جمهورية العراق

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة بابل

كلية التربية للعلوم الصرفة

قسم الفيزياء

دراسة المواد النانوية وتطبيقاتها في مجال البيئة

بحث تخرج تقدمت به الطالبة

حوراء عواد ريسان

الى مجلس كلية التربية للعلوم الصرفة – جامعة بابل

وهو جزء من متطلبات نيل شهادة البكالوريوس في الفيزياء

بإشراف

م.د عبير خضير عطية

١٤٤٧هـ

٢٠٢٦م

الآية القرآنية

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

﴿وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا﴾

[سورة الأعراف، الآية ٥٦]

صدق الله العلي العظيم

الاهداء

بِسۡمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحۡمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات، وله الشكر على ما أنعم به من توفيق وعون حتى تم إنجاز هذا العمل.

وأصلي وأسلم على سيدنا محمد ﷺ وعلى آله الطيبين الطاهرين،أهدي هذا الجهد المتواضع.

ثم إلى عائلتي الكريمة، التي كانت لي السند والداعم في مسيرتي، لكم مني خالص الامتنان.

وآخر دعوانا أن الحمد لله رب العالمين.

الباحثة:

حوراء عواد ريسان

الشكر والتقدير

الشكر والتقدير

الحمد لله تعالى اولا واخرا، الذي وفقني واعانني على اتمام هذا البحث، فله الفضل في كل خطوة وفي كل جهد بذل حتى خرج هذا العمل الى النور.

ثم اتقدم بخالص الشكر والامتنان الى والدي العزيز، لما قدمه لي من دعم متواصل وصبر كبير، وكان السند الحقيقي في مسيرتي، فكان لتشجيعه ووقفته معي الاثر الكبير في الوصول الى هذه المرحلة.

كما اتقدم بجزيل الشكر والتقدير الى مشرفتي الفاضلة **م.د عبير خضير عطية**، لما قدمته من توجيهات علمية قيمة ومتابعة مستمرة، كان لها الدور الواضح في انجاز هذا البحث.

فجزاهم الله جميعا خير الجزاء.

الباحثة:

حوراء عواد ريسان

خلاصة البحث

يتناول هذا البحث دراسة تقنية النانو بوصفها من أهم التقنيات الحديثة التي شهدها العالم في السنوات الأخيرة، مع التركيز على تطبيقاتها وتأثيراتها في المجال البيئي. وقد هدف البحث إلى التعرف على مفهوم تقنية النانو وتطورها التاريخي، فضلا عن بيان خصائص المواد النانوية وطرق تصنيعها.

كما تناول البحث مصادر المواد النانوية في البيئة، سواء كانت طبيعية أو ناتجة عن النشاط البشري، وناقش أبرز تطبيقات هذه التقنية في معالجة المشكلات البيئية، مثل تنقية المياه، ومعالجة التلوث، وتحسين كفاءة استخدام الموارد.

وتوصل البحث إلى أن تقنية النانو تمثل أداة فعالة في تحسين الواقع البيئي، لما تمتلكه من خصائص فريدة على المستوى الجزيئي، إلا أن استخدامها يتطلب مزيدا من الدراسات للحد من آثارها المحتملة على صحة الإنسان والبيئة.

المحتويات

الموضوع	الصفحة
الاية القرانية	أ
الاهداء	ب
الشكر والتقدير	ت
ملخص البحث	ث
اهداف البحث	١
الفصل الاول **المقدمة**	**١١-٣**
تقنية النانو	٤-٣
تاريخ تقنية النانو	٥-٤
تصنيف المواد النانوية	٦-٥
تقنيات تصنيع المواد النانوية	٨-٦
التأثيرات المستقبلية لتكنولوجيا النانوية	١٠
خصائص المواد النانوية	١١-١٠
الفصل الثاني **تطبيقات تقنية النانو في مجال البيئة**	**١٤-٩**
مصادر المواد النانوية في البيئة	١٠-٩
تطبيقات تقنية النانو في مجال البيئة	١١-١٠
تطبيقات تكنولوجيا النانو فى مجال تنقية الهواء الجوي	١١
تطبيقات تكنولوجيا النانو في مجال الزراعة الدقيقة	١١
تطبيقات تكنولوجيا النانو في مجال الامن الغذائي	١٢
تطبيقات تكنولوجيا النانو في مجال تنقية المياه	١٤-١٢
النتائج	١٥
المصادر	١٧-١٦

