# بحث بعنوان

# التطبيقات البيئية الخضراء لتكنولوجيا النانو فى المستقبل

**د/ مرفت رشاد أحمد محمد**
مدرس جامعي بكلية العلوم والآداب
المناهج وطرق تدريس العلوم
جامعة القصيم بالمملكة العربية السعودية
merfat_r2010@yahoo.com

**أ/أيمن جابر حسونه على**
معلم رياضيات خبير وباحث إدارة تربوية
مدرسة الواسطى الثانوية الصناعية
وزارة التربية والتعليم
hassona64@gmail.com

## مستخلص

يعد توفير البيئة النظيفة الآمنة من التحديات الكبيرة التي تواجه الإنسانية، فنتيجة للأنشطة الإنسانية المختلفة عبر آلاف السنين في الزراعة والصناعة والإسكان وحرق الوقود والقضاء على الغابات والرقعة الزراعية فقد لحق بالبيئة دمار كبير ، وتلوث الهواء والماء والتربة ، ونتج عن ذلك جملة من المخاطر والمشاكل التى بدأت تهدد البشرية، ولعل أهمها انتشار الأمراض والأوبئة الناجمة عن التلوث، والتغير المناخي والاحتباس الحراري، والذي سبب مشاكل مناخية كبيرة أدت إلى العواصف والفيضانات من ناحية والجفاف والتصحر وشح المياه من ناحية أخرى، كما أنها قد تؤدي إلى مشاكل أكبر وأعمق إذا تأخرنا في مواجهة هذا التحدي، وتمتلك التطبيقات البيئية الخضراء لتقنية النانوتكنولوجى إمكانيات كبيرة لإصحاح البيئة (الهواء والماء والأرض) ومعالجتها من التلوث الناجم عن الأنشطة الزراعية والصناعية والإسكان وغيرها، ولها مجموعة من الحلول قليلة التكاليف لمشاكل تنظيف البيئة.

يعد مجال حماية البيئة من أبرز المجالات التطبيقية التي توليها تكنولوجيا النانو اهتماماً كبيراً نظراً إلى الترابط بين صحة الإنسان والظروف البيئية التي يعيش فيها ، وتهدف التكنولوجيا الخضراء الى استخدام تكنولوجيا أقل ضرراً على صحة الانسان والبيئة ، وتؤدى بشكل تدريجي إلى أنظمة توليد وتخزين وتوزيع واستخدام نظيف وغير ملوثة للبيئة، وبذلك تقلل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بشكل كبير، وتنقذ العالم من مشكلة التغير المناخي والاحتباس الحراري، ومن هنا يهدف هذا البحث إلى استعراض التطبيقات البيئية الخضراء لتكنولوجيا النانو فى المستقبل.

الكلمات المفتاحية: التطبيقات البيئية الخضراء–تكنولوجيا النانو.

# Green environmental applications of nanotechnology in the future

**D / Merfat Rashad Ahmed Mohamed**

University teacher at the Faculty of Arts and Sciences
Curriculum and methods of teaching science

Qassim University, Saudi Arabia

merfat_r2010@yahoo.com

**Mr/ Ayman Jaber Hassouna**

math teacher expert and researcher in Educational Administration

Industrial Secondary School Wasta

the Ministry of Education

hassona64@gmail.com

## Abstract

Providing a safe and clean environment is a major challenge facing humanity. As a result of various human activities over thousands of years in agriculture, industry, housing, fuel burning, forest destruction and agriculture, the environment has been devastated by pollution, air pollution, water and soil. The most important of which is the spread of diseases and epidemics caused by pollution, climate change and global warming, which have caused major climatic problems that have led to storms and floods on the one hand, drought, desertification and water scarcity on the other, and may lead to problems The green environmental applications of nanotechnology have great potential for environmental

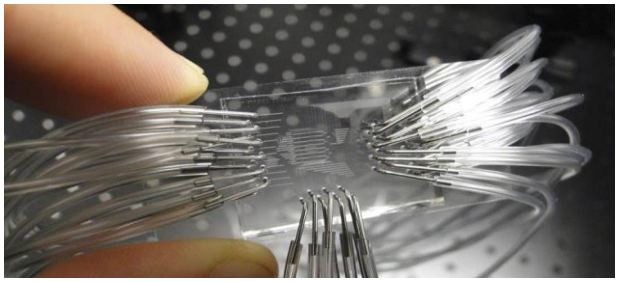
sanitation (air, water, land) and treatment of pollution from agricultural, industrial, housing and other activities, and have a range of low-cost solutions to environmental clean-up problems.

Environmental protection is one of the most important applied areas of nanotechnology because of the interdependence between human health and the environmental conditions in which it lives. Green technology aims at using less harmful technologies for human health and the environment and leads gradually to clean, Polluting the environment, thereby significantly reducing carbon dioxide emissions and saving the world from the problem of climate change and global warming. This research aims at reviewing the green environmental applications of nanotechnology in the future.

**Keywords**: Green environmental applications – Nanotechnology.

## مقدمة:

بعد عصر البخار والآلات الميكانيكية الضخمة الذي بدأ مع نهاية القرن الثامن عشر، وعصر السيلكيون الذي بزغ مع اختراع أول ترانزيستور في بداية الخمسينيات، دخلت الحضارة الإنسانية في طور جديد منذ بداية التسعينيات، وهو عصر تكنولوجيا النانو، وكان شعار هذه التكنولوجيا هو صناعة مواد تقاس أحجامها بالنانومتر لها خصائص عجيبة وآلات متناهية الصغر تتمتع بقدرات مذهلة.



شريحة نانوية فائقة الحساسية يمكنها اكتشاف السرطان في مراحله الأولى

وقد نال علم النانوتكنولوجى اهتماماً كبيراً على المستوى العالمى لما أحدثه من تغيرات جذرية فى خواص المواد الفيزيائية والكيميائية والمغناطيسية والإلكترونية، فالذهب مثلاً أصبح سائلاً وليس له اللون الذهبى بل أطياف من ألوان شتى، وبذلك فتح الباب لعدد من التغيرات التى مهدت لوجود تطبيقات متعددة فى مجالات متنوعة.[1]

وتتوافق أهداف النانو تكنولوجي مع أهداف التنمية الدولية التي حددتها الأمم المتحدة في الألفية الثالثة، ففي عام 2000م، تعهدت جميع الدول الأعضاء في الأمم المتحدة وعددها 189 بالوصول إلى 8 أهداف لدعم التنمية الإنسانية وتشجيع الاستقرار الاقتصادي والاجتماعي حتى 2015م .

وفي عام 2000م أعلنت أمريكا (مبادرة تقنية النانو الوطنية NNI)، والتي جعلت تقنية النانو تقنية إستراتيجية وطنية وفتحت مجال الدعم الحكومي الكبير لهذه التقنية في جميع المجالات الصناعية والعلمية والجامعية. وتلا ذلك قيام اليابان عام 2002 بإنشاء مركز متخصص للباحثين في تقنية النانو وذلك بتوفير جميع الأجهزة المتخصصة ودعم الباحثين وتشجيعهم وتبادل المعلومات فيما بينهم.

ومن تطبيقات النانو تكنولوجي التى تدفع بعجلة التنمية (تخزين الطاقة وإنتاجها وتحويلها–تحسين الإنتاج الزراعي– معالجة مياه الشرب –تشخيص الأمراض ومتابعتها –تسليم الأدوية –معالجة الطعام وتخزينه –معالجة تلوث الهواء– البناء– مراقبة الصحة– مقاومة الآفات والحشرات).

1 -Laherto, T. (2010)." Analysis of Environmemtal Significance of Nano Science and Nanotechnology in Signific and Technological Literacy", Studies in Education Science, Vol. (21), no. (2), Pp. (160-175).

إذا نظرنا إلى أهم عشر تحديات تواجه البشرية في القرن الواحد والعشرين نجد أن الطاقة أولها تليها توفير المياه الصحية والغذاء الآمن والبيئة النظيفة والفقر والإرهاب والحروب وانتشار الأمراض والتعليم والديمقراطية والانفجار السكاني.[2]

ويعتبر مجال النانوتكنولوجى ليس مجالاً منفصلاً عن العلوم بل يعمل على المكونات الأساسية للمادة ألا وهي الذرات والجزيئات، وجذور علوم وتكنولوجيا النانو هى جواهر مفاهيم العلوم، والجديد هو زيادة فهمنا عن التفاعل بين الذرات والجزيئات والأدوات المستخدمة لمعالجة وتخليق مواد وأدوات جديدة على التدرج الفائق الصغر.[3]

وتشير الأدبيات.[4] الى أن النانوتكنولوجى هو محاولة فهم سلوك وخصائص المواد والتحكم فيها على مستوى الذرة والجزىء عند مستوى قياسات ما بين 1-100 نانو متر بهدف تخليق تركيبات وأجهزة ونظم صغيرة الحجم ذات خصائص ووظائف جديدة، فضلاً عن أن علوم النانوتكنولوجى تعتبر من العلوم التى تتخطى الحواجز بين فروع العلم التقليدية كالفيزياء والكيمياء والبيولوجى.

