الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

The people's Democratic Of Algeria

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministry Of Higher Education and scientific Research

جامعة قاصدي مرباح –ورقلة–

University Kasdi Merbah -Ouargla-

كلية الرياضيات وعلوم المادة

Faculty Of Mathematics and sciences Matiar

قسم الكيمياء

Chemistry Department

مذكرة مقدمة ضمن استكمال متطلبات لنيل شهادة ماستر أكاديمي في الكيمياء

التخصص: كيمياء تحليلية

من إعداد الطالبتين: نعامي خولة، عزري رميصاء

بعنوان:

دراسة نظرية حول تطبيقات المواد النانوية في معالجة المياه

نوقشت علنا يوم: 2022/06/01

أمام لجنة المناقشة:

د. بلفار محمد لخضر	أستاذ محاضر–أ– جامعة قاصدي مرباح	رئيسا
د. علاوي عبد الفتاح	أستاذ محاضر–أ– جامعة قاصدي مرباح	مناقشا
د. بن علي مصطفى	أستاذ محاضر–أ– جامعة قاصدي مرباح	مؤطرا

السنة الجامعية: 2022/2021

إهداء

الحمد لله بنعمته تتم الصالحات والصلاة والسلام على النبي الحبيب صلى الله عليه وسلم، جميل أن يسعى الإنسان الى نجاح فيحصل عليه، والجميل أن يذكر من كان السبب في ذلك، اهدي ثمرة عملي وجهدي هذا:

الى من احمل اسمه بكل فخر والذي تحمل المشقة لنعيش في راحة وكافح لنتعلم أرجو الله أن يمده الصحة والعافية ويطيل عمره... أبي الغالي.

الى نبع الحنان التي جعل الله الجنة تحت قدميها التي ربتني وسهرت ومن لجل راحتي ودعائها الدائم... أمي الغالية.

الى من تحمل أعينهم ذكريات طفولتي وبوجودهم اكتسبت القوة سندي في الحياة... إلى جميع إخوتي كبيرهم وصغيرهم وبالأخص أختي بدرة.

الى الذي علمني معنى الحب والإخلاص في العمل....الى جدي العزيز اسأل الله أن يطيل في عمره.

الى كل أهلي وأقاربي صغيرا وكبيرا عائلة أمي وعائلة أبي والمقربين.

الى كل مع عمل معي بكد لإتمام هذا العمل وبالأخص الأستاذ المشرف مصطفى بن علي وكذا رفيقتي وزميلتي في العمل عزري رميصاء.

الى اللواتي لا يقوى قلبي فراقهن رفيقات مشواري الجامعي صديقاتي الهلة عائشة. الهلة صليحة. عزري رميصاء.

والى كل أصدقائي الذين كان لي شرف معرفتهم والذين دعموني وساندوني في كل الأوقات.

الى من جعلهم الله إخوتي ومن أحببتهم في الله طلاب ثانية ماستر كيمياء تحليلية دفعة 2022.

الى كل أساتذتي من بداية مشواري دراسي وأساتذتي الجامعين وبالأخص أساتذة قسم الكيمياء.

أتمنى أن نبقى ذكرى طيبة لدى الجميع دمتم في رعاية الله وحفظه.

نعامي خولة

الحمد لله بنعمته تتم الصالحات والصلاة والسلام على النبي الحبيب صلى الله عليه وسلم، جميل أن يسعى الإنسان الى نجاح فيحصل عليه، والجميل أن يذكر من كان السبب في ذلك، اهدي ثمرة عملي وجهدي هذا:

الى من احمل اسمه بكل فخر والذي تحمل المشقة لنعيش في راحة وكافح لنتعلم أرجو الله أن يمده الصحة والعافية ويطيل عمره... أبي الغالي.

الى نبع الحنان التي جعل الله الجنة تحت قدميها التي ربتني وسهرت ومن لجل راحتي ودعائها الدائم... أمي الغالية.

الى من تحمل أعينهم ذكريات طفولتي وبوجودهم اكتسبت القوة سندي في الحياة... إخوتي الأعزاء صورية. أسماء. وفاء. أية. هاجر. عبد الرحمان.

الى الذي علمني معنى الحب والإخلاص في العمل....الى روح جدي العزيز اسأل الله أن يسكنه فسيح جنانه.

الى كل أهلي وأقاربي صغيرا وكبيرا عائلة أمي وعائلة أبي والمقربين.

الى كل مع عمل معي بكد لإتمام هذا العمل وبالأخص الأستاذ المشرف مصطفى بن علي وكذا رفيقتي وزميلتي في العمل خولة نعامي.

الى اللواتي لا يقوى قلبي فراقهن رفيقات مشواري الجامعي صديقاتي الهلة عائشة. الهلة صليحة. خولة نعامي.

والى كل أصدقائي الذين كان لي شرف معرفتهم والذين دعموني وساندوني في كل الأوقات.

الى من جعلهم الله إخوتي ومن أحببتهم في الله طلاب ثانية ماستر كيمياء تحليلية دفعة 2022.

الى كل أساتذتي من بداية مشواري دراسي وأساتذتي الجامعين وبالأخص أساتذة قسم الكيمياء.

أتمنى أن نبقى ذكرى طيبة لدى الجميع دمتم في رعاية الله وحفظه.

عزري رميصاء

شكر وتقدير

الحمد لله والشكر لله دائما وأبدا، الذي أنعم علينا بالتوفيق وأعاننا لإتمام هذا البحث، والذي نأمل من الله عز وجل أن يجعل فيه نفعا وفائدة للعباد.

قال رسول الله. صلى الله عليه وسلم: "من لم يشكر الناس لم يشكر الله"

نتقدم بأسمى عبارات الشكر والامتنان مع فائق الاحترام والتقدير إلى الأستاذ المشرف الأستاذ "بن علي مصطفى" الذي اقتراح موضوع المذكرة والإشراف عليها وعلى كل النصائح والتوجيهات القيمة والمساعدات وعلى مجهوده طوال مرحلة إنجاز هذا البحث، فجعله الله في ميزان حسناته، ونرجو من المولى عز وجل أن يمده الصحة والعافية. كما نتوجه بشكرنا للأستاذة المساعدة جوهرة عبد ستار على مجهوداتها الكبيرة.

ونتوجه بتحية احترام وتقدير للأساتذة "الأستاذ بلفار محمد لخضر" و"الأستاذ علاوي عبد الفتاح" في لجنة المناقشة لتفضلهم علينا بقبول مناقشة هذه المذكرة، فهم أهل لسد خللها وتقويم نقصها سائلين الله الكريم أن يجازيهم خيرا.

ولا يفوتنا أن نشكر كل من ساندنا خلال مشوارنا التعليمي من أساتذة وطلبة وأصدقاء، وبالأخص جميع إدارة وأساتذة قسم الكيمياء وطلبة ثانية ماستر كيمياء تحليلية دفعة 2022 نرجو دوام الصحة والعافية على الجميع.

الرقم	عنوان الجدول	الصفحة
	الفصل الأول	
I - 1	أجيال تكنولوجيا النانو	**7**
I - 2	تطور النشر العلمي لدول العربية في تكنولوجيا النانو حسب مؤشر-ISI Tomson Reuters	**10**
I - 3	مبادئ ومميزات تقنية النانو	**11**
I - 4	خصائص المواد أحادية البعد	**27**
	الفصل الثاني	
II – 1	قائمة الغازات المكونة للهواء والوزن بالنسبة المئوية	**39**
II – 2	ملوثات المياه الشائعة ومصادر التلوث المرتبطة بها	**54**
	الفصل الثالث	
III - 1	التطورات الجارية لإعدادCNCs	**60**
III - 2	الدراسات الحالية لإنتاج ألياف السليلوز النانوية لتطبيقات المختلفة	**61**
III - 3	مواد السليلوز النانوية CNs المعتمدة على الامتزاز في إزالة المعادن الثقيلة	**62**
III - 4	مواد السليلوز النانوية CNs المعتمدة على الامتزاز في إزالة الأصباغ	**63**
III - 5	مواد السليلوز النانوية CNs المعتمدة على الامتزاز في إزالة الملوثات الأخرى في المياه	**64**
III - 6	البحث الحالي حول المواد الماصة القائمة على السليلوز المستخدمة لفصل الزيت/ الماء	**65**
III - 7	إجراء تحقيق حول المواد النانوية التي تعتمد على الطفو القائمة على السليلوز المستخدمة في إزالة الملوثات من المياه	**67**
III - 8	مركبات النانو السليلوزية المستخدمة في أغشية ترشيح المياه	**68**
III - 9	يوضح أهم نتائج مواد السليلوز النانوية في معالجة المياه	**69**
III - 10	يوضح معالجة أيونات المعادن الثقيلة والملوثات العضوية والبكتيريا والمضادات الحيوية بواسطة المركبات النانوية المغناطيسية في وسائط مائية مختلفة	**71**
III - 11	يمثل قدرة امتزاز MB للمركبات النانوية LDH بولمير مع قدرة الممتزات	**76**

	الأخرى	
III- 12	نتائج تطبيق المواد النانوية الكربونية لإزالة الملوثات من مياه الصرف الصحي	**87**

الرقم	عنوان الشكل	الصفحة
	الفصل الأول	
I –1	مقارنة وحدة النانو بالمقاييس الأخرى	4
I –2	كأس الملك الروماني المستخدم به جزيئات من الذهب وفضة النانو	5
I –3	تطبيقات النانو في السيف المشقي في أوائل القرن العشرين	5
I – 4	كتابة اسم الشركة (IBM) بتحريك الذرات الفردية عن طريق المجهر النفقي الماسح "STM"	6
I –5	نقاط كمية ثلاثية الأبعاد من الكريستال	15
I – 6	(أ) الفلورين C_{60} في الصورة الجزيئية (ب) فلورين C_{60} في الصورة البلورية	15
I – 7	كرات نانوية	16
I – 8	كرات نانوية تحت المجهر	16
I – 9	جسيمات نانوية	17
I – 10	أنابيب الكربون النانوية	18
I – 11	ألياف نانوية	18
I – 12	أسلاك نانوية	19
I – 13	مجهر النفقي الماسح(STM)	21
I – 15	طريقة عمل مجهر القوة الذرية(AFM)	22
I – 16	مجهر القوة الذرية(AFM)	22
I – 17	مجهر الكتروني ماسح (SEM)	23
I – 18	يوضح مجهر الكتروني نافذ (TEM)	24
I – 19	رسم توضيحي لوصف طرق تحضير المواد النانوية	24
I – 20	بعض تطبيقات النانو في المجال الطبي	32
I – 21	يبين كيفية علاج منطقة مصابة بالسرطان بواسطة جسيمات نانوية تحقن في جسم مصاب	32
I – 22	يوضح خلايا وقود تشتغل بالهيدروجين	33
	الفصل الثاني	
II– 1	انعكاسات وآثار التلوث على الكرة الأرضية	36

2 –II	بعض الملوثات للتربة والهواء	**36**
3–II	تلوث الهواء بدخان وسائل النقل	**39**
4–II	تلوث الهواء بدخان المصانع	**36**
5–II	مصادر تلوث الضوضاء و تأثيرها على جسم الإنسان	**45**
6–II	انفجار قنبلة نووية	**46**
7–II	بكتيريا السالمونيلا (احمر) بمجهر الكتروني ماسح	**47**
8–II	تلوث المياه بمياه الصرف الصحي	**53**
9–II	(أ) آلية تظهر الامتزاز بالنانو (ب) ترشيح الغشاء النانوي	**57**
	الفصل الثالث	
1- III	أنواع مواد السليلوز النانوية	**59**
2- III	(أ) تمثيل الرسوم البيانية لدور التحلل المائي الحمضي لعزل البلورات النانوية السليلوز (ب) صورة TEM لـــ CNC	**59**
3- III	تمثل تطبيقات السليلوز في معالجة المياه المستعملة	**62**
4- III	يوضح رسم تخطيطي لعدة معادن ثقيلة تمت إزالتها بواسطة MXene	**71**
5- III	منحنيات بيانية تمثل تأثير الوقت على امتزاز MB (C0 = 30 mg/L, pH = 7, T = 30 ◦C, m = 1 mg, t = 5, 15, 25, 35 and 45 min).	**74**
6- III	منحنيات بيانية تمثل تأثير درجة الحرارة على امتزاز MB (C0 = 30 mg/L, pH = 7, T = 25, 35, 45, 55, and 65 ◦C, m = 1 mg, t = 35 min).	**74**
7- III	منحنيات بيانية تمثل تأثير pH على امتزاز MB (C0 = 30 mg/L, pH = 3 to 11, T = 35 ◦C, m = 1 mg, t = 35 min).	**75**
8- III	منحنيات بيانية تمثل تأثير جرعة الممتزات لامتزاز MB (C0 = 30 mg/L, pH = 7, T = 30 ◦C, m = 1 to 9 mg, t = 30 min).	**75**

الرقم	عنوان المخطط	الصفحة
	الفصل الأول	
I - 1	أجيال تقنية النانو حسب تقسيم الجمعية الأمريكية الوطنية لتكنولوجيا الناتو (NNI)	**8**
I - 2	خصائص المواد النانوية	**13**
I - 3	أشكال المواد النانوية	**14**
I - 4	تطبيقات أنابيب الكربون النانوية	**29**
	الفصل الثاني	
II – 1	مختلف أنواع التلوث	**38**
II – 2	يمثل أهم مصادر التلوث	**38**
II – 3	أنواع الملوثات الهوائية	**41**
II – 4	التركيب الطبيعي للتربة	**42**

الرمز	اللغة الأجنبية	اللغة العربية
TR	Tomson Reuters	مؤسسة تومسون رويترز
Fe_3C	Iron Carbide Or Cementite	كربيد الحديد أو السمنتيت
IBM	Inter National Business Machines	شركة ماكينات الأعمال الدولية
QC	Quantum Confinement	التقييد الكمي
CNT	Carbon Nanotubes	أنابيب الكربون النانوية
SET	Single Electron Transistor	ترانزستور وحيد الإلكترون
PC	Porous Silicone	حبيبات السليكون
IC	Integrate Circuit	الدارات التكاملية
MP	Microprocessor	المعالجات الصغيرة
PC	Personal Computer	الحاسبات الشخصية
NNI	Nanotechnology National Initiative	الجمعية الأمريكية الوطنية لتكنولوجيا النانو
PNG	Passive Nanotechnology Generation	جيل تكنولوجيا النانو المؤثر
AN	Active Nanotechnology	تكنولوجيا النانو الفعالة
SNG	Systems Of Nanotechnology Generation	جيل أنظمة النانو
MNG	Moleculaire Nanosystems Generation	جيل أنظمة النانو الجزيئية
QWe	Quantum Well	البئر الكمي
QWi	Quantum Wire	السلك الكمي
SEM	Scanning Electron Microscope	المجهر الإلكتروني الماسح
TEM	Transmission Electron Microscope	المجهر الإلكتروني النافذ
AFM	Atomic Force Microscope	مجهر القوة الذرية
EM	Electron Microscope	المجاهر الإلكترونية
STM	Scanning Tunneling Microscope	المجهر النفقي الماسح
PVD	Physical Vapor Deposition	ترسيب الأبخرة الفيزيائية
CVD	Chemical Vapor Deposition	ترسيب الأبخرة الكيميائية
ISMM	Interaction Solution Medium Method	طريقة التفاعلات في وسط سائل

NOAEL	No Observed Adverse Effect Level	مستوى التأثير الضار الغير ملاحظ
O_3	Ozone Gaz	غاز الأوزون
SS	Surface Soil	الطبقة السطحية
SL	Subsoil Layer	طبقة تحت التربة
SL	Solid layer	طبقة الصخر الأم
TiO_2	Titanium Dioxide	ثاني أكسيد التيتانيوم
CNC	Cellulose Nanocrystals	بلورات السليلوز النانوية
CNF_S	Cellulose Nanofibrils	ألياف السليلوز النانوية
CNB_S	Bacterial Nanocellulose	بكتيريا السليلوز النانوية
CNP	Cellulose Nanoparticles	جزيئات السليلوز النانوية
MCC	Microcrystatalin Cellulose	بلورات السليلوز الدقيقة
DES	Eutectic Solvent	مذيبات سهلة الانصهار
ChCl/Ur	Choline Chloride Uria	يوريا كلوريد الكاولين
CS	Chitosan	الشيتوزان
HCL	Hydrochloride Acid	حمض الهيدروكلوريد
$C_6H_8O_7$	Citric Acide	حمض السيتريك
$NaBH_4K$	Sodium Borohydride	بوروهدريد الصوديوم
$FeCl_2$	Iron(II) Chloride	ثاني كلوريد الحديد
$CuSO_4$	Copper Sulfate	كبريتات النحاس
TEMPO	2,2,2,6,6 -tetramethylpiperidine1-Oxyl	رباعي مثيل بيبريدين
CGG	Cationic Guar Gum	مع الغوار الموجب
TOCN	Oxidized Cellulose Nanofibrils	أكسيد ألياف السليلوز
C_7H_8	Cycloheptarine	سيكلو هبترين
C_2H_5OH	Ethanol	إيثانول
$(CH_3)_2SO$	Dimethyle Sulfoxide	ثنائي مثيل سلفوكسيد
$Si(OC_2H_5)_4$	Tetra Ethyl Ortho Silicate	تترا إيثيل أورثو سيليكات
H_2O_2	Peroxyde D 'hydrogene	بيرو أكسيد الهيدروجين
$Cd(CH_3COO)_2.H_2O$	Cadmium Acétate Dihydrate	ثنائي اسيتات الكادميوم

EDTA	Ethylene Diamine Tetraaetique	ثنائي أمين الإثيلين رباعي الحمض
CMC	Carboxy Methyl Cellulose	كاربوكسي مثيل السليلوز
CAD/GA	Computer Aided Design – General Aviation	تصميم الطيران العام بمساعدة الكمبيوتر
ZnO	Zinc Oxide	أكسيد الزنك
SiO_2	Silicon Dioxide	ثاني أكسيد السليكون
TFN	Thin Film Nanocomposite	مركب نانوي ذو غشاء رقيق
NFM_S	Nanofiltration Membranes	أغشية الترشيح النانوي
COD	Chemical Oxygen Demand	الطلب على الأكسجين الكيميائي
RO	Reverse Osmosis	التناضح العكسي
AgNPs	Silver Nanoparticles	جسيمات الفضة النانوية
MXene	Magnatic Nanomaterials	المواد النانوية المغناطيسية
LDH	Polymer Hydroxide	هيدروأكسيد البوليمير
MB	Blue Methyl	مثيل أزرق
UV-VIS	Ultraviolet -Visible Spectrscopy	مطيافية الأشعة فوق البنفسجية المرئية
MWCNT	Multi Walled Carbon Nanotubes	أنابيب الكربون النانوية متعددة الجدار
GO	Graphene Oxide	أكسيد الجرافين
NM	Nanomateriales	المواد النانوي
NP	Nanoparticules	جسيمات نانوية

المحتوى	الصفحة
قائمة الجداول.....	I
قائمة الأشكال.....	II
قائمة المخططات.....	III
قائمة الرموز.....	IV
فهرس المحتويات.....	V
خلاصة عامة.....	VI
المراجع.....	VII
مقدمة عامة.....	1
الفصل الأول: عموميات حول تقنية النانو	
تمهيد.....	3
I -1. تعريف تقنية النانو.....	3
I –2 . تاريخ تقنية النانو.....	4
I –3.التطور التاريخي لتقنية النانو.....	5
I – 3–1.أجيال تقنية النانو حسب تقسيم الجمعية الأمريكية الوطنية لتكنولوجيا النانو (NNI).....	8
I – 3 –1–1. جيل تكنولوجيا النانو المؤثر: (Passive Nanotechnologie Génération)	9
I – 3 – 1 – 2. تقنية النانو الفعالة: (Active Nanotechnologie)	9
I – 3 – 1–3. أنظمة النانو :(Systems Of Nanotechnologie Génération).....	9
I – 3 – 1 – 4. أنظمة النانو الجزيئية :(Moléculaire Nanosystems Génération)	9
I -4.تطور النشر العلمي للدول العربية في تكنولوجيا النانو حسب مؤشر ISI Thomson-Reuters وعدد براءات الاختراع الأمريكية الممنوحة.	9
I – 5. مبادئ ومميزات تقنية النانو.....	11
I – 6.أهمية تقنية النانو.....	12
I – 7.المواد النانوية:Nano matériaux.....	12

I – 7 –1خصائص المواد النانوية.....	13
I – 7 –1– 1. خصية التوصيل و العزل.....	13
I – 7 –1–2. خصية القدرة على تغير اللون.....	13
I – 7– 1–3.خصية الصلابة.....	13
I –7– 1–4. خصية الشفافية.....	14
I – 8.أشكال المواد النانوية.....	14
I – 8–1. النقاط الكمية.....	14
I – 8–2. الفلورين.....	15
I – 8–3.الكرات النانوية.....	16
I – 8–4. الجسيمات النانوية.....	16
I – 8– 5. الأنابيب النانوية.....	17
I – 8–6. الأليف النانوية.....	18
I – 8– 7.الأسلاك النانوية.....	19
I – 8– 8.المركبات النانوية.....	19
I – 9.المجاهر المستخدمة في رؤية المواد النانوية.....	19
I – 9–1.مجاهر المجسات الماسحة.....	20
I – 9–1–1.المجهر النفقي الماسح:Scaning Tunneling Microscope(STM)	20
I – 9–1–2. مجهر القوة الذرية:Atomic Force Microscope(ATM)	21
I – 9–2. المجاهر الالكترونية.....	22
I – 9–2–1. المجهر الالكتروني الماسح:Scaning Electron Microscope (SEM)	22
I – 9–2–2.المجهر الالكتروني النافذ:Transmission Electron Microscope(TEM) ..	23
I – 10.طرق تحضير المواد النانوية.....	24
I – 10–1.تقنية الهبوط من أعلى لأسفل.....	24

I – 10 –2.تقنية الصعود من أسفل لأعلى	24
I – 11. تصنيف أبعاد المواد النانوية.....	27
I – 11– 1. مواد أحادية البعد.....	27
I – 11– 2. مواد ثنائية البعد.....	28
I – 11– 3. المواد ثلاثية الأبعاد.....	29
I – 12.تطبيقات المواد النانوية.....	29
I – 12 –1.مجال الكيمياء والبيئة.....	30
I – 12 –2. مجال الغذاء.....	31
I – 12 –3. في مجال العلوم الطبية.....	31
I – 12– 4 . في مجال الطاقة.....	32
I – 12– 5. مجال الالكترونيات.....	34
I – 12–6.مجال الصناعات النسيجية.....	34
I – 12–7. مجال تقنية المياه.....	34
I – 12–8. مجال الفضاء.....	34
الفصل الثاني: التلوث ومعالجة المياه	
تمهيد.....	35
II– 1.تعريف التلوث البيئي.....	35
II– 2.تعريف الملوثات.....	36
II– 3.أصناف الملوثات.....	37
II– 3–1.ملوثات طبيعية.....	37

II– 3–2.ملوثات صناعية.....	37
II– 3–3.ملوثات كيميائية.....	37
II– 3–4 .ملوثات فيزيائية.....	37
II– 3–5. ملوثات حيوية.....	38
II– 4.أنواع ومصادر التلوث.....	38
II– 4–1.تلوث الهواء.....	39
II– 4–1 –1.مصادر تلوث الهواء.....	40
II– 4–1 –1 – 1.مصادر طبيعية	40
II– 4–1 –1 – 2 .مصادر صناعية (بشرية).....	40
II– 4–1 –1 – 3 . ملوثات الهواء.....	40
II– 4 –2.تلوث التربة.....	42
II– 4–2 –1.مصادر تلوث التربة.....	43
II– 4–2 –1 –1.مصادر طبيعية.....	43
II– 4–2 –1 – 2. مصادر صناعية.....	43
II– 4–2 –1 –.ملوثات التربة.....	44
II– 4–3.تلوث الضوضاء.....	44
II– 4 – 3– 1.مصادر تلوث الضوضاء.....	45
II– 4–3– 1–1.مصادر طبيعية.....	45
II– 4–3– 1–2.مصادر صناعية.....	45
II– 4–4 .تلوث الإشعاعي.....	45
II– 4–4 – 1.مصادر التلوث الإشعاعي.....	46
II– 4–4 – 1– 1. مصادر طبيعية.....	46
II– 4–4 – 1– 2. مصادر صناعية.....	46
II– 4–5.التلوث الحيوي.....	46
II– 4–5 – 1.مصادر التلوث الحيوي.....	47

II– 4–6.تلوث المياه.....	47
II– 4–6 –1.تقسيمات المياه.....	48
II– 4–6 –2.أنواع تلوث المياه.....	48
II– 4–6 – 2– 1.التلوث الكيميائي.....	48
II– 4–6 – 2–2.التلوث الفيزيائي.....	48
II– 4–6 – 2– 3.التلوث البيولوجي.....	49
II– 4–6 – 2– 4.التلوث الإشعاعي.....	49
II– 4–6 – 3.مصادر وحالات تلوث المياه.....	49
II– 4–6 – 3– 1 .المصدر الطبيعي.....	49
II– 4–6 – 3– 2.المصدر الحراري.....	50
II– 4–6 – 3– 3.النفط ومشتقاته.....	50
II– 4–6 – 3– 4.الأمطار الحمضية.....	51
II– 4–6 – 3– 5.المخلفات الصناعية.....	51
II– 4–6 – 3– 6.المواد المشعة.....	52
II– 4–6 – 3– 7.مسببات العدوى.....	52
II– 4–6 – 3– 8.المبيدات الحشرية.....	52
II– 4–6 – 3– 9 .التلوث بالأسمدة الزراعية والكيماوية.....	53
II– 4–6 – 3– 10.المخلفات البشرية السائلة(الصرف الصحي).....	53
II– 4–6 – 4 . ملوثات المياه.....	54
II– 4–6 – 5. طرق معالجة وتنقية المياه.....	55
II– 5. تقنية النانو في معالجة المياه.....	56
II– 5– 1. تقنيات النانو المستخدمة في معالجة المياه.....	56
II– 5– 1– 1.التحفيز الضوئي (Photocatalysis).....	56
II– 5– 1– 2.الترشيح النانوي(Nano Filtration).....	56
II– 5– 1– 3. الأكسدة الكهروكيميائية (Electrochemical Oxidation).....	57
الفصل الثالث: مناقشة دراسات تطبيقات مركبات النانو في معالجة المياه	
تمهيد.....	58
III- 1.الدراسات المتقدمة بالبحث ذات صلة.....	58

III- 2. المواد النانوية القائمة على السليلوز في معالجة المياه ومياه الصرف الصحي.....	58
III-2-1. أنواع ومعالجة المواد النانوية السليلوز.....	58
III-2-1-1. بلورات السليلوز النانوية(CNCs).....	59
III-2-1-2. ألياف السليلوز النانوي(CNFs)	60
III -2- 2. أهم طرق تطبيق مواد السليلوز النانوية في معالجة المياه.....	62
III -2- 3. نتائج مواد السليلوز الناوية في معالجة المياه.....	69
III-2- 4. مناقشة النتائج.....	70
III- 3.المركبات النانوية المغناطيسية في معالجة المياه ومياه الصرف الصحي.....	71
III- 3-1. مناقشة النتائج.....	73
III- 4. تحضير مركب نانوي متعدد الطبقات من الهيدرو أكسيد البوليمير (LDH/ Polymer) باعتباره مادة مازة فعالة و قابلة لإعادة التدوير ولإزالة صبغة المثيلين الأزرق من الماء.....	74
III –4 –1.مناقشة النتائج.....	76
IV-5.استخدام المواد النانوية الكربونية في غشاء الترشيح لإزالة الملوثات من مياه الصرف الصحي	76
IV-5-1. مناقشة النتائج.....	86

مقدمة عامة

المقدمة:

تعتبر البيئة من أهم الأوساط التي يعيش فيها الإنسان ويمارس فيها جميع نشاطاته العلمية والصناعية والزراعية والاقتصادية ....الخ، فهي تتكون من عنصر أساسية الماء والهواء والتربة ومن المميزات التي خلقها الله سبحانه وتعالى بين هذه العنصر هو التوازن الدقيق المتكامل القائم بينها، إلا أن الأعمال التي يمارسها الإنسان بمختلف أنواعها والتصرف الغير عقلاني للموارد الطبيعية دون مراعاة النواتج والآثار التي تخلفها في الوسط البيئي مما جعلها مصدر قلق بالغ يهدد البشرية، ومن العنصر الأكثر عرضة للتلوث هو الماء[1].

إن المشكل الرئيسي الذي يواجه المياه بأنواعها المختلفة سواء كانت سطحية مثل الأنهار والينابيع والبحيرات والمياه الجوفية هو مشكل صعود المياه واختلاط مياه الصرف الصحي مع المياه الجوفية ومياه الشرب كل هذه المشاكل أدت الى ظهور الأمراض مما جعل القائمين والباحثين في مجال معالجة المياه يستغنون عن التقنيات التقليدية التي لم تساهم في الحفاظ على البيئة ولم تحقق نتائج جيدة في تنقية المياه وإعادة استهلاكها في الطبيعة فلجؤوا الى تقنيات جديدة وأكثر صداقة مع البيئة ومن بين هذه التقنيات تقنية النانو حيث تهتم هذه التقنية بدراسة المادة التي يتراوح بعدها بين 1 الى100 نانو متر، فهذه الخاصية جعلتها تثبت كفاءتها في جميع المجالات ومن بينها مجال معالجة المياه وأيضا جعلتها أكثر صداقة مع البيئة، فالمواد النانوية أو الجسيمات النانوية لها القدرة في إزالة الملوثات بجميع أنواعها منها المعادن الثقيلة والملوثات العضوية وغير العضوية والأصباغ....الخ، كما ساهمت المواد النانوية في تحسين طرق معالجة المياه مثل الترشيح والامتزاز والامتصاص والتلبد والتحفيز الضوئي ومن أهم المواد النانوية المعتمدة حاليا في تنقية المياه هي المواد النانوية القائمة على السليلوز والمواد النانوية القائمة على الكربون والمواد النانوية المغناطيسية، فالمواد التي يعتمد تصنيعها على تقنية النانو في مجال معالجة المياه يمكن إعادة استخدامها كمادة وأيضا استخدامها في طرق معالجة المياه لرفع كفاءتها والتقليل من نسبة تدهورها أو تلفها.

فهذه التقنية أصبحت تقنية العصر ولا يمكن الاستغناء عنها لذلك ارتأينا أن نخصص دراسة بحثية علمية خاصة في معالجة المياه، وهذا بطرح إشكالية: هل المواد النانوية يتم استعمالها بشكل عشوائي في تنقية المياه؟ أم يتم استعمالها حسب الطرق المعتمدة في معالجة المياه؟ وهل هذه المواد بالفعل ليس لها أثار سلبية على المياه والبيئة؟

بما أن دراستنا دراسة نظرية فتطرقنا في هذه الدراسة الى ثلاث فصول وهي على توالي:

الفصل الأول: تم تخصيص هذا الفصل إلى ذكر عموميات حول تقنية النانو ومن بين هذه العموميات مفهومها وتاريخها وتطور اكتشافاتها وأجيالها و تطور النشر العلمي للدول العربية في تكنولوجيا النانو حسب مؤشر ISI Thomson-Reuters وعدد براءات الاختراع الأمريكية الممنوحة وأشكالها وأجهزة تشخيص هذه المواد كما تطرقنا الى ذكر أبعادها وتطبيقاتها.

