الباب الثاني

أسس تكنولوجيا النانو

obeikandl.com

obeikandl.com

الباب الثاني

أسس تكنولوجيا النانو

١- علوم وتكنولوجيا النانو Nanoscience and Nanotechnology

يشتق أسم علوم وتكنولوجيا النانو من وحدة القياس النانومتر (10^{-9}متر) بمعني أنهما يختصان بالتعامل مع المواد تبعا لحيز محدد من الحجوم بصرف النظر عن التركيب الكيماوي (علي سبيل المثال عضوي/غير عضوي) أو الطبيعي (علي سبيل المثال صلب/سائل). والتعريف الأعم لهذين الأسمين يقوم علي أساس أنهما العلوم والتكنولوجيا التي تختص بالتركيب والتعامل مع أو ملاحظة أو التحكم في المادة في مدي الأحجام التي تتراوح ما بين ١-١٠٠ نانومتر. والنانو متر هو كما ذكرنا يساوي 10^{-9}متر أو 10^{-3}ميكرون. ولتقريب الفهم لهذا الحجم فان الذرة ذات الوزن الذرى المتوسط يصل حجمها الي جزء من ١ نانومتر أما الجزيئات الصغيرة فيصل حجمها الي حوالي ١ نانومتر أما الجزيئات الحيوية الكبيرة مثل البروتينات فيصل حجمها الي حوالي ١٠ نانومتر بينما يصل حجم الخلية البكتيرية الي عدة آلاف من النانومترات.

ومن وجهة نظر المهتمين بسلامة وصحة الانسان فانهم يرون ضرورة اعتبار الأحجام حتي ٣٠٠ نانومتر ضمن المواد النانو لما لها من تأثيرات مماثلة للحبيبات ذات الحجم الأصغر علي صحة الانسان.

وتختص علوم النانو بوضع الأسس والقواعد النظرية التي تقوم عليها تكنولوجيا النانو وعلي ذلك فان علوم النانو تسبق التطبيقات التكنولوجية التي

مازالت في مراحلها الأولية. وتغطي علوم النانو وتربط ما بين علوم الطبيعة والكيمياء والمواد والبيولوجي في تعاملها مع المواد في مدي أحجام تتراوح ما بين الحجم الجزيئي الي الميكروني. أما النانوتكنولوجي فهو فرع جديد من العلوم الهندسية يطبق الاسس والقواعد الي توصلت اليها علوم النانو في تطوير منتجات جديدة ومختلفة.

وهنا ينشأ التساؤل عما يميز علوم النانو عن باقي العلوم التي تتعامل مع نفس المواد في مدي الأحجام الأكبر. ومن الصعب الاجابة علي هذا السؤال بصورة مبسطة فالقوانين التي تحكم سلوك المواد في مدي أحجام النانو تختلف عن القوانين التي تحكم سلوكها في مدي الحجوم الأكبر. ولهذا الاختلاف أهمية كبيرة من ناحيتين متعارضتين علي الأقل. فسلوك المواد في مدي أحجام النانو يفرض صعوبات قوية علي ما يمكن تصميمه وتنفيذه في هذا المدي من الحجوم. وفي المقابل فان السلوك المختلف للمواد في مدي أحجام النانو يوفر مجالات مبتكرة لتطوير تراكيب ومعدات تعمل بأسس تختلف جذريا عن المنتجة في مدي الحجوم الأكبر علي النحو التالي.

١- أن المواد في أحجام النانو لا يمكن تفسير سلوكها علي أساس قوانين الطبيعة التقليدية بل يتحكم في سلوكها قوانين الميكانيكا الكمية Quantum mechanics والتي لها خصائصها أو ما يطلق عليها التأثيرات الكمية quantum effects ولهذه التأثيرات أهمية كبيرة في حالة اللألكترونات.

٢- من ناحية أخري فان الحركة البراونية للمواد النانو وقوي السطح لها قد تكون أسس جديدة لتراكيب ومعدات متطورة كما أن التنظيم الذاتي self assembly يمثل جزء أساسيا للسلوك الطبيعي للمواد في هذا المدي من الحجوم.

٢-الطبيعة الكمية لأحجام النانو Quantum physics

تختلف القياسات الخاصه بخواص المواد باختلاف أحجامها ففي مدي الحجوم الكبيرة فان القياسات المقدرة تعتبر متوسط قياسات تلك الخواص ومن ثم فانه تنطبق عليها قوانين الطبيعة التقليدية مثل قوانين نيوتن الميكانيكية. أما في حالة المواد ذات الأحجام النانو فان القياسات المقدرة تمثل التقدير الحقيقي لخواص المادة ومن ثم فان قوانين الميكانيكا الكمية هي التي يمكن تطبيقها عليها لتفسير سلوكها. ولهذه الاختلافات أهمية كبيرة خاصة فيما يتعلق بالالكترونات. فعلي سبيل المثال فان أسس عدم التأكد لهيسنبرج Heisenberg's uncertainty principle والتي تشير إلى عدم امكان المعرفة بدقة وفي ذات الوقت المكان والحركة في حبيبة. فاذا أردنا حجز اليكترون بتصغير حجم حبيبة المعدن أو شبة الموصل فان طاقته سوف تزداد وذلك لمعادلة تحديد مكانه وهذا يعني امكانية تحوير مستوي طاقة الأليكترونات في أشباه الموصلات وبالتالي إستحداث مواد جديدة بخواص كهروضوئية يمكن التحكم فيها، وسوف تقود هذه التأثيرات الي تصميمات جديدة في الحاسبات الاليكترونية علي سبيل المثال يمكن أن يطلق عليها quantum computing.