أصبحت تقنية النانو في طليعة المجالات الأكثر أهمية وإثارة في الفيزياء، الكيمياء، الأحياء والهندسة ومجالات عديدة أخرى، فقد أعطت أملاً كبيراً لثورات علمية في المستقبل القريب ستغير وجهة التقنية في العديد من التطبيقات، 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. وخلصت الدراسة إلى نقاط من أهمها أن لتقنية النانو مستقبلاً عظيماً في جميع المجالات الطبية والعسكرية والمعلوماتية والإلكترونية والحاسوبية والبتروكيميائية والزراعية والحيوية وغيرها. [5]

وتهدف هذه التقنية إلى صنع مواد قابلة للاستخدام في كافة المجالات المعرفية سواء كانت كيميائية أو فيزيائية أو بيولوجية أو صناعية تقنية متقدمة. وتقنية النانو تعد ثورة صناعية قادمة سوف تحول المفاهيم المعرفية والصناعية إلى شيء أشبه بالخيال عند مقارنتها بمفاهيم الواقع الحالي. وسوف تخدم كافة أغراض المعرفة البشرية ويعول كثيراً على هذه التقنية في

---

2 فتحى حمد بن نشوان (2015)."علوم وتقنيات النانو وتحديات القرن الواحد والعشرين"، تطبيقاتها، وآثارها واستراتيجية تطويعها فى الوطن العربى.http://www.maaber.org/issue_september12/spotlights1.htm

3 -Healy, N. (2009). "Why Nano Education?" Journal of Nano Education", Vol. (1). Pp (6-7).

4 -Andrew, M.; Kubik, T.; Bogunia K.; Sugisaka, M. (2011)."Welcome to Nano Science and Interdisciplinary" Environmental Explorations Grands (9-12), National Science Teacher Association in http://www.nsta.org.

5 جامعة الملك سعود-معهد الملك عبد الله لتقنية النانو- مقدمة في تقنية النانو -https://nano.ksu.edu.sa/ar/nanotech-introduction

الاستخدامات الطبية المتقدمة والكشف عن أمراض السرطان في مراحل مبكرة جداً، وكذلك الصناعات الإلكترونية المتقدمة في أكثر من مجال.[6]

وباستخدام تقنية النانو يمكن دمج الصفات الفيزيائية والبيولوجية والكيميائية للمواد ليكون توظيفها ممكننا فى أى مجال، سواء في جسم الإنسان، أوفي محرك الطائرة، فمن الممكن توجيه وضع الذرات الداخلة في التفاعل بطريقة محددة، وبالتالي فإن المواد الناتجة سوف تكون أكثر دقة وأكثر نقاوة من التصنيع بالطرق التقليدية، ومن ثم توحيد نوعية المنتج، وكذلك تقليل تكلفة الإنتاج وخفض الطاقة المستهلكة، وهناك أجهزة على مستوى النانو (Nanodevice) قادرة على توجيه الذرات ووضعها في مكانها الصحيح أثناء عملية التفاعل.[7]

ويعد مجال حماية البيئة من أبرز المجالات التطبيقية التي توليها تكنولوجيا النانو اهتماماً كبيراً وذلك نظراً إلى الترابط بين صحة الإنسان والظروف البيئية التي يعيش فيها ، ومع الزيادات لمعدلات النمو السكاني الذي يشهده العالم ترتفع كميات الملوثات والتي تنجم عن ( مياه الصرف الصحي–صرف الأسمدة والمبيدات الزراعية–صرف المخلفات الصناعية)، وتؤدى مهارة الإنسان وقدراته إلى ابتكار مواد نانوية تؤدي إلى حماية البيئة من خلال ( تنظيف البيئة وتخليصها من تراكمات الملوثات البيئية– تطوير وتحديث الطرق المستخدمة حالياً في إزالة الملوثات– إنتاج مواد نانوية متقدمة)[8]

ويمكن للنانوتكنولوجي أن تستخدم في إزالة التلوث البيئي حيث يمكن للآلات المجهرية إزالة الكيماويات السامة من مياه الصرف، وقد تتمكن من استخلاص بعض النظائر المشعة من تصريف المفاعلات النووية، كما سيتم باستخدام روبوتات مجهرية تنقية المياه من الملوثات، وإنتاج عدداً من المرشحات التي تستخدم في تنقية مياه الشرب الملوثة حيث تقوم بتصفية المياه من البكتيريا والعناصر الفلزية الثقيلة.[9]

---

6 وحدة بحوث النانوتكنولوجى والمواد المتقدمة بجامعة الكوفة– النانوتكنولوجي وتطبيقاته
http://www.eng.uokufa.edu.iq/nano/nano9.html

7 –أمينة جاد ، تكنولوجيا النانو.. ثورة صناعية جديدة مصرس، (محرك بحث إخبارى)، 2008/2/25.
http://www.masress.com/egynews/5397

8 تكنولوجيا النانو من أجل غد أفضل، الاثنين، 18 يوليو، 2011
http://nanotechnology-for-life.blogspot.com.eg/2011/07/blog-post_18.html

9 محمد شريف الإسكندراني (2010)." مجلة عالم المعرفة" تكنولوجيا النانو من أجل غد أفضل، العدد 374، أبريل، الكويت. ص 21

كما استخدم الباحثون فى المختبر الوطني لشمال غربي المحيط الهادي في ريتشلاند في واشنطن (وهو جزء من قسم الولايات المتحدة للطاقة) قالباً نفوذاً من السيليكا مع طبقة فعالة خاصة لإزالة الرصاص والزئبق من إمدادات الماء.[10]

وقد أكدت دراسة (Stelick,&Alger,2010)[11] أن واحدة من أهم التحديات التى تواجه مجال النانو تكنولوجى هو المجال البيئى، حيث يركز على المفاهيم الرئيسية من عدة مجالات فرعية، وللتغلب على هذا التحدى صمم مقرر يعتمد على عدد من الأساليب التدريسية التى تناسب ذلك مثل: التدريس بالفريق، ومدخل " قلب هرم التعلم"، والمحتوى المتمركز حول التطبيقات.

## مشكلة البحث:

فشلت كل العلوم والتقنيات التقليدية في تقديم حلول ناجعة ومستديمة لكثير من المشاكل والتحديات التى تواجهها المجتمعات الإنسانية اليوم، وكان الأمل معقودًا على حدوث اختراق علمي يستخدم علوم وتقنيات جديدة لها القدرة على مواجهة هذه المشاكل والتحديات، وتأتي علوم وتقنيات النانو لتواجه هذه المشاكل والتحديات وتقدم الحلول الناجعة والمستديمة، لما لها من قدرة على فهم المشاكل والتصدى لها مبكرًا وحلها عند المستوى الذري والجزيئي، أي عند لبنات بناء bulding blocks المادة (حية أو غير حية)، حيث أغلب المشاكل تحدث في هذه المستويات الصغيرة، وتهدف تقنية النانو الخضراء الى إنتاج تكنولوجيا نظيفة باستخدام تطبيقات النانوتكنولجي أقل ضرراً على صحة الانسان والبيئة، وتشجع استبدال المنتجات القائمة الآن مع منتجات نانو تكون أقل ضرراَ على البيئة ، وللتصدي لهذه المشكلة يحاول البحث الحالي الإجابة عن السؤال الرئيس التالي: **-ما التطبيقات البيئية الخضراء لتكنولوجيا النانو فى المستقبل؟**

ويتفرع عن هذا السؤال الرئيس الأسئلة الفرعية التالية:

-ما المقصود بتكنولوجيا النانو؟ وما تاريخ هذه التكنولوجيا؟

-ما أهمية تكنولوجيا النانو؟

-ما التأثيرات المستقبلية للتكنولوجيا النانوية؟

-ما التطبيقات البيئية الخضراء لتكنولوجيا النانو فى المستقبل؟

**أهداف البحث:** يهدف البحث الحالي إلى تحقيق ما يلي:

-التعرف على مفهوم تكنولوجيا النانو والتأريخ لها.

---

10 http://www.eng.uokufa.edu.iq/nano/nano10.html

11 -Stelick, J. & Alger, H. (2010). " Hants- On Classroom Photolithograbhy Laboratory Module to Exblore Nanotechnology", Journal of Chemical Educadion, Vol. (82). No. (9), Pp. (1361-1364).

- التعرف على أهمية تكنولوجيا النانو.
- التعرف على التأثيرات المستقبلية للتكنولوجيا النانوية.
- تحديد التطبيقات البيئية الخضراء لتكنولوجيا النانو فى المستقبل.

**المنهج البحثي المستخدم:** استخدم الباحثان المنهج التالى:

**المنهج الوصفي التحليلي:** الذي يختص بوصف ما هو كائن وتفسيره وتحديد الظروف والعلاقات التي توجد بين الوقائع، وتنظيم البيانات وتحليلها، واستخراج استنتاجات ذات دلالة ومغزى بالنسبة لمشكلة البحث المطروحة.[12]، وقد استعان هذا البحث بهذا المنهج في تنظيم وتحليل الأدبيات التربوية التي تناولت مفهوم تكنولوجيا النانو؟ والتأريخ لها، أهمية تكنولوجيا النانو، التأثيرات المستقبلية للتكنولوجيا النانوية، التطبيقات البيئية الخضراء لتكنولوجيا النانو فى المستقبل؟

**أهمية البحث:** تكمن أهمية البحث الحالي في أنه يسهم في:

-إلقاء الضوء على أهمية تكنولوجيا النانو وتطبيقاتها المستقبلية المتوقعة لحل الكثير من المشكلات في شتى مجالات الحياة وخاصة فى المجال البيئى.

-جذب أنظار الجهات البحثية والعلمية في مصر الى ضرورة إجراء بحوث تطبيقية فى مجال تكنولوجيا النانو لحل الكثير من المشاكل الحياتية الملحة.

-لفت أنظار مطورى المناهج الى ضرورة تصميم مناهج دراسية لتكنولوجيا النانو وتطبيقاتها فى المجتمع.