الفصل الثاني: في هذا الفصل تطرقنا الى التلوث ومعالجة المياه، فتم تعريف التلوث البيئي وأنواع الملوثات ومصادرها وتلوث المياه وطرق معالجة المياه.

الفصل الثالث: في هذا الفصل تم مناقشة دراسات تطبيقات مركبات النانو في معالجة المياه،حيث تم مناقشة نتائج مواد السليلوز النانوية القائمة على السليلوز والمواد النانوية القائمة على الكربون والمواد المغناطيسية النانوية ومادة هيدرو أكسيد البوليمير النانوي.

تساؤلات البحث:

من خلال الدراسات والنتائج التي قام بها الباحثون حول المواد النانوية وجدوا أن هذه المواد لها أفضلية في معالجة المياه، هل المواد النانوية يتم استعمالها بشكل عشوائي في تنقية المياه؟ أم يتم استعمالها حسب الطرق المعتمدة في معالجة المياه؟ وهل هذه المواد بالفعل ليس لها أثار سلبية على المياه والبيئة؟

أهداف البحث:

التطرق لمخاطر تلوث المياه خصوصا وأن منطقة ورقلة تعاني من مشاكل مياه الصرف الصحي وأن الجنوب الشرقي للجزائر يحوي على أكبر خزان من المياه الجوفية في العالم التي يهددها التلوث.

تثمين استخدام المواد النانوية في مجال معالجة المياه.

توجيه الباحثين المقبلين على تطبيقات النانو في معالجة المياه وتحليل نتائج الدراسات السابقة في هذا المجال.

الفصل الأول

عموميات حول تقنية النانو

تمهيد:

تقنية النانو هي من أهم التقنيات المعتمدة حاليا في الأبحاث العلمية في مختلف التخصصات فهي تعتبر المكون الأساسي لابتكار شيء ما لأنها تهتم بدراسة المادة على المستوى الذري والجزيئي أي المواد ذات البعد النانوي الأقل من 100 نانو متر فهذه الخاصية جعلت العلماء يجتهدون في مختلف العلوم منها الكيمياء والفيزياء والبيولوجيا والكيمياء الحيوية والطب والصيدلة والهندسة الكهربائية والالكترونيات والإعلام الآلي ...الخ، لولا هذه التقنية لما استطاع العالم مواكبة العصر، كما سنتطرق في هذا الفصل الى عموميات حول هذه التقنية وكذلك سنذكر البحوث العلمية المنشورة للدول العربية الممنوحة من طرف مؤسسة توموسون رويترز ISI في السنوات السابقة في مجال تكنولوجيا النانو خاصة في عدد براءات الاختزاع والنشر العلمي ومن بين هذه الدول العربية دولة الجزائر لتحتل المركز 46 عالميا و6 عربيا في النشر العلمي[2].

I - 1. تعريف تقنية النانو:

هي التقنية القائمة على تفهم ودراسة علم النانو والعلوم الأساسية الأخرى تفهم عقلاني وإبداع مع توفر المقدرة على تخليق المادة النانوية والتحكم في بنيتها الداخلية عن طريق إعادة هيكلة المواد والذرات المكونة لها[3]، ويمثل النانو جزءا من المليار من المتر، ويعكس هذا المقياس حجم القفزة التي تقوم بها هذه التقنيةقياسا الى التقنية الدقيقة (المجهرية)[4].

وكلمة النانو تكنولوجي بمعنى أنها تقنية المواد المتناهية في الصغر والتي تتعامل مع علم النانو الذي بدوره يدرس المبادئ الأساسية للجزيئات والمركبات التي لا يتجاوز قياسها ل100 نانو متر وبالتالي إمكانية إنتاج لختراعات جديدة تكون ذات فائدة في حياتنا العملية[5].

الشكل (I –1): مقارنة وحدة النانو بالمقاييس الأخرى.

I –2 . تاريخ تقنية النانو:

منذ آلاف السنين استخدم البشر النانو دون أن يعرفوا هذا المصطلح فاستخدمت في صناعة الصلب، والمطاط، وكلها تمت اعتمادا على خصائص عشوائية للأحجام الذرية لتلك المواد . ولا يمكن تحديد حقبة أو عصر بعينه لاستخدام هذه التقنية، فقد ذكر أن صانعي الزجاج في العصور الوسطى كانوا يستخدمون حبيبات الذهب النانوية الغروية في تلوين الزجاج، كما يعرف أن كأس الملك الروماني لايكورجوس الموجود في المتحف البريطاني منذ القرن الرابع ميلادي، الذي يحتوي على جسيمات من الذهب والفضة نانوية الحجم، لأنه يلحظ تغير لون الكأس من اللون الأخضر الى اللون الأحمر الغامق عندما يتعرض لمصدر ضوئي[6].

الشكل (I –2): كأس الملك الروماني المستخدم به
جزيئات من الذهب والفضة

ولكن من الواضح أن من أوائل الناس الذين استخدموا هذه التكنولوجيا بدون أن يدركوا ماهيتها هم العرب والمسلمون، حيث كانت السيوف الدمشقية (القرن السابع عشر) المعروفة بالمتانة يدخل في تركيبها مواد نانوية تعطيها صلابة ميكانيكية، أخلطت بالأسلاك النانوية تعطيها صلابة من السمنتيت (Fe_3C) وهو مركب قاس جدا، كما كان صانعوا الزجاج في العصور الوسطى يستخدمون حبيبات الذهب النانوية الغروية للتلوين[7].

الشكل(I –3): تطبيقات النانو في السيف الدمشقي في أوائل القرن العشر

I –3.التطور التاريخي لتقنية النانو:

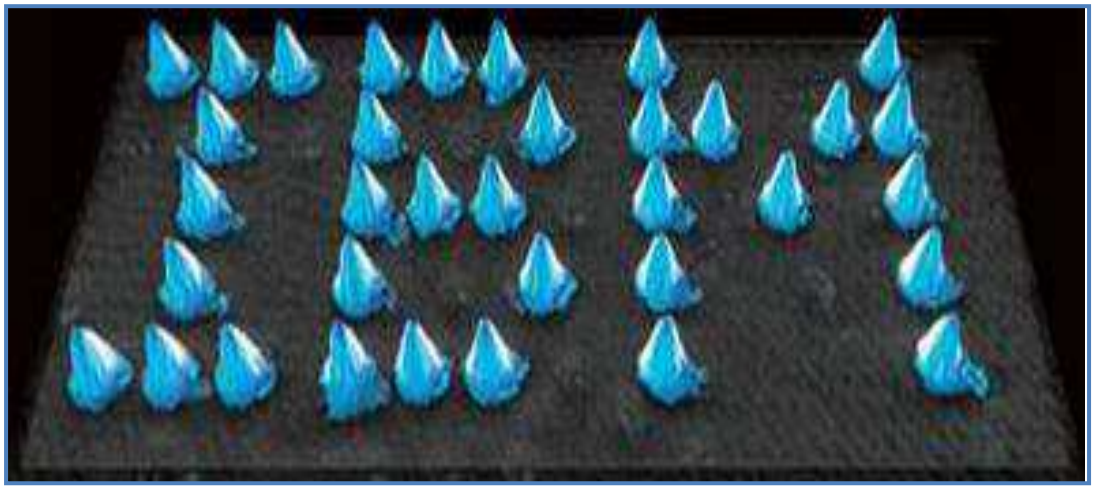
وفي عام (1959م) تم استخدام مفهوم النانو تكنولوجي من قبل العالم الفيزيائي " رتشارد فاينمان "[8] الذي ولد سنة 1918م في الولايات المتحدة الأمريكية ومن أهم انجازاته أنه وضع نظرية الديناميكا الكهربائية وقد نال عليها ميدالية ألبرت اينشتاين للعلوم في عام 1945م[9]، وذلك قبل ظهور المصطلح نفسه في النتاج العلمي العالمي وذلك عندما طرح سؤاله المهم في ندوة بعنوان (هناك متسع كبير في القاع) أمام الجمعية الفيزيائية الأمريكية، قائلا بان المادة عند مستويات النانو (قبل استخدام هذا المصطلح) بعدد قليل من الذرات تتصرف بشكل مختلف عن حالتها عندما تكون بالحجم

المحسوس، كما أشار الى إمكانية تطوير طريقة لتحريك الذرات والجزيئات بشكل مستقل والوصول الى الحجم المطلوب، وعند هذه المستويات تتغير كثير من المفاهيم الفيزيائية، وقد توقع أن يكون للبحوث حول خصائص المادة عند مستويات النانو، وكان سؤاله (ماذا سيمكن للعلماء فعله إذا استطاعوا التحكم في تحريك الذرة الواحدة وإعادة ترتيبها كما يريدون؟) وكان هذا السؤال بمثابة بداية الإعلان عن علم جديد عرف بعد ذلك بتقنية النانو[7][10].

وفي عام (1976م) تم استخدام مصطلح "تقنية النانو" لأول مرة وذلك ضمن بحث قدم لجامعة طوكيو، وعرف البحث التقنية بأنها العملية المستخدمة في التجهيز، وفصل ودمج المواد بواسطة ذرة أو جزيء واحد[7][10].

وفي عام (1976م) تمكن العالم العربي "منير نايفه" من الإجابة على تساؤل " ريتشارد فاينمان" واستطاع أن يحول الخيال الى واقع حقيقي، والذي قام بتأسيس شركة متخصصة لصناعة أجهزة النانو واستخدامات متناهية الصغر[7][10].

وفي عام (1981م) تم اختراع " المجهر النفقي الماسح " والذي تمكن من التعامل وبشكل مباشر مع الذرات والجزيئات وتصويرها كما تمكن من كتابة اسم الشركة (Inter National Business Machines « IBM ») [7][10].



الشكل (I – 4): كتابة اسم الشركة (IBM) بتحريك الذرات الفردية عن طريق المجهر النفقي الماسح "STM"

وفي عام (1991م) تمكن البروفيسور سوميوليجيما من جامعة ميجي اليبانية من اكتشاف أنابيب النانوية (Carbone Nanotubes) وهي عبارة عن أنابيب اسطوانية مجوفة قطرها بضعة نانو متر ومصنوعة من شرائح الجرافيت[7][10].

وفي عام(1995م) تمكن العالم الكيميائي منجي باوندي من تحضير حبيبات من شبه الموصلات الكادميوم/الكبريت أو السيلينيوم أصغرها ذات قطر 3-4 نانو متر، أما طرق تحضير العينات النانوية غير المتبلورة والمعتمدة على تقنيات الليزر والبلازما أو الحفر بشعاع الكرتوني وغيرها فقد وجدت منذ منتصف الثمانينات كما أن المفهوم الفيزيائي للتقييد الكمي الالكتروني (Quantum Confinement) قد بدأ في أوائل الثمانينات أيضا، وقد سجلت أول قياسات على تكميم التوصيلة في نهاية الثمانينات وأمكن تصنيع ترانزستور وحيد الإلكترون (Single Electron Transistor). بعد ذلك تم اكتشاف ترانزستور أنابيب الكربون النانوية (Carbone Nanotube Transistor) عام 1998م. حيث يصنع على صورتين إحداها معدنية، والأخرى شبه موصلة[7][10].

كما تمكن العالم الفيزيائي العربي منير نايفه(Munir Nayfeh) عام 2000م من اكتشاف وتصنيع عائلة من حبيبات السليكون Porous Silicone أصغرها ذات قطر 1 وتتكون من 29 ذرة سليكون سطحها على شكل الفولورينات الكربونية، إلا أن داخلها غير فارغ ويتوسطها ذرة واحدة منفردة، هذه الحبيبات عند تعريضها لضوء فوق البنفسجي فإنها تعطي ألوانا مختلفة حسب قطرها تتراوح بين الأزرق والأخضر والأحمر، إما التجمع الذاتي للجزيئات أو ربطها تلقائيا مع أسطح فلزية مما أصبح ممكننا تكوين صف من الجزيئات على سطح ما كالذهب وغيره[7][10].

ومن خلال الأعوام التي شهدت تطورا واكتشافات لتقنية النانو فقد رتبها العلماء في خمسة أجيال منها:

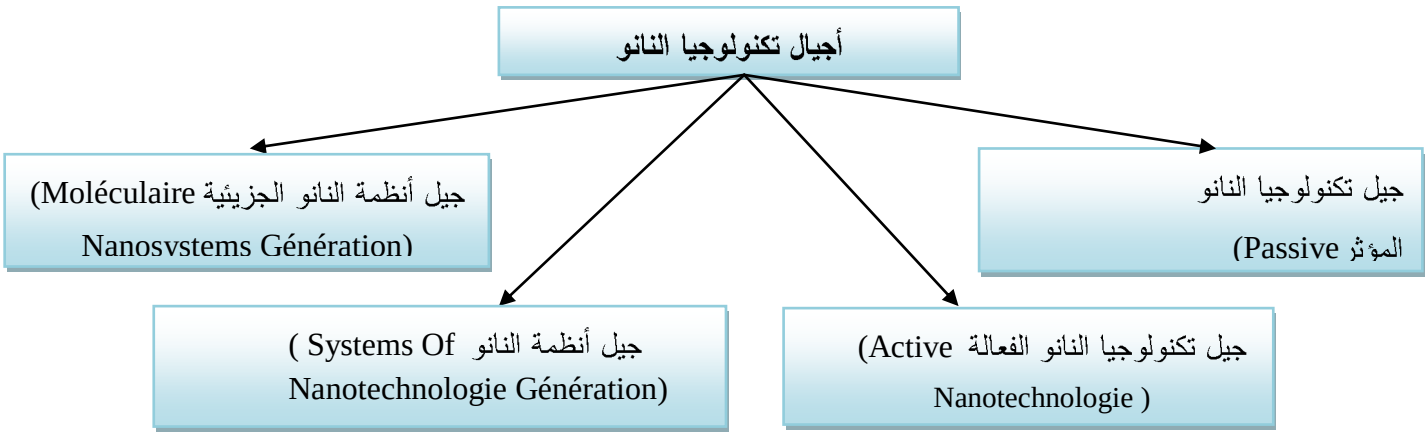
I –1. أجيال تكنولوجيا النانو[7].

الجيل الأول	يتمثل في استخدام المصباح الالكتروني Lamp بما فيه التلفزيون.
الجيل الثاني	يتمثل في اكتشاف الترانزستور، وانتشار تطبيقاته الواسعة.
الجيل الثالث	ويتمثل في استخدام الدارات التكاملية (IC Integrate Circuit) وهي عبارة عن قطعة صغيرة جدا شكلت في فترات ملضية قفزة هامة في تطور وتقليل حجم الدارات

من الالكترونيات	الالكترونية فقد قامت باختزال حجم العديد من الأجهزة، ورفعت من كفاءتها وعددت من وظائفها.
الجيل الرابع	يتمثل في استخدام المعالجات الصغيرة (Micro processor) الذي احدث ثورة هائلة في مجال الالكترونيات بإنتاج الحاسبات الشخصية (Personale Computer) والرقائق الحاسوبية (الكومبيوترية) السيليكونية التي أحدثت تقدما في العديد من المجالات العلمية والصناعية.
الجيل الخامس	ويتمثل فيما صار يعرف باسم النانو التكنولوجي الذي هو محور دراستنا في هذا البحث، وهو ما يمكن أن يحقق مكاسب اقتصادية كبيرة للدول التي تستخدم هذه التقنية.

كما أسهمت الجمعية الأمريكية الوطنية لتكنولوجيا النانو ((Nanotechnology National Initiative(NNI إسهاما كبيرا في تبسيط ذلك التقسيم وذلك لتسهيل فهم هذا العلم حيث حددت أن التعريف الدقيق لهذه التكنولوجيا اعتبار أن الجزيء اصغر من 100 نانو متر وذو خصائص فريدة، وعليه فقد تم تقسيمها الى الأجيال الآتية[10]:

I – 3–1.أجيال تقنية النانو حسب تقسيم الجمعية الأمريكية الوطنية لتكنولوجيا النانو (NNI):



المخطط (I –1): أجيال تقنية النانو حسب تقسيم الجمعية الأمريكية الوطنية لتكنولوجيا الناتو (NNI).

I – 3– 1–1. جيل تكنولوجيا النانو المؤثر : (Passive Nanotechnologie Génération)

ففي هذا الجيل تم إنتاج العديد من المنتجات الفعالة المختلفة عام 2001م منها طلاءات المواد والسيراميك عالي الجودة[10].

I – 3– 1– 2. تقنية النانو الفعالة : (Active Nanotechnologie)

وتم البدء في هذا الجيل عام 2005م ويشمل المنتجات ذات الفاعلية الحيوية (Bio-Active) ومنه الأدوية الحساسة والمنتجات الدقيقة الكيميوفيزيائية الفعالة مثل البنائيات المتكيفة ومنتجات النزانزيستور[10].

I – 3– 1–3. أنظمة النانو : (Systems Of Nanotechnologie Génération)

ويطلق عليه نظام ثلاثي الأبعاد، وتم البدء فيه فعليا عام 2010م ويشمل الأجهزة المتطورة الدقيقة المجمعة مثل الربوت[5].

I – 3– 1– 4. أنظمة النانو الجزيئية :(Moléculaire Nanosystems Génération)

ويتمثل هذا الجيل في حالة متقدمة جدا ويحتاج الى المزيد من البحث والتقصي، كما أنه يتناسب مع المتطلبات الدقيقة للإنسان مثل الأجهزة العالية للمنشأ والتي تحاكي أنظمة الإنسان الحيوية وذات التصميم النووي (Atomique Design) ويمكن اعتماد البدء نظرا لدقة تطورها (من 2016 الى 2020م)، وتلك التقسيمات كانت مستقبلية إلا انه تم وضعها من خلال التصورات الخاصة لنشاط العالمي في مجال تقنية الجزيئات متناهية الصغر، كما أن الفرصة لا تزال متاحة للعديد من التصنيفات والتقسيمات المختلفة لهذا العالم نظرا للتطور والتقدم الهائل في مختلف أوجه الأنشطة العلمية والبحثية في أماكن مختلفة من العالم[10].

I –4 .تطور النشر العلمي للدول العربية في تكنولوجيا النانو حسب مؤشر ISI Thomson-Reuters وعدد براءات الاختراع الأمريكية الممنوحة.

يبين جدول (I – 2) تطور نشر الأبحاث العلمية للدول العربية في مجال تكنولوجيا النانو حسب مؤشر ISI 2019 Thomson-Reuters وكذلك عدد براءات الاختراع الأمريكية الممنوحة للدول العربية في مجال النانو. تُظهر الأرقام تفوق المملكة العربية السعودية في مجال **نشر** أبحاث النانو وتحتل المركز 12 عالميا مقارنة مع المركز 16 خلال 2012 أيضا تحتل المملكة العربية السعودية المركز العاشر عالميا في مجال براءات الاختراع في عام 2019، وتأتي جمهورية مصر العربية في المركز السابع عشر عالميا وقد كانت في المركز الخامس والعشرون عام 2012 ولكنها تأتي في المركز الثالث والثلاثون عالميا في عدد براءات الاختراع الأمريكية الممنوحة خلال عام 2019، تقدمت جمهورية العراق بشكل واضح في مجال أبحاث النانو لتحتل المركز الثالث عربيا والسابع والثلاثون عالميا وقد كانت تحتل المركز الواحد والخمسون في عام 2016، بينما لا تسجل أي أرقام في مجال براءات الاختراع، وبعدها تأتي كل من دولة الإمارات العربية المتحدة والجمهورية التونسية والجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية لتحتل المراكز من 44-46 على التوالي في مجال النشر العلمي بينما تتفوق الإمارات لتأتي في المركز الثلاثون في مجال براءات الاختراع[2].

ويتوالى بعد ذلك ترتيب الدول العربية التي تشهد نموا واضحا في عدد الأبحاث مثل المملكة الأردنية الهاشمية، بينما بعض الدول الأخرى تتأرجح مخرجاتها البحثية من حيث الأبحاث مثل المملكة الأردنية، بينما بعض الدول الأخرى تتأرجح مخرجاتها البحثية من حيث الأعداد وهو ما يجب أن يولي اهتماما متزايدا لمعرفة الأسباب الكامنة وراء ذلك لدفع العمل في مجال تقنيات النانو والتي تظهر أن هناك دولا عربية قطعت شوطا كبيرا على مدار السنوات الماضية من حيث برامج التمويل وتأهيل الكوادر المتخصصة وإنشاء مراكز للنانو في عدد كبير من الجامعات ومراكز الأبحاث وهو ما انعكس على أداء هذه الدول، بينما يجب توعية الدول الأخرى ذات النشر المنخفض أو تلك التي لا تظهر في المؤشرات بضرورة حذو مسار هذه الدول لتنمو مؤشراتها بشكل واضح خلال السنوات المقبلة[2].

جدول(I – 2) تطور النشر العلمي للدول العربية في تكنولوجيا النانو حسب مؤشر -ISI Thomson Reuters وعدد براءات الاختراع الأمريكية الممنوحة.

مسلسل	الدولة	الترتيب العالمي أغسطس 2020	2015	2016	2017	2018	2019	يوليو 2020	براءات الإختراع/ الترتيب العالمي USPTO 2019
1	المملكة العربية السعودية	12	2425	2760	2943	3232	3848	2989	10/193
2	جمهورية مصر العربية	17	1419	1645	1938	2365	2993	2261	33/2
3	جمهورية العراق	37	191	306	428	525	834	561	--
4	دولة الإمارات العربية المتحدة	44	185	220	299	395	541	380	30/8
5	الجمهورية التونسية	45	395	472	514	500	516	376	--
6	الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية	46	282	329	405	427	527	374	--
7	المملكة المغربية	52	157	213	242	286	367	268	47/1
8	دولة قطر	53	208	333	330	279	295	232	37/4
9	المملكة الأردنية الهاشمية	60	106	110	140	162	208	170	67/1
10	دولة الكويت	65	43	58	79	129	210	102	--
11	الجمهورية اللبنانية	66	81	105	79	93	138	95	--
12	سلطنة عمان	67	59	91	91	113	174	88	--
13	الجمهورية اليمنية	73	17	24	45	25	77	64	--
14	مملكة البحرين	78	35	53	48	63	71	41	--
15	الجمهورية العربية السورية	90	17	23	28	13	28	22	--

I – 5. مبادئ ومميزات تقنية النانو:

جدول(I – 3): مبادئ ومميزات تقنية النانو.

المبادئ	المميزات
– إمكانية التحكم بتحريك الذرات المنفردة وإعادة ترتيبها[10][11].	– إمكانية بناء أي مادة في الكون، لان الذرة هي وحدة البناء لكل المواد[11].
– الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمادة عند مقياس النانو تختلف عن الخصائص لنفس المادة في الحجم الطبيعي[10][11].	– اكتشاف خصائص مميزة للمواد يستفاد منها في كثير من الاختراعات والمجالات التطبيقية[11].
– تعتمد تقنية النانو على مبادئ الفيزياء والكيمياء والأحياء والهندسة الكهربائية الالكترونية[10][11].	– تربط العلوم، وتشجع الجميع باختلاف تخصصاتهم العلمية على الدخول في مجالها والتعاون فيما بينهم[11].

– إمكانية التحكم بالذرات في صنع المواد والآلات وتنقيتها من الشوائب وتخليصها من العيوب[10][11].	– تصبح خصائص المواد والآلات أفضل، فهي أصغر وأخف وأقوى وأسرع و أرخص و أقل استهلاكا للطاقة[11].
– تعتمد تقنية النانو على الأبحاث العلمية التي تتصف بإمكانية تطبيقها في اختراعات واستخدامات مفيدة[10][11].	– تحول الخيال العلمي الى واقع حقيقي[11].

I – 6.أهمية تقنية النانو:

أصبحت تقنية النانو في طليعة أكثر المجالات أهمية وإثارة في الفيزياء، والكيمياء، والأحياء، والهندسة، ومجالات كثيرة أخرى، فقد أعطت أملا كبيرا لظهور ثورات علمية في المستقبل القريب، لذا فمن المهم إعطاء فكرة عامة وموجزة لغير المختصين عن هذه التقنية[6].

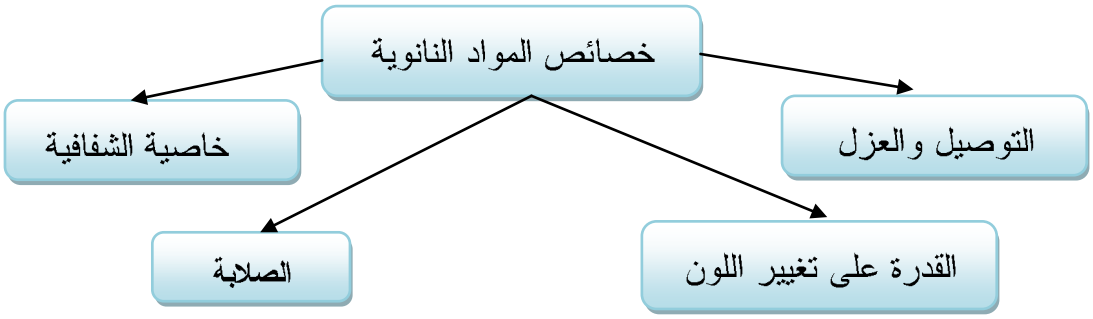
ويعود الاهتمام الواسع لتقنية النانو الى الفترة التي تتراوح مابين 1996م الى1998م، وذلك عندما درس مركز تقويم التقنية العالمي الأمريكي الموضوع، وأجرى دراسة تقويمية في أبحاث النانو مستقبلا عظيما في جميع المجالات الطبية ، والعسكرية، والمعلوماتية، والالكترونية والحاسوبية، والبترو وكيميائية، والزراعة، وغيرها[6].

I – 7.المواد النانوية:Nano matériaux

مواد النانو "Nano Matériaux" أو جسيمات النانو " Nanoparticules" هو مصطلح يصف الجسيمات والمواد التي تقل أبعادها أو أحد أبعادها على الأقل عن 100 نانو متر[6][10]، فهي تستعمل آليات وتجهيزات متطورة وقد فتح هذا الميدان العلمي الباب أمام تطبيقات خارقة للعادة في مختلف الميادين العلمية والتقنية حيث أنها تغطي إشكالات علمية وتقنية متنوعة[6].

وهناك طيف واسع من المواد التي يمكن إنتاج الحبيبات النانوية منها، مثل: أكاسيد المعادن والسيراميك والمواد المغناطيسية وأنصاف النواقل والليبيدات والبوليميرات[12].

I – 7 –1خصائص المواد النانوية:



المخطط(I – 2): خصائص المواد النانوية

I – 7 –1– 1. خاصية التوصيل والعزل:

فالمواد العازلة تصبح موصلة عندما تكون جسيمات نانو وكذلك الموصلات تصبح عوازل عندما تكون جسيمات نانو[13].

I – 7 –1–2. خاصية القدرة على تغير اللون:

وذلك عندما يتغير حجم هذه الجسيمات وشكلها وتوجد هذه الظاهرة في بعض العنصر مثل عنصر الذهب والفضة، حيث يتغير لون محلول الذهب من اللون الذهبي الى اللون البرتقالي فجأة وذلك عندما يكون حجم جسيماته أقل من 100 نانو متر، ويصبح لونه أخضرا عندما يقل حجم جسيمات الذهب عن 50 نانو متر مع ملاحظة أن جسيمات الذهب ذات شكل كروي"Nano-Spheres" [12].

I –7 –1–3. خاصية الصلابة:

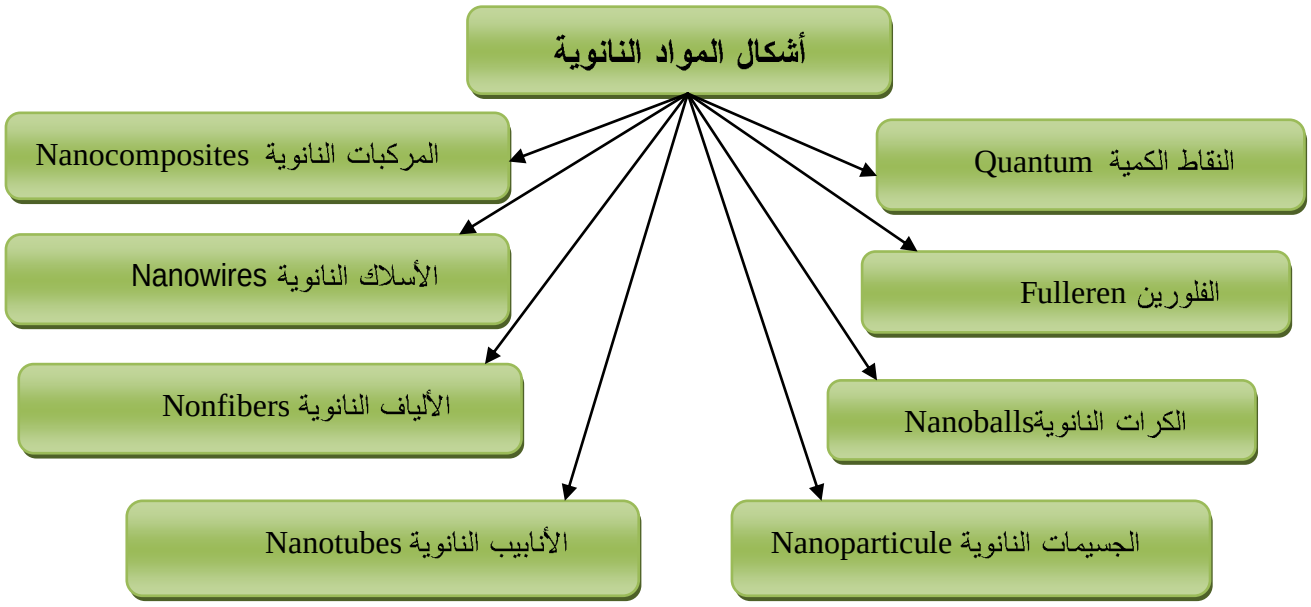
نجد أن صلابة جسيمات النانو لمادة ما تفوق صلابتها في حالتها الكبيرة مثلت المرات، فعلى سبيل المثال وجد تجريبيا أن صلابة جسيمات النانو الكروية المصنعة من السيليكون "Silicone Nano sphères" والتي يتراوح حجمها ما بين 40 نانو متر الى 100 نانو متر تفوق صلابة مادة السيليكون بمئات المرات بل ذات صلابة تجعلها واحدة من اصلب المواد على الأرض وبالتحديد تمتلك صلابة مابين صلابة الياقوت والماس[13].

I –7 –1–4. خصية الشفافية:

جسيمات النانو ذات أبعاد أقل من الأطوال الموجية للضوء وعليه فإنها لا تعكس ولا تكسر الضوء ولكن يمكنها امتصاصه مما يجعلها ذات شفافية عالية مما يعني انه يمكن الاستفادة منها في كثير من التطبيقات دون أن يؤثر استخدامها على لون أو شكل المنتج كما هو الحال مع الأغلفة الشفافة ومستحضرات التجميل[13].

