وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة ديالى
كلية التربية للعلوم الصرفة
قسم الكيمياء

تحضير وتشخيص بعض اكاسيد المعادن النانوية

ودراسة نشاطها البايولوجي

رسالة
مقدمة الى مجلس كلية التربية للعلوم الصرفة، جامعة ديالى
وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير في علوم
الكيمياء

من قبل

علي محمد عباس التميمي

بكالوريوس كيمياء ، كلية التربية للعلوم الصرفة،
جامعة ديالى (2012)

بإشراف

أ.م .د. مصطفى عبد المجيد حميد

1441 هـ 2019 م

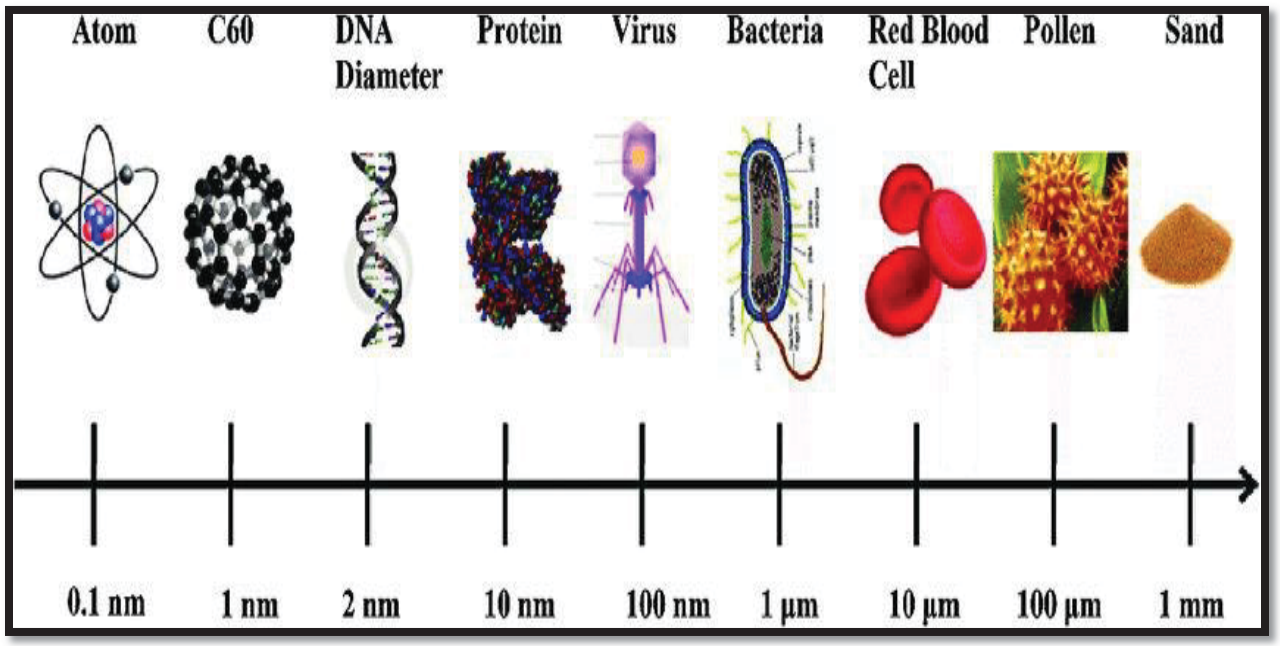
الفصل الاول

المقدمة

Introduction

1. تمهيد preface

علم النانو تكنولوجي هو العلم الذي يختص بدراسة تصميم وتوصيف وانتاج وتطبيقات الأشكال والأجهزة والنظم والتي يتم التحكم فيها من خلال الشكل والحجم عند مستوى النانومتر [1]. يتعامل علم النانو مع علم المواد والتقنيات ذات الحجوم المقاسة في نطاق (1- 100نانومتر). واحد نانومتر(nm) يساوي (10^{-9}) متر ، وكما مبين في الشكل (1-1).



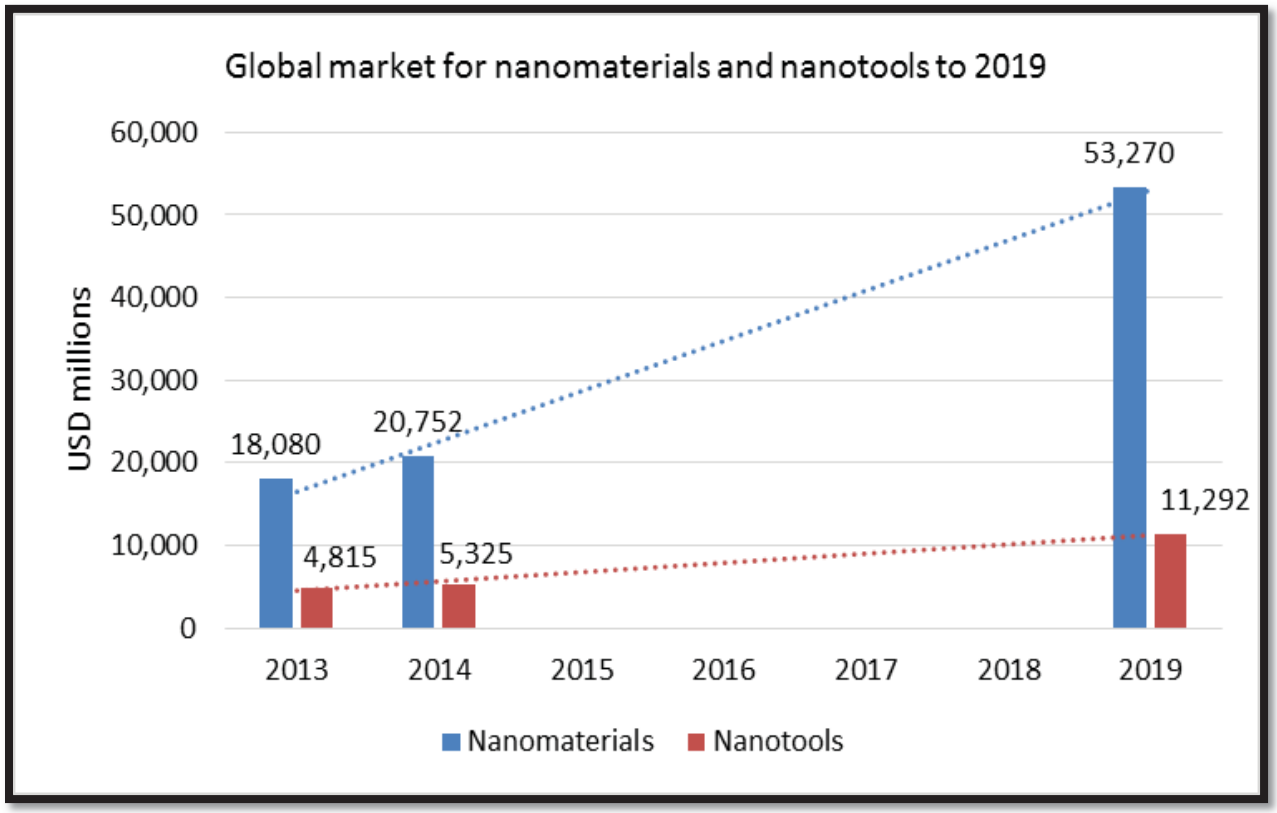
الشكل (1-1) مقياس يوضح حجم المواد النانوية مقارنة بالمكونات البايولوجية [2].

من خلال عرض تقديمي بواسطة ريتشارد فينمان (Richard Feynman) في اجتماع الجمعية الفيزيائية الأمريكية في عام 1959 في معهد كاليفورنيا للتكنلوجيا في حديثه المعنون (هناك متسع كبير في القاع) وقد ابدع فينمان في محاضرته اذ أعطى تصورا عن امكانية تغير خواص اي مادة وتعظيم سماتها [3]. استخدم مصطلح "تقنية النانو" لأول مرة من قبل (Norio Taniguchi) في عام 1974 ، على الرغم من أنه لم يكن معروفا على نطاق واسع [4]. تم اجراء الكثير من الدراسات حول علم النانو وتكنلوجيا النانو في جميع انحاء العالم [5]. وأدى ذلك الى اكتشاف مواد نانوية جديدة لها خواصا فيزيائية وكيميائية مغايرة عن جزيئاتها الكبيرة غير النانوية [7,6]. في الحقيقة أن هذه المواد النانوية تظهر خصائص فريدة مثيرة للاهتمام

بشكل أساسي مع إمكانيات كبيرة فتحت الباب نحو تقنيات جيل جديد في الإلكترونيات والحاسبات والبصريات والتكنولوجيا الحيوية والتصوير الطبي والطب ، المواد الهيكلية ، الفضاء ، الطاقة ، الخ [9,8].

2-1 المواد النانوية Nanomaterials

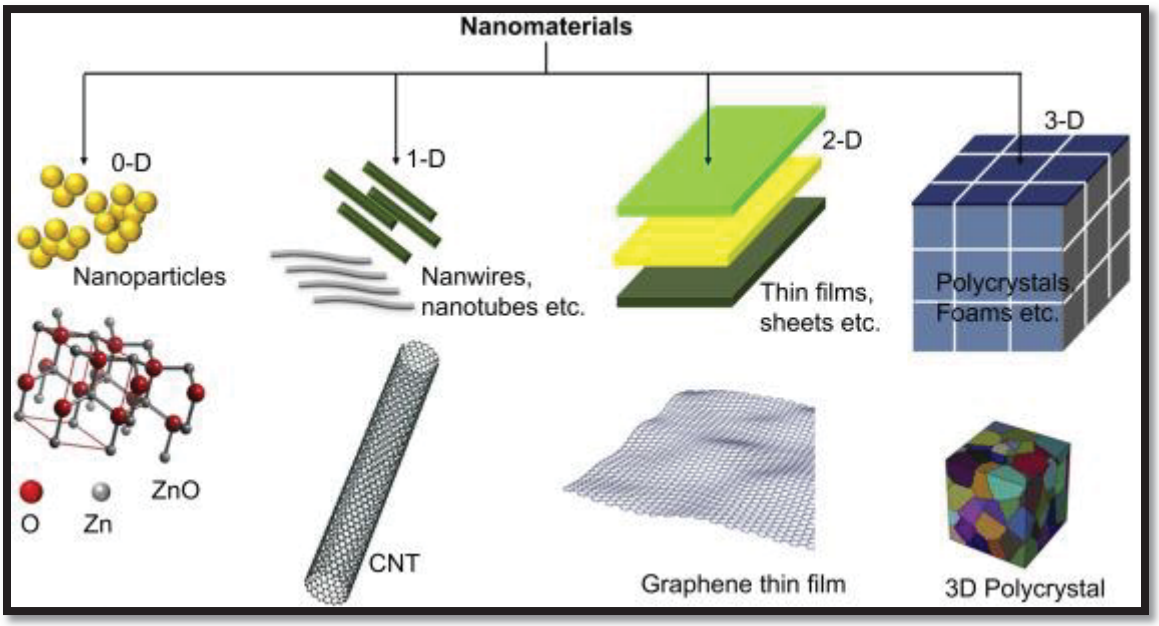
هي المواد ذات البعد النانومتري المحصور بين 1-100 نانومتر. تعتمد هذه المواد في خصائصها على مبادئ علم النانو تكنلوجي. يعتبر علم النانو تكنلوجي مجالًا واسعا ومتعدد التخصصات من أنشطة البحث والتطوير التي تزايدت بشكل كبير في جميع أنحاء العالم في السنوات القليلة الماضية والتي لديها القدرة على إحداث تكنلوجية جديدة التي كان لها الأثر الكبير في المجالات التجارية [10] وكما مبين الشكل (1.2).



الشكل (2-1) السوق العالمية للمواد النانوية وأدوات النانو حتى عام 2019.

3-1 تصنيف المواد النانوية Classification of Nanomaterials

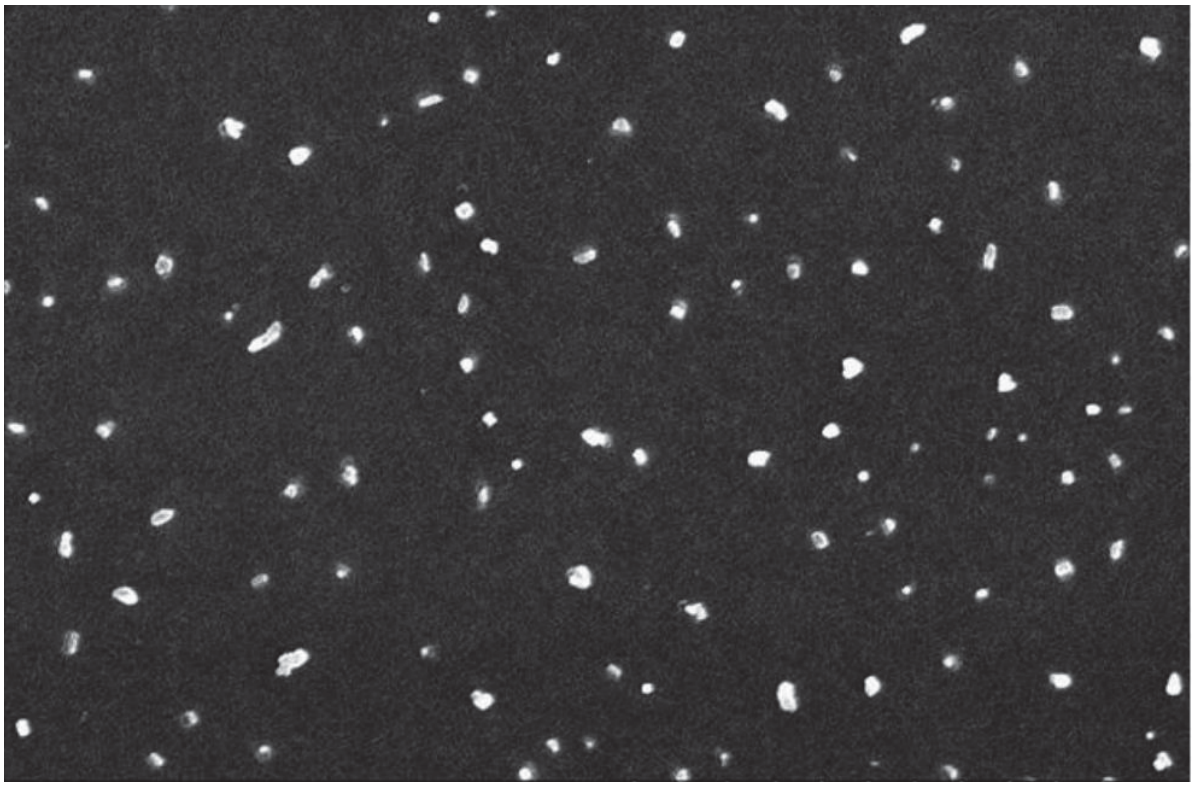
يعتمد هذا التصنيف على عدد أبعاد المادة ، والتي تقع خارج نطاق مقياس النانو (<100 نانومتر). تصنف المواد النانوية إلى أربع صور وفقًا لأبعادها وهي صفرية الابعاد (zero-dimensional) أحادية الابعاد (one-dimensional) ثنائية الابعاد(two-dimensional) ثلاثية الابعاد (three-dimensional) وتوجد هذه الابعاد في أشكال مفردة أو مجتمعة أو مكتلة بأشكال كروية وأنبوبية وغير منتظمة [11] كما مبين في الشكل (3-1).



