❖ تطبيقات تقنية النانو تكنولوجي في المجالات المختلفة :

عندما نستعرض تطبيقات النانو تكنولوجي وحلوله الناجحة للمشكلات والقضايا المتنوعة التي كان من المستحيل تخيلها من قبل، يسرع خيالنا لاستعادة فكرة العصا السحرية التي ما إن تلمس الشيء تحوله من حال إلى حال أو فكرة مصباح علاء الدين الذي يخرج منه الجِنِّي الذي يحقق رغبات الإنسان ويحل مشكلاته التي تعوقه وتؤرقه، نعم فلا يوجد مبالغة في تشبيه تقنية النانو بذلك؛ وسيؤكد ذلك استعراضنا لبعض تطبيقاته وتوقعات ما سيفعله النانو في المستقبل القريب فهو تكنولوجيا المستقبل ومركبته السحرية التي تقلنا إليه بخطي مسرعة، فتكنولوجيا النانو تساعد في تطورات مذهلة وثورية في العديد من القطاعات الصناعية المختلفة، مثل: تكنولوجيا المعلومات والطاقة والعلوم البيئية والطب والأمن الوطني وسلامة الأغذية والنقل وغيرها، وتعتقد العديد من الدول أن الاستثمار وتفعيل الحركة البحثية في هذه التقنية، يبشّر بحل العديد من التحديات التي تواجه المجتمع الإنساني، ويفتح آفاقا مبشّرة لحل الكثير من المشاكل المزمنة التي تعاني منها البشرية بوجه عام، مثل:

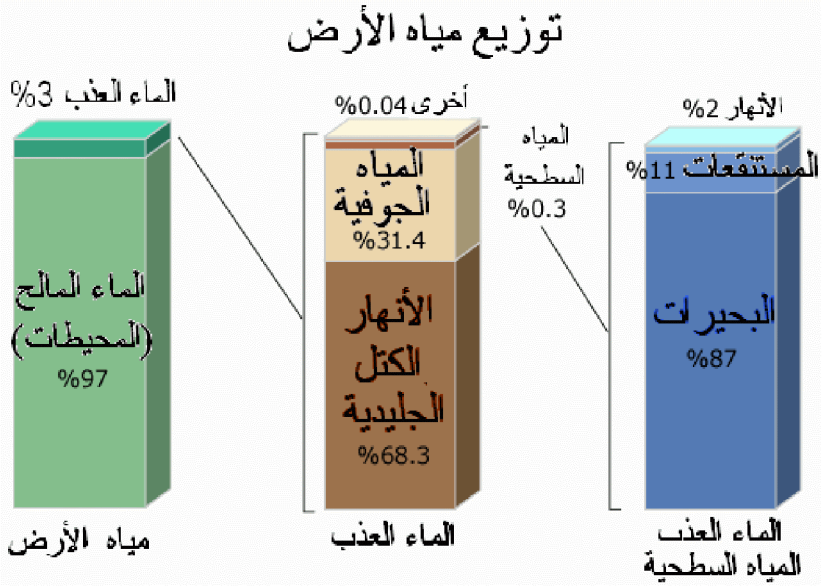
- العثور على طاقة رخيصة ونظيفة.
- ستعد مصدرًا أساسيًّا لمعالجة المياه وتحليتها وجعلها نظيفة وصالحة للشرب في جميع أنحاء العالم.
- تحسين صحة الإنسان وإطالة العمر.
- إنتاج ما يكفي من الغذاء للسكان الذين يتزايدون بسرعة شديدة حول العالم.
- تطوير الاتصالات، وكذلك تحسين عملية تبادل المعلومات، بحيث يكون الجميع على هذا الكوكب لديهم الفرص المتكافئة للتواصل.
- زيادة قدرة العلماء على استكشاف الكون بطرق أكثر حداثة وتطورًا.

- **تطبيقات تقنية النانو في مجال البيئة :**

وسوف نستعرضها من خلال الآتي:

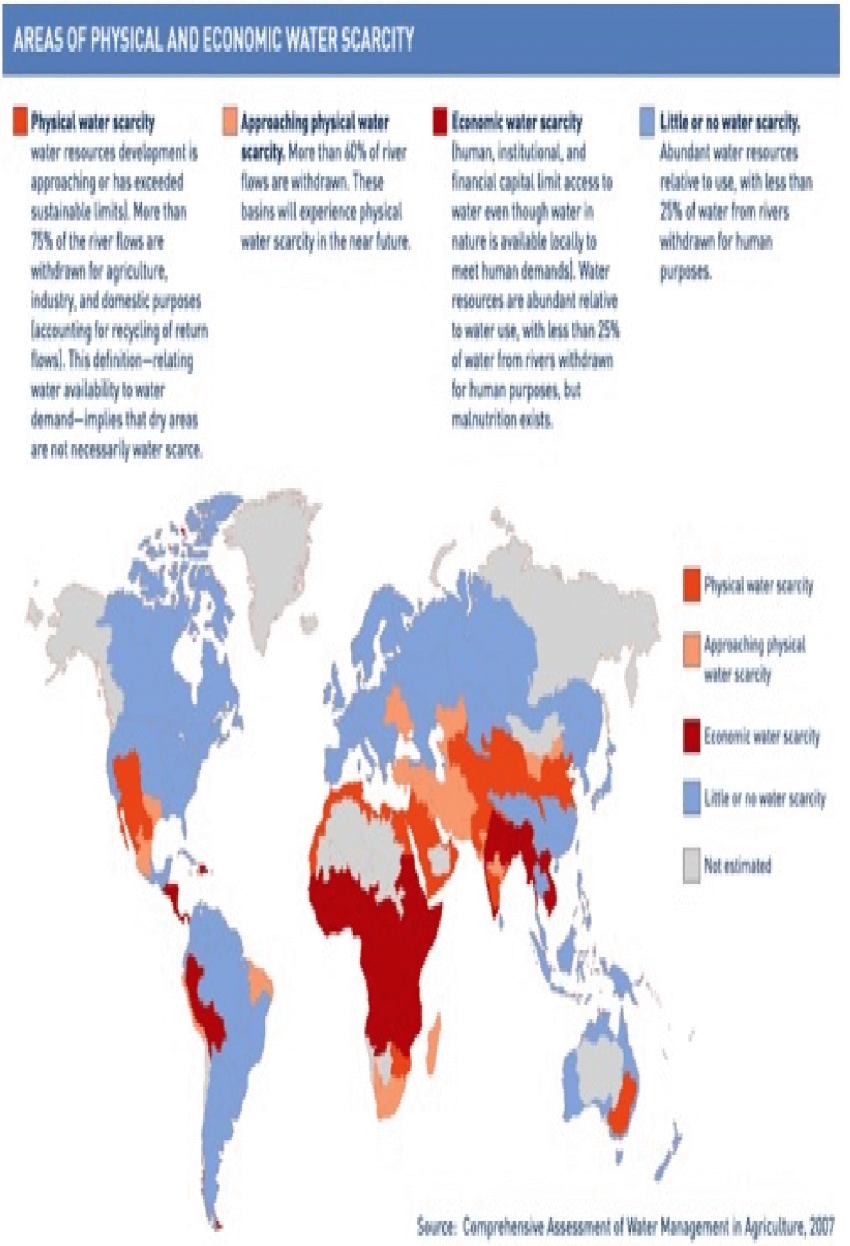
أولًا: مشكلات تلوث المياه :

من المعروف أنه يغطي سطح الأرض 97٪ من الماء المالح بينما تبلغ نسبة المياه العذبة 3٪ فقط من نسبة الغلاف المائي، وتشكل نسبة الجليد عند القطبين من تلك المياه العذبة 68,3٪ ، وتشكل نسبة المياه الجوفية 31,4٪ ، وتشكل المياه السطحية من أنهار وبحيرات ومستنقعات 0,3٪.



رسم بياني يوضح توزيع المياه على كوكب الأرض

فيحصد الماء الملوث بالبكتيريا والفيروسات والرصاص والزرنيخ الملايين من الأرواح كل عام، وقد أظهرت دراسة حالية أجرتها منظمة الأغذية العالمية أن ثلث سكان العالم حاليًا يعانون من الأمن المائي، وبحلول عام 2025م فإن ثلثي سكان العالم سيعانون من نقص المياه. وأيضًا نجد أن هذه الدراسة تُظهر مدى الخطر المحدق بالبشرية في حال لم يتم إيجاد حلول جذريه لأزمة المياه. ويُظهر الشكل أدناه توزيع الأمن المائي في العالم، ويظهر بشكل واضح أن الكثير من دول العالم تعاني وبشكل ملحوظ من نقص المياه الصالحة للشرب.



شكل 1: توزيع الأمن المائي في العالم[1]

مما يحتم ضرورة إيجاد سبل لتوفير المياه اللازمة للحياة، فيقول المولى عَزَّ وَجَلَّ في كتابه الكريم: ﴿وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ أَفَلَا يُؤْمِنُونَ﴾ [الأنبياء:30].

إذًا يلزم زيادة إنتاج الماء العذب في ظل ندرة مياه الأمطار في المناطق الجافة وتغير المناخ ومشكلات استخراج المياه الجوفية، وفي ظل وجود مساحة هائلة من المياه المالحة المتكونة من بحار ومحيطات وبحيرات؛ فالسبيل الوحيد هو تحلية المياه المالحة وإعادة استخدام الماء العذب الملوث بعد معالجته لتوفير المياه الصالحة للشرب وللزراعة وللصناعة أو الاستخدامات الأخرى مع تقليل كلفة الإنتاج.

وقد أظهرت المواد النانوية أن لها خاصية عالية على امتصاص المواد والعناصر السامة الملوثة للمياه كالمعادن الضارة والمركبات الكربونية الذائبة في الماء بالإضافة إلى استخدامها في قتل الميكروبات والجراثيم العالقة بالماء بتعديل أسطحها كيميائيًّا.

فتستخدم تكنولوجيا النانو لتنظيف النفايات المشعة في قيعان البحار والمحيطات، وتحديدًا في استخدام ألياف النانو الدقيقة كمادة ماصة لإزالة الأيونات المشعة من المياه مثل السيزيوم واليود وتسريبات النفط وتحسين تقنيات تحلية مياه البحر.