I – 8.أشكال المواد النانوية:

يمكن الحصول على أجسام متناهية في الصغر على هيئة أشكال مختلفة منها الأليف، وتمثل طبقات رقيقة أو مركبات بنيوية[6].

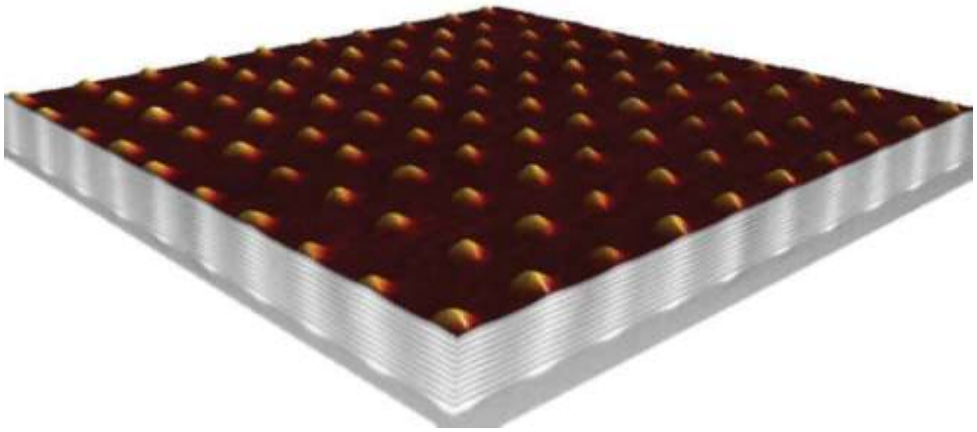


المخطط(I – 3): أشكال المواد النانوية

I – 8–1. النقاط الكمية:

عبارة عن تركيب نانوي شبه موصل ثلاثي الأبعاد يتراوح أبعاده بين(2 :10) نانو متر، وهذا يقابل (10: 50) ذرة في القطر الواحد أو (100:100.000) ذرة في حجم النقطة الكمية الواحدة، تقوم النقطة الكمية بتقييد الكترونات شريط التوصيل، وثقوب شريط التكافؤ، أو

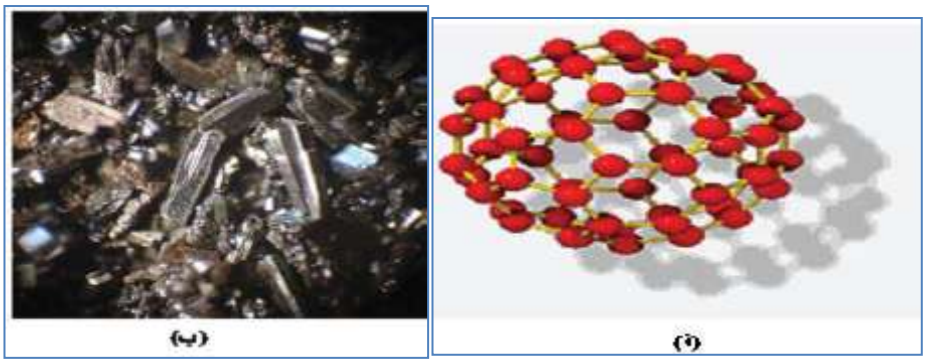
الاكسيتونات (وهي عبارة عن زوج مرتبط من الكترونات التوصيل وثقوب التكافؤ)، وعندما يكون قطر النقطة الكمية يساوي 10 نانو متر، فانه يمكن صف ثلاثة ملايين نقطة بجانب بعضها البعض بطول يساوي عرض إصبع إبهام الإنسان[7].



الشكل(I – 5): نقاط كمية ثلاثية الأبعاد من الكريستال.

I – 8–2. الفلورينات:

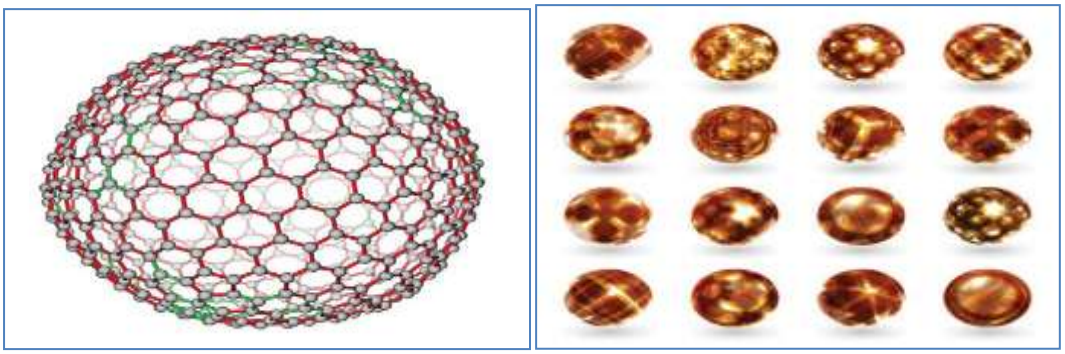
جزيئات نانوية مكونة من ذرات كربون مترابطة ثلاثيا، تعطي شكل كريات لها بناء يماثل الجرافيت، ولكن بدلا من لحوائها على الشكل السداسي النقي، فإنها تحتوي على أشكال خماسية(ويحتمل سباعية) من ذرات الكربون مما يؤدي الى انثناء الطبقات، وتحولها الى كريات أو أسطوانات ويعد جزيء C_{60} أكثر الفلورينات شهرة، حيث تترتب ستون ذرة كربون على رؤوس مجسم عشريني ناقص[6].



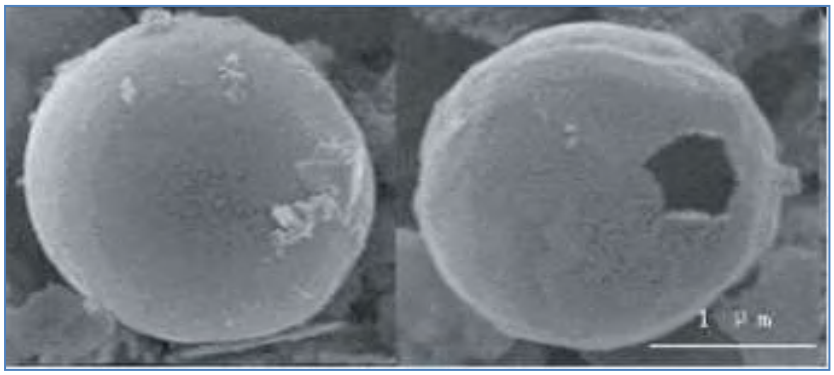
الشكل (I – 6): (أ) الفلورين C_{60} في الصورة الجزيئية.(ب) فلورين C_{60} في الصورة البلورية.

I – 8–3.الكرات النانوية:

من أهمها كرات الكربون النانوية والتي تنتمي الى فئة الفولورينات، من مادة C_{60}، ولكنها تختلف عنها قليلا بالتركيب حيث أنها متعددة القشرة كما أنها خاوية المركز، وقد يصل قطر الكرات النانوية الى 500 نانو متر أو أكثر[14].



الشكل(I –7): كرات نانوية.



الشكل(I – 8): كرات نانوية تحت المجهر.

I – 8–4. الجسيمات النانوية:

على الرغم من أن كلمة الجسيمات النانوية حديثة الاستخدام إلا أن هذه الجسيمات كانت موجودة في المواد المصنعة أو الطبيعية منذ زمن قديم[14].

ويمكن تعريف الجسيمات النانوية على أنها عبارة عن تجمع ذري أو جزيئي ميكروسكوبي يتراوح عددها من بضع ذرات (جزيء) الى مليون ذرة مرتبطة ببعضها بشكل كروي تقريبا بنصف قطر اقل من 100 نانو متر.

عندما يصل حجم الجسيمات النانوية الى مقياس النانو في بعد واحد فإنها تسمى البئر الكم (Quantum Well)، أما عندما يكون حجمها النانوي في بعدين فتسمى السلك الكمي (Quantum

(Wire ، وعندما تكون هذه الجسيمات بحجم النانو في ثلاثة أبعاد فإنها تعرف بالنقاط الكمية (Quantum Dote ، ولابد من الإشارة الى هنا أن التغيير في الأبعاد النانوية في التركيبات الثلاثة

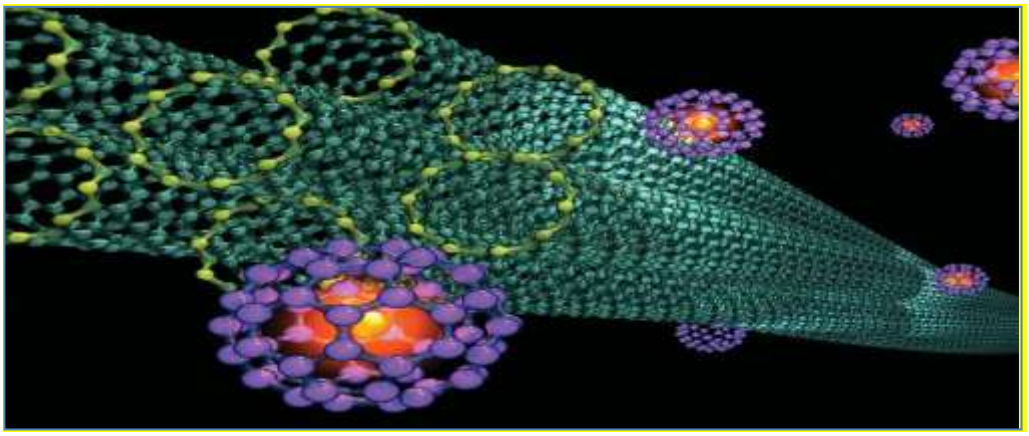
السالفة الذكر سوف يؤثر على الخصائص الالكترونية لها، مما يؤدي الى حدوث تغيير كبير في الخصائص الضوئية للتركيبات النانوية[14].

لقد أمكن حديثا تصنيع جسيمات نانوية من الفلزات والعوازل وأشباه الموصلات والتركيبات المهجنة (مثل الجسيمات النانوية المغلفة) وكذلك تصنيع نماذج لجسيمات نانوية ذات طبيعة شبه صلبة وهي الليبوزومات ، ومن الصور الأخرى للجسيمات النانوية هي النقاط الكمية شبه الموصلة والبلورات النانوية، وتعتبر جسيمات النحاس النانوية التي يصل حجمها الى اقل من 50 نانو متر ذات صلابة عالية وغير قابلة للطرق أو السحب وذلك عكس ما يحدث لمادة النحاس العادية حيث يمكن ثنيها وطرقها وسحبها بسهولة[14].

الشكل(I –9): جسيمات نانوية

I – 8– 5. الأنابيب النانوية:

هي عبارة عن أنابيب مجوفة يبلغ قطر كل أنبوب أقل من 100 نانو متر، وقد يصل طولها آلاف النانو مترات، ومن أمثلة أنابيب النانو، أنابيب الكربون النانوية أنابيب السيليكون، وأنابيب التيتانيوم.

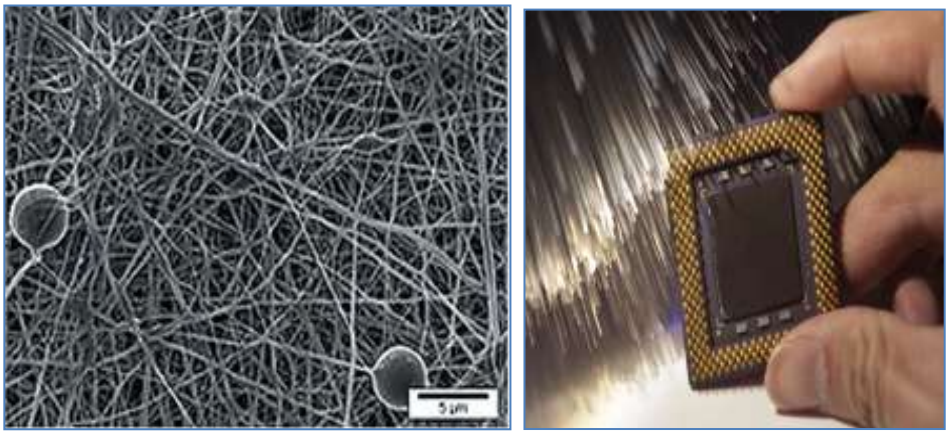


الشكل (I –10): أنابيب الكربون النانوية

I – 8-6. الأليف النانوية:

لاقت الأليف النانوية اهتماماً كبيراً مؤخراً لتطبيقاتها الصناعية، وقد أُكتشف العديد من أشكالها كالأليف السدلسية والحلزونية والأليف الشبيهة بحبة القمح.

تتميز الأليف النانوية بان مساحة سطحها الى حجمها كبيرة حيث أن عدد ذرات السطح كبيرة بالنسبة للعدد الكلي، وهذا ما يكسبها خواص ميكانيكية مميزة كالصلابة وقوة الشد وغيرها، ولكنها تعاني من صعوبة التحكم باستمراريتها واستقامتها وترصفها، كما تستخدم هذه الأليف في الطب وزراعة الأعضاء كالمفاصل والتئام الجروح ونقل الأدوية في الجسم[14].

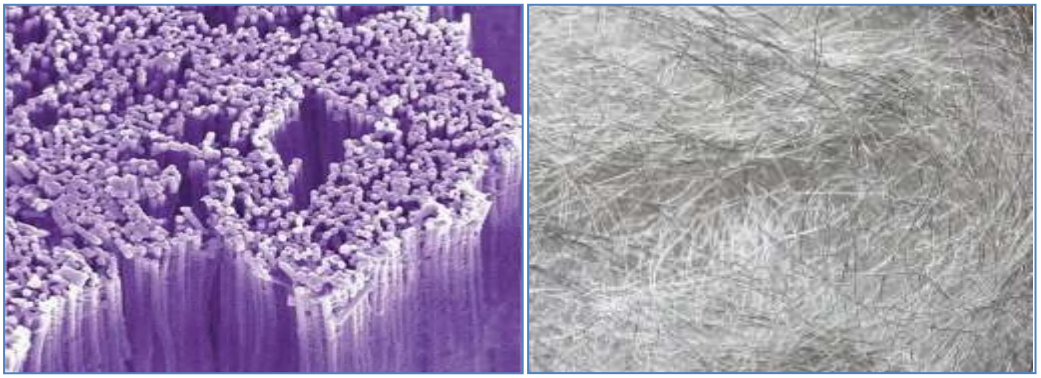


الشكل(I – 11): ألياف نانوية

I – 8– 7.الأسلاك النانوية:

الأسلاك النانوية عبارة عن مادة صلبة، وكما هو متوقع، فهي تتفوق على الأسلاك التقليدية (ثلاثية الأبعاد) [10]، لأن الالكترونات فيهاءءءءءءءءءءءءءءءءء تكون محصورة كميا باتجاه جانبي واحد مما يجعلها تحتل مستويات طاقة محددة تختلف عن تلك المستويات العريضة الموجودة في المادة المحسوسة، وهذه الأسلاك غير موجودة في الطبيعة بل تحضر في المختبر بطرق عديدة منها الكحت الكيميائي لسلك كبير أو قنف سلك كبير بواسطة جسيمات ذات طاقة عالية.

للأسلاك النانوية العديد من الاستخدامات المستقبلية كربط مكونات الكترونية داخل دائرة صغيرة وبناء الدوائر الالكترونية المنطقية وقد تستخدم مستقبلا لتصنيع الكومبيوتر الرقمي[14].



الشكل(I – 12): يوضح أسلاك نانوية

I – 8– 8.المركبات النانوية:

هي عبارة عن مواد يضاف إليها جسيمات نانوية خلال تصنيع تلك المواد، ونتيجة لذلك فإن المادة النانوية تُبدي 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، يجب أن تكون النسبة المئوية الحجمية للجسيمات النانوية المضافة منخفضة جداً (في حدود 0.5% إلى 5%) وذلك بسبب أن النسبة بين المساحة السطحية إلى الحجم للجسيمات النانوية تكون عالية، ومن المركبات النانوية المعروفة الآن هي المركبات البوليمرية النانوية[14].

I – 9.المجاهر المستخدمة في تشخيص المواد النانوية:

عند تصنيع المواد بحجم النانو فان التركيب الفيزيائي والتركيب الكيميائي للمواد الخام المستخدمة في التصنيع دور مهم في خصائص المادة النانوية الناتجة، وهذا الأمر بخلاف ما يحدث عند تصنيع المواد العادية، لان المواد في الحجم العادي تتكون من مجموعة من الحبيبات التي تحتوي على عدد من الذرات وقد تكون هذه الحبيبات مرئية ، إلا أن المواد النانوية لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة، لقد لجأ العلماء الى لختراع مجاهر تمكنهم من رؤية المواد النانوية وفحصها وتصويرها في مقاسات نانوية.

وسنتطرق في هذا الجزء الى المجاهر المستخدمة والمعتمدة في المخابر العلمية المهتمة بتقنية النانو[14].

I – 9–1مجاهر المجسات الماسحة:

هي التي تمكن الباحثين من تصوير العينات الكيميائية والحيوية، وتنقسم هذه التكنولوجيا الى قسمين رئيسيين هما مجهر التأثير النفقي الماسح ومجهر القوة الذرية، فان كلا الجهازين يستطيعان أن يعطيان صورا دقيقة لذرات في داخل أو على أسطح العينات المدروسة[7].

I – 9–1–1.المجهر النفقي الماسح:Scaning Tunneling Microscope(STM)

تم لختراع وتركيب مجهر التأثير النفقي الماسح على يد العالمين ردهر (Ridher) وبينج (Bing) عام 1981م وكان لهذا الاختراع صدى واسعا في الأوساط العلمية، حيث تمكن الباحثون ولأول مرة من مشاهدة الذرات بالإبعاد الثلاثية وقد حصل العالمان على جائزة نوبل في عام 1986م عن هذا الاختراع[7]، ويعتبر هذا المجهر أداة أساسية في النانو وتقنياته حيث يتم استخدامه في كل من الصناعة والبحث الأساسي للحصول على صور بالمقياس الذري للأسطح المعدنية وأشباه الموصلات[15]، كما يتم فيه قياس التيار الكهربائي المار بين إبرة الماسح وسطح المادة[7]، ومن بين الخصائص التي يتميز بها هذا المجهر خاصية يمكن استخدامها لمعالجة (تحريك الذرات) الذرات الفردية وإطلاق التفاعلات الكيميائية، وكذلك إجراء التحليل الطيفي الالكتروني[15].

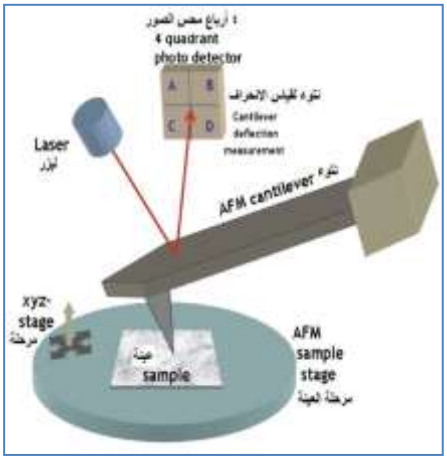
الشكل (I – 13): المجهر النفقي الماسح(STM).

I – 9–1–2. مجهر القوة الذرية:Atomic Force Microscope(ATM)

هو مجهر ذو قدرة تحليلية عالية تصل الى أجزاء من النانو متر حيث انه يفوق حد تكبير المجاهر الضوئية بأكثر من 1000 مرة، ويعتبر أحد أنواع مجاهر المجسات الماسحة وأكثر تطورا عن المجهر النفقي الماسح (STM)[16].

تم لختراع هذا المجهر سنة 1986م من قبل الباحثين Quate و Gerber [3]، يعتبر هذا المجهر الأكثر شهرة كأداة لتكبير والقياس والتحريك على المستوى النانوي، وحديثا تمكن علماء فيزيائيون من جامعة اوساكا في اليابان من استخدام مجهر القوة الذرية AFM من التعرف على هوية التركيب الكيميائي وتحديد نوع كل ذرة ومكان تواجدها على المخطط ثلاثي الأبعاد لتضاريس سطح المادة على المستوى الذري[16].

يعتمد مبدأ عمل هذا الجهاز على قوة التنافر والتجاذب بين سطح العينة ورأس المجس وهذه القوى قد تكون قوى فاندروالس أو قوة الروابط الأيونية والقوة الكهروستاتيكية (قوة كولوم) وغيرها، ويستطيع هذا المجهر أن يدرس عينة صغيرة في حدود100 ميكرو متر، وتمتد مدة عمل هذا الجهاز في مسح أسطح العينات من أجزاء من الثانية الى حوالي ساعة واحدة أو أكثر تبعا لخصائص وطبيعة أسطح هذه العينات[7].



الشكل(I -14): طريقة عمل مجهر القوة الذرية (AFM)

الشكل(I -15): مجهر القوة الذرية(AFM)

I – 9–2. المجاهر الالكترونية:

المجهر الالكتروني Electron Microscope (EM)، هو تقنية من المجاهر التي تسمح بالحصول على صورة عالية الدقة للعينات البيولوجية وغير البيولوجية، ويتم استخدامه في البحوث الحيوية الطبية للبحث في البنية التفصيلية للأنسجة والخلايا والمجمعات الجزيئية، وتنتج الدقة العالية لصور مجاهر EM من استخدام الالكترونات (التي لها أطول موجية قصيرة للغاية) كمصدر للإشعاع المضيء وهذا هو الفرق بين المجهر العادي والمجهر الالكتروني بشكل رئيسي[17].

I – 9–2–1. المجهر الالكتروني الماسح:Scaning Electron Microscope (SEM)

هذا المجهر تستخدم فيه الالكترونات بدل الضوء في تكوين الصورة، حيث يجب فحص العينة في الفراغ، لذلك يجب إعداد العينة خصيصا لذلك من خلال تجفيفها ثم تغليفها بمادة مساعدة مثل الذهب، وبعد إعداد العنصر ووضعه في الحجرة ينتج هذا المجهر صورة ثلاثية الأبعاد بالأبيض والأسود تظهر على شاشة الكمبيوتر[17].

الشكل(I – 16): مجهر الكتروني ماسح (SEM).

I – 9–2–2.المجهر الالكتروني النافذ: Transmission Electron Microscope(TEM)

يعتبر هذا المجهر لحد أهم أجهزة التكبير من خلال اسمه يمكننا التنبؤ بالتقنية التي يعمل بها، حيث ينفذ شعاع من الالكترونات من عينة رقيقة جدا وينفاعل معها، كما يستخدم مجهر(TEM) شرائح للحصول على عرض ثنائي الإبعاد للعينات لذلك فهو مناسب أكثر لعرض العينات بدرجة من الشفافية، حيث يوفر درجة عالية من التكبير والدقة تجعله مفيدا في العلوم الفيزيائية والبيولوجية والطب الشرعي وغيرها[17].

الشكل(I – 17): مجهر الكتروني نافذ (TEM).

I – 10 طرق تحضير المواد النانوية:

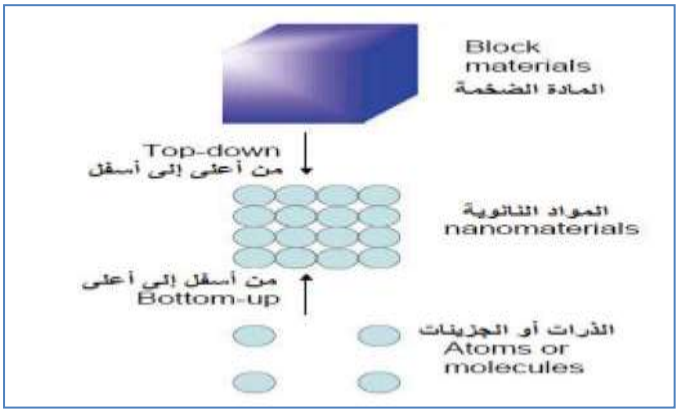
إن من أشهر طرق تصنيع مواد النانو تكنولوجي، تقنية الهبوط من أعلى لأسفل Top-Down Approach و تقنية الصعود من أسفل الى أعلى Bottom-Up Approach .

I – 10–1. تقنية الهبوط من أعلى لأسفل:

تبدأ هذه التقنية بتقطيع المواد حتى تصل الى قطع النانو ضمن مقياس النانو، حيث يتم تصنيع جسيمات النانو من جسيمات اكبر وذلك باستخدام الطحن أو التفتيت أو غيرها من التقنيات كما في الصناعات الالكترونية الدقيقة[10].

I – 10 –2. تقنية الصعود من أسفل لأعلى:

ويتم تحضير مادة النانو من خلال بنائها، انطلاقا من ذرات أو الجزيئات المنفردة وذلك بالتحكم المباشر فيها وهي من التقنيات بعيدة المدى حيث يتم ترتيبها مع بعضها البعض حتى تصل الى الحجم والشكل المرغوب، وهذه العملية تشبه عملية بناء الجدار ومن خلال دراسة الطريقة من أعلى الى أسفل أدت الى تقسيم الأجزاء لصغر فلصغر حتى تصل الى حجم 100 نانو متر تقريبا، ثم طريقة أسفل الى أعلى والتي بدأت بذرة أو جزيء من المادة، واكتساب المادة الناتجة خصائص جديدة غير موجودة في المادة بحجمها الطبيعي[10].



الشكل (I – 18): رسم توضيحي لوصف طرق تحضير المواد النانوية

ويمكن تصنيف طرق تحضير المواد النانوية الى ثلاثة أصناف هي :

أ-التحضير بالطرق الفيزيائية :

يتم التحضير انطلاقا من الحالة البخارية للمادة التي يحصل عليها بتسخينها، أو بقذفها بحزمة الكترونات، أو حلها حراريا بأشعة الليزر.

تحضير المساحيق المتناهية في الصغر باستعمال الموجات على مساحيق من أبعاد ميلي مترية، ومن مميزات هذه التقنية أنها غير ملوثة.

أما الطبقات الرقيقة بسمك النانو متر فيمكن الحصول عليها عن طريق (PVD) (Physical Vapor Deposition) [6].

ب- التحضير بالطرق الكيميائية:

- **طريقة ترسيب الأبخرة الكيميائية(CVD):(Chemical Vapor Déposition)**

يدخل بخار المادة التي يراد تحضيرها في مفاعل مصنع خصيصا، حيث تمثل جزيئات المادة على سطح أسلس بدرجة حرارة ملائمة والجزيئات الممتزة أما تتفكك، أو تتفاعل مع غازات أخرى، أو البخار، لتكوين شريط صلب على الأسلس، تستعمل هذه الطريقة في تحضير بعض المواد المتناهية في الصغر مثل : كميلات أشباه النواقل والخزف وأنابيب الكربون المتناهية في الصغر[6].

- **طريقة التفاعلات في وسط سائل:(Interaction Solution Medium Method)**

من أكثر السوائل استعمالا هو الماء، أو السوائل العضوية، وترسب الجزيئات المتناهية في الصغر بتغيير شروط التوازن الكيميائي، ويمكن أن نذكر من بين هذه التفاعلات ما يلي :

الترسيب الكيميائي المزدوج وهو الأكثر استعمالا صناعيا بتكلفة منخفضة.

التحليل بالماء وهو الذي يسمح بالحصول على جزيئات دقيقة كروية أكثر نقاء وتنجانس كيميائيا مع القدرة على التحكم في أبعاد الجزيئات[6].

- **طريقة صول-جل Sol-gel**

هذه الطريقة تمر بطورين هما صول السائل ثم بعد فترة من الزمن تتبخر المادة فتتحول الى طور جل، لذلك سميت هذه الطريقة طريقة صول جل، وهذه الطريقة تستخدم في صنع قضبان ضوئية يمكن أن تكون وسطا ليزريا وقد صنعت قضبان ليزرية من مواد نانوية، ولكن الجزيئات الغير مستقرة جاري البحث الآن في جعلها مستقرة (هذا الكلام يخص السليكون نانو) كما تسمح هذه التقنيات بإنتاج مواد متناهية في الصغر، وذلك انطلاقا من محاليل غروية، ومميزات هذه الطريقة تكمن في إمكانية التحكم في تجانس وهيكلة المادة في سلم النانو متزي في المراحل الأولى للتحضير، وتوزيع الجزيئات، كما أنها تحضر في درجة حرارة منخفضة بالمقارنة مع التقنيات الأخرى، وتسمح هذه التقنية أيضا بتحضير قطع ضخمة أو سطحية على ألواح، أو أليف كما تستعمل في صنع أليف متعددة العنصر[6].

ج – الطرق الميكانيكية:

- **طريقة الطحن الميكانيكي:**

تتألف هذه الطريقة من وعاء اسطواني الشكل مصنوع من سبائك صلبة، توضع فيه الحبيبات المراد سحقها مع كرات تفوقها صلادة، وذلك بعد إفراغ الوعاء من الهواء الجوي، وحقن غاز خامل بلا منه، لمنع تأكسد تلك الحبيبات بعدها تدار طلحونة الكرات بسرعات عالية تصل الى800tour/min، بغية تسهيل طحن الحبيبات الكبيرة وتنعيمها وتصغير أبعادها لتصبح اقل من مئة نانو متر من خلال فترة زمنية محددة ليتوقف مقدارها على نوع المادة المطحونة، وأبعادها النانوية المطلوبة[18].

- **طريقة التجميع والترتيب:**

هي تجميع الذرات والجزيئات الصغيرة بتجميعها وترتيبها آليا واستخدام أنواع من الميكروسكوبات الالكترونية تعمل على فحص وتحليل البنية الداخلية للمواد، وتكبيرها أكثر من مليون مرة، حتى يستطيع الباحث أن يرى الذرات والجزيئات من

خلالها، واهم هذه الميكروسكوبات الالكترونية، ميكروسكوب القوة الذرية الذي حسنه إيرلن مرارا والميكروسكوب النفقي الملسح[18].

I – 11. تصنيف أبعاد المواد النانوية:

لقد بدا العلماء إنتاج مواد نانوية عمليا عام 1990م، ومع تزايد إنتاجها صنفت على حسب أبعادها وطريقة تحضيرها الى عدة أصناف منها.

I – 11– 1. مواد أحادية البعد:

هي مجمل المواد التي لها طول واحد فقط، لذلك سميت بهذا الاسم، وتكون على شكل رقائق سمكها لا يتعدى مئة نانو متر، وتستخدم لطلاء المواد القديمة من لجل تحسين خواصها التالية[18]:

أ– خصائص المواد أحادية البعد:

I –4. خصائص المواد أحادية البعد[18].

