

Promoting the use of nanotechnology as a tool for economic development

-Boudjourfa Benasser¹: Professor Lecturer A, University Centre of Maghnia, Algeria.

-Boudjnane Tawfiq²: Professor, University Centre of Maghnia, Algeria.

Received: 21/05/2024

Accepted:30/06/2024

Published :30/06/2024

Abstract:

Nanotechnology is one of the most important scientific achievements of the twenty-first century. Nanotechnology involves the study and processing of materials at the nanometer level, opening up new horizons and offering countless possibilities in various scientific, industrial, and medical fields.

This research aims to explore the role of nanotechnology in promoting economic development by reviewing the different applications of nanotechnology and how it contributes to improving industrial processes, promoting innovation, and achieving sustainable economic benefits.

Today, nanotechnology is a key driver of development and innovation in many fields. By studying its current and future impacts, we can understand how this technology is shaping the future of the global economy and its vital role in achieving sustainable economic development.

Key words: Nanotechnology, The Nanometre size, Nanometer applications, Economic Development.

Jel Codes Classification: O₁, O₃₃, O₃₈

1 -Boudjourfa Benasser, LEPPESE, benasser@gmail.com

2 - LEPPESE, boudjenane_toufik@yahoo.fr

تعزيز استخدام تكنولوجيا النانو كأداة لتحقيق التنمية الاقتصادية

– بناصر بوجورفة¹: أستاذ محاضر أ، المركز الجامعي بمغنية، الجزائر.

– توفيق بوجنان²: أستاذ التعليم العالي، المركز الجامعي بمغنية، الجزائر.

تاريخ النشر: 2024/06/30

تاريخ القبول: 2024/06/30

تاريخ الإرسال: 2024/05/21

ملخص:

تُعتبر تكنولوجيا النانو أحد أهم الإنجازات العلمية في القرن الحادي والعشرين. والتي تعنى بدراسة ومعالجة المواد على مستوى النانومتر، بحيث تفتح آفاقاً جديدة وتقدم إمكانيات لا حصر لها في مختلف المجالات العلمية والصناعية والطبية. يهدف هذا البحث إلى استكشاف دور تكنولوجيا النانو في تعزيز التنمية الاقتصادية من خلال استعراض التطبيقات المختلفة لتكنولوجيا النانو وكيف تساهم في تحسين العمليات الصناعية، تعزيز الابتكار، وتحقيق فوائد اقتصادية مستدامة. سنركز على الفوائد العملية لهذه التكنولوجيا وكيف يمكن للدول والشركات الاستفادة منها لتعزيز تنافسيتها وتحقيق نمو اقتصادي مستدام. تُعد تكنولوجيا النانو اليوم محركاً رئيسياً للتطور والابتكار في العديد من المجالات. من خلال دراسة تأثيراتها الحالية والمستقبلية، يمكننا من فهم كيف تساهم هذه التكنولوجيا في تشكيل مستقبل الاقتصاد العالمي ودورها الحيوي في تحقيق التنمية الاقتصادية المستدامة.

الكلمات المفتاحية: تكنولوجيا النانو، الحجم النانو متري، تطبيقات النانو، التنمية الاقتصادية

تصنيفات O₁، O₃₈، O₃₃:Jel

¹ - بوجورفة بناصر، LEPESE، benasser@gmail.com

² - LEPESE، boudjenane_toufik@yahoo.fr

1- مقدمة:

تعد تكنولوجيا النانو من أبرز التقنيات الحديثة التي تسهم في تحقيق التنمية الاقتصادية وتعزيز الابتكار في العديد من القطاعات، حيث أصبحت واحدة من أكثر التطورات المثيرة للإعجاب في عالم العلوم والتكنولوجيا الحديثة. تتيح هذه التقنية استخدام العلوم الطبيعية والهندسية للتصميم والتحكم في المواد على مستوى النانومتر، مما يتيح إمكانية إنتاج مواد وأجهزة ذات خصائص فريدة وغير عادية. وعلى الرغم من أن تكنولوجيا النانو ما زالت في مرحلة نشأتها، إلا أن لها العديد من التطبيقات الواعدة في مجالات متعددة، بما في ذلك، الصناعة، الطاقة، البيئة، الطب، الإلكترونيات، والمزيد. ومن خلال ما سبق يمكن طرح الإشكالية الآتية: كيف يمكن استخدام تكنولوجيا كأداة لتحقيق التنمية الاقتصادية؟ أهمية الدراسة:

استهدفت هذه الدراسة بشكل رئيسي الدور الذي تلعبه تكنولوجيا النانو في تعزيز التنمية الاقتصادية للدول، وتحليل تأثيرها على مختلف القطاعات الاقتصادية والفرص والتحديات التي تواجه تبني هذه التقنية. أهداف الدراسة:

وتهدف هذه الدراسة الى تحقيق الأهداف التالية:

- كيف يمكن لتكنولوجيا النانو أن تسهم في تحسين الإنتاجية والكفاءة في الصناعات المختلفة، وتوفير حلول مبتكرة لقضايا البيئة والطاقة، وتعزيز البحث العلمي والابتكار، وزيادة الاستثمارات الدولية.
 - كيف تؤثر تكنولوجيا النانو في قطاع الطاقة، وما هو دورها في حل مشاكل البيئة وتحسين جودة الحياة، وتحليل التحديات والفرص المستقبلية التي قد تطرأ في هذا المجال.
 - ما هي أهمية البحث والتطوير في تقنيات النانو وكيف يؤثر ذلك على الابتكار والنمو الاقتصادي.
- منهجية الدراسة:

تم الاعتماد في هذه الدراسة على المنهج الوصفي من اجل معرفة بعض المفاهيم الخاصة بتكنولوجيا النانو.

2- مفهوم تكنولوجيا النانو:

من الصعب تحديد مفهوم شامل لتكنولوجيا النانو، والتي وفقاً لما ذكره R.D.Booker، ترجع إلى سببين رئيسيين: (Anischik V. M., 2008)

1) غموض مصطلح "التكنولوجيا النانوية"

2) عدم اليقين بشأن الفترة الزمنية المرتبطة بالمراحل الأولى من تطوير التكنولوجيا النانوية.

