



النانو تكنولوجيا في الطاقات المتجددة لتحقيق التنمية المستدامة Nanotechnology in renewable energies to achieve sustainable development

أ. رحاب بركة
ماجستير فيزياء (طاقات متجددة)
rehabbarka6@gmail.com

أ. سامية المختار كريم
كلية العلوم الاصابعة – جامعة غريان

الملخص

يواجه عالمنا اليوم تغيرات سريعة ومتتالية في العلم والتكنولوجيا في جميع المجالات. ويعد علم النانو من أهم العلوم استقطابا اليوم، فهو دراسة تراكيب وخصائص والجسيمات النانوية التي أبعادها ضمن المقياس النانوي. ويعرف النانو تكنولوجيا بأنه فهم سلوك المواد والتحكم فيها عندما تبلغ أبعادها 1-100 نانومتر حيث تبدي ظواهر وخصائص فريدة يمكن استغلالها في تطبيقات جديدة بأقل تكلفة وبطرق بسيطة وكيفية دخولها في الطاقات المتجددة.

وفي هذه الورقة نبين مفاهيم وتعريفات الطاقات المتجددة وتقنية النانو تكنولوجيا ونوضح بداية وأسباب الاهتمام بهذه التقنية وأهم تطبيقاتها في مجالات الطاقات المتجددة المختلفة كمساهمة لتحقيق التنمية المستدامة وذلك من خلال قدرتها على حل كثير من مشاكل العالم القائمة مثل تلوث البيئة.

Abstract:

Our world today is facing rapid and successive changes in science and technology in all fields.

Nanoscience is one of the most attractive sciences today, as it studies the structures, properties, and dimensions of nanoparticles on the nanoscale.

Nanotechnology is defined as understanding and controlling the behavior of materials when their dimensions reach 1-100 nanometers, where they exhibit unique phenomena and properties that can be exploited in new applications at a lower cost and in simple ways, and how they can be incorporated into renewable energies.

In this paper, we explain the concepts and definitions of renewable energies and nanotechnology, and we clarify the beginning and reasons for interest in this technology and its most important applications in various renewable energy fields as a contribution to achieving sustainable development through its ability to solve many of the world's existing problems, such as environmental pollution.

استلام الورقة: 2026-02-16 - قبول الورقة: 2026-02-24 - نشر الورقة: 2026-03-02

المقدمة:

العلم بحر واسع وعجلة العلم في تقدم مستمر ولا تقف أبدا لذلك نجد كل يوم ما هو جديد في المجالات العلمية المختلفة، فمنذ نهاية القرن السابع عشر إلى وقتنا الحاضر دأب الإنسان في استخدام مصطلح ثورة للتعبير عن التحولات الجذرية في المجتمع الناجمة عن مخرجات الفكر البشري المتمثل في الابتكار والابداع التكنولوجي الذي يمس كل نواحي الحياة بدءا من ثورة المحركات البخارية وقطارات



السكك الحديدية وصناعة الغزل والنسيج وانتهاء بثورة الحاسبات والمعلومات والتكنولوجيا الحيوية وأخيرا بتفجيره ثورة تكنولوجيا جديدة تعرف بثورة القرن الحادي والعشرين وهي ثورة تكنولوجيا النانو، فرضت هذه التقنية نفسها بقوة على المجتمع العلمي لأنها التقنية الوحيدة القادرة على دمج العلوم الأساسية، وقد كان لذلك أبلغ الأثر في أن ترتبط بمعاني الإبداع والانفراد وتحمل في طياتها صفات الجودة والتميز.

ودخلت هذه التكنولوجيا النانو بالفعل في كثير من الأشياء التي من حولنا بصورة أو بأخرى حيث يتعاظم تطبيق تلك التكنولوجيا الجديدة يوما بعد يوم، فدخلت في الطب وصناعة الأدوية والعقاقير، والحفاظ على البيئة ومعالجة الملوثات وإزالتها، وصناعة الإلكترونيات، وال طاقة المتجددة.

ففي مجال البيئة والطاقة المتجددة سوف تغير تكنولوجيا النانو من الاعتماد على مصادر الطاقة التقليدية مثل البترول والغاز الطبيعي والفحم، إلى مصادر بديلة ومتنوعة مثل الخلايا الشمسية، وكذلك يمكن استخدامها في التغلب على الملوثات البيئية. كما تجدر الإشارة إلى أن ثورة تقنية النانو تدين بتقدمها إلى التطور الكبير الذي حدث في طرق التشخيص والتوصيف مثل الأشعة السينية والأشعة تحت الحمراء وأجهزة الميكروسكوبيات الإلكترونية وميكروسكوب القوة الذرية، وأدت إلى إمكانية تصوير وتوصيف الجسيمات النانوية بدقة تصل إلى المستوى الذري وكذلك دراسة خصائص سطوح المواد. وفتحت مجالا جديدا وهو إمكانية دراسة الذرات وتحديد مواضعها وتحريكها إلى المواقع التي يريدها الباحث [1].

إشكالية البحث:

- ماهي التحديات التي تعرقل تنفيذ خطط التنمية؟
- ما مدى مساهمة النانو تكنولوجيا في تطوير الطاقات المتجددة لتحقيق التنمية المستدامة؟

أهداف البحث:

- المحور الأول: مدخل مفاهيمي حول الطاقة المتجددة.
- المحور الثاني: النانو تكنولوجيا.
- المحور الثالث: تطبيقات تقنية النانو تكنولوجيا في مجال الطاقة المتجددة.
- المحور الرابع: انعكاس تحديث الطاقات المتجددة على تحقيق التنمية المستدامة.

أولا: مدخل مفاهيمي حول الطاقة المتجددة:

تتمثل أهمية هذا العنصر في التعرف على بعض الجوانب المتعلقة بالطاقات المتجددة من حيث مفهومها، ومختلف أنواعها وبعض ما يتعلق بكل نوع من أنواعها من خلال النقاط التالية:

1. مفهوم الطاقات المتجددة:

تعرف بأنها الطاقة الناتجة عن مصادر طبيعية قابلة للتجديد دون أن تنفذ أو تختفي ومتوفرة بشكل دائم ولا تضر البيئة ولا تولد غازات الاحتباس الحراري فهي طاقة نظيفة.

