

الفصل 16: سُمية المواد المتناهية الصغر أو النانو، تمت مراجعته: [شباط 16 ، 2013]

جرعة صغيرة من التسمم الخاص بالنانو (الجزئيات المتناهية الصغر)

أو

مدخل إلى الآثار الصحية السلبية لتسمم بالنانو (الجزئيات المتناهية الصغر)

فصل من كتاب

جرعة صغيرة من السموم: الآثار الصحية السلبية للمواد الكيماوية الشائعة

تمت ترجمته من قبل

د. أنسام صوالحة

بواسطة

د. ستيفن غيلبرت (البورد الامريكي في علم السموم)

مدينة سياتل، ولاية واشنطن، الرمز البريدي 98115

الولايات المتحدة الامريكية

البريد الالكتروني

sgilbert@innd.

دعم المواقع على شبكة الإنترنت

www.asmalldoseof.org - "A Small Dose of Toxicology"

www.toxipedia.org - Connecting Science and People

الاسم: مواد النانو

تعريف مواد النانو: مواد يتراوح حجمها بين 1 إلى 100 نانومتر (النانو هو جزء من مليار من متر)

الاستعمال: مدى واسع من المواد الكيميائية، ومبيدات الآفات، البلاستيك، مُثبّطات اللهب، الأدوية، الطلاءات، مواد التجميل، الواقيات من الشمس، الملابس، ألعاب الأطفال، وغيرها الكثير.

المصدر: مواد كيميائية مُصنعة والنباتات.

الجرعة اليومية التي يُوصى بها: لا شيء (ليست ضرورية)

الامتصاص: الأمعاء، الجهاز التنفسي (الرتنين)، الجلد.

الأشخاص الأكثر تأثراً: الأجنة والأطفال، العمال.

السُمّية/الأعراض: جهاز الغدد الصماء، يُقلد الاستروجين، مُضاد للاستروجين، يؤثر على مستويات الهرمونات، الخصائص الجنسية، التناسل، تأثيرات على النمو.

حقائق تنظيمية: تقوم منظمة حماية البيئة وكالة حماية البيئة بمراجعة الخطر المحتمل لمواد النانو.

حقائق عامة: يتم استعمال مليارات من الباوندات سنوياً في مدى واسع من المنتجات.

بيئياً: منتشر بشكل واسع في البيئة وقد يؤثر على الحياة البرية.

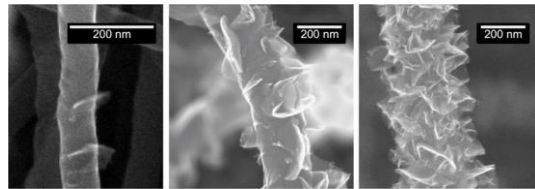
التوصيات: تقليل الاستعمال قدر المستطاع، منع تعرض الأطفال لمواد النانو، واستعمال البدائل عند الامكان، واجراء المزيد من الابحاث في مجال علم السموم، واتخاذ الاحتياطات اللازمة

سُمّية المواد المتناهية الصغر أو النانو

حالات للدراسة

أنابيب الكربون النانوية-خطر صحي؟

أنابيب الكربون النانوية تُصنع عادة من صفائح من الكربون سماكتها ذرة واحدة، وتسمى غرافين، ويتم لفها لتشكيل هيكل ألياف. الأنابيب النانوية قد تكون أحادية الجدار، أو متعددة الجدران، مع كون تلك الأحادية الجدار تمتلك قطراً يبلغ تقريباً 1 نانومتر. أنابيب الكربون النانوية تعتبر جذابة للصناعة بسبب أنها تمتلك العديد من الصفات فوق الطبيعية بما في ذلك الصلابة والقوة، توصيل الحرارة والكهرباء، خصائص بصرية بالإضافة إلى غيرها من القدرات التي تعتمد على الشركة المُصنعة وكذلك مختلف المواد الكيميائية والعناصر التي تمت إضافتها. تعتبر أنابيب الكربون النانوية شائعة حالياً في العمليات الصناعية وكذلك المنتجات الخاصة بالمستهلكين مثل الزحلوقات. مضارب البيسبول، نوادي الغولف، أجزاء السيارات، الطلاءات



وغيرها. هناك قلق من أن أنابيب الكربون النانوية قد تكون خطرة على صحة الإنسان والبيئة. التركيب الفيزيائي لأنابيب النانو يبدو مشابهاً لتركيب ألياف الإسبست والتي تظهر طويلة ومدببة عند تكبيرها. استنشاق الإسبست قد يؤدي إلى ورم سرطاني خبيث اسمه ميزوثليوما وذلك بعد فترة قد تصل إلى 20-40 عاماً من التعرض. يُقدّر أن 18,000 شخص ماتوا من سرطان الميزوثليوما الخبيث بين

الأعوام 1999 إلى 2005. الدراسات على الحيوانات بالمختبرات وبالذات الفئران ذكرت أن التلف الرئوي الناتج عن أنابيب

الكربون النانوية شبيه بذلك الذي يتسبب به الإسبست. إن لهذه الحقيقة آثار مهمة على العاملين بأنايب الكربون النانوية. الاختلافات الكبيرة بينها في حجمها وشكلها ومساحتها السطحية وطلاتها الكيميائي تجعل تصميم وتكرار دراسات فحص السمية صعباً. بعض الدراسات أثبتت أن أنايب الكربون النانوية تستطيع اختراق جدران الخلايا وتؤدي إلى موت الخلايا.