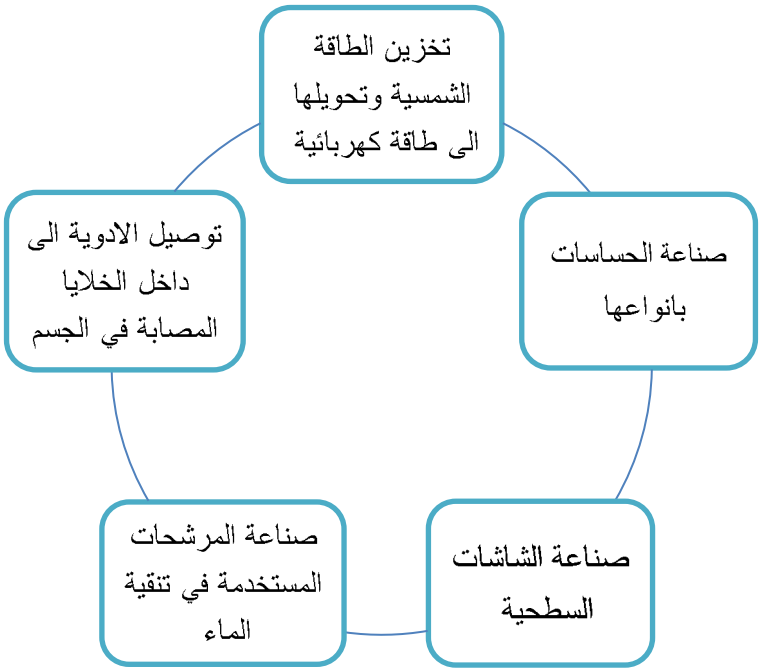
خصائصها	دورها
الخواص الميكانيكية	تصبح مقاومة المواد للخش عالية، وتحميها من التآكل الناتج عن الاحتكاك، وتمنع التصاق الغبار بها وخصوصا على مادة الزجاج المستخدم جدرانا خارجية لناطحات السحاب، وهي بذلك لا تحتاج للتنظيف أبدا مما يوفر التعب والكلفة.
الخواص الحرارية	فإنها تحمي أسطح المحركات من الحرارة الناتجة عن التشغيل المستمر.

الخواص البيولوجية	فإنها تساعد في صنع التصاق البكتيريا والفيروسات والميكروبات على الأدوات المستخدمة في الجراحة، مما يجعلها في حالة تعقيم دائم.
الخواص الكهرومغناطيسية	فإنها تعمل على إضعاف تأثير الحقول الكهروطيسية (الكهربائية والمغناطيسية) على الأقراص الصلبة المستخدمة في الحاسب الآلي لحفظ المعلومات، فيتحسن أداؤها ويزداد عمرها.

I – 11– 2. مواد ثنائية البعد:

أي أن لها طولا وعرضا يقل كل منهما عن مئة نانو متر، كالأسلاك والأنابيب وأهمها أنابيب الكربون، والتي حضرها الدكتور الياباني ايجيمار البلحث في شركة أي بي سي اليابانية عام 1991م[18].

وهي الأنابيب متعددة الجدران ومجوفة أبعادها حوالي (5،1) نانو متر، ويمكن رؤيتها بالميكروسكوبات عالية التكبير، وتمتاز هذه المواد الثنائية بخواص ميكانيكية وفيزيائية فريدة، فمثلا لها مقاومة شد تفوق مئة مرة مقاومة شد الحديد الصلب، رغم خفة وزنها وهذا يجعلها أقوى مادة مصنوعة حتى عام 2010 ولها مرونة عالية تفوق أفضل المواد مرونة في الطبيعة بخمس مرات وهذا يؤهلها للعودة الى شكلها الأصلي فورا بعد زوال الإجهاد المؤثر عليها كما ولها ناقلية للحرارة والكهرباء تفوق ناقلية النحاس بألف مرة تقريبا. وهذه المزايا الفريدة لأنابيب الكربون تجعل من الصعب حصر تطبيقاتها، لكن يمكن لختصارها بالمجالات التالية[18].



المخطط(I –4): تطبيقات أنابيب الكربون النانوية

I – 11– 3. المواد ثلاثية الأبعاد:

أن لها طولا وعرضا وارتفاعا لا يتعدى كل منهما مئة نانو متر، ومن أمثلتها الحبيبات ومسلحيق المعادن، كالذهب الذي استخدمت حبيباته في القضاء على الأورام السرطانية، وتحديد الحامض النووي للفيروسات حتى يسهل القضاء عليها، أما أكاسيد المعادن مثل أكاسيد الألمنيوم والحديد والتيتانيوم وغيرها، فإنها تعتبر أكثر المواد النانوية إنتاجا، نظرا لتعدد استخداماتها في طاعات الالكترونيات والأدوية والمعدات الطبية والأجهزة البصرية[18].

I – 12.تطبيقات المواد النانوية:

يتوقع إن تقنية النانو ستغزو جميع مجالات الحياة مثل الطب والزراعة والغذاء والبيئة والالكترونيات والكيمياء والفضاء ...الخ، بل يتوقع أن تؤدي هذه التقنية الى تصغير الأجهزة والمعدات وخفض سعرها واحتياجاتها من طاقات التشغيل ما يؤدي الى تحديث مزيد من الأجهزة الالكترونية والألعاب، بحيث تلتقي الاحتياجات في التطبيق الطبي والعسكري والأمني[19].

I – 12 –1.مجال الكيمياء والبيئة:

تلعب تكنولوجيا النانو دورا جليا في كل من عمليتي التحفيز الكيميائي وأساليب الترشيح حيث توفر المركبات مواد جديدة ذات خصائص وسمات كيميائية محددة مثل: الجزيئات النانوية ذات البيئة الكيميائية، أو الخصائص البصرية الخاصة، أي أن كل التركيبات الكيميائية يمكن فهمها من خلال مفردات تكنولوجيا النانو، نتيجة قدرتها على تصنيع جزيئات محددة، ومن ثم تشكل الكيمياء قاعدة أساسية لتكنولوجيا النانو[7].

- **التحفيز:**

يستفيد التحفيز الكيميائي من الجزيئات النانوية وتتراوح التطبيقات المحتملة للجزيئات النانوية في عملية التحفيز من خلال الوقود الى المحولات المحفزة والأجهزة التحفيزية الضوئية، كما تظهر أهمية التحفيز في إنتاج المواد الكيميائية.

- **الترشيح:**

من المتوقع ظهور تأثير الكيمياء الضوئية على كل من العمليات معالجة المياه المستعملة وتنقية الهواء، حيث يمكن استخدام الطرق الميكانيكية أو الكيميائية في تطبيق أساليب الترشيح الفعالة، وتبنى إحدى أساليب الترشيح على استخدام الأغشية ذات أحجام وثقوب ملائمة، مما يسمح بضغط السائل عبر الغشاء، وتعد الأغشية المسامية النانوية ملائمة لعملية الترشيح الميكانيكي ذات المسام متناهية الصغر لما يقل عن 10 نانو مترات (" الترشيح النانوي") والتي قد تكون من أنابيب نانوية غشائية، ويستخدم الترشيح النانوي بشكل أساسي في عملية إزالة الايونات أو فصل السوائل المختلفة[7].

وتتمثل احد أهم تطبيقات الترشيح النانوي في الأغراض الطبية ومنها عملية الغسيل الكلوي، كما توفر الجزيئات النانوية المغناطيسية طريقة معتمدة وفعالة لإزالة ملوثات المعادن الثقيلة من المياه المستعملة من خلال الاستفادة من أساليب الفصل المغناطيسي، وتزيد الجزيئات النانوية من كفاءة القدرة على امتصاص الملوثات بالإضافة الى أنها بالمقارنة بطرق الترسيب والترشيح التقليدية تعد رخيصة التكلفة، وقد

أثبتت دراسة حديثة إن طرق فصل الأغشية النانوية منخفضة التكلفة وفعالة في إنتاج المياه الصالحة للشرب[7].

I – 12 –2. مجال الغذاء:

أما في مجال الغذاء فقد دخلت تقنية النانو بدور تحسين الصناعات الغذائية ورفع قيمتها وجودتها وبالتالي ساهمت في التقليل من الأمراض.

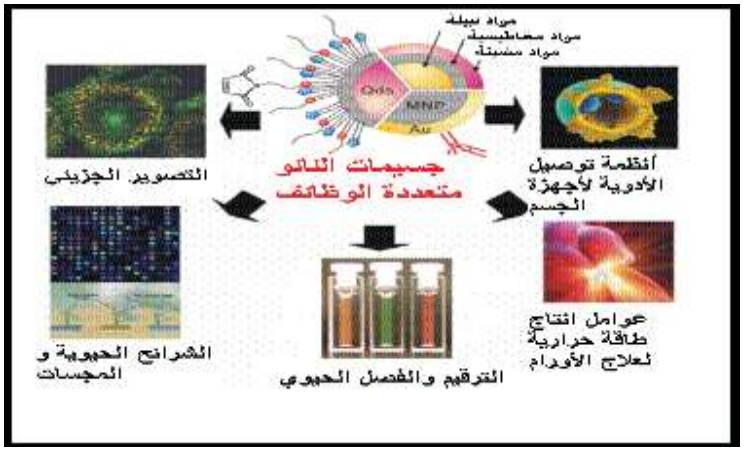
إن الأغنية الصحية غنية بالعناصر الغذائية وقليلة السعرات الحرارية أو قد تكون الأغنية المضافة إليها مواد نانوية مثل المحتوية على الحديد والزنك والكبسولات الجلاتينية ذات المسامات النانوية المحتوية على زيوت الأسماك الاميجا 3 والإنزيمات المصاحبة لها.

- **أمثلة لبعض المنتجات الغذائية:**

المكملات الغذائية – المشروبات الغذائية و الصحية – المواد المستخدمة في تجهيز وإعداد الأغنية – تغليف وتعبئة المواد الغذائية[3].

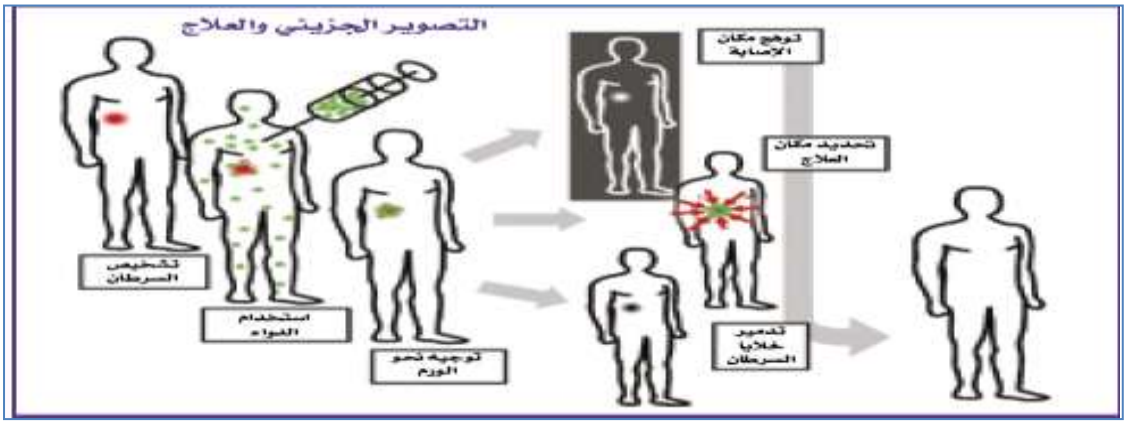
I – 12 –3. في مجال العلوم الطبية:

لقد ساعدت تكنولوجيا النانو على تغيير طريقة النظر الى علاج كثير من الأمراض وأعطت أملا كبيرا لشفاء كثير من الأمراض المستعصية، وقد توجهت دول عديدة الى دعم النانو، والدراسات المبدئية القائمة حول العالم لتوظيف التطور الحاصل في تكنولوجيا النانو في المجالات الطبية، وتتمثل أهمية التطبيقات الطبية المتعلقة بالتشخيص الدقيق والعلاج عالي الكفاءة، وكذلك الكثير من التطبيقات المستقبلية لتكنولوجيا النانو[7].



الشكل(I – 19): بعض تطبيقات النانو في المجال الطبي.

- **جهاز الناتئ النانوي (الكانتيلفير Contilever) :** يستطيع هذا الجهاز اكتشف خلايا السرطان بدقة فائقة تصل الى حد رصد الخلية الواحدة.



الشكل(I –20): يبين كيفية علاج منطقة مصابة بالسرطان بواسطة جسيمات نانوية تحقن في جسم مصاب.

I – 12– 4 . في مجال الطاقة:

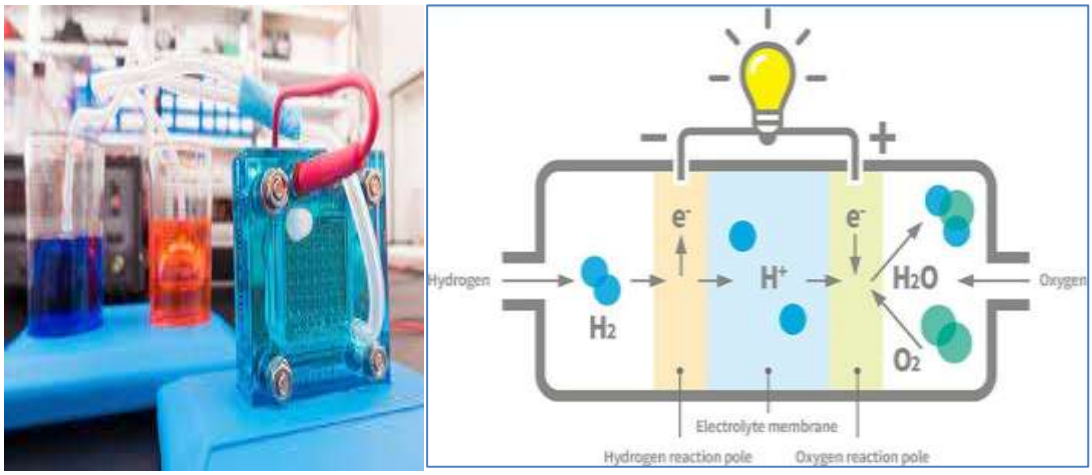
تتمثل أكثر مشروعات تقدما والمرتبطة بمجال الطاقة في التخزين، التحويل، تحسينات التصنيع بالإقلال من المواد المستخدمة ومعدلات العملية التصنيعية، توفير الطاقة (من خلال أفضل طريقة للعزل الحراري) وفيما يلي توضيح لاستخدام تكنولوجيا النانو في الطاقة[7].

- **تقليص استهلاك الطاقة:**

يمكن التوصل الى استهلاك اقل للطاقة من خلال تطبيق أفضل الأساليب العزل، عن طريق استخدام الإضاءة الكافية أو أساليب الإحراق، واستخدام مواد أقوى في الإضاءة لتستخدم في قطاعات النقل.

- **استخدام أنظمة للطاقة أكثر صداقة للبيئة:**

تتمثل احد نماذج الطاقة الصديقة للبيئة في استخدام الخلية وقود وهذه الوقود عبارة عن الهيدروجين، والتي تنتج بصورة مثالية بخلية وقود تتمثل في المحفز المكون من جزيئات المعادن النبيلة المدعومة بالكربون ذات قياسات (5:1) نانو متر، وتحتوي المواد المناسبة لتخزين الهيدروجين على عدد ضخم من المسام النانوية، والتي تستطيع تنقية وتنظيف العوادم ميكانيكيا من خلال المحولات المحفزة والقائمة على جزيئات المعادن النانوية أو من خلال المغلفات المحفزة على جدران الاسطوانة والجزيئات النانوية المحفزة والتي قد تستخدم كذلك كإضافات للوقود[7].



الشكل(I – 21): يوضح خلايا وقود تشتغل بالهيدروجين

I – 12– 5. مجل الالكترونيات:

أما بالنسبة لمجال الالكترونيات سوف تساعدنا تقنية النانو في تصغير حجم الأجهزة الالكترونية بدرجة كبيرة، كذلك الأنابيب النانوية سوف تمكننا من تصغير حجم الأقراص المدمجة بأنواعها والتي تستخدم حاليا في حفظ البيانات والمعلومات وزيادة قدرتها التخزينية بشكل كبير جدا[17].

I – 12–6.مجل الصناعات النسيجية:

في هذا المجال تم استخدام تقنية النانو في تطوير جودة الملابس وتحسين خصائصها من حيث خفة الوزن ومقاومتها لامتصاص السوائل والبقع والأوساخ[17].

I – 12–7. مجل تقنية المياه:

يعد نقص المياه من المشكلات الخطيرة التي تواجه دولا نامية كثيرة، لذا فان استخدام تقنية النانو في تطوير تقنيات معالجة المياه التقليدية التي تضم المعالجات الكيميائية، وتحلية المياه، والتنقية والمعالجة بالأشعة فوق البنفسجية، وغيرها من وسائل تنقية المياه، سيؤدي الى رفع كفاءة هذه التقنيات، كما تقدم تقنية النانو حاليا الى هذا المجال الحيوي الى ثلاث تقنيات معالجة تضم،أغشية أنابيب النانو الكربونية، ومسام الخزف النانوية وتعمل هذه التقنيات بطرق مختلفة[6].

I – 12–8. مجل الفضاء:

في هذا المجال تم تصنيع مجس كيميائي باستخدام أنابيب نانو كربونية، وهذا الجهاز مثالي الاستخدام في مهام ناسا المتعلقة بكيمياء الفضاء، كما صمم جهاز لقياس الموجات باستخدام تقنية النانو، وأداؤه أعلى بكثير من الأجهزة التجارية المتوفرة، في حين يستخدم طاقة اقل كما أنه أخف وأصغر حجما مقارنة بغيره[6].

الفصل الثاني

التلوث ومعالجة المياه

تمهيد:

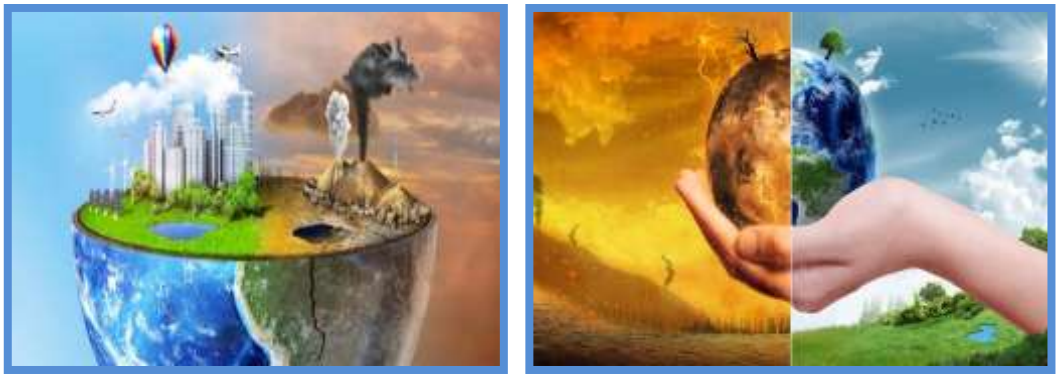
لقد شهد العالم على مر السنين تطورات علمية و ثقافية متعددة وتتمثل في الابتكار والبحث العلمي والإبداع لخلق أساليب جديدة والوصول الى تقنية العصر الحديث وان مشكلة توفير بيئة نظيفة وسليمة في ظل هذا التطور يعتبر من اكبر التحديات التي تواجه البشر حاليا نتيجة الأنشطة التي تتمثل في الصناعات والتجارب العلمية التي تستخدم فيها العديد من المواد الكيميائية قوية المفعول والخطيرة مع عدم مراعاة النواتج التي تخلفها وبالتالي إلحاق ضرر و دمار كبير بالبيئة نتج عنه جملة من المشاكل التي بدأت تهدد البشرية و أهمها انتشار الأمراض و الأوبئة و تلوث المصفوفة البيئية (الماء والهواء والتربة)[20].

ويعد التلوث البيئي أحد أهم التهديدات التي تواجه كوكبنا في هذا العصر ويعتبر قضية عالمية شائعة في جميع البلدان ويحدث تلوث البيئة عندما تدخل الأنشطة البشرية ملوثات في البيئة مما يؤدي الى تعطيل العمليات الروتينية الحيوية في البيئة مما يتسبب في تغيرات كارثية بها وتمسى العوامل المسببة للتلوث البيئي بالملوثات كما يتسبب التلوث في إلحاق ضرر كبير بالنظام البيئي ويمكن أن يسبب أيضا موت العديد من الكائنات الحية [21].

II– 1. تعريف التلوث البيئي:

التلوث هو وجود كمية مرتفعة من مركب ما في غير مكانه الصحيح لذلك من غير الصحيح إطلاق مسمى غير الملوثة أو سامة على بعض المواد إذا من اللازم التحديد الدقيق والواضح للكمية القصوى والغير مؤثرة والتي لازالت آمنة وغير محدثة لتلوث ويطلق عليها بالإنجليزية No Observed Adverse Effect Level وبالاختصارNOAEL .

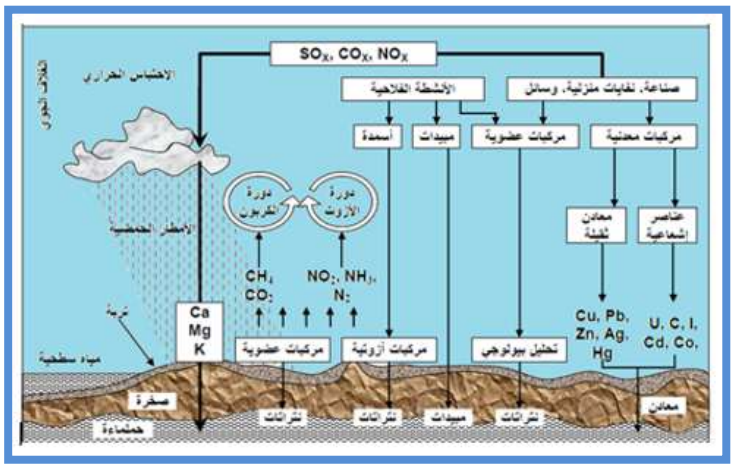
وهناك تعريف إضافي للتلوث وينص على أن التلوث ينشا من أي خلل في الأنظمة البيئية الماء أو الهواء أو تربة أو الغذاء ويؤثر على نحو مباشر أو غير مباشر على الكائنات الحية ويلحق بها الأضرار وكذلك البيئة من ممتلكات اقتصادية ومما يسبب خسائر مختلفة[22].



الشكل(II–1): انعكاسات وآثار التلوث على الكرة الأرضية

II– 2. تعريف الملوثات:

هي المواد أو الميكروبات التي تلحق الضرر بالإنسان وتسبب له الأمراض، تكون هذه الملوثات مواد دخيلة على البيئة أو المواد طبيعية لكنها تجاوزت المستويات المقبولة[23].



الشكل (II– 2): بعض الملوثات للتربة والهواء والماء

II– 3.أصناف الملوثات:

II– 3–1. ملوثات طبيعية:

هي الملوثات التي ليس للإنسان يد في إحداثها، مثل الغازات والأبخرة المتصاعدة من البراكين أو تأثير الانفجارات الشمسية على الاضطرابات الطقس أو احتراق الغابات بشكل طبيعي نتيجة لارتفاع درجات الحرارة أو انتشار حبوب اللقاح في الجو[20].

II– 3–2 .ملوثات صناعية:

هي ملوثات التي استحداثها الإنسان من خلال نشاطه الصناعي كالغازات والأبخرة والمواد الصلبة التي تنتج من مداخن المصانع وعوادم السيارات [20].

II–3– 3. ملوثات كيميائية:

تلك المواد الكيميائية التي يتعامل معها الإنسان كالمبيدات بأنواعها المختلفة (حشرية، فطرية، نباتية) والمنظفات الصناعية والمعقمات الكيماوية ونواتج الصناعات البترولية وصناعات الغزل والنسيج والحديد والصلب والأسمدة[20].

II– 3–4 . ملوثات فيزيائية:

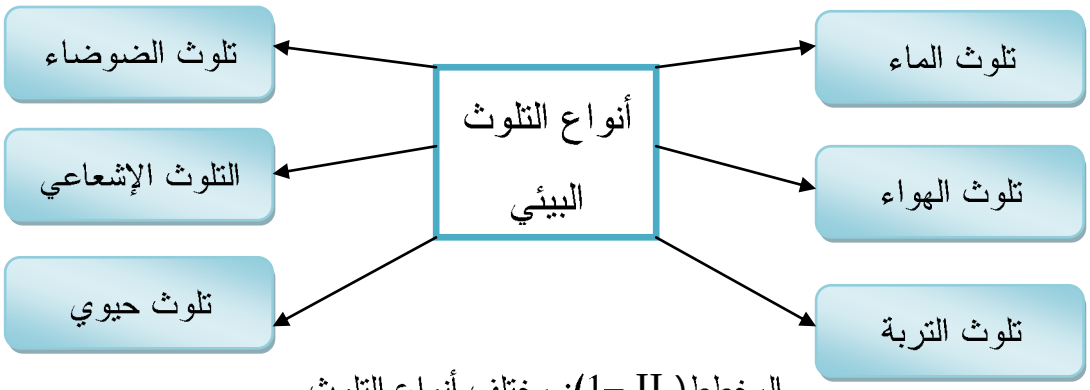
وهي تلك المتمثلة في الضوضاء والإشعاعات الذرية والتلوث الحراري الناتج عن استخدام كميات كبيرة من المياه للتبريد في محطات توليد الطاقة ثم إعادتها إلى الأوساط المائية[20].

II– 3–5 .ملوثات حيوية:

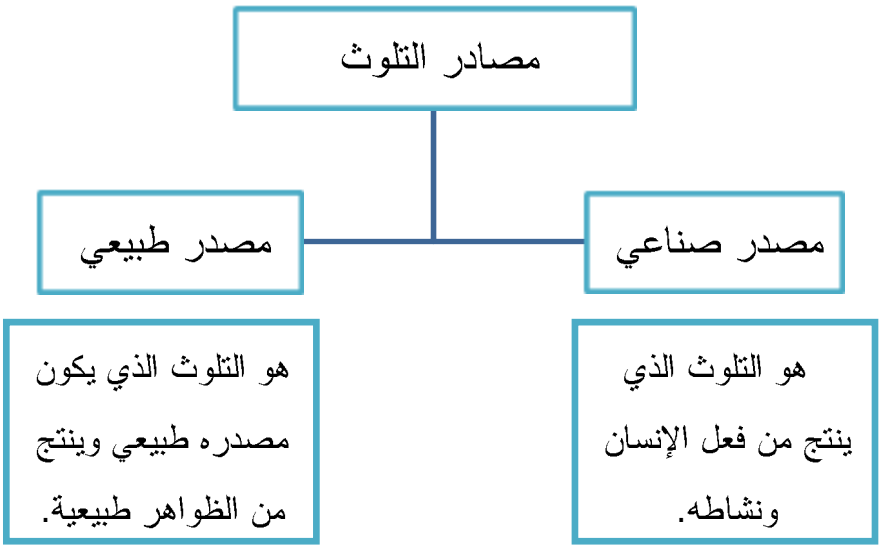
تتمثل في جملة الكائنات الحية المنتشرة بشكل كبير في البيئات المختلفة تشمل هذه الكائنات الحية البكتيريا، الفطريات، الطفيليات، والفيروسات وغيرها [20].

II– 4. أنواع ومصادر التلوث:

نلخص مجمل أنواع التلوث البيئي في المخطط الموالي:



المخطط(II –1): مختلف أنواع التلوث



المخطط(II –2): يمثل أهم مصادر التلوث

II– 4–1 .تلوث الهواء:

يصبح الهواء ملوثا إذا حدث تغير في تركيبته الطبيعية أو دخلت عليه عناصر غريبة سواء كانت هذه العناصر طبيعية أو كيميائية أو بيولوجية مثل الغازات أو جسيمات أو الميكروبات خلال فترة قصيرة أو طويلة بحيث تؤدي الى إلحاق ضرر كبير بحياة الإنسان أو الحيوان أو الكائنات الأخرى أو الممتلكات الاقتصادية[24].

الشكل (II– 3): تلوث الهواء بدخان وسائل النقل

الشكل (II– 4): تلوث الهواء بدخان المصانع

والكرة الأرضية على عكس سائر الكواكب الأخرى محاطة بغلاف جوي يتكون الهواء من بالنسب المئوية التالية بالوزن من الغازات المكونة له[24]:

جدول(II– 1): الغازات المكونة للهواء والوزن بالنسبة المئوية

الغازات المكونة للهواء	النسبة المئوية
نيتروجين N_2	%78,009
أوكسجين O_2	%20,95
ارجون Ar	%0,93
الميثان CH_4	%0,0001
هيدروجين H_2	%0,00001
هيليوم He	%0,000052
نيون Ne	%0,00018

بخار الماء H_2O	%4
ثاني أكسيد الكربون CO_2	%0,03
أوزون O_3	%0,00001

II– 4–1 –1. مصادر تلوث الهواء[24]:

II– 4–1 –1 – 1.مصادر طبيعية :

- الغبار والأتربة المثارة بفعل الرياح.
- البراكين النشطة التي تندفع منها أنواع من الغازات الضارة وكميات ضخمة من الرماد والحمم.
- حرائق الغابات الطبيعية الذاتية.
- حبوب لقاح الأشجار والنباتات.
- غاز الأوزون المختلق ضوئيا في الهواء الجوي أو بسبب التفريغ الكهربي في السحب.
- الكائنات الحية الدقيقة والمكروبات.
- الجسيمات النيزكية.