## مصطلحات البحث:

1-تكنولوجيا النانو: تعرف على أنها" تلك التكنولوجيا المتقدمة القائمة على تفهم ودراسة علم النانو والعلوم الأساسية الأخرى تفهماً عقلانياً وابداعياً مع توافر المقدرة التكنولوجية على تخليق المواد النانوية والتحكم فى بنيتها الداخلية عن طريق إعادة هيكلة وترتيب الذرات والجزيئات المكونة لها مما يضمن الحصول على منتجات متميزة وفريدة توظف في التطبيقات المختلفة.[13]

2-التطبيقات البيئية الخضراء: تعرف بأنها" استخدام الإنسان للأفكار والتصورات النانونية المتصلة بالبيئة، وإجراء عمليات يستفاد منها فى المجال البيئى، وذلك للتغلب على المشكلات التى تواجهها".[14]

12جابر عبد الحميد جابر (1996). مناهج البحث في التربية وعلم النفس، القاهرة، مكتبة دار النهضة العربية. ص 134

13 محمد شريف الإسكندرانى (2010). مرجع سابق، ص 22

14 شيماء أحمد محمد أحمد (2015)."فاعلية برنامج مقترح فى النانو تكنولوجى لتنمية المفاهيم النانو تكنولوجية والوعي بتطبيقاته البيئية لدى طلاب شعبة العلوم بكلية التربية" مجلة التربية العلمية، المجلد الثامن عشر، العدد السادس (2)، نوفمبر. ص 47

## -الإطار النظري للبحث:

## -مفهوم وتاريخ تكنولوجيا النانو:

كلمة نانو nanos هي كلمة إغريقية وتعنى القزم dwarf،(إذا قسمنا المتر إلى مليار جزء فإن جزءًا واحدًا منه يساوي نانومتر)، النانومتر أصغر من قطر شعرة الإنسان بعشرات آلاف المرات، وأصغر من خلية الإنسان بآلاف المرات وأصغر من فيروس البرد على سبيل المثال بمئة مرة، وتعود بداية تكنولوجيا النانو الى حديث عالم الفيزياء Richard Feunman عام (1959) والذى أشار فيه الى إمكانية تصغير دائرة المعارف البريطانية لتصبح فى حجم رأس دبوس إذا تم تصغير النصوص بنسبة (250000:1) من خلال التعامل مع الذرات والجزيئات المفردة بأدوات دقيقة للوصول الى مجموعات أصغر حتى الوصول للقياس المطلوب، وعندها سوف تتغير الظواهر الفيزيائية فقد تقل أهمية الجاذبية ، وتتزايد أهمية التوتر السطحى.

وأوضح أن أكبر عائق للدخول في هذا العالم المتناهي في الصغر هو أننا لا نستطيع أن نراه أو نعرف ما يجري فيه، وكانت قوة المجاهر الإلكترونية في ذلك الوقت قاصرة عن الوصول إليه، وقال إن المشاكل التي تواجهها الكيمياء والأحياء من الممكن حلها إذا طورنا قدراتنا على رؤية ومعرفة وعمل الأشياء في المستوى الذري والجزيئي (حيز النانو)، وهو تطور ضروري لا نستطيع تجنبه. وقد أشار إلى تحد علينا مواجهته وهو تقوية المجهر الإلكترونى ليصبح أكثر قوة ويصل إلى المستوى المطلوب.

وفى سنة 1982 تم اختراع مجهر مسح النفق scanning tunneling microscope الذي أضاء عالم النانو لأول مرة في التاريخ، وفتح آفاقًا كبيرة أمام تقدم علوم وتقنيات النانو، وبعد ذلك توالت التطورات وقاد مجهر مسح النفق إلى تطوير مجهر آخر يسمى مجهر القوة الذرية Atomic Force microscope، وفي سنة 2002 أعلنت شركة IBM أنها طورت مجهرًا إلكترونيًا جديدًا electron microscope بطاقة عالية جدًا، هذه المجاهر تعتبر الآن من الأدوات المهمة في بحوث وتطوير علوم وتقنيات النانو، فقد مكنت من رؤية وفهم ومعالجة المواد في حيز النانو، ومن المهم الإشارة إلى أن هذه المجاهر تسمح لنا برؤية غير مباشرة للذرات والجزيئات، وما نراه هو تمثيل لها على شاشة الحاسوب وليس تكبيرًا لها كما في المجاهر التقليدية.[15]

---

15 يرجي مراجعة

-فتحى حمد بن نشوان (2015). مرجع سابق.

-وحدة بحوث النانوتكنولوجى والمواد المتقدمة بجامعة الكوفة- النانوتكنولوجي وتطبيقاته

http://www.eng.uokufa.edu.iq/nano/nano9.html

ثم قدم "Eric Drexlre" عام (1986) مفهوم التصنيع الجزيئى بتجميع الجزيئات من قياس البيكومتر الى قياس النانومتر، ثم نشر كتاب الأنظمة النانونية عام (1992) حيث أشار الى أن تكنولوجيا النانو تعبر عن شىء يتميز بصفات جديدة ويتراوح حجمه بين (100:1 نانومتر)

وظهر المصطلح لأول مرة عام (1974) بواسطة العالم اليابانى ""Nario Taniguchi عندما حاول التعبير بهذا المصطلح عن وسائل وطرق تشغيل عناصر ميكانيكية وكهربائية بدقة عالية فى أبعاد صغيرة،[16]

ثم قدمت المبادرة الوطنية للنانو تكنولوجى عام (2000) تعريفاً واضحاً للنانوتكنولوجى بأنه"تطور الأبحاث والتقنيات عند مستوى قياسات بين (100:1) نانومتر لفهم الظواهر وسلوك المواد عند هذا المستوى بهدف تخليق تركيبات وأجهزة ونظم صغيرة الحجم ذات خصائص ووظائف جديدة"، وقد أشار التقرير الختامى للمبادرة الوطنية للإبداع الى أنه ينبغى على الحكومات والجامعات وقطاع الصناعة دعم تعليم تكنولوجيا النانو لمقابلة الاحتياجات المستقبلية للقوى العاملة والمدربة فى هذا المجال (National Innovation Initiative Report,2004)

والأمر الفريد فى مقياس النانو والذي جعل منه محطاً للأنظار ومقصداً للآمال هو أن معظم الخصائص الأساسية للمواد النانوية كالتوصيلية والصلابة ونقطة الإنصهار وغيرها من الخصائص التى تعتمد على الحجم بشكل غير مسبوق فى أى مقياس آخر أكبر من النانو، مما يجعل جسيمات المادة النانوية تبدى من الخصائص الفريدة فى هذا الحجم ما لا تبديه فى الحجم المرئى الملموس من المادة.[17]

ويعتمد مفهوم تقنية النانو على اعتبار أن الجسيمات التي يقل حجمها عن مائة نانومتر (النانومتر جزء من ألف مليون من المتر) تُعطي للمادة التي تدخل في تركيبها خصائص وسلوكيات جديدة. وهذا بسبب أن هذه الجسيمات (والتي هي أصغر من الأطوال المميِّزة المصاحبة لبعض الظواهر) تُبدي مفاهيم فيزيائية وكيميائية جديدة، مما يقود إلى سلوك جديد يعتمد على حجم الجسيمات. وقد لوحظ، كمثال لذلك، أن كلاً من التركيب الإلكتروني، التوصيلية، التفاعلية، درجة الانصهار والخصائص الميكانيكيةللمادة تتغير كلها عندما يقل حجم

16 يرجي مراجعة

- شيماء أحمد محمد أحمد (2015). مرجع سابق. ص 48

-حافظ زينهم، بوابات كنانة أونلاين، 2011/6/22

http://kenanaonline.com/users/eslamclinic/posts/281683

-أمينة جاد ، تكنولوجيا النانو.. ثورة صناعية جديدة، مرجع سابق.

17 -Aston, D. (2011)." Nanotechnology: The Stuff Science Fiction or Science Fact", School Science Review, Vol. (92), No. (4), Pp. (340-352).

الجسيمات عن قيمة حرجة من الحجم. حيث كلما اقترب حجم المادة من الأبعاد الذرية كلما خضعت المادة لقوانين ميكانيكا الكم بدلاً من قوانين الفيزياء التقليدية. إن اعتماد سلوك المادة على حجمها يمكننا من التحكم بهندسة خواصها، وبناءً عليه فقد استنتج الباحثون أن لهذا المفهوم آثاراً تقنية عظيمة تضم مجالات تقنية واسعة ومتنوعة تشمل إنتاج مواد خفيفة وقوية، إختزال زمن توصيل الدواء النانوي إلى الجهاز الدوري البشري، زيادة حجم استيعاب الأشرطةالمغناطيسية وصناعة مفاتيح حاسوب سريعة... الخ. وبشكلٍ عام فإن تقنية النانو هي تلك التي تتعامل مع تراكيب متعددة من المواد ذات أبعاد من رتبة النانومتر.[18]

يعتبر النانوتكنولوجي الجيل الخامس الذي ظهر في عالم الإلكترونيات الذي يمكن تصنيف ثوراته التكنولوجية على أساس أنها مرت بعدة أجيال هى:

-الجيل الأول ويتمثل في استخدام المصباح الإلكتروني (Lamp) بما فيه التلفزيون.

-الجيل الثاني ويتمثل في اكتشاف الترانزيستور، وانتشار تطبيقاته الواسعة.

-الجيل الثالث من الإلكترونيات ويتمثل في استخدام الدارات التكاملية (IC، Integrate Circuit)، وهي عبارة عن قطعة صغيرة جداً شكلت فى فترات ماضية قفزة هامة في تطور وتقليل حجم الدارات الالكترونية فقد قامت باختزال حجم العديد من الأجهزة، ورفعت 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 النانوتكنولوجي nano technology[19]

## -أهمية تكنولوجيا النانو:

تتصدر تكنولوجيا النانو قائمة الاهتمامات العالمية والبحثية فى جميع دول العالم إذ قامت (52) دولة خلال السنوات العشر الماضية بتأسيس برامج ووحدات بحثية وأكاديمية ومعاهد بحوث ومراكز ومعامل.[20]

ويعود الاهتمام الرسمى بأبحاث النانو لبداية التسعينات، حيث قامت مجموعة من المنظمات بتقييم حالة بحوث النانو ومستقبلها (WTEC)"الحكومية الأمريكية" من بينها مركز التقنية

18 وحدة بحوث النانوتكنولوجى والمواد المتقدمة بجامعة الكوفة- النانوتكنولوجي وتطبيقاته
http://www.eng.uokufa.edu.iq/nano/nano9.html

19أمينة جاد ، تكنولوجيا النانو.. ثورة صناعية جديدة، مرجع سابق.