الفضة النانوية

تمتلك الفضة النانوية العديد من الخصائص المثيرة للإعجاب لكن إضافتها إلى المنتجات الخاصة بالمستهلكين كانت بسبب خصائصها المضادة للبكتيريا. قبل أكثر من ألفي سنة مضت (460-370 قبل الميلاد)، أقر أبقراط بالخصائص الشافية والمضادة للبكتيريا التي تمتلكها الفضة. ومع بدايات فترة 1900، كانت الخصائص المضادة للبكتيريا التي تمتلكها الفضة أصبحت معروفة جداً واستعملت في العديد من العلاجات الطبية. على سبيل المثال، قام الناس بوضع قطع النقود الفضية في الحليب للمحافظة عليه طازجاً. أما مركب سلفادايازين الفضة فقد استعمل بنجاح لعلاج الالتهابات الخارجية وكمادة مطهرة في علاج الحروق. لكن استعماله تراجع حالياً لصالح مركبات الفضة النانوية. كذلك تناقص استعمال الفضة في الطب عندما ادخلت المضادات الحيوية. أما في الوقت الحاضر، فإن استعمال ضمادات الجروح المشبعة بالفضة النانوية في ازدياد خاصة لدى مرضى الحروق. إن القدرة على تصنيع جزيئات الفضة النانوية بسهولة أكثر، حفز مدى واسع من التطبيقات في المنتجات الخاصة بالمستهلكين للإستفادة من خصائصه المضادة للبكتيريا. تتراوح هذه المنتجات من الجوارب المشبعة بالفضة النانوية إلى ألعاب الأطفال وأدوات المطبخ والطلاء وواقى الشمس ومواد التجميل ومعالجة المياه، وهذه فقط بضعة أمثلة. فيما يتزايد استعمال الفضة النانوية في التطبيقات الصناعية ومنتجات المستهلكين، لا يوجد هناك تقييم منهجي لمخاطرها على صحة الإنسان والبيئة. الدراسات التي تعتمد على الخلايا تُظهر بوضوح أن الفضة النانوية قد تكون سامة للخلايا في العديد من الأعضاء، مثل الرئتين والكبد والكلى والدماغ. هناك أيضاً أدلة أنه يتم امتصاص جزيئات الفضة النانوية بشكل سهل من خلال الاستنشاق أو التلامس مع الجلد. بالإضافة لذلك، هناك اهتمام حول إطلاق الفضة النانوية للبيئة عندما يتم غسلها من المنتجات لدى المستهلكين لتختلط مع مياه الصرف الصحي. الخصائص السمية للفضة هي تلك التقليدية لغيرها من المعادن الثقيلة، لكن الفائدة كانت أن الفضة أقل سمية للإنسان، على خلاف غيرها من المعادن مثل الزئبق والرصاص والزرنيخ. محاليل الفضة، والتي تسمى أحياناً الفضة الغروانية، يتم تسويقها كنوع من الطب البديل. مع العديد من الاستعمالات المفيدة التي لا أساس لها من الصحة.



المواد النانوية في واقيات الشمس

توفر الإشعاعات فوق البنفسجية من الشمس درساً ممتازاً في موضوع الجرعة والاستجابة حيث أن الجرعة الصغيرة (التعرض لجرعة صغيرة) مفيدة ولكن الجرعات الأكبر خطيرة. جرعة صغيرة من التعرض لأشعة الشمس (الأشعة فوق البنفسجية من نوع "ب" ذات موجة تقع بين 290-315 نانومتر) لها أهميتها في إنتاج فيتامين دال. التعرض الكثير للأشعة فوق البنفسجية لجلد غير محمي سيؤدي إلى حدوث حروق الشمس وقد تؤدي أيضاً إلى سرطان الجلد وظهور علامات التقدم بالسن على الجلد قبل أوانها، وكذلك اعتام عدسة العين. التعرض للشمس قد يؤدي إلى حدوث الطفريات، وتلف في المادة الوراثية في الخلايا والذي من شأنه أن يؤدي إلى حدوث السرطان. للحماية من الآثار غير المرغوبة لأشعة الشمس، بإمكان الإنسان أن يقلل من التعرض وأن يلبس ثياباً واقية، أو أن يضع كريمات واقية من الشمس على الجلد الذي سيتعرض للشمس. يتم صنع واقيات الشمس من مواد كيميائية باستطاعتها امتصاص الأشعة فوق البنفسجية، أو من مواد غير عضوية مثل أكسيد الزنك أو ثاني أكسيد التيتانيوم أو كلاهما والذان يعكسان الإشعاعات فوق البنفسجية. واقى الشمس التقليدي يحمي من الإشعاعات فوق البنفسجية من نوع "ب" الذي يسبب حروق الشمس ولكنه لا يحمي دائماً من الأشعة فوق البنفسجية من نوع "أ"، لذلك يُنصح باستعمال واقى شمس ذا مدى تأثير واسع ليقوم بحجب الإشعاعات فوق البنفسجية من نوع "ب" وكذلك "أ". العديد من واقيات الشمس تستعمل الزنك أو التيتانيوم ذات حجم نانو (متناهية الصغر)، أحد الأسباب لذلك أن المادة تصبح شفافة عندما يتم تصغير حجمها إلى مقياس النانو. بالتالي فإن التيتانيوم سيظهر شفافاً بدلاً من الأبيض. يمكن أيضاً إضافة مواد كيميائية للجزيئات صغيرة الحجم، لتعزيز فعاليتها. لكن مصدر القلق سيكون أن هذه الجزيئات بحجم النانو قد يتم امتصاصها عبر الجلد أو استنشاقها في حين لا تزال تبتع ذلك غير معروفة. هناك قلق أيضاً من أن ما يتم غسله من المواد سيطرح في البيئة من دون أن نعلم تأثيراته على المجمعات الحيوية.

النانومتر يساوي واحد من مليار من المتر (10^{-9}) مأخوذ من الكلمة الإغريقية "نانو" أو "قزم" جزيئات النانو تتراوح بين 1-100 نانومتر "تكنولوجيا النانو هي التفهم والتحكم بالمادة على أبعاد بين 1-100 نانومتر تقريباً، حيث الخصائص الفريدة تجعل من الممكن الحصول على تطبيقات لا نظير لها."