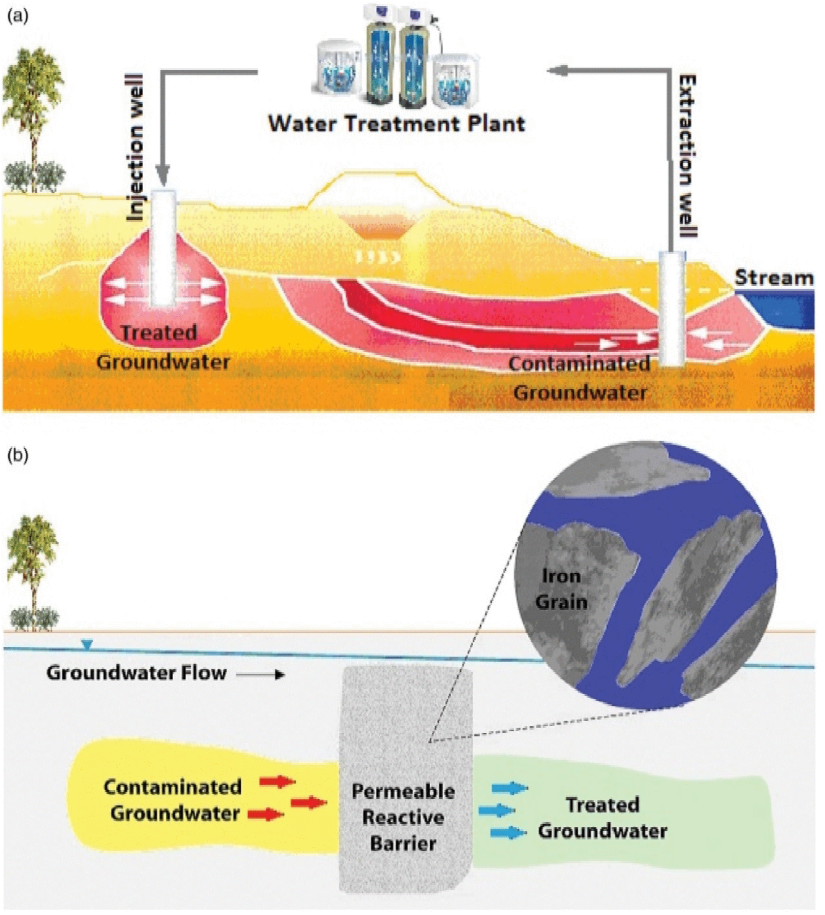
وبإجراء تجارب في تنقية المياه باستخدام تقنية النانو أظهرت النتائج أنه تمت إزالة - وبشكلٍ كامل - بعض المعادن الضارة والسامّة كالزئبق والزرنيخ والرصاص والكادميوم والكروميوم، وأيضًا نزع العديد من المركبات الكربونية كالزيوت العالقة ومركبات البنزين والمواد الكربونية الصبغية وغيرها.

بالإضافة إلى ذلك فإنه قد تم استخدام هذه المواد لمعالجة المياه من الميكروبات والقضاء عليها تمامًا باستخدام مواد للترشيح الدقيق جدًّا تستخدم الضغط كقوة دافعة من خلال أغشية ترشيح للتخلص من المبيدات الحشرية والمعادن الثقيلة.

إن النظام العالمي يعتمد الآن على المواد النانو مترية في التخلّص من الملوثات في المياه حتى البكتيرية التي تعدّ أدق الملوثات، فالمواد النانو مترية تفصل الملوثات كلها

سواء كيميائية أو بيولوجية أو بكتيرية أو فيروسية؛ لأن لديها القدرة على الإمساك بالملوثات حتى لو كانت بنسبة أقل من ألف جزء من المليون، والتخلّص منها تمامًا.

ومن هنا يمكن لنا أن نتخيل أهمية تطبيق تكنولوجيا النانو لإزالة شوائب نهر النيل الذي يعاني من أعلي درجات التلوث بسبب النفايات الكيميائية للمصانع التي تقع علي نهر النيل وتلوث المياه بالمبيدات الحشرية المستخدمة في الزراعة ومخلفات السفن ووسائل النقل النهري أضف إلى ذلك بعض العادات التي مازالت قائمة إلى الآن في بعض قري مصر المطلة علي نهر النيل مثل غسل الأواني والحيوانات وإلقاء الحيوانات النافقة في مياهه.



شكل يوضح معالجة المياه بتقنية النانو

إلى جانب تنقية المياه الجوفية التي تمتد خلال الصحراء الغربية وإمكان استخدامها لتوسيع المساحة الزراعية في مصر، عوضًا عن الأراضي التي فقدتها مصر علي طول نهر النيل بسبب الزيادة السكانية والبناء علي الأراضي الزراعية، وتنقية مياه الصرف الصحي وإعادة استخدام تلك المياه في الزراعة وأعمال الصناعة التي تستلزم مياه كثيرة، وغيرها من الاستخدامات الأخرى للمياه.

ثانيًا: مشكلات التلوث الهوائي :

وتقدم تكنولوجيا النانو العديد من الإستراتيجيات المبتكرة لتقليل إنتاج النفايات من العمليات المختلفة مثل تحسين عمليات التصنيع من أساسه، والحد من المواد الكيميائية الخطرة، والحد من انبعاثات الغازات التي تؤدي إلى الاحتباس الحراري، والحد من استخدام المواد البلاستيكية القابلة للتحلل. كل ذلك أمثلة قليلة من كثير من الأساليب التي يمكن القيام بها للحد من التلوث البيئي.

فتشارك تكنولوجيا النانو في هذا القطاع بنشاط كبير، لإنتاج المواد المتقدمة التي لديها مستويات منخفضة من التلوث وتحسين كفاءة الإنتاج في العمليات الصناعية.

وتكمن أهمية تقنية النانو في التخلص من تلوث الهواء في قدرتها علي إزالة المركبات العضوية المتطايرة والنتروجين وأكاسيد الكبريت من الهواء، والجسيمات التي تلحق الضرر بصحة البشر، مثل: أمراض القلب وسرطان الرئة وغيرها من المشكلات من خلال مواد ماصة لها قدرة علي تفتيت المواد الملوثة ويمكن الكشف عن تركيز نسبة التلوث عن طريق أجهزة استشعار سريعة ودقيقة قادرة على الكشف عن الملوثات على المستوى الجزيئي مثل الأقطاب الكهربائية المركبة، وهي مزيج من الأنابيب النانوية والنحاس والبوليمرات **(Polymer Nano spheres)** لقياس الملوثات العضوية في تركيزات منخفضة جدا والتي تعزز قدرة الإنسان على حماية البيئة والسكان.

ولابد من الوقاية من التلوث بالاتجاه إلى خفض مصادر التلوث ومن الممارسات التي تستخدم المواد الخام والطاقة، والمرافق والموارد الأخرى على نحو فعال من أجل خفض والقضاء على توليد النفايات الملوثة للبيئة.

ثالثًا: مشكلات الطاقة :

في الآونة الأخيرة لُوحظ ارتفاع أسعار المواد الخام والطاقة بشكل متزايد مما لفت الأنظار إلى إنتاج المواد النانوية التي تحمل الخصائص الفيزيائية والكيميائية الخاصة التي تجعلها مثيرة للاهتمام، والتي توفر المنتجات الصديقة للبيئة، فمثلًا أكوام ومركبات النفايات تشكل مشكلة بيئية، بل هي أيضًا مضيعة للمادة الخام وتستخدم تكنولوجيا النانو في استعادة المواد الخام النقية لإعادة استخدامها وإعادة تدوير البطاريات، كما قد تساهم تقنية النانو في زيادة تقليص الملوثات المنبعثة من محركات الاحتراق من خلال استخدام مرشحات المسام النانوية، والتي تستطيع تنقية وتنظيف العوادم ميكانيكيًّا من خلال المحولات المحفزة والقائمة على جزيئات المعادن النبيلة النانوية، وقد أوضحت بعض الدراسات أن تقنية النانو توفر تكاليف إنتاج الطاقة اللازمة لتحلية مياه البحر بنسبة 75٪ بالمقارنة بالوسائل التقليدية المعروفة.

- ***الطاقة النووية:*** أضف إلى ذلك إمكانية إنتاج محطات آمنة للطاقة النووية يمكن إقامتها في أي مكان وهي آمنة بيئيًا حتى في حالة انفجارها.
- ***الطاقة الشمسية (solar sestem) :*** ويتم تطبيق تقنية النانو تكنولوجي في مجال الطاقة الشمسية عن طريق دمج جزيئات النانو في لوحات السيلكون من خلال طبقة رقيقة للخلايا الشمسية، وتستخدم في ذلك أسطوانات مجوفة، وأنابيب النانو، وهى عبارة عن مواد تؤدي لزيادة كفاءة الألواح الشمسية في امتصاص موجات مختلفة من الضوء وهذا ما يميزها عن غيرها من ألواح الشمس الاعتيادية، وبمعنى آخر: فإن ألواح الخلايا الشمسية

المعتمدة على النانو تكنولوجي تصنع من خلال شرائح من المواد النانوية المتطورة، والمطعمة بنقاط تعمل بتقنيات فيزياء الكم ومن المتوقع أن يتضاعف ما تنتجه خلايا الشمس من الكهرباء، وتعتبر هذه النقاط هي مواد متناهية الصغر.

- ***طاقة الرياح:*** تستخدم الطاقة الحركية الناتجة من الرياح في توليد الطاقة الكهربائية عن طريق تحريك التوربينات الهوائية فتحولها إلى طاقة ميكانيكية، والتي بدورها تتحول إلى طاقة كهربائية تستطيع تشغيل الأجهزة ويتم توصيلها إلى المنازل، فأكثر ما تستخدم هذه الطريقة في توليد الكهرباء في المناطق الريفية البعيدة عن محطات توليد الطاقة الكهربائية الاعتيادية، بحيث تتناسب القدرة الكهربائية الناتجة عن الطاقة الحركية لطاقة الرياح مع كمية الرياح التي تهب والتي تحرك هذه التوربينات.

كما ساهمت هذه التقنية في تصنيع توربينات رياح متقدمة جدًا لتوليد الطاقة من الرياح، قابله للتعديل وسريعة التركيب، لدرجة أن توربين واحد معدل بهذه التقنية أكثر قوة مما كان يعادله منذ عقدين سابقين، كما أدت لإنشاء مزارع رياح تنتج طاقة تعادل أضعاف إنتاج محطات الطاقة التقليدية.

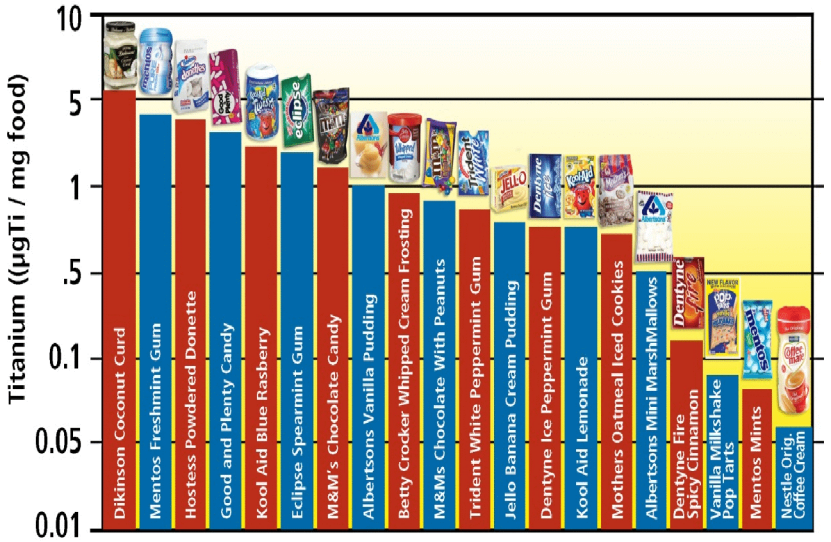
- ***طاقة الهيدروجين:*** يشهد العالم بسبب التطور التكنولوجي المتسارع ولادة مصدر جديد للطاقة سيعيد صياغة شكل الحضارة الإنسانية على وجه الأرض، وهو توليد الطاقة من الهيدروجين الذي سيصبح الوقود الأبدي الذي لا ينفذ عبر العصور، وهو عنصر لا ينتج عن إحراقه أي نبعاثات ضارة بالبيئة باستخدام خلايا وقود تشتعل بواسطة الهيدروجين، والتي تنتج بصورة مثالية من الطاقات المتجددة، ولعل أفضل مادة نانوية مستخدمة بخلية الوقود تتمثل في المحفز المكون من جزيئات المعادن النبيلة (مثل الهيليوم والنيون... وغيرها).