الشكل (3-1) تصنيف المواد النانوية.

3-1 -1 المواد النانوية ذات الأبعاد الصفرية Zero-Dimensional Nanostructures

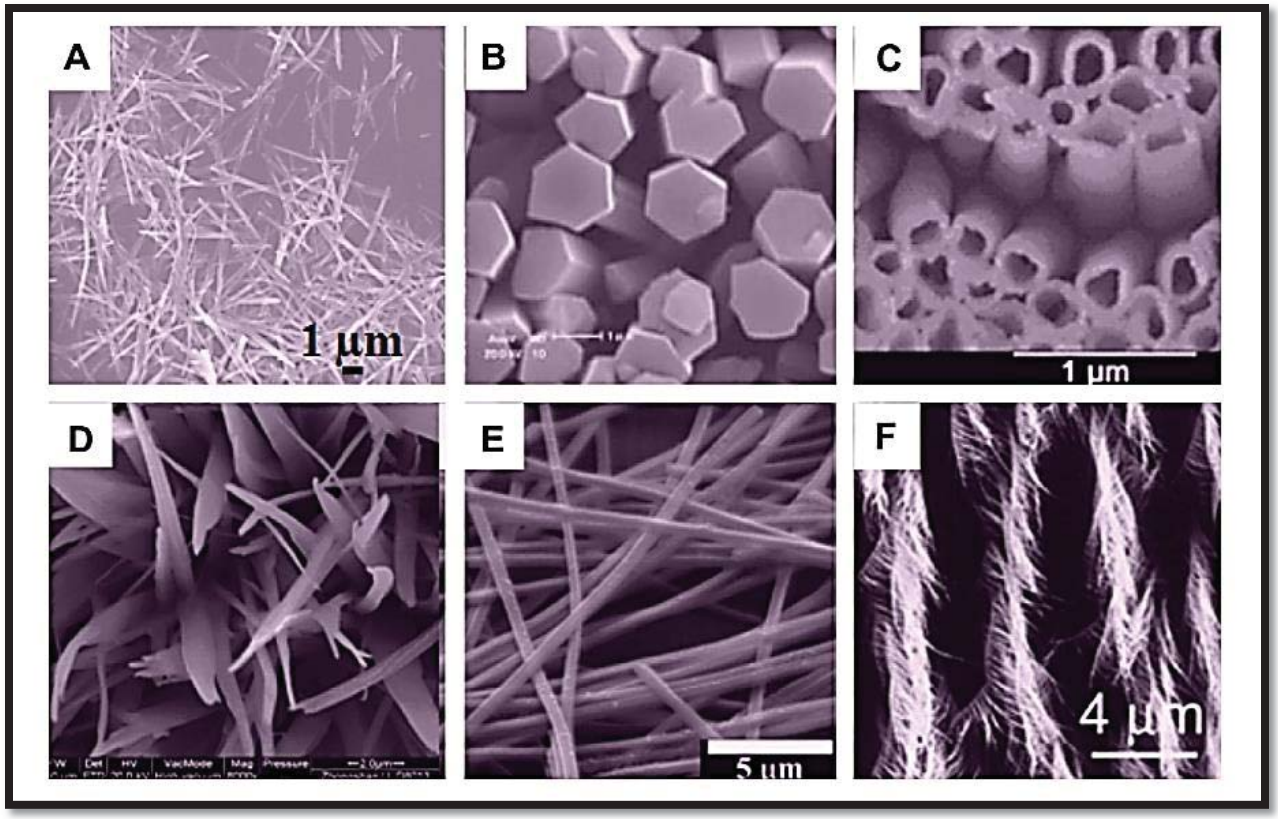
المواد النانوية ذات الأبعاد الصفرية (0D)هي التي تكون جميع أبعادها أصغرمن 100 نانومتر. على سبيل المثال النقاط الكمومية (Quantum dots). يمكن تسمية الجسيمات النانوية أو البقايا النانوية المتناثرة بشكل جيد والنقاط الكمومية بالمواد النانوية ذات الابعاد الصفرية. والنقاط الكمومية هي عبارة عن جسيمات من مواد صغيرة جدا لدرجة ان اضافة او ازالة الكترون إليها يغير من خصائصها بطريقة مفيدة [12]. يمكن تحسين الصفات البصرية والإلكترونية للنقاط الكمومية عن طريق تغيير حجم النقاط. وهناك عدد قليل جدا من النقاط الكمومية المستخدمة عادة وهي سيلينيد الكادميوم (CdSe) ، وكبريتيد الزنك (ZnS) ، وأوكسيد الزنك (ZnO)إلخ [14,13] . كما مبين الشكل (4-1).



الشكل (4-1) صورة مجهر المسح الإلكتروني النموذجي (SEM) لمادة صفرية البعد [15].

1- 3-2 المواد النانوية أحادية البعد One-Dimensional Nanostructures

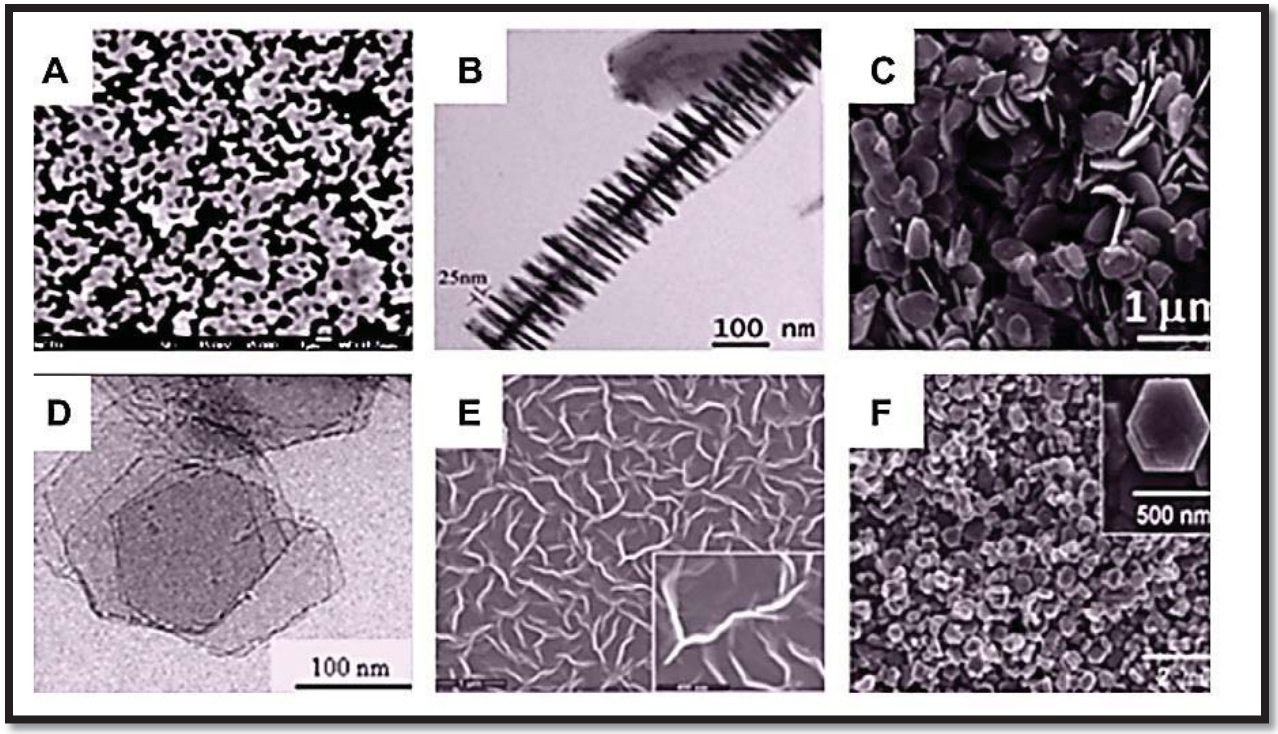
المواد النانوية احادية البعد(1D) هي المواد التي تحتوي على بُعدٍ واحدٍ فقط أكبر من 100 نانومتر. على سبيل المثال الأنابيب النانوية وقضبان النانو وأسلاك النانو. يدرس الباحثون تحضير وخصائص بنية النانو أحادية البعد لمختلف الأشكال والتراكيب لتطبيقاتها الكبيرة على الإلكترونيات الدورانية ، وتخزين المعلومات وتصميم أنابيب نانوية أحادية البعد [16-18]. تم استخدام ثاني أوكسيد التيتانيوم (TiO_2) وأوكسيد الزنك (ZnO)وأوكسيد الألومنيوم (Al_2O_3) كأسلاك نانوية [19-21]. كما مبين في الشكل (5-1).



الشكل (5-1) صورة نموذجية SEM لأنواع مختلفة من المواد النانوية احادية البعد ، والتي يتم تحضيرها من قبل العديد من مجموعات البحث. (A) أسلاك نانو [22]، (B) قضبان نانو [23] ، (C) أنابيب نانو [24] ، (D) أحزمة نانو [25] ، (E) شرائط نانو ، [26] و (F) الهياكل النانوية الهرمية [27].

1- 3- 3 المواد النانوية ثنائية البعد Two-Dimensional Nanostructures

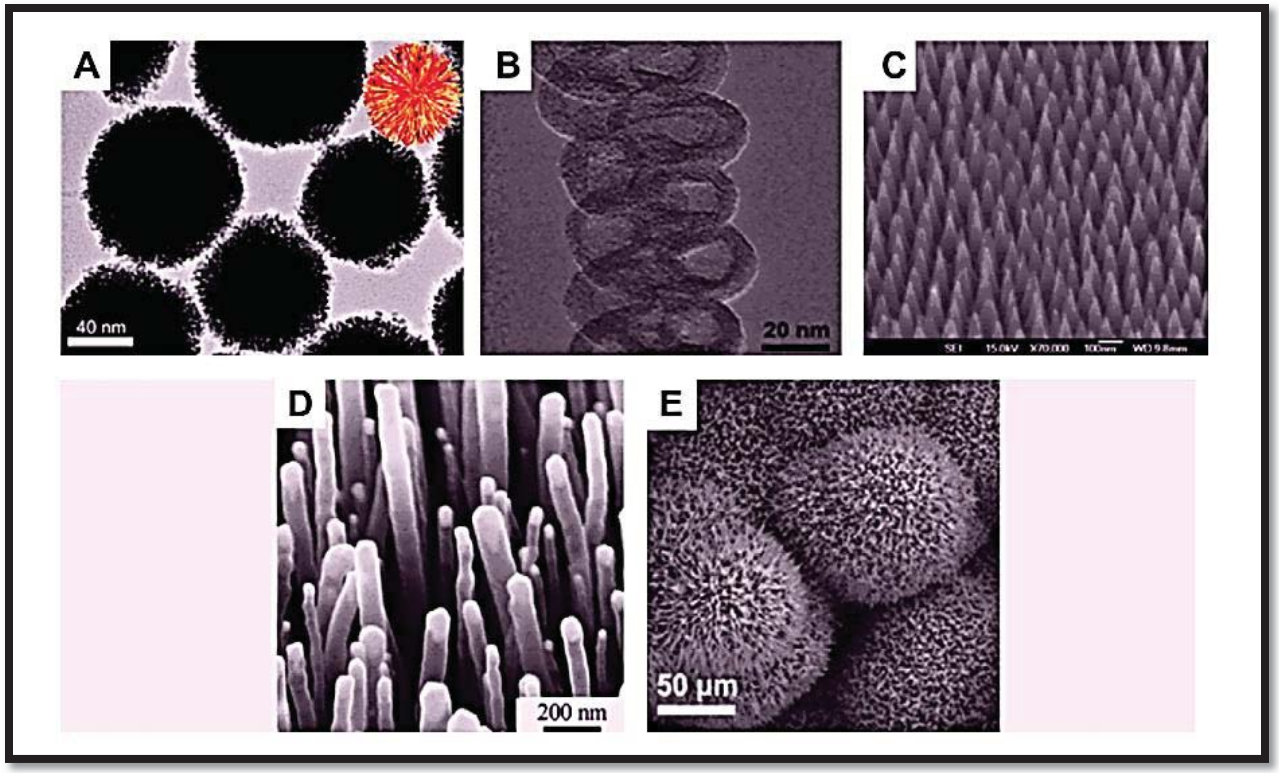
المواد النانوية ثنائية البعد (2D) هي المواد التي تحتوي على بُعدين أكبر من 100 نانومتر. على سبيل المثال الطبقات النانوية، أصبح تحضيرالمواد النانوية ثنائية الأبعاد مجالا محوريا في الابحاث في السنوات الأخيرة نظرا لأبعادها الواطئة التي تختلف فيها عن جزيئاتها الكبيرة [28,21]. بالإضافة إلى ذلك تعد المواد النانوية ثنائية الأبعاد ذات اهمية كبيرة ليس في مجال فهم نمو البنية النانوية لكن أيضًا من أجل تطوير تطبيقات جديدة كما في اجهزة الاستشعار ، والتحفيزات الضوئية ، ومضخات النانو [29]. كما في الشكل (6-1).



