التقنية متناهية الصغر (النانو)

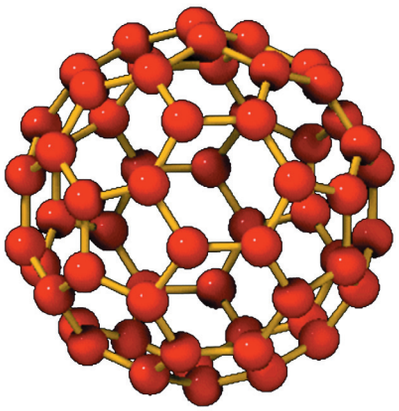
د. محمد بن عتيق الدوسري*

إن القدرة على التحكم في أبعاد وأحجام المادة بمقياس النانو تقودنا اليوم إلى تقنيات جديدة، ومن المتوقع أن تؤثر في جميع جوانب حياتنا اليومية والاقتصادية. فعلى سبيل المثال لا الحصر، إمكانيات جديدة للكشف عن الأمراض في مراحلها المبكرة، مما ييسّر معالجتها بنجاح، فضلاً عن التطورفي الأنظمة الطبية التشخيصية والعلاجية واستخدام المجسّات في عددٍ كبير من التطبيقات. كذلك رفع قدرات وكفاءات الحاسبات والأجهزة الإلكترونية وتعزيز أدائها، مما يعزّز أداء عمليات تحلية وتنقية المياه، والاقتصاد في ري وتخصيب المحاصيل في المناخات الجافة، وتقديم العناصر المحفزة لتوليد الطاقة.

يعود تاريخ تقنية النانو إلى مقالة علمية للعالم دريكسلر Drexler والتي سبقها عام ١٩٥٩م حديث الفيزيائي الأمريكي ريتشارد فاينمان Feynman Richard؛الحاصل على جائزة نوبل في الفيزياء عام ١٩٦٥م، والذي مفاده " ماذا يمكن أن يحدث لو استطعنا بدلاً من تفجير الذرات، التحكم في حركتها وتغيير مواقعها وإعادة ترتيبها كما نشاء؟" ولم يدر في خُلد فاينمان أن يكون لحديثه ذلك صدى فضلاً على أن يجد إجابة لتساؤله إلا في مستقبل بعيد.

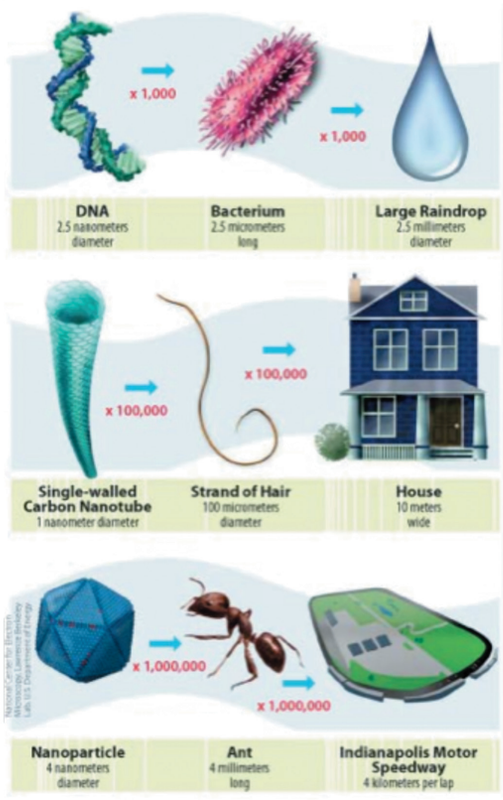
علماً بأن لفظة نانو مشتقة من لفظة نانوس الإغريقية والتي تعني القزم، إلا أنها تستخدم اليوم للدلالة على واحد من المليار من المتر. إن هذه التقنية التي تتعامل مع ما لا يرى بالعين المجردة مازالت في مرحلة طفولتها، إلا أن المتفائلين يستقرئون لها مستقبلاً باهراً يمكن أن يقود العالم إلى ثورة صناعية علمية جديدة للقرن الواحد والعشرين، فلم تعد تقنية النانو Nanotechnology ضرباً من الخيال العلمي، بل أصبحت حقيقة واقعة ملموسة الأثر، تحظى باهتمام دول العالم قاطبة ، إذ تبشر بمستقبل باهر قريب سيؤدي إلى تغير شامل في شتى مجالات الحياة، كما أدى ظهور محركات البخار إلى الثورة الصناعية الماضية والتي مازلنا نرفل في نتاجها حتى وقتنا الحاضر، و أنها ستقدم للإنسانية منافع جمة.

