وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة بابل -كلية التربية للعلوم الصرفة
قسم الفيزياء

# تقنية النانو و تطبيقاتها فى طب الاسنان

مشروع بحث مقدم الى
مجلس قسم الفيزياء / كلية التربية للعلوم الصرفة جامعة بابل لنيل شهادة البكلوريوس
في علوم الفيزياء

اعداد الطالبة
زينب ستار عاشور دخنه

باشراف
م م . ايمان احمد عبد المنعم

1445 A.H 2024 A.D

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

**(قال الَّذِي عِنْدَهُ عِلْمٌ مِنَ الْكِتَابِ أَنَا آتِيكَ بِهِ قَبْلَ أَنْ يَرْتَدَّ إِلَيْكَ طَرْفُكَ فَلَمَّا رَآهُ مُسْتَقِرًّا عِنْدَهُ قَالَ هَذَا مِنْ فَضْلِ رَبِّي لِيَبْلُوَنِي أَأَشْكُرُ أَمْ أَكْفُرُ وَمَنْ شَكَرَ فَإِنَّمَا يَشْكُرُ لِنَفْسِهِ وَمَنْ كَفَرَ فَإِنَّ رَبِّي غَنِيٌّ كريم)**

**"سورة النمل، آية: ٤٠".**

**صدق الله العلي العظيم**

# الاهداء

الحمدلله حباً وشكراً وأمتناناً على البدء والختام (وأخر دعواهم ان الحمدلله رب العالمين)

ها أنا اليوم اتوج لحضات الاخيره في ذلك الطريق الذي كان تحمل في باطنه العثرات والاشواك ورغماً . عنها ضلت قدمي تخطو بكل صبر وطموح وكم من أيام مرت شعرت بثقلها ومرارتها ولكن لم تعيقني بل كانت ذكرى تنير لتنير احلام بقلبي وها أنا اكتب وللدمع بصمه تشهد فرحتها لكل تلك الكتب التي جفت مدامعها "الى الايادي الطاهره التي ازالت من طريقي اشواك الفشل الى من ساندني بكل حب في ضعفي الى اول من انتضر هذه اللحضات ليفتخر بي, الى قدوتي الاولى ونبراسي الذي ينير دربي الى من اعطاني ولم يزل يعطني يعطني بلا حدود إلى شجرتي التي لاتذبل الى من كانو داعمين لي بالاوقات الصعبه الى من شد الله بهم عضدي فكانو خير معين أليكم (أبي وأمي) .

الى من لم تربطني بهم علاقه النسب بل الصداقه وورد المحبه رفيقات رحله النجاح ومن كان مصاحباً لي اثناء دراستي وليلي الاختبارات التي جمعتنا الى من احاطوني بلصبر والشجاعه ممتنه لكم جميعاً .

# الشكر والتقدير

قال تعالى ((ومن يشكر فإنما يشكر لنفسه)) لقمان (١٢) وقال رسول الله الكريم صلى الله عليه وعلى اله وسلم::من لم يشكر الناس لم يشكر الله عز وجل وانطلاقاً من مبدأ انه لايشكر الله الذي لايشكر الناس اتقدم بلشكر لجامعه بابل كليه التربيه للعلوم الصرفه وللمشرفه الفاضله الاستاذة؛ ايمان احمد عبد المنعم كل عبارات الشكر والتقدير لن توفيك حقك لقد بذلتي جهوداً مضاعفه في العمل وكان ذلك جميل اخلاقك ، نسأل الله ان يجزيك عنا كل خير، وأتوجه بلشكر لكل الاصدقاء ولعائلتي لأنهم لم يتركوني يوماً قدموا لي الدعم والامل لهم كل الشكر والامتنان على كل نصيحه منحتمونا أياها في وقت من الاوقات وكنت احتاج لها فجزا الله الجميع على خير الجزاء.

## الخلاصة:

توسعت تكنولوجيا النانو بسرعة في جميع مجالات العلوم؛ فهو يقدم طرقًا بديلة مهمة لحل الأسئلة والمشكلات العلمية والطبية. في طب الأسنان، تم استغلال تقنية النانو في تطوير المواد الترميمية وحققت بعض النجاح الكبير. تناقش هذه المراجعة الواجهات النانوية التي يمكن أن تؤثر على طول عمر ترميمات الأسنان، وكيف تم استخدام تكنولوجيا النانو لتعديلها لتوفير ترميمات ناجحة على المدى الطويل. ويركز أيضًا على بعض المجالات الصعبة في طب الأسنان، مثل الأغشية الحيوية الفموية والسرطانات، وكيف تتغلب تكنولوجيا النانو على هذه التحديات. تمت مناقشة التطورات الحديثة في طب الأسنان النانوي والابتكارات في الطرق التشخيصية والوقائية والعلاجية المتعلقة بصحة الفم والمطلوبة للحفاظ على صحة الفم المثالية والحصول عليها. يمكن للتطورات الأخيرة في تكنولوجيا النانو أن تبشر بالخير في إحداث نقلة نوعية في مجال طب الأسنان. على الرغم من وجود العديد من العلاجات المعقدة التي يتم تطويرها لعلاج العديد من الأمراض، إلا أن استخدامها السريري يتطلب دراسة متأنية لتكلفة التوليف والتنفيذ.

## فهرست المحتويات


| ت | الموضوع | رقم الصفحة |
|---|---|---|
| ١ | الاية الكريمة | ا |
| ٢ | الاهداء | ب |
| ٣ | الشكر والعرفان | ج |
| ٤ | الخلاصة | د |
| ٧ | المقدمة | ٢ |
| ٨ | النانو وتاريخ النانو | ٤ |
| ٩ | المواد النانوية –انواعها وخصائصها | ٧ |
| ١٠ | تاثير تقنية النانوفي مجال طب الاسنان | ١٢ |
| ١١ | الدراسات السابقة | ١٣ |
| ١٢ | الهدف من البحث | ١٣ |
| ١٤ | الفصل الثاني - المقدمة | ١٥ |
| ١٥ | تصنيف المواد النانوية | ١٥ |
| ١٦ | طرق تحضير المواد النانوية | ١٨ |
| ١٧ | الاجهزة والادوات المستخدمة في تصنيع المواد النانوية | ١٩ |
| ١٨ | المواد النانوية المستخدمة في تقنية النانو ودورها في مجال طب الاسنان | ٢١ |
| ٢٠ | الفصل الثالث - المقدمة | ٢٥ |
| ٢١ | تطبيقات النانو في مجال طب الاسنان | ٢٥ |
| ٢٢ | فوائد استخدام الالياف النانوية في طب الاسنان | ٢٩ |
| ٢٣ | تقنية النانو في صناعة حشوات الاسنان | ٢٩ |
| ٢٤ | استخدام تقنية النانوفي علاج التسوس | ٣٠ |
| ٢٥ | الاستنتاجات | ٣٠ |
| ٢٦ | التوصيات | ٣١ |
| ٢٧ | المصادر | ٣٢ |

# الفصل الاول
# المقدمة

## 1-1 المقدمة

أصبحت تقنية النانو في طليعة المجالات الأكثر أهمية وإثارة في الفيزياء، الكيمياء، الأحياء والهندسة ومجالات عديدة أخرى. فقد أعطت أملاً كبيراً لثورات علمية في المستقبل القريب ستغير وجهة التقنية في العديد من التطبيقات. لذا فمن المهم إعطاء فكرة عامة وموجزة لغير المختصين عن هذه التقنية. ويعود الاهتمام الواسع بتقنية النانو إلي الفترة ما بين ١٩٩٦ إلي ١٩٩٨م عندما قام مركز تقييم التقنية العالمي الأمريكي ( WTEC)بدراسة تقويمية لأبحاث النانو وأهميتها في الإبداع التقني. وخلصت الدراسة إلى نقاط من أهمها أن لتقنية النانو مستقبلاً عظيماً في جميع المجالات الطبية والعسكرية والمعلوماتية والإلكترونية والحاسوبية والبتروكيميائية والزراعية والحيوية وغيرها، وأن تقنية النانو متعددة الخلفيات فهي تعتمد على مبادئ الفيزياء والكيمياء والهندسة الكهربائية والكيميائية وغيرها إضافة لتخصص الأحياء والصيدلة. ولذا فإن الباحثين في مجال ما لابد أن يتواصلوا مع الآخرين في مجالات أخرى من أجل الحصول على خلفية عريضة عن تقنية النانو ومشاركة فعالة في هذا المجال المثير. كما أن المدراء الفنيين وداعمي هذه الأبحاث لابد من أن يَلمُّوا بإيجاز عن عموم هذه المجالات.[1]

يعتمد مفهوم تقنية النانو على اعتبار أن الجسيمات التي يقل حجمها عن مائة نانومتر (النانومتر هو جزء من ألف مليون من المتر) تُعطي للمادة التي تدخل في تركيبها خصائص وسلوكيات جديدة. وهذا بسبب أن هذه الجسيمات (والتي هي أصغر من الأطوال المميَزة المصاحبة لبعض الظواهر) تُبدي مفاهيم فيزيائية وكيميائية جديدة مما يقود إلي سلوك جديد يعتمد على حجم الجسيمات. فقد لوحظ، كمثال لذلك، أن التركيب الإلكتروني، التوصيلية، التفاعلية، درجة الانصهار والخصائص الميكانيكية للمادة تتغير كلها عندما يقل حجم الجسيمات عن قيمة حرجة من الحجم، حيث كلما اقترب حجم المادة من الأبعاد الذرية كلما خضعت المادة لقوانين ميكانيكا الكم بدلاً من قوانين الفيزياء التقليدية. إن اعتماد سلوك المادة على حجمها يمكننا من التحكم بهندسة خواصها، وبناءً عليه فقد استنتج الباحثون أن لهذا المفهوم آثاراً تقنية عظيمة تشمل مجالات تقنية واسعة ومتنوعة تشمل إنتاج مواد خفيفة وقوية، اختزال زمن توصيل الدواء النانوي إلي الجهاز الدوري البشري، زيادة حجم استيعاب الأشرطة المغناطيسية وصناعة مفاتيح حاسوب سريعة ... الخ ... وبشكل عام فإن تقنية النانو هي تلك التي تتعامل مع تراكيب متعددة من المواد ذات أبعاد من رتبة النانومتر. [ 2]

وعلى الرغم من أن تقنية النانو حديثة نسبياً، فإن وجود أجهزة تعمل بهذا المفهوم وتراكيب ذات أبعاد نانوية ليس بالأمر الجديد، والواقع أن وجودها يعود إلي عمر الأرض وبدء الحياة فيها، حيث من المعروف أن الأنظمة البيولوجية في الجسم الحي تقوم بتصنيع بعض الاجهزة الصغيرة جداً والتي تصل إلي حدود مقياس النانو، فالخلايا الحية تعد مثالاً مهما لتقنية النانو الطبيعية، حيث تُعد الخلية مستودعاً لعدد كبير من الآلات البيولوجية بحجم النانو ويتم تصنيع البروتينات داخلها على شكل خطوط مجتمعة بحجم النانو تسمى ليبوزومات ثم يتم تشكيلها بواسطة جهاز نانوي آخر يسمى جولجي، بل إن الإنزيمات هي بنفسها تعد آلة نانوية تقوم بفصل الجزيئات أو جمعها حسب حاجة الخلية، وبالتالي فيمكن للآلات النانوية المصنعة أن تتفاعل معها وتؤدي الهدف المنشود مثل تحليل محتويات الخلية، إيصال الدواء إليها أو إبادتها عندما تصبح مؤذية.[ 3]

كما أنه ليس من المعروف بداية استخدام الإنسان للمادة ذات الحجم النانوي، لكن من المعلوم أن أحد المقتنيات الزجاجية وهو كأس الملك الروماني لايكورجوس ( Lycurgus)في القرن الرابع الميلادي الموجودة في المتحف البريطاني يحتوي على جسيمات ذهب وفضة نانوية، حيث يتغير لون الكأس من الأخضر إلى الأحمر الغامق عندما يوضع فيه مصدر ضوئي. وكذلك تعتمد تقنية التصوير الفوتوغرافي منذ القرنين الثامن عشر والتاسع عشر الميلاديين على إنتاج فيلم أو غشاء مصنوع من جسيمات فضية نانوية حساسة للضوء.

