وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة بابل

كلية التربية للعلوم الصرفة

قسم الفيزياء

المواد النانوية وتطبيقاتها

مشروع مقدم الى مجلس كلية التربية للعلوم الصرفة – جامعة بابل

وهو جزء من متطلبات نيل درجة البكالوريوس في الفيزياء

من قبل

محمد حسين عبار

بأشراف:

م.د. مصعب خضر محمد

(٢٠٢٢-٢٠٢٣)

(يَرْفَعِ اللَّهُ الَّذِينَ آَمَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ وَاللَّهُ بِمَا تَعْمَلُونَ خَبِيرٌ)

صدق الله العظيم

المجادلة الآية (١١)

الإهداء

إلى من أشتاق إليه بكل جوارحي.... وطني الغالي.

إلى مثال التفاني والإخلاص..... أبى الحبيب

إلى من أمدَّتني بالنصح والإرشاد... أمي الغالية.

إلى كل من دعا لي بالخير

أهديكم ذلك العمل المتواضع.....

شكر وتقدير

نحمد الله وحده والصلاة والسلام على من لا نبي بعده الشكر والتقدير للمشرف: م.د. مصعب خضر محمد.... الذي أشرف على هذا البحث وما قدمه لنا من توجيه وعناية وارشاد وتحمل مما كان له الفضل في اتمام البحث بصورته هذه. فله الشكر والتقدير والاحترام.

الملخص

اختراعات علم النانو تدخل في كل مجال من مجالات العلوم. تقنيات النانو تقريبًا تجعل الحياة أسهل في هذا العصر. يمثل علم النانو وتكنولوجيا النانو مجال بحث موسع، والذي يتضمن الهياكل والأجهزة والأنظمة ذات الخصائص والوظائف الجديدة بسبب ترتيب ذراتها على مقياس من ١ إلى ١٠٠ نانومتر. كان هذا المجال خاضعًا لوعي عام وجدل متزايد في أوائل العقد الأول من القرن الحادي والعشرين، وبالتالي بدايات التطبيقات التجارية لتقنية النانو. تساهم تقنيات النانو في كل مجال من مجالات العلوم تقريبًا، بما في ذلك الفيزياء وعلوم المواد والكيمياء والبيولوجيا وعلوم الكمبيوتر والهندسة. والجدير بالذكر أنه في السنوات الأخيرة تم تطبيق تقنيات النانو على صحة الإنسان مع نتائج واعدة، لا سيما في مجال علاج السرطان. لفهم طبيعة تقنية النانو، من المفيد مراجعة الجدول الزمني للاكتشافات التي أوصلتنا إلى الفهم الحالي لهذا العلم. توضح هذه المراجعة التقدم والمبادئ الرئيسية لعلم النانو وتكنولوجيا النانو وتمثل حقبة الجدول الزمني ما قبل الحداثة والحديثة للاكتشافات والمعالم في هذه المجالات.

الفهـــــــــرست

الفصل الأول		
١-١	مقدمة	٢
١-٢	تاريخ تقنية النانو	٢
١-٣	فروع تقنية النانو	٢
١-٤	أهداف البحث	٣
الفصل الثاني		
٢-١	مقدمة	٥
٢-٢	تعريف النانو تكنولوجي	٥
٢-٣	ظهور تقنية النانو	٦
٢-٤	الطرق المستخدمة للتحكم في تصنيع المواد النانوية بطريقة آمنة وفعالة	٨
٢-٥	هل هناك دراسات حديثة حول تأثير المواد النانوية على الصحة البشرية	٩
٢-٦	ما هي المنتجات التي يجب تجنبها بسبب احتوائها على كميات عالية من المواد النانوية	٩
الفصل الثالث/ تطبيقات تقنية النانو تكنولوجي		
٣-١	**استخدامات النانو بشكل عام في المجال الطبي**	١٢
٣-٢	**تطبيقات تقنية النانو في الاتصالات والكمبيوتر**	١٣
٣-٣	تطبيقات عامــة لتقنية النانو	١٣
٣-٤	تطبيقات النانو تكنولوجي فى الخلايا الشمسية	١٥
٣-٥	تطبيقات النانو تكنولوجي في الكيمياء	١٥

٣-٦	تطبيقات النانو تكنولوجي في مجال الزراعة والطعام	١٦
٣-٧	تطبيقات النانو تكنولوجي في الصناعة	١٦
٣-٨	تطبيقات النانو تكنولوجي في الفضاء	١٦
٣-٩	تطبيقات النانو تكنولوجي في تنقية الهواء	١٦
٣-١٠	تطبيقات النانو تكنولوجي في مجال الطاقة	١٦
٣-١١	تطبيقات النانو تكنولوجي فى معالجة الماء	١٧
٣-١٢	تطبيقات تقنية النانو في الفيزياء	١٧
٣-١٣	تطبيقات النانو تكنولوجي فى المجال الرياضي	١٧
الفصل الرابع / المناقشة والاستنتاجات		٢٠
المصادر والمراجع		٢١

الفصل الاول

١-١ المقدمة:

يعتبر علم النانو من العلوم الحديثة ذات التطبيقات الواعدة في العصر الحديث لذا اهتم هذا البحث بتعريف علم النانو واستعراض بعض تطبيقاته المختلفة مع التركيز على التطبيقات الطبية ، وضح هذا العلم أن المادة النانوية يمكن تعين خصائصها بصورة كبيرة بحيث تختلف عن خصائصها الأم مما يسهل استخدام هذه الخواص الجديدة. وتم التعرف على تقنية النانو واستخداماتها في المجالات المختلفة مع التركيز أيضاً على التطبيقات الطبية في علاج السرطان بتقنية النانو ومقارنتها بالطرق التقليدية ولإعطاء فكرة مبسطة عن هذه التقنية قدمنا بطريقة مبسطة المفاهيم والمبادئ الأساسية في تقنية النانو بأمل أن ندرك حقائقها وأخيراً بينا دواعي وأسباب الاهتمام الواسع والكبير بهذه التقنية والآفاق المستقبلية له.