ومصطلح "نانو" هو بادئة تدخل على أية وحدة قياس لكمية ما، ويعني جزءاً من ألف مليون جزء من تلك الوحدة. فعلى سبيل المثال، النانومتر هو جزء واحد من ألف مليون جزء من المتر، يساوي $١٠^{-٩}$ من المتر. كذلك فإن النانوثانية هي جزء واحد من ألف مليون جزء من الثانية، أي أن ١ نانوثانية تساوي $١٠^{-٩}$ من الثانية.



وتعّرف تقنية النانو، بأنها التقنية التي تتعامل مع الأجسام ذات الأبعاد التي تتراوح بين ٠,١ و ١٠٠ نانومتر، كالماء مثلاً، يبلغ قطر جزيئته حوالي ١ نانومتر، في حين يبلغ قطر كُرية دم حمراء بشرية حوالي ٧٠٠٠ نانومتر، ويبلغ قطر الشعرة الواحدة من شعر الإنسان حوالي ١٠٠٠٠ نانومتر.

إن المواد بهذه الأبعاد الجزيئية أو الذرية (أي بين حوالي ٠,١ وحوالي ١٠٠ نانومتر) مثيرة للاهتمام خاصة و أنها تظهر خصائص معززة



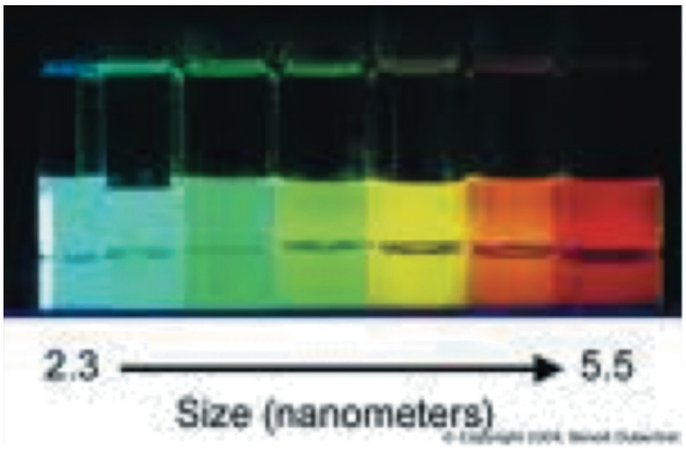
مختلفة تماماً أو متطورة عما تكون عليه عند الأبعاد والأحجام الكبيرة. إذ يطرأ هذا التغيرعلى خصائص وسلوك المواد نانوية الأبعاد بسبب الزيادة النسبية في مساحة سطح المادة بالنسبة لحجمها، وسيطرة ظواهر وتأثيرات ميكانيكا الكمّ، بدلاً من ظواهر ميكانيكا نيوتن التقليدية. فزيادة نسبة مساحة سطح المادة لحجمها من شأنه تعزيز خاصية التفاعلية الكيميائية، مما يجعل بعض مواد النانو مفيدة جداً كمحفزات في الصناعات البترولية والبتروكيميائية ومحسنات لفعالية خلايا الوقود والبطاريات.