إن عدم وجود تعريف لمصطلح يفسر التكنولوجيا النانوية بسبب المجالات الواسعة و المختلفة التي تغطيها ، والتي تستند إلى أنواع متعددة من العمليات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية التي تتحقق على المستوى النانوي. بالإضافة إلى ذلك، يجري باستمرار تحديث وتحسين التكنولوجيات النانوية في مراحل التطوير الحالية، مما يفسر السبب في أن العديد من المفاهيم المتعلقة بمبادئ تنفيذها ليست واضحة تماماً.

عموماً يمكن القول ان تكنولوجيا النانو هي مجال من مجالات العلوم والتكنولوجيا تركز على دراسة وتحكم المواد والأنظمة على المستوى النانومتري. وتكنولوجيا النانو تتعلق بفهم وتشكيل الخصائص المميزة للمواد عندما يصل حجمها

إلى مقاييس نانومترية. واستناداً إلى تصميم الخصائص والتشكيل على هذا المستوى الدقيق، يمكن للباحثين والمهندسين في مجال تكنولوجيا النانو إنتاج مواد وأنظمة جديدة تتمتع بخصائص فريدة وتطبيقات مبتكرة في مختلف المجالات.

3- التطور التاريخي لتكنولوجيا النانو:

-يعتبر فاينمان R. Feynman الأستاذ الجامعي من معهد كاليفورنيا اول من استعمل كلمة تكنولوجيا النانو في محاضراته سنة 1959 عندما قال: "There is a lot of space down there" (Poole C. Jr., 2003)، أي انه يوجد الكثير من المساحة هنا. حيث يعتبر هذا الحديث نقطة بداية لنموذج التكنولوجيا النانوية.

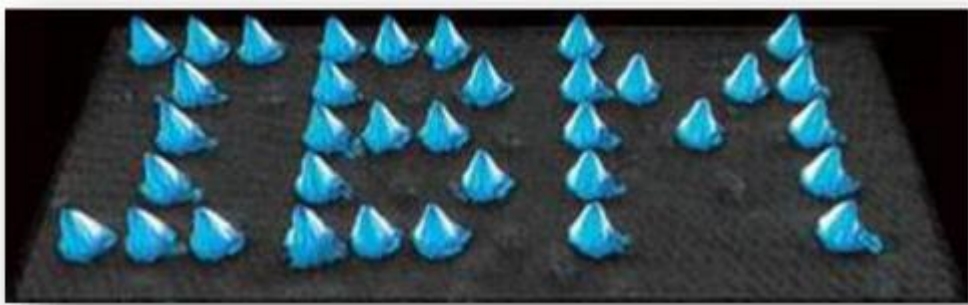
- كلمة تكنولوجيا النانو استعملت لأول مرة في مداخله للعالم الياباني N. Taniguchi بالمؤتمر الدولي الخاص بالإنتاج الصناعي المنعقد في طوكيو سنة 1974، حيث استعملها من أجل وصف المعالجة الفائقة للمواد ذات الدقة النانوية الدقيقة وإنشاء آلات ذات حجم نانوي. (Roko M.C., 2000)

-تم تطوير أفكار استراتيجية تكنولوجيا النانو، التي طرحها فاينمان، بواسطة دريسكلر E. Drexler في كتابه "مركبات الخلق: وصول عصر تكنولوجيا النانو" الذي نشر في عام 1986.

-الا ان هذه الفكرة لم تأخذ طريقها في التطبيق حتى العام 1981، عندما قام الباحثون في شركة IBM بمدينة زيورخ السويسرية، ببناء اول مجهر ماسح عرف اختصار (STM) يتيح هذا المجهر رؤية الذرات المنفردة بمسح مسبار صغير فوق سطح بلورة سيلكون.

اكتشف علماء IBM في العام 1990 كيفية استعمال هذا المجهر لتحريك ذرات Xenon المنفردة حول سطح نيكل في تجربة اكونية بإيعاز عيني للتسويق. صنعت لفة فائقة القوة من ذرات الكربون في العام 1991، عرفت باسم انابيب الكربون النانوية، تمتاز هذه اللفة بانها أخف ست مرات واوى 100 مرة من الحديد. استعملت الانابيب النانوية في صناعة الالياف والبلاستيك الصلب ورقائق الحاسوب ومتحسسات الغازات السامة. نجح العلماء بصناعة اجهزة ومعدات كثيرة بمقياس النانو منها على سبيل المثال: الترانزسترات الصغيرة، وصمامات النانو الثنائية، ومتحسسات النانو، والمكابس الجزيئية والمحركات الكيميائية ومحارير النانو، وحاويات النانو، وغيرها (Jean Michel, avril 2014).

الشكل 1: كتابة اسم الشركة التكنولوجية (IBM) بتحريك الذرات الفردية لعنصر الزينون على شريحة من النيكل عن طريق المجهر الماسح (STM)



Jean Michel, Marcel Lahmani, Dupas Haeberlin, Patris Hesto, Nanosciences et nanotechnologies Evolution ou révolution ? Imprime en France par SEPEC a Peronnas N° d'édition : 70118354_01, Dépôt légal : avril 2014

- كما نجح الباحثون بإيجاد الوسائل المناسبة بوضع البروتينات والحمض النووي DNA و الفيروسات والبكتيريا والاحياء المجهرية الاخرى للعمل لبناء مواد نانوية. ومنذ ذلك الحين وتقنية النانو تشهد تطورات متسارعة يصعب اللحاق بها في مجالات أخرى كثيرة، أبرزها حاليا تطبيقاتها في إنتاج الطاقة وتخزينها وتحويلها، وفي تشخيص الأمراض، ومنظومات توزيع الأدوية والعقاقير الطبية، وتحري مصادر تلوث الماء والهواء وصيانتها، وفي تصنيع المواد الغذائية وتخزينها.

- في النصف الثاني من ثمانينيات القرن العشرين إلى أوائل تسعينيات القرن العشرين تعددت الاكتشافات الهامة والاختراعات، مما خلق تأثيرا كبيرا على مواصلة تطوير تقنية النانو. منذ ذلك الحين، بدأت ابحاث كثيفة وكبيرة خاصة بتكنولوجيا النانو، وتعددت المنشورات والموضوعات تزداد بشكل حاد تهتم بتكنولوجيا النانو فصار يتوسع التطبيق العملي لتكنولوجيا النانو؛ موازاة مع ازدياد تمويل مشاريع لها علاقة بتكنولوجيا النانو بشكل كبير من قبل المنظمات والبلدان.

