

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة قاصدي مرباح ورقلة



كلية الرياضيات وعلوم المادة

قسم الكيمياء

مذكرة تخرج لنيل شهادة الماستر

تخصص: كيمياء تحليلية

إعداد:

علي سعاد دندوقي خالد شادي حنان

دراسة حول خصائص وتطبيقات جسيمات النحاس النانوية

نوقشت يوم: 2022/05/23

أمام لجنة المناقشة المكونة من:

- |                       |                 |                         |             |
|-----------------------|-----------------|-------------------------|-------------|
| د. بالفار محمد الاخضر | أستاذ محاضر (أ) | جامعة قاصدي مرباح ورقلة | رئيسا       |
| د. زروقي حياة         | أستاذ محاضر (أ) | جامعة قاصدي مرباح ورقلة | مناقشا      |
| د. الدراجي هادف       | أستاذ محاضر (أ) | جامعة قاصدي مرباح ورقلة | مشرفا       |
| د. مسعودي عبد الجبار  | أستاذ مساعد (ب) | جامعة قاصدي مرباح ورقلة | مساعد مشرفا |

السنة الجامعية 2022/2021

## شكر وتقدير

أول من يذكر ويحمد أثناء الليل وأطراف النهار العلي القهار الأول والآخر الظاهر والباطن الذي أغرقنا بنعمه التي لا تعد ولا تحصى وأنار دروبنا والحمد لله الذي ألهمنا الصبر ووقفنا في عملنا هذا.

نتقدم بخالص الشكر والتقدير والاحترام إلى أستاذنا ودكتورنا العالي **الدراجي هادف** الذي كان عوناً لنا وساعدنا في مسيرتنا طيلة هذا المشوار. كما نرفع كلمة الشكر والثناء إلى أستاذنا العزيز **مسعودي عبد الجبار** الذي لم يبخل علينا بكل ما لديه من معلومات ومراجع وعلى كل ما قدمه من نصائح طيلة إنجاز هذه المذكرة. ولا ننسى أن نوجه الشكر والتقدير إلى أستاذتنا الفاضلة **زروقي حياة** وأستاذنا الفاضل **بالفار محمد الأخضر** اللذان كانا عوناً لنا ورافقانا طيلة هذه السنوات الجامعية.

نتوجه بالشكر الجزيل إلى الدكتور **بالفار محمد الأخضر** على قبوله رئاسة لجنة المناقشة كما نشكر الدكتورة **زروقي حياة** قبولها المشاركة في لجنة المناقشة.

كما لا ننسى كل من مدانا يد العون من قريب أو بعيد ونشكر كل أساتذة وعمال قسم الكيمياء، ونخص بالذكر كل زملائنا في نادي الجوهرة للكيمياء من طلبة وأساتذة ورؤيس الأنشطة السابق **حكوم مختار**.

وفي الأخير لا يسعنا إلا ان ندعو الله عز وجل أن يرزقنا السداد والرشاد وأن يجعلنا هداة ومهتدين.

## الإهداء

نحمد الله عز وجل الذي وفقنا في اتمام هذا البحث العلمي والذي ألهمنا الصحة والعافية والعزيمة،  
فالحمد لله حمدا كثيرا.

أهدي ثمرة جهدي هذا إلي أعز وأغلى إنسانة في حياتي، التي أنارت دربي بنصائحها، وكانت بحرا  
يجري بفيض الحب والبسمة، إلى من زينت حياتي بضيء البدر وشموع الفرح، إلي من منحتني القوة والعزيمة  
لمواصلة الدرب وكانت سببا في مواصلة دراستي، إلى من علمتني الصبر والإجتهد، إلي الغالية علي قلبي  
أمي.

إلى من حبهم يجري في عروقي وينهج بذكراهم فؤادي أخي الغالي أمين وسندي في الحياة وأختي  
الغالية مريم.

إلى كل العائلة الكريمة من أحوال وأعمام وزوجاتهم وأولادهم وخالتي وأولادها وإلي روح جدي الطاهرة  
وإلي جدي الغالي حفظه الله وأطال عمره وجدتي الغالية.

إلى من سرنا سويا ونحن نشق الطريق معا نحو النجاح والإبداع، إلى من تكاتفنا يد بيد ونحن  
نقطف زهرة تعلمنا حنان وخالد .

إلى كل صديقاتي في الإقامة الجامعية وفي قسم الكيمياء كل باسمه وزملائي في نادي الجوهرة في  
الكيمياء، إلى كل من أحمل لهم الحب والتقدير وإلي كل من أعرفهم من قريب أو بعيد رعاهم الله ووفقهم.

## الإهداء

أحمدك ربي حمدا يليق بجلال وجهك وعظيم سلطانك

انه لا يسعني في هذا المقام أن أهدي ثمرة جهدي إلى ولدي الكريمان فظهما الله

إلى التي حملتني وهنا على وهن، حملتني ولم تمل وتتعب لأرتاح وخرجت إلى الدنيا فباعتها  
لتصونني، إلى التي أشرقت شمسي وترعرعت أغصاني في حضنها، وأشرقت الحياة في دماؤها المثالية، نبع  
الحنان والحب، فيض البذل والعطاء، إلى من تملك دمعين دمة لفرحي ونجاحي ودمة لحزني وآلامي  
...إلى أعلى من كل غالي...أمي

إلى من ضحى بالنفس والنفيس يشق ستار الليل يصارع حرارة وشرارة الشمس ليقطف منها شعلة  
لينير بها دربي، إلى من ضحى ليكون لي العلم منها عزيزا، إلى الذي أستمد من نظراته شامتي ورجولتي...  
إلى أعز من كل عزيز...أبي

إلى من حلما بهذا اليوم أكثر مني...أبي وأمي

أهدي عملي هذا إلى اخوتي وأخواتي الاعزاء

وإلى كل أقاربي وأصدقائي التي لم يذكرهم قلمي وذكرهم لساني

## الإهداء

الحمد لله وكفى والصلاة وعلى الحبيب المصطفى وأهله ومن كفى أما بعد:

الحمد لله الذي وفقنا لتتمين هاته الخطوة في مسيرتنا الدراسية بمذكرتنا هذه ثمرة الجهد والنجاح بفضلته تعالى.

إلى ملاكي في الحياة إلى معنى الحنان والتقاني إلى بسمة الحياة وسر الوجود إلي من كان دعائها سر النجاح إلى أمي الحبيبة وردة.

إلى من سعى وشقى لأنعم بالراحة والهناء الذي لم يبخل بشيء من أجل دفعي في طريق النجاح الذي علمنا أن أرتقي سلم الحياة بحكمة وصبر إلي أبي العزيز الغالي إبراهيم.

إلى كل عائلتي الكريمة التي ساندتني ولا تزال إلي من حبهم يجري في عروقي إلي إخوتي الأعمام كل بإسمه.

إلى صديقنا المشوار والعمل اللذان قسمانني لحظته رعاهم الله ووفقهما سعاد وخالد.

إلى كل صديقاتي في قسم الكيمياء دفعة 2022 كل بإسمه وفقهم الله .

إلى كل من وسعه قلبي ولم يذكره لساني ولم تسعه أسطر عباراتي إليكم جميعا أهدي عملي.

## الفهرس

شكر وتقدير

الاهداء

قائمة الجداول

قائمة الاشكال

1	.....المقدمة
3	.....الفصل الاول: عموميات حول الجسيمات النانوية
3	.....1.I. مقدمة
3	.....2.I. المقصود بالنانو
4	.....3.I. علم النانو
4	.....4.I. تقنية النانو
4	.....1.4.I. مبادئ تقنية النانو
5	.....5.I. المواد النانوية
5	.....6.I. الجسيمات النانوية
6	.....1.6.I. تصنيف الجسيمات النانوية
6	.....1.1.6.I. جسيمات نانوية عضوية
6	.....2.1.6.I. جسيمات نانوية غير عضوية
7	.....3.1.6.I. جسيمات نانوية كربونية
8	.....7.I. طرق تخليق الجسيمات النانوية
9	.....1.7.I. تقنية الهبوط من أعلى الى أسفل (Top-down Approach)
11	.....2.7.I. تقنية الصعود من أسفل الى أعلى (Bottom-up Approach)
15	.....8.I. الخصائص الفيزيوكيميائية للجسيمات النانوية
15	.....9.I. تشخيص وتوصيف الجسيمات النانوية
20	.....مراجع
24	.....الفصل الثاني: جسيمات النحاس النانوية
24	.....1.II. مقدمة
24	.....2.II. الجسيمات النانوية المعدنية
24	.....3.II. جسيمات النحاس النانوية
25	.....4.II. التصنيع الاخضر لجسيمات النحاس النانوية
25	.....1.4.II. تحضير المستخلصات النباتية
26	.....2.4.II. تحضير جسيمات النحاس النانوية
26	.....5.II. تشخيص جسيمات النحاس النانوية
27	.....1.5.II. مطيافية الأشعة المرئية وفوق البنفسجية
27	.....2.5.II. مطيافية الأشعة السينية

28	..... 3.5.II مطيافية الأشعة تحت الحمراء
28	..... 4.5.II الأشعة السينية
29	..... 6.II خصائص جسيمات النحاس النانوية
29	..... 7.II تطبيقات جسيمات النحاس النانوية
30	..... مراجع
33	..... الفصل الثاني: دراسة سابقة للتصنيع الأخضر لجسيمات النحاس النانوية
33	..... 1.III مقدمة
33	..... 2.III نبذة عن المقال
34	..... 3.III تحضير المستخلص النباتي
34	..... 4.III التحضير الأخضر لجسيمات النحاس النانوية
34	..... 5.III تشخيص جسيمات النحاس النانوية
35	..... 6.III الفعالية المضادة للبكتيريا لجسيمات النحاس النانوية
35	..... 7.III الفعالية المضادة للأكسدة لجسيمات النحاس النانوية
35	..... 8.III النتائج
35	..... 1.8.III تحليل الأشعة فوق البنفسجية المرئية
36	..... 2.8.III مورفولوجيا جسيمات النحاس النانوية المصنعة
38	..... 3.8.III الفعالية المضادة للبكتيريا
39	..... 4.8.III الفعالية المضادة للأكسدة
41	..... مراجع
43	..... خاتمة

ملخص

## قائمة الجداول

14	.....فئات الجسيمات النانوية المصنعة من الطرق المختلفة.....	الجدول 1.I
16	.....طرق توصيف الجسيمات النانوية في الحالة الصلبة، السائلة والغازية.....	الجدول 2.I
25	.....بعض أمثلة استخدام مواد بيولوجية في تخليق جسيمات النحاس النانوية.....	الجدول 1.II
39	<i>Cissus arnotiana</i> .....النشاط المضاد للبكتيريا لجسيمات النحاس النانوية المصنعة باستخدام مستخلص <i>Cissus</i> .....	الجدول 1.III
40	.....النشاط المضاد للأكسدة لـ CuNPs المصنعة باستخدام <i>Cissus arnotiana</i> مقارنة بحمض الأسكوربيك.....	الشكل 2.III



## قائمة الاشكال

3	..... مقياس النانو من المتر إلى النانومتر	الشكل 1.I
5	..... تصنيف المواد النانوية	الشكل 2.I
5	..... أحجام الهياكل الكيميائية والبيولوجية في مقياس النانو	الشكل 3.I
6	..... مثال لبوليمر عضوي	الشكل 4.I
7	..... مثال لجسيمات نانوية غير عضوية لمعدن الذهب وأكسيد الحديد	الشكل 5.I
7	..... جسيمات نانوية كربونية	الشكل 6.I
9	..... طرق تخليق الجسيمات النانوية	الشكل 7.I
9	..... رسم تخطيطي لحركة الكرة وخليط المسحوق في تقنية الطحن الميكانيكي	الشكل 8.I
10	..... رسم تخطيطي للطباعة الحجرية النانوية بقلم الغمس	الشكل 9.I
10	..... رسم تخطيطي لتصنيع الجسيمات النانوية عن طريق الليزر	الشكل 10.I
11	..... رسم تخطيطي لتصنيع الجسيمات النانوية عن طريق الرش من مصدر غازي	الشكل 11.I
11	..... رسم تخطيطي لتصنيع الجسيمات النانوية عن طريق التحليل الحراري	الشكل 12.I
12	..... رسم تخطيطي لتصنيع الجسيمات النانوية عن طريق تقنية صول-جل	الشكل 13.I
12	..... رسم تخطيطي لمفاعل قرص دوار الخاص بتصنيع الجسيمات النانوية	الشكل 14.I
13	..... رسم تخطيطي لتقنية الترسيب الكيميائي للبخار الخاص بتصنيع الجسيمات النانوية	الشكل 15.I
13	..... رسم تخطيطي لتقنية التحلل الحراري الخاص بتصنيع الجسيمات النانوية	الشكل 16.I
14	..... رسم تخطيطي لتقنية التحليق الحيوي الخاص بتصنيع الجسيمات النانوية	الشكل 17.I
15	..... تشخيص الجسيمات النانوية	الشكل 18.I
26	..... مثال توضيحي لطريقة تصنيع الجسيمات النحاس النانوية	الشكل 1.II
27	..... مثال لطيف امتصاص جسيمات النحاس النانوية بدلالة زمن التفاعل	الشكل 2.II
27	..... مثال لتحليل حيود الأشعة السينية لجسيمات النحاس النانوية	الشكل 3.II
28	..... مثال للأشعة تحت الحمراء لجسيمات النحاس النانوية	الشكل 4.II
28	..... مثال للأشعة تحت الحمراء لجسيمات النحاس النانوية	الشكل 5.II
33	..... صورة ملتقطة من المقال المدروس	الشكل 1.III
36	..... طيف الأشعة فوق البنفسجية-المرئية لجسيمات النحاس النانوية المصنعة باستخدام مستخلص <i>Cissus arnotiana</i>	الشكل 2.III
37	..... تشخيص جسيمات النحاس النانوية المصنعة باستخدام مستخلص <i>Cissus arnotiana</i>	الشكل 3.III
38	..... منطقة التثبيط ضد بكتيريا لجسيمات النحاس النانوية المصنعة باستخدام مستخلص <i>Cissus arnotian</i>	الشكل 4.III
40	..... النشاط المضاد للأكسدة لجسيمات النحاس النانوية المصنعة باستخدام <i>Cissus arnotiana</i> مقارنة بحمض الأسكوربيك	الشكل 5.III



لا شك أن الكثير في مجتمعنا قد مر على مسامعه مصطلح النانو والجسيمات النانوية، أو لديه فكرة مبسطة على طبيعتها، وهو ما جعلها محط الأنظار في السنوات الماضية وتكريس الكثير من الدراسات لدراسة خصائصها، تصنيعها وتطبيقاتها. حيث أشار التوجه العلمي الى أن تحليل وتعميم هذه المعرفة الناجحة للمنتجات الصناعية النانوية والسعي في التقدم في هذا الاتجاه سيساعد في حل العديد من المشكلات التي تواجه البشرية الآن وفي المستقبل.

يمكن أن تكون تقنية النانو والمنسوبة حصرا الى وحدة النانو متر، وفقاً للعديد من الأبحاث الحديثة، عنصراً لعصر صناعي جديد: عصر التقنيات الصغيرة. إنها تشكل مجالاً للبحث والتطوير التكنولوجي الذي يشمل تصنيع الهياكل، الأجهزة والأنظمة من كائنات بحجم نانومتر أو جسيمات نانوية. قد يكون استخدام مصطلح "تكنولوجيا أو تقنية النانو" مضللاً لأنه ليس تقنية أو تخصصاً علمياً واحداً، فبدلاً من ذلك، فهو عبارة عن مجموعة متعددة التخصصات، المواد والتطبيقات والمفاهيم الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية والتقنية والإلكترونية التي تتمثل خصائصها الرئيسية وترتبط ارتباطاً وثيقاً بالحجم متناهي الصغر.

يرجع الاهتمام بالنظم النانومترية أساساً إلى خواصها الاستثنائية، مقارنة بالجسيمات الأكبر حجماً. هذه الخصائص تجعل المواد النانوية موضوعاً متنامياً ذا أهمية أساسية وعملية، ونظراً لأبعادها وأشكالها المشابهة للعديد من الهياكل البيولوجية فقد تم تغلغلها في العديد من التطبيقات والمجالات الحيوية كالاختبارات التشخيصية والكشف المبكر عن الامراض وإيصال الدواء لأماكن محددة من الجسم.

تستخدم عمليات فيزيائية وكيميائية مختلفة على نطاق واسع لتصنيع الجسيمات النانوية المعدنية. ومع ذلك، فإن طرق الإنتاج هذه مكلفة بشكل عام، وتتطلب عمالة كثيفة، ومن المحتمل أن تكون خطيرة على البيئة والكائنات الحية. وهو ما حفز جهوداً كبيرة لتطوير

استراتيجيات جديدة فعالة من حيث التكلفة وفي نفس الوقت آمنة وصديقة للبيئة لإنتاج جسيمات نانوية بخصائص مرغوبة.

قد يكون التخليق الأخضر أو "التخليق الحيوي" الطريق الآمن لإنتاج مستدام للجسيمات النانوية وقد أثبت أنه من أفضل الطرق بسبب حركته البطيئة، وسهولة التعامل والتحكم في نمو البلورات وذلك من أجل استقرار أمثل للجسيمات النانوية. وتستخدم هذه الطريقة العديد من الموارد البيئية مثل المستخلصات النباتية. ولقد اكتسب استخدام هاته الأخيرة أهمية كبيرة بفضل تحسين الخواص الكيميائية والفيزيائية والبيولوجية للجزيئات التي يتم تصنيعها بهذه الطريقة وهو ما عمل على تحسين الخصائص وتوسيع مجال التطبيقات مقارنة بالمستخلصات النباتية في حد ذاتها.