- **تطبيقات تقنية النانو في مجال الأغذية :**

حيث تلعب تطبيقات تكنولوجيا النانو في الإنتاج الزراعي دورًا أساسيًّا؛ ولذلك فإن البحوث في التطبيقات الزراعية مستمرة منذ عقد من الزمان حتى الآن دون انقطاع.

وعملية توفير الغذاء لسكان العالم البالغ عددهم حوالي 7 بليون نسمة يعتبر من التحديات التي تواجه العالم، ولتوفير الاحتياجات الغذائية المتزايدة لابد من توافر حلول ذكية تعوّض النقص في المواد الغذائية الطبيعية، وهذا يتركنا أمام تساؤل كبير : هل من الصحي والسليم أن يتم تناول أطعمة مُعدلة بتقنية النانو؟!.

هل يُعقل أن لا يكون لها آثارًا سلبية على جسم الإنسان ؟! أم أنها سليمة مائة بالمائة كما يدّعي مؤيدوها... شخصيًّا، مع أني من محبّي تكنولوجيا النانو إلا أنني أعتقد أنها يجب أن تبقي بعيدة عن الغذاء، فقد نستفيد منها بتصنيع الغذاء أو الأسمدة أو ما إلى ذلك، لكن أن نأكل مواد معدلة بتقنية النانو! فهذا أمر لا يعقل، كما أن في بداية التسعينات واجهنا تطبيقًا علميًّا مماثلًا يسمى الأغذية المعدلّة جينيًا، والتي أدت إلى كوارث وتبعات أدت إلى إغلاق هذه الصناعة تمامًا، فحين يتعلق الموضوع بالغذاء وسلامة الإنسان لابد أن نحسب له ألف حساب .. وفيما يلي بعض الأطعمة التي يستخدم فيها دقائق النانو تيتانيوم حسب نسبة تواجده فيها:



بعض الأغذية التي تحتوي على دقائق النانو تيتانيوم

فالنانو غذائيات هو العلم الذي يقوم بتصنيع مواد غذائية أو التعديل على خصائصها من خلال صناعة تحليل الغذاء إلى عناصره الأساسية (عناصر كيميائية، وجزيئات)، والتلاعب فيها لتغيير خصائصها أو حفظها، وكل غذاء تم زراعته أو إنتاجه أو معالجته أو تغليفه باستخدام تكنولوجيا النانو يُعد من النانو غذائيات.

وابتداع نكهات جديدة ومتعددة القوام، واستخدام أقل من الدهون، وتعزيز لامتصاص المواد الغذائية، ومنع المكونات التي تساهم في ارتفاع نسبة الكولسترول في الدم؛ فنجد أن المواد النانوية تمنع التصاق الميكروبات على الأسطح والمعدات التي توجد بمصانع الأغذية والحاويات.

فبتحليل الغذاء إلى عناصره الرئيسية يمكنك أن تأكل قرص بحجم قرص الدواء العادي، إلا أنه يحمل فائدة ثلاث وجبات كاملة تقضي احتياجات يومك كاملًا، وتتوافر النانو غذائيات بشكلين رئيسيين هي الأقراص والمحاليل (سوائل

تحوي دقائق غذائية نانوية الحجم). ومن التطبيقات التي تستخدم حاليًا في الأسواق والتي تعتمد على تكنولوجيا النانو: مقويّات المذاق أو اللون ومحسِّنات قدرة الجسم على امتصاص الغذاء وزيادة فوائده. ومن التطبيقات الأخرى المرتبطة بالغذاء وليس بتكوينه، إلا أنها تُعَد من علم النانو غذائيات، الحسّاسات الكهربائية ذات الحجم الضئيل جدًا والتي تُبلع مع الطعام فتقوم بعمليات تحليل مخبرية داخل جسم الإنسان وإرسال نتائجها لاسلكيًا لمستقبل خارجي، وتطبيقات النانو في تغليف الطعام تغليفًا مطورًا يضمن عمرًا مطوّلًا للغذاء وفسادًا أقلّ وتأثّر مُهمل بالأجواء المحيطة.

- **تطبيقات تقنية النانو في مجال الزراعة :**

فتحتل الزراعة المركز الثاني في قائمة استخدامات تكنولوجيا النانو، فعن طريقها يمكن صنع أدوات تساعد على زيادة خصوبة التربة ورفع إنتاجية المحاصيل - وعلى سبيل المثال: يمكن إنتاج أدوات صغيرة تستخدم في رش المحاصيل الزراعية بمعدلات مقننة بعناية.

إنَّ الأسمدة النانو مترية الجديدة دقيقة جدًّا من حيث الحجم، مما يسهل على أوراق وساق النبات امتصاصها دون الحاجة إلى رش التربة بها، وبالتالي تحمي من تلوث الأرض وترسب المواد إلى المياه الجوفية.

ومن ناحية اقتصادية فإن الأسمدة التقليدية تعتمد على استخدام أربعة شكائر من الفوسفات، سعر الشكارة الواحدة 100 جنية مصري على الفدان، فضلًا عن تسببها في تلوث التربة والمياه الجوفية، ومنع تصدير المحاصيل الزراعية للخارج لأنها تكون مليئة بالنترات والفوسفات التي تضر بصحة الإنسان.

إلا أنه باستخدام الأسمدة النانو مترية يكفي رش المحاصيل بكيلو فوسفات واحد سعره 25 جنيهًا على مساحة الفدان؛ لذا فالنانو تكنولوجي أتاح نوع جديد من الأسمدة رخيص وآمن على البيئة وصحة الإنسان.

وعن استخدامات تكنولوجيا النانو في مجال الزراعة فقد قدمت النانو تكنولوجي حلًّا لمشكلة المبيدات الحشرية، وتضمن الاستفادة من فوائد المبيدات وتمنع وصول أخطارها للإنسان إما عن طريق تصنيع هذه المبيدات في كبسولات نانو مترية يستطيع الإنسان التحكم الدقيق في معدل إفراز المبيدات من الكبسولة، أو عن طريق تصنيع المبيدات الحشرية في الحجم النانومتري والاستفادة من زيادة كفاءتها بأقل التركيزات الممكنة.

أو عن طريق تطوير جيل جديد من المبيدات عالية التخصص لحشرات معينة دون غيرها يمكن التحكم في عملها عن بُعد في الوقت والمكان المناسبين، أو عن طريق المكافحة البيولوجية في تصنيع مواد هلامية يمكنها جذب حشرات الفاكهة والإمساك بها والقضاء عليها بنسب عالية.

كذلك يمكن استخدامه للتغلب على مشكلات ارتفاع درجة حرارة الأرض وماله من تأثير على نمو النباتات؛ حيث أمكن استخدامه لإنتاج نباتات تتحمل درجات الحرارة المرتفعة إما عن طريق مساعدة النباتات في امتصاص المفيد من أشعة الشمس وعكس الباقي، أو تطوير مبردات مائية على هيئة كبسولات نانو مترية يمتصها النبات تحتفظ بكميات من المياه داخل أجزاء النبات إلى فترات طويلة.

فتطوير خزانات المياه النانو مترية التي تخزن مياه الأمطار في التربة حتى يستخدمها النبات في أوقات الجفاف؛ وخصوصًا في الأراضي الصحراوية، مما يساعدنا على تعمير المساحات الشاسعة من الصحراء حول العالم.

- **تطبيقات تقنية النانو في مجال مستحضرات التجميل :**

دخلت صناعة النانو في مجموعة من مستحضرات الوقاية من أشعة الشمس الضارة والتي تستخدم نانو جزيئات الأكسيد على أنواعه: الألومنيوم والتيتانيوم فهذه النانو جزيئات تحجب الأشعة فوق البنفسجية (UV)؛ وهذه المراهم شفافة

جدًّا وغير مرئية مثل المستحضرات التقليدية والتي يكون أغلبها ذات لون أبيض ويعتبر هذا النوع مفيد جدًّا للأشخاص الذين يعانون من تكون بقع بيضاء على جلدهم نتيجة المستحضرات التقليدية، وتتميز هذه المستحضرات أيضًا بطول استقرارها وتأثيرها ضد الآثار السلبية لأشعة الشمس. وفي مستحضرات التجميل توجد كبسولة النانو البلاستيكية التي تعمل على مقاومة التجاعيد وأثار الشيخوخة؛ حيث تستطيع نقل المواد النشطة المكافحة للتجاعيد إلى المناطق المطلوبة بدقة عالية وكفائه كبيرة.

- **تطبيقات تقنية النانو في مجالي الدواء والطب :**

لقد ساعد التطور الحديث في تقنيات النانو على تغيير القواعد الطبية المتبعة في منع الأمراض وتشخيصها وعلاجها، وأصبحنا نعيش عصر التقنية الطبية النانوية، حيث تقدم تقنية النانو على سبيل المثال: طرقًا جديدة لحاملات الدواء داخل جسم الإنسان (تسمى حاملات نانوية ذات أحجام تصل إلى مقياس النانو)؛ تكون قادرة على استهداف خلايا مختلفة في الجسم.

ويمكن بواسطة هذه التقنية تصوير خلايا الجسم بسهولة كما لو أننا نأخذ لها صورة عادية، كذلك يمكن التحكم بتلك الخلايا وتشكيلها بأشكال مختلفة.

تستخدم أنواع كثيرة من الجسيمات النانوية في التطبيقات الطبية بحيث تعمل كحاملات للدواء أو أدوات للتصوير داخل الجسم، وحاليًا تستخدم أنواع مختلفة من جسيمات الليبوزوم النانوية المصنعة كأنظمة توصيل للعقارات المضادة للسرطان واللقاحات، كما تستخدم جسيمات الذهب النانوية في أجهزة الاختبار المنزلي للكشف عن الحمل.