- في عام 1991 بالولايات المتحدة الأمريكية، بدأ العمل بأول برنامج نانوي تكنولوجي يدعمه الصندوق العلمي الوطني. خلال الفترة من 1996-98، تم تعيين لجنة خاصة من المركز الأمريكي لأجل رصد وتحليل تقييم تطور تكنولوجيا النانو في جميع الدول ونشرت النشرات الإخبارية للمسح حول الاتجاهات الأساسية للتنمية وتبيان مختلف إنجازات الخبراء العلميين والتقنيين والإداريين في الولايات المتحدة الأمريكية. في عام 1999 تمت الموافقة من قبل المجلس الرئاسي للعلوم والتكنولوجيا (PCAST) على البحث في تكنولوجيا النانو للسنوات ال 10 القادمة. (L., 2005)

- سنة 2000 رئيس الولايات المتحدة كلينتون في ديباجته الخاصة بالمبادرة الوطنية لتكنولوجيا النانو NNI يقول: "أعلن تخصيص 500 مليون دولار في السنة المالية الحالية لمبادرة الدولة للتكنولوجيا النانوية، التي ستمكننا من خلق مواد جديدة في المستقبل (تتخطي الخصائص التي لدينا اليوم آلاف المرات)، وتحمل جميع البيانات في مكتبة الكونغرس على جهاز صغير".

- في عام 2001 تمت الموافقة على المبادرة الوطنية لتكنولوجيا النانو (NNI) في الولايات المتحدة الأمريكية. حيث تمت صياغة الفكرة الرئيسية لهذا البرنامج على النحو التالي: "المبادرة الوطنية لتكنولوجيا النانو تحدد استراتيجية التفاعل بين الإدارات الفيدرالية للولايات المتحدة الأمريكية الغرض منها إعطاء الأولوية لتطوير تكنولوجيا النانو، والتي يجب أن تصبح أساسا من أجل الاقتصاد والأمن القومي للولايات المتحدة الأمريكية في النصف الأول من القرن 21".

- وكما هو الحال في الولايات المتحدة الأمريكية، أولت اليابان اهتماما كبيرا لتطوير التكنولوجيا النانوية، ففي سنة 2000، شكلت الرابطة الاقتصادية اليابانية إدارة خاصة معنية بالتكنولوجيا النانوية تحت الرعاية المباشرة للجنة الصناعية والتقنية، وفي عام 2001 وضعت الخطة الإطارية لبحوث التكنولوجيا النانوية، حيث تتمثل الأحكام الرئيسية لهذه الخطة فيما يلي: تحديد الاتجاهات الأساسية لعلوم التكنولوجيا النانوية: تكنولوجيا المعلومات، والتكنولوجيا الأحيائية، والطاقة، والدراسات البيئية، وتكنولوجيا المواد؛ وتوفير استثمارات رأسمالية كبيرة للتصنيع استنادا إلى التكنولوجيا النانوية؛ وتكثيف البحوث في المجالات المذكورة أعلاه وتطبيق نتائجها في التصنيع بحيث تصبح "محركات" لثورة التكنولوجيا النانوية في المستقبل؛ ووضع الاستراتيجية الوطنية لتطوير التكنولوجيا النانوية، والقيام، أولا وقبل كل شيء، بتنظيم تعاون فعال بين الإدارات الصناعية والحكومية والعلمية في مجال البحوث.

- أما بلدان أوروبا الغربية فلقد سايرت هذا الاهتمام الدولي، فقامت بإجراء بحوث في مجال التكنولوجيا النانوية في إطار البرامج الوطنية. فنجد في ألمانيا ان البحوث في مجال التكنولوجيا النانوية تتلقى الدعم أساساً من وزارة التعليم والعلوم

والبحوث التكنولوجية. وفي إنكلترا، يشرف على تطوير التكنولوجيا النانوية مجلس الفيزياء والبحوث التكنولوجية والمختبر الفيزيائي الوطني. وفي فرنسا، يحدد المركز الوطني للبحوث العلمية استراتيجية تطوير التكنولوجيا النانوية.

- كما لا ننسى الاهتمام الكبير في كل من الصين وكوريا الجنوبية وبلدان ناشئة أخرى لتطوير التكنولوجيا النانوية، وقد توسعت وبدأت مؤخرًا بحوث التكنولوجيا النانوية في بلدان رابطة الدول المستقلة، والتي تندرج عادة في إطار البرامج العلمية الحكومية.

- وهكذا، تم تشكيل نموذج تكنولوجيا النانو في مطلع ستينيات القرن العشرين، في حين أن ثمانينيات وتسعينيات القرن العشرين هي بداية تطوير تكنولوجيا النانو في حد ذاتها.

ووفقًا لذلك، يمكن للمرء أن يقول إن الفترة بأكملها حتى خمسينيات القرن العشرين يمكن اعتبارها ما قبل تاريخ تكنولوجيا النانو. أما نهاية هذه الفترة فكانت الظروف مهيأة من أجل تطوير تكنولوجيا النانو، وهو ما يسره العلم والثورة التقنية في النصف الثاني من القرن 19 وبداية القرن 20.

4- المبادئ الأساسية لتكنولوجيا النانو:

4-1 الحجم النانومتري:

في علم النانو، يعتبر قياس الحجم بالنانومتر (واحد نانومتر يساوي المليون جزء من المليمتر الواحد أي ان النانو هو الجزء من المليار من المتر) بحيث ان قطر شعرة انسان تساوي 80.000 نانومتر، وهذا عندما يكون حجم المواد في نطاق النانومتر، حيث تظهر لها خصائص مختلفة تمامًا عن الخصائص التي تظهر على نطاق أكبر.

4-2 الظواهر الطبيعية على المستوى النانومتري:

في هذا المستوى، تكون القوى بين الجزيئات والذرات تسيطر على السلوك والخصائص. تظهر ظواهر جديدة مثل الانحياز السطحي والتشتت ألاً أحادي للضوء وتغيرات في خواص النقل الحراري.