الشكل (6-1) صورة نموذجية عن SEM و TEM لأنواع مختلفة من المواد النانوية ثنائية الأبعاد . (A) تجمعات نانوية [30] (B) الهياكل نانوية [31] (C) مواشير نانوية [32] (D) صفائح نانوية [33] (E) الياف نانوية [34] و (F) أقراص نانوية [35].

4-3-1 المواد النانوية ثلاثية البعد Three-Dimensional Nanostructures

المواد النانوية ثلاثية الأبعاد (3D) هي المواد التي تكون جميع أبعادها أكبر من 100 نانومتر. اذ تمتاز بمساحة سطحها الواسع نتيجة تأثير حجمها الكمي فقد اجتذبت هذه المواد اهتمامًا كبيرًا من قبل الباحثين في السنوات الاخيرة. ومن المعروف أن سلوكياتها تعتمد بشكل كبير على الحجم والشكل والبعد وهي عوامل رئيسية لأدائها تطبيقاتها الواسعة[37,36]. فعلى سبيل المثال تتوافر الآن في الاسواق مساحيق حبيبات نانوية لأكاسيد الفلزات ذات اهمية اقتصادية كبيرة حيث تدخل أكاسيد الفلزات مثل اوكسيد السيليكون (SiO_2)، أكاسيد التيتانيوم (TiO_2)، أكاسيد الالمنيوم (Al_2O_3) وكذلك أكاسيد الحديد(Fe_3O_4) في مجال صناعة الالكترونات ومواد البناء وصناعة الطلاء ، وكذلك في صناعة الادوية والاجهزة الطبية الحديثة لتحل بذلك محل المواد التقليدية ،ولتساهم في رفع كفاءة وجودة المنتجات [39,38]. كما في الشكل (7-1).



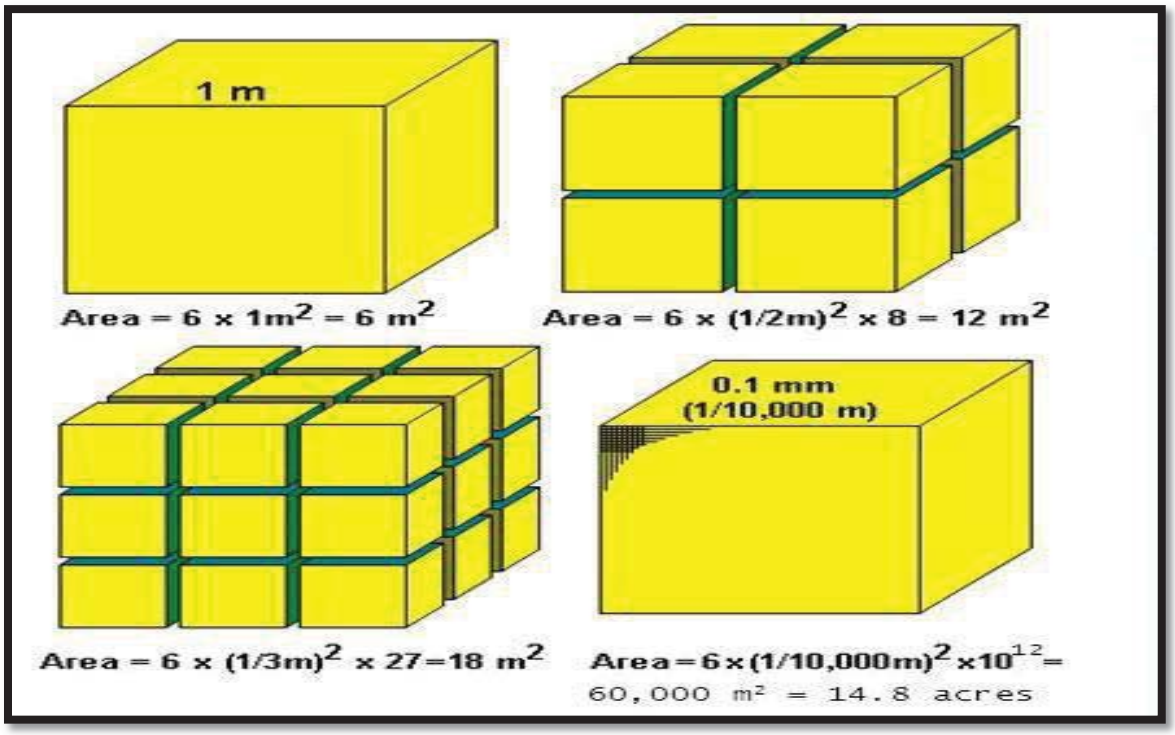
الشكل(7-1) صورة نموذجية عن SEM وTEM لأنواع مختلفة من المواد الناوية ثلاثية الابعاد. (A) كرات النانو [40] (B) لفائف نانو [41] (C) الاقماع النانوية [42] (D) الاوعية النانوية [43] و (E) زهور النانو [44].

1- 4 خواص المواد النانوية properties of nanomaterials

تكمن أهمية المواد النانوية في خصائصها الكمية المتميزة؛ وذلك نظرا لصغر حجمها وكبر سطحها. كما ان نسبة مساحة سطح المادة النانوية الى كتلتها اكبر من نفس النسبة في الجزيئات الكبيرة، مما يؤدي الى زيادة سرعة التفاعل الكيميائي. ومن جهة أخرى يلعب المفعول الكمي دور مهم في المواد النانوية اذ يؤثر على خواص المادة الميكانيكية والكهربائية والبصرية والمغناطيسية والكهرو حرارية للمواد ذات الحالة الصلبة. المساحة السطحية لها دور فعال يؤثر على السلوك المواد النانوية وذلك لان في المواد الكبيرة تواجد نسبة مئوية صغيرة من الذرات بالقرب من السطح أما في المواد النانوية تتواجد نسبة مئوية كبيرة من الذرات بالقرب من السطح وبالتالي تمتلك المواد النانوية خصائص مختلفة تماما عن الجزيئات الكبيرة وهي كما يلي: (اولا) زيادة المساحة السطحية للذرات (ثانيا) ارتفاع الطاقة السطحية (ثالثا) زيادة الحبس الكمومي (رابعا) انخفاض بالعيوب مقارنة بالجزيئات الكبيرة [46,45] .

1- 4-1 معدل حجم السطح Average surface size

ان زيادة مساحة سطحية لمادة ما يجعلها بتماس اكبر مع المواد الاخرى المحيطة بها مما يؤثر سلبا او ايجابا على تفاعلها مع تلك المواد. وهذا ينطبق على المواد النانوية من حيث احتوائها على مناطق ذات مساحات سطحية اكبر بكثير مقارنة مع المواد الكبيرة[47] ان صغر حجم جسيما ما يؤدي الى تكون منطقة سطحية اكثر ملائمة للتفاعل وذلك من خلال تجزئة المواد الكبيرة إلى مجاميع صغيرة من المواد النانوية فإن الحجم الكلي يبقى كما هو ولكن المساحة السطحية الاجمالية تزداد بشكل كبير وكما مبين في (الشكل8-1)، والنتيجة هي أن نسبة السطح إلى الحجم للمادة تزداد مقارنة مع المادة الاساس [48-51].

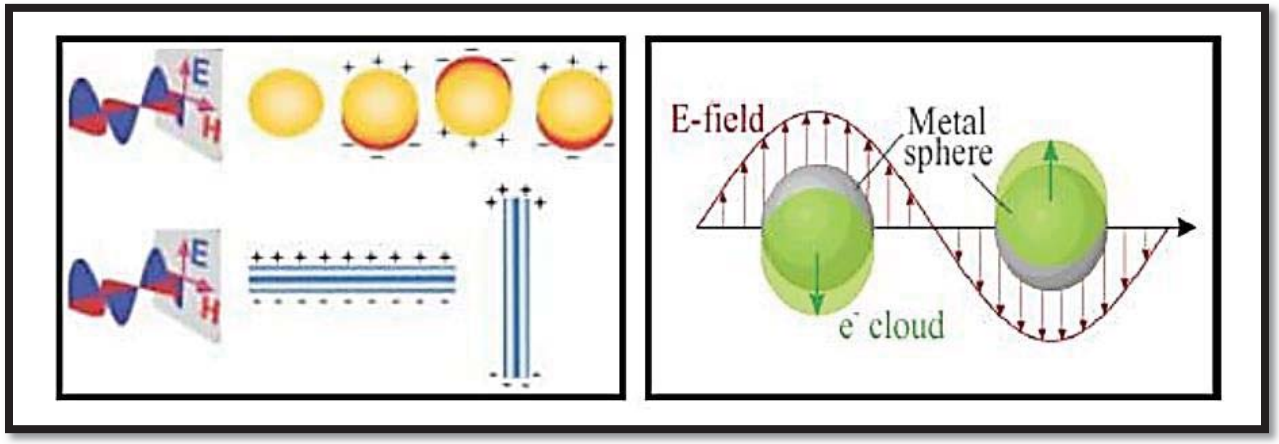


الشكل (8-1) رسم تخطيطي يوضح كيفية زيادة نسبة السطح إلى الحجم.

1- 4- 2 الخاصية البصرية Optical property

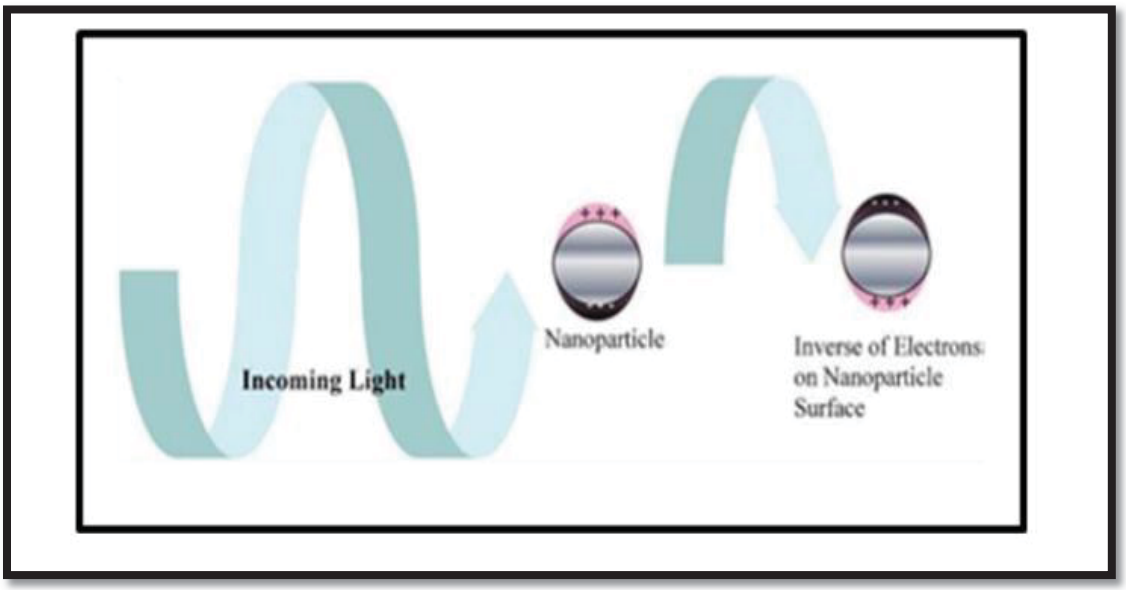
تمتلك المواد النانوية خواصا بصرية ذات قيمة تكنولوجية عالية وفريدة وذلك لان أطيافها تحتوي على بنيتها الإلكترونية وهذا يختلف بشكل واضح عن الجزيئات الكبيرة وأن الانخفاض الكبير في حجم المواد النانوية يؤدي الى التغير في الخواص البصرية للمادة عن طريق عاملين هما الحبس الكمومي Quantum confinement للإلكترونات داخل الجسيمات النانوية ورنين البلازمون السطحي surface

plasmodium ringing. عندما يتم تشعيع الجسيمات النانوية بواسطة الموجة الكهرومغناطيسية الخفيفة تتحرك الإلكترونات الحرة في المعادن عن طريق الحقل الكهربائي بالتناوب مع تأرجح جماعي وكما مبين في الشكل (الشكل9-1).



الشكل (9-1) رسم تخطيطي لتفاعل الإشعاع الكهرومغناطيسي مع قضبان نانوية ومجال نانوي.