عنوان الشكل	الصفحة
الشكل (١): أنواع المواد النانوية؛(a) الكرات والتجمعات الصفرية الأبعاد،(b) الألياف والأسلاك والقضبان النانوية أحادية البعد (c) الأغشية والصفائح والشبكات ثنائية الأبعاد، (d) المواد النانوية ثلاثية الأبعاد	٦
شكل (٢): طريقة Top-down approach	٧
شكل (٣): طريقة Bottom-up approach	٨

قائمة المحتويات

اهداف البحث

يهدف هذا البحث الى تحقيق مجموعة من الاهداف، من اهمها ما يأتي:

١- بيان مفهوم تقنية النانو، وخصائصها الاساسية، وتوضيح نشأتها وتطورها وتصنيف المواد النانوية وطرائق تصنيعها.

٢- توضيح اهم تطبيقات تقنية النانو في المجال البيئي، ولا سيما في تنقية المياه ومعالجة الملوثات واكتشاف تلوث الهواء.

٣- التعرف على مصادر الجسيمات النانوية في البيئة، وبيان سلوكها وانتشارها في الماء والهواء والتربة، مع توضيح تأثيراتها البيئية المحتملة.

الفصل الاول
المقدمة

(١.١) تقنية النانو Nanotechnology

يتم تعريف تقنية النانو على أنها تقنية متقدمة قائمة على دراسة وفهم علم النانو والعلوم الأساسية مع توفير القدرة التكنولوجية لتخليق المواد النانوية والتحكم في هيكلها الداخلي عن طريق إعادة هيكلة وترتيب الذرات والجزيئات لضمان الحصول على منتجات مميزة وفريدة من نوعها، ويتم استعمال النانومتر كوحدة لقياس أطوال الأشياء الصغيرة جداً التي لا تُرى إلا تحت المجهر الإلكتروني. تستعمل هذه الوحدة للتعبير عن أبعاد الأقطار والمقاييس وجزيئات المواد المعقدة والجسيمات المجهرية مثل البكتيريا والفيروسات، النانومتر هو جزء من ألف مليون (مليار) جزء لكل متر، وبعبارة أخرى، المتر الواحد يحتوي على مليار جزء من النانو متر.

ربما لم تحصل أي تقنية سابقة على قدر كبير من الاهتمام والتوقع مثل تقنية النانو، التي هي بحق تكنولوجيا القرن الحادي والعشرين، كانت المفتاح السحري للتقدم والنمو الاقتصادي. وأصبحت تقنية النانو في طليعة الحقول والمجالات الموجودة في الكيمياء والفيزياء والهندسة وعلم الأحياء، وأعطت أملاً كبيراً وواعداً بناءً على الأسس والمبادئ العلمية التي تتضمن تغييرات واسعة ومتقدمة في الأجهزة التكنولوجية وتطبيقاتها. وان التحول من الجسيمات المايكروية إلى الجسيمات النانوية يحدث عدداً من التغييرات في الخواص الفيزيائية، وتغييرات مهمة، بما في ذلك زيادة في نسبة مساحة السطح إلى الحجم وزيادة في حجم الجسيمات المتحركة في مجال يسيطر على التأثيرات الكمية. التحكم في سلوك الذرة على سطح الجسيمات المشكلة، وهذا سيؤثر على خصائص الجسيمات جسدياً، وكذلك على تفاعل الجسيمات مع مواد مختلفة.

تقنية النانو هي معالجة المادة على نطاق ذري وجزيئي وفوق الجزيئات. يشير الوصف الأقدم والأوسع لتقنية النانو إلى الهدف التكنولوجي الخاص بمعالجة الذرات والجزيئات.

بدقة لتصنيع منتجات macroscale، والتي يشار إليها أيضاً بتقنية النانو الجزيئية. تم تطوير وصف أكثر عمومية لتقنية النانو في وقت لاحق من قبل المبادرة الوطنية لتقنية النانو، والتي تعرف تقنية النانو، بأنها معالجة المواد ذات بُعد واحد على الأقل يتراوح من ١ إلى ١٠٠ نانومتر. يعكس هذا التعريف حقيقة أن التأثيرات الميكانيكية الكمومية مهمة في هذا النطاق للعالم الكمي، ومن ثم فقد تحول التعريف من هدف تكنولوجي معين إلى فئة بحث تضم جميع أنواع البحث والتقنيات التي تتناول الخصائص الخاصة للمادة التي تحدث أدناه عتبة حجم معين. لذلك من الشائع أن نرى تعدد "تقنيات النانو" للإشارة إلى مجموعة واسعة من الأبحاث والتطبيقات ذات السمات المشتركة هي الحجم.