١-٢ تاريخ تقنية النانو:

يشار إلى بداية "نانو" إلى كلمة يونانية تعني " نانوس " ويقصد بها كل شيء صغير جدًا ويصور ألف مليون من المتر. يجب أن نفرق بين علم النانو وتكنولوجيا النانو. علم النانو هو دراسة الهياكل والجزيئات على مقاييس نانومتر تتراوح بين ١ و١٠٠ نانومتر، والتكنولوجيا التي تستخدمها في التطبيقات العملية مثل الأجهزة وما إلى ذلك تسمى تقنية النانو. على سبيل المقارنة، يجب على المرء أن يدرك أن شعرة الإنسان الواحدة يبلغ سمكها ٦٠.٠٠٠ نانومتر وأن اللولب المزدوج للحمض النووي نصف قطره ١ نانومتر. يمكن تتبع تطور علم النانو إلى زمن الإغريق وديموقريطس في القرن الخامس قبل الميلاد، عندما نظر العلماء في مسألة ما إذا كانت المادة مستمرة، وبالتالي قابلة للقسمة بلا حدود إلى أجزاء أصغر، أو تتكون من جسيمات صغيرة غير قابلة للتجزئة وغير قابلة للتدمير، الذي يسميه العلماء الآن الذرات.[١]

١-٣ فروع تقنية النانو:

يُعرفُ علمُ معالجةِ الموادِّ لتشكيل الترانزستورات والمعالجاتِ الدقيقة عاليةِ الأداء باسمِ الهندسة النانويّة، فتقنيّة النانو تدرس المادة على المستوى النانويّ وتشمل جميع العلوم المنبثقة ضمن هذا المستوى. بينما يُطلق اسم الطب النانويّ على تطبيقاتِ تقنية النانو في تصنيعِ المنتجات الدوائيّة، وقد ظهرَ مصطلحُ الإلكترونيات النانوية نتيجة شيوعِ استخدام تقنية النانو في تصنيع الأجهزة الإلكترونية.

تعتمد تقنية النانو على نهجي عمل، هما: النّهج التصاعدي والنّهج التنازلي. ففي النّهج التصاعدي تُشكّل المواد بدءاً من عناصر صغيرة وانتهاءً بعناصر أكبر، والعكسُ صحيح في النّهج التنازلي، وبتطوير هذه

التقنية على مرّ السّنوات ظهرت فروعٌ جديدة لها، كميكانيكا النانو وبصريات النانو والنانو الأيونية مُكوّنةً قاعدةً علميةً هامّة لتقنية النانو. [2]

١ـ٤ أهداف البحث:

تتكوّنُ الموادُّ حولنا من ذراتٍ و جزيئات، ولفهمِ سلوك المادة الواحدة يُمكن البحث عن خصائصها الكميّة، ولكن اكتُشِفَ بإقرار البحث العلمي وجودُ مقياسٍ أصغرَ من المقياس الجزيئي وهو مقياس النانو؛ جزءٌ من المليار من المتر، إذ يبلغ حجم ذرة المادة حوالي ٠.١ نانومتر مما يسمح بتشكيل موادَّ جديدة ناتجة عن إعادة هيكلةِ ذراتِ مادةٍ مختلفةٍ على المستوى النانويّ؛ باعتبارها – أيّ الذرات – البنية الأساسية لها، فظهر مصطلح (تقنية النانو) ليُعبّر عن جميع الأبحاث حول الدراسات والاختراعات المنطوية على خصائص العناصر على المستوى النانويّ ، يسلط البحث دارسة مفصلة عن النانو تكنلوجي في مجال الطب .

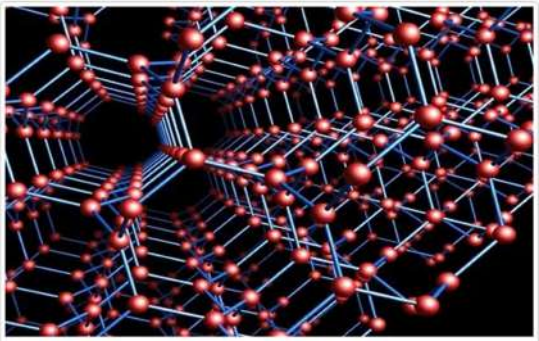
الفصل الثاني

٢-١ مقدمة:

يرمز مصطلح النانو إلى الجزء من المليار من المتر أيّ أصغر من الطول الموجي للضوء، بينما تمثل تقنية النانو جميع الأبحاث المتعلّقة بمعالجة المادة على المستوى النانويّ. ووُجد أن الخواص الكمّية للمادة على المستوى النانويّ تختلف عنها على المستوى الذري، أيّ أنّ مجالَ البحث العلمي المتعلّق بتقنية النانو واسعٌ جداً ويتضمن العديد من فروع العلوم كالكيمياء العضوية والبيولوجيا الجزيئية وعلم السطوح وتخزين الطاقة والهندسة الجزيئية وفيزياء أشباه الموصلات والتصنيع الدقيق.

٢-٢ تعريف النانو تكنولوجي:

هي العلم الذي يهتم بدراسة معالجة المادة على المقياس الذري والجزيئي. تهتم تقانة النانو بابتكار تقنيات ووسائل جديدة تقاس أبعادها بالنانومتر وهو جزء من الألف من الميكرومتر أي جزء من المليون من الميليمتر. عادة تتعامل تقانة النانو مع قياسات بين ١ إلى ١٠٠ نانومتر أي تتعامل مع تجمعات ذرية تتراوح بين خمس ذرات إلى ألف ذرة. وهي أبعاد أقل كثيرا من أبعاد البكتيريا والخلية الحية. حتى الآن لا تختص هذه التقنية بعلم الأحياء بل تهتم بخواص المواد، وتتنوع مجالاتها بشكل واسع من أشباه الموصلات إلى طرق حديثة تماما معتمدة على التجميع الذاتي الجزيئي. هذا التحديد بالقياس يقابله اتساع في طبيعة المواد المستخدمة، فتقانة النانو تتعامل مع أي ظواهر أو بنايات على مستوى النانو الصغير. مثل هذه الظواهر النانوية يمكن أن تتضمن تقييد كمي التي تؤدي إلى ظواهر كهرومغناطيسية وبصرية جديدة للمادة التي يبلغ حجمها بين حجم الجزيء وحجم المادة الصلبة المرئي. تتضمن الظواهر النانوية أيضا تأثير جيبس-تومسون - وهو انخفاض درجة انصهار مادة ما عندما يصبح قياسها نانويا، اما عن بنايات النانو فأهمها أنابيب النانو الكربونية. [٣]



الشكل 1: جزيئات تقنية النانو (مصدر الصورة: موقع elprocus)

[٣]

٢-٣ ظهور تقنية النانو:

لا يمكن تحديد عصر أو حقبة معينة لبروز تقنية النانو ولكن من الواضح أن من أوائل الناس الذين استخدموا هذه التقنية (بدون أن يدركوا ماهيتها) هم صانعي الزجاج في العصور الوسطى حيث كانوا يستخدمون حبيبات الذهب النانوية الغروية للتلوين . ويعرَّف النانومتر بأنه جزء من البليون من المتر، وجزء من الألف من المايكرومتر. ولتقريب هذا التعريف إلي الواقع فإن قطر شعرة الرأس يساوي تقريبا ٧٥٠٠٠ نانومتر، وكذلك فإن نانومتر واحد يساوي عشر ذرات هيدروجين مرصوفة بجانب بعضها البعض طوليا (بمعنى أن قطر ذرة الهيدروجين يساوي ٠.١ نانومتر) كما أن حجم خلية الدم الحمراء يصل إلي ٢٠٠٠ نانومتر، ويعتبر عالم النانو الحد الفاصل بين عالم الذرات والجزيئات وبين عالم الماكرو.تتمثل تقنية النانو في توظيف التركيبات النانوية في أجهزة وأدوات ذات أبعاد نانوية، ومن المهم معرفة أن مقياس النانو صغير جدا جدا بحيث لا يمكن بناء أشياء أصغر منه.