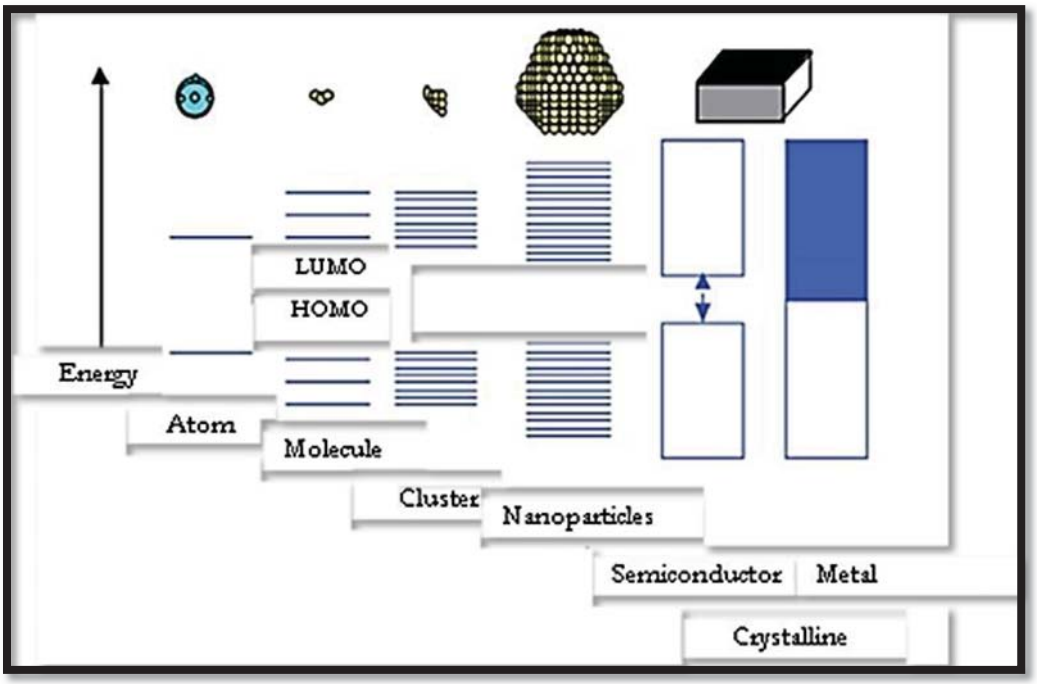
يمكن التحكم في الخواص البصرية لهذه المواد بدقة من خلال التحكم في الأبعاد البلورية . كما مبين في الشكل (10-1).



الشكل (10-1) يوضح رنين البلازمون السطحي للمواد النانوية

3-4-1 الخاصية الالكترونية Electronic property

يمكن اعتبار التركيب الإلكتروني للجسيمات النانوية وسيطًا بين المستويات الدقيقة للذرة والبنية الصلبة للكتلة اذ يمكن للمواد النانوية أن تحمل طاقة أكبر بسبب منطقة حدودها السطحية. عندما يتم تقليل حجم الجسيمات الكبيرة إلى جسيمات نانوية ، يتم استبدال الكثافة المستمرة للحالات في نطاق التوصيل بمجموعة من مستويات الطاقة الكامنة التي ترفع فجوة النطاق (band gap) وهي عبارة عن مجال طاقي في الجسم الصلب لا يمكن للإلكترونات فيه أن توجد [52]. يزداد الفصل بين مستويات الطاقة المجاورة مع تقليل الأبعاد. كما مبين في الشكل (11-1) [53].



الشكل (11-1) شكل توضيحي لتشكيل مستويات طاقة كامنة في مجموعات النانو من بنية النطاق المستمر لجزيئتها الكبيرة.

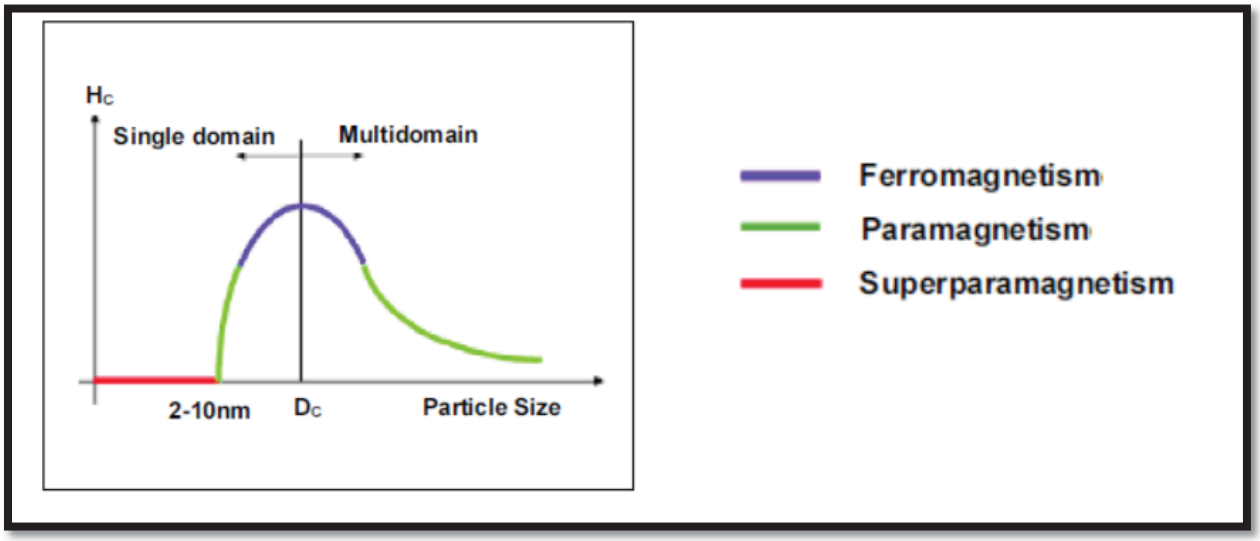
4-4-1 الخاصية الميكانيكية Mechanical property

يتضمن التحدي العلمي الكبير في تكنلوجيا النانو تطوير مواد نانوية ذات خصائص ميكانيكية جديدة مثل الصلابة، معامل المرونة، مقاومة الخدش و قوة الشد والليونة. تعتمد القيم التجريبية لمعامل (Young) (E)

في المواد النانوية على معدل الاجهاد. ان الزيادة الكبيرة في توزيع الاجهاد على أسطح المواد النانوية يؤدي الى تقليل إجهاد الكسر مما ينتج عنة قدرة سحب أكبر مقارنة بالجزيئات الكبيرة[54].

5-4-1 الخاصية مغناطيسية Magnetic property

وهي من الخصائص المهمة جدا في المواد النانوية وذلك كون لديها تطبيقات واسعة مثل عمليات تخزين المعلومات، الدوائر الالكترونية، أجهزة الاستشعار. أن مجال المواد النانوية المغناطيسية واسع ومثير للاهتمام اذ تمتاز المواد النانوية بنسبة مساحة كبيرة الى الحجم مما ينعكس على خصائصها وبسبب هذا التأثير يمكن ملاحظة سلوك فيرو مغناطيسية (ferromagnetic) في المواد التي ليست فيرو مغناطيسية (antiferromagnetic) في جزيئاتها الكبيرة. الجسيمات النانوية المغناطيسية مرغوبة في هذا المجال بسبب مجالاتها الكبيرة [54]. كما مبين في الشكل (12-1) .

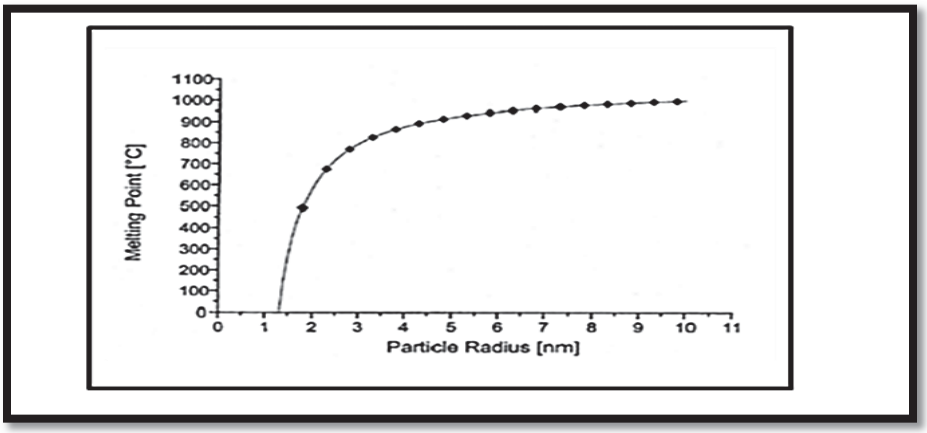


الشكل (12-1) الانتقال من المجال متعدد المجالات إلى مجال مغناطيسي واحد يعتمد على خفض حجم الجسيم.

6-4-1 الخاصية الحرارية Thermal property

تتغير الخواص الحرارية للمواد النانوية خاصة درجة الانصهار عندما يقترب الحجم المادي للمواد الى المقاييس النانوية. إن انخفاض درجة الانصهار هو الأكثر وضوحا فالمواد النانوية تنصهر جميعها في درجات حرارة منخفضة مقارنة بجزيئاتها الكبيرة. مع انخفاض حجم الجسيمات تحدث التغيرات في نقطة

الانصهار لأن المواد النانوية لها نسبة أكبر من السطح إلى الحجم من المواد الكبيرة، مما يغير في خصائصها الحرارية بشكل كبير. إن مفتاح فهم هذا الانخفاض في درجة الانصهار هو كلما صغر حجم البلورة النانوية كلما زادت مساهمة الطاقة السطحية في الطاقة الكلية للنظام وبالتالي كان الانخفاض في درجة الانصهار أكثر إثارة[55]. ويبين الشكل (13-1) العلاقة بين حجم الجسيمات ونقطة انصهار جسيمات الذهب النانوية ومن الواضح أن نقطة الانصهار تنخفض كلما انخفض حجم الجسيمات [56].



الشكل (13-1) العلاقة بين نقاط الانصهار وأحجام الجسيمات النانوية الذهبية

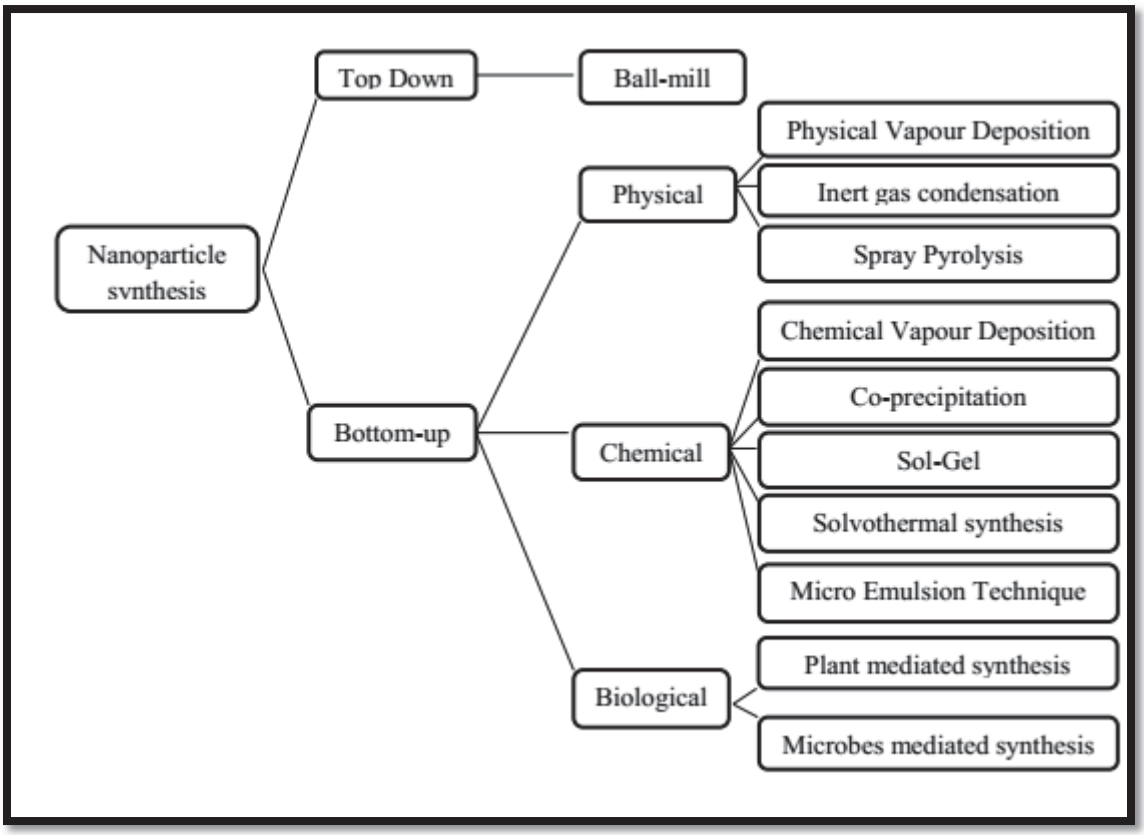
7-4-1 استقراريه المواد النانوية Stabilized nanomaterials

إن الطاقة السطحية العالية للمواد النانوية تجعلها غير مستقرة ديناميكيًا وحراريًا وقابلة للتأثر الشديد بالتكتل الذي تتأثر به إلى حدٍ كبير خواص العناصر النانوية. في المسافات القصيرة بين الجسيمات، تظهر قوى فاندر فالس أن جسيمتين سيتم جذبهما بشكل متبادل. في حالة عدم وجود قوى معارضة لقوى فاندر فالس فإن الجسيمات المعدنية الغروية سوف تتكتل. وبالتالي، فإن استخدام عامل الحماية الذي يمكن أن يحفز قوة طاردة تعارض قوات فاندر فالس ضروري لتوفير مواد نانوية مستقرة في المحلول. يمكن أيضا منع تكتل الجزيئات باستخدام جزيئات كبيرة مثل البوليمرات. يوفر امتزاز هذه الجزيئات على سطح المواد النانوية وفي الفضاء بين الجسيمات طبقة واقية تمنع التكتل وتعتبر Polyvinylpyrrolidone (PVP) هي واحدة من البوليمرات المستخدمة على نطاق واسع لتثبيت المواد النانوية [57].

5-1 طرق تحضير المواد النانوية

Preparation methods of nanoparticle

يستند تحضير جسيمات أكاسيد المعادن النانوية والمواد النانوية الاخرى على نهجين أساسيين غالبًا ما يطلق عليهما "من أعلى إلى أسفل top-down " و " من الأسفل إلى الأعلى bottom up " كما مبين في الشكل (14-1)[58].