4-2 التفاعلية والتكاملية:

في تكنولوجيا النانو، يتم التركيز على التفاعل بين الجزيئات والأنظمة على مستوى النانومتر، يتم استخدام هذا التفاعل لإنشاء هياكل جديدة وتحسين الخصائص المادية والكيميائية.

4-3 التصميم الدقيق والتحكم:

تتطلب تقنيات النانو تصميمًا دقيقًا للمواد والهياكل على المستوى الذري والجزيئي، يشمل ذلك التحكم في ترتيب وتوزيع الذرات والجزيئات والتفاعلات بينها لتحقيق الخصائص المرغوبة.

4-4: التطبيقات المتعددة:

تكنولوجيا النانو تشمل مجموعة واسعة من التطبيقات في مجالات متنوعة مثل الإلكترونيات والطب والطاقة والبيئة والصناعة، تقدم هذه التطبيقات فرصًا مبتكرة لتحسين المنتجات الحالية وتطوير منتجات جديدة ذات أداء أفضل وتأثير أقل على البيئة.

5- تقنية النانو: ثورة في المقالات البحثية:

اهتمام الدول بهذه التقنية بدأ يزداد سنة بعد أخرى وهو ما نلاحظه جليا في عدد المقالات البحثية المنشورة الخاصة بتكنولوجيا النانو عبر جامعات العالم ومراكز البحث الدولية، حيث نجد سيطرة الصين على نصف المقالات العلمية المنشورة ثم تليها كل من الهند والولايات المتحدة الامريكية وكوريا الجنوبية، في حين نجد الجزائر في المرتبة 40 من بين 123 دولة، والجدول التالي يبين عدد المقالات الخاصة بتكنولوجيا النانو المنشورة لدول العالم:

جدول: تطور ابحاث النانو في دول العالم

الرقم	الدولة	2019	2020	2021	2022	2023	أفريل 2024
01	الصين	80,517	85,605	97,936	117,594	113,821	39,025
02	الهند	16,618	19,059	21,581	25,180	26,792	9,405
03	امريكا	26,445	27,467	25,890	24,755	22,831	7,091
04	كوريا الجنوبية	10,062	10,542	11,715	12,057	11,595	3,866
05	السعودية	3,871	5,726	7,952	10,256	10,836	3,826
06	ايران	11,375	12,412	12,350	12,345	11,190	3,639
07	المانيا	9,289	9,783	9,956	9,345	8,800	2,804
08	اليابان	7,904	8,585	8,444	8,257	7,741	2,556
09	بريطانيا	6,190	6,855	6,873	6,758	6,596	2,023
10	باكستان	2,839	3,756	4,683	5,712	5,737	1,958
11	مصر	3,021	4,301	5,348	6,694	6,370	1,940
12	تركيا	3,214	3,844	4,440	5,073	5,367	1,818
40	الجزائر	539	671	787	911	918	314
	اجمالي عدد المقالات	194,830	211,354	228,791	251,361	244,745	80,412

Source : Nanotechnology publications (Article) : <https://statnano.com/report/s29> ,20/05/2024 at 6:30.

حيث نلاحظ من خلال الجدول ان نصف المقالات البحثية المنشورة كانت من نصيب الصين وحدها، كما اننا نرى ازدياد اهتمام الدول الاسلامية الممثلة في كل من السعودية وإيران ومصر بالنشر في هذا المجال. في حين نلاحظ ان الجزائر تبقى متأخرة نوعا ما على الرغم من احتلالها المرتبة الاربعين من بين 123 دولة شملها الاحصاء.

6- تطبيقات تكنولوجيا النانو:

كما سبق الذكر ان تكنولوجيا النانو تمثل دراسة وتطبيق الخصائص والظواهر على المستوى النانومتري، وتهدف إلى تصميم وتحكم في المواد والأنظمة على هذا المستوى لإنتاج مواد جديدة ذات تطبيقات مبتكرة في مختلف المجالات منها:

6-1: تطبيقات تكنولوجيا النانو في مجال الصناعة:

تكنولوجيا النانو لها تطبيقات مهمة في مجال الصناعة، حيث تساهم في تحسين عمليات الإنتاج وتطوير المواد بطرق مبتكرة وفعالة، وتحقيق تحسينات كبيرة في جودة المنتجات والكفاءة الإنتاجية، مما يساهم في تعزيز التنافسية وتعزيز التنمية المستدامة في قطاعات مختلفة من الاقتصاد، حيث اخترعت أنابيب الكربون النانوي في 1991، المعروفة بأنها أخف ست مرات وأقوى مئة مرة من الحديد، واستعملت في صناعة الألياف والبلاستيك الصلب ورقائق الحاسوب ومتحسسات الغازات السامة (Catia S C.Santos, 2015). ومن أهم تطبيقات تكنولوجيا النانو في مجال الصناعة ما يلي:

6-1-1: تصنيع الأدوات والمعدات:

تستخدم تكنولوجيا النانو في تطوير وتحسين أدوات الصناعة مثل القوالب والقطع والأجهزة، مما يمكن تطبيق التكنولوجيا النانو في تعزيز خصائص المواد مثل المتانة والصلابة ومقاومة التآكل.

6-1-2: تصنيع المواد الهندسية:

تساهم تقنيات النانو في تحسين صفات المواد الهندسية مثل البوليمرات والمعادن والمركبات الكيميائية. حيث يمكن استخدامها في تطوير مواد ذات خصائص محسنة مثل القوة والمرونة والمقاومة للحرارة.

6-1-3: تحسين الإنتاجية والكفاءة:

تستخدم تكنولوجيا النانو في تطوير عمليات التصنيع لتحسين الكفاءة وتقليل التكاليف، مما يسمح من تطوير أساليب جديدة للتصنيع بما في ذلك التصنيع بالطباعة ثلاثية الأبعاد.

6-1-4: المواد الذكية والمتقدمة:

يمكن استخدام تكنولوجيا النانو في تطوير المواد الذكية التي تستجيب للظروف المحيطة مثل الحرارة والضوء والضغط، حيث تساهم تقنيات النانو في تحسين أداء المواد المتقدمة مثل المواد المغناطيسية والموصلية والعازلة.

6-1-5: تكنولوجيا الطلاء والأغشية الرقيقة:

تستخدم تكنولوجيا النانو في تطوير الطلاءات والأغشية الرقيقة التي توفر حماية وزينة للمواد والأسطح. يمكن أن تساعد تقنيات النانو في تطوير طلاءات مضادة للخدش والتآكل والأوساخ.