وفي العصر الحديث ظهرت بحوث ودراسات عديدة حول مفهوم تقنية النانو وتصنيع موادها وتوظيفها في تطبيقات متفرقة، وسنتعرض هنا لبعض الأحداث المثيرة التي صنعت مسيرة هذه التقنية وجعلتها تقنية المستقبل، ففي عام ١٩٥٩ تحدث العالم الفيزيائي المشهور ريتشارد فيمان إلي الجمعية الفيزيائية الأمريكية في محاضرته الشهيرة بعنوان (هنالك مساحة واسعة في الأسفل) قائلا بأن المادة عند مستويات النانو (قبل استخدام هذا الاسم) بعدد قليل من الذرات تتصرف بشكل مختلف عن حالتها عندما تكون بالحجم المحسوس، كما أشار إلي إمكانية تطوير طريقة لتحريك الذرات والجزيئات بشكل مستقل والوصول إلي الحجم المطلوب، وعند هذه المستويات تتغير كثير من المفاهيم الفيزيائية، فمثلا تصبح الجاذبية أقل أهمية وبالمقابل تزداد أهمية التوتر السطحي وقوة تجاذب فاندر فالز. وقد توقع أن يكون للبحوث حول خصائص المادة عند مستويات النانو دوراً جذريا في تغيير الحياة الإنسانية.

وبالرغم من وجود أبحاث قليلة على مواد بمستوى النانو وإن كانت لم تُسمّى بهذا الاسم، فقد تمكن أهلير من تسجيل مشاهداته للسليكون الاسفنجي (porous silicon) عام ١٩٥٦، وبعد ذلك بعدة سنوات تم الحصول على إشعاع مرئي من هذه المادة لأول مرة عام ١٩٩٠ حيث زاد الاهتمام بها بعدئذ. كما أمكن في الستينيات تطوير سوائل مغناطيسية (Ferro fluids) حيث تُصنَع هذه السوائل من حبيبات أو جسيمات مغناطيسية بأبعاد نانوية، كما اشتملت الاهتمامات البحثية في الستينات على ما يُعرف بالرنين البارا مغناطيسي الإلكتروني (EPR) لإلكترونات التوصيل في جسيمات بأبعاد نانوية تُسمى آنذاك بالعوالق أو الغروانيات (colloids) حيث تُنتَج هذه الجسيمات بالفصل أو التحلُّل الحراري-(heat de composition).

وفي عام ١٩٦٩ اقترح ليوايساكي تصنيع تركيبات شبه موصلة بأحجام النانو، وكذلك تصنيع شبكيات شبه موصلة مفرطة الصغر، وقد أمكن في السبعينات التنبؤ بالخصائص التركيبة للفلزات النانوية كوجود أعداد سحرية عن طريق دراسات طيف الكتلة

(mass spectroscopy)حيث تعتمد الخصائص على أبعاد العينة غير المتبلورة. كما أمكن تصنيع أول بئر كمي (quantum well) في بعدين في نفس الفترة بسماكة ذرية أحادية تلاها بعد ذلك تصنيع النقاط الكمية (quantum dots) ببعد صفري والتي نضجت مع تطبيقاتها هذه الأيام.وقد ظهر مسمى تقنية النانو عام ١٩٧٤ عبر تعريف البروفيسور نوريو تانيقوشي في ورقته العلمية المنشورة في مؤتمر الجمعية اليابانية للهندسة الدقيقة حيث قال (إن تقنية النانو ترتكز على عمليات فصل، اندماج، وإعادة تشكيل المواد بواسطة ذرة واحدة أو جزيء)، وفي نفس الفترة ظهرت مفاهيم علمية عديدة تتداولها الأوساط العلمية حول التحريك اليدوي لذرات بعض الفلزات عند مستوى النانو، ومفهوم النقاط الكمية، وإمكانية وجود أوعية صغيرة جداً تستطيع تقييد إلكترون أو أكثر .

ومع اختراع الميكروسكوب النفقي الماسح STM (Scanning Tunneling Microscope) بواسطة العالمان جيرد بينج وهينريك روهر عام ١٩٨١، وهو جهاز يقوم بتصوير الأجسام بحجم النانو، زادت البحوث المتعلقة بتصنيع ودراسة التركيبات النانوية للعديد من المواد. وقد حصل العالمان على جائزة نوبل في الفيزياء عام ١٩٨٦ بسبب هذا الاختراع. وبعد ذلك بعدة سنوات نجح العالم الفيزيائي دون ايجلر في معامل IBM في تحريك الذرات باستخدام جهاز الميكروسكوب النفقي الماسح، مما فتح مجالاً جديداً لإمكانية تجميع الذرات المفردة مع بعضها، وفي نفس الوقت تم اكتشاف الفلورينات بواسطة هارولد كروتو، ريتشارد سمالي وروبرت كيرل، وهي عبارة عن جزيئات تتكون من ٦٠ ذرة كربون تتجمع على شكل كرة قدم (وقد حصلوا على جائزة نوبل في الكيمياء ١٩٩٦).وفي عام ١٩٩٥ تمكن العالم الكيميائي منجي باوندي من تحضير حبيبات من شبه الموصلات الكادميوم / الكبريت (أو السلينيوم) أصغرها ذات قطر ٣ - ٤ نانومتر.

أما طرق تحضير العينات النانوية غير المتبلورة والمعتمدة على تقنيات الليزر، البلازما أو الحفر بشعاع إلكتروني وغيرها فقد وجدت منذ منتصف الثمانينات. كما أن المفهوم الفيزيائي للتقييد الكمي الإلكتروني (quantum confinement)قد بدأ في أوائل الثمانينيات أيضاً. [٤] وقد سُجّلت أول قياسات على تكميم التوصيلية في نهاية الثمانينيات وأمكن تصنيع أول ترانزستور وحيد الإلكترون (single electron transistor).وفي عام ١٩٩١ تمكن البروفيسور سوميو ليجيما من جامعة ميجي من اكتشاف أنابيب الكربون النانوية، وهي عبارة عن أنابيب اسطوانية مجوَّفة قطرها بضعة نانومتر ومصنوعة من شرائح الجرافيت. وبعد ذلك تم اكتشاف ترانزستور أنابيب الكربون النانوية عام ١٩٩٨، حيث يُصنَع على

صورتين إحداها معدني والأخرى شبه - موصله. ويستخدم هذا الترانزستور في جعل الإلكترونات تتردد جيئة وذهاباً عبر إلكترودين، وتكمن أهمية هذا الترانزستور ليس فقط في حجمه النانوي ولكن أيضا بانخفاض استهلاكه للطاقة وانخفاض الحرارة المنبعثة منه.