لقد حظيت تقنية النانو في الوقت الحاضر بالاهتمام الكبير نظراً لما أبدته من تطبيقات واعدة وكثيرة شملت المجالات الطبية، العسكرية، الاتصالات، الالكترونية، الحاسوبية، البيتروكيميائية، الزراعية والحيوية .....الخ، وأدى ذلك إلي دعم عالمي سخي واسع لأبحاث النانو في السنوات الأخيرة. [ 4]

وقد أعلنت الولايات المتحدة عام ٢٠٠٠م مبادرة "تقنية النانو الوطنية "NNIالتي جعلت تقنية النانو تقنية استراتيجية وطنية وفتحت مجال الدعم الحكومي الكبير لهذه التقنية في جميع المجالات الصناعية والعلمية والجامعية، وبدأت بمبادرة الرئيس كلنتون برصد ٤٢٢ مليون دولار عام ٢٠٠١م لأبحاث تقنية النانو، تلاها رصد ٨٤٩ مليون دولار عام ٢٠٠٣ م، وتلا ذلك قيام اليابان عام ٢٠٠٢م بإنشاء مركز متخصص للباحثين في تقنية النانو وذلك بتوفير جميع الأجهزة المتخصصة ودعم الباحثين وتشجيعهم وتبادل المعلومات فيما بينهم، كما خصصت ٩٠٠ مليون دولار سنوياً لهذا الغرض ولمدة ٥ سنوات بدءاً من عام ٢٠٠٥م، وقدر

الإنفاق العالمي على أبحاث النانو عام ٢٠٠٣م بأربعة ملايين دولار، وخصصت كوريا ما يزيد على بليون دولار لتقنية النانو خلال خطة عشرية تنتهي عام ٢٠١٠م بحيث تسعى لتكون إحدى خمس دول رائدة عالمياً في هذا المجال بنهاية الخطة، كما قدر إنفاق الحكومة الصينية مبلغ ٢٨٠ مليون دولار على تقنية النانو خلال الفترة ٢٠٠١ – ٢٠٠٥م، أما اهتمامها بالكوادر فقد بلغ عدد المشتغلين بهذه التقنية في الصين ٤٥٠٠ متخصص في العام ٢٠٠٥م، ٣٠% منهم يحملون الدكتوراه أو أعلى و٤٠% منهم يحملون شهادة الماجستير أو ما يعادلها.[ 5 ]

وعلى الرغم من جميع ما ذُكِر فإن هنالك العديد من الصعوبات التي تحتاج للمزيد من البحث، من أهمها إمكانية الوصول إلي طرق رخيصة وعملية لتحضير مواد نانوية مختلفة بشكل تجاري لاستخدامها في التطبيقات المختلفة، كما أن هناك صعوبة أخرى وهي التواصل بين مفهوم عالم النانو الحديث وعالم الماكرو المستخدم حاليا في تصنيع الأجهزة الإلكترونية.

## 2-1 النانو وتاريخ النانو

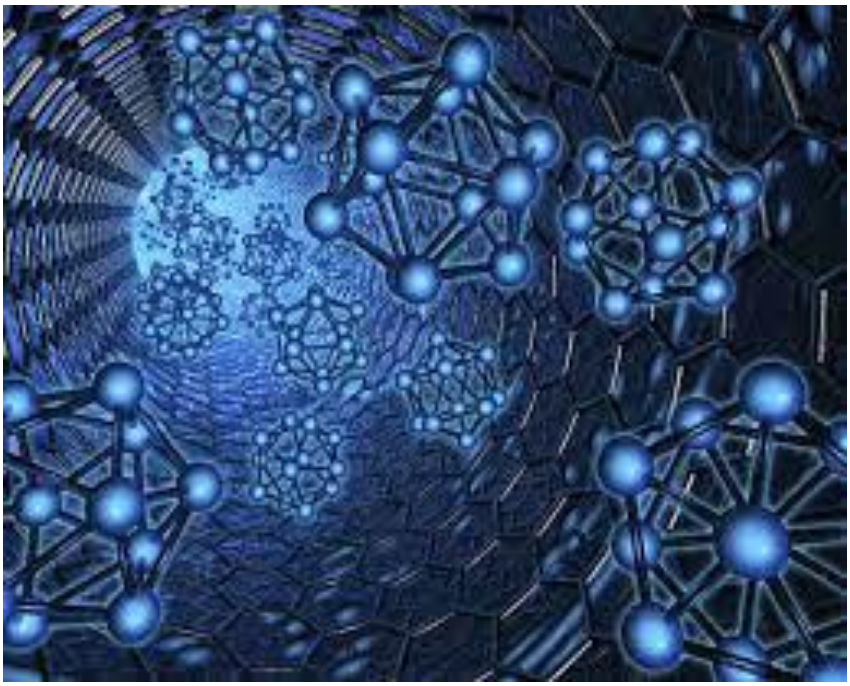
أن مفهوم النانو يعني مصطلح نانو الجزء من المليار ؛ فالنانومتر هو واحد على المليار من المتر و لكي نتخيل صغر النانو متر نذكر ما يلي ؛ تبلغ سماكة الشعرة الواحدة للإنسان ٥٠ ميكرومترا أي ٥٠,٠٠٠ نانو متر، وأصغر الأشياء التي يمكن للإنسان رؤيتها بالعين المجردة يبلغ عرضها حوالي ١٠,٠٠٠ نانو متر، وعندما تصطف عشر ذرات منالهيدروجين فإن طولها يبلغ نانو مترا واحدا فيا له من شيء دقيق للغاية. و قد يكون من المفيد أن نذكر التعاريف التالية:

**مقياس النانو:** يشمل الأبعاد التي يبلغ طولها نانومترا واحدا إلى غاية الـ١٠٠ نانو متر

**علم النانو:** هو دراسة المبادئ الأساسية للجزيئات والمركبات التي لا يتجاوز قياسها الـ١٠٠ نانو متر.

**تقنية النانو :** هو تطبيق لهذه العلوم وهندستها لإنتاج مخترعات مفيدة.

ويعرف النانوتكنولوجي كما يذكر الزهراني ( ٢٠٠٩م ) النانوتكنولوجي nano technology هو التقنيات المصنوعة بأصغر وحدة قياس للبعد استطاع الإنسان قياسها حتى الآن (النانو متر)، أي التعامل مع أجسام ومعدات وآلات دقيقة جداً ذات أبعاد نانويه.



الشكل (١-١)النانو[ 6 ]

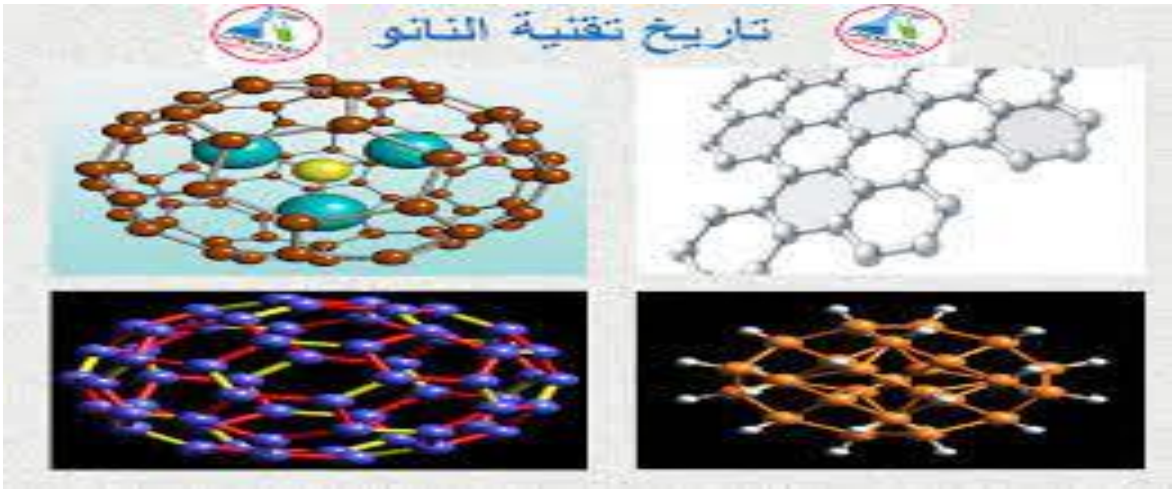
فالنـانو هـو أدق وحـدة قيـاس متريـة معروفـة حتـى الآن، ويبلـغ طولـه واحـد مـن بليـون مـن المتـر أي مـا يعـادل عشـرة أضـعاف وحـدة القيـاس الـذري المعروفـة بالأنغسـتروم، و حجـم النـانو أصـغر بحـوالي ٨٠.٠٠٠ مـرة مـن قطـر الشـعرة، وكلمـة النـانو تكنولـوجي تسـتخدم أيضـاً بمعنـى أنهـا تقنيـة المواد المتناهية في الصغر أو التكنولوجيا المجهرية الدقيقة أوتكنولوجيا المنمنمات. [ 6 ]

أن كلمـة النـانو مشـتقة مـن الكلمـة الأغريقيـة Dwarfوالتـي تعنـى جـزء مـن البليـون مـن الكـل، ويعـرف النـانومتر بأنـه جـزء مـن البليـون مـن المتـر، وجـزء مـن الألـف مـن الميكرومتر،وتتمثـل تقنيـة النـانو فـي توظيـف التركيبـات النانونيـة فـي أجهـزة وأدوات ذات أبعـاد نانويـة، ومـن المهـم معرفة أن مقياس النانو صغير جداً جداً بحيث لا يمكن بناء أشياء أصغر منه.

أن فكـرة اسـتخدام تقنيـة النـانو تـتلخص فـي إعـادة ترتيـب الـذرات التـي تتكـون منهـا المـواد فـي وضـعها الصـحيح، وكلمـا تغيـر الترتيـب الـذري للمـادة كلمـا تغيـر النـاتج منهـا إلـى حـد كبيـر. وبمعنـى آخـر فإنـه يـتم تصـنيع المنتجـات المصـنعة مـن الـذرات، وتعتمـد خصـائص هـذه المنتجـات علـى كيفيـة ترتيـب هـذه الـذرات، فـإذا قمنـا بإعـادة ترتيـب الـذرات فـي الفحـم يمكننـا الحصـول علـى المـاس، أمـا إذا قمنـا بإعـادة ترتيـب الـذرات فـي الرمـل وأضـفنا بعـض العناصـر القليلـة يمكننـا تصـنيع رقـائق الكمبيوتر. [ 7 ]

ومـا يعكـف عليـه العلـم الآن أن يغيـر طريقـة الترتيـب بنـاء علـى النـانو، مـن مـادة إلـى أخـرى، وبحـل هـذا اللغـز فـإن مـا كـان يحلـم بـه العلمـاء قبـل قـرون بتحويـل المعـادن الرخيصـة إلـى ذهـب سـيكون ممكنا، لكن الواقع أن الذهب سيفقد قيمته في هذه الحالة !!.