من بين العديد من الجسيمات النانوية المعدنية، اكتسبت جسيمات النحاس مكانة بارزة نظرًا لخصائصها المميزة وتوافرها على المعادن الأخرى مثل الفضة والذهب.

يهدف العمل الحالي إلى التعرف على عموميات حول النانو وتقنيته والجسيمات النانوية وإعطاء لمحة عن طرق تصنيعها وتشخيصها وكذا تطبيقاتها، وأيضًا تم التطرق إلى جسيمات النحاس النانوية وفعاليتها وطرق تخليقها، وفي الأخير كمثال عن هاته الأخيرة تمت دراسة مقال يتحدث عن تصنيعها بطريقة التصنيع الأخضر والتعرف تشخيصها وتطبيقاتها.

تمحورت دراستنا حول ثلاثة فصول:

- الفصل الأول يشمل عموميات حول المواد والجسيمات النانوية يضم تعريفها، تقنياتها، مبادئها، خصائصها وكذلك طرق تخليقها.

- الفصل الثاني يتطرق إلى جسيمات النحاس النانوية والتعرف على طرق تصنيعها وتشخيصها.

- الفصل الثالث يمثل دراسة تحليل لمقال علمي حول التصنيع الأخضر لجسيمات النحاس النانوية.

الفصل الأول

عموميات حول

الجسيمات النانوية

## الفصل الاول: عموميات حول الجسيمات النانوية

### 1.I. مقدمة

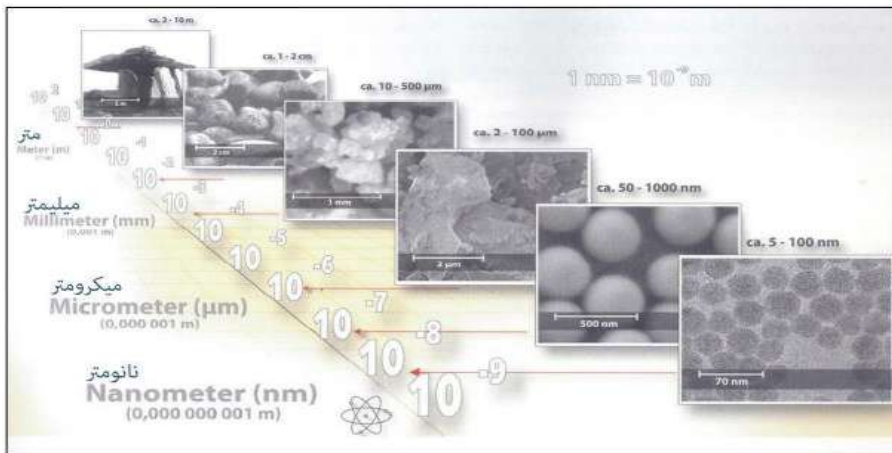
يمثل علم النانو وتقنياته اليوم مجالاً لأكثر الأبحاث الواعدة في علوم المادة، فلقد أحدث هذا الاول ثورة علمية مذهلة جاذبة للاهتمام، ثورة جعلتنا نغوص في عالم النانو بعيدا عن عالم الذرات، الجزيئات وعالم الماكرو.

نظراً للخصائص الفيزيائية والكيميائية المميز والفريدة من نوعها لها ته الجسيمات متناهية الصغر والتي جعلتها في حيز الابحاث والتطوير في استراتيجيات تركيبها وكذا تطبيقها في العديد من مجالات الحياة تبعا لحجمها، شكلها وفعاليتها مقارنة بالمواد الأخرى الغير نانوية.

### 2.I. المقصود بالنانو

يقصد بالنانو الشيء الصغير جدا او الدقيق بحجمه (متناهي الصغر)، ظهرت كلمة نانو "Nano" في العصر اليوناني، وهي مشتقة من كلمة نانوس "Nanos" وتعني بالانجليزية "dwarf" أي القزم وفي مجال العلوم يعني النانو جزءا من المليار من المتر وبلغة الأرقام ( $10^{-9}$  م) [1].

يستخدم مصطلح النانو حاليا من أجل الدلالة على اختصاصات تقنية التي غالبا ما تكون في كيمياء السطوح أو صناعة شبه الموصلات، أما وحدة النانومتر فتستخدم لوصف أطوال الموجة وكذلك في قياس الجزيئات والإلكترونات في النواة الصغيرة جدا، ويوضح الشكل (1.I) مقياس النانو من المتر الى النانو متر [2].



الشكل 1.I: مقياس النانو من المتر إلى النانومتر [2]

### 3.I. علم النانو

هو العلم الذي يدرس ويهتم بالتعامل مع المواد على مستواها الذري والجزيئي التي لا يتجاوز قياسها 100 نانومتر، ويعمل على تصنيف الجزيئات والذرات ودراسة خصائصها المميزة، ودراسة الظواهر المرتبطة في تصغير حجمها بهدف تفسيرها، وهو ما يكشف أسرار المواد وتفاعلاتها وسبب امتالكها لخصائص ومواصفات مختلفة عن تلك السائدة على نطاق أوسع [3].

### 4.I. تقنية النانو

هي التقنية التي تعطينا القدرة على التحكم المباشر في المواد، ويعتمد مفهومها أيضا الجسيمات التي يقل حجمها عن 100 نانومتر التي تعطى للمادة خصائص وسلوكيات جديدة، وذلك بتصنيعها، مراقبتها، قياسها، ودراسة خصائصها [4].

أو هي تطبيق لمختلف العلوم الاحيائية، والحيوية، الصيدلانية، الكيميائية، الطبية، الكيميائية والهندسية، وتسخيرها لتصميم وصناعة أدوات ومعدات في مقياس لا يتجاوز 100 نانومتر عبر تجميع المكونات الأساسية (ذرات) للمواد، وحيث إن كل المواد مكونة من ذرات مترابطة وفق ترتيب معين، فإن استبدال ذرة عنصر بذرة عنصر آخر تنتج مواد أخرى مختلفة [5].

### 1.4.I. مبادئ تقنية النانو

هناك العديد من المبادئ التي تميز تقنية النانو عن التقنيات المعروفة لدينا وهو ما جعلها سببا لاهتمام العلماء بالوصول إلى هذا الحجم النانوي، نذكر منها [4]:

- امكانية التحكم بتحريك الذرات منفرد بدقة واعادة ترتيبها مما يتيح بناء أي مادة لأن الذرة هي وحدة البناء لكل المواد وهو ما يجعل خصائصها أفضل.

- الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمادة عند مقياس النانو متر تختلف عن خصائص نفس المادة عند مقياسها الطبيعي وهو ما جعل منها محل استفادة في الكثير من المجالات التطبيقية.

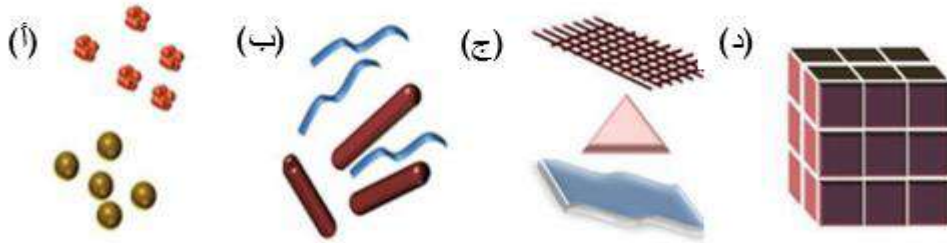
- تعتمد تقنية النانو على مبادئ الفيزياء والكيمياء والاحياء وغيرها وبالتالي ربط العلوم ببعضها.

## الفصل الاول: عموميات حول الجسيمات النانوية

### 5.I. المواد النانوية

هي عبارة عن مواد صغيرة جدا التي يتم تحضيرها مخبريا أو تلك المتواجدة في الطبيعة والتي تتراوح مقاييس أبعاد حبيباتها الداخلية بين 1 و100 نانومتر، أحجام ومقاييس هاته المواد جعلتها تسلك سلوكيات مغايرة للمواد التقليدية كبيرة الحجم التي تزيد أبعادها عن 100 نانو، مما أكسبها صفات وخصال شديدة التميز لا توجد في المواد التقليدية [6].

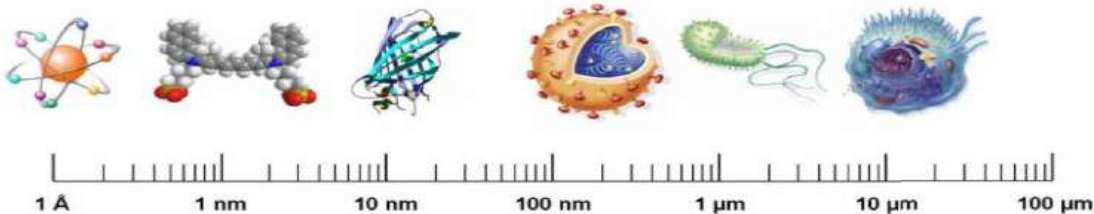
تصنف المواد النانوية بحسب أبعادها الى أربعة أصناف وهي: صفرية الابعاد، بعد واحد، بعدين وثلاثية أبعاد [7]. الشكل (2.I) يوضح أهم التصنيفات للمواد النانوية.



الشكل 2.I: تصنيف المواد النانوية. (أ) صفرية الابعاد، (ب) بعد واحد، (ج) بعدين و(د) ثلاثية الابعاد [7]

### 6.I. الجسيمات النانوية

عبارة عن تجمع ذري أو جزيئي يتراوح عددها من بضع ذرات أو جزيئات إلى بضعة آلاف، تشكل بعدا واحدا على الأقل بين 1 و100 نانومتر. هذا التعريف يستبعد بالتالي الكائنات التي يتراوح أصغر أبعادها بين 100 و1000 نانومتر. هاته الجسيمات، على الرغم من حجمها النانومتري، يشار إليها على أنها ميكرومترية. وهي بشكل أساسي في نطاق الحجم المقابل للبروتينات [3] (الشكل 3.I).



الشكل 3.I: أحجام الهياكل الكيميائية والبيولوجية في مقياس النانو [8]

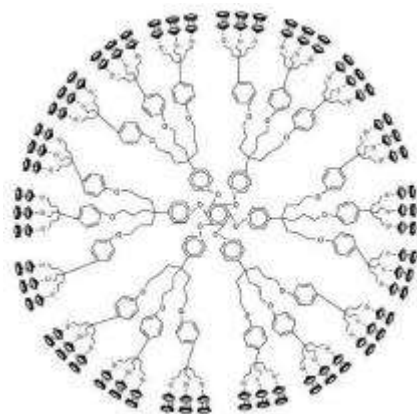


### 1.6.I. تصنيف الجسيمات النانوية

تصنف الجسيمات النانوية حسب تركيبها الكيميائي إلى ثلاث فئات: جسيمات نانوية عضوية وجسيمات النانوية غير عضوية وجسيمات نانوية أساسها الكربون.

#### 1.1.6.I. جسيمات نانوية عضوية

يمكن تحضير العديد من الجسيمات النانوية العضوية أو كما تعرف بالبوليمرات الشائعة كالأسلاك النانوية. كما تم تصنيع هياكل جديدة التي تمثل فئة جديدة من البوليمرات ذات الهيكل المتحكم به والأبعاد النانومترية. هذه الجسيمات قابلة للتحلل، غير سامة، حساسة للإشعاع الحراري والكهرومغناطيسي مثل الحرارة والضوء [9].



الشكل 4.I: مثال لبوليمر عضوي [9]

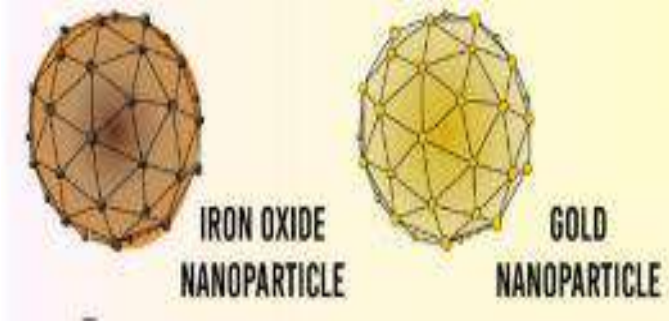
#### 2.1.6.I. جسيمات نانوية غير عضوية

هي جسيمات تخلو تماما من الكربون. يتم تصنيف الجسيمات النانوية انطلاقا من المعادن وأكاسيد المعادن التي صنعت منها.

- انطلاقا من المعادن: الجسيمات النانوية التي يتم تصنيعها من المعادن إما عن طريق طرق مدمرة أو بناءة [10]. تُستخدم الجسيمات النانوية المعدنية (الذهب، النحاس، السيليكون، الحديد، الفضة. إلخ) على نطاق واسع نظرا لخصائصها العديدة كطبيعة السطح، حجم المسام، الهياكل البلورية وغير المتبلورة، الأشكال الكروية والأسطوانية، الألوان، والاستجابة والحساسية للعوامل البيئية [11].

## الفصل الاول: عموميات حول الجسيمات النانوية

- انطلاقاً من أكاسيد المعادن: يتم تصنيع الجسيمات النانوية القائمة على أكسيد المعدن لتعديل خصائص الجسيمات النانوية ذات الأساس المعدني الخاصة بكل منها، على سبيل المثال، تتأكسد الجسيمات النانوية من الحديد (Fe) على الفور إلى أكسيد الحديد ( $Fe_2O_3$ ) في وجود الأوكسجين في درجة حرارة الغرفة التي تزيد من تفاعلها مقارنة بجزيئات الحديد النانوية. يتم تصنيع الجسيمات النانوية لأكاسيد المعادن بشكل أساسي بسبب زيادة تفاعلها وكفاءتها وخصائصها الاستثنائية [12].



الشكل 5.I: مثال لجسيمات نانوية غير عضوية لمعدن الذهب وأكسيد الحديد [13]

### 3.1.6.I جسيمات نانوية كربونية

تُعرف الجسيمات النانوية المكونة بالكامل من الكربون بأنها ذات أساس كربوني [14]. يمكن تصنيفها إلى الفوليرينات، والجرافين، وأنابيب الكربون النانوية، وألياف الكربون النانوية وأسود الكربون وأحياناً الكربون المنشط بحجم النانو، وهي معروضة في الشكل (6.I).

- الفوليرينات ( $C_{60}$ ): هو جزيء كربون كروي الشكل يحتوي على 60 ذرة كربون متماسكة معاً، تشبه كرة القدم مع 12 شكلاً خماسياً و 20 شكلاً سداسياً. تشكل حوالي 28 إلى 1500 ذرة كربون بنية كروية بأقطار تصل إلى 8.2 نانومتر [15].

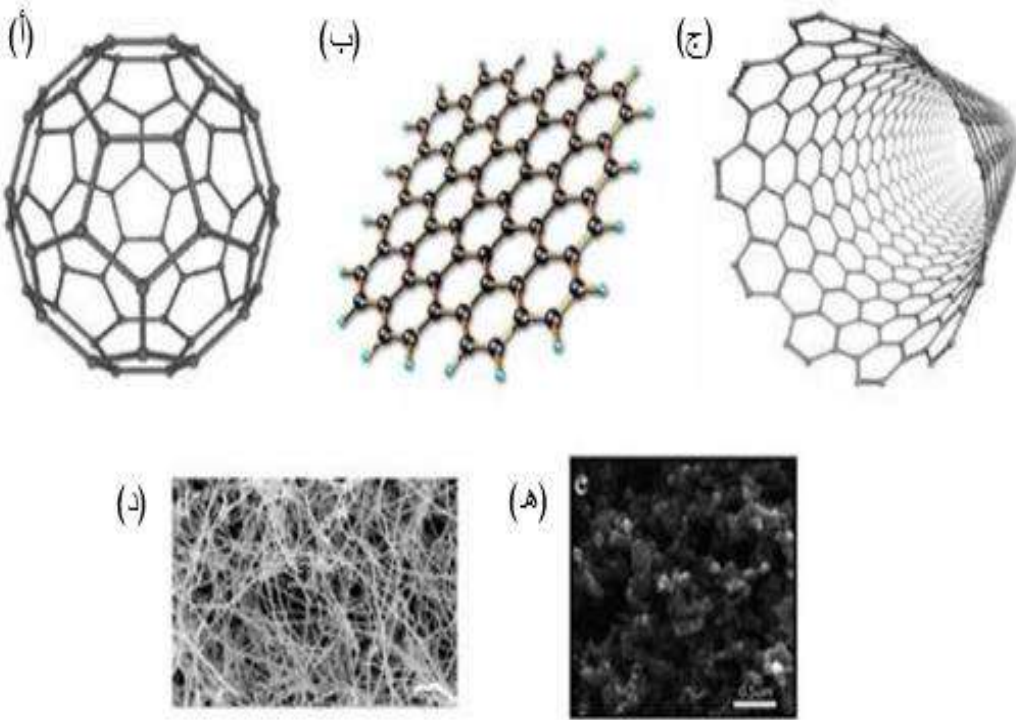
- الجرافين: عبارة عن شبكة شعيرية سداسية الشكل على شكل قرص العسل تتكون من ذرات الكربون في سطح مستو ثنائي الأبعاد. عموماً، يبلغ سمك لوح الجرافين حوالي 1 نانومتر [16].