وفي عام ٢٠٠٠ تمكن العالم الفيزيائي المسلم منير نايفه من اكتشاف وتصنيع عائلة من حبيبات السليكون أصغرها ذات قطر ١ نانو وتتكون من ٢٩ ذرة سليكون سطحها على شكل الفولورينات الكربونية إلا أن داخلها غير فارغ وإنما تتوسطها ذرة واحدة منفردة. هذه الحبيبات عند تعريضها لضوء فوق بنفسجي فإنها تعطي ألوانا مختلفة حسب قطرها تتراوح بين الأزرق والأخضر والأحمر.

أما التجمُّع الذاتي (self–assembly) للجزيئات، أو ربطها تلقائياً مع سطوح فلزية فقد أصبحت في الوقت الحاضر ممكنة لتكوين صف من الجزيئات على سطحٍ ما كالذهب وغيره. [٥]

٢-٤ الطرق المستخدمة للتحكم في تصنيع المواد النانوية بطريقة آمنة وفعالة:

هناك العديد من الطرق التي يمكن استخدامها للتحكم في تصنيع المواد النانوية بطريقة آمنة وفعالة، ومن بين هذه الطرق:

١- تطوير تقنيات تصنيع جديدة: يتم تطوير تقنيات تصنيع جديدة تستخدم مواد آمنة وتحد من انبعاث الجسيمات النانوية، مما يحسن من سلامة عملية التصنيع.

٢- تحسين إجراءات السلامة والصحة المهنية: يتم تحسين إجراءات السلامة والصحة المهنية للعاملين في مجال تصنيع المواد النانوية، ويتم توفير معدات وأدوات الوقاية اللازمة للحد من التعرض للمواد النانوية.

٣- التقييم السلامة البيئية: يتم العمل على تقييم سلامة المواد النانوية على البيئة، وتحديد الآثار السلبية المحتملة لهذه المواد على البيئة، ويتم اتخاذ الإجراءات اللازمة للحد من تأثيراتها السلبية.

٤- البحث والتطوير: يتم العمل على تطوير مواد نانوية جديدة آمنة وفعالة، والتحقق من سلامتها قبل الاستخدام، وتوفير المعلومات اللازمة للمستخدمين حول طرق الاستخدام الآمنة لهذه المواد.

٥- تنظيم وتشريعات: يتم وضع تشريعات وتنظيمات تنظم استخدام المواد النانوية وتحد من تأثيراتها السلبية، ويتم التحقق من تطبيق هذه التشريعات والتنظيمات من خلال الرصد والمراقبة المستمرة. [٦]

٢-٥ هل هناك دراسات حديثة حول تأثير المواد النانوية على الصحة البشرية؟

نعم، هناك العديد من الدراسات الحديثة التي تبحث في تأثير المواد النانوية على الصحة البشرية. وتشير بعض الدراسات إلى أن بعض المواد النانوية يمكن أن تكون سامة للجسم وتسبب تأثيرات سلبية على الصحة، مثل الألومنيوم النانوي والتيتانيوم النانوي والكربون النانوي وغيرها.

وتظهر بعض الدراسات أيضاً أن المواد النانوية يمكن أن تؤثر على جهاز المناعة وتزيد من خطر الإصابة بأمراض مثل السرطان والتهاب الرئة والأمراض التنفسية الأخرى. ومع ذلك، فإن أثر المواد النانوية على الصحة البشرية يعتمد بشكل كبير على نوع المادة النانوية وتركيزها وحجمها وطريقة استخدامها ومدة التعرض لها.

وتعمل الجهات العلمية والصناعية والحكومية على متابعة الأبحاث والتطورات المتعلقة بتأثير المواد النانوية على الصحة البشرية، وتطوير الإرشادات والتشريعات اللازمة لتحقيق أعلى مستويات السلامة في استخدام هذه المواد. ويتعين على الشركات المصنعة للمواد النانوية الالتزام بمعايير السلامة والصحة المهنية والبيئية المعتمدة عالمياً، وتوفير معلومات شفافة للجمهور حول المواد النانوية وطرق استخدامها الآمنة. [٦]

٢-٦ ما هي المنتجات التي يجب تجنبها بسبب احتوائها على كميات عالية من المواد النانوية؟

يجب الانتباه إلى أنه لا يوجد قائمة دقيقة للمنتجات التي يجب تجنبها بسبب احتوائها على كميات عالية من المواد النانوية، وذلك لأن استخدام المواد النانوية يتم في العديد من المنتجات والصناعات المختلفة. ومن المهم التأكد من سلامة المنتجات التي نستخدمها عن طريق البحث عن معلومات مفصلة عن المنتجات والمواد النانوية المستخدمة في تصنيعها.

ومن المنتجات التي يمكن أن تحتوي على كميات عالية من المواد النانوية:

١- الواقيات الشمسية: فبعض الواقيات الشمسية تحتوي على جسيمات نانوية لتحسين فعالية الواقي الشمسي، وهناك بعض الدراسات التي تشير إلى أن بعض المواد النانوية المستخدمة في الواقيات الشمسية يمكن أن تكون سامة للجسم.

٢- المنتجات الغذائية: فبعض المنتجات الغذائية تحتوي على مواد نانوية، مثل الشوكولاتة والحلويات والأغذية المعلبة والحليب المعقم.

٣- الملابس: فبعض الملابس تحتوي على مواد نانوية، مثل الجوارب المضادة للروائح والملابس المقاومة للماء والأوساخ.

٤- المستحضرات التجميلية: فبعض المستحضرات التجميلية تحتوي على مواد نانوية، مثل الكريمات والأساسات والماسكارا.

ومن المهم الحرص على استخدام هذه المنتجات بحذر وفي الجرعات الموصى بها، وتجنب استخدام المنتجات التي لا تحمل علامات الجودة والتي لا تحتوي على معلومات كافية عن المواد النانوية المستخدمة في تصنيعها. [٦]

الفصل الثالث

تطبيقات النانو تكنولوجي:

١-٣ استخدامات النانو بشكل عام في المجال الطبي:

١. **الصناعات الدوائية**: ولكون جزيئات النانو متناهية الصغر فيمكن إيصال الدواء ليس للأنسجة المريضة فحسب بل للخلايا المصابة وبدقة كبيرة، أي أن اختراق الدواء يتحسن بصورة كبيرة، كما أنها تفيد في التقليل من الأعراض الجانبية للدواء لأنها تتعامل مباشرة مع الخلايا المريضة فقط وبذلك تقل الأعراض الجانبية والتي قد تحصل من وصول الدواء الى أجراء أخرى لم يكن علاجها مقصودا.

