفيسور الياباني سوميو ليجيما من جامعة ميجي (انابيب الكاربون النانوية) وهي عبارة عن أنابيب أسطوانية الشكل رقيقة جداً قطرها بضعة نانومترات ومصنوعة من شرائح الجرافيت تتميز هذه الأنابيب بخصائص إستثنائية تركيبية وحرارية تجعلها آخف من الألمنيوم وأقوى من الحديد بخمس أضعاف Zheng,2004[4] لتبدأ مرحلة التطبيقات الصناعية لهذه التكنولوجيا في عام 2004 حيث تم إستعمال المواد النانو متريه في صناعة المطاط الماليزي وأدى إلى تحسين مواصفاته بإضافة أجزاء بسيطة من المواد النانوية ليصل لمتانة أشد من الفولاذ بمقدار مائة مرة وأخف منه وزنا بمقدار ست مرات ، أما الأنابيب النانوية المتداخلة فإنها دخلت في صناعات شتى وخاصة المجالات الطبية والعسكرية والحواسيب والإتصالات.

3- مبادئ ومميزات تقنية النانو الحيوية [3]

جدول رقم (1) يوضح مبادئ ومميزات تقنية النانو

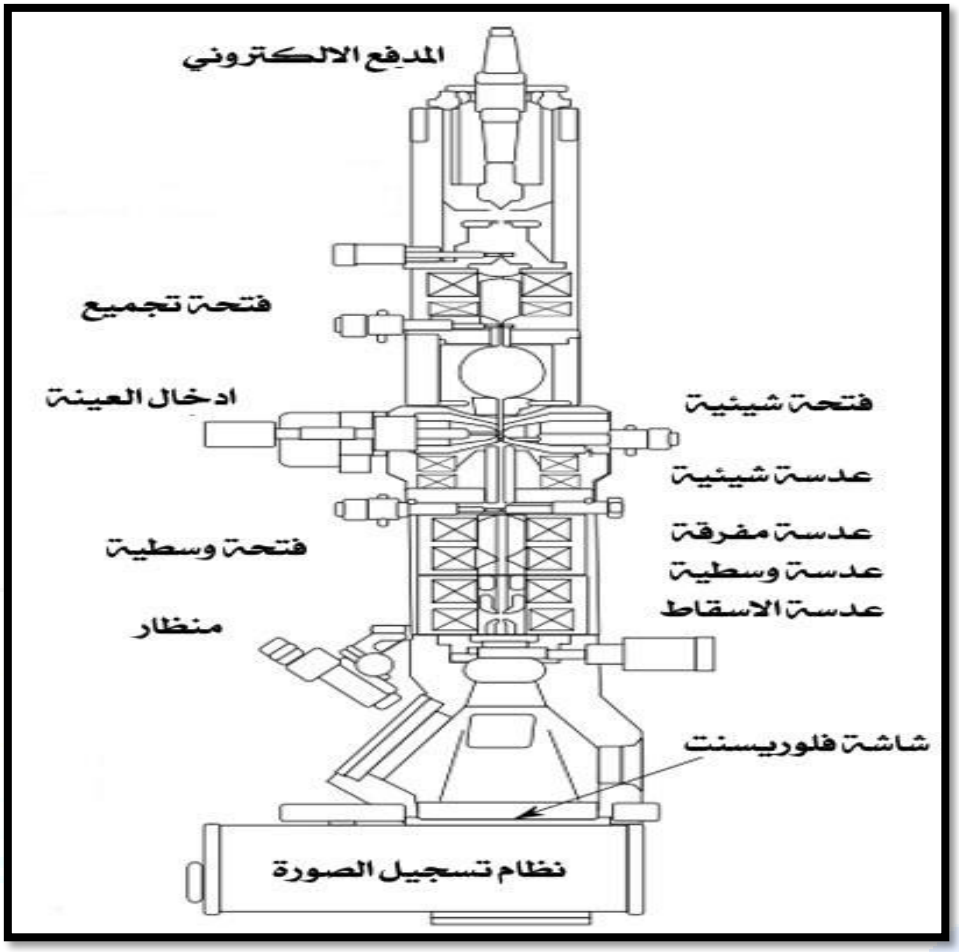
المبدأ	الميزة
تعتمد على الأبحاث العلمية التي تتصف بإمكانية تطبيقها في إختراعات وإستخدامات مفيدة	تحول الخيال العلمي إلى واقع حقيقي
الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمادة عند مقياس النانو تختلف عن الخصائص لنفس المادة في الحجم الطبيعي	اكتشاف خصائص مميزة للمواد يستفاد منها في الكثير من الإختراعات والمجالات التطبيقية
إمكانية التحكم بالذ ا رت في صنع المواد والآلات وتنقيتها من الشوائب وتخليصها من العيوب	تصبح خصائص المواد والآلات افضل, فهي أصغر وأخف وأقوى وأسرع وأرخص وأقل استهلاكاً للطاقة
إمكانية التحكم بتحريك الذارت منفردة واعادة ترتيبها	إمكانية بناء أي مادة في الكون لأن الذرة هي وحدة البناء لكل المواد
تعتمد تقنية النانو على مبادئ الفيزياء والكيمياء والأحياء والهندسة الكهربائية والألكترونية	تربط العلوم وتشجع الجميع بإختلاف تخصصاتهم العلمية على الدخول في مجالها

