

الفصل الحادي عشر/ تقنية النانو (النانو تكنولوجيا)

المقدمة:-

لقد كان التطور التقني الهائل هو السمة الفريدة في القرن العشرين الذي ودعناه قبل بضع سنوات، وقد أجمع الخبراء على أن أهم تطور تقني في النصف الأخير من القرن الحالي هو اختراع الكترونييات السليكون أو الترانزيستور والمعامل الالكتروني، فقد أدى تطويرها إلى ظهور ما يسمى بالشرائح الصغيرة التي أدت إلى ثورة تقنية في جميع المجالات كالاتصالات والحواشيب والطب وغيرها. ولم تكن هناك هواتف نقالة أو ساعات رقمية والانترنت، كل هذه الاختراعات يعود الفضل فيها إلى الشرائح الصغيرة والتي أدى ازدياد الطلب عليها إلى انخفاض أسعارها بشكل سهل دخولها في تصنيع جميع الالكترونييات الاستهلاكية التي تحيط بنا اليوم. وخلال السنوات القليلة الفائتة، برز إلى الأضواء مصطلح جديد ألقى بثقله على العالم وأصبح محطاً للاهتمام بشكل كبير هذا المصطلح هو ((تقنية النانو)).

فهذه التقنية الواعدة تبشر بفترة هائلة في جميع فروع العلوم والهندسة، ويرى المتفائلون أنها ستلقي بظلالها على كافة مجالات الطب الحديث والاقتصاد العالمي والعلاقات الدولية وحتى الحياة اليومية للفرد العادي فهي وبكل بساطة ستمكننا من صنع أي شئ نتخيله وذلك عن طريق صف جزيئات المادة إلى جانب بعضها البعض بشكل لا نتخيله وبأقل كلفة ممكنة، فلنتخيل حواسيبنا خارقة الأداء يمكن وضعها على رؤوس الأقلام والدبابيس، ولنتخيل أسطولاً من الروبوتات النانوية الطبية والتي يمكن لنا حقنها في الدم أو ابتلاعها لعلاج الجلطات الدموية والأورام والأمراض المستعصية.

ما هو النانو:-

النانو (nano) كلمة يونانية تعني القزم وهي كمصطلح عملي كغيره من المصطلحات العلمية مثل (كليو، ميجا، جيجا، ميكرو، ميلي...الخ) وهو يشير إلى كمية عددية تسبق الوحدات العلمية المتعارف عليها وتساوي (1×10^{-9}) أي بمعنى (انقسم على ألف مليون) فمثلاً نقول نانو ثانية ونانو غرام وكذلك نانولتر.... وغيرها ومصطلح نانو (nano) يستخدم للتعبير عن الأمور الصغير جداً، وكذلك نسمع في عصرنا هذا هذه الكلمة مرتبطة بكلمة أخرى. (nanotechnology) أي الالكترونييات الرقيقة (nanophysics) أي بمعنى الفيزياء الدقيقة التي تكون حساباتها في خانة النانو... (nanoscience) وغيرها.

تعريف:-

***مقياس النانو:-** يشمل الإبعاد التي يبلغ طولها نانومتر واحد إلى غاية الـ (100) نانومتر.

***علم النانو :-** هو دراسة الظواهر والتعامل مع المواد على مستوى الجزيئات والمركبات التي لا يتجاوز مقاييسها الـ (100) نانومتر حيث تكون خاصية المواد النانوية مختلفة تماماً عن خاصية المواد الصلبة المترافقة.

*** تكنولوجيا أو تقنية النانو:-** هو تطبيق لهذه العلوم والتقنيات المتناهية في الصغر وهندستها لإنتاج مخترعات مفيدة. حيث تهتم هذه العلوم وهذه التقنيات بأجسام ذات أبعاد نانومترية، تتميز بخواص ميكانيكية، كيميائية، الكترونية، وكهربائية جديدة، نظراً لارتفاع نسبة سطحها على حجمها.

***الجسيم النانوي:-** هو الجسيم المتكون من عدد من الذرات المترابطة فيما بينها والذي لا يتجاوز نصف قطره (100nm) عموماً يبنى الجسم النانوي بطريقتين هما:-

أولاً / تجميع الذرات المعزولة: وتسمى طريقة البناء من الأسفل إلى الأعلى (Bottom-top).