٢. **التصوير الطبي التشخيصي:** وتستخدم كذلك جزيئات النانو في صبغات الأشعة الطبية بحيث تصل للأماكن المطلوبة تشخيصها بدقة وترتبط بها مما يجعل أمر التصوير التشخيصي أكثر وضوحا.

٣. **علاج أو إصلاح الأضرار الخلوية:** وقد تستخدم كذلك في علاج السرطان حيث تصل جزيئات النانو إلى الخلايا السرطانية وتتمركز فيها ومن ثم يتم تسخينها عن طريق موجات تردد معينة Radiofrequencyمما يؤدي إلى قتل خلايا السرطان دون الإضرار بالخلايا الطبيعية المجاورة، وإذا أثبتت هذه التقنية فاعليتها وأمانها فقد تغني في المستقبل عن علاج الكيماوي أو الإشعاعي والتي لها أعراض جانبية كثيرة.

٤. **بعض التطبيقات الجلدية:** استخدم بعض أنواع جسيمات النانو بالإضافة إلى الليزر لبناء الأنسجة الجلدية وإعادته كما كانت.

٥. تستخدم تقنية النانو في تشخيص بعض الأمراض الميكروبية بحيث تلتصق جزيئات النانو بأجسام مضادة تذهب لتلتحم بالميكروبات داخل الجسم وبعد ذلك يمكن التقاط إشارات من جزيئات النانو لتشخيص الإصابة بهذا الميكروب أو ذاك.

٦. كما يمكن أن تستخدم في عمل لحام الأوعية الدموية بعد قطعها بدون الحاجة للخياطة الجراحية المعتادة.

٧. كما ان هناك تطبيقات محتملة للنانو في هندسة الأنسجة وذلك لتحفيز تكاثر أو إصلاح بعض الأنسجة المريض والتي قد تغني في المستقبل عن زراعة بعض الأعضاء.

٨. علاج أمراض السرطان (غواصة نانونية لتدمير السرطان)

- المعالجات الكيميائية التقليدية تعمل على القضاء على الخلايا السرطانية النامية وغير السرطانية.

- استخدام تقنية النانو في صناعة نواقل متناهية الصغر تحمل الجرعات الدوائية ، وهذه النواقل مصممة بطريقة بحيث لا تتعرف عليها خلايا المناعة المجودة في الجسم.
- وتقوم هذه الغواصات بعمليتين عند وصولها إلى منطقة الورم:

١_ أولا تقوم بقفل الشعيرات الدموية التي تغذى الورم السرطاني.

٢_ تطلق مكوناتها الكيميائية أو الإشعاعية التي تقوم بقتل الخلايا السرطانية فقط.

- هذه التقنية أجريت على مجموعة من الفئران في مركز السرطان " ميموريان-كيتيرنج" الأمريكي ، استطاعت الفئران المصابة بالسرطان أن تعيش ٣٠٠ يوم بعد هذا العلاج ، في حين لم تعيش الفئران التي لم تتلق العلاج أكثر من ٤٣ يوما. [٧]

٣-٢ تطبيقات تقنية النانو في الاتصالات والكمبيوتر:

يتم الآن تصنيع ألياف نانوية بصرية تكون قادرة على إرسال المعلومات والمكالمات مباشرة بدون الحاجة إلى تحويلها من ضوء إلى كهرباء وبالتالي تزداد سرعة النقل إلى حوالي ١٠٠ ضعف، كذلك يمكن صناعة ليزرات نانوية مما يجعل أجهزة الاتصالات المستخدمة صغيرة الحجم جداً. كذلك تستخدم الألياف النانوية كقافلات ضوئية في البلورات السائلة في الاتصالات الضوئية. كما أن أنابيب الكربون النانوية تستخدم في صنع ترانزستور الأثر المجالي والقافلات في الكمبيوترات مما يؤدي إلى أن زمن القفل سيكون سريعاً جداً بمقدار ٤١٠ أسرع من المركبات العادية.

كذلك من أهداف صانعي الكمبيوترات في الوقت الحاضر زيادة عدد القافلات في الشرائح الإلكترونية، وحيث أن أنابيب الكربون النانوية ذات قطر ٢ نانومتر لها مقاومة منخفضة جداً وبالتالي تحمل تياراً كبيراً فإنه يمكن استخدامها كتوصيلات داخلية في القافلات بديلاً عن أسلاك النحاس العادية، ونتيجة للتوصيلية العالية لأنابيب الكربون النانوية فإنها يمكن أن تعمل كحمَّام حراري لتبديد الحرارة بعيداً عن الشريحة الإلكترونية، كذلك يمكن تصنيع كمبيوترات المستقبل من شبكة أنابيب كربون نانوية متوازية موضوعة على قاعدة معينة. [٧]

٣_٣ تطبيقات عامــة لتقنية النانو:

يتم في الوقت الحاضر تصنيع أنواع معينة من الثياب يدخل في تركيبها جسيمات نانوية مثل جسيمات السليكون، وتمتاز هذه الثياب بأنها مقاومة للرائحة والأصباغ.كذلك تستخدم بعض المواد البلورية النانوية الجيلاتينية كمواد عازلة تُطلى بها سطوح المباني والمكاتب للتخفيف من الحرارة. وبالإضافة إلى ذلك فإن بعض المواد النانوية مثل كربيد التنجستن وكربيد التانتاليوم تمتاز بصلابتها العالية مقارنة بالمواد العادية،

لذلك فهي تدخل في صناعة بعض أدوات القطع والحفر وكما هو معروف فإن دقة تحليل شاشات العرض التليفزيونية تعتمد بشكل كبير على مادة الفوسفور التي تكون على شكل نقاط صغرة جداً تسمى بكسل، وعند استخدام المواد الفوسفورية النانوية مثل، سلينيد الزنك، كبريتيد الزنك، وكبريتيد الكادميوم في تصنيع شاشات العرض فإن دقة تحليلها وصفائها سوف تتحسن كثيراً، بالإضافة إلى تخفيض تكلفة الإنتاج. لقد استطاعت شركة سامسونج الكورية من إنتاج شاشات عرض مسطحة باستخدام الانبعاث الإلكتروني الناتج من أنابيب الكربون النانوية، كذلك نجحت شركة يابانية من إنتاج مصابيح الأنابيب المفرغة تعتمد على الانبعاث الإلكتروني من الأنابيب الكربونية النانوية وتمتاز هذه المصابيح مقارنة بالعادية بأنها أكثر لمعاناً وكفاءة لفترات أطول.

