الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الشهيد حمه لخضر – الوادي
كلية التكنولوجيا
قسم هندسة الطرائق والبيتروكيمياء

مذكرة لنيل شهادة الماستر تخصص هندسة الطرائق

عنوان المذكرة:

تحضير المركب النانوي MgO/MgO_2 المعدل بحمض الستريك لنشاط التحلل الضوئي لإزالة الصبغة في مياه الصرف الصناعي

من اعداد الطلبة:
زمالي عقبة – خنوفه كمال – معامرة مباركة

تمت مناقشة المذكرة في: 12 / 06 / 2024

أمام لجنة المناقشة المكونة من:

د .بوعافية عبد الرحمان	أستاذ بجامعة الوادي	رئيسا
د .بن عمر الهام	أستاذ بجامعة الوادي	مناقشا
ب .صلاح الدين لعويني	أستاذ بجامعة الوادي	مشرفا
د .حمدي علي محمد	أستاذ بجامعة الوادي	مساعدا للمشرف
د .سروطي عبد الغني	أستاذ بجامعة الوادي	ممثل لحاضنة الاعمال

الموسم الجامعي: 2024/2023

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الشهيد حمه لخضر – الوادي
كلية التكنولوجيا
قسم هندسة الطرائق والبيتروكيمياء

مذكرة لنيل شهادة الماستر تخصص هندسة الطرائق

عنوان المذكرة:

تحضير المركب النانوي MgO/MgO_2 المعدل بحمض الستريك لنشاط التحلل الضوئي لإزالة الصبغة في مياه الصرف الصناعي

من اعداد الطلبة:
زمالي عقبة – خنوفه كمال – معامرة مباركة

تمت مناقشة المذكرة في: 12 / 06 / 2024

أمام لجنة المناقشة المكونة من:

د .بوعافية عبد الرحمان	أستاذ بجامعة الوادي	رئيسا
د .بن عمر الهام	أستاذ بجامعة الوادي	مناقشا
ب .صلاح الدين لعويني	أستاذ بجامعة الوادي	مشرفا
د .حمدي علي محمد	أستاذ بجامعة الوادي	مساعدا للمشرف
د .سروطي عبد الغني	أستاذ بجامعة الوادي	ممثل لحاضنة الاعمال

الموسم الجامعي: 2024/2023

بِسْمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحْمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ

الشكر والتقدير

بسم الله الرحمان الرحيم

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات والذي بفضله تتنزل البركات أما بعد.. فآننا نتقدم بأحر وأسمى الشكر والعرفان لأستاذنا العزيز البروفيسور لعويني صلاح الدين الي لم يبخل علينا بعلمه وخبرته فالمجال، وعلى المجهودات التي بذلها معنا لإنجاز هذه المذكرة، كما نخصص شكرنا هذا لأستاذنا الحبيب الدكتور حمدي علي محمد الذي ساهم معنا ووجهنا في تكوين المذكرة وقام بمتابعة اعمالنا للنهاية ...

كما نشكر كل من السيد علي طليبة مهندس مخبر البحث العلمي الذي ساهم بدعمه لنا واذن لنا باستعمال الاجهزة لتسهيل وتسريع تجاربنا ادام الله له صحته وعافيته..

وفي الأخير نوجه تحية الخير والبركة الى جميع الأساتذة الذين سيشرفون على مناقشة هذه الدراسة، فلهم منا تحية تقدير وتمام الاحترام.

الاهداء

بسم الله الرحمان الرحيم

(قل اعملوا فسيرى الله عملكم و رسوله والمؤمنون)

صدق الله العظيم

إله لا يطيب الليل الا بشكره ولا يطيب النهار الا بطاعته.... ولا تطيب اللحظات الا

بذكره...الله جل جلالته

إلى من بلغ الرسالة وأدى الأمانة ونصح الأمة ... نبي الرحمة ونور العالمين

"سيدنا محمد صلى الله عليه وسلم "

من قال انا لها نالها وانا لها وإن أبت رغما عنها أتيت بها نلتها وعانقت اليوم مجدا عظيما، فعلتها بعد أن كانت مستحيلة وكانت دروبا قاسية وطرقا خسرت بها كثير لكني وصلت.

إلى قدوتي الأولى ومعنى الحب والتفاني.... الى بسمة الحياة وسر الوجود الى من كان دعاؤها سر نجاحي وحنانها بلسم جراحي... إلى من أرشدني ورافقتني في كل مشاوير حياتي ولا تزال تفعل إلى الان.... اللهم احفظها وارزقها العفو والعافية .... **أمي حبيبة**

إلى العزيز الذي حملت اسمه فخرا يردد اسمي عاليا في عنان السماء حاملا شرف لقبك وبكل اعتزاز انا ابن هذا الرجل الى الوالدي ...**زمالي جعفر** حفظه الله، ارجو من الله أن يمد عمرك لترى ثمارا قد حان قطافها بعد طول الانتظار، سوف تبقى كلماتك نجوم أهتدي بها اليوم وغدا وإلى الأبد

إلى ضلعي الثابت الذي لا يميل إلى من مدت لي أيديهم في ضعفي وامنو بقدرتي الى من رزقت بهم سندا وملاذي الأول والأخير ..... اخواتي واخواني **(سارة...سامي ... معمر ... لمياء)**

الى صديق المواقف شريك الدرب والطموح البعيد... إلى من كان دوما موضع اتكاء عثرات حياتي ... **أخي محمد**

الى صاحب الفضل في أول خطواتي الى من كان رائعا في اشرافه علميا ومعنويا.... البروفيسور **العويني صلاح الدين** .... ودكتور **حمدي علي محمد**

زمـالي عقبة

الاهداء

الحمد الله حباً وشكراً وامتنان على البدء والختام

والصلاة والسلام على سيدنا وحبيبنا سيد الخلق واله وصحبه اجمعين

" وَآخِرُ دَعْوَاهُمْ أَنِ الْحَمْدُ للهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ "

الى من كلل العرق جبينه وعلمني أن النجاح لا يأتي إلا بالصبر والإصرار، إلى النور الذي أنار دربي والسراج الذي لا ينطفئ نوره بقلبي أبداً، من بذل الغالي والنفيس واستمديت منه قوتي واعتزازي بذاتي

والدي العزيز

إلى من جعل الله الجنة تحت أقدامها وسهلت لي الشدائد بدعائها، إلى الانسانة العظيمة التي طالما تمنت أن تقر عينها برؤيتي في يوم كهذا

والدتي الحبيبة

الى ضلعي الثابت وأمان أيامي، الى من شددت عضدي بهم فكانو لي ينابيع أرتوي منها، الى خيرة أيامي وصفوتها الى قرة عيني، أخواني وأخواتي الغاليين.

الى أبناء اخوتي واساتذتي الأعزاء، والى كل من الاستاذين.. **البروفيسور صلاح الدين لعويني والدكتور الفاضل حمدي علي محمد وكل دكاترة ومهندسي المخبر 15**، الذين لطالما ساندوني ودعموني أينما كنت

لكل من كان عوناً وسنداً في هذا الطريق ... للأصدقاء الأوفياء ورفقاء السنين وأصحاب الشدائد والأزمات، الى من أفاضني بمشاعره ونصائحه المخلصة إليكم عائلتي

أهديكم هذا الإنجاز وثمرة نجاحي الذي لطالما تمنيته، ها أنا اليوم أتممت أول ثمراته بفضل من الله عز وجل، فالحمد لله على ما وهبني، وأن يعينني ويجعلني مباركا أينما كُنت.

خنـوفه كمـال

الاهداء

لم تكن الرحلة قصيرة ولا ينبغي لها ان تكون لم يكن الحلم قريبا ولا الطريق كان محفوفا بالتسهيلات لكنني فعلتها.

اهدي تخرجي الى ابي الحاضر في قلبي دائما تخرجت يا ابي واي فرحة بدونك ناقصة تخرجت وغصة البكاء تخنقني كنت اتمنى انه الان بجانبي واول من يسمع بتخرجي أقدم لك تخرجي وانت الان بقبرك وكل الفضل يعود لله ثم اليك ولامي رحم الله روحك وجزاك عني خير الجزاء

(عليك رحمة الله ابي)

الى اليد الخفية التي ازالة عن طريقي الاشواك والمصاعب الى من كانت ملجاي ويدي اليمنى في هذه المرحلة الى من كانت عزمي حيث اثقلتني الحياة الى من كانت دعواتها تحيطني دائما امي الحبيبة اهدي اليك ما وصلت اليه من نجاح شكرا على كل شي يا أعظم ام امتعكي الله بالصحة والعافية.

الى مصدر قوتي الداعمين الساندين ارضي الصلبة وجداري المتين الى من مدو لي اياديهم في اوقات الضعف الى من لم يشعروني بفقدان الاب الى من هم سندي ومسندي واتكائي واضلعي الثابتة التي لا تميل اخوتي (يزيد وعبد الحفيظ) وخالي (حمزة) واخواتي (عبير وفردوس ونور وسندس).

الى من لم يربطني بهم علاقة دم.. بل عطر صداقة.. وود المحبة صديقاتي (رحمة ايمان فهيمة بشرى نريمان)

والى جميع اساتذتي الكرام ممن لم يتوانو في مد يد العون لي واخص بالذكر المشرف البروفيسور (صلاح الدين لعويني) والى استاذنا (حمدي علي محمد)

واخيرا وليس اخرا اهدي هذا العمل المتواضع الى كل من يتكبد عناء قراءته سواء لتقييمه او لنقده او لزيادة علمه او لاشباع فضوله.

معامرة مباركة

فهرس المحتويات

مقدمــة عـامـة 1

الفصل I عموميات حول اكسيد المغنيزيوم النانوي وحمض السيتريك

I .المقدمة 5

I.1-عموميات حول المواد النانوية 5

1-3-تصنيف المواد النانوية 6

1-4- أِشكال المواد النانوية 6

1-5- تعريف جسيمات النانوية 10

1-6- تطبيقات جسيمات النانوية 10

1-7-طرق تصنيع الجسيمات النانوية 10

1-8- خواص المواد النانوي 13

1-9-الخصائص الفيزيوكيميائية للجسيمات النانوية 14

I.2-أكاسيد المعادن النانوية 15

I.2-2- الجسيمات الأكسيد المغنيزيوم النانوية MgO Nps 18

I.3-حمض السيتريك 19

1-3-عموميات 19

2-3 استعمالاته 19

3-3- أضراره 20

الفصل II طرق تخليق المركبات النانوية والأدوات المستعملة

مقدمــة 26

II. البروتوكول التجريبي 26

II.1- المواد والأجهزة المستعملة 26

1-1- المواد 26

1-2- الأدوات والأجهزة المستعملة 26

II.2- تصنيع جزيئات أكسيد المغنيزيوم 27

II.3- تقنيات التحليل 29

1-3- التحليل للأشعة المرئية وفوق البنفسجية UV-Vis 29

2-3- مطيافية الاشعة تحت الحمراء FTIR 31

3-3- حيود الاشعة السينية اكس Diffractions des rayons X (XRD) 31

II.4 - نشاط التحفيز الضوئي 32

II .5- نشاط التحفّز الضوئي للمركب النانوي MgO/MgO_2 33

الفصل III النتائج والمناقشة

III.1- التحليل الطّيفي للأشعة السّينّية (DRX) 35
III.2- التحليّل الطّيفيً للأشعة تحت الحمراء FTIR 36
III.3- التحليل الطيفي المرئي للأشعة فوق البنفسجية UV–visible 37
III.4- النشاط التحفيزي للمركب النانوي ($MgO\MgO_2$\Acid Citric) 37
الخـاتمـة 40
الملخص 41

قائمة الجداول والاشكال والمخططات

جدول 1: يوضح الخصائص الفيزيائية والكيميائية للأكسيد المغنيزيوم 16

المخطط 1: مخطط يشرح ويلخص خطوات التجربة. 28

الشكل 1: النقاط الكمي 7
الشكل 2: الكرات النانوية 7
الشكل 3: الفولورين 8
الشكل 4: الجسيمات النانوية 8
الشكل 5: الانابيب النانوية 9
الشكل 6: الالياف النانوية 10
الشكل 7: البنية البلورية الأكسيد المغنيزيوم 16
الشكل 8: حمض الستريك 19
الشكل 9 صورة للمزيج اثناء الخلط 27
الشكل10 : جهاز UV-Vis المستخدم في التجربة. 30
الشكل 11: جهاز FTIR المستخدم في التجربة. 31
الشكل 12 : جهاز XRD المستخدم في التجربة. 32
الشكل 13 : طيف للأشعة السينية (DRX) للمركب $MgO\backslash MgO_2$ 35
الشكل 14: التحليّل الطّيفيً للأشعة تحت الحمراء للمركب النانوي $MgO\backslash MgO_2$ 36
الشكل 15 :التحليل الطيفي المرئي للأشعة فوق البنفسجية للمركب $MgO\backslash MgO_2$ 37
الشكل 16: كفاءة التحلل الضوئي مقابل وقت التفاعل أطياف الأشعة فوق البنفسجية لتحلل (a) صبغة BCB ، ومعدل تحلل الصبغة باستخدام النانوي (b) MgO / MgO2 38