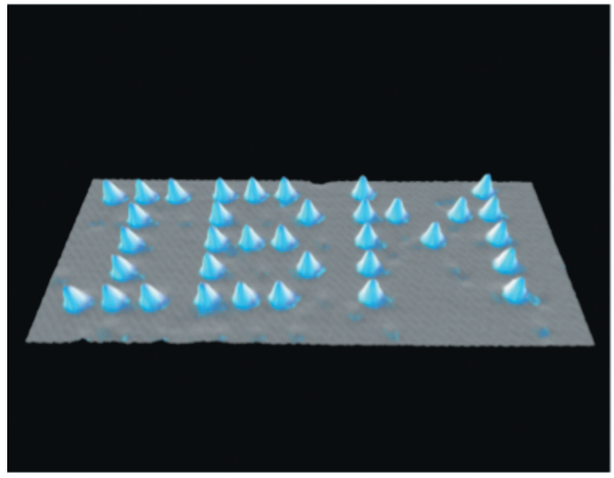
من جهة أخرى، تلعب تأثيرات ميكانيكا الكمّ دوراً أكبرَ مع تقلص حجم المادة إلى عشرات المترات أو أقل، مما يفضي إلى تغير الخصائص الضوئية والمغناطيسية والكهربائيةللمادة. فعلى سبيل المثال لا الحصر، يمكن ملاحظة أن تغير نسبة مساحة السطح إلى الحجم لجسيمات السيليكون، أدى إلى امتصاص هذه الجسيمات الضوء في مجال الطيف فوق البنفسجي، بل والقدرة على الإشعاع في مجال الضوء المرئي. و تجدر الإشارة إلى وجود تأثيرات أخرى، قد تؤثر على الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمادة، مثل توترها السطحي أو لزوجتها، عند الحد الأعلى من مدى الأبعاد النانوية.

لذا، تهدف تقنية النانو إلى استثمار هذه التأثيرات المرتبطة بالأبعاد النانوية للمادة لتكوين نظم وأجهزة وبُنى ذات خصائص ووظائف جديدة مفيدة تبعا لهذه الأبعاد والأحجام الجديدة.

وتتلخص فكرة تقنية النانو والتي لا تعدو سوى ذلك العلم الذي يدرس المواد متناهية الصغر حجماً ويضع القاعدة التصنيعية للأجهزة فائقة الدقة كمجهر المسح النفقي (Scanning Tunnelling Microscope، STM) المقاربة بقياسها حجم جزيئات المادة و ذراتها، في التطبيق العلمي لإنتاج الأشياء بتجميعها من مكوناتها الأساس مثل الذرة والجزيء في تكوين مرصوف وفق تركيب محدد، كما يمكن وصف صناعة النانو بأنها إنتاج سلعة أي سلعة أو مادة من مكونات أولية رخيصة الثمن شائعة (مألوفة) الاستخدام، ومن الناحية النظرية يمنك استخدام أي مواد خام حتى الرمل والنفايات لإنتاج سلع عالية القيمة، كما ستؤدي هذه التقنية إلى خفض كلفة الإنتاج، إلا أنها تقتضي معرفة وافرة ودقيقة بتفاصيل تركيب البنية التحتية للمواد إضافة إلى هندسة تلك المواد المستهدفة بالتقنية للسيطرة وبقوة على ذراتها وجزيئاتها.

و لا يقتصر استخدام مجهر المسح النفقي على تكوين صور





للذرات منفردة على السطح، بل يمكن استخدام الحافة أيضاً لالتقاط صور الذرات من أعلى السطح، وإعادة نشرها حسب نظام الترتيب المنشود. ومن أمثلة هذه القدرة البارزة على التحكم في الذرات ما قام به باحثو شركة IBM عام ١٩٨٩م، في مركز أبحاث ألمادن في سان هوزيه في ولاية كاليفورنيا، حيث نجحوا في التقاط ٣٥ ذرّة زينون بإبرة المجهر، ذرةً تلو ذرة، ثم أعادوا ترتيبها على سطح بلورة نيكل على شكل شعار IBM ، كما هو مبين في الشكل.