ثانياً / تقسيم الجسيم الصلب المترافف إلى جزيئات نانوية وتسمى طريقة التصغير (من الأعلى إلى الأسفل) (Top-down).

مميزات الجسيمات أو المواد النانوية:-

إن أهم المميزات للجسيمات أو المواد النانوية، أنها تملك صفات ذات خصائص فيزيائية وكيميائية جديدة ومختلفة كلياً عند مقارنتها بالمادة الأصلية (الأم) أو بحجمها الطبيعي. ومن أهم هذه الخصائص هو أن الخصائص السطحية للجسيمات النانوية تتغلب على الخصائص

الحجمية للمادة الأصلية، وفي هذه الحالة فإن قوانين الفيزياء الكلاسيكية والتي تتعامل مع عالم الماكروسكوبك (Macroscopic) لا تنطبق على هذه الجسيمات عند مستوياتها النانوية علماً بأنها تتحول إلى أشياء مسطحة وكأنها تقريباً بدون سمك. لذا فإن قوانين النظرية الكمية في الفيزياء الحديثة تلعب دوراً كبيراً في سريان وتطبيق القوانين عليها نتيجة الترتيب الجديد الذي تأخذه الذرات أو الجزيئات عند مستوى قياس النانومتري.

ومن الخصائص الأخرى للجسيمات النانوية هو قدرتها على التدلي أو بإمكانها أن تحوم داخل السوائل من دون أن تطفو أو تغرق، نظراً للتفاعل الحاصل بين سطح السائل والجسيمات وتغلبيها على فرق الكثافة بين سطحين. علاوة على ذلك فإن قسماً من المواد عند مستوياتها النانومتري سوف تكتسب صفات أو خصائص جديدة وذات منافع جمة من حيث التطبيقات، وعلى سبيل المثال تغير اللون، الخواص الكهربائية والمغناطيسية، التوصيل الحراري والعزل، درجة الانصهار، انعكاسات الضوء، درجة الصلابة، القوة، الشفافية وغيرها. عموماً، أن معظم المصنعين يعملوا على تغيير وتحديد الخصائص للمواد النانوية، وذلك في التحكم في كل من:-

- 1- حجم الدقائق. 2- شكل الدقائق. 3- توزيع الدقائق. 4- تركيب الدقائق. 5- درجة تجميع الدقائق.

مثال على ذلك/

نفترض لدينا مكعب من الذهب طول ضلعه (100cm) وقمنا بعملية تقطيعه بآلة ما للحصول على مكعبات ذات أضلاع متساوية الطول بمقدار (50cm)، فعلياً أن نقطع المكعب الأصلي ثمانية مكعبات متساوية، ثم سنقوم بقطع واحد من هذه المكعبات الثمانية إلى ثمانية مكعبات أخرى علماً بأن طول ضلع كل واحد من هذه المكعبات الأخيرة سيكون (25cm)، وبهذه الطريقة نستمر بالقطع، وفي كل مرة سوف يصغر المقياس الطولي متحولاتاً من السنتيمتر على المليمتر حتى نصل إلى وحدة قياس المايكرومتر. وفي هذه الحالة فإن جميع المكعبات سوف تحمل نفس الخصائص كاللون الفضي أو اللامع وجودة التوصيل ودرجة الانصهار.

وفي حالة الاستمرار بالقطع للوصول إلى مستوى المقياس النانومتري فإننا بحاجة إلى الاستعانة بمكروسكوب مجهرى وأداة قطع دقيقة. ففي هذا المستوى تبدأ المادة بفقدان خواصها الأصلية المعروفة وتتغير جميع الخصائص كلياً، مكتسبة أو متمثلة بمواصفات وخصائص جديدة أخرى بما فيها تغير اللون الذهبي إلى اللون البرتقالي عند مستوى نانومتري معين وإلى اللون الأخضر عند مستوى نانومتري آخر من قبله.

وعليه فهناك العديد من أنواع المواد النانوية والتي يمكن تصنيفها أو بناءها بموجب أشكال مختلفة وتصنف كل منها حسب مواصفاتها والأشكال والأبعاد (أحادي، ثنائي أو ثلاثي الأبعاد) التي تتخذ عند المقياس النانومتري، علماً بأن كل شكل له خصائص فيزيائية مختلفة عن الأشكال الأخرى وذلك نتيجة لشكل الترتيب النمطي للذرات.