- الأنابيب النانوية الكربونية: هي شكل بلوري جديد من الكربون. وهي عبارة عن جرافين نانوي مع شبكة قرص العسل من ذرات الكربون في أسطوانات مجوفة لتشكل أنابيب نانوية بأقطار منخفضة تصل إلى 0.7 نانومتر لطبقة واحدة. ويمكن فتح أو إغلاق كل طرف بنصف جزيء من الفوليرين [17].

## الفصل الاول: عموميات حول الجسيمات النانوية

- ألياف الكربون النانوية: تُستخدم نفس صفائح الجرافين النانوية لإنتاج ألياف الكربون النانوية، ولكن يتم لفها في شكل مخروط أو كوب بدلاً من الأنابيب الأسطوانية العادية [3].

- أسود الكربون: مادة غير متبلورة تتكون من الكربون، بشكل عام كروية الشكل بأقطار من 20 إلى 70 نانومتر. يكون التفاعل بين الجسيمات مرتفعاً جداً لدرجة أنها ترتبط في مجاميع وتتكون حوالي 500 نانومتر من التكتلات [9].

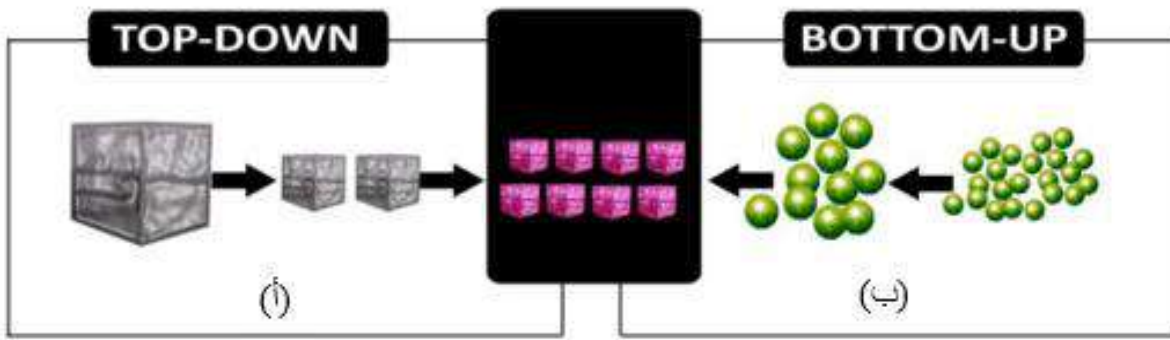


الشكل 6.I: جسيمات نانوية كربونية (أ) الفوليرينات (ب) الجرافين (ج) الانابيب النانوية الكربونية (د) ألياف الكربون النانوية (هـ) أسود الكربون [9]

### 7.I طرق تخليق الجسيمات النانوية

على الرغم من وجود العديد من الطرق والأساليب المستخدمة في تصنيع وتخليق المواد النانوية بمختلف أصنافها وبدرجات متفاوتة من الجودة، السرعة والتكلفة فإن كل هذه الطرق يمكن إدراجها تحت اثنين من الأساليب التقنية هما: تقنية الهبوط من أعلى الى أسفل (Top-down Approach) وتقنية الصعود من أسفل الى أعلى (Bottom-up Approach) (الشكل 7.I).

## الفصل الاول: عموميات حول الجسيمات النانوية

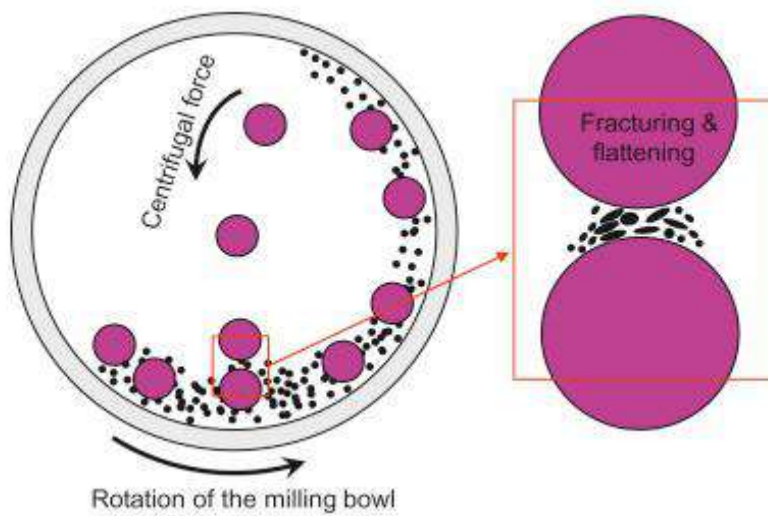


الشكل 7.I: طرق تخليق الجسيمات النانوية (أ) تقنية الهبوط من أعلى الى أسفل (ب) وتقنية العصور من أسفل الى أعلى [4]

### 1.7.I. تقنية الهبوط من أعلى الى أسفل (Top-down Approach)

مادة البداية عبارة عن نفس المادة التي يتم تصنيعها، والتي يتم تقسيمها إلى أجزاء أو إلى جسيمات نانومترية عند تطبيق مصدر للطاقة. يمكن أن تكون هاته الطاقة المطبقة ميكانيكية أو كيميائية أو حرارية، أو يمكن أن تكون ايضا شكلاً آخر من أشكال الطاقة مثل إشعاع الليزر [18].

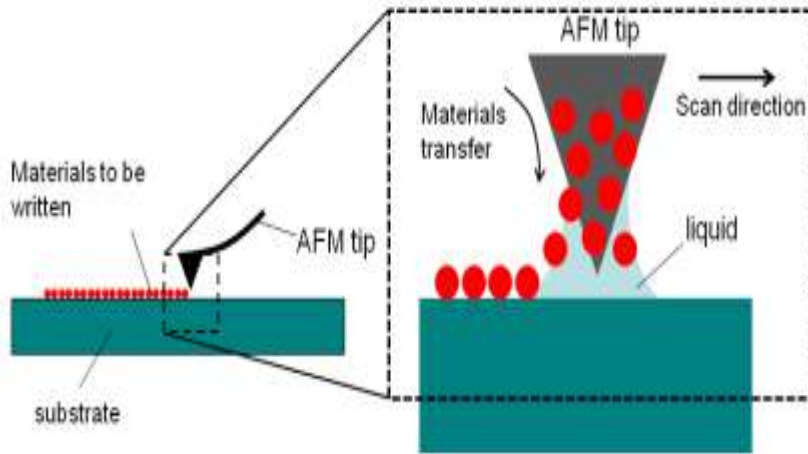
- الطحن الميكانيكي: هو الأكثر استخداماً لإنتاج الجسيمات النانوية المختلفة. يتم استخدام الطحن الميكانيكي لطحن الجسيمات النانوية وما بعدها أثناء التوليف حيث يتم طحن العناصر المختلفة في جو خامل لتقليل حجم الجسيمات [19].



الشكل 8.I: رسم تخطيطي لحركة الكرة وخليط المسحوق في تقنية الطحن الميكانيكي [20].

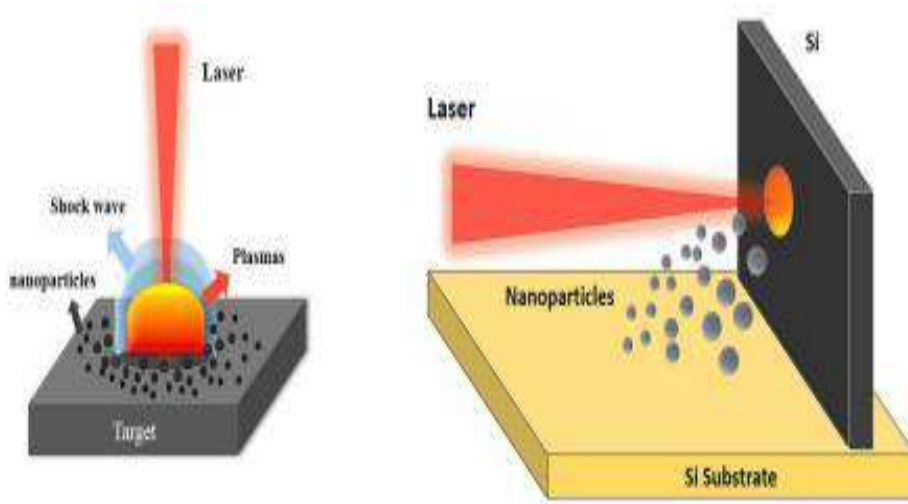
## الفصل الاول: عموميات حول الجسيمات النانوية

- الطباعة الحجرية النانوية: هي دراسة تصنيع هياكل المقاييس النانوية ذات بُعد واحد على الأقل في نطاق الحجم من 1 إلى 100 نانومتر. هناك العديد منها على سبيل المثال البصمة الضوئية وشعاع الإلكترون [21].



الشكل 9.I: رسم تخطيطي للطباعة الحجرية النانوية بقلم الغمس [21].

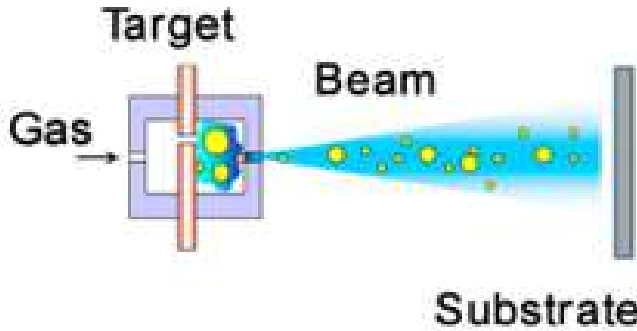
- الاستئصال بالليزر: يعد تخليق الاجتثاث بالليزر في المحلول طريقة شائعة لإنتاج الجسيمات النانوية من المذيبات المختلفة. يؤدي تشعيع المعدن المغمور في محلول سائل بواسطة شعاع الليزر إلى إنتاج جسيمات نانوية [22].



الشكل 10.I: رسم تخطيطي لتصنيع الجسيمات النانوية عن طريق الليزر [23].

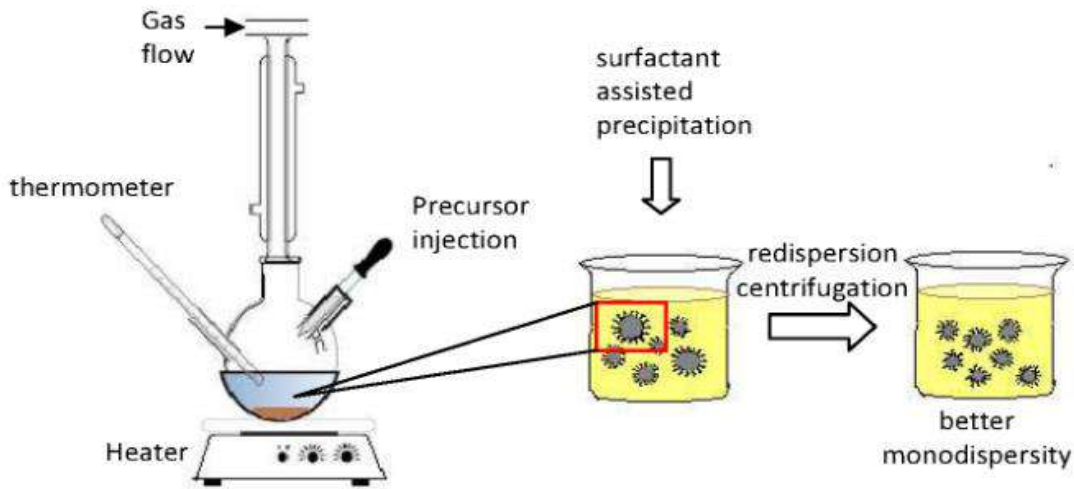
## الفصل الاول: عموميات حول الجسيمات النانوية

- الرش: هو ترسب الجسيمات النانوية على سطح عن طريق إخراج الجزيئات منه عن طريق الاصطدام بالأيونات [24].



الشكل 11.I: رسم تخطيطي لتصنيع الجسيمات النانوية عن طريق الرش من مصدر غازي [25].

- التحلل الحراري: هو تحلل كيميائي ماص للحرارة ناتج عن الحرارة التي تكسر الروابط الكيميائية في المركب [11].



الشكل 12.I: رسم تخطيطي لتصنيع الجسيمات النانوية عن طريق التحليل الحراري [26].

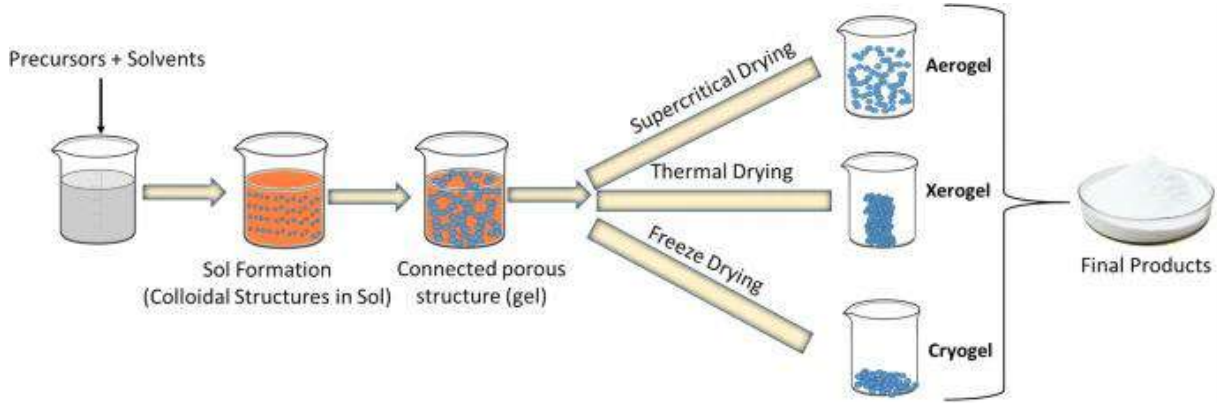
### 2.7.I. تقنية الصعود من أسفل الى أعلى (Bottom-up Approach)

هي تقنية التي تتجمع فيه المكونات الأصغر ذات الأبعاد الذرية أو الجزيئية معاً، وفقاً لمبدأ فيزيائي طبيعي أو قوة دافعة مطبقة خارجياً، لإحداث أنظمة أكبر وأكثر تنظيماً وتشكيل مواد نانوية [27].



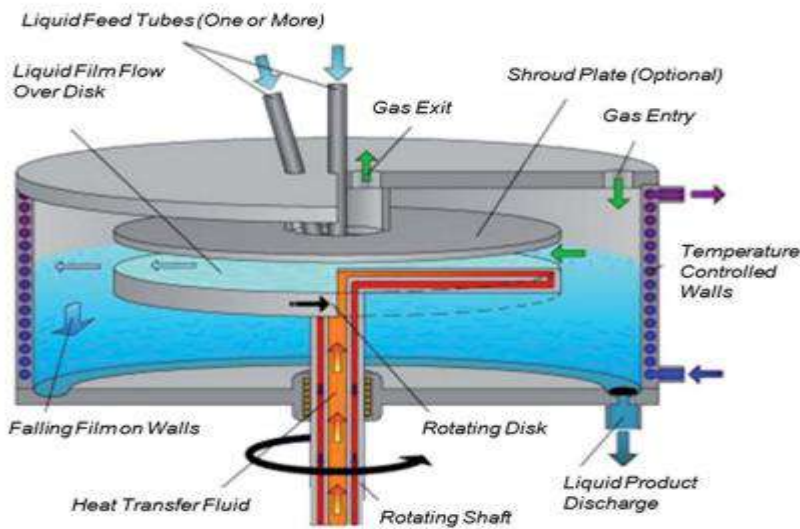
## الفصل الاول: عموميات حول الجسيمات النانوية

- سول-جل: حيث الصول هو محلول غرواني من المواد الصلبة المعلقة في مرحلة سائلة أما الجل فهو جزيء صلب مغمور في مذيب. وهي الطريقة الأكثر تفضيلاً ضمن تقنيات الصعود من أسفل إلى أعلى بسبب بساطتها ولأن معظم الجسيمات النانوية يمكن تصنيعها من هذه الطريقة. أكاسيد المعادن والكلوريدات هي المتفاعلات الأولية الأكثر استخداماً في هاته الطريقة [28].



الشكل 13.I: رسم تخطيطي لتصنيع الجسيمات النانوية عن طريق تقنية صول-جل [29].

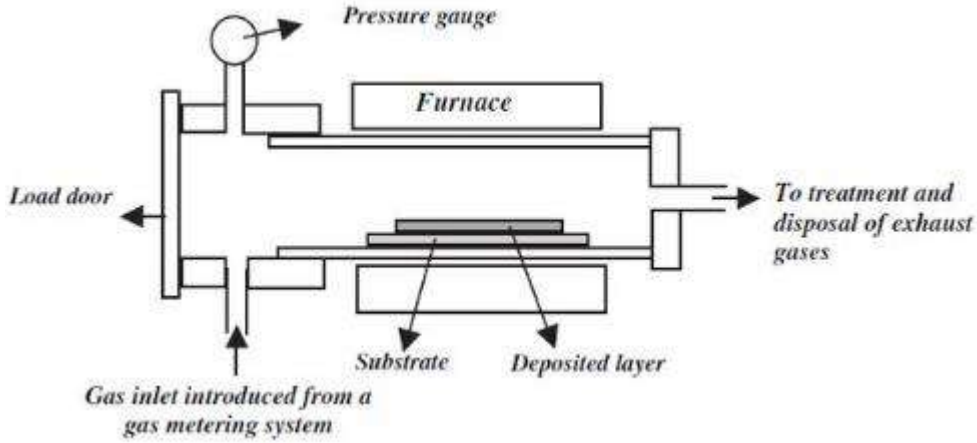
- الدوران: يتم تصنيع الجسيمات النانوية عن طريق الغزل بواسطة مفاعل قرص دوار (spinning disc reactor). يحتوي على قرص دوار داخل غرفة/مفاعل حيث يمكن التحكم في المعاملات الفيزيائية مثل درجة الحرارة. يُملأ المفاعل عموماً بالنيتروجين أو الغازات الحاملة الأخرى لإزالة الأكسجين بالداخل وتجنب التفاعلات الكيميائية [30].