**تـاريخ النـانو تكنولـوجي :** انـه لا يمكـن تحديـد عصـر أو حقبـة معينـة لبـروز تقنيـة النـانو ولكـن مـن الواضـح أن مـن أوائـل النـاس الـذين اسـتخدموا هـذه التقنيـة ( بـدون أن يـدركوا ماهيتهـا ) هـم صـانعي الزجـاج فـي العصـور الوسـطى حيـث كـانوا يسـتخدمون حبيبـات الـذهب النانويـة الغـروية للتلـوين.[8]وفـي العصـر الحـديث ظهـرت بحـوث ودراسـات عديـدة حـول مفهـوم تقنيـة النـانو وتصـنيع موادهـا وتوظيفهـا فـي تطبيقـات متفرقـة وسـنعرض هنـا لـبعض الأحـداث المثيـرة التـي صنعت مسيرة هذه التقنية وجعلتها تقنية المستقبل. [ 9]




الشكل(١-٢) تاريخ النانو[ 9 ]

وفـي عـام ١٩٦٩ اقتـرح ليـو ايسـاكي تصـنيع تركيبـات شـبه موصـلة بأحجـام النـانو، وكـذلك تصـنيع شـبيكات شـبه موصـلة مفرطـة الصـغر، وقـد أمكـن فـي السـبعينات التنبـؤ بالخصـائص التركيبيـة للفلـزات النانويـة كوجـود أعـداد سـحرية عـن طريـق دراسـات طيـف الكتلـة ( mass spectroscopy ) حيث تعتمد الخصائص على أبعاد العينة غير المتبلورة.

كمـا أمكـن تصـنيع أول بئـر كمـي ( quantum well ) فـي بعـدين فـي نفـس الفتـرة بسـماكة ذريـة أحاديـة تلاهـا بعـد ذلـك تصـنيع النقـاط الكميـة ( quantum dots ) ببعـد صـفري والتـي نضـجت مـع تطبيقاتـها هـذه الأيـام. وفـي عـام ٢٠٠٠ تمكـن العـالم الفيزيـائي المسـلم منيـر نايفـه مـن اكتشـاف وتصـنيع عائلـة مـن حبيبـات السـليكون أصـغرها ذات قطـر ١ نـانو وتتكـون مـن ٢٩ ذرة سـليكون سـطحها علـى شـكل الفولورينـات الكربونيـة إلا أن داخلهـا غيـر فـارغ وإنـما تتوسـطها ذرة واحـدة

منفـردة ،هـذه الحبيبـات عنـد تعريضـها لضـوء فـوق بنفسـجي فإنـها تعطـي ألوانـا مختلفـة حسـب قطرهـا تتـراوح بـين الأزرق والأخضـر والأحمر،أمـا التجمـع الـذاتي ( self-assembly ) للجزيئـات، أو ربطهـا تلقائيـاً مـع سـطوح فلزيـة فقـد أصـبحت فـي الوقـت الحاضـر ممكنـة لتكـوين صـف مـن الجزئيـات علـى سـطح مـا كالـذهب وغيـره.[ 10 ]ويضـيف الزهرانـي ( ٢٠٠٩م ) أن مـن وجهـة النظـر الفيزيائيـة الالكترونيـة يعتبـر النـانوتكنولوجي الجيـل الخـامس الـذي ظهـر فـي عـالم الإلكترونيـات الـذي يمكـن تصـنيف ثوراتـه التكنولوجيـة علـى أسـاس أنهـا مـرت بعـدة أجيـال شـكلت أسباب الورود الحقيقي للنانو الذي عبر عن المرحلة الراهنة لها :[ 11 ]

***الجيل الأول** ويتمثل في استخدام المصباح الإلكتروني ( Lampبما فيه التلفزيون.

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

***الجيـــل الثالـــث** مـــن الإلكترونيـــات ويتمثـــل فـــي اســـتخدام الـــدارات التكامليـــة (IC، IntegrateCircuit ) وهـي عبـارة عـن قطعـة صـغيرة جـداً شـكلت مـا تشـكله تقنيـات النـانو فـي وقتنـا الحـالي مـن قفـزة هامـة فـي تطـور وتقليـل حجـم الـدارات الالكترونيـة فقـد قامـت بـاختزال حجـم العديد من الأجهزة بل رفعت من كفاءتها وعددت من وظائفها.

***الجيـل الرابـع** ويتمثـل فـي اسـتخدام المعالجـات الصـغيرة( Microprocessor، الـذي أحـدث ثـورة هائلـة فـي مجـال الإلكترونيـات بإنتـاج الحاسـبات الشخصـية ( Personal Computer) والرقائق الكومبيترية السيليكونية التي أحدثت تقدماً في العديد من المجالات العلمية والصناعية.

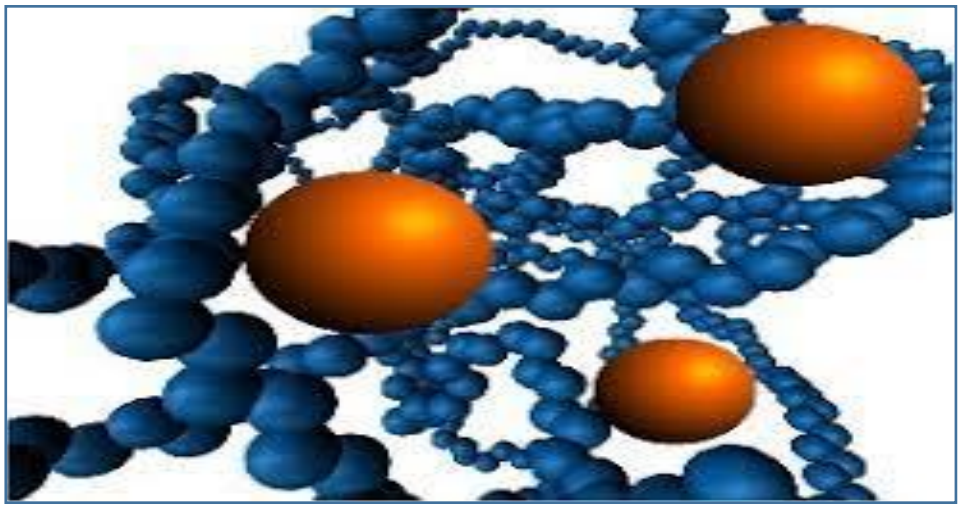
***الجيـل الخـامس** ويتمثـل فيمـا صـار يعـرف باسـم النـانوتكنولوجي nano technology وهـو الجيل الحالي.

## 3-1 المواد النـاوية – انواعها وخصائصها

المـواد النانويـة : عنـد تصـنيع المـواد بحجـم النـانو فـإن التركيـب الفيزيـائي والتركيـز الكيميـائي للمـواد الخـام المسـتخدمة فـي التصـنيع تلعـب دوراً مهمـاً فـي خصـائص المـادة النانويـة الناتجـة، وهـذا خلافـاً لمـا يحـدث عنـد تصـنيع المـواد العاديـة. تتركـب المـواد عـادة مـن مجموعـة مـن الحبيبـات والتـي تحتـوي علـى عـدد مـن الـذرات وقـد تكـون هـذه الحبيبـات مرئيـة أو غيـر مرئيـة للعـين المجـردة بنـاء على حجمها، ويمكن ملاحظتها بواسطة الميكروسكوب.

ففـي هـذه المـواد يتفـاوت حجـم الحبيبـات يكـون مـن مئـات الميكرومتـرات إلـى سـنتيمترات، أمـا فـي المواد النانوية فإن حجم الحبيبات يكون في حدود ١-١٠٠ نانومتر.

هناك طريقتان لتصنيع حجم نانوي من المادة أحدهما من الأعلى للأسفل ( TOP – DOWN ) حيث تبدأ هذه الطريقة بحجم محسوس من المادة محل الدراسة وتصغر شيئاً فشيئاً حتى الوصول إلى المقياس النانوي. ومن التقنيات المستخدمة في ذلك الحفر الضوئي، القطع، الكحت والطحن. [ 12] وقد استخدمت هذه التقنيات للوصول إلى مركبات الكترونية مجهريه كشرائح الكمبيوتر وغيرها. أصغر حجم أمكن الوصول إليه في حدود ١٠٠ نانومتر ولا زال البحث مستمراً فلي الحصول على أحجام أصغر من ذلك.



الشكل (١-٣) المواد النانوية[ 12 ]

أما ال طريقة الأخرى فهي من الأسفل للأعلى BOTTOM-UPحيث تبدأ هذه الطريقة بجزيئات منفردة كأصغر وحدة وتجمع في تركيب أكبر. وغالباً ما تكون هذه الطرق كيميائية، وتتميز بصغر حجم النواتج ( نانومتر واحد )، قلة هدر للمادة الأصلية والحصول على قوة ترابط بين الجسيمات النانوية الناتجة.

يمكن فحص ودراسة خصائص المواد النانوية والتأكد من تركيبها باستخدام عدد من الأجهزة والتقنيات العلمية من أهمها : المجهر الإلكتروني الإنفاذي TEM، المجهر الإلكتروني الماسح SEM، مجهر القوى الذرية AFMمع العوازل، وحيوية الأشعة السينية XRD.....إلخ.

ويمكن تصنيع المواد النانوية على عدة أشكال وذلك بناء على الاستخدام المقرر لهذه المواد، ومن أهم هذه الأشكال ما يلي :

### ١- النقاط الكمية : Quantum dots

عبارة عن تركيب نانوي شبه موصل ثلاثي الأبعاد يتراوح إبعاده بين ٢ إلى ١٠ نانومتر، وهذا يقابل ١٠ إلى ٥٠ ذرة في القطر الواحد أو تقريباً ١٠٠ إلى ١٠٠٠٠٠ ذرة في حجم النقطة الكمية الواحدة. وتقوم النقطة الكمية بتقييد إلكترونات شريط التوصيل وثقوب شريط التكافؤ أو الاكسبتونات ( وهي عبارة عن زوج مرتبط من الكترونات التوصيل وثقوب التكافؤ ).

### ٢- الفولورين : Fullerene

تركيب نانوي غريب آخر للكربون وهو عبارة عن جزئ مكون من ٦٠ ذرة من ذرات الكربون ويرمز له بالرمز C60، وقد اكتشف عام ١٩٨٥م. إن جزئ الفولورين كروي المظهر ويشبه تماماً كرة القدم التي تحتوي على ١٢ شكلاً خماسياً و٢٠ شكلاً سداسياً. ومنذ اكتشاف كيفية تصنيع الفولورين عام ١٩٩٠م وهو يحضر بكميات تجارية. كما أمكن الحصول على جزئيات بعدد مختلف من ذرات الكربون مثل C36 وC48 وC70 إلا إن العلماء أبدوا اهتماما خاصا بالجزئي .C60 لقد سمى هذا التركيب بالفولورين نسبة للمخترع والمهندس المعماري وبكمنستر فولر .R. Buckminster Fuller

### ٣- الكرات النانوية: : nanoballs

من أهمها كرات الكربون النانوية والتي تنتهي إلى فئة الفولورينات، من مادة C60، لكنها تختلف عنها قليلاً بالتركيب حيث أنها متعددة القشرة. كما أنها خاوية المركز، على خلاف الجسيمات النانوية، بينما لا يوجد على السطح فجوات كما هي الحال في الأنابيب النانوية متعددة الغلاف.

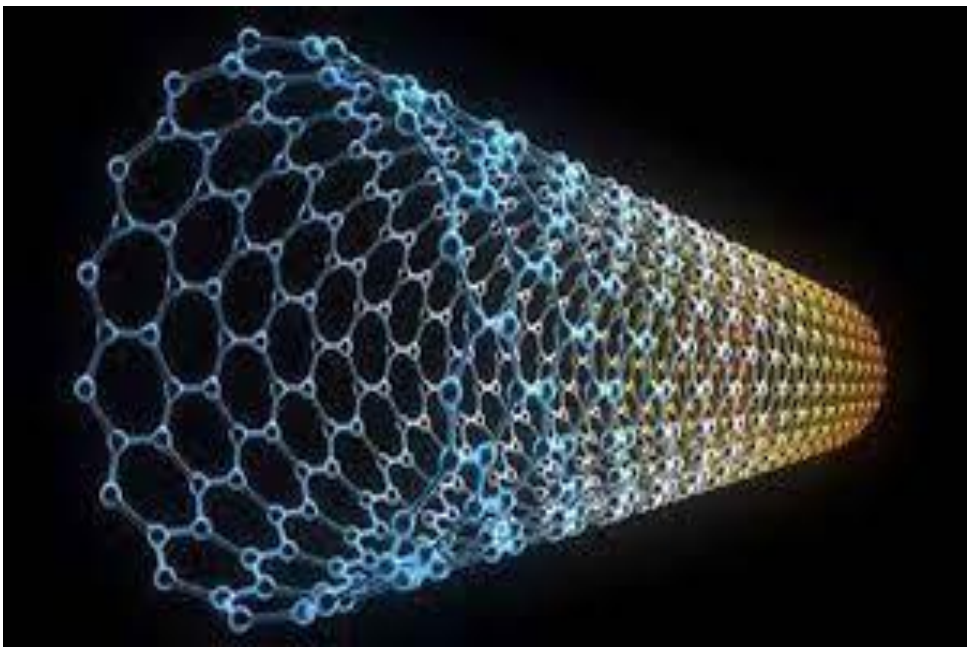
### ٤- الجسيمات النانوية : Nanoparticles

على الرغم من أن كلمة ( الجسميات النانوية ) حديثة الاستخدام إلا أن هذه الجسيمات كانت موجودة في المواد المصنعة أو الطبيعة منذ زمن قديم. فعلى سبيل المثال، تبدو أحياناً بعض الألوان الجميلة من نوافذ الزجاج الصدئة وذلك بسبب وجود مجموعات عنقودية صغيرة جداً من الأكاسيد الفلزية في الزجاج حيث يصل حجمها قريباً من الطول الموحى للضوء.

