

تحويل وتوظيف سطح الجسيمات النانوية

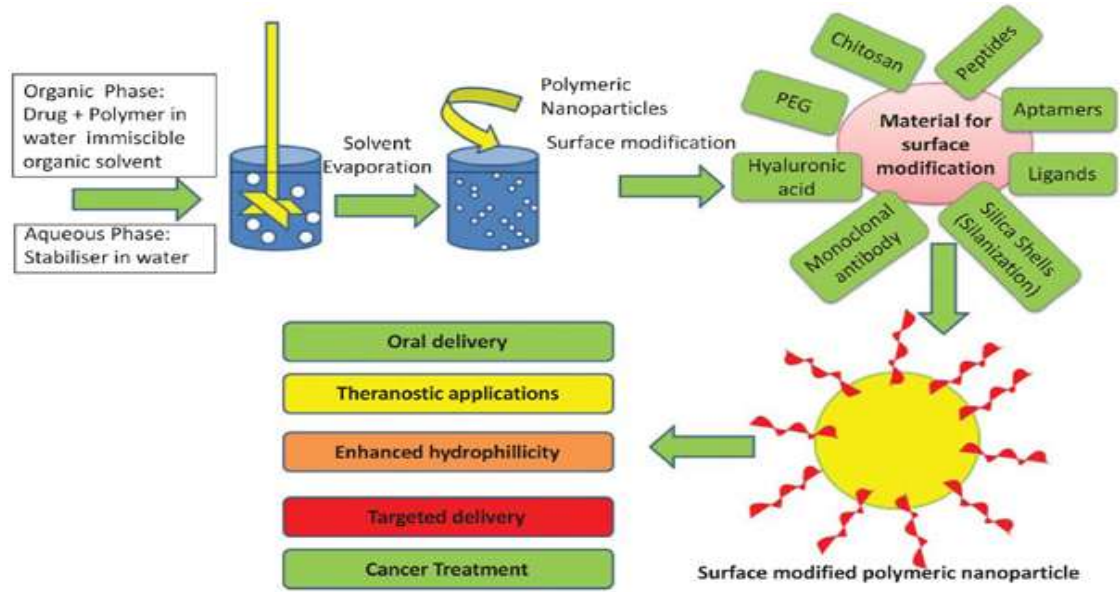
Surface modification of nanoparticles

تجرى عمليات تحويل سطح الجسيمات النانوية Surface Modification عادة للجسيمات المصنعة بالطرق الكيماوية والفيزيائية والتي تستخدم في التطبيقات البايولوجية والطبية سواء في المختبر *In vitro* او في الجسم الحي *In vivo* لاغراض التشخيص والعلاج او لاغراض اجراء التجارب المختبرية المختلفة لتحديد فعالية الجسيمات النانوية.

عادة ما يحاط سطح الجزيئات النانوية المصنعة بالطرق الكيماوية بمواد وجزيئات غير ملائمة للتطبيقات الطبية او البايولوجية والتي تؤدي مباشرة الى تلف المواد الحيوية الموجودة في او على سطح الاجزاء الحية المعرضة مباشرة للجسيمات النانوية والمراد استخدامها في اختبار الجسيمات النانوية وبالتالي فشل التطبيق المطلوب. كما تقدم الجسيمات النانوية المعدلة على السطح مزايا مختلفة مثل توصيل الدواء المستهدف وتقليل الآثار الجانبية وتقليل الجرعة وتحسين الفعالية العلاجية. ولذلك لابد من تحويل سطح الجسيمات النانوية وتحولها لمادة ملائمة للمادة الحية Biocompatibility وذلك من اجل دراستها ولتحديد العديد من صفاتها الفيزيائية والكيميائية كالثباتية والذائبية وتوجيه الهدف لتلائم التطبيقات المختلفة.