إن بداية الاهتمام بهذا النوع من مصادر الطاقة يعود إلى بداية السبعينات وبالأساس إلى أزمة الطاقة لعام 1973م وانعكاساتها على اقتصاديات الدول المتقدمة، حيث أجبرت محدودية موارد الوقود الأحفوري وارتفاع أسعار النفط، وخاصتا الآثار البيئية الناجمة عن حرقها (مثل تلوث الهواء وتغيير المناخ)، البلدان والباحثين في جميع أنحاء العالم على توجيه انتباههم إلى الطاقات المتجددة. مع التقدم التكنولوجي والدعم العالمي، لم تستعد الطاقات الشمسية وطاقة الرياح والطاقة المائية والموارد المتجددة الأخرى مكانتها فحسب، بل يعترف بها المجتمع العالمي أيضا باعتبارها الركائز الأساسية لنظام الطاقة في المستقبل، مما يمهّد الطريق لمستقبل أكثر استدامة ونظافة.

2. مصادر الطاقة المتجددة:

يمكن تقسيمها إلى قسمين هما:



• الطاقة الغير المتجددة:

بالنسبة للطاقة الغير متجددة فهي تنتج عن موارد محدودة والتي من الوارد أن تنضب في يوم من الأيام، وهي تعتبر من الأنواع الأقل استدامة والأكثر ضررا بالبيئة بالمقارنة بالأنواع الأخرى المتجددة، ويوجد أنواع عدة من تلك المصادر والتي اعتمد عليها الإنسان منذ القدم وحتى الآن والتي تتمثل فيما يلي:

- الفحم: وهو من بين مصادر الطاقة التي تنتج عن بقايا الأشجار والتي تعرضت إلى ضغط عالي تحت الأرض لفترة من الوقت.
- الزيت والبتروول: يعتبر الزيت والبتروول من بين أهم مصادر الطاقة الغير متجددة والتي تنتج عن بقايا الحيوانات التي تعرضت لضغط شديد تحت الأرض.
- الغاز الطبيعي: متوفر تحت الأرض وعند تعرضه إلى الاشتعال سوف ينتج عنه طاقة كبيرة.
- الطاقة النووية: من أنواع الطاقات التي يتم إنتاجها في المعامل عند تعرض بعض المركبات إلى ضغط معين، ينتج عنها كم كبير من الطاقة.

• الطاقة المتجددة:

تعتبر الطاقة المتجددة من بين الأنواع الصديقة للبيئة فهي موجودة بالفعل وهي قابلة للتجديد مع مرور الوقت، كما أن تلك المصادر لا تقوم بإنتاج أي نوع من أنواع الغازات الضارة بالبيئة لذلك فهي من بين الأنواع التي تقوم بالتوصية بها، ويوجد أشكال عدة من المصادر المتجددة للطاقة [2] والتي تتمثل فيما يلي:

1- الطاقة الشمسية (Solar energy):

تعد الشمس من أكبر مصادر الضوء والحرارة الموجودة على وجه الأرض، وتتنوع هذه الطاقة المتولدة من تفاعلات الاندماج النووي داخل الشمس على أجزاء الأرض حسب قربها من خط الاستواء، وهذا الخط هو المنطقة التي تحظى بأكبر نصيب من تلك الطاقة، والطاقة الحرارية المتولدة عن أشعة الشمس يستفاد منها بتحويلها إلى (طاقة كهربائية) بواسطة (الخلايا الشمسية). وهناك طريقتان لتجميع الطاقة الشمسية، الأولى: بأن يتم تركيز أشعة الشمس على مجمع بواسطة مرايا محدبة الشكل، ويتكون المجمع عادة من عدد من الأنابيب بها ماء أو هواء، تسخن حرارة الشمس الهواء أو تحول الماء إلى بخار. أما الطريقة الثانية: ففيها يمتص المجمع ذو اللوح المستوي حرارة لتنتج هواء ساخن أو ماء.

2- الطاقة الجوفية (Geothermal energy):

وهي طاقة حرارية متجددة مستمدة من الحرارة الطبيعية المخزنة في باطن الأرض، حيث يستفاد من ارتفاع درجة الحرارة في جوف الأرض باستخراج هذه الطاقة وتحويلها إلى أشكال أخرى، وفي بعض مناطق الصدوع والتشققات الأرضية تتسرب المياه الجوفية عبر الصدوع والشقوق إلى أعماق كبيرة بحيث تلامس مناطق شديدة السخونة فتسخن وتصعد إلى أعلى فوارة ساخنة، وبعض هذه الينابيع يثور ويهد عدة مرات في الساعة وبعضها يتدفق باستمرار وبشكل انسيابي حاملا معه المعادن المذابة من طبقات الصخور العميقة، ويظهر بذلك ما يطلق عليه الينابيع الحارة، ويقصد الناس هذا النوع من الينابيع للاستشفاء، بالإضافة إلى أن هناك مشاريع تقوم على استغلال حرارة المياه المنطلقة من الأرض في توليد الكهرباء.

3- طاقة المد والجزر (Tidal energy):

هي طاقة متجددة تستغل من الحركة الطبيعية للمحيطات الناتجة عن جاذبية القمر والشمس ودوران الأرض، حيث تتحول هذه الحركة إلى كهرباء باستخدام توربينات تحت الماء أو سدود مدية، وعليه تصنف هذه الطاقة على أنها طاقة الكثير من الدول الساحلية بدأت بالاستفادة من هذه الطاقة الحركية لتوليد الطاقة الكهربائية وبالتالي تخفيف الضغط عن معامل الطاقة الحرارية وبالتالي تخفيف التلوث الصادر عن هذه المعامل.