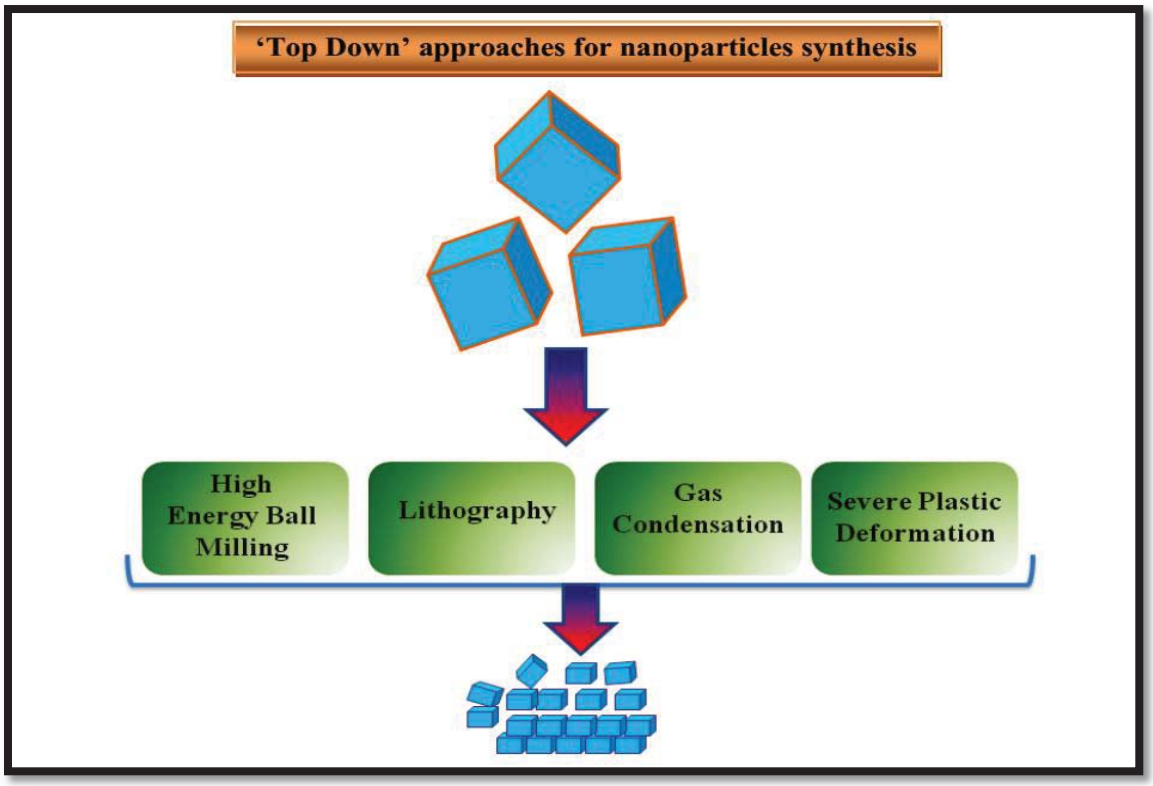


الشكل (14-1) طرق تحضير المواد النانوية.

1-5-1 من الأعلى الى الأسفل Top-down

تتضمن هذه الطريقة النهج التدميري للنظام اذ يبدا من الجزيئات الكبيرة الى جزيئات صغيرة ثم تحويلها الى مواد نانوية باستخدام الطحن او احدى تقنيات التحلل الأخرى وهذه الاليات مميزة وبسيطة التنفيذ وتتجنب

استخدام المركبات المتطايرة والسامة التي توجد عادة في تقنيات التصاعدي. ومع ذلك ، فإن جودة الجسيمات النانوية التي يتم تحضيرها بهذه الطرق تكون مقبولة لكنها تكون ضعيفة بالمقارنة مع المواد التي تنتجها الأساليب الحديثة من الأسفل إلى الأعلى. حيث تظهر عيوب بسبب معدات الطحن وجسيمات ذات مناطق سطحية منخفضة وتوزيعات الشكل والحجم غير المتناسقة والطاقة العالية اللازمة لإنتاج جسيمات صغيرة نسبياً. بغض النظر عن هذه العيوب ، المواد النانوية الناتجة من الطحن لا تزال تستخدم ، بسبب بساطة تصنيعها [59] وكما مبين في الشكل (15-1).

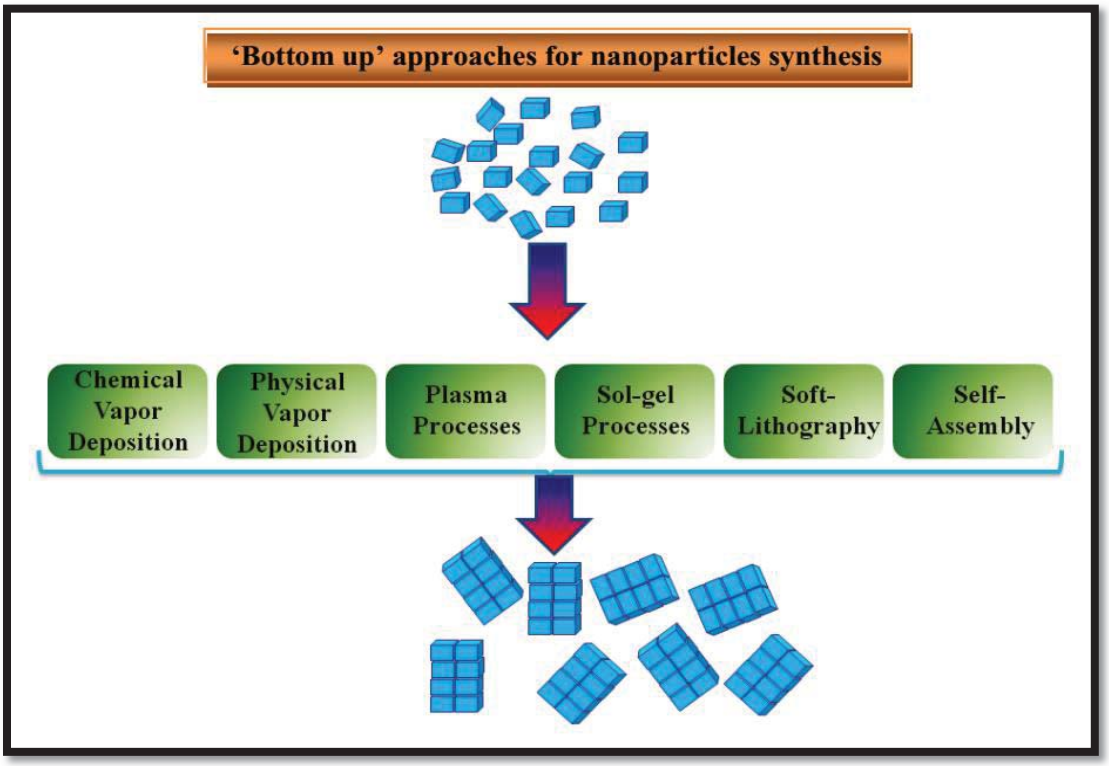


الشكل (15-1) تمثيل تخطيطي لنهج من أعلى الى أسفل.

2-5-1 من الأسفل الى الأعلى Bottom up

يستخدم النهج التصاعدي الذري أو الجزيئي كمصدر للمادة التي يتم تحويلها كيميائياً إلى جزيئات نانوية أكبر. وهذا النهج له ميزة كونه أكثر ملاءمة من النهج من أعلى إلى أسفل. وذلك من خلال التحكم في التفاعلات الكيميائية وبنية الجسيمات النانوية المتكونة، هذا يتأثر على حجم وشكل وتكوين الجسيمات النانوية كما في الشكل (16-1). لهذا السبب، يُنظر إلى الجسيمات النانوية الناتجة من التفاعلات التصاعدية والقائمة على

أساس كيميائي ، على أنها ذات جودة أعلى ولها تطبيقات أكثر . هذا أدى إلى نمو مجموعة من التقنيات تعتمد على نهج من الأسفل إلى الأعلى لتحضير الجسيمات النانوية. يمكن تصميم العديد من هذه التقنيات ليتم تنفيذها في حالات الغاز والسائلة والصلبة ، ومن ثم إمكانية تطبيق هذه التقنيات من الأسفل إلى الأعلى لمجموعة واسعة من المواد. تتطلب معظم تقنيات من الأسفل إلى الأعلى معقدات عضوية أو أملاح معدنية مناسبة لاستخدامها كمواد كيميائية مما يؤدي إلى نشوء الجسيمات النانوية [60].



الشكل (16-1) تمثيل تخطيطي لنهج من اسفل الى اعلى.

الطرائق الكيميائية Chemical methods

هناك عدة طرق كيميائية تعتمد على نهج "من ألأسفل إلى ألأعلى" بما في ذلك الاختزال الكيميائي (Chemical reduction)[61]، الكيمياء الضوئية (Photochemical) [62]، الحرارية المائية (Hydrothermal) [63]، الكهروكيميائية (Electrochemical) [64]، المذيبات الحرارية (Solvothermal) [65]، المستحلب الميكروي (Micro Emulsion) [66]، طريقة الهلام (سول – جل) (Sol-gel method)[67]، الترسيب المشترك (Co-precipitation) [68] لتحضير الجسيمات النانوية المعدنية.

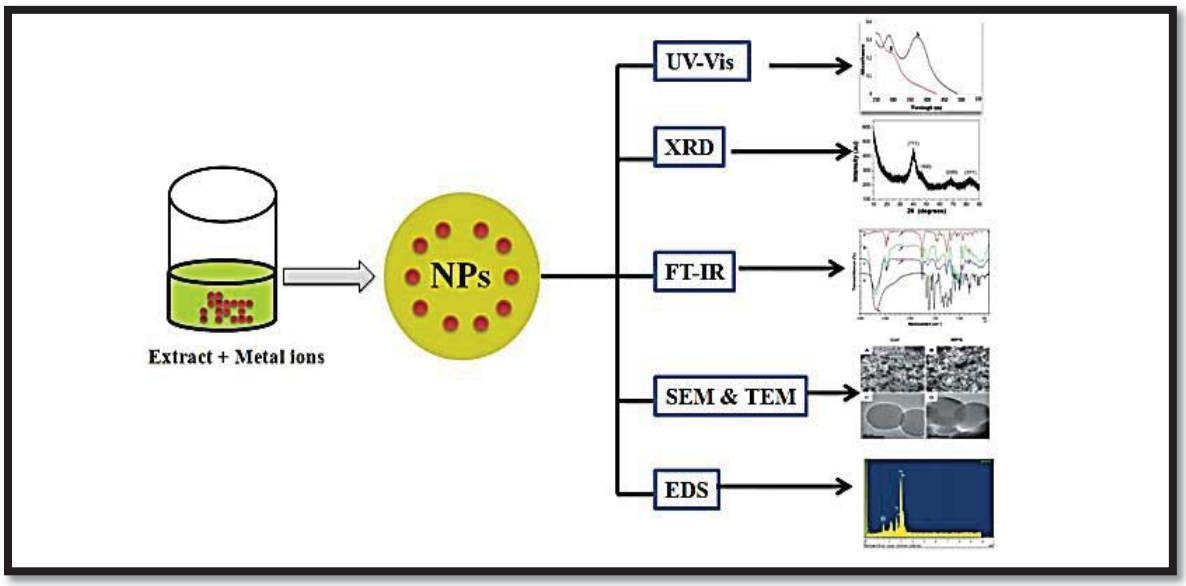
الترسيب المشترك **Co-precipitation**

وهي احد الطرق الكيمياوية في هذه الطريقة يتم خلط أملاح المعادن في المحلول المائي و يتم ضبط درجة الحموضة (pH) حيث يتم ترسيب أيونات المعادن بإضافة محلول قاعدي من الأمونيا أو هيدروكسيد الأمونيوم أو هيدروكسيد الصوديوم ، يتم غسل المادة المترسبة وتجفيفها وحرقها للحصول على جزيئات بحجم نانوي [69]. أذ تم استخدام هذه الطريقة في هذه الدراسة الحالية.

6-1 طرق تشخيص المواد النانوية

Methods of diagnosis Nanomaterials

يتم توصيف خصائص ومورفولوجيا جسيمات المواد النانوية من توزيع الحجم والمسامية والبنية السطحية والتركيب الهيكلي للمواد بواسطة مجموعة من التقنيات والادوات مثل تحليل الجسيمات كما في الشكل (1-17) وتشمل مجهر القوة الذرية (AFM)، مجهر المسح الالكتروني (SEM)، مجهر المسح النفقي (STM)، المجهر الالكتروني عالي الدقة للأرسال (TEM)، الأشعة السينية الطيفية الضوئية (XPS)، أوجير التحليل الطيفي (AES)، المجهر الضوئي للمسح القريب (NSOM أو SNOM) حيود الاشعة السينية (XRD) ، التحليل الطيفي المشتت للطاقة (EDX) ، تشتت الضوء الديناميكي (DLS) والتقنيات الطيفية الاخرى [70].



الشكل (1-17) بعض طرق توصيف وتشخيص مورفولوجيا المواد النانوية.

7-1 تطبيقات المواد النانوية Applications of nanomaterials

تمتلك جسيمات المواد النانوية عادة خواص جديدة وفريدة لا تتوفر في الجزيئات الكبيرة مثل زيادة القوة والمرونة والمغناطيسية والصلابة والحجم الصغير والتحكم في البنية وغيرها من الخصائص مما يسمح لها الحصول خصائص جديدة ومطلوبة وذات تطبيقات واسعه جدا في مجالات مختلفة . من أهم هذه المجالات هي البيئة والزراعة والصناعة والغذاء والصحة و الطب [72,71]. وتمتلك المواد النانوية طيف واسع من التطبيقات الطبية التي أدت إلى تطوير طرق تشخيص الامراض والتطبيق العلاجي والصيدلاني وذلك بسبب تماثل الحجم للجزيئات النانوية والجزيئات البايولوجية. يمكن أن تكون جسيمات المواد النانوية كذلك مفيدة في المجالين البحثي والتطبيقي في الطب الحيوي. إن أيصال الأدوية يعد من التطبيقات الواعدة للجسيمات النانوية الغروية التي تستخدم كحاملات الادوية لإيصالها الى مواقع محددة مصابة داخل الجسم. يعد الحجم والمساحة السطحية والمغناطيسية للجسيمات النانوية مهمة ومؤثر بشدة على الدورة الدموية والتوافق البيولوجي للجزيئات داخل جسم الكائن الحي. تم استخدام جسيمات الفضة والذهب النانوية كمضادات للبكتريا والفطريات ضد الميكروبات المسببة للأمراض [73].