قائمة المختصرات

°C	Degrés Celsius
%	Pourcentage
ASTM	American Society for Testing and Materials
BCB	Brilliant Cresyl Blue
Cal/Kmol	Calories par kilomole
FTIR	Fourier Transform Infrared Spectroscopy
g/cm³	Grammes par centimètre cube
g/mol	Grammes par mole
IUPAC	Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée
Kj/Kg.K	Kilojoules par kilogramme par Kelvin
MHz	Mégahertz
mg	Milligramme
MgONPS	Nanoparticules d'oxyde de magnésium
ml	Millilitre
mohs	Échelle de dureté de Mohs
MRI	Résonance magnétique nucléaire
NC	Nanocomposite
NPs	Nanoparticules
nm	Nanomètre
PPM	Parties Par Million
Photocatalyse	Photocatalyse
ROS	Espèces réactives de l'oxygène
rpm	Révolutions par minute
UV-vis	Spectroscopie ultraviolet-visible
XRD	Diffraction des rayons X

مقدمــة عـامـة

مقدمــة عامــة:

لا شك أن الصناعة قد دفعت عجلة التقدم، لكنها فرضت تكلفة كبيرة على البيئة، وهذا ما يظهر بشكل خاص في تلوث المياه [1-2]. يشكل إنتاج الأصباغ العضوية من قبل الصناعات المختلفة تهديدًا خطيرًا للأنظمة البيئية المائية، نظرًا لسميتها على الحياة المائية [3-4]. والجدير بالذكر أن الأصباغ الاصطناعية تشكل جزءًا كبيرًا من هذه الملوثات، حيث يُستخدم Brilliant Cresyl Blue (BCB) بشكل شائع في صناعات النسيج [5-6]. نظرًا لبنيته العطرية المعقدة وطبيعته المستمرة، يشكل BCB خطرًا جسيمًا على كل من النظم البيئية المائية وصحة الإنسان، مما يستلزم اتخاذ تدابير علاجية عاجلة [7]. ردًا على ذلك، سعى الباحثون بشدة إلى إيجاد طرق فعالة لإزالة هذه الأصباغ الخطرة من مياه الصرف الصحي، وحددوا التحفيز الضوئي باعتباره وسيلة واعدة [8-10]. لقد ظهر التحلل الضوئي (photocatalyse)، الذي يستفيد من المحفزات الضوئية لأشباه الموصلات، كحل مستدام وفعال من حيث التكلفة لتفكيك هذه الأصباغ [11-12]. ومن خلال تسخير الضوء والمواد المحفزة، يوفر هذا النهج وسيلة صديقة للبيئة للتخفيف من الآثار الضارة لنفايات الصبغة الصناعية على المسطحات المائية، ورسم مسار نحو مستقبل أنظف وأكثر استدامة.

يبرز التحلل الضوئي كاستراتيجية قابلة للتطبيق لإزالة الملوثات العضوية من الماء، مع الاستفادة من النشاط الناجم عن الضوء لمواد أشباه الموصلات لتوليد أنواع الأكسجين التفاعلية (ROS) التي تحلل الجزيئات العضوية بشكل فعال إلى منتجات ثانوية حميدة [11-12]. من بين أشباه الموصلات التي تم استكشافها لتطبيقات التحفيز الضوئي، حظيت الجسيمات النانوية لأكسيد المغنسيوم (MgO) باهتمام كبير نظرًا لمساحة سطحها الكبيرة، وطاقة فجوة النطاق المواتية، وتوافرها على نطاق واسع، والتكلفة المنخفضة، وخصائصها الصديقة للبيئة [13-14]. في حين أن MgO NPs تظهر خصائص تحفيز ضوئي جديرة بالثناء، فإن تطبيقها العملي في معالجة مياه الصرف الصحي يعوقه تحديات مثل الاستقرار المحدود، وإعادة التركيب السريع لحاملات الشحن المولدة ضوئيًا، والاستخدام غير الفعال للضوء المرئي [16].

للتغلب على هذه العقبات وتعزيز فعالية التحفيز الضوئي لـ MgO، ابتكرنا نهجًا جديدًا وهو تصنيع مركب MgO/MgO_2 نانوي (NC) باستخدام حمض الستريك كعامل تثبيت وتعقيد. هذه الطريقة الخضراء للتخليق لا تعزز فقط كفاءة التحليل الضوئي ولكنها تدعم أيضًا الاستدامة البيئية، حمض الستريك هو مركب عضوي طبيعي ويلعب دورًا محوريًا في تثبيت الجسيمات النانوية، وتحسين تشتتها، وتجنب التكتل. من خلال دمج حمض الستريك على سطح MgO / MgO_2 NPs، من المتوقع حدوث تأثيرات تآزريه، مما قد يؤدي إلى رفع نشاط التحفيز الضوئي واستقراره. تعمل وظيفة السطح هذه على تعزيز كفاءة فصل الشحنة، وتخفيف عيوب السطح، وتعزيز توليد ROS، وبالتالي تضخيم قدرات التحلل الضوئي للجسيمات النانوية. يمثل

استخدام حمض الستريك كعامل تخليق ابتكارًا محوريًا، مما يؤكد خطوة كبيرة نحو تصنيع المواد النانوية المستدامة [17-18].

تتبنى هذه الدراسة منهجًا شاملاً، حيث تحدد تخليق وتوصيف مركب MgO / MgO_2 النانوي، بينما تستكشف أيضًا وظيفتها المزدوجة في تحلل BCB التحفيزي الضوئي ونشاط مضادات الأكسدة. من خلال التوصيف الدقيق باستخدام التحليل الطيفي للأشعة فوق البنفسجية والمرئية، FTIR، XRD، UV-Vis، وتم توضيح الخصائص الهيكلية والوظيفية للمركب النانوي. من خلال توضيح آليات التدهور التحفيزي الضوئي وتقييم قابلية التطبيق العملي لـ MgO/MgO_2 NC، يساهم هذا البحث في النهوض باستراتيجيات العلاج البيئي ويؤكد على إمكانات أساليب التوليف الأخضر في صياغة مواد نانوية متعددة الوظائف.

وقد تم تقسيم مذكرتنا الى ثلاث فصول:

جزء نظري: يحتوي على فصل واحد متمثل في:

الفصل الاول: عموميات حول اكسيد المغنيزيوم النانوي وحمض السيتريك

الجزء العملي: يحتوي على فصلين هما:

الفصل الثاني: طرق تخليق المركبات النانوية والأدوات المستعملة

الفصل الثالث: النتائج والمناقشة

قائمة مراجع المقدمة العامة:

المراجع باللغة العربية:

[1] - بحة، العطرة، طويل، الزهرة " تحضير وتشخيص مادة مازة انطلاقا من مخلفات النخيل (السعف) وتطبيقاته في إزالة تلوث الماء بصبغة أزرق الميثيلين " مذكرة نهاية الدراسة لنيل شهادة ماستر أكاديمي جامعة الشهيد حمة لخضر- الوادي - كلية التكنولوجيا 2018- 2019 ص 4

[5] - حلفاوي فريال، مسعودي عبير، "التكنولوجيا النانوية ومعالجة المحيط, تطبيق الجسيمات النانوية في مجال تنقية المياه" ، جامعة قاصدي مرباح ورقلة،2020

[6] - فؤاد نمر الرفاعي، "مفاهيم أساسية في تقنية النانو"،2015-2016.

المراجع باللغة الأجنبية:

[2] - Jane Wiley and all «Biosynthesis and Sustainable Biotechnological Implications» 2015 Page 156.

[3] - "Brilliant Cresyl Blue ALD 860867". Sigma-Aldrich" .13 March 2017

[4] - "Brilliant Cresyl Blue ALD B5388". Sigma-Aldrich .14November 2017

[7] -WWW.hazemsaeek .com .

[8] - O'NEIL, M.J., 2006- The Merck Index - An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals. Whitehouse Station, pp: 983.

[9]- Pumera, M. Graphene-based nanomaterials for energy storage.Energy Environ. Sci. 2011, 4, 668–674. [CrossRef].

[10]- Kharisov, B.I.; Kharissova, O.V.; Dias, H.V.R. Nanomaterials for Environmental Protection; John Wiley & Sons, Inc.: Hoboken, NJ, USA,2014.

[11] - Pourmortazavi SM, Rahimi-Nasrabadi M, Aghazadeh M, Ganjali MR,Karimi MS, NorouziParviz. Synthesis, characterization and photocatalytic activity of neodymium carbonate and neodymium oxide nanoparticles. JMolStructr 2017; 1150:411–8.

[12] - Wu W, He Q, Jiang C. Magnetic iron oxide nanoparticles: synthesisand surface functionalization strategies. Nanoscale Res Lett2008;3(11):397.

[13] - J. Kumirska, M. Czerwicka, Z. Kaczyński, A. Bychowska, K.

Brzozowski, J. Thöming, and P. Stepnowski, Mar. Drugs., 8, 1567 (2010)

[14] - T. M. Tiama and H. Elhaes, Lett. Appl. Nano., 10, 2438 (2021).

[15] - U. L. Usman, N. B. Singh, B. K. Allam, and S. Banerjee, Mater.Today Proc., 60, 1140 (2020).

[16] - H. Zhang, X. Tan, T. Qiu, L. Zhou, R. Li, and Z. Deng, Int. J. Biol.Macromol., 141, 1165 (2019)

[17] - P. Sanchayanukun and S. Muncharoen, Talanta, 217, 121027

(2020)

[18] - J. L. Arias, L. H. Reddy, and P. Couvreur, J. Mater. Chem., 22, 76

الفصل I
عموميات حول الجسيمات النانوية وحمض الستريك

المقـدمــة:

يحتوي هذا الجزء الأول على تعرٌيفات ومفاهٌيم الأساسية للمواد النانوٌية، الأكسيد المغنيزيوم تصنٌيفاتها المختلفة وتطبٌيقاتها وطرق تصنيعها، وكذلك استعمالات وأضرار حمض السيتريك.

I.1-عموميات حول المواد النانوية:

1-1-المواد النانوية:

تعود أصول كلمة "نانو" إلى اللغة اليونانية حيث تعني "القزم"، حيث يُمثل النانو جزءًا صغيرًا للغاية من المليار. وبناءً على ذلك، فإن النانومتر (nm) يعادل تسعة إلى عشرة مليون من هذا الجزء9 -10 [1] . يُمثل هذا الحجم الصغير للنانومتر مفهومًا مثيرًا للاهتمام، حيث يُمثل طول خمس ذرات إذا ما وُضعت جنبًا إلى جنب، وهو ما يُعادل واحدًا من كل مئة ألف من قطر شعرة الإنسان[2] . على الرغم من أن مصطلح "نانو" كان يستخدم في البداية كوحدة قياسية، إلا أنه اليوم يُفهم بأنه أكثر من ذلك، حيث يُشير إلى مجال واسع يتعلق بالعلوم والتقنية النانوية، ويُعبر عن تطبيقات ودراسات مختلفة في هذا المجال.[3]

1-2- تعريف التقنية النانوية:

تقنية النانوية هي مجال علمي وتقني يركز على دراسة وتطوير المواد والأنظمة والأجهزة على نطاق النانومتر (وحدة القياس الصغيرة جدًا تعادل واحد بليون من المتر[4]). تستفيد تقنية النانوية من الظواهر والخصائص الفريدة التي تظهر على مستوى النانومتر، مثل الخصائص الكمية والسطحية والبصرية والكهرومغناطيسية. تتضمن تقنية النانوية تصميم وتصنيع واستخدام المواد والأجهزة التي يتم التحكم فيها وتشكيلها على مستوى النانومتر[5] ، مما يسمح بإنتاج مواد وأجهزة ذات خصائص فريدة وتطبيقات متعددة في مجالات مثل الطب، والإلكترونيات، والطاقة، والبيئة، وغيرها. تعد تقنية النانوية من أحدث التقنيات وأكثرها وعودًا في العلوم والتكنولوجيا الحديثة، وتشهد تطورات مستمرة وتطبيقات واسعة النطاق.[6]

وتتميز هذه التقنية بأنها تضع وتستخدم تركيبات تتمتع بخصائص فريدة بسبب صغر حجمها،كما تعتمد على مبادئ ومفاهيم العلوم والهندسة لإنتاج مواد وأدوات مفيدة عند مستوى النانومتر، تتيح لنا القدرة على التحكم والتلاعب في المادة على مستوى الذرة، هي علم وهندسة تمنحنا القدرة على التحكم المباشر في الذرات والجزيئات والمواد والتراكيب والأجهزة التي أبعادها أقل من 100 نانومتر، وذلك من خلال مراقبتها وقياس ودراسة خصائصها الفيزيائية والكيميائية والمغناطيسية والميكانيكية والكهربائية، مما يتيح إمكانية تصنيعها واستخدامها في مجالات علمية [7]

1-3-تصنيف المواد النانوية:

يمكننا القول إن جميع أنواع المواد التقليدية، مثل الفلزات وسبائكها، وأشباه الموصلات، والزجاج، والسيراميك، والبوليمرات تُعتبر الخامات الأولية التي يتم استخدامها في تصنيع المواد ذات الأبعاد النانومترية (مواد نانوية). ويمكن تصنيف المواد النانوية إلى أربعة أصناف رئيسية:

- **المواد النانوية ذات الابعاد الصفرية**

هي تلك المواد التي تكون جميع ابعادها أصغر من 100 نانومتر حيث تكون اما متفرقة او عشوائية او منظمة مثال عن ذلك في المواد المغناطسية.[7-8]

- **المواد النانوية ذات الابعاد الاحادية**

وهي المواد التي يكون أحد مقاييس ابعادها اقل من 100نانومتر وهي مواد على شكل اسلاك نانوية او انابيب نانوية.[7-8]

- **المواد النانوية ذات الابعاد الثنائية**

تتطلب في هذه الفئة من المواد النانوية ان يكون مقياس بعدين من ابعادها اقل من 100نانومتر وهي مواد تتواجد على شكل طبقات رقيقة ومن الامثلة عن ذلك نذكر الانابيب او الأسطوانات النانوية[7-8] .