4- كيفية دراسة الذرات والتحكم فيها:

من خلال توفر التقنيات الحديثة أصبح من السهل دراسة المواد على مستوى الذرات والتحكم بها ومن هذه التقنيات

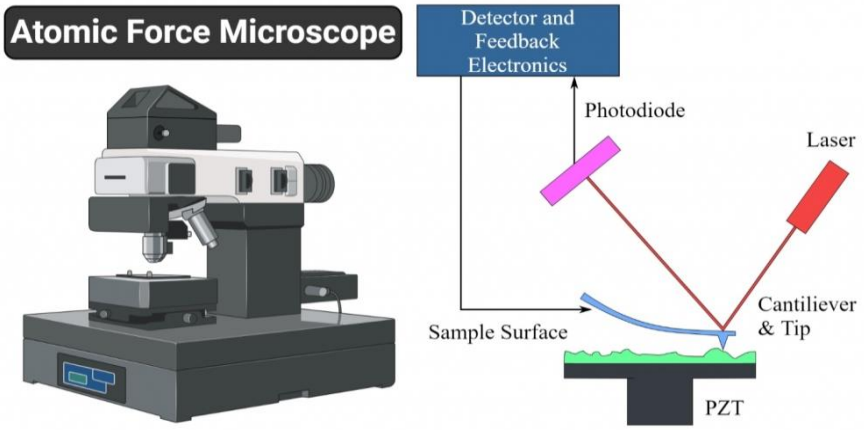
- مجهر المسح النفقي

أخترع عام 1986 م على يد العالمان جيرد بينيج و هينريش روثر (Gerd Binig and Heinrich Rohrer) واستطاعا بهذا الاختراع تقديم خدمة للعلماء من رؤية الذرات والتحكم بها فيما يخدم علم النانو.



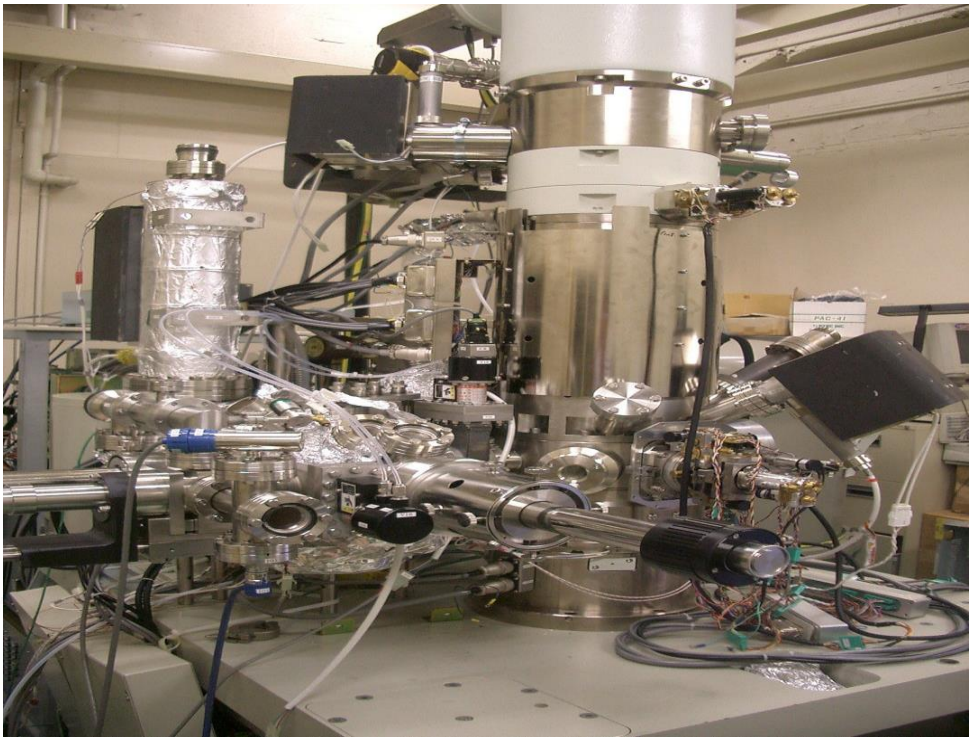
- مجهر الطاقة الذرية

طوره جيرد بينيج مع كالفن كوات وكريستوفر جيربر(Calvin Quate and Christoph Gerber)
ووظيفة هذا المجهر هو جمع معلومات عن سطح المادة عن طريق تحسسها بمجس ميكانيكي.