8-1 أكاسيد العناصر الانتقالية النانوية Oxides of transitional elements nanoparticles

تمتلك أكاسيد العناصر الانتقالية النانوية خواصًا فيزيائية وكيميائية فريدة نظرًا لصغر حجمها وهيكلها الإلكتروني المعدل والكثافة السطحية العالية. أن تقليل حجم الجسيمات يؤثر على ثلاث مجاميع مهمة من الخصائص في أي مادة.

أولا : الخصائص الهيكلية للأكاسيد النانوية :- وتشمل التماثل الشبكي والتركيب البلوري حيث أصبحت الأهمية المتزايدة للطاقة الخالية من التوتر السطحي مع تقليل حجم الجسيمات موضوعًا مثيرًا لعلماء المواد . قد يتم تحفيز و تعديل الخصائص الهيكلية من خلال تصغير حجم الجسيمات الذي يرتبط بدوره بالاستقرار الديناميكي والحراري للجسيمات النانوية وذلك بسبب ان الطاقة السطحية العالية للجسيمات المواد النانوية وتفاعلها مع البيئة المحيطة به قد يؤدي إلى تدمير وجودها. لذلك يجب أن يكون للجسيمات النانوية طاقة حرة منخفضة السطح من أجل إظهار الاستقرار الميكانيكي والهيكلية. وقد لوحظ هذه الظاهرة الهيكلي في أكاسيد TiO_2أو VOx ، Al_2O_3 أو MoOx [75,74] . من ناحية أخرى ، فقد لوحظت التشوهات الهيكلية الناجمة عن الحجم المرتبطة بالتغيرات في هيكل الجسيمات النانوية منNiO ، Fe_2O_3 مع انخفاض حجم

الجسيمات ، يزداد عدد ذرات السطح والمساحة السطحية بشكل متناسب والذي غالباً ما يؤدي إلى توليد ضغط كبير أو إجهاد وهزات هيكلية متزامنة [76-77].

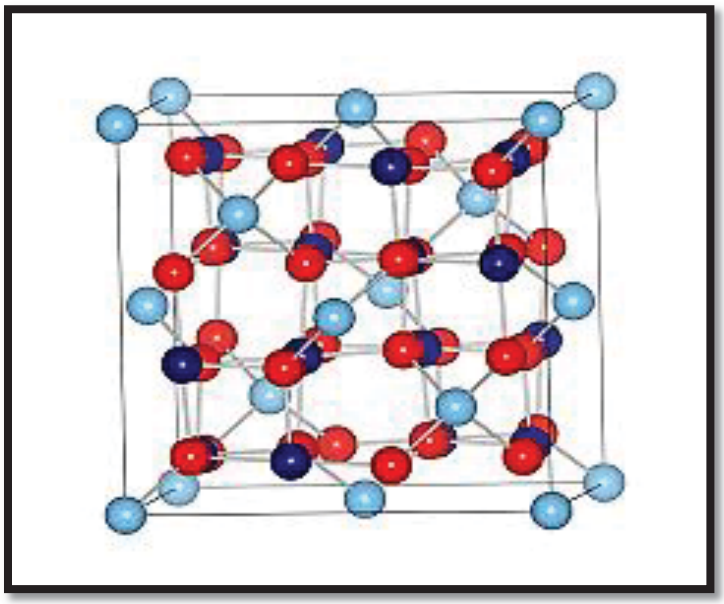
ثانيا :- الخصائص الإلكترونية للأكاسيد النانوية :- يمكن ملاحظة الحجم الكمي أو تأثير الحبس الكمومي في المواد النانوية ذات متوسط الحجم والذي يؤدي الى توسيع فجوات النطاق الضوئي للمواد النانوية مقارنة بجزيئاتها الكبيرة، ويعتقد أن هذا التأثير ينشأ أساسًا من البنى الإلكترونية المنفصلة وذات الشبيهة بالذرة للجزئيات النانوية [78].

ثالثا :- الخصائص الكيميائية والفيزيائية أن الأكاسيد الفلزية ذات الأحجام الجزيئية الكبيرة تظهر عموما فجوة نطاق أصغر من الأكاسيد الفلزية النانوية وبالتالي تظهر تفاعل كيميائي منخفض [79]. ومن المعروف أن انخفاض حجم الجسيم يؤدي الى زيادة حجم فجوة النطاق وبالتالي تفاعل كيميائي اسرع. تنشأ الخصائص الهيكلية عادةً من إعادة ترتيب أو إعادة الاشكال الهندسية ، في حين تنشأ الخصائص الإلكترونية من وجود فجوات متوسطة في الجسيمات النانوية هذا يسمح بإمكانية التلاعب في خواصها عن طريق التأثيرات السطحية [80].

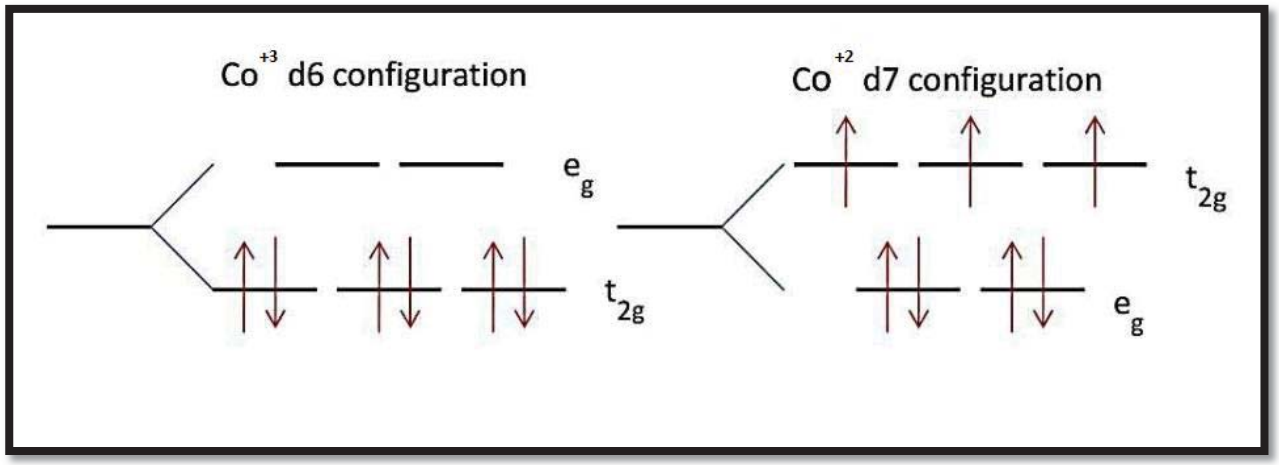
1-8-1 أوكسيد الكوبالت النانوي Cobalt Oxide nanoparticles

تعتبر أكاسيد الكوبالت النانوية من الأكاسيد المهمة للبحث العلمي وذلك لتأثيرها المحتمل في التطبيقات التكنولوجية المختلفة مثل أجهزة تخزين المعلومات، المجالات المغناطيسية، تخزين البيانات وأجهزة الاستشعار [81]. في الوقت الحاضر ، يتم التعامل مع جسيمات الكوبالت النانوية عادة كجسيمات نانوية مغناطيسية أكثر من العوامل المضادة للبكتيريا حيث ركزت بحوث قليلة فقط على التحقيق في الأنشطة المضادة للبكتيريا ذات الصلة بأوكسيد الكوبالت النانوي[82]. ومع ذلك ، على غرار الجسيمات النانوية الأخرى ، فإنها تحتوي على نسبة عالية من مساحة السطح إلى الحجم ، مما يعزز تفاعلها الكيميائي و يجعل استخدامها ممكنًا في الطب الحيوي كعوامل مضادة للبكتيريا [83- 86]. يتكوّن أوكسيد الكوبالت النانوي في هيكل الإسبنيل (spinel) الطبيعي المكعب الذي يحتوي على أيونات الكوبالت في حالتين مختلفتين للأكسدة Co^{+2}و Co^{+3} توجد هذه في المواقع رباعي السطوح وثماني السطوح، على التوالي كما في الشكل (18-1). في صورة مبسطة قسمت المدارات الخمس الذرية المنحلة في اوربيتالات (d) إلى مجموعتين ، مما أدى إلى وجود 3 إلكترونات مفردة في Co^{+2} ، في حين تم ازدواج جميع الإلكترونات في Co^{+3} كما مبين في الشكل (19-1). ونتيجة لذلك فإن أيونات Co^{+3} دايا مغناطيسية ، بينما تحمل أيونات Co^{+2} صفة بارا

مغناطيسية . من الناحية التجريبية أوكسيد الكوبالت النانوي هو شبه موصل مغناطيسي في درجة حرارة الغرفة. تصبح مضادة للمغناطيسية في بعض الحالات اذ تكون مضادة للمغناطيسية بشكل أساسي بسبب ازدواج ضعيف بين أيونات Co^{+2} المجاورة. يمتلك أوكسيد الكوبالت النانوي فجوة نطاق تبلغ حوالي 1.6 ev [88,87].



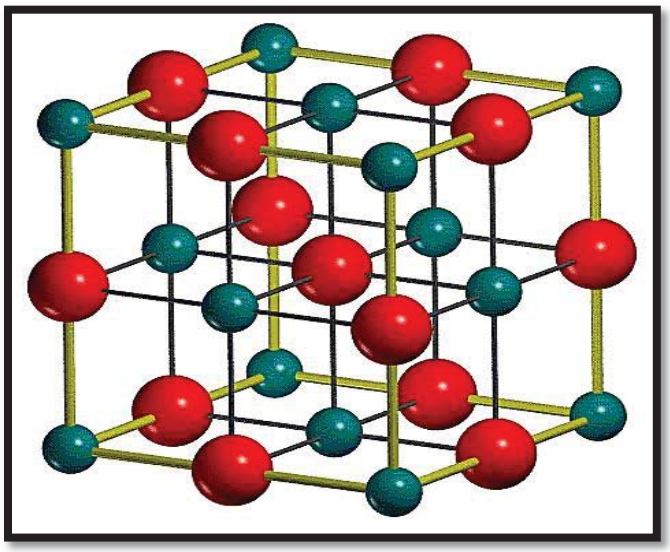
الشكل (18-1) يمثل شكل البنية البلورية لأوكسيد الكوبالت النانوي.



الشكل (19-1) رسم تخطيطي لانفصام المجال البلوري ل Co^{+3} في ثماني السطوح (على اليسار) وCo^{+2} في رباعي السطوح (على اليمين).

2-8-1 أوكسيد النيكل النانوي Nickel Oxide nanoparticles

ينتمي أوكسيد النيكل النانوي إلى نظام البلورة المكعبة كما هو موضح في الشكل (20-1). يحتوي أوكسيد النيكل على فجوة نطاق تبلغ 3.6 إلى 4.0 eV [89] . يمتلك أوكسيد النيكل النانوي NiO مجموعة متنوعة من التطبيقات المتخصصة وبشكل عام يستخدم أساساً في إنتاج السبائك ، خلايا الوقود ، الخلايا الكيميائية، نشاط تحفيز ضوئي [91,90] ، الإلكترونيات والمغناطيسية [92] ، تكنولوجيا الطاقة [93] والطب الحيوي [94] . بسبب تفاعلها العالي ، وخصائصها الصديقة للبيئة ، فإنها تستخدم لتحفيز تفاعلات عضوية مختلفة بما في ذلك اقتران الأكسدة الكيمياوي الانتقائي من الثيول [95] ، والحد من الألديهايدات والكيتونات [96] ، وهدرجة الأوليفينات [97] ، كما ويمتلك تطبيقات بيئية في مجال امتصاص الملوثات الخطرة والملوثات غير العضوية ، وبالتالي تلعب دورا حيويا في نظافة البيئة [98]. نظرًا لأنشطتها المضادة للجراثيم والمضادة للالتهاب ، فهي تستخدم في مجال الطب الحيوي [100,99]. كما أنها تظهر سمية خلوية ضد الخلايا السرطانية [102,101].

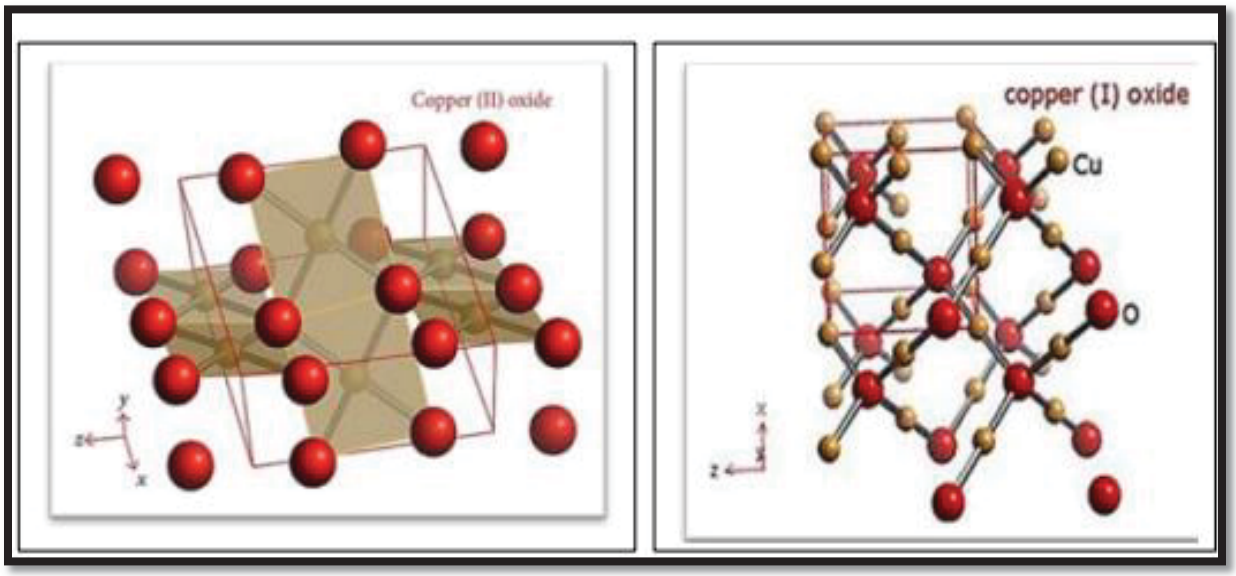


الشكل (20-1) هيكل مكعب من اوكسيد النيكل النانوي.