من الطبيعي جداً أن تقنية النانو يتم تعريفها بواسطة الحجم واسع جداً، والتي تتضمن المجالات العلمية المتنوعة مثل علوم السطح، الكيمياء العضوية، الاحياء الجزيئية، فيزياء أشباه الموصلات، تخزين الطاقة، التصنيع الدقيق والهندسة الجزيئية.

امتدادات فيزياء الأجهزة التقليدية إلى مناهج جديدة تماماً قائمة على التجميع الذاتي الجزيئي، من تطوير مواد جديدة ذات أبعاد على مقياس النانو إلى التحكم المباشر في المادة على المقياس الذري. يناقش العلماء حالياً الآثار المستقبلية لتقنية النانو. قد تكون تقنية النانو قادرة على إنشاء العديد من المواد والأجهزة الجديدة مع مجموعة واسعة من التطبيقات، مثل طب النانو وتكنولوجيا النانو وإنتاج طاقة الكتلة الحيوية والمنتجات الاستهلاكية. من ناحية أخرى، تثير تقنية النانو العديد من القضايا نفسها التي تثيرها أي تقنية جديدة، بما في ذلك مخاوف بشأن سمية المواد النانوية وتأثيرها على البيئة وتأثيراتها المحتملة على الاقتصاد العالمي. [1]

(١.2) تاريخ تقنية النانو

منذ آلاف السنين، تم استعمال تقنية النانو قبل إدخال المصطلح. أدخل البشر المواد الثانوية في صناعة المطاط والزجاج والصلب. لا يمكننا تحديد تاريخ محدد لبداية تقنية النانو، ولكن تبين أن الزجاج قد طلي في العصور الوسطى باستعمال الجسيمات النانوية الذهبية الغروية.

كما هو الحال في الكأس الروماني الذي صنع للملك (Lycurgus)، الموجود في المتحف البريطاني منذ القرن الرابع الميلادي، يتغير لون الكأس بين الأخضر والأحمر عند تعرضه للضوء، تم صنع الكأس باستعمال جزيئات الفضة والجسيمات النانوية الذهبية. [2]

وجد في اليابان أن (samurai) استعملوا جزيئات نانوية في عملية طلاء السيوف للحصول على خصائص عالية الجودة. [3]

في عام ١٩٧٤، استعمل الباحث Norio Taniguchi كلمة "تقنية النانو" لأول مرة في طوكيو؛ على الرغم من أنه لم يكن واسع الانتشار. [4] في عام ١٩٨٦ استعمل K. Eric Drexler أيضاً كلمة "تقنية النانو" في كتابه "محركات الإبداع: الحقبة القادمة لتقنية النانو" التي اقترحت فكرة مقياس النانو "مجمع" قادرة على إنتاج نسخة من نفسها وغيرها من العناصر ذات التعقيد التعسفي مع التحكم الذري. أيضاً في عام ١٩٨٦، شارك Drexler في إنشاء معهد Foresight

للمساعدة في زيادة المعلومات العامة وفهم مفاهيم تقنية النانو وآثارها، منذ عام ١٩٨٠ تضمنت معظم تقنيات النانو دراسة عدة طرق لتصنيع الأجهزة الميكانيكية من عدد قليل من الذرات. [5]

(١.٣) تصنيف المواد النانوية

يمكن تقسيم المواد النانوية إلى:

المواد النانوية أحادية الأبعاد: وهي تلك المواد التي يقل قياس أحد أبعادها عن 100 نانومتر، ومن الأمثلة عليها الرقائق والأغشية مثل المواد النانوية المستعملة في أعمال طلاء الأسطح.

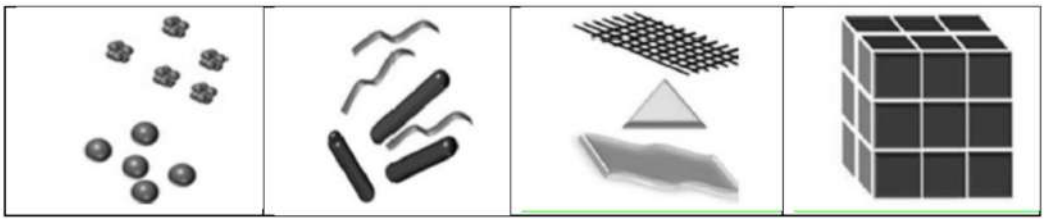
المواد النانوية ثنائية الأبعاد: وهي تلك المواد التي يقل قياس بعدين فيها عن 100 نانومتر، مثل الأنابيب النانوية والأسطوانات، مثل أنابيب الكربون النانوية والألياف النانوية.