وبالتالي فإن الجسيمات ذات الأحجام المختلفة تقوم بتشتيت أطوال موجبة مختلفة من الضوء مما ينتج عنه ظهور ألوان مختلفة من الزجاج. يمكن تعريف الجسيمات النانوية على أنها عبارة عن تجمع ذري أو جزئي ميكروسوبي يتراوح عددها من بضع ذرات ( جزئي ) إلى مليون ذرة، مرتبطة ببعضها بشكل كروي تقريباً بنصف قطر أقل من ١٠٠ نانومتر.

**٥-الأنابيب النانوية : : Nanotube**

تصنع الأنابيب النانوية، أحيانا، من مواد غير عضوية مثل أكاسيد الفلزات (أكسيد الفاناديوم، أكسيد المنجنيز )، تبتريد البرون والموليبدينوم، وهي شبيهة من ناحية تركيبها بأنابيب الكربون النانوية، ولكنها أثقل منها وليست بنفس القوة مثل أنابيب الكربون وتعد أنابيب الكربون النانوية التي اكتشفت عام ١٩٩١م أكثر أهمية نظراً لتركيبها المتماثل وخصائصها المثيرة واستخداماتها الواسعة في التطبيقات الصناعية، والعلمية، وفي الأجهزة الإلكترونية الدقيقة، والأجهزة الطبية الحيوية. يمكن وصف أنابيب الكربون على أنها عبارة عن شرائح من الجرافيت يتم طلبها حول محور ما لتأخذ الشكل الأسطواني حيث ترتبط ذرات نهايتي الشريحة مع بعضها لتغلق الأنبوب.



الشكل (١-٤) الانابيب النانوية[ 12 ]

### ٦- ألياف النانوية : Nanofibres

لاقت الألياف النانوية اهتماماً كبيراً مؤخراً لتطبيقاتها الصناعية. وقد اكتشف العديد من أشكالها كالألياف السداسية والحلزونية والألياف الشبيهة بحبة القمح ( coen-shaped). إن الجزء الجانبي لليف النانوى اللويحي أو الأنبوبي له شكل سداسي، مثلاً، وليس أسطوانياً ومن أشهر الألياف النانوية تلك المصنوعة من ذرات البوليمرات.

### ٧-الإسلاك النانوية : : Nanowires

هي أسلاك بقطر قد يقل عن نانومتر واحد وبأطوال مختلفة أي بنسبة طول إلى عرض تزيد عن ١٠٠٠ مرة. لذا فهي تلحق بالمواد ذات البعد الواحد، وكما هو متوقع ن فهي تفوق على الأسلاك التقليدية ( ثلاثية الأبعاد )، وذلك بسبب أن الإلكترونات تكون محصورة كميا باتجاه جانبي واحد مما يجعلها تحتل مستويات طاقة محددة تختلف عن تلك المستويات العريضة الموجودة في المادة الحجمية. وهنا تتضح أهمية الذرات السطحية مقارنة بالداخلية لظهور ما يعرف بالتأثير الحافي. وبسبب خضوعها للحصر الكمي المبني على ميكانيكا لكم، فسيكون لها توصيلية كهربية تأخذ قيما محددة تساوي تقريباً مضاعفات المقدر ١٢.٩ كيلو أوم – ١.

### ٨- المركبات النانوية : Nanocomposites

هي عبارة عن مواد يضاف إليها جسيمات نانوية خلال تصنيع تلك المواد ونتيجة لذلك فإن المادة النانوية تبدي تحسناً كبيراً في خصائصها. فعلى سبيل المثال، يؤدي إضافة أنابيب الكربون النانوية إلى تغيير خصائص التوصيلية الكهربائية والحرارية للمادة. وقد يؤدي إضافة أنواع آخري من الجسيمات النانوية إلى تحسين الخصائص الضوئية وخصائص العزل الكهربي وكذلك الخصائص الميكانيكية مثل الصلابة والقوة. يجب أن تكون النسبة المئوية الحجمية للجسيمات النانوية المضافة منخفضة جداً ( في حدود ٠.٥% إلى ٥% ) وذلك بسبب أن النسبة بين المساحة السطحية إلى الحجم للجسيمات النانوية تكون عالية تجرى البحوث حالياً للحصول على مركبات نانوية جديدة ذات خصائص ومميزات تختلف عن المركبات الأصلية. ومن المركبات النانوية المعروفة الآن هي المركبات البوليمرية النانوية.

## 4-1 تأثير تقنية النانو في مجال طب الاسنان

النانوتكنولوجي والطب : تقنية النانو تقنية فتحت آفاق جديدة في مختلف مجالات الحياة، ومن احد أهم المجالات التي نجحت فيها هذه التقنية مجال الطب ، ومن المعلوم أن تقنية النانو متعددة الخلفيات فهي تعتمد على الفيزياء والكيمياء والهندسة والأحياء والصيدلة لذا فلابد للباحثين أن تكون لهم قاعدة عريضة تشمل كل هذه التخصصات ولابد أن يكون بين هذه التخصصات روابط مشتركة. و لقد ساعدت تقنية النانو على تغيير طريقة النظر إلى علاج كثير من الأمراض وأعطت أملا كبيرا لشفاء كثير من الإمراض المستعصية. وقد توجهت دول عديدة إلى دعم النانو بقوة فمثلاً دعمت الولايات المتحدة النانو بخطط خمسية بدأت من عام ٢٠٠٥ م ، كما أنها تصرف سنويا ما يقارب ٤ بليون دولار على أبحاث النانو في جميع المجالات بشكل عام والمجال الطبي بشكل خاص ، ومن جهة أخرى يوجد ما يقارب ١٣٠ مشروعاً دوائياً مهتما بتقنية النانو وفقاً لإحصائية ٢٠٠٦م. والدراسات المبدئية قائمة حول العالم لتوظيف التطور الحاصل في تقنية النانو في المجالات الطبية ، وسيتبع ذلك الدراسات المرتبطة بسلامة استخدامها على الإنسان حتى تتحول هذه التطبيقات إلى واقع يومي في المستشفيات والمراكز الصحية لتساهم في اكتشاف المرض مبكراً وتقليل تكلفة علاجه والحفاظ على صحة الإنسان. [ 13 ]

من تطبيقات المواد النانوية في طب الاسنان: حشوات النانو التجميلية هي تقنية جديدة يمكن أن تزيد من طول عمر حشوات الأسنان سيتحقق ذلك من خلال إعادة المعادن إلى شبكة الكولاجين خلال عملية إعادة تمعدن الأنسجة الموجهة، وهي عملية جديدة لتقنية النانو لتنمية بلورات صغيرة للغاية وغنية بالمعادن وتوجيهها إلى المساحات المنزوعة المعادن بين ألياف الكولاجين. التجميلية، ينظف ويزيل البقع العميقة على الأسنان، الإصلاح حيث يطلق مصل محلول حشوات النانو التجميلية (نانو هيدروكسيباتيت في الأسنان)، والذي يعيد تمعدن سطح الأسنان ويصلحه، مما يجعله يبدو أكثر إشراقًا وصحة. مثالي لمزيد من العلاج السريري. إعادة التمعدن وتقليل الحساسية بواسطة نانو هيدروكسيباتيت.

ان دورة الحياة القصيرة للمركبات المستعملة في حشو الأسنان اليوم قاد المهندسين للتفكير في إمكانية استعمال تقنية النانو في طب الأسنان، للتفكير في صناعة حشوات تبقى لفترة أطول من تلك الحشوات التقليدية. ان الغاية من استعمال المواد المتناهية في الصغر هو ان تلك المواد كلما أصبحت اصغر تقل إمكانية احتوائها على خلل وهذا بالتالي يزيد من قوتها.[ 14 ]

فوائد استعمال أليـاف النـانو: ان فائـدة اسـتعمال أليـاف فوسـفات الكالسـيوم النانويـة لا تقتصـر علـى تقويـة الأسـنان، وإنمـا ايضـا تسـاعدها علـى اسـتعادة بريقهـا. بـالطبع، هنالـك سـبب اخـر يجعـل مـن أليـاف النـانو مهمـة جداً. وذلـك انهـا صـنعت مـن مـواد تشـبه الـى حـد كبيـر المـواد المعدنيـة للأسـنان و نخاع العظم، مما يجعلها مقبولة بشكل كبير من الناحية البايولوجية.

انـه مـن المعتقـد ان هـذا المركـب هـو الأكثـر قـوة مـن اي مركـب اخـر موجـود فـي الاسـواق حاليـاً، بالمقارنـة مـع المنتجـات الحشـوية للأسـنان. أطبـاء الأسـنان يقولـون بـان مركـب NovaPro Flow ممكـن ان يسـاعد الطبيـب و المـريض علـى حـد سـواء، بفضـل قوتـه و قدرتـه علـى الارتبـاط. وهـذا ممكـن ان يؤسـس لترميمـات تبقـى لفتـرة طويلـة للأسـنان، اي ان المـريض سـيراجع الطبيـب لفتـرات اقل لاستبدال حشوة اسنانه. و ذلك ممكن ان يعتبر فائدة كبيرة للعاملين في مجال طب الأسنان.

[ 15]

## 1-5 الدراسات السابقة

من العلماء الذين تناولوا دراسة نانو طب الأسنان:

١. إدوارد ستريبر ( :(Edward S. Sternbergقام بدراسات في نانو طب الأسنان في عام ٢٠٠٥، حيث قدم أفكاراً حول استخدام تكنولوجيا النانو في تحسين علاجات الأسنان.

٢. جورج ستوهل ( :(George Stouffsعمل في مجال نانو طب الأسنان ونشر العديد من الدراسات في هذا المجال، وقد تركزت أبحاثه على تطبيقات تكنولوجيا النانو في علاجات الأسنان.

٣. كاثرين بويان ( :(Kathryn Booyanدرست في مجال نانو طب الأسنان في عام ٢٠١٠، وقدمت أبحاثاً حول استخدام النانوتكنولوجي في تحسين صحة الأسنان وجودتها.

٤. جوناثان ريتش ( :(Jonathan Richقام بأبحاث في نانو طب الأسنان في عام ٢٠١٥، وكانت تركز على تطوير مواد وتقنيات نانوية لتحسين عمليات العلاج السني.

هذه الأمثلة تعكس جزءاً من العلماء الذين ساهموا في دراسة نانو طب الأسنان، وقد توجد العديد من الأسماء الأخرى التي لها تاريخ في هذا المجال.