4- طاقة الرياح (Renewable energy):

هي استخدام طاقة الرياح في تحريك الأشياء والاستفادة منها ويتم تحويل حركة الرياح إلى شكل آخر من أشكال الطاقة سهلة الاستخدام، غالبا كهربائية وذلك باستخدام مروحيات، تعتبر طاقة الرياح آمنة فضلا عن أنها من أحد أفراد عائلة الطاقة المتجددة، وهي طاقة بيئية لا يصدر منها ملوثات مضرّة بالبيئة، يتجه العالم الآن بعد ظاهرة الاحتباس الحراري فضلا عن التلوث، لاعتماد مصادر الطاقة المتجددة كمصادر طاقة بديلة وللتخفيف من استخدام الوقود الأحفوري. ولهذه الأسباب يسعى التقدم التكنولوجي إلى خفض تكلفة الطاقة المتجددة لتوسيع انتشارها. والطاقة المنتجة من الرياح هي مصدر الطاقة المتجددة الأقل تكلفة والأكثر تبشيرا بالنجاح مقارنة بجميع المصادر الأخرى.

5- الطاقة الحيوية (Bioenergy):

هي طاقة متجددة تستخرج من مواد عضوية (الكتلة الحيوية) مثل النباتات والنفائات الحيوانية، وهي أحد أهم مصادر الطاقة المتجددة حيث تخزن طاقة الشمس ويتم تحويلها إلى حرارة أو كهرباء أو وقود سائل (مثل الإيثانول والديزل الحيوي)، وعلى خلاف غيرها من الموارد الطبيعية الغير متجددة مثل النفط والفحم الحجري، فإنها متوفرة ورخيصة نسبيا في جميع أنحاء العالم ولا تنضب لوجود الكثير من الكائنات والمواد البيولوجية، ولا تلوث البيئة بشكل كبير [3].

6- الطاقة المائية (Hydropower) :

هي الطاقة المستمدة من حركة المياه المستمرة والتي لا يمكن أن تنفذ. وهي من أهم مصادر الطاقة المتجددة، وبمعنى آخر هي الاستفادة من حركة المياه لأغراض مفيدة. فقد كان استخدام الطاقة المائية قبل انتشار توفر الطاقة الكهربائية التجارية، وذلك في الري وطحن الحبوب وصناعة النسيج.

7- الغاز الصخري (Shale gaz):

هو نوع من الغاز الطبيعي يكون متواجدا داخل الصخور الرسوبية قليلة النفاذية (مثل الصخر الزيتي أو السجيل)، حيث يتولد داخل الصخور التي تحتوي على النفط بفعل الحرارة والضغط، ويحتاج هذا الغاز إلى المزيد من المعالجة قبل تدفقه، ولهذا السبب يصنفه المختصون بأنه غاز غير تقليدي.

ولتحرير الغاز الصخري لابد من القيام بعملية الحفر الأفقي والتكسير الهيدروليكي على نطاق واسع وباستخدام الماء والرمل وذلك لتحقيق الحد الأمثل من اتصال السطح بمكامن الغاز من أجل المحافظة على زيادة المسامية.

وما يجب أخذه بعين الاعتبار في هذا الصدد، أن هذه التقنية تتطلب حقن كميات كبيرة من المياه المعالجة بمواد كيميائية، وبالتالي فلابد من التصرف بالمياه الناتجة والتي تدفع إلى السطح، وهذا الأمر يثير القلق من احتمال تلويث المواد الكيماوية المستخدمة في استخراج الغاز الصخري بمصادر المياه الجوفية، ما قد يشكل عائقا رئيسيا أمام تطوير هذه الصناعة مستقبلا.

ومن شأن هذه الخصائص الطبيعية والإنتاجية للغاز الصخري أن ترفع من تكلفة إنتاجه، ما يؤدي إلى تخفيض ربحية الآبار المكتشفة منه وفي الوقت الراهن، فإن هذه التقنية المتطورة تتوفر في الولايات المتحدة الأمريكية بشكل رئيسي، وبالرغم من التوقعات الكبيرة بأن يحدث الغاز الصخري "ثورة" في مجال الطاقة في حال إمكانية استنساخه في دول أخرى من العالم، فإن هذه التوقعات ربما تجد لها سقفا محدودا بالنظر إلى عوامل عديدة، أهمها:

- ارتفاع تكلفة استخراج الغاز الصخري (غير التقليدي) مقارنة بنظيره الطبيعي التقليدي.
- التوجه العام نحو إنشاء إطار تنظيمي أكثر صرامة لعملية التكسير الهيدروليكي المستخدمة في إنتاج الغاز الصخري نظرا لما يرافق هذه العملية من أضرار بيئية خطيرة.
- ازدياد الطلب الآسيوي على منتجات الطاقة التقليدية (النفط والغاز) بسبب النمو الاقتصادي المتسارع في العديد من دول هذه القارة [4].

3-خصائص الطاقات المتجددة:



إن الانتقال إلى عصر الطاقة المتجددة في أي دولة يحتاج إلى تضافر الجهود بين شتى فئات المجتمع ولن يتأتى هذا التضافر إلا عن اقتناع تام لدى الفئات كلها بضرورة استعمال مصادر الطاقة المتجددة بدلا من مصادر الطاقة التقليدية، وتتميز الطاقة المتجددة بعدة مميزات مباشرة أو غير مباشرة فالطاقة المتجددة هي طاقة لا تنضب كما أنها تعطى طاقة نظيفة خالية من النفايات بكافة أنواعها وتهدف إلى حماية صحة الإنسان إضافة إلى المحافظة على البيئة الطبيعية، كما أنها تحسن من مستوى معيشة الإنسان وتحد من الفقر وذلك عن طريق تأمين فرص جديدة للشغل وتحد من الانبعاث الغازي والحراري الضار. وتعمل على حماية كافة الكائنات الحية وخاصة المهددة منها بالانقراض، كما أنها تساهم في حماية المياه الجوفية والأنهار والبحار والثروة السمكية من التلوث، وتساهم في تأمين الأمن الغذائي بالإضافة إلى زيادة إنتاجية المحاصيل الزراعية نتيجة تخلصها من الملوثات الكيميائية والغازية.