20 طارق الشذى (2014)."تطلعاتنا نحو النانو وكيفية تحقيقة"، جريدة الإقتصادية، الإثنين 20 يوليو، العدد 5488، جريدة إلكترونية.

العالمى، وتقنية النانو متعددة الخلفيات فهى تعتمد على مبادىء علم الفيزياء والكيمياء والهندسة الكهربية والكيميائية إضافة الى الأحياء والصيدلة.[21]

وخلال العقدين الأخيرين خطت الدول الصناعية أشواطا هامّة في هذا المجال، فلقد وظّفت أكبر14 دولة صناعيّة 5,5 مليار دولارا سنة 2003. وحالياً تتصدّر مؤسسات عالمية ثلاث البحوث حول النانوتكنولوجيا: الأولى مقرّها لوس أنجلس والثانية في اليابان والثالثة في فرنسا وبالتحديد في جرونوبل.[22]

وتأمل أوروبا في خلق مجمع صناعي مختصّ في المواد النانوية، ففي سنة 2003 وظّفت 700 مليون يورو للبحوث المتعلّقة بالنانوتكنولوجيا وفي نفس الوقت تموّل اللجنة الأوروبية المختصّة البحوث حول الرقائق البيولوجية Biopuces التي تستعمل لدراسة الصبغيات، وتراهن مؤسسة العلوم القومية الأمريكية على أن يتطور سوق المنتجات النانوية ليبلغ ترليون دولارا (1000 مليار دولار) بحلول سنة 2015، وجدير بالذكر ان نحو 40 ألف عالم أميركي يعملون في هذا القطاع.[23]

ويتجه العالم الى إنشاء مدن تكنولوجية متكاملة من أجل البحث وتطبيق هذه التكنولوجيا الواعدة ففى الهند أقامت الحكومة "وادي التكنولوجيا"الذي يدر عليها سنوياً عشرين مليار دولار جراء بيع الإنتاج المعرفي إلى أميركا، وهي البرامج التي يتوصل إليها العلماء الهنود داخل وادي التكنولوجيا المربوط بشبكة مايكروسوفت. وأيضاً تايوان تنتج حاليا ما يعادل عشرة مليارات دولار، وسيصل إنتاجها إلى تريليون دولار من النانو تكنولوجي في غضون العقد المقبل، وروسيا ليست بعيدة عن هذا المجال، فقد تمكنت من إنتاج رادار بحجم كف اليد يستطيع التعامل مع طائرات الشبح، كما وضعت موسكو خطة لضرب الأقمار الاصطناعية التي تعتمد عليها الطائرات الأميركية "الشبح" في توجيه صواريخها ضد الأهداف الأرضية، أما إسرائيل فأسست مركزين مهمين هما معهد أبحاث النانو بتكلفة قدرها 88 مليون دولار، ومعهد إسرائيل التكنولوجي في مدينة حيفا، برأسمال قدره 134 مليون دولار، وحشدت فيه 200 عالم من كل التخصصات.[24]

---

21 شيماء أحمد محمد أحمد (2015). مرجع سابق. ص54

22 عبد الله الضويان، محمد الصالحى (2007)."تقنية النانو: أين ستقودنا؟"، جامعة الملك سعود، المملكة العربية السعودية.

23 محمد شريف الإسكندرانى (2010). مرجع سابق.

24 يرجي مراجعة

– محمد السبوع (2014)."المؤتمر الدولى الفلسطينى الأول حول النانوتكنولوجى وعلوم المواد"، موقع جامعة النجاح الوطنية، 30 مارس.

–أمينة جاد ، تكنولوجيا النانو.. ثورة صناعية جديدة، مرجع سابق.

وقد بادرت بعض الدول العربية فى منطقة الخليج العربى (السعودية–الكويت–قطر) والنطاق العربى بشمال أفريقيا (مصر) خلال سنوات العقد الأول من القرن الحادى والعشرين فى تأسيس برامج ومراكز لتعلم تقنية النانو، وقد انضمت المغرب وتونس والإمارات والأردن وفلسطين لهم.[25]
وهناك ثلاثة أسباب رئيسية لسر الاهتمام العالمي الكبير بتكنولوجيا النانو وهي :**أولاً:** البحوث في علوم وتقنية النانو تساعد على ملء الفراغ في معرفتنا الأساسية للمادة، فنحن نعرف شيئاً يسيراً جداً باستخدام الأدوات التي طورت بواسطة الفيزياء والكيمياء التقليدية. **ثانياً:** أن ظاهرة الحيز النانوي تعد بكثير من التطبيقات والاستخدامات التي ستغير من المفاهيم التقليدية للتصنيع، والصحة والعلاج، والطاقة والمياه، والبيئة، وستطلق سيلاً من التقنيات، والمنتجات والخدمات تقدر بحوالي (1–6.2 ) ترليون دولار سنة 2015 ، ومن الأمثلة على ذلك التصنيع الكيماوي باستخدام التجميع الجزيئي المصمم، والكشف عن الأمراض المزمنة والسرطان ومعالجتها بواسطة التدخل في مكونات الخلية، وإعادة توليد الأنسجة وتعميق التعلم عن الأعصاب، والكشف عن الكيماويات والأجسام البيولوجية باستخدام جزيئات قليلة، وتنظيف تلوث البيئة (التربة – الهواء– الماء) وغيرها من التطبيقات والاستخدامات الأخرى في الطاقة والمعلومات والفضاء والغذاء **ثالثاً:** بداية النموذج الصناعي الجديد والتسويق لهذه التقنيات، حيث أن الحكومات في الدول المتقدمة تضغط بشكل مستمر وبأسرع مايمكن لتطوير علوم وتكنولوجيا النانو، وقد بدأت البرامج البحثية في هذه الدول تأخذ طريقها بقوة وسرعة شديدتين، وتم الإعلان عنها في اليابان، (أبريل 2001 ،) كوريا (يوليو 2001 ) أوروبا (مارس 2002)، الصين (2002 )،تايوان (سبتمبر 2002 ) ،ولعل أول وأهم هذه البرامج هي المبادرة الوطنية لتكنولوجيا النانو التي أعلن عنها في الولايات المتحدة (يناير 2000) وتوقعات زيادة الطلب على الطاقة ستكون بواقع 50 %مع 2025م.[26]

والآمال معقودة على تكنولوجيا النانو فى مواجهة الفيروسات وعلاج الأمراض المستعصية مثل السرطان ، وإجراء عمليات كبرى من دون جراحة عن طريق إدخال جهاز نانو صغير داخل عروق الإنسان لتوسيع شرايين أو إصلاح مشاكل صحية، بل يمكن استخدام النانو لزراعة أعضاء بديلة لأعضاء الإنسان المصابة أو التي تم استئصالها ، حيث يمكن من خلال تكنولوجيا النانو التحكم في الحامض النووي لتحفيز الخلايا على إنتاج بنكرياس جديد، أو كلية، أو نمو ثدي جديد بدلاً من المستأصل في حالات سرطان الثدي, كما يمكن أن تستخدم تكنولوجيا

25 محمد شريف الإسكندراني (2014)."تكنولوجيا النانو بين الحقيقة والخيال العلمى"، جريدة الأهرام، 16 فبراير، العدد 43901، جريدة إلكترونية.

26 –فتحى حمد بن نشوان (2015). مرجع سابق. ص 6

النانو في مجال الصناعة بصورة مذهلة، وهو مايمكن أن يحقق مكاسب اقتصادية كبيرة للدول التي تستخدمها، والعديد من الدول بدأت تنتج منتجات صناعية باستخدام النانو, فهناك أحذية وشنط وملابس تم انتاجها بالنانو تتميز بسهولة التنظيف وعمرها أطول, وتستخدم تكنولوجيا النانو أيضا في صناعة زجاج طارد للغبار وغيرها من الصناعات العديدة, بل أن الولايات المتحدة تستخدم تكنولوجيا النانو في طلاء الطائرات العسكرية حتى لا ترصدها الرادارات، ويمكننا أن نتخيل أنه يمكن أن تقوم دولة بتنفيذ هجوم أو حرب على دولة أخرى باستخدام النانو عن طريق إخفاء الجيش وطائراته ومعداته وصواريخه بطلاءات من النانو.