II– 4–1 –1 – 2 . مصادر صناعية (بشرية):

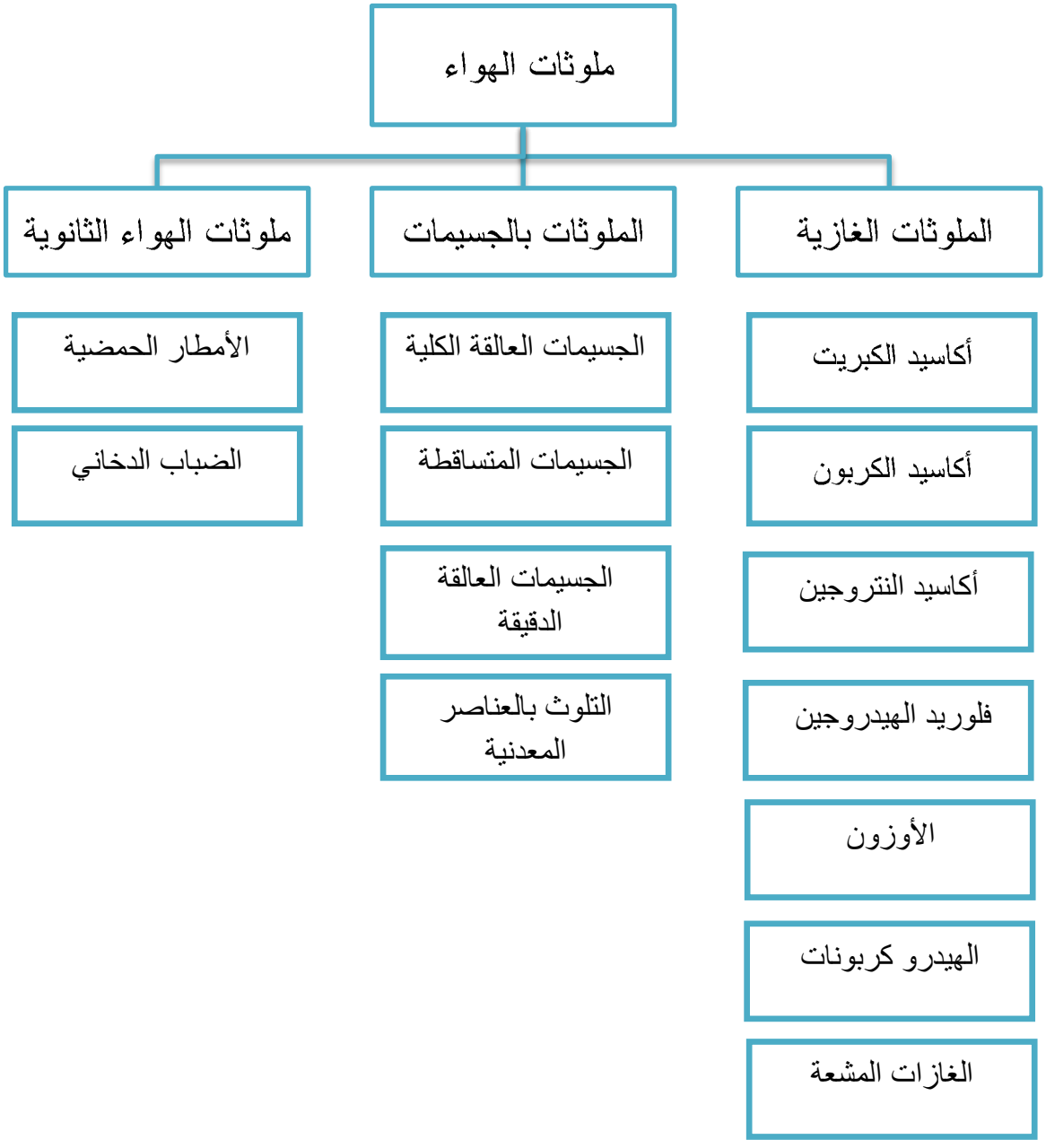
- الملوثات الناتجة عن حرق الوقود لإنتاج الطاقة.
- الملوثات الناتجة عن انبعاث العوادم من وسائل النقل المختلفة.
- الغازات التي تنطلق من النفايات البشرية بجميع أنواعها.
- الغازات ومركباتها المختلفة وجزيئات الغبار والحرارة المتولدة من المواقع الصناعية.
- الملوثات التي تنتج من أعمال التعدين والتنقيب واستخدام البترول.

II– 4–1 –1 – 3 . ملوثات الهواء:

تنقسم ملوثات الهواء عموما إلى ثلاثة أقسام رئيسية وقد وضع هذا التقسيم بناء على طبيعة وصفات هذه الملوثات وهي كالأتي:

- الملوثات الغازية.
- الملوثات بالجسيمات.
- ملوثات الهواء الثانوية[24].

ويبين الشكل التالي مخطط لأهم أنواع الملوثات الهوائية [24].



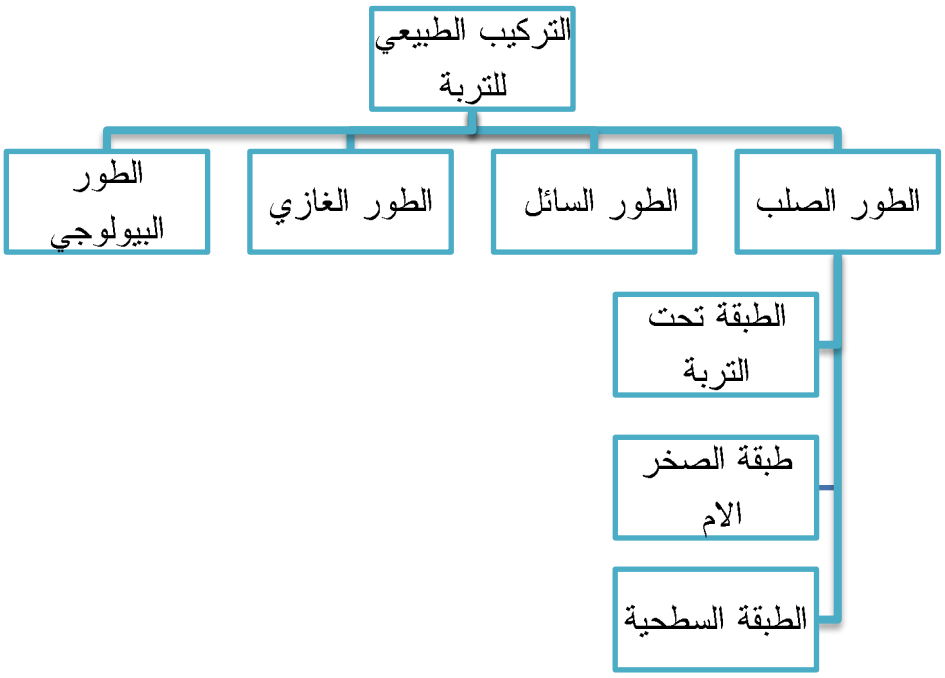
مخطط(II – 3): أنواع الملوثات الهوائية

II– 4– 2 .تلوث التربة:

تلوث التربة يعني دخول مواد غريبة في التربة أو زيادة في تركيز أحد مكوناتها الطبيعية مما يؤدي إلى التغير في التركيب الكيميائي والفيزيائي للتربة ويخل بوظائفها[24]، وتصبح التربة ملوثة باحتوائها مادة ملوثة بكميات أو تراكيز مسببة للخطر[25].

ويعرف تلوث التربة أيضا بأنه الفساد الذي يصيب التربة فيغير من صفاتها وخواصها الطبيعية أو الكيميائية أو الحيوية عن طريق إضافة مواد إليها أو نزع مواد منها مما يجعلها تأثر سلبا بصورة مباشرة أو غير مباشرة على صحة الكائنات الحية أو المنشآت الهندسية أو المياه السطحية والجوفية[26] [27].

التربة نظام غير متجانس ذو بنية مفككة يتكون من أربعة أطوار وهم[24]:



مخطط (II – 4):التركيب الطبيعي للتربة

- **الطور الصلب:** ويتكون من مواد غير عضوية تكونت من الصخور نتيجة لعمليات التعرية الفيزيائية والكيميائية والحيوية وتلعب هذه المواد دورا هاما في تحديد خصوبة التربة من عدمه وكذا درجة الخصوبة، ومواد عضوية هي عبارة عن بقايا النباتات والحيوانات نتيجة لعمليات التحلل البيولوجي بواسطة الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في التربة وتلعب دورا بارزا في تحديد إنتاجية التربة[24].

ويتكون من ثلاث طبقات متتالية:

- **الطبقة السطحية:** Surface Soil وهي الطبقة التي تغلف الأرض وعمقها لا يتجاوز عدة سنتيمترات وتحتوي على المواد العضوية وتعيش فيها معظم الكائنات الحية الدقيقة كما تحتوي على الكثير من العناصر الرئيسية (الأوكسجين، السيلكون، الألمونيوم، الحديد....).
- **الطبقة تحت التربة:**Subsoil Layer وهي تقع تحت الطبقة السطحية للتربة مباشرة وبها القليل من بقايا الكائنات الحية.
- **طبقة الصخر الأم:** Solid Layer وهي عبارة عن الطبقة الثابتة الأصلية الصلبة والتي تكونت منها التربة وهي اقل عرضة لعوامل تكون التربة من الرياح ورطوبة ودرجة الحرارة بسبب تكوينها الصخري وتختلف حيث نوعية الصخر وتكوينه الجيولوجي.

- **الطور السائل:** ويسمى عادة محلول التربة وهو عبارة عن محلول مائي يحوي العديد من الأملاح بالإضافة إلى بعض المواد العضوية وهو يمتص من قبل النبات عبر الجذور ثم ينتقل من النبات إلى الغلاف الجوي خلال عملية النتح Transpiration.
- **الطور الغازي:** وهو عبارة عن الهواء الموجود داخل فراغات التربة ويشكل حوالي 35% من حجم التربة ويختلف تركيبه قليلا عن هواء الغلاف الجوي إذ يحتوي على نسبة اقل من الأكسيجين ونسبة أكبر من ثاني أكسيد الكربون.
- **الطور البيولوجي:** ويشمل كل ما هو حي في الأرض كالأحياء الدقيقة بصورها وأنواعها (ميكروبات، فطريات، طحالب ....) والديدان الأرضية والحشرات وجذور النباتات[24].

II- 4-2- 1..مصادر تلوث التربة[24][25]:

II- 4-2- 1- 1.مصادر طبيعية:

- الظواهر الطبيعية الانجراف والتصحر.

II- 4-2 -1- 2 . مصادر صناعية:

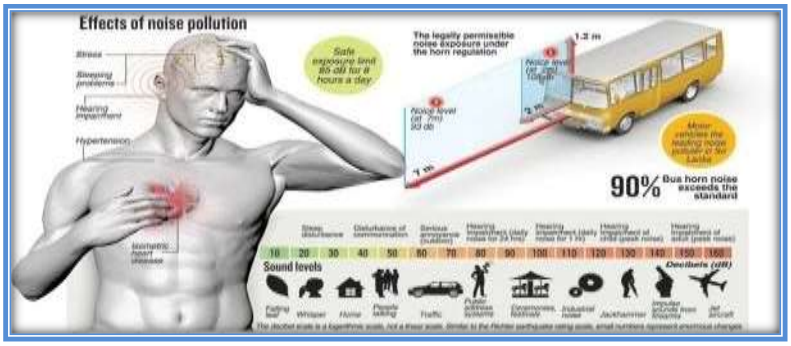
- أنابيب الصرف الصحي والصناعي.
- استخدام المبيدات والمواد الكيميائية على نحو مفرط.
- الاستخدام المفرط لمياه الري.
- المخلفات السامة والصلبة للمنازل والمصانع والمستشفيات.
- الحروب والأنشطة العسكرية عنصر الرصاص والنحاس والزنك الناتجين من الذخيرة.
- التوسع العمراني.
- الاستخدام المفرط للأسمدة.
- المواد المشعة والمعادن الثقيلة[24][25].

II- 4-2 -1 -.ملوثات التربة:

- المعادن السامة للنبات: الرصاص، الكادميوم، الزنك، الزئبق، الزرنيخ.
- الملوثات العضوية: الزيوت والمذيبات والمركبات الفينولية.
- الكبريتات والأحماض.
- غازات سامة: الميثان وثاني أكسيد الكربون الهيدروجين.
- مواد مسرطنة: بعض المركبات العضوية والعناصر الثقيلة.
- ملوثات كيميائية تنقسم إلى: ملوثات عضوية وتشمل، هيدروكربونات عطرية حلقية، النيترو العطرية، الفينيولات، الهالوجنيات العطرية. ملوثات غير عضوية وتشمل، العناصر الثقيلة، النيتروجين، النظائر المشعة[25].

II- 4-3 .تلوث الضوضاء:

هو تداخل مجموعة من الأصوات العالية والحادة والغير مرغوب فيها وتلوث هذه الضوضاء البيئة عندما ترتفع شدتها الصوتية الى درجة إزعاج الإنسان وتفكيره وإصابته بالأمراض العصبية ونفسية[25].



الشكل (II – 5): مصادر تلوث الضوضاء و تأثيرها على جسم الإنسان

II- 4 - 3- 1 .مصادر تلوث الضوضاء[25]:

II- 4-3- 1-1.مصادر طبيعية:

- الانفجارات البركانية وزلازل.

II- 4-3- 1-2.مصادر صناعية:

- وسائل الموصلات والنقل المختلفة.
- عمليات البناء والتشييد العمراني.
- الأجهزة الكهربائية في المنازل وأماكن العمل.
- المصانع والمنشئات الصناعية.

II- 4-4. تلوث الإشعاعي:

هو أحد صور التلوث الفيزيائي للبيئة، ويمكن تعريفه بأنه تلوث الأنظمة البيئة الثلاث بالعناصر أو المواد أو العوامل ذات الطبيعة الإشعاعية كما يمكن تعريفه بأنه هو وجود نشاط إشعاعي في بيئة معينة، فوق الحد المسموح به وبشكل يضر الإنسان والكائنات الحية. ويحدث انطلاقا من تسرب المواد المشعة (صلبة، سائلة، غازية) [24].

الشكل(II – 6): انفجار قنبلة نووية.

II- 4-4 – 1.مصادر التلوث الإشعاعي[24]:

II- 4-4 – 1– 1. مصادر طبيعية:

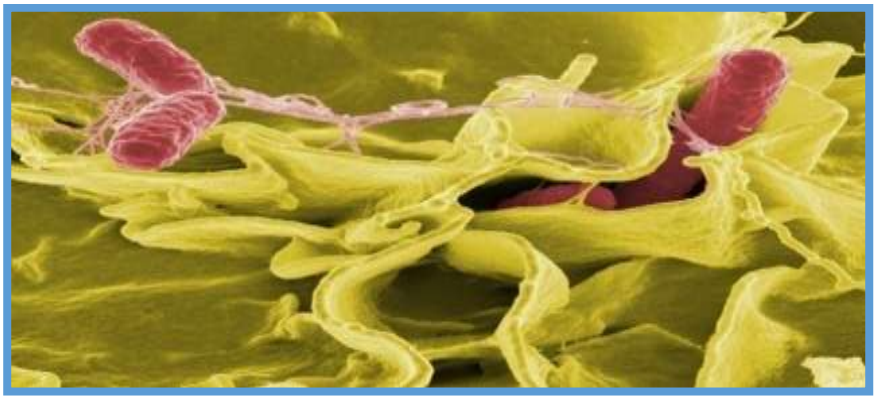
- الأشعة الكونية.
- الأشعة الموجودة بالتربة.
- المواد المشعة بالطعام.
- مواد مشعة داخل الإنسان.

II- 4-4 – 1– 2. مصادر صناعية:

- التفجيرات والأسلحة الذرية.
- التطبيقات الزراعية والصناعية للإشعاع.
- المصادر الإشعاعية للعلوم الصحية.
- المفاعلات الذرية.
- المصادر الإشعاعية الصناعية الأخرى[24].

II- 4-5 .التلوث الحيوي:

يحدث عندما تدخل بعض الميكروبات أو الجراثيم أو الطفيليات الى الوسط يسبب إصابة الأحياء بالكثير من الأمراض، والسبب الرئيسي للتلوث الحيوي هو عدم العناية بنظافة المياه أو الغذاء أو المكان الذي يعيش فيه الإنسان [27].



الشكل (II –7): بكتيريا السالمونيلا (احمر) بمجهر الكتروني ماسح

II- 4-5 – 1.مصادر التلوث الحيوي:

- حبوب اللقاح من النباتات.
- الطفيليات والفطريات.
- البكتيريا من فضلات الإنسان.
- الحشرات.

II- 4-6 .تلوث المياه:

- هو التغير في المواصفات والمعايير الفيزيائية والكيميائية أو البيولوجية للماء الصالح للشرب والاستعمال البشري، وينتج بفعل إضافة ملوثات إلى النظام البيئي[28]، والذي يؤدي إلى إختلال توازن هذه المياه، ويسبب مضايقات كثيرة (رائحة كريهة، تخمر، مخاطر صحية، وما إلى ذلك)، والتي تأثر في الكائنات على المدى القصير أو الطويل من خلال السلسة الغذائية التي نعتمد عليها [29].
- وكما جاء أيضا في تعريف منظمة الصحة العالمية عام 1961 لتلوث المياه على انه: "هو أي تغير يطرأ على الخصائص الطبيعية والكيميائية والبيولوجية للمياه مما يؤدي إلى التغير في حالته بطريقة مباشرة أو غير مباشرة، بحيث تصبح المياه اقل صلاحية للاستعمالات الطبيعية المخصصة لها سواء للشرب أو الاستهلاك المنزلي أو الزراعي أو غيره ....[30].
- كما يمكن تعريف تلوث الماء أيضا بأنه إذا احتوى على مواد غريبة سوى كانت مواد صلبة أو عالقة، عضوية أو غير عضوية ذائبة أو كائنات حية دقيقة مثل البكتيريا، طفيليات، طحالب حيث تغير هذه المواد من خصائصه الحيوية[28].

II- 4-6 -1.تقسيمات المياه:

مياه سطحية: هي مياه الينابيع، الأنهار، البحيرات.

مياه جوفية: توجد على أعماق مختلفة من سطح الأرض.

مياه مخزنة: التي يتم تخزينها في خزانات أو برك أو بحيرات مغلقة[22].

II- 4-6 -2.أنواع تلوث المياه:

وينقسم تلوث المياه إلى أربعة أقسام هي:

II- 4-6 – 2– 1.التلوث الكيميائي:

وينتج هذا التلوث غالبا عن ازدياد الأنشطة الصناعية الزراعية بالقرب من المسطحات المائية، مما يؤدي إلى تسرب المواد الكيميائية المختلفة إليها. وتعد كثيرة الأملاح المعدنية والأحماض والأسمدة والمبيدات من هذه الأنشطة سبب في تلوثها والتغير في موصفاتها وهناك العديد من الفلزات السامة الغذائية في الماء تؤدي إلى التسمم إذا وجدت بتركيزات كبيرة مثل الباريوم والكادميوم والرصاص وزئبق. أما الفلزات غير سامة، مثل الكالسيوم والماغنزيوم والصوديوم، فإن زيادتها في الماء تؤدي الى بعضا الأمراض، إضافة إلى تغير خصائص الماء الطبيعية، مثل الطعم وجعله غير مستساغ. كما أن هناك أيضا التلوث بالمواد العضوية، مثل الأسمدة الفوسفاتية والأزوتية،التي يؤدي تواجدها في الماء الى تغير رائحته ونمو الحشائش الطحالب، بحيث إن زيادة استهلاك الماء وزيادة التبخر قد يؤدي في النهاية الى ظاهرة الشيخوخة المبكرة للبحيرات Eutrophication، حيث تتحول هذه البحيرات الى مستنقعات مليئة بالحشائش والطحالب قد تتحول في النهاية إلى ارض جافة[28].

II- 4-6 – 2–2.التلوث الفيزيائي:

وينتج عن تغير المواصفات القياسية للماء، عن طريق تغير درجة حرارته أو ملوحته، أو ازدياد المواد العالقة به، سواء كانت من أصل عضوية أو غير عضوية. وينتج ازدياد ملوحة الماء غالبا عن ازدياد كمية التبخر ماء البحيرة أو الأنهار في الأماكن الجافة دون تجديد لها. كما أن التلوث الفيزيائي الناتج عن ارتفاع درجة الحرارة يكون في غالب الأحوال نتيجة صب مياه تبريد المصنع والمفاعلات

النووية بالقرب من المسطحات المائية أو فيها مما ينتج عنه ازدياد درجة الحرارة ونقص الأكسجين وهذا ما يؤدي إلى موت الكائنات الحية في هذه الأماكن[28].

II- 4-6 – 2– 3.التلوث البيولوجي:

وينتج هذا التلوث عن ازدياد الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض مثل البكتيريا والفيروسات الطفيليات المياه. وكذلك تنتج في الغالب عن اختلاط فضلات الإنسان والحيوان بالماء بطريقة مباشرة عن طريق صرفها مباشرة في مسطحات المياه العذبة أو المالحة أو عن طريق الغير مباشر عن طريقة اختلاطها بماء صرف صحي أو زراعي، ويؤدي وجود هذا النوع من تلوث الى الإصابة بالعديد من الأمراض[28].

II- 4-6 – 2– 4.التلوث الإشعاعي:

ومصدر هذا التلوث يكون غالبا عن طريق التسرب الإشعاعي من المفاعلات النووية أو عن طريق

التخلص من هذه النفايات في البحار والمحيطات والأنهار. وفي الغالب لا يُحدث هذا التلوث أي تغيير في صفات الماء الطبيعية مما يجعله أكثر الأنواع خطورة، حيث تمتصه الكائنات الموجودة في هذه المياه في غالب الأحوال، ثم تنتقل إلى الإنسان أثناء تناول هذه الأحياء فيحدث فيه العديد من التأثيرات الخطيرة؛ منها الخلل والتحولات التي تحدث في الجينات الوراثية[28].

II- 4-6 – 3.مصادر وحالات تلوث المياه:

II- 4-6 – 3– 1 .المصدر الطبيعي:

وينتج التلوث الطبيعي للمياه من وجود مخلفات طبيعية نباتية أو حيوانية في هذه البيئات المائية، بشرط ألا يكون للإنسان دخل في هذا التلوث. وتحتوي هذه المخلفات على الأجسام الميتة للكائنات الحية أو المواد العضوية المختلفة وغير ذلك من المصادر. ومما يساعد على انتشار هذا النوع من التلوث، الدمار الذي لحق بالغطاء النباتي على الكرة الأرضية مثل أشجار الغابات والأحراش بسبب التصحر أو بسبب نشاط الإنسان. لأن الغطاء النباتي على سطح الأرض يقوم بدور فعال في درع هذا النوع من التلوث[31].

II- 4-6 – 3– 2.المصدر الحراري:

التلوث بالحرارة هو من أهم حالات تلوث المياه يحدث نتيجة الحمم البركانية ومحطات توليد الطاقة الكهربائية، وكذلك طرح مياه الصرف الصناعية الحارة المستعملة من أجل التبريد في المصانع والمفاعلات الحرارية، ومحطات تحلية المياه، وتمتاز هذه المياه بارتفاع درجة حرارتها عن المعدل العادي، مما يخل بالتوازن البيني ويحدث أضرار بالحياة النباتية والحيوانية، ومنها يتضاعف معدل التفاعلات الكيميائية مما يتسبب في إبادة الأسماك والنباتات وإعاقة الحركة بالمجاري المائية[32][33].

II- 4-6 – 3– 3.النفط ومشتقاته:

وينتج هذا النوع من التلوث من انتشار البترول ومشتقاته على مساحات شاسعة من المياه والذي يؤدي إلى تقليل التبادل الغازي بين الوسط المائي والهواء المحيط به، مما يترتب عليه تقليل نسبة الأكسجين الذائب في الماء بطبيعة الحال فإن هذا يؤثر بدوره على الكائنات البحرية. كما أن للنفط ومشتقاته سمية واضحة على الكائنات الحيوانية والنباتية الدقيقة العالقة في الماء، والتي تعد الغذاء الأولي للأسماك. كما تقتل بقع الملوثة بالنفط الكثير من الأحياء البحرية الأخرى، وتقتل كذلك الطيور البحرية التي تتلامس أجسامها مع التلوث البترولي في المياه[28].

وفيما يلي نورد أهم الأسباب التي تؤدي إلى تلوث المياه بالنفط:

- حوادث ناقلات النفط الغير متعمدة.
- تفريغ مياه التوازن التي تعبأ بها الناقلات وهي فارغة.
- تسرب النفط أثناء تحميل وتفريغ الناقلات.
- النفط المتسرب نتيجة الحفر في أعماق البحار والمحيطات وما يصاحبها من الحوادث.
- مصافي النفط والمصانع البتروكيماويات ومعامل التكرير الشاطئية.
- الهجوم على المنشآت النفطية وناقلات النفط أثناء الحروب.
- النفايات والمخلفات النفطية التي تلقيه الناقلات النفطية[31].

II- 4-6 – 3 –4.الأمطار الحمضية:

هي الأمطار الملوثة بالغازات الحمضية خاصة أكاسيد الكبريت والتي تتحول نتيجة سلسلة من التفاعلات حمض الكبريتيك، وأكسيد النيتروجين التي بدورها تتحول إلى حامض النتريك (ناتجة من انبعاث الغازات نتيجة عملية احتراق الوقود من الصناعات المختلفة)، وتعود هذه الأحماض إلى التربة ومختلف مصادر المياه في الطبيعة، وتؤدي إلى حدوث أضرار بمياه المسطحات المائية خاصة المقفلة نتيجة رفع حموضتها مما يؤثر على الأسماك وكثير من الكائنات الحية الأخرى، ويحدث مثال هذا في الأنهار كذلك مثلا: نهر" توفدال Tovdal " بالنرويج الشهير بوجود أسماك السلمون، ولكن أصبح بفعل هذه الأمطار الحمضية لايوجد بها أسماك أو أي نوع من الكائنات الحية الأخرى، وتؤثر كذلك الأمطار الحمضية على مياه الشرب عن طريق تسببها في تآكل بعض القنوات فتزداد نسبة الرصاص في مياه الشرب وحدث ذلك في أحد خزانات مياه الشرب لولاية ماساتشوستس الأمريكية، ويؤدي كذلك لتآكل القنوات إلى تسرب مياه الصرف الصحي واختلاطها بمياه الشرب. كما تتسبب هذه الأمطار بإذابة بعض المعادن الثقيلة والمواد السامة مثل: الرصاص، الزئبق، الألمنيوم والنترات من التربة حاملة إياها إلى الأنهار، والبحار والبحيرات، وكذلك المياه الجوفية مسببة أضرار للكائنات الحية، وتؤثر على صحة الإنسان من خلال شرب هذه المياه الملوثة وتغذي على الأسماك والكائنات البحرية[34].

II- 4-6 – 3– 5.المخلفات الصناعية:

يسبب تلوث المياه بالمخلفات والملوثات الكيميائية الصناعية مشاكل خطيرة على الكائنات الحية (حيوانية، نباتية والأحياء الدقيقة)، لأنه يعتبر من أخطر أنواع التلوث، وقد برز كنتيجة طبيعية للتقدم الصناعي الهائل، وخاصة في مجال الصناعات الكيميائية[35]، حيث تقوم المنشآت الصناعية بصرف مخلفاتها ونواتجها الثانوية بدون معالجة في المجاري المائي، وبالتالي تشكل خطرا حقيقيا على كل العناصر البيئة وذلك لاحتوائها على مركبات كيميائية سامة، ومما يزيدها خطورة أن أغلبها شديد الثبات وذا تأثر طويل.

ومن أهم هذه المواد نجد:

أحماض القواعد، المنظفات الصناعية، الأصباغ، بعض مركبات الفسفور والكثير من المعادن الثقيلة

السامة مثل: الرصاص والزئبق مما يتسبب عنها تلوث شديد للمياه التي تلقى فيها[35][36].

II- 4-6 – 3– 6.المواد المشعة:

وهو يعبر عن تمركز العناصر المشعة في جسم الكائن الحي (تسبب أمراض خطيرة)، والتي قد تحدث طبيعيا في المياه السطحية التي قد تحتوي على عناصر مشعة طبيعيا مثل: الراديوم، اليورانيوم، أو بشكل غير طبيعي ناتج من المخلفات الصناعية والتفجيرات النووية، وتعد المحطات الذرية والمستشفيات ومراكز الأبحاث العلمية والصناعات الكهربائية والمولدات التي تعمل بالفحم أو البترول، ومن أهم مصادر هذا النوع من التلوث[34][37].

II- 4-6 – 3– 7.مسببات العدوى:

تعتبر مسببات العدوى من البكتريا والفيروسات والفطريات وبيوض الطفيليات وناقلات العدوى من أخطر ملوثات المياه لما لذلك من تأثير مباشر على صحة الإنسان عند استخدام هذه المياه لأغراض الشرب والاستحمام والزراعة والصناعة. تتلوث المياه بمسببات العدوى من مصادر كثيرة أهمها هو طرح مخلفات الصرف الصحي إلى المسطحات المائية مباشرة وبدون معالجة بيولوجية أو كيميائية. ومن أمثلة ذلك التهاب الكبد والكوليرا. كما أن مخازن الأسلحة الجرثومية قد تكون سببا في تلوث المياه بمسببات العدوى الخطيرة مثل جرثومة الجمرة الخبيثة وجرثومة الكوليرا والطاعون والجدري وغير ذلك من الكائنات المستخدمة في الحروب البيولوجية[31].

II- 4-6 – 3– 8.المبيدات الحشرية:

تلوث البيئات المائية بالمبيدات واحدة من أخطر أنواع التلوث، بسبب أن للمبيدات تأثيرات شديدة السمية على الكائنات المائية، وعنى الكائنات الحية بها. وتتكون المبيدات من مركبات كيماويه متباينة، ولذلك فهي تؤثر على الكائنات الحية بطريقة مختلفة. كما أنها تنقسم حسب فترة بقائها في البيئة الى مبيدات غير باقية وهي التي يستمر تأثيرها من عدة أيام حتى حوالي أربعة أسابيع، ومبيدات متوسطة البقاء وهي التي يستمر وجودها في البيئة من عدة شهور حتى عشرين عاما والمبيدات الدائمة هي التي تستمر في البيئة إلى الأبد. وهنا تبرز خطورتها في حالة انحلالها في الماء ووصولها إلى البيئات

المائية من المحيطات والبحار والأنهار والبحيرات وغيرها ودخولها ضمن السلاسل الغذائية للإنسان[31].

II- 4-6 – 3– 9 .التلوث بالأسمدة الزراعية والكيماوية:

يلجأ الكثير من الفلاحين والمزارعين إلى استخدام المخصبات الزراعية كمركبات الفوسفات، النيترات، وذلك بسبب محدودية الأراضي الزراعية الصالحة للزراعة. وعند استخدام هذه المخصبات عشوائيا، وبشكل غير محسوب فإن جزء منها يبقى في التربة كأحد عوامل تلوثها، فعند سقي هذه الأراضي الزراعية المحتوية على هذه المخصبات الزراعية الزائدة عن حاجة النبات، فإن جزء منها يذوب في مياه الري، ويصل إلى المياه الجوفية، وبالتالي يزيد من نسبة كل من مركبات الفوسفات والنيترات في هذه المياه، كما تقوم مياه الأمطار بدور هام كذلك من حمل ونقل لهاته المركبات بمساهمة مياه الصرف الصحي الزراعي والمياه الجوفية وبالتالي نقلها إلى المجاري المائية المجاورة[38].

II- 4-6 – 3– 10.المخلفات البشرية السائلة(الصرف الصحي:

هي مياه المجاري المستعملة والتي تحمل فضلات دورات المياه بما تحتويه من فضلات عضوية وشوائب ومنظفات صناعية وبكتيريا وكذا فيروسات، الكائنات الدقيقة.... الخ. وهي كذلك المياه التي استخدمت في الأغراض المختلفة من مصانع وخلافه، ويتم التخلص من هذه المياه في الكثير من الدول عن طرق تصريفها إلى المسطحات المائية المختلفة دون معالجتها على الرغم من خطورة هذا العمل حيث تكون هذه المياه ملوثة بالمواد العضوية والمواد الكيميائية (كالصابون والمنظفات الصناعية) وبعض أنواع البكتريا الضارة، بالإضافة إلى المعادن الثقيلة السامة والمركبات الهيدروكاربونية، ويؤدي ذلك إلى حدوث أضرار جسيمة مثل تقليل نسبة الأوكسجين في الماء والموت الجماعي للأسماك والأحياء المائية وتعفن المياه، كذلك تساهم في انتقال الكثير من مسببات الأمراض الخطيرة المتنقلة عبر المياه والتي يمكن أن تصل للإنسان وتصيبه من جراء تلوث مصادر المياه بمياه المجاري(الغير معالجة)[35].