لقد وُجد أن بعض المواد البلورية النانوية (مواد العناصر الأرضية النادرة) تُظهر خصائص مغناطيسية غير طبيعية ولهذه الخاصية تطبيقات عديدة، في الغواصات، مبادلات السيارات، مولدات القدرة الكهربية الأرضية، محركات السفن، أجهزة التحليل الرنيني المغناطيسي في الطب.

تقدم تقنية النانو من خلال استخدام، الجسيمات النانوية وأنابيب الكربون النانوية، طرقا رخيصة وفعالة في عمليات تحلية وتنقية المياه مما يجعل الحصول على مياه نقية للشرب في الدول الفقيرة أمراً سهلاً، بالإضافة إلى ذلك، تستخدم جسيمات الفضة النانوية في مرشحات الهواء للتخلص من الروائح غير المرغوبة وقتل الجراثيم. وقد وُجد أن استخدام مثل هذه المرشحات النانوية يؤدي إلى قتل ٩٩% من فيروسات الإنفلونزا العالقة في الهواء. ومن التطبيقات المستقبلية لأنابيب الكربون استخدامها في صناعة مرشحات الهواء، حيث يمكن بواسطتها التخلص من غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج من انبعاثات محطات توليد الكهرباء.

تُجرى الأبحاث حالياً في إمكانية استخدام الجسيمات النانوية لعمل طلاء ذكي لتحديد الأهداف في المجالات العسكرية أو في المركبات للأغراض الأمنية، كذلك تصنيع كمبيوترات ذات قدرات عالية لعمليات التشفير وفك التشفير. وتقدِّم الملابس العسكرية التي تُصنَع من المواد النانوية حلاً مناسباً للوقاية من أحوال الطقس السيئة ومن المخاطر الكيميائية والنووية والبيولوجية التي قد تواجه الجنود في الحروب كما أن المركبات البلاستيكية المُطعَّمة بأنابيب الكربون النانوية لا تنفِّذ الطاقة الكهرومغناطيسية، لأنها موصِّل جيد للكهرباء، ولذلك فهي تُستخدم كمواد واقية من الإشعاع الكهرومغناطيسي، ويُستفاد منها

عسكرياً في حماية الأجهزة الإلكترونية وأجهزة الاتصال في أرض المعركة من الإشعاعات التي تصدر من القنابل وغيرها.

يتم طلاء الثلاجات من الداخل بجسيمات الفضة النانوية مما يساعد على قتل الجراثيم الدقيقة جداً وبالتالي يؤدي إلى المحافظة على الغذاء طازجاً لمدة طويلة، كذلك تُطلى الغسالات بتلك الجسيمات لكي تساعد على غسيل الملابس بشكل تام.

تدخل المركّبات النانوية البلاستيكية في صناعة السيارات حيث تستخدم في بعض الأجزاء المقاومة للصدمات في السيارات وذلك لكونها قوية وخفيفة ومقاومة للصدأ.

وحيث أن الأسلاك والأنابيب النانوية تُغير من مقاومتها الكهربية عندما تتعرض للغازات القلوية والهالوجينات وغيرها، فقد تم تصنيع مجسّات كيميائية لاستخدامها في المجالات التالية، الكشف عن تسربات الغازات، المراقبة الطبية، مراقبة الأخطار البيئية والصناعية، وتسعى الشركات حالياً في طرح مجسّات نانوية ذات حجم صغير وحساسية عالية واقتصادية في استهلاك القدرة الكهربية.

يمكن استخدام الأنابيب الكربونية النانوية في تقنية البطاريات حيث يتم تخزين الليثيوم، الذي يعتبر ناقل للشحنة في البطارية، داخل الأنابيب. وكذلك تستخدم في خلايا الوقود لتخزين الهيدروجين. وبالإضافة إلى ذلك فإن ترانزستور الأثر المجالي المصنوع من أنابيب الكربون شبه الموصلة قد أثبتت فاعليته ككاشف حساس لعدد من الغازات المختلفة.

وهناك تطبيقات عامة أخرى لتقنية النانو، منها تصنيع الثنائيات العضوية الباعثة للضوء والتي تستخدم في شاشات العرض، الأفلام والخلايا الكهروضوئية والتي تُحول الضوء إلى كهرباء، الشبابيك المطلية المقاومة للخدش والتي تنظف نفسها بواسطة الأشعة فوق البنفسجية، تصنيع ملابس ذكية تنظم درجة الحرارة وتقيس النبض والتنفس، تصنيع طلاء يحتوي على جسيمات نانوية يمنع الصدأ، تصنيع زجاج لوني - حراري يعمل على التحكم بكمية الضوء النافذ، تصنيع بطاريات وقود مصنعة من أنابيب الكربون النانوية لاستخدامها في الأجهزة الكهربائية والسيارات . [٨]

٣-٤ تطبيقات النانو تكنولوجي في الخلايا الشمسية:

استطاع العلماء تصنيع خلايا شمسية نانوية بتكلفة أقل بكثير من الخلايا الشمسية التقليدية.

٣-٥ تطبيقات النانو تكنولوجي في الكيمياء:

تركز تقنية النانو في الكيمياء على عملية تجميع الذرات المنفردة في جزيئات أكبر والسلوك الناتج عن القيام بذلك؛ فهذه العملية تعتبر من أكبر فوائد كيمياء النانو لابتكار مواد ومنتجات جديدة.فالجسيمات النانوية تساعد على هضم الأدوية في جسم الإنسان بشكلٍ أفضل، و لها دور في تسهيل إنتاج هذه الأدوية، كما يُعتمد عليها أيضًا في إنتاج أدوية العلاج الكيميائي لخلايا السرطان.معظم واقيات الشمس تُصنع اليوم من جسيمات النانو، فهي فعالة للغاية في امتصاص الضوء حتى في مستويات الأشعة فوق البنفسجية الخطيرة، كما أنها تنتشر بسرعة أكبر في الجلد، وتستفيد المصانع من ميزتها في امتصاص الأشعة فوق البنفسجية من خلال إدخالها في تركيبة مواد التغليف الخاصة بالأغذية. [٩]

٣-٦ تطبيقات النانو تكنولوجي في مجال الزراعة والطعام:

تساهم النانو تكنولوجي فى تطوير علم الغذاء بداية من زراعة الحبوب وحتى تعبئتها، وتساعد على تحسين جودة الطعام وزيادة الفائدة الغذائية له والحفاظ على سلامته.