## 1-6 الهدف من البحث

تهدف هذه الدراسة الى التعرف على المواد النانوية وخصائصها، وتصنيف المواد النانوية وطرق تحضيرها و تطبيقات المواد النانوية في مجال طب الأسنان (كحشوات اسنان تجميلية او تبيض الاسنان او علاج للتسوس)

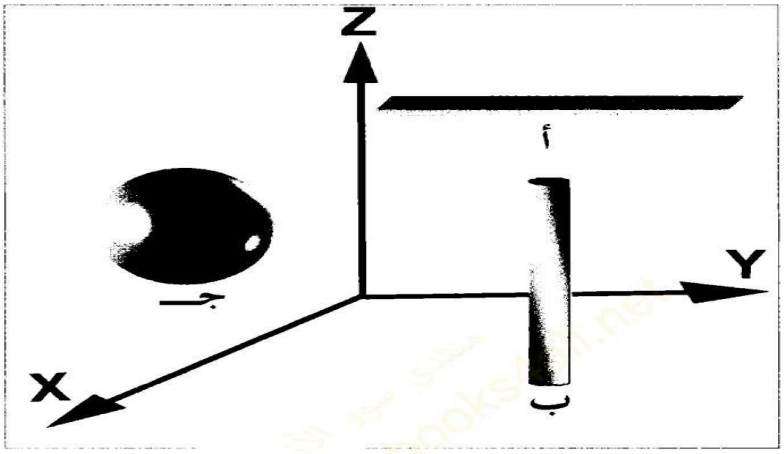
# الفصل الثاني

## ٢-١ مقدمة:

تصنيع المواد النانوية هو عملية تحضير المواد التي تتراوح أبعادها في نطاق النانومتر (مليون جزء من المليمتر). يمكن تحقيق هذه الأبعاد الصغيرة عن طريق تقنيات مثل تقنيات التحكم في الطور وتقنيات النقش الكيميائي والتقنيات البيولوجية. تتميز المواد النانوية بخصائص فريدة تميزها عن المواد التقليدية، مثل قوى السطح العالية وتوصيل الحرارة الفائق والتوصيل الكهربائي الفائق، وهذه الخصائص تجعلها مفيدة في مجموعة واسعة من التطبيقات مثل الإلكترونيات والطاقة والطب والبيئة. تصنيف المواد النانوية يتم بناءً على الهيكل والتركيب والخصائص الفيزيائية والكيميائية، وتتنوع المواد النانوية بشكل كبير، بما في ذلك النانوأنابيب والنانوجسيمات والنانوأسلاك وغيرها.

## ٢-٢ تصنيف المواد النانوية:

إن جميع أنواع المواد التقليدية، مثل الفلزات Metalsوسبائكها، وأشباه الموصلات Semiconductors،والزجاج Glass،والسيراميك Ceramic والبوليمرات Polymers، تعد بمنزلة الخامات الأولية المستخدمة في تخليق مواد ذات أبعاد نانومترية (مواد نانونية). هذا وتختلف أشكال المواد النانوية باختلاف طريقة التحضير المستخدمة، حيث يمكن أن تُحضّر في صورة أغشية (رقائق) نانوية Nanolayers، أو على هيئة أنابيب (أسطوانات) Nanotubes، أو أسلاك Nanowiresأو عصي أو عيدان Nanorods، وكذلك في صورة حبيبات .Nanoparticles تنفرد المواد النانومترية على اختلاف أنواعها بخواص فيزيائية، كيميائية وميكانيكية فريدة تميزها عن المواد التقليدية ذات الحبيبات الكبيرة وحيث إن المواد النانوية هي بمنزلة أحجار بناء وتصنيع المنتجات الجديدة، فإن تمتع هذه المواد المخلقة بخواص [ 16]متقدمة ينعكس على كفاءة وأداء المنتج النهائي الذي يتم تصنيعه، حيث تتوافر فيه خواص لا يمكن توافرها في منتجات المواد التقليدية. ويلخص الشكل (٢-١) الأنواع المختلفة لأشكال المواد النانوية وعلاقتها بالنسبة إلى مستويات الفراغ الثلاثية ( X)،Y،Z).




الشكل (٢-١) رسم تخطيطي يبين الأشكال المختلفة التي تخلق المواد النانوية على هيئتها، وهي: (أ) رقائق أو طبقات نانوية (أحادية الأبعاد)، و(ب) أسطوانات أو أنابيب نانونية (ثنائية الأبعاد)، و(ج) حبيبات نانوية (ثلاثية الأبعاد) (١).[ 16 ]

ومن الشكل، نستطيع أن نصنف المواد النانوية إلى ثلاث مجموعات رئيسية هي:

١– **المواد النانوية أحادية الأبعاد:** تقع تحت هذه الفئة، جميع المواد التي يقل أحد مقاييس ابعادها عن ١٠٠ نانومتر. ويعرض الشكل (٢-١«أ») رسما تخطيطيا لعينة من هذه الفئة وهي على هيئة طبقة مسطحة رقيقة (جمعها رقائق) ذات سمك (بعدها الرأسي على المحور Z) نانوي. ويلاحظ من الشكل أنه لا يشترط أن يتمتع بعداها الآخران ( X, Y)بمقاييس نانوية، ومن هنا سميت هذه الفئة بالمواد النانوية أحادية الأبعاد (أي التي لها بعد نانوي واحد فقط). ومن أمثلة هذه المواد كما ذكرنا الرقائق أو الأغشية Thin Layers مثل المواد النانوية الموظفة في أعمال طلاء الأسطح Surface Nanocoating، كمثل التي تستخدم في طلاء أسطح المنتجات الفلزية بغرض حمايتها من التآكل بالصدأ، أو تلك الأفلام رقيقة السمك Thin Films المستخدمة في تغليف المنتجات الغذائية بهدف وقايتها من التلوث والتلف. ويبين الجدول ( ٢-١) كيفية تأهيل المنتج للتطبيقات المختلفة عن طريق طلاء سطحه الخارجي برقائق النانو، وماهية الخواص التي يكتسبها سطحه ليتناسب مع تلك التطبيقات.[16]

الجدول (٢-١) تحسين وتطوير خواص سطح المنتج لمواكبة التطبيقات المختلفة، وذلك عن طريق طلائه برقائق النانو.[ 16 ]

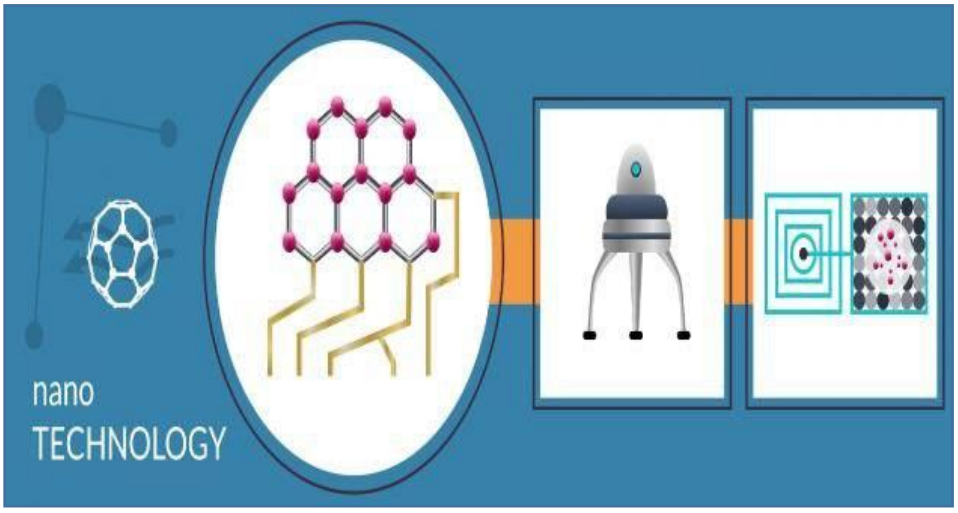
| الخواص المطلوبة إضافتها إلى سطح المنتج بعد طلاء الأسطح بالمواد النانوية | أمثلة للتطبيقات ومجال الاستخدامات |
|---|---|
| ● خواص ميكانيكية: زيادة في صلادة المنتج، زيادة في مقاومة الأسطح للخدش. | حماية أجزاء الماكينات والمعدات من التآكل الناتج عن الاحتكاك، زيادة في حماية أسطح المواد اللينة مثل البلمرات، الأنسجة الصناعية والأخشاب. |
| ● خواص متعلقة بحماية سطح المنتجات من البلل والالتصاق. | تنظيف ذاتي لأسطح المنتجات وحمايتها من التصاق الغبار والشحوم عليها. لذا فإن هذه المواد تستخدم في تغطية أنسجة الأقمشة وسطوح زجاج البنايات الشاهقة. |
| ● خواص حرارية وكيميائية: مقاومة الحرارة، العزل الحراري، مقاومة التآكل الناتج عن الصدأ. | حماية أجزاء الآلات وماكينات التشغيل والأدوات من التآكل الناتج عن الصدأ. حماية أسطح التربينات والمحركات من الحرارة الناجمة عن التشغيل، العزل الحراري للبنايات والمنشآت عن طريق الدهانات. |
| ● خواص بيولوجية: الملاءمة البيولوجية، مضادات العدوى. | طلاء أسطح الأجهزة التعويضية بهدف رفع ملاءمتها البيولوجية لسوائل وأنسجة الجسم، طلاء أسطح الأدوات الجراحية بهدف عزلها عن المؤثرات البكتيرية ورفع مقاومتها للفيروسات والميكروبات ومنع التصاقها بسطوح تلك الأدوات. |
| ● خواص كهربية ومغناطيسية: العزل الكهربي، مقاومة المولدات المغناطيسية. | صناعة مواد العوازل ذات الأسماك الرقيقة جدا والمستخدمة عزل الكهرباء المؤثرة على حقول الترانزستورات، بيانات الذاكرة والأقراص الصلبة المستخدمة في حفظ البيانات. |
| ● خواص بصرية: مضادات الانعكاس الضوئي. | الأغلفة الرقيقة والأغشية المستخدمة كمضادات للانعكاس والمطبقة في دهان أسطح الشاشات والعدسات وغيرها، صناعة الخلايا الشمسية والخلايا الفوتوفولطية. |

**٢– المواد النانوية ثنائية الأبعاد:** يشترط في مجموعة هذه الفئة من المواد النانوية أن يقل مقياس بعدين من أبعادها عن ١٠٠ نانومتر. وتعد الأنابيب أو الأسطوانات النانوية ( Carbon Nanotubes) ومنها على سبيل المثال لا الحصر أنابيب الكربون النانوية ( Nanotubes)، والألياف النانوية ( Nanofibers) وكذلك الأسلاك النانوية ((Nano wires، نماذج مهمة لتلك الفئة من المواد.

**٣– المواد النانوية ثلاثية الأبعاد:** تمثل الكريات Spheres نانوية الأبعاد مثل الحبيبات النانوية Nanoparticles، وكذلك مساحيق الفلزات والمواد السيراميكية فائقة النعومة Ultrafine Powders، أمثلة لهذه الفئة من المواد التكنولوجية المهمة التي نعتت بأنها ثلاثية الأبعاد، نظرا إلى أن مقاييس أبعادها على المحاور الثلاثة X, Y, Z تقل عن ١٠٠ نانومتر الجدير بالذكر، أن هذه الفئة من المواد النانوية ثلاثية الأبعاد، سواء أكانت على هيئة حبيبات أم مساحيق فائقة النعومة، تتصدر قائمة الإنتاج العالمي من المواد النانوية بوجه عام، وذلك نظرا إلى تعدد استخداماتها في المجالات والتطبيقات التكنولوجية الحديثة.

## ٣-٢ طرق تحضير المواد النانوية:

**١-الطرق الفيزيائية** يتم تحضيرها ابتداءً من الحالة البخارية للمادة بتسخين المادة أو بقذفها بحزمة من الإلكترونات أو حلها حرارياً باستخدام أشعة الليزر، ثمّ يتم تبريد البخار من خلال صدمه بغاز محايد ليصبح أكثر إشباعاً وبعد ذلك يتم وضعه على سطح بارد بسرعة لتجنب حدوث بناء بلوري، ثمّ يتم تحضير مواد النانو باستخدام الموجات أو باستخدام الليزر أو عن طريق PVD أو .Epitaxie [21]




الشكل( ٢-٢)تحضير المواد النانوية[ 21 ]

### ٢-الطرق الكيميائية

**التفاعلات في الحالة البخارية:** يدخل بخار المادة المراد تحضيرها في مفاعل CVD، ثمّ تمتزج جزيئات المادة على سطح أساس بدرجة حرارة معينة وتتفاعل مع غازات أخرى لتكوين شريط صلب على سطح الأساس، وتستخدم هذه الطريقة لتحضير مواد النانو مثل كميمات أشباه النوافل.