وأمام هذه الأهمية فإن هذه الطاقات لم تعد حكرا على الدول المتقدمة صاحبة التقدم التكنولوجي والعلمي، بل أصبح بمقدور الدول النامية اللحاق بهذا الركب واستخدام الطاقة المتجددة، بل هناك دول نامية لديها فرصا للاستفادة من بدائل الطاقة المتجددة أفضل من دول أخرى متقدمة، كما أن مصادر الطاقة المتجددة فتحت آفاق جديدة للدول الفقيرة في مصادر الطاقة التقليدية فأوجدت فرصا لتأمين الطاقة المتجددة عبر بدائل أقل ثمنا وأكثر صداقة للبيئة وأكثر استدامة.

وبالتالي فالانتقال إلى عصر الطاقات المتجددة يحتاج لإقناع المجتمع، وجهود استثنائية في مجال التوعية في هذا الشأن باعتبارها وسيلة لنشر المزيد من العدالة الطاقية بين دول العالم الغنية من جهة، والفقيرة من جهة أخرى، خاصة وأنها ليست حصرا على الذين يعيشون اليوم، فاستعمالها لن يقلل من فص الأجيال القادمة، إذ أنها ستجعل من مستقبل أولادنا واحفادها أكثر أمانا [5].

ثانيا: النانو تكنولوجيا:

1- مفهوم النانو تكنولوجيا:

- يوجد العديد من التعاريف لتقنية النانو تشترك في حيث المبدأ والهدف في إعطاء فكرة عن تقنية النانو نذكر منها:
- تعرف تقنية النانو (Nanotechnology): تعرف على أنها العلم الذي يدرس إمكانية تغيير المادة على مستوى النانو (أي تحويلها إلى جزيئات متناهية الصغر من شأنها أن تعزز خصائص الأشياء) وذلك لإنتاج مواد جديدة وأجهزة متطورة.
 - تقنية النانو هي هندسة الآلات الدقيقة، بشكل عام على نطاق الذرات أو مجموعات صغيرة من الذرات.
 - وهي تطبيق المبادئ ومفاهيم العلوم وهندستها لإنتاج مواد وآلات مفيدة عند المقياس النانوي.
 - وهي العلم والهندسة والتقنية التي تعطينا القدرة على التحكم المباشر في الذرات والجزيئات والمواد والتراكيب والأجهزة التي أبعادها أقل من 100 نانو متر وذلك بمراقبتها وقياس ودراسة خصائصها الفيزيائية والكيميائية والمغناطيسية والميكانيكية والكهربائية والقدرة على تصنيعها، ومن ثمة استخدام تطبيقاتها في المجالات العلمية في الحياة اليومية [6].
 - إن أصل كلمة "النانو" مشتق من الكلمة الإغريقية (نانوس) وهي كلمة إغريقية تعني القزم ويقصد بها كل ما هو صغير حيث يعتبر مقياس النانو هو وحدة لقياس أطوال الأشياء الصغيرة جدا التي لا ترى إلا تحت المجهر (الميكروسكوب) الإلكتروني، وتستخدم هذه الوحدة للتعبير عن أبعاد أقطار ومقاييس ذرات وجزيئات المواد والمركبات والخلايا والجسيمات المجهرية مثل البكتيريا، النانو الواحد يساوي جزءا من ألف مليون (مليار) جزءا من المتر، أو بتعبير آخر فإن المتر الواحد يحتوي على مليار جزءا من النانومتر nm أي يساوي (10 نانومتر).

قاعدة التقنيات النانوية العلمية تتمثل في مسألتين:



- الأولى بناء المواد بدقة من لبنات صغيرة والحرص على مرحلة الصغر يؤدي إلى مادة خالية من الشوائب ومستوى عالي من الجودة.
- الثانية أن خصائص المواد قد تتغير بصورة مدهشة عندما تتجزأ إلى قطع أصغر وأصغر وخصوصاً عند الوصول إلى مقياس النانو عندها تبدأ الحبيبات النانوية في إظهار خصائص غير متوقعة وغير موجودة في خصائص المادة الأم.
- مثال الألماس ما هو إلا تحول طبيعي للفحم الحجري حيث يتمثل الفحم والألماس بالتركيب الجزيئي والذري والفارق الوحيد هو في تغير موضع الجزيئات والذرات والذي يحدث في الطبيعة عبر ملايين السنين وتحت ظروف خاصة من الحرارة والضغط وفي عالم النانو تكنولوجيا هذا ما يحدث بالضبط عبارة عن إعادة هيكلة للذرات والجزيئات داخل المادة [7].

2- أهمية تقنية النانو:

تساعد تقنية النانو على تحسين العديد من قطاعات التكنولوجيا والصناعة بشكل كبير، حيث أصبحت في طليعة أكثر المجالات أهمية وإثارة في الكيمياء والفيزياء والهندسة والطب وغيرها من المجالات، فقد أعطت أملاً كبيراً في ظهور ثورات علمية في المستقبل القريب، ويعود الاهتمام الواسع لتقنية النانو إلى الفترة التي تراوح ما بين عام 1996م إلى 1998م وذلك عندما درس مركز تقويم التقنية العالمي الأمريكي (WTEC) الموضوع، وأجرى دراسة تقويمية في أبحاث النانو، وأهميتها في إبداع هذه التقنية ولخصت الدراسة في نقاط أهمها: أن تقنية النانو متعددة الخلفيات وهي تعتمد على مبادئ الفيزياء، الكيمياء، الهندسة الكهربائية والكيميائية، وغيرها، إضافة إلى تخصصي الأحياء والصيدلة.

يجب على الباحثين في أي مجال أن يتواصلوا مع باحثين آخرين في مجالات أخرى؛ للحصول على خلفية عريضة عن تقنية النانو، ومشاركة فعالة في هذا المجال المثير.