وتستخدم الأسلاك النانوية كمجسَّات حيوية نانوية وذلك لحساسيتها العالية وحجمها النانوي، حيث يتم طلاء هذه الأسلاك النانوية بأجسام مضادة مصنَّعة بحيث أنها تلتصق فقط بالجزيئات الحيوية **(DNA)**، أو البروتينات، أو الجسيمات

البيولوجية الأخرى الموجودة داخل الجسم، وليس غيرها من الجزيئات الأخرى، وعندما ترتبط هذه البروتينات أو غيرها بالأسلاك النانوية المطلية فسوف تتغير توصيلاتها، وبذلك يمكن استخدام هذا المجس الحيوي النانوي في اكتشاف عدد كبير من الأمراض في مراحلها الأولية، وذلك بإدخال أعداد كبيرة من الأسلاك النانوية داخل الجسم يتم طلائها بأجسام مضادة مختلفة، تمثل مجسَّات مختلفة.

وتلعب تقنية النانو دورًا كبيرًا في تحسين هندسة الأنسجة الحية وعلاج الخلايا وذلك يشمل استخدام خلايا حية أو مركبات طبيعية أو مصنَعة يتم زراعتها داخل الجسم الحي.

ويقوم بعض الباحثين الآن بمحاولات تجريبية يتم فيها استخدام كبسولات سيلكون نانوية تعمل على وقف نظام الجسم المناعي من التعرف على الخلايا الغريبة، حيث تقوم هذه الكبسولات بحجب الأجسام المضادة الناتجة من نظام الجسم المناعي، بينما يتم إطلاق كمية كافية من الأنسولين المحمول بواسطة الكبسولات النانوية في الدم.

كما أن الأدوات الجراحية أصبحت الآن هدفًا للتطوير والتحسين باستخدام تقنية النانو، حيث أمكن تصميم أدوات جراحية تعتمد على مادة الألماس النانوية والتي تقطع بدقة متناهية خلال كرة العين. ومن المتوقع في المستقبل القريب أن تُقدم تقنية النانو حلولًا ناجحة لتصحيح التلف الناتج في الأجهزة السمعية والبصرية والحسية في الإنسان، وذلك بزراعة أجهزة نانوية دقيقة داخل الجسم، فعلى سبيل المثال، يعمل الباحثون الآن على زراعة غشاء نانوي في شبكية الأعمى لتحسين النظر لديه.

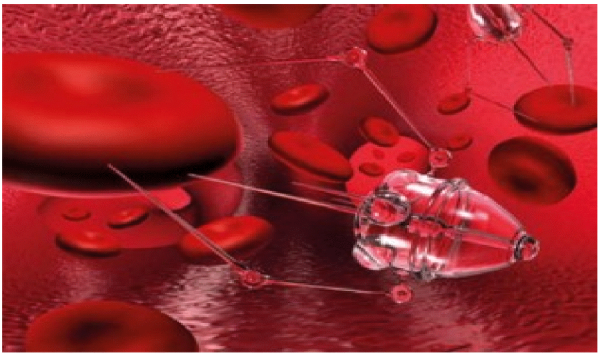
كما تسهم تقنية النانو في صناعة الأطراف الصناعية من الألياف الكربونية المتصلة بالجهاز العصبي، وبالتالي يمكن تحسين الأداء البدني والبيولوجي الرياضي لذوي الاحتياجات الخاصة.

- **مسحوق النانو (NANOPOWDER) لمرضي الحساسية :**

وقد استفاد الطب كثيرًا من مسحوق النانو؛ وذلك في تصنيع الأدوية المستنشقة (**Inhaled Drugs**) حيث أن المركبات الميكومترية يمكن أن تترسب على جدران الحويصلات الهوائية بالرئة، ويؤدي ذلك عادة إلى الكثير من المضاعفات والآثار الجانبية لتناولها، أما باستخدام مسحوق النانو فقد تم التغلب على هذه المشاكل نهائيًا لتصبح الأدوية المستنشقة أقل خطورة على المريض كما أنه يزيد من امتصاص الجسم للدواء.

الأنابيب النانو مترية: تم استخدام نوعين من أنواعها ومن تطبيقاتها.

- **نقل العقاقير الدوائية (Drug delivery) :**



أجهزة آلية للإبحار داخل جسم الإنسان وصنع خلايا أقوى من خلايا الدم

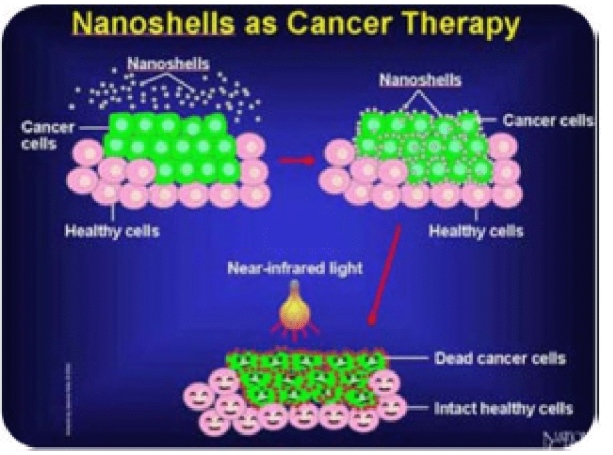
أُدخل حاليًا مصطلح جديد إلى علم الطب هو النانو بوتيك (**Nanobiotics**)؛ وهو البديل الجديد للمضادات الحيوية، حيث استطاع الباحثون في جامعة هانج بانج في سيؤول إدخال نانو الفضة إلى المضادات الحيوية، ومن المعروف أن الفضة قادرة على قتل (658) جرثومة ميكروبية دون أن تؤذى جسم الإنسان، فهذه التكنولوجيا سوف تحل الكثير من مشاكل البكتيريا المقاومة للمضادات الحيوية التي أحدثت طفرات تحول دون تأثير المضاد على هذه البكتيريا.

حيث يقوم النانو بيوتك بثقب الجدار الخلوي البكتيري أو الخلايا المصابة بالفيروس مما يسمح للماء بالدخول إلى داخل الخلايا فيتم إبادتها، ومن أشهر استخدامات جسيمات النانو في الطب نقل العقاقير الدوائية (**Drug delivery**) إلى الخلايا والأنسجة، ذلك كونها تعتبر ناقل مستقر، كذلك سعتها الكبيرة في نقل المواد سواء كانت محبة للماء (**hydrophilic**) أو كارهة للماء (**hydrophobic**)، والمواد التي لا تذوب بسهولة أو المواد صعبة التأيض في الجسم عند تطبيقها بالطرق التقليدية، كذلك فإن حجمها المتناهي في الصغر يمكنها من اختراق الأغشية الخلوية والارتباط بالبروتينات، وتلافي مواجهة الليسوسومات المحللة لها، كذلك فإن وصل جسيمات النانو المهندسة بالمُرتبط (**ligand**) ليرتبط بمستقبل خاص على الخلايا (**specific cell receptors**) يُسهل عملية نقل العقار ويزيد كفاءة العلاج مع أدنى مستوي من الآثار الجانبية.

إنَّ التعديل السطحي لجسيمات النانو المهندسة بمواد أخرى مثل البولي إيثلين جلايكول يجعلها تبقى لوقت أكبر في الدورة الدموية، مما يؤثر ويثبِّط عمليتي التعارف والالتهام للخلايا البلعومية وحيدة النواة (**mononuclear phagocyte**)، كذلك فإن تغليف جسيمات النانو المهندسة يمنع تشتتها أو تجمعها (**agglomeration**) أو امتصاصها (**adsorption**) في الوسط الحيوي أو أي سائل حيوي ذلك أن تجمعها ينقص من كفاءتها.

- **في العلاج بالجينات :**

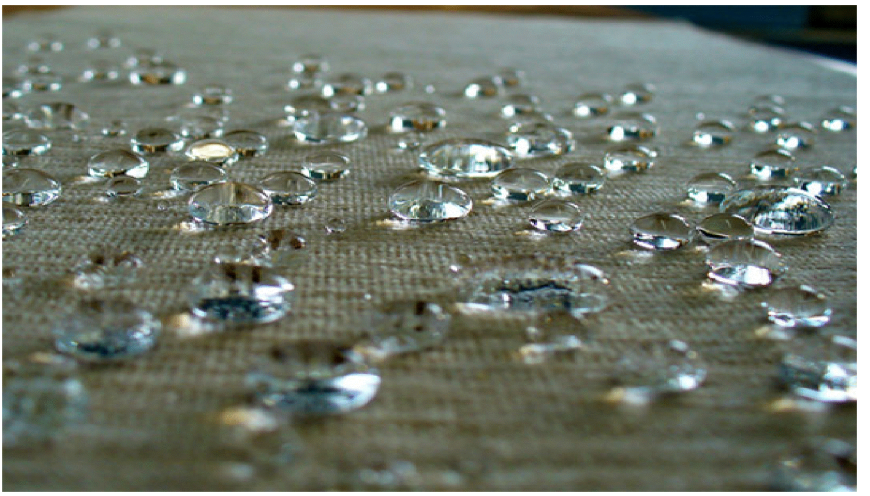
تقنية النانو وعلاج السرطان :



أجهزة النانو (**cantilever**) تستطيع اكتشاف خلايا السرطان بدقة فائقة تصل إلى حد رصد خلية سرطانية واحدة.

ويعتمد الباحثون الآن للحكم على الأدوية والعقاقير التي تستخدم في العلاج الكيميائي لهذا المرض اللعين على مدى كفاءة الدواء في الوصول إلى هدفه داخل الخلية التي يجب الوصول إليها، وكذلك على مدى قدرته على اختيار هدفه بكل دقة. ولذلك يتجه العلماء حاليًا إلى البحث في مجال النانو تكنولوجي لتكون حاملة إلى هذه الأدوية - ومن هؤلاء: العالم المصري مصطفي السيد - عن طريق حقن الأوردة الدموية جسيمات النانو (**Nanoparticles**) رقائق نانوية من الذهب، تذهب هذه الرقائق من الذهب إلى الجزء المسرطن من الخلية ثم تسليط الضوء على الذهب، وتتولد حرارة لتحرق هذا الجزء دون تتدخل السموم إلى الجسم. وذلك يتم عن طريق تكسير الذهب إلى أجزاء صغيرة جدًّا تكون قادرة على التعرف على خلايا السرطان فقط، وتخلص الجسم منها دون الإضرار بالخلايا السليمة بنسبة نجاح بلغت 100٪ دون أي مخاطر على الجسم.