كما تبشر تقنية النانو الواعدة بقفزة هائلة في جميع فروع العلوم والهندسة ، ويرى المتفائلون أنها ستلقي بظلالها على كافة مجالات الطب الحديث والاقتصاد العالمي والعلاقات الدولية وحتى الحياة اليومية للفرد العادي، فهي وبكل بساطة ستمكننا من صنع أي شيء نتخيله وذلك عن طريق صف جزيئات المادة إلى جانب بعضها البعض بأقل كلفة ممكنة ، ويشير المتخصصون الى إمكانية استخدام هذه التكنولوجيا فى صنع حواسيب خارقة الأداء يمكن وضعها على رؤوس الأقلام والدبابيس ، وأيضاً روبوتات نانوية طبية يمكن حقنها في الدم أو ابتلاعها لتعالج الجلطات الدموية والأورام والأمراض المستعصية.[27]

وتعد تقنية النانو فلسفة ووسيلة تقوم أساساً على هيمنة الإنسان وتنمية قدراته فى تغيير الهياكل البنائية للمواد الهندسية وتجاوز كلاسيكيات الفيزياء والكيمياء ونظرياتهما التقليدية من أجل الإرتقاء بمستوى وإضافة أبعاد أداء الأجهزة التى تدخل فى تركيبها تلك المواد، وذلك لتحقيق طفرة فى التطبيقات مبتكرة وجديدة فى مختلف الصناعات الحالية والمستقبلية.[28]

## -التأثيرات المستقبلية للتكنولوجيا النانوية:

يعتبر العلماء النانو تكنولوجي هو لغة المستقبل، وهو أحد إبداعات مرحلة ما بعد الصناعة، حيث اعتمدت مرحلة الصناعة على فلسفة الإنتاج الضخم المبني على المعرفة، بينما الموجة الصناعية الجديدة تعتمد على الإبداع العلمي وإنتاج المعرفة نفسها، واستخدام أصغر الكائنات سواء في الزمن "الفمتوثانية" أو في الأحياء والبيولوجيا حيث تمت معرفة الشفرة السرية لتكوين الخلايا الحية، مما سهل استنساخ حيوانات، أو تطوير الطب. وأصبح ممكن بفضل النانو تكنولوجي زرع غواصة دقيقة لا يزيد حجمها على رأس دبوس مكونة من ألفي أو ثلاثة آلاف ذرة لمقاومة خلايا السرطان ووقف نموها، ويمكن لمثل هذه الغواصة أن تفتت حصوة في الكلى من

27 أمينة جاد ، تكنولوجيا النانو.. ثورة صناعية جديدة، مرجع سابق.

28 ليلى العلى (2009)."التقانة النانونية فى الطب النانوى، مجلة التقدم العلمى، العدد 66، أكتوبر، مؤسسة الكويت للتقدم العلمى، ص 28

دون متاعب، ويظل الجانب الأخطر هو إنتاج أسلحة غير مرئية ، فالطائرات الأميركية (الشبح) التي اختبرت لأول مرة في قصف العراق العام 1991م، والتي لا يراها الرادار تعتمد على فكرة وضع جزيئات نانو أقرب ما تكون للورق الشفاف تمتص الموجات الكهرومغناطيسية التي تبثها الرادارات فتختفي من الشاشة بينما هي تمر فوق الهدف مباشرة.

وتبشر تقنيات النانو بثورة صناعية جديدة، يتوقع أن تدخل تطبيقاتها في ميادين أخرى بخلاف الطب والنواحى العسكرية مثل الزراعة والغذاء وتنقية الماء والبيئة والالكترونيات والكومبيوترات، ومن المتوقع أن تؤدي الى تصغير الأجهزة وتقليل سعرها واحتياجاتها من طاقات التشغيل، مما يؤدي الى تحديث مزيد من الأجهزة الالكترونية والألعاب الصغيرة، وأيضاً ستلتقي احتياجات في التطبيقات العسكرية والأمنية والاستكشافية في الفضاء القريب والبعيد.

ويشير العلماء الى أنه بواسطة تكنولوجيا النانو سيكون بالإمكان أن يحمل الإنسان سوبر كمبيوتر على معصم يده، وستكون الحاسبات الخارقة الموجودة اليوم في مراكز الأبحاث، أو في الجامعات الكبيرة مجرّد ساعة يد يحملها أي إنسان، أى ستقوم هذه التكنولوجيا بصنع كل شيء، من الإبرة إلى الصاروخ، ولكن بجودة تتفوق على كل ما صنع من قبل وبتكلفة ضئيلة جدا، وبواسطة هذه التقنية العجيبة ستقوم ثيابنا بتنبيهنا عن صحتنا وعن عوامل البيئة، وربما عن حالة الطقس، وقد تختار لنا الملابس المناسبة لحالة الطقس.. بل وستنظّف نفسها دون أيّ مساعدة، وستقوم بتدفئة أو تبريد الجسم حسب درجة الحرارة الخارجية، وستتمكن المباني والآلات من إرسال إشارات لاسلكية عندما تحتاج إلى صيانة، أو قد تستطيع إصلاح نفسها.[29]

## -التطبيقات البيئية الخضراء لتكنولوجيا النانو فى المستقبل:

أحدثت تكنولوجيا النانو تقدماً هائلاً في تكنولوجيا الإنتاج الأنظف ممثلة في تخفيض النفايات الصناعية، ومن ثم التخلص من التلوث الصناعي، وتحسين كفاءة استخدام الموارد الاقتصادية المتاحة، كذا العمل على إنتاج منتجات بلاستيكية وزيتية نانونية مقاومة للحرارة.

حيث يتم استخدام مواد نانوية صديقة للبيئة تتفاعل مع الأشعة الفوق بنفسجية مما يتيح عملية التنظيف الذاتى للمواد مثل: الشبابيك، وزجاج السيارات، وكذلك استخدام الجسيمات النانونية التى تعمل على التخلص من الملوثات والتخلص من الروائح الكريهة مثل: استخدام جسيمات الفضة وثانى أكسيد التيتانيوم النانويين، وتوجد عديد من التطبيقات لهذه التقنية الرائعة فى مجال الزراعة والبيولوجيا الحيوية والهندسة ولا ننسى المجال العسكرى وغيرها

29 أمينة جاد ، تكنولوجيا النانو.. ثورة صناعية جديدة، مرجع سابق

فنتيجة للأنشطة الإنسانية المختلفة عبر آلاف السنين في الزراعة والصناعة والإسكان وحرق الوقود والقضاء على الغابات والرقعة الزراعية فقد لحق بالبيئة دمار كبير وتلوث الهواء والماء والتربة، وضربت البيئة في أهم خصائصها وهي مقدرتها على إحداث التوازن الطبيعى بين متغيراتها المختلفة، ونتج عن ذلك جملة من المخاطر والمشاكل التى بدأت تهدد البشرية ولعل أهمها انتشار الأمراض والأوبئة الناجمة عن تلوث الهواء والماء والتربة، والتغير المناخي والاحتباس الحراري، والذي ظهر بشكل واضح ومن الممكن ملاحظته في زيادة المتوسط العالمي لدرجات حرارة الهواء والمحيط، والذوبان واسع الانتشار للجليد والثلوج، وزيادة المتوسط العالمي لمستوى سطح البحر، والذي سبب مشاكل مناخية كبيرة أدت إلى العواصف والفيضانات والمآسي من ناحية والجفاف والتصحر وشح المياه من ناحية أخرى، كما أنها قد تؤدي إلى مشاكل أكبر وأعمق إذا تأخرنا في مواجهة هذا التحدي، والعلوم والتقنيات النانونية لها إمكانيات كبيرة لإصحاح البيئة (الهواء والماء والأرض)، ومعالجتها من التلوث الناجم عن الأنشطة الزراعية والصناعية والإسكان وغيرها، حيث تمثل الجسيمات النانونية جيلاً جديدًا من التقنيات النانونية التي تعمل على معالجة البيئة وإصحاحها من التلوث ، ولها مجموعة من الحلول قليلة التكاليف لمشاكل تنظيف البيئة، وأحد هذه الجسيمات هي الجسيمات النانونية للحديد التي لها مساحة سطح كبيرة ونشاط سطحي عالٍ وبنفس الوقت فهي تعطي مرونة عالية للتطبيقات في الموقع، وهناك تنوع كبير من المنتجات النانونية التى أثبتت التجارب قدرتها على إزالة التلوث وتنظيف البيئة، وكذلك فإن الأغشية ذات المسامات النانونية والمرشحات تزيل الملوثات من الوسط المائي والغازي وبالمثل المحفزات النانونية والجسيمات النانونية المغناطيسية تعمل على تحليل الملوثات وإزالتها، وتستخدم تقنيات التوصيل النانوي لتوصيل الكبسولات النانونية التي تعمل على القضاء على الأجسام البيولوجية والكيميائية الملوثة للأراضي الزراعية، وأحد أهم هذه التطبيقات التي تساهم في تنظيف البيئة هي صناعة الألياف النانونية التى لا تلتصق بها الأوساخ والتي تستخدم في صناعة الملابس والمصنوعات غير القابلة للاتساخ. وبفعل التقدم في تقنيات النانو واستخداماتها في مجال الطاقة فإنها ستقود وبشكل تدريجي إلى أنظمة توليد وتخزين وتوزيع واستخدام نظيفة وغير ملوثة للبيئة، وبذلك تقلل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بشكل كبير وتنقذ العالم من مشكلة التغير المناخي والاحتباس الحراري.[30]

**ويمكن تقسيم التطبيقات البيئية الخضراء لتكنولوجيا النانو فى المستقبل الى خمسة مجالات وهي كالتالى: أولاً: تطبيقات تكنولوجيا النانو فى مجال توليد الطاقة:**

30 –فتحى حمد بن نشوان (2015). مرجع سابق. ص 17

تعتبر الطاقة من أكبر وأهم التحديات التي تواجه البشرية في هذا القرن، فهي من أهم العوامل التي تؤثر في تقدم المجتمعات ورفاهيتها، كما أنها تؤثر بشكل مباشر أو غير مباشر في مواجهة كل التحديات الأخرى، اليوم أكثرمن 1.6 مليار نسمة من سكان العالم لا يتمتعون بالطاقة الكهربائية، وحوالي 2.4 مليار يعتمدون على النباتات وبقايا الزراعة كمصدر للطاقة، أما الطاقة الحديثة في المستوى الذي يتمتع بها العالم المتقدم فلا تزيد نسبة المستعملين لها عن 25% من سكان العالم، ويستهلك العالم اليوم طاقة بمعدل 15 تيرا وات ويتوقع أن يصل استهلاكه إلى 30 تيرا وات مع سنة 2050م، وأغلب هذه الطاقة يتم الحصول عليها من حرق الوقود الأحفوري (فحم ونفط وغاز) الذي تنتج عنه مشاكل كبيرة للبيئة بسبب انبعاثات غاز ثانى أكسيد الكربون.