طريق تصنيع المواد النانوية:-

هناك طريقتين عامتين لإنتاج المواد النانوية الأولى تبدأ من (Bulk) أي المواد في حالتها الطبيعية أي صلبة ثم يتم تكسرها أو تصغيرها، حتى تصل إلى قطع صغيرة جداً (من مرتبة النانو) باستخدام الطرف الميكانيكية أو الكيميائية وهما كالآتي:

أ- طريقة التصغير (من الأعلى إلى الأسفل) (Top-down):- وبهذه الطريقة يتم تكسر أو تصغير المواد الكبيرة الحجم وتحويلها إلى قطع صغيرة جداً حتى تصل إلى مواد ذات بعد نانوي، وذلك باستخدام طرق مختلفة كالطحن على شكل مسحوق، الحك، القطع، أو باستخدام بعض المركبات الكيميائية كالأحماض.

وجميع هذه الطرق ممكن أن تتم في بيئة مفرغة أو غير مفرغة (الهواء الهادي). وفي بعض هذه الطرق تكون الجزيئات النانوية حساسة جداً (أي سريعة التفاعل) وتميل إلى أن تتكتل وتتجمع مع بعضها البعض (وبذلك يكبر حجمها ونحن لا نريد ذلك بل نريد تصغيرها) لذلك يستحسن استخدام غاز يكسو الجزيئات النانوية ويمنعها عن التكتل والتجمع مع بعضها البعض.

1- طريقة الطحن (Milling):- وهذه الطريقة ميكانيكية تنتج مواد نانوية على شكل مسحوق (باودر) حيث يتم وضع المادة تحت طاقة عالية جداً وطحنها عن طريق كرات مصنوعة من الفولاذ تتحرك إما بشكل كوكبي أو اهتزازي أو رأسي.

- 2- **طريقة الحك أو الحفر (Etching):** وهذه الطريقة استخدمها البروفيسور منير لإنتاج جزيئات السيليكون النانوية وتكون أما بطريقة الكيمائية يتم أخذ شرائح سيليكون ذات سمك صغيرة جداً ووضعها في مواد كيميائية ك (HF) الذي يقوم بحك الشرائح السيليكون ثم تخرج جزيئات السيليكون فتكون على السطح ثم توضع هذه الشرائح في أي محلول تريد مثل الميثانول بعد وضعها في المحلول الذي تريد ثم تضعها في الجهاز الموجات فوق صوتية لكي تسقط جزيئات السيليكون في المحلول وتتعلق في الحلول.
- الطريقة الثانية هي طريقة الالكتروكيميائية حيث يتم وضع شريحة السيليكون في القطب الموجب السالب وتعريضها لتيار كهربائي بعد وضعها في حمام كيميائي مكون من مواد كيميائية تساعد على الحك الذي بدوره يخرج جزيئات السيليكون النانوية.
- 3- **طريقة الاستئصال الليزري:** يتم استخدام ليزر نبضي ذو طاقة عالية مركز على هدف صلب وموضوع في غرفة مفرغة من الهواء فينتفاعل شعاع الليزر مع الهدف فتتطاير الجزيئات مكونة بلازما وتترسب على القاعدة فتتكون أفلام رقيقة.
- 4- **طريقة الترذيد (Sputtering):** وتستخدم في صنع الأفلام الرقيقة حيث توضع المادة تحت ضغط منخفض جداً مفرغ من الهواء ويقاعدة باردة معرضة لمجال مغناطيسي هذه العوامل تؤدي إلى انتزاع الجزيئات من المادة (أو ترذذ) لتترسب في القاعدة لتكون فيلم رقيق ولا بد من وضع غاز لكي يمنع التكتلات.