- **تطبيقات تقنية النانو في مجال الملابس :**



صورة توضح نسيج له خاصية عدم التشرب بالماء

إنَّ تقنية النانو لم تقتصر علي عالم الأجهزة والمعدات والأدوات الدقيقة وإنما طرقت مجال صناعة الأنسجة؛ فهناك دراسات تتبع معهد فراونهوفر الألماني مثل دراسة فلوريان رتوفوس ودراسة الأمريكي يادون ين 2007: أنه يمكن صناعة أنسجة تغير ألوانها في الضوء؛ حيث أن الأنسجة تتكون من كريات نانوية متناهية الصغر تغير لونها تبعًا لطول الموجات الضوئية التي تنعكس عليها مما يفيد التخفي أو التمويه العسكري. فقديمًا كان ينظر العلماء إلى زهرة اللوتس ليشاهدوا أن قطرات المطر تجري علي ورقتها بدون أن تمتص وإنما تسير في استقلالية تزيح أمامها الأوساخ بطول جريانها، وقد أدرك العلماء أن ذلك بسبب طبيعة المسافات البينية بين نسيج الأوراق وطبيعة تركيب سطح زهرة اللوتس وسُمِّيت (**super-hydrophobicity** اللا مائية الفائقة. وقد استوحي العلماء فكرة ملابس مقاومة للرصاص واللهب والسوائل والاتساخ مثل عمل جوارب وقفازات لا تمتص الأوساخ ولا تسمح باختراق الماء وملابس تحمي من أضرار الأشعة الفوق بنفسجية،

مما يفيد العاملين تحت حرارة الشمس وعمال البناء وأصحاب المهن التي تتعرض إلى تلف الملابس.

- **تطبيقات تقنية النانو في مجال البصريات :**

أمكن عن طريق تقنية النانو في مجال البصريات عمل نظارات شمسية مقاومة للأشعة الضارة، ولها أسطح مغطاة بطبقة من البوليمير المانع للانعكاس ومقاومة للخدش إلى جانب ترقية أنواع من اللاصقات البصرية (العدسات اللاصقة) لها قدرة علي تحسين الإبصار، ويدخل النانو أيضًا في جراحات الليزر.

- **تطبيقات تقنية النانو في مجال وسائل النقل :**

فقامت وكالة ناسا / معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا بتصميم لطائرة تجارية متطورة (**aircraft**)، والتي يمكن أن تطير أكثر هدوءًا بكثير وأقل في نسبة العوادم مع قدر أكبر من الكفاءة في استهلاك الوقود ووجود محركات قوية وتتميز بخفة الوزن في نفس الوقت، كما أنها تستخدم أنابيب الكربون النانوية كموصلات كهربائية لتحل محل الأسلاك النحاسية الثقيلة في الطائرات والأقمار الصناعية.

كذلك إنتاج مواد قوية ومحركات شديدة التحمل والاستقرار حتى لا يتعارض أداءها مع وسائل السلامة للسيارات الرياضية والشاحنات والقطارات.

- **تطبيقات تقنية النانو في مجال الفضاء :**

يُعَد الفضاء مجالًا حيويا لتطبيقات تكنولوجيا النانو، إذ تخصص وكالة الفضاء الأمريكية (ناسا) أكثر من 48 مليون دولار سنويًّا لتنفيذ أبحاث وتجارب تهدف إلى استخدام تكنولوجيا النانو في مجال الرحلات الاستكشافية للفضاء الخارجي، وهناك معدات نانوية استخدمت بالفعل خاصة بالأجهزة ومكونات الأقمار الصناعية ومعدات رواد الفضاء، ومن المأمول أن تتم الإفادة من هذه التكنولوجيا بمجالات بناء الروبوتات صغيرة الحجم.

يمكن أن تكون تقنية النانو ذات فائدة كبيرة للتطبيقات الفضائية ومهمات الاستكشاف، فقد تم صنع مجس كيميائي محكم باستخدام أنابيب الكربون النانوية، وهو مثالي للاستخدام في مهام ناسا المتعلقة بكيمياء الفضاء، وكذلك تم تصميم جهاز لقياس الموجات باستخدام تقنية النانو، وهو جهاز أداؤه أعلى بكثير من الأجهزة التجارية المتوفرة بينما يستخدم طاقة أقل كما أنه أخف وزنًا وأصغر حجمًا.

- **تطبيقات تقنية النانو في مجال العمارة :**

النانو وماده ذاتية الالتئام للخرسانة والأسفلت والدهانات، رفع كفاءة الخرسانة والصلب مع زيادة القوة والمتانة، وتحتوي المادة الجديدة على كبسولات بوليمر صغيرة مملوءة بمحلول يتحول إلى مادة صلبة مقاومة للماء عندما يتعرض للضوء. تقوم الفكرة على أن التلف الذي يلحق بالإسمنت المطلي بهذه المادة يؤدي إلى فتح الكبسولات وإطلاق المحلول داخلها، الذي يملأ عندئذ الشقوق ويتصلب تحت أشعة الشمس. وبعدما عرض العلماء العينات لأشعة الشمس لبضع ساعات...

خرسانة لا تتشرب الماء

أظهر المسح أن الإسمنت التأم، في حين أن الضرر في العينات غير المطلية ظل على حاله. برهن الباحثون أن العينات المطلية بهذه المادة الجديدة أقل تأثرًا بالماء وأيونات الكلوريد.

ويضيف تشانغ أن البوليمر الذي اختاره فريقه ليكون عامل الالتئام مميز لأنه لا يتجمد حتى في درجات الحرارة الشديدة الانخفاض، فضلًا عن أنه صديق للبيئة.

النانو والزجاج (Smart windows) :

قامت شركة بيلكنجتون **(Pilkington)** بعرض منتج تحت اسم الزجاج الفعال **Active Glass**)) يستخدم جزيئات النانو في جعل الزجاج يمتاز بخاصيتين: الأولى خاصية ضوئية **photo catalytic**)) تعتمد على أنه عندما تسقط الأشعة فوق البنفسجية فوق هذا الزجاج تصبح جزيئات النانو نشطة وتبدأ في كسر وتخفيف الجزيئات العضوية والأتربة على هذا الزجاج، أما الخاصية الثانية فهي خاصية هيدروليكية **(Hydrophilic)** تعتمد على أنه عندما يقع الماء على الزجاج فإنه ينتشر بالتساوي مما يساعد على غسل الزجاج وتنظيفه بسهولة.

- المنتج هو طارد للماء وتخفيض قابليه السطح للتمسك بالمواد الغريبة. فجزيئات النانو تلتحم مباشرة بالجزيئات التحتية، لتشتيت أي مواد غريبة.
- تقليل درجه الحرارة بمقدار20 درجة معادلة درجة الحرارة في الشتاء.
- مضاد للضباب، تنظيف ذاتي عند انخفاض درجات الحرارة الداخلية للبنايات والوحدات يقلل من استهلاك الكهرباء اللازمة لعمليات التبريد والتكييف، وبالتالي تقليل التكاليف والنفقات اللازمة لأعمال الحماية ضد ارتفاع درجات الحرارة أو انقطاعها، وبالتالي تتم عملية ترشيد استهلاك الطاقة من مصادر توليدها. وتوفير الكهرباء وسيلة من

وسائل ترشيد استهلاك الطاقة وتقليص النفقات وأيضا المساهمة الفعالة في حماية البيئة لتخفيض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون CO_2 من المصادر المنتجة للطاقة.

- يتم تشتيت أكثر من 80٪ من أشعة الشمس فوق الحمراء قريبة المدى **NIR**. إلى جانب خاصية الزجاج الذي يعمل بمثابة حاجز للنار **(Nano forum)**.

النانو والدهانات :

ساعدت تقنيه النانو علي تحسين الالتصاق ومكافحة العفن الفطري، وزيادة خصائص العزل.

- **طرق وأساليب التعامل مع المواد في مقياس النانو في مجال العمارة:**

تستخدم في العادة ثلاث وسائل أساسية للتعامل مع المادة على مستوى قياس النانو الذي يتراوح بين واحد إلى مائة نانومتر؛ وهذه الوسائل هي:

- التقاط الجزيئات ونقلها **(pick up and move).**
- تشكيل الجزيئات بالحفر أو عن طريق الطباعة الحفرية الحجرية **(Lithography).**
- استخدام التجميع الذاتي **(self –assembly.**

وفي التالي نفصل العناصر السابقة.

التقاط الجزيئات ونقلها pick up and move :

(Atomic Force Microscope(AFM.) يستخدم مجهر القوة الذرية في ذلك وهو مجهر يمكن الرؤية به عن طريق قياس قوى التجاذب **(Attractive forces)** بين عينة من السطح وجزء دقيق جدًّا **(very sharp tip)**، كلما انتقل الجزء الصغير على السطح فإنه يشاهد السطح عن طريق قياس التجاذب **(attraction)** أو التنافر **(repulsion)** بينه وبين السطح، ويوضع الجزء الصغير على عارضة **(cantilever)** تشبه لوح الغوص، وتقاس حركة انتقال العارضة عن طريق شعاع

ليزر، ويتمكن مجهر القوة الذرية **(AFM)** من قياس اختلافات تصل إلى واحد من عشرة أجزاء من النانومتر.

التشكيل بالحفر Lithography :

تصنع غالبية المكونات الإلكترونية في قياس النانو بما يمكن تسميته النقش بالحفر **(Lithography)** وقد اكتشف ألويس سينيفلدر **(Alios Senefelder)** المبادئ الأساسية لهذه الطريقة بالطباعة على الحجر عام 1798، وتعتمد هذه الطريقة على فكرة أن الماء والنفط لا يمتزجان، ومن هنا يمكن تشكيل الأشكال على السطح عن طريق رسمها بمادة نفطية مثل أقلام الشمع كصورة مرسومة، وسوف يتكون الحبر المخلوط بالماء ويلتصق بالأماكن الخالية من المادة النفطية فقط، كما يمكن أيضا تغطية السطح كله بالمادة النفطية ثم خربشة أماكن الرسم لوضع الرسم بالخربشة، وقد سميت هذه الطريقة في بعض الأحيان بألواح الخربشة.

التجميع الذاتي Self-assembly :

التجميع الذاتي للجزيئات **(Molecular Self-Assembly)** هو من إحدى العمليات المستخدمة في معالجة الجزئيات لترتيب الجزيئات بطريقة سابقة الإعداد للخروج بمواد لها الخصائص الفريدة، ومن تطبيقات هذه العملية تصنيع المطاط المعدني وهى مادة لها خصائص المعدن الموصل بمرونة خواص المطاط.

- **تطبيقات تقنية النانو في مجال تكنولوجيا المعلومات والاتصالات:**

وتأتي تكنولوجيا النانو لتحل بديلًا عن تكنولوجيا الميكرو؛ حيث يمكن تصنيع الأجهزة الكهروميكانيكية والإلكترونية النانوية، وتقليل حجم جميع تلك الأجهزة المستخدمة بمقدار ألف مرة عن حجم أجهزة الميكرو، مما يؤدي إلى تغيير أداء تلك الأجهزة إلى الأفضل.

وتأثرت تقنيات الحاسوب ، والهواتف المحمولة والكاميرات الرقمية والمجهر

والشاشات وأجهزة الإنبعاثات وغيرها من الأدوات في كونها تميزت بحجم أقل وكثافة أعلي وسرعة نقل فائقة.

وللنانو تكنولوجي علاقة مباشرة بتقنيات ي ومعالجة واسترجاع المعلومات، وإمكانية الإفادة منها في تطوير أجهزة الهواتف المحمولة، للدرجة التي يمكن معها استخدام هذه الأجهزة في مجال العمل المكتبي، لتقديم خدمات تتيحها المكتبات الرقمية من خلالها والمعلومات المستحدثة عبر أجهزة الهواتف المحمولة.