(من موقع www.nano.gov)

مقدمة وتاريخ

المواد النانوية أو جزيئات النانو تُعرف بشكل عام أنها تقع بين 1-100 نانومتر. على هذا المدى، فإن الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمادة قد تتغير. على سبيل المثال، مادة التيتانيوم، والتي هي بيضاء، تصبح شفافة عندما يتم تصغيرها إلى مدى النانو. الحجم الصغير لجزيئات النانو يعني أن هناك مساحة سطحية أكبر نسبةً إلى الحجم، مما يجعل هذه المواد لديها خاصية أكبر للتفاعل. يمكن أيضاً طلاء جزيئات النانو باستعمال مواد كيميائية قد تتفاعل مع البيئة.

يرجع استعمال المواد النانوية إلى عدة قرون سلفت، وذلك عندما استعمل الناس العديد من المواد (انظر الجدول أدناه). على سبيل المثال، محاليل الذهب والفضة الغروانية كانت تستعمل لتغيير لون الزجاج في كوب لايكورغوس الروماني، والذي كان يظهر أخضر غير شفاف لكن يتحول إلى اللون الأحمر عندما يسطع عليه الضوء من الداخل. الفولاذ الشهير الخاص بسيوف دمشق تمت تقويته باستعمال أنابيب الكربون النانوية والتي ظهرت خلال التشكيل الصارم لشفرات الفولاذ.

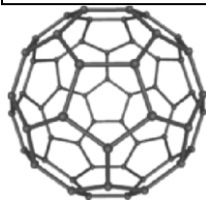


إن فهم هذه الظواهر المثيرة للاهتمام وبزوغ المجال الجديد بتكنولوجيا النانو كان ممكناً فقط من خلال التطور المستمر للتكنولوجيا. في عام 1936 قام إروين مولر

النانومتر من وجهات نظر مختلفة

- يبلغ سمك الورقة 100,000 نانومتر تقريباً
- يبلغ قطر حبل من DNA الخاص بالإنسان 2.5 نانومتر
- قطر شعرة من الإنسان حوالي 80,000-100,000 نانومتر
- إن قطر ذرة واحدة من الذهب يبلغ ثلث نانومتر
- النانومتر هو جزء من مليون (10^{-9}) من الملمتر

الملف: الفصل السادس، سُمية النانو، شباط 16 عام 2013



(1911-1977) باختراع المايكروسكوب الذي يرصد الإنبعثات من الحقل، مما يجعل من الممكن مشاهدة الذرة. التطور المهم التالي كان عام 1981 عندما قام جيرد بيننغ وهنريك روهرفر في مختبر في زيوريخ تابعاً لشركة آي بي أم باختراع المايكروسكوب النفقي الماسح، الذي جعل من الممكن تصوير الأسطح على مستوى الذرة، مما يؤدي إلى القدرة على "رؤية" الذرة الواحدة. خلال السنوات الفاصلة، توقع الفيزيائي ريتشارد فايمان بحصول تكنولوجيا النانو خلال محاضرة بعنوان "يوجد مساحة شاسعة في الأسفل" في عام 1959. توقع بأنه في أحد الأيام ستوجد تكنولوجيا تستطيع تعديل الذرات والجزيئات المنفردة، وهذا شيء حدث في الواقع. في عام 1985 تم إكتشاف "كرة بكي". وهي عبارة عن هيكل من ذرات الكربون تشبه كرة القدم في الشكل. لكنها أصغر بكثير بالطبع (انظر الشكل). بعد ذلك بفترة وجيزة، وفي العام 1991، تم إكتشاف أنابيب الكربون النانوية، أنبوبية الشكل قوية جداً، وتمتلك مدى من الخصائص المثيرة للإعجاب. بدأت المواد النانوية بالظهور في المنتجات المخصصة للمستهلكين في أواخر التسعينيات. أحاطت الحكومة الأمريكية نفسها علماً وقامت بإنشاء المبادرة الوطنية الخاصة بتكنولوجيا النانو "إن إن أي" لتنسيق الأبحاث الخاصة بالحكومة وجهود التنمية ولتعزيز وتشجيع تكنولوجيا النانو (<http://nano.gov/>).

تدرجياً بدأت تقارير موثوقة بالظهور وكانت هناك الحاجة إلى معرفة المخاطر المحتملة على الصحة البيئية والنواحي الاجتماعية والأخلاقية وكذلك القضايا التنظيمية المتعلقة بتكنولوجيا النانو. التحدي الحالي هو تقدير تبعات التعرض البشري والبيئي لمواد النانو وموازنتها مقابل الفوائد.