ب- طريقة البناء (من الأسفل إلى الأعلى) (Bottom-top): وبهذه الطريقة يتم بناء مواد النانو عن طريق التحكم المباشر بترتيب الذرات أو الجزيئات المفردة بعضها البعض حتى تتكون بنيات أو هياكل نانوية مكونة من عدة ذرات أو جزيئات، ونذكر من هذه الطرق مايلي:-

- 1- **طريقة الصول- جل (sol-gel):** وهذه الطريقة تمر بطورين طور السائل (sol) ثم بعد فترة من الزمن تتبخّر المادة وتتحول إلى طور جل (gel) ولذلك سميت هذه الطريقة السول- جل أيضاً تستخدم في صنع قضبان ضوئية لأن تكون وسط ليزري وتم صنع قضبان ليزرية من مواد نانوية لكن الجزيئات غير مستقرة وجاري البحث الآن في جعلها مستقرة (وهذا الكلام يخص السيليكون نانو).
- 2- **طريقة (Aerosol):** وهذه نفس طريقة السول- جل إلا أنها تبدأ بطور الغاز وتنتهي بطور السائل.
- 3- **طريقة (CVD) (Chemical vapor deposition):**

تعريف:-

***السلوك النانوي:-** في مقياس النانوي، تتصرف الأجسام بشكل مختلف تماماً عن تصرفها في المقاييس الأكبر، الذهب في المقياس الكبير على سبيل المثال موصل ممتاز للحرارة والكهرباء، ولكن ليس للضوء. لكن جسيمات الذهب النانوية المبنية بشكل مناسب، تبدأ بامتصاص الضوء وبإمكانها تحويل ذلك الضوء إلى حرارة، حرارة كافية في الحقيقة، هذا يجعلها تعمل كمشرط حراري مصغر يمكن خلاله قتل الخلايا غير المرغوبة في الجسم، مثل الخلايا السرطانية.

***الألياف النانوية (Nano fiberc):** وهي عبارة عن ألياف نانوية ذات أشكال سداسية أو حلزونية وعادة ما تستخدم كمرشحات في تقنية السوائل والغازات.

***القضبان النانوية:-** وهي عبارة عن أنابيب تشبه أنابيب النانو ولكنها غير مجوفة (صلبة) وتكون أطوالها قصيرة جداً.

***الفلورين (Fullerene):** وهي عبارة عن تركيب نانوي مكون من (60) ذرة كربونية، وغالباً ما يكون كروي الشكل يشبه كرة القدم أو على شكل مخروطي أو أنبوبي.

***الأنابيب النانوية (Nanotubes):** وهي عبارة عن أنابيب نانوية مجوفة ذات أشكال اسطوانية أو مخروطية أو لولبية أو مستقيمة وأشهر هذه الأنابيب هي أنابيب الكربون النانوية ذات المميزات والاستخدامات الواسعة في التطبيقات الصناعية.

***النقاط الكمية (Quantum dots):** وهي عبارة عن مواد شبه موصولة تمتلك أبعاداً مابين (1) إلى (100) نانومتر وغالباً ما تكون ثلاثية الأبعاد.

***الاسلاك النانوية (Nano wires):** - وهي عبارة عن أسلاك نانوية ذات قطر يقل عن نانومتر واحد مختلفة، وغالباً ما تكون حلزونية أو خماسية الشكل.

***المترابكات النانوية (Nano composites):** - وهي عبارة عن مواد مترابكة تكون أحد مكوناتها ناتجة من إضافة جسيمات نانوية، وذلك للحصول على مترابك نانوي ذات خصائص محسنة ومميزة.

محاسن تقنية النانو تكنولوجي في التطبيقات

1- صناعة الطائرات والسيارات: - تقدم تقنية النانو الكثير لتحسين الصناعة في هذا المجال، فمثلاً تتدخل هذه التقنية في صناعة الأبواب والمقاعد والدعامات، ومن أهم مميزات هذه القطع المحسنة أنها صلبة وذات مرونة عالية وفي نفس الوقت كما أنها تتميز بخفة وزنها ومن ميزات القطع المحسنة المستخدمة في صناعة الأجزاء الداخلية أنها تقلل من استهلاك الوقود كما أنها تساعد في صنع محركات نفائنة تتميز بهدوئها وأدائها.

2- تدخل النانو أيضاً في تحسين الزجاج بشكل عام تحسين زجاج النوافذ بشكل خاص حيث يصبح عالي الشفافية وذلك باستخدام نوع معين من جسيمات النانو في صناعة نوع من الزجاج يعرف باسم الزجاج النشط حيث أن هذه الجسيمات تتفاعل مع الأشعة فوق بنفسجية فتتهز مما يزيل الرواسب والأوساخ و الغبار الملتصق بالسيارات كما أن هذه الجسيمات تتميز بأنها تشكل سطحاً عازلاً للماء مما يجعل تنظيفها أمراً سهلاً لدرجة أنه أطلق عليه اسم زجاج التنظيف الذاتي.