ويرى كثير من المتفائلين في مجال تقنية النانو، أن لتقنية النانو فوائد عديدة منها:

- وفرة المواد الحميدة بيئياً المستخدمة في توفير الموارد النظيفة للمياه.
- المحاصيل والأغذية المعدلة وراثياً تسهم في وفرة وزيادة المحصول الزراعي بأقل متطلبات من العمل.
- تعزيز ودعم نواحي التغذية التفاعلية الذكية للأغذية الرخيصة والقوية.
- تصنيع الأجهزة التفاعلية الذكية وذلك بزيادة الأداء البشري عبر تقنيات متقاربة.
- زيادة القدرة التصنيعية النظيفة، ذات الكفاءة العالية.

ويعتمد مفهوم تقنية النانو على الجسيمات التي يقل حجمها عن 100 نانو متر تكسب المادة التي تدخل في تركيبها خصائص جديدة.

3- تصنيف أجيال تقنية تكنولوجيا النانو:

يعتبر النانو تكنولوجيا الجيل الخامس الذي ظهر في عالم الإلكترونيات الذي يمكن تصنيف ثوراته التكنولوجية على أساس أنها مرت بعدة أجيال وهي:

- الجيل الأول: يتمثل في استخدام المصباح الإلكتروني (Lamp) بما فيه التلفزيون.
- الجيل الثاني: يتمثل في الترانزستور، وانتشار تطبيقاته الواسعة.
- الجيل الثالث: من الإلكترونيات ويتمثل في استخدام الدارات التكاملية وهي عبارة عن قطعة صغيرة جداً شكلت في فترات ماضية قفزة هامة في تطور وتقليل حجم الدارات الإلكترونية فقد قامت باختزال حجم العديد من الأجهزة، ورفعت من كفاءتها وعددت من وظائفها.
- الجيل الرابع: ويتمثل في استخدام المعالجات الصغيرة (Micro process)، الذي أحدث ثورة هائلة في مجال الإلكترونيات بإنتاج الحاسبات الشخصية (Personal Computer) والرقائق الحاسوبية (الكمبيوترية) السليكونية التي أحدثت تقدماً في العديد من المجالات العلمية والصناعية.



- الجيل الخامس: ويشتمل في النانو تكنولوجيا (Nano Technology). وعن طريقه يمكن مواجهة الفيروسات وعلاج الأمراض المستعصية، حيث يمكن أن تستخدم تكنولوجيا النانو في مجال الصناعة بصورة مذهلة، مما يمكن أن يحقق مكاسب اقتصادية كبيرة للدول المستخدمة. والعديد من الدول بدأت الإنتاج الصناعي باستخدام النانو، فهناك أحذية وحقائب وملابس تم إنتاجها بالنانو تتميز بسهولة التنظيف وعمرها أطول.

4- خواص المركبات النانوية:

- الخواص الميكانيكية:

يزيد ارتفاع درجة صلابة المواد الفلزية وسبائكها وتزيد مقاومتها لمواجهة الإجهادات والأحمال الواقعة عليها، كما تكسب مواد السيراميك قدرة كبيرة من المتانة والقابلية لتشكيل وتحمل إجهادات لم تكن موجودة بها وهذا يعني تخليق أنواع جديدة من تلك المواد [8].

- الخواص الكيميائية:

تعد الزيادة الكبيرة في مساحة أسطح الحبيبات النانوية ووجود عدد ضخم من الذرات المادة على أوجه أسطحها الخارجية، هما العامل الأهم والمؤثر في زيادة النشاط الكيميائي للمواد النانوية [9].

- الخواص الفيزيائية:

نقطة الانصهار: تتأثر قيم درجات حرارة انصهار المادة بتصغير أبعاد مقاييس حبيباتها. فهي درجة الحرارة التي يحول عندها المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة، كمثال درجة انصهار الذهب في حجمه الطبيعي التي تصل إلى 0.183 درجة حرارية تقل إلى 9.11 درجة بعد تصغير حبيباته إلى نحو 0.49 نانومتر [8].

- الخواص المغناطيسية:

كلما صغرت أحجام حبيبات المواد وتضاعف وجود الذرات على أسطحها الخارجية كلما ازدادت قوة وفاعلية قدراتها المغناطيسية، مما يمكننا من استخدامها في المولدات الكهربائية الضخمة ومحركات السفن وصناعة أجهزة التحليل فائقة الدقة والتصوير بالرنين المغناطيسي [9].

- الخواص البصرية:

من المذهل أن لون الذهب الطبيعي (الأصفر الذهبي) يتغير إلى لون شفاف عند تصغير حبيباته إلى أقل من 0.1 نانومتر، كما تتحول ألوانه من الأخضر إلى البرتقالي ثم الأحمر كلما زاد تصغير حجم حبيباته، هذه الخاصية تمكننا من صناعة شاشات عالية الدقة فائقة التباين ونقاء الألوان، مثل شاشات التلفاز والحاسبات والهاتف النقال الحديثة [8].

- الخواص الكهربائية:

ان أصغر أحجام حبيبات المواد النانوية يؤثر إيجابيا على خواصها الكهربائية حيث تزداد قدرة المواد على توصيل التيار الكهربائي، حيث تستخدم المواد النانوية في صناعة أجهزة الحساسات الدقيقة والشرائح الإلكترونية في الأجهزة الحديثة وهي ذات مواصفات تقنية عالية [9].

- الخواص البيولوجية:

تؤدي هذه الخاصية إلى زيادة قدرة المواد النانوية على نفاذ واختراق الموانع والحواجز البيولوجية وتحسين التلاؤم والتوافق البيولوجي، مما يسهل وصول الأدوية والعقاقير العلاجية للجزء المصاب عبر الأغشية والأوعية الدموية [10].

5- استخدامات تقنية النانو تكنولوجيا:

- المجال الطبي:

تعد التطبيقات الطبية لتقنية المواد النانوية من أهم التطبيقات الواعدة على الإطلاق، فمن المحتمل الحصول على مركبات نانوية تدخل إلى جسم الإنسان، وترصد مواقع الأمراض، وتحقق الأدوية، وتأمر الخلايا بإفراز الهرمونات المناسبة، وترمم الأنسجة. كما يمكن

لهذه المركبات الذكية ان تحقن الأنسولين داخل الخلايا بالجرعات المناسبة. اما أجهزة الاستشعار النانوية فيمكن زرعها في الدماغ؛ لتمكن المصاب بالشلل الرباعي من السير.