مواد نانوية ثلاثية الأبعاد: وهي تلك المواد التي يقل قياس أبعادها عن 100 نانومتر مثل الخلايا النانوية، بما في ذلك المساحيق المعدنية ومواد السيراميك فائقة النعومة.

المواد داخل مقياس النانو عندما تتراوح أحجامها من 1 إلى 100 نانومتر، مصطلح النانوي هو كلمة يونانية تعني قزماً أو صغيراً جداً، وهذه التقنية والمواد النانوية قد اكتسبت زخماً وأهمية في هذا القرن عن طريق الخواص التي تمتلكها هذه المواد الميكانيكية والبصرية والكيميائية، ومن الأشياء المهمة هو خاصية الضد الميكروبي لما تمتلكه من مساحة سطحية عالية مقارنة بالحجم، والتي ثبتت فعاليتها في القضاء على العديد من مسببات الأمراض، وكذلك السلالات المقاومة للمضادات الحيوية والمبيدات

تحويل العديد من العناصر إلى حالة النانو، بما في ذلك النحاس، الزنك، التيتانيوم، المغنيسيوم، الذهب والفضة . أثبتت الدراسات الحديثة نظرية إمكانية استعمال المعدن الفضي والجزيئات الفضية النانوية في المجال الطبي، على سبيل المثال، الحروق، طب الأسنان، تغليف الأدوات، الملابس الطبية والمنسوجات، وكذلك في مختبرات تنقية وتعقيم المياه بسبب خصائصه التي لا تكون شديدة السمية للخلايا البشرية، وهي مستقرة لأنها محمولة جواً، وهي أقل تقلباً أو تبخراً. [1]

حيث الشكل (١-١) يبين انواع المواد النانوية[6]



(a) (b) (c) (d)

الشكل (١): أنواع المواد النانوية؛(a) الكرات والتجمعات الصفرية الأبعاد،(b) الألياف والأسلاك

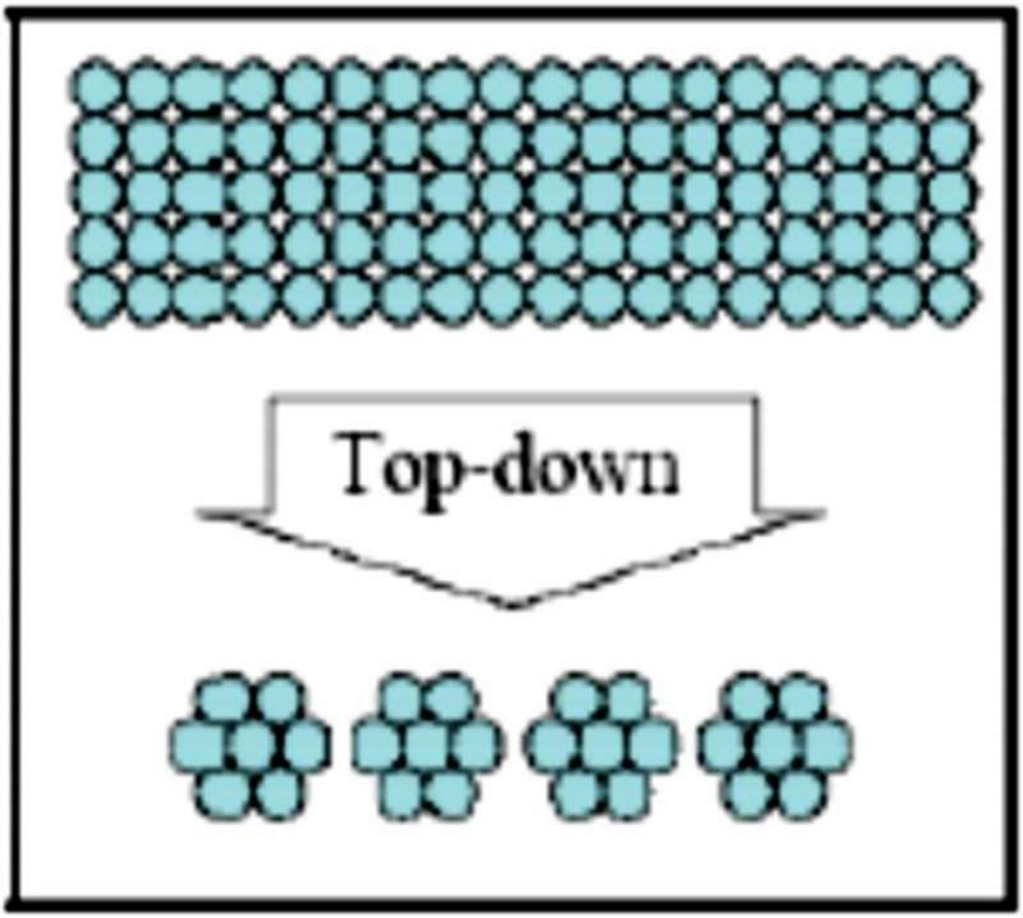
والقضبان النانوية أحادية البعد (c) الأغشية والصفائح والشبكات ثنائية الأبعاد، (d) المواد النانوية ثلاثية الأبعاد