3- صناعة النظارات الشمسية قامت شركة النظارات الشمسية sunglasses بتصنيع طلاء بلاستيكي مقاوم للخدش والانعكاس وأنتجت نظارات النانو ذات الكفاءة والخصائص المميزة، ويعتبر سعر هذه النظارات معقولاً نظراً لصغر الكمية المطلوبة من جسيمات النانو في تصنيعها.

4- صناعة الملابس ستكون مقاومة للبقع والسوائل، وستحمي من إضرار الأشعة فوق بنفسجه والأهم من ذلك كله أن تلك الملابس ستكون قادرة على توفر الاتصال بالانترنت، وإعادة شحن الأجهزة ومراقبة الحالة الصحية لمرتديها.

5- المنتجات الرياضية تستخدم تقنية النانو في هذا المجال بشكل عام لهدفين أولاً لتقوية الأدوات الرياضية و ثانياً لإكسابها المرونة والخفة حيث أن بعض جسيمات النانو أقوى بمائة مرة من المعدن الصلب و أخف منه بست مرات. ومن منتجات التي تم تحسينها مضارب الهوكي ومضارب البيسبول كرات التنس وكرات الكولف.

6- صناعة الدهانات والأصباغ تتميز هذه الدهانات بأن لها القدرة على مقاومة الخدش والتآكل والتفتت مما يجعلها مناسبة تماماً لدهن السفن والمراكب.

7- التطبيقات الصحية ومن أهمها سوائل النانو المضادة للبكتيريا والمكروبات المسؤولة عن الكثير من الأمراض وتتميز هذه المطهرات بعدم تأثيرها بعدم تأثيرها على السطح فهي لا تسبب التآكل ولا صدأً من جهة أخرى. بالإضافة إلى استخدامها في الملابس المضادة للبقع أيضاً تمكن باحثون في جامعة هانج يانج بكوريا الجنوبية من إدخال نانو الفضة على المضادات الحيوية. ومن المعروف أن الفضة قادر على القضاء على حوالي 650 جرثومة دون إيذاء خلايا الجسم.

8- الشاشات تتميز الشاشات تم تحسينها بتقنية النانو بأنها توفر كثير من الطاقة التي تستهلكها في تشغيل، كما أنها تتميز بوضوح ودقة عالية أما بالنسبة لحجمها فتتميز بصغر حجمها سماكتها وخفة وزنها.

9- تقنية النانو والزراعة والغذاء تسعى شركات الغذاء لتطبيق تقنية النانو من أجل إنتاج أفضل المحاصيل الزراعية الخالية من المواد الحافظة والمواد الكيميائية الضارة، التطبيق الأكثر إثارة لشركة Kraft المتخصصة في صناعة الأغذية فقد قامت الشركة باختراع مشروبات مبرمجة وهي مشروبات لا طعم ولا لون يتضمن نانو جزيئات اللون والطعم عندما توضع في الميكروويف عند تردد معين تتحول إلى عصير ليمون وعند تردد آخر تتحول إلى عصير تفاح وهكذا.

* أن منتجات النانو تكنولوجي غزت السوق الأوروبي وأيضاً توجد بعض المنتجات العربية بالنانو تكنولوجي ويوجد حالياً أكثر من 400 سلعة استهلاكية نشأت نتيجة استخدام النانو تكنولوجي وتحمل طلبات تسجيل براءات الاختراع الصينية في مجال النانو تكنولوجي المرتبة الثالثة عالمياً بعد طلبات الولايات المتحدة واليابان وعلية المنتجات الفعلية التي تم تصنيفها هي:-

- 1- المعدن المطاطي.
- 2- ملابس لا تتبلل بالماء.
- 3- دايودات ضوئية اقتصادية.
- 4- تحليه المياه.
- 5- روبرت نانوي.
- 6- خشب لا يحترق بالنار.
- 7- تنظيف مياه الشرب.
- 8- رداء الإخفاء.
- 9- البطارية الورقية.
- 10- النانو بيوتك. (مستحضرات تجميل)
- 11- نانو الفضة.
- 12 مضاعفة ذاكرة الحاسوب.
- 13- مادة القسام.
- 14- صمغ نانوي.
- 15- تصنيع الورق المصري بالنانو تكنولوجي.
- 16- اصغر راديو في العالم nano radio.
- 17- موبيل المستقبل من نوكيا.
- 18- ملابس نانو تكنولوجي تغير لونها في ضوء الشمس.
- 19- جوراب مصنوع بتكنولوجيا النانو.
- 20- مصنع نانوي بحجم الشنطة السنسونيت ينتج لاب توب.