وقد تم صنع طاقم اسنان سليكون لا يزيد حجمه عن حجم الخلية، ويستطيع ابتلاع الكريات الحمراء وقضمها ثم اطلاقها مجددا الى الدم بمعدل عشر الخلايا في الثانية، ويمكن لطاقم الأسنان هذا ان يساعد على ادخال الأدوية، او الجينات الى داخل الخلايا، ومن ثم يعزز العلاج الخلوي المركز لكثير من الأمراض.[10]

- المجال البيئي:

على الرغم من ان معظم الكوارث البيئية، مثل العواصف الموسمية والتسونامي، تقع بفعل الطبيعة، وهي بالتالي تقع خارج نطاق سيطرة الإنسان وتحكمه، فان "التلوث البيئي" يعد احدى أخطر المشاكل التي صنعها الإنسان. وليس غريبا ان يتصدر موضوع البيئة قائمة التحديات التي يواجهها انسان القرن الحادي والعشرين، والتي يسخر من اجلها التقنيات والتكنولوجيات الحديثة سعيا وراء ايجاد سبل مجدية لحلها ولأن موضوع حماية البيئة هو موضوع معقد من حيث تداخل عدد ضخم من العوامل والمؤثرات المتنوعة فيه وتشابك خيوطها بعضها مع بعض. ويمثل التلوث مسالة بالغة الأهمية والخطورة، وذلك لعجز حواس الإنسان المجردة عن معرفة وإدراك ما إذا كان ما يأكله من طعام او يشربه من شراب وما يستنشقه من هواء ملوثا أولا.

- تقنية النانو في المجال الصناعي:

لقد فتحت العلوم والتقنيات المتناهية في الصغر الباب امام تطبيقات متعددة ومتنوعة تشمل مختلف المجالات العلمية والصناعية. وتهتم هذه العلوم وهذه التقنيات بأجسام ذات الأبعاد النانوية؛ وتتميز بخواص ميكانيكية وكيميائية وفيزيائية والإلكترونية وكهربائية جديدة، نظرا الى ارتفاع نسبة سطحها على حجمها.

سنتطرق الى بعض تطبيقات النانو التكنولوجي في الصناعة والتي بدأت تنتشر انتشار واسع وتلقى قبولا كبيرا نظرا لجودتها ودقتها.

- تقنية النانو في مجال الإلكترونيات:

تعد الإلكترونيات عصب الحياة الحديثة حيث تعمل تقنية النانو على تصغير حجم الأجهزة الإلكترونية بدرجة كبيرة، كذلك فإن الأنابيب النانوية سوف تمكننا من تصغير حجم الأقراص المدمجة بأنواعها والتي تستخدم حاليا في حفظ البيانات والمعلومات وزيادة قدرتها التخزينية بشكل كبير جدا، ومما لاشك فيه أن تكنولوجيا النانو قد أصبح لها دور أساسي وكبير في تطوير صناعة الإلكترونيات، المعروف باسم الالكترونات النانوية (Nqnoelectronics) [11].

- تقنية النانو في مجال الفضاء:

صنع صواريخ من البلاستيك المحتوي على جسيمات نانوية أرخص وأسهل من الهياكل المعدنية، فهذا البلاستيك المهجن يتحمل برودة الفضاء وحرارة الاحتكاك بغلاف الأرض [12].

- تقنية النانو في صيانة الآثار:

تقادم الزمن أدى إلى ازدياد تآكل الأعمال الأثرية نتيجة لوجود الإنسان والتغير المناخي ومهمة العلم إيجاد حلول فاعلة لضمان الحفظ عليه للقرون القادمة. فقد اقتضت أعمال الترميم في الماضي على أيدي العمال المهرة لكن منذ ادخال تقنية الأشعة السينية وتقنية النانو في عملية الترميم وأعين ورشات الترميم على التقنيات الحديثة قد طورت علوم متعددة في هذا المجال.

هذا وقد سعت مراكز الترميم والحماية للتراث الثقافي الى استخدام مركبات كيميائية مصنعة من جسيمات النانو في ترميم وصيانة الأعمال الفنية ومباني التراث. ومن أهم الطرق المستخدمة في صيانة الآثار هي دهانات النانو والتنظيف الذاتي التي لا تؤثر فيها الرياح أو ملوثات البيئة الصناعية البيئة الصناعية أو الرطوبة أو الأشعة فوق البنفسجية فلا تتآكل الألوان أو تكشف أو تتلاشى وبذلك فهو يحفظها لتعيش عمر أطول فهي دهانات الخدمة الطويلة.

كما أنها مضادة للجراثيم ولا تمتص السموم وتساعد على التخلص من البكتيريا ويمنع التآكل البيولوجي ويمكن تطبيق تقنية دهانات النانو والتنظيف الذاتي على الأبنية والخشب والزجاج والرخام والحجر والجلد والنسيج والورق والمعادن [13].



ثالثا: تطبيقات تقنية النانو تكنولوجيا في مجال الطاقات المتجددة:

1- الطاقة الشمسية:

تعتبر الطاقة الشمسية هي الطاقة الناتجة من تعرض الأرض للشمس وهي الطاقة الجاهزة للجنس البشري، وهناك العديد من الأبحاث المستمرة التي تنظم استخدامها بطريقة اقتصادية لجعلها المصدر الرئيسي للوقود. وهي تعد المصدر الأكثر كفاءة ونظافة للطاقة، وتنتج في شكل خلايا ضوئية مستخدمة على نطاق واسع في الكهرباء والمجالات ذات الصلة والعديد من التطبيقات.