(١.٤) تقنيات تصنيع المواد النانوية

لتصنيع أو تحويل أي مادة إلى الصيغة النانوية توجد طريقتان

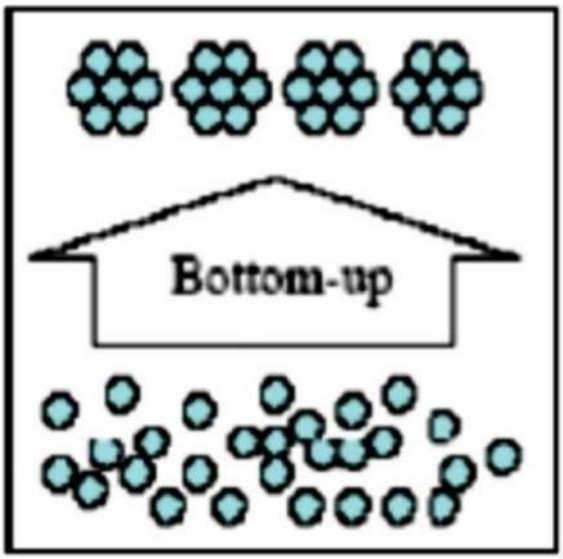
١- تحويل من كبير إلى صغير: وتسمى هذه الطريقة Top-down approach، إذ تعتمد على تحويل

القطعة الكبيرة للمعدن بعملية الطحن والسحق إلى جسيمات نانوية مع إضافة مواد تعمل على الاستقرار والتثبيت. وبهذه الطريقة يمكن الحصول على جسيمات نانوية بحجم يتراوح بين 10 - 100 نانومتر كما في شكل (٢).



شكل (٢): طريقة Top-down approach

٢- التحويل من حجم صغير جداً إلى حجم أكبر: ويطلق على هذه الطريقة مصطلح Bottom-up approach، إذ تعتمد على عملية التجميع ذرة مع ذرة أو جزيئة مع جزيئة كما في الشكل (٣).



شكل (٣): طريقة Bottom-up approach

يمكن تطبيق هذه المبادئ والتقنيات بثلَث طرق:

١- الطريقة الفيزيائية Physical synthesis method: وبهذه الطريقة يتم إنتاج الجسيمات النانوية بالطريقة المعروفة تبخر - تكثيف في ظروف الضغط الجوي ويستعمل فرن أنبوبي.

٢- الطريقة الإحيائية Biological synthesis method: تعتمد هذه الطريقة على مكونات من

الكائنات الحية إذ تستعمل كعوامل مختزلة ومغلف للجسيمات النانوية، إذ يستعمل على سبيل المثال الانزيمات، الاحماض الامينية، سكريات متعدد، فيتامينات. اذ تكون هذه الطريقة صديقة للبيئة.

٣- الطريقة الكيميائية Chemical reduction method: تعتمد هذه الطريقة على المواد

املاح المعادن كعوامل اختزال بالإضافة إلى استعمال المثبتات والمغلفات، والتي تستعمل عادة لتحضير محلول. [1]

(1.5) التأثيرات المستقبلية لتكنولوجيا 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

الطقس، وقد تختار لنا الملابس المناسبة لحالة الطقس.. بل وستنظف نفسها دون ايّ مساعدة، وستقوم بتدفئة أو تبريد الجسم حسب درجة الحرارة الخارجية، وستتمكن المباني والآلات من 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 وستنظف نفسها دون أيّ مساعدة، وستقوم بتدفئة أو تبريد الجسم حسب درجة الحرارة الخارجية، وستتمكن المباني والآلات من