*حقبات مهمة في تكنولوجيا النانو

السنة	الحدث
300 قبل الميلاد تقريباً	أكواب لايكورغوس (روما)، زجاج ذو لونين، يبدو أخضر غير شفاف ويتحول إلى أحمر عندما يسطع عليه الضوء من الداخل، وهو نتيجة محلول غرواني من الذهب والفضة في الزجاج. Http://www.nano.gov/timeline
600-1500 تقريباً	النوافذ ذات الزجاج الملون وجدت في الكاتدرائيات في أوروبا وكانت تحتوي على جزيئات نانوية من كلوريد الذهب وغيرها من أكاسيد المعادن.
1200-1800 تقريباً	شفرات سيوف المبارزة المشقية احتوت على أنابيب كربونية نانوية.
1857	محاليل الذهب النانوية قادرة على أن تبدو بمختلف الألوان اعتماداً على البريق. تم توضيحه من قبل مايكل فارادي (1791-1867)
1936	اختراع المايكروسكوب الذي يرصد الإنبعاثات من الحقل من قبل إروين مولر (1911-1977) مما أتاح المجال لمراقبة الذرة في التجارب
1959	"يوجد مساحة شاسعة في الأسفل" – أول محاضرة عن التكنولوجيا والهندسة على مستوى الذرة ألقاها "ريتشارد فاينمان" (1918-1988) في معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا
1981	أتاح "المايكروسكوب الماسح النفقي" تصوير الأسطح على المستوى الذري مما سمح للعلماء "رؤية" الذرة الفردية. تم اختراعه من قبل "جيرد بيننغ" و "هيندريك روهري" في مختبر "آي بي أم" في زيورخ.
1985	"بكمينستر فلورين" (سي 60) أو "كرة بكي" إكتشفت من قبل باحثين في جامعة "رايس"، تشبه كرة القدم في الشكل ومكونة من الكربون بشكل كامل.
1986	اختراع مايكروسكوب القوة الذرية – وفر القدرة لرؤية وقياس ومعالجة المواد وصولاً إلى أجزاء من النانومتر في الجسم
1991	أنابيب الكربون النانوية – متينة جداً، موصلة للحرارة والكهرباء، ومكونة بشكل كامل من الكربون أنبوبي الشكل.
1999-	ظهرت منتجات للمستهلكين تم توظيف تكنولوجيا النانو فيها، من السيارات إلى كرات الغولف إلى الطلاء والملابس وغيرها
2000	بدأ الرئيس الأمريكي كلينتون "المبادرة الوطنية الخاصة بتكنولوجيا النانو" لتنسيق جهود البحث والتطوير الخاصة بالحكومة الفيدرالية ولتعزيز تكنولوجيا النانو (http://nano.gov/)
2004	"علوم وتكنولوجيا النانو: فرص وشكوك" نُشرت من قبل الجمعية البريطانية الملكية والأكاديمية الملكية للهندسة، تدعو إلى الحاجة إلى التعامل مع أو معالجة الأمور التنظيمية المحتملة المتعلقة بالصحة والبيئة والنواحي الاجتماعية والأخلاقية المتعلقة بتكنولوجيا النانو
2008 تم تحديثه 2011	تم نشر بحث حول "تكنولوجيا النانو وما يتعلق بها من أمور بيئية وصحية وأمان" (http://nano.gov/node/681)
*للمزيد من المعلومات ممكن زيارة الموقع التالي http://www.nano.gov/timeline	

المواد النانوية المستخدمة



هناك أكثر من 1300 مُنتج تم تحديدها على أنها استخدمت المواد النانوية، بناءً على قائمة تم تجميعها من قبل مشروع حول تكنولوجيا النانو الناشئة. (للمزيد، انظر <http://www.nanotechproject.org/>). شملت المنتجات ألعاب الأطفال مثل ديدوب الأطفال وبطانية الأطفال المخصبة بالفضة النانوية، واقيات الشمس ومواد التجميل. وأواني المطبخ والقمصان والجوارب وكذلك الطلاء ومنتجات الكمبيوتر ومضارب الغولف وغيرها الكثير. يتم حالياً استعمال جزيئات الفضة النانوية على نطاق واسع في منتجات لقتل البكتيريا. وتوصف الفضة النانوية على أنها طبيعية وأن هناك "إثبات إكلينيكي أنها تجارب البكتيريا والفطريات والعتث الضار". ويتم الإعلان عن أن جزيئات النانو في الطلاء تستطيع تحسين الالتصاق وتوفير خصائص مقاومة للعفن الفطري.

تستعمل الجزيئات النانوية بشكل واسع أيضاً في مختبرات الأبحاث في الجامعات والصناعات حيث تم دراسة خصائص جزيئات النانو ومحاولة إيجاد تطبيقات جديدة.

القضية الأساسية هي تحديد أي منتجات أو مرافق تستخدم جزيئات النانو، وتحديد نوع هذه الجزيئات وكميتها. حسبما أشارت منظمة حماية البيئة الأمريكية فإن "تتبع المنتجات التي تحتوي جزيئات الفضة النانوية في الوقت الحالي يصبح صعباً بسبب أن المنتجات يتم تعيبتها دائماً تحت أسماء تجارية متعددة، والتعليقات الحالية المتعلقة بالملصقات لا تتطلب إدراج المواد النانوية ضمن المكونات". الحرائط التي تُفصل المواد النانوية واستعمالها والمعلومات حول المنتجات للمستهلكين موجودة في الرابط التالي



(<http://www.nanotechproject.org/inventories/map/>). بعض المؤسسات تعمل حالياً على تقييم التكلفة والخطر لجزيئات النانو من المهد إلى اللحد للمنتجات التي تستعمل تلك الجزيئات، هذا من شأنه أن يصل إلى المخاطر المحتملة عبر التصنيع والاستعمال والتخلص منها (للمزيد من المعلوكات قم بزيارة موقع منظمة حماية البيئة الأمريكية فرع تقييم المقالات العلمية: كل شيء فضة نانوية وأكثر - شهر آب 2010 -

(<http://www.epa.gov/nanoscience/files/NanoPaper1.pdf>). ويقوم الاتحاد الأوروبي حالياً بتنفيذ نهج جديد متعلق بالجزيئات النانوية يُسمى "الأنظمة الخاصة بتصنيف

ووضع العلامات وتغليف" هذه الجزيئات. ينص هذا القانون على أنه في حال حصول تغيير في الحالة الفيزيائية لمادة ما، فإن من الواجب إجراء تقييم لتحديد فيما إذا كان من الواجب تغيير تصنيف الماخطر الخاص بها.