3-8-1 أوكسيد النحاس النانوي Copper Oxide nanoparticles

يمتلك اوكسيد النحاس النانوي اكثر من حالة تأكسد +1 و +2 في تفاعلاتها الكيميائية توجد أيضا حالة التكافؤ اخرى وهي ثلاثية التكافؤ الا انها لا تبقى أكثر من بضع ثوان في تلك الحالة. مركب النحاس (I) ذات صفة دايا مغناطيسية (diamagnetic) بينما يمتلك النحاس (II) صفة بارا مغناطيسية (Paramagnetic)،

أوكسيد النحاس (II) هو مركب صناعي مهم لديه الكثير من التطبيقات التجارية وهو مادة واعدة لتصنيع الخلايا الشمسية بسبب الخصائص الضوئية. يمتلك اوكسيد النحاس (II) فجوة ضيقة النطاق تبلغ eV1.2 ، مع انخفاض قيم المقاومة الكهربائية. تنخفض التوصيلية الكهربائية ، عندما تتعرض للغازات المنخفضة [103]. يتم تنسيق ذرة النحاس بواسطة 4 ذرات أوكسجين في تكوين مستوى مربع تقريباً حيث يرتبط النحاس تساهميًا مع الاوكسجين Cu-O كما هو موضح في الشكل (21-1). تلعب أكاسيد النحاس النانوية دورا في تحطيم الصبغة الضوئية. حيث يتم التخلص من الحجم الهائل من الملوثات البيئية ، والنفايات السائلة ذات الصبغة الملونة غير القابلة للتشتت والمسرطنة الناتجة من الصناعات النسيجية والورقية [104]. ويمكن أيضا استخدام أوكسيد النحاس النانوي في عدة مجالات ، مثل تصنيع الأجهزة الكهربائية والضوئية [105] اجهزة استشعار [106] خلية كهروكيميائية [107] ، تحفيز ضوئي [108] ، وسائط تسجيل مغناطيسية [109] تتضمن ايضا عوامل مضادة للجراثيم فعالة ، وتطبيقات بيولوجية. وهي أيضا مواد واعدة لتصنيع الخلايا الشمسية بسبب امتصاصها الشمسي العالي ، والانبعاث الحراري المنخفض ، والخصائص الكهربائية الجيدة نسبيا ، وتركيز الناقل العالي [110].

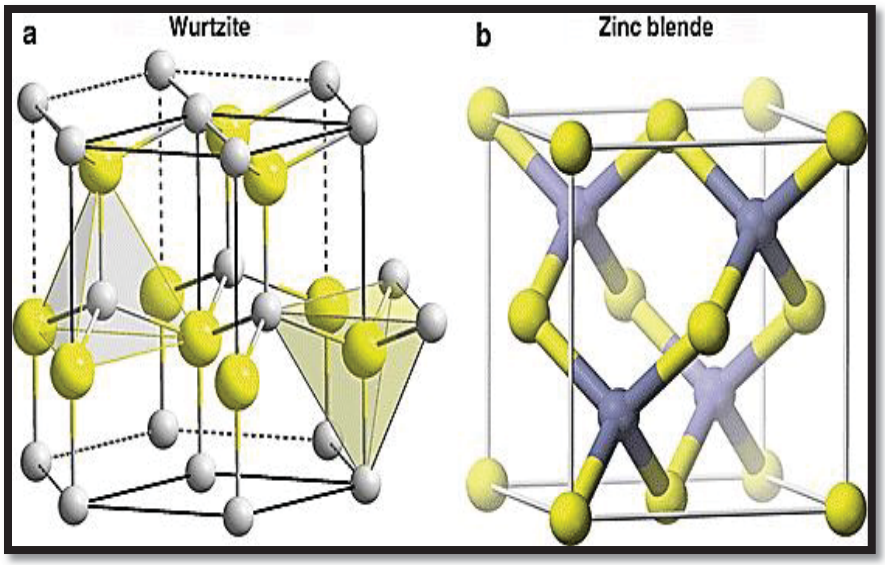


الشكل (21-1) البنية البلورية لأوكسيد النحاس النانوي (a) CuO(I) (b) CuO(II)

4-8-1 أوكسيد الزنك النانوي Zinc Oxide nanoparticles

أوكسيد الزنك النانوي هو مركب غير عضوي له الصيغة ZnO . يتكوّن أوكسيد الزنك في ثلاثة أشكال: (hexagonal wurtzite , cubic zinc blende , cubic rock salt) . هيكل wurtzite هو الأكثر

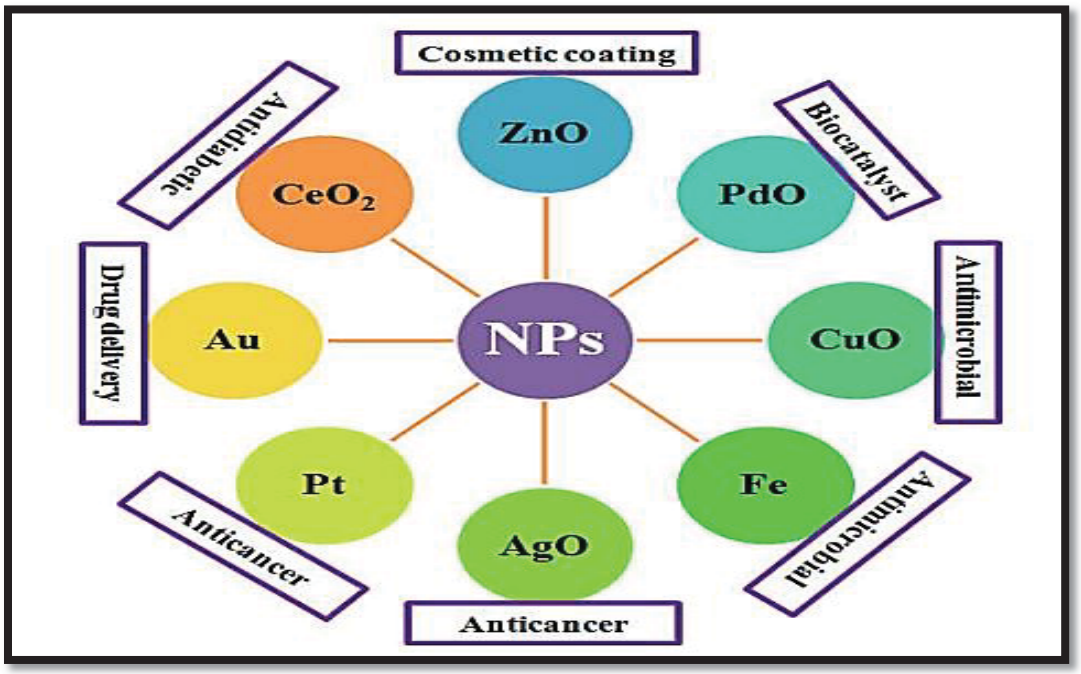
استقرارا وأكثرها شيوعا في الظروف المحيطة ، كما هو موضح في الشكل (22-1) . يستخدم اوكسيد الزنك على نطاق واسع في العديد من المواد والمنتجات بما في ذلك المطاط ، البلاستيك ، السيراميك ، الزجاج ، الاسمنت ، مواد التشحيم ،مراهم ، مواد لاصقة ، مواد مانعة للتسرب ، أصباغ ، أغذية ، بطاريات ، مثبطات الحريق، وأشرطة الإسعافات الأولية [111]. يمتلك اوكسيد الزنك النانوي فجوة واسعة النطاق تبلغ (3.37 eV). وتكون التوصيلية من نوع دايامغناطيسية [112] . ويستخدم في النوافذ الموفرة للطاقة وفي الإلكترونيات مثل الترانزستورات ذات الأغشية الرقيقة. وخلال السنوات الماضية ، كانت العمليات التحفيزية جنبا إلى جنب مع المواد النانوية شبه الموصلة تجذب الكثير من الاهتمام ، و يمكن استخدام اوكسيد الزنك النانوي الفعال لإزالة تلوث المياه كتقنية حيوية فعالة لتطهير المياه وتتم عملية معالجة مياه الصرف باستخدام أشباه الموصلات الأكثر شيوعًا مثل TiO_2 و CuO و ZnO و CdS وWO_3 [114,113]. من الجدير بالذكر أن جسيمات أوكسيد الزنك النانوي تكون موثوقًا بها مع البيئة ، وغير سامة ، وآمنة بيولوجيًا. هذا مرغوب فيه للتطبيقات الطبية الحيوية مثل ناقلات الأدوية ومستحضرات التجميل [115] وقد تم اعتبار أوكسيد الزنك كبديل مناسب بدلاً من TiO_2 بسبب طاقة فجوة نطاقه القابلة للمقارنة بالإضافة إلى التكلفة المنخفضة للإنتاج[116-117]. تم استخدام اوكسيد الزنك النانوي كعامل مضاد للجراثيم يواجه الأمراض التي تنتقل عن طريق الأغذية لحماية الغذاء من التلوث الجرثومي. يمكن أن تؤدي إضافات أكاسيد الزنك النانوية في مواد التعبئة إلى التفاعل مع مسببات الأمراض المنقولة بالغذاء ، وبالتالي إطلاق الجسيمات النانوية على سطح الطعام حيث تتلامس مع البكتيريا الضارة وتسبب تثبيط البكتيريا [118].



الشكل (22-1) يمثل اشكال البنية البلورية لأوكسيد الزنك النانوي.

9-1 الفعالية البكتيرية للمواد النانوية Bacterial efficacy of Nanomaterials

يبلغ حجم البكتريا 10^{-6} متر بينما تتعامل النانو تكنولوجي مع هياكل صغيرة تصل إلى 10^{-9} متر. وعلى الرغم من هذا الاختلاف البالغ 10^{-3} متر فإن تطوير العديد من التقنيات في الثمانينيات جعل من الممكن الجمع بين هذين العالمين. ونتيجة لذلك، تطورت تقنية النانو لتصبح فرعا يقدم حلول للعديد من التطبيقات المحتملة في المجال الطبي. تم استخدام جزيئات نانوية معدنية مختلفة مثل الفضة والذهب وغيرها في دراسات أجريت على كائنات بيولوجية مختلفة كما مبين في الشكل (23-1) . تم إحراز تقدم في استخدام أكاسيد نانوية مختلفة في المجال البيولوجي بسبب التطور في الوسائل التقنية ، مما يسمح بتصور الجسيمات النانوية وعمليات تفاعلها مع الكائنات الحية الدقيقة [119-121]. أما بالنسبة للآلية المضادة للميكروبات للجسيمات النانوية ضد هذه الكائنات الدقيقة والكثير غيرها ، فمن المعروف أنها قد تكون ذات صلة بمنطقة سطحها. وبعبارة أخرى ، فإن أصغر الجسيمات النانوية لها أقوى تأثير مضاد للميكروبات [123,122]. لذلك ليس هناك شك في أن الحجم مهم، وهذا هو أحد الأسباب التي تجعل الجسيمات النانوية تحسناً حقيقياً في الاستراتيجية المضادة للميكروبات[125,124]. لكن يجب الاخذ بالاعتبار في العديد من الخصائص الكيميائية والفيزيائية للمواد النانوية عند تقييم فعاليتها وقدرتها على اختراق البكتيريا [126].



الشكل (23-1) يوضح بعض الأكاسيد النانوية المحضرة وفعاليتها البايولوجية.

10-1 مقاومة البكتريا للمضادات الحيوية Bacteria resistance to antibiotics

تمثل المقاومة للمضادات الحيوية مشكلة عالمية في الرعاية الصحية من الممكن أن تؤثر على علاج الأمراض المعدية التي تسببها مجموعة كبيرة من الكائنات الحية بما في ذلك البكتيريا إيجابية الجرام أو سلبية الغرام Gram-positive and Gram-negative bacteria. منذ اكتشاف البنسلين Penicillin تم استخدام المضادات الحيوية والعوامل المضادة للميكروبات الأخرى بنجاح في علاج الاصابات الجرثومية [127] . إن تطور صفة المقاومة للمضادات الحيوية عن طريق سلالة بكتيرية هو في الغالب بسبب الاستخدام السيء للمضادات الحيوية مما يؤدي إلى ان تصبح علاجا غير فعال [128]. على سبيل المثال في البلدان الفقيرة اقتصاديًا يمكن أن يحدث أيضًا بسبب عدم كفاية الوصول إلى الأدوية. تم الكشف عن المقاومة البكتيرية لجميع فئات المضادات الحيوية وفيما يتعلق بمجموعة واسعة من العدوى بما في ذلك تلك التي تسببها بكتريا المكورات العنقودية الذهبية *Staphylococcus aureus* وبكتريا القولون *Escherichia coli* فإن مقاومة أحد المضادات الحيوية أو أكثر أصبحت مشكلة طبية شائعة [130,129].

1-10-1 بكتريا القولون *Escherichia coli*

وصفت هذه البكتيريا اول مرة من قبل العالم Theoder Ederich عام 1885 في المانيا وسميت آنذاك *Bacterium coli* وهي معروفة حاليا باسم *Escherichia coli* اذ عزلت من براز اطفال اصحاء لذا عدت غير ممرضة Nonpathogenic في حينها. تمتاز هذه البكتيريا بكونها عبارة عن عصيات صغيرة الحجم (0.5-1.5) مايكرون. وهي سالبة لصبغة كرام وتتحرك بواسطة اسواط محيطية، غير مكونة للأبواغ، هوائية او لاهوائية اختيارية وتكون لها درجة حرارة نمو 37°م لكنها تستطيع النمو في مدى حراري اوسع من (45- 15°م). تعيش هذه البكتيريا معيشة تكافلية Symbiotic في امعاء الأنسان ولكن عندما تدخل موقعا غير طبيعي يمكن ان تسبب العديد من الأمراض كالتهاب المجاري البولية والسحايا وتصيب الأنسجة الرخوة لذلك تعد من البكتريا الانتهازية Opportunistic bacteria [131].