ارسال إشارات لاسلكية عندما تحتاج الى صيانة او تستطيع اصلاح نفسها[7]

(1.6) خصائص فريدة للمواد النانوية

١. مساحة السطح

تتميز مساحات سطح المواد النانوية عمومًا بأنها عالية جدًا مقارنة بنظيراتها الأكبر حجمًا، وهذه الخاصية ترتبط بجميع المواد النانوية

٢. المغناطيسية

يمكن أن يتغير السلوك المغناطيسي للعناصر على المستوى النانوي. يمكن أن يصبح العنصر غير المغناطيسي مغناطيسيًا على المستوى النانوي.

٣. التأثيرات الكمومية

تكون التأثيرات الكمومية أكثر وضوحًا على المستوى النانوي. ومع ذلك، فإن الحجم الذي تظهر عنده هذه التأثيرات يعتمد بشكل كبير على طبيعة مادة أشباه الموصلات

٤. موصلية حرارية وكهربائية عالية

بحسب طبيعة المادة النانوية، يمكن إظهار موصلية حرارية وكهربائية استثنائية على المستوى النانوي مقارنةً بالمواد الأكبر حجمًا. ومن الأمثلة على ذلك الجرافين المُستخلص من الجرافيت.

٥. خصائص ميكانيكية ممتازة

تتميز المواد النانوية بخصائص ميكانيكية ممتازة غير موجودة في نظيراتها الماكروسكوبية.

٦. دعم ممتاز للمحفزات

وفرت الصفائح ثنائية الأبعاد المصنوعة من مواد نانوية متنوعة فرصة

لتشتيت جيد لجزيئات المحفز النشط، مما أدى إلى تحسين أداء المحفز بشكل كبير وقد تم مؤخرًا تشتيت المحفزات على المستوى الذري على صفائح ثنائية الأبعاد من المواد النانوية من أجل تعزيز الأداء

٧- النشاط المضاد للميكروبات

تمتلك بعض المواد النانوية خصائص مضادة للفيروسات والبكتيريا والفطريات، ولديها قدرة فائقة على التعامل مع الأمراض المرتبطة بمسببات الأمراض بشكل عام، جعلت هذه الخصائص المواد النانوية ذات قيمة كبيرة لمجموعة واسعة من التطبيقات، مما عزز بشكل كبير أداء مختلف الأجهزة والمواد في عدد من المجالات.[8]

الفصل الثاني
تقنيات النانو والبيئة

(٢.١) مصادر المواد النانوية في البيئة

(١.٢.١) الغلاف الجوي

إن المصادر الطبيعية للجسيمات النانوية في الجو- كما هو موضح في جدول (١)- تشتمل على الانفجارات البركانية وحرائق الغابات، وتهوية الأنظمة المائية الحرارية، والتعرية الفيزيائية والكيميائية للصخور وغيرها. ويمكن أن تنتشر الجسيمات الثانوية غير العضوية في الجو بواسطة الإشعاع النووي [٩]. وتعتبر الجسيمات النانوية وسائط مهمة لانتقال الجزيئات المختلفة من الطور الغازي إلى تكوين الرذاذ المائع الهوائي، والذي يتحول فيما بعد إلى قطرات معلقة في الهواء [١٠].

(٢.٢.١) البيئة المائية

تنتشر الجسيمات الثانوية في البيئة المائية طبيعيًا على شكل عدة موانع غروية مثل (عناقيد من كبريتيد المعادن الناتجة من الأنظمة الهيدروحرارية، والحديد المائي وأكاسيد المنجنيز). إن صغر حجم الجسيمات الثانوية واتساع مساحتها السطحية تجعلها ذات أهمية في ربط الأطوار العضوية وغير العضوية للملوثات. وأظهرت دراسة أجريت في ألمانيا والسويد قدرة جسيمات الرصاص الثانوية الموجودة في الماء أو التربة على الارتباط بأكسيد الحديد العروي، الذي يعمل على نقلها وانتشارها بكفاءة عالية إن ارتباط واستقرار الجسيمات النانوية (الطبيعية وغير الطبيعية) مع المواد العضوية، بما فيها الملوثات له علاقة وطيدة بتأثيرها السام في الأنظمة البيئية المائية. وبالرغم من عدم وجود معلومات أكيدة توضح مصير وسلوك المواد النانوية في النظام البيئي الماني؛ إلا أن بعض الأبحاث العلمية أشارت إلى قدرة الجسيمات النانوية الحرة على التجمع والانمصاص؛ الأمر الذي يجعلها بطيئة الحركة والانتشار. وبإمكان الجسيمات النانوية المتجمعة الإفلات من فتحات المرشحات والعوامل المرسبة [١١]. وتجرى حاليا دراسات عديدة لفهم سلوك وتصرف الجسيمات الثانوية، والدور الذي تلعبه المواد العضوية الطبيعية التغيير الخواص الفيزيوكيميائية للجسيمات النانوية وتأثير ذلك على تنقلها وسميتها في البيئة الطبيعية المانية [١٢]. كذلك تجرى دراسات لمعرفة التأثير الذي تحدثه بعض العوامل، مثل الأس الهيدروجيني والقوة الأيونية، على تجمعات بعض الجسيمات في القياس الثانوي [١٣].