ان تحويل السطح يعمل على جعل الجزيئات النانوية اكثر ثباتية في البيئات الحية ويمنع تكتلها وتجمعها مع بعضها البعض وبالتالي تغير صفاتها الفيزيائية والكيماوية الفريدة وذلك من خلال تغليفها بمواد سطحية كارهة للماء فتعمل على جعل الجسيمات النانوية في حالة من التشتت وعدم الثباتية. كما يعمل التحويل السطحي على تغليف سطح الجزيئات النانوية بمواد تساعد بدورها على تحفيز ربط العديد من الجزيئات الحيوية الوظيفية (functional biomolecules) بأسطح الجزيئات النانوية والتي تلعب بدورها دورا هاما في جعل المادة النانوية قابلة للتطبيقات البايولوجية والطبية المختلفة وحتى التطبيقات الصناعية. يعمل التحويل السطحي ايضا على تغيير الشحنة السطحية Surface charge للجزيئات النانوية وذلك لتلائم التطبيقات المختلفة. في بعض الحالات، يمكن أن يؤدي تعديل سطح MNPs إلى تغيير الخصائص المغناطيسية بشكل كبير ومن ثم أداء MNPs في التطبيقات الطبية الحيوية اعتمادًا على مادة الطلاء المستخدمة وكيفية ربط هذه المواد على السطح الأساسي المغناطيسي كما تمت مناقشته أعلاه. يؤدي تكوين روابط كيميائية بين جزيئات الطلاء وأيونات المعادن السطحية إلى تغيير بنية الدوران السطحي وبالتالي الخواص المغناطيسية لـ MNPs المطلية مع عكس تلك غير المطلية. في الواقع،

من الصعب التمييز بين طلاء السطح ومساهمات الحجم المحدود، والأخير هو تأثير دوران السطح بسبب تقليل الطاقة المغناطيسية الساكنة على السطح والتي يتم ملاحظتها أيضًا في الجزيئات غير المطلية.



Step-wise representation of preparation, surface modification and applications of polymeric nanoparticles.

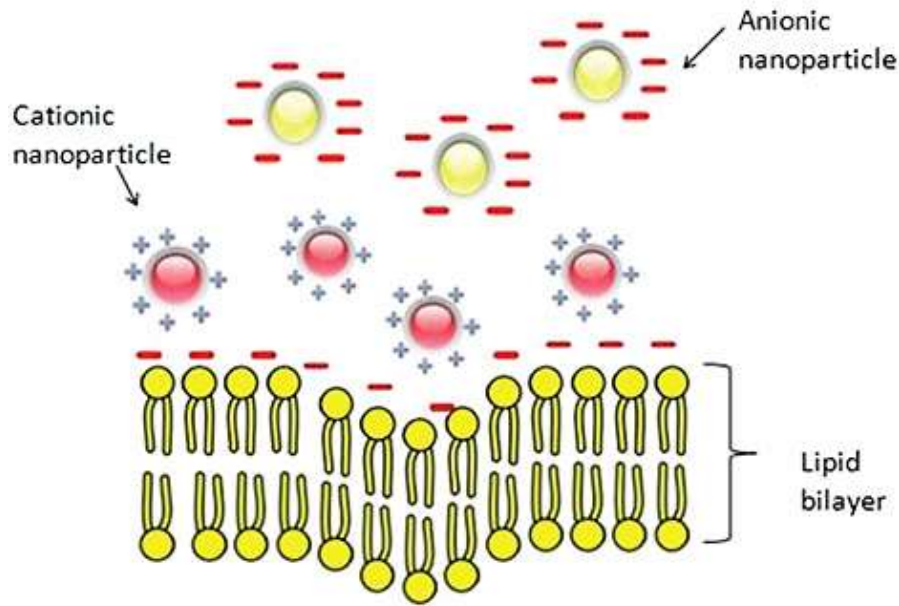
امثلة على التحوير السطحي:

مثال على تعديل سطح الجسيمات النانوية مع مواد خافضة للتوتر السطحي ، Surfactant هو تحضير جسيمات السيليكا النانوية باستخدام خافض التوتر السطحي (CTAB) والذي يعمل على منع تكتل وتجمع الجسيمات النانوية. تحاط عادة جسيمات السيليكا النانوية بمجموعة الهيدروكسيل (OH) الموجودة على سطحها السيليكا وتمتص هذه المجموعة الرطوبة وتتسبب في تكتل الجسيمات النانوية. تسبب التكتلات قدرة تشتت ضعيفة في مصفوفات البوليمر وبالتالي كانت تطبيقات النانو سيليكا النانو محدودة الى ان تم تعديل سطحها.

مثال اخر شائع على تحويل السطح هو تحويل جسيمات الذهب النانوية AuNPs المصنعة بالطريقة الكيميائية Colloidal في محلول مائي والذي يتم باختزال السترات. حيث يتم تحويل السطح واستبدال طبقة السترات برابطات أقوى ومن الأمثلة الشائعة عليها الفوسفين المسلفن أو أحماض مركابتوكربوكسيليك. حيث يتيح تعديل الجسيمات النانوية بالفوسفين بالفعل تحقيق جسيمات في محاليل عالية التركيز. وبالتالي يتيح ربط الجزيئات الحيوية كجزيئات الترابط (Bio conjugates) المحتوية على الثيول لتحل محل الفوسفين المسلفن المغلفة لجسيمات الذهب النانوية ومن امثلتها هو ربط الحمض النووي المعدل بالثيول بالجسيمات النانوية.