إن الاحتياج المتزايد للطاقة وندرة الوقود الأحفوري واستنزاف موارده بالإضافة للتأثير المناخي السلبي الناتج عن حرقه تجعل تحدي الطاقة يتمثل في إنتاج كميات وفيرة من الطاقة المستدامة sustainable Energy التي تكفي لإحتياجات العالم المتزايدة وبتكاليف مقدور عليها (مساوية أو أقل من تكاليف إنتاج الطاقة من الوقود الأحفوري) ولا تسبب تلوثًا للبيئة (إنبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون وغيره)، ويمكن الوصول إليها عند الحاجة من أي مكان وفي كل وقت، وكذلك زيادة كفاءة تحويل الطاقة من صورة إلى أخرى وزيادة كفاءة تخزينها واستخدامها وتقليل الفاقد في نقلها من مكان إلى آخر ، ولمواجهة هذا التحدي وضمان إمدادات الطاقة في المدى البعيد تحاول علوم وتقنيات النانو تطوير مصادر الطاقة الحالية بأعلى كفاءة ومراعاة البيئة واكتشاف مصادر جديدة وتطويرها، وزيادة كفاءة تحويل الطاقة من صورة إلى أخرى، وتقليل الفقد في الطاقات الناشئ عن النقل من المصدر إلى المستعمل النهائي، وزيادة كفاءة تخزين الطاقة لاستعمالها للأغراض المختلفة، وأخيرًا استعمالها في التطبيقات المختلفة بأكبر قدر من المرونة والكفاءة، وتقليل استهلاكها في الصناعة والإسكان والمواصلات وغيرها، وبفعل التقدم في تقنيات النانو واستخداماتها في مجال الطاقة فإنها ستقود وبشكل تدريجي إلى أنظمة توليد وتخزين وتوزيع طاقة غير مركزية، أكثر كفاءة وأقل تلويثًا للبيئة.[31]

وقد لعبت تكنولوجيا النانو أدواراً هامة فى:

-العزل: تقنية النانو تعمل على تطوير مواد نانونية لعزل حوائط ونوافذ المبانئ للمحافظة على الطاقة والبدء في استخدام تقنيات (thin film) لتحسين عزل النوافذ

-الإضاءة: تقنية النانو تستخدم لتطوير مصادر إضاءة جديدة تستخدم المواد النانونية مثل (LED,S)

31 أمانى إسماعيل (2012)." تكنولوجيا النانو وتطبيقاتها الحالية والمستقبلية في معالجة الملوثات البيئية، وزارة الزراعة واستصلاح الاراضى، الموقع الرسمى للهيئة العامة لتنمية الثروة السمكية http://www.gafrd.org/posts/341043

-المواد النانونية: ذات القوة الكبيرة والأوزان الخفيفة تستعمل في وسائل الموصلات لتقليل استهلاك الوقود.

-كفاءة الوقود: استخدام اضافات للوقود (fuel additives مثل (cerium oxide powder)) لزيادة كفاءة الوقود وتقليل الإنبعاث من وسائل النقل يعمل على توفير (5 , 10 %) من الوقود.

- طلاء التربينات بمواد نانونية: وخاصة في الطيران يمكن من الوصول إلى درجات حرارة عالية وبالتالي كفاءة أفضل داخل التربينه.

كما أنه هناك حوالي (165.000)(TW) من الطاقة الشمسية تسقط على الأرض يوميًا، ومن الممكن إستخدام الخلايا الفوتوفولتية لتحويل جزء يسير من هذه الطاقة إلى كهرباء، وقطاع الخلايا الفوتوفولتية الحالي في غالبه (97%) يستخدم الخلايا الشمسية السيليكونية التي تبلغ كفاءة تحويل الطاقة فيها من 10-15 %، وتبلغ تكلفة توليد الكهرباء باستخدام هذه الخلايا في حدود ( 6 دولار/وات )، ونظرًا لارتفاع تكاليف تصنيع الخلايا السيلكونية بالإضافة إلى ثقل وزنها وقابليتها للكسر فالإتجاه قائم لإستخدام المواد النانونية في تصنيع هذه الخلايا.

1)استخدام الجسيمات النانونية لثاني أكسيد التيتانيوم (Titanium dioxide) في الخلايا الشمسية أو ماتسمى ب (Gratzel cell) والخلايا الشمسية لهذه التقنية مستعملة الآن وهي أقل كفاءة من السيليكون ولكنها أرخص ثمنًا.

2) استخدام جسيمات السيليكون النانونية في الخلايا يعمل على تقليل تكاليف التصنيع وزيادة الكفاءة.

3) هناك بحوث جارية في الهندسة الجزيئية لتطوير أجهزة فوتوفولتية جزيئية وهذه التقنيات لازالت بعيدة عن الاستخدام التجاري.

والعمل جار على إيجاد مواد نانونية تزيد من كفاءة تحويل الطاقة وتقلل من تكاليف التصنيع حيث تصل تكلفة توليد الوات في حدود 6 دولارات ويتوقع أن تصل إلى 2 دولار في 2020 وواحد دولار 2030م.

**وتتلخص تطبيقات تكنولوجيا النانو فى مجال توليد الطاقة فى: أ- توليد الهيدروجين:**

مع إزدياد تركيز ثاني أكسيد الكربون في الجو، يتوقع أن تساعد تكنولوجيا النانو على حل مشكلة الطاقة وتلوث البيئة من خلال كفاءة استخدام الطاقة، الخلايا الشمسية، توليد وتخزين الهيدروجين ، تخزين الكهرباء، والتوليد والتخزين غير المركزي بواسطة إعادة اكتشاف الشبكة ، وعزل حوائط ونوافذ المبانئ للمحافظة على الطاقة ، وتطوير مصادر إضاءة جديدة تستخدم المواد النانونية ، واستخدام المواد النانونية ذات القوة الكبيرة والأوزان الخفيفة في وسائل الموصلات لتقليل استهلاك الوقود ، وزيادة كفاءة الوقود وتقليل الإنبعاث من وسائل النقل يعمل

على توفير (5 . 10 )%من الوقود، ، واستخدام الخلايا الشمسية الفوتوفولتية لتحويل جزء يسير من طاقة الشمس وتحويلها إلى كهرباء.

ويعتبر الهيدروجين حاملاً للطاقة (مثل الكهرباء) وليس مصدراً لها ولذلك فهو يولد من الماء مستخدماً مصدراً أخر للطاقة مثل الوقود الأحفورى أو الطاقة المتجددة، والهيدروجين من الممكن أن يحرق في آلة الاحتراق مثل النفط أو يستعمل في خلايا الوقود (cells fuel) لينتج الكهرباء والماء، وهناك ثلاث مراحل من الممكن لتقنية النانو أن تلعب دوراً بها:

1-توليد الهيدروجين من الماء :وتستخدم فيه ألواح سطوحها من المواد النانونية في طريقة التحليل الكهربي(electrolysis) ، وتستخدم فيه خلايا ضوئية من مواد نانونية في طريقة التحليل الضوئي(photolysis) وهناك مشروعات لتطوير جزئيات تولد الهيدروجين من الماء بإستخدام ضوء الشمس

2- خلايا الوقود :التفاعل بين الهيدروجين والأكسجين لإنتاج الكهرباء، وتستخدم فيه الجزيئات النانونية كعامل حفاز (catalyst)، وأيضاً يستخدم في (membrain) لزيادة كفاءة الخلية.

3-تخزين الهيدروجين.

**ب-تخزين الكهرباء:**

التقنية النانونية تساعد على تحسين كفاءة البطاريات القابلة للشحن التي تستخدم في النقل لتقليل التلوث أو (up back) للطاقة المتجددة. وتستخدم النانو لتطوير (capacetor super) التي تمثل طريقة بديلة لتخزين الكهرباء.

في البطاريات استخدمت تقنية النانو في تصنيع إلكترودات نانونية تغطي مساحة سطح كبيرة بتكاليف قليلة، فقد استبدل الإلكترود الكربوني بالكترود (oxide titanate lithium) المركب نانونياً ليعطي مساحة سطح أكبر 100مرة من الكترود الكربون، وقد استعملت في السيارات الكهربائية لتصل سرعتها إلى 95 ميل/الساعة، وتكفي لمسافة 130 ميل قابلة للزيادة وبسرعة شحن البطاريات لاتزيد عن 10 دقائق، استعمال المكثفات العملاقة (Capacitors Super ) كبديل عن البطاريات، وميزتها أنها تشحن في نفس الوقت، وكلما زادت مساحة سطحها زادت شحنتها، ولذلك فهي مثالية في استخدام تقنية النانو، وهذه التقنيات ستخلق فرصا جديدة لتوليد وتخزين وتوزيع الكهرباء، وستؤدي بشكل تدريجي إلى أنظمة موزعة لشبكات الكهرباء وإلى معدل فقدان بسيط في الطاقة وتحسين الأداء وتقليل التلوث البيئ، وهناك تقنيات نانونية كثيرة ( بالإضافة إلى تقليل انبعات ) CO2 تعمل على تطهير البيئة ( الماء، الهواء، الأرض ) من الملوثات والسموم فالألياف المركبة نانونياً تقلل التصاق الأوساخ بها، وبالتالي تقلل عمليات الغسل والتنظيف، وأجهزة الإحساس تمكن من مراقبة التلوث، وأنظمة ومواد نانونية أخرى تعمل

على إزالته (2-8) ، وتستخدم كذلك تقنيات التوصيل النانونية لتوصيل الكبسولات النانونية التي تعمل على القضاء على الكيماويات الملوثة للأراضي الزراعية، وعلى المدى البعيد فإن المعالجات الصناعية والزراعية باستخدام الأنظمة النانونية الإنتاجية بمقدورها أن تصنع بدون أي نوع من التلوث.[32]

**ثانياً: تطبيقات تكنولوجيا النانو فى مجال تنقية المياه:**

يكون الماء العذب حوالي 3% من ثلثية مجمد والباقي 1% للاستهلاك العالمي ( world supply)، المعروض عالميًا، واليوم 1.1 بليون من البشر لايصلون إلى الماء الآمن (صحي)، و2.4 بليون يفتقدون نظام خدمات للصرف الصحى، 80 % من الأمراض في الدول النامية سببها المياه الملوثة، (sanitation)، الطلب على المياه يزداد بزيادة النمو في عدد السكان، وزيادة الاستهلاك الفردي، وثلثا العالم مهددون بالعطش مع 2050م.