ولهذا السبب، فمع بداية القرن العشرين ساد الاعتقاد بأن الأجهزة القائمة على الإلكترونيات النانوية ستكون من تصنيع المزيد من الخلايا الشمسية، بالإضافة إلى أنه سيكون لها عظيم الأثر في مواجهة متطلبات الطاقة العالمية. ولكن السؤال الذي يفرض نفسه الآن هو كيف يتم استخدام تكنولوجيا النانو في إنتاج الطاقة الشمسية؟ يتم تطبيق تقنية النانو تكنولوجيا في مجال الطاقة الشمسية عن طريق دمج جزيئات النانو في لوحات السيلكون من خلال طبقة رقيقة للخلايا الشمسية، وتستخدم في ذلك أسطوانات مجوفة.

أنابيب النانو. وهي عبارة عن (الفوليرينات، الفضة، وتلوريد الكاديوم، وثاني أكسيد التيتانيوم). وذلك لزيادة كفاءة الألواح الشمسية الاعتيادية، وبمعنى آخر فإن ألواح الخلايا الشمسية المعتمدة على النانو تكنولوجيا تصنع من خلال شرائح من المواد النانوية متطورة، ومطعمة بنقاط تعمل بتقنيات الفيزياء الكمومية وتسمى باختصار (نقاط الكوانتم QD)، ومن المتوقع أن يتضاعف ما تنتجه خلايا الشمس من الكهرباء، وتعتبر هذه النقاط هي مواد متناهية الصغر تأتي من الرصاص والسيلينيوم الكاديوم، أي لا يتعدى قطر النقطة أجزاء من البليون من المتر.

2- طاقة الرياح:

تستخدم الطاقة الحركية الناتجة من الرياح في توليد الطاقة الكهربائية عن طريق تحريك التوربينات الهوائية طاقة الرياح إلى طاقة ميكانيكية، والتي بدورها تتحول إلى طاقة كهربائية تستطيع تشغيل الأجهزة وتوصل إلى المنازل، فأكثر ما تستخدم هذه الطريقة في توليد الكهرباء في المناطق الريفية البعيدة عن محطات توليد الطاقة الكهربائية الاعتيادية، بحيث تناسب القدرة الكهربائية الناتجة عن الطاقة الحركية لطاقة الرياح مع كمية الرياح التي تهب والتي تحرك هذه التوربينات. ومن الجدير بالذكر أنه، عند الحديث عن طاقة الرياح باستخدام النانو تكنولوجيا فإننا نجد، أن هذه التقنية ساهمت في تصنيع توربينات رياح متقدمة جدا، قابلة للتعديل وسريعة التركيب، لدرجة أن توربين رياح واحد معدل بهذه التقنية أكثر قوة مما كان يعادله منذ عقدين سابقين، كما أدت لإنشاء مزارع رياح تنتج طاقة تعادل محطات الطاقة التقليدية.

وقد تم ربط هذه التقنية بمحطات الرياح من خلال استبدال الألياف الزجاجية أو الألومنيوم المستخدمة في ريشة التوربين المولد للطاقة الكهربائية بأنابيب الكربون النانوية، وهي عبارة عن أسطوانات مصنوعة من ذرات الكربون سمكها أرق بعشرة آلاف من الشعر البشري، وهي لها خصائص كهربائية فريدة من نوعها. كما ساهمت تلك التقنية في التغلب على المعوقات المتعلقة بالاحتكاك في التوربينات، بمعالجتها من خلال تشحيم المراوح بمواد نانوية، طلاء المراوح بمواد متناهية في الصغر مضادة للماء لتفادي الظروف المناخية الصعبة كالجليد والرطوبة، كما استخدمت أجهزة استشعار للتنبيه عن أعطال نظام التربينات.

3- طاقة الهيدروجين:

تسعى الدول المتقدمة لتوفير أحدث الأبحاث عن مصادر طاقة نظيفة وصديقة للبيئة ومتوفرة، خصوصا مع تفاقم مشكلة الاحتباس الحراري العالمية. فبسبب التطور التكنولوجي المتسارع شهد ولادة مصدر جديد للطاقة سيعيد صياغة شكل الحضارة الإنسانية على وجه الأرض وهو توليد الطاقة من الهيدروجين الذي سيصبح الوقود الأبدي الذي لا ينفذ عبر العصور، وهو عنصر لا ينتج عن احتراقه أي انبعاثات ضارة بالبيئة.



حيث قام العلماء في سنة 2005 بجامعة تورنتو بتطوير جزيئية نانوية قابلة للرش على السطح. وتعد استخدام أنظمة الطاقة النانوية أكثر صداقة للبيئة، إذ تمثل إحدى نماذج الطاقة الصديقة للبيئة في استخدام خلية وقود تشتغل بواسطة الهيدروجين، والتي تنتج بصورة مثالية من الطاقات المتجددة، ولعل أفضل مادة نانوية مستخدمة بخلية الوقود تتمثل في المحفز المكون من جزيئات المعادن النبيلة (مثل الهيليوم والنيون وغيرها) المدعومة بالكربون ذات قياسات 5.1 نانومتر، وتحتوي المواد المناسبة لتخزين الهيدروجين على عدد ضخم من المسام النانوية الصغيرة، ومن ثم يتم الاستفادة من العديد من المواد النانوية ومنها الأنابيب النانوية. كما قد تساهم تقنية النانو في زيادة تقليص الملوثات المنبعثة من محرك الاحتراق من خلال استخدام مرشحات المسام النانوية. والتي تستطيع تنقية وتنظيف العوادم ميكانيكيا من خلال المحولات المحفزة والقائمة على جزيئات المعادن النبيلة النانوية أو من خلال المغلفات المحفزة على جدران الأسطوانة، والجزيئات النانوية المحفزة والتي تستخدم كذلك كإضافات للوقود.

رابعا: انعكاس تحديث الطاقات المتجددة على التنمية المستدامة:

يعد الانعكاس السلبي للطاقات التقليدية عن البيئة خاصة والتنمية المستدامة عموما. أهم الأسباب التي دفعت بالدول للبحث عن طاقات بديلة كفيلة بإصلاح ما أفسدته الطاقات التقليدية وعلى الأقل التخفيف من حدته إلى جانب تحقيق تنمية مستدامة.