الشكل (II – 8): تلوث المياه بمياه الصرف الصحي

II- 4-6 – 4 . ملوثات المياه:

تنقسم المواد التي يمكن لها تلويث الماء إلى ثماني مجموعات، وكل منها يضم عدد من المكونات لها خصائص أو تأثيرات معينة على نوعية الماء، وتنحصر هذه المجموعات فيما يلي:

- مواد بيولوجية مسببة للأمراض، مثل البكتيريا الممرضة المؤثرة على صحة الإنسان وتسبب له أمراض مثل: حمى التيفويد، الكوليرا، حمى البار اتيفوند و الدوسنتاريا.
- مواد سامة مثل: الزرنيخ، الرصاص، الزئبق، الكادميوم.... الخ، بالإضافة إلى أنواع مختلفة من المركبات الكيميائية العضوية مثل (مبيدات، مذيبات، منظفات، زيوت ودهون....).
- مغذيات غير عضوية مثل: النيتروجين والفسفور التي تنتج عن إضافة الأسمدة للأراضي الزراعية[39][40].
- كيمياويات ذائبة في الماء (أملاح، أحماض وايونات المعادن الثقيلة)
- مواد صلبة معلقة (أتربة، مواد غير ذائبة).
- مواد مشعة مثل اليورانيوم والراديوم.... الخ.
- حرارة (ذوبانية الأوكسجين تعتمد على الحرارة).
- مخلفات تستهلك الأوكسجين الحيوي (مواد عضوية)[39][38].

جدول(II– 1): ملوثات المياه الشائعة ومصادر التلوث المرتبطة بها[20].

مصدر التلوث	نوع الملوث
النشاط الزراعي	نترات، امونيوم، مبيدات حشرية، كائنات حية برازية
الصناعة الخشبية	فينول خماسي الكلور، هيدروكربونات اروماتية
صناعة المبيدات الحشرية	هيدروكربونات هالوجينية متنوعة، فينول،

	زرنيخ
أوحال المجاري المائية	هيدروكربونات هالوجينية متنوعة، رصاص، زنك
استخراج الغاز والنفط	الملوحة (كلور الصوديوم)، هيدروكربونات اروماتية
إعمال الطلاء	رابع كلوريد الايثيلين، هيدروكربونات هالوجينية وأخرى اروماتية، معادن
الصناعات المعدنية	ثالث كلوريد الإيثلين، رابع كلوريد الإيثلين، هيدروكربونات هالوجينية، المعادن الثقيلة، الفينولات، السيانيد
النفايات الصلبة	امونيوم، كلوريد الصوديوم، معادن ثقيلة
محطات التزويد بالبنزين وأماكن إصلاح السيارات	البنزين، الهيدروكربونات اروماتية وهالوجينية، فينولات
تعدين الفحم	الحموضة، معادن ثقيلة متنوعة، كبريتات
العناصر الكيميائية	الزئبق، الكادميوم، كلوروفورم، القصدير

II- 4-6 – 5. طرق معالجة وتنقية المياه:

الطرق المعالجة القديمة:

- الترسيب الطبيعي والكيميائي.
- الترشيح لحجز الجزيئات الدقيقة والعالقة وأنواع البكتيريا،وباستخدام الأنواع المختلفة من المرشحات
- التطهير لضمان سلامة وجودة المياه، باستخدام المطهرات المختلفة: الكلور، الجير المكلور، الأوزون، الأشعة فوق البنفسجية، الفضة المتأينة.
- غلي الماء لوقت كافي.
- الجسيمات النانوية
- التخزين مرحليا للمزيد من الترسيب للمواد العالقة والكائنات الدقيقة.

وبذلك تصبح المياه نظيفة وآمنة وصالحة للشرب بعد التخلص من الأملاح والمعادن والبكتيريا، الجراثيم، الكائنات الحية الدقيقة وخلافه[22].

وتشمل العوامل ذات التأثير على التوازن الطبيعي للمياه الملوثة:

- سرعة مرور المياه، زيادة السرعة يقلل من نسب التلوث.
- مقدار الأوكسجين الذائب في الماء، مع متابعة تأثيرات ضوء الشمس، خاصة في وجود أنواع البكتيريا.
- سرعة عمليات التحلل البكتريولوجي.
- التغير في أحجام الشوائب والملوثات والفضلات الموجودة[22].

طرق المعالجة الحديثة::

- واهم الطرق الحديثة في معالجة المياه هي تقنية النانو

II- 5. تقنية النانو في معالجة المياه:

لقد لقيت هذه تقنية اهتماما كبيرا في مجال معالجة المياه لأنها ساهمت بخصائصها المميزة بإزالة أنواع الملوثات المختلفة الموجودة في المياه ومن أهم تقنياتها المعتمدة في هذا المجال التحفيز الضوئي وأغشية الترشيح النانوي والأكسدة الكهروكيميائية.

II– 5– 1. تقنيات النانو المستخدمة في معالجة المياه:

II– 5– 1– 1.التحفيز الضوئي (Photocatalysis):

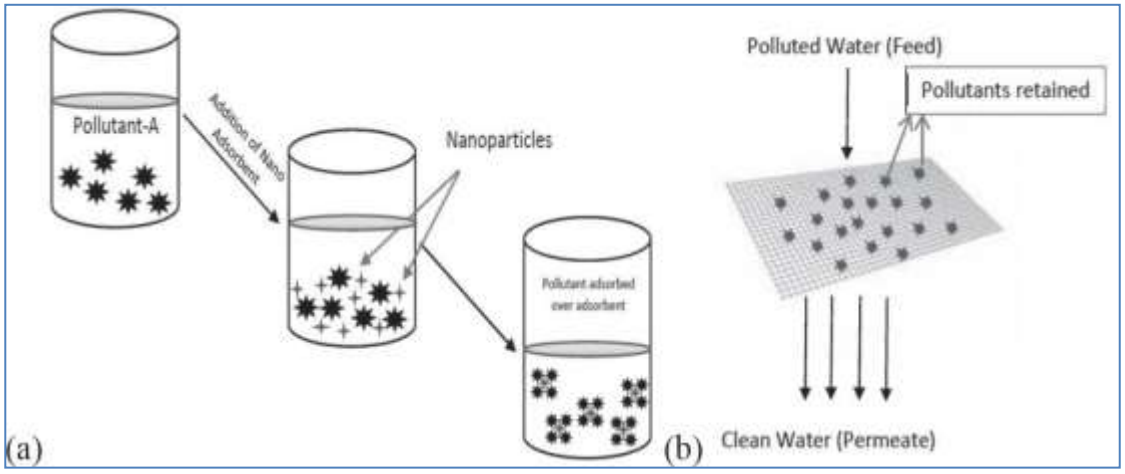
يعتبر استخدام المواد المحفزة النانوية لمعالجة المياه أكثر كفاءة وفعالية من استخدام مواد محفزة ضخمة، وذلك لتميزها بمساحة سطحية اكبر لتحتك بالمواد المتفاعلة، وتتضمن طريقة التحفيز الضوئي تفاعلات منشطة بضوء الشمس لتدمير الملوثات والكائنات الحية، أين يتم ذلك استخدام مادة نشطة ضوئيا مثل جسيمات نانوية لثاني أكسيد التيتانيوم(TiO_2)، وهي عبارة عن مادة شفافة أظهرت فاعلية فائقة للقضاء على بكتيريا Clostridium Perfringens المقاومة للكلور، تعتبر هذه العملية اقتصادية ولا تنتج عنها مواد جانبية، كما تستخدم هذه الطريقة لتنقية الهواء الجوي باستخدام جسيمات ثاني أكسيد

التيتانيوم النانوية من خلال طلي المباني بطبقة من ثاني أكسيد التيتانيوم الشفاف الذي يمتص ضوء الشمس محولا بذلك أكاسيد النيتروجين الى حمض النتريك الذي يغسل بمياه الأمطار[41][42].

II– 5– 1– 2. الترشيح النانوي(Nano Filtration):

ساهمت تقنية النانو في إنتاج أغشية تحتوي ثقوب صغيرة جدا (قد تصل إلى 1نانومتر) تستطيع حجز المواد العضوية كالجزيئات، المبيدات تسمح فقط بمرور الماء، أين استخدمت أيضا مرشحات من سيليكات الألمنيوم النانوية لتنقية المياه من الشوائب والميكروبات دون الحاجة إلى استخدام مطهرات كيميائية أو مرسبات الأوساخ، ويمكن أيضا أن تتم عملية الترشيح باستخدام عدة أغشية مرتبة في طبقات أين تعمل كل طبقة على حجز نوع محدد من الملوثات[42].

لقد تم في هذا الصدد إنتاج غشاء من أكسيد الحديد الخزفي المعروف باسم (ferroxane) الذي يزيل المخلفات العضوية، وتم إنتاج أغشية أنابيب الكربون النانوية لأكسيد الألمنيوم التي يمكن تغير سمكها وحجم مسامها وقابليتها للنفاذ لحجز ومنع مرور العوالق والفطريات والطفيليات والفيروسات...، بمصادر المياه العذبة[42].



الشكل (II – 9): (أ) آلية تظهر الامتزاز بالنانو (ب) ترشيح الغشاء النانوي

II– 5– 1– 3. الأكسدة الكهروكيميائية (Electrochemical Oxidation):

في هذه الآلية تحدث عملية أكسدة على سطح من أنابيب الكربون النانوية عند جهد معين خاصة بالمادة المراد أكسدتها[42].

الفصل الثالث

مناقشة دراسات تطبيقات مركبات النانو في معالجة المياه

تمهيد:

في الأيام الحالية أدى التصنيع العالمي إلى تحسين حياة الإنسان، في الوقت نفسه يواجه العالم مخاطر شديدة من تلوث الأرض والهواء والمياه، على وجه الخصوص تسبب تلوث المياه في مخاوف جدية للبشرية وعزز القضايا الصحية الخطرة، فان معظم الأمراض سببها المياه الملوثة[43]، فالتقنيات التقليدية لم تحقق النتائج المرجوة لتنقية المياه لإعادة استهلاكه أو بعثه في الطبيعة، وبما أن دراستنا دراسة نظرية لجأنا في هذا الفصل إلى مناقشة الدراسات التي تتمحور حول المواد النانوية وكيفية تطبيقها في معالجة المياه وتحليل نتائجها[20].

III- 1.الدراسات المتعلقة بالبحث ذات صلة:

تم استعمال محركات البحث Spring، ScienceDirect من الأرضية الرقمية لنظام العالمي Systme National De Documentation en Ligne (SNDL) أين تم اختيار أربع مقالات علمية التي نشرت في عام 221-2022 والتي تناولت تطبيقات المواد النانوية في معالجة المياه.

III- 2. المواد النانوية القائمة على السليلوز في معالجة المياه ومياه الصرف الصحي:

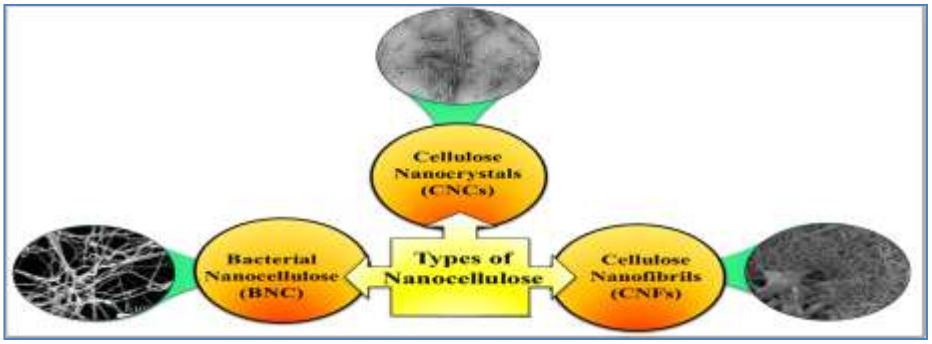
ركزت هذه الدراسة على آخر تحقيق في تطبيق المواد النانوية القائمة على السليلوز لتنقية المياه وتم مناقشة التقدم الحديث في الوظيفة الكيميائية للنانو سليلوز على السطح وطرق تصنيع الأغشية القائمة على هذه المادة في نطاق واسع.

إجراء التقييم النقدي أيضا على تطبيقات وخصائص وضعف النانو سليلوز من حيث تعدد استخداماته في إزالة الملوثات مثل المركبات العضوية والمعادن الثقيلة والمخلفات الصيدلانية في الماء.

III- 2-1. أنواع ومعالجة المواد النانوية السليلوز:

السليلوز هو متعدد السكاريد مع سلسلة خطية تتكون من الهيكل المتكرر لوحدات-D-(1→4)-β glucopyranose تتشكل هذه الوحدات من روابط هيدروجين قوية داخل الجزيئية، والتي تنظم أعلى الخصائص البلورية لهذه المادة شديدة التماسك بسبب هذه الهياكل فوق الجزيئية من خشب السليلوز، لاستخلاص hemicellulose, lignin, wax, ash وغيرها من المركبات الغير السليلوزية من السليليوز

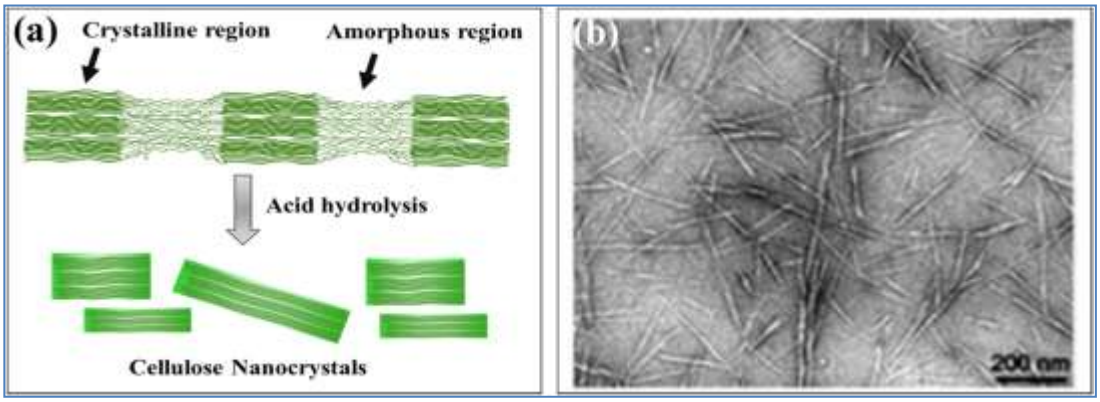
النباتي تم إستخدام المعالجات الكيميائية والميكانيكية والبيولوجية لتحويل هذه المواد إلى بلورات السليلوز النانوية (CNCs)، ألياف السليلوز النانوي(CNFs) ، جزيئات السليلوز النانوية (CNPs)، والنانو سليلوز البكتيري(BNC).



الشكل(III -1): أنواع مواد السليلوز النانوية

III- 2-1-1. بلورات السليلوز النانوية(CNCs):

تتضمن هذه التقنية تحضير بلورات السليلوز النانوية (CNCs) التحلل المائي لألياف السليلوز باستخدام الحمض Acid hydrolysis ، فتفكك هذه العملية ألياف السليلوز غير المتبلورة لإنشاء مجالات بلورية واضحة المعالم، يكسر التحلل الحمضي Acid hydrolysis، بشكل فعال السليلوز غير المتبلور واستخلاص (CNCs)، لأن لها مساحة سطح محددة كبيرة جدا وتمتلك نسبة أبعاد كبيرة (طول / القطر) حسب ب مصدرها وتتراوح من 30 إلى 150 ميكرو متر.



الشكل(III - 2): (أ) تمثيل الرسوم البيانية لدور التحلل المائي الحمضي لعزل البلورات النانوية السليلوز (ب) صورة TEM لـــ CNC.

الجدول (III - 1): التطورات الجارية لإعدادCNCs.

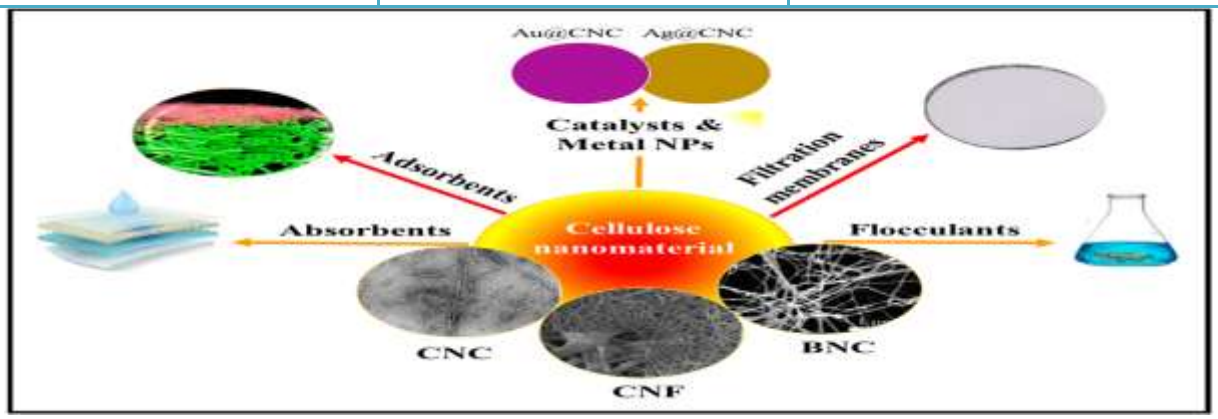
مجال البحث وطرقه	المواد الكيميائية الرئيسية	التطورات والمزايا
يتم تحويل MCC إلى السليلوز النانوي على أساس العلاج بالمذيبات سهلة الانصهار (DES).	يوريا كلوريد الكولين (ChCl / Ur) عميق خليط سهل الانصهار، دقيق التبلور السليلوز (MCC) والشيتوزان(CS).	يظهر CNC المعزول تعزيزًا مهمًا تأثير الأفلام الملدنة باستخدام DES المعتمد على الشيتوزان.
تحضير مركب مبتكر يعتمد على بلورات السليلوز النانوية (Fe-Cu @ CNC) مزينة بسبيكة Fe-Cu.	MCC، وحمض الهيدروكلوريك (HCl) و حمض الستريك ($C_6H_8O_7$) و $NaBH_4K$ و $FeCl_2$ و $CuSO_4$.	لمعالجة مياه الصرف الصحي المتخصصة امتصاص المعادن الثقيلة والجراثيم.
السليلوز البلوري النانوي المشتق من الكتلة الحيوية من Calotropis بروسيرا.	الألياف من Calotropis procera، وحمض ألخليك، وحمض الهيدروكلوريد.	إمكانات هائلة في إنتاج الطاقة المتجددة المركبات النانوية كعوامل تقوية.
استخراج بلورات السليلوز النانوية باستخدام أعماق قابلة لإعادة التدوير مذيب سهل الانصهار.	ألياف القطن، الكولين، الكلوريد (ChCl) و ديهيدرات حمض الأكساليك.	إعادة تدوير وإعادة استخدام DES بعد التحضير CNCs.

III-1-1-2. ألياف السليلوز النانوي(CNFs) .

يتم تصنيع ألياف السليلوز النانوية من سليلوز متعدد المصادر على نطاق واسع، ربما يكون مصدرها خشب والأرز والقطن والشمندر.

الجدول (III- 2): الدراسات الحالية لإنتاج ألياف السليلوز النانوية لتطبيقات المختلفة.

مجال البحث	مصدر السليلوز والمواد الكيميائية	تطبيق CNFs
الهلاميات المائية ذاتية التجميع لأكسدة TEMPO ألياف السليلوز النانوية (TOCN)/ صمغ الغوار الموجب (CGG) لمعالجة مياه الصرف الصحي المحتوية على الزيت الثقيل أيونات معدنية أو أصباغ عضوية.	تذويب اللب ، 2,2,6,6- tetramethylpiperidine-1-oxyl (TEMPO)، NaClO ، سيكلوهكسان، تولوين، زيت السيليكون، النحاس Cu و $(NO3)_2$.	أظهر الهلاميات المائية TOCN / CGG المتآلف جيدًا فصل مادة الزيت/الماء وكذلك بكفاءة إزالة أيونات النحاس(Cu^{2+}) والأصباغ ، بناءً على آلية الامتزاز.
تصميم متداخل نانوي حيوي من سيلانيزد ألياف السليلوز النانوية المشتقة من قصب السكر جزيئات تفل القصب النانوية.	تفل قصب السكر، HCl H_2SO_4, C_2H_5OH, NaOH, C_7H_8, $(CH_3)_2SO$, (TEOS,$Si(OC_2H_5)_4$) H_2O_2, $(Cd(CH_3COO)_2{\cdot}2H2O$, وثيوريا.	الامتزاز للقضاء على النسيج الخبيث و ملوثات مبيدات الآفات من مياه الصرف الصحي.
الهلام النانوي السليلوز لتربية الأحياء المائية لمعالجة مياه الصرف الصحي.	ألفا السليلوز من تفل قصب السكر، كاربوكسي ميثيل سليلوز، حامض الستريك.	تم استخدام الهلام الهوائي السليلوز النانوي كمادة مازة لمعالجة مياه الصرف الصحي.
ألياف نانوية السليلوز المعزولة من لب اللجنين العالي غير مبيض من الكبريتيت المحايد ولب الأرز المبيض لب القش لأغشية الترشيح الفائق الرقيقة.	لب كبريتيت متعادل غير مبيض عالي اللجنين ولب قش الأرز المبيض.	تنقية المياه عن طريق أغشية الترشيح الفائق بواسطة استخدام ألياف السليلوز النانوية.



الشكل (III - 3): تمثل تطبيقات السليلوز في معالجة المياه المستعملة

III -2- 2. أهم طرق تطبيق مواد السليلوز النانوية في معالجة المياه.

جدول (III - 3): مواد السليلوز النانوية CNs المعتمدة على الامتزاز في إزالة المعادن الثقيلة.

أيونات المعادن الثقيلة	مصدر السليلوز المستخدم	مادة السليلوز على أساس الممتزات	المراجع
Fe^{+} ،Pb^{+2}	خلات ألياف السليلوز النانوية.	CA NFs/ HAp	[44]
Cu^{+2} ، Cr(VI)	بكتيريا السليلوز/ مركب الشيتوزان.	ZIF-67/BC/CH aerogel	[45]
Cu^{+2}، Pb^{+2}	خشب غنية باللجنين ألياف السليلوز النانوية.	WNFs and CNFs	[46]
Cu^{+2} ، Cr(VI) ، Pb^{+2}	غشاء ألياف السليلوز النانوية.	Thiol-functionalized CNFs / Citric acid CN	[48][47]
Cu^{+2} والملوثات العضوية	ألياف السليلوز النانوية.	Cardanol-derived	[49]
Ni^{+2},Fe^{+3},Zr^{+4} Mn^{+2},Zn^{+2},Sn^{+4}	ألياف السليلوز النانوية	UiO-66- EDTA/ CNF/CMC aerogel	[50]

Cr^{+2},Cu^{+2},Co^{+2}			
Cd^{+2} , Co^{+2} , Ni^{+2} Cu^{+2} ،Pb^{+2}	السليلوز (MCC)	MCC-CAD-GA films	[51]
Pb^{+2}	كربوكسي ميثيل ألياف السليلوز النانوية.	Cross-linked GO/ CMCNF-Fe^{3+} CF	[52]

جدول (III -4) مواد السليلوز النانوية CNs المعتمدة على الامتزاز في إزالة الأصباغ.

الصبغ الممتص	مصدر السليلوز المستخدم	مادة السليلوز على أساس الممتزات	المراجع
صبغة الكونغو الحمراء.	بكتيريا السليلوز مع attapulgite ومركب الشيتوزان.	Magnetic ATP@ (BCNs/ CS)	[53]
حمض أنيوني أسود ATT وcationic MB	بكتيريا السليلوز.	PEI-Pt@BC membrane	[54]
الميثيلين الأزرق	أقمشة السليلوز.	carboxylated cellulose fabrics	[55]
صبغ المثيلين الأزرق	السليلوزnanowhiskers	Titania-loaded cellulose-based	[56]
حمض أسود 1 ،حمض الأحمر 18	خيوط ألياف السليلوز	Amide-functionalized cellulose-based porous adsorbent	[57]
صبغ المثيلين الأزرق	خلات السليلوز	DA@PDA nanofiber membrane	[58]
صبغ Azo (C.I) الأساسي الأزرق أنثراكينون صبغ 47 و C.I. الأساسي الأصفر azo صبغ 29	ألياف السليلوز النانوية و كربوكسي ميثيل السليلوز وبكتيريا السليلوز.	CNF/CMC membranes and BCox. CNC/ZnO nanocomposite	[59]

صبغ المثيلين الأزرق	مشتق من نشارة الخشب CNC	CNC/ZnO nanocomposite	[60]
كاتيوني سامة أورامين O (AO)	أساس الخشب CNC_sالغروية	Carboxylated CNCs	[61]
الكريستال البنفسجي (CA)	أوراق الليمون دمج الألياف مع السليلوز خلات (TLGL-CA)	TLGL-CA sheet	[62]
الميثيلين الأزرق وأنيوني صبغ أحمر الكونغو (CR)	تفل قصب السكر ألياف السليلوز	CNF-Fe(0) @FeS	[63]
الميثيلين الأزرق وأنيوني صبغ أحمر الكونغو (CR)	ألياف السليلوز النانوية و مواد الكربون النانوية	CNF–GnP aerogels	[64]

الجدول (III- 5): مواد السليلوز النانوية CNs المعتمدة على الامتزاز في إزالة الملوثات الأخرى في المياه.

الملوثات الأخرى	مصدر السليلوز المستخدم	مادة السليلوز على أساس الممتزات	المراجع
فصل البروتينات	بكتيريا ألياف السليلوز	Cytochrome c imprinted nanofibers (Cyt c-MIP NFs	[65]
ريسورسينول/الفينولات	السليلوزmicrocrystallin	Fe3O4 @CMC@PDA	[66]

كاربامازيبين(CBZ)، سلفاميثوكسازول (SMX) وباروكستين (PAR)	حمأة Papermill كمادة (PS) خام المواد و الأمونيوم لجنوسلفونات (AL)	GACN - granular activated carbon (PSA-PA)	[67]
الأدوية الملوثات/ سالبوتامول	غشاء ألياف السليلوز النانوية	Anionic CNFs	[68]
الأصباغ العضوية و النيتروفينول	كربوهيدرات بوليمر (قطن السليلوز)	Cotton cellulosic nanocomposite (Cu@CC)	[69]

الجدول (III- 6): البحث الحالي حول المواد الماصة القائمة على السليلوز المستخدمة لفصل الزيت / الماء.

مادة السليلوز على أساس المادة الممتصة	مميزات الامتصاص	ملخص	المراجع
صنع Aerogels على polysiloxane بالرجفان الجزئي السليلوز سيلاني	الكثافة ≥ 5.08 مجم / سم^3، مسامية فائقة ≤ 99.68٪ ، زاوية إتصال الماء 151.8 درجة	التركيز الأولي للزيوت: 300 جم/جم. قدرة امتصاص الزيت تصل إلى 159 جم/جم.	[70]
إيثيل السليلوز الإسفنج	الكثافة <20 مجم/سم^3 ، المسامية الفائقة> 98٪، زاوية إتصال الماء 158.2 درجة	التركيز الأولي للزيوت والمذيبات العضوية: 70 جم/جم. سعة الامتصاص: 31.61 جم/جم وفي بعض المذيبات يصل وزنها	[71]

		إلى 64 مرة من وزنها	
متباين الخواص على أساس السليلوز إسفنجات خشبية	الكثافة 30 مجم/سم^3 ،المسامية الفائقة > 97.1٪، زاوية إتصال الماء151	التركيز الأولي للزيوت: 48 جم/ جم قدرة امتصاص الزيت تصل إلى 41 جم/جم	[72]
سليلوز Aerogels	الكثافة 0.055 جم/سم^3، المسامية الفائقة> 94.8– 97.09٪، زاوية ملامسة الماء 152.	تركيز الزيوت: 30 جم/جم. قدرة امتصاص الزيت / الماء تصل إلى 13.77–28.20 جم/جم	[73]
D خفيفة Aerogels السليلوز	الكثافة 9.31 مجم/سم^3، المسامية الفائقة 99.43٪، زاوية ملامسة الماء 150.3 درجة	التركيز الأولي للزيت والملوثات العضوية:180جم/جم. سعة امتصاص تصل إلى 67.8 – 164.5 جم/جم	[74]
مشتق من السليلوز نانو CuO @ carbon Aerogels المركبات (CNCAs)	الكثافة 1.62 جم/سم^3، المسامية الفائقة 97.53٪، زاوية ملامسة الماء 158 درجة	لتركيز الأولي للماء – الزيت: 250 جم/جم. قدرة امتصاص CNCAs على المذيبات العضوية والزيوت: 216 جم/جم و 198 جم/جم على التوالي	[75]
ZIF-8 @ السليلوز مركب Aerogels	متوسط الكراهية للماء يصل إلى 78.3٪،	التركيز الأولي للسوائل الزيتي: 240 جم/جم	[76]

	الكسب الجماعي ٪2.89	تتجاوز سعة الامتزاز 100.0 جم/جم	
الجريزوفولفين السليلوز /السليلوز المعدل	متوسط الكراهية للماء يصل إلى 78.3٪، الكسب الجماعي ٪2.89	التركيز الأولي للزيت المتبقي: 20 مل. سعة الامتصاص تصل إلى 18.14 مل (90.7٪).	[77]

الجدول (III- 7): إجراء تحقيق حول المواد النانوية التي تعتمد على الطفو القائمة على السليلوز المستخدمة في إزالة الملوثات من المياه.

ملوثات المياه	المواد النانوية القائمة على السليلوز	المراجع
صباغة مياه الصرف الصحي	CMC-g-PAM graft copolymers	[78]
العكارة والحبر	Nanocellulose (NC) combined with a cationic polyacrylamide	[79]
SiO_2 والعكارة	Cationic cellulose nanocrystals (CNC-EPTMAC)	[80]
جزيئات السيليكا	Cellulose-based polymers derived from Eucalyptus bleached fibers (CDACF)	[81]
تعليق طين الكاولين، الأصباغ والمعادن	Cellulose nanofibers	[82]

الجدول (III- 8): مركبات النانو السليلوزية المستخدمة في أغشية ترشيح المياه.

أغشية المركب النانويCNs	الاستخدامات	المراجع
القائمة على الأغشية الرقيقة النانوية TFN NFMs	تحلية المياه و تطهيرها	[83]
CNC على أساس (3–أمينوبروبيل) ثلاثي إيثوكسي سيلان(APTES)	إزالة اللون وخفض COD	[84]
2,2,6,6-tetramethylpiperidine-1-oxyl السليلوز الجذري (TEMPO) المؤكسد ألياف نانوية	أغشية RO لـــتحلية المياه	[85]
CNC على أساس (3–أمينوبروبيل) تريثوكسي سيلاني (APTES)	أيون النحاس والمباشرالأحمر– 16إزالتهم من الماء	[86]
أسيتات السليلوز – بولي سلفون (CAPSF) مصفوفة مختلطة أغشية الترشيح الفائق	إزالة الأصباغ وايونات المعادن	[87]
الجهاز العصبي المركزي مع الفسفرة (CNS-P) غشاء	إزالة الكروم	[88]
AgNPs ترسب هجين السليلوز أغشية الترشيح	الترشيح البكتيري	[89]

III -2- 3. نتائج مواد السليلوز الناوية في معالجة المياه.