- **المواد النانوية ذات الابعاد الثلاثية**

مثل كريات الأبعاد النانوية، مثل الجسيمات النانوية ومساحيق الفلزات والمواد السيراميكية فائقة النعومة، ما يُعرف بثلاثية الأبعاد نظرًا لأن أحد مقاييس أبعادها على المحاور الثلاثة (X، Y، Z) يقل عن 100 نانومتر [7-8].

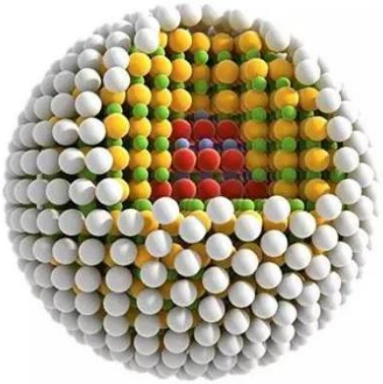
1-4- أِشكال المواد النانوية:

1-4-1- النقاط الكمي:

تُعد الجسيمات النانوية فائقة الصغر، حيث يتراوح قُطرها بين اثنين وعشرة نانومترات، وتتألف من مئات إلى آلاف الذرات.

يُمكن تصنيع هذه المواد الشبه الموصلة من عناصر مثل السيليكون أو الجرمانيوم أو كبريتات الكادميوم أو الزنك، وبسبب صغر حجمها، فإنها تتميز بخصائص ضوئية وكهربائية فريدة. تبرز ظاهرة انبعاث الفوتونات المرئية كواحدة من أبرز هذه الخصائص.

ويُلاحظ أن لون الضوء الناتج لا يعتمد على نوع المادة الشبه الموصلة التي تتكون منها الجسيمات النانوية، بل يعتمد على قُطرها. [9-10]



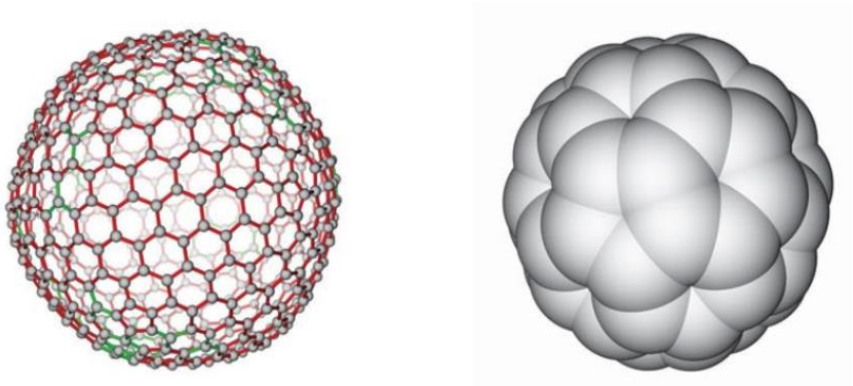
الشكل 1: النقاط الكمي [9-10]

1-4-2-الكرات النانوية:

من بين الفئات البارزة في مجال النانوتكنولوجيا تأتي كرات الكربون النانوية. تنتمي هذه الكرات إلى فئة الفولورينات، وتُصنَّع من مادة C_{60}، ولكنها تختلف قليلاً في التركيب عن الكربون النانوي C_{60}.

تتميز كرات الكربون النانوية بتركيب متعدد الطبقات، وهي فارغة في المنتصف، مما يميزها عن الجسيمات النانوية الأخرى. علاوة على ذلك، لا تحتوي على فجوات على السطح مثلما يحدث في الأنابيب النانوية متعددة الغلاف.

وبسبب تشابه تركيبها بتركيب البصل، أُطلِق عليها العلماء لقب "البصل" (Bucky). يمكن أن يصل قطر هذه الكرات النانوية إلى 500 نانومتر أو أكثر.[9-10]

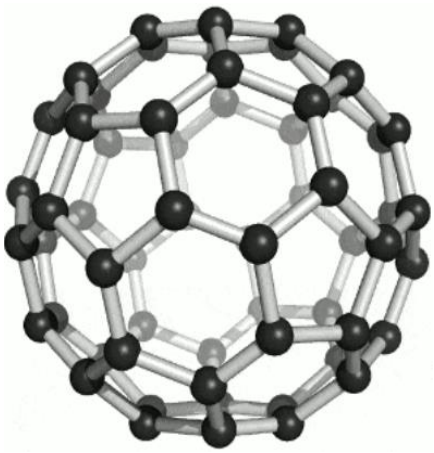


الشكل 2: الكرات النانوية [9-10]

1-4-3-الفولورين:

اكتشف في عام 1985 موليكول كربونية مكونة من 60 ذرة كربون ويرمز لها بالرمز C60. وقد لوحظ أن هذه الموليكولة تشبه كرة القدم المنقطة في شكلها الكروي.

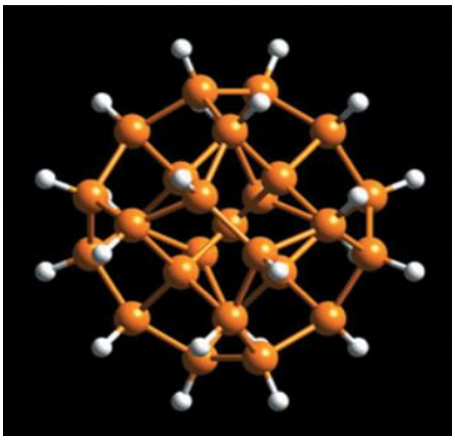
ومنذ اكتشافها وحتى الآن، يتم إنتاجها بكميات تجارية، وقد أطلق عليها اسم "الفولورين" تيمنًا بالمخترع والمهندس المعماري بكمنسترفولر.[9-10]



الشكل 3: الفولورين [9-10]

1-4-4-الجسيمات النانوية:

رغم حداثة استخدام مصطلح "الجسيمات النانوية"، إلا أن هذه الجسيمات كانت موجودة في المواد المصنعة أو الطبيعية منذ القدم. يمكن تعريف الجسيمات النانوية على أنها تجمع ذري أو جزيئي صغير يتألف عددها من بضع ذرات (جزيء) إلى مليون ذرة، وتكون مرتبطة مع بعضها البعض بشكل كروي تقريبًا، ونصف قطرها يقل عن 10 نانومتر.[9-10]



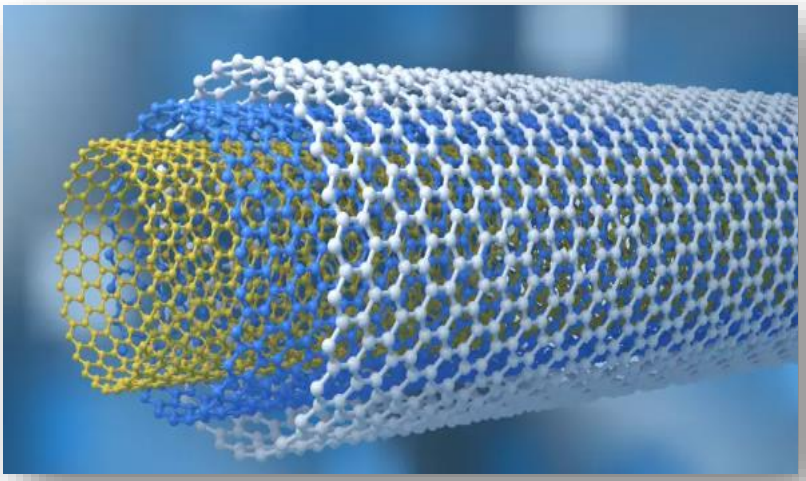
الشكل 4: الجسيمات النانوية [9-10]

1-4-5-الانابيب النانوية:

تتشكل الانابيب النانوية من طبقات رقيقة تتلف بشكل أسطواني، حيث تكون نهاية الأسطوانة غالبًا مفتوحة والأخرى مغلقة بشكل شبه دائري.

تُصنع هذه البنية سواء من المواد العضوية مثل الكربون، أو من المواد غير العضوية مثل أكاسيد المعادن كأكسيد الفناديوم والمنجنيز.

تتمتع الأسطوانات النانوية بالقوة والصلابة وقدرتها على نقل الكهرباء، ومع ذلك، قد تكون أكاسيد المعادن أثقل وأضعف من الأسطوانات المصنوعة من الكربون[9-10]

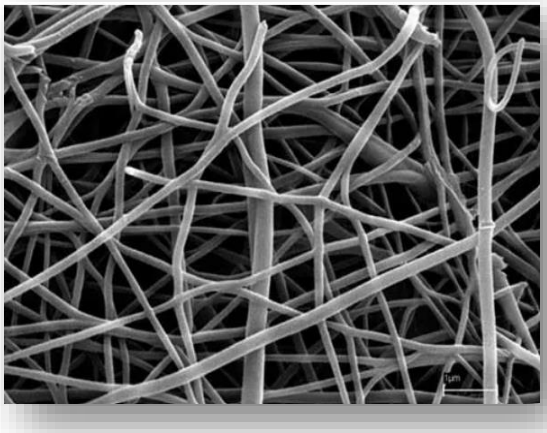


الشكل 5: الانابيب النانوية [9-10]

1-4-6-الالياف النانوية:

تُعرف الأنابيب النانوية بأنها هياكل أسطوانية مصنوعة من مواد مثل الكربون أو أكاسيد المعادن مثل أكسيد الفلزات كأكسيد الفناديوم والمنجنيز.

تتمتع هذه الأنابيب بالقوة والصلابة وتوصيل الكهرباء، على الرغم من أن أكاسيد المعادن قد تكون أثقل وأقل قوة مقارنة بأنابيب الكربون.[9-10]



الشكل 6: الالياف النانوية [9-10]

1-4-7-المركبات النانوية:

هي مواد تحتوي على إضافة جسيمات نانوية أثناء عملية التصنيع، مما يؤدي إلى تحسين كبير في خصائص المادة.[9-10]

1-5- تعريف جسيمات النانوية:

تُعرف جسيمات النانوية كأجسام صغيرة تتراوح أبعادها بين 1 و100 نانومتر، وتتألف من مواد مختلفة مثل الكربون، المعادن، أكاسيد المعادن، أو المواد العضوية[10]. تتميز هذه الجسيمات بخصائص فيزيائية وكيميائية وبيولوجية مميزة. [11]

تتنوع جسيمات النانوية في الشكل والحجم والبنية، حيث يمكن أن تكون كروية، أسطوانية، أنبوبية، مخروطية، مجوفة، لولبية، أو مسطحة، وغيرها، بالإضافة إلى أن السطح يمكن أن يكون متجانسًا، أو غير منتظم، أو متعدد السطوح. بعضها متبلور والبعض الآخر غير متبلور، وقد تكون مرتبطة بمواد صلبة أو أحادية أو متعددة البلورات، سواء كانت فضفاضة أو متكتلة. [11-12]

1-6- تطبيقات جسيمات النانوية:

تُستخدم جسيمات النانوية الآن في مجموعة واسعة من التطبيقات، بما في ذلك الإلكترونيات، والطاقة المتجددة، وصناعة الطيران، وغيرها من المجالات، حيث توفر خصائصها الفريدة فرصًا مذهلة للتطور والابتكار في مختلف المجالات. [12]

1-7-طرق تصنيع الجسيمات النانوية:

تتبع طرق صناعة الجسيمات النانوية نمطين رئيسيين:

1-7-1-الطريقة الأعلى-إلى-أسفل:

يبدأ عملية تكوين الجسيمات النانوية باستخدام نفس المادة التي يتم تصنيعها، حيث يتم تقسيم هذه المادة إلى أجزاء صغيرة أو إلى جسيمات نانومترية عند تطبيق مصدر للطاقة. يمكن أن تكون هذه الطاقة المطبقة ميكانيكية أو كيميائية أو حرارية، وقد تكون أيضًا في شكل آخر مثل إشعاع الليزر. [13]

1-7-1-1-الطحن الميكانيكي:

أحد أكثر الطرق استخدامًا لإنتاج الجسيمات النانوية هو الطحن الميكانيكي، حيث يتم طحن الجسيمات النانوية وما بعدها خلال عملية التصنيع.

يتم ذلك عن طريق طحن العناصر المختلفة في جو خامل لتقليل حجم الجسيمات.

1-7-1-2-الطباعة الحجرية النانوية:

تشمل دراسة تصنيع هياكل المقاييس النانوية التي تتراوح بين 1 إلى 100 نانومتر العديد من التقنيات والأساليب. من بين هذه التقنيات تشمل البصمة الضوئية وشعاع الإلكترون.