(٣.٢.١) التربة

إن الجسيمات النانوية الموجودة في التربة تتمثل في معظمها بالمواد النانوية المعدنية (مثل الحديد والمنجنيز وأكاسيدهما وهيدروكسيداتهما)، بالإضافة للمواد العضوية الطبيعية والتجمعات الجرثومية [١٤]. إن المثال النموذجي للمواد الثانوية الموجودة في التربة هو الحديد المائي (Ferrihydrite)، الذي يوجد في كل مكان في التربة [١٥]. حيث جدول (١) يوضح المصادر الأساسية للمواد النانوية في البيئة.[6]

جدول (١) المصادر الأساسية للمواد النانوية في البيئة.

المصدر	مصدر طبيعي الأصل	مصدر صناعي الأصل	الجسيمات النانوية المصممة هندسيًا
الهواء	الانفجار البركاني	عمليات الحرق	عمليات تصنيع تقنية النانو
	نظام فوهات المياه الحارة	الانبعاثات الصناعية	
	العمليات الحيوية		
	التفكك والانحلال الناتج عن تأثير الأشعة فوق البنفسجية على النظم المائية		
	العمليات النووية		
الماء	كبريتيد المعادن النانوية	ترسب من الغلاف الجوي	تناثر وانتشار الجسيمات النانوية أثناء التصنيع والاستخدام
	الحديد المائي		
	أكسيد المنجنيز		
التربة	المعادن النانوية (مثل: هيدرات الحديد أو الحديد المائي)	ترسب من الغلاف الجوي	تناثر وانتشار الجسيمات النانوية أثناء التصنيع والاستخدام
	تجمعات المواد العضوية الطبيعية	الامتصاص والنقل من الأنظمة المائية	
	المصادر الحيوية (مثل: اليورنايت)		

(٢.٢) تطبيقات تقنية النانو في مجال البيئة

إن التقدم الهائل الذي حدث في تقنية النانو حفز منظمة الأمم المتحدة إلى الاهتمام بها، ورصد خطة للاستفادة من تطبيقاتها في المجالات المختلفة، فتقنية النانو تمكن من امتلاك الإمكانية لزيادة كفاءة استهلاك الطاقة، وتساعد في تنظيف البيئة والمحافظة عليها، وتحل العديد من المشاكل الصحية كما أن تقنية النانو قادرة على زيادة الإنتاج الصناعي بشكل هائل وبتكاليف منخفضة جدا. ومن المتوقع أن تسهم تقنية النانو في تحقيق تقدم في مجالات كثيرة مثل: المجال الطبي، والصناعة والطاقة، والزراعة، والغذاء، والبيئة، والفضاء، بالإضافة إلى المجال العسكري. وفيما يلي سيتم سرد بعض الأمثلة لتطبيقات تقنية النانو في مجال البيئة [١٦].

لقد بدى في استخدام تقنية النانو لحل مشاكل التلوث البيئي أو على الأقل تخفيفها، فقد استخدمت تقنية النانو في تطوير طرق جديدة لتوفير ومعالجة مياه الشرب واكتشاف تلوث الهواء وهذا بدوره وفر فرصة كبيرة لتطوير بعض الاستراتيجيات الحماية البيئة من التلوث، وإنتاج مصادر طاقة نظيفة، وحل مشكلة تلوث المياه والهواء وغيرها من المشاكل البيئية. وموضح فيما يلي بعض الطرق والتقنيات النانوية التي استخدمت لتنقية ومعالجة المياه واكتشاف تلوث الهواء

(2.3) تطبيقات تكنولوجيا النانو فى مجال تنقية الهواء الجوي

اتاحت تكنولوجيا النانو من خلال القياسات الارضية التي تجري بواسطة استخدام اجهزة 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. – [7]

(2.4) تطبيقات تكنولوجيا النانو في 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

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.