**التفاعلات في وسط سائل:** يعتبر الماء أو السوائل العضوية الأكثر استخداماً، ويتم تحضير مواد النانو من خلال تغيير شروط التوازن الكيميائي فيزيائي من خلال تفاعلات الترسيب الكيميائي المزدوج أو التحليل بالماء للحصول على جزيئات كروية يمكن التحكم بأبعادها، أو من خلال استخدام تقنيات sol gel باستخدام محاليل غروية على درجات حرارة منخفضة.[ 21 ]

### ٣- الطرق الميكانيكية

**التركيب الميكانيكي:** من خلال سحق مادة مكوّنة من جزيئات ميكرومترية من (١ إلى ٣٠) إلى عدة خلائط ومزجها، وتتميز هذه التقنية بأنّها تسمح بتحضير مواد نانو متجانسة، كما تسمح بإنتاج مواد ضخمة من عدة أطنان.

**عمليــة الرصــد والتــزجيج الأولــى**: مــن خــلال تحويــل المــادة الذريــة إلــى قطعــة ضــخمة خــلال مرحلتين، مرحلة الرص الميكانيكي، ومرحلة إذابة مسحوق المعادن لتشكيله بعد التبريد.

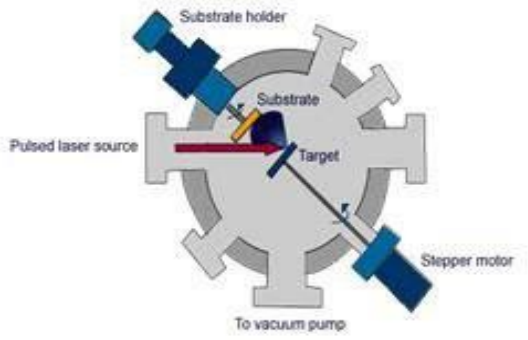
**تقنيــات التشــوهات القويــة**: مــن خــلال تشــويه مــادة بلوريــة بقــوة كالمعــدن أو الخــزف بهــدف تحســين خصائص التصلب واللدانة للمواد. [21 ]

**٤ـ طريقــة الطحــن:** تســتخدم لإنتــاج مــواد نــانو علــى شــكل مســحوق حيــث يــتم تعــريض المــادة الأساســية لطاقــة عاليــة جــداً، ثــمّ طحنهــا باســتخدام كــرات مصــنوعة مــن الفــولاذ تتحــرك بشــكل اهتــزازي أو كــوكبي أو رأســي، ويتــراوح حجــم مــواد نــانو التــي يــتم تصــنيعها مــا بــين ٣ إلــى ٢٥ نانومتراً.[ 21 ]

**٥ـ طريقــة الحــك:** مــن خــلال وضــع شــرائح الســيلكون النحيفــة جــداً فــي مــواد كيميائيــة مثــل HF، وحــك شــرائح الســيلكون للحصــول علــى جزيئــات الســيلكون علــى ســطح الشــرائح، ووضــع هــذه الشــرائح فــي محلــول مثــل الأيزوبروبــانول وبعــد ذلــك فــي جهــاز الموجــات فــوق الصــوتية لإســقاط الجزيئات داخل المحلول. [ 21 ]

**٦ـالطريقــة الإلكتروكيميائيــة:** مــن خــلال وضــع شــريحة الســيلكون فــي القطــب الموجــب وشــريحة البوليكاربونات في القطب السالب في محلول كيميائي، وتعريض الشرائح إلى تيار كهربائي.

**٧ـطريقــة الاستئصــال الليــزري:** مــن خــلال تعــريض المــادة إلــى ليــزر نبضــي ذي طاقــة عاليــة جــداً، بحيث يتفاعل شعاع الليزر مع الهدف مما يؤدي إلى تطاير جزيئات المادة وتكوين البلازما التي تترسب على القاعدة وتكون أفلام رقيقة. [ 21 ]




الشكل ( ٢-٣ ) [ 21]

## ٤ـ٢ الاجهزة والادوات المستخدمة في تصنيغ المواد النانوية:

هناك العديد من الأدوات والتقنيات المستخدمة لدراسة وتصنيع المواد النانوية، والتي يمكن تصنيفها على نطاق واسع إلى طرق فيزيائية وكيميائية وبيولوجية. وهنا بعض منها الشائعة:[ 22 ]

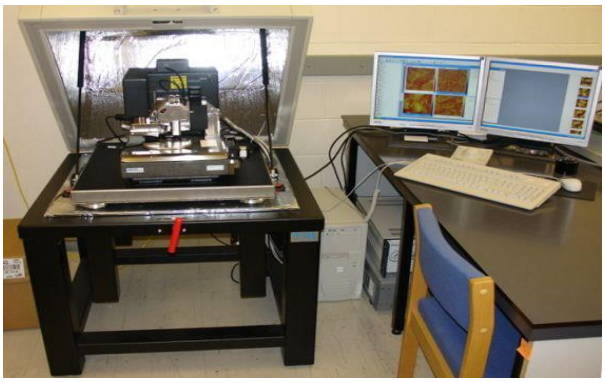
١. المجهر الإلكتروني الماسح ( :(SEMتستخدم هذه التقنية شعاعًا إلكترونيًا مركّزًا لتصوير سطح المادة بتكبير عالٍ.

الشكل( ٢-٤ ) المجهر الإلكتروني الماسح

٢. المجهر الإلكتروني النافذ :(TEMعلى غرار SEM، يستخدم TEM شعاعًا من الإلكترونات لتصوير العينة، ولكن بدلاً من ذلك، يتم عرض العينة من خلال طبقة رقيقة مدعومة بشبكة.

الشكل ( ٢-٥ ) المجهر الإلكتروني النافذ

٣. مجهر القوة الذرية ( :(AFMيستخدم AFM مسبارًا صغيرًا وحادًا يتم مسحه ضوئيًا عبر سطح المادة، ويقيس القوى بين المسبار والسطح عند كل نقطة لإنشاء صورة عالية الدقة.



الشكل ( ٢-٦)مجهر القوة الذرية

٤. حيود الأشعة السينية ( XRD): تُستخدم هذه التقنية لتحديد التركيب البلوري وخصائص المادة من خلال تحليل كيفية حيود المادة للأشعة السينية.

٥. تحليل فوريه الطيفي للأشعة تحت الحمراء (FTIR: FTIR هو تقنية تقيس امتصاص المادة للأشعة تحت الحمراء، مما يسمح بتحديد المجموعات الوظيفية الكيميائية الموجودة في العينة.

٦. مطيافية رامان: مطيافية رامان هي تقنية أخرى تقيس التشتت غير المرن للضوء بواسطة المادة، مما يوفر معلومات حول أوضاع الاهتزاز والبنية الكيميائية للعينة.

٧. تشتت الضوء الديناميكي (DLS) : هي تقنية تقيس التقلبات في شدة الضوء المتناثر بواسطة المادة، مما يوفر معلومات حول توزيع الحجم والتشتت المتعدد للجسيمات النانوية.

٨. قياس زيتا المحتمل: تقيس هذه التقنية الشحنة الكهربائية عند السطح البيني بين الجسيم والوسط السائل المحيط به، مما يوفر معلومات حول استقرار وسلوك التلبد للجسيمات النانوية.

٩. قياس سعرات المسح التفاضلي DSC: يقيس تدفق الحرارة داخل المادة أو خارجها كدالة لدرجة الحرارة أو الوقت، مما يوفر معلومات حول الخواص الحرارية ونقاط الانصهار ودرجات حرارة التحول الزجاجي للمواد النانوية.

١٠. تحليل قياس الوزن الحراري :TGAيقيس تغير كتلة المادة كدالة لدرجة الحرارة أو الوقت في ظل جو متحكم فيه، مما يوفر معلومات حول الاستقرار الحراري، والتحلل، وسلوك الأكسدة للمواد النانوية.هذه ليست سوى بعض من الأدوات العديدة المتاحة لدراسة المواد النانوية. يعتمد اختيار التقنية على الخصائص المحددة محل الاهتمام وطبيعة المادة قيد الدراسة.[23]

## ٥-٢ المواد المستخدمة في تقنية النانو ودورها في مجال طب الاسنان:

تقنية النانو في صناعة حشوات الاسنان هي اكتشاف كبير في استعمالات تقنية النانو يجعل من استعمالها ليس حكراً على الصناعات الإلكترونية فقط. حصول تقدم كبير في الصناعة يعطي الفرصة لأطباء الأسنان للتخفيف من اعباء عملهم بشكل كبير خلال طريقة ربما لم تكن متوقعة من قبل.

تقنية النانو في صناعة حشوات الاسنان. يستعمل الأطباء مركبات خاصة بالأسنان تعمل على إرجاع تلك الأسنان الى قوتها و صلابتها الأصلية. تلك المركبات تعتبر ضرورية في عملية علاج الأسنان و استرجاع قوتها ومن تلك المركبات هي حشوات الترميم و التجديد للأسنان. يتم صناعة تلك الحشوات عادة من معادن ممزوجة مع الزئبق مثلاً المركبات المصنوعة من مركبات السيليكا، مركبات البلاستيك او السيراميك، او مخاليط الفضة، زئبق او القصدير.[24]

الشكل (٤-٢ )حشوة مستخدمة من مادة نانوية[24]

**١-٥-٢استعمال تقنية النانو**

ان دورة الحياة القصيرة للمركبات المستعملة في حشو الأسنان اليوم قاد المهندسين للتفكير في إمكانية استعمال تقنية النانو في طب الأسنان، للتفكير في صناعة حشوات تبقى لفترة أطول من تلك الحشوات التقليدية. ان الغاية من استعمال المواد المتناهية في الصغر هو ان تلك المواد كلما أصبحت اصغر تقل إمكانية احتوائها على خلل وهذا بالتالي يزيد من قوتها.

**٢-٥-٢مركب NovaPro**

قام هاو لي، البروفيسور في جامعة ميزوري University of Missouri كلية الهندسة بتطوير مركب قابل للصب يعرف بـ NovaPro Flow والذي حصل مؤخراً على الترخيص من .FDAهذا المركب يدمج تكنولوجيا ألياف النانو لفوسفات الكالسيوم مع تقنية ( nanoparticalesوهي جسيمات ميكروسكوبية ذات بعد واحد اقل من ١٠٠ .nmيتم حقن تلك المادة السائلة في التجويف بواسطة الحقنة، وبذلك تمنح السهولة و الدقة عند معالجة أسنان المريض.

ان جعل ذلك المركب قابل للصب كان ضروري لتسهيل عملية ملء كل فجوة و شق داخل السن. حالما تتم عملية ملء السن بالمركب بشكل كامل، يتم تقسيته باقل من عشرون ثانية باستعمال الضوء الأزرق عالي الكثافة. بعد التقسية فان ألياف النانو تمنح الدعم لبنية السن بشكل كامل، تعمل كعمل السيخ الذي يوضع عن صب الإسمنت والذي يضمن طول العمر بشكل كبير.

**٣-٥-٢فوائد استعمال الياف النانو ألياف النانو**

ان فائدة استعمال ألياف فوسفات الكالسيوم النانوية لا تقتصر على تقوية الأسنان، وإنما ايضا تساعدها على استعادة بريقها. بالطبع، هنالك سبب اخر يجعل من ألياف النانو مهمة جداً. [ 25] وذلك انها صنعت

من مواد تشبه الى حد كبير المواد المعدنية للأسنان و نخاع العظم، مما يجعلها مقبولة بشكل كبير من الناحية البايولوجية.