6-1-6: التصنيع الذكي والهرن:

تساهم تكنولوجيا النانو في تطوير أنظمة التصنيع الذكية والمرنة التي تسمح بتصنيع منتجات مخصصة ومتطورة، تمكن من تطوير أجهزة الاستشعار الذكية لتحسين عمليات الإنتاج.

6-1-7: تكنولوجيا النانو في التصنيع الحيوي:

تساهم تقنيات النانو في تطوير أساليب التصنيع الحيوي التي تستخدم الخلايا والأحياء الدقيقة في عمليات الإنتاج. حيث يمكن استخدام التكنولوجيا النانو في تحسين عمليات التصنيع الحيوي وزيادة كفاءة الإنتاج والجودة.

6-2: تطبيقات تكنولوجيا النانو في مجال الطب والصحة:

تلعب تكنولوجيا النانو دورًا كبيرًا في تحسين الرعاية الصحية وتطوير العلاجات وتشخيص الأمراض، مما يؤدي إلى تحسين جودة الحياة وتقديم رعاية صحية أكثر فعالية، ومن أهم مجالات تطبيقها ما يلي (Abid Haleem, June 2023) :

6-2-1: تشخيص الأمراض:

تستخدم تكنولوجيا النانو في تطوير أدوات التشخيص الحيوية الدقيقة والفعالة، وكذا في تطوير أجهزة الاختبار الحساسة للكشف عن الفيروسات والبكتيريا والخلايا السرطانية وغيرها من العلامات الحيوية للأمراض.

6-2-2: علاج الأمراض:

يساهم استخدام تكنولوجيا النانو في تطوير علاجات دقيقة ومستهدفة للأمراض المختلفة. كما يمكن استخدام النانو تكنولوجيا في توصيل الأدوية والعلاجات المحمولة بدقة إلى الأعضاء المستهدفة في الجسم دون التأثير على الأنسجة السليمة المحيطة.

6-2-3: التصوير الطبي:

يمكن تحسين تقنيات التصوير الطبي مثل التصوير بالأشعة السينية والتصوير بالرنين المغناطيسي باستخدام تكنولوجيا النانو. بحيث يتم تطوير وتحسين وسائل التصوير الطبي النانوية لزيادة دقة التشخيص وتقليل الإشعاع وزمن الفحص.

6-2-4: الأجهزة الطبية النانوية:

يتم استخدام تكنولوجيا النانو في تطوير الأجهزة الطبية النانوية مثل المنظار الدقيق والأجهزة لتوصيل الأدوية، مما يتيح استخدام الأجهزة الطبية النانوية لإجراء العمليات الجراحية الدقيقة وتقليل مخاطر العلاج التقليدي.

6-2-5: علاج الأمراض السرطانية:

تساهم تقنيات النانو في تطوير علاجات مستهدفة للأورام السرطانية، بحيث يمكن توجيه الأدوية السرطانية بدقة إلى الخلايا السرطانية باستخدام نانوجسيمات وتقنيات التسليم الدقيق.

6-2-6: الترميم النسيجي والأعضاء الصناعية:

يمكن استخدام التكنولوجيا النانوية في تطوير مواد ترميمية وغروانية للأنسجة والأعضاء البشرية، حيث تساعد تقنيات النانو في تطوير أطراف صناعية وأعضاء صناعية ذكية ومتقدمة.

6-2-7: تحسين الأدوات الطبية والمعدات:

تستخدم معدات النانو في تحسين خصائص الأدوات الطبية مثل الأدوات الجراحية والمستشعرات الطبية والمواد الخاصة بالتعقيم.

6-3: تطبيقات تكنولوجيا النانو في مجال البيئة والطاقة (Neha Chausali, June 2023) :

باستخدام تكنولوجيا النانو، يمكن تحقيق تحسينات كبيرة في البيئة والطاقة، مما يساهم في الحد من التأثيرات السلبية على البيئة وتحقيق التنمية المستدامة في المستقبل.

6-3-1: تحسين كفاءة استخدام الطاقة:

تساهم تقنيات النانو في تطوير مواد ذكية ومتقدمة تساعد في تحسين كفاءة استخدام الطاقة. كما يمكن استخدام تكنولوجيا النانو في تطوير مواد ذات خصائص عازلة وموصلة للحرارة والكهرباء، مما يقلل من فاقد الطاقة في التطبيقات المختلفة.

6-3-2: تطوير مصادر الطاقة المتجددة:

يمكن استخدام تكنولوجيا النانو في تحسين أداء مصادر الطاقة المتجددة مثل الخلايا الشمسية والخلايا الوقودية، تساعد تقنيات النانو في زيادة كفاءة تحويل الطاقة الشمسية والهوائية والحرارية إلى طاقة كهربائية.

6-3-3: تقليل الانبعاثات الضارة:

يمكن استخدام تكنولوجيا النانو في تطوير مواد وعوامل تقلل الانبعاثات الضارة من المركبات والصناعات المختلفة. تستخدم النانو مواد في تطوير مرشحات الهواء والمركبات النانوية لامتصاص الغازات الضارة والجسيمات الدقيقة من الهواء والماء.

6-3-4: تحسين استخدام الموارد الطبيعية:

تستخدم تقنيات النانو في تطوير مواد وعمليات تساعد في استخدام الموارد الطبيعية بشكل أكثر فعالية وتوفير. يمكن استخدام التكنولوجيا النانو في تطوير عمليات استخراج وتنقية المياه والتربة والهواء بطرق أكثر فعالية.

6-3-5: تطوير التخزين والتوزيع الطاقوي:

تساهم تقنيات النانو في تحسين أداء نظم التخزين والتوزيع الطاقوي مثل البطاريات والمكثفات والشبكات الذكية. مما يمكن استخدام النانومواد في تطوير بطاريات ذات سعة أعلى وشحن أسرع وتأثير بيئي أقل.

6-3-6: تقليل النفايات والتلوث: يمكن استخدام تكنولوجيا النانو في تطوير عمليات التصنيع والتنقية للحد من النفايات والتلوث. تساهم تقنيات النانو في تطوير مواد قابلة للتحلل والتدوير والتخلص منها بشكل آمن دون تأثير سلبي على البيئة.