٣-٧ تطبيقات النانو تكنولوجي في الصناعة:

عن طريق استخدام النانو تكنولوجي فى صناعة البطاريات استطاعت بعض الشركات تطوير بطاريات لا تفسد إذا لم يتم استخدامها لفترة طويلة. يمكن أيضًا تحسين كفاءة استهلاك الوقود في السيارات إلى جانب المساعدة في مقاومة التآكل، وذلك من خلال بناء أجزاء السيارة من مواد متناهية في الصغر والتي تتميز بأنها أخف وزنًا وأشد قوةً وأكثر مقاومةً للتفاعلات الكيميائية من المعدن. [١٠]

٣-٨ تطبيقات النانو تكنولوجي في الفضاء:

سوف يؤدى استخدام تقنية النانو تكنولوجي إلى جعل السفر عبر الفضاء أكثر عملية. فعن طريق استخدام المواد النانوية فى تصنيع المركبات الفضائية سوف نتمكن من تخفيف وزنها وبالتالي يمكن الحد بشكل كبير من كمية الوقود الضروري لدفعها، وسوف تؤدي هذه التطبيقات إلى تخفيض تكلفة السفر إلى الفضاء. [١١]

٣-٩ تطبيقات النانو تكنولوجي في تنقية الهواء:

يمكن استخدام تقنية النانو تكنولوجي في تحويل العوادم التي تخرج من السيارات والمصانع إلى غازات غير ضارة.

٣-١٠ تطبيقات النانو تكنولوجي في مجال الطاقة:

توفر تقنيات النانو إمكانات تحسين أساسية لتطوير مصادر الطاقة التقليدية (الوقود الأحفوري والنووي) ومصادر الطاقة المتجددة مثل الطاقة الحرارية الأرضية أو الشمس أو الرياح أو المياه أو المد والجزر أو الكتلة الحيوية. فمثًلا تسمح مجسات الحفر المطلية بالنانو المقاومة للتآكل بتحسين عمر وكفاءة الأنظمة لتطوير رواسب النفط والغاز الطبيعي أو الطاقة الحرارية الجوفية وبالتالي توفير التكاليف. ومن الأمثلة الأخرى مواد متناهية الصغر عالية التحمل للشفرات الدوارة الأخف وزناً والأكثر صلابة لمحطات طاقة الرياح والمد والجزر بالإضافة إلى طبقات الحماية من التآكل وكذلك تآكل المكونات المجهدة ميكانيكيًا (المحامل، علب التروس، إلخ).وكما وضحنا سابقا سوف تلعب تقنيات النانو دورًا حاسمًا على وجه الخصوص في الاستخدام المكثف للطاقة الشمسية من خلال الأنظمة الكهروضوئية. في حالة الخلايا الشمسية السليكونية البلورية التقليدية، على سبيل المثال، يمكن تحقيق زيادات في الكفاءة من خلال طبقات مضادة للانعكاس لزيادة إنتاجية الضوء. [١٢]

٣-١١ تطبيقات النانو تكنولوجي فى معالجة الماء:

تستخدم النانو تكنولوجي في إزالة النفايات الصناعية من المياه الجوفية. حيث يمكن استخدام الجسيمات النانوية لتحويل المادة الكيميائية الملوثة إلى مواد غير ضارة. وقد أظهرت الدراسات أن هذه الطريقة يمكن استخدامها بنجاح للوصول إلى الملوثات المنتشرة في الأحواض الأرضية وبتكلفة أقل بكثير من الطرق التي تتطلب ضخ المياه من الأرض للمعالجة. [١٣]

٣-١٢ تطبيقات تقنية النانو في الفيزياء:

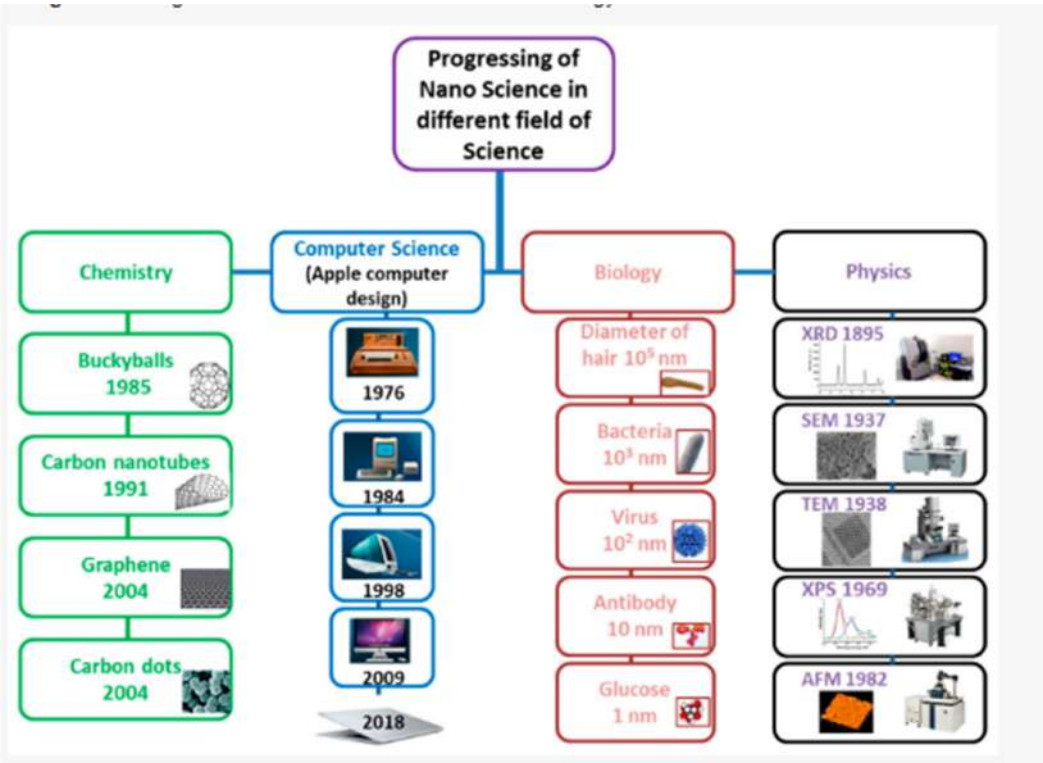
تقنية النانو تتعامل مع أي ظواهر أو بنايات على مستوى النانو الصغير. مثل هذه الظواهر النانوية يمكن أن تتضمن هذه الظواهر النانوية تقييد كمي التي تؤدي إلى ظواهر كهرومغناطيسية وبصرية جديدة للمادة التي يبلغ حجمها بين حجم الجزيء وحجم المادة الصلبة المرئي. تتضمن الظواهر النانوية أيضا تأثير جيبس-تومسون – وهو انخفاض درجة انصهار مادة ما عندما يصبح قياسها نانويا. [١٤]

١٣-٣ تطبيقات النانو تكنولوجي في المجال الرياضي:

تستخدم تطبيقات تكنولوجيا النانو في الساحة الرياضية بشكل أساسي، فمثلا الأنابيب النانوية الكربونية مفيدة في جوانب عديدة، مثل إنتاج معدات أكثر متانة وأخف وزنًا متعلقة بالنشاطات الرياضية كمضارب التنس فهي تعمل على زيادة قوة مضارب التنس، وتحسين جودة كرات التنس حيث تقلل معدل فقدها للهواء. [١٥]

شكل (٢)[١٧]

وما زالت تقنية النانو تكنولوجي تغزو المجالات المختلفة فما ذكرناه لا يمثل إلا غيض من فيض لتطبيقات تلك التقنية فى مجالات حياتنا، وما زال مستقبل تلك التكنولوجيا يحمل المزيد والمزيد، فالمجال خصب وصالح لتطوير تلك التقنية وتسخيرها لخدمة البشرية بشكل أكبر.