ابتكرت شركة (**IBM**) طريقة ل استخدام طرائق التصنيع التجاري المستخدمة الآن في صنع أنظمة تحكّم في مجموعات من أسلاك صغيرة، وهو التطور الذي تأمل الشركة أن يؤدي إلى إيجاد شرائح ذاكرة للحاسب الآلي ذات كثافة تبلغ أربعة أضعاف الكثافة الحالية. ومع أن كثافة الذاكرة تزداد في كل مرة، إلا أنّها تزداد بمقدار ثابت (خطّي).

وقد ابتكرت شركة (**IBM**) أيضًا نماذج جديدة من الذاكرة، إذ أثبتت هذه الأخيرة قدرتها على العمل بكفاءة، ومن ثم أصبح بالإمكان إيجاد استخدامات أكثر تعقيدًا من هذه النماذج في السنوات اللاحقة، مثل معالجات الحاسب الآلي، فتطبيقات المبدأ كثيرة وستُحدث ثورة في عالم الإلكترونيات.

وفي تطور آخر لشركة (**IBM**) استطاع باحثون فيها وهم: (يوري فلاسوف ومارتن أوبويل وهيندريك هامان وشاري مكناب) من مركز «تي جيه واتسون» للبحوث بدعم جزئي من وكالة مشاريع بحوث الدفاع المتقدمة (**DARPA**) المؤسسة المسئولة عن التطوير والبحوث المركزية التابعة لوزارة الدفاع الأمريكية، عن طريق برنامجها «إبطاء وتخزين ومعالجة الضوء» **Slowing, Storing (and) Processing Light.**

وهذا الأمر سيؤدي إلى تطورات جذرية في أداء الحاسب الآلي وكلّ الأنظمة الإلكترونية الأخرى، فالباحثون استطاعوا إبطاء سرعة الضوء إلى واحد على

300 من سرعته المعتادة عن طريق تمريره في قنوات من السليكون المصنّع بعناية بالغة، يسمى موجات الكريستال الفوتونية (Photonic Crystal Waveguide) (PCW) وهي عبارة عن شريحة رقيقة من السليكون «منقّطة» بمجموعات من الثقوب تكسر أو تغير من مسار الضوء المار بها.

هذا التصميم للقنوات يسمح بتغيير سرعة الضوء عن طريق تمرير تيار كهربائي لموجه الموجات. ومن الجدير بالذكر أن الكثير من الباحثين في السابق استطاعوا إبطاء سرعة الضوء في ظروف مخبرية، ولكن تحكُّمهم في سرعة الضوء على شرائح سليكون باستخدام وسائل تصنيعية تعتمد على النانو تكنولوجيا هو سابقة جديدة. وحجم هذا الجهاز الذي استطاع العلماء تصنيعه صغير جدًا، ويمكن استخدام المواد شبه الموصلة فيه المواد التي تُستخدم عادة في تصنيع الدوائر الكهربائية والقدرة على التحكّم بسرعة الضوء أو إبطائه في هذه الحالة تجعل بالإمكان لهذه التقنية أن تصنع الدوائر الضوئية (Optical Circuits) في غاية الصغر من الحجم، وعملية في آن واحد لوضعها في الأدوات الإلكترونية.

وعدم القدرة على إيصال المعلومات في الدوائر الكهربائية هي إحدى أكبر الصعوبات التي يلاقيها مصممو الدوائر الكهربائيةّ. كما أن من المشاكل التي تواجه مصممي الدوائر الكهربائية زيادة الناتج الحراري بسبب ازدياد مرور الإلكترونات في الدوائر الكهربائية، الأمر الذي قد يؤدي إلى «احتراق» الدائرة بكاملها إن لم يتم تبريدها بشكل مدروس. وإحدى أكبر المشاكل التي تشلّ تطور المعالجات والذاكرة في الحاسب الآلي هي ظاهرة انتقال الإلكترونات من مسارها إلى مسار آخر عند تقليص حجم الدائرة الكهربائية. ولكن نتائج بحوث (IBM) لن تحلّ هذه المشاكل، بل ستتجاوزها لتنعدم من أساسها، إذ ستتغير قوانين الفيزياء في الدوائر لتصبح تعتمد على نظريات وقوانين الضوء (كمية أو موجية أو غيرها)،

لتنعدم الآثار الحرارية لمرور الإلكترونات في الأسلاك والدوائر الكهربائية، ولينعدم التنافر الإلكتروني. وقد تم تقديم بعض الحلول لهذه المشكلة عن طريق استخدام موجهات موجات الكريستال الفوتوني، التي تحتوي على معامل انحراف للضوء عالٍ بسبب وجود أنماط من مجموعات الثقوب فيها. إذ كلما ازداد معامل الانحراف، قلَّت سرعة الضوء الخارج منها. وبزيادة حرارة موجهات موجات الكريستال الفوتوني عن طريق تمرير تيار كهربائي فيها، يتم تغيير معامل الانحراف، الأمر الذي يغير من سرعة الضوء الخارج من الثقوب، باستخدام قدرة كهربائية قليلة جدًّا. ومن ثم، وبفضل تكنولوجيا النانو قامت شركة **(IBM)** بتصنيع مجموعة من الترانزستورات من أنبوب رقيق جدًا أطلق عليه **(carbon nanotube)** أرفع 10000 مرة من الشعرة، وبفضل استخدام تكنولوجيا النانو تم زيادة سرعة نقل المعلومات ما بين 10 ، 2.5 مليار **bit** في الثانية، الأمر الذي جعلنا نرى الإنترنت على ما هو عليه الآن.

ففي عام 2010 استطاعت شركة **(INTEL)** تقديم المعالج من النوع **(Nano processor)** الذي سيكون طوله نانومترًا وعرضه 3 ذرات مصفوفة الواحدة بجانب الأخرى، وهذه الأبعاد سيكون لديها القدرة على استيعاب 400 مليون ترانزستور نانوي في رقاقة يمكنها الوصول إلى (6).

- **تطبيقات تقنية النانو في المجال العسكري :**

تقنية النانو العسكري **(Nono military)** من العلوم التي أخذت مكانة عالية، وذلك نظرًا للتوسع السريع في العلوم العسكرية والأمنية الفضائية.

ترجع أهمية التطبيقات المختلفة لتقنية النانو في المجالات العسكرية والأمنية والفضائية نظرًا للتطوّر السريع في التكتيك العسكري والأمني والفضائي، بالإضافة إلى سباق التسلح وامتلاك الفضاء، والبحث عن موارد جديدة يمكن الاستفادة منها لتقليل الترسانات العسكرية الهائلة للأسلحة والتقليل من الإنفاق العسكري

والفضائي، والبحث عن أسلحة أكثر كفاءة ودقة وأقل تكلفة، وذات أحجام صغيرة تؤدي الغرض المطلوب ولا تحتاج إلى مستودعات ضخمه لتخزينها. هذا التطوّر التقني الدقيق لم يَعُد سرًّا من الأسرار العسكرية، فالقوى العظمى تتنافس في السيطرة والهيمنة على العالم.

فأمكن إنتاج مواد ذكية قادرة على أن تستجيب لظروف البيئة المحيطة بالمهمات العسكرية وأجهزة الاستشعار قادرة علي كشف الأسلحة الكيميائية والبيولوجية.

فإن التخيلات العلمية والبحثية تعتبر الأساس في البحث والتقصي والاستنباط لمختلف فروع السلاح العسكري، والذي يدخل ضمن السلاح العسكري للقوات البرية والبحرية والجوية والدفاع الجوي. تعتبر طائرة الشبح - على سبيل المثال - مثالًا واضحًا لتلك التخيلات والتي من المتوقع أن يتم تطويرها استنادًا إلى تقنية النانو ليتم معها أيضا إنتاج غواصات صغيرة الحجم ذات مقاومة عالية للصدمات الحرارية والميكانيكية المختلفة، بالإضافة إلى طائرات وسفن بحرية دقيقة الحجم ذات سرعة فائقة تستوعب أعدادًا كبيرة من العتاد والمؤن والجنود.

في مجال السلاح العسكري، فإن المستقبل القريب قد يبشر بولادة تقنيات لأسلحة ومعدات عسكرية لا تخطر على البال، حتى على المختصين في الشؤون العسكرية، ومنها على سبيل المثال طائرات التجسس صغيرة الحجم، بحجم الكف، والتي تحتوي على جزيئات من مختلف تراكيب ومواد النانو تستطيع اختراق الرادارات ويمكن نصبها في أي موقع وبأقل التكاليف، كما يمكن حملها مثل لعب الأطفال لتكون عالما جديدًا من عوالم الجاسوسية. كما يمكن أيضًا تجهيز مسدسات ومتفجرات وقنابل متعددة الأهداف والاستعمالات حسب الطلب وبأقل التكاليف من المواد والجزيئات الدقيقة تمتاز بكونها فتاكة ومتناهية الدقة وصغيرة الحجم ومتعددة الأغراض.

فبخصوص العتاد والمؤن والتجهيزات العسكرية ومنها على سبيل المثال: المباني، والمعسكرات، والخيام، ومعدات التموين العسكري المساند، مثل المستشفيات، والمطابخ، والمكاتب الثابتة والمتنقلة، والملاعب، والمسابح، فهذه أيضًا سوف يتم تطويرها بناء على تقنيات النانو المختلفة، حيث يكون لدينا مباني ومنشآت وخيام مقاومة، كما يمكن تحويرها ليتم استخدامها بكفاءة في فصل الصيف والشتاء ودون الحاجة إلى المكيفات الحارة والباردة، ومولدات الكهرباء الضخمة وعالية التكاليف والتي تشغل حيز كبير. كما يمكن توليد المياه من خلال مولدات دقيقة الحجم، إلى مياه حارة وباردة لتلاءم احتياج الجندي في موقع القتال.

بالأمس القريب كانت لدينا أسلحة الدمار الشامل (**General Weapons Destroyed**)، والتي تتضمن السلاح البيولوجي **(Biological Weapons)**، والسلاح الكيميائي **(Chemical Weapons)**، والسلاح النووي **(NuclearWeapons)**، وذلك لإنتاج أسلحة فتَّاكة ذات تأثير فعال سريع. ثم تطوّر الأمر ليصبح لدينا خليط من السلاح أكثر ضراوة يجمع بين الأسلحة الثلاثة السابقة، وقد تم بالنسبة للقوى العظمى ذلك مما أذهل العالم من خطورة ذلك الناتج العجيب. واليوم تم الانتقال تمامًا من تلك الأسلحة التقليدية حديثة العهد إلى السلاح المعتمد على تقنيه النانو.