6-3-7: الاستدامة والتنمية البيئية:

تلعب تكنولوجيا النانو دوراً في تعزيز الاستدامة وتحقيق التنمية البيئية من خلال تطوير حلول فعالة ومبتكرة للتحديات البيئية والطاقوية مثل:

• تحلية المياه:

إن تحلية المياه هي عملية إزالة كل أو جزء من الأملاح الزائدة والمعادن من المياه. ويتم تحلية المياه ليصبح من الممكن استخدامها في الحياة العملية كالشرب والزراعة والصناعة والأدوية.

وتهتم عدد كبير من الدول المطلة على البحار بتقنية النانو عبر صناعة أغشية نانوية بإمكانها تنقية المياه من الأملاح والمواد السامة بكفاءة وسرعة عاليتين، ومن المتوقع خلال العشر سنوات القادمة أن تنمو هذه التقنية بشكل كبير باستخدام جسيمات مغناطيسية نانوية لتصفيتهما من الشوائب والسموم.

• الأغذية والزراعة:

تعد عمليات ضبط جودة الأغذية والتعرف على البكتيريا باستخدام أنظمة حفظ الغذاء الذكية والنشطة، وكذلك عملية التغليف النانوية لمكونات الأغذية أمثلة قليلة لعمليات دمج تقنية النانو في مجالات تصنيع الأغذية. ولا تخلو تقنية النانو من القدرة على تحسين قطاع الزراعة وسلسلة إنتاج الغذاء بالكامل، من عملية الإنتاج وحتى عملية الحفظ، والتجهيز، والتعبئة، والنقل ومعالجة النفايات. هذا بالإضافة إلى مواجهة الأمن الغذائي.

7- تأثير تكنولوجيا النانو على التنمية الاقتصادية (Mamadou Diallo, 2013) :

يمكن تفسير هذا التأثير بعدة طرق، حيث تقدم هذه التكنولوجيا فرصًا هائلة للتحسينات في مختلف القطاعات الاقتصادية منها:

7-1 زيادة الإنتاجية:

- تسمح تقنيات النانو بتحسين كفاءة العمليات الإنتاجية وتقليل التكاليف، مما يؤدي إلى زيادة الإنتاجية وتحسين جودة المنتجات.
- بفضل القدرة على التحكم في المواد على المستوى النانوي، يمكن تطوير مواد جديدة تتمتع بخصائص محسنة تزيد من كفاءة الإنتاج مثل استخدام مواد خفيفة الوزن ومتينة في مجالات البناء والهندسة.
- تحسين كفاءة الخلايا الشمسية عبر تطوير مواد فعالة على مستوى النانومتر، مما يزيد من إنتاجية توليد الطاقة الشمسية.

7-2: التطور التكنولوجي:

- تعزز تكنولوجيا النانو التطور التكنولوجي والابتكار، مما يعزز التنافسية ويعزز قدرة الدول على الابتكار وتطوير منتجات وخدمات جديدة ومن الأمثلة على ذلك:
- تطوير نانو مواد لصناعة الإلكترونيات عالية الكفاءة، مما يساهم في تقدم التكنولوجيا في مجال الإلكترونيات وتطوير أجهزة أكثر كفاءة وأصغر حجمًا.
- استخدام تقنيات النانو في تطوير أجهزة الطب الحيوي مثل الأدوات الطبية الدقيقة والمواد الطبية القابلة للذوبان، مما يعزز التطور التكنولوجي في مجال الطب والرعاية الصحي.

7-3: خلق فرص العمل:

- يتطلب تطوير وتطبيق تقنيات النانو مهارات وخبرات جديدة، مما يفتح أبوابًا لخلق فرص عمل جديدة في مجالات مثل البحث والتطوير والتصنيع التي تخلق فرص عمل للمهندسين والعلماء والباحثين المتخصصين في هذا المجال.
- زيادة الطلب على المواد والمنتجات التي تستخدم تقنيات النانو تساهم في توسيع نطاق الأعمال وخلق فرص عمل في قطاعات متعددة.

7-4: تنويع الاقتصاد:

- يمكن لتكنولوجيا النانو تعزيز تنويع الاقتصاد من خلال دعم تطوير مجموعة واسعة من الصناعات والقطاعات مثل الصناعات الغذائية والطبية والطاقة، مما يقلل من التبعية على القطاعات التقليدية مثل النفط والغاز.

-تطوير المنتجات النانوية في مجالات مختلفة مثل الأجهزة الإلكترونية والطبية والطاقة ويفتح آفاقاً جديدة للتصدير وتعزيز التبادل التجاري.

7-5: تحسين البنية التحتية:

-يمكن أن تسهم تقنيات النانو في تحسين البنية التحتية للدول وتعزيز الاستدامة البيئية، مثل تطوير مواد بناء أقوى وخفيفة الوزن ومقاومة للتآكل.

-تطوير أنظمة الطاقة المتجددة على أساس التكنولوجيا النانوية يعزز البنية التحتية للطاقة ويساهم في تخفيف الضغط على المصادر الطبيعية التقليدية.

7-6: تعزيز التبادل التجاري:

يمكن للدول التي تقوم بالاستثمار في البحث والتطوير في تكنولوجيا النانو أن تزيد من تنافسيتها في الأسواق العالمية وتعزز فرص التبادل التجاري وهذا من خلال:

-تطوير المنتجات والمواد المبتكرة: تسمح تقنيات النانو بتطوير منتجات جديدة ومواد متقدمة تتمتع بخصائص فريدة، مما يجذب الاهتمام من قبل الشركات والأسواق العالمية.

-تقليل التكاليف وزيادة الكفاءة: يمكن لتكنولوجيا النانو تحسين كفاءة العمليات الإنتاجية وتقليل التكاليف، مما يجعل المنتجات المبتكرة التي تعتمد على التكنولوجيا النانوية تنافسية في الأسواق العالمية.

-تحسين جودة المنتجات: بفضل قدرة تكنولوجيا النانو على تحسين الخصائص والأداء للمواد والمنتجات، يمكن أن تكون المنتجات النانوية أكثر جودة ومتانة، مما يجعلها مرغوبة في الأسواق العالمية.