شكل (٣) يوضح استخدامات تقنية النانو تكنولوجي في مختلف المجالات[١٧]

الفصل الرابع

المناقشة والاستنتاجات:

تقنية النانو هي تقنية مبتكرة تستخدم أحجاماً صغيرة جداً من المواد لتحسين الأداء في العديد من المجالات. تتيح تقنية النانو إمكانية تحسين الخواص الفيزيائية للمواد، وتطوير المواد الجديدة، وتطوير التطبيقات الجديدة في مجالات متنوعة مثل الطب، والصناعة، والإلكترونيات، والطاقة.

من بين التطبيقات الواعدة لتقنية النانو في مجال الطب، نجد استخدام النانو في تطوير أدوية جديدة وفعالة لعلاج الأمراض المختلفة، وتحسين التصوير الطبي، وتطوير مواد طبية جديدة مثل الأطراف الاصطناعية والأسنان الاصطناعية. وفي مجال الصناعة، تستخدم تقنية النانو لتحسين خواص المواد وتطوير المواد الجديدة مثل البلاستيك والألياف والدهانات، وتحسين العمر الافتراضي للمواد وتقليل استهلاك المواد الخام.

وفي مجال الإلكترونيات، تستخدم تقنية النانو لتطوير المواد الإلكترونية الجديدة وتحسين الأداء والكفاءة للأجهزة الإلكترونية المختلفة، وتحسين عمر البطاريات وتطوير الطاقة الشمسية. وفي مجال الطاقة، تستخدم تقنية النانو لتطوير الخلايا الشمسية وجعلها أكثر فعالية في استخدام الطاقة الشمسية.

بشكل عام، تقنية النانو تعتبر تقنية استثمارية واعدة في العديد من المجالات، وتتطلب مزيداً من البحث والتطوير لتحقيق أقصى استفادة منها.

١-تقنية النانو في الطب: حيث يمكن استخدامها في تطوير علاجات جديدة للأمراض المختلفة، وتحسين الأداء الدوائي والتوصيل الموجه للأدوية، وتصنيع الأجهزة الطبية الحساسة

٢-تقنية النانو في الصناعة: حيث يمكن استخدامها في تحسين جودة المنتجات وخصائصها، وتطوير مواد جديدة ذات خواص فريدة، وتحسين كفاءة الإنتاج.

٣-تقنية النانو في الطاقة: حيث يمكن استخدامها في تحسين كفاءة الطاقة وتوليد الكهرباء، وتطوير الأجهزة الحساسة للكشف عن الأشعة فوق البنفسجية والأشعة تحت الحمراء.

٤-تقنية النانو في البيئة: حيث يمكن استخدامها في تطوير مواد جديدة لتنقية المياه والهواء، وتطوير الأجهزة الحساسة للكشف عن الملوثات والغازات الضارة.

تقنية النانو تعد من التقنيات الحيوية والمستقبلية التي ستحدث تحولاً جذريًا في العديد من المجالات، ومن المتوقع أن تشهد تطبيقاتها تطورًا مستمرًا في المستقبل.

المصادر والمراجع:

هناك بعض المصادر المتاحة باللغة العربية حول تقنية النانو، ومن أهمها:

١. "تقنية النانو" للدكتور أحمد الشريف، الطبعة الثانية، دار الكتب العلمية، بيروت، ٢٠١٣.

٢. "تقنية النانو: مفهومها وتطبيقاتها" للدكتور محمد بن عبدالله السويعد، مجلة المحرك الإلكتروني، العدد ٨٠، ٢٠١١.

٣. "تطبيقات تقنية النانو في الصناعة" لفريق بحثي بقسم الهندسة الصناعية في جامعة الملك فهد للبترول والمعادن، المؤتمر الدولي لتكنولوجيا الإنتاج والتحكم، ٢٠١٦.

٤. "تقنية النانو: الواقع والتحديات" للدكتور محمد الأشهب، مجلة العلوم والتقنية، العدد ٣٤، ٢٠١٢.

٥. "تطبيقات تقنية النانو في الطب" لفريق بحثي بقسم الطب النووي في جامعة الملك فهد للبترول والمعادن، المؤتمر الدولي للطب النووي والإشعاعي، ٢٠١٤.

٦. "تقنية النانو وتطبيقاتها في مجال الطاقة" لفريق بحثي بقسم الهندسة الكيميائية في جامعة الملك فهد للبترول والمعادن، المؤتمر الدولي للطاقة والمياه، ٢٠١٥.

هذه المصادر تتيح للقارئ فهماً شاملاً لتقنية النانو وتطبيقاتها في المجالات المختلفة، وتعد مرجعاً مهماً للباحثين والمهتمين بهذا المجال باللغة العربية.

قائمة المصادر الأجنبية:

7.Introduction to Nanotechnology" by Charles P. Poole Jr. and Frank J. " Owens.

8. Nanotechnology: Basic Science and Emerging Technologies" by Mick " Wilson and Mark C. Hersam.

9.Nanotechnology: A Gentle Introduction to the Next Big Idea" by Mark " A. Ratner and Daniel Ratner.

10.Nanotechnology for Dummies" by Earl Boysen, Richard Booker, and " Amanda Soinski.

11.Nanotechnology: Principles and Practices" by Sulabha K. Kulkarni " .and Rajesh S. Somani

١٢.Nanotechnology: The Future is Tiny" by Lisa Regan"

١٣.Handbook of Nanotechnology" edited by Bharat Bhushan"

١٤.Nanotechnology: An Introduction" by Jeremy Ramsden"

15.Principles of Nanotechnology: Molecular-Based Study of Condensed " .Matter in Small Systems" by G. Ali Mansoori

16.Nanotechnology: Science, Innovation, and Opportunity" by Lynn " E. Foster

17.https://arblog.praxilabs.com/introduction-to-nanotechnology-and-its-most-important-applications-in-various-fields/

هذه المصادر تتيح فهماً شاملاً لمفهوم تقنية النانو تكنولوجي وتطبيقاتها في مختلف المجالات، ويمكن استخدامها كمرجع للدراسة والبحث في هذا المجال.