منذ أن تم إنتاج السلاح البيولوجي، ومنها على سبيل المثال الجمرة الخبيثة **(Anthrax)** والتي تسببها بكتيريا **(Bacillus anthracis)** والطاعون **(Plagya)** والذي تسببه البكتيريا **(Pasterella pestis)**، والمطر الأصفر والذي تسببه الفطرة **(Pencillium sp)**، وفيروسات الحصبة، وشلل الأطفال، والغدة النكفية، والذي تم إطلاقه بواسطة العديد من تقنيات السلاح المختلفة.

وعودة للسلاح البيولوجي، فإن الأنظار تتجه في الوقت الراهن إلى استنباط العديد من الأسلحة البيولوجية ذات الصفات الخارقة الخطيرة والتي تعتمد على

تقنية النانو الحيوي (**Biological Nanoechnology**) نظرًا لتوفر مقومات ذلك السلاح في الطبيعة، والقدرة على تطويع النظام الحيوي الميكروبي لمختلف الأبحاث التطويرية لتقنية النانو. وفي هذا المجال فإن من أهم التخيلات العلمية في هذا المجال طرق الدفاع متناهية الصغر (**Nanodefinc Methods**).

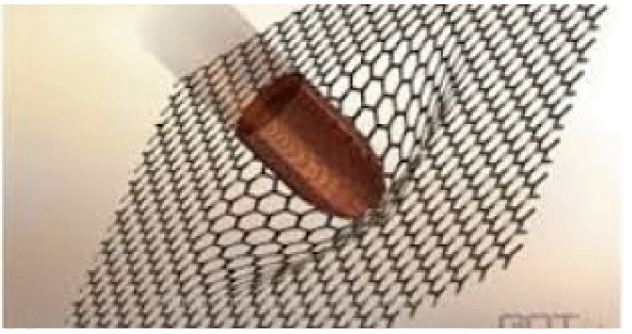
في هذا المجال قد أمكن تطوير أبحاث للمقاومة الميكروبية متناهية الصغر (**Nanomicrobial Control**) وذلك بإنتاج مضادات ميكروبية متناهية الدقة (**Nanoantimicrobial**) أسهمت بشكل فعال في الحد من الإصابة المرضة بالكائنات الحية الدقيقة. وقد تم بفعل تطوير مضاد حيوي متناهي الصغر أطلق عليه مضاد النانو (**Nanobiotic**) والذي تم تطويره للتأثير على الخلايا البكتيرية، حيث تتجمع المركبات على هيئة أنابيب متناهية الدقة تستطيع اختراق خلايا العائل البكتيري، ومن ثم إيقاف نشاطه التكاثري. كما أن جزيئات النانو الفضية (**Nanoparticles Silver**) تعد صورة من صور المقاومة الميكروبية للسلاح البيولوجي، حيث أمكن في هذا المجال، على سبيل المثال: استخدام أكاسيد الفضة ودمجها مع بعض جزيئات النانو لإنتاج مضادات حيوية.

الأسلحة عالية الدقة (**High Finess Weapons**) في الوقت الراهن، ومنها على سبيل المثال: الصواريخ الموجهة المضادة للدبابات، وقذائف الهاون عالية الدقة، والصواريخ الموجهة (جو- جو) و(جو- أرض)، والصواريخ المضادة للرادار (جو- أرض)، والقنابل الجوية الموجهة، وصواريخ الدفاع الجوي، والصواريخ الموجهة والمضادة للسفن (سفينة- سفينة) و(شاطئ- سفينة)، وأنظمة التوجيه التلفزيوني، وأنظمة التوجيه الحراري، وأنظمة التوجيه بالليزر، وأنظمة التوجيه الرادارية، وأنظمة التوجيه الترابطية، ونظام التوجيه القائم على قياس ارتفاع طيران الصواريخ، تعتبر في الوقت الحالي أسلحة ذات كفاءة متناهية الدقة. ويمكن القول بأن المستقبل القريب سوف يفتح مجالًا خصبًا لتقنية النانو لتطويرها وتحويلها من ترسانات

ومستودعات ضخمة إلى أسلحة متناهية الصغر وذات أحجام لا يمكن بأي حال من الأحوال تصور قدرتها في الفتك والدمار. إن المجال خصب أيضًا للاستفادة من مركبات النانو المختلفة مثل أنابيب وأعمدة وشرائح النانو في صناعة تلك الأسلحة.

حيث كشفت مواقع القتال للحروب السابقة أن هناك العديد من الاحتياجات التي يحتاجها الجندي في ميدان القتال حتى يستطيع المقاومة لفترات طويلة، فالأحذية والملابس والخوذ والجوارب الحالية - على سبيل المثال - قد تكون عبئًا على الجندي، من حيث ثقل الوزن، ومن هنا فإنه يمكن الاستفادة من تقنية النانو في صنع متطلبات الجندي من مواد متناهية الدقة وذات أحجام صغيرة مقاومة للحرارة وغير منفذة للماء، بالإضافة إلى إنتاج البطاريات، وأجهزة الاتصال طويلة الأمد، والأقلام، والمعدات الحربية والعسكرية التي يحتاجها الجندي داخل ميدان القتال.

فحاليًا يقوم الجيش الأمريكي بتطوير العديد من التقنيات المختلفة استنادًا إلى تقنية النانو ليستفيد منها الجندي، ومنها على سبيل المثال، ملابس الميدان والتي تحتوي على ألياف دقيقة متناهية الصغر تحتوي على جميع المتطلبات مثل الأقلام، وأجهزة الاتصال.



صورت توضِّح النسيج المضاد للرصاص

بالإضافة إلى كونها متعددة الألوان للتمويه العسكري والقتالي، كما تسمح له بالنوم والتحرك بسهولة، وتتحكم في درجات الحرارة صيفًا وشتاءًا وذات قدرة على مقاومة أسلحة الدمار الشامل المختلفة (البيولوجية، الكيميائية، والنووية) والرصاص، والقذائف المتنوعة.

عن طريقة تقنية الجزيئات متناهية الدقة والصغر يمكن تطوير العديد من أجهزة نزع الألغام، والمواد المتفجرة والكشف عنها، والتي تمتاز بكونها ذات أحجام صغيرة ويمكن حملها بسهولة في ميادين القتال يطلق عليها (**Nanoroborts**)، والتي يمكن من خلالها أيضًا تفتيش مواقع القتال، والأماكن المشبوهة من قبل الإرهابيين، بالإضافة إلى إمكانية استخدامها، لدقة حجمها، في تدمير مخازن الأسلحة، ومواقع الطائرات، والرادارات، والدوائر الكهربائية، والإلكترونية، وإيقاف أوامر التشغيل للعديد من الأجهزة الحساسة.

من أكثر الخيالات العلمية، والتي يمكن الاستفادة منها في جوانب التقنية العسكرية، مضادات القتال المختلفة، والتي يمكن من خلالها التقليل أو الحد من المسببات المرضية، ومنها على سبيل المثال القنبلة الكيميائية الذكية، والتي تستطيع اختيار ضحاياها حسب التركيب النسيجي لبصمة حيوية معينة، وذلك من خلال تحديد جيش العدو. كما أسلفنا فإن تلك التخيلات العلمية يمكن تطبيقها إذا ما توفرت الظروف الملائمة، كما يمكن أيضًا إثبات بطلانها استنادًا إلى النظريات العلمية في هذا المجال.

فتتسارع عجلة تقنية النانو في الاستخدام العسكري مما دعا نائب رئيس قيادة الأركان في الولايات المتحدة الأمريكية إلى القول بأن تسارع تلك الخطوات تجعلنا غير قادرين وغير مدركين وغير مستعدين لها، كما أضاف بأن الاستخدامات العسكرية متناهية الدقة سوف تكون بشكل أكبر من الأسلحة النووية، استنادًا لتغيير موازين القوى جذريًّا.

تتطلع الولايات المتحدة الأمريكية من خلال المستشار الأمريكي للإتحاد العالمي للجامعات (**The American Councel for the United Nation University, ACUNU**) إلى فهم أكثر لجهد هذه التقنية في المجالات العسكرية، ويجري المعهد العسكري لتقنيات النانو (**The Institute for Solider Nanotechnology**) العديد من الدراسات والأبحاث بهدف تحقيق تقدم بخصوص سلامة وأمن وحياة الجندي. إن ذلك سوف يلعب دورًا بارزًا في تحقق المزيد من التطور الحديث للأجيال العسكرية في مجال الزي والتجهيزات، وذلك ما يسعى إليه الغرب للاستفادة من تقنية النانو، وخصوصا الولايات المتحدة الأمريكية، والتي سخرت جهودها وبذلت الأموال الطائلة لتحقيق أهدافها العسكرية، بغرض بسط السيطرة والهيمنة، وكان بالإمكان الاستفادة من ذلك لصالح البشرية وبما يحقق الأمن لجميع شعوب العالم.

كشفت القوات الأمريكية في العديد من المؤتمرات واللقاءات المنافع والفوائد التي تبحث عنها من خلال تقنية النانو في المجال العسكري، خصوصًا في المؤتمر الذي عقد في (**Nano TX USA '08**)، حيث ركز المحاضر (**DR. Jacob Staniley, 2008**) على الاستفادة من الفلورين (**Fullerne, C60**) والذي تم اكتشافه عام (1980م)، وهو عبارة عن كرة مجوفة ذات أبعاد متناهية الدقة مكونة من (60) ذرة من الكربون، بالإضافة إلى أنابيب النانو المتعددة والمفردة ذات الجدار الكربوني (**Multi and Single-walled Carbon Nanotubes**) ورقائق الفضة الدقيقة (**Nanosilver**)، وأكسيد الألومنيوم (**Aluminium Oxide**) والرسوبيات (**Sediments**)، والأغطية (**Coating**)، والأرضيات (Terrestrial)، وذلك بهدف تطوير مخرجات تقنية النانو في الاستخدام العسكري، بالإضافة إلى البيئة، وخصوصًا الاستصلاح البيئي (**Environmental Remediation**)، وتقنية المعلومات (**Information Technology**)، والمصادر المائية (**Water Resources**)، وما

يتعلق بالسلامة المائية والتجهيزات (Installations)، والتحوّلات (Transformation) والدعم القتالي الحربي (Warfighter Support).

فبخصوص تقنية النانو العسكري، فإنه قد أخذ إشارة البدء منذ أن كانت هناك الحاجة للمزيد من الاكتشافات والتطورات في مجال التسليح العسكري، استنادًا إلى الخيال العلمي، والذي تحقق من الجانب التطبيقي، لتظهر لدينا في الوقت الحالي، العديد من الأفكار العسكرية والتي تحوّلت من مجرد أفكار وأماني إلى واقع فعلي تسعى الدول العظمى، وفي مقدمتها الولايات المتحدة الأمريكية لتطبيقه على أرض الواقع. ولتفادي الإصابات العسكرية داخل ميادين القتال فإن هناك العديد من الاتجاهات لإيجاد تجهيزات طبية وصيدلانية على مستوى عال من الكفاءة، استنادًا إلى تقنية النانو. ومن ذلك على سبيل المثال: الأربطة الطبية، والقطن المقاوم للتلوث الميكروبي والحراري، وغير المنفذ للماء، بالإضافة إلى الجبائر للكسور والانزلاقات الغضروفية خفيفة الوزن وسهلة الحركة.