1-7-1-3-الاستئصال بالليزر:

تعتبر تقنية تخليق الاجتثاث بالليزر في المحلول من الطرق الشائعة لإنتاج الجسيمات النانوية من محاليل مختلفة.

يتم ذلك عن طريق تعريض المعدن الموجود في المحلول السائل إلى شعاع الليزر. يؤدي تأثير الليزر على المعدن المذاب في المحلول إلى تكوين جسيمات نانوية بحجم دقيق. يتم تنظيم هذه العملية بشكل دقيق للسيطرة على حجم وشكل الجسيمات النانوية المتكونة.

تستخدم هذه التقنية في العديد من التطبيقات الصناعية والبحثية، بما في ذلك تصنيع المواد النانوية للاستخدام في الإلكترونيات، والطاقة، والطب، والكيمياء، وغيرها من المجالات.

1-7-1-4-الرش:

تعتبر عملية ترسيب الجسيمات النانوية على السطح من خلال إخراج الجزيئات من الغازات عن طريق التصادم مع الأيونات من الطرق الشائعة لتحضير الأسطح المغلفة بالنانو.

يتم ذلك عن طريق تعريض السطح المراد تغليفه إلى الغازات المحتوية على الجزيئات النانوية، ثم إدخال الأيونات إلى الغازات بواسطة إضافة مصدر للطاقة مثل البلازما أو التفريغ الكهربائي. ينتج عن ذلك تفاعل كيميائي يؤدي إلى إخراج الجزيئات النانوية من الغازات وترسيبها على السطح المستهدف، ويتم تحكم بالشروط والمعلمات لضمان تشكيل طبقة نانوية متسقة ومتجانسة على السطح.

تستخدم هذه العملية في العديد من التطبيقات مثل تغليف الأسطح لتحسين خواصها الميكانيكية والكيميائية، وتحسين التوصيل الحراري والكهربائي، وتقليل التآكل والتآكل، وغيرها من التطبيقات الصناعية.

1-7-1-5-التحلل الحراري:

هو تفكك كيميائي يحدث بواسطة توجيه الحرارة إلى المركب، مما يؤدي إلى كسر الروابط الكيميائية فيه.

1-7-2-الطريقة الأسفل-إلى-أعلى:

تشير عملية التجميع النانوي إلى التقنية التي يتم فيها تجميع المكونات الصغيرة ذات الأبعاد الذرية أو الجزيئية معًا، وذلك وفقًا لمبدأ فيزيائي طبيعي أو باستخدام قوة دافعة مطبقة خارجيًا. يتم ذلك لخلق أنظمة أكبر حجمًا وأكثر تنظيمًا، مما يؤدي إلى تشكيل مواد نانوية. [14]

1-7-2-1-سول جل:

تعتبر هذه الطريقة الأكثر تفضيلًا ضمن تقنيات من أسفل الى اعلى بسبب بساطتها وسهولة تطبيقها، بالإضافة إلى إمكانية تصنيع معظم الجسيمات النانوية بها. يُعتبر أكسيد المعادن والكلوريدات المركبات الأولية الأكثر استخدامًا في هذا السياق.

1-7-2-2-دوران:

تتم عملية تصنيع الجسيمات النانوية عن طريق الغزل باستخدام مفاعل قرص دوار. يحتوي المفاعل على قرص دوار داخل غرفة التفاعل، حيث يتم التحكم في المعاملات الفيزيائية مثل درجة الحرارة. يُعبأ المفاعل عموماً بالنيتروجين أو بالغازات الخاملة الأخرى لإزالة الأكسجين من الداخل وتجنب التفاعلات الكيميائية.

1-7-2-3- الترسيب الكيميائي للبخار:

يتم ترسيب طبقة رقيقة من المواد المتفاعلة الغازية على سطح ركيزة. يتم هذا الترسيب داخل غرفة تفاعل تحت درجة حرارة محددة عن طريق تجميع جزيئات الغاز. يحدث التفاعل الكيميائي عندما تتفاعل الركيزة الساخنة مع الغاز المدخل.

1-7-2-4-التحلل الحراري:

تعتمد هذه عملية على حرق المواد الأولية بواسطة اللهب وهي الطريقة الأكثر استخداماً لإنتاج الجسيمات النانوية على نطاق واسع. تتمثل المادة الأولية في هذه العملية في السوائل أو البخارات التي يتم وضعها في الفرن، ثم يتم تغذيتها عند ضغط عالٍ من خلال ثقب صغير ليتم احتراقها

1-7-2-5-التخليق الحيوي:

هذا النهج يُعتبر صديقًا للبيئة في تصنيع الجسيمات النانوية حيث يتم استخدام البكتيريا والمستخلصات النباتية والفطريات، إلى جانب المواد الأولية الطبيعية، لإنتاج جسيمات نانوية غير سامة وقابلة للتحلل. يُعتبر هذا النهج بديلاً مستدامًا وفعّالًا يُعزز الخصائص الفريدة ويحسن الأداء.

1-8- خواص المواد النانوي:

تتوفر في المواد النانوية مجموعة متنوعة من الخصائص الفريدة التي تميزها عن غيرها، وسنقوم بمناقشتها فيما يلي. [15]

- **الخصائص الميكانيكية:**

تعتبر الخواص الهامة والمميزة للمواد النانوية نتيجة لصغر حجم حبيبات المادة ووجود أعداد كبيرة من الذرات على سطحها الخارجي، حيث يمكن التحكم في مقاييس المادة وترتيب ذراتها. هذا يساهم في زيادة صلابة ومقاومة المواد الفلزية للتحمل الأحمال والإجهادات. على سبيل المثال، تكتسب المواد السيراميكية متانة وقابلية للتشكل وتحمل الإجهادات التي لم تكن موجودة فيها سابقًا، مما يعزز إمكانية تطوير أنواع جديدة من المواد.

- **الخصائص الكيميائية:**

تتميز المواد النانوية بزيادة النشاط الكيميائي نتيجة للزيادة الكبيرة في مساحة سطح حبيباتها النانوية ووجود أعداد ضخمة من ذرات المادة على سطحها الخارجي، مما يجعلها المفضلة في التطبيقات الكيميائية.

- **الخصائص الفيزيائية:**

تؤثر تقليل أبعاد وقياسات حبيبات المادة على نقطة الانصهار، على سبيل المثال في حالة فلز الذهب النقي، حيث يتحول إلى الحالة الصلبة عند درجة حرارة تقدر بـ 1064 درجة مئوية (نقطة الانصهار). ومع ذلك، عند تقليل أبعاد حبيبات الفلز إلى حوالي 35.1 نانومتر وزيادة مساحة السطح الخارجي، يتناقص قيمة نقطة الانصهار للتحول لتصل إلى 500 درجة مئوية. [10-15]

- **الخصائص البصرية:**

تتميز المواد النانوية التي جذبت اهتمام علماء البصريات بعدة خصائص بارزة، منها تأثير أحجام الحبيبات على خواص البصريات للمادة، مثل التشتت الضوئي والانكسار الضوئي لسطح المادة. فعلى سبيل المثال، حبيبات الذهب النقي التي يبلغ قطرها 200 نانومتر تظهر بلون ذهبي، ولكن عند تقليل

حجمها إلى أقل من 20 نانومتر، تصبح عديمة اللون (شفافة)، ومع زيادة التقليل تتغير الألوان من الأخضر إلى البرتقالي ثم الأحمر. هذه الخاصية المتغيرة تساهم في صناعة شاشات الأجهزة ذات الدقة العالية والتباين الفائق والألوان النقية.[10]

- **الخصائص المغناطسية:**

كلما زادت صغر أبعاد الحبيبات ومساحة السطح الخارجي، وتضاعف وجود الذرات عليها، زادت شدة وقوة وفعالية المغناطيس للمواد. وتعتبر المواد النانوية ذات الخواص المغناطيسية من بين أهم مصادر إنتاج المغناطيسات المستخدمة في الأجهزة مثل جهاز الرنين المغناطيسي (MRI).

- **الخصائص الكهربائية:**

تأثير تقليل حجم حبيبات المواد بشكل إيجابي على خواصها الكهربية يزيد من قدرتها على توصيل التيار الكهربائي. وتُستخدم هذه المواد في الصناعات الحساسة والدقيقة، بالإضافة إلى الإلكترونيات

- **الخصائص البيولوجية:**

قليل أبعاد حبيبات المواد يسهم في تحسين التوافق البيولوجي والتناغم، مما يزيد من نفاذية المواد وقدرتها على اختراق الحواجز البيولوجية، وبالتالي يُسهل وصول المواد العلاجية إلى الأجزاء المصابة.

1-9-الخصائص الفيزيوكيميائية للجسيمات النانوية:

الخصائص الفيزيوكيميائية للجسيمات النانوية تعتمد على عدة عوامل، بما في ذلك حجم الجسيمات، وتركيبها الكيميائي، وشكلها، وسط الانحلال، ودرجة الحرارة، والضغط، وغيرها. ومن بين الخصائص الفيزيوكيميائية الهامة للجسيمات النانوية يمكن ذكر [16]:

الحجم والسطح النوعي: كلما قل حجم الجسيمات النانوية، زادت نسبة سطحها إلى حجمها، مما يؤدي إلى زيادة تأثيرات السطح وخصائصها الكيميائية. [16]

التركيب البلوري: يمكن أن يؤثر التركيب البلوري للجسيمات النانوية على خصائصها الفيزيائية والكيميائية، مثل قابلية الانحلال والتوصيلية الكهربائية. [16]

التوزيع الحجمي: يؤثر توزيع حجم الجسيمات على تفاعلاتها مع المواد الأخرى وتأثيرها على الخصائص الفيزيائية والكيميائية للنظام. [16]

الانحلالية: تعتمد قابلية الانحلال على تركيب السطح والتفاعلات الكيميائية التي يمكن أن تحدث على سطح الجسيمات النانوية مع المواد الأخرى. [16]

التوصيلية الحرارية والكهربائية: يمكن أن تختلف خصائص التوصيلية للجسيمات النانوية عن تلك للمواد الكبيرة بسبب تأثير الحجم والسطح. [16]

الاستقرار الكيميائي: يعتمد على التركيب السطحي للجسيمات وتفاعلاتها مع المواد الأخرى في البيئة المحيطة، مما يؤثر على استقرارها وتطبيقاتها العملية. [16]

يجب مراعاة هذه الخصائص عند دراسة وتصميم الجسيمات النانوية لتحقيق التطبيقات المرغوبة بكفاءة وفعالية[16].

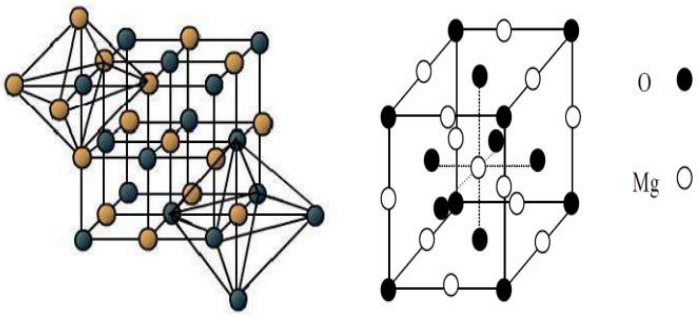
I.2-أكاسيد المعادن النانوية:

المواد المعدنية النانوية هي مواد مكونة من جسيمات معدنية صغيرة جدًا، تتراوح أبعادها عادة بين 5 إلى 100 نانومتر. تتميز المواد المعدنية النانوية بسطح كبير مقارنة بالمواد المعدنية غير النانوية، مما يؤدي إلى زيادة تأثيرات السطح وتحسين الخواص الفيزيائية والكيميائية لها. بالإضافة إلى ذلك، تظهر المواد المعدنية النانوية خصائص غير عادية تختلف عن تلك الموجودة في المواد المعدنية العادية، ويُعزى ذلك إلى التأثير الفعال لحجم الجسيمات الصغير والسطح الكبير والتأثير الكيميائي. [17]

تشتمل المواد المعدنية النانوية على عدة أنواع، مثل أكسيد المغنيسيوم وأكسيد الزنك وأكسيد الحديد، ولها تطبيقات واسعة في مجالات مثل الصناعة والطب والبيولوجيا. تُعد هذه المواد مثيرة للاهتمام بسبب تفوقها في الخصائص على المواد التقليدية، مما يجعلها محورًا للبحث والتطوير في مختلف الصناعات. [17]

I.2-1- أكسيد المغنيزيوم MgO:

أكسيد المغنيسيوم هو مركب كيميائي يتألف من العنصرين المغنيسيوم Mg^{+2} والأكسجينO^{-2} مرتبطة ببعضهما عن طريق ترابط الأيوني، ويُعرف كذلك باسم أكسيد المغنيسيا(Magnesia) [18-19] يمتلك هذا المركب الصيغة الكيميائية MgO. يوجد أكسيد المغنيسيوم عادةً على شكل مسحوق أبيض اللون، له بنية بلورية مكعبة مشابهة لبنية كلوريد الصوديوم (NaCl). [20]



الشكل 7: البنية البلورية الأكسيد المغنيزيوم [18-19]