التأثيرات الصحية والبيئية لجزيئات النانو

مقدمة

من مبادئ السموم أن خطر الضرر متعلق بمدى خطورة المادة والتعرض لها وأيضاً قابلية الفرد للتأثر. إن تقييم أي من هذه المعايير يعتبر معقداً بسبب التنوع الكبير في جزيئات النانو، وكذلك الخصائص الفريدة التي تمتلكها جزيئات النانو بسبب صِغر حجمها وكبر مساحتها السطحية، والذي من شأنه أن يؤدي إلى تغيير في الخصائص الفيزيائية، بالإضافة إلى المواد الكيميائية المُضافة. كذلك فإنه يجب تطوير والتحقق من صحة الإجراءات المتبعة لتحليل وقياس جزيئات النانو المعينة في وسائط مثل الهواء والماء والتراب والأنسجة والدم والبول. يجب الأخذ بعين الاعتبار أن هناك خصائص لجزيئات النانو تتعدى التركيز وتلك تشمل الحجم والشكل والشحنات الكهربائية السطحية وتركيبها البلوري وكيميائية سطحها وتحولاته وكذلك الطلاء الكيميائي. والأكثر أهمية هو أن النسبة بين حجمها الصغير ومساحتها السطحية الكبيرة تعني أن مواد النانو تمتلك خصائص فيزيائية-كيميائية فريدة مقارنة بالمواد المماثلة لها ذات الحجم الأكبر. إن التحدي هو في تحديد كيف تتفاعل مواد النانو مع الأجهزة الحيوية. والسؤال الكلاسيكي يتعلق ببقائها وتراكمها الحيوي في الحيوانات والإنسان والبيئة، وهذا يجب أن تتم الإجابة عليه. من الضروري تطوير مجموعة من المعايير لتقييم الخطر المُحتمل لجزيئات النانو (انظر الأوراق المنشورة من قبل ماينارد وزملاؤه عام 2006 و 2011). أدناه بعض الأمثلة حول التحديات المتعلقة بتحديد السمية النانوية لبعض جزيئات النانو الخاصة.

التعرض والامتصاص والتوزيع

عند الأخذ بعين الاعتبار المدى الواسع للمنتجات التي تتضمن مواد نانوية، فإننا نجد انتشار واسع واحتمال للتعرض للمواد النانوية. ففي بعض المنتجات نجد أن مواد النانو مرتبطة بشكل متين أو أنها جزء من هيكل المنتج وبالتالي لا يكون متوافراً حيوياً. في منتجات مثل واقى الشمس، يتم وضع ثاني أكسيد التيتانيوم أو أكسيد الزنك النانوية على الجلد حيث هناك احتمال امتصاصها عبر الجلد أو من خلال البلع عبر الفم. يتم استعمال مواد النانو في العديد من مواد التجميل في الوقت الحاضر والذي يزيد من احتمالية امتصاصها عبر الجلد. يتزايد امتصاص جزيئات النانو إلى مجرى الدم في حال وجود جروح على الجلد أو حروق شمس أو إكزيما أو احمرار أو حالات جلدية أو خدوش أو الجلد المتقدم في السن. هناك أيضاً اهتمام بأنه يمكن غسل هذه المواد من الجلد إلى البيئة. وهناك اهتمام مماثل فيما يتعلق بالفضة النانوية عندما يتم استعمالها كمعقم أو مبيد بيولوجي وذلك بسبب أن مواد النانو يجب أن تكون متوافرة حيوياً لتكون فعالة. من الممكن أن تنتهي جزيئات الفضة النانوية في مجرى المياه العادمة وبالتالي تؤثر على تنقية هذه المياه.

تُشكل صناعة المواد النانوية أو استعمالها في تصنيع المنتجات تحدياً مهماً من ناحية التعرض خلال العمل. على سبيل المثال، استنشاق أنابيب الكربون النانوية قد يؤدي إلى تلف في نسيج الرئتين ومن الممكن أن تؤدي إلى سرطان الرئة كذلك الذي يحدث نتيجة استنشاق ألياف الإسبست. هناك عدة أصوات تنادي بوجود تشديد الرقابة والقيود فيما يتعلق باحتمالية التعرض لمواد الأنابيب النانوية. إن الانتاج غير المقصود للمواد النانوية في دخان الديزل أو السناج (جزيئات نانوية ناتجة عن الاحتراق) قد يُشكل خطراً كبيراً على العمال أو أولئك الذين هم بالقرب من مصدر دخان العادم مثل الشاحنات والقاطرات والسفن. إن صِغر حجم هذه المواد النانوية يعني أنه بإمكانها التحرك عميقاً داخل الرئتين، مؤديةً إلى آثار حادة مثل الأزمة (الربو) أو تلف على المدى البعيد. تستطيع مواد النانو حمل ملوثات كيميائية على أسطحها، مثل المواد العطرية الهيدروكربونية متعددة الحلقات، إلى أماكن عميقة داخل الرئتين.

أخيراً، يجب أن يتوفر المزيد من المعلومات حول صناعة واستخدام ومصير ونقل مواد النانو من أجل تقييم الخطر المحتمل على الإنسان وكذلك التوزيع البيئي لهذه المواد.

الآثار الصحية



تُعتبر الآثار الصحية المحتملة للإنسان والمخلوقات الأخرى الناتجة عن التعرض لجزيئات النانو في بدايتها. دراسة سُمية جزيئات النانو تعتبر معقدة بسبب مجموعة من العوامل منها تنوع المواد واختلافها في الحجم والمساحة السطحية والشحنة الكيميائية (القطبية) والغلاف الكيميائي وغيرها من العوامل. بالإضافة إلى ذلك، هناك تحدٍ آخر ألا وهو تطوير طرق لتحليل وتحديد وقياس كمية مواد النانو في الأنسجة أو السوائل البيولوجية. مما سيسمح بتقييم التوزيع خلال الأنسجة والتعرض الخلوي. هناك مشاكل مماثلة عند تقييم انتشار جزيئات النانو في الوسائط البيئية مثل الهواء والماء والتربة. من المعروف أنه عندما تدخل إلى الجسم، تستطيع جزيئات النانو أن تتوزع إلى جميع الأعضاء وخلال حدود الخلايا. عندما تصبح داخل الخلية، فإن جزيئات النانو قد تتداخل مع المادة الوراثية في الخلية أو بروتينات الخلية، مما يؤدي إلى خلل في الوظائف الطبيعية للخلية وقد يؤدي إلى حصول الالتهاب كردة فعل. تم إجراء بعض الدراسات في مجال متعلق بقدرة جزيئات النانو على