(2.5) تطبيقات تكنولوجيا النانو في مجال الامن الغذائي

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

والخضراوات وغيرها من الأجهزة والأنظمة النانوية التي تساعد على امن وسلامة الأغذية

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

(2.6) تطبيقات تكنولوجيا النانو في 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

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.

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

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[7]

النتائج

١- بين البحث ان المواد النانوية كان لها دور مهم في اكتشاف تلوث الهواء من خلال المجسات النانوية عالية الحساسية.

٢- توصل البحث الى ان الجسيمات النانوية تنتشر في البيئة من مصادر طبيعية وغير طبيعية، وتوجد في الماء والهواء والتربة.

٣- أكد البحث ان لتقنية النانو فوائد بيئية واعدة، الا ان استخدامها يتطلب دراسة دقيقة لما قد يرافقه من تأثيرات محتملة في البيئة.

المصادر

[١] حسين صبحي علوان السلطاني، تخليق وتشخيص مكونة نانوية من الفضة وأوكسيد الزنك ودراسة تطبيقاتها الدوائية، رسالة ماجستير، ٢٠٢١.

[٢] Poole Jr, C. P., & Owens, F. J. (2003). Introduction to Nanotechnology. John Wiley & Sons.

[٣] Vinson, J. R., & Sierakowski, R. L. (2006). The Behavior of Structures Composed of Composite Materials. 2nd ed. Kluwer Academic Publishers.

[٤] Sanjay, S. S., & Pandey, A. C. (2017). A Brief Manifestation of Nanotechnology. In *EMR/ESR/EPR Spectroscopy for Characterization of Nanomaterials*, Advanced Structured Materials 62, Springer, New Delhi, pp. 47–63.

[٥] Wolfram, S. (2002). A New Kind of Science. Vol. 5, Wolfram Media, Champaign, IL.

[٦] Findik, F. (2021). Nanomaterials and Their Applications. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 9(3), 62–75.

[٧] مرفت رشاد أحمد، وأيمن جابر حسونة، التطبيقات البيئية الخضراء لتكنولوجيا النانو في المستقبل، المؤتمر الدولي السابع للاتحاد العربي للتنمية المستدامة والبيئة، ٢٠١٧.

[٨] Baig, N., Kammakakam, I., & Falath, W. (2021). Nanomaterials: A Review of Synthesis Methods, Properties, Recent Progress, and Challenges. *Materials Advances*.

[٩] Farré, M., Sanchís, J., & Barceló, D. (2011). Analysis and Assessment of the Occurrence, the Fate and the Behavior of Nanomaterials in the Environment. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 30, 517–527.

[١٠] Rejeski, D., & Lekas, D. (2008). Nanotechnology Field Observations: Scouting the New Industrial West. *Journal of Cleaner Production*, 16, 1014–1017.

[١١] Lucas, D. D., & Akimoto, H. (2007). Contributions of Anthropogenic and Natural Sources of Sulfur to SO2, H2SO4(g) and Nanoparticle Formation. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, 7, 7679–7721.

[١٢] Kennedy, A. J., Hull, M. S., Steevens, J. A., Dontsova, K. M., Chappell, M. A., Gunter, J. C., & Weiss, C. A. (2008). Factors Influencing the Partitioning and Toxicity of Nanotubes in the

Aquatic Environment. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 27, 1932–1941.

[١٣] Hwang, Y. S., & Li, Q. (2010). Characterizing Photochemical Transformation of Aqueous nC60 under Environmentally Relevant Conditions. *Environmental Science & Technology*, 44, 3008–3013.

[١٤] Domingos, R. F., Tufenkji, N., & Wilkinson, K. J. (2009). Aggregation of Titanium Dioxide Nanoparticles: Role of a Fulvic Acid. *Environmental Science & Technology*, 43, 1282–1286.

[١٥] Maurice, P. A., & Hochella, M. F. (2008). Nanoscale Particles and Processes: A New Dimension in Soil Science. *Advances in Agronomy*, 100, 123–153.

[١٦] Ahmed, M. H. S., Ahmida, N. H. S., & Ahmeida, A. A. (2017). Introduction to Nanotechnology: Definition, Terms, Occurrence and Applications in Environment. *Introduction to Nanotechnology: Definition, Terms, Occurrence and Applications in Environment*, 2, 12–26.