2-1-1-الخصائص الفيزيائية والكيميائية الأكسيد المغنيزيوم:

الخاصية	القيمة
درجة الغليان	2825 °C
درجة الانصهار	3600 °C
معامل الانكسار	1.7355عند 589 nm 1.7283عند 750 nm
الكثافة	3.58g/cm ^{3}
الذوبانية	عمليا غير قابل للذوبان في الماء والايثانول وقابل للذوبان في الأحماض ومحاليل ملح الأمونيوم
الوزن الجزيئي	40.304 g/mol
الصلابة	5.5 الى 6.0 mohs
الكتلة المولية	40.3044 g/mol
الحرارة النوعية عند27	0.92885 Kj/Kg.K
السعة الحرارية	8.88 Cal/Kmol
الأنتروبيا القياسية	644 Cal/kmol
ثابت العزل الكهربائي عندMHz1	9.68
معامل المرونة	C_{44}=155 ،C_{12}=93، C_{11}=294
معامل الامتصاص عندμm5.5	0.05cm^{-1}

جدول 1: يوضح الخصائص الفيزيائية والكيميائية للأكسيد المغنيزيوم[21-23]

كما لديه بعض الخصائص الاخرى:

- **عزل كهربائي:** يتميز أكسيد المغنيسيوم بكونه عازلًا جيدًا للكهرباء، ويستخدم في العديد التطبيقات العازلة.
- **استقرار كيميائي:** يكون مستقرًا في درجات الحرارة العالية، ولا يتفاعل بسهولة مع المواد الكيميائية الأخرى.
- **تفاعل مع الحموض:** يتفاعل مع الحموض لتكوين أملاح المغنيسيوم ويتحلل تحت تأثير الحموضة القوية. [21-23]

2-1-2-أهمية الصناعية الأكسيد المغنيزيوم:

أكسيد المغنيزيوم له عدة استخدامات وتطبيقات في مجموعة واسعة من الصناعات نظرًا لخصائصه الفيزيائية والكيميائية المميزة. إليك بعض الأمثلة عن أهمية استخدام أكسيد المغنيزيوم: [24]

- **في صناعة الخزفيات والزجاج:**

يستخدم أكسيد المغنيزيوم كمادة مثبتة للخزفيات والزجاج بسبب مقاومته للحرارة وتأثيره المقاوم للتآكل. يساهم أيضًا في تحسين خصائص الخزفيات والزجاج مثل المتانة والصلابة. [24-25-26]

- **في صناعة الأسمنت:**

يستخدم أكسيد المغنيزيوم في تصنيع الأسمنت لتحسين مقاومته للتآكل وزيادة قوتها ومتانتها. [25]

- **في الصناعات الكيميائية:**

يستخدم أكسيد المغنيزيوم كمادة تفاعلية أو عامل تحفيز في العديد من العمليات الكيميائية المختلفة، مثل عمليات التحويل الكيميائي وتنقية الغازات [24-25-26]

- **في الطب والطب الحيوي:**

يستخدم أكسيد المغنيزيوم في تصنيع الأدوية والمستحضرات الطبية والمواد الطبية الأخرى بسبب خصائصه المضادة للحموضة وخواصه المضادة للميكروبات. [24-23-22]

- **في الصناعات الإلكترونية:**

يستخدم أكسيد المغنيزيوم في تصنيع مكونات الإلكترونيات مثل العوازل والموصلات بسبب خصائصه العازلة والكهربائية.

- **في صناعة الدهانات والمواد العازلة:**

يستخدم أكسيد المغنيزيوم في تصنيع الدهانات والمواد العازلة للحرارة والصوت والكهرباء بسبب مقاومته العالية للحرارة وخصائصه العازلة. [26]

I.2.2- الجسيمات الأكسيد المغنيزيوم النانوية MgONPS:

هي جسيمات صغيرة نانوية ايونية للغاية وأكاسيد قاعدية معدنية من أكسيد المغنيزيوم تتراوح أبعادها بين 1 و100 نانومتر ذات مساحة سطحية عالية للغاية، تتميز بتفاعل سطحي كبير يتم إنتاجها عن طريق تقنيات التصنيع النانوية المتقدمة، وتتميز بخواص فريدة نتيجة لحجمها النانوي الصغير. [27]

2-2-1-تطبيقات الجسيمات الأكسيد المغنيزيوم النانوية:

وتشمل بعض هذه التطبيقات: [28-21]

- **في المواد العازلة:**

يُستخدم أكسيد المغنيزيوم النانوي في تصنيع المواد العازلة للحرارة والكهرباء نظرًا لخصائصه الممتازة كعازل حراري وكهربائي.

- **في الطلاءات الواقية:**

يتم استخدامه في صناعة الطلاءات الواقية التي توفر حماية من التآكل والتأثيرات البيئية بفضل قدرته على تشكيل طبقة واقية على السطح.

- **في التطبيقات الطبية:**

يُستخدم أكسيد المغنيزيوم النانوي في تطبيقات طبية مثل الأدوية والمواد الطبية نظرًا لخواصه المضادة للبكتيريا والمضادة للالتهابات. [29]

- **في التقنيات البيولوجية:**

يُستخدم في مجال البيولوجيا والتقنيات البيولوجية في تطبيقات مثل التصوير الطبي وتسليم الدواء، وذلك بسبب قدرته على التفاعل مع الخلايا والأنسجة الحية بفعالية. [30]

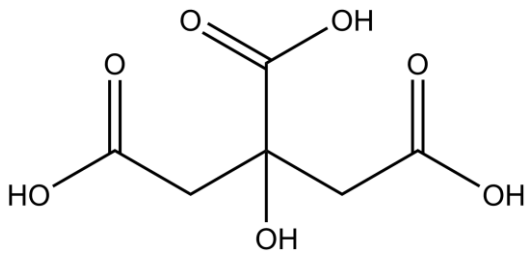
- **في التقنيات البيئية:**

يُستخدم في مجالات البيئة والتنقية لتحسين جودة المياه والهواء وتقليل التلوث، ويمكن استخدامه في تصنيع مرشحات الهواء ومعالجة المياه.

I.3-حمض الستريك:

3-1-عموميات:

حمض الستريك (حمض ضعيف) هو حمض ثلاثي الكربوكسيل ألفا هيدروكسيلي، ويأتي بصيغة كيميائية $C_6H_8O_7$ ويبلغ وزنه الجزيئي حوالي 192 غرام/مول. [31] بينما الاسم النظامي وفقا للاتحاد الدولي للكيمياء البحثية والتطبيقية (IUPAC) حمض الايثانويك (Acid Ethanoic) وكثافته أعلى من الماء ويمتزج بالماء بجميع النسب وهو في محاليله المخففة غير سام بينما في المحاليل المركزة كاوي وحارق للجلد، وحمض الخل هو حمض عضوي ضعيف (Pka=4.7) وثابت الحموضة عند 25 °C تساوي (1.77×10) يذوب في الماء. [33،32]



الشكل 8: حمض الستريك

3-2 استعمالاته:

له العديد من الاستخدامات في مختلف المجالات. من بين أهم استخداماته: [31]

- **في الصناعات الغذائية:**

يُستخدم حمض الستريك كمادة حافظة ومنظم حموضة في العديد من المنتجات الغذائية مثل المخللات والصلصات والمشروبات الغازية.

- **في صناعة المشروبات:**

يستخدم حمض الستريك في صناعة الخل والمشروبات الكحولية مثل النبيذ والجعة.

- **في التنظيف والتطهير:**

يُستخدم حمض الستريك كمادة تنظيف لإزالة الرواسب الكلسية والصدأ والبقع العنيدة على الأسطح المختلفة مثل الأحواض والمراحيض والمطابخ.

- **في صناعة الأدوية:**

يتم استخدام حمض الستريك في تركيب بعض الأدوية والمركبات الكيميائية.

- **في الصناعات الكيميائية:**

يستخدم حمض الستريك في صناعة مجموعة متنوعة من المركبات الكيميائية مثل الأسيتات والبوليمرات.

- **في صناعة الورق:**

يستخدم حمض الستريك في عمليات تنظيف وتبييض الورق.

- **في عمليات التخمير:**

يستخدم حمض الستريك في تنظيم عملية التخمير في صناعة بعض المنتجات الغذائية والمشروبات.

3-3- أضراره:

رغم استخدامات حمض الستريك العديدة والمفيدة، إلا أنه يمكن أن يكون له بعض الآثار السلبية إذا تم التعرض له بشكل غير سليم أو إذا تم استخدامه بطريقة غير صحيحة. من بعض الأضرار المحتملة لحمض الأسيتيك: [32-31]

- **تهيج الجلد والعيون:**

قد يسبب التعرض المباشر لحمض الستريك تهيجًا للجلد والعيون، وقد يتسبب في حدوث حروق أو التهابات.

- **تآكل الأسطح:**

يمكن لحمض الستريك أن يتفاعل مع بعض المواد ويتسبب في تآكل الأسطح المعدنية مثل الفولاذ المقاوم للصدأ.

- **تفاعل مع مواد أخرى:**

قد يتفاعل حمض الستريك مع بعض المواد الكيميائية الأخرى لإنتاج غازات خطرة أو مواد سامة.

- **مشاكل التنفس:**

قد يتسرب حمض الستريك إلى الجهاز التنفسي عند التعرض له بشكل كبير، مما يسبب مشاكل تنفسية وتهيجًا للجهاز التنفسي.

- **تأثير على الجهاز الهضمي:**

قد يؤدي تناول كميات كبيرة من حمض الستريك إلى تهيج المعدة والأمعاء وزيادة حموضة المعدة.

- **تأثيرات سلبية على البيئة:**

يمكن أن يكون تفاعل حمض الستريك مع المواد الكيميائية الأخرى ضارًا بالبيئة والحيوانات والنباتات.

المراجع باللغة العربية:

[1] -علوش، ميساء توفيق. "التخليق الحيوي للجسيمات النانوية وتطبيقاتها في مجال مكافحة الآفات الزراعية: دراسة مرجعية". مجلة وقاية النبات العربية، العدد 4 (2020): 280-267.

[2] - صفات، سالمة. "النانوتكنولوجي: مقدمة في فهم علم النانوتكنولوجيا". بيروت: الدار العربية للعلوم، 2009.

[3] - د. رافد أحمد، عبد الله. "مدخل إلى علم النانو: الطبعة الأولى". لندن: اي كتب، 2014.ص23

[8] - حلفاوي فريال، مسعودي عبير،"التكنولوجيا النانوية ومعالجة المحيط تطبيق الجسيمات النانوية في مجال تنقية المياه"، جامعة قاصدي مرباح ورقلة،2020.

[13]-.م.م.س. صالح، "المملكة العربية السعودية: تقنية النانو واستخداماتها في الطاقة الشمسية"، 2015

[15] - محمد الشريف الاسكندراني، "تكنولوجيا النانو ـ من اجل غد أفضل"، عالم المعرفة،2010- ..006 \2010.

[17] - دبون اك ارم، سويقات أميمة. (2021). دراسة حول خصائص وتطبيقات النقاط الكربونية، مذكرة شهادة الماستر تخصص كيمياء تحليلية، كلية الرياضيات وعلوم المادة، قسم الكيمياء، جامعة قاصدي مرباح ورقلة.

[31] -الكيمياء العضوية والحيوية (شعبة العلوم الطبية) تأليف د/ إبراهيم مصطفى فحيل البوم، د /فتحي سالم معتوق، حسين السلطني، د/خالد قدارة/2001 2002

المراجع باللغة الانجليزية:

[4]- Abd, A. N., Hassoni, M. H., & Hasan, M. H. (2018). Properties and biomedical applications of copper oxide nanoparticles. Biochem. Cell. Arch, 18(2), 1763-1766.

[5] - Andrieux-Ledier, A. (2012). Elaboration de nanoparticules d'argent par réduction de sels métallo-organiques : contrôle de taille, stabilité, organisation et propriétés physiques (Doctoral dissertation, Université Pierre et Marie Curie-Paris VI).

[6] - Belkacem, I. Synthèse et caractérisationoptique des nanoparticulesd'argent pour des applications médicales, Doctoral dissertation.

[7] - Barman, K., D. Chowdhury and P.K. Baruah. 2020. Biosynthesized silver nanoparticles using Zingiber officinale rhizome extract as efficient catalyst for the degradation of environmental pollutants. Inorganic and Nano-Metal Chemistry, 50: 65–57.

[9] - Shapes-http://nano.ksu.edu.sa/ar/nanotech

[10] - Hasan, S. (2015). A review on nanoparticles: their synthesis and types. Res. J. Recent Sci, 2277, 2502...

[11] - Machado, S., Pacheco, J. G., Nouws, H. P. A., Albergaria, J. T., & DelerueMatos, C. (2015). Characterization of green zero-valent iron nanoparticles produced with tree leaf extracts. Science of the total environment, 533, 76-81.

[12] - Tiwari, D. K., Behari, J., & Sen, P. (2008). Application of nanoparticles in waste water treatment. World Appl Sci J, 3(3), 417-433.

[14] - 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.

[16] - Waseem. S. Khan, Nawaf. N. Hamadneh , Waqar A. Khan. Polymer nanocomposites – synthesis techniques, classification and properties. All content following this page was uploaded by Nawaf Hamadneh on 14 January 2017.