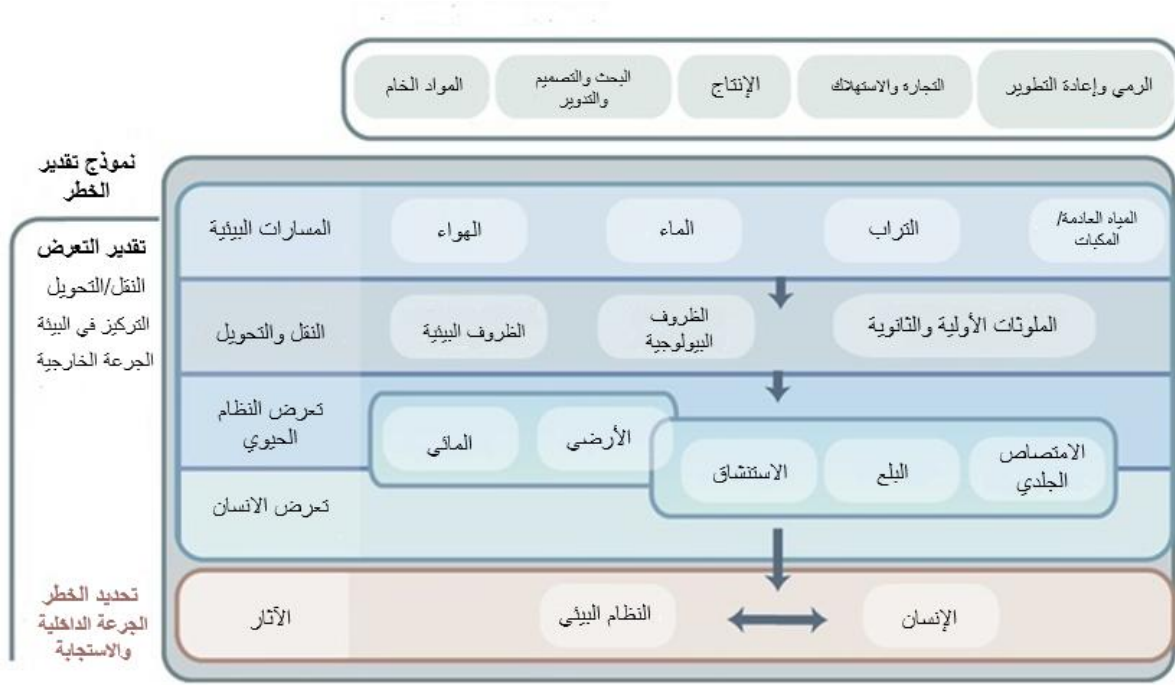
زيادة إنتاج نظائر الأكسجين شديدة التفاعل، بما فيها النظائر الحرة والتي قد تؤدي إلى الاجهاد والالتهاب وتلف الخلايا. يجب التذكير بأن الفضة النانوية مفيدة بشكل خاص حيث أنها تقضي على البكتيريا. المعلومات المتوفرة حول امكانية تأثير الجزيئات النانوية على جهاز المناعة قليلة ولا تتعدى حالات منفصلة متعلقة بحدوث تحسس لجزيئات الفضة النانوية. الدراسات على الاسماك المعرضة للجزيئات النانوية في الماء تشير إلى أنه تم امتصاص هذه الجزيئات وتسببت بحدوث تلف في الدماغ وكذلك أثرت على الكبد. أما بالنسبة للتبعات البيئية الناتجة عن تعرض المخلوقات الصغيرة فلم تتم دراسته بشكل كافٍ وقد يكون ذا أهمية كبيرة حيث أن الجرعة الصغيرة تُعتبر كبيرة بالنسبة إلى حجم جسمها وبالتالي تمتلك تبعات خطيرة.

عدم تحلل المواد النانوية المختلفة وتراكمها الحيوي بأشكالها المتعددة وهيئاتها وطلاتها هي أمور غير مفهومة تماماً. هناك دراسات محدودة جداً حول الآثار المحتملة على النمو والتي قد تنتج بسبب التعرض للمواد النانوية. في المُجمل، هناك تحديات كثيرة متعلقة بتقييم المخاطر التي قد تُحدثها المواد النانوية على صحة الإنسان والبيئة، لذلك هناك ضرورة لإجراء المزيد من

الأبحاث العملية. يزخر تاريخ على السموم بالأمثلة حيث سبقت التطبيقات التكنولوجية لمُنتج ما الفهم أو القوانين المتعلقة بتأثيراته على الصحة والبيئة. ونتائج بعض هذه الأمثلة كانت كارثية.

ملخص تقييمي

الرسم أدناه من موقع nano.gov يوفر ملخصاً جيداً حول التحديات ومجالات الاهتمام



المصدر: <http://nano.gov/you/environmental-health-safety> وتمثل تقييم الخطر (على اليسار) مدمجاً مع دورة حياة مواد النانو (من الأعلى). (تصميم: إن آر فولر باستخدام فن سويو)

تقليل التعرض

يستند تقليل التعرض على معرفة إذا كان هناك تعرض. لكنه صعب جداً في الوقت الحالي أن نعرف إذا كان هناك مواد نانوية في منتج ما. حتى عندما تكون متوفرة، فإن توافرها الحيوي قد لا يكون معروفاً. وكنتيجاً لذلك، لا يمكن توقع التعرض أو تحديد قيمته.