الشكل 14.I: رسم تخطيطي لمفاعل قرص دوار الخاص بتصنيع الجسيمات النانوية [31].

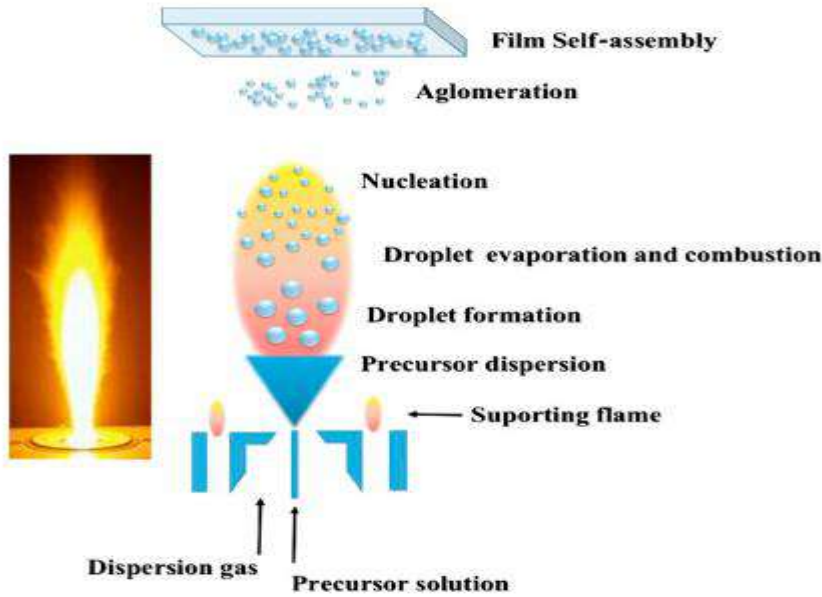
## الفصل الاول: عموميات حول الجسيمات النانوية

- الترسيب الكيميائي للبخار: هو ترسب طبقة رقيقة من المواد المتفاعلة الغازية على ركيزة. يتم الترسيب في غرفة تفاعل عند درجة حرارة معينة عن طريق دمج جزيئات الغاز. يحدث التفاعل الكيميائي عندما تتلامس الركيزة الساخنة مع الغاز المدمج [14].



الشكل 15.I: رسم تخطيطي لتقنية الترسيب الكيميائي للبخار الخاص بتصنيع الجسيمات النانوية [32].

- التحلل الحراري: هو العملية الأكثر استخدامًا لإنتاج الجسيمات النانوية على نطاق واسع، إذ يتم فيها حرق المواد الأولية بواسطة اللهب. المادة الأولية هي إما سائل أو بخار توضع في الفرن حيث يتم تغذيتها عند ضغط عالٍ من خلال ثقب صغير حيث تحترق [33].

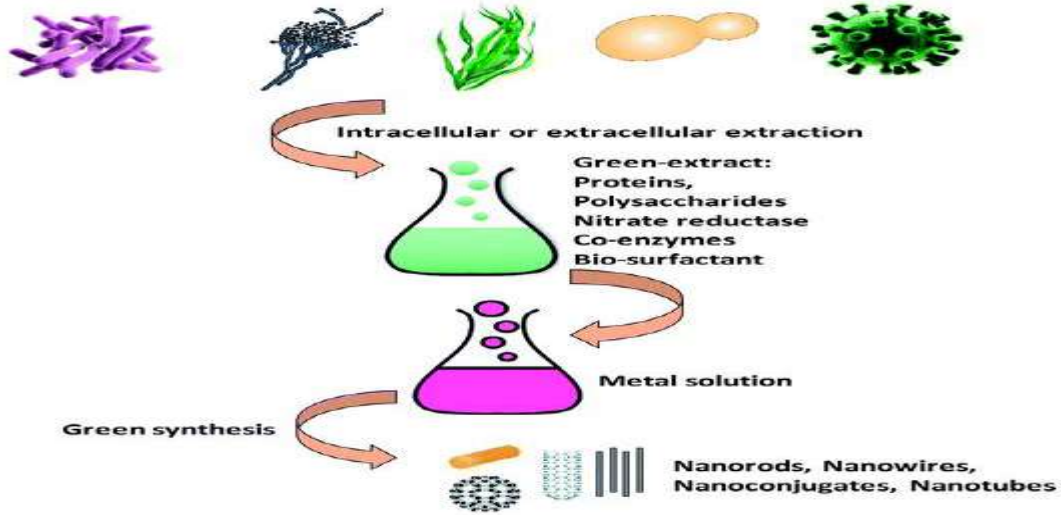


الشكل 16.I: رسم تخطيطي لتقنية التحلل الحراري الخاص بتصنيع الجسيمات النانوية [34].



## الفصل الاول: عموميات حول الجسيمات النانوية

- التخليق الحيوي: هو نهج صديق للبيئة لتخليق يستخدم البكتيريا، والمستخلصات النباتية، والفطريات، وما إلى ذلك جنباً إلى جنب مع المتفاعلات الأولية لإنتاج جسيمات نانوية غير سامة وقابلة للتحلل ذات خصائص فريدة ومحسنة [35].



الشكل 17.I: رسم تخطيطي لتقنية التخليق الحيوي الخاص بتصنيع الجسيمات النانوية [35].

يلخص الجدول 1.I بعض الجسيمات النانوية التي تم تصنيعها من هذه الطرق.

الجدول 1.I: فئات الجسيمات النانوية المصنعة من الطرق المختلفة [9]

الجسيمات النانوية	الطريقة	التقنية
أساسها المعادن، الأكسيد والبوليمر	الطحن الميكانيكي	الهبوط من أعلى الى أسفل
أساسها المعادن	الطباعة الحجرية النانوية	
أساسها الكربون وأكسيد المعادن	الاستئصال بالليزر	
أساسها المعادن	الرش	
أساسها الكربون وأكسيد المعادن	التحلل الحراري	
أساسها الكربون، المعادن وأكسيد المعادن	سول-جل	الصعود من أسفل الى أعلى
أساسها البوليمرات العضوية	الدوران	
أساسها الكربون والمعادن	الترسيب الكيميائي للبخار	
أساسها الكربون وأكسيد المعادن	التحلل الحراري	
أساسها البوليمرات العضوية والمعادن	التخليق الحيوي	

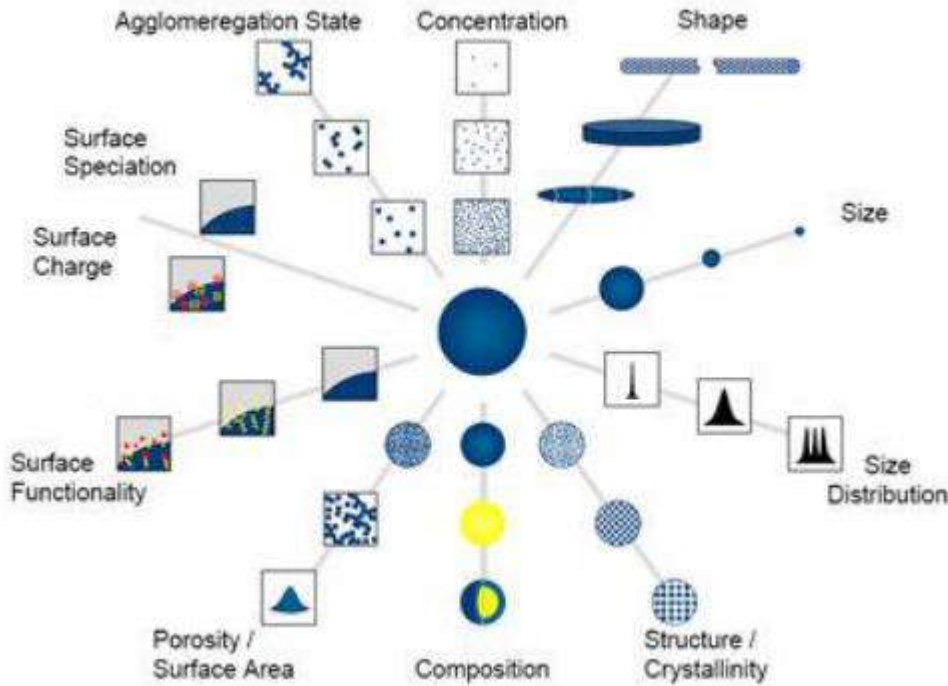
### 8.I. الخصائص الفيزيوكيميائية للجسيمات النانوية

للجسيمات النانوية خصائص فيزيائية وكيميائية مختلفة مثل مساحة السطح الكبيرة، القوة الميكانيكية، النشاط البصري والتفاعل الكيميائي ما يجعلها فريدة ومناسبة للتطبيقات المختلفة.

تشمل الخصائص الفيزيائية البصرية مثل لون الجسيمات النانوية، واختراق الضوء، وقدرات الامتصاص والانعكاس، والامتصاص القوي للأشعة فوق البنفسجية [9]. ويشمل أيضًا الخواص الميكانيكية مثل معامل المرونة، الصلابة، الإجهاد، الالتصاق والاحتكاك [36]. وكذا الخصائص المغناطيسية باختلاف طرق التصنيع والتوزيع الإلكتروني الغير المتكافئ للجسيمات [37]. ولها خاصية توصيل حرارية محسنة بشكل كبير مقارنة بالتقليدية [38]. أما الخصائص الكيميائية فتشمل الاستقرار والحساسية لعوامل مثل الرطوبة والغلاف الجوي والحرارة والضوء [9].

### 9.I. تشخيص وتوصيف الجسيمات النانوية




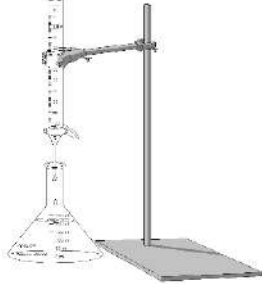

يتم توصيف الجسيمات النانوية من قبل تقنيات القياس المختلفة الملخصة في الشكل 18.I والجدول 2.I.



الشكل 18.I: تشخيص الجسيمات النانوية [39].

## الفصل الاول: عموميات حول الجسيمات النانوية

الجدول 2.I: طرق توصيف الجسيمات النانوية في الحالة الصلبة، السائلة والغازية [9]

غاز	سائل	صلب	تشخيص
 <p>Scanning Mobility Particle Sizer</p>	 <p>Photon correlation spectroscopy</p>	 <p>Electron microscope</p>	الحجم
 <p>Optical particle counter</p>	 <p>Centrifuge</p>	 <p>Laser diffraction</p>	
 <p>Differential Mobility analyser</p>	 <p>Simple titration</p>	 <p>Brunauer–Emmett–Teller model</p>	مساحة السطح
 <p>Scanning Mobility Particle Sizer</p>	 <p>Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy</p>		

## الفصل الاول: عموميات حول الجسيمات النانوية



Differential Mobility  
analyser



Zeta potential

شحنة  
السطح



Electron microscope

مرفولوج  
يا السطح



Mass spectrometry



Chemical analysis by  
spectrometric



Atomic emission  
spectroscopy



X-ray Photoelectron  
Spectroscopy

التركيبية



Ion  
chromatography

## الفصل الاول: عموميات حول الجسيمات النانوية



التركيز

Condensation Particle  
Counter



التبلور

Powder X-ray

- الحجم: يتم قياس حجم الجسيمات وتوزيعها بشكل شائع باستخدام المجهر الإلكتروني. تُستخدم صور المجهر الإلكتروني الماسح (SEM) والمجهر الإلكتروني النافذ (TEM) لقياس الجسيمات والعناقيد بينما تُستخدم طرق حيود الليزر لقياس العينات السائبة في المرحلة الصلبة حيث يحدد حجم وتوزيع الجسيم وما إذا كان يندرج تحت المقياس النانوي أو الميكروميتر [40].

- مساحة السطح: تعد مساحة السطح عاملاً مهماً في توصيف الجسيمات النانوية. مساحة سطح الجسيمات النانوية بالنسبة إلى الحجم لها تأثير كبير على الخصائص الفيزيائية والكيميائية وكذلك الاداء. يتم قياس مساحة السطح بشكل أكثر شيوعاً باستخدام تحليل بروناور-ايميت-تيلر (BET) وكذا المعايرة البسيطة كافية لتحليل مساحة سطح الجسيمات في الطور السائل. ويتم أيضاً استخدام التحليل الطيفي بالرنين (NMR) [9].

- شحنة السطح: تحدد شحنة السطح أو شحنة الجسيم النانوي تفاعلاته مع المحيط والوسط. وبشكل عام، يتم استخدام مقياس جهد زيتا (Zeta potential) لقياس الشحنات السطحية واستقرار تشتتها في محلول [40].

## الفصل الاول: عموميات حول الجسيمات النانوية

- مرفولوجيا السطح: تمتلك الجسيمات النانوية أشكالاً وبنى سطحية مختلفة تلعب دوراً رئيسياً في إعطائها خصائص معينة. تشمل بعض الأشكال على أشكال كروية، مسطحة، أسطوانية، أنبوبية، مخروطية وغير منتظمة، وقد يكون السطح بلوري أو غير المتبلور. يتم تحديد السطح بشكل عام بواسطة تقنيات التصوير بالمجهر الإلكتروني [41].

- التركيبة: يحدد التركيب الكيميائي درجة نقاء الجسيمات النانوية. قد يؤدي وجود عناصر ثانوية أعلى أو عناصر غير مرغوبة في الجسيمات النانوية إلى تقليل كفاءتها ويؤدي أيضاً إلى تفاعل ثانوي. عادة ما يتم إجراء قياس التركيب عن طريق التحليل الطيفي للإلكترون بالأشعة السينية (XPS) [42].

- التركيز: يتم قياس تركيز الجسيمات النانوية في المرحلة الغازية لتحديد حجم الهواء أو الغاز. تركيز وحجم وتوزيع الجسيمات النانوية في وحدة حجم من الهواء أو الغاز يحدد الأداء أو كفاءته. عادة ما يتم إجراء قياسات التركيز من خلال عداد جزيئات التكثيف (CPC) [9].

- التبلور: يتم دراسة ترتيب الذرات والجزيئات في المواد الصلبة البلورية. وذلك بواسطة مسح الأشعة السينية أو الإلكترون أو حيود النيوترون لتحديد الترتيب الهيكلي [43].

- [1] Teizer, J., Venugopal, M., Teizer, W., & Felkl, J. (2012). Nanotechnology and its impact on construction: bridging the gap between researchers and industry professionals. *Journal of Construction Engineering and management*, 138(5), 594-604.
- [2] Sylvia, L. (2008). *Nano materials in architecture, interior architecture and design*. BirkhauserVerlag AG.
- [3] Berra, D. (2020). *Synthèse verte et caractérisation de nanoparticules métalliques par l'extrait des feuilles de Phoenix Dactylifera L et leur activités biologiques*. Thèse de doctorat. Université El Oued.
- [4] ع. حسب الله. (2017). *تطبيقات تقنية النانو (تأثير تطبيقات تقنية النانو على المواد المستخدمة في الواجيات الخارجية لمباني)*. رسالة للحصول على درجة الماجستير. كلية الهندسة - جامعة القاهرة.
- [5] Ahmeda, M. H. S., Ahmida, N. H. S., & Ahmeida, A. A. (2017). Introduction to nanotechnology: definition, terms, occurrence and applications in environment. *Libyan International Medical University Journal*, 2(1), 12.
- [6] Sharma, P. A. W. A. N., & Bhargava, M. A. N. I. S. H. (2013). Applications and characteristics of nanomaterials in industrial environment. *Res Dev (IJCSEIERD)*, 3(4), 63-72.
- [7] Singh, R., & Singh, R. K. (2017). A review on nano materials of carbon. *J. Appl. Phys*, 9, 42-57.
- [8] Goutayer, M. (2008). *Nano-émulsions pour la vectorisation d'agents thérapeutiques diagnostiques ; étude de la biodistribution par imagerie de fluorescence in vivo*. Thèse de doctorat. Université Pierre et Marie Curie.
- [9] Ealia, S. A. M., & Saravanakumar, M. P. (2017, November). A review on the classification, characterisation, synthesis of nanoparticles and their application. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 263, No. 3, p. 032019). IOP Publishing.
- [10] Singh, A. K. (2015). *Engineered nanoparticles: structure, properties and mechanisms of toxicity*. Academic Press.
- [11] Salavati-Niasari, M., Davar, F., & Mir, N. (2008). Synthesis and characterization of metallic copper nanoparticles via thermal decomposition. *Polyhedron*, 27(17), 3514-3518.
- [12] Tai, C. Y., Tai, C. T., Chang, M. H., & Liu, H. S. (2007). Synthesis of magnesium hydroxide and oxide nanoparticles using a spinning disk reactor. *Industrial & engineering chemistry research*, 46(17), 5536-5541.



- [13] Lôbo, G. C., Paiva, K. L., Silva, A. L. G., Simões, M. M., Radicchi, M. A., & Bão, S. N. (2021). Nanocarriers Used in Drug Delivery to Enhance Immune System in Cancer Therapy. *Pharmaceutics*, 13(8), 1167.
- [14] Bhaviripudi, S., Mile, E., Steiner, S. A., Zare, A. T., Dresselhaus, M. S., Belcher, A. M., & Kong, J. (2007). CVD synthesis of single-walled carbon nanotubes from gold nanoparticle catalysts. *Journal of the American Chemical Society*, 129(6), 1516-1517.
- [15] Sano, N., Wang, H., Alexandrou, I., Chhowalla, M., Teo, K. B. K., Amaratunga, G. A. J., & Imura, K. (2002). Properties of carbon onions produced by an arc discharge in water. *Journal of Applied Physics*, 92(5), 2783-2788.
- [16] Shams, S. S., Zhang, R., & Zhu, J. (2015). Graphene synthesis: a Review. *Mater. Sci. Pol*, 33(3), 566-578.
- [17] Aitken, R. J., Creely, K. S., & Tran, C. L. (2004). Nanoparticles: an occupational hygiene review (pp. 41-44). London: HSE books.
- [18] Habiba, K., Makarov, V. I., Weiner, B. R., & Morell, G. (2014). Fabrication of nanomaterials by pulsed laser synthesis. *Manufacturing nanostructures*, 10, 263-292..
- [19] Yadav, T. P., Yadav, R. M., & Singh, D. P. (2012). Mechanical milling: a top down approach for the synthesis of nanomaterials and nanocomposites. *Nanoscience and Nanotechnology*, 2(3), 22-48.
- [20] Faraji, G., Kim, H. S., & Kashi, H. T. (2018). Severe plastic deformation: methods, processing and properties. Elsevier.
- [21] Pimpin, A., & Srituravanich, W. (2012). Review on micro-and nanolithography techniques and their applications. *Engineering Journal*, 16(1), 37-56.
- [22] Amendola, V., & Meneghetti, M. (2009). Laser ablation synthesis in solution and size manipulation of noble metal nanoparticles. *Physical chemistry chemical physics*, 11(20), 3805-3821.
- [23] Zhou, R., Huang, T. T., & Lin, S. D. (2016, November). Synthesis of nanoparticles by pulsed laser ablation in air: A versatile means for flexible synthesis and separation. In *Advanced Laser Processing and Manufacturing* (Vol. 10018, p. 100180C). International Society for Optics and Photonics.
- [24] Shah, P., & Gavrin, A. (2006). Synthesis of nanoparticles using high-pressure sputtering for magnetic domain imaging. *Journal of magnetism and magnetic materials*, 301(1), 118-123.
- [25] Benetti, G., Cavaliere, E., Banfi, F., & Gavioli, L. (2020). Antimicrobial nanostructured coatings: A gas phase deposition and magnetron sputtering perspective. *Materials*, 13(3), 784.



- [26] Umut, E. (2013). Surface modification of nanoparticles used in biomedical applications. *Modern Surface Engineering Treatments*, 20, 185-208.
- [27] Arole, V. M., & Munde, S. V. (2014). Fabrication of nanomaterials by top-down and bottom-up approaches-an overview. *J. Mater. Sci*, 1, 89-93.
- [28] Ramesh, S. (2013). Sol-Gel Synthesis and Characterization of Ag.
- [29] Parashar, M., Shukla, V. K., & Singh, R. (2020). Metal oxides nanoparticles via sol-gel method: a review on synthesis, characterization and applications. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 31(5), 3729-3749.
- [30] Tai, C. Y., Tai, C. T., Chang, M. H., & Liu, H. S. (2007). Synthesis of magnesium hydroxide and oxide nanoparticles using a spinning disk reactor. *Industrial & engineering chemistry research*, 46(17), 5536-5541.
- [31] Pask, S. D., Nuyken, O., & Cai, Z. (2012). The spinning disk reactor: an example of a process intensification technology for polymers and particles. *Polymer Chemistry*, 3(10), 2698-2707.
- [32] Amin, S. K., Abdallah, H. A. M., Roushdy, M. H., & El-Sherbiny, S. A. (2016). An overview of production and development of ceramic membranes. *Int. J. Appl. Eng. Res*, 11(12), 7708-7721.
- [33] Kammler, H. K., Mädler, L., & Pratsinis, S. E. (2001). Flame synthesis of nanoparticles. *Chemical Engineering & Technology: Industrial Chemistry-Plant Equipment-Process Engineering-Biotechnology*, 24(6), 583-596.
- [34] Nunes, D., Pimentel, A., Santos, L., Barquinha, P., Pereira, L., Fortunato, E., & Martins, R. (2019). Synthesis, design, and morphology of metal oxide nanostructures. *Metal Oxide Nanostructures*, 21-57.
- [35] Hasan, S. (2015). A review on nanoparticles: their synthesis and types. *Res. J. Recent Sci*, 2277, 2502.
- [36] Guo, D., Xie, G., & Luo, J. (2013). Mechanical properties of nanoparticles: basics and applications. *Journal of physics D: applied physics*, 47(1), 013001.
- [37] Qi, M., Zhang, K., Li, S., Wu, J., Pham-Huy, C., Diao, X., ... & He, H. (2016). Superparamagnetic Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles: synthesis by a solvothermal process and functionalization for a magnetic targeted curcumin delivery system. *New Journal of Chemistry*, 40(5), 4480-4491.
- [38] Khan, I., Saeed, K., & Khan, I. (2019). Nanoparticles: Properties, applications and toxicities. *Arabian journal of chemistry*, 12(7), 908-931.

- [39] Hassellöv, M., & Kaegi, R. (2009). Analysis and characterization of manufactured nanoparticles in aquatic environments. *Environmental and human health impacts of nanotechnology*, 1.
- [40] Marsalek, R. (2014). Particle size and zeta potential of ZnO. *APCBEE procedia*, 9, 13-17.
- [41] Hodoroaba, V. D., Rades, S., & Unger, W. E. (2014). Inspection of morphology and elemental imaging of single nanoparticles by high-resolution SEM/EDX in transmission mode. *Surface and interface analysis*, 46(10-11), 945-948.
- [42] Sharma, V., & Rao, L. J. M. (2014). An overview on chemical composition, bioactivity and processing of leaves of *Cinnamomum tamala*. *Critical reviews in food science and nutrition*, 54(4), 433-448.
- [43] Yano, F., Hiraoka, A., Itoga, T., Kojima, H., Kanehori, K., & Mitsui, Y. (1996). Influence of ion-implantation on native oxidation of Si in a clean-room atmosphere. *Applied surface science*, 100, 138-142.

الفصل الثاني

جسيمات النحاس

النانوية

### 1.II. مقدمة

كثيرا ما نسمع عن الجسيمات النانوية وتطبيقاتها الكثيرة في العديد من المجالات، وكذا المشاركة في التقدم في المجال البحث العلمي نظير حجمها لا متناهي الصغر، وعلى سبيل المثال لا الحصر الجسيمات النانوية المعدنية التي تكتسي أهمية كبيرة نظراً لتطبيقاتها العديدة في مختلف المجالات.

قد تم إنجاز الكثير فيما يخص تحضير جسيمات النحاس النانوية. ولكن هناك حاجة لمعرفة طرق تخليق هاته الجسيمات النانوية ومعرفة خصائصها والعوامل التي تؤثر على التشكل وتطبيقاتها.

### 2.II. الجسيمات النانوية المعدنية

أدرك فاراداي وجود الجسيمات النانوية المعدنية وقدم مي شرحاً كمياً لألوانها[1]. تستخدم هاته الجسيمات في التحفيز[2]، الاستشعار[3] والالكترونيات الضوئية [4] بسبب الاعتماد على حساسية الامتصاص، الخصائص الكهربائية والطبية والمغناطيسية [5].

يؤدي صغر حجمها ومساحتها السطحية إلى تحسين استخدامها في علوم المواد وزيادة الطلب عليها. وتعتمد خصائصها على الحجم وأيضاً على الوسط المحيط بالجسيمات النانوية. يمكن الحصول على الخصائص المطلوبة عن طريق تغيير بيئة الجسيمات النانوية.

تم استخدام النحاس والزنك والذهب والمغنيسيوم والفضة والتيتانيوم لتصنيع الجسيمات النانوية والمعدنية والتي كانت لها العديد من التطبيقات في الطب، معالجة المياه، المستحضرات التجميلية وكذا الطلاء[1].

### 3.II. جسيمات النحاس النانوية

يتم تحضير جزيئات النحاس النانوية باستخدام طرق مثل الاختزال الحراري [6] وترسيب البخار بالفراغ [7] وطرق التشعيع بالميكروويف [8] والاختزال الكيميائي [9] والاستئصال بالليزر [10]. يرجع تفضيل جزيئات النحاس النانوية مقارنة بالمعادن الأخرى

## الفصل الثاني: جسيمات النحاس النانوية

باعتباره جذابا اقتصاديا وغير مكلف، وعلى سبيل المثال الفضة وذلك لانخفاض تكلفة النحاس مقارنة بالفضة، والى الاستقرار الفيزيائي والكيميائي، وسهولة الاختلاط بالبوليمرات [11]. وكلما كانت الجسيمات النانوية أصغر كان نشاطها أعلى، ولكنها قد تؤدي إلى تكوين كتلة مسببة انخفاضاً في الخصائص الأساسية [12].

### 4.II. التصنيع الأخضر لجسيمات النحاس النانوية

تحتاج تقنية النانو اليوم إلى تطوير طريقة بديلة للتوليف الكيميائي تكون غير سامة ونظيفة وصديقة للبيئة. إحدى هذه الطرق هي التخليق البيولوجي أو الأخضر، حيث يتم استخدام عوامل كالبكتيريا والفطريات والخميرة والنباتات [13-14]. يوجد القليل من الاعمال في هذا النوع من التصنيع مقارنة بنظيره والذي يعرف بالتخليق الكيميائي لجسيمات النحاس النانوية [15] الجدول 1.II.

الجدول 1.II: بعض أمثلة استخدام مواد بيولوجية في تخليق جسيمات النحاس النانوية

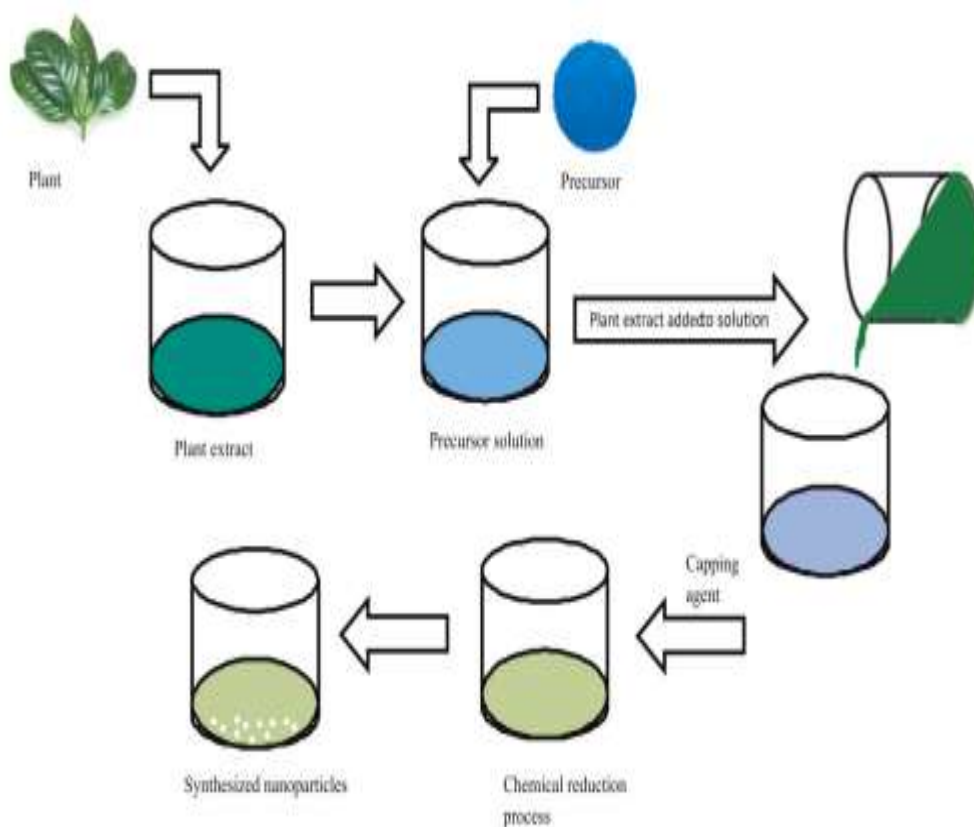
المرجع	المادة البيولوجية المستعملة في التصنيع	
[16]	<i>Pseudomonas stutzeri</i>	بكتيريا
[17]	<i>Fusarium oxysporum</i>	فطريات
[18]	<i>Bifurcaria bifurcata</i>	طحالب
[19]	<i>Ocimum sanctum</i>	نباتات

### 1.4.II. تحضير المستخلصات النباتية

يتم جمع أجزاء من النبتة المراد التصنيع بواسطة مستخلصها كالأوراق والثمار والاعصان وغيرها، يتم الغسل والتنظيف جيداً بماء الصنبور والماء المقطر لإزالة الشوائب العالقة. يُجفف في الظل لمدة معينة من الزمن وبعد ذلك يطحن باستخدام الخلاط ان لزم الامر. يتم تحضير مستخلص من المسحوق المجفف المغلي عند درجة حرارة لمدة زمنية مع حجم معروف من الماء المقطر أو مذيب آخر. وبعد هاته الخطوة يأتي ترشيح الناتج واستخدامه كعامل اختزال ومثبت [20].

### 2.4.II. تحضير جسيمات النحاس النانوية

بعد اجراء عملية الاستخلاص يتم إضافة كمية محددة من المستخلص الى كمية معينة من محلول بحوي النحاس كخماسي هيدرات كبريتات النحاس ويقلب جيدا لمدة زمنية. يلاحظ تغير في اللون. بعد هاته العملية يتم الطرد المركزي للمحلول وأخيرا يتم الحصول على جسيمات النحاس النانوية. يتم الغسل الجيد هذه الجسيمات النانوية عدة مرات ثم تجفيفها [21] الشكل 1.II.



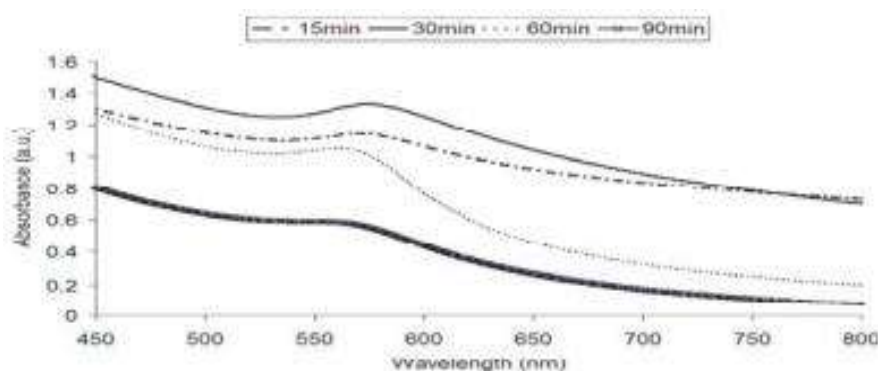
الشكل 1.II: مثال توضيحي لطريقة تصنيع الجسيمات النحاس النانوية [22]

### 5.II. تشخيص جسيمات النحاس النانوية

يتم تشخيص جسيمات النحاس النانوية المُصنَّعة عادة بواسطة مطيافية الأشعة المرئية وفوق البنفسجية، تحليل طيف الأشعة تحت الحمراء، حيود الأشعة السينية والتقنيات المجهرية مثل المجهر وهناك طرق أخرى للتشخيص لمعرفة الحجم وكذا الشحنة وغيرها.

### 1.5.II. مطيافية الأشعة المرئية وفوق البنفسجية

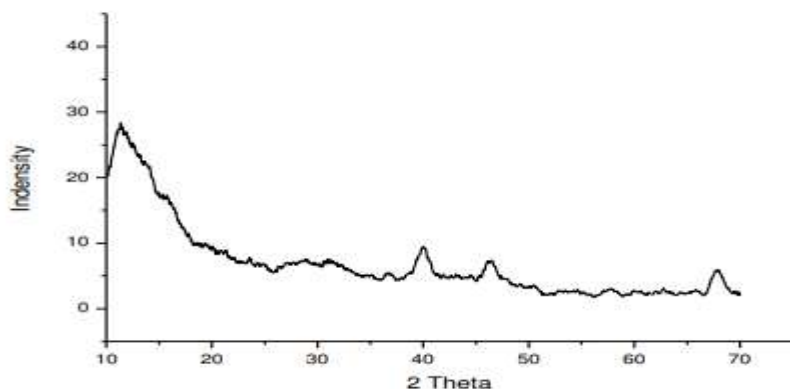
تظهر نتائج الأبحاث التي تنطرق الى تكوين جسيمات النحاس النانوية المختلفة قما مميزة عند امتصاصات مختلفة امتصاص مميزة في نطاق 200-800 نانومتر باستخدام التحليل الطيفي المرئي للأشعة فوق البنفسجية [23]. تعتبر الزيادة التدريجية في الذروة المميزة مع زيادة وقت التفاعل وتركيز المستخلصات البيولوجية مع أيونات الملح مؤشراً واضحاً على تكوين الجسيمات النانوية [24] الشكل 2.II.



الشكل 2.II: مثال لطيف امتصاص جسيمات النحاس النانوية بدلالة زمن التفاعل [24]

### 2.5.II. مطيافية الأشعة السينية

تعطي التقنية المستخدمة الطبيعة المعدنية للجسيمات النانوية وكذا معلومات عن حجم التناظر الانتقالي وشكل خلية الوحدة من مواضع الذروة ومعلومات عن كثافة الإلكترون داخل خلية الوحدة، أي مكان وجود الذرات من شدة الذروة [25] الشكل 3.II.

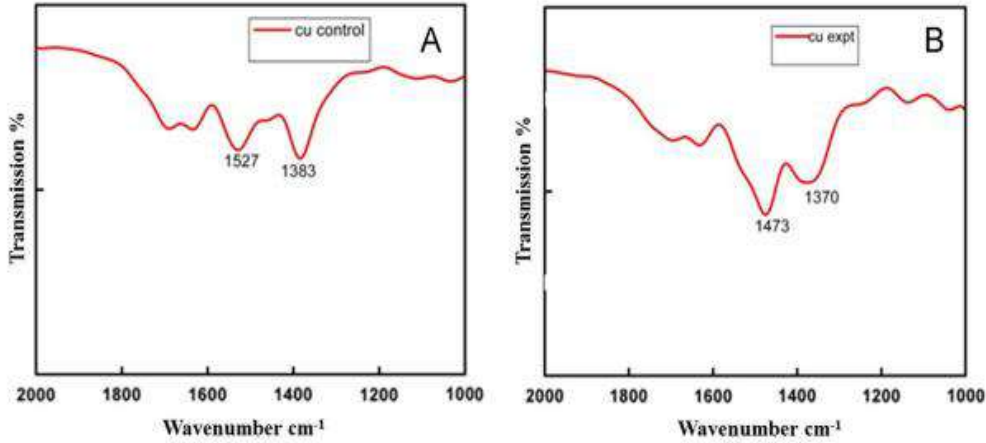


الشكل 3.II: مثال لتحليل حيود الأشعة السينية لجسيمات النحاس النانوية [26]

## الفصل الثاني: جسيمات النحاس النانوية

### 3.5.II. مطيافية الأشعة تحت الحمراء

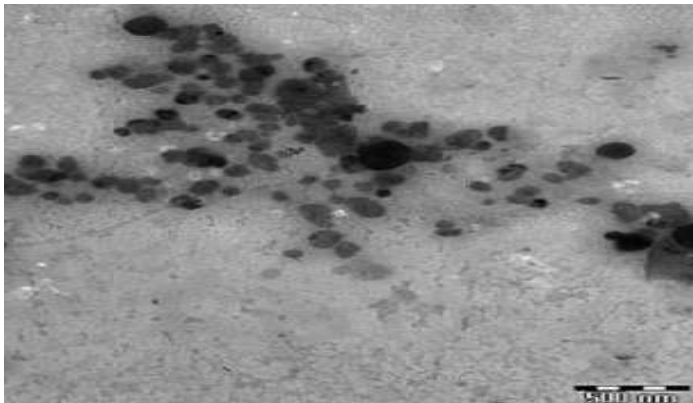
يقيس شدة الأشعة تحت الحمراء مقابل الطول الموجي، ويتم استخدامه لتحديد طبيعة المجموعات الوظيفية المرتبطة والسمات الهيكلية للمستخلصات البيولوجية مقارنة بجسيمات النحاس النانوية [15] الشكل 4.II.



الشكل 4.II: مثال للأشعة تحت الحمراء لجسيمات النحاس النانوية [27]

### 4.5.II. الأشعة السينية

تستخدم بشكل رئيسي للدراسات المورفولوجية لجسيمات النحاس النانوية. تكشف صورتهم عن توزيع شكل وحجم الجسيمات النانوية [28] الشكل 5.II.



الشكل 5.II: مثال للأشعة تحت الحمراء لجسيمات النحاس النانوية [28]



### 6.II. خصائص جسيمات النحاس النانوية

تمتلك الجسيمات النانوية المعدنية حساسية رائعة للأشعة فوق البنفسجية، وخصائص كهربائية وحرارية نتيجة الى نسبة السطح إلى الحجم الكبيرة [29] والتأثيرات الكمية التي تعود الجمع بين الحجم الكمي وتأثيرات شحن كولوم [30]. وجود عدد كبير من الذرات على السطح وذلك بسبب حجم الجسيمات اللامتناهي الصغر وبذلك تختلف نسبة مساحة السطح إلى الحجم من الجسيمات باختلاف شكل وحجم الجسيمات النانوية. ومن الخصائص المميزة نذكر مستويات الطاقة الإلكترونية، وتقارب الإلكترون، والانتقالات الإلكترونية، والخصائص المغناطيسية، ودرجة حرارة انتقال الطور، ونقطة الانصهار، والتقارب مع البوليمرات، والجزيئات البيولوجية والعضوية والتي يتم تعديلها أيضًا من خلال التغيير في مساحة السطح [1].

### 7.II. تطبيقات جسيمات النحاس النانوية

تحظى جزيئات النحاس النانوية باهتمام كبير نظرًا للخصائص التي تحظى بها وكذا وانخفاض تكلفة تحضيرها. هاته الجسيمات لها تطبيقات واسعة مثل أنظمة نقل الحرارة [31]، والنشاطية مضادة للبكتيريا [32]، الاستشعار [33]، التحفيز [34] والموصلات الفائقة عالية الحرارة والخلايا الشمسية [35].

- [1] Din, M. I., & Rehan, R. (2017). Synthesis, characterization, and applications of copper nanoparticles. *Analytical Letters*, 50(1), 50-62.
- [2] Wunder, S., Polzer, F., Lu, Y., Mei, Y., & Ballauff, M. (2010). Kinetic analysis of catalytic reduction of 4-nitrophenol by metallic nanoparticles immobilized in spherical polyelectrolyte brushes. *The Journal of Physical Chemistry C*, 114(19), 8814-8820.
- [3] Taton, T. A., Mirkin, C. A., & Letsinger, R. L. (2000). Scanometric DNA array detection with nanoparticle probes. *Science*, 289(5485), 1757-1760.
- [4] Maier, S. A., Brongersma, M. L., Kik, P. G., Meltzer, S., Requicha, A. A., & Atwater, H. A. (2001). Plasmonics—a route to nanoscale optical devices. *Advanced materials*, 13(19), 1501-1505.
- [5] Sun, S., Murray, C. B., Weller, D., Folks, L., & Moser, A. (2000). Monodisperse FePt nanoparticles and ferromagnetic FePt nanocrystal superlattices. *science*, 287(5460), 1989-1992.
- [6] Dhas, N. A., Raj, C. P., & Gedanken, A. (1998). Synthesis, characterization, and properties of metallic copper nanoparticles. *Chemistry of materials*, 10(5), 1446-1452.
- [7] Liu, Z., & Bando, Y. (2003). A novel method for preparing copper nanorods and nanowires. *Advanced Materials*, 15(4), 303-305.
- [8] Zhao, Y., Zhu, J. J., Hong, J. M., Bian, N., & Chen, H. Y. (2004). Microwave-induced polyol-process synthesis of copper and copper oxide nanocrystals with controllable morphology. *European Journal of Inorganic Chemistry*, 2004(20), 4072-4080.
- [9] Yang, M., & Zhu, J. J. (2003). Spherical hollow assembly composed of Cu<sub>2</sub>O nanoparticles. *Journal of crystal growth*, 256(1-2), 134-138.
- [10] Yeh, M. S., Yang, Y. S., Lee, Y. P., Lee, H. F., Yeh, Y. H., & Yeh, C. S. (1999). Formation and characteristics of Cu colloids from CuO powder by laser irradiation in 2-propanol. *The Journal of Physical Chemistry B*, 103(33), 6851-6857.
- [11] Mallik, K., Mandal, M., Pradhan, N., & Pal, T. (2001). Seed mediated formation of bimetallic nanoparticles by UV irradiation: a photochemical approach for the preparation of “core– shell” type structures. *Nano Letters*, 1(6), 319-322.
- [12] Tolaymat, T. M., El Badawy, A. M., Genaidy, A., Scheckel, K. G., Luxton, T. P., & Suidan, M. (2010). An evidence-based environmental perspective of manufactured silver nanoparticle in syntheses and applications: a systematic review and critical appraisal of peer-reviewed scientific papers. *Science of the total environment*, 408(5), 999-1006.

- [13] Salvadori, M. R., Lepre, L. F., Ando, R. A., Oller do Nascimento, C. A., & Corrêa, B. (2013). Biosynthesis and uptake of copper nanoparticles by dead biomass of *Hypocrea lixii* isolated from the metal mine in the Brazilian Amazon region. *PLoS One*, 8(11), e80519.
- [14] Al-Samarrai, A. M. (2012). Nanoparticles as alternative to pesticides in management plant diseases-a review. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 2(4), 1-4.
- [15] Shobha, G., Moses, V., & Ananda, S. (2014). Biological synthesis of copper nanoparticles and its impact. *Int. j. pharm. sci. Invent*, 3(8), 6-28.
- [16] Varshney, R., Bhadauria, S., Gaur, M. S., & Pasricha, R. (2010). Characterization of copper nanoparticles synthesized by a novel microbiological method. *Jom*, 62(12), 102-104.
- [17] Majumder, D. R. (2012). Bioremediation: copper nanoparticles from electronic-waste. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 4(10).
- [18] Abboud, Y., Saffaj, T., Chagraoui, A., El Bouari, A., Brouzi, K., Tanane, O., & Ihssane, B. (2014). Biosynthesis, characterization and antimicrobial activity of copper oxide nanoparticles (CONPs) produced using brown alga extract (*Bifurcaria bifurcata*). *Applied Nanoscience*, 4(5), 571-576.
- [19] Harne, S., Sharma, A., Dhaygude, M., Joglekar, S., Kodam, K., & Hudlikar, M. (2012). Novel route for rapid biosynthesis of copper nanoparticles using aqueous extract of *Calotropis procera* L. latex and their cytotoxicity on tumor cells. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 95, 284-288.
- [20] Subhankari, I., & Nayak, P. L. (2013). Antimicrobial activity of copper nanoparticles synthesised by ginger (*Zingiber officinale*) extract. *World Journal of Nano Science & Technology*, 2(1), 10-13.
- [21] Dagar, S., Shah, I., Kumari, K., Pal, K., Narula, G. B., & Soni, K. Green Synthesis of Copper Nanoparticles Designed from *Ocimum sanctum* for Purification of Waste Water.
- [22] Rafique, M., Shaikh, A. J., Rasheed, R., Tahir, M. B., Bakhat, H. F., Rafique, M. S., & Rabbani, F. (2017). A review on synthesis, characterization and applications of copper nanoparticles using green method. *Nano*, 12(04), 1750043.
- [23] Prema, P. (2011). Chemical mediated synthesis of silver nanoparticles and its potential antibacterial application. *Progress in Molecular and Environmental Bioengineering-From Analysis and Modeling to Technology Applications*, 6, 151-166.
- [24] Subhankari, I., & Nayak, P. L. (2013). Synthesis of copper nanoparticles using *Syzygium aromaticum* (Cloves) aqueous extract by using green chemistry. *World J Nano Sci Technol*, 2(1), 14-17.

- [25] Prema, P. (2011). Chemical mediated synthesis of silver nanoparticles and its potential antibacterial application. *Progress in Molecular and Environmental Bioengineering-From Analysis and Modeling to Technology Applications*, 6, 151-166.
- [26] Saranyaadevi, K., Subha, V., Ravindran, R. E., & Renganathan, S. (2014). Synthesis and characterization of copper nanoparticle using Capparis zeylanica leaf extract. *Int J Chem Tech Res*, 6(10), 4533-4541.
- [27] Kanhed, P., Birla, S., Gaikwad, S., Gade, A., Seabra, A. B., Rubilar, O., ... & Rai, M. (2014). In vitro antifungal efficacy of copper nanoparticles against selected crop pathogenic fungi. *Materials Letters*, 115, 13-17.
- [28] Prema, P. (2011). Chemical mediated synthesis of silver nanoparticles and its potential antibacterial application. *Progress in Molecular and Environmental Bioengineering-From Analysis and Modeling to Technology Applications*, 6, 151-166.
- [29] Wang, Z. L. (2000). Characterizing the structure and properties of individual wire-like nanoentities. *Advanced Materials*, 12(17), 1295-1298.
- [30] Volokitin, Y., Sinzig, J. D., De Jongh, L. J., Schmid, G., Vargaftik, M. N., & Moiseevi, I. I. (1996). Quantum-size effects in the thermodynamic properties of metallic nanoparticles. *Nature*, 384(6610), 621-623.
- [31] Eastman, J. A., Choi, S. U. S., Li, S., Yu, W., & Thompson, L. J. (2001). Anomalously increased effective thermal conductivities of ethylene glycol-based nanofluids containing copper nanoparticles. *Applied physics letters*, 78(6), 718-720.
- [32] Guduru, R. K., Murty, K. L., Youssef, K. M., Scattergood, R. O., & Koch, C. C. (2007). Mechanical behavior of nanocrystalline copper. *Materials Science and Engineering: A*, 463(1-2), 14-21.
- [33] Vukojević, S., Trapp, O., Grunwaldt, J. D., Kiener, C., & Schüth, F. (2005). Quasi-homogeneous methanol synthesis over highly active copper nanoparticles. *Angewandte Chemie International Edition*, 44(48), 7978-7981.
- [34] Pecharrómán, C., Esteban-Cubillo, A., Montero, I., Moya, J. S., Aguilar, E., Santarén, J., & Alvarez, A. (2006). Monodisperse and Corrosion-Resistant Metallic Nanoparticles Embedded into Sepiolite Particles for Optical and Magnetic Applications. *Journal of the American Ceramic Society*, 89(10), 3043-3049.
- [35] Guo, Z., Liang, X., Pereira, T., Scaffaro, R., & Hahn, H. T. (2007). CuO nanoparticle filled vinyl-ester resin nanocomposites: Fabrication, characterization and property analysis. *Composites Science and Technology*, 67(10), 2036-2044.

الفصل الثالث

دراسة سابقة للتصنيع

الأخضر لجسيمات

النحاس النانوية

### 1.III. مقدمة

أصبحت الجسيمات نحاس النانوية مجال بحث واسع لما لها من خصائص فريدة ومتنوعة، والذي أدى الى تكثيف النشاط العلمي نحو تحضير الجسيمات وتطبيقها على عدة مجالات أخرى. ومع تقدم الكيمياء الخضراء وتغلغله في تحضير الكثير من الجسيمات النانوية واعطائه نتائج جد مرضية نظرا لفعاليتها ومعدل انتاجه المرتفع وصداقته للبيئة وهو ما يعتبر البديل الأفضل للمواد الكيميائية للضرر التي تشكل وخاصة السمية العالية.

في هذا الصدد وجب التطرق الى مقال علمي يتحدث عن ذات الموضوع والذي يتم فيه استخدام مستخلص لصنف من أصناف الكرمة *Cissus arnotiana* لتحضير جسيمات نحاس نانوية وكذا التشخيص لهاته الجسيمات بعدة طرق، والتطرق الى نشاطها المضاد للأكسدة والبكتيريا.

### 2.III. نبذة عن المقال

هذا العمل تحت عنوان Antibacterial and antioxidant potential of biosynthesized copper nanoparticles mediated through *Cissus arnotiana* plant extract لصاحبه Rajeshkumar S وآخرون المدرجين في جامعات ومخابر بحث هندية، ماليزية، استرالية وايرلندية. تم قبول العمل في الخامس من جوان لسنة 2019 في مجلة تابعة لElsevier في مجلة *Journal of Photochemistry & Photobiology, B: Biology* في العدد رقم 197 والرابط الخاص بالمقال هو كالتالي <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2019.111531> الشكل 1.III.

Journal of Photochemistry & Photobiology, B: Biology 197 (2019) 111531

Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Photochemistry & Photobiology, B: Biology

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/jphotobiol](http://www.elsevier.com/locate/jphotobiol)

Antibacterial and antioxidant potential of biosynthesized copper nanoparticles mediated through *Cissus arnotiana* plant extract

Rajeshkumar S.<sup>a,\*</sup>, Soumya Menon<sup>b</sup>, Venkat Kumar S.<sup>b</sup>, Murtaza M. Tambuwala<sup>c</sup>, Hamid A. Bakshi<sup>d</sup>, Meenu Mehta<sup>e</sup>, Saurabh Satija<sup>f</sup>, Gaurav Gupta<sup>g</sup>, Dinesh Kumar Chellappan<sup>h</sup>, Lakshmi Thangavelu<sup>i</sup>, Kamal Dua<sup>j,k,l,m</sup>

<sup>a</sup> Department of Pharmacology, Sreebha Dental College and Hospital, SEMATS, Chennai 600077, TN, India  
<sup>b</sup> School of Bio-Science and Technology, Vellore Institute of Technology (VIT), Vellore 620014, TN, India  
<sup>c</sup> School of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, Limer University, Coleraine, County Londonderry, BT52 2KA, Northern Ireland, United Kingdom  
<sup>d</sup> School of Pharmaceutical Sciences, Lovely Professional University, Jalandhar-191131, Punjab, India  
<sup>e</sup> School of Pharmacy, Swami Vivekananda University, Sankar Road, Jagajyoti, Mysore, India  
<sup>f</sup> Department of Life Sciences, School of Pharmacy, International Medical University, Mukti Hall, 27000 Kuala Lumpur, Malaysia  
<sup>g</sup> Discipline of Pharmacy, Graduate School of Health, University of Technology Sydney, Sydney, NSW 2007, Australia  
<sup>h</sup> School of Biomedical Sciences & Pharmacy, University of Newcastle, Newcastle, NSW 2300, Australia

ARTICLE INFO

Keywords:  
Copper nanoparticles  
DPPH assay  
Antibacterial activity  
Morphology evaluation  
Peptidoglycan layer  
Electrostatic interactions  
Therapeutic applications

ABSTRACT

Environment friendly methods for the synthesis of copper nanoparticles have become a valuable trend in the current scenario. The utilization of phytochemicals from plant extracts has become a unique technology for the synthesis of nanoparticles, as they possess dual nature of reducing and capping agents to the nanoparticles. In the present investigation we have synthesized copper nanoparticles (CuNPs) using a rare medicinal plant *Cissus arnotiana* and evaluated their antibacterial activity against gram negative and gram positive bacteria. The morphology and characterization of the synthesized CuNPs were studied and done using UV-visible spectroscopy at a wavelength range of 350–380 nm. XRD studies were performed for analyzing the crystalline nature. SEM and TEM for evaluating the spherical shape within the size range of 60–90 nm and AFM was performed to

الشكل 1.III: صورة ملتقطة من المقال المدروس [1]

### 3.III. تحضير المستخلص النباتي

تم جمع الأوراق الطازجة لصنف من أصناف الكرمة *Cissus arnotiana* من الحديقة، وغسلت جيدًا بالماء الحنفية ثم بالماء المقطر (Mili-Q) ثم يتم تجفيفها جيدًا تحت أشعة الشمس لمدة 5 أيام. بعد التجفيف تأتي مرحلة الطحن والحصول على مسحوق الأوراق المجففة في النهاية. قام بوزن 1 جم من المسحوق بدقة وإضافته إلى 100 مل ماء مقطر مزدوج، بعد عملية الغلي عند 70 درجة مئوية لمدة 30 دقيقة يكون قد تحصل على المستخلص بعد الترشيح بواسطة ورق الترشيح من الرقم 1 وتم تخزينه تم جمع المستخلص من عند درجة حرارة منخفضة للاستخدام لاحقًا.

### 4.III. التحضير الاخضر لجسيمات النحاس النانوية

تمت إضافة كمية 10 مل من المستخلص إلى 90 مل من 10 ملي مولار من كبريتات النحاس وتم الحفاظ على النسبة المثلثي 9:1. يوضع الخليط على المخلاط المغناطيسي عند درجة حرارة الغرفة لمدة 4 ساعات. بعد ذلك يتم جمع الجسيمات بالطرد المركزي عند سرعة 10000 دورة في الدقيقة لمدة 5 دقائق مع الغسيل الجيد بالماء مقطر، متبوعًا بالإيثانول لإزالة جميع المخلفات والمحتويات غير المعالجة. يتم جمع مسحوق الجسيمات النانوية النقي بطريقة التجفيف بالتجميد وتخزينه في درجة حرارة الغرفة للاستخدام لاحقًا.

### 5.III. تشخيص جسيمات النحاس النانوية

تم قياس أقصى امتصاص في نطاق 200-600 نانومتر [2] باستخدام مقياس الطيف الضوئي المرئي للأشعة فوق البنفسجية (ELICO SL 210 UV-Vis spectrophotometer). تم جمع أنماط الحيود من خلال الأشعة السينية [3] ، باستخدام (Bruker D8 diffractometer) ، تم قياسه بسرعة مسح تبلغ 4° دقيقة<sup>-1</sup> وحجم خطوة 0.02°. تم تقييم مورفولوجيا الجسيمات النانوية باستخدام المجهر الإلكتروني الماسح [4] ، وذلك بجهاز (ZEISS (EVO18) Japan 15Kv) والمجهر الإلكتروني النافذ [5]. اما طبيعة السطح فقد تم استخدام مجهر القوة الذرية [6].

### 6.III. الفعالية المضادة للبكتيريا لجسيمات النحاس النانوية

حضرت مزارع بكتيرية طازجة، في وسط (Hi-Veg)، حيث تم زراعة 10 ميكروليتر من *E. coli* و *Streptococcus sp.* و *Rhizobium sp.* و *Klebsiella sp.* تم تلقيحها واحتضانها لمدة 18 ساعة في حاضنة (shaker). تم تحضير وسط أجار وتم عمل اقراص بحجم 5 مم، مع إضافة تركيزات مختلفة (25-75 ميكروغرام / مل) من جسيمات النحاس النانوية، جنبًا إلى جنب مع أقراص المضادات الحيوية الأمبيسيلين كشاهد إيجابي. تم تحضين العلب لمدة 18 ساعة عند 37 درجة مئوية وتم قياس مناطق التثبيط [7-8].

### 7.III. الفعالية المضادة للأكسدة لجسيمات النحاس النانوية

تم تقييم قدرة التبرع بالهيدروجين أو إزالة الجذور الحرة بواسطة الجسيمات النانوية بواسطة طريقة، DPPH والذي يعتمد على تقليل المحلول الميثانولي الملون من DPPH إلى آخر غير الملون. تمت إضافة كمية مُقاسة من 0.2 ملي مولار من DPPH إلى محلول الميثانول، مع تركيز جسيمات النحاس النانوية في نطاق 20-100 ميكروغرام / مل. تم استخدام حمض الأسكوربيك كمعيار، والذي تم استخدامه للمقارنة مع اختبار الجسيمات النانوية. تم تقليب المحلول قليلاً وحضنه لمدة 30 دقيقة في وسط مظلم. تم تحليل الامتصاصيين لكل من الاختبار والمعيار عند 517 نانومتر بعد فترة الحضانة. تم حساب نشاط مضادات الأكسدة بواسطة المعادلة [9]:

$$\% \text{ نشاط الكسح الجذري} = (\text{امتصاصية الشاهد} - \text{امتصاصية الاختبار}) / \text{امتصاصية الشاهد}$$

### 8.III. النتائج

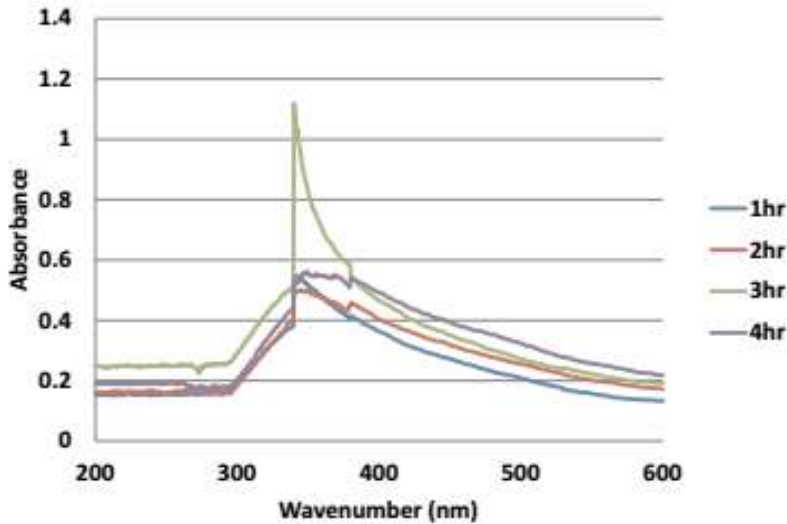
#### 1.8.III. تحليل الأشعة فوق البنفسجية المرئية

الجزيئات الحيوية في المستخلص النباتي هي المسؤولة عن ارجاع كبريتات النحاس إلى الأشكال الأولية لجسيمات النحاس النانوية. تعمل هذه المركبات على اذابة كبريتات النحاس لتعطي  $\text{Cu}^{+2}$  و  $\text{SO}_4$ . شاردة النحاس الثنائية تعطي  $\text{Cu}^0$  عن طريق الارجاع بواسطة المركبات النباتية الموجودة في نبات *Cissus arnotiana* ، والذي يتجمع أيضًا لتشكيل جسيمات نحاس نانوية. يتم التقاط أقصى امتصاص



## الفصل الثالث: دراسة سابقة للتصنيع الأخضر لجسيمات النحاس النانوية

في نطاق 350-380 نانومتر. كما هو مبين في الشكل الشكل 2.III في الساعة الثالثة، كان الحد الأقصى للامتصاص عند 1.1، والذي انخفض بشكل كبير إلى 0.5 في الساعة الرابعة. هذا يثبت تشكل الجسيمات النانوية بين الساعة الثالثة والرابعة، مما يشير إلى انتهاء التفاعل.



الشكل 2.III: طيف الأشعة فوق البنفسجية-المرئية لجسيمات النحاس النانوية المصنعة باستخدام

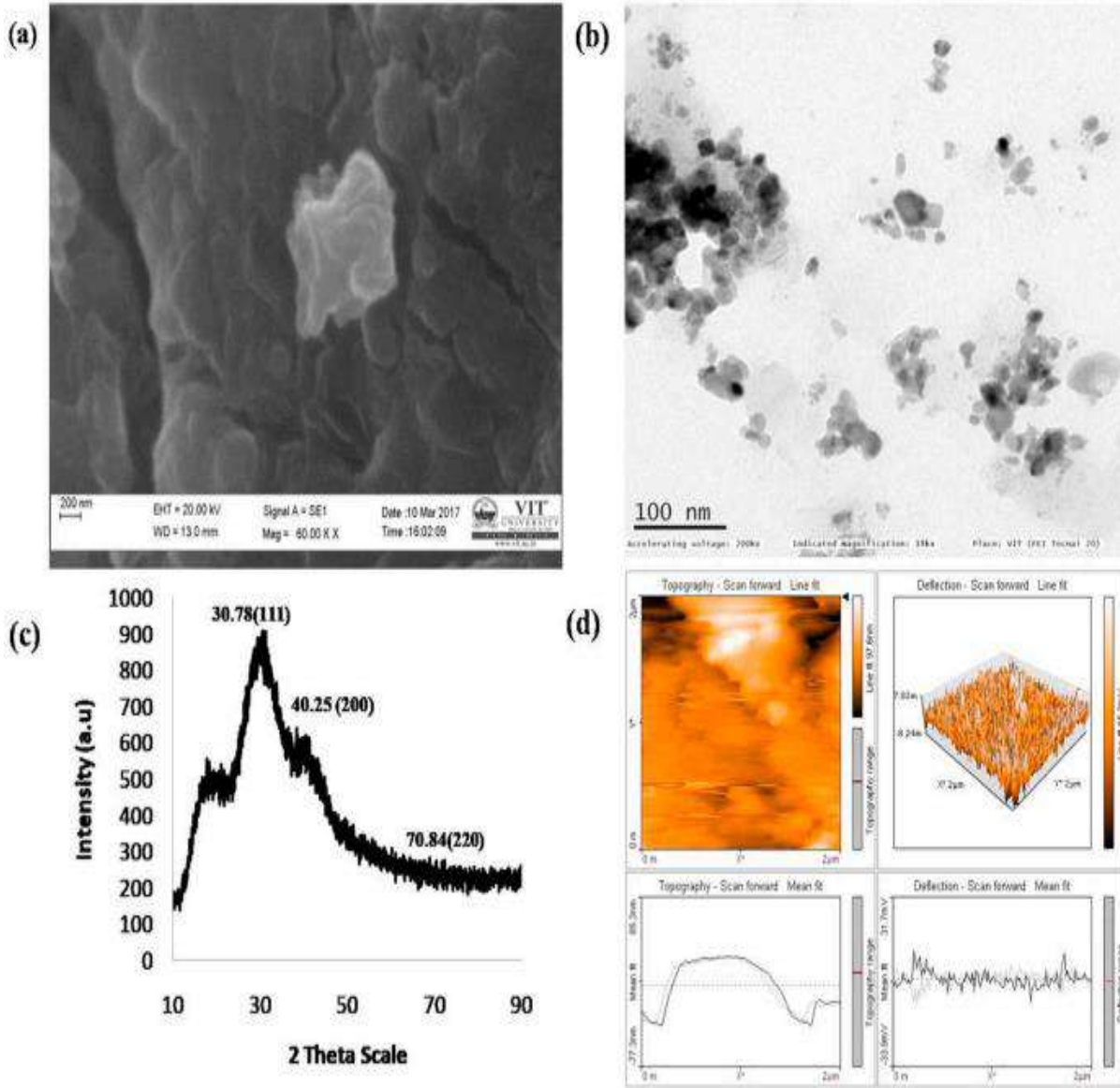
مستخلص *Cissus arnotiana*

**2.8.III. مورفولوجيا جسيمات النحاس النانوية المصنعة باستخدام المجهر الإلكتروني الماسح، التشخيص بالأشعة السينية، الفحص المجهر الإلكتروني للقوة الذرية والمجهر الإلكتروني النافذ**

الشكل 3.III (a) يُظهر جسيمات النحاس النانوية المتجمعة التي لوحظت تحت المجهر الإلكتروني الماسح (SEM) فقد كان الشكل غير منظم وكروي. وأيضاً تمت الاستعانة بالمجهر الإلكتروني النافذ (TEM)، كما هو موضح في الشكل 3.III (b). حيث كان متوسط نطاق حجم هاته الجسيمات في حدود 60-90 نانومتر بشكل كروي وهو ما لوحظ أيضاً عند تصنيع نفس الجسيمات بمستخلص *Acalypha indica* [10] و *Shewanella* PV-4 [11]. تظهر قمم XRD في الشكل الشكل 3.III (c)، عند "111" و "200" والتي تتوافق مع الجسيمات النانوية البلورية، والتي تعبر عن كروية

## الفصل الثالث: دراسة سابقة لتصنيع الأخضر لجسيمات النحاس النانوية

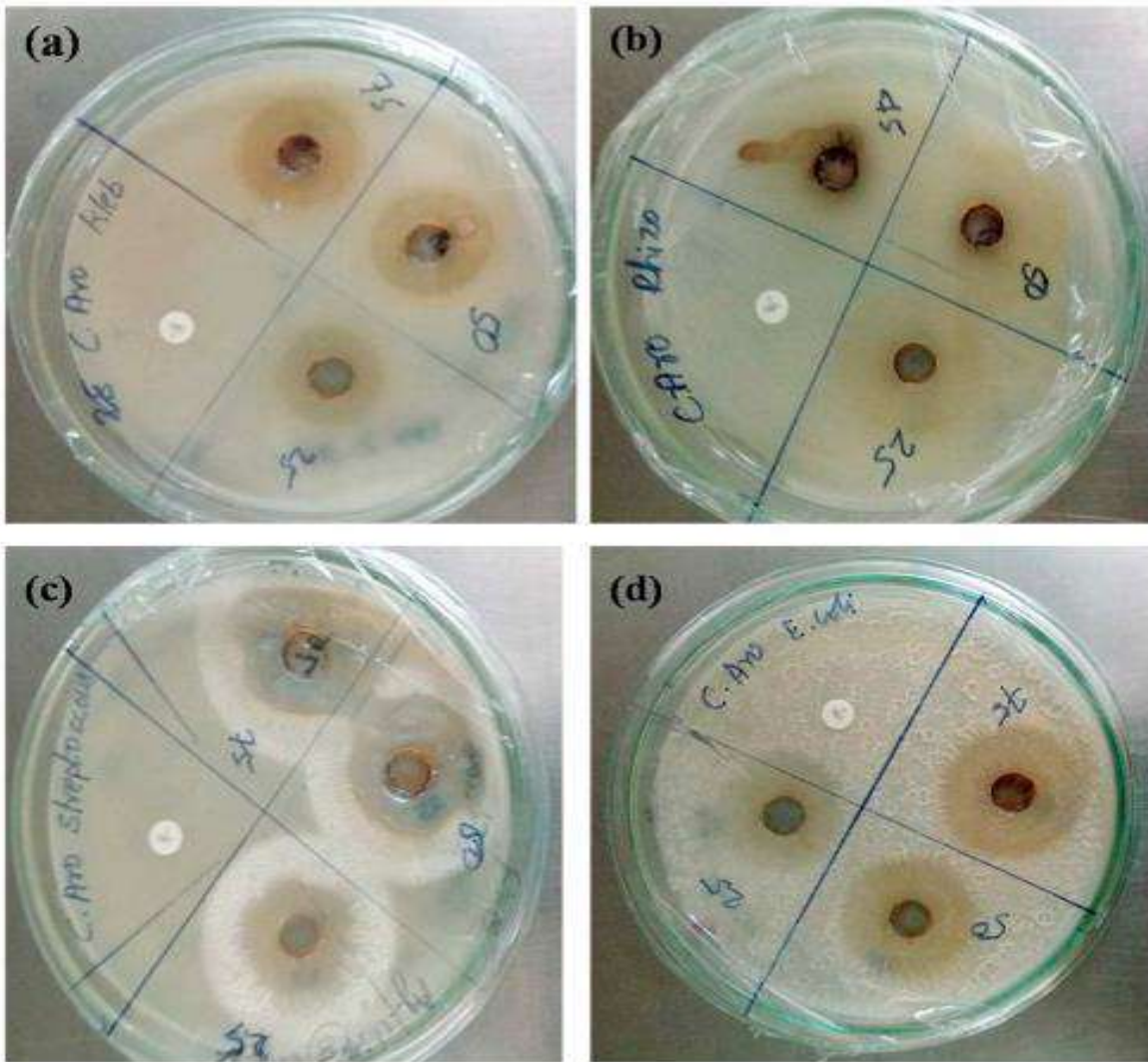
الشكل. ولوحظت نتائج مماثلة لبذور الحلبه المخمرة[12]. وعند استخدام صيغة شيرير لحساب متوسط حجم هاته الجسيمات وجد أنه في حدود  $8 \pm 56$  نانومتر. توضح بيانات الفحص المجهرى للقوة الذرية في الشكل 3.III (d) التشكل السطحي للجسيمات النانوية حيث تشير البقع البيضاء إلى الارتفاع، بينما يشير اللون الأسود إلى العمق.



الشكل 3.III: تشخيص جسيمات النحاس النانوية المصنعة باستخدام مستخلص *Cissus arnotiana* (a) تحليل المجهر الالكتروني الماسح (b) تحليل المجهر الالكتروني النافذ (c) طيف حيود الشعبة السينية (d) بيانات الفحص المجهرى للقوة الذرية

### 3.8.III. الفعالية المضادة للبكتيريا

كما هو مبين في الشكل الشكل 4.III تم توضيح منطقة التثبيط لجسيمات النحاس النانوية المصنعة CuNPs ضد المزارع البكتيرية. زادت منطقة التثبيط بتركيز الجسيمات النانوية، وبالتالي فإنه وعند التركيز 75 ميكروغرام / مل كان قطر التثبيط هو الأعلى  $0.16 \pm 22.20$  مم، بينما كان القطر الأدنى لـ *Klebsiella sp.* كان  $0.39 \pm 13.16$  مم عند 25 ميكروغرام / مل كما هو موضح في الجدول 1.III.



الشكل 4.III: منطقة التثبيط ضد بكتيريا (a) *Klebsiella sp.* (b) *Rhizobium sp.*

(c) *Streptococcus sp.* (d) *E. coli* لجسيمات النحاس النانوية المصنعة باستخدام مستخلص *Cissus arnotiana*

## الفصل الثالث: دراسة سابقة للتصنيع الأخضر لجسيمات النحاس النانوية

الجدول 1.III: النشاط المضاد للبكتيريا لجسيمات النحاس النانوية المصنعة باستخدام مستخلص

### *Cissus arnotiana*

<i>Klebsiella sp.</i>	<i>Rhizobium sp.</i>	<i>Streptococcus sp.</i>	<i>E. coli</i>	تركيز الجسيمات النحاس النانوية (ميكروغرام / مل)
0.39 ± 13.16	0.24 ± 14.27	0.79 ± 15.37	0.17 ± 16.20	25
0.12 ± 15.20	0.25 ± 16.07	0.12 ± 20.59	0.11 ± 19.20	50
0.12 ± 18.25	0.13 ± 16.33	0.35 ± 20.23	0.16 ± 22.20	75
0 ± 6.00	0 ± 6.00	0 ± 6.00	0 ± 6.00	أمبيسيلين

شوهدت نتائج مماثلة، عندما تم تصنيع CuNPs باستخدام كحول الجلوسرين والبولي فينيل [13]. تعتبر جسيمات النحاس النانوية شديدة التفاعل نظرًا لخاصية مساحة السطح العالية مقارنة بالحجم، مما يسمح لها بالتفاعل بكثرة مع غشاء الخلية، وإتلاف المواد الوراثية الخلوية، وهو ما يسبب موت الخلية. قد يُعزى سبب التفاعل الأعلى مع بكتيريا *E. coli* إلى الشحنة السالبة الموجودة على سطح الخلايا، والتي تسبب تفاعلات كهروستاتيكية مع الشحنات الموجبة لهاته الجسيمات.

الآلية المحتملة المقترحة للنشاط المضاد للبكتيريا هي إما التداخل الخلوي أو التوزيع المباشر. يعتمد التصاق CuNPs على السطح البكتيري على خشونة السطح والتفاعلات الكهروستاتيكية والتركيب الكيميائي والكارهة للماء.

### 4.8.III. الفعالية المضادة للأكسدة

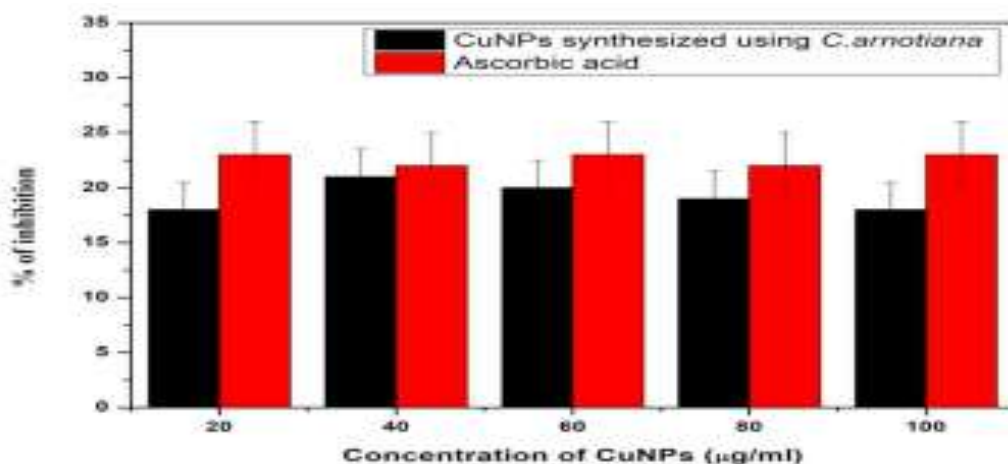
تظهر النتائج الموضحة في كل من الجدول 2.III والشكل 4.III تقاربا كبيرا بين جسيمات النحاس النانوية وحمض الاسكوربيك حيث وصلت أعلى نسبة تثبيط عند 40 ميكروغرام / مل بينما أقل نسبة تثبيط كانت عند التركيزين 20 و100 ميكروغرام / مل. حيث ومن خلال التجربة عند معاملة DPPH مع CuNPs يلاحظ تغير اللون من اللون البنفسجي الغامق إلى المحلول الأصفر الباهت، مما يشير إلى اكتمال كسح الجذور [14].

## الفصل الثالث: دراسة سابقة للتصنيع الأخضر لجسيمات النحاس النانوية

الجدول 2.III: النشاط المضاد للأكسدة لـ CuNPs المُصنعة باستخدام *Cissus arnotiana* مقارنة

بحمض الأسكوربيك

التركيز (ميكروغرام / مل)	% الكسح الجذري	جسيمات النحاس النانوية المصنعة	حمض الاسكوربيك
20	1 ± 18	1 ± 23	
40	2 ± 21	4 ± 22	
60	8 ± 20	7 ± 23	
80	6 ± 19	9 ± 22	
100	2 ± 18	3 ± 23	



الشكل 5.III: النشاط المضاد للأكسدة لجسيمات النحاس النانوية المُصنعة باستخدام

*Cissus arnotiana* مقارنة بحمض الأسكوربيك

يُعزى أعلى نشاط مضاد للأكسدة إلى وجود مجموعات مرجعة مختلفة من المواد الكيميائية النباتية

الموجودة على سطح الجسيمات النانوية [15].

تعود الآلية الكامنة وراء خاصية مضادات الأكسدة إلى تثبيط التفاعل المتسلسل، وتحلل

البيروكسيدات، وربط محفزات أيونات المعدن الانتقالي، ونشاط الكسح الجذري وتثبيط استمرار استخراج

الهيدروجين. الجذور الحرة الموجودة غير مستقرة والتي تسبب تلفًا خلويًا بسبب توليد ROS التي تتفاعل

مع الجزيئات الأخرى في التفاعلات الكيميائية الحيوية. خصائص كسح هذه الجذور الحرة أو الإخماد

الاحادي والأكسجين الثلاثي هو عدد قليل من العوامل الحاسمة المسؤولة عن نشاط مضادات للاكسدة [16].



- [1] Rajeshkumar, S., Menon, S., Kumar, S. V., Tambuwala, M. M., Bakshi, H. A., Mehta, M., ... & Dua, K. (2019). Antibacterial and antioxidant potential of biosynthesized copper nanoparticles mediated through *Cissus arnotiana* plant extract. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 197, 111531.
- [2] Sharma, D., Sabela, M. I., Kanchi, S., Bisetty, K., Skelton, A. A., & Honarparvar, B. (2018). Green synthesis, characterization and electrochemical sensing of silymarin by ZnO nanoparticles: Experimental and DFT studies. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 808, 160-172.
- [3] Das, P., Kumar, K., Nambiraj, A., Rajan, R., Awasthi, R., Dua, K., & Himaja, M. (2017). Potential therapeutic activity of *Phlogacanthus thyriformis* Hardow (Mabb) flower extract and its biofabricated silver nanoparticles against chemically induced urolithiasis in male Wistar rats. *International journal of biological macromolecules*, 103, 621-629.
- [4] Velu, V., Das, M., Raj N, A. N., Dua, K., & Malipeddi, H. (2017). Evaluation of in vitro and in vivo anti-urolithiatic activity of silver nanoparticles containing aqueous leaf extract of *Tragia involucrata*. *Drug delivery and translational research*, 7(3), 439-449.
- [5] Rajeshkumar, S., Kumar, S. V., Ramaiah, A., Agarwal, H., Lakshmi, T., & Roopan, S. M. (2018). Biosynthesis of zinc oxide nanoparticles using *Mangifera indica* leaves and evaluation of their antioxidant and cytotoxic properties in lung cancer (A549) cells. *Enzyme and microbial technology*, 117, 91-95.
- [6] Rajeshkumar, S. (2016). Synthesis of silver nanoparticles using fresh bark of *Pongamia pinnata* and characterization of its antibacterial activity against gram positive and gram negative pathogens. *Resource-Efficient Technologies*, 2(1), 30-35.
- [7] Malarkodi, C., Rajeshkumar, S., Paulkumar, K., Vanaja, M., Gnanajobitha, G., & Annadurai, G. (2014). Biosynthesis and antimicrobial activity of semiconductor nanoparticles against oral pathogens. *Bioinorganic chemistry and applications*, 2014.
- [8] Pantidos, N., Edmundson, M. C., & Horsfall, L. (2018). Room temperature bioproduction, isolation and anti-microbial properties of stable elemental copper nanoparticles. *New biotechnology*, 40, 275-281.
- [9] Shikha, J. A. I. N., Ankita, J. A. I. N., Kachhawah, P., & Devra, V. (2015). Synthesis and size control of copper nanoparticles and their catalytic application. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 25(12), 3995-4000.
- [10] Sivaraj, R., Rahman, P. K., Rajiv, P., Narendhran, S., & Venckatesh, R. (2014). Biosynthesis and characterization of *Acalypha indica* mediated copper oxide nanoparticles and

evaluation of its antimicrobial and anticancer activity. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 129, 255-258.

[11] Sivaraj, R., Rahman, P. K., Rajiv, P., Narendhran, S., & Venckatesh, R. (2014). Biosynthesis and characterization of *Acalypha indica* mediated copper oxide nanoparticles and evaluation of its antimicrobial and anticancer activity. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 129, 255-258.

[12] El-Batal, A. I., Al-Hazmi, N. E., Mosallam, F. M., & El-Sayyad, G. S. (2018). Biogenic synthesis of copper nanoparticles by natural polysaccharides and *Pleurotus ostreatus* fermented fenugreek using gamma rays with antioxidant and antimicrobial potential towards some wound pathogens. *Microbial pathogenesis*, 118, 159-169.

[13] Dobrovolný, K., Ulbrich, P., Švecová, M., Rimpelová, S., Malinčík, J., Kohout, M., ... & Bartůněk, V. (2017). Copper nanoparticles in glycerol-polyvinyl alcohol matrix: in situ preparation, stabilisation and antimicrobial activity. *Journal of Alloys and Compounds*, 697, 147-155.

[14] Jose, P. A., Raja, J. D., Sankarganesh, M., & Rajesh, J. (2018). Evaluation of antioxidant, DNA targeting, antimicrobial and cytotoxic studies of imine capped copper and nickel nanoparticles. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 178, 143-151.

[15] Nunes, M. R., Castilho, M. D. S. M., de Lima Veeck, A. P., da Rosa, C. G., Noronha, C. M., Maciel, M. V., & Barreto, P. M. (2018). Antioxidant and antimicrobial methylcellulose films containing *Lippia alba* extract and silver nanoparticles. *Carbohydrate polymers*, 192, 37-43.

[16] Rehana, D., Mahendiran, D., Kumar, R. S., & Rahiman, A. K. (2017). Evaluation of antioxidant and anticancer activity of copper oxide nanoparticles synthesized using medicinally important plant extracts. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 89, 1067-1077.

يشكل علم النانو وتقنية النانو مجالات بحثية ذات أهمية أساسية كبيرة، ومن المرجح أن تؤدي إلى العديد من التطبيقات، والتي بدورها حيث تلتقي وتتحد في العديد من العلوم كالفيزياء، الكيمياء والبيولوجيا. وهي تشكل تحديات نظير بنيتها متناهية الصغر متفاوتة التطبيقات ما جعلها محل دراسة ممتدة ومتسارعة.

الجسيمات النانوية والتكنولوجيا الحيوية النانوية هي مجالات جديدة تركز على تخليق واستخدام المواد النانوية. على سبيل الذكر لا الحصر توجد الكيمياء الخضراء والتي بدورها تفتح آفاقاً جديدة في التحولات الكيميائية والفيزيائية والكيميائية الحيوية والفيزيائية الحيوية أن تم توظيفها في علم النانو. تستخدم الجسيمات النانوية المعدنية على نطاق واسع في العديد من مجالات التطبيق بسبب خصائصها الاستثنائية. تعتمد هذه الخصائص قبل كل شيء على حجمها وشكلها.

كرست هذه الدراسة لمعرفة الجسيمات النانوية والتعرف على علم النانو، طرق تصنيعها وكذا تطبيقاتها، والتعرف على جسيمات النحاس النانوية وكذا طرق تخليقها وتشخيصها، وأيضاً تم التطرق الى مقال علمي يتمحور على التخليق الأخضر انطلاقاً من مستخلص لصنف من أصناف الكرمة *Cissus arnotiana* والتعرف على طرق تشخيصها (UV-Vis، MEB وDRX) وتقييم نشاطها المضاد للبكتيريا وفعاليتها المضادة للأكسدة.

كجزء من استمرار هذه الدراسة النظرية، سيكون من الضروري العمل المخبري لتطبيق ما تم التعرف عليه من خلال اللوحة التعريفية لهاته الجسيمات النانوية وتطبيق واحدة من طرق التصنيع سواء بالتخليق الأخضر أو غيره، وأيضاً ولما لا التعرف على طرق تشخيص أخرى غير التي تم التطرق إليها من خلال هذا الجزء النظري وبالتالي يكون ترسيخ للأفكار عملياً وليس اكتفاءً بالنظري فقط.



## ملخص

تعد تقنية النانو من التقنيات الحديثة التي تدخل في مجالات عديدة. وتتمتع الجسيمات النانوية بالعديد من الخصائص الفيزيائية والكيميائية نظرا لحجمها المتناهي الصغر ومساحة سطحها ما جعلها محل دراسة وتطوير وساهم في الولوج الى عديد التطبيقات المتنوعة. يتم تصنيع الجسيمات النانوية بعدة طرق، بما في ذلك الطريقة البيولوجية (التصنيع الأخضر)، وهي طريقة سهلة وسريعة وغير مكلفة وآمنة بيئيًا وتعتمد على استخدام المستخلصات النباتية. كجزء من دراسة سابقة، تم استخدام مستخلص لصنف من العنب كمرجع لأيونات النحاس لتشكيل جسيمات النحاس النانوية، حيث تمت دراسة خصائص الجسيمات النحاس النانوية الناتجة بالعديد من التقنيات التشخيص بالإضافة إلى تقييم نشاطها كمضاد للأوكسدة ومضاد للبكتيريا.

**الكلمات المفتاحية:** تقنية النانو، الجسيمات النانوية، التصنيع الأخضر، جسيمات النحاس النانوية، مضاد للأوكسدة.

## Abstract

Nanotechnology is one of the modern technologies used recently in many fields. Nanoparticles have many physical and chemical properties due to their infinitesimal size and surface area, which made them the subject of study and development and contributed to accessing many diverse applications. Nanoparticles are synthesized in many ways, including the biological method (Green Synthesis), which is an easy, fast, inexpensive and environmentally safe method and depends on using plant extracts. As part of a previous study, the extract of a vine variety was used as a copper ion reducer for the production of copper nanoparticles, where the copper nanoparticles obtained were characterized by several techniques, besides the evaluation of their antioxidant and antibacterial activity.

**Keywords:** Nanotechnology, Nanoparticles, Green Synthesis, copper nanoparticles, antioxidant.

## Résumé

La nanotechnologie est l'une des technologies modernes récemment utilisées dans de nombreux domaines. Les nanoparticules possèdent de nombreuses propriétés physiques et chimiques en raison de leur taille et de leur surface infinitésimales, ce qui en a fait l'objet d'études et de développement et a contribué à l'accès à de nombreuses applications diverses. Les nanoparticules sont synthétisées de plusieurs façons, y compris la méthode biologique (Synthèse Verte), qui est une méthode facile, rapide, peu coûteuse et sans danger pour l'environnement et qui dépend de l'utilisation d'extraits de plantes. Dans le cadre d'une précédente étude, l'extrait d'une variété de vigne a été utilisé en tant que réducteur des ions de cuivre pour l'élaboration des nanoparticules de cuivre, où les nanoparticules de cuivre obtenus ont été caractérisées par plusieurs techniques, outre l'évaluation de leur activité antioxydante et antibactérienne.

**Mots clés:** Nanotechnologie, Nanoparticules, Synthèse Verte, nanoparticules de cuivre, antioxydante.