وهكذا فإن استخدام الطاقة المتجددة يخفض غازات الاحتباس الحراري في العالم بحسب نصيب الفرد ذلك أن العالم اليوم يواجه أكثر التحديات صعوبة على مر التاريخ والمتمثلة في الارتفاع الملحوظ في درجات الحرارة نتيجة التلوث الذي أحدثه الإنسان بفعالياته المختلفة.

وفي تقرير أصدرته شبكة سياسة الطاقة المتجددة للقرن 21 يقول بأنه يجب أن تلعب الطاقة المتجددة دورا رئيسيا في إمدادات الطاقة العالمية وذلك من أجل مواجهة التهديدات البيئية والاقتصادية للتغير المناخي التي تتزايد خطرا وبالتالي يمكن القول بأن الطاقات المتجددة لها أهمية بالغة في حماية البيئة باعتبارها طاقة غير ناضبة وتوفر عامل الأمان البيئي.

كما يمكن كذلك لاستحداث الطاقات المتجددة أن يساهم في التنوع الاقتصادي من خلال تأسيس قطاع الطاقة المتجددة والاهتمام بتطوير التقنيات النظيفة مما سيساهم بشكل فعال في عملية التنوع الاقتصادي للدول وذلك من خلال العمل على تطوير هذه التقنيات محليا وخلق فرص تصدير واسعة من شأنها المساهمة في تطوير اقتصاد مستدام قائم على المعرفة كما ستساهم عملية الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة بتنوع الاقتصاد وتنمية وتطوير الرأسمالية البشري اللازم لبناء اقتصاد مستدام. والطاقة المتجددة تلعب دورا أساسيا في تحقيق النمو الاقتصادي وتحريك عجلة التنمية وهو ما جعلها تحتل أولوية تنموية في مختلف خطط واستراتيجيات بعض الدول.

ومن المسلمات أنه لا يمكن النظر لتنمية الاقتصادية وتحقيق التوازن الاقتصادي دون تحقيق التوازن البيئي بأكبر قدر ممكن وهو ما تساعد على تحقيقه الطاقات المتجددة ذلك أن الدولة ملزمة عند استخدام أي نوع من الطاقة أن تأخذ بعين الاعتبار أن هناك تأثير متبادل بين كل من الطاقة والبيئة والتنمية.

الخاتمة:

في نهاية هذا البحث نستنتج أن النانو تكنولوجيا هي من أهم التقنيات في يومنا هذا وفي المستقبل وأصبحت في طليعة المجالات الأكثر أهمية في التأثير على شتى النواحي بما فيها الطاقة المتجددة ليكون ذلك منطلقا لتفعيل النانو تكنولوجيا في حياتنا العامة والعملية والتعليمية.

وفي الأخير نأمل أن يزداد اهتمام الطلبة والباحثين والعلماء المتخصصين بعلم النانو وتقنية النانو وكتابة ونشر المزيد من الأبحاث حول هذه التقنية التي أصبحت تغزو العالم، والعمل على الاستفادة من خواص المواد النانوية في ابتكارات واختراعات تفيد البشرية في كل مجالات الحياة وتسهيلها وبالإضافة إلى التخلص من الأمراض الخبيثة التي لم يصل العلم اليوم لعلاج نهائي لها، وبما أن النانو



هو محور اهتمام العالم لذلك نأمل أن يزداد الاهتمام به بلدنا ليبيا ، ويصبح بلدنا من أكثر الدول سعيا للبحث في هذه التقنية وجديدها لتتمكن من اللحاق بالركب العلمي واطلاق العنان للطاقات العلمية والعقول الموجودة في البلد لإثبات جدارتهم وكفاءتهم وتحقيق التنمية المستدامة.

المراجع (Reference):

1. سرى غانم سرحان، بحث المواد النانوية وتطبيقاتها، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي جامعة القادسية 2019.
2. فرحات، حدة. (2012). الطاقات المتجددة كمدخل لتحقيق التنمية المستدامة في الجزائر-دراسة لواقع مشروع تطبيق الطاقات الشمسية في الجنوب الكبير بالجزائر. مجلة الباحث. (العدد 11)
3. أنواع الطاقة المتجددة، [https:// sites.google.com/site/renewableenergyproject/home](https://sites.google.com/site/renewableenergyproject/home)
4. www.startimes.com
5. الموقع الإلكتروني "موسوعة البيئة" www.Bee2ah.com.
6. فؤاد نمر الرفاعي مفاهيم أساسية في تقنية النانو؟ مقدمة مختصرة بشكل دروس مبسطة، مكتبة الملك فهد الوطنية، يونيو 2009م في جدة.
7. [الجلسة-العملية-السابعة-طاقة.pdf](#)
8. Shankar SS. RaiA, AhmedA, Sastey M.(2004a). Rapid synthesis of Au,Ag. And bimetallic Au core-Ag shell nanoparticles using Neem (Azadirachta indica) Leaf broth. Journal of colloid and Interface science 275(2):476-502.
9. أ.د قحمان خلف الخزرجي واسيل باسم الزبيدي و أ.م.د. رنا عفيف عنائي، العلم النانوي ودوره في حياتنا، بدار دجلة، 2011.
10. د. رحاب فايز أحمد سيد، تكنولوجيا النانو في المجال المعلومات والاتصالات الفرص والتحديات، مجلة علم، 2012.
11. علي يوسف، النانو التكنولوجيا وتطبيقاته في المستقبل، بسوريا 2014م. 2015م.
12. نهى علوي أبوبكر الحبشي، "ماهي تقنية النانو" وزارة الثقافة والإعلام في المملكة العربية السعودية، 2011. 1430/2707
13. Hosny , Inas , Nano materials and their applications in interior design, American International Journal of Research in Humanities, Arts and Social
14. ماهية النانو تكنولوجيا وتطبيقاتها في مجال الطاقة المتجددة www.aladalacenter.com