-فتح فرص تصدير جديدة: يمكن للدول التي تتقدم في مجال تكنولوجيا النانو أن تستفيد من تصدير المنتجات والتقنيات النانوية إلى الأسواق العالمية، مما يعزز الإيرادات ويساهم في تعزيز التبادل التجاري.

-تطوير القطاعات الواعدة: يمكن أن تساهم تقنيات النانو في تطوير القطاعات الواعدة مثل الطاقة المتجددة والتكنولوجيا الحيوية، مما يفتح آفاقاً جديدة للتبادل التجاري والتعاون الدولي.

7-7: حلول للتحديات الاقتصادية والبيئية:

تكنولوجيا النانو توفر العديد من الحلول للتحديات الاقتصادية والبيئية، منها:

-زيادة كفاءة استخدام الموارد: يمكن لتقنيات النانو تحسين كفاءة استخدام الموارد الطبيعية مثل المياه والطاقة والمواد الخام، مما يقلل من التكاليف ويزيد من الإنتاجية.

-تطوير مواد صديقة للبيئة: يمكن لتقنيات النانو تطوير مواد بناء ومنتجات صديقة للبيئة تقلل من التلوث وتحافظ على البيئة.

-توليد الطاقة المتجددة: تستخدم تقنيات النانو في تطوير أنظمة توليد الطاقة الشمسية والطاقة النظيفة الأخرى، مما يعزز استدامة الطاقة ويقلل من اعتماد الدول على الوقود الأحفوري.

-تنقية المياه والهواء: يمكن استخدام تقنيات النانو في تطوير أنظمة لتنقية المياه والهواء من الملوثات والشوائب، مما يحسن جودة المياه والهواء ويحمي الصحة العامة.

-تحسين إدارة النفايات: يمكن لتقنيات النانو أن تسهم في تطوير أساليب فعالة لإدارة النفايات وتحويلها إلى مواد مفيدة، مما يقلل من تكلفة التخلص من النفايات ويحافظ على البيئة.

-تطوير الزراعة المستدامة: يمكن لتقنيات النانو أن تساعد في تحسين إنتاجية الزراعة وحماية النباتات من الآفات والأمراض، مما يعزز الأمن الغذائي ويحمي البيئة.

8- التحديات والمخاطر التي تواجه تكنولوجيا النانو:

تواجه تكنولوجيا النانو عدة تحديات ومخاطر، تتطلب التعامل معها بحذر واتخاذ التدابير اللازمة للحد منها والتأكد من أن التطبيقات النانوية تعود بالفائدة القصوى وبدون آثار سلبية كبيرة، ونجد من هذه التحديات ما يلي:

-السلامة البيئية والصحية: قد تكون النانو مواد سامة عند استنشاقها أو تعرضها للجلد، وقد تتسرب إلى البيئة بشكل غير مراقب مما يؤثر على البيئة والصحة العامة.

-التأثير على البيئة: قد تتسرب النانو مواد إلى البيئة وتؤثر على النظام البيئي والحياة البرية، مما يؤدي إلى آثار سلبية على البيئة.

-الأمن السيبراني: قد تستخدم التكنولوجيا النانو في تطوير أجهزة وأنظمة متطورة قد تكون عرضة للاختراق السيبراني، مما يشكل تهديدًا على الأمن السيبراني وخصوصية الأفراد والشركات.

-التكلفة: قد تكون تكلفة تطوير وتصنيع التقنيات النانوية مرتفعة، مما يقلل من قابلية تبنيها في بعض الصناعات والتطبيقات.

-الأخلاقيات والقانونية: قد تطرح تكنولوجيا النانو تحديات أخلاقية وقانونية فيما يتعلق بالاستخدام الصحيح والسليم لهذه التقنيات، وحماية الخصوصية والبيانات الشخصية.

-تأثير الاقتصاد والعمل: قد يؤدي تبني التكنولوجيا النانو في بعض الصناعات إلى فقدان فرص العمل في القطاعات التقليدية، مما يتطلب التفكير في إعادة تأهيل القوى العاملة وتوجيهها نحو القطاعات الجديدة.

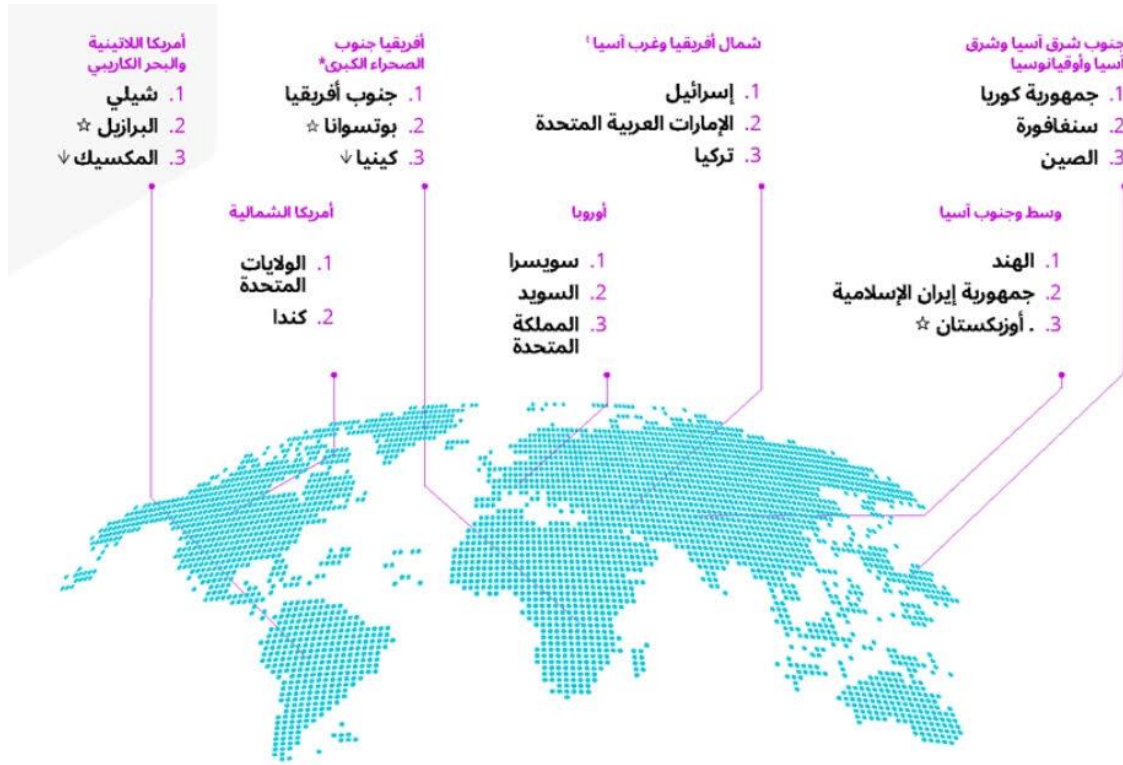
-التفاوت العالمي: قد تؤدي التكنولوجيا النانو إلى زيادة التفاوت العالمي إذا لم يتم توزيع فوائدها بشكل عادل، حيث قد يستفيد الدول الغنية أكثر منها على حساب الدول الفقيرة.