- المجهر الإلكتروني

قدم العالمان الألمانيان إيرنيست روسكا وماكس نول (Ernst Ruska and Max Knoll) المجهر الإلكتروني لأول مرة في عام 1930 م.
وهذا المجهر يستطيع تكبير الأشياء حتى مليون مرة عن طريق إسقاط شعاع إلكتروني على سطح المادة المطلونة ، مقارنة بتكبير 1500 مرة فقط في المجهر الضوئي العادي.



transmission electron microscope (STEM) scanning

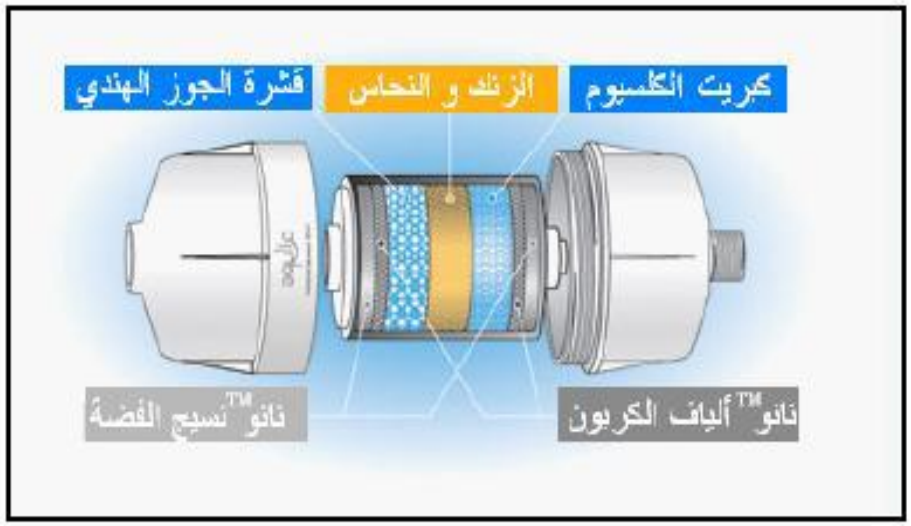
ثانياً : تطبيقات تقنية النانو:

سنتناول في هذا الجانب بعض مجالات إستخدام تطبيقات تقنية النانو الحيوية في الوقت الحاضر وفي المستقبل في مختلف النواحي والمجالات وهي خلاصة ما يهم من هذه التقنية فالعلماء يسعون لاستخدامها في خدمة البشرية .

1- تطبيقات النانو في مجال الصناعة

دخلت تقنية النانو بقوة في مجال صناعة الكثير من المنتجات المهمة في حياتنا اليوم من خلال رفع كفاءة المنتجات وطرق إنتاجها منها :

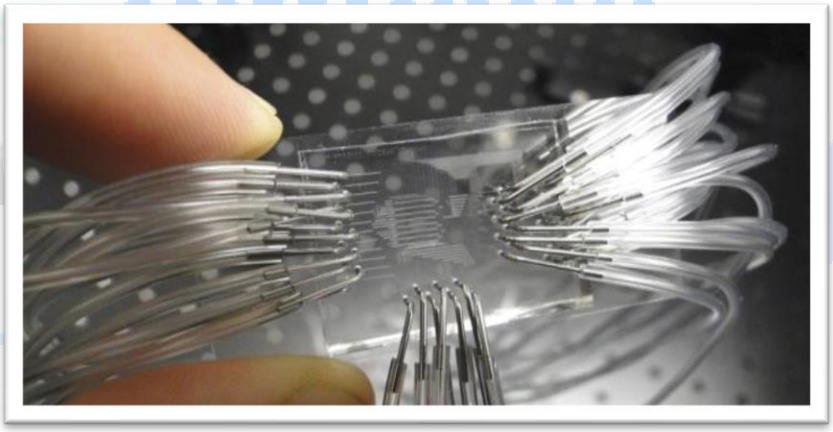
- **في مجال صناعة البلاستيك والسيراميك والمعادن :** تضاف كمادة إليها وتعمل هذه المادة على جعل هذه المواد قوية مثل الفولاذ وخفيفة الوزن وإستعمالات كثيرة خصوصاً في هياكل الطائرات فهي مضادة للثلج ومقاومة للحرارة [4] .
- **في مجال الإلكترونيات :** أصبحت تقنية النانو لها دور أساسي وكبير في تطوير صناعة الإلكترونيات المعروفة باسم الإلكترونيات النانوية Nanoelectronics ، ففي مجال الترانزستورات تمكنت شركة إنتل المتخصصة في تصنيع الحواسيب وبإستخدام تقنية النانو من مضاعفة عدد الترانزستورات المستخدمة في المعالجات من خلال تصغير أبعادها والتي وصلت اليوم إل 90 نانو متر ومن المحتمل أن تصل أبعادها إلى 50 نانومتر خلال السنوات القادمة ، مما 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.
- **في مجال صناعة الطائرات والسيارات :** تدخل تقنية النانو الحيوية في تحسين صناعة الأبواب والمقاعد والدعامات ، ومن أهم مميزات القِطع المُحسنة أنها صلبة وذات مرونة عالية بالإضافة إلى أنها تتميز بخفة الوزن ، وبالنسبة للقطع المحسنة المستخدمة في صناعة الأجزاء الداخلية أنها تقلل من إستهلاك الوقود ، كما أنها ستساعد في صنع محركات نفاثة تتميز بهدوئها وأدائها العالي
- **في مجال صناعة الدهانات والأصبغة:** تتميز هذه الدهانات بأن لها القدرة على مقاومة الخدش والتآكل والتفتت مما يجعلها مناسبة لطلاء هياكل السيارات والسفن وغيرها
- **منقيات مياه (فلاتر)** : يتميز فلتر AQ-1000 باحتوائه على 3 طبقات وهي نانو الكربون ونانو الفضة ونانو النحاس والزنك ، وتعمل هذه الطبقات على تنقية المياه من الكلور والبكتيريا والمعادن الثقيلة وباقي الملوثات المضرة بالشعر والجلد كما موضح بالصورة رقم (3)