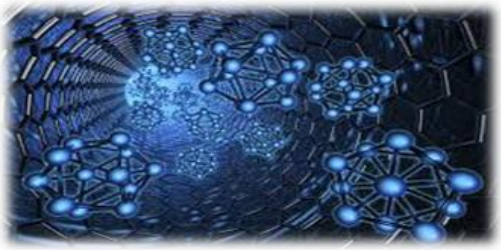
إن دورة الماء في الطبيعة global hydrological cycle قد حافظت على توفير المياه العذبة ونقائها أثناء تبادل المياه بين المحيط والأرض والغلاف الجوي بالتغذية الدائمة للمياه الجوفية والأنهار والبحيرات، وهذا قد ولد ضمانًا بتوفير المياه ونقائها، لكن الأنشطة البشرية المختلفة الناتجة عن التطورات الاقتصادية الهائلة وعلى مدى طويل من الزمن (الأنشطة الصناعية والزراعية وتطور المدن وحرق الوقود الأحفوري) ساهمت بشكل كبير في تلوث المياه وزيادة الطلب عليها (زاد سحب المياه خلال الفترة من 1900 إلى 2010 إلى أكثر من ثمانية أضعاف)، كما أدت إلى تغيير كبير في المناخ مما عمل على زيادة درجات الحرارة، وارتفاع مستوى سطح البحر، وذوبان الثلوج، وعدم انتظام سقوط الأمطار حيث زاد الهطول زيادة كبيرة في بعض مناطق العالم مسببًا سيلان الأنهار والفيضانات بينما انخفض في مناطق أخرى مسببًا الجفاف والتصحر. وهكذا قد تأثرت الموارد المائية في أجزاء كثيرة من العالم وبدأت تنضب كميًا وتتلوث بشكل أكبر، ولم يعد بالإمكان مقابلة الاحتياج المتزايد لها وأصبحت العامل الرئيسي الذي يحد من التطور الاقتصادي والنمو السكاني.

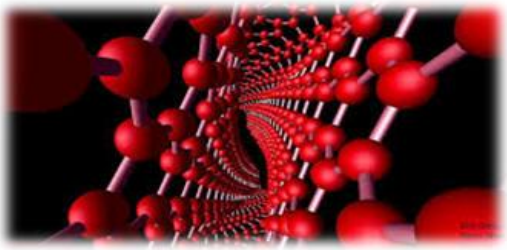
ولقد تمت خلال السنوات القليلة الماضية مخرجات لبحوث تطبيقية أدت إلي تقديم عدة حلول ابتكارية واعدة تتعلق بمجال تكنولوجيا النانو وتطبيقاتها الحالية والمستقبلية في معالجة الملوثات البيئية في الماء والتربة والهواء وتجنب حدوثها مرة أخري.

وأحد أهم هذه العلوم والتقنيات المؤهلة لتقديم حلول جديدة ومبتكرة لتوفير كميات المياه المطلوبة عن طريق تحلية مياه البحر، ومعالجة المياه غير الصالحة وإزالة الملوثات المختلفة منها والمحافظة عليها نقية هي علوم وتقنيات النانو التي يمكن استخدامها في الترشيح النانوي

32 فتحى حمد بن نشوان (2015). مرجع سابق. ص ص19-21

والتحلية nano filtration and desalination حيث تستعمل أغشية الترشيح النانونية في إزالة الأملاح المذابة (التحلية) من المياه المالحة (العسرة) وإزالة الملوثات الميكروية (الزرنيخ والكالسيوم) وتليين المياه (إزالة أيونات الكالسيوم والمغنسيوم) ومعالجة الفضلات، وفي بعض الاستخدامات إزالة الملوثات البيولوجية مثل الميكروبات والفيروسات، وكذلك المحفزات النانونية nano catalyst بمختلف أشكالها وأنواعها يمكن استخدامهما لتحليل الملوثات العضوية وإزالة الأملاح والمعادن الثقيلة من السوائل، ومن المتوقع أن تمكننا من استخدام المياه شديدة التلوث والملوحة للشرب والزراعة، أما الجسيمات النانونية المغنطيسية Magnatic nano particles فتستخدم لإزالة المعادن الثقيلة مثل الزرنيخ والأملاح والمركبات العضوية من المياه، والمجسات النانونية Sensors nano تطور لاستعمالها للكشف عن الملوثات الكيماوية والبيولوجية وتحليل المياه في عين المكان دون الحاجة لأخذ عينات للتحليل في المعامل، وتعمل على مراقبة المياه والمحافظة عليها نقية، وهناك كثير من المؤسسات العلمية والشركات التى بدأت العمل في استخدام تقنيات النانو في تحلية المياه أو معالجتها وإزالة الملوثات منها وتدويرها ومراقبتها والمحافظة عليها نقية. [33]





وتلعب تقنية النانو دوراً فى الكشف عن التلوث في المستوى الجزيئي وتطوير كبير في أنظمة التصفية، ونورد بعض الاستخدامات لتقنية النانو فيما يلي:

أ) الأغشية المصممة نانونيًا ستؤدي إلى عمليات تنقية مياه أكثر كفاءة وخاصة بالنسبة لاستهلاك الطاقة فى تقنية (reverse osmosis).

ب) الطلاء المعمول من المواد النانونية يقلل من (blo film fouling) وهي مشكلة تخص التقنيات الغشائية.

ج) التجارب باستخدام جسيمات (palladium–doped iron) قد بينت إمكانية القضاء على الملوثات العضوية في المياه الجوفية.

د) أكاسيد المعادن المختلفة المركبة نانونيًا تستطيع القضاء على السموم البيولوجية في الماء من

33 يرجي مراجعة

- فتحى حمد بن نشوان (2015). مرجع سابق
- التأثيرات المستقبلية للتقنية النانوية http://www.eng.uokufa.edu.iq/nano/nano10.html

خلال المحفزات الضوئية والأكسدة.

هـ) الجسيمات النانونية لأكسيد الحديد الأسود(magnetite) أثبتت قدرتها على إزالة الزرنيخ من الماء.

و) هناك دراسات لاستخدام بعض المواد النانونية مثل جسميات الحديد لتحويل المعادن الثقيلة، مثل الرصاص والزئبق، إلى شكل غير قابل للذوبان.

ز) أجهزة الإحساس (Sensors) النانونية أستخدمت للكشف على المعادن والسموم البيولوجية والمركبات العضوية بشكل دقيق وسريع، وهذه الأجهزة يمكن أن تشتغل من خلال نظام تحكم دقيق للكشف ومعالجة التلوث.[34]

**ثالثاً: تطبيقات تكنولوجيا النانو فى مجال تنقية الهواء الجوى:**

أتاحت تكنولوجيا النانو من خلال القياسات الأرضية التي تجري بواسطة استخدام أجهزة قياس محمولة مزودة بحساسات نانوية دقيقة تحدد مستويات تلوث الهواء ومتابعته لحظياً، ويتم ذلك عن طريق ربط هذه الأجهزة لاسلكياً بنظم المعلومات الجغرافية GIS ، ولم تبخل تكنولوجيا النانو في توفير الحلول التقنية الخاصة بتقديم مصغرات من أجهزة الاستشعار خفيفة الوزن وصغيرة الحجم تنفرد بحساسيتها الفائقة في التمييز بين المواد المتفجرة وتصفيتها بدقة عالية، وتم توظيف الحساسات النانوية في رصد وتعقب حرائق الغابات التي اندلعت بولاية كاليفورنيا الأمريكية في عام ٢٠٠٧، وذلك باستخدام تقنية التصوير الحراري، وقد أقدمت ناسا علي هذه الخطوة بعد أن عجزت الطائرات التي أقلعت لتحلق فوق مناطق الحرائق المندلعة.

وتعد البلورات النانوية للستيستيا التي تقل أقطار حبيباتها عن ١٠ نانومترات مواد واعدة تستخدم للتخلص من أبخرة الزئبق التي تنطلق في الهواء الجوي نتيجة حرق الفحم بمحطات توليد الكهرباء، كما أنها تستخدم للتخلص من أكاسيد النيتروجين السامة وإزالتها من الهواء الجوي. –

**رابعاً: تطبيقات تكنولوجيا النانو فى مجال الزراعة الدقيقة:**

الغرض من الزراعة الدقيقة هو زيادة المخرجات (غلة المحاصيل) وتقليل المدخلات (الأسمدة والمبيدات الحشرية والنباتية) من خلال مراقبة المتغيرات المناخية واتخاذ بعض الإجراءات المستهدفة ، وتستخدم فيها أجهزة الإحساس والمراقبة النانونية حيث توزع في الحقول الزراعية

---

34 يرجي مراجعة

– فتحى حمد بن نشوان (2015). مرجع سابق. ص 18

– منير نايفة (2009م)."النانوتكنولوجي عالم صغير ومستقبل كبير"، الدار العربية للعلوم. ص 35

http://www.albayan.ae/paths/books/2009-07-25-1.456550

–كنولوجيا–https://saudigreendream.wordpress.com/2010/05/25 nano-green-technology/

النانو –الخضراء

وتراقب حالات التربة، الأسمدة، الكيماويات، الآفات، الملوثات واستخدام المياه وتقيس حالة المناخ المحلى، وُتربط بنظام GPS لمعرفة إن كانت المحاصيل تنمو بأكبر كفاءة ،وتحدد طبيعة ومكان المشكلة ثم يتم معالجتها ، كل هذا سيؤدي إلى إنتاج زراعي كبير بتكلفة قليلة ويؤدي إلى تقليل الفضلات الزراعية وتلوث البيئة.