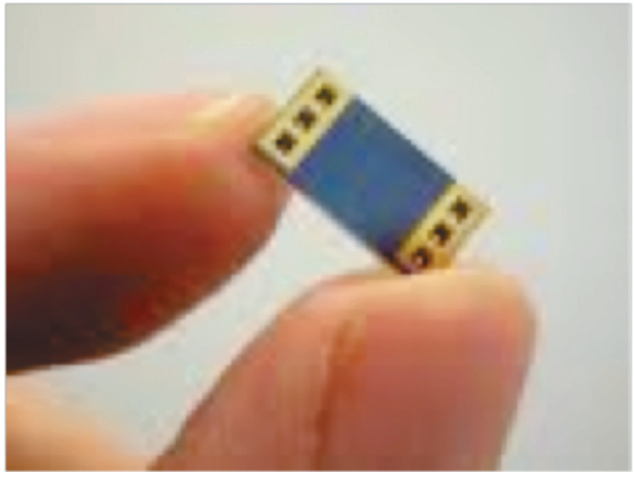
فعلم النانو (متناهيات الصغر) يعنى في إنتاج المواد بالتحكم الدقيق في جزيئاتها و ذراتها وتوجيهها إلى وجهتها المقصودة لإنتاج مواد ذات صفات محددة، فيما يعرف بالتصنيع الجزيئي، فعلى سبيل المثال التحكم في توجيه ذرات الكربون في الفحم عند التفاعل قد يفضي إلى إنتاج الألماس، كما أن صف ذرات الرمل بهيئة خاصة قد ينتج شرائح الحاسب الآلي، فمن المعروف أن طرق التصنيع التقليدية للمواد الكيميائية تقوم على عملية الخلط والمزج لمكونات التفاعل دون الأخذ بالاعتبار اتجاه الذرات المتفاعلة، ما ينتج مادة كيميائية ليست سوى مزيج تلك المواد المتفاعلة، أما في عالم النانو فإن المواد الناتجة تكون أكثر دقة ونقاءً وقوة وصلادة وذلك لقدرة الأجهزة المستخدمة في هذه التقنية على توجيه ورصف ذرات وجزيئات المواد في مواضع منتقاة للحصول على خصائص مبتغاة.

وتتمثل قاعدة التقنيات متناهية الصغر (النانوية) العلمية في أمرين، أولهما: بناء المواد بدقة متناهية من لبنات صغيرة، يؤدي إلى الحصول على مواد خالية من الشوائب جيدة الأداء، والثاني: أن خصائص المواد قد تتغير بصورة مدهشة عندما تتجزأ إلى قطع أصغر فأصغر، خاصة عند بلوغ مقياس النانو أو أقل، حيث تبدأ الحبيبات متناهية الصغر (النانوية) في إظهار خصائص غير متوقعة لم تعرف من قبل بمعنى أنها غير مجودة في خصائص المادة الأم، فمثلاً لاحظ الباحثون في جامعة إلينوي الأمريكية، أن مادة السيلكون المعتمة جداً المكون الرئيس للأرض و الرمال والأجسام الكونية عندما صنع منها حبيبة بقطر واحد نانو أصبحت براقة تومض بلون شديد الزرقة تحت تأثير الضوء البنفسجي، وكلما زاد قطر الحبيبة كلما ومضة لوناً آخر أخضر، و أصفر، و أحمر وهكذا نجح العلماء والباحثون في تصنيع مواد سليكونية تشع بألوان الطيف، على الرغم من أن السليكون مادة معتمة جداً جداً.

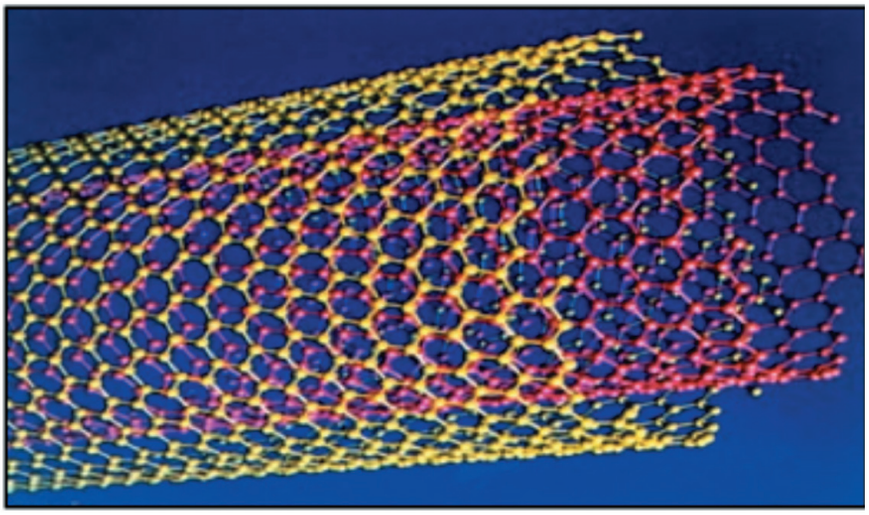
تطبيقات تقنية النانو

يتوقع أن تلج تقنية النانو جميع مناحي الحياة مثل الطب، والزراعة، و الغذاء، والبيئة، و الإلكترونيات والحاسبات الإلكترونية، بل يتوقع أن تؤدي هذه التقنية إلى تصغير الأجهزة والمعدات وخفض سعرها واحتياجاتها من طاقات التشغيل، ما يؤدي إلى تحديث مزيد من الأجهزة الإلكترونية و الألعاب، بحيث تلتقي الاحتياجات في التطبيق الطبي والعسكري والأمني والاستكشافي في الفضاء القريب منها والبعيد.