تم انتاج الجسيمات النانوية QDS المغلفة بالبوليمرات الدهنية أحادية التشتت في خطوة خلط واحدة ، باستخدام تقنية تركيز تدفق الموائع الدقيقة. أدى الخلط السريع في نظام الموائع الدقيقة إلى تكوين الجسيمات النانوية الدهنية QDS مع توزيع ضيق نسبياً للحجم. يمكن التحكم في الخواص الفيزيائية والكيميائية للجسيمات النانوية المركبة المحضرة ، مثل حجم الجسيمات (35-180 نانومتر) ببساطة عن طريق تغيير نوع وتركيز مواد التفاعل.

وجد ان الشحنة السطحية المتولدة من الكيمياء السطحية المستخدمة لتغليف الجسيمات النانوية تساهم أيضاً في معدل الامتصاص حيث يتم تطبيق تحويل او استبدال الشحنة السطحية للجسيمات النانوية عادة في التطبيقات داخل خلوية عندما يتطلب دراسة معدل الاستيعاب الخلوي لأنواع واشكال مختلفة من الجزيئات النانوية وعند دراسة السمية الخلوية. ونظرا لكون شحنة الجدار الخلوي سالبة, يتم تحويل الشحنة السطحية من السالبة الى الموجبة لزيادة الاستيعاب داخل خلوي في حالة الجسيمات النانوية المستخدمة لنقل الدواء.



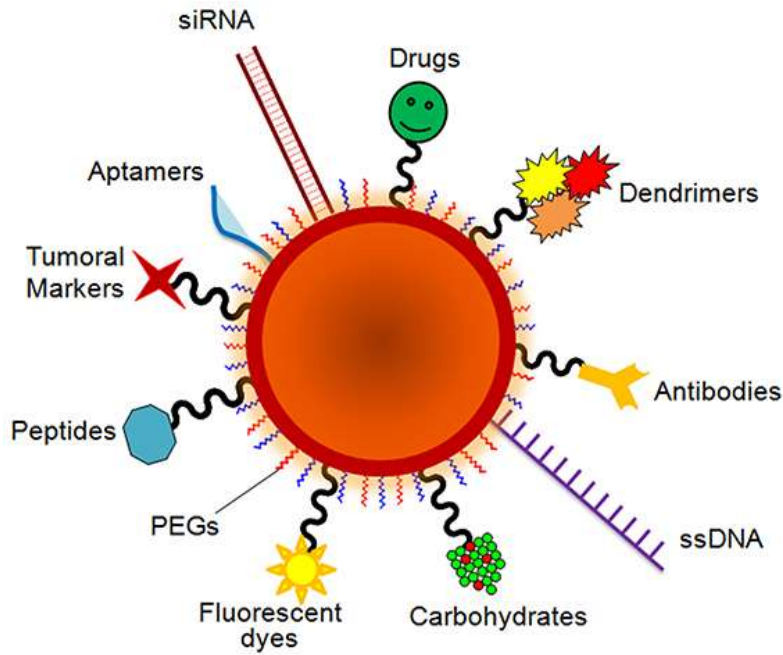
تم زيادة الشحنة السالبة على جسيمات البوليمرات النانوية للتحقيق في تأثير كثافة الشحنة على معدل الامتصاص الخلوي في خطوط الخلايا البلعمية وغير البلعمية ولوحظ انخفاض استيعابها الخلوي مع زيادة الشحنة السالبة.

تم تعديل الجسيمات النانوية الصلبة المختلفة بما في ذلك المعادن وأكسيد المعادن و QDS باستخدام طرق الموائع الجزيئية Microfluidics لمجموعة من التطبيقات الطبية الحيوية. على سبيل المثال ، تم تعديل سطح جزيئات Fe_3O_4 النانوية (10 نانومتر) بجسيمات الذهب النانوية (4 نانومتر) باستخدام جهاز موائع جزيئية.