تنظيم تكنولوجيا النانو

لا يوجد حالياً أنظمة شاملة تتناول موضوع العمليات الصناعية أو منتجات المستهلكين التي تستعمل مواد أو تكنولوجيا النانو. رغم الزيادة السريعة باستعمال جزيئات النانو في السلع والمنتجات والتي تتراوح من الجوارب إلى المراهم الواقية من الشمس واحتمالية تعرض الإنسان والبيئة لها، إلا أنه لا يوجد نهج متناسق أو شروط لتقييم تأثيراتها الخطرة المحتملة. وتكافح وكالة حماية البيئة الأمريكية لتعديل وتكييف "قانون التحكم بالمواد السامة" لعام 1976 لكي يتناول الخطر المحتمل لجزيئات النانو. أما منظمة الأغذية والأدوية الأمريكية فتواجه تحدياً حالياً للتعامل مع استعمال مواد النانو في المنتجات التي تعتبر تحت رقابتها مثل الأغذية ومواد التجميل والأدوية والأجهزة والمنتجات البيطرية. أصدرت هذه المنظمة مسودة إرشادية متعلقة بتكنولوجيا النانو وتطبيقاتها في مواد التجميل والأغذية (انظر المراجع أدناه). لا تشترط القوانين النظامية التي انبثقت عن هيئة سلامة المنتجات للمستهلكين أن يكون هناك موافقة قبل التسويق، وبالتالي تقوم هذه الهيئة بالتدخل فقط في حال وجود احتمال خطر بعد

توزيع المنتج للمستهلكين. النص أدناه هو تذكير جيد بالمشكلة التي تواجه المنظمات التنظيمية خلال محاولتها التعامل مع استعمال مواد النانو. وأماكن العمل تعتبر مساحات ذات احتمال عالٍ للتعرض لمواد النانو من خلال الاستنشاق والبلع والتعرض الجلدي. منظمة سلامة وصحة العمال الأمريكية (أوشا) والمعهد الوطني لصحة وسلامة العمال (نيوش)، حاولا التعامل مع موضوع التعرض في أماكن العمل. إن فشل المنظمات والمستهلكين في اشتراط وضع علامات كافية حول استعمال مواد النانو جعلت تقييم الأمور والآثار الصحية صعبة جداً.

هيئة حماية منتجات المستهلك

تقييم مُنتجات المستهلك

إن الخطر المحتمل وسلامة مواد النانو، بالإضافة إلى المركبات الأخرى التي تدخل في صناعة منتجات المستهلك، يمكن تقييمه تحت مظلة معايير وأنظمة وقوانين هيئة حماية منتجات المستهلك. لا تتطلب هيئة حماية منتجات المستهلك وهيئة المواد الخطرة الفيدرالية تسجيل أو الموافقة على منتجات النانو قبل تسويقها. لذلك، فإنه لا يتم تقييم احتمال الخطر الناتج عن أي سلعة للمستهلك إلا بعد توزيعها تجارياً.

هيئة حماية منتجات المُستهلك: بيان حول مواد النانو

[Hhttp://www.cpsc.gov/LIBRARY/CPSCNanoStatement.pdf](http://www.cpsc.gov/LIBRARY/CPSCNanoStatement.pdf)

القضية الأساسية هي تحديد السلع أو المنشآت التي تستعمل جزيئات النانو ونوع هذه الجزيئات وكميتها. وكما أشارت منظمة حماية البيئة الأمريكية "في الوقت الحاضر، من الصعب تتبع المنتجات التي تحتوي الفضة النانوية بسبب أن هذه المنتجات يتم تغليفها تحت أسماء تجارية مختلفة، والأنظمة الحالية المتعلقة بوضع البيانات على المنتجات لا تشترط إدراج المواد النانوية ضمن المكونات". الخرائط التي تفصل استعمال مواد النانو والمنتجات التي تحتويها متوفرة في (<http://www.nanotechproject.org/inventories/map/>). بعض المنظمات تعمل على تقييم التكاليف والمخاطر من المهد إلى اللحد للمنتجات التي تحتوي على جزيئات النانو، وهذا من شأنه أن يقيم الخطر المحتمل خلال التصنيع والاستعمال ولاحقاً التخلص من هذه المواد (انظر مرجع منظمة حماية البيئة الأمريكية فرع تقييم المقالات العلمية: كل شيء فضة نانوية وأكثر - شهر آب 2010 - (<http://www.epa.gov/nanoscience/files/NanoPaper1.pdf>))، يقوم الاتحاد الأوروبي بتطبيق استراتيجية جديدة متعلقة بمواد النانو تُسمى "قوانين التصنيف ووضع البيانات والتغليف"، وتتص هذه الاستراتيجية على أنه يجب القيام بعملية تقييم لتحديد وتصنيف الخطر وإذا ما كان هناك حاجة لغير تصنيفه في حال إجراء أي تغيير على الحالة الفيزيائية للمادة.

الخاتمة والتوصيات

تمتلك مواد النانو خصائص مثيرة للاهتمام ولديها امكانية هائلة في مجالات عديدة. هناك توسع سريع في استعمالها في العمليات الصناعية والسلع للمستهلكين. التحدي الكبير هو التأكد من أننا نفهم الخطر المحتمل وأنها نقوم بموازنة الفائدة مع الضرر بشكل مناسب. يلزم المزيد من البحث العلمي حول التأثيرات المحتملة لمواد النانو على الإنسان والنظام البيئي. إنه من الخطر أن يكون فهمنا وتخفيفنا للمخاطر المحتملة لمواد النانو متأخراً بشكل ملحوظ مقارنة باستعمالنا لهذه المواد.

Additional Resources

Slide Presentation and Online Material

- A Small Dose of Nanotoxicology [presentation material and references](#). Website contains presentation material related to the health effects of nanomaterials.