[18] - Elaf Ayad Kadhem and ol . «Antibacterial Activity Magnesium Oxide Nanoparticle Prepared by Calcination Method ,.» college of pharmacy Alsafwa university college . Karbala .volume 10, 2019: p 73.

[19] - PATNAIK P., 2003- Handbook of Inorganic Chemicals. New York, NY: McGraw-Hill, pages: 529

[20] - O'NEIL, M.J., 2006- The Merck Index - An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals. Whitehouse Station, pp: 983.

[21] - Ahmed H. Abed. «Snythesis and Structinal Characterization of MgONanoparticles. » International Journal of Advanced Research in Scince Engineering Technol, july 2016.

[22] - Oualdine Allal. Etude des propriétés structurales électroniques élastiques et optiques de l'oxyde Magnésum ; mémoire pour l'obtention du diplome de magidter, Universite des sciences et de la technologie d' oran - Mohamed Boudia – faculté sciences . 2010.p; 63 - 78 .

[23] - M. Nidal., B.Khadidja., Contributions à l'etude de l'effet antibactérien de certains Oxydes de métaux (ZnO /MgO), Université des fréres mentauri constamtine Faculté de Sciences de la Nature et de la vie... 2018.

[24] - BELAY G., 2015- Magnesium Oxide Powder Manufacturing Industry Establishment. Executive Summary, Addis Ababa,Ethiopia.

[25] - COTTON J., 2001- Magnesia - Magnesium Oxide (MgO) Properties & Applications. Azow Materials, United Kingdom.

[26] - R Gaur, M Azizi, British Pharmacopoeia 2009.

[27] - Renata Dobrucka. Synthesis of MgO Nanoparticles Using Artemisia abrotonum Herba Extract and Their Antioxidant and Photocatalytic Properties. Iran, 2016.

[28] - Bouchared fatima Eohra. ,Etude AB -initio Des Proprietes - electroniques de ZnO / MgO / CdO .effets de Polarisation,du mémoire de magister, Universite D' oran - faculte des sciences exactes et appliquees ;p 45 . 2014.

[29] - Ganesh Pandey and ol. «Approaches to synthesize MgO Nanostructures for Diverse Applicaation.» DOI:10.1016.J. heliyon, 2020.

[30] - Rita N. N.,. «The Role Of MgO and CaO Nano - particles on Staplylo Coccus Eqidermidis Isolated Catheter Indwelling Patients ,colege of science .» Indian Journal of Public Health Research and Development., 2019.

[32] - Hendrickson. Cram. Hammond organic Chemistry Third Edition. International Student Edition page 132

[33] - Ralph J. Fessenden & Joan S. Fessenden Organic Chemistry Second Edition 1982 Page 571- 572

الفصل II
تخليق المركبات النانوية

مقدمـــة:

تطرقنا في هذا الفصل على مجموعة متنوعة من الطرق المستخدمة في تصنيع الجسيمات النانوية، بهدف التحقق من وجودها وفحص خصائصها الفيزيائية والكيميائية، مثل الحجم والشكل ومساحة السطح. تم ذلك باستخدام تقنيات تحليلية متعددة، مثل التحليل الطيفي للأشعة فوق البنفسجية والأشعة السينية UV-vis، بالإضافة إلى تقنيات تحليل الأشعة تحت الحمراء الفورية FTIR وجهاز الاشعة السينية XRD.

II. البروتوكول التجريبي :

II.1- المواد والأجهزة المستعملة:

1-1- المواد:

تطرقنا في تجربتنا هذه لاستخدام المواد التالية:

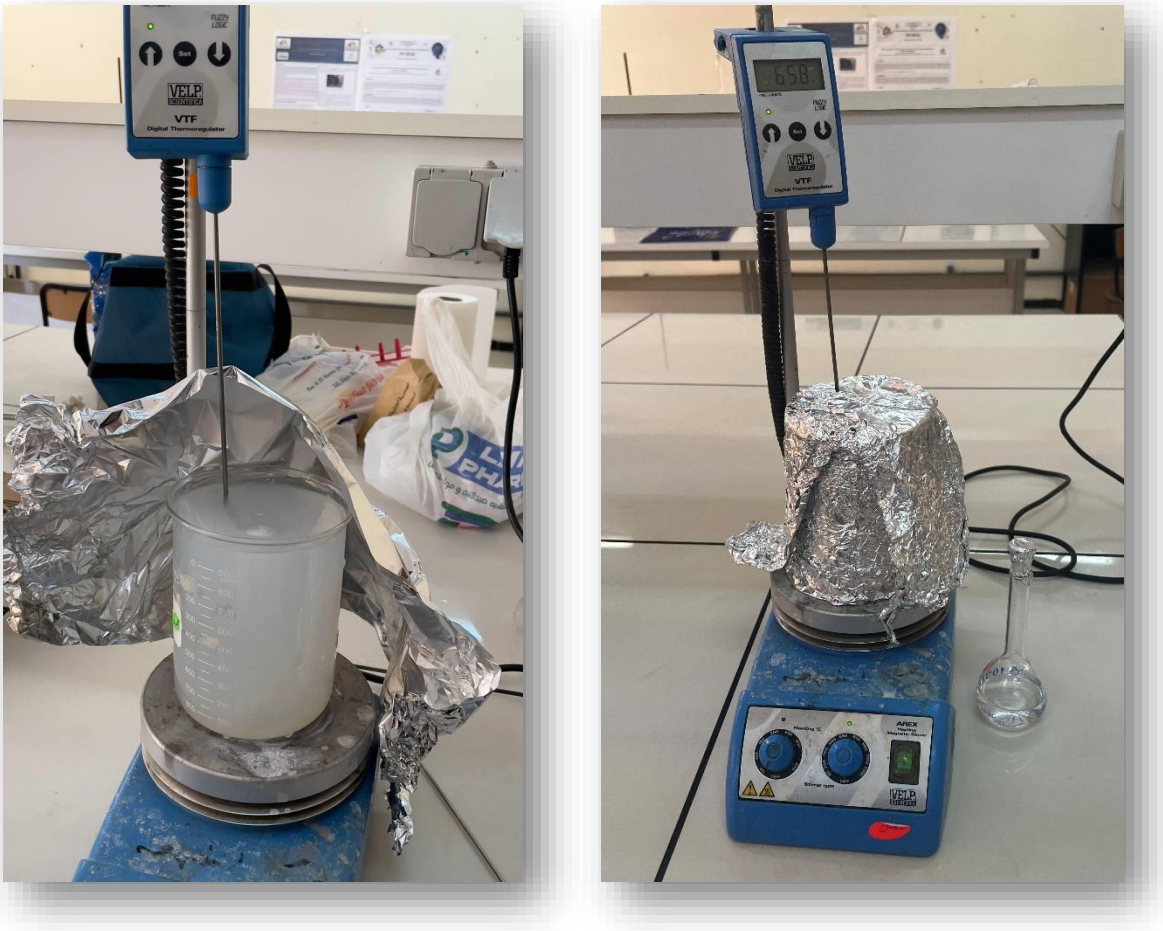
- ماء مقطر
- كلوريد المغنيزيوم $MgCL_2$
- هيدروكسيد الصوديوم NaOH
- حمض الستريك $C_6H_8O_7$
- صبغة Brilliant Cresyl bleu

1-2- الأدوات والأجهزة المستعملة:

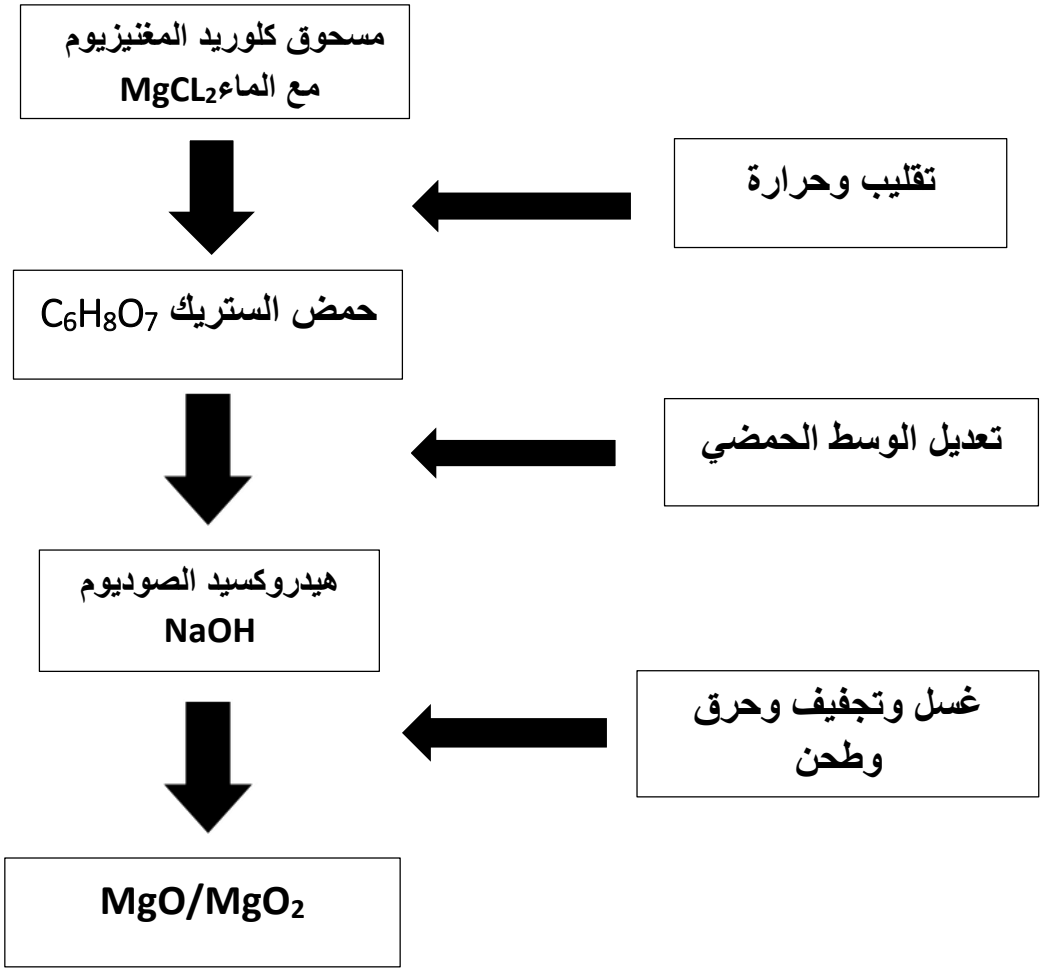
- مختلف أنواع واحجام البيشر
- حوجلة عيارية
- مخلاط مغناطيسي
- موقد حرارة
- ميزان حساس
- فرن تجفيف
- فرن حرق
- جهاز الطرد المركزي
- جهاز الاشعة السينية XRD
- جهاز مطيافية الاشعة تحت الحمراء FTIR
- جهاز مطيافية الاشعة فوق البنفسجية UV

2.II- تصنيع جزيئات أكسيد المغنيزيوم:

في تخليق جسيمات MgO/MgO_2، تم إذابة 8.31 جرام من $MgCl_2$. في 1 لتر من الماء المقطر وتمت تحريكه لمدة حوالي 10 دقائق. بعد ذلك، تم إضافة 1.9 جرام من حمض الستريك ($C_6H_8O_7$) في المحلول مع الحفاظ على التحريك المغناطيسي المستمر عند 75°C و500 rpm لمدة 3 ساعات تقريبًا. خلال هذه العملية، تمت إضافة قطرات من محلول هيدروكسيد الصوديوم (2 مولاري) إلى المزيج. وبعدها تم إخضاع المحلول الناتج للطرد المركزي عند 3000 rpm لمدة 10 دقائق لتجميع المركب المتكون، والذي تم غسله بعد ذلك ثلاث مرات بالماء منزوع الأيونات لإزالة أي فائض. تم تجفيف الرواسب البيضاء الناتجة في فرن عند 80°C لمدة 6 ساعات قبل أن يتم حرقها عند 500°C لمدة 4 ساعات لإنتاج مركب MgO/MgO_2 النانوي الأبيض المطلوب.



الشكل 9 صور للمزيج اثناء الخلط



المخطط 1: مخطط يشرح ويلخص خطوات التجربة.