كما أن تقنية الرقائق الطبية الميكروبية (Microbial Microchips) تعد واحدة من أهم طرق المقاومة الميكروبية ذات الكفاءة العالية. كما سيتم تصنيع بزات خاصة يمكن للجندي ارتداؤها فوق ملابسه (Over garments)، وذلك للوقاية من الخطر البيولوجي والكيميائي، وتمتاز بخفة الوزن، ويمكن للجندي التنفس من خلالها بسهولة، بالإضافة إلى تقنية الروبوت القاذف (Bug-driven Robots) والتي يمكن من خلالها إدارة التصنيع الدوائي.

وطبقًا لذلك فقد اهتمت قيادة الجيش الأمريكي للاستفادة من تقنية النانو وذلك من خلال التخطيط لتصميم بزات عسكرية (Uniforms)، وخوذات (Helmets) موحدة، تشتمل على مختلف احتياجات الجندي، بالإضافة إلى كونها خفيفة الوزن. وهذه الخوذات سوف تكون خفيفة الوزن بنسبة (40-60٪) من الخوذات الحالية، بالإضافة إلى أنه يعاد تصحيح وضعها إذا تمزقت في ميدان القتال.

وعليه، فإن جندي المستقبل سوف يتجوّل حول المناطق الاستوائية الخطرة بدون أي ضجة أو صوت مثل الفراشة عندما تستقر على الورقة، إذا ما تم إطلاق توقعات المعهد المركزي لنظام الجيش الأمريكي للجندية (**UA Army Soldier System Center**).

كما أن العلماء صرحوا بأن خلال عام (2.25م) سوف يتم تطبيق ملابس القتال (**Combat Gear**). وعليه فإن الجنود سوف يتمكنون من إدراك الإحساس بالعدو المهاجم مثل العصا التي تقود الأعمى في المكان المحيط به، كما أن تلك الملابس ذات درجات حرارة ملائمة، وعليه فإنه يمكن القول بأن تقنية النانو العسكرية سوف تطوّر وتحسّن من الأجيال القادمة للملابس والعتاد العسكري، وحتى يمكن فهم آلية تطبيقات النانو في الجيش الأمريكي لابد من معرفة أن ميزانية الجيش الأمريكي للصرف على الأبحاث التطبيقية العلمية التقنية تصل إلى حوالي (8.8) بليون دولار، وهذا يعادل حوالي (2.7٪) من إجمالي الميزانية العامة والتي تصل إلى (328.9) بليون دولار للعام (2002م). تم صرف حوالي (8.57) مليون دولار في العام (2008م) في تمويل أبحاث النانو العسكري من خلال المعاهد الأكاديمية، كما صرحت وزارة الدفاع مؤخرًا عن عزمها على إنشاء مركز متقدم لأبحاث النانو والذي سوف يطلق عليه المعهد العسكري لتقنية النانو (**The Institute for Solider Nanotechnology**)، كما أن التطبيقات العسكرية التجارية لتقنية النانو من قبل العلماء في المعهد المركزي لنظام الجيش الأمريكي للجندية سوف يكون من أهم الأولويات في الوقت الراهن. وقد بدأت بالفعل العديد من الجامعات والمعاهد الأمريكية التوجيه والاهتمام بتلك الدراسات والأبحاث العسكرية في مجال تقنية النانو.

حيث كشفت الدراسات أيضًا إمكانية التقليل من الطاقة والتلوث من النفايات الخطرة استنادًا إلى تقنية النانو وذلك في المصانع الحربية. في هذا الصدد

فإن كلا من إسرائيل والهند أعلنتا برامجهما العسكرية في مجال تقنية النانو العسكري، وقد اتضح جليًّا من خلال تلك البرامج أن الهند قد قطعت شوطًا كبيرًا نحو التسلح العسكري متناهي الدقة.

فهناك العديد من الاتجاهات المختلفة لتقنية النانو في المجال العسكري وخصوصا للقوات الجوية، حيث أن نتائج هذه التقنية الواعدة تكمن في إمكانية إعداد موجات كهرومغناطيسية قادرة على إخفاء الطائرات الحربية، كما يمكن تصميم هياكل ذرية ذات فائدة لتقنية المعلومات والاتصالات.

لابد من الإشارة إلى أن هناك العديد من المخاطر المختلفة لتقنية أبحاث النانو العسكرية (**Risks of Military Research in Nanotechnology**)، والتي تعد ضرورة من الضروريات الواجب أخذ الحيطة والحذر عند تجهيزها أو إعدادها أو استخدامها.

فتعد الأنظمة التشريعية لحقوق الإنسان والأنظمة البيئية الرافد الأساس للحد من الأخطار المحيطة بالإنسان والبيئة، وذلك من خلال إنتاج أسلحة النانو والتي ربما ستكون السلاح الفعال لتغيير خارطة العالم، وذلك من جراء حدوث الويلات والدمار للإنسان والبيئة.

حيث لا تعد تقنية النانو في الوقت الراهن كلمة عند كل الناس، على الرغم من أنها رنانة عند جميع الأكاديميين وفي المجالات الصناعية والتجارية والطبية والغذائية والصيدلانية. وحاليًا فقد أمكن تحقيق فقط حوالي (29٪) مما تم الكشف عنه في مجال تقنية النانو، وخصوصًا فيما يخص تعريف هذا العلم، في حين أن حوالي (19٪) قابل لإعطاء تعريف محدد لتقنية النانو.

فإنه لتقييم أخطار منتجات تقنية النانو العسكرية لابد من الأخذ في الاعتبار العديد من الملاحظات المختلفة والتي من أهمها:

- لابد من التفريق بين تقنية النانو العلمية (Nano science) وذلك لمعرفة أهمية الفهم الإنساني لآلية هذه الظاهرة وتطبيقاتها ومخرجاتها المختلفة.
- تقنية النانو ليست حقل غير محدد، بينما الواحد ربما يعمل حالة على أن تلك المعرفة تعكس دوران حول تقنية مفردة.
- حقل تقنية النانو ذو تجهيزات وتطبيقات مختلفة.
- لابد من الإشارة إلى أن تلك التقنية على أساس كونها تطبيقات لعلماء النانو أكثر من كونها تقنية الجزيئات متناهية الدقة.
- لابد أن يتضمن الخطر والفائدة والسؤال مثل من وكيف ؟ ولفائدة من ؟ وما هي خبرة المشاركة في الخطر ؟ ومن يتحمل المسؤولية ؟ ولكن لابد من السؤال لماذا تلك التقنية ذات أهمية خاصة في التطبيقات العسكرية ؟.

إن ازدياد الاهتمام بتقنية النانو العسكرية في السنوات الأخيرة نظرًا للتوسع الهائل في نتائج التطبيقات العسكرية المذهلة، وأيضًا الاهتمام البالغ من الجامعات والمؤسسات العالمية المختلفة وذلك للاستفادة من تلك التطبيقات في الكسب المادي.

فيعد ميزان الاكتشافات في حقل النانو العسكري ذو أهمية بالغة في الميزان التجاري للعديد من الأسباب، ومنها:

- الإيمان بأن حجم ما تحقق في مجال تقنية النانو العسكري من خلال الشركات المختلفة كان نتيجة الدعم المادي القليل، مقابل ما سيتم الحصول عليه من أرباح طائلة.
- من الصعوبة التأكد من المعلومات البحثية لاستثمار الشركات أن من المتوقع من إنتاج ليس من السهولة فهمه.

حيث أن من أهم القرارات أو قوانين النانو في الولايات المتحدة الأمريكية (Nano Law in USA) التالي:

- قرار تنظيف الهواء (**Clean Air Act**).
- قـرار الاسـتجابة البيئيـة الواسـع (**Comprehensive Environmental Response**).
- قرار المكافأة والتسامح (**Compensation and Liability**).
- قرار التأمين (**Policy Act**) ضد المواد السامة.
- قرار المراقبة (**Control Act**).

- **تطبيقات تقنية النانو في مجال حماية التراث الحضاري :**

صورة توضح معالجة الآثار بتقنية النانو

فكان لتقنية النانو الفضل في تجديد أعداد كبيرة من الآثـار في فلورانـسا بعـد زلزال 1966 والفيضانات التي أتلفت عدد كبير من التماثيل وسقوط أجـزاء مـن الجداريات واللوحات التي لا تقدر بـثمن، فـالمواد النانويـة لهـا قـدرة على اخـتراق الأصباغ الأصلية، فتملأ المساحات الفارغة، وإصلاحها.

✓ **مميزات حبيبات النانو :**

- أحجامها المتناهية في الصغر.

- الزيادة الكبيرة في النشاط الكيميائي.
- تستخدم لتجنب استخدام المذيبات مباشرة علي سطح الأثر.
- ويمكن أن تستخدم هذه التقنية في شكل جل (**gel**) أو في شكل إسفنجه مشبعة بمواد التنظيف.

واستخدمت في إزالة المواد الإكريللية من سطح الأسطح الجدارية دون أدني تأثير علي الألوان وتعتبر مواد النانو تطور لمواد الجيلاتين ويتم تحضير مواد النانو المستخدمة في التنظيف عن طريق إضافة (**magnetic Nano particles**) حبيبات النانو المغناطيسية مثل أكسيد الحديد والكوبلت إلى شبكة بوليميرية حيث تتكون الحبيبات المغناطيسية النانوية ولها القدرة علي ترتيب نفسها في تراكيب شديدة الانتظام في صورة شبكة هلامية (**gelatin network**) ويمكن قطعها بأحجام مختلفة حسب المساحات المراد تنظيفها ثم يتم إضافة المذيبات أو مواد التنظيف إلى الشبكة الهلامية.

ويمكن أن تستخدم فيما يعرف بالتنظيف الذاتي (self- cleaning) وهو عبارة عن استخدام حبيبات النانو من ثاني أكسيد التيتانيوم وأكسيد الزنك في صورة طبقة شفافة علي أسطح الأثر (**transparent coating**) ، بغرض حمايتها من الاتساخ والأساس العلمي يعتمد علي التحفيز الضوئي (**photo catalysis**) ، والتي تتخلص في قدرة الحبيبات النانوية في امتصاص (**u.v**) ، مما يعمل فجوات موجبة الشحنة وتصبح مواد مؤكسدة تعمل علي تحلل وأكسدة المواد العضوية ويسهل إزالتها بالماء.

❖ المنظورات المستقبلية لتقنية النانو (Nano Future Perspectives):

تتميز تقنية النانو بطبيعتها كونها متعددة التخصصات، مما يتوقع لها أن تحدث ثورة في مجموعة متنوعة من المجالات وتأثير كبير على مجموعة واسعة من التطبيقات حيث أن المواد النانوية لها إمكانيات لا حدود لها وتتم تلك التوقعات