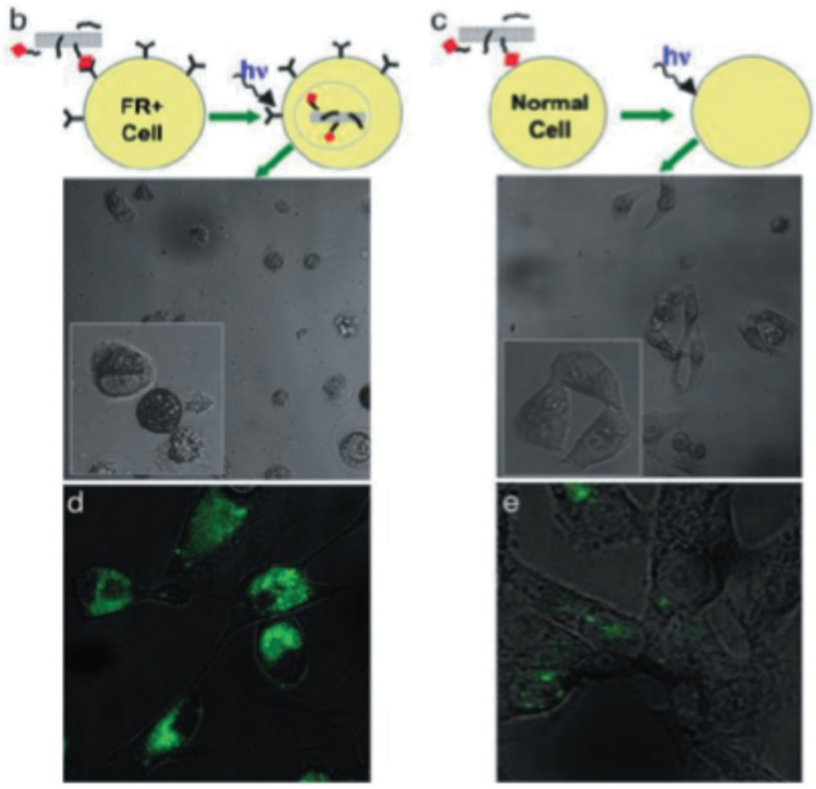
كما خلصت الدراسات و الأبحاث في مجال تقنية النانو



إلى إمكانية استخدامها طبياً في تشخيص الأمراض كتطبيق مرتقب باستعمال الحبيبات النانوية المضيئة مثل حبيبات السليكون أو الكادميوم ككواشف ضوئية للمواد الحيوية في محاولة جادة لإيجاد حل ناجع لتلك المساوئ والمشاكل التي تعترض طرق التشخيص القائمة حالياً باستخدام الأصباغ العضوية، حيث يؤمل إذا ما حلت الحبيبات محل الأصباغ أن تعطي حساسية ودقة وقدرة أعلى في التفريق بين الأنسجة الحية، وسرعة في الأداء ما سيقلل من الوقت والجهد والتكلفة المبذولة في التشخيص حالياً. كما تستخدم في التعامل مع الأمراض المعدية وعلاجها كالملاريا وغيرها من تلك الأمراض، كما خطت الدراسات خطوات واعدة باستخدام هذه التقنية في صنع سيراميك للعظام بدرجة متناهية في النعومة والصلابة تبشر بشيء كثير في مجال استبدال المفاصل وصناعة العظم، بل تمكن بعض الباحثين من كتابة شفرات الجينات داخل الحمض النووي DNA، كما يأمل الباحثون في المجال الطبي التوصل من خلال تقنية النانو إلى آلي (روبوت متناهي الصغر) يمكن حقنه في الجسم وتوجيهه من الخارج لإجراء عمليات جراحية محددة أو مراقبة الأعمال الوظيفية في الخلايا، علاوة على تلك النجاحات في دراسة وتتبع والكشف عن الخلايا السرطانية خاصة الثديية منها باستخدام هذه التقنية، أضف إلى ذلك توصل بعض الباحثين في علم