الجدول (III-9): يوضح أهم نتائج مواد السليلوز النانوية في معالجة المياه.

المواد النانوية السليلوزية المستخدمة	المواد الممتزة	الطرق المعتمدة	نوع الملوث
$CAF\text{-}Fe_s/HA_P$	أيونات Fe^{+3} Pb^{+2}	إمتزاز	المعادن الثقيلة
قطن السليلوز مركب نانوي (Cu @ CC)	الأصباغ العضوية و النيتروفينول	إمتزاز	ملوثات أخرى في المياه
صنع Aerogels بواسطة polysiloxane تفاعل السليلوز سيلاني	الزيت البترولي	إمتصاص	الزيت
AgNPs ترسب السليلوز أغشية الترشيح الهجينة	البكتيريا	الترشيح البكتيري	البكتيريا
CNF-Fe(0)@Fes	ميثيلين أزرق وأنيوني أحمر كونغو (CR) مصبوغ.	إمتزاز	الأصباغ
بلورات السليلوز النانوية الموجبة (CNC-EPTMAC)	SiO2 والعكارة	الطفو	المياه العكرة

III-2- 4. مناقشة النتائج:

1- النانوية القائمة على السليلوز التي تمت مناقشتها هنا على إمكانيات كبيرة لمعالجة مياه الصرف الصحي في إزالة المواد العضوية والغير العضوية الملوثات والميكروبات الضارة عند استخدامها كغشاء أو مرشح عامل محفز لتخثر.

2- مرونة السليلوز و تحويله الى مشتقات مثل النانو السليلوز جعل إنتاجه أقل تكلفة نسبيا فيما يتعلق بالمواد الأخرى.

3- لذلك تستخدم مواد السليلوز النانوية على نطاق واسع في تنقية المياه، التي تحمل العديد من التطبيقات مثل: المحفزات الضوئية النانوية، المحركات النانوية، الامتزاز النانوي، والأغشية النانوية، المواد الماصة النانوية لتطبيقات معالجة المياه.

4- يظهر السليلوز النانوي تشغيلا سطحيا مثاليا بالمقارنة مع المواد الأصلية لسليلوز وبالتالي إنشاء مواقع نشطة للامتصاص.

5- لديهم قوة ميكانيكية كافية وقابلة لتشتت الماء تطابق أغشية الترشيح والندف، هذه الخصائص الجذابة لسليلوز النانوي يفتح مجال كبير في استخدامه لمعالجة المياه.

6- الممتزات القائمة على السليلوز النانوي مناسبة لإزالة الأصباغ وأيونات المعادن الثقيلة والمستحضرات الصيدلانية وأنواعها.

III- 3.المركبات النانوية المغناطيسية في معالجة المياه ومياه الصرف الصحي.

الشكل(III -4): يوضح رسم تخطيطي لعدة معادن ثقيلة تمت إزالتها بواسطة MXene.

الجدول (III- 10): يوضح معالجة أيونات المعادن الثقيلة والملوثات العضوية والبكتيريا والمضادات الحيوية بواسطة المركبات النانوية المغناطيسية في وسائط مائية مختلفة.

المركب النانوي	التركيب	الملوثات	كفاءة معالجة الملوثات	المراجع
α–Fe_2O_3/MXene	سولفوثرمال	حمض السالسليك	96.7%	[90]
$CuFe_2O_4$/MXene	مائي حراري	السلفوناميدات	70%	[91]
-α Fe_2O_3/$ZnFe_2O_4$@Ti_3C_2 MXene	مائي حراري	رودامين B و Cr^{6+}	متوسط	[92]
Ni@MXene	الكهربائي	أحمر الكونغو	98.35%	[93]
Zero-valent iron nZVI-Ti_3C_2 MXene	الترسيب الاختزالي في الموقع	رانيتيدين	92.7%	[94]
$Fe_2CoTi_3O_{10}$-MXene	تساقط	4- حمض ثنائي كلورو فينوكسي أسيتيك	98%	[95]

Fe_3O_4-Ti_3C_2 MXene	تساقط	أحمر الكونغو ، أزرق الميثيلين ، رودامين ب وميثيل البرتقالي	>97%	[96]
AgNP-loaded MXene/Fe3O4/ polymer	الغزل الكهربائي	مركبات النيترو (NA−2 و NP−4)	متوسط	[97]
Fe_2O_3-Fe_3O_4-Ti_3AlC_2 MXene	التقشير الانتقائي	فوسفات	متوسط	[98]
α–Fe_2O_3-Ti_3C_2 MXene	التجميع الذاتي بالموجات فوق الصوتية	رودامين ب	98%	[99]
Fe_2O_3-Ti_3C_2Tx MXene	مائي حراري	Hg^{2+}, Mg^{2+}, Ca^{2+}, Na^{+} & K^{+}	99.9% for Hg^{2+}, good (other ions)	[100]
$NiFe_2O_4$/MXene	بالموجات فوق الصوتية	الميثيلين الأزرق وبكتيريا الإشريكية القولونية	74% و متوسط	[101]
Fe_3O_4@Ti_3C_2Tx-BA	مائي حراري	الكاتيكولامينات	متوسط	[102]
Sodium alginate/MXene/ $CoFe_2O_4$	الحرارية المائية و تساقط	Cu^{2+}	متوسط	[103]
Fe_3O_4@Ti_3AlC_2 MXene	غشاء الترشيح الفراغي	Cr^{6+}, Cu^{2+}, Cd^{2+},	63.2% for Cu^{2+}, 64.1% for Cd^{2+}, 70.2% for Cr^{6+}	[104]

Fe_3O_4 Ti_3C_2 MXene	لقلوية الحرارية المائية	أحمر الكونغو ، أزرق الميثيلين ، رودامين ب وميثيل البرتقالي	متوسط	[105]

III- 3-1. مناقشة النتائج:

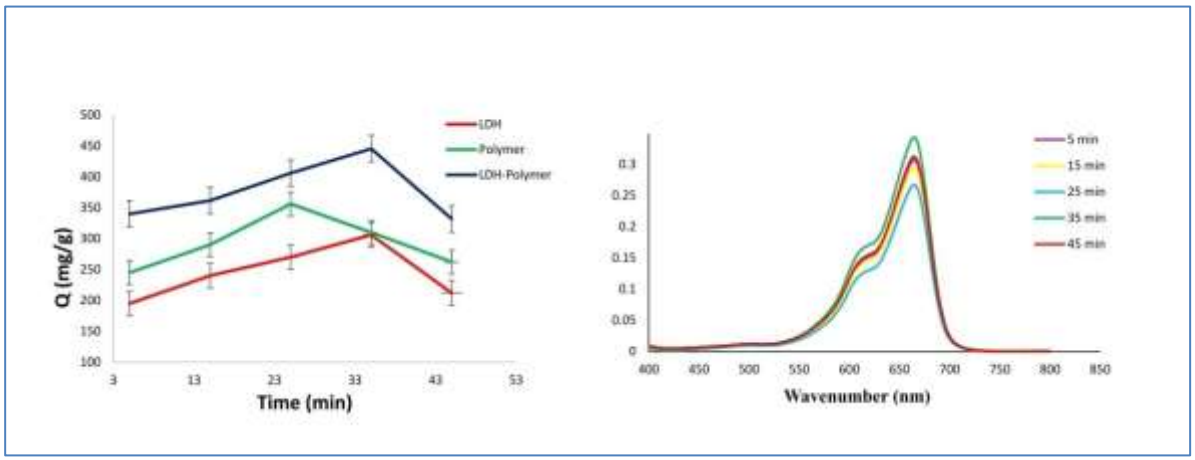
1- تحتوي جميع المواد النانوية المغناطيسية التي تمت مناقشتها في هذا الجزء على إمكانيات كبيرة في معالجة المياه ومياه الصرف الصحي في إزالة المواد الخطرة في الوسط المائي.

2- الخصائص التي تتميز بها المواد النانوية المغناطيسية جعلت لها ميزة في خفض تركيز المعادن الثقيلة.

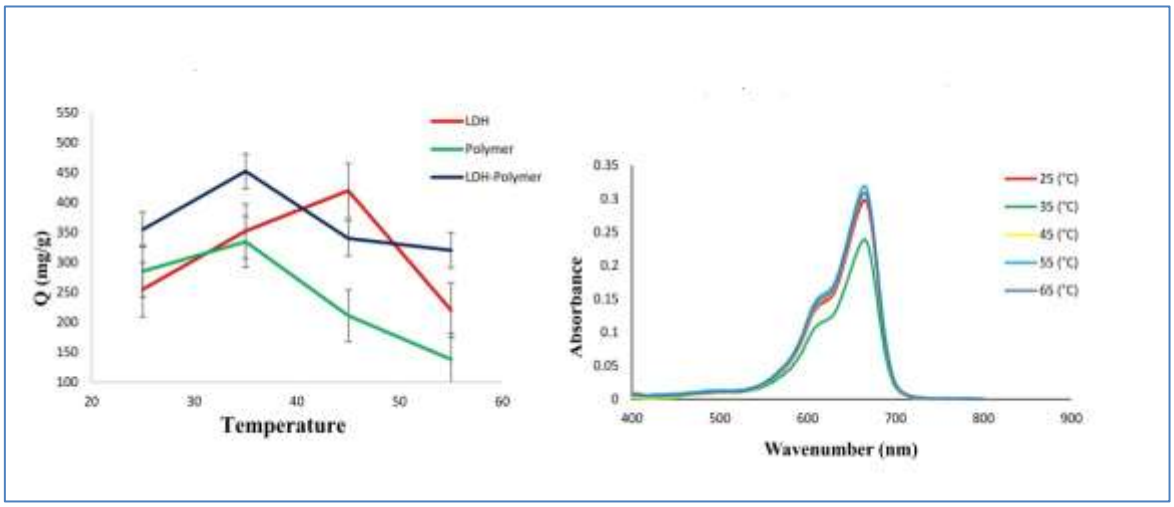
3- من خلال النتائج الموضحة في الجدول لاحظنا أن المواد النانوية المغناطيسية أعطت نسب جيدة في إزالة الملوثات العضوية والمعادن الثقيلة والبكتيريا من المياه.

III-4 . تحضير مركب نانوي متعدد الطبقات من الهيدرو أكسيد البوليمير (LDH/ Polymer) باعتباره مادة مازة فعالة و قابلة لإعادة التدوير ولإزالة صبغة المثيلين الأزرق من الماء.

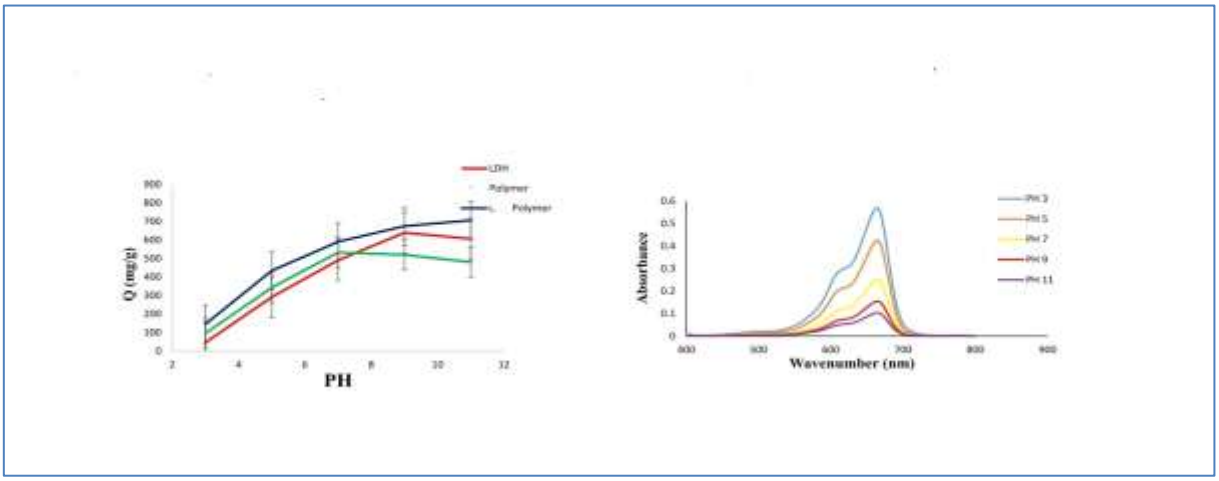
تم إجراء تجارب خاصة بإمتزاز المثلين الأزرق على مركب بوليمر LDH النانوي عن طريق تغيير المعلمات التجريبية المختلفة مثل: ودرجة الحموضة و درجة الحرارة، بعد فترة زمنية محددة ثم فصل المواد الماصة عن المحلول المائي عن طريق الترشيح، ثم حساب قيم الامتصاصية على أنها أقصى إمتصاص لMB ثم حساب تركيز MB بإستخدام الطيف الضوئي UV-VIS.



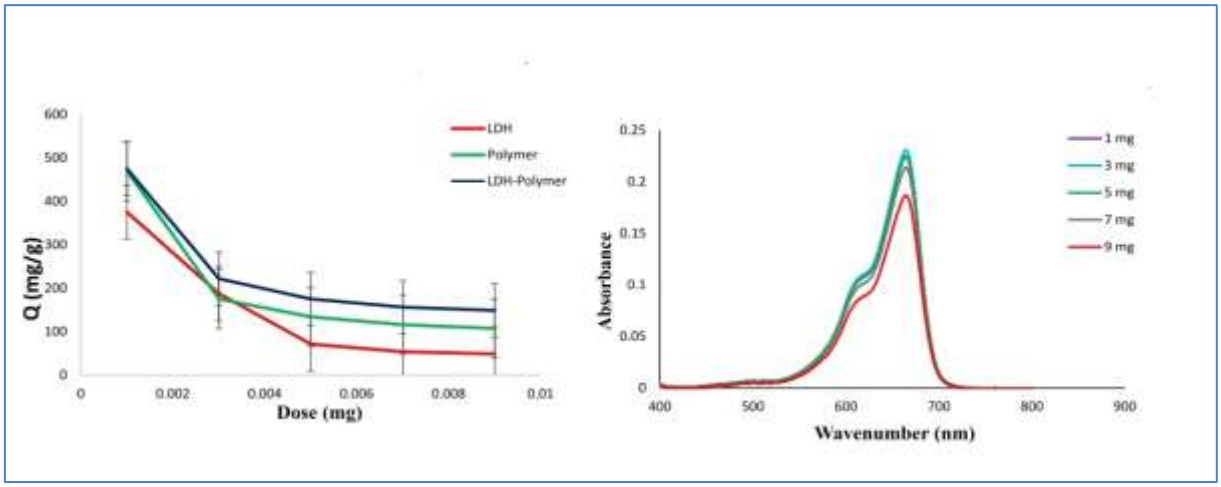
الشكل(III -5): منحنيات بيانية تمثل تأثير الوقت على امتزاز MB (C0 = 30 mg/L, pH = 7, T = 30 ◦C, m = 1 mg, t = 5, 15, 25, 35 and 45 min)



الشكل (III - 6): منحنيات بيانية تمثل تأثير درجة الحرارة على امتزاز MB (C0 = 30 mg/L, pH = 7, T = 25, 35, 45, 55, and 65 ◦C, m = 1 mg, t = 35 min).



الشكل (III -7): منحنيات بيانية تمثل تأثير pH على امتزاز MB (C0 = 30 mg/L, pH = 3 to 11, T = 35 ◦C, m = 1 mg, t = 35 min)



صورة (III - 8): منحنيات بيانية تمثل تأثير جرعة الممتزات لامتصاص MB (C0 = 30 mg/L, pH = 7, T = 30 ◦C, m = 1 to 9 mg, t = 30 min).

من خلال المنحنيات نلاحظ أنه:

1- تم تحضير المركب النانوي LDH بولمير لإزالة بروميد المثيل من الماء فأكد التحليل الطيفي التكوين الناجح لهيكل مركب نانوي بولميرLDH.

2- أشار مركب النانو بوليمر LDH الى تقارب كبير لجزيء MB فبلغت سعة إمتصاص بروميد عند PH=11 تساوي 574,52mg/g أيضا عن طريق زيادة الوقت المطلوب الى التوازن من 5 الى 35 دقيقة) وزادت كمية امت بروميد المثيل من 240 الى 345.5mg/g .

الجدول (III- 11): يمثل قدرة امتزاز MB للمركبات النانوية LDH بولمير مع قدرة الممتزات الأخرى.

الممتزات	قدرة الامتزاز	المراجع
LDH-AC composite	816 m^2/g	[106]
MgAl-LDH/Biochar composites	406.47 m^2/g	[107]
Serpentine	58.48 m^2/g	[108]
Nano-magnetic wood based activated carbon	434.13 m^2/g	[109]
LDH–polymer nanocomposite	1428.57 m^2/g	[110]

III –4 –1.مناقشة النتائج:

- ❖ يقارن قدرة امتزاز MB للمركبات النانوية LDH– بوليمر مع تلك الخاصة بالممتزات لأخرى.
- ❖ الخصائص الخاصة لمركب LDH– البوليمر النانوي ، مثل طريقة التحضير السهلة والقدرة العالية على الامتزاز، والسهولة الإزالة، وإعادة الاستخدام، تجعلها متفوقة على الممتزات الأخرى.
- ❖ قدرة الامتزاز القصوى لـــ LDH – polymer كان مركب النانو 1428.57 مجم/جم. أظهرت بيانات التحليل الديناميكي الحراري أيضًا أن امتزاز MB على بوليمر LDH المركبات النانوية طاردة للحرارة في الطبيعة.

III- 5.استخدام المواد النانوية الكربونية في غشاء الترشيح لإزالة الملوثات من مياه الصرف الصحي:

أدى ظهور تقنية النانو والمواد النانوية الكربونية في العلوم الحديثة في تعزيز تقنية الترشيح الغشائي في معالجة مياه الصرف الصحي،فتم استخدام العديد من تقنيات الترشيح مثل الترشيح الفائق والتناضح العكسي بديلا أفضل لإزالة النفايات العضوية وغير العضوية الموجودة في مياه الصرف الصحي عند مقارنتها بالطرق التقليدية.

ركزت هذه الدراسة على مواد الكربون النانوية المختلفة مثل الفلورين و أكسيد الجرافين وأنابيب الكربون النانوية متعددة الجدار وأحادية الجدار تم استخدامها كمرشحات أساسية للوقاية من تلوث الأغشية، وذلك لامتلاكها خصائص فريدة ميزتها عن باقي المواد الأخرى.

الجدول (III-12): نتائج تطبيق المواد النانوية الكربونية لإزالة الملوثات من مياه الصرف الصحي.

المواد ألمازة	التطبيق المعين	ملاحظة	الملاحظات	نجاعة	الفعالية من حيث التكلفة وإعادة الاستخدام	المراجع
طلاء بولي بيرول(PPy) فوق كربون متعدد الجدران مؤكسد الأنابيب النانوية.	إزالة الكروم Cr (VI) من الماء.	ذرات النيتروجين موجبة الشحنة في بولي بيرول(PPy) تروج لتطبيقها في الامتزاز. الآلية الرئيسية للامتزاز هي التبادل الأيوني.	أعلى كفاءة لإزالة Cr (VI) كانت يتحقق عند درجة الحموضة 2، وكفاءة الامتزاز تعتمد بشدة على الأس الهيدروجيني.	متوسط	فعاله من حيث التكلفة وقابلة لإعادة الاستخدام.	[111]
$PVP-C_{60}$	تطهير الجراثيم النشطة في مياه الصرف الصحي.	يزيد من حجم مسام الغشاء ونزعه من الماء.	التلوث بالمواد العضوية مما يسبب تلوث الغشاء، يمكن	معتدل	تكاليف معتدلة و قابلة لإعادة الاستخدام	[112] [113]

			السيطرة عليه بالفلورين على سطح الغشاء.			
NZVI جزءا لا يتجزأ من CNTs.	إزالة أيونات Cu (II),Se (II),Co(II)	يزيد من مساحة السطح والتفاعل	كفاءة كبيرة في إزالة الملوثات، محسّنة خاصية ميكانيكية وغير سامة عادة ما يتم ذلك مع MWCNTs.	متوسط	منخفضة التكلفة وقابلة لإعادة الاستخدام.	[114]
Fe_3O_4 $MnFe_2O_4$ (جسيمات نانوية مغناطيسية مضمن مع GO).	الفصل الفعال للعضوية والنفايات غير العضوية في المياه المحلول هذه يصعب إزالتها في مياه الصرف الصحي علاج أو معاملة. يزيد من كفاءة الامتزاز.	يساعد في فصل GOs القابلة للذوبان في الماء.	فهي فعالة من حيث التكلفة وغير سامة وبالتالي يمكن تستخدم كبديل عن مادة أخرى تعتمد على الغشاء القائم على الجرافين.	معتدل	تكلفة منخفضة و إعادة الاستخدام	[115] [116]
انخفاض أكسيد الجرافين مع ضبطه الجسيمات النانوية المغناطيسية.	BisphenolA (BPA).	إنها مادة ملصة كبيرة لـــ BPA بسبب ارتفاعها منطقة معينة من أكسيد الجرافين والمغناطيسية خصائص مسحوق	العملية الشاملة مواتية في درجات الحرارة المحيطة، ومركب أكسيد الجرافين المختزل لديه قابلية كبيرة لإعادة الاستخدام.	قليل	منخفضة التكلفة وقابلة لإعادة الاستخدام.	[117]

		المغذيات الدقيقة. ثبت أيضًا أن عملية الامتزاز مُجهزة جيدًا بـــ well-fitted by a pseudo-second-order model.				
مركب CNT-PAC	الكادميوم (II)	تزرع الأنابيب النانوية الكربونية على مسحوق منشط الفحم المؤكسد بـــ HNO_3 أو $KMnO_4$ غيرت النشاط السطحي للمسحوق المنشط الفحم بشكل كبير لامتصاص أيونات المعادن الثقيلة.	تعمل الأكسدة الكيميائية على تغيير خصائص السطح CNT-PAC.	متوسط	منخفضة التكلفة وقابلة لإعادة الاستخدام.	[118]
الأنابيب النانوية الكربونية متعددة الجدران.	البزموث (III).	كما ثبت أن عملية الامتزاز مُجهزة جيدًا بنموذج من الدرجة الثانية الزائفة. عملية الامتزاز طاردة للحرارة وتلقائية عندما تكون درجة حرارة المحلول انخفضت.	تعتمد عملية الامتزاز بشكل كبير على درجة حرارة الأس الهيدروجيني للمرحلة المائية.	متوسط	تكلفة منخفضة إلى معتدلة وقابلة لإعادة الاستخدام	[119]

الأنابيب النانوية الكربونية متعددة الجدران مغلفة بـــ Fe_3O_4.	Sudan dyes	قابلية عالية لإعادة الاستخدام تصل إلى عشر مرات دون أن يلاحظها أحد انخفاض الكفاءة. يمكن فصل الأصباغ بتقنية الفصل المغناطيسي.	يمكن إعادة استخدام MWCNT عدة مرات بسبب خلصية مغناطيسية وسهولة الامتصاص.	متوسط	فعاله من حيث التكلفة و قابلة لإعادة الاستخدام	[120]
مركب نانوي متعدد الجدران الأنابيب النانوية الكربونية والكوبالت الفريت.	Rhodami B (dye).	زيادة الامتزاز مع زيادة محتوى MWCN-COOH قدرة الامتزاز أعلى بين CNT المركبات وجسيمات $CoFe_2O_4$ النانوية. pH 7=، حدث أقصى إمتزاز.	أفضل وصف لميزان لانغمويز هو التوازن ونموذج الترتيب الثاني الزائف الأنسب للبيانات.	متوسط	منخفضة التكلفة وقابلة لإعادة الاستخدام.	[121]
كربون فردي ومتعدد الجدران الأنابيب النانوية.	Oxytetracycline (OXY) and Ciprofloxacin (CIP).	قدرة الامتزاز لجميع الأنابيب النانوية الكربونية المختبرة بقيت على حالها في الظروف الباردة والدافئة. وكانت الأنابيب	لتعزيز امتزاز أوكسي تتراسيكلين، تم تطبيق الموجات فوق الصوتية.	معتدل	منخفضة التكلفة وقابلة لإعادة الاستخدام MWCNTs.	[122]

		النانوية الكربونية أحادية الجدار هي الأعلى القدرة على الامتزاز لكلا المضادات الحيوية.				
أنبوب نانوي قصير من الكربون متعدد الجدران تعمل بواسطة الكربوكسيل (MWCNT).	Sulfamethazine (SMT).	تم تحضير مركبات الكربون النانوية بواسطة إجراء طلاء غمس قش الأرز والانحلال الحراري.	تم العثور على طرق الموجات فوق الصوتية لتكون أكثر فعالة من تلك التي لا تحتوي على ultrasonication.	قليل	تكلفة منخفضة ومرتفعة قابلة لإعادة الاستخدام.	[123]
سيليكات الكالسيوم المغناطيسية الجرافين مادة ملصة للأكسيد المركب (MGSi).	أكريدين أورانج (صبغ).	قدرة امتزاز أكبر تجاه القلوية الأصباغ. امتزاز البرتقال أكريدين على MGSi يتبع المرتبة الثانية الزائفة و Freundlich، نماذج متساوية الحرارة.	مغلف بسيليكات الكالسيوم فوق جزيئات Fe_3O_4 النانوية تجمد على أكسيد الجرافين لم يسقط السطح بسهولة أثناء الامتزاز من أكسيد الجرافين المغناطيسي العادي.	معتدل	فعاله من حيث التكلفة، تقنية محددة الاستخدام.	[124]

أكسيد الجرافين (GO)وتنشيطه أكسيد الجرافين (GOKOH).	صبغة أنيونية برتقالية IV .	مساحة سطح عالية وبنية صلبة للمسام.	أفضل وصف لميزان لانغمويير هو التوازن البيانات والترتيب الثاني الزائف كان النموذج الأنسب لعملية الامتزاز.	متوسط	منخفضة التكلفة وقابلة لإعادة الاستخدام.	[125]
الجرافين المغناطيسي أكسيد (MGO).	Se (IV) و أيون Se (VI) .	مركب المواد النانوية له كفاءة قدرة ربط عالية لـــ Se(IV)و أيون(Se (VI يزيد الامتزاز مع درجة الحموضة الحمضية. نسبة إزالة السيلانيت> 99.9٪، و السلينات هي 80٪ مع جرعة MGO 1 جرام/ لتر.	وهي معروفة بمغناطيسيتها الفائقة خصائص وفعالة في شل الحركة الأنزيمات.	متوسط	تكلفة منخفضة و قابلة لإعادة الاستخدام.	[126]
الجرافين القائم على البوليانيلين المغناطيسي مركب أكسيد MPANI / GO.	Cu (II)	الفصل المغناطيسي يفصل بسهولة بين الممتزات، و MPANI / GO المركبة يمكن أن تكون فعالة في إزالة النحاس (II) من كميات كبيرة من	يصف نموذج الدرجة الثانية الزائف جيدًا حركية الامتزاز ونموذج لانجمويير يمكن أن يصف متساوي الحرارة الامتزاز.	معتدل	منخفضة التكلفة وقابلة لإعادة الاستخدام.	[127]

		محاليل مائية.				
متعدد الطبقات الجرافين.	Phenanthrene	قد يزيد التقشير والتفتت مواقع الامتزاز التي تم إنشاؤها بواسطة الصوتنة. كان امتزاز الفينانثرين أعلى على الجرافين مقارنة مع MWCNTs والجرافيت.	يمكن استخدامه للتحكم في السماكة.	متوسط	تكلفة معتدلة و قابلة لإعادة الاستخدام.	[128]
مركب نانوي متعدد الجدران الأنابيب النانوية الكربونية والكوبالت الفريت.	RhodamineB(dye)	زيادة الامتزاز مع زيادة محتوى MWCN-COOH قدرة امتزاز أعلى بين CNT المركبات وجسيمات $CoFe_2O_4$ النانوية. pH= 7، حدث أقصى امتزاز.	يصف متساوي الحرارة Langmuir التوازن بشكل أفضل ونموذج الترتيب الثاني الزائف الأنسب للبيانات.	متوسط	منخفضة التكلفة وقابلة لإعادة الاستخدام.	[129]
كربون فردي ومتعدد الجدران الأنابيب النانوية.	Oxytetracycline (OXY) and Ciprofloxacin (CIP).	قدرة الامتزاز لجميع الأنابيب النانوية الكربونية المختبرة بقيت على حالها في الظروف الباردة والدافئة.	لتعزيز امتصاص أوكسي تتراسيكلين، تم تطبيق الموجات فوق الصوتية.	معتدل	منخفضة التكلفة وقابلة لإعادة الاستخدام MWCNTs.	[130]

		وكانت الأنابيب النانوية الكربونية أحادية الجدار هي الأعلى القدرة على الامتزاز لكلا المضادات الحيوية.				
أنبوب نانوي قصير من الكربون متعدد الجدران تعمل بواسطة الكربوكسيل (MWCNT).	Sulfamethazine (SMT).	تم تحضير مركبات الكربون النانوية بواسطة إجراء طلاء غمس قش الأرز والانحلال الحراري.	تم العثور على طرق الموجات فوق الصوتية لتكون أكثر فعالة من تلك التي لا تحتوي على ultrasonication	قليل	تكلفة منخفضة ومرتفعة قابلة لإعادة الاستخدام.	[131]
سيليكات الكالسيوم المغناطيسية الجرافين مادة ملصة للأكسيد المركب(MGSi).	Acridine Orang (dye).	قدرة امتزاز أكبر تجاه القلوية الأصباغ. امتزاز البرتقال أكريدين على MGSi يتبع المرتبة الثانية الزائفة و Freundlich، نماذج متساوية الحرارة.	مغلف بسيليكات الكالسيوم فوق جزيئات Fe_3O_4 النانوية تجمد على أكسيد الجرافين لم يسقط السطح بسهولة أثناء الامتزاز من أكسيد الجرافين المغناطيسي العادي.	معتدل	فعاله من حيث التكلفه تقنية محددة الاستخدام.	[132]
أكسيد الجرافين	صبغة أنيونية	مساحة سطح عالية	أفضل وصف لميزان	متوسط	منخفضة	[133]

(GO) وتشيطه أكسيد الجرافين (GO_{KOH}).	برتقالية IV.	وبنية صلبة للمسام	لانغمويز هو التوازن البيانات والترتيب الثاني الزائف، كان النموذج الأنسب لعملية الامتزاز.		التكلفة وقابلة لإعادة الاستخدام.	
الجرافين المغناطيسي أكسيد (MGO).	Se (IV) وأيونات Se (VI) .	مركب المواد النانوية له كفاءة قدرة ربط عالية لـــ Se (IV) و أيون Se (VI). يزيد الامتزاز مع درجة الحموضة. النسبة إزالة السيلانيت> 99.9٪، و السلينات هي 80٪ مع جرعة MGO 1 جرام/ لتر.	وهي معروفة بمغناطيسيتها الفائقة خصائص وفعالة في شل الحركة الأنزيمات.	متوسط	تكلفة منخفضة وقابلة لإعادة الاستخدام.	[134]
الجرافين القائم على البوليانيلين المغناطيسي مركب أكسيد MPANI / GO.	Cu (II)	الفصل المغناطيسي يفصل بسهولة بين الممتزات، و MPANI / GO المركبة يمكن أن تكون فعالة لإزالة النحاس (II) من كميات كبيرة من محاليل مائية.	يصف نموذج الدرجة الثانية الزائف جيدًا حركية الامتزاز ونموذج لانجمويز يمكن أن تصف متساوي الحرارة الامتزاز.	معتدل	منخفضة التكلفة وقابلة لإعادة الاستخدام.	[135]

متعدد الطبقات الجرافين.	Phenanthrene	قد يزيد التقشير والتفتت مواقع الامتزاز.	يمكن استخدامه للتحكم في السماكة.	متوسط	تكلفة معتدلة و قابلة لإعادة الاستخدام.	[136]

III -5-1. مناقشة النتائج:

- أظهرت نتائج هذه الدراسة أن المواد النانوية القائمة على الكربون لها قدرة كبيرة في معالجة المياه الملوثة.
- من خلال النتائج الموضحة في الجدول والمواد الكربون النانوية التي تمت دراستها أنها تمتلك خصائص مميزة جعلت لها الأفضلية مقارنة بالمواد الأخرى.
- مواد الكربون النانوية مثل الفلورين وأكسيد الجرافين وأنابيب الكربون النانوية متعددة الجدار وأحادية الجدار تم استعمالها لتحسين أغشية الترشيح في معالجة مياه الصرف الصحي، وأثبتت النتائج المدروسة أن لهذه المواد قدرة على إزالة الملوثات الموجودة على الأغشية وكل حسب خصائصه.
- والسبب الذي جعل الباحثين القائمين في مجال معالجة المياه اللجوء الى استخدام هذه المواد أنها تتملك تكلفة منخفضة وقابلة لإعادة الاستخدام تمتلك نجاعة حسب كل مادة إما متوسطة أو معتدلة أو قليلة، وكل مادة خاصة بإزالة ملوث معين من مياه الصرف الصحي.