كذلك تم طلاء سطح الجسيمات النانوية بالبوليمرات المستجيبة للمنبهات (مثل الضوء والحرارة ودرجة الحرارة ودرجة الحموضة والاختزال) وبالتالي التحكم في حركية إطلاق المواد العلاجية من الجسيمات النانوية المسامية . مثال عليها استخدام سلفونات البوليسترين (PSS) بتحميلها على ادوية العلاج الكيميائي التي تربط مع المواد النانوية حيث يعمل PSS بسد المسام المفتوحة تمامًا للجسيمات النانوية ويمنع التسرب المبكر لأدوية العلاج الكيميائي خلال الدورة الدموية.

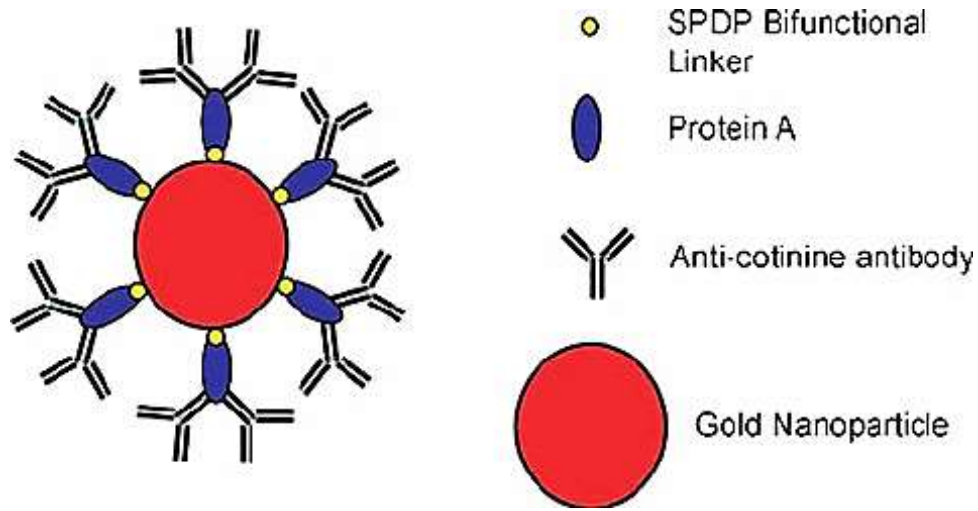
توظيف الجسيمات النانوية Functionalization of nanoparticles

وهو عملية ربط جزيئات حيوية وظيفية مختلفة (functional biomolecules) بأسطح الجزيئات والجسيمات النانوية وذلك لاجل توظيفها في التطبيقات الطبية والبيولوجية والصناعية المختلفة ومن امثلة الجزيئات الوظيفية التي تربط بالجسيمات النانوية هي مجاميع الثايول DNAs , peptides, Aptamers, drugs, Thiol groups ,carbohydrates, Antibodies and different proteins. حيث تعزز الجزيئات الوظيفية الاستجابة للمنبهات الخارجية مثل وجود المادة المستهدفة ، أو التغيرات في الأس الهيدروجيني أو عند التعرض للأشعة فوق البنفسجية.



جزيئات حيوية ووظيفية مختلفة (functional biomolecules) مرتبطة بأسطح الجزيئات والجسيمات النانوية لغرض تطبيقها للتطبيقات البيولوجية والطبية المختلفة

ومن الامثلة عليها هو ربط او تغليف سطح الجسيمات النانوية بالأجسام المضادة والتي تستخدم عادة لاغراض التشخيص. وقد استخدمت عدة طرق لربط الاجسام المضادة بسطح الجسيمات النانوية منها استخدام التفاعل الكهروستاتيكي (الامتزاز المادي) والاقتران التساهمي في ربط الأجسام المضادة على السطح المعدني للجسيمات النانوية.



ومن الامثلة الاخرى هو ربط خيوط الحمض النووي التكميلية المرتبطة بأسطح الجسيمات النانوية التي تخضع لتجهين انتقائي يعزز الكشف او تشخيص الحمض النووي المستهدف.

مثال على ذلك Nano-Flares وتعد أول أداة استخدمت للكشف عن الحمض النووي في الخلايا الحية حيث تم ربطها بسطح الغلاف النانوي الذهبي (GNSS) المرتبطة بحمض نووي أحادي الشريط والذي عند تهيئته مع الخيط المستهدف يؤدي الى فصل الخيط الاصلي وانطلاقه ثم التالق وانبعاث ضوء يتم الكشف عنه باستخدام الاجهزة الضوئية المختلفة كالمجهر الفلورسني Fluorescence microscopy .