العدوى وانتقال الجراثيم بتقنية النانو إلى أن طلاء أسطح الأدوات الطبية بطبقة رقيقة من الفضة على مستوى النانو يمنع الجراثيم من الالتصاق عليها كخطوة ناجحة للحد من عدوى المستشفيات. كما أنه بهذه التقنية يأمل الباحثون في المجال الطبي في بلوغ القدرة على إعادة ترتيب وتوزيع الحبيبات النانوية على رقائق فيما يعرف بالرقائق المتميزة Super Chip والتي ستقود إلى



تحديث وتصنيع أجهزة أصغر وأسرع و أقل استهلاكاً للطاقة كما تعد كاشفاً متناهي الدقة يمكن أن يلصق بالخلايا المصابة بالأمراض الخبيثة بعد طلائها بمواد حيوية انتقائية ذكية تدفعها للبحث عن الخلايا المريضة ذاتياً لتظهرها أثناء التشخيص، ليتمكن الأطباء من تتبعها و إرسال حبيبات أخرى محملة بالدواء أو المادة القاتلة لتلك الأورام الخبيثة وهي مازالت في مهدها كعلاج وقائي قبل أن يستفحل المرض فيصبح ورماً خبيثاً لا تحمد عقباه، علماً بأن لتقنية النانو في عالم الصيدلة استخدام واسع بدءاً من إنتاج الدواء وانتهاء بكيفية إعطائه المريض في هيئة تتفوق بمراحل على الطرق الحالية مروراً بحفظه وتخزينه، كما طرقت هذه التقنية الواعدة إنتاج الغذاء وتنقية الماء بما سيعود على البشرية بالخير والمنفعة.

ولعل من تطبيقات النانو التي قد تعكس بعض الاهتمامات البحثية والصناعية الوطنية في المجالات المختلفة، في مجال تحويل الطاقة، والصناعات الكيميائية والبتروكيميائية، والتطبيقات الطبية الحيوية، فحساسات بمقياس النانو قد تتمكن من كشف أعراض مرض ما في الكائنات الحية، أو كشف المخاطر الكيميائية أو الجرثومية. ومن جهة أخرى، البحث في مجال المرشحات النانوية، بالغ الأهمية في صناعة المياه العذبة وتنقيتها في المستقبل. علماً بأن صناعة الإلكترونيات تعد من أكثر تطبيقات تقنية النانو.

تخضع الصناعات الكيميائية و البتروكيميائية، كغيرها من الصناعات الأخرى، لمعايير صارمة لبلوغ إنتاجية أفضل وأحدث. ذلك لأن النظم والقوانين البيئية العالمية الجديدة، والتنافس للاستحواذ على حصة جديدة من الأسواق العالمية ذات الصلة، تحث الصناعات الكيميائيةو البتروكيميائية علىاستخدام تقنيات حديثة لمواجهة التحديات و النظم والقوانين البيئية الدولية المستحدثة. ما يعني دفع الشركات العاملة في هذا المجال من الصناعات لانتهاز أية فرصة

غشاء شركة سمنز النانووي لتنقية المياه

عصا سيلدون الألمانية لتنقية المياه

ممكنة لتحقيق أي تطور (مهما كان متواضعاً) يمكن اكتسابه من خلال أية تقنية متوافرة لإحراز تقدم على منافسيها والحفاظ على ريادتها في هذا السبق التقني.

ولعل أبرز أوجه استخدام تقنية النانو في الصناعات الكيميائية والبتروكيميائية يكمن في تحضير وإنتاج وتصميم المحفزات والتي تعد محور هذه الصناعات لتعزيز كفاءة نشاط وانتقائية التفاعلات الكيميائية.