انه من المعتقد ان هذا المركب هو الأكثر قوة من اي مركب اخر موجود في الاسواق حالياً، بالمقارنة مع المنتجات الحشوية للأسنان. أطباء الأسنان يقولون بان مركب NovaPro Flow ممكن ان يساعد الطبيب و المريض على حد سواء، بفضل قوته و قدرته على الارتباط. وهذا ممكن ان يؤسس لترميمات تبقى لفترة طويلة للأسنان، اي ان المريض سيراجع الطبيب لفترات اقل لاستبدال حشوة اسنانه. و ذلك ممكن ان يعتبر فائدة كبيرة للعاملين في مجال طب الأسنان.

# الفصل الثالث

## ١-٣ المقدمة:

ويهدف استخدام تقنية النانو في طب الأسنان إلى الحفاظ على صحة الأسنان عبر استخدام المواد النانوية، والتكنولوجيا الحيوية التي تتضمن هندسة الأنسجة وروبوتات النانو السنية. ويهدف العلم إلى منح روبوتات النانو السنية القدرة على استخدام آلياتٍ حركيةٍ محددة تسمح لها بالسباحة عبر الأنسجة البشرية بدقةٍ، والتوصل إلى تقنيةٍ لدخول الخلايا بشكلٍ آمنٍ والتعامل مع المحيط، ويتم التحكم بهذه الروبوتات النانوية عبر حاسوبٍ خاصٍّ يقوم بتنفيذ مجموعةٍ من التعليمات المبرمجة مسبقًا، أو قد يقوم طبيب الأسنان نفسه بإرسال أوامر مباشرةً إلى هذه الروبوتات عبر الإشارات الصوتية أو وسائل أخرى.

## ٢-٣ تطبيقات النانو في مجال طب الاسنان

شهد العقد الماضي تطوراً لا مثيل له في مجال البحث والطب، ومع ذلك لا يزال الشك يدور حول استخدام تقنية النانو في الرعاية الطبية والحياة اليومية وفعاليتها. تجاوزت تقنية النانو التوقعات بتطورها عن نظيراتها من التقنيات خاصة في مجال الرعاية الطبية، وطب الأسنان لم يُستثنى من ذلك.

عبارة الفيزيائي ريتشارد فاينمان "هناك الكثير من الفسحة في القاع"، وضعت التصورات الأساسية لتقنية النانو منذ عام ١٩٥٩م. ومن ذلك الحين، قطعت هذه التقنية شوطاً طويلاً لتطبيق وتسخير هذه التقنية في مجالات عدة ومنها: الجزيئات النانوية والكبسولات النانوية المستخدمة كأنظمة دقيقة لتوصيل الجينات والعقاقير، هندسة وإصلاح الانسجة، كذلك الابتكارات الحديثة التي تدخل في المواد الضرورية في مجال تشخيص وعلاج الاسنان.

كما تم اقتراح ان استخدام التقنية الحيوية والمواد النانوية و الروبوتات النانوية في طب الأسنان سيزيد من احتمالية الحفاظ على صحة الفم بشكل أقرب ما يكون للمثالي ،كغيرها من التقنيات، هذه التقنية ذات حدين فمن جهة قد امتازت بالإمكانيات العالية، ومن جهة أخرى يجب التركيز على تقبل المجتمع لهذه التقنية وأخلاقياتها وسلامتها لتكون قادرة على توفير رعاية الأسنان بجودة عالية. [27]

نهج تصنيع المواد بالمقياس النانوي في طب الأسنان:

- طريقة أسفل إلى أعلى (bottom-up) التصاعدي.
- طريقة من أعلى إلى أسفل (top-down) التنازلي.

### ١-٢-٣استخدامات النهج التصاعدي (bottom-up) في طب الأسنان:

**التشخيص:**

تدخل تقنية النانو في التصوير intracellular imaging باستخدام روابط النقاط الكمومية quantum dots النانوية، والأصباغ chromophores لجزيئات محددة كالبروتينات، حيث انها تصبح ذات

خصائص فلوروسنتيه في وجود هذه البروتينات عند فحصها بأجهزة أخرى مثل Confocal microscopy

**التخدير الموضعي:**

ويستخدم لضمان راحة المريض خلال العلاج باختلاف فعاليته واستمراريته باختلاف استجابة المرضى وتعمل الابحاث الحالية على تطويرمحاليل تحتوي على روبوتات نانوية حاملة للمسكنات (المخدر) حيث يتحكم فيه طبيب الأسنان عن طريق كمبيوتر خاص بعد حقنها في اللثة.

**التعديلات الأساسية للأسنان *Major tooth repairs:***

تطمح هذه التقنية لأن تصل للقدرة على تسخير الهندسة الوراثية وهندسة وتجديد الانسجة لتصنيع سن جديد في المعمل وتركيبه. كما أن هذه التقنية قد تضمن لنا مستقبلاً دوام صحة الاسنان.

**تقويم الأسنان *(Tooth repositioning):***

الروبوتات النانوية المُقوّمة للأسنان ستكون قادرة على التلاعب بالأنسجة المحيطة بالسن مباشرة مثل اللثة والأربطة المحيطة بالسن لاستحثاث تعديل استقامة السن وضبط وضعه العمودي في وقت قصير يستغرق دقائق الى عدة ساعات، خلافاً عن الطرق الحالية والتي قد تستغرق اسابيع وتطول لعدة أشهر.

**فرط حساسية العاج *(Dentin hypersensitivity):***

قد توفر الروبوتات النانوية علاجاً دائماً وسريع خلال عدة دقائق، عن طريق التحكم بالألم الصادر عن العصب.

**ثبات ومظهر السن:**

إستبدال طبقة المينا بمواد مصنعة من الياقوت والألماس قد تكون هشه وعُرضةً للكسر، يمكن تصحيح ذلك عن طريق حشوات مدعمة بالنانو تجعلها أعلى صلابة مثل أنابيب الكربون النانوية.

**معجون الأسنان النانوي*(Dentifrobots):***

يمكن تعزيز معجون الأسنان أو غسول الفم بالروبوتات النانوية والتي يتم إطلاقها مرة يومياً في الفم لإزالة طبقات الجير المتكونة باستمرار، وللتخلص من المواد العضوية العالقة في الأسنان وتحويلها لأبخرة متصاعدة غير ضارة وعديمة الرائحة.

**علاج أمراض الفم (توصيل العقاقير والعلاج الجيني):**

توصيل العقاقير بأحجام صغيرة نانوية لمواقع الاصابة يساعد على تحسين ثبات وامتصاص هذه العقاقير بالتراكيز المطلوبة في النسيج المستهدف ، في العلاج الجيني تستخدم تقنية النانو لنقل الجينات لتصبح

مايعرف بالمدافع الجينية gene guns، والتي تكون قادرة على حمل وتوصيل جينات بديلة او معدلة كطريقة وقائية أو علاجية للإضطرابات الوراثية.

## ٢-٢-٣إستخدامات النهج التنازلي (Top-down) في طب الأسنان:

**الحشوات التجميلية النانوية:**

حاليًا الحشوات التجميلية النانوية لها وقع كبير على طب الأسنان الترميمي، من خلال تقديم تصفية للحشوات التجميلية ذات القاعدة الراتينجية(*Resin-based composite*) التي تم اعتمادها سريريًا ولها نوعان وهما: [28]

**Nanohybird-1 و Nanofilled**

ويتصف بحجم جسيم يكون أقل من ١٠٠ نانومتر

**ايجابيات Nanohybird و Nanofilled :**

- أكثر صلابة
- قوة انعطاف ، معامل مرونة وشفافية
- أقل انكماشًا
- خصائص مناولة ممتازة

**Nano Light-curing glass ionomer restorative -2**

**ايجابياتها:**

- فائقة اللمعان
- جمالية ممتازة
- تحسين مقاومة التآكل

**٣-دمج (Nanofiller) مع (vinylpolysiloxanes)*لإنتاج ما يسمى* ( Siloxane impression materials)**

**ايجابياتها:**

- زيادة السيولة
- مقاومة عالية للتمزق
- خصائص محبة للماء
- مقاومة التشويه والحرارة
- تصلب سريع مما يقلل الأخطاء التي قد تسببها الحركات الصغيرة

**٤ - (Nano-composite denture teeth):**

مقاومة التآكل هي من أهم الخصائص الفيزيائية لأسنان البدلة السنية (Dentureteeth)الأسنانالمصنوعة من البورسلين هي الأفضل مقاومة للتآكل لكنها هشة وتفتقد إلى الارتباط بقاعدة البدلة السنية، وصعبة التلميع. أما الأسنان التي تصنع من الراتين الأكريليكي (Acrylic resin) لها إعادة هندمة سهلة، لكن لها تآكل شديد.

**ايجابياتها:**

- قابلية عالية للتلميع ،مادة مقاومة للبقع والآثار
- صلابة سطح عالية ومقاومة للتآكل

**٥ - Laser Plasma Application for periodontia**

عندما يقل حجم أكسيد التيتانيوم $TiO_2$ إلى ٢٠-٥٠ نانومتر وتوضع على جلد الإنسانعلى هيئة شبه هلامية حساسة للضوء، ويتم تشعيعها باستخدام نبضات الليزر، يمكن تقسيم هذه الجسيمات ضوئياً ويصاحبها بعض التأثيرات مثل: موجة صادمة، نسيج صلب شديد التآكل، تحفيز إنتاج الكولاجين وتطبيقاتها سريريًا هي:[29]

١ - علاجات اللثة

٢ - إزالة الميلانين

٣- شق الأنسجة الرخوة دون تخدير

٤- إعداد تسوس

٥ - قص طبقة العاج والمينا

**6- زراعة الأسنان التعويضية *Prosthetic implant***

قد تنتج التقنيات النانوية أسطح ذات تضاريس وكيمياء متحكم فيها تساعدعلى فهم التفاعلات البيولوجية وتطوير أسطح مزروعة جديدة مع خصائص تكاملية للنسيج يمكن التنبؤ بها.

**٧- الإبر النانوية**

لقد تم تطوير إبر جراحية مصنوعة من الكريستالات الفولاذية المقاومة للصدأ بحجم النانو. حاليًا الملاقط النانوية (Nanotweezers) تحت التطوير مما سيجعل الجراحة
الخلوية ممكنة في المستقبل القريب.

### ٣-٣ فوائد استخدام الالياف النانو في طب الاسنان:

لا يساعد استخدام ألياف فوسفات الكالسيوم النانوية في تحسين قوة الأسنان فحسب ، بل يساعد أيضًا في الحفاظ على لمعانها. بالطبع ، هناك سبب آخر لأهمية الألياف النانوية. إنها مصنوعة من مادة مشابهة جدًا لتلك الموجودة في أسنانك المعدنية ونخاع العظام ، مما يجعلها مقبولة جدًا من الناحية البيولوجية.

يُعتقد أن هذا المركب الجديد أقوى من أي شيء آخر موجود حاليًا في السوق ، عند مقارنته بمنتجات حشو الأسنان التجارية الأخرى. يقول أطباء الأسنان أن NovaPro Flow يمكن أن يساعد أطباء الأسنان والمرضى على حد سواء ، نظرًا لقوتها وقدرتها على الترابط. هذا من شأنه أن يسمح بترميمات تدوم طويلاً ، مما يعني أن المرضى سيحتاجون إلى تقليل حجم الحشوات البديلة. سيكون هذا مفيدًا جدًا للجميع في مجال طب الأسنان. . [29]

### ٣-٤ تقنيه النانو في صناعة حشوات الاسنان التجميلية:

حشوات النانو التجميلية هي تقنية جديدة يمكن أن تزيد من طول عمر حشوات الأسنان .سيتحقق ذلك من خلال إعادة المعادن إلى شبكة الكولاجين خلال عملية إعادة تمعدن الأنسجة الموجهة، وهي عملية جديدة لتقنية النانو لتنمية بلورات صغيرة للغاية وغنية بالمعادن وتوجيهها إلى المساحات المنزوعة المعادن بين ألياف الكولاجين.