II.3- تقنيات التحليل:

3-1- التحليل للأشعة المرئية وفوق البنفسجية UV-Vis:

تقنية القياس الطيفي بالأشعة فوق البنفسجية والمرئية (UV-Vis) هي تقنية شائعة وفعّالة تستخدم لتشخيص الجسيمات المعدنية النانوية، حيث تستفيد من خصائصها البصرية الفريدة. وفقًا لنظرية "مي" (Mie)، تنتج الجسيمات النانوية المختلفة المصنوعة من المعادن أو المعادن المغطاة بألوان مختلفة نتيجة لتفاعلها مع الإشعاع الكهرومغناطيسي من خلال امتصاصه وانعكاسه. يعزز الفوتون ذو الإشعاع الكهرومغناطيسي الإلكترونات من رابطة التكافؤ في سطح الجسيمات البلازمية النانوية، مما يؤدي إلى تفاعل كثافتها الإلكترونية مع الإشعاع الكهرومغناطيسي في نطاق التردد. تعتمد قوة الفوتون الساقط (I_0) على شدة الإشعاع، ويمكن تحديدها بواسطة قانون بير لامبارت[1] :

$$A = \log_{10}(I_0/I) = \varepsilon . b . c$$

حيث:

- A هو الامتصاص.
- I_0 هو شدة الفوتون الساقطة.
- I هو شدة الفوتون المرسلة عبر العينة.
- **ε** هو معامل الامتصاص الضوئي.
- **c** هو تركيز المادة.
- b هو سمك العينة. [1]

يعد التحليل الطيفي للأشعة فوق البنفسجية المرئية تقنية تحليلية سريعة يقيس امتصاص أو نفاذية الضوء[2]، على الرغم من أن الطول الموجي للأشعة فوق البنفسجية يتراوح بين 100-380 نانومتر ويصل طول المكون المرئي إلى 800 نانومتر[3]، في معظم الأحيان أجهزة قياس الطيف الضوئي لها نطاق طول موجي عامل يتراوح بين 200-1100 نانومتر. يختلف النطاق العملي للتحليل الطيفي للأشعة فوق البنفسجية من 200 إلى 800 نانومتر؛ فوق 800 نانومتر هو الأشعة تحت الحمراء، بينما أدناه يُعرف 200 نانومتر باسم الأشعة فوق البنفسجية الفراغية. قدرة المادة على امتصاص وإصدار الضوء هو ما يحدد لونه وشكله العين البشرية قادرة على التمييز بين ما يصل إلى 10 مليون فريدة من نوعها الألوان[4]، يمر الضوء عبر الوسائط (النقل)، وينعكس من كل من الأسطح المعتمة والشفافة، وينكسر بواسطة بلورات.

الشكل10 : جهاز UV-Vis المستخدم في التجربة.

2-3- مطيافية الاشعة تحت الحمراء FTIR:

يمتلك التحليل الطيفي للأشعة تحت الحمراء (IR) أو تحويل فورييه للأشعة تحت الحمراء (FTIR) نطاقًا واسعًا من التطبيقات، بدءًا من تحليل الجزيئات الصغيرة أو المجمعات الجزيئية وحتى تحليل الخلايا أو الأنسجة. يعد تصوير الأنسجة من أحدث التقنيات تطورات مطيافية الأشعة تحت الحمراء والاستفادة منها الفحص المجهري بالأشعة تحت الحمراء واستخدام السنكروترون IR إشعاع. يتم استخدامه لرسم خرائط المكونات الخلوية (الكربوهيدرات والدهون والبروتينات) لتحديد الخلايا غير الطبيعية [5]،حيث يستكشف التحليل الطيفي للأشعة تحت الحمراء الاهتزازات الجزيئية ، و يمكن ربط المجموعات الوظيفية بالخصائص نطاقات امتصاص الأشعة تحت الحمراء، والتي تتوافق مع الاهتزازات الأساسية للمجموعات الوظيفية[6] ، تمتص الشقوق الوظيفية المختلفة الموجودة في الجزيء الترددات الخاصة في منطقة الأشعة تحت الحمراء الساقطة (4000الى 400 سم $^{-1}$) من الطيف الكهرومغناطيسي ، يتعامل المبدأ الأساسي للتحليل الطيفي للأشعة تحت الحمراء مع الطول الموجي لضوء الأشعة تحت الحمراء الممتص وهو خاص بالرابطة الجزيئية التي يمكن تمثيلها كطيف .

الشكل 11: جهاز FTIR المستخدم في التجربة.

3-3- حيود الاشعة السينية اكس Diffractions des rayons X (XRD):

تقنية انحراف الأشعة السينية تُستخدم لدراسة البنية الدقيقة للمواد وتحديد التركيب البلوري لها. تعتبر الأشعة السينية جزءًا من الأشعة الكهرومغناطيسية غير المرئية، حيث تمتلك نفس طبيعة الضوء المرئي ولكن بطول موجي أقصر بكثير، حيث يتراوح بين 0.01 و100 أنغشتروم. هذا يمنحها القدرة على

اختراق الأجسام بشكل فعّال، وتتضمن هذه التقنية تشتت أشعة إكس على سطح العينة وجمع إشارة من تداخل الموجات المنتشرة عن طريق الأطراف الذرية لإعلامنا عن جودة وهيكل بلورات المادة، وتحدد توجيه الشعاع المشتت بموجب قانون براغ [7]، ويتم مقارنة الدرفراكتوغرامات المسجلة للعينات مع تلك المتاحة في بيانات المراجع من ورقات ASTM .

الشكل 12 : جهاز XRD المستخدم في التجربة.

II.4 - نشاط التحفيز الضوئي:

التحفيز الضوئي هو عملية تعبر عن تفاعل حيث يُستخدم الضوء كعامل تحفيز لتعزيز التفاعل الكيميائي، دون المشاركة في التفاعل نفسه. يتضمن هذا العملية وجود محفز ضوئي، يُعرف بقدرته على تسريع التفاعل الكيميائي عبر استيعاب الطاقة الضوئية. عند تعرض المحفز الضوئي للضوء، تُحفَّز الإلكترونات داخل المادة للانتقال إلى مستوى طاقة أعلى، مكوِّنة ما يعرف بزوج ثقب إلكتروني. يمكن لأزواج الثقوب الإلكترونية هذه التفاعل مع الجزيئات أو الأيونات الأخرى في البيئة المحيطة، مما يؤدي إلى مجموعة من التفاعلات الكيميائية التي تؤثر في المحلول المتواجد، عبر آليات الأكسدة والاختزال. وعادةً ما يكون المحفز الضوئي نصف ناقلًا يمتلك فجوة طاقية صغيرة، وفي الآونة الاخيرة تم استخدام عملية التحفيز الضوئي في ازالة الملونات ومن بينها (Brilliant Cresyl Blue) هو مركب كيميائي قابل للذوبان وهو صبغة تم تطويرها في القرن العشرين، وتم استخدامها في مجالات مختلفة من علوم الأحياء والطب. تاريخ تطويرها واستخدامها يرجع إلى التقدم في مجال الكيمياء العضوية وتقنيات التلوين المتقدمة.[8]

II .5- نشاط التحفُّز الضوئي للمركب النانوي MgO/MgO_2 :

تم التحقُّق من الانشطة التحفُّيزِّية الضوئُية لأكسيد المغنيزيوم النانوي وذلك باختبار تحلل صبغة Brilliant Cresyl Blue تحت أشعة الشمس، للقُّيام بذلك تم تشتيت 5mg من اكسيد المغنيزيوم في 5ml من محلول Brilliant Cresyl Blue في 6 بيشرات، حيث كان تركيز محلول الصبغة 5 ppm تم بعد ذلك تعريض الملون واكسيد المغنيزيوم النانوي الى اشعة الشمس عند درجة حرارة 30°C لمدة ساعتين مع اخذ بيشر كل 15 دقيقة ثم طرد العينات في جهاز الطرد المركزي وقراءة المطيافية باستخدام مطيافية الاشعة فوق البنفسجية.[9]

قائمة المراجع:

المراجع باللغة الأجنبية:

[1] M. Sauer, J. Hofkens, J. Enderlein, Basic principles of fluorescence spectroscopy, Handb. Fluoresc. Spectrosc. Imaging 1 (2011) 30.

[2] O. Barbosa-García, G. Ramos-Ortiz, J.L. Maldonado, J.L. Pichardo-Molina, M.A. Meneses-Nava, J.E.A. Landgrave, J. Cervantes-Martínez, UV–vis absorption spectroscopy and multivariate analysis as a method to discriminate tequila, Spectrochim. Acta Part A Mol. Biomol. Spectrosc. 66 (2007) 129–134.

[3] R. Asahi, T. Morikawa, T. Ohwaki, K. Aoki, Y. Taga, Visible-light photocatalysis in nitrogen-doped titanium oxides, Science (80-.). 293 (2001) 269–271.

[4] O. Tony, Fundamentals of UV-visible spectroscopy, Hewlett-Packard Company. Print. Ger. 9 (1996) 96.

[5] I.W. Levin, R. Bhargava, Fourier transform infrared vibrational spectroscopic imaging: integrating microscopy and molecular recognition, Annu. Rev. Phys. Chem. 56 (2005) 429–474.

[6] N. Colthup, Introduction to infrared and Raman spectroscopy, Elsevier, 2012.

[7] S.K. Nune, N. Chanda, R. Shukla, K. Katti, R.R. Kulkarni, S. Thilakavathy, S. Mekapothula, R. Kannan, K. V Katti, Green nanotechnology from tea: phytochemicals in tea as building blocks for production of biocompatible gold nanoparticles, J. Mater. Chem. 19 (2009) 2912–2920.

[8] M.R. Hoffmann, S.T. Martin, W. Choi, D.W. Bahnemann, Environmental applications of semiconductor photocatalysis, Chem. Rev. 95 (1995) 69–96.

[9] H.A. Mohammed Mohammed, M. Souhaila, L.S. Eddine, G.G. Hasan, I. Kir, M.S. Mahboub, A novel biosynthesis of MgO/PEG nanocomposite for organic pollutant removal from aqueous solutions under sunlight irradiation, Environ. Sci. Pollut. Res. 30 (2023) 57076–57085.

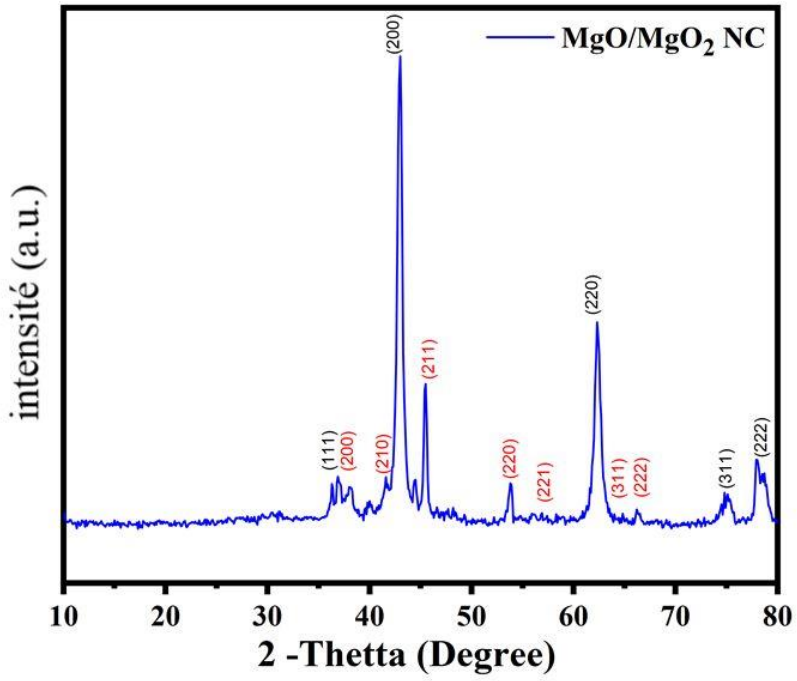
الفصل III
النتائج والمناقشة

المقدمة:

تم تمّيز اكسّيد المغنيزيوم المحضر باستخدام التحلّيل الطّيفً فوق البنفسجّي المرئيً، حّيود مسحوق الأشعة السّينّية والتحلّيل الطّفًي للأشعة تحت الحمراء لتحوّيل فورية بالإضافة الى تقنّية التحفّيز الضوئّي وفًي هذا الفصل ستتم مناقشة النتائج التجرّبّة المتحصل علّيها.

III.1- التحليل الطّيفي للأشعة السّينّية (DRX) :

تم استخدام تحليل الانعكاس السيني (XRD) لتوصيف أنماط الانعكاس السينية للمركب النانوي MgO/MgO_2، كما هو موضح في **الشكل 13**. وكشف هذا عن نظام الطور المكعب من MgO، مع ملاحظة قمم الحيود عند 36.962، 42.941، 62.348، 74.744، و78.688 درجة متوافقة مع الأسطح التي تعكس التركيب البلوري (111)، (200)، (220)، (311)، و (222) على التوالي، وفقًا لبطاقة JCPDS رقم: 01-077-2364 [2-1]. بالإضافة إلى ذلك، أظهر تحليل الانعكاس السيني وجود MgO_2 مكعب الطور، مع ملاحظة قمم الحيود عند 37.088، 41.657، 45.848، 53.458، 56.986، 63.660، و66.851 درجة المقابلة لـ (200)، (210)، (211)، (220)، (221)، (311)، و (222) على التوالي، وفقًا لبطاقة JCPDS رقم: 01-075-1585. وهذا يؤكد تكوين مركب النانو MgO/MgO_2 [2-1].