الخلاصة العامة

الخلاصة:

إن البحوث العلمية و الاكتشافات التي يقوم بها الباحثين أثبتت تقدما هائلا في جميع المجالات مثل الطب والصيدلة والفضاء والفيزياء والكيمياء والبيئة والمياه، فلقد كان لهذه الاكتشافات العلمية دورا مهما في تطوير العلوم ومن أهم الاكتشافات المعتمدة حاليا في هذه المجالات تقنية النانو التي ساهمت في حل الكثير من المشاكل التي تعيق الباحثين في أبحاثهم العلمية خاصة في مجال معالجة المياه.

إن مجال معالجة المياه يعتبر من المجالات الأكثر اهتماما من قبل الباحثين لأن التلوث الذي تخلفه الأنشطة الصناعية التي أصبحت خطرا على البيئة، إلا أن تقنية النانو أصبحت بمثابة الضوء الأخضر للبيئة وللباحثين كما أنها تعتبر من التقنيات المكتشفة حديثا والسبب الذي جعل الباحثين يستغنون عن التقنيات التقليدية لأنها لم تحقق نتائج مرجوة في إزالة الملوثات مثل الأصباغ والمعادن الثقيلة والملوثات العضوية والغير العضوية...الخ، فتم اللجوء الى استخدام تقنية النانو التي تهتم بدراسة المادة على المستوى الذري والجزيئي، فالمواد النانوية تمتلك مساحة سطح كبيرة، ومن خلال مناقشتنا لنتائج وتحليل دراسات حول معالجة المياه بالمواد النانوية التي تم التطرق إليها. تبين لنا أن المواد النانوية القائمة على السليلوز المتمثلة في أليف السليلوز النانوية CNF وبكتيريا السليلوز النانوية BNC و وبلورات السليلوز النانوية CNC والمواد النانوية المغناطيسية ومادة هيدرو أكسيد البوليمير(LDH/ Polymer) المتخصصة في إزالة المثيلين الأزرق والمواد النانوية القائمة على الكربون مثل الجرافين والفلورين والأنابيب الكربونية لها نتائج ذات كفاءة عالية في المعالجة مقارنة بالطرق التقليدية المعروفة في معالجة المياه وأن هذه المواد من خلال النتائج التي قام بها الباحثين بينت أنها يمكن إعادة استعمالها و لا تخلف أضرار بيئية.

قائمة المراجع

أولا- المراجع باللغة العربية:

[1]. أحمد مدحت إسلام، 1990 ، التلوث مشكلة العصر، عالم المعرفة، الكويت.

[2]. عبد الهادي بشير، قشيوط، أكتوبر 2020م، دراسة إسترشادية لإستحداث مركز وطني نمزذجي للنانو تكنولوجي في الدول العربية، المنظمة العربية للتنمية الصناعية والتعدين.

[3]. خير السيد، رؤى سلامة سعيد،" تقنية النانو"، كلية الإنتاج الحيواني، جامعة الخرطوم، السودان.

[4]. منير، نايفه، 1430ه- 2009م، مقدمة في فهم علم النانو تكنولوجي، الدار العربية للعلوم الناشرون.

[5]. صدى، عبد الخالق حسن الياسري ، 1434ه/ 2013م، تقنية النانو في الإنشاء والاستدامة مواد صغيرة لبناء كبير.

[6]. محمود، محمد سليم صالح، 1435ه/2015م، تقنية النانو وعصر علمي جديد2، مكتبة الملك عبد العزيز للعلوم التقنية.

[7]. رحاب، فايز أحمد سيد، ذو القعدة 1433ه الموافق لأكتوبر2012م، *مجلة اعلم*، العدد الحادي عشر، الإتحاد العربي للمكتبات والمعلومات بالتعاون مع مكتبة الملك عبد العزيز بالرياض.

[9].لورانس إم كراوس، 2014م، رتشارد فاينمان حياته في العلم، الطبعة الأولى.

[10]. عبد الله، أحمد عبد الله حسب الله، 2017م، تأثير تطبيقات تقنية النانو على المواد المستخدمة في الواجهات الخارجية للمباني، رسالة مقدمة الى كلية الهندسة، جامعة القاهرة، مصر. [11]. شيماء، عبد الستار شحاته مهران، تقنية النانو وأثرها على منتج الأثاث، *مجلة العمارة*، كلية التربية، جامعة حلوان، مصر.

[12]. هيئة الطاقة الذرية السورية، 17 آذار 2018م، *أخبار التقانة الحيوية*، العدد الأول.

[13]. طه كمال، عبد الله محمد، أحمد، إبراهيم البدري، وآخرون، أغسطس 2015م، ماهية تقنية النانو، بحث تكميلي لنيل درجة بكاليورس العلوم والفيزياء، كلية قسم الفيزياء، جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا، السودان.

[14]. عبد الواحد، علي ليهوب، 1438ه/ 2017م، تكنولوجيا المواد النانوية وتطبيقاتها، بحث مقدم الى مجلس قسم الفيزياء كلية التربية لنيل درجة البكالوريوس، جامعة القادسية.

[16]. حازم، فلاح سكيك، 25-05-2013، المجاهر الإلكترونية تاريخها ومبدأ عملها ودورها والهدف منها، سلسلة تبسيط الفيزياء جامعة الأزهر، غزة، فلسطين.

[17]. الدين، ناصر الملوحي، رزان، ناصر ملوحي، 1443ه/2022م، المجاهر الإلكترونية الحديثة، دار الغسق للنشر، سوريا.

[18]. حسن، عز الدين بلال، النانو وتطبيقاته.

[19]. محمد، بن عتيق الدوسري، 1433ه ربيع الأول، التقنية المتناهية في الصغر(النانو)، *مجلة الأمن والحياة*، العدد 358.

[20]. فريال حلفاوي، عبير مسعودي، 2020، التكنولوجيا النانوية ومعالجة المحيط تطبيق الجسيمات النانوية في مجال تقنية المياه، مذكرة ماستر، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، كلية علوم المادة والرياضيات، قسم الكيمياء.

[21] سمر عادل، مقدمة وخاتمة عن البيئة والتلوث، 2022،

[22] دكتور حمدى أبو النجا،2001، مخاطر التلوث البيئي، مكتبة الاكاديمية، الدقى-الجيزة-القاهرة- جمهورية مصر العربية.

[23]. محمد عبد الناصر الزرقة، 2010، تلوث المياه في محافظتي الشمال و الوسطى وتأثيرها على صحة الإنسان، مذكرة ماجستير، الجامعة الإسلامية غزة، عمادة الدراسات العليا، كلية الآداب، قسم الجغرافيا.

[24]. الأستاذ احمد سروري،1435 ه-2014، مقدمة في كيمياء التلوث البيئي، دار الحامد للنشر والتوزيع، عمان-الأردن، الطبعة الأولى. [25]. معلي ابوراس، كتاب تلوث التربة.

[26]. أمنة كاظم مراد المنصوري،2018، بحث تلوث التربة، كلية التربية الأساسية، مكتبة جامعة بابل المفتوحة الوصول للأوراق البحثية.

[27]. 1988م، تلوث البيئة مصادره وانواعه، *مجلة علمية تصدرها مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية*، الرياض، العدد الرابع.

[28]. سهير العمري، كريمة كراش،2018 معالجة المياه الملوثة لمنطقة تقرت بواسطة عمود ادمصاصي مكون من حصى ورمل من منطقة جانت وفحم، مذكرة ماستر، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، كلية العلوم التطبيقية، قسم هندسة الطرائق.

[30]. إبراهيم العابد، 2015، معالجة مياه الصرف الصحي لمنطقة تقرت بواسطة نباتات منقية محلية، أطروحة دكتوراه، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، كلية علوم المادة والرياضيات، قسم الكيمياء.

[31]. المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني،1429ه، الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج،" مراقبة البيئة والتلوث 281ه" المملكة العربية السعودية، الطبعة.

[32].أبو سعد م، نجيب إبراهيم،2000، التلوث البيئي ودور الكائنات الدقيقة إيجابيا وسلبيا دار الفكر العربي _القاهرة، ص 6-132.

[33]. السعدي حسين علي، 2006، أساسيات علم البيئة والتلوث، دار اليازوري العلمية عمان الأردن. [33] عبد الرحمان السعداني والسيد عودة ثنائي مليجي،2007 م، مشكلات بيئة: طبيعتها-أسبابها-أثارها-كيفية معالجتها، دار الكتاب الحديثة.

[36] عباس مصطفى عبد اللطيف،2004 م، حماية البيئة من التلوث، دار الوفاء لدنيا الطباعة والنشر، الطبعة الأولى ب 01/10614.

[39] نسيم ماهر جورجي،2007م، تحليل وتقويم جودة المياه، دار نشأة المعارف جلال حزي و شركاءه. [38] نجم الدين الشرابي، منير هابيل، زياد أبو لبدة،1987م، أساسيات الأحياء الدقيقة–الجزء العملي–المطبعة الجديدة بدمشق.

ثانيا– المراجع باللغة الأجنبية:

[8]. Pool.c.p.and owens , F.J, 2003, Introduction To Nanotecnology, Johan niley and Sons, Inc, Hoboken, New Jersey.

[15]. Luisa, Filipponi, Duncan, Suthermal, Nanotechnologyes " Principles, Applications, Implications and Hands-on Activities", A compendium for educators.

[29] RAHMANI Abdellatif، EPURATION DES EAUX USEES DE LA REGIONDE N'GOUSSA (OUARGLA) PAR DES VEGETAUXPERFORMANCES EPURATOIRES، Mémoire MASTER ACADEMIQUE، UNIVERSITE KASDI MERBAHOUARGLA، Année universitaire: 2014-2015.

[34] RAMADE FRANÇOIS :1982، éléments d'écologie (écologieappliquée)Mcgraw-Hill،Paris، p372.

[37]BOUZIANI: 2000، l'eau de la pénurie aux maladies، Edition IBN Khaldoun. pp 247-249

[40]NGO CHRISTIAN et REGENT ALAIN ; 2004. Déchets et pollution impact sur l'environnement et la santé DUNOD, PARIS. pp 129-131.

[41] Ahmeda MHS،Ahmida NHS and AhmeidaAA، Introduction to nanotechnology: definition,terms،occurrence and application in environment, LIMU *J , vol 2, p* 12-26, 2017.

[42]Boehm F،Nanotechnology in environmental application، Report NAN039A، BCC Research، Wellesley، MA.2006 .

[43] Anwar .J. Sayyed, Dipak.V. Pinjari, Shirish .H. Sonawane, Bharat .A. Bhanvase, Javed Sheikh, Mika Sillanp¨a¨a, Cellulose-based nanomaterials for water and wastewater treatments: A review,
J. Environ. Chem. Eng. 9 (2021) , 106626.

[45] A.A. Hamad, M.S. Hassouna, T.I. Shalaby, M.F. Elkady, M.A. Abd Elkawi, H. A. Hamad, Electrospun cellulose acetate nanofiber incorporated with hydroxyapatite for removal of heavy metals, *Int. J. Biol. Macromol*. 151 (2020) 1299–1313 .

[46] D. Li, X. Tian, Z. Wang, Z. Guan, X. Li, H. Qiao, H. Ke, L. Luo, Q. Wei, Multifunctional adsorbent based on metal-organic framework modified bacterial cellulose/chitosan composite aerogel for high efficient removal of heavy metal ion and organic pollutant, *Chem. Eng. J*. 383 (2020), 123127.

[47] J.A. Sirvi¨o, M. Visanko, Lignin-rich sulfated wood nanofibers as high-performing adsorbents for the removal of lead and copper from water, *J. Hazard. Mater*. 383 (2020), 121174.

[48] H.Y. Choi, J.H. Bae, Y. Hasegawa, S. An, I.S. Kim, H. Lee, M. Kim, Thiol-functionalized cellulose nanofiber membranes for the effective adsorption of heavy metal ions in water, Carbohydr. Polym. 234 (2020), 115881.

[49] D. Zhang, W. Xu, J. Cai, S.Y. Cheng, W.P. Ding, Citric acid-incorporated cellulose nanofibrous mats as food materials-based biosorbent for removal of hexavalent chromium from aqueous solutions, *Int. J. Biol. Macromol*. 149 (2020) 459–466,

[50] Y. Ji, Y. Wen, Z. Wang, S. Zhang, M. Guo, Eco-friendly fabrication of a cost-effective cellulose nanofiber-based aerogel for multifunctional applications in Cu (II) and organic pollutants removal, J. Clean. Prod. 255 (2020), 120276.

[51] J. Li, S. Tan, Z. Xu, Anisotropic nanocellulose aerogel loaded with modified uio- 66 as efficient adsorbent for heavy metal ions removal, Nanomaterials 10 (2020) 1–13.

[52] J. Ren, F. Tao, Y. Cui, l-Glutamic acid crosslinked cellulose ester films for heavy metal ions adsorption, *J. Polym. Environ*. 28 (2020) 1302–1314, https://doi.org/ 10.1007/s10924-020-01690-2.

[50] H. Yu, H.J. Hong, S.M. Kim, H.C. Ko, H.S. Jeong, Mechanically enhanced graphene oxide/carboxymethyl cellulose nanofibril composite fiber as a scalable adsorbent for heavy metal removal, Carbohydr. Polym. 240 (2020), 116348.

[53] X. Chen, J. Cui, X. Xu, B. Sun, L. Zhang, W. Dong, C. Chen, D. Sun, Bacterial cellulose/attapulgite magnetic composites as an efficient adsorbent for heavy metal ions and dye treatment, Carbohydr. Polym. 229 (2020), 115512.

[54] X. Huang, B. Li, S. Wang, X. Yue, Y. Zhengguo, X. Deng, J. Ma, Facile in-situ synthesis of PEI-Pt modified bacterial cellulose bio-adsorbent and its distinctly selective adsorption of anionic dyes, Colloids Surf. A: Physicochem. Eng. Asp. 586 (2020), 124163.

[55] C. Li, H. Ma, S. Venkateswaran, B.S. Hsiao, Highly efficient and sustainable carboxylated cellulose filters for removal of cationic dyes/heavy metals ions, *Chem. Eng. J.* 389 (2020), 123458.

[56] M.N. Morshed, S. Al Azad, H. Deb, B.B. Shaun, X.L. Shen, Titania-loaded cellulose-based functional hybrid nanomaterial for photocatalytic degradation of toxic aromatic dye in water, *J. Water Process Eng*. 33 (2020), 101062 .

[57] J. Liu, T.W. Chen, Y.L. Yang, Z.C. Bai, L.R. Xia, M. Wang, X.L. Lv, L. Li, Removal of heavy metal ions and anionic dyes from aqueous solutions using amide-functionalized cellulose-based adsorbents, Carbohydr. Polym. 230 (2020).

[58] J. Cheng, C. Zhan, J. Wu, Z. Cui, J. Si, Q. Wang, X. Peng, L.S. Turng, Highly efficient removal of methylene blue dye from an aqueous solution using cellulose acetate nanofibrous membranes modified by polydopamine, ACS Omega 5 (2020) 5389–5400.

[59] L. Maleˇs, D. Fakin, M. Braˇciˇc, S. Gorgieva, Efficiency of differently processed membranes based on cellulose as cationic dye adsorbents, Nanomaterials 10 (2020).

[60] O.A. Oyewo, A. Adeniyi, B.B. Sithole, M.S. Onyango, Sawdust-based cellulose nanocrystals incorporated with ZnO nanoparticles as efficient adsorption media in the removal of methylene blue dye, ACS Omega (2020).

[61] A.H. Pinto, J.K. Taylor, R. Chandradat, E. Lam, Y. Liu, A.C.W. Leung, M. Keating, R. Sunasee, Wood-based cellulose nanocrystals as adsorbent of cationic toxic dye, Auramine O, for water treatment, *J. Environ. Chem. Eng*. 8 (2020), 104187.

[62] K.N.A. Putri, A. Keereerak, W. Chinpa, Novel cellulose-based biosorbent from lemongrass leaf combined with cellulose acetate for adsorption of crystal violet, *Int. J. Biol. Macromol*. 156 (2020) 762–772.

[63] N. Sankararamakrishnan, N. Singh, I. Srivastava, Hierarchical nano Fe(0)@FeS doped cellulose nanofibres derived from agrowaste – potential bionanocomposite for treatment of organic dyes, *Int. J. Biol. Macromol*. 151 (2020) 713–722.

[64] Z. Yu, C. Hu, A.B. Dichiara, W. Jiang, J. Gu, Cellulose nanofibril/carbon nanomaterial hybrid aerogels for adsorption removal of cationic and anionic organic dyes, Nanomaterials 10 (2020) 1–2

[65] S.B. Khan, Metal nanoparticles containing chitosan wrapped cellulose nanocomposites for catalytic hydrogen production and reduction of environmental pollutants, Carbohydr. Polym. 242 (2020).

[66] E. Tamahkar, T. Kutsal, A. Denizli, Surface imprinted bacterial cellulose nanofibers for cytochrome c purification, Process Biochem. 50 (2015) 2289–2297.

[67] C. Ding, Y. Sun, Y. Wang, J. Li, Y. Lin, W. Sun, C. Luo, Adsorbent for resorcinol removal based on cellulose functionalized with magnetic poly(dopamine), *Int. J. Biol. Macromol*. 99 (2017) 578–585.

[68] G. Jaria, V. Calisto, C.P. Silva, M.V. Gil, M. Otero, V.I. Esteves, Obtaining granular activated carbon from paper mill sludge – a challenge for application in the removal of pharmaceuticals from wastewater, Sci. Total Environ. 653 (2019) 393–400.

[69] T. Selk¨al¨a, T. Suopaj¨arvi, J.A. Sirvi¨o, T. Luukkonen, G.S. Lorite, S. Kalliola, M. Sillanp¨a¨a, H. Liimatainen, Rapid uptake of pharmaceutical salbutamol from aqueous

solutions with anionic cellulose nanofibrils: the importance of pH and colloidal stability in the interaction with ionizable pollutants, *Chem. Eng. J.* 350 (2018) 378–385.

[70] S. Zhou, P. Liu, M. Wang, H. Zhao, J. Yang, F. Xu, Sustainable, reusable, and superhydrophobic aerogels from microfibrillated cellulose for highly effective oil/ water separation, ACS Sustain. Chem. Eng. 4 (2016) 6409–6416.

[71] Y. Lu, W. Yuan, Superhydrophobic/superoleophilic and reinforced ethyl cellulose sponges for oil/water separation: synergistic strategies of cross-linking, carbon nanotube composite, and nanosilica modification, ACS Appl. Mater. Interfaces 9 (2017) 29167–29176.

[72] H. Guan, Z. Cheng, X. Wang, Highly compressible wood sponges with a spring-like lamellar structure as effective and reusable oil absorbents, ACS Nano 12 (2018) 10365–10373.

[73] Z. Li, L. Shao, W. Hu, T. Zheng, L. Lu, Y. Cao, Y. Chen, Excellent reusable chitosan/cellulose aerogel as an oil and organic solvent absorbent, Carbohydr. Polym. 191 (2018) 183–190.

[74] Z. Li, L. Zhong, T. Zhang, F. Qiu, X. Yue, D. Yang, Sustainable, flexible, and superhydrophobic functionalized cellulose aerogel for selective and versatile oil/ water separation, ACS Sustain. Chem. Eng. 7 (2019) 9984–9994.

[75] Y. Liu, T. Shi, T. Zhang, D. Yuan, Y. Peng, F. Qiu, Cellulose-derived multifunctional nano-CuO/carbon aerogel composites as a highly efficient oil absorbent, Cellulose 26 (2019) 5381–5394.

[76] H. Nabipour, S. Nie, X. Wang, L. Song, Y. Hu, Highly flame retardant zeolitic imidazole framework-8@cellulose composite aerogels as absorption materials for organic pollutants, Cellulose 27 (2020) 2237–2251, https://doi.org/10.1007/ s10570-019-02860-9.

[77] A.A. Madeira, A.L.C. Silva, B.M. Dias, C. Andrade, R.V.C. Oliveira, Chemically modified cellulose as a potential oil adsorbent of contaminated marine ecosystems, Ecletica Quim. 45 (2020) 54–63.

[78] X. Feng, J. Wan, J. Deng, W. Qin, N. Zhao, X. Luo, M. He, X. Chen, Preparation of acrylamide and carboxymethyl cellulose graft copolymers and the effect of molecular weight on the flocculation properties in simulated dyeing wastewater under different pH conditions, *Int. J. Biol. Macromol*. 155 (2020) 1142–1156.

[79] A. Balea, M.C. Monte, E. Fuente, J.L. Sanchez-Salvador, A. Blanco, C. Negro, Cellulose nanofibers and chitosan to remove flexographic inks from wastewaters, Environ. Sci.: Water Res. Technol. 5 (2019) 1558–1567

[80] D. Morantes, E. Mu˜noz, D. Kam, O. Shoseyov, Highly charged cellulose nanocrystals applied as a water treatment flocculant, Nanomaterials 9 (2019) 1–13.

[81] K. Grenda, J. Arnold, J.A.F. Gamelas, O.J. Cayre, M.G. Rasteiro, Flocculation of silica nanoparticles by natural, wood-based polyelectrolytes, Sep. Purif. Technol. 231 (2020), 115888.

[82] F. Tang, H. Yu, S. Yassin Hussain Abdalkarim, J. Sun, X. Fan, Y. Li, Y. Zhou, K. Chiu Tam, Green acid-free hydrolysis of wasted pomelo peel to produce carboxylated cellulose nanofibers with super absorption/flocculation ability for environmental remediation materials, *Chem. Eng. J.* 395 (2020), 125070 .

[83] S. Huang, M.B. Wu, C.Y. Zhu, M.Q. Ma, J. Yang, J. Wu, Z.K. Xu, Polyamide nanofiltration membranes incorporated with cellulose nanocrystals for enhanced water flux and chlorine resistance, ACS Sustain. Chem. Eng. 7 (2019) 12315–12322.

[84] M. Jonoobi, A. Ashori, V. Siracusa, Characterization and properties of polyethersulfone/ modified cellulose nanocrystals nanocomposite membranes, Polym. Test. 76 (2019) 333–339.

[85] S. Liu, Z.X. Low, H.M. Hegab, Z. Xie, R. Ou, G. Yang, G.P. Simon, X. Zhang, L. Zhang, H. Wang, Enhancement of desalination performance of thin-film nanocomposite membrane by cellulose nanofibers, *J. Membr. Sci*. 592 (2019).

[86] F. Rafieian, M. Jonoobi, Q. Yu, A novel nanocomposite membrane containing modified cellulose nanocrystals for copper ion removal and dye adsorption from water, Cellulose 26 (2019) 3359–3373.

[87] A. Rajeswari, E. Jackcina Stobel Christy, G. Ida Celine Mary, K. Jayaraj, A. Pius, Cellulose acetate based biopolymeric mixed matrix membranes with various nanoparticles for environmental remediation-a comparative study, *J. Environ. Chem. Eng.* 7 (2019), 103278.

[88] R.F.S. Barbosa, A.G. Souza, H.F. Maltez, D.S. Rosa, Chromium removal from contaminated wastewaters using biodegradable membranes containing cellulose nanostructures, *Chem. Eng. J.* 395 (2020), 125055.

[89] Z. Hanif, Z.A. Khan, M.F. Siddiqui, M.Z. Tariq, S. Park, S.J. Park, Tannic acid-mediated rapid layer-by-layer deposited non-leaching silver nanoparticles hybridized cellulose membranes for point-of-use water disinfection, Carbohydr. Polym. 231 (2020), 115746.

[90] M. Ding, et al., Novel α-Fe2O3/MXene nanocomposite as heterogeneous activator of peroxymonosulfate for the degradation of salicylic acid, J. Hazard. Mater. 382 (2020), 121064.

[91] Y. Cao, et al., Fabrication of novel CuFe2O4/MXene hierarchical heterostructures for enhanced photocatalytic degradation of sulfonamides under visible light, *J. Hazard. Mater*. 387 (2020), 122021.

[92] Z. Huang, et al., Enhanced permeability and antifouling performance of polyether sulfone (PES) membrane via elevating magnetic Ni@ MXene nanoparticles to upper layer in phase inversion process, *J. Membr. Sci*. 623 (2021), 119080.

[93] Y. Ma, et al., Catalytic degradation of ranitidine using novel magnetic Ti3C2- based MXene nanosheets modified with nanoscale zero-valent iron particles, Appl. Catal. B Environ. 284 (2021), 119720.[94] H. Zhang, et al., Preparation of magnetic α-Fe2O3/ZnFe2O4@ Ti3C2 MXene with excellent photocatalytic performance, Ceram. Int. 46 (1) (2020) 81–88.

[95] M. Ding, et al., Heterogeneous Fe2CoTi3O10-MXene composite catalysts: synergistic effect of the ternary transition metals in the degradation of 2, 4- dichlorophenoxyacetic acid based on peroxymonosulfate activation, *Chem. Eng. J*. 378 (2019), 122177.

[96] Y. Cui, et al., Biomimetic anchoring of Fe3O4 onto Ti3C2 MXene for highly efficient removal of organic dyes by Fenton reaction, *J. Environ. Chem. Eng*. 8 (5) (2020), 104369.

[97] X. Huang, et al., Facile preparation of hierarchical AgNP-loaded MXene/Fe3O4/ polymer nanocomposites by electrospinning with enhanced catalytic performance for wastewater treatment, ACS Omega 4 (1) (2019) 1897–1906.

[98] Q. Zhang, et al., Efficient phosphate sequestration for water purification by unique sandwich-like MXene/magnetic iron oxide nanocomposites, Nanoscale 8 (13) (2016) 7085–7093.

[99] H. Zhang, et al., 2D a-Fe2O3 doped Ti3C2 MXene composite with enhanced visible light photocatalytic activity for degradation of Rhodamine B, Ceram. Int. 44 (16) (2018) 19958–19962.

[100] A. Shahzad, et al., Mercuric ion capturing by recoverable titanium carbide magnetic nanocomposite, *J. Hazard. Mater*. 344 (2018) 811–818.

[101] T. Rasheed, et al., A cost-effective approach to synthesize NiFe2O4/MXene heterostructures for enhanced photodegradation performance and anti-bacterial activity, Adv. Powder Technol. 32 (7) (2021) 2248–2257.

[102] K. Hu, et al., Magnetic borate-modified Mxene: a highly affinity material for the extraction of catecholamines, Anal. Chim. Acta 1176 (2021), 338769.

[103] J. Ren, et al., Enhanced adsorption performance of alginate/MXene/CoFe2O4 for antibiotic and heavy metal under rotating magnetic field, Chemosphere 284 (2021), 131284.

[104] X. Yang, et al., Construction of Fe3O4@ MXene composite nanofiltration membrane for heavy metal ions removal from wastewater, Polym. Adv. Technol. 32 (3) (2021) 1000–1010.

[105] Y. Cui, et al., A novel one-step strategy for preparation of Fe3O4-loaded Ti3C2 MXenes with high efficiency for removal organic dyes, Ceram. Int. 46 (8) (2020) 11593–11601.[104] Aldawsari, A.M., et al., 2021. Tailoring an efficient nanocomposite of activated carbon-layered double hydroxide for elimination of water-soluble dyes,*J. Alloys Compd*. 857, 157551.[105] Ebadollahzadeh, H., Zabihi, M., 2020. Competitive adsorption of methylene blue and Pb (II) ions on the nano-magnetic activated carbon and alumina. Mater. Chem. Phys. 248, 122893.

[106] Meili, L., et al., 2019. MgAl-LDH/Biochar composites for methylene blue removal by adsorption. Appl. Clay Sci. 168, 11–20.
Mishra, G., et al., 2018. Layered double hydroxides: A brief review from fundamentals to application as evolving biomaterials. Appl. Clay Sci. 153,172–186.
[107] Shaban, M., et al., 2018. Removal of Congo red, methylene blue and Cr (VI) ions from water using natural serpentine. *J. Taiwan Inst. Chem. Eng*. 82, 102–116.
[108] Nastaran Ghanbari, Hossein Ghafuri, Design and preparation the novel polymeric layered double hydroxide nanocomposite (LDH/Polymer) as an efficient and recyclable adsorbent for the removal of methylene blue dye from water, Environ.Technology & Innovation, 26 (2022) 102377.

[109] MaddahHA and Chogle 2a AM2015 Applicability of low-pressure membranes for wastewater treatment with cost study analyses Membrane Water Treatment 6 477–88.

[110] Baby R, Saifullah B and HusseinMZ 2019 Carbon nanomaterials for the treatment of heavy metal-contaminated water and environmental remediation Nanoscale Res Lett. 14 341

[111] AlekseevaOV, BagrovskayaNAand Noskov AV2016 Sorption of heavy metal ions by Fullerene and polystyrene/fullerene film compositions Protection Metals Phys Chemistry Surfaces 52 443–7

[112] Vilardi G, Mpouras T, Dermatas D, Verdone N, Polydera A and Di Palma L 2018 Nanomaterials application for heavy metals recovery from polluted water: the combination of nano zero-valent iron and carbon nanotubes. Competitive adsorption non-linear modeling Chemosphere. 201 716–29

[113] Huang Z-H, Zheng X, Lv W, Wang M, Yang Q-H and Kang F 2011 Adsorption of lead (II) ions from aqueous solution on lowtemperature exfoliated graphene nanosheets Langmuir 27 7558–62