### ما هو حشوات النانو التجميلية وما هي فوائدها؟

في الوقت الحاضر، تتيح التقنيات الجديدة في متناول الجميع إمكانية الحصول على معلومات حول جميع أنواع المواد أو تدخلات طب الأسنان، وهم نفس العملاء الذين غالبًا ما يكونون أكثر تطلبًا عند مواجهة هذا النوع من التدخل. كطبيب أسنان، من المهم مواكبة أحدث العلاجات لضمان أقصى قدر من السلامة، وتقديم المشورة للمريض وتبديد الخرافات الكاذبة التي يمكن العثور عليها على الإنترنت. لقد تغير الكثير منذ أول تبييض أسنان شديد العدوانية، والذي يمكن أن ينتج عنه آثار جانبية سلبية مثل فرط الحساسية أو تراجع اللثة، إذا طورت العلامات التجارية الرئيسية مكونات جديدة مع توازن جيد بين الجماليات والسلامة.

### ***حشوات النانو هيدروكسيباتيت***

المكون العضوي لبنية الأسنان هو هيدروكسيباتيت، هذا المعدن يمثل حوالي ٦٨٪ جزء من العاج و ٩٧٪ من المينا. على عكس هيدروكسيباتيت، فإن حشوات النانو التجميلية هو نسخة معدلة معدلة من

هيدروكسيباتيت، والتي ترتبط بشكل طبيعي مع هيدروكسيباتيت الموجودة في الأسنان، وتخترق الأنابيب السنية، مما يقلل من الحساسية، بينما يعيد التمعدن ويصلح أي عيوب.

## ***تبييض الأسنان باستخدلم حشوات النانو التجميلية***

تم تطوير مركب جديد باستخدام حشوات النانو التجميلية وهو مركب مدمج في منتجاتها ويوفر حماية إضافية ضد فرط الحساسية وهيكل الأسنان. تقدم هذه المادة الجديدة العديد من الحلول لمكافحة فرط الحساسية، وتقوية المينا والمساعدة في تبييض الأسنان، وكل ذلك باستخدام نانو هيدروكسيباتيت كعامل رئيسي ومبتكر. يتم تبييض الأسنان باستخدام تركيز بيروكسيد الهيدروجين مع نانو هيدروكسيباتيت [30]

### ٣-٥ استخدام تقنيه النانو في علاج التسوس:

ابتكر علماء كيمياء في الولايات المتحدة دقائق نانو قادرة على منع تسوس الأسنان وإذابة مجموعة ميكروبات تشكل الترسبات الجيرية. ويشير هون كو من جامعة بنسلفانيا في فيلادلفيا في مقال نشرته مجلة Nature Communications، إلى أن "دقائق النانو التي ابتكرناها لها خواص مثيرة، تجعلها شبيهة بالإنزيمات، حيث لا يظهر مفعولها في وسط متعادل، ولكنها تبدأ بإنتاج بيروكسيد الهيدروجين عند ارتفاع درجة حموضة الوسط، ويقتل البيروكسيد بدوره البكتيريا ويدمر الأشرطة البيولوجية دون المس بالأجزاء السليمة من السن". [30]

### ٣-٦ الاستنتاجات

يمكن استخدام تقنيات النانو في تطوير مواد حشوية وتركيبات أسنان أكثر فعالية ومتانة، مما يحسن من جودة العلاج ويطيل عمر الأسنان المعالجة، كما يمكن استخدام تقنيات النانو في تطوير أجهزة تشخيصية دقيقة تساعد على كشف الأمراض والمشاكل الصحية في الأسنان في مراحل مبكرة، مما يسهم في العلاج المبكر والوقاية. ايضا يمكن استخدام التقنيات النانوية في تحسين تأثيرات العلاج بالليزر في طب الأسنان، مما يجعل العلاج أكثر فعالية وأقل تأثيرًا جانبيًا كما انه تم استخدام التقنيات النانوية في تطوير مواد مانعة للتسوس تعمل على حماية الأسنان من الضرر والتآكل، مما يقلل من احتمالية الإصابة بتسوس الأسنان ويحافظ على صحتها وكذلك في تطوير مواد زراعة الأسنان وتقنيات العلاج بالزراعة، مما يزيد من نجاح العمليات الجراحية ويقلل من مخاطر الرفض والتعفن. هذه الاستنتاجات تعكس العديد من الفوائد التي يمكن أن توفرها التكنولوجيا النانوية في مجال طب الأسنان، وتظهر أهمية استمرار البحث والتطوير في هذا المجال.

## ٧-٣ التوصيات

يهدف طب الأسنان النانوي إلى ضمان رعاية صحية شاملة للفم للمريض ويؤكد على الوقاية الأولية من أمراض الفم. مع توفر طرق تشخيص متقدمة ودقيقة، يمكن الوقاية من عدد من أمراض الفم أو علاجها عند ظهور علامات مبكرة، ويجب معالجة التحديات المتعلقة بطرق الهندسة الجزيئية الأساسية وتقنيات الإنتاج الضخم والتنسيق المتزامن لعدد كبير من الروبوتات النانوية مسبقًا.

يجب على الجامعات والمؤسسات الطبية والشركات الصناعية العمل على زيادة الاستثمار في البحث والتطوير لتطوير تقنيات نانو متقدمة في طب الأسنان حيث يجب توجيه جهود البحث نحو تطوير تقنيات نانو للتشخيص المبكر للأمراض الأسنان، مما يساعد في تحديد المشاكل الصحية بدقة وسرعة أكبر.

يمكن استخدام التقنيات النانوية لتطوير مواد وتقنيات وقائية تساعد في منع الأمراض الأسنان والمحافظة على صحة الفم، يجب على الأطباء والممرضين والمرضى التعرف على فوائد وتطبيقات التقنيات النانوية في طب الأسنان من خلال التوعية والتدريب العلمي المستمر.

يجب وضع إطار قانوني وأخلاقي صارم لاستخدام التقنيات النانوية في طب الأسنان، مع التأكد من سلامة المواد المستخدمة وحماية خصوصية المرضى، أيضا ينبغي على الباحثين والمهنيين في مجال طب الأسنان التعاون مع بعضهم البعض وتبادل المعرفة والخبرات في مجال استخدام التقنيات النانوية لتحسين جودة الرعاية الصحية الفموية.

# المصادر


1) Risal Singh Shipra Mital Gupta," Introduction To Nanotechnology ", ISBN10 : 9780199456789, Oxford University Press; 1st Edition (January 1, 2016).
2) Madhuri Sharon, " History of Nanotechnology: From Prehistoric to Modern Times", ISBN: 978-1-119-46055-8, March 2019.
3) Chris Binns ," Introduction to Nanoscience and Nanotechnology ", ISBN-13: 978-0471776475, Wiley, May 16, 2011.
4) Sulabha K. Kulkarni," Nanotechnology: Principles and Practices", ISBN: 9783319091716, Springer International Publishing, November 3, 2014.
5) M. D. Weir, J. L. Moreau, E. D. Levine, H. E. Strassler, L. C. Chow, and H. H. K. Xu, ―Nanocomposite containing CaF 2 nanoparticles: Thermal cycling, wear and long-term water-aging,‖ Dent. Mater., vol. 28, no. 6, pp. 642–652, 2013.
6) C. Stelzer, I. Lummer, and M. K. Singh, ―Effect of Nanoparticles on Aquatic Life,‖ no. April, 2019.
7) B .Joon, Park, Joseph D. Bronzino., "Biomaterials principle and applications"., by CRC Press LLC, 2003.
8) R. Che, A. Aziz, I. A. Rahman, and D. Mohamad, ―Synthesis of Silica Hybrid Nanoparticles and the Effect of Their Addition on the Hardness of the Dental Nanocomposites,‖ no. January, 2012.
9) M. F. Şuhani, G. Băciuţ, M. Băciuţ, R. Şuhani, and S. Bran, ―Current perspectives regarding the application and incorporation of silver nanoparticles into dental biomaterials,‖ Clujul Med., vol. 0, no. 0, pp. 274–279, 2018.
10) S. Sava, M. Moldovan, C. Sarosi, A. Mesaros, D. Dudea, and C. Alb, ―Effects of graphene addition on the mechanical properties of composites for dental restoration,‖ Mater. Plast., vol. 52, no. 1, pp. 90–92, 2015.
11) C. Stelzer, I. Lummer, and M. K. Singh, ―Effect of Nanoparticles on Aquatic Life,‖ no. April, 2019.
12) الصالحي، محمد و الضويان، عبداهلل ، "مقدمة في تقنية النانو" ، جامعة الملك سعود ، المملكة العربية السعودية 2007.
13) منير محمد سالم "طب النانو_ االآلفاق والمخاطر(" جامعه الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية .
14) خليل أمجد" التطبيقات الطبية للنانو تكنلوجي"، كليه العلوم جامعه الملك فهد للبترول والمعادن2009.
15) صادق عبد الوهاب رجب" تقنيه النانو اإلنسان والبيئة" كليه العلوم، جامعه الملك سعود، الرياض، السعودية2012.

16) محمد شريف اإلسكندري" تكنولوجيا النانو من أجل غد أفضل"، مكتبه الملك فهد ،مصر، )٢٠١٠
17) نهئ العلوي الحبشي "ما هيه تقنيه النانو" مكتبه الملك فهد الوطنية، الرياض، السعودية،)٢٠٠٩
18) محمود محمد سليم صالح "تقنيه النانو وعصر علمي جديد" مكتبه الملك فهد الوطنية، الرياض،
19) السعوديةه٢٠١
20) رافد أحمد عبد هللا" مدخل إلى علم النانو"، اي_كتب لندن، الطبعة األلولى، ٢٠١٤
21) H.Al Sunbul, N. Silikas, and D.C watts, "Polymerization shrinkage kinetics and shrinkagr stress in dental resin-composites",. Dental materials , P.9981006,32(8) ,2016.
22) عطيه البردين، "مجله الفيزياء. لعصريه" دروس من الطبيعة في النانو تكنلوجي" العدد السادس2009
23) P.Rodgers, "Nanoelectronics: Single file". Nature Nanotechnology. DOI:10.1038/nnano.2006.5. (2006).
24) Press Release: American Elements Announces P-Mite Line of Platinum Nanoparticles for Catalyst Applications, October 3, 2007.
25) Kahn ،Jennifer "Nanotechnology". National Geographic. (2006).
26) P.H. Salame, V.B. Pawade, B.A. Bhanvase. ,"Characterization tools and techniques for nanomaterials ", in: B.A Bhanvase, V.B. Pawade, S.J. Dhoble, S.H. Sonawane, M. Ashakkumar (Eds.), Nanomaterials for Green Energy, Elsevier, pp: 83-111, (Chapter 3).( 2018).
27) D. Titus, E James Jebaseelan Samuel, S.M. Roopan. "Nanoparticle characterization techniques", in: A.K. Shukla, S. Iravani 56 (Eds.), "Green Synthesis, Characterization and Appiications af Nanoparticies", Elsevier, pp: 303-319 (Chapter 12),( 2019).
28) ، كلية "عطا حسن درويش ، هاله حميد عمرة: " مستوى المعرفة بتطبيقات النانو تكنولوجي التربية ، جامعة غزة ، مجلة الجامعة اإلسالمية للدرسات التربوية والنفسية ، مجلد٢٦ ،العدد ١ ، 2017.
29) R.A. Shanksm, "Characterization of nanostructured materials", in: S. Thomas, R. Shanks, S. Chandrasekharakurup (Eds.). "Nanostructured Polymer Blends", William Andrew Publishing, Oxford, pp: 15–31 (Chapter 2), (2014).
30) A. K. Nikolaidis, E. A. Koulaouzidou, C. Gogos, and D. S. Achilias, ―Synthesis and Characterization of Dental Nanocomposite Resins Filled with Different Clay Nanoparticles,‖ Polymers (Basel)., vol. 11, no. 4, p. 730, 2019.