2-10-1 المكورات العنقودية الذهبية *Staphylococcus aureus*

هي بكتيريا موجبة غرام غير متحركة وسميت بالمكورات العنقودية كونها تتجمع على شكل كرات غير منتظمة تشبه عنقود العنب عند رؤيتها تحت المجهر وسميت بالذهبية لأنها تظهر على شكل مستعمرات صفراء اللون عند زراعتها وسط آجار الدم (Blood Agar). تستطيع هذه البكتريا تحليل خلايا الدم الحمراء بشكل تام وتعتبر لا هوائية اختيارية أي تستطيع المعيشة في وجود أو في غياب الأوكسجين. تعيش

المكورات العنقودية الذهبية عادة بشكل طبيعي على جلد الإنسان كجزء من النبيت الطبيعي للإنسان Normal flora ، وفي تجويف الأنف أو في الجهاز التنفسي. إلا أنها يمكن أن تتسبب بمجموعة من الأمراض مثل التهابات جلدية طفيفة كالبثور، والدمامل، والتهاب النسيج الخلوي (Cellulitis)، ومتلازمة الجلد المحروقة (Scalded Skin syndrome) فضلا عن الامراض المهددة للحياة مثل الالتهاب الرئوي (Pneumonia) والتهاب السحايا (meningitis) والتهاب العظم والنخاع وتجرثم الدم (Septicemia). تعد بكتريا المكورات العنقودية واحدة من المسببات الأكثر شيوعًا للأمراض المكتسبة من المستشفيات Nosocomial infections. وتعتبر المكورات العنقودية الذهبية بكتيريا انتهازية، وتمتلك البكتيريا عامل مقاومة عالية للعلاج بالمضادات الحيوية لكونها تعمل كحاجز لمنع تغلغل المضادات الحيوية، وايضا لاحتوائها على إنزيمات مضادة للمضادات الحيوية. تنتشر هذه البكتيريا عادة من خلال الاتصال المباشر بين البشر او الحيوانات الاليفة ومشاركة المواد الشخصية أو لمس المعدات والأدوات الملوثة بها [132].

11-1 العوامل التي تسبب مقاومة للمضادات الحيوية

Factors that generate resistance to antibiotics

إن عدم استخدام المضادات الحيوية في مستويات الجرعة الموصى بها لعلاج العدوى البكتيرية المؤكدة هو نوع من التعرض الذي تفوق الفائدة فيه بكثير من مخاطر اختيار سلالات مقاومة [133] . لسوء الحظ ، فإن الكثير من العلاج (المضادات الحيوية) ليس مختبريًا. هذا إلى جانب نسبة عالية من الإصابات التي تهدد الحياة التي تتطلب العلاج الفوري لذا يجب أن يكون المضاد الحيوي الموصوف من أدوية الجيل الاول مثل Penicillin، Ampicillin، Amoxicillin، Cephalexin، Ampiclox، Chloramphenicol Erythromycin، Gentamicin، Tetracycline و Metronidazole [135,134] . يتعرّض علاج الأشخاص المصابين في العديد الدول الفقيرة إلى تحدي إضافي بسبب حقيقة أن التكلفة الباهظة لمضادات الجراثيم الحديثة من الجيل الثاني مثل Amoxicillin / Clavulanic acid، Cefuroxime، Ceftriaxone، Ofloxacin، Ciprofloxacin، Azithromycin ، Amikacin وغيرها، عندما تكون متاحة فهي ليست في متناول غالبية المرضى [136] . وتشمل التحديات الأخرى استخدام جرعات علاجية (بشكل رئيسي عن طريق وصفة طبية غير ملائمة أو عدم امتثال المريض) مما يخلق حالة يتم فيها اختيار

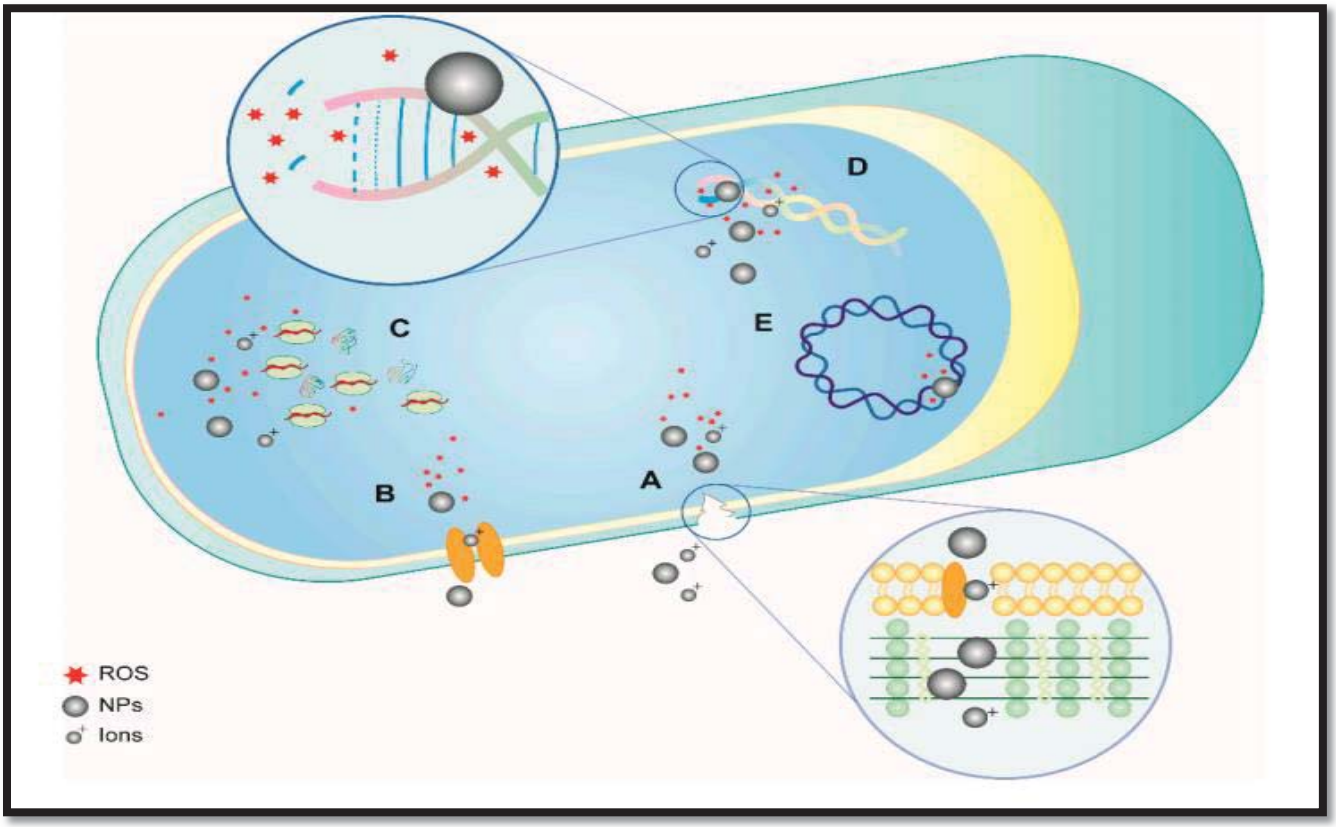
سلالات عالية المقاومة بالتتابع وتوريد أدوية ذات نوعية رديئة (دون المستوى) لا يعلم بها الواصف ولا المريض أنه يوفر ضغط انتقائي دون قتل البكتيريا. وتشمل المشاكل الأخرى الظروف التي يصنعها الإنسان (البيئات الدافئة والرطبة وغير الصحية) التي لا تؤدي إلى انتشار العوامل الممرضة فحسب ، بل إنها مفيدة أيضًا للكائنات المقاومة التي تحمل جينات مقاومةً [137] . والعامل الآخر هو التخزين الضعيف الذي يؤدي إلى تدهور الادوية عن طريق الحرارة و الرطوبة أثناء عملية التوزيع. بالإضافة إلى ذلك ، نقص الموارد اللازمة للسيطرة الفعالة على العدوى في العديد من مراكز الرعاية الصحية التي تغذي الأوبئة في المستشفيات للكائنات المقاومة مثل المكورات العنقودية (*Staphylococcus aureus*) المقاومة للميثيسيلين والسلالات المقاومة للفانكوميسين وغيرها. إن سوء استخدام الإنسان للمضادات الحيوية قد وضع بشكل واضح ضغطًا انتقائيًا غير طبيعي على البكتيريا ، مما أدى إلى تسريع عملية التطور على حساب الجميع ولمعالجة هذه المشكلة من الواضح أن تطوير المضادات الحيوية بشكل أسرع والاستخدام الأكثر مسؤولية للمضادات الحيوية الحالية أمران ضروريان [138].

1-1 الية عمل الأكاسيد النانوية كمضادات للأحياء المجهرية

mechanism of oxides nanoparticles as antibacterial activity

استخدمت الأكاسيد النانوية المعروفة في تأثيرها كمضادات للميكروبات على نطاق واسع في العديد من الظروف السريرية والصناعية [139]. هناك عدة عوامل يمكن أن تحفز وتعزز فعالية الأكاسيد النانوية كمضادات للميكروبات مثل الحجم، الشكل، الاستقرارية، القوى الكهروستاتيكية والتركيز. ان انخفاض حجم المواد النانوية لا يزيد من ثباتتيها فحسب بل يزيد أيضًا من نسبة السطح الى الحجم مما يمنحها قدرة أعلى على التفاعل مع غشاء الخلية وبالتالي لديها إمكانات أعلى لمضادات الميكروبات [141,140] ممكن ايضا بسبب الدور الرئيسي الذي تلعبه القوى الكهروستاتيكية التي توجه جاذبية البكتيريا والمواد النانوية وذلك لان معظم البكتيريا لها جدار خلية سالبة الشحنة تجذب جزيئات موجبة الشحنة ، يمكن للأيونات الموجبة الشحنة أن تدخل للكائنات الحية الدقيقة بسهولة وتتلف هياكلها الداخلية عن طريق ربط البروتينات سالبة الشحنة والأحماض النووية [142]. يعتمد التأثير المضاد الجراثيم للمواد النانوية على التركيز ايضا والذي يمكن أن يختلف بناء على حساسية البكتيريا المتباينة اعتمادًا على نوع الكائن المجهري المستهدف. تتعاون جميع المتغيرات المذكورة لإعطاء مواد نانوية ذات تأثيرًا مضادًا للميكروبات يزداد بإطلاق الأيونات [143]. ومع ذلك فإن أنواع الأوكسجين التفاعلية Reactive oxygen species (ROS) للمواد النانوية تلعب دورا

حاسمًا في تأثير المضاد للجراثيم يؤدي الى انتاج جذور حرة والتغيير على المستويات البروتينية والإنزيمية وأيضًا تحطيم الاحماض النووية RNA و DNA كما مبين في الشكل (24-1) هذه الفعاليات السامة للخلايا هي سلاح فعال ضد جميع انواع الكائنات الحية الدقيقة وكذلك خلايا حقيقية النواة مما يثير العديد من المخاوف المتعلقة بملائمة الانظمة الحيوية مع المواد النانوية. في الواقع حتى لو كانت خلايا الكائنات الحية الدقيقة قادرة على الحد من الأضرار التي لحقت بالجذور الحرة عندما يتجاوز إنتاج ROS هذه القدرة ، فإنه يؤدي إلى الإجهاد التأكسدي ، والالتهابات ، والتي لا يمكن إصلاحها الأضرار التي لحقت الأغشية والبروتينات والحمض النووي ، وبالتالي لتجنب أي آثار خطيرة على خلايا حقيقية النواة من المهم احترام نافذة التركيز التي تنظم استخدام المواد النانوية من أجل قتل الكائنات الحية الدقيقة دون آثار ضارة على الخلايا الاخرى [144].



الشكل (24-1) تمثيل تخطيطي لتفاعل البكتيريا بعد التعرض لأنواع الأكسجين التفاعلية الناتجة عن الجسيمات النانوية والأيونات.

13.1 أهداف البحث

لقد بيَّنت الدراسات الحديثة الأهمية البالغة للأكاسيد النانوية في الكثير من المجالات الطبية، الصناعية، الزراعية والكيميائية. لذا يمكن إيجاز أهداف البحث بما يأتي:-

1. تحضير اربع اكاسيد فلزية نانوية متسلسلة (CoO , NiO, CuO, ZnO)من السلسلة الانتقالية الاولى (3d) للعناصر $^{58.9}_{27}Co$، $^{58.7}_{28}Ni$ ، $^{63.5}_{29}Cu$،$^{65.4}_{30}Zn$ بواسطة طريقة الترسيب المشترك .
2. تشخيص الاكاسيد الفلزية النانوية المحضرة بطرق كيميائية وفيزيائية مختلفة وهي (FTIR, Raman ,XRD, EDX, SEM, AFM).
3. دراسة الفعالية البايولوجية للأكاسيد الفلزية النانوية على نوعين من البكتريا المقاومة للمضادات الحيوية Staphylococcus aureus (G+), Escherichia coli (G-) من خلال اضافة خمسة تراكيز (500,400,300,200,100) ميكروغرام /مليلتر وباستخدام طريقة Micro-dilution broth وباستعمال جهاز Absorbance Microplate Reader.
4. دراسة تأثير استخدام مواد مثبتة للسطح (PVP) على CuO ودراسة تأثير حالات الاكسدة المختلفة على الفعالية البايولوجية.
5. دراسة تأثير اضافة مزيج من الاكاسيد النانوية و المضادات الحيوية على نوعين من البكتريا المقاومة للمضادات الحيوية Staphylococcus aureus (G+), Escherichia coli (G-) وبثلاث نسب (1:3)، (1:1) و(3:1).