9- سياسات واستراتيجيات تعزيز تكنولوجيا النانو في مجال التنمية الاقتصادية

هناك عدة سياسات واستراتيجيات يمكن اتخاذها لتعزيز تكنولوجيا النانو في مجال التنمية الاقتصادية، منها:

-الاستثمار في البحث والتطوير: تعزيز التمويل الحكومي والخاص لبرامج البحث والتطوير في مجال تكنولوجيا النانو، وتشجيع الابتكار وتطوير التقنيات الجديدة. ويمثل الشكل التالي قادة الدول الرائدة في الانفاق و الابتكار في العالم سنة 2022.

شكل 02: الاقتصاديات الثلاثة الاولى في مجال الانفاق والابتكار حسب الاقليم



المصدر: قاعدة البيانات الخاصة بمؤشر الابتكار العالمي، الويبو، 2022.

- تطوير البنية التحتية: استثمارات في البنية التحتية العلمية والتكنولوجية المتخصصة في مجال تكنولوجيا النانو، مما يساهم في تطوير البيئة الملائمة للابتكار والبحث.
- تشجيع الشراكات العامة-الخاصة: لا بد من تعزيز التعاون بين القطاع العام والخاص والأكاديمي لتطوير وتسويق تطبيقات التكنولوجيا النانو، وتشجيع الشراكات الاستراتيجية للبحث والتطوير.
- سن قوانين وتشريعات فعالة: يتم وضع تشريعات وسياسات منظمة لضمان سلامة وفعالية استخدام التكنولوجيا النانو، وتخفيف الابتكار والاستثمار في هذا المجال.
- تعزيز التعليم والتدريب: تطوير برامج التعليم والتدريب المتخصصة في مجال تكنولوجيا النانو، وتوفير الدعم الفني والتقني للشركات والمؤسسات الصغيرة والمتوسطة لاستخدام التقنيات النانوية.
- تشجيع التبادل التجاري والتعاون الدولي: تعزيز التبادل التجاري والتعاون الدولي في مجال تكنولوجيا النانو، وتبادل المعرفة والخبرات مع الدول الأخرى، وتعزيز الشراكات الدولية في البحث والتطوير.
- تشجيع الابتكار وريادة الأعمال: دعم ريادة الأعمال والشركات الناشئة في مجال تكنولوجيا النانو، وتوفير الدعم المالي والفني والتسهيلات لتطوير وتسويق المنتجات والتقنيات النانوية.

-تعزيز التوجه الاستراتيجي: وضع استراتيجيات وخطط واضحة لتطوير واستخدام التكنولوجيا النانو في مختلف القطاعات الاقتصادية، مع التركيز على القضايا الحيوية والاقتصادية.

خاتمة البحث:

لقد أصبح لتكنولوجيا النانو تأثير فعلي وملحوس على حياتنا اليومية واقتصادنا العالمي. فهي لم تعد مجرد فكرة أو تقنية مستقبلية بل هي واقع حالي يعيد تشكيل الاقتصاد العالمي ويعزز من قدراتنا على مواجهة التحديات الاقتصادية والصحية والبيئية بطرق أكثر فعالية وابتكارًا، حيث توصلت الدراسة الى النتائج التالية:

- خلق فرص عمل جديدة
 - تخفيض عوامل البحث
 - توسيع حدود المعرفة وتطوير مواد وأساليب جديدة
 - تطوير منتجات مبتكرة،
 - تعزيز التنافسية على الصعيد العالمي في مختلف المجالات.
- فاستثمار الدول والشركات في تكنولوجيا النانو يعكس فهمًا عميقًا لأهميتها وقدرتها على تحويل التحديات إلى فرص حقيقية للنمو والتنمية الاقتصادية. لذا، فإن دعم وتطوير هذه التكنولوجيا في الدول النامية يعتبر ضرورة استراتيجية للحاق بقطار النانو وتحقيق فوائد طويلة الأمد للاقتصاد والمجتمع ككل.

Bibliographie

Abid Haleem, M. J. (june 2023). Applications of nanotechnology in medical field: a brief review. Global Health Journal, 70-77.

Anischik V. M., B. V. (2008). Nanomaterials and Nanotechnologies.

Catia S C.Santos, B. G. (2015). Industrial Applications of Nanoparticles – A Prospective Overview. Materials Today: Proceedings, 456-465.

Jean Michel, M. L. (avril 2014). Nanosciences et nanotechnologies Evolution ou révolution ?

L., F. (2005). Nanotechnology Science, Innovation and Opportunity. [The review of condition and development prospects of nanotechnology, and also possible influences of nanotechnology on global processes].

Mamadou Diallo, N. A. (2013). Nanotechnology for sustainable development: Retrospective and outlook. Journal of Nanoparticle Research.

Nanotechnology in Medicine: Applications, Advancements and Impact. . (2021). Récupéré sur <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7983536>.

Neha Chausali, J. S. (june 2023). Nanotechnology as a sustainable approach for combating the environmental effects of climate change. journal of Agriculture And Food Research.

Poole C. Jr., O. F. (2003). Introduction to Nanotechnology :[The review of structure and properties, manufacturing techniques, methods of research and areas of application of nanomaterials].

Roko M.C., W. R. (2000). Nanotechnology Research Directions: Vision for Nanotechnology in the Next Decade.[The basic data on researches and designs, and also on application of nanotechnology are stated]. Springer.