European, Asian, and International Agencies

- [Nanowerk](#). [Food Safety](#). Information and news portal. Committed to educate, inform and inspire about nanosciences and nanotechnologies. [accessed May 20, 2012]
- World Health Organization. [Food Safety: Food Technologies](#) [accessed May 14, 2015]
- [The International Council on Nanotechnology](#) (ICON). ICON activities promote effective nanotechnology stewardship through risk assessment, research and communication. [accessed May 20, 2012]

North American Agencies

- [The National Nanotechnology Initiative](#) (NNI). US Government Nanotechnology Initiative is a federal R&D program established to coordinate the multiagency efforts in nanoscale science, engineering, and technology. [accessed May 14, 2012]
- The National Nanotechnology Initiative (NNI). [Nanotechnology Initiative timeline of milestones in the development of nanotechnology](#). [accessed May 14, 2012]
- National Aeronautics and Space Administration (NASA). [Ames Center for Nanotechnology](#). Started in early 1996, the research work focuses on experimental research and development in nano and bio technologies; includes great images. [accessed February 16, 2014]
- [Pacific Northwest National Laboratory](#) (PNNL), operated by Battelle for the U.S. Department of Energy. Overview of nanoscience, nanoengineering and nanotechnology. [accessed June 29, 2012]
- Understanding Nanotechnology. [Regulation of Nanotechnology Materials and Products](#). Website dedicated to making nanotechnology concepts and applications understandable by anyone. Owned and published by Hawk's Perch Technical Writing, LLC. [accessed May 14, 2012]
- US EPA. State of the Science Literature Review: [Everything Nanosilver and More](#). [accessed May 14, 2015]

- US FDA. [Nanotechnology: Science and Research](#). Website includes nanotechnology fact sheet, draft guidance related to nanotechnology applications in cosmetics and food substances, and "Draft Guidance for Industry: Considering Whether an FDA-Regulated Product Involves the Application of Nanotechnology" [accessed June 29, 2012]
- US Department of Labor, Occupational Safety & Health Administration (OSHA). [Nanotechnology](#). Addresses worker safety and health issues related to the use or production of nanomaterials. [accessed June 29, 2012]
- US Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). [Nanotechnology](#). Conducts research on worker safety and issues related to the use or production of nanomaterials. [accessed June 29, 2012]
- [The Center for Integrated Nanotechnologies](#) (CINT) at Sandia National Laboratories, a Department of Energy/Office of Science Nanoscale Science Research Center (NSRC). "Our vision is to become a world leader in nanoscale science by developing the scientific principles that govern the design, performance, and integration of nanoscale materials." [accessed September 2, 2012]

For-Profit Organizations

- [Nanotechnology Now](#) (NN). [Nanotechnology Glossary](#). NN was created to serve the information needs of business, government, academic, and public communities with the intention of becoming the most informative and current free collection of "nano" reference material. [accessed May 14, 2012]

Non-Government Organizations

- [The Project on Emerging Nanotechnologies](#). Established in April 2005 as a partnership between the Woodrow Wilson International Center for Scholars and the Pew Charitable Trusts, "The Project is dedicated to helping ensure that as nanotechnologies advance, possible risks are minimized, public and consumer engagement remains strong, and the potential benefits of these new technologies are realized." [accessed June 29, 2012]
- Friends of the Earth. [Nano-silver policy failure puts public health at risk](#). A critical look at the use of nanosilver materials in consumer products. [accessed 16 May 2012]
- [NanoEthicsBank: A Resource on the Societal and Ethical Implications of Nanotechnology](#). The NanoEthicsBank was developed by the Center for the Study of Ethics in the Professions at the Illinois Institute of Technology. "The NanoEthicsBank is a database conceived as a resource for researchers, scholars, students, and the general public who are interested in the social and ethical implications of nanotechnology." [accessed September 2, 2012]

References

Ahamed, M., Alsalhi, M. S., & Siddiqui, M. K. "Silver nanoparticle applications and human health." *Clin Chim Acta* 411, 23-24 (2010): 1841-1848.

Bell, Trudy. "Understanding risk assessment of nanotechnology." (2007). Article commissioned by the National Nanotechnology Coordination Office. Available at [NanoEthicsBank: A Resource on the Societal and Ethical Implications of Nanotechnology](#).

DHHS (NIOSH). "[Approaches to Safe Nanotechnology: Managing the Health and Safety Concerns Associated with Engineered Nanomaterials](#)." Publication Number 2009-125. March 2009.

Donaldson, K., Murphy, F., Schinwald, A., Duffin, R., & Poland, C. A. "Identifying the pulmonary hazard of high aspect ratio nanoparticles to enable their safety-by-design." *Nanomedicine* (Lond) 6, 1 (2011): 143-156.

Feynman, Richard. "There's Plenty of Room at the Bottom" delivered as a lecture at the annual meeting of the American Physical Society at the California Institute of Technology (Caltech), December 29th, 1959. First published in the February 1960 issue of Caltech's *Engineering and Science*, [available on their website](#) with their permission.

Luoma, Samuel. "[Silver Nanotechnologies and the Environment](#)." Project on Emerging Nanotechnologies by PEW Charitable Trust (2008). Maynard, A. D., Aitken, R. J., Butz, T., Colvin, V., Donaldson, K., Oberdorster, G., et al. "Safe handling of nanotechnology." *Nature* 444,7117 (2006): 267-269.

Maynard, A. D., Warheit, D. B., & Philbert, M. A. "The new toxicology of sophisticated materials: nanotoxicology and beyond." *Toxicol Sci* 120 Suppl 1 (2011): S109-129.

[Nanotoxicology](#) journal from Informa Healthcare. "Addresses research relating to the potential for human & environmental exposure, hazard & risk associated with the use & development of nano-structured materials."

National Academy of Sciences. "[A Research Strategy for Environmental, Health, and Safety Aspects of Engineered Nanomaterials](#)."

Walker, N. J., & Bucher, J. R. "A 21st century paradigm for evaluating the health hazards of nanoscale materials?" *Toxicol Sci* 110, 2 (2009): 251-254.