مخاطر النانوتكنولوجيا:-

رغم الجوانب الايجابية التي قد تحملها تقنية النانو إلى المستقبل من تطوير وتسهيل للحياة إلا أن هناك كثير من الخبراء الذين يرون أن استخدام هذه التقنية في مجالات معينة من الحياة قد يكون له عواقب غير محمودة وكما هو معلوم مسبقاً أن تكنولوجيا النانو على تصغير الجزء إلى حجم يساوي واحد على بليون من المتر ومن ثم استعمال المادة الجديدة في منتجات وصناعات متعددة. ولا تفي العلوم كالفيزياء والكيمياء التقليدية للتعامل مع هذه الإحجام بل يلجأ لعلم الميكانيك الكمي كوسيلة بحث ودراسة. إلا أن هناك مجالات ينتقد فيها العلماء تقنيات النانون (الأولى):- هو أن النانو جزيئات صغيرة جداً إلى الحد الذي يمكنها من التسلل وراء جهاز المناعة في الجسم البشري وبإمكانها أيضاً أن تتسلل من خلال غشاء خلايا الجلد والرئة وما هو أكثر إثارة للقلق أن بإمكانها أن تتخطى حاجز دم الدماغ. أما النقد (الثاني):- فهو الخوف من أن يصبح النانو بوت ذاتي التكاثر إي يشبه التكاثر الموجود في الحياة الطبيعية فيمكنه أن يتكاثر بلا حدود ويسيطر على كل شيء في الكرة الأرضية.

*وعلى يمكن تلخيص مخاطر النانو تكنولوجي على المجالات المختلفة بالنقاط التالية:-

- 1- استخدام هذه التكنولوجيا في المجالات العسكرية والأمنية يتعارض مع حقوق الإنسان لأنها تعمق اللامساواة بين الدول النامية والمتقدمة.
- 2- أن جسيمات النانو لها القدرة على الدخول في جسم الإنسان بسهولة من خلال المسام وبدون أي مقاومة وتستطيع الانتشار داخل الجسم مما يلحق الضرر بالإنسان من خلال حدوث تفاعل بين هذه الجسيمات النانوية وخلايا جسم الإنسان لتؤدي إلى تغير خصائص الخلية أو تسميمها وموتها وهذا يعني أن جسيمات النانو هي مواد تدميرية لجسم الإنسان وأظهر بعض العلماء تخوفهم من أن تقنية النانو سوف تقود البشرية إلى طريق طويل مليء بالمشاكل الصحية والمادية.
- 3- تؤثر مواد النانو تكنولوجي تأثيراً سلبياً على البيئة ويمكن تصنيف هذه المخاوف إلى نوعين هما:-
- أ- التراكم البيولوجي:- الذي ينشأ من تراكم مواد النانو الغير مرغوب فيها فمن الممكن للمواد النانوية المتراكمة أن تكون لها امتصاصية عالية للمواد الملوثة عالية التركيز مثل الكاديوم والمبيدات فإذا تناولتها الحيوانات وماتت فأن المواد الملوثة سوف تتسرب إلى التربة وسوف تدخل في سلاسل الغذائية مما تؤدي لتلوث غذائي كبير.
- ب- صغر حجم مواد النانو:- مما يصعب معه عملياً كشفها أو تنظيفها أو إزالتها من البيئة.
- 4- يمكن لمواد النانو أن تكون مواد عالية الانفجار بسبب كبر مساحة سطحها بالنسبة لحجمها فتخزين مواد النانو بكميات كبيرة في مكان واحد ولمدة طويلة قد يعرضها للانفجار فمن المعروف أن الغبار عندما يكثر في أماكن العمل فأن هذا يعرضه للانفجار ولذلك فأن الخوف من انفجار مواد بسبب تكديسها بكثرة في أماكن معينة.