ماصة الحياة

جهاز التفريق بين الأطوال الموجية المندمجة يقل حجمه عن ١مم

إلا أن التوجه اليوم يقودنا نحو دمج طرق تحضير المحفّزات المألوفة مع تقنية النانو الحديثة، لتحضير محفزات نانوية بتكلفة منخفضة إلى حدٍ بعيد تبشر بفعالية وانتقائية مضاعفة وبالحد من التلوّث، خاصة في الصناعات الكيميائية والبتروكيميائية وصناعة السيارات. ومن المتوقع أن تشهد الصناعات الطبية الحيوية طفرة شاملة إلى حدودٍ غير مسبوقة، وذلك بالتغلب على الصعوبات السابقة في التعامل مع البنى الحيوية صغيرة الحجم باستخدام تقنية النانو ، حيث يأمل الباحثون في المجال الطبي الحيوي التوصل إلى زيادة طول سلسلة الحمض النووي (DNA) بواقع ميلميتر واحد عن طوله المتعارف عليه، لا سيما وأن الأحماض النووية لا يزيد سمكها عن النانو متر الواحد. علاوة على ذلك فقدتمكن الباحثون من تسخين الخلايا السرطانية بأشعة الليزر وبالتالي قتلها والقضاء عليها بشكلٍ فعال دون المساس بالخلايا السليمة مستفيدين من قدرة أنابيب الكربون النانوية الفريدة على الامتصاص.

كما يمكن استعمال تقنية النانو في توسيع الأوعية الدموية بإضافة "نتوءات نانوية" (nano-bumps) على جدرانهالزيادة عدد الخلايا الغشائية التي تلتصق بجدران الأنبوب، بما يعادل ثلاثة أضعاف ما يتم الحصول عليه باستخدام الأنابيب الوعائية البسيطة. علماً بأن صناعة تحلية وترشيح المياه هي إحدى القطاعات الصناعيةالمستهدفة، إلى حدٍ بعيد، من التطورات الحديثة في تقنية النانو، لمواجهة تحديات شح المياه العذبة عالمياً وتوفير ماء عذب نظيف للاستخدام البشري، حيث أن أكثر من ٩٧٪ من مياه الأرض مياه مالحة، علاوة على أن ثلثي المتبقي مياه متجمدة، ما يعني أن أقل من ١٪ من الموارد المائية قابلة للاستعمال لتلبية حاجة الإنسان. إلا أن هذه النسبة المحدودة من المياه المتاحة ليست كلها للشرب فقط، حيث تستخدم النسبة الأكبر منها لسد الجوع البشري بدلاً من العطش. ذلك أن ٧٠٪ من المياه العذبة تستهلك لأغراض زراعية، وبدونها لا مفر من وقوع مجاعةٍ عالمية خاصة مع ازدياد التعداد السكاني. وتعد المملكة العربية السعودية من أكبر المستثمرين لتقنية تحلية مياه البحر في العالم، وذلك لافتقارها لموارد مياه عذبة طبيعية. بمعنى أن أي تقدم في التقنيات الراهنة المكلفة لتحلية المياه من شأنه التأثير على المصالح الاقتصادية والإستراتيجية للمملكة، لتوفير مصدر مستمر من الماء العذب لمواطنيها، ومن المتوقع أن تلعب تقنية النانو دوراً مهماًللغاية في معالجة المياه و الحد من انتشار الأمراض الناجمة عن استخدام المياه غير الصالحة للشرب نظراً لصغر حجم الجراثيم المسببة للأمراض ، لاسيما وأن ٨٠٪ من الأمراض المعروفة في الوقت الراهن تنتقل عبر المياه. وفي سبيل تحقيق هذه الغاية، واستيعاباً لمدى أهمية تطبيق تقنية النانو لتلبية الحاجة المتزايدة للماء العذب، بادر الباحثون بالسعي لابتكار أفكار و حلول جديدة على الرغم من غرابة بعضها يمكن تطبيقها في هذا المجال، بما قد تحمله من نتائج واعدة مفاجئة كغيرها من تطبيقات تقنية النانو. كما يقوم بعض الباحثين بالعمل على صنع أصغر فرشاة في العالم، شعيراتها أدق من شعرة رأس الإنسان بألف مرة، ذات تطبيقات كثيرة، منها تنقية المياه. و التي من شأنها بهذه الشعيرات صغيرة القطر أن تحجز الملوثات العالقة في الماءبشكل لا يسمح سوى بمرور جزيئات الماء النقي، علاوة على ماصة الحياة Life straw والتي يمكن من خلالها شرب حوالي ٧٠٠ لتر نقي من المياه الملوثة كاستخدام شخصي لما تحويه من مرشح نانوي يساعد على تنقية المياه الملوثة بالطمي والعوالق الترابية... وغيرها.

*المركز الوطني لبحوث التقنية متناهية الصغر - مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية- الرياض■