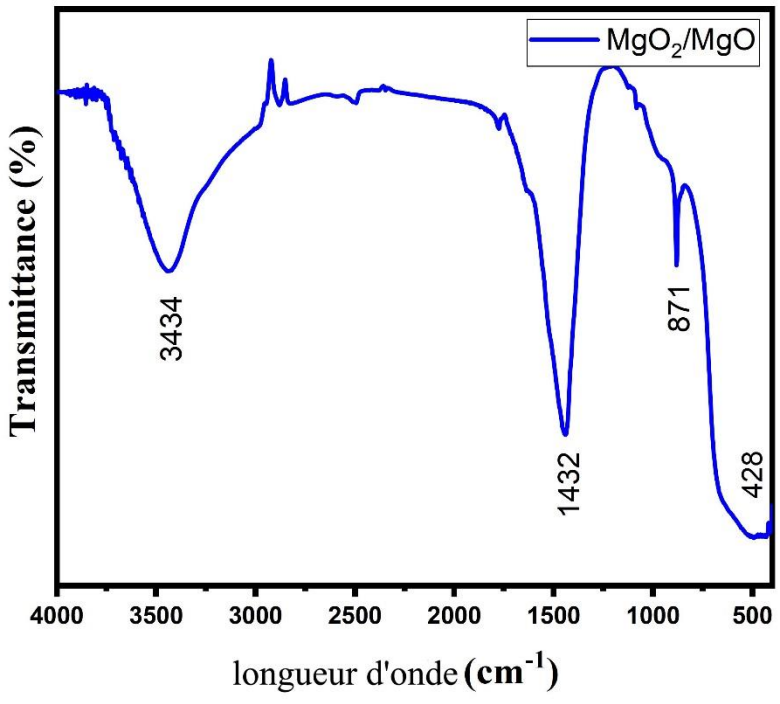
الشكل 13 : طيف للأشعة السينية (XRD) للمركب $MgO\backslash MgO_2$

2.III- التحليّل الطّيفيً للأشعة تحت الحمراء FTIR :

أطياف ألشعة تحت الحمراء لألكسيد المغنيزيوم $MgO\backslash MgO_2$ النانوي موضحة فً الشكل 14 يمكن أن يوفر التحليل FTIR الطيفي FTIR معلومات عامة عن طبيعة المجموعات الو ظيفية للمجموعات الوظيفية للعينات.

يظهر FTIR القمم المميزة التالية في وضع النفاذية للمركب النانوي MgO\MgO2، كما هو موضح في الشكل 14حيث تشير القمة عند $3434cm^{-1}$.الى وجود مجموعة H–O. [4-3]

والقمة التي عند $1432\ cm^{-1}$ تدل على وجود C=C [5]، وتشير كال من القمم 871-428 cm^{-1} الى MgO_2وMgO-O و على التوالي [8-7-6] . مما يدل على تأكيد تشكيل MgO / MgO_2

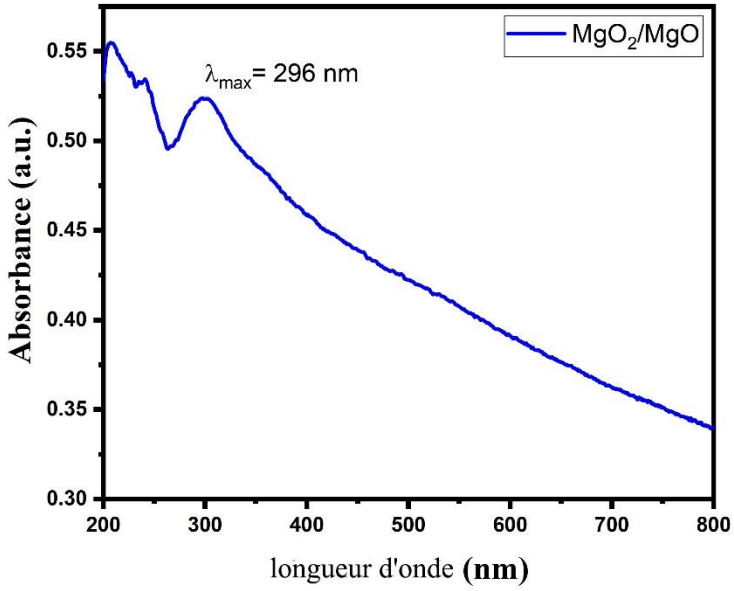


الشكل 14: التحليّل الطّيفيً للأشعة تحت الحمراء للمركب النانوي $MgO\backslash MgO_2$

3.III- التحليل الطيفي المرئي للأشعة فوق البنفسجية UV–visible :

تم استخدام طيف الأشعة فوق البنفسجية المرئية (UV-Vis) لفحص الامتصاص أطياف الجسيمات النانوية. **الشكل 15** يوضح الأطوال الموجية لـ $MgO\backslash MgO_2$، والتي تظهر ذروة امتصاص واسعة بكثافة منخفضة عند 296 نانومتر، حيث تم اجراءه في حدود 200-800نانومتر.

وهذا الامتصاص يدل الى انه تم تشكيل المركب النانوي $MgO\backslash MgO_2$ بالنجاح.



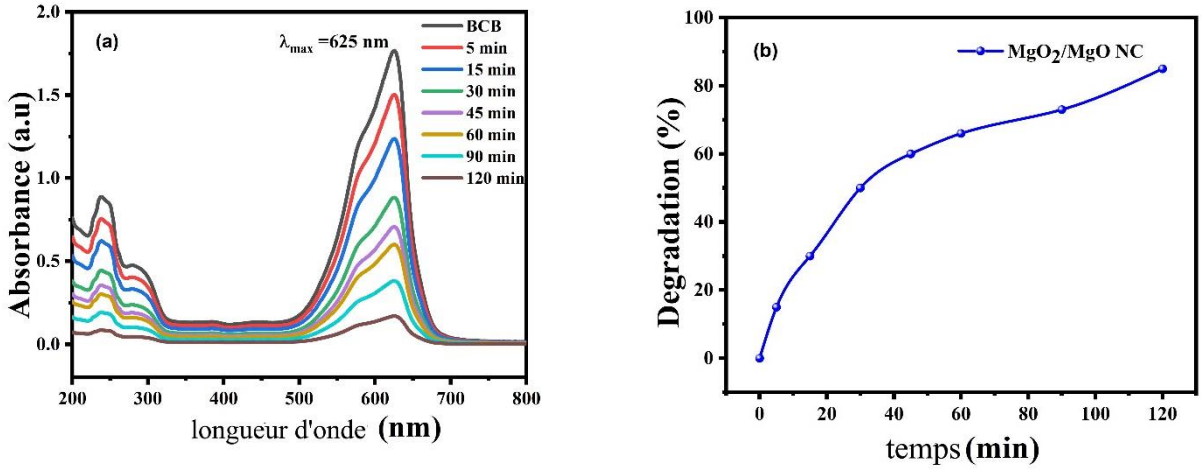
الشكل 15 :التحليل الطيفي المرئي للأشعة فوق البنفسجية للمركب $MgO\backslash MgO_2$

4.III- النشاط التحفيزي للمركب النانوي ($MgO\backslash MgO_2$):

تمت دراسة إمكانية التحلل التحفيزي الضوئي للصبغة Brilliant Cresyl Blue باستخدام MgO / MgO_2NCفي أوقات مختلفة تحت أشعة الشمس.

عند تحلل الملون تدريجيا حتى وصل الى 85 ٪ بعد 120 دقيقة، تؤكد هذه النتائج كفاءة المركب النانوي في ازالة الصبغيات **الشكل *16*** وهذا مما أعطى جهاز أطياف الامتصاص للأشعة فوق البنفسجية خاصية الامتصاص النشط شار عند نانومتر625 = λmax .

ومن هذه النتائج نستنتج ان المركب النانوي MgO / MgO_2 NC لديه فعالية كبيرة للإزالة اصباغ العضوية.



الشكل 16: كفاءة التحلل الضوئي مقابل وقت التفاعل أطياف الأشعة فوق البنفسجية لتحلل (a) صبغة BCB ، ومعدل تحلل الصبغة باستخدام النانوي (b) MgO / MgO_2

قائمة المراجع:

المراجع باللغة الأجنبية:

[1] - Ahmad MB, Tay MY, Shameli K, Hussein MZ, Lim JJ (2011) Green synthesis and characterization of silver/chitosan/polyethylene glycol nanocomposites without any reducing agent. Int J Mol Sci 12:4872–4884

[2] - Jayaramudu T, Malegowd Raghavendra G, Varaprasad K, Venkata Subba Reddy G, Babul Reddy A, Sudhakar K, Rotimi Sadiku E (2016) Preparation and characterization of poly (ethylene glycol) stabilized nano silver particles by a mechanochemical assisted ball mill process. J Appl Polym Sci 133

[3] - Jamzad M, Bidkorpeh MK (2020) Green synthesis of iron oxide nanoparticles by the aqueous extract of Laurus nobilis L. leaves and evaluation of the antimicrobial activity. J Nanostruct Chem 10:193–201

[4] - Kashkouli S, Jamzad M, Nouri A (2018) Total phenolic and favonoids contents, radical scavenging activity and green synthesis of silver nanoparticles by Laurus nobilis L. leaves aqueous extract. J Medicinal Plants By-Product 7:25–32

[5] - Akram WM, Fakhar-e-Alam M, Atif M, Butt AR, Asghar A, Jamil Y, ... Wang ZM (2018) In vitro evaluation of the toxic efects of MgO nanostructure in HeLa cell line. Sci Rep 8(1):4576

[6] - Juby KA, Dwivedi C, Kumar M, Kota S, Misra HS, Bajaj PN (2012) Silver nanoparticle-loaded PVA/gum acacia hydrogel: synthesis, characterization and antibacterial study. Carbohydrate Polym 89:906–13

[7] - Samadi S, Abbaszadeh M (2017) Synthesis and characterization of MgO/PEG/GO nanocomposite and its application for removal of copper (II) from aquatic media. Bull La Soc R Des Sci Liege 86:271–280

[8] - Mohammed Mohammed, H. A., Souhaila, M., Eddine, L. S., Hasan, G. G., Kir, I., & Mahboub, M. S. (2023). A novel biosynthesis of MgO/PEG nanocomposite for organic pollutant removal from aqueous solutions under sunlight irradiation. *Environmental Science and Pollution Research*, *30*(19), 57076-57085.

الخـــاتمـة

الخاتمـــة:

قمنا بتصنيع اكسيد المغنيزيوم باستخدام الطريقة الخضراء نظرا لأهميتها وتطبيقاتها واسعة الانتشار حيث قمنا باستعماله في ازالة الملونات (Brilliant Cresyl blue).

تمت دراسة الخصائص المورفولوجية والبنية التركيبية للمركب باستخدام تقنيات متعددة، وأظهرت نتائج التحليل بالأشعة السينية أن المركب(MgO / MgO_2) له هيكل بلوري على شكل مكعب. تم دعم نتائج تحليل الأشعة تحت الحمراء والطيفية للأشعة فوق البنفسجية بوجود حمض الستريك في المركب النانوي المحضر، وقد أظهرت هذه التقنيات أن حجم النانو الذي تم الحصول عليه للمركب النانوي يبلغ 27 نانومتر. بالإضافة إلى ذلك، يظهر أن تعديل سطح الحمض يعزز الخصائص التحفيزية للمركب النانوي.

لتحسين فعالية المركب (MgO / MgO_2) في إزالة الملونات، أجرينا تجربة لإزالة ملون الأزرق الكريزيل اللامع (Brilliant Cresyl bleu) من المحاليل المائية باستخدام أشعة الشمس. تبين أن المركب النانوي قد أزال حوالي % 85 من الملون في غضون حوالي 120 دقيقة. وبالتالي، أثبت هذا المركب قدرته الكبيرة في إزالة الملونات، مما يشير إلى إمكانية استخدامه في تطبيقات إزالة الملونات من مياه الصرف الصحي .

الملخص:

تم تصنيع المركب النانوي (MgO / MgO_2) المعدل بحمض الستريك باستخدام الطريقة الخضراء، ثم تم فحص هذه المركبات النانوية المعدلة باستخدام تقنيات توصيف متعددة، بما في ذلك XRD وFTIR وUV-vis. يبلغ حجم النانو للمركب 27 نانومتر. أظهر نشاط التحفيز الضوئي لصبغة Brilliant Cresyl blue بتركيز 5 ppm الى كفاءة تبلغ 85 % خلال 120 دقيقة تحت تأثير أشعة الشمس، وتشير النتائج إلى أن المركب النانوي المعدل بحمض الستريك يعتبر مادة ذو فعالية كبيرة لتدهور الأصباغ العضوية في مياه الصرف الصحي .

الكلمات المفتاحية:

المركب النانوي – الطريقة الخضراء – التحفيز الضوئي -الجسيمات النانوية - Brilliant Cresyl bleu - حمض الستريك.

Résumé :

Le composé nanostructuré (MgO / MgO_2) modifié par l'acide citrique a été fabriqué en utilisant une méthode verte, puis ces composés nanostructurés ont été caractérisés à l'aide de plusieurs techniques de caractérisation, notamment la diffraction des rayons X (XRD), la spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR) et la spectroscopie UV-vis. La taille nano du composé est de 27 nanomètres. Ils ont montré une activité de catalyse photocatalytique pour le colorant Brilliant Cresyl Blue à une concentration de 5 ppm avec une efficacité de 85% en 120 minutes sous l'influence de la lumière solaire. Les résultats indiquent que le composé nanostructuré modifié par l'acide citrique est très efficace pour la dégradation des colorants organiques dans les eaux usées.

Mots clés :

Nanocomposites - méthode verte - photocatalyse - nanoparticules - Bleu de Crésyl brillant - acide citrique.