**-خامساً: تطبيقات تكنولوجيا النانو فى مجال الأمن الغذائى:**

إن تطوير التغليف الذكي للمنتجات من أجل المحافظة على جودة وسلامة الأطعمة وحفظها بشكل يجعلها طازجة، حيث تعمل تقنية النانو على تحسين خواص مواد التغليف من الناحية الميكانيكية والكيماوية وجعلها قوية ومقاومة للحرارة وظروف البيئة، وتعمل على تطوير أسطح نشطة مضادة للميكروبات والفطريات ، وتحس بأي تغييرات بيولوجية أو كيماوية، وهناك مجموعة من الشركات والمؤسسات تطور أنظمة تغليف ذكية مثل تلك التي تستعمل أجهزة أحساس تتأثر بالغازات وتغير لونها عند فساد الغذاء وخروج الغازات منه، وأخرى تستخدم مواد نانونية تقلل دخول الأكسجين وتحافظ على رطوبة المنتج، وهناك أجهزة إحساس للكشف عن تلوث المنتجات الغذائية في نفس الوقت، وأخرى للكشف عن تواجد المبيدات في الفواكه والخضروات وغيرها من الأجهزة والأنظمة النانونية التي تساعد على أمن وسلامة الأغذية.[35]

كما أن الاستعانة بالمواد المحفزة النانوية عند معالجة المياه التي تتميز بمساحة سطحية كبيرة لتحتك بالمواد المتفاعلة بصورة أكثر كفاءة من المواد الضخمة، حيث تستخدم هذه المواد في حالات معينة حيث تتم معالجة المياة الجوفية الملوثة بالفعل

## نتائج وتوصيات البحث: يوصى الباحثان بالتوصيات التالية:

1-إنشاء شبكة معلومات تكنولوجية عربية نانونية مرتبطة بشبكات المعلومات الدولية تخدم بحوث تطبيقات تكنولوجيا النانو الخضراء فى البيئة.

2-توسيع قاعدة استخدام تكنولوجيا النانو في المجال البيئى عن طريق توفير منتجات تكنولوجيا النانو في السوق المصرية.

---

35 يرجي مراجعة

-فتحى حمد بن نشوان (2015). مرجع سابق. ص ص 18-27

-حسين قرينو (2011)."جدوى استخدام تكنولوجيا النانو في تطوير القاعدة التكنولوجية الصناعية العربية"، مجلة جامعة دمشق للعلوم الاقتصادية والقانونية، المجلد 27، العدد الأول.

- أماني إسماعيل (2012). مرجع سابق http://www.gafrd.org/posts/341043

3-التعاون مع جميع الجهات البحثية والعلمية في الدول العربية والأجنبية للتعرف على آخر المستجدات والتطورات الخاصة بتطبيقات تكنولوجيا النانو فى المجال البيئى.

4-تصميم مناهج دراسية عن تكنولوجيا النانو وتطبيقاتها فى مجال البيئة.

5-تنظيم ورش عمل أسبوعية أو شهرية لدعم دور تكنولوجيا النانو في المجال البيئى فى الجامعات المصرية يتم من خلالها مناقشة أحدث الأبحاث العالمية والعربية فى هذا المجال.

6-تفعيل إستخدام تكنولوجيا النانو وتطبيقاتها فى حل مشاكل الطاقة فى مصر (عن طريق استخدام خلايا الطاقة الشمسية) والمياة (استخدام مرشحات تكنولوجيا النانو لتحلية مياه البحر والمياه الجوفية والآبار كمصادر مياه بديلة-إعادة إستخدام مياه الصرف الصحى فى أعمال الزراعة والرى).

## المراجع العربية والأجنبية والمواقع الإلكترونية:


-محمد شريف الإسكندرانى (2010)." مجلة عالم المعرفة" تكنولوجيا النانو من أجل غد أفضل، العدد 374، أبريل، الكويت.

-محمد شريف الإسكندرانى (2014)."تكنولوجيا النانو بين الحقيقة والخيال العلمى"، جريدة الأهرام، 16 فبراير، العدد 43901، جريدة إلكترونية.

-محمد السبوع (2014)."المؤتمر الدولى الفلسطينى الأول حول النانوتكنولوجى وعلوم المواد"، موقع جامعة النجاح الوطنية، 30 مارس.
-جابر عبد الحميد جابر (1996)." مناهج البحث في التربية وعلم النفس"، القاهرة، مكتبة دار النهضة العربية.
-طارق الشذى (2014)."تطلعاتنا نحو النانو وكيفية تحقيقة"، جريدة الإقتصادية، الإثنين 20 يوليو، العدد 5488، جريدة إلكترونية.
-عبد الله الضويان، محمد الصالحى (2007)."تقنية النانو: أين ستقودنا؟"، جامعة الملك سعود، المملكة العربية السعودية.
-ليلى العلى (2009)."التقانة النانونية فى الطب النانوى، مجلة التقدم العلمى، العدد 66، أكتوبر، مؤسسة الكويت للتقدم العلمى.
-شيماء أحمد محمد أحمد (2015)."فاعلية برنامج مقترح فى النانو تكنولوجى لتنمية المفاهيم النانو تكنولوجية والوعي بتطبيقاته البيئية لدى طلاب شعبة العلوم بكلية التربية" مجلة التربية العلمية، المجلد الثامن عشر، العدد السادس (2)، نوفمبر.
-منير نايفة (2009م)."النانوتكنولوجي عالم صغير ومستقبل كبير"، الدار العربية للعلوم.
http://www.albayan.ae/paths/books/2009-07-25-1.456550
-وليد محمد بلال أبو شوشة (2016)." استخدام تكنولوجًا النانو لرفع كفاءة المبانً السكنية مرجعًة خاصة لكفاءة الطاقة والمواد"، ماجستير العلوم فى الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، جامعة القاهرة.
http://a3lan8.blogspot.com.eg/2013/05/blog-post_1887.html
-حسين قرينو (2011)."جدوى استخدام تكنولوجيا النانو في تطوير القاعدة التكنولوجية الصناعية العربية"، مجلة جامعة دمشق للعلوم الاقتصادية والقانونية، المجلد 27، العدد الأول.
- Nicolas G, Olga Sinec, Constant – Wall –Temperature Nusselt Number in micro and channels Transactions of the Asme – VOL. 124, April 2002 – PP-356-358 -
- basil T, M. Pinar, R. Ryan, Nano-Scole, Machining Via Electrose Bean and Laser Processing, Transactions of the Asme – VOL. 126, Augustl 2004 Ibid-p.16.
-Andrew, M.; Kubik, T.; Bogunia K.; Sugisaka, M. (2011)."Welcome to Nano Science and Interdisciplinary" Environmental Explorations Grands (9-12), National Science Teacher Association in http://www.nsta.org.
-Aston, D. (2011)." Nanotechnology: The Stuff Science Fiction or Science Fact", School Science Review, Vol. (92), No. (4), Pp. (340-352).
-Healy, N. (2009). "Why Nano Education?" Journal of Nano Education", Vol. (1). Pp (6-7).
-Laherto, T. (2010)." Analysis of Environmemtal Significance of Nano Science and Nanotechnology in Signific and Technological Literacy", Studies in Education Science, Vol. (21), no. (2), Pp. (160-175).

-Stelick, J. & Alger, H. (2010). " Hants- On Classroom Photolithograbhy Laboratory Module to Exblore Nanotechnology", Journal of Chemical Educadion, Vol. (82). No. (9), Pp. (1361-1364).

-وحدة بحوث النانوتكنولوجى والمواد المتقدمة بجامعة الكوفة-النانوتكنولوجي وتطبيقاته

http://www.eng.uokufa.edu.iq/nano/nano11.html

-السلامة مع النانوتكنولوجى

http://www.eng.uokufa.edu.iq/nano/nano10.html

-فتحى حمد بن نشوان (2015)."علوم وتقنيات النانو وتحديات القرن الواحد والعشرين"، تطبيقاتها، وآثارها واستراتيجية تطويعها فى الوطن العربى.

http://www.maaber.org/issue_september12/spotlights1.htm

-أمينة جاد ، مصرس (محرك بحث إخبارى)، تكنولوجيا النانو.. ثورة صناعية جديدة، 2008/2/25.

http://www.masress.com/egynews/5397

-حافظ زينهم (2011)." النانو (تكنولوجى)- استخداماتها فى الطب -هل هى نعمه ام نقمه؟! ، بوابات كنانة أونلاين، 2011/6/22

http://kenanaonline.com/users/eslamclinic/posts/281683

-أمانى إسماعيل (2012)." تكنولوجيا النانو وتطبيقاتها الحالية والمستقبلية في معالجة الملوثات البيئية، وزارة الزراعة واستصلاح الاراضى، الموقع الرسمى للهيئة العامة لتنمية الثروة السمكية

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

-تكنولوجيا النانو من أجل غد أفضل، الاثنين، 18 يوليو، 2011.

http://nanotechnology-for-life.blogspot.com.eg/2011/07/blog-post_18.html