٣-الحركة البراونية

تتعرض الحبيبات الميكرونية والتركيبات متناهية الصغر (النانو) عند توزيعها في الماء الي الاصطدام بالجزيئات المحيطة بها مما يجعلها تتحرك موضعيا بصورة عشوائية غير متحكم فيها. فاذا ما تخيلنا أن المعدات متناهية الصغر (النانو) ستعمل وفقا للقواعد الهندسية العادية فان الحركة البروانية سوف تضع عقبة قوية ضد صلابة المواد المستخدمة وفي حرارة تشغيل المعدات. وفي

رأي بعض العلماء فان ذلك يجعل من بعض الاقتراحات الجذرية لمعدات النانو غير عملية. أما بالنسبة للمعدات البيولوجية النانو فلا تتعرض لمثل هذه العقبة نظرا لأن طبيعة تشغيلها يعتمد بصورة كبيرة علي الحركة البراونية.

٤-القوي السطحية

تلعب القوي السطحية وأسطح الالتقاء دورا هاما في الحبيبات والتراكيب متناهية الصغر (النانو) كلما صغر حجم هذه الحبيبات. وهناك العديد من الميكانيكيات الطبيعية التي تحكم القوي السطحية، علي سبيل المثال الجذب السطحي. وعموما فان كافة القوي التي تعمل علي الأسطح في حالة أحجام النانو تدفع الجزيئات بقوة الي البقاء متماسكة. وعلي ذلك ففي المستوي النانو فان تماسك الحبيبات وبالتالي المقاومة القوية التي تحدث عند تحرك أي جزء في عكس إتجاه الآخر من العوامل الهامة والمحددة لمدي إمكانية تصغير الأنظمة الميكانيكية الميكروأليكترونية الي مستوي أحجام النانو. وهذه الظواهر ذات أهمية بالنسبة لقدرة جزيئ بروتين علي الارتباط بأي سطح ينفذ الي الجسم وبما ينعكس علي أهمية تصميم المعدات النانو الطبية.

وبالرغم من الاعتقاد بأن الجمع بين الحركة البراونية والقوي السطحية القوية يمثل مشكلة لتكنولوجيا النانو يجب التغلب عليها فانه يمكن توظيف هاتين الظاهرتين لتصنيع وحدات نانو ذات طبيعة مميزة. فاذا ما شكلنا الجزيئات بنمط محدد يؤدي الي وجود أجزاء قابلة للالتصاق وأخري غير قابلة للالتصاق علي الأسطح فان الحركة البراونية تؤدي الي تجمع الجزيئات بنمط محدد لتكوين شكل نانو معقد. ويعتمد فهم نمط هذا الترتيب والذي يعرف بالترتيب الذاتي self-assembly علي تكويد المعلومات المطلوبة في التركيب البنائي للجزيئات المستخدمة في بناء التركيب النانو. وعلي ذلك فان تشكيل الوحدات النانو بهذه

الطريقة يختلف عن تشكيل الوحدات علي المستوي الأكبر والتي يتم بناءها بناء علي خطة موضوعة سواء آليا أو بواسطة معدات يشغلها الانسان.

ومن خصائص الترتيب الذاتي المميز لتكنولوجيا النانوأنه يتم بصورة متوازية وبمستويات متعدده وهو يختلف عن نظام التصنيع المتتالي في حالة التصنيع علي المستوي الأكبر حيث يتم تشكيل الوحدة بالكامل قبل البدء في تشكيل وحدة جديدة. ويمثل الترتيب الذاتي أحد الاتجاهات في تكوين التراكيب النانو ويطلق علي هذا الاتجاه (من أسفل الي أعلي bottom-up nanotechnology). وتبعا لهذا الاتجاه فان تشكيل تراكيب النانو يبدأ بالجزيئات الصغيرة، يتم تجميعها وترتيبها ذاتيا لتشكل التركيب المطلوب. ولا يقتصر إتجاه التصنيع النانو من أسفل الي أعلي علي الترتيب الذاتي بل هناك طرق أخري وان كانت أقل إستخداما، علي سبيل المثال وضع جزيئات فعالة علي موضع محدد من الأسطح باستخدام ميكروسكوب المسبار الماسح scanning probe microscope.

ومن المدهش أن هذا الاتجاه هو ما يتم عمليا في الخلية الحية فنجد أن الريبوزومات تعمل علي تصنيع البروتينات بناء علي تصميم سابق يتم تحديده بواسطة الحمض النووي DNA وفي البلاستيدات الملونة يتم إحتجاز الطاقة وتحويلها الي وقود كيماوي. كذلك فان المعدات التي تحرك الجزيئات والمكونات داخل الخلية هو ما يتخيل العاملون في تكنولوجيا النانو إمكانية محاكاته في المستقبل.

وفي عكس الاتجاه السابق يتم تكوين تراكيب النانو من المواد في أحجامها الكبيرة باستخدام طرق طبيعية تؤدي الي الوصول الي أحجام النانو من ذات المواد بنفس الأسلوب الذي يتم به نحت تمثال من قطعة من الرخام ويطلق علي

هذا الأتجاه من أعلي الي أسفل top-down وهو تطور طبيعي لبعض الطرق المستخدمة حاليا علي سبيل المثال في الأليكترونيات الدقيقة حيث يتم وضع طبقات رقيقة من المواد ثم تزال الأجزاء الزائدة عن الحاجة بطرق ميكانيكية علي سبيل المثال الكشط etching. ويعتبر هذا الاتجاه الأكثر استخداما في تكنولوجيا الأغذية علي النحو الذي سنتناوله بالتفصيل فيما بعد.

obeikandl.com