الصورة رقم 3 : فلتر AQ-1000

2 - في مجال الطب

- علاج السرطان: عن طريق إستخدام الأغلفة النانوية 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 النانوية داخل الجسم فإنها تلتصق تلقائياً بالخلايا السرطانية ثم يتم تعريض تلك الخلايا لأشعة ليزر تحت الحمراء فتعمل على تسخين الذهب ورفع درجة حرارته مما يؤدي إلى احتراق تلك الخلايا وموتها. وتمتاز هذه الطريقة بالدقة نظراً لصغر الأغلفة النانوية بالنسبة للخلايا وتركزها بالخلايا المريضة فقط مما يجعل الخلايا السليمة بعيدة عن الخطر وعن الآثار الجانبية لتلك الطريقة [3]



الصورة رقم 4: شريحة نانوية فائقة الحساسية يمكنها إكتشاف السرطان في مراحله الأولى

ومن أهم إستخدامات تقنية النانو في هذا المجال هي :

- الكشف عن الأمراض : تستخدم الأسلاك النانوية كمجسّات حيوية نانوية وذلك لحساسيتها العالية وحجمها الصغير جداً حيث يمكن إستخدام هذا المجس الحيوي النانوي في إكتشاف عدد كبير من الأمراض في مراحلها الأولى وذلك بإدخال أعداد كبيرة من الأسلاك النانوية داخل الجسم يتم طلائها بأجسام مضادة مختلفة تمثل مجسّات مختلفة.

- في مجال الأدوية والعقاقير: أدخل حاليا مصطلح جديد إلى علم الطب هو النانو بيوتك وهوالبديل الجديد للمضادات الحيوية ، ففي جامعة (هانج بانج) في سؤول إستطاع الباحثون إدخال نانو الفضة إلى المضادات الحيوية ومن المعروف أن الفضة قادرة على قتل 650 جرثومة ميكروبية دون أن تؤذي جسم الإنسان .

- في مجال العمليات الجراحية: قامت شركة (كورفس) بصناعة روبوت صغير بحجم النانومتر يستخدم كمساعد للأطباء في العمليات الجراحية الخطرة حيث يستطيع الطبيب التحكم في الروبوت بواسطة جهاز خاص مما يساعد في إنجاز العملية بكفاءة عالية وبدقة متناهية [3]

3- في مجال الزراعة والأغذية

يتزايد عدد سكان العالم بسرعة ومن المتوقع أن يبلغ حوالي 8 مليارات نسمة عام 2025 و 9 مليارات عام 2050 ، مما يتطلب زيادة كمية الإنتاج الزراعي لحل مشكلة الغذاء للسكان ، لذلك أصبح من الضروري إيجاد حلول علمية تتماشى مع هذه الزيادة ، فإن إستخدام التقنيات الحديثة

مثل تقنية النانو والتقنية الحيوية النانوية في العلوم الزراعية والغذائية ، سيؤدي لإحداث ثورة في مجال الزراعة والمجالات المرتبطة بها ، ومن أهم تطبيقات المواد النانوية الجديدة في مجال الصناعات الغذائية والزراعية هي تقديم حلول غذائية كاملة بما في ذلك الأطعمة المغذية والوظيفية ودورها في تحسين كفاءة هذه المنتجات وتنوعها عبر الإضافات النانوية وكذلك تغيير اللون، والطعم والتعبئة والتغليف ، أيضاً إستبدال الأسمدة التقليدية بالأسمدة النانوية وسيلة لإطلاق المغذيات في التربة تدريجيا وبطريقة يمكن التحكم فيها مما يجنب إهدار موارد المياه وتلوثها ، وقد أثبتت الدراسات التأثير الكبير لجسيمات أوكسيد التيتانيوم (TiO2) النانوية على نمو النباتات عبر إمتصاص الضوء ونقل الطاقة الضوئية وتتميز الأسمدة النانوية بخصائص فريدة مثل الإمتصاص العالي وزيادة الإنتاج وإرتفاع معدل التمثيل الضوئي وزيادة حجم الأوراق .

ثالثاً- دور تقنية النانو في تحقيق الأبعاد الأساسية للتنمية الإقتصادية والإجتماعية والبيئية

1- البعد الاقتصادي:
تعتبر تقنية النانو ثورة صناعية مشابهة للثورة الصناعية التي أحدثت التغيرات الإقتصادي وأوصلت العالم إلى ما هو عليه اليوم وترجع الأهمية الإقتصادية لتقنية النانو الى :
- قدرة تقنية النانو على بناء مواد جديده بديله للمواد التقليدية ذات التكاليف المرتفعة.
- إن المواد النانوية الجديدة ذات خصائص مميزه مقارنه بالتقليدية مثل القوة والصلابة والتوصيل الكهربائي.
- إمكانية إستخدام المواد النانويه في مختلف الصناعات ومجالات الحياة.
- إمكانية الإستفادة من بعض النفايات وإعاده تدويرها لتصنيع مواد نانويه جديده.
إن هذه المميزات تؤدي إلى إنتاج أي سلعة وبكلفة أقل من خلال إستخدام مواد موجوده في الطبيعه ذات خصائص فيزيائية وكيميائية رديئة وتحويلها بواسطة تقنية النانو إلى مواد ذات خصائص عالية عن طريق إعاده رصف ذراتها للتحول من مواد لا قيمه لها إلى مواد ذات قيمه و بديله لأغلب المعادن والمواد الأولية المعرضة للندرة .

2- البعد الإجتماعي: ويتمثل في حق الإنسان أن يعيش في بيئة صحية ونظيفة وآمنة مع الحصول على حقه من الموارد والثروات بشكل عادل و يسمح له بتلبية إحتياجاته من الخدمات البيئية والإجتماعية ، وعند إستخدام خصائص المواد النانوية في الصناعة التحويلية فإنها تحقق منافع مادية وإجتماعية عالية تحقق الرفاهية الإجتماعية للمجتمع [4]

3- البعد البيئي :
إن الهدف الرئيسي للإنتاج الأنظف يتمثل في العمل على إستدامة الإنتاج الصناعي والطاقة وتقليل التلوث البيئي الناتج عن المنشآت الصناعية وهذا هو ما ينتجه إستخدام تقنية النانو الحيوية في المجال الصناعي من خلال إستخدام الجسيمات النانوية التي تعمل على التخلص من الملوثات والتخلص من الروائح الكريهة مثل إستخدام جسيمات الفضة وثاني أكسيد التيتانيوم TiO2 ويمكن للآلات المجهرية إزالة الكيماويات السامة من مياه الصرف الصحي ، كذلك يمكن أن تقلل من الإنبعاثات المسببة للإحتباس الحراري بنسبة 2٪ عند الشروع باستخدامها ويتوقع أن تصل إلى 20 ٪ بحلول عام 2050 ، كذلك إنتاج بدائل للمواد النادرة والتقليدية أكثر فعالية من حيث الخصائص وأقل تلوثاً مما يساهم في إرتفاع مرونة العمل الإنتاجي من خلال تخفيض حجم المخلفات إلى الحد الأدنى وبإستخدام المواد النانوية فإن تكاليف الطاقة اللازمة لمعالجة الملوثات ستنخفض وبالتالي يؤدي إلى خفض في رأس المال و تكاليف التشغيل والصيانة و من خلال تطبيق تقنية الإنتاج الأنظف (CPT) Cleaner production technology سيُحدث خفض في حجم المخلفات تلقائيا و تتحسن عملية إستخدام الموارد كلياً.

جدول رقم (2) : المواد الملوثة للبيئة والحلول المعالجة لها بتقنية النانو[1]

المواد الملوثة للبيئة	القيمة المضافة للحد من الغازات المسببة للإحتباس الحراري
اقتصاد الهيدروجين The Hydrogen Economy	تطوير كفاءة تخزين الهيدروجين يمكن لمركبات الهيدروجين القضاءعلى جميع الإنبعاثات الضارة من وسائل النقل والذي من شأنه أن يحسن الصحة العامة والقضاء على جمّع انبعاثات CO2
المواد المضافة للوقود Fuel additives	زيادة كفاءة الوقود في محركات الديزل بنحو 5 %بإضافة جسيمات النانو مما يؤدي إلى توفير 2-3 مليون طن سنويا من إصدار -CO2 في المملكة المتحدة
العزل Insulation	تقدم لنا تكنولوجيا النانو العديد من أساليب عزل البناء من خلال مواد عزل جديدة بجانب رفع أداء المواد التقليدية بالاضافة الى دمجها مع بعض المواد الاخرى
البطاريات و المكثفات Batteries and Super capacitors	لا تزال تقنية البطاريات والسيارات الكهربائية تعاني من مشكلة زمن الشحن فتوفر تقنية النانو حل لهذه المشكلة من خلال إعادة شحنها بسرعة أكثر
الخلايا الشمسية Solar cells	خفض في تكاليف إنتاج الخلايا الشمسية وتعديل أدائها ليصل لخمس مرات أكثر إنتاجية من الخلايا التقليدية

مما سبق تناوله يثبت فرضية البحث والتي توضح أن إعتماد تقنية النانو في المجال الصناعي من شأنها أن تسهم في تحقيق الأهداف والأبعاد الرئيسية للتنمية المستدامة ، وهذا يشير إلى أهمية تقنية النانو في تحقيق أبعاد التنمية المستدامة والتي لها قاعدة صلبه متمثلة في رأس المال بأنواعه المختلفة بشري ، مالي ، إنتاجي ، طبيعي.

رابعاً: حجم الإستثمار العالمي في تقنية النانو الحيوية :

إتجهت الدول المتقدمة ذات الإقتصادات الضخمة إلى الإستثمار في هذه التقنية الحديثة ، حيث بلغت قيمة حجم الإستثمار في تكنولوجيا النانو عالمياً حوالي 69.15 مليار دولأر في عام 2022 ، ومن المتوقع أن ينمو خلال عام 2023 إلى حوالي 79.14 مليار دولار و 248.56 مليار دولار في عام 2030 بمعدل نمو سنوي 17.8%[7] ، وتعتبر الولايات المتحدة الأمريكية الرائدة في هذا المجال فهي أول من بدأت في دراسة تقنية النانو في عام 2000 ، وخصصت ميزانية ضخمة بلغت 500 مليار دولار أمريكي من أجل المبادرة الوطنية لتقنية النانو (NNI) ، وخصصت نحو 17,9 مليار دولار لأبحاث تقنية النانو فقط خلال الفترة من عام 2001 وحتى عام 2013 وبمشاركة ثماني وكالات حكومية في البداية ثم إرتفع العدد ليصبح 27 وكالة خلال هذه الفترة ، وقد حدد (معهد بحوث تقنية النانو العسكرية) Institute for Soldier Nanotechnologies ISN مجالات للبحوث الإستراتيجية التي تُركز على (أجهزة الإستشعار المصغرة ، والطائرات المقاتلة بدون طيار، وتطوير التدريب على تطبيقات الواقع الإفتراضي ، وتعزيز الأداء البشري).

جدول رقم (3) يوضح أكثر عشرة دول في أبحاث تقنية النانو[11]

الترتيب	الدولة	عدد الأبحاث 2019	عدد الأبحاث 2020
1	الصين	80.806	85.480
2	الولايات التحدة	26.689	27330
3	الهند	17.209	18.939
4	إيران	11.486	12.357
5	كوريا الجنوبية	10.095	10.519
6	ألمانيا	9.339	9.763
7	اليابان	8.117	8.712
8	المملكة المتحدة	6.275	6.900
9	فرنسا	6.063	6.509
10	السعودية	3.944	5.709

وبدأت الصين رحلة البحث والتطوير في تكنولوجيا النانو في وقت مبكر منذ عام 1989 عندما تم إنشاء مضاعف القوة الذرية Atomic Force multiplier، ثم مجهر المسح النفقي Scanning Tunneling Microscope ، والتي تعتبر الأدوات الرئيسية لأبحاث تقنية النانو. وتعد الصين احد أسواق النانو تكنولوجي الأسرع نمواً في العالم بقيمة تقدر بحوالي 145 مليار دولار عام 2015 ، وبادرت الحكومة الروسية في أبريل 2007 بدراسة وتطوير تقنية النانو، وتم تخصيص ميزانية تقدر بحولي 3,3 مليار دولار وتقوم روسيا بتطوير تكنولوجيا النانو في التطبيقات العسكرية في مجال وقود الصواريخ، وتطوير الزي العسكري ، وتصنيع المواد متناهية الصغر، وتصنيع سترات النانو للطائرات المقاتلة ، و بدأ الإتحاد الأوربي دراسة وتطوير تقنية النانو خلال عام 1996، وفي عام 2002 تم إعتماد هذه التقنية باعتبارها أحد الأولويات السبعة من ضمن البرنامج الإطاري السادس FP6 للبحث والإبتكار بميزانية بلغت 1.300 مليار يورو وإرتفعت لتصل إلى 3.475 مليار يورو في البرنامج الإطاري السابع 2007 – 2013 كذلك تم تطبيق مبادرة آفاق 2020 بميزانية تقدر بمليار يورو ، أيضاً خصصت بعض الدول العربية في بداية الألفية الحالية ميزانيات لأبحاث تقنية النانو منها السعودية التي يوجد بها أربعة مراكز أبحاث متخصصة في تقنية النانو وكان أول مركز أنشأته في مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية ، ثم مصر التي إهتمت بالإستثمار في هذه التقنية حيث وصل عدد مراكز أبحاث النانو فيها إلى خمسة مراكز و تلتها الكويت وقطر والإمارات والمغرب والأردن وتونس وفلسطين في تأسيس مراكز أبحاث تقنية النانو

خامساً : تقنية النانو الحيوية وأفاق المستقبل :

تُبشر تقنية النانو بثورة صناعية جديدة ويعتبرها العلماء لغة المستقبل ويتوقع أن تدخل تطبيقاتها في مجالات أخرى غير الطب والجوانب العسكرية مثل الزراعة والغذاء وتقنية معالجة المياه والبيئة والإكترونات والحواسيب حيث ستؤدي هذه التقنية إلى تقليل حجمها وسعرها وإحتياجاتها من الطاقة بدرجة كبيرة ويتوقع العلماء أيضاً بأنه سيكون من الممكن لهذه التقنية صنع أي شيئ بجودة عالية وتكلفة منخفضة جداً فهي تقنية تفوق الخيال

ففي مجال الطب سيشهد المستقبل القريب الكثير من التطبيقات النانوية متمثلة في الإستفادة من خصائص المركبات النانوية في آلية نقل الدواء الى الأجزاء المصابة من الجسم. كما سيتم الإستفادة من هذه التقنية في الإكتشاف الدقيق للتعرض لبعض المركبات الكيميائية والبيولوجية الخطرة والتشخيص المبكر لبعض الأمراض مثل السرطان وعلاجه بجسيمات الذهب النانوية الذي سيعطي أملاً جديداً لملايين المصابين في العالم[12].

وفي المجال البيئي من المتوقع في المستقبل القريب من خلال ما توصل اليه من تقدم في التكنولوجيا والمهارة في التحكم والهيمنة على خواص المادة والتلاعب بذراتها وبنيتها الداخلية سيؤدي إلى إبتكار مواد نانونية جديدة وأنظمة حديثة وأدوات فعالة تؤدي إلى حماية البيئة من خلال إنتاج مواد نانوية متقدمة وإدخال طرق فعالة ورخيصة للحصول على الطاقة النظيفة وتنظيف البيئة من تراكمات الملوثات البيئية على مدار السنوات السابقة وإبتكار أنظمة تنبؤ حديثة بهدف الحماية المستقبلية من أي مشاكل بيئية
وفي مجال الزراعة قد تستخدم معدات نانوية لزيادة خصوبة التربة وزيادة الإنتاج الزراعي مثل الزيوليتات ذات المسامات النانوية لإطلاق جرعات فعالة من الماء والمواد المخصبة للنبات وجرعات من الغذاء والدواء للمواشي ، أما في مجال الأغذية يتم حاليا إجراء تجارب على إستخدام تقنية النانو في إنتاج مستشعرا ت حيوية قادرة على التقاط البكتيريا الدقيقة التي تصيب الطعام وتتسبب في إفساده وبالتالي سيكون من السهل الحفاظ على حياة الإنسان[13]

سادساً: النتائج والتوصيات :

أولاً : النتائج

1- من خلال هذه التقنية يمكن تصنيع مواد جديدة متناهية الصغر منخفضة التكلفة وفائقة الدقة وخفيفة الوزن والتي تؤدي إلى إحداث الكثير من التغييرات والتأثيرات في كافة مجالات الحياة المختلفة للمجتمع
2- إن الإستثمار في إتجاه تقنية النانو هو أحد طرق تحقيق أهداف التنمية المستدامة فهي تساهم فى المحافظة على البيئة من خلال خفض الملوثات والإنبعاثات الناتجة عن الصناعة والطاقة وكذلك المحافظة على الموارد المختلفة وإستغلالها

ثانياً : التوصيات

1- تشجيع العمل على إدخال تقنية النانو كمدخل للتنمية المستدامة فى الصناعة الليبية وبخاصة الصناعات التي تواجه منافسة عالية من المستوردة وتسويق منتجات صديقة للبيئة فى السوق المحلي من خلال نقل نتائج البحوث والدراسات الأكاديمية إلى المنشاءات الصناعية والشركات الإنتاجية العامة والخاصة
2- في إطار البحث عن موارد بديلة عن النفط وتنويع مصادر الدخل يجب دعم وتشجيع الإستثمار في هذه التقنية للإستفادة منها كمورد يحقق إضافة للناتج القومي في ليبيا
3- إنشاء مراكز أبحاث متخصصة تواكب التقدم العلمي والتعاون مع المنظمات الإقليمية والدولية ذات العلاقة للإستفادة من خبراتها في نقل هذه التقنية
4- دعم برامج الدراسات العليا والتدريب والتعاون مع الجامعات و المراكز البحثية الدولية المتخصصة في هذا المجال
5- تكوين مناهج دراسية لتعليم تقنية النانو وتطبيقاتها وإعتمادها من ضمن المقررات الدراسية بالجامعات والمعاهد الليبية

سابعاً: المصادر والمراجع :

أولاً - المصادر العربية

1- البيرماني ، علي مهدي عباس: " (2016) دور تكنولوجيا النانو في بناء القدرات التنافسية " ، العراق ، كلية الإدارة والإقتصاد ، جامعة كربلاء.
2- الحبشي ، نهى علوي ابو بكر: "(2011)كتاب ماهي تقنية النانو "، وزارة الثقافة والإعلام ، المملكة العربية السعودية.
3- الإسكندراني ، محمد شريف: " (2010) كتاب تكنولوجيا النانو من أجل غد أفضل ".
4- الطيار ، شيماء علي: " (2016) نموذج مقترح لتطبيق محاسبة النانو بإستعمال الطباعة ثلاثية الأبعاد في الشركة العامة للصناعات الكهربائية "، المعهد العالي للدراسات المحاسبية والمالية ، جامعة بغداد.

ثانياً - المصادر الأجنبية

1. Michel Berger:" Nanotechnology's potential to reduce greenhouse gases", (2007)
2. Vajtai, Robert: " Springer Handbook of Nanomaterials “, Springer Science & Business Media,USA, (2013)
3. Hulla J, Sahu S, Hayes A. Nanotechnology:" History and future", Human and Experimental Toxicology, (2015).
4. Zheng LX, O'Connell MJ, Doorn SK, Liao XZ, Zhao YH, Akhadov EA, et al. Ultralong single-wall carbon nanotubes. Nat Mater. 2004 Oct;3(10):673-6.

ثالثاً – المواقع الإلكترونية

1- https://en.wikipedia.org/wiki/Nanotechnology
2- " تكنولوجيا النانو تحت مجهر المستهلكين في سويسرا " ، (2011)
https://www.swissinfo.ch/ara
3 - http://uqu.edu.sa/page/ar/55475
4 - http://nano.ksu.edu.sa/ar/nano_appl_1

5 - http://www.saudinanocenter-sa.com/index.php/example-pages

6- " الامم المتحدة " (2020)
https://www.un.org/ar/sections/what-we-development/index.html-sustainable-do/promote

7- https://www.fortunebusinessinsights.com/nanotechnology-market-108466

8- https://www.industryarc.com/Report/15022/nanotechnology-market.html

9- " تكنولوجيا النانو والثورة الكبرى في مجال الأغذية الزراعية "
https://www.researchgate.net/publication/365996030_tknwlwjya_alnanw_wthwrt_kbry_f_mjal_alaghdhyt_walzrat_Nanotechnology_is_a_major_revolution_in_food_and_agriculture

10- " واقع تقنية النانو وآفاق المستقبل "
https://mail.almerja.com/reading.php?idm=213634

11- https;//statnano.com

12- http://www.gafrd.org/posts/341043

13- http://dotmsr.com/ar/605/1/124913

ABSTRACT

Despite the high cost of nanomaterials and devices, nanotechnology is witnessing great growth and development worldwide, and competition has become great among developed countries to produce and develop this technology by allocating huge budgets and expanding the establishment and support of specialized research centers due to the increasing demand for it. This modern technology is considered the latest technology. What has been achieved by scientific and technological development in recent years, which would work to achieve the economic goals of comprehensive development through employing various economic resources and making optimal use of them. This study aimed to introduce nanotechnology, its importance and applications in various areas of life, and to clarify the extent of the possibility of benefiting from it in achieving the economic goals of comprehensive development. The study reached some results and recommendations, the most important of which is encouraging work on introducing and using nanotechnology as an entry point for comprehensive development in Libyan industry, especially industries that face high competition from imported products, and marketing environmentally friendly products in the local market as a first step through transferring the results of research and academic studies to industrial facilities and various production companies. Establishing, supporting and developing centers for nanotechnology research in Libya and linking them with regional and international organizations to benefit from their expertise in this field, Educating and encouraging the private industrial sector to use nanotechnology because of its great advantages and benefits to the environment and society, Also since oil is considered the primary source of income in Libya, which represents about 95% of the total GDP, if the state focuses on supporting and encouraging investment in the direction of using nanotechnology by exploiting and investing in the resources available to it, there is great potential to benefit from it as a source of income that provides It is an addition to Libya gross domestic product and is considered a source of diversified national income.