



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

كلية العلوم التطبيقية

قسم هندسة طرائق

مذكرة مقدمة لنيل شهادة ماستر أكاديمي

الميدان : علوم وتكنولوجيا

الشعبة: هندسة طرائق

تخصص: هندسة كيميائية

من اعداد:

خميسات فراح

بروك منار

تحت العنوان:

تحضير وتوصيف مركبات نانوية باستخدام المستخلص المائي المشبع بالزيوت العطرية لنبات السدر
وبعض أكاسيد المعادن: دراسة فعاليتها في معالجة المياه

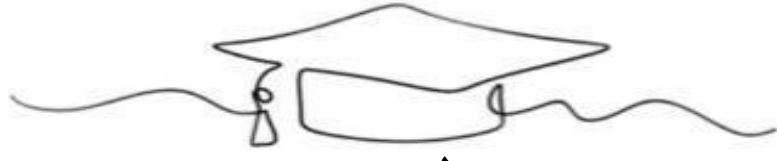
نوقشت يوم: 2025/06/04

أعضاء المناقشة المكونة من:

رئيسا	جامعة قاصدي مرباح (ورقلة)	أستاذ محاضر "أ"	د. طبشوش أحمد
مناقشا	جامعة قاصدي مرباح (ورقلة)	أستاذة محاضرة "أ"	د. قندور زاوية
مؤظرا	جامعة قاصدي مرباح (ورقلة)	أستاذة التعليم العالي	أ.د. غياية زينب

السنة الجامعية: 2025/2024

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



الإهداء

الحمد لله حباً وشكراً وامتناناً على البدء والختام .

﴿وَأَخِرُ دَعْوَاهُمْ أَنْ الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ﴾

لم تكن الرحلة قصيرة ولا الطريق مخفوفاً بالتسهيلات، لكنني فعلتها، فالحمد لله الذي يسّر البدايات وبلغنا النهايات بفضله وكرمه.

أهدي هذا النجاح لنفسى الطموحة أولاً، ابتدأت بطموح وانتهت بنجاح، ثم إلى كل من سعى معي لإتمام مسيرتي، دتمم لي سنداً لا عمر له.

بكل حب أهدي ثمرة نجاحي وتخرجي:

إلى النور الذي أنار دربي، والسراج الذي لا ينطفئ نوره، والذي بذل جهد السنين من أجل أن أعتلي سلم النجاح، إلى من أحمل اسمه بكل فخر، وإلى من حصد الأشواك عن دربي ليمهد لي طريق العلم، لطالما عاهدته بهذا النجاح، ها أنا أتممت وعدي وأهديته إليك". **والدي العزيز**

وإلى أنيسة العمر وحببية الروح وأعظم نعم الله عليّ، التي ضمّت اسمي بدعواتها في ليلها ونهارها، وأضاءت بالحب دربي، وأنارت باللطف والود طريقي، وكانت لي سحاباً ماطرًا بالحب والبذل والعطاء، وكانت سبباً بعد الله فيما أنا عليه الآن". **والدتي العزيزة**

أهدي تخرجي إلى ملهمي ونجاحي، من ساندني بكل حب عند ضعفي، وأزاح عن طريقي المتاعب ممهّداً لي الطريق، زارعاً الثقة والإصرار بداخلي، سندي والكتف الذي أستند عليه دائماً، لطالما كانوا الظل لهذا النجاح .

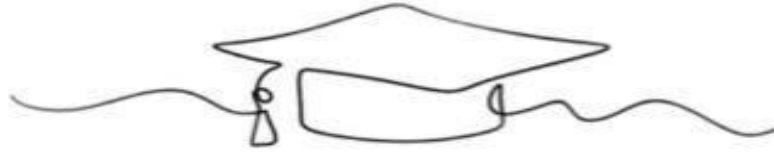
"أخي وأخواتي نسيمه وسارة وأنيس"

وأحب أن أختتم الإهداء إلى أصحاب الفضل العظيم، صديقات الرحلة والنجاح، إلى من وقفن بجاني كلما أوشكت أن أتعثر". **صديقاتي**

وإلى زميلاتي العزيزات في العمل: منار، لينا، ونهى، اللواتي كُنَّ لي عوناً وسنداً في أوقات الجد والاجتهاد، شكراً لوجودكن ودعمكن المستمر.

وأخيراً، من قال "أنا لها" فناهها، وأنا لها إن أبت رغباً عنها أتيت بها، ما كنت لأفعل لولا توفيق من الله، ها هو اليوم العظيم هنا، اليوم الذي اجتزت سنوات الدراسة الشاقة حاملةً به، حتى توالت بمنّ وكرمه الفرحه التمام، الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات، والذي ملأ قلبي سروراً وفرحاً ينسيني مشقتي.

فراح



الإهداء

بسم الله الرحمن الرحيم

إلى أبي الغالي " رحمه الله "

إلى من يسكن قلبي دائماً...تخرجت يا أبي، ولكن أي فرحةٍ هذه دون وجودك تخرجت ودمعة الفقد
تخفقني كنتُ أرجو أن تكون أول المهنيين، أول من يتسم ويحتضن هذا الحلم...لقد فعلتها يا أبي،
فلتتم قرير العين، وتفاخر بي عند أهل السماء فلك مني هذا الإنجاز، وكل الفضل بعد الله لك رحمك
الله، وجزاك عني خير الجزاء

إلى أمي " العظيمة "

إلى من جعل الله الجنة تحت أقدامها، يا منارة دربي، ونبع عطائي، وملاذ دعائي، كل شكري، وكل
لحظة من هذا النجاح، أهديتها لك، يا أحن القلوب، وأصدق الدعوات

إلى إخوتي وأخواتي الأعزاء

أنتم عوني وسندي، ورفاق روحي، كنتم في كل مرحلة نبض قلبي، وهذا النجاح، جزء منه لكم، ولكم
في القلب مكان لا يزول .إلى نفسي رغم الألم والفقد، صبرت وواصلت، وها هو الحلم قد تحقق .
وأخيراً إلى صديقاتي العزيزات رفيقات الدرب والمواقف، كنتن البلسم في لحظات الإنهاك، والمطر في
زمن الجذب، شكراً لقلوبكن، لدعمكن، لفرحتكن بي " فراح ،لينا ،رحاب ، نهي "

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات.

شكر وعرfan

الحمد لله عبده والصلاة والسلام على خير خلقه نبينا محمد ورسوله القائل: "لا يشكر الله من لا يشكر الناس."

الحمد لله الذي أنار لنا درب العلم والمعرفة، وأعاننا على أداء هذا الواجب، ووفقنا في إنجاز هذا العمل، فما كان ليتم إلا بفضلته وتوفيقه، فله الشكر العظيم الذي يليق بجلال وجهه وعظيم سلطانه. نتقدم بخالص الشكر والتقدير إلى كلية العلوم التطبيقية، قسم هندسة الطرائق، ومركز البحث العلمي والأرضية التقنية للتحليل الفيزيائية والكيميائية بورقلة، الذين احتضنونا علميًا حتى نلنا أعلى درجات العلم والمعرفة، وقدموا لنا كافة المساعدات المعنوية، وسهلوا مهمة إجراءات الحصول على المعلومات في كافة جوانب الدراسة، فلهم منا نحن الباحثين جزيل الشكر والعرfan.

نتقدم باسمي واسم صديقتي بعبارات الشكر والتقدير والامتنان إلى أستاذتنا القديرة

"غيابة زينب"

جعلها الله ممن قال فيهم: "ورفعناه مكانًا عليًا."

يسرنا أن نعرب لها عن خالص شكرنا وتقديرنا لما بذلته من جهود متميزة وما قدمته من عطاء كريم خلال الفترات الماضية. لقد كانت مثالاً في الإخلاص والتفاني، وكانت خدماتها محل تقدير كبير لدينا. نسأل الله أن يوفقها في مساعيها المستقبلية، وأن يجزيها عنا خير الجزاء. كما لا ننسى أن نشكر أعضاء لجنة المناقشة الكرام، "د. طبشوش أحمد" و "د. قندور زاوية". على تفضلهم بقبول تقييم هذا العمل.

وأخيرًا، نتقدم بجزيل الشكر لكل من ساهم، من قريب أو بعيد، في إعداد هذا العمل المتواضع

قائمة الاشكال

الصفحة	العنوان	الاشكال
4	مقياس النانومتر وعلاقته بالأحجام المختلفة.	الشكل I.1
8	تصنيف المواد النانوية حسب الأبعاد.	الشكل I.2
9	طرق تصنيع المواد النانوية: من الأعلى إلى الأسفل ومن الأسفل إلى الأعلى.	الشكل I.3
11	نموذج ثلاثي الأبعاد لبنية نقطة كمومية.	الشكل I.4
11	جزء الفوليرين C60.	الشكل I.5
12	صورة توضيحية لكرة نانوية.	الشكل I.6
12	بنية أنبوب نانوي كربوني.	الشكل I.7
13	صورة لأسلاك نانوية بواسطة المجهر الإلكتروني الماسح.	الشكل I.8
13	صورة توضح الألياف النانوية.	الشكل I.9
14	جسيم نانوي.	الشكل I.10
15	جسيمات نانوية عضوية .	الشكل I.11
16	جسيمات نانوية كربونية.	الشكل I.12
17	أنواع الحصر الكمي.	الشكل I.13
21	ثمار <i>Ziziphus spina-christi</i> .	الشكل II.1
21	شجرة <i>Ziziphus nummularia</i> .	الشكل II.2
21	<i>Ziziphus mauritiana</i> Lam .	الشكل II.3
22	<i>Ziziphus vulgaris</i> Lam.	الشكل II.4
24	أوراق السدر.	الشكل II.5
24	ازهار نبات السدر.	الشكل II.6
25	ثمار السدر.	الشكل II.7
25	نطاق انتشار <i>Ziziphus lotus</i> في الجزائر.	الشكل II.8
26	المركبات الكيميائية الموجودة في نبات السدر (<i>Ziziphus</i>).	الشكل II.9
28	رسم تخطيطي لجهاز الاستخلاص بالتقطير المائي (hydrodistillation).	الشكل II.10
29	جهاز تحليلي طيف الأشعة فوق البنفسجية (UV-visible).	الشكل II.11
30	مخطط مبدئي لمطياف الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه.	الشكل II.12
30	صورة لمطياف الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه.	الشكل II.13
31	مخطط يمثل مبدأ مطياف حيود الأشعة السينية (DRX) بواسطة شبكة بلورية.	الشكل II.14
31	صور لـ (أ): جهاز حيود الأشعة السينية و (ب): مطياف حيود الأشعة السينية.	الشكل II.15
35	مخطط مراحل تخليق الجسيمات النانوية باستخدام الكيمياء الخضراء .	الشكل III.1
36	صورة لجهاز تقطير كلينجر.	الشكل III.2

40	المراحل المختلفة لتحضير لتحضير لجسيمات النانوي.	الشكل. III. 3
41	تأثير تقييم النشاط الضوئي للمركبات النانوية باستخدام صبغة أزرق الميثيل بدلالة الزمن.	الشكل. III. 4
44	طيف الامتصاص بالأشعة فوق البنفسجية والمرئية لجزيئات أكسيد الزنك النانوية (ZnO-NPs) المحضرة من كلوريد الزنك (ZnCl ₂).	الشكل. IV. 1
44	مطيافية الأشعة فوق البنفسجية والمرئية لجزيئات أكسيد الزنك النانوية (ZnO-NPs) المحضرة من أسيتات الزنك (Zn(CH ₃ COO) ₂).	الشكل. IV. 2
45	مطيافية الأشعة فوق البنفسجية والمرئية لجسيمات النانوية لسلفات المنغنيز.	الشكل. IV. 3
45	مطيافية الأشعة فوق البنفسجية والمرئية لجسيمات النانوية لأكسيد الحديد المغناطيسي.	الشكل. IV. 4
46	طيف الأشعة تحت الحمراء لجزيئات أكسيد الزنك النانوية (ZnO-NPs) المحضرة من كلوريد الزنك (ZnCl ₂).	الشكل. IV. 5
47	طيف الأشعة تحت الحمراء لجزيئات أكسيد الزنك النانوية (ZnO-NPs) المحضرة من أسيتات الزنك (Zn(CH ₃ COO) ₂).	الشكل. IV. 6
48	طيف الأشعة تحت الحمراء للمركبات النانوية لأكسيد المنغنيز.	الشكل. IV. 7
49	طيف الأشعة تحت الحمراء للمركبات النانوية لأكسيد الحديد المغناطيسي.	الشكل. IV. 8
50	طيف الامتصاص بالأشعة فوق البنفسجية والمرئية لمحلول أزرق الميثيلين مع جزيئات أكسيد الزنك النانوية (ZnO-NPs) المحضرة من كلوريد الزنك (ZnCl ₂).	الشكل. IV. 9
50	طيف الامتصاص بالأشعة فوق البنفسجية والمرئية لمحلول أزرق الميثيلين مع جزيئات أكسيد الزنك النانوية (ZnO-NPs) المحضرة من أسيتات الزنك (Zn(CH ₃ COO) ₂).	الشكل. IV. 10
51	طيف الامتصاص بالأشعة فوق البنفسجية والمرئية لمحلول أزرق الميثيلين مع جسيمات نانوية من المنغنيز (Mn-NPs).	الشكل. IV. 11
52	طيف الامتصاص بالأشعة فوق البنفسجية والمرئية لمحلول أزرق الميثيلين مع جسيمات نانوية لأكسيد الحديد المغناطيسي (Fe ₃ O ₄).	الشكل. IV. 12

قائمة الجداول

الصفحة	العنوان	الجدول
6	مبادئ ومميزات النانو.	الجدول 1.I
22	التصنيف النباتي لنبات السدر (Ziziphus lotus).	الجدول 2.II
43	مردود مستخلص المائي العطري لنبته السدر	الجدول 2.IV
50	إمتصاصية محلول الأزرق المثليين مع (ZnO-NPs من $ZnCl_2$):	الجدول 1.6.IV
51	إمتصاصية محلول الأزرق المثليين مع (ZnO-NPs من $Zn(CH_3COO)_2$):	الجدول 2.6.IV
51	إمتصاصية محلول الأزرق المثليين مع المنغنيز (Mn-NPs) :	الجدول 3.6.IV
52	إمتصاصية الأزرق المثليين مع الحديد المغناطيسي (Fe_3O_4):	الجدول 4.6.IV

المختصرات

نانو المتر	: nm
مطيافية الأشعة فوق البنفسجية والمرئية	:UV-visible
حيودية الأشعة السينية	: Ftir
مطيافية الأشعة تحت الحمراء	: Drx
مركبات النانوية لزنك	:Zn-Nps
المركبات النانوية للمغنيز	:Mn-Nps
سلفات المغنيز	:MnSO ₄
كلوريد الزنك	: ZnCl ₂
أسيئات الزنك	:Zn(CH ₃ COO) ₂
ثابت بلانك	: H
سرعة الضوء في الوسط الذي تنتشر فيه الموجة.	: C
طول موجة الإشعاع (nm).	: λ
المردودية	:%R
كتلة الزيت المستخلص	:MHv
كتلة المادة النباتية	:Mv
ميكرو لتر	:μl
الحديد المغناطيسي	: Fe ₃ O ₄
كلوريد الحديد الثنائي	: Fe Cl ₂ ·4H ₂ O
كلوريد الحديد الثلاثي	:Fe Cl ₃ ·6H ₂ O

الفهرس

الصفحة	العنوان
	الإهداء
	شكر وعرهان
	قائمة الاشكال
	قائمة الجداول
	المختصرات
	الفهرس
	الملخص
1	مقدمة
الفصل الأول: عموميات حول جسيمات النانوية	
4	1.I. مقدمة:
4	2.I. مفاهيم أساسية في النانو:
4	1.2.I. النانو:
4	2.2.I. المقياس النانومتري:
5	3.2.I. علم النانو:
5	4.2.I. تقنية النانو:
5	3.I. أجيال تقنية تكنولوجيا النانو :
6	4.I. مبادئ ومميزات تقنية النانو:
6	5.I. أهمية تكنولوجيا النانو :
7	6.I. المواد النانوية :
7	7.I. تصنيف المواد النانوية :
7	1.7.I. المواد النانوية صفرية الأبعاد (0D):
8	2.7.I. المواد النانوية أحادية البعد (1D):
8	3.7.I. المواد النانوية ثنائية الأبعاد (2D):
8	4.7.I. المواد النانوية ثلاثية الأبعاد (D3):
8	8.I. طرق تصنيع المواد النانوية :
9	1.8.I. الطريقة الأولى: من الأعلى إلى الأسفل (Top-down Methods)
9	2.8.I. الطريقة الثانية: من الأسفل إلى الأعلى (Bottom-up method)
9	9.I. خواص المواد النانوية:
9	1.9.I. الخواص الميكانيكية :
10	2.9.I. الخواص الفيزيائية :
10	3.9.I. الخواص البيولوجية :
10	4.9.I. الخواص الكهربائية :

10	5.9.I الخواص الكيميائية :
10	10.I أشكال المواد النانوية :
10	1.10.I النقاط الكمية (Quantum Dots) :
11	2.10.I الفولورين (Fullerene) :
11	3.10.I الكرات النانوية (Nano Balls) :
12	4.10.I الأنابيب النانوية (Nanotubes) :
12	5.10.I الأسلاك النانوية (Nanowires) :
13	6.10.I الألياف النانوية (Nanofibres) :
14	7.10.I المركبات النانوية (Nano composites) :
14	8.10.I الجسيمات النانوية (Nanoparticules) :
14	11.I تصنيف الجسيمات النانوية :
15	1.11.I الجسيمات نانوية عضوية :
15	2.11.I جسيمات نانوية غير العضوية :
15	2.11.I جسيمات نانوية كربونية :
16	12.I أسباب اختلاف خواص الجسيمات النانوية :
16	1.12.I حجم الجسيمات:
16	2.12.I شكل الجسيمات:
16	3.12.I تركيب الجسيمات:
17	4.13.I درجة التجمع:
17	5.13.I التوزيع:
17	6.13.I الحصر الكمي:
17	14.I تطبيقات علوم وتكنولوجيا النانو :
17	1.15.I المواد النانوية في الإلكترونيات :
18	2.15.I تكنولوجيا النانو في الطب :
18	3.15.I تكنولوجيا النانو في الطاقة :
18	4.15.I تكنولوجيا النانو في التطبيقات البيئية:
الفصل الثاني: عموميات حول نبات السدر	
20	1.II مفاهيم أساسية حول السدر:
20	1.1.II النبتة :
20	2.1.II التعريف بالعائلة النبقية (Rhamnaceae) :
20	2.II التوزيع الجغرافي للعائلة النبقية :
20	3.II جنس السدر (Zizyphus) :
20	4.II أنواع جنس السدر (Zizyphus) :
20	1.4.II Ziziphus spina-Christi L. :
21	2.4.II Ziziphus nummularia. :

21	:Ziziphus mauritiana Lam.3.4.II
22	: Ziziphus vulgaris Lam.4.4.II
22	5.II.التصنيف العلمي لنبات السدر:
23	6.II.تسميات نبات السدر:
23	1.6.II.الاسم العلمي:
23	2.6.II.الأسماء الإقليمية :
23	7.II.الوصف المورفولوجي لنبته السدر :
24	1.7.II.الأوراق :
24	2.7.II.الأزهار :
24	3.7.II.ثمار السدر :
25	8.II.التوزيع الجغرافي للنبته:
25	1.8.II.في العالم:
25	2.8.II.في الجزائر:
26	9.II.التحليل الكيميائي والكيميائي الحيوي :
26	10.II.الأنشطة الفارماكولوجية والبيولوجية لنبات السدر:
26	1.10.II.مضادات الأكسدة والالتهاب:
27	2.10.II.الفعالية المضادة للميكروبات:
27	11.II.طرق الإستخلاص:
27	1.11.II.الإستخلاص بالتقطير:
27	2.11.II.التقطير المائي:
28	12.II.تقنيات التوصيف:
28	1.12.II.مطيافية الأشعة فوق البنفسجية والمرئية :
28	2.12.II.عرض النطاق الطيفي للأشعة فوق البنفسجية:
29	3.12.II.المبدأ :
29	4.12.II.الجهاز:
29	5.12.II.مطيافية الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه (FTIR):
30	6.12.II.المبدأ :
30	7.12.II.الجهاز:
30	8.12.II.حيود الأشعة السينية (DRX):
31	9.12.II.الجهاز :
الفصل الثالث: المواد والطرق	
33	III.المقدمة:
33	1.III.المواد والطرق:
33	2.1.III.المواد النباتية:
33	3.1.III.المواد الكيميائية :

34	III.4.1.الأدوات المخبرية :
34	III.5.1.الأجهزة المستعلة :
35	III.2.تخليق الجسيمات النانوية باستخدام الكيمياء الخضراء :
35	III.3.طرق التحضير :
35	III.1.3.تحضير مستخلص المائي المشبع بالزيوت العطرية لنبته السدر :
36	III.4.إعداد المركبات النانوية:
36	III.1.4.تحضير محلول أكسيد الزنك المحضر بواسطة كلوريد الزنك:
36	III.2.4.تحضير جسيمات نانوية أكسيد الزنك بواسطة كلوريد الزنك:
37	III.3.4.تحضير المحلول اكسيد الزنك المحضرة بواسطة أسيتات الزنك:
37	III.5.4.تحضير جسيمات النانوية اكسيد الزنك المحضرة بواسطة أسيتات الزنك:
38	III.6.4.تحضير محلول سلفات المنغنيز :
38	III.7.4.تحضير جسيمات نانوية أكسيد المنغنيز
39	III.8.7.تحضير أكسيد الحديد المغناطيسي Fe ₃ O ₄ :
39	III.9.7.تحضير مركبات النانوية لأكسيد الحديد المغناطيسي:
40	III.8. أهداف خطوات إجراء التشغيل:
41	III.9.تقييم النشاط الضوئي للمركبات النانوية باستخدام صبغة أزرق الميثيل:
الفصل الرابع: النتائج والمناقشة	
43	IV.النتائج ومناقشة:
43	IV.1.حساب مردود المستخلص :
43	IV.2.جدول لمردود مستخلص المائي العطري لنبته السدر
43	IV.3.حساب مردود كل من مركبات النانوية:
43	IV.4.التوصيف الجسيمات باستخدام مطيافية الأشعة فوق البنفسجية والمرئية(UV-visible):
46	IV.5.مطيافية الأشعة تحت الحمراء(FTIR):
46	IV.1.5.العينة الاولى: المركبات النانوية لأكسيد الزنك المحضرة بكلوريد الزنك.
47	IV.2.5.العينة الثانية: المركبات النانوية لأكسيد الزنك المحضرة بأسيتات الزنك
48	IV.3.5.العينة الثالثة: المركبات النانوية لأكسيد المنغنيز.
49	IV.4.5.العينة الرابعة:المركبات النانوية لأكسيد الحديد المغناطيسي
49	IV.6. تطبيق المركبات النانوية المحضرة في معالجة المياه:
50	IV.1.6.جدول إمتصاصية محلول الأزرق المثلين مع (ZnO-NPs من ZnCl ₂):
51	IV.2.6.جدول إمتصاصية محلول الأزرق المثلين مع (ZnO-NPs من (Zn(CH ₃ COO) ₂):
51	IV.3.6.جدول إمتصاصية محلول الأزرق المثلين مع المنغنيز (Mn-NPs) :
52	IV.4.6.جدول امتصاصية الأزرق المثلين مع الحديد المغناطيسي (Fe ₃ O ₄):
54	الخاتمة:
55	المراجع

المخلص

تهدف هذه الدراسة إلى تحضير وتوصيف جسيمات نانوية من أكاسيد الزنك والمنغنيز والحديد باستخدام التصنيع الحيوي اعتمادًا على المستخلص المائي المشبع بالزيوت العطرية لنبات السدر كمصدر طبيعي صديق للبيئة. تم استخدام كلوريد الزنك وأسياتات الزنك كمصدرين لتحضير جسيمات ZnO النانوية، إلى جانب تحضير جسيمات نانوية من أكسيد المنغنيز وأكسيد الحديد المغناطيسي. تم توصيف المواد المحضرة باستخدام تقنيات تحليلية متقدمة مثل مطيافية الأشعة فوق البنفسجية والمرئية (UV-Vis)، ومطيافية الأشعة تحت الحمراء (FTIR)، وذلك لتحديد خصائصها الفيزيائية والكيميائية. كما تم تقييم الفعالية التحفيزية لهذه الجسيمات من خلال اختبار قدرتها على إزالة صبغة أزرق المثلين من المحاليل المائية، وقد أظهرت نتائج التحليل الضوئي كفاءة عالية في امتصاص وتحليل الصبغة، مما يبرز إمكانية استخدامها في تطبيقات المعالجة البيئية وتنقية المياه.

الكلمات المفتاحية: التخليق الأخضر، الجسيمات النانوية، أكاسيد المعادن، السدر، التحفيز الضوئي، معالجة المياه.

Résumé

Cette étude vise à synthétiser et caractériser des nanoparticules d'oxydes de zinc, de manganèse et de fer à l'aide d'une méthode de synthèse verte utilisant l'extrait aqueux enrichi en huiles essentielles de la plante de jujubier (*Ziziphus lotus*) comme source naturelle et écologique. Le chlorure de zinc et l'acétate de zinc ont été utilisés comme précurseurs pour la préparation des nanoparticules de ZnO, en plus des nanoparticules d'oxyde de manganèse et d'oxyde de fer magnétique. Les nanoparticules obtenues ont été caractérisées par des techniques analytiques avancées telles que la spectroscopie UV-Visible et la spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR), afin d'étudier leurs propriétés physico-chimiques. L'activité photo catalytique de ces nanoparticules a été évaluée par la dégradation du colorant Bleu de Méthylène en solution aqueuse. Les résultats ont montré une efficacité notable, soulignant le potentiel de ces matériaux dans le domaine du traitement environnemental et de la purification des eaux.

Mots-clés : synthèse verte, nanoparticules, oxydes métalliques, *Ziziphus lotus*, photocatalyse, traitement de l'eau.

Abstract

This study aims to synthesize and characterize zinc, manganese, and iron oxide nanoparticles using a green synthesis approach based on the aqueous extract enriched with essential oils of the *Ziziphus lotus* plant as a natural and eco-friendly source. Zinc chloride and zinc acetate were employed as precursors for ZnO nanoparticle synthesis, along with the preparation of manganese oxide and magnetic iron oxide nanoparticles. The prepared nanoparticles were characterized using advanced analytical techniques such as UV-Visible spectroscopy and Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) to assess their physicochemical properties. Their photocatalytic efficiency was evaluated through the degradation of Methylene Blue dye in aqueous solution. The results demonstrated significant dye removal capabilities, highlighting the potential of these nanomaterials in environmental remediation and water purification applications.

Keywords: green synthesis, nanoparticles, metal oxides, *Ziziphus lotus*, photocatalysis, water treatment.

مقدمة عامة

مقدمة

يعتبر العلم بحر واسع في عجلة دائمة وتقدم، حيث نجد كل يوم ما هو جديد في مختلف المجالات العلمية، وبالتالي من بين التقنيات التي أصبحت موضوع العلم الحديث ومحور اهتمامه تكمن فيما يعرف بتقنية النانو. [1]

تُعد هذه التقنية من أهم التقنيات الحديثة المستخدمة في شتى المجالات، لا سيما في تصميم وتصنيع المنتجات، حيث تهدف إلى تطبيق مبادئ علم النانو بهدف ابتكار وإنتاج وسائل ومخترعات ومنتجات مفيدة. إذ تتميز بمنظومات عديدة ذات حجم متناهٍ في الصغر، بالإضافة إلى تحسين مظهر المنتج الصناعي وزيادة عمره الافتراضي من خلال التحكم في المادة ومعالجتها. [2]

لقد شهدت هذه التقنية قفزة هائلة في فروع العلوم والهندسة كافة، وشملت تطبيقاتها معظم المجالات مثل: الطبية والصيدلانية والزراعية والاقتصادية والمعلوماتية والإلكترونية والبتروكيمياوية والحيوية والعسكرية والبيئية، ولا سيما ما يتعلق بتلوث الوسط المائي. [3]

يشهد مجال علم النانو تطورًا مستمرًا، وهناك طلب كبير على الجسيمات النانوية لتلبية العديد من التطبيقات العملية والصناعية. ومع وجود بعض الغموض المحتمل في اختيار الجسيمات النانوية بين الأصول الاصطناعية والبيولوجية، تتجه الاهتمامات الحديثة في أبحاث تقنية النانو نحو استخدام المصادر الخضراء والبيولوجية والصديقة للبيئة في تصنيع الجسيمات النانوية، الأمر الذي لا يقتصر على تقليل تكلفة معالجة المواد وتحسين جودتها، بل يمتد ليشمل فوائد بيئية في دورة حياة المنتج. [4]

يُعد استخدام المصادر النباتية أو الكائنات الحية المختلفة، المستخلصات و الإنزيمات و البروتينات في التخليق الحيوي للجسيمات النانوية المعدنية مجالًا مبتكرًا لأبحاث تقنية النانو الحديثة في الآونة الأخيرة. لقد أصبحت جزيئات أكاسيد المعادن النانوية واحدة من أهم المواد النانوية التجارية على مستوى العالم، وتعود هذه الأهمية إلى تطبيقاتها المتنوعة، كما هو الحال في أجهزة الكشف.

ولتطبيق جزيئات أكاسيد المعادن النانوية في شتى المجالات وتحسين أدائها وفعاليتها، يتطلب الأمر تصنيعًا خاصًا للتحكم في شكلها وطبيعتها. [5]

في هذا السياق، يهدف هذا العمل بشكل عام إلى دراسة إمكانية التخليق الحيوي لجزيئات نانوية من أكاسيد باستخدام مستخلص مائي المتبقي المشبع بالزيوت العطرية مشتق من نبات السدر بالإضافة إلى

ذلك، يسعى هذا العمل إلى توصيف الخصائص الفيزيائية والكيميائية لهذه الجسيمات النانوية المصنّعة باستخدام تقنيات تحليلية متقدمة مثل مطيافية الأشعة فوق البنفسجية والمرئية (UV-Vis) ، ومطيافية تحويل فورييه للأشعة تحت الحمراء (FTIR) ، وحيود الأشعة السينية للمسحوق (XRD) .

وذلك تمهيدًا لدراسة تطبيقاتها المحتملة في معالجة المياه والتطبيقات البيولوجية. وقد تم تقسيم هذه الدراسة إلى الجزئين:

❖ الجزء النظري: يضم فصلين

➤ الفصل الأول: عموميات حول جسيمات النانوية

➤ الفصل الثاني: عموميات حول نبات السدر

❖ الجزء العملي: يضم فصلين

➤ الفصل الثالث : المواد و الطرق التحضير

➤ الفصل الرابع : النتائج و المناقشة

ختما، خاتمة عامة تلخص النتائج الرئيسية التي تم الحصول عليها خلال هذه الأطروحة.

الفصل الأول

عموميات حول جسيمات النانوية

1.1. مقدمة:

حظيت تقنية النانو باهتمام كبير لدى الباحثين والمختصين ربما لم تحظ به أي تقنية سابقة إذ تعد المفتاح السحري للتقدم في مختلف مجالات العلوم والمعرفة العلمية وهي واحدة من العلوم الجديدة التي تعد بتوفير مجموعة واسعة من الاستخدامات الحديثة والتقنيات المتطورة للعديد من التطبيقات وأحد الأسباب المهمة وراء الاهتمام الشديد بهذا المجال هو أن تقنية النانو تسمح بتصنيع مواد نانوية يمكن التحكم بخواصها وأشكالها واحجامها وتطبيقاتها. [6]

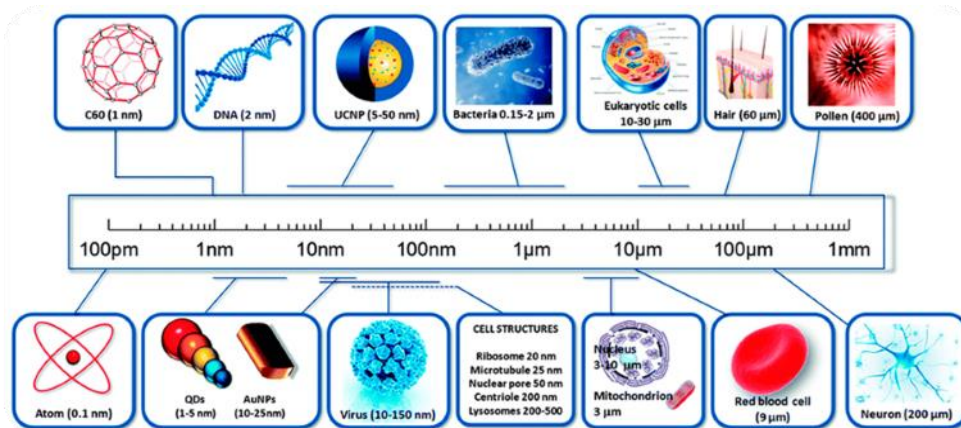
2.1. مفاهيم أساسية في النانو:

1.2.1. النانو:

إن أصل كلمة "النانو" مشتق من الكلمة الإغريقية "نانوس"، وهي كلمة إغريقية تعني القزم ويقصد بها كل ما هو صغير أو كل ما هو ضئيل الحجم وصغير جداً أو متناهي الصغر. [7]

2.2.1. المقياس النانومتري:

هو وحدة قياس فائقة الصغر، يُرمز لها بـ "nm"، وتُستخدم لتحديد أبعاد الأجسام الدقيقة جداً التي لا يمكن رؤيتها إلا باستخدام المجهر الإلكتروني. يعتبر النانومتر أدق وحدة لقياس الطول، حيث يعادل جزءاً من مليار جزء من المتر (1 نانومتر = 10^{-9} متر). هذه الدقة تجعله الوحدة المثالية لقياس الذرات والجزيئات، بالإضافة إلى المكونات الخلوية مثل البكتيريا والفيروسات. [8]



الشكل 1.1. مقياس النانومتر وعلاقته بالأحجام المختلفة. [9]

3.2.I. علم النانو:

هو علم متخصص بدراسة وتوصيف المواد النانوية، حيث يركز على تحديد خصائصها الكيميائية والفيزيائية والميكانيكية الفريدة. يهتم هذا العلم بدراسة الظواهر الجديدة التي تظهر نتيجة لتصغير حجم المواد إلى مقياس النانو، ويهدف إلى إنتاج جيل جديد من المواد تسمى المواد النانوية، تتميز بخصائص استثنائية تجعلها مثالية للتطبيقات التكنولوجية المتقدمة في هذا العصر، مما يؤدي إلى تحسين الأداء بشكل غير مسبق. [8]

4.2.I. تقنية النانو:

مجال حديث يهتم بتصميم وتصنيع أجهزة دقيقة للغاية على مقياس النانو. يركز بشكل أساسي على تعديل التركيب الجزيئي أو الذري للمواد بهدف ابتكار هياكل جديدة بكفاءة اقتصادية عالية، بحيث لا تتجاوز التكلفة المواد الخام والطاقة المستخدمة في التصنيع. في عالم تكنولوجيا النانو، يتم إعادة ترتيب الذرات والجزيئات داخل المادة، أو إضافة أو حذف مكونات، مع الالتزام بقوانين الفيزياء والكيمياء. يتيح هذا العلم القدرة على رؤية وقياس ومعالجة وإنتاج مواد وأجهزة بأبعاد تصل إلى واحد من مئة نانومتر. [10]

3.I. أجيال تقنية تكنولوجيا النانو:

تعتبر تكنولوجيا النانو الجيل الخامس الذي ظهر في عالم الإلكترونيات، ويمكن تصنيف تطور هذه التكنولوجيا على أساس المراحل الزمنية التي مرت بها الأجيال السابقة كما يلي:

❖ **الجيل الأول:** تميز باستخدام المصباح الإلكتروني (Lampa) ، وشهد تطبيقات واسعة النطاق.

❖ **الجيل الثاني:** تميز باكتشاف الترانزستور، وانتشرت تطبيقاته بشكل كبير.

❖ **الجيل الثالث:** تميز باستخدام الدوائر المتكاملة (IC - Integrated Circuit) ، وهي عبارة عن قطعة إلكترونية صغيرة جدًا شكلت قفزة هامة في تطور الإلكترونيات. فقد قامت الدوائر المتكاملة باختزال حجم العديد من الأجهزة، ورفعت من كفاءتها، وزادت من وظائفها.

❖ **الجيل الرابع:** تميز باستخدام المعالجات الدقيقة (Micro processor) ، والذي أحدث ثورة هائلة في مجال الإلكترونيات بإنتاج الحاسبات الشخصية (Personale Computer) ورقائق الكمبيوتر السليكونية التي أحدثت تقدمًا في العديد من المجالات العلمية والصناعية.

❖ الجيل الخامس: يتمثل فيما صار يُعرف باسم تكنولوجيا النانو (Nanotechnology). [11]

4.I. مبادئ ومميزات تقنية النانو:

الجدول.1.I: مبادئ ومميزات النانو. [12]

الميزة	المبدأ
إمكانية بناء أي مادة في الكون، لأن الذرة هي وحدة البناء لكل المواد.	إمكانية التحكم بتحريك الذرات منفردة بدقة وإعادة ترتيبها.
اكتشاف خصائص مميزة للمواد يُستفاد منها في الكثير من الاختراعات والمجالات التطبيقية.	الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمادة عند مقياس النانومتر تختلف عن خصائص نفس المادة عند مقياسها الطبيعي
تربط العلوم وتشجع الجميع باختلاف تخصصاتهم العلمية على الدخول في مجالها والتعاون فيما بينهم.	تعتمد تقنية النانو على مبادئ الفيزياء والكيمياء والأحياء والهندسة الكهربائية والإلكترونية.
تصبح خصائص المواد والآلات أفضل، فهي أصغر وأخف وأقوى وأسرع وأرخص وأقل استهلاكاً للطاقة.	إمكانية التحكم بالذرات في صنع المواد والآلات وتفتيتها من الشوائب وتخليصها من العيوب.
تحول الخيال العلمي إلى واقع حقيقي.	تعتمد تقنية النانو على الأبحاث العلمية التي تتصف بإمكانية تطبيقها في اختراعات واستخدامات مفيدة.

5.I. أهمية تكنولوجيا النانو:

أصبحت تقنية النانو في طليعة المجالات الأكثر أهمية وإثارة في الفيزياء، والكيمياء، والأحياء والهندسة، ومجالات عديدة أخرى. فقد أعطت أملاً كبيراً لثورات علمية في المستقبل القريب ستغير وجهة التقنية في العديد من التطبيقات، وتوفر التكنولوجيا النانوية الوسائل لرؤية الأخطار قبل أن تصبح قاتلة، وهي تمكننا أيضاً من معالجة المآسي البيئية المشخصة بما يقلل وحتى بما يعالج آثار التلوث، كتنظيف المياه الجوفية وتقليل كمية الانبعاثات الضارة ومعالجتها.

ويرجع هذا الاهتمام المتزايد بتكنولوجيا النانو في الوقت الراهن والمستقبل القريب إلى عدة عوامل، منها:

1. أنها تقنية حديثة غير مكلفة مقارنة بالتقنيات المستخدمة حالياً، وعوائدها الاقتصادية مرتفعة للغاية.

2. أنها تعمل على تكامل العلم والتكنولوجيا للتوجه نحو التطبيقات العلمية، حيث يبدأ عملها من المكونات الأساسية للمادة (الذرات والجزيئات)، مما يجعل تأثيرها واسعاً وكبيراً، ويشمل جميع مجالات العلوم والتقنية.

3. أن البحث والتطوير في مجال تكنولوجيا النانو سيعمل على تغيير كثير من الممارسات التقليدية في إنتاج وتصميم المنتجات والسلع الاستهلاكية والإلكترونية، وأجهزة الكمبيوتر، وتكنولوجيا المعلومات والاتصالات، والتكنولوجيا الحيوية، والطاقة، وغيرها من مجالات الحياة. [13]

6.I. المواد النانوية:

تُصنّف المواد النانوية ضمن المواد المبتكرة المتقدمة، والتي يمكن إنتاجها بأبعاد أو قياسات جسيمات داخلية محصورة بين 1 و 100 نانومتر. هذا الحجم النانوي يمنحها سلوكاً وخصائص مختلفة عن المواد التقليدية الأكبر حجماً (التي تزيد أبعادها عن 100 نانومتر). وتُعتبر المواد النانوية أساساً لتكنولوجيا القرن الحادي والعشرين، حيث تدخل في صميم تكنولوجيا النانو، والتكنولوجيا الحيوية، وتكنولوجيا المعلومات والاتصالات، مما يجعلها معياراً مهماً لتقدم الأمم وحضارتها ومؤشراً على نهضتها. [14]

7.I. تصنيف المواد النانوية:

تُصنف المواد النانوية حسب أبعادها إلى أربعة أصناف: صفرية الأبعاد، أحادية البعد، ثنائية الأبعاد، وثلاثية الأبعاد.

1.7.I. المواد النانوية صفرية الأبعاد (0D):

لها جميع أبعادها في مقياس النانو، أي بحجم أقل من 100 نانومتر. تشمل الجزيئات النانوية الكروية، والمكعبة، والقضبان النانوية، والمضلعات، والكرات المجوفة، والمعادن، والجزيئات النانوية ذات القلب والقشرة، بالإضافة إلى النقاط الكمومية.

2.7.I. المواد النانوية أحادية البعد (1D):

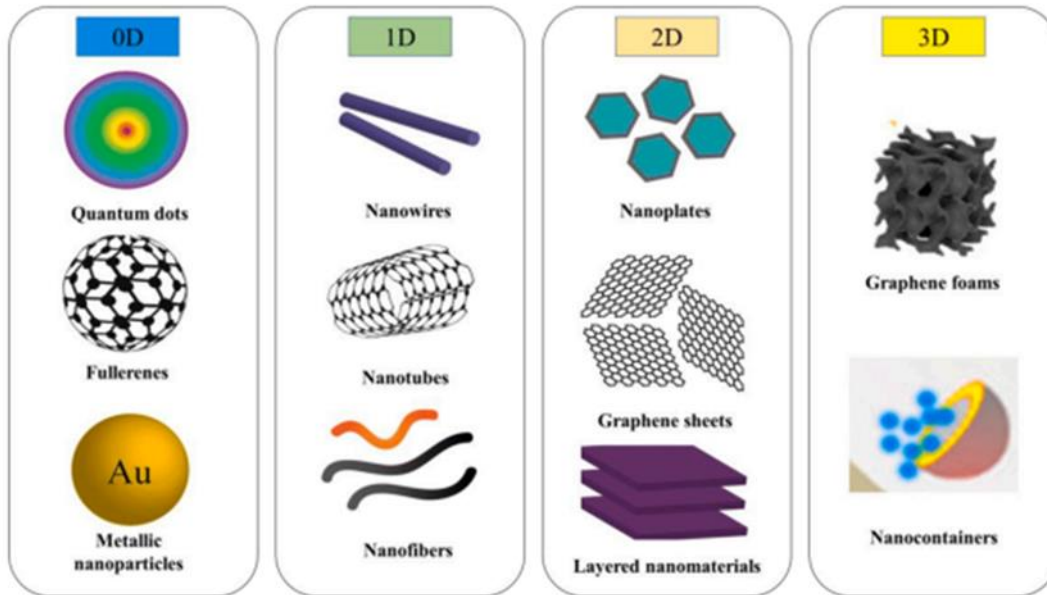
هي مواد يكون فيها بعد واحد ليس في مقياس النانو، بينما البعدان الآخران في مقياس النانو. تشمل الأنابيب النانوية، والخيوط أو الألياف النانوية المعدنية والبوليميرية والسيراميكية، بالإضافة إلى الأسلاك النانوية والألياف النانوية.

3.7.I. المواد النانوية ثنائية الأبعاد (2D):

تحتوي على بعد واحد فقط في مقياس النانو بينما البعدان الآخران ليسا كذلك. تشمل الطبقات المفردة ومتعددة الطبقات، البلورية أو غير المتبلورة، والأغشية الرقيقة، والصفائح النانوية، والطلاء النانوي.

4.7.I. المواد النانوية ثلاثية الأبعاد (D3):

هي مواد ذات أبعاد متنوعة تتجاوز 100 نانومتر. تجمع هذه المواد النانوية بين بلورات نانوية متعددة في اتجاهات مختلفة. تشمل أمثلة عليها الرغاوى، والألياف، وبراعم الكربون النانوية، والأنابيب النانوية، والفوليرينات، والأعمدة، ومتعددات البلورات، وهياكل خلايا النحل، والهياكل الطباقية. [15]



الشكل 2.I: تصنيف المواد النانوية حسب الأبعاد.

8.I. طرق تصنيع المواد النانوية:

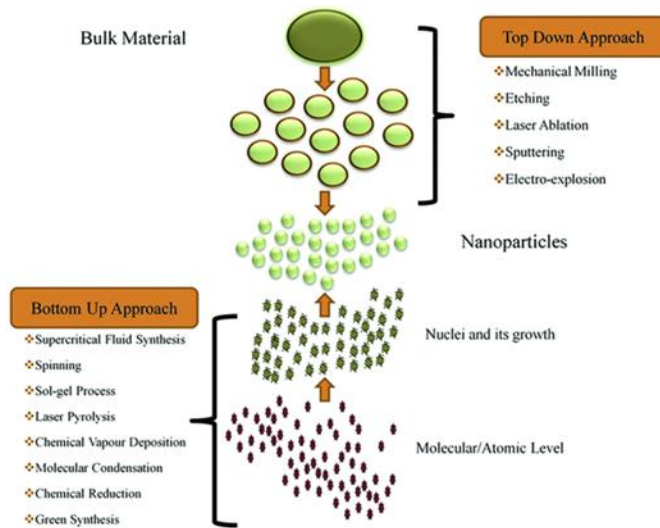
تتعدد طرق تصنيع المواد النانوية، وقد قُسمت بشكل أساسي إلى منهجين رئيسيين، يشتمل كل منهما على نطاق واسع من تقنيات التصنيع، وهما: [10]

1.8.I. الطريقة الأولى: من الأعلى إلى الأسفل (Top-down Methods)

تهدف هذه الطريقة إلى إنتاج مواد نانوية البنية عن طريق تقليل حجم المواد الأولية المعقدة بنيويًا. ويتم تحقيق ذلك باستخدام أساليب متنوعة، سواء كانت فيزيائية أو كيميائية، مثل الطحن الميكانيكي، والاستئصال الحراري، والاستئصال بالليزر. [17,16]

2.8.I. الطريقة الثانية: من الأسفل إلى الأعلى (Bottom-up method)

تتميز طريقة "من الأسفل إلى الأعلى" بقدرتها على إنتاج جسيمات نانوية بدقة عالية من خلال تجميع الذرات كوحدات بناء أساسية. يتيح هذا النهج التحكم في حجم وشكل وتركيب الجسيمات النانوية الناتجة مما يجعلها خيارًا مفضلًا في التطبيقات الكيميائية والبيولوجية التي تتطلب مواصفات دقيقة للمواد النانوية. [17]



الشكل 3.I: طرق تصنيع المواد النانوية: من الأعلى إلى الأسفل ومن الأسفل إلى الأعلى. [18]

9.I. خواص المواد النانوية: تمتلك المواد النانوية خواصًا مميزة وكثيرة، من أبرزها:

1.9.I. الخواص الميكانيكية:

تأتي الخواص الميكانيكية في مقدمة الخواص المستفيدة من تصغير حجم حبيبات المادة ووجود أعداد ضخمة من الذرات على أسطحها الخارجية، حيث ترتفع درجة صلابة المواد الفلزية وسبائكها. وتزداد مقاومتها لمواجهة الإجهادات والأحمال الواقعة عليها، كما تكتسب المواد السيراميكية قدرًا كبيرًا من المتانة والقابلية للتشكيل، وهذا يعني إنتاج أنواع جديدة من تلك المواد. [19]

2.9.I. الخواص الفيزيائية:

تتأثر قيم درجات انصهار المادة بتصغير أبعاد حبيباتها، فدرجة انصهار الذهب في حجمه الطبيعي التي تصل إلى 1064 درجة حرارية، نقل إلى 500 درجة بعد تصغير حبيباته إلى نحو 1.35 نانومتر. [19]

3.9.I. الخواص البيولوجية:

تزداد قدرة المواد النانوية على النفاذ واختراق الموانع والحواجز البيولوجية، وتحسين التلاؤم والتوافق البيولوجي، مما يسهل وصول الأدوية والعقاقير العلاجية إلى الجزء المصاب عبر الأغشية والأوعية الدموية. [19]

4.9.I. الخواص الكهربائية:

يؤدي تصغير أحجام حبيبات المواد إلى أقل من 100 نانومتر إلى تزايد قدرتها على توصيل التيار الكهربائي، مما يمكّن من استخدام هذه المواد في صناعة أجهزة الحساسات الدقيقة والشرائح الإلكترونية. [19]

5.9.I. الخواص الكيميائية:

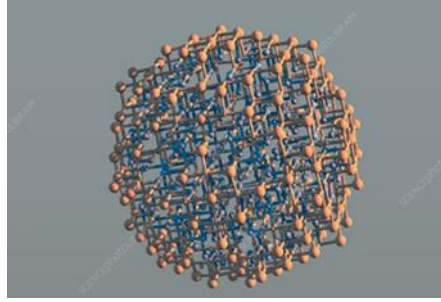
يزداد النشاط الكيميائي للمواد النانوية لوجود أعداد ضخمة من ذرات المادة على أسطحها الخارجية، حيث تعمل كمحفزات تتفاعل بقوة مع الغازات السامة، مما يجعلها مرشحة لأن تؤدي دورًا في الحد من التلوث البيئي. كما تعد خلايا الوقود أحد التطبيقات قليلة التكلفة للمحفزات النانوية، وهي من أهم مصادر الطاقة الجديدة والنظيف. [19]

10.I. أشكال المواد النانوية:

تتميز المواد النانوية بتعدد أشكالها واختلافها، حيث يمتلك كل شكل تركيبًا وخصائص وأبعادًا فريدة. ولكل نوع استخدامات خاصة تميزه عن غيره، وتُصنف هذه المواد وفقًا لأشكالها المختلفة إلى ما يلي:

1.10.I. النقاط الكمية (Quantum Dots) :

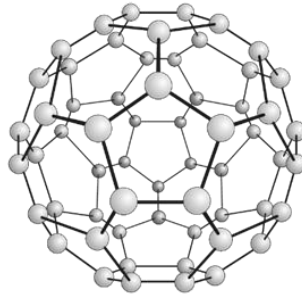
هي عبارة عن تركيب نانوي شبه موصل ثلاثي الأبعاد، حيث تتراوح أبعاده بين 2 إلى 10 نانومتر. وعندما يكون قطر النقطة الكمية يساوي 10 نانومتر، فإنه يمكن صف 3 ملايين نقطة كمية بجانب بعضها البعض بطول يساوي عرض إصبع إبهام الإنسان. [20]



الشكل I.4. نموذج ثلاثي الأبعاد لبنية نقطة كمومية. [21]

I.10.2. الفولورين (Fullerene):

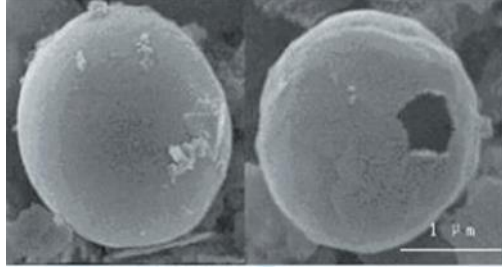
الفولورينات هي جزيئات نانوية تتكون من ذرات كربون مرتبطة ثلاثيًا، مما يكسبها شكلًا كرويًا يشبه في بنيته الجرافيت. لكنها تختلف عن الجرافيت في أنها تحتوي على حلقات خماسية (بالإضافة إلى السداسية وقد توجد سباعية أيضًا)، مما يتسبب في انحناء الطبقات وتكوين هياكل كروية أو أسطوانية. يعتبر جزيء C60، الذي تتكون بنيته من 60 ذرة كربون مرتبة على رؤوس مجسم عشريني ناقص، أشهر أنواع الفولورينات، ويتميز بكونه جزيئًا غير قابل للاحتكاك (على الرغم من أن بعض مشتقاته قد تظهر خواصًا مغناطيسية). [22]



الشكل I.5. جزيء الفوليرين C60. [23]

I.10.3. الكرات النانوية (Nano Balls) :

تُعد كرات الكربون النانوية من أهم المواد، وهي تنتمي إلى فئة الفولورينات من مادة C60 ، لكنها تختلف عنها قليلاً في التركيب حيث إنها متعددة القشرة وخاوية المركز، على خلاف الجسيمات النانوية. بينما لا توجد على سطحها فجوات كما هي الحال في الأنابيب النانوية متعددة الجدران. وبسبب أن تركيبها يشبه البصل، أطلق عليها العلماء اسم "buckyonion" ، وقد يصل قطر الكرات النانوية إلى 500 نانومتر أو أكثر. [20]

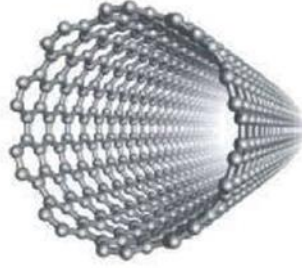


شكل 6.1. صورة توضيحية لكرة نانوية.

4.10.I الأنابيب النانوية (Nanotubes):

هي عبارة عن شرائح تُطوى بشكل أسطواني، وغالبًا ما تكون إحدى نهايتي الأنبوب مفتوحة والأخرى مغلقة بشكل نصف دائرة. تُصنع من مواد عضوية (كالكربون) أو مواد غير عضوية (كأكاسيد الفلزات مثل أكسيد الفاناديوم والمنغنيز). تتمتع هذه الأنابيب بالقوة والصلابة والناقلية الكهربائية، ولكن أكاسيد الفلزات تكون أثقل وأضعف من أنابيب الكربون.

ويتراوح قطر الأنبوب النانوي بين 1 نانومتر و 100 نانومتر، وقد يبلغ طولها 100 ميكرومتر ليشكل سلكًا نانويًا. للأنابيب النانوية عدة أشكال، فقد تكون مستقيمة، لولبية، متعرجة، خيزرانية، أو مخروطية وغيرها. [24]



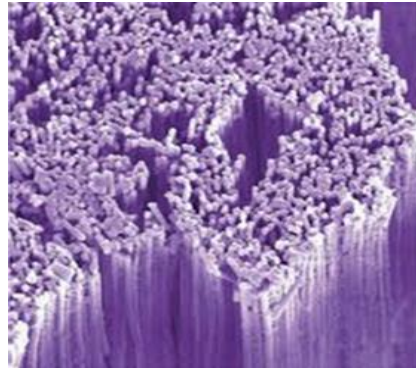
شكل 7.1. بنية أنبوب نانوي كربوني. [25]

5.10.I الأسلاك النانوية (Nanowires):

هي أسلاك بقطر قد يقل عن نانومتر واحد وبأطوال مختلفة، أي بنسبة طول إلى عرض تزيد عن 1000 مرة، لذا فهي تُلحق بالمواد ذات البعد الواحد. وكما هو متوقع، فإنها تتفوق على الأسلاك التقليدية (ثلاثية الأبعاد)، وذلك بسبب أن الإلكترونات تكون محصورة كميًا باتجاه جانبي واحد، مما يجعلها تحتل مستويات طاقة محددة تختلف عن تلك المستويات العريضة الموجودة في المادة الحجمية. [20]

وهذه الأسلاك غير موجودة في الطبيعة، بل تُحضّر في المختبر بطرق عديدة منها الكحت الكيميائي لسلك كبير أو قذف سلك كبير بواسطة جسيمات ذات طاقة عالية. وتتخذ أشكالاً عديدة متعددة منها حلزونية أو متماثلة خماسية، وعند تحضيرها تكون معلقة من الطرف العلوي أو مترسبة على سطح آخر.

للأسلاك النانوية العديد من الاستخدامات المستقبلية، كربط مكونات إلكترونية داخل دائرة صغيرة وبناء الدوائر الإلكترونية المنطقية، وقد تُستخدم مستقبلاً لتصنيع الكمبيوتر الرقمي. [24]

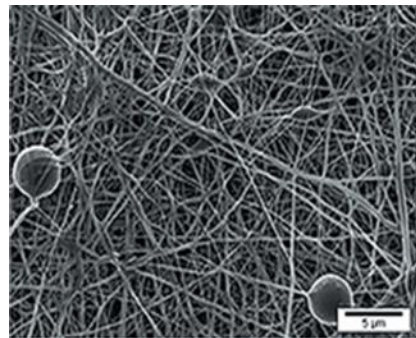


شكل I.8. صورة لأسلاك نانوية بواسطة المجهر الإلكتروني الماسح. [20]

I.10.6. الألياف النانوية (Nanofibres):

لاقت الألياف النانوية اهتماماً كبيراً مؤخراً لتطبيقاتها الصناعية. وقد اكتُشف العديد من أشكالها كالألياف السداسية والحلزونية والألياف الشبيهة بحبة القمح. [20]

تتميز الألياف النانوية بأن نسبة مساحة سطحها إلى حجمها كبيرة، حيث إن عدد ذرات السطح كبير بالنسبة للعدد الكلي، وهذا ما يكسبها خواص ميكانيكية مميزة كالصلابة وقوة الشد وغيرها، ولكنها تعاني من صعوبة التحكم في استمراريتها واستقامتها وتراصفها. [24]



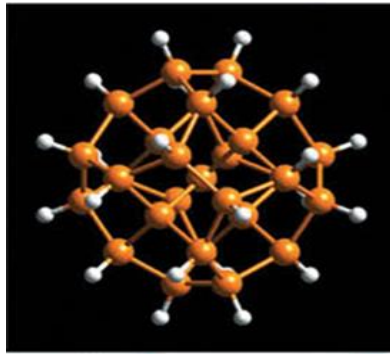
شكل I.9. صورة توضح الألياف النانوية.

7.10.I. المركبات النانوية (Nano composites):

هي عبارة عن مواد يُضاف إليها جسيمات نانوية خلال تصنيع تلك المواد، ونتيجة لذلك فإن المادة النانوية تُظهر تحسناً كبيراً في خصائصها. فعلى سبيل المثال، يؤدي إضافة أنابيب الكربون النانوية إلى تغيير خصائص التوصيلية الكهربائية والحرارية للمادة. وقد يؤدي إضافة أنواع أخرى من الجسيمات النانوية إلى تحسين الخصائص الضوئية وخصائص العزل الكهربائي، وكذلك الخصائص الميكانيكية مثل الصلابة والقوة. [22]

8.10.I. الجسيمات النانوية (Nanoparticules) :

يمكن تعريف الجسيمات النانوية على أنها عبارة عن تجمع ذري أو جزيئي ميكروسكوبي يتراوح عدد ذراته من بضع ذرات إلى مليون ذرة مرتبطة ببعضها بشكل كروي تقريباً بنصف قطر أقل من 100 نانومتر. عندما يصل حجم الجسيمات النانوية إلى مقياس النانو في بعد واحد، فإنها تُسمى البئر الكمي (Quantumwell) أما عندما يكون حجمها الثانوي في بعدين، فتُسمى السلك الكمي (Quantum Wire)، وعندما تكون هذه الجسيمات بحجم النانو في ثلاثة أبعاد، فإنها تُعرف بالنقاط الكمية (Quantum Dots). ولا بد من الإشارة هنا إلى أن التغير في الأبعاد النانوية في التركيبات الثلاثة سألفة الذكر سوف يؤثر على الخصائص الإلكترونية لها، مما يؤدي إلى حدوث تغيير كبير في الخصائص الضوئية للتركيبات النانوية. [20]



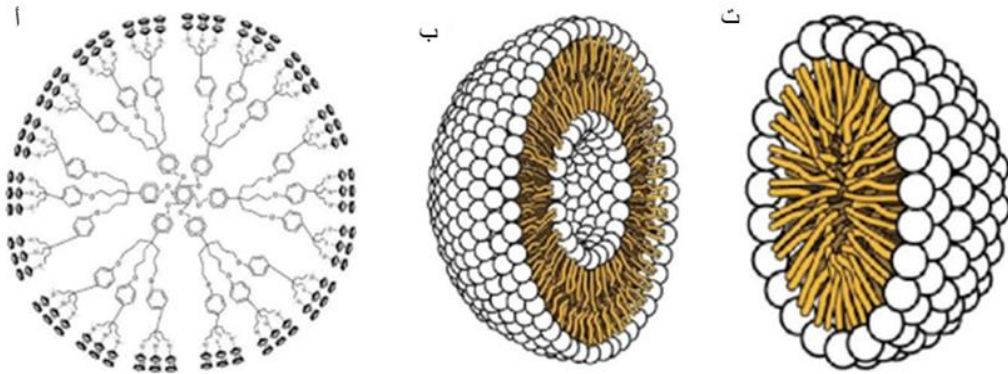
شكل 10.I. جسيم نانوي. [20]

11.I. تصنيف الجسيمات النانوية:

تُصنف الجسيمات النانوية حسب تركيبها الكيميائي إلى ثلاث فئات: جسيمات نانوية عضوية، وجسيمات نانوية غير عضوية، وجسيمات نانوية أساسها الكربون. [25]

1.11.I. الجسيمات نانوية عضوية:

يمكن تحضير العديد من الجسيمات النانوية العضوية، أو ما يُعرف بالبوليمرات الشائعة كالأسلاك النانوية. كما تم تصنيع هياكل جديدة تمثل فئة جديدة من البوليمرات ذات الهيكل المتحكم به والأبعاد النانومترية. هذه الجسيمات قابلة للتحلل، وغير سامة، وحساسة للإشعاع الحراري والكهرومغناطيسي كالحرارة والضوء. [25]



الشكل 11.I. جسيمات نانوية عضوية: أ- دندريميرات (Dendrimers) ب- لبيوزومات (Liposomes) ت - ميسيلات (micelles). [26]

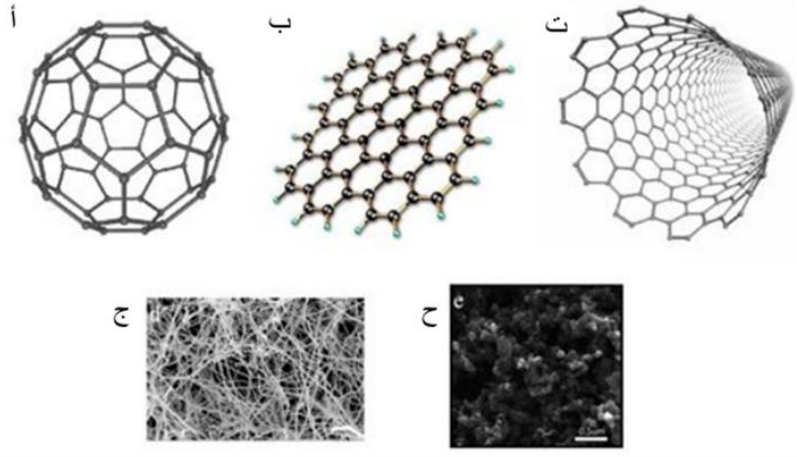
2.11.I. جسيمات النانوية غير العضوية:

تُعرّف الجسيمات النانوية غير العضوية بأنها هياكل دقيقة تتكون من ذرات غير عضوية مرتبطة بروابط تساهمية أو معدنية، ويمكن تصنيعها من مواد مثل أشباه الموصلات والسيراميك والمعادن المغناطيسية. يتميز لبّها الرئيسي ببنية بلورية ثلاثية الأبعاد ناتجة عن تبلور الأملاح غير العضوية، مما يكسبها تنظيمًا دقيقًا ومقاومة عالية لعوامل عدم الاستقرار. تُنتج هذه الجسيمات النانوية على نطاق واسع لاستخدامها الرئيسي في التطبيقات العلاجية المضادة للسرطان والأكسدة والبكتيريا. [27]

2.11.I. جسيمات نانوية كربونية:

تتميز الجسيمات النانوية القائمة على الكربون بخصائص هامة تشمل الاستقرار الكيميائي العالي، والتوصيلية الحرارية والكهربائية القوية، والامتصاص البصري العالي، والتألق، مما يجعلها ذات أهمية في مجالات بحثية متنوعة مثل أجهزة الاستشعار الحيوية، وتوصيل الأدوية، وعلاج السرطان، والعلاج الخلوي، بالإضافة إلى تطبيقات التصوير المختلفة. علاوة على ذلك، يمكن لهذه الجسيمات أن تُظهر نشاطًا مضادًا للبكتيريا من خلال تفاعلها المباشر معها وإحداث إجهاد تأكسدي يؤدي إلى تلف الخلايا البكتيرية وموتها.

تتواجد الجسيمات النانوية الكربونية بأشكال مختلفة مثل الجرافين والفلويرين وجسيمات الكربون الأسود النانوية، وتُعد خصائصها الكيميائية والفيزيائية الفريدة ضرورية للغاية في التطبيقات النانوية التكنولوجية. [27]



الشكل 12.I: جسيمات نانوية كربونية: أ - الفوليرينات (Fullerenes) ب - الجرافين (Graphene) ت - أنابيب الكربون النانوية (Carbon Nanotubes) ث - ألياف الكربون النانوية (Carbon Nanofibers) ج - أسود الكربون (Carbon Black) [26]

12.I. أسباب اختلاف خواص الجسيمات النانوية:

1.12.I. حجم الجسيمات:

إن خصائص المواد كالتوصيل واللون لا تتغير بتغير الحجم، إلا عندما يصل حجمها إلى مقياس النانومتر فإن خصائصها تتغير. فمثلاً، السيليكون بالحجم الطبيعي يعتبر مادة معتمة لا تشع، أما عندما يكون بحجم 1 نانومتر يشع باللون الأزرق، وعندما يكون بحجم 3 نانومتر يشع باللون الأحمر. [28]

2.12.I. شكل الجسيمات:

تعتمد خصائص الجسيم النانوي على الشكل الذي يكون عليه، سواءً كان كروياً أو أنبوبياً أو سداسياً أو غيرها من الأشكال. [28]

3.12.I. تركيب الجسيمات:

أي نوع الذرات أو الجزيئات التي يتركب منها الجسيم النانوي وما عددها. [28]

I.13.4. درجة التجمع:

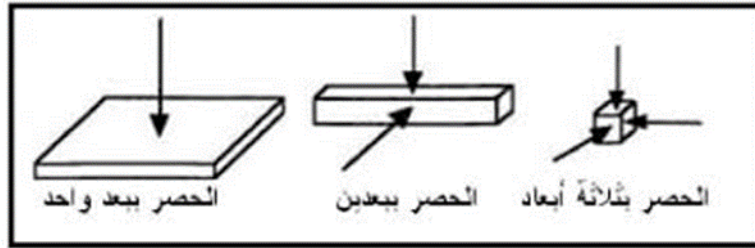
بعض الجسيمات النانوية تكون الجزيئات أو الذرات فيها متباعدة، والبعض الآخر تكون جزيئاتها أو ذراتها متكثلة متلاصقة ببعضها البعض، واختلاف درجة تجمع الجزيئات من جسيم لآخر يسبب تغيراً في الخصائص. [28]

I.13.5. التوزيع:

قد يكون توزيع الجزيئات أو الذرات داخل الجسيم منتظماً أو غير منتظم، وقد يكون مستقرًا أو غير مستقر. فمثلاً، جزيئات السيليكون متوزعة بانتظام في المحلول فيشع المحلول كله، لكن بعد تركها لعدة أيام يصبح توزيعها غير منتظم وتنزل إلى القاع، فلا يعود المحلول يشع بالكامل. [28]

I.13.6. الحصر الكمي:

فبعض المواد تكون محصورة ببعدين فتكون حركة الإلكترونات باتجاه واحد، وبعض المواد تكون محصورة في بعد واحد فتكون حركة الإلكترونات في اتجاهين. [29]



الشكل I.13. أنواع الحصر الكمي. [23]

I.14. تطبيقات علوم وتكنولوجيا النانو:

تُعتبر تكنولوجيا النانو التكنولوجيا الرائدة الأولى في العالم؛ وذلك لاعتبارها تكنولوجيا متعددة الوظائف، إذ يتم توظيفها الآن في مجالات تطبيقية متنوعة، من بينها: [30]

I.15.1. المواد النانوية في الإلكترونيات:

تُعد الإلكترونيات أحد المجالات الرئيسية التي قدمت فيها تكنولوجيا النانو مساهمات كبيرة. فقد أظهرت المواد النانوية، مثل أنابيب الكربون النانوية والنقاط الكمومية، خصائص كهربائية وبصرية رائعة. وقد استُخدمت في تطوير ترانزستورات عالية الأداء، وشاشات مرنة، وأغشية موصلة شفافة. على سبيل

المثال، استُخدمت أنابيب الكربون النانوية في صناعة ترانزستورات أسرع وأكثر كفاءة في استهلاك الطاقة، مما أتاح تصغير حجم الأجهزة الإلكترونية وتحسين أدائها. [31]

2.15.I. تكنولوجيا النانو في الطب:

تمتلك تكنولوجيا النانو القدرة على إحداث ثورة في الطب من خلال تمكين توصيل الأدوية المستهدف، وتحسين التشخيص، والعلاج التجديدي. يمكن تعديل الجسيمات النانوية لاستهداف الخلايا المريضة على وجه التحديد مع تقليل الضرر الذي يلحق بالأنسجة السليمة. يعزز هذا النهج المستهدف فعالية العلاجات ويقلل من الآثار الجانبية. بالإضافة إلى ذلك، يمكن لأجهزة الاستشعار النانوية توفير مراقبة في الوقت الفعلي للعمليات البيولوجية، مما يسهل الكشف المبكر عن الأمراض. تلعب تكنولوجيا النانو أيضًا دورًا مهمًا في هندسة الأنسجة وتطوير الأعضاء الاصطناعية. [31]

3.15.I. تكنولوجيا النانو في الطاقة:

تمتلك تكنولوجيا النانو القدرة على معالجة العديد من التحديات في قطاع الطاقة، بما في ذلك تحويل الطاقة وتخزينها وكفاءتها. أظهرت المواد النانوية، مثل الجرافين والأسلاك النانوية، وعدًا في تعزيز كفاءة الخلايا الشمسية وتحسين أنظمة تخزين الطاقة، مثل البطاريات والمكثفات الفائقة. علاوة على ذلك، تمكن تكنولوجيا النانو من تطوير أجهزة حصاد الطاقة خفيفة الوزن ومرنة، مما يفتح آفاقًا جديدة للإلكترونيات القابلة للارتداء والمحمولة. [31]

4.15.I. تكنولوجيا النانو في التطبيقات البيئية:

تقدم تكنولوجيا النانو حلولًا مبتكرة للتحديات البيئية، بما في ذلك تنقية المياه ومعالجة التلوث ومراقبته. أظهرت المواد النانوية، مثل الجسيمات النانوية والألياف النانوية، خصائص امتصاص وتحفيز استثنائية، مما يتيح الإزالة الفعالة للملوثات من الماء والهواء. يمكن لأجهزة الاستشعار النانوية اكتشاف ومراقبة الملوثات في الوقت الفعلي، مما يسهل أنظمة الإنذار المبكر. بالإضافة إلى ذلك، تلعب تكنولوجيا النانو دورًا حيويًا في تطوير مصادر الطاقة المستدامة، مثل المحفزات النانوية لخلايا الوقود. [31]

الفصل الثاني:

عموميات حول نبات السدر

II.1. مفاهيم أساسية حول السدر:**II.1.1. النبتة:****II.1.2. التعريف بالعائلة النبقية (Rhamnaceae):**

العائلة النبقية من العوائل الواسعة الانتشار، تضم حوالي 58 جنسًا، ومن أهم الأجناس فيها جنس السدر. وتضم حوالي 900 نوع تنمو في الغالب على شكل أشجار أو شجيرات، وأحيانًا نباتات معترشة، ونادرًا على شكل أعشاب. تكون دائمة الخضرة أو متساقطة الأوراق. [32]

تتصف بوجود أوراق بسيطة متبادلة أو متقابلة. أزهارها صغيرة خنثى، صفراء إلى خضراء اللون، ونادرًا ما تكون بنية، ثنائية الجنس وأحادية الجنس. الكأس يتكون من 4 إلى 5 سبلات، والتويج من 4 إلى 5 بتلات حرة. الطلع يتكون من خمس أسدية، والمدقة تتكون من 2 إلى 3 كرايل ملتحمة مع المبيض. أما سيقانها فهي أسطوانية الشكل ذات فروع متدلية، وثمارها لحمية بداخلها نواة صلبة. [33]

II.2. التوزيع الجغرافي للعائلة النبقية:

يُعتقد أن الموطن الأصلي لأشجار النبق هو مناطق جنوب أوروبا، وجبال الهيمالايا، وشمال الصين، وقد يكون شمال أفريقيا، والسودان، وشبه الجزيرة العربية، والعراق، والإمارات، وأمريكا الجنوبية. وتُزرع أشجار النبق في مصر منذ أقدم العصور، وتتمو طبيعيًا في شبه جزيرة سيناء، وبلاد الحبشة، والجزيرة العربية. وعمومًا، تنتشر زراعة أشجار النبق في المناطق الاستوائية وتحت الاستوائية. [34]

II.3. جنس السدر (Zizyphus):

يضم هذا الجنس حوالي 100 نوع مختلف تنتشر في المناطق الحارة والمعتدلة من العالم، خاصة في آسيا وأفريقيا. [35]

II.4. أنواع جنس السدر (Zizyphus):**II.4.1. Zizyphus spina-Christi L.**

هي شجرة شوكية معمرة وبطيئة النمو، تُعرف أيضًا باسم "تاج الشوك". تعتبر هذه الشجرة دائمة الخضرة ومعمرة، حيث يمكن أن يصل ارتفاعها إلى 20 مترًا وقطر جذعها إلى 60 سنتيمترًا. تنتج ثمارًا صغيرة تشبه التفاح المصغر. [35]



شكل II.1. ثمار *Ziziphus spina-christi*. [33]

II.2.4.2. *Ziziphus nummularia* :

هي أشجار شوكية صغيرة يصل ارتفاعها إلى 15 مترًا، ويبلغ قطرها 40 سم أو أكثر. تمتاز بوجود أوراق صغيرة خضراء داكنة يتراوح طولها من 12 إلى 18 مم وعرضها من 8 إلى 10 مم. ثمارها حلوة صغيرة ومستديرة. [33]



شكل II.2. شجرة *Ziziphus nummularia*. [32]

II.3.4.3. *Ziziphus mauritiana* Lam.:

يعرف هذا النوع أيضا بـ التفاح الصيني، و هو شجيرة دائم الخضرة ينتمي إلى عائلة النبق ارتفاعها من 4-12 متر أوراقها بيضاوية ، و أزهارها مصفرة. [33]



شكل II.3. *Ziziphus mauritiana* Lam. [33]

: Ziziphus vulgaris Lam.4.4.II

شجيرة يصل ارتفاعها إلى 6-8 أمتار، مقاومة للجفاف. أوراقها مستطيلة، وثمارها بيضاوية الشكل، يتراوح لونها بين البني والمحمر، وأحياناً تكون سوداء. [33]



شكل II.4. Ziziphus vulgaris Lam. [33]

II.5. التصنيف العلمي لنبات السدر:

الجدول II.1: التصنيف النباتي لنبات السدر (Ziziphus lotus). [36]

Règne	Végétal
Embranchement	Magnoliophytes (Phanérogames)
Sous-embranchement :	Magnoliophytina (Angiospermes)
Classe :	Magnoliopsida (Dicotylédones)
Sous-classe:	Rosidae
Ordre:	Rhamnales
Famille	Rhamnaceae
Tribu	<i>Ziziphae</i>
Genre:	<i>Ziziphus</i>
Espèce	<i>Ziziphus lotus (L.) Lam.</i>

II.6. تسميات نبات السدر:

II.6.1. الاسم العلمي:

[37]. *Ziziphus lotus* (L.)

II.6.2. الأسماء الإقليمية:

يُعرف نبات السدر البري (*Ziziphus lotus*) بالعديد من التسميات الإقليمية والعالمية، خاصةً:

الفرنسية: Lotus des anciens ,Jujubier sauvage, Jujubier de Berbérie .

الإنجليزية: Wild jujube, Lotus jujube, Lotus tree, Lote fruit, African jujube .

الألمانية: Wilde Jujube .

البرتغالية: Acufeifa–menor .

الإسبانية: Arto blanco ، Arto ، Azufaifo ibérico ، Azufaifo africano

العربية: زيزوف، سدر، سدر بري. [37]

II.7. الوصف المورفولوجي لنبته السدر:

السدر نبات شجري شائك، يوجد منه النوع البري والنوع المزروع. لقد عرف الإنسان شجرة السدر منذ آلاف السنين.

ينتمي نبات السدر إلى الفصيلة النبقي (Rhamnaceae)، التي تضم حوالي 58 جنساً، من أهمها *Ziziphus lotus* تشمل هذه الفصيلة حوالي 600 نوع من الأشجار والشجيرات والمتسلقات، وندراً ما توجد فيها أعشاب. تنتشر أنواع هذه الفصيلة في مختلف مناطق العالم.

تُعتبر شجرة السدر من الأشجار المعمرة، سريعة النمو، متوسطة إلى كبيرة الحجم، ودائمة الخضرة. تتميز بأنها شوكية، متفرعة، ذات شكل أسطواني ومنتشر، وكثيفة الظل. يبلغ ارتفاعها عادةً ما بين 3 إلى 4 أمتار، ولها أغصان متدلية. تحمل الشجرة أشواكاً صغيرة حادة تخرج في أزواج؛ أحدها يتجه نحو البراعم والآخر في الاتجاه المعاكس. تختلف كثافة الأشواك حسب الصنف، كما تمتاز بمجموعها الجذري العميق. [38]

II.7.1. الأوراق:

أوراق السدر بسيطة ومتقابلة، ذات عنق يتراوح طوله من 4 إلى 5 ملليمترات. شكلها بيضوي، ولونها أخضر نضر ولامع، وتحتوي على خطوط واضحة في الجهة العلوية. أما الجهة السفلية، فتميل إلى اللون الأبيض ومغطاة بوبر حريري قصير. يتراوح طول الورقة من 2 إلى 7 سنتيمترات، وعرضها من 1 إلى 3 سنتيمترات، وتتميز بثلاثة أضلاع صاعدة. [36]



شكل II.5. أوراق السدر. [39]

II.7.2. الأزهار:

أزهار السدر صغيرة الحجم، ذات لون أخضر مصفر، وهي أزهار خنثى أو متعددة الجنس. تتجمع الأزهار في عناقيد أو مجاميع صغيرة تخرج من آباط الأوراق على النموات الحديثة. تزهر الأشجار في فصلي الصيف والخريف. يتم التلقيح بواسطة الحشرات وخاصةً حشرة نحل العسل، حيث أن أزهار السدر محببة جداً للنحل. [40]



شكل II.6. ازهار نبات السدر. [39,34]

II.7.3. ثمار السدر:

ثمار السدر بيضوية الشكل وملساء. يكون لونها أخضر شاحباً يميل إلى الاصفرار، وعند النضج يتحول إلى اللون الأحمر. يصل قطر الثمرة إلى حوالي 1 سنتيمتر، وهي تشبه إلى حد ما ثمار الزيتون

الصغيرة. لب الثمرة صغير، لونه أبيض مخضر، وله نكهة مميزة عند اكتمال النضج. تنضج الثمار في فصلي الربيع والصيف وتُستهلك طازجة. [38]



شكل II.7. ثمار السدر. [39,34]

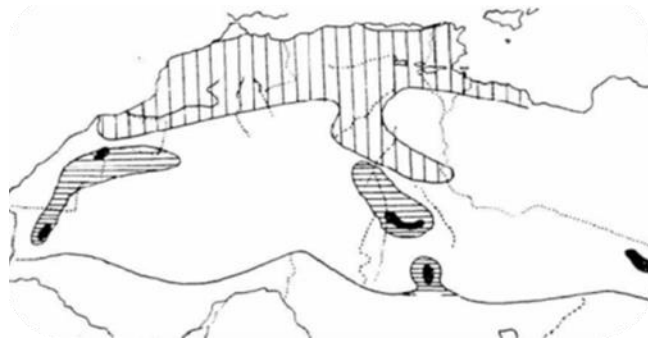
II.8. التوزيع الجغرافي للنبته:

II.8.1. في العالم:

يشمل جنس *Ziziphus* حوالي 50 نوعاً تنتشر في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية في نصفي الكرة الأرضية. أحد هذه الأنواع هو السدر اللوطسي (*Ziziphus lotus*)، الذي ينمو بشكل طبيعي في جنوب إسبانيا والبرتغال وصقلية واليونان. كما يوجد أيضاً في السهوب الصحراوية في شمال إفريقيا وآسيا الصغرى. [38]

II.8.2. في الجزائر:

ينتشر هذا الشجر بشكل خاص في الكثبان الرملية في المنطقة الصحراوية الجزائرية، وكذلك في المناطق القاحلة وشبه القاحلة حيث ينمو في أنواع مختلفة من التربة. وهو منتشر على نطاق واسع في مناطق عين وسارة ومسعد (ولاية الجلفة)، وفي منطقة غليزان (غرب الجزائر). [41]

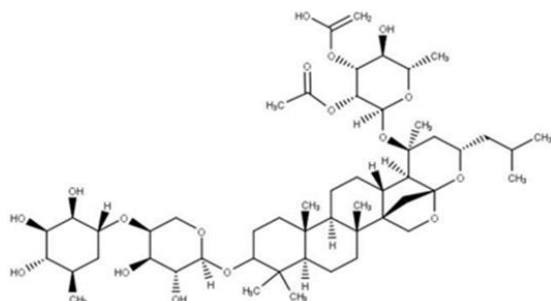


شكل II.8. نطاق انتشار *Ziziphus lotus* في الجزائر. [41]

9.II. التحليل الكيميائي والكيميائي الحيوي:

تحتوي ثمرة *Ziziphus* على نسبة تتراوح بين 64 و 85% من الماء، و 0.4 إلى 0.73% من المواد المعدنية، و 20 إلى 32% من السكريات، و 0.8 إلى 2.1% من البروتينات، و 0.1 إلى 0.3% من الليبيدات. يتميز لب الثمرة بغناه بالغلوكوزيدات، بالإضافة إلى فيتامين أ. علاوة على ذلك، فإن *Ziziphus* غني بالسكريات المتعددة و 18 حمضاً أمينياً لها تأثيرات محددة على جسم الإنسان.

أكدت العديد من الدراسات غنى العناب بالقلويدات والفلافونويدات والستيرولات والتانينات والصابونين والترتريبنويدات. وعلى وجه الخصوص، تحتوي الأوراق على قلويدات مختلفة، بما في ذلك الزيزيفين، والجوبانين، والأمفيبين، والألفا تريبنول، واللينالول، والصابونين المتنوع. [42]



شكل 9.II. المركبات الكيميائية الموجودة في نبات السدر (*Ziziphus*). [43]

10.II. الأنشطة الفارماكولوجية والبيولوجية لنبات السدر:

لقد ثبتت الفوائد العلاجية لمكونات نبات السدر أو مستخلصاته في العديد من التجارب المخبرية وكذا في جسم الكائن الحي، حيث بينت الأبحاث الأخيرة أن هذا النبات يملك العديد من التأثيرات البيولوجية المتمثلة في:

1.10.II. مضادات الأكسدة والالتهاب:

تُظهر العديد من الأبحاث أن مستخلصات نبات السدر تتميز بغناها بالمركبات المضادة للأكسدة، مثل الأحماض الفينولية والفلافونويدات والقلويدات والصابونيات. وقد ثبت أن هذه المكونات تساهم في تثبيط الإجهاد التأكسدي والالتهابات عن طريق تقليل أنواع الأكسجين التفاعلية. علاوة على ذلك، كشفت دراسات مخبرية متعددة عن قدرة أجزاء مختلفة من نبات السدر على اقتناص الجذور الحرة وحماية الدهون من التلف الناتج عن الأكسدة، وبالتالي منع تلف الخلايا. وفي سياق متصل، أثبتت دراسة أخرى أن زيت نبات السدر يمتلك نشاطاً مضاداً للالتهاب عند جرعة 300 مغ/كغ.

II.10.2. الفعالية المضادة للميكروبات:

أثبتت العديد من التجارب السريرية أن المستخلصات الميثانولية والمائية لأوراق نبات السدر أو أنواع أخرى من جنس (Ziziphus) لها القدرة على تثبيط نمو أنواع عديدة من البكتيريا، مثل Klebsiella pneumoniae، Escherichia coli، و Staphylococcus aureus. بالإضافة إلى ذلك، أظهرت هذه المستخلصات فعالية ضد أنواع مختلفة من الفطريات، مثل Botrytis cinerea، Fusarium solani، و Fusarium culmorum [44].

II.11. طرق الإستخلاص:

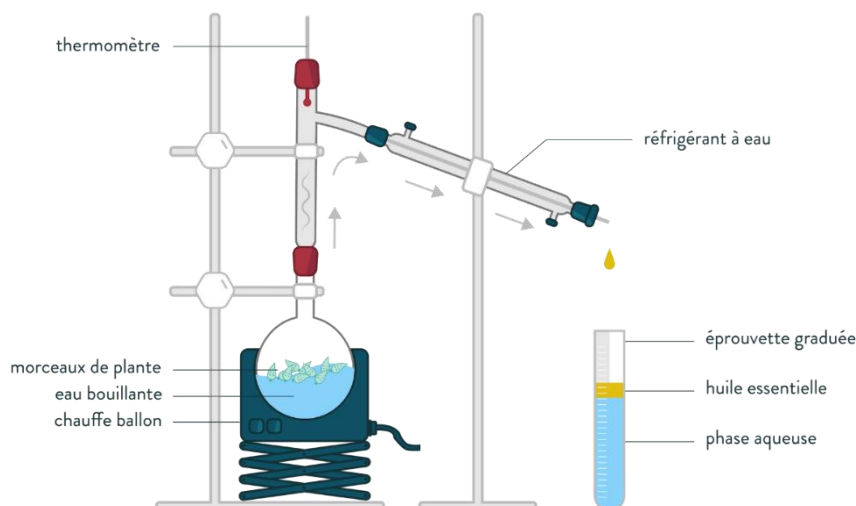
تتعدد التقنيات المستخدمة في إستخلاص الزيوت الأساسية، ويُعد التقطير أقدمها وأكثرها شيوعًا. ومع التطور العلمي، ظهرت طرق استخلاص حديثة تهدف إلى تحقيق كفاءة أعلى وجودة أفضل للزيوت المستخلصة، بالإضافة إلى تقليل المدة الزمنية وكمية المذيبات المستخدمة، وتسريع عملية الاستخلاص نفسها. [45]

II.11.1. الإستخلاص بالتقطير:

تُعد طريقة الاستخلاص بالتقطير من أقدم التقنيات المستخدمة لاستخلاص الزيوت العطرية، وذلك لسهولة تطبيقها، وتكلفتها المنخفضة نسبيًا، وقصر مدة إجرائها. تعتمد هذه الطريقة بشكل أساسي على مبدأ خروج الزيت الطيار من مواضع تجمعه وتراكيبه الإفرازية داخل الأنسجة النباتية. يتحول الزيت إلى الحالة الغازية أو البخارية ويُحمل بواسطة البخار المائي الناتج عن التسخين. يمر هذا المزيج الغازي عبر وحدات التكثيف، حيث يتحول إلى خليط سائل يتكون من الزيت والماء. بعد ذلك، يصبح من السهل فصل المادة الزيتية عن الماء. [46]

II.11.2. التقطير المائي:

تعتمد تقنية التقطير المائي على غمر المادة النباتية بشكل مباشر في وعاء تقطير يحتوي على الماء، ثم تسخين هذا الوعاء. يؤدي التسخين إلى غليان الماء وتساعد بخاره الذي يحمل معه الزيوت الأساسية الطيارة من داخل الأنسجة النباتية. يمر هذا الخليط البخاري غير المتجانس عبر مكثف، حيث يتحول إلى سائل يتكون من الزيت الأساسي والماء المقطر (الهيدرولات). نظرًا لخفة الزيت الأساسي مقارنة بالماء، فإنه ينفصل ويطفو على سطحه، مما يسهل عملية جمعه. وقد استخدمت هذه الطريقة على نطاق واسع في العديد من البحوث والدراسات لاستخلاص الزيوت العطرية. [47]



شكل II. 10. رسم تخطيطي لجهاز الاستخلاص بالتقطير المائي (hydrodistillation). [45]

II.12. تقنيات التوصيف:

يتطلب توصيف الجسيمات النانوية المصنعة تقنيات مختلفة، والتي تشمل عمومًا: مطيافية الأشعة فوق البنفسجية والمرئية (UV-Visible)، ومطيافية الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه (FTIR)، حيود الأشعة السينية (DRX).

II.12.1. مطيافية الأشعة فوق البنفسجية والمرئية :

يعتبر مقياس الطيف الضوئي للامتصاص المرئي أو فوق البنفسجي تقنية تحليلية مستخدمة على نطاق واسع للمواد المعدنية والعضوية. تمتص المواد الضوء بشكل مختلف اعتمادًا على الطول الموجي للضوء. هذه الظاهرة غالبًا ما تكون مسؤولة عن لون المواد عندما يتعلق الامتصاص بأطوال موجية في النطاق المرئي. [47]

II.12.2. عرض النطاق الطيفي للأشعة فوق البنفسجية:

	Visible	Proche UV	UV lointain
Domaine Spectral	800nm (rouge) 400nm(indigo)	400nm-200 nm	200nm-10 nm

3.12.II. المبدأ:

يقوم مبدأ مطيافية الامتصاص في نطاق الأشعة فوق البنفسجية والمرئية على امتصاص الإشعاع بواسطة الجزيئات في المجال الذي يتراوح بين 190 و 800 نانومتر، وهو ما يتوافق مع الأشعة فوق البنفسجية (190-400 نانومتر) والضوء المرئي (400-800 نانومتر). تغطي بعض مقاييس الطيف الضوئي أيضًا منطقة الأشعة تحت الحمراء القريبة حتى 2500 نانومتر على سبيل المثال.

في هذا التطبيق، يمكن اعتبار إشعاع الأشعة فوق البنفسجية والمرئية كموجة كهرومغناطيسية تحمل طاقة (E) مرتبطة بترددتها (ν) بالعلاقة:

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

(h): ثابت بلانك ($h = 6.63 \times 10^{-34}$)

(c): سرعة الضوء في الوسط الذي تنتشر فيه الموجة.

(λ): طول موجة الإشعاع، يُعبر عنه عادةً بالنانومتر (nm). [47].

4.12.II. الجهاز:



شكل II.11. جهاز تحليلي طيف الأشعة فوق البنفسجية (UV-visible).

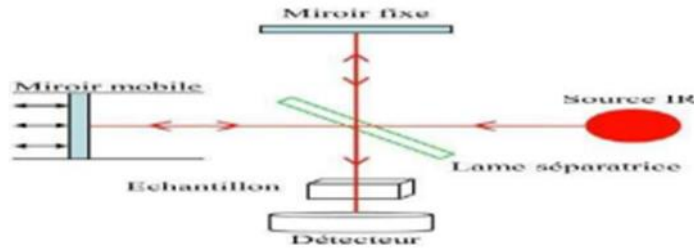
5.12.II. مطيافية الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه: (FTIR)

مطيافية الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه FTIR هي تقنية تحليلية تستخدم لتحديد المجموعات الوظيفية الكيميائية الموجودة في عينة. تستخدم FTIR موجات الأشعة تحت الحمراء لإنشاء طيف يمكن استخدامه لتحديد مجموعات الروابط الوظيفية في جزيء. تستخدم هذه التقنية على نطاق واسع في مجالات الكيمياء وعلوم المواد والكيمياء الحيوية. لإجراء قياس FTIR، يتم توجيه شعاع من الأشعة تحت الحمراء

عبر عينة ويتم الكشف عنه على الجانب الآخر. يتم بعد ذلك تحويل طيف الأشعة تحت الحمراء الناتج بواسطة تحويل فورييه لإنتاج طيف يمكن تحليله. يتم استخدام برامج متخصصة لتحديد نطاقات الامتصاص في الطيف وتحديد المجموعات الوظيفية الكيميائية الموجودة. [47]

II.6.12. المبدأ:

يعتمد مبدأ مطياف الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه (FTIR) على توجيه شعاع من إشعاع الأشعة تحت الحمراء عبر عينة. تمتص الجزيئات الموجودة في العينة جزءًا من هذا الإشعاع، والذي ينعكس كطيف امتصاص بالأشعة تحت الحمراء فريد لكل عينة. يقيس مطياف FTIR شدة هذا الضوء الممتص عند كل طول موجي، ثم يستخدم تحويل فورييه (FTIR) لتحويل هذا القياس إلى طيف امتصاص بالأشعة تحت الحمراء، والذي تتم مقارنته بعد ذلك بمكتبة من الأطياف لتحديد مكونات العينة. [48]



شكل II.12. مخطط مبني لمطياف الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه. [47]

II.7.12. الجهاز:



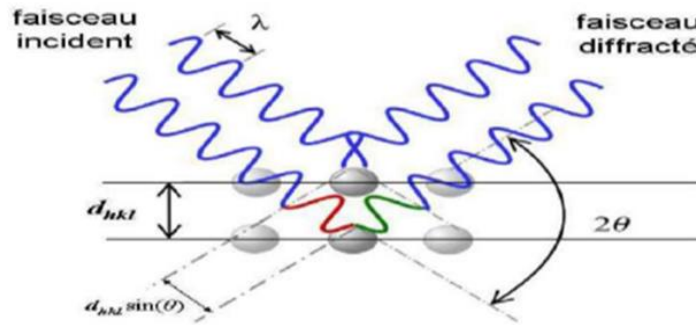
شكل II.13. صورة لمطياف الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه. [47]

II.8.12. حيود الأشعة السينية: (DRX)

حيود الأشعة السينية (DRX) هو تقنية علم البلورات تسمح بدراسة البنية البلورية لمادة ما عن طريق تحليل حيود الأشعة السينية الذي يحدث عندما تمر الأشعة السينية عبر مادة بلورية.

هدف هذه الطريقة هو:

- تحديد بنية الطبقات الرقيقة.
- قياس معاملات الشبكة وحجم البلورات الدقيقة.
- السماح بفحص حالة الإجهاد للترسبات. [47]



شكل II.14. مخطط يمثل مبدأ مطياف حيود الأشعة السينية (DRX) بواسطة شبكة بلورية. [47]

II.9.12. الجهاز:



شكل II.15. صور لـ (أ): جهاز حيود الأشعة السينية و (ب): مطياف حيود الأشعة السينية. [47]

الفصل الثالث

المواد والطرق

III. المقدمة:

يهدف هذا البحث إلى المساهمة في تطوير مواد نانوية مستدامة بيئيًا من خلال تطبيق مبادئ التخليق الأخضر. وتتمحور الدراسة حول الاستفادة من الماء المتبقي المشبع بالزيوت العطرية المستخلص من نبتة السدر في تحضير وتوصيف مركبات نانوية محددة وبعض أكاسيد المعادن. وقد أُجريت التجارب العملية لهذا البحث في المخبر البيداغوجي التابع لقسم هندسة الطرائق بكلية العلوم التطبيقية بجامعة ورقلة. شملت هذه التجارب تخليق المواد النانوية الناتجة وتحليلها باستخدام تقنية مطيافية الأشعة فوق البنفسجية والمرئية. والتي تم إجراؤها في كل من مركز البحث العلمي والمخبر العلمي التابع للأرضية التقنية للتحاليل الفيزيائية والكيميائية في ورقلة.

III.1. المواد والطرق:

III.1.1. المواد النباتية:

- المادة النباتية المستخدمة في هذه الدراسة هي اوراق نبات السدر،حيث تم شراؤها من عند العطار
- قمنا بازالة بعض الشوائب مثل الاشواك و الثمار والاعصان الصغيرة

III.1.3. المواد الكيميائية :

- ماء مقطر
- هيدروكسيد الصوديوم
- ماء ثنائي التقطير (Eau bidistillée).
- المثل الازرق
- كبريتات المغنيز الثنائي
- كلوريد الزنك
- استيات الزنك
- مستخلص المائي متبقي المشبع بالزيوت العطري لنبتة السدر.
- كلوريد الحديد الثنائي
- كلوريد الحديد الثلاثي

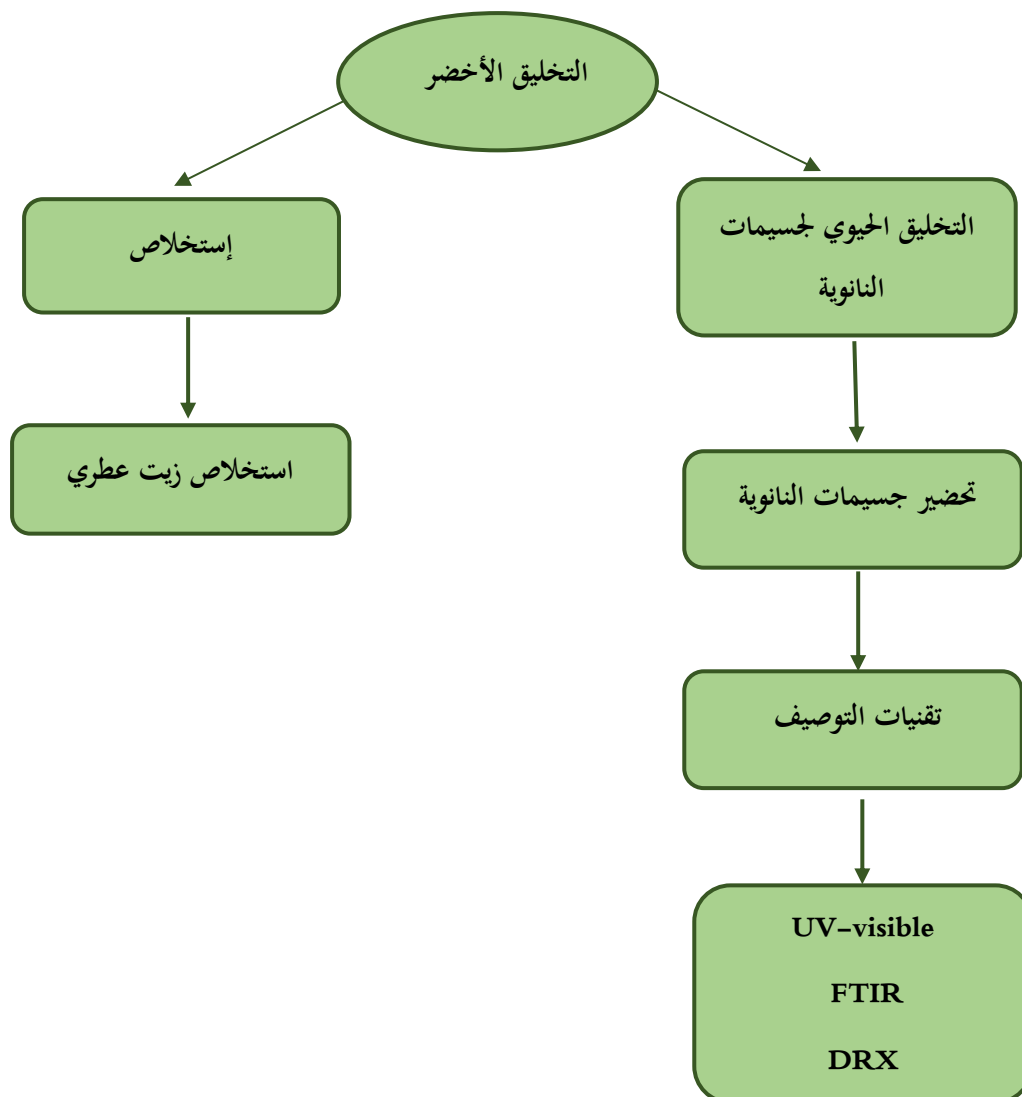
III.4.1. الأذوات المخبرية :

- بيشير
- قمع لترشيح
- حوجلة
- سحاحة
- ورق الالمنيوم
- ايرلينة
- ورق الترشيح
- حجر مغناطيسي
- ملعقة
- أنابيب خاصة بالطرد المركزي

III.5.1. الأجهزة المستعلة :

- طرد المركزي
- ميزان كهربائي
- محرك مغناطيسي
- فرن لتجفيف
- مطيافية الأشعة فوق البنفسجية (UV visible)
- مطيافية الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه (FT-IR)
- حيود الأشعة السينية (DRX)

III.2. تخليق الجسيمات النانوية باستخدام الكيمياء الخضراء:



شكل III.1. مخطط مراحل تخليق الجسيمات النانوية باستخدام الكيمياء الخضراء

III.3. طرق التحضير:

III.3.1. تحضير مستخلص المائي المشبع بالزيوت العطرية لنبته السدر :

لتحضير ماء متبقي مشبع بالزيوت العطرية من اوراق نبات السدر باستخدام جهاز تقطير مائي من نوع كلفنجر (Clevenger apparatus) .

قمنا بوضع 50 غرام من أوراق نبات السدر في دورق التقطير مع 200 مل من الماء، ثم تم تسخين الخليط إلى درجة حرارة 80 درجة مئوية. مما يؤدي إلى تبخر الماء حاملاً معه جزيئات الزيوت العطرية المتطايرة من النبتة. يمر البخار الناتج عبر مكثف حيث يبرد ويتكثف، ويُجمع السائل المتكثف في

بيشر . يتم فصل الزيت الأساسي تلقائيًا في الجزء العلوي من وحدة التجميع، بينما يتجمع الماء المشبع بالمركبات العطرية القابلة للذوبان في الجزء السفلي. تستمر عملية التقطير حتى يتم الحصول على الكمية المرغوبة ، والذي يُعتبر الماء المتبقي المشبع بالزيوت العطرية. يُحفظ الناتج في عبوة زجاجية معتمدة ومحكمة الإغلاق للحفاظ على جودته وفعاليتها.



شكل. III.2. صورة لجهاز تقطير المائي من نوع كليفنجر

III.4. إعداد المركبات النانوية:

III.4.1. تحضير محلول أكسيد الزنك المحضر بواسطة كلوريد الزنك:

لتحضير محلول، قمنا بإذابة 1.36 غ من كلوريد الزنك الصلب في دورق حجمي 100 مل يحتوي على ماء مقطر ثنائيًا تم رججنا الدورق جيدًا للحصول على محلول متجانس.

III.4.2. تحضير جسيمات نانوية أكسيد الزنك بواسطة كلوريد الزنك:

تم تحضير 100 مل من محلول كلوريد الزنك ووضعه في بيشر يحتوي على قضيب مغناطيسي للتحريك. وُضع البيشر على خلاط مغناطيسي مزود بجهاز تسخين، حيث تم رفع درجة حرارة المحلول إلى 80 درجة مئوية. بعد 10 دقائق من التسخين، أضيفت كمية 30 مل من المستخلص المائي المشبع بالزيوت العطرية لنبات السدر تدريجيًا باستخدام سحاحة، مع استمرار التحريك لضمان التفاعل المتجانس.

استمر التفاعل لمدة ساعتين تحت نفس ظروف التحريك ودرجة الحرارة. بعد انتهاء التفاعل، تم ضبط قيمة الرقم الهيدروجيني (pH) للمحلول إلى 10 عبر الإضافة البطيئة لمحلول هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) باستخدام سحاحة، وبشكل قطرة بقطرة مع تحريك مستمر.

بعد ضبط الـ pH ، نُقل الخليط إلى أنابيب مخصصة للطرد المركزي، وأُجريت عملية الطرد المركزي عند سرعة 6000 دورة في الدقيقة لمدة 15 دقيقة. بعد الانتهاء من الطرد، تم فصل الراسب عن السائل الفوقي بواسطة عملية الترشيح. ثم غُسل الراسب الناتج ثلاث مرات باستخدام الماء المقطر لإزالة الشوائب المتبقية.

جُمع الراسب الناتج، ثم جُفف في فرن تجفيف لمدة ساعتين. بعد اكتمال عملية التجفيف، تم حفظ الراسب في أنابيب زجاجية صغيرة مغطاة بورق الألمنيوم، وتخزينها في الثلاجة لاستخدامها في التطبيقات المستقبلية. [48]

III.4.3. تحضير المحلول اكسيد الزنك المحضرة بواسطة أسيتات الزنك:

لتحضير محلول، قمنا بإذابة 2,1 غ من أسيتات الزنك الصلب في دورق حجمي 100 مل يحتوي على ماء مقطر ثنائياً تم رجنا الدورق جيداً للحصول على محلول متجانس.

III.4.5. تحضير جسيمات النانوية اكسيد الزنك المحضرة بواسطة أسيتات الزنك:

تم تحضير 100 مل من محلول أسيتات الزنك ووضِع في بيشر يحتوي على قضيب مغناطيسي للتحريك. وُضِع البيشر على خلاط مغناطيسي مزود بجهاز تسخين، حيث تم رفع درجة حرارة المحلول إلى 80 درجة مئوية. بعد 10 دقائق من التسخين، أُضيفت كمية 30 مل من المستخلص المائي المشبع بالزيوت العطرية لنبات السدر تدريجياً باستخدام سحاحة، مع استمرار التحريك لضمان التفاعل المتجانس.

استمر التفاعل لمدة ساعتين تحت نفس ظروف التحريك ودرجة الحرارة. بعد انتهاء التفاعل، تم ضبط قيمة الرقم الهيدروجيني (pH) للمحلول إلى 10 عبر الإضافة البطيئة لمحلول هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) باستخدام سحاحة، وبشكل قطرة بقطرة مع تحريك مستمر.

بعد ضبط الـ pH ، نُقل الخليط إلى أنابيب مخصصة للطرد المركزي، وأُجريت عملية الطرد المركزي عند سرعة 6000 دورة في الدقيقة لمدة 15 دقيقة. بعد الانتهاء من الطرد، تم فصل الراسب عن السائل الفوقي بواسطة عملية الترشيح. ثم غسل الراسب الناتج ثلاث مرات باستخدام الماء المقطر لإزالة الشوائب المتبقية.

جُمع الراسب الناتج، ثم جُفف في فرن تجفيف لمدة ساعتين. بعد اكتمال عملية التجفيف، تم حفظ الراسب في أنابيب زجاجية صغيرة مغطاة بورق الألمنيوم، وتخزينها في الثلاجة لاستخدامها في التطبيقات المستقبلية. [48]

III.6.4. تحضير محلول سلفات المنغنيز:

لتحضير محلول، قمنا بإذابة 1.5 غرام من كبريتات المنغنيز الصلب في دورق حجمي 100 مل يحتوي على ماء مقطر ثنائياً، تم رجنا الدورق جيداً للحصول على محلول متجانس.

III.7.4. تحضير جسيمات نانوية أكسيد المنغنيز

تم تحضير 100 مل من محلول سلفات المنغنيز ووضِع في بيشر يحتوي على قضيب مغناطيسي للتحريك. وُضِع البيشر على خلاط مغناطيسي مزود بجهاز تسخين، حيث تم رفع درجة حرارة المحلول إلى 80 درجة مئوية. بعد 10 دقائق من التسخين، أُضيفت كمية 30 مل من المستخلص المائي المشبع بالزيوت العطرية لنبات السدر تدريجياً باستخدام سحاحة، مع استمرار التحريك لضمان التفاعل المتجانس.

استمر التفاعل لمدة ساعتين تحت نفس ظروف التحريك ودرجة الحرارة. بعد انتهاء التفاعل، تم ضبط قيمة الرقم الهيدروجيني (pH) للمحلول إلى 10 عبر الإضافة البطيئة لمحلول هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) باستخدام سحاحة، وبشكل قطرة بقطرة مع تحريك مستمر.

بعد ضبط الـ pH، نُقِل الخليط إلى أنابيب مخصصة للطرد المركزي، وأُجريت عملية الطرد المركزي عند سرعة 6000 دورة في الدقيقة لمدة 15 دقيقة. بعد الانتهاء من الطرد، تم فصل الراسب عن السائل الفوقي بواسطة عملية الترشيح، ثم غُسل الراسب الناتج ثلاث مرات باستخدام الماء المقطر لإزالة الشوائب المتبقية.

جُمع الراسب الناتج، ثم جُفف في فرن تجفيف لمدة ساعتين. بعد اكتمال عملية التجفيف، تم حفظ الراسب في أنابيب زجاجية صغيرة مغطاة بورق الألمنيوم، وتخزينها في الثلاجة لاستخدامها في التطبيقات المستقبلية. [49]

III.7.8. تحضير أكسيد الحديد المغناطيسي:

تم إذابة 2.703 غرام من كلوريد الحديد الثلاثي ($\text{Fe Cl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) في 50 مل من ماء مقطر مضاعف، وكذلك تم إذابة 0.813 غرام من كلوريد الحديد الثنائي ($\text{Fe Cl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) في 50 مل من ماء مقطر مضاعف. بعد ذلك، نُقل المحلولان إلى دورق حجمي سعته 100 مل، حيث تم رجّهما جيدًا لضمان امتزاجهما بشكل كامل، مكونين محلولًا متجانسًا يحتوي على أيونات الحديد اللازمة لتحضير أكسيد الحديد المغناطيسي (Fe_3O_4).

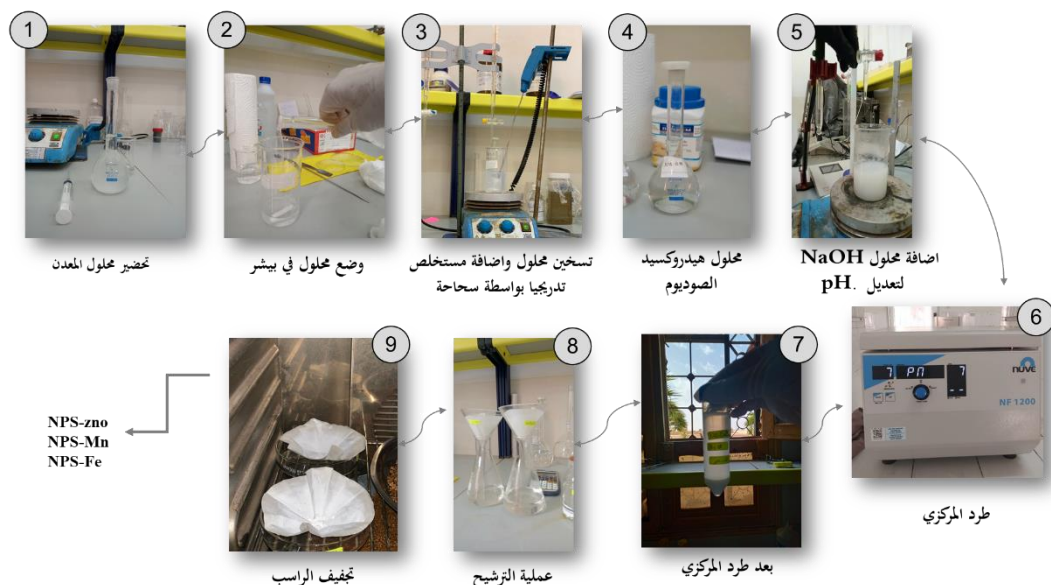
III.7.9. تحضير مركبات النانوية لأكسيد الحديد المغناطيسي:

تم تحضير 100 مل من محلول أكسيد الحديد المغناطيسي ووضعه في بيشر يحتوي على قضيب مغناطيسي للتحريك. وُضع البيشر على خلاط مغناطيسي مزود بجهاز تسخين، حيث تم رفع درجة حرارة المحلول إلى 45 درجة مئوية. بعد 10 دقائق من التسخين، أُضيفت كمية 30 مل من المستخلص المائي المشبع بالزيوت العطرية لنبات السدر تدريجيًا باستخدام سحاحة، مع استمرار التحريك لضمان التفاعل المتجانس.

استمر التفاعل لمدة ساعتين تحت نفس ظروف التحريك ودرجة الحرارة. بعد انتهاء التفاعل، تم ضبط قيمة الرقم الهيدروجيني (pH) للمحلول إلى 10 عبر الإضافة البطيئة لمحلول هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) باستخدام سحاحة، وبشكل قطرة بقطرة مع تحريك مستمر.

بعد ضبط الـ pH، نُقل الخليط إلى أنابيب مخصصة للتردد المركزي، وأُجريت عملية الطرد المركزي عند سرعة 6000 دورة في الدقيقة لمدة 15 دقيقة. بعد الانتهاء من الطرد، تم فصل الراسب عن السائل الفوقي بواسطة عملية الترشيح، ثم غُسل الراسب الناتج ثلاث مرات باستخدام الماء المقطر لإزالة الشوائب المتبقية.

جُمع الراسب الناتج، ثم جُفف في فرن تجفيف لمدة ساعتين. بعد اكتمال عملية التجفيف، تم حفظ الراسب في أنابيب زجاجية صغيرة مغطاة بورق الألمنيوم، وتخزينها في الثلاجة لاستخدامها في التطبيقات المستقبلية. [50]



شكل 3.III. المراحل المختلفة لتحضير لتحضير لجسيمات النانوي

III.8. الجدول: أهداف خطوات إجراء التشغيل:

الهدف	العملية
لفصل الجسيمات النانوية عن المحلول المائي	الطرد المركزي
لإزالة الماء من العينة	التجفيف لمدة ساعتين في درجة حرارة 60 مئوية
لإزالة الشوائب	الترشيح
تسريع عملية تكوين الجسيمات النانوية	الخلاط المغناطيسي

III.9. تقييم النشاط الضوئي للمركبات النانوية باستخدام صبغة أزرق الميثيل:

تم إذابة 2.5 ملغرام من صبغة أزرق الميثيل في 50 مل من الماء المقطر باستخدام خلاط مغناطيسي، وذلك لضمان الذوبان الكامل للمادة. بعد تمام الذوبان، أضيف 150 مل إضافي من الماء المقطر إلى المحلول للوصول إلى حجم نهائي قدره 200 مل.

من المحلول المحضر، تم أخذ 25 مل ووضعه في بيشر زجاجي، ثم أضيفت 5 ملغرام من كل

مركب نانوي على حدة، وهي:

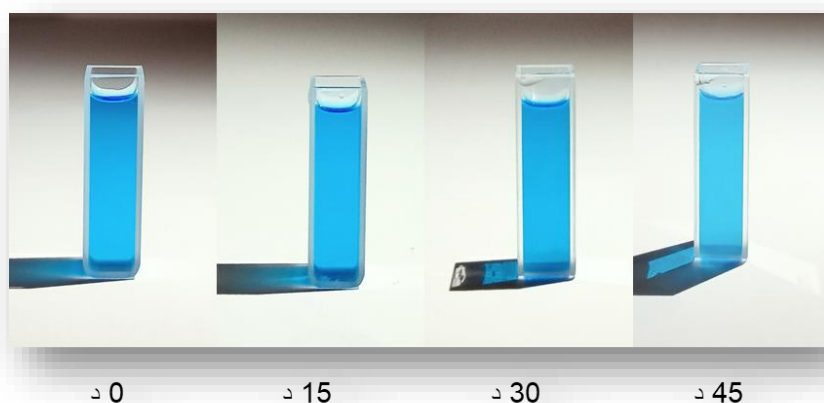
➤ أكسيد الزنك المحضر باستخدام كلوريد الزنك،

➤ أكسيد الزنك المحضر باستخدام أسيتات الزنك.

➤ أكسيد المنغنيز.

➤ أكسيد الحديد المغناطيسي.

تم تعريض البيشر لأشعة الشمس، وخلال فترة التفاعل تم سحب 4 مل من المحلول كل 15 دقيقة لقياس الامتصاصية الطيفية باستخدام مطياف الأشعة فوق البنفسجية-المرئية (UV-Vis)، وذلك من أجل متابعة التغير في تركيز صبغة أزرق الميثيل وتقييم كفاءة التحفيز الضوئي للمركبات النانوية المختلفة. [51]



شكل III.4. تأثير تقييم النشاط الضوئي للمركبات النانوية باستخدام صبغة أزرق الميثيل بدلالة الزمن

الفصل الرابع

النتائج والمناقشة

IV. النتائج ومناقشة:

1.IV. حساب مردود المستخلص :

بعد إستخلاص الماء الغني بالزيوت العطرية لنبته السدر بواسطة تقنية التقطير، نحسب المردود كما يلي:

$$R\% = \frac{Mhv}{Mv} \times 100$$

$$R\% = \frac{0.5}{50} \times 100 = 0.1\%$$

2.IV. جدول لمردود مستخلص المائي العطري لنبته السدر

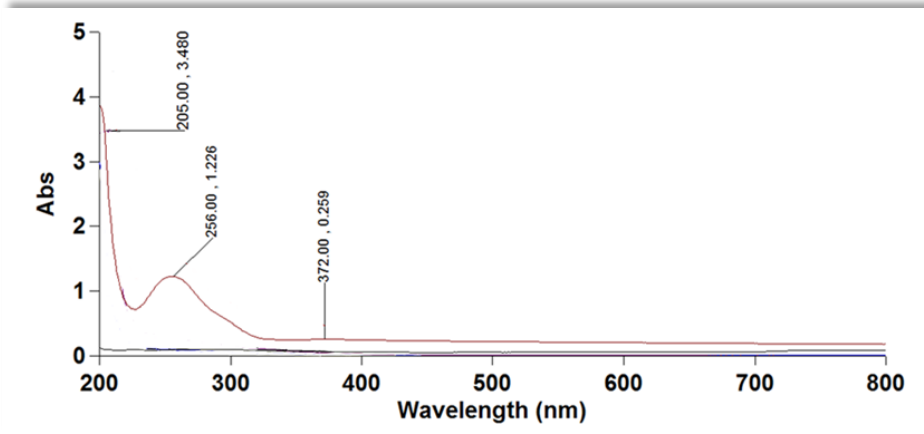
المردود	الزيت لعطري
%0.1	نبته السدر

3.IV. حساب مردود كل من مركبات النانوية:

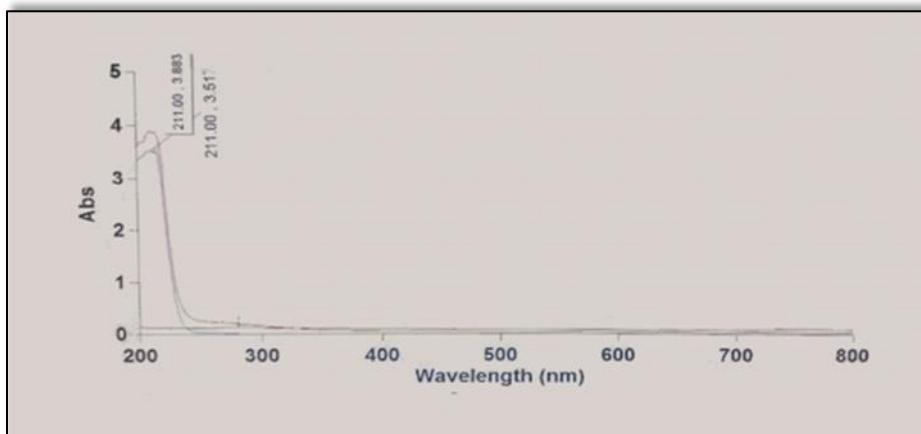
المردودية%	Mv	Mhv	المركبات النانوية
44%	0.6 غ	1.36 غ	ZnO-NPs من ZnCl ₂
28.57%	0.6 غ	2.1 غ	ZnO-NPs من Zn(CH ₃ COO) ₂
33.33%	0.5 غ	1.5 غ	Mn-NPs
28.54%	1 غ	3.503 غ	Fe ₃ O ₄ -nps

4.IV. التوصيف الجسيمات باستخدام مطيافية الأشعة فوق البنفسجية والمرئية (UV-visible):

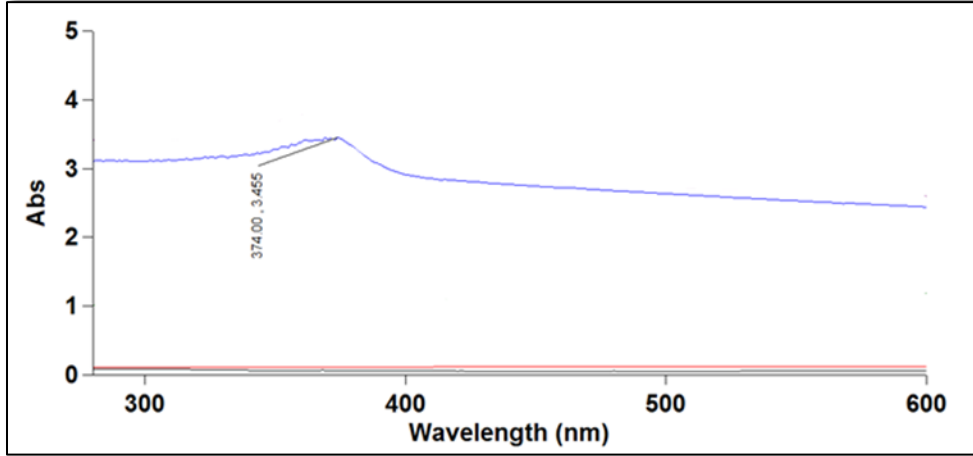
تم إحصاء تكوين الجسيمات النانوية كل من جسيمات النانوية لأكسيد الزنك الاول المحضر بواسطة كلوريد الزنك و الثاني المحضر بواسطة أسيتات الزنك، سلفات المنغنيز وأكسيد الحديد مذاب في الماء ثنائي التطير عن طريق قياس الأشعة فوق البنفسجية والمرئية (UV-visible) في نطاق طول الموجي 200 الى 800 نانومتر وخصائص البصرية Nps المصنعة باستخدام المطيافية الأشعة فوق البنفسجية تظهر الاطياف في الاشكال التالية :



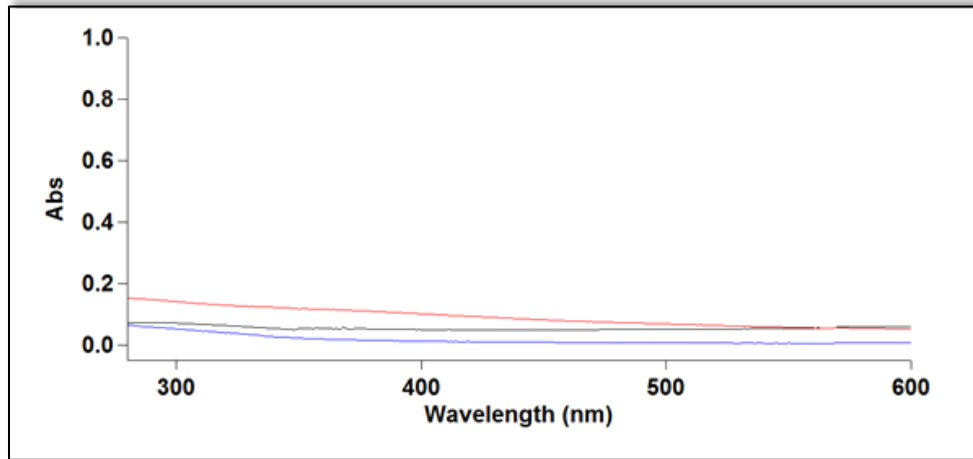
شكل 1.IV. طيف الامتصاص بالأشعة فوق البنفسجية والمرئية لجزيئات أكسيد الزنك النانوية (ZnO-NPs) المحضرة من كلوريد الزنك ($ZnCl_2$)



شكل 2.IV. مطيافية الأشعة فوق البنفسجية والمرئية لجزيئات أكسيد الزنك النانوية (ZnO-NPs) المحضرة من أسيتات الزنك ($Zn(CH_3COO)_2$)



شكل 3.IV..مطيافية الاشعة فوق البنفسجية والمرئية لجسيمات النانوية سلفات المنغنيز.



شكل 4.IV.مطيافية الاشعة فوق البنفسجية والمرئية لجسيمات النانوية لأكسيد الحديد المغناطيسي

تُظهر منحنيات مطيافية الأشعة فوق البنفسجية والمرئية (UV-Vis) للجسيمات النانوية المحضرة والمذابة في ماء ثنائي التقطير نتائج مميزة تعكس خصائص كل مادة نانوية. ففي حالة جسيمات أكسيد الزنك النانوية المحضرة من كلوريد الزنك (الشكل 1)، لوحظت قمم امتصاص عند الأطوال الموجية 205 و 256 و 372 نانومتر، حيث تمثل القمة الرئيسية عند 372 نانومتر دليلاً واضحاً على تكوين جسيمات ZnO نانوية، إذ تقع قمم الامتصاص النموذجية لأكسيد الزنك النانوي عادة ضمن النطاق 360-380 نانومتر.

أما بالنسبة لجسيمات أكسيد الزنك النانوية المحضرة من أسيتات الزنك (الشكل 2)، فقد سجل الطيف قمة امتصاص حادة عند 211 نانومتر وقمة ثانوية عند 271 نانومتر، مما يشير إلى وجود جسيمات نانوية صغيرة للغاية أو شوائب عضوية متبقية من الأسيتات. كما لوحظ غياب قمة امتصاص

واضحة في النطاق 300-250 نانومتر، وهو النطاق الشائع لقمم امتصاص جسيمات ZnO النانوية النقية، مما يعكس اختلافاً في حجم الجسيمات أو نقاوتها. [52]

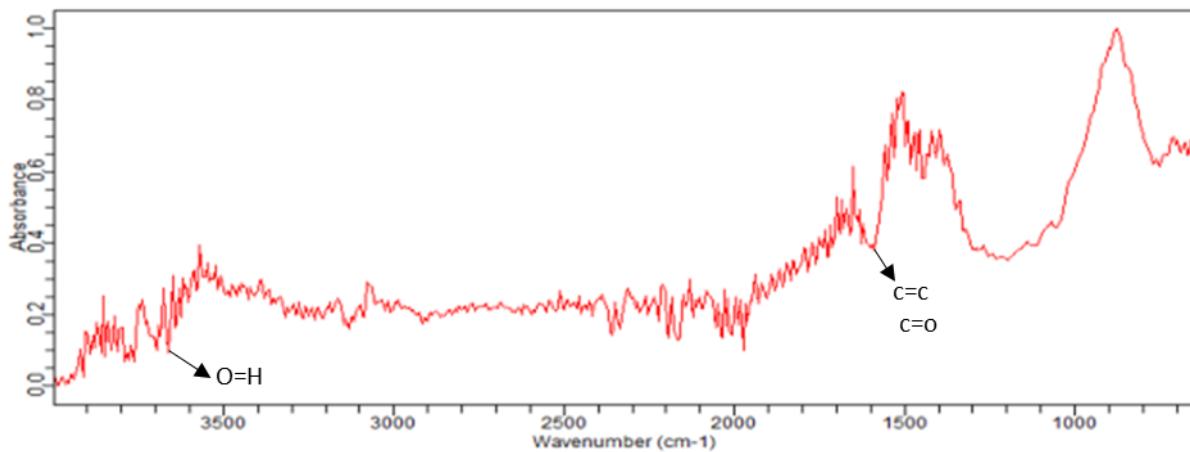
فيما يخص جسيمات أكسيد المنغنيز النانوية (الشكل 3)، فقد تم تسجيل قمة امتصاص عند 314 نانومتر، وهو موقع يتوافق مع قمم الامتصاص المميزة لأكاسيد المنغنيز النانوية والتي تقع عادة بين 280 و330 نانومتر، وقد تم توثيق هذا النطاق في العديد من الدراسات السابقة. [53]

يُظهر الطيف الضوئي المرفق لجسيمات أكسيد الحديد النانوية (الشكل 4) امتصاصية منخفضة عبر النطاق الطيفي من 250 حتى 600 نانومتر. لوحظ أن الامتصاصية (Abs) تبدأ بقيمة منخفضة نسبياً عند الأطوال الموجية القصيرة (أقل من 0.2 عند 300-250 نانومتر)، ثم تتناقص تدريجياً مع زيادة الطول الموجي حتى تستقر حول الصفر عند 600 نانومتر. [54]

5.IV. مطيافية الأشعة تحت الحمراء (FTIR):

تم تشخيص العينات النانوية الأربع باستخدام تقنية مطيافية الأشعة تحت الحمراء (FTIR) بهدف تحديد المجموعات الوظيفية الموجودة على سطح الجسيمات النانوية، والتحقق من تكوين المركبات بعد عمليات التحضير. كما تمكن هذه التقنية من تقييم نقاوة المواد وتقديم مؤشرات حول التفاعلات السطحية المحتملة. في مايلي عرض نتائج تحليل الطيفي لكل عينة نانوية:

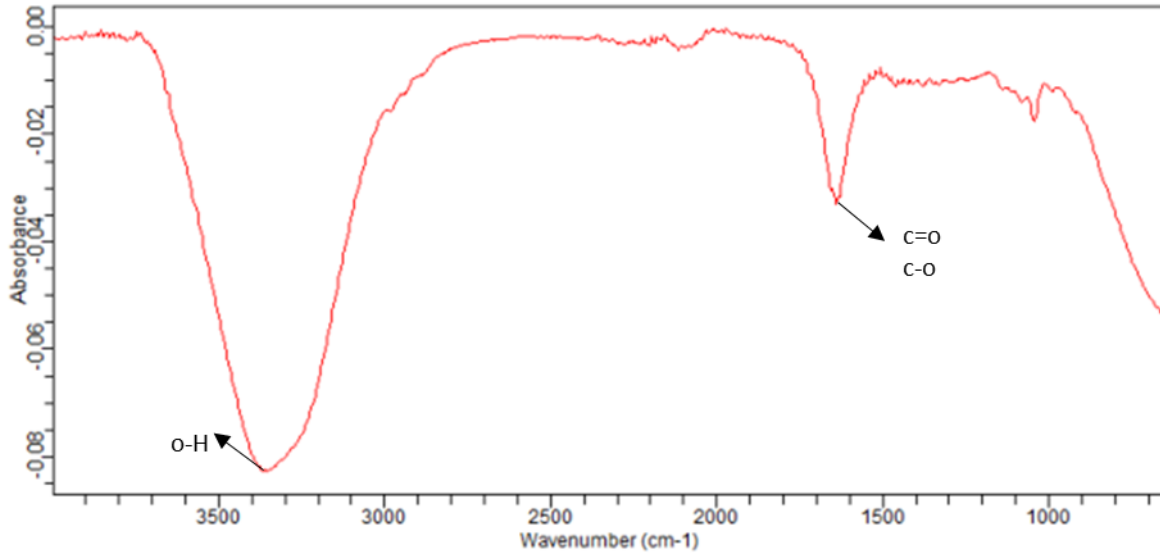
1.5.IV. العينة الاولى: المركبات النانوية لأكسيد الزنك المحضرة بكلوريد الزنك.



شكل 5.IV.. طيف الأشعة تحت الحمراء جزيئات أكسيد الزنك النانوية (ZnO-NPs) المحضرة من كلوريد الزنك (ZnCl₂)

يُظهر طيف FTIR المحصل عليه في (الشكل 5) نطاقات مميزة يمكن نسبها إلى كل من أكسيد الزنك (ZnO) وإلى احتمال وجود كلوريد الزنك ($ZnCl_2$). الامتصاص القوي في المنطقة 3400 cm^{-1} و 1600 cm^{-1} يشير إلى سطح غني بمجموعات الهيدروكسيل، وهو أمر شائع في الجسيمات النانوية المحضرة في وسط مائي أو المعرضة للرط. تؤكد النطاقات الشديدة حول $900\text{--}700\text{ cm}^{-1}$ وجود طور ZnO، في حين أن وجود نطاقات محتملة في المنطقة $700\text{--}600\text{ cm}^{-1}$ قد تمثل هذه القمم اهتزاز رابطة Zn-O، وهي السمة المميزة لتكوين أكسيد الزنك النانوي. [55]

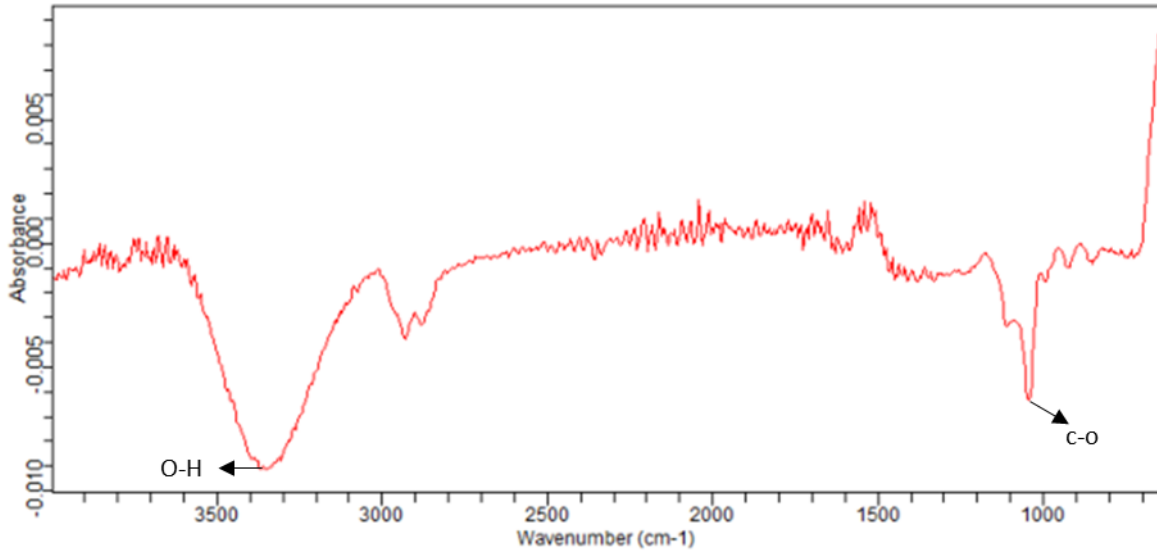
2.5.IV. العينة الثانية: المركبات النانوية لأكسيد الزنك المحضرة بأسيتات الزنك



شكل 6.IV. طيف الأشعة تحت الحمراء جزيئات أكسيد الزنك النانوية (ZnO-NPs) المحضرة من أسيتات الزنك ($Zn(CH_3COO)_2$)

أظهر طيف الأشعة تحت الحمراء (FTIR) لمركبات أكسيد الزنك النانوية المحضرة من أسيتات الزنك قمم امتصاص مميزة تدل على تكوين ZnO ووجود بعض المجموعات الوظيفية السطحية. يوضح الطيف وجود قمة عريضة قوية في المنطقة $3600\text{--}3200\text{ cm}^{-1}$ والتي تعزى إلى اهتزازات O-H الناتجة عن وجود مجموعات الهيدروكسيل أو الماء الممتص على سطح الجسيمات النانوية. كما تظهر قمم في المنطقة $1500\text{--}1000\text{ cm}^{-1}$ تعود إلى اهتزازات مجموعات C=O و C-O، مما يشير إلى بقايا عضوية من مادة الأسيتات المستخدمة في التحضير. القمة الأهم تظهر في المنطقة بين $500\text{--}400\text{ cm}^{-1}$ ، وهي تعود إلى اهتزاز رابطة Zn-O، مما يؤكد تكوين أكسيد الزنك النانوي ذو البنية البلورية أحادية الطور. [56]

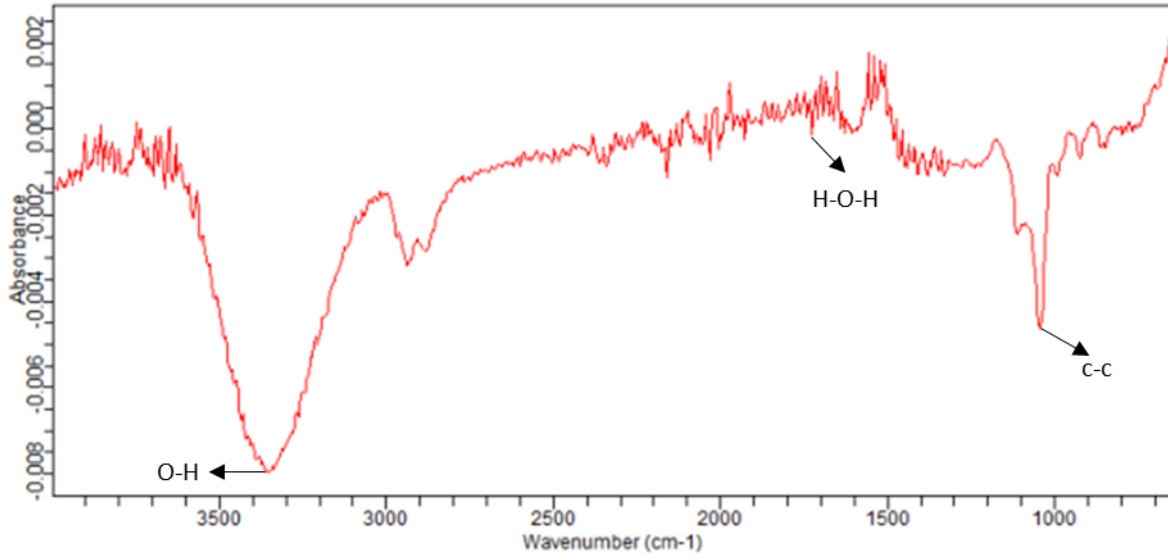
3.5.IV. العينة الثالثة: المركبات النانوية لأكسيد المنغنيز.



شكل 7.IV. طيف الأشعة تحت الحمراء للمركبات النانوية لأكسيد المنغنيز

يُظهر طيف الأشعة تحت الحمراء (FTIR) لمركبات أكسيد المنغنيز نطاقات مميزة تعكس البنية الكيميائية للمادة. في الطيف المرفق، تظهر قمة عريضة في المنطقة بين 3200 و 3500 سم⁻¹، والتي تُعزى إلى اهتزازات O-H التمددية، مما يدل على وجود مجموعات هيدروكسيل أو جزيئات ماء ممتزة على السطح. كما تظهر قمة عند حوالي 1600 سم⁻¹، وهي مرتبطة باهتزازات الانحناء لمجموعة O-H، مما يؤكد وجود الماء الممتز أيضًا. أما في المنطقة بين 400 و 700 سم⁻¹، فتظهر قمم مميزة تمثل اهتزازات Mn-O في البنية البلورية لأكاسيد المنغنيز. [57]

4.5.IV. العينة الرابعة: المركبات النانوية لأكسيد الحديد المغناطيسي

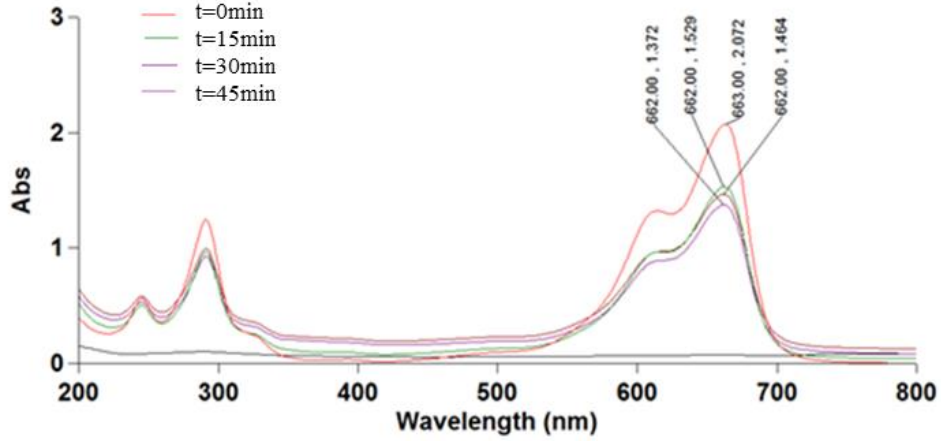


شكل 8.IV. طيف الأشعة تحت الحمراء للمركبات النانوية لأكسيد الحديد المغناطيسي

يُظهر طيف الأشعة تحت الحمراء (FTIR) لمركبات أكسيد الحديد المغناطيسي (Fe_3O_4) نطاقات امتصاص مميزة تعكس البنية الكيميائية للمادة. تظهر قمة عريضة في المنطقة بين 3200 و 3500 cm^{-1} تُعزى إلى اهتزازات التمديد لمجموعة O-H، مما يشير إلى وجود مجموعات هيدروكسيل أو ماء ممتز على السطح. كما تظهر قمة عند حوالي 1628 cm^{-1} ، والتي ترتبط بانحناء H-O-H لماء السطح أو مجموعات الهيدروكسيل. في المنطقة المنخفضة من الطيف، بين 400 و 600 cm^{-1} ، تظهر قمم واضحة عند 570 و 414 cm^{-1} ، وهي تعود إلى اهتزازات رابطة Fe-O، ما يؤكد وجود البنية البلورية لأكسيد الحديد المغناطيسي. هذه النتائج تتوافق مع الدراسات السابقة التي أوضحت أن هذه القمم تمثل خصائص Fe_3O_4 وأن ظهور قمم Fe-O مع قمم الهيدروكسيل يُعد دليلاً على نقاوة وبلورية المادة المحضرة. [58]

6.IV. تطبيق المركبات النانوية المحضرة في معالجة المياه:

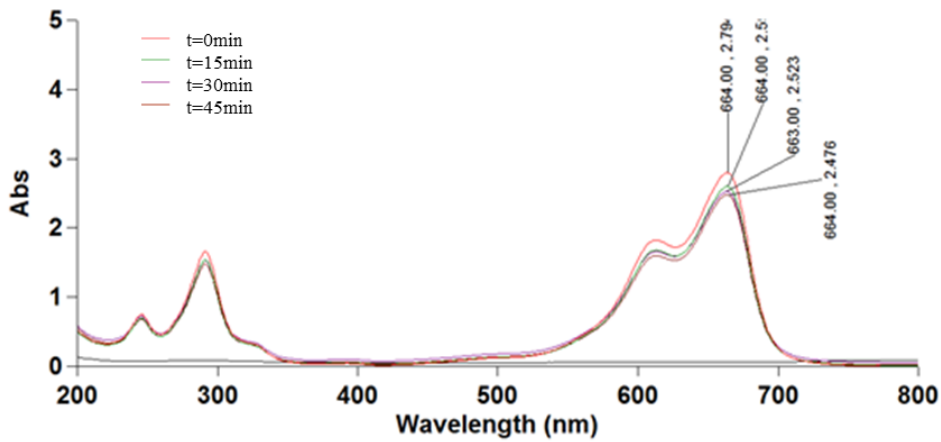
تم الحصول على أربعة أطيف امتصاصية في نطاق الأشعة فوق البنفسجية والمرئية لأربعة مركبات نانوية مختلفة. وقد تم قياس هذه الأطيف بعد إذابة المركبات النانوية في محلول أزرق الميثيلين تحصلنا على نتائج التالية :



شكل 9.IV. طيف الامتصاص بالأشعة فوق البنفسجية والمرئية لمحلول أزرق الميثيلين مع جزيئات أكسيد الزنك النانوية (ZnO-NPs) المحضرة من كلوريد الزنك ($ZnCl_2$)

جدول 1.6.IV. جدول إمتصاصية محلول الأزرق المثلين مع (ZnO-NPs من $ZnCl_2$):

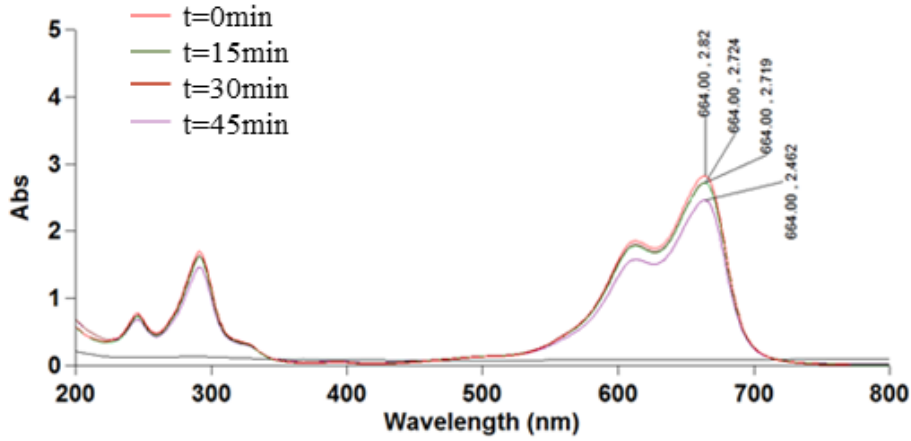
المردودية	λ_{max}	الإمتصاصية	الزمن
%0	663	2.072	0 د
%26.2	662	1.529	15 د
%29.34	662	1.464	30 د
%33.78	662	1.372	45 د



شكل 10.IV. طيف الامتصاص بالأشعة فوق البنفسجية والمرئية لمحلول أزرق الميثيلين مع جزيئات أكسيد الزنك النانوية (ZnO-NPs) المحضرة من أسيتات الزنك ($Zn(CH_3COO)_2$)

2.6.IV. جدول إمتصاصية محلول الأزرق المثلين مع ZnO-NPs من $(Zn(CH_3COO)_2)$:

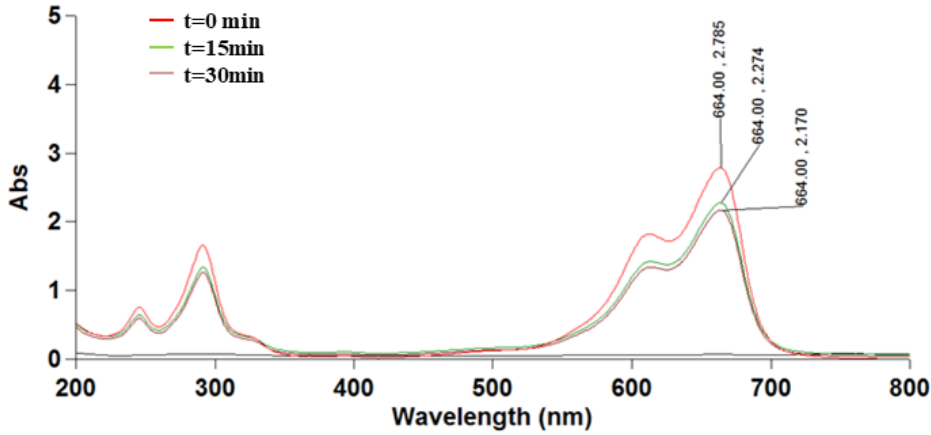
المردودية	λ_{max}	الإمتصاصية	الزمن
%0	664	2.794	د 0
%7	664	2.596	د15
%9.6	664	2.523	د30
%12.84	664	2.476	د45



شكل 11.IV. طيف الامتصاص بالأشعة فوق البنفسجية والمرئية لمحلول أزرق الميثيلين مع جسيمات نانوية من المنغنيز (Mn-NPs)

3.6.IV. جدول إمتصاصية محلول الأزرق المثلين مع المنغنيز (Mn-NPs):

المردودية	λ_{max}	الإمتصاصية	الزمن
%0	664	2.82	د 0
%3.4	664	2.724	د15
%3.5	664	2.719	د30
%12.64	664	2.462	د45



شكل 12.IV. طيف الامتصاص بالأشعة فوق البنفسجية والمرئية لمحلول أزرق الميثيلين مع جسيمات نانوية لأكسيد الحديد المغناطيسي (Fe_3O_4)

4.6.IV. جدول امتصاصية الأزرق الميثيلين مع الحديد المغناطيسي (Fe_3O_4):

الزمن	الامتصاصية	λ_{max}	المردودية
0د	2.785	664	%0
15د	2.274	664	%18.34
30د	2.170	664	%22.08

تمثل الأطياف الامتصاصية الأربعة تغيرات الامتصاصية كدالة للطول الموجي عند فواصل زمنية محددة تبلغ 15 دقيقة لكل منها، وذلك على مدار فترة زمنية إجمالية قدرها 45 دقيقة تشير الملاحظات المستخلصة من هذه الأطياف إلى ما يلي:

عند الزمن ($t=0$) دقيقة نلاحظ عدم تغير في إمتصاصية، بعد مرور ساعة من الوقت نلاحظ إنخفاض تدريجي في قيمة الامتصاصية.

تشير البيانات المستخلصة إلى فعالية الجسيمات النانوية قيد الدراسة في إزالة صبغة أزرق الميثيلين من المحلول المائي مع تقدم الوقت، حيث كل ما نقصت نسبة الإمتصاصية زادت نسبة المردودية مع مرور الوقت. مع ذلك تختلف فعالية كل من جسيمات النانوية في عملية إزالة حيث أظهرت الجسيمات النانوية أكسيد الزنك المحضرة بكلوريد الزنك كفاءة عالية في إزالة اللون خلال فترة زمنية محددة.

خاتمة

الخاتمة:

تمثل هذه الدراسة إسهامًا مهمًا في مجال تقنية النانو من خلال استكشاف إمكانية استخدام مورد طبيعي متجدد، وهو الماء المتبقي المشبع بالزيوت العطرية لنبته السدر، كوسيلة فعالة ومستدامة لتحضير وتوصيف مركبات نانوية واعدة.

اعتمدنا في هذا البحث على استخدام المستخلص المائي لنبته السدر المشبع بالزيوت العطرية كنهج صديق للبيئة ومنخفض التكلفة، حيث تم التأكد من تكون الجسيمات النانوية باستخدام تقنيات مطيافية الأشعة فوق البنفسجية والمرئية (UV-Vis) والتحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء (FTIR)، والتي أظهرت خصائص بصرية مميزة تدل على التشكيل النانوي الفعال.

أظهرت المركبات النانوية المحضرة فعالية واعدة في تطبيقات معالجة المياه، لا سيما في إزالة صبغة أزرق الميثيل، مما يعكس قدرتها العالية على التفاعل مع الملوثات المختلفة وتحقيق تنقية فعالة. وتكمن أهمية هذه الطريقة في كونها تجمع بين الاستدامة الاقتصادية والبيئية، مما يجعلها خيارًا مثاليًا للتطبيقات البيئية الواسعة النطاق.

ختامًا، تؤكد هذه الدراسة الإمكانيات الكبيرة لتقنية النانو الخضراء في استغلال الموارد الطبيعية المتجددة لتطوير حلول مبتكرة ومستدامة في مجال حماية البيئة، خصوصًا في مجال تنقية المياه. ورغم النتائج المشجعة التي تم تحقيقها، يبقى المجال مفتوحًا أمام المزيد من البحث والتطوير لتعزيز الاستفادة من هذه الجسيمات النانوية في مختلف التطبيقات العلمية والتقنية المستقبلية.

المراجع

المراجع بالعربية :

- [1]: شابي و داد، "دراسة بيوتقنية لتقنية النانو في مجال الطب"، مذكرة ماستر، علوم اجتماعية، فلسفة كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية، قسم العلوم الاجتماعية - شعبة الفلسفة، جامعة محمد خيضر بسكرة، بسكرة، الجزائر، 2021
- [10]: منير نايفة، كتاب النانو تكنولوجي . مقدمة في فهم علم النانو تكنولوجيا ,الدر العربية للعلوم ..ناشرون،بيروت،الطبعة الاول2009.
- [12]: الحبشي نهى علي ابو بكر , كتاب ماهي تقنية النانو : مقدمة مختصرة بشكل دروس مبسطة, جدة مملكة العربية السعودية(2009م/1430هـ).
- [13]: ع. ح. درويش و ه. ح. أ. عمر , مستوى المعرفة بتطبيقات النانو تكنولوجي , اهمية تكنولوجية النانو 26, عدد 2018.
- [14]: أ.د. محمد درويش الاسكنداري, كتاب تكنولوجيا النانو: من اجل غد افضل, دار المعرفة, 2010
- [16]: احمد عامر , حسين الشمري , كتاب علم النانو وتقنية النانو وتحضيره وتطبيقاتها , 93ص , دار المها. 2023,
- [19]: بن عطاء الله سعادوي, عواطف, زروقي , تحضير بعض المركبات النانوية من الخلفات زراعية ودراسة بعض تطبيقاتها,جامعة قاصدي مرياح ,ورقلة 2023 .
- [2]:حلالي سمراء, "تخليق أخضر لمواد نانوية من مصادر نباتية - الخيار", مذكرة مقدمة لنيل شهادة ماستر أكاديمي في الكيمياء، كيمياء مواد طبيعية، قسم الكيمياء، كلية الرياضيات وعلوم المادة، جامعة قاصدي مرياح ورقلة, 2024
- [20]: د محمد بن صالح, الصالحي د, عبد الله صالح القويان, كتاب مقدمة في تقنية النانو, (INTROUDECTION DE NANOTECHNOLOGY) قسم الفيزياءوالفلك جامعة ملك سعود.
- [22]: منى عون, تحضير و تشخيص الخواص الفيزيائية الكيميائية لجسيمات النانوية بطريقة الترسيب مشترك NPs, جامعة قاصدي مرياح ورقلة. 2023
- [24]: علي ليهوب عبد الواحد, تكنولوجيا المواد النانوية وتطبيقاتها ,جامعة قاسمية العراق 2017.

- [26]: عليي سعاد, دندوقي خالد شادي, دراسة حول خصائص وتطبيقات جسيمات النحاس النانوية جامعة قاصدي مرباح ورقلة 2023
- [29]: صندالي حدي ,دراسة خصائص اشعة الناتج عن درات الاصطناعية ,جامعة قاصدي مرباح ورقلة 2019.
- [3]: حمودي حفصية وحلالي صفاء، "الاصطناع الحيوي لجزيئات الفضة النانوية وتطبيقاتها (دراسة مرجعية)", مذكرة مقدمة لنيل شهادة ماستر أكاديمي في الكيمياء، كيمياء تطبيقية، قسم الكيمياء، كلية الرياضيات وعلوم المادة، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، 2022.
- [30]: احمد توفيق الحجازي كتاب تكنولوجيا النانو الثروة التكنولوجية الجديدة-التطبيقات الحالية المتعددة لتكنولوجيا النانو ص 40- دار كنوز المعرفة العلمية 2012 .
- [32]:الوز كاشوم ,نقيش فاطمة الزهراء, "دراسة فيتوكيميائية و فيزيولوجية لمستخلصات نبات صحراوي 'Zizyphus Lotus', رسالة ماجستير , قسم البيولوجيا الخلوية و الجزيئية, كلية العلوم الطبيعة و الحياة, جامعة الشهيد حمه لخضر - الوادي, 2022.
- [33]:بوهالي بودودة صبرينة, جيني رانية, بوحالة شيماء, "تأثير مستخلصات نبات السدر البري Zizyphus lotus L. ونشاطاته البيولوجية", رسالة ماجستير, قسم بيولوجيا الحيوان, كلية علوم الطبيعة والحياة, جامعة الإخوة منتوري قسنطينة 1, قسنطينة, 2021
- [34]: ن نعيمة بشيرة, بن كندة رجاء, "تحضير الجسيمات النانوية للفقرات الفضية باستخدام نبات السفر ودراسة تأثيرها على تنقية المياه العادمة", رسالة ماجستير, قسم هندسة الطرائق, كلية العلوم التطبيقية, جامعة قاصدي مرباح ورقلة, ورقلة, 2024.
- [35]: محمد حسني جمال, مواهب الموسوس, "الفاكهة مستديمة الخضرة - الجزء النظري و العملي -", منشور, كلية الهندسة الزراعية, جامعة دمشق, دمشق, 2008-2009 / 1429-1430.
- [36]: نهضي هاجر, موات نهاد, "تجميع وتثمين الدراسات الفيتوكيميائية: الأولية و الثانوية لثمار نبات السدر البري - Zizyphus lotus دراسة نظرية تحليلية", رسالة ماجستير, قسم بيولوجيا و ايكولوجيا النبات, كلية علوم الطبيعة والحياة, جامعة الإخوة منتوري قسنطينة 1, قسنطينة, 2021.

[40]: بن عثمان عبير,حجاج هالة, "التركيب الكيميائي، الفعالية البيولوجية والخصائص الفيزيوكيميائية لزيت النبق," مذكرة ماستر, قسم الكيمياء, كلية الرياضيات وعلوم المادة, جامعة قاصدي مرباح ورقلة, 2019.

[46]: دراجي فتيحة,كرامة رجا, "دراسة نظرية حول تأثير طرق استخلاص الزيوت النباتية على تركيبها وفعاليتها," مذكرة ماستر, قسم الكيمياء[5]: غطاس جهاد وبودينة سلاف, "التخليق الحيوي لجسيمات النانو من نبتة طبية", مذكرة تخرج لنيل شهادة ماستر أكاديمي, تخصص كيمياء مطبقة, قسم الكيمياء, كلية الرياضيات وعلوم المادة, جامعة قاصدي مرباح, ورقلة, 2023.

[8]: جدوي و س. م. أمين, النانو تكنولوجي ودوره في الإثبات الجنائي. "مجلة إيليزا للبحوث والدراسات" 2023.

, كلية الرياضيات وعلوم المادة, جامعة قاصدي مرباح ورقلة 2022.

المراجع بالاجنبية:

[4]: B. Anfal and G. Hafsa, "Green fabrication of (TiO₂) NPS using juniper plant extracts and their antibacterial application," Master's thesis, Faculty of Mathematics & Matter Sciences, Chemistry Dept., Univ. Kasdi Merbah Ouargla, 2024.

[6]: S. H. Abbas, "تحضير مزيج بوليمري CMC/PEG, "دراسة تأثير إضافة جسيمات الذهب CMC/PEG, [Preparation of CMC/PEG polymer blend and study the effect of adding gold nanoparticles prepared by pulsed laser on some physical properties]," M.Sc. thesis, College of Science - Diyala University, Iraq, 2022.

[7]:Mohamed Galal Murad, Asmaa. "Nanotechnology Effect on Internal Architecture for Museums."Art and Architecture Journal 4.1(2023):27-59:

<https://steemit.com/science/@mimolino/have>

[9] :G. Naveen Kumar,D. Gopal, " THE ROLE OF NANOTECHNOLOGY IN CROP PRODUCTION"

[https://www.researchgate.net/publication/378962717_THE_ROLE_OF_NANO TECHNOLOGY_IN_CROP_PRODUCTION ..](https://www.researchgate.net/publication/378962717_THE_ROLE_OF_NANO_TECHNOLOGY_IN_CROP_PRODUCTION..)

[11]: D. Merfat, R. Ahmed, M. Mr, Ayman, J. Hassouna, "Green environmental applications of nanotechnology in the future".

[15]:Saleh, T. A. Nanomaterials: Classification, properties, and environmental toxicities. *Environmental Technology & Innovation* (2020), <https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.101067>

[17]:I. Khan و A. Sharma, "MAJOR NANOPARTICLES CLASSIFICATIONS AND ITS APPLICATIONS: A REVIEW", 2022.

[21]:<https://www.sciencephoto.com/media/783360/view/quantum-dot-illustration>

[23]:<https://www.studysmarter.co.uk/explanations/chemistry/physical-chemistry/fullerenes/>

[25]:<https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/matiere-nanotube-carbone-3868/>

[27]:S. A. M. Ealia, M. P. Saravana Kumar, "A review on the classification, characterisation, synthesis of nanoparticles and their application", 2017.

[28]: Eker, F., Duman, H., Akdaşçi, E., Bolat, E., Sarıtaş, S., Karav, S., & Witkowska, A. M. (2024). A comprehensive review of nanoparticles: from classification to application and toxicity. *Molecules*, 29(15), 3482. doi: 10.3390/molecules29153482 .

[31]:Nazir, Shoaib. (2023). *Nanotechnology and its Applications: A Mini Review*. 2.540

[37]: J. Asgarpanah and E. Haghghat, "Phytochemistry and pharmacologic properties of *Ziziphus spina christi* (L.) Willd.," *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, vol. 6, no. 31, pp. 2332-2339, Aug. 2012

[38]: H. Imen, "Ecobotanical study of wild jujube (*Ziziphus lotus* (L.) Lam.) in arid and semi-arid region in Algeria," Ph.D. dissertation, Department of Agronomical and Veterinary Sciences, Faculty of Nature and Life Sciences, Ziane Achour University of Djelfa, Djelfa, Algeria, 2023.

[39]:C. Hamel, Y. Sedrati, and A. Madi, "Activité antimicrobienne de la plante médicinale *Zizyphus Lotus*," Mémoire de Master, Département de Microbiologie, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université des Frères Mentouri Constantine, Algeria, 2021.

[42]: S. Djemaï Zoughlache, "Etude de l'activité biologique des extraits du fruit de *Zizyphus lotus* L.," Mémoire de Magister, Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université -El Hadj Lakhder -Batna, Batna, Algeria, 2009.

- [43]: N. Boulacheb, A. Benabdi, and C. Derdouri, "Étude phytochimique et activités antimicrobiennes des extraits de *Ziziphus lotus*," Mémoire de Master, Département de Microbiologie, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Constantine 1 Frères Mentouri, Constantine, Algeria, 2024.
- [44]: K. Mehali and S. Chebahi, "Caractérisation physico-chimique et microbiologique de l'écorce de *Zizyphus Spina-Christi*," Mémoire de fin d'étude de Master en Chimie, Spécialité Chimie Pharmaceutique, Faculté des Sciences et de la Technologie, Université Djilali Bounaâma de Khemis Miliana, Khemis Miliana, Algeria, 2020.
- [45]: C. E. Laiche and M. Mecheri, "Extraction des huiles essentielles et hydrolats," Mémoire de Master et de diplôme Startup - Brevet, Département de Biologie et Ecologie Végétale, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université des Frères Mentouri Constantine, Constantine, Algeria, 2023.
- [47]: K. Zerrougui and A. Amira, "Biosynthèse de nanoparticules métalliques à Base d'huile essentielle des feuilles de menthe," Mémoire de Master Académique, Département de Génie des Procédés, Faculté des Sciences Appliquées, Université Kasdi Merbah Ouargla, Ouargla, Algeria, 2023
- [48]: Selim, Y. A., Azb, M. A., Ragab, I., & Abd El-Azim, M. H. M. (2020). Green Synthesis of Zinc Oxide Nanoparticles Using Aqueous Extract of *Deverra tortuosa* and their Cytotoxic Activities. *Scientific Reports*, 10(1), 3445.
- [49]: Bamigboye, M. O., & Danjuma, F. (2024). GREEN SYNTHESIS OF MANGANESE OXIDE NPS USING MICROTICHIA PEROTITII DC PLANT EXTRACT: CHARACTERIZATION AND ANTIBACTERIAL ACTIVITY. *Science Journal of University of Zakho*, 12(4), 505–512. <https://doi.org/10.25271/sjuz.2024.12.3.1384>
- [50]: Abdallah, R. M., & Al-Haddad, R. M. S. (2021). Optical and Morphology Properties of the Magnetite (Fe_3O_4) Nanoparticles Prepared by Green Method. *Journal of Physics: Conference Series*, 1829(1), 012022.
- [51]: Dwivedi, P., Jatrana, I., Khan, A. U., Khan, A. A., Satiya, H., Khan, M., Moon, I. S., & Alam, M. (2021). Photoremediation of methylene blue by biosynthesized $\text{ZnO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ nanocomposites using *Callistemon viminalis* leaves aqueous extract: A comparative study. *Nanoscience and Nanotechnology Letters*, 13(11), 1817-1826
- [52]: Samy, A., El-Sherbiny, A. E., & Menazea, A. A. (2019). Green Synthesis of High Impact Zinc Oxide Nanoparticles. *Egyptian Journal of Chemistry*, 62(The

First International Conference on Molecular Modeling and Spectroscopy), 29–37.
<http://ejchem.journals.ekb.eg/>

[53]:Gatou, M.-A., Lagopati, N., Vagena, I.-A., Gazouli, M., & Pavlatou, E. A. (n.d.). ZnO Nanoparticles from Different Precursors and Their Photocatalytic Potential for Biomedical Use.

[54]:Souri, M., Hoseinpour, V., Shakeri, A., & Ghaemi, N. (2018). Optimisation of green synthesis of MnO nanoparticles via utilising response surface methodology. *IET Nanobiotechnology*, 12(4), 429–435.
<https://doi.org/10.1049/iet-nbt.2017.0145>

[55]: Murtaza, A., & Zaheeruddin, D. K. (2019). Synthesis and FTIR Characterization of Iron Oxide Nanoparticles. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 8(3), 2429–2433.
www.ijirset.com

[56]:Nagarajan, S., & Kuppusamy, K. A. (2013). Extracellular synthesis of zinc oxide nanoparticle using seaweeds of gulf of Mannar, India. *Journal of Nanobiotechnology*, 11, 39.
<http://www.jnanobiotechnology.com/content/11/1/39>

[57]: Salunke, V. T., Buchade, P. B., Shaligram, A. D., & Borse, R. Y. (2021). FTIR study of ZnO powder prepared by self-combustion method at different temperature. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 10(03), 277–280. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2021.10.3.0237>

[58]: Prasanna, A. E. P. (n.d.). Green Synthesis and Photocatalytic activity of Manganese oxide Nanoparticles using Illicium Verum Extract. Department of Chemistry, Pope's College (Autonomous), Sawyerpuram 628 251, Tamilnadu Affiliated to M.S University, Tirunelveli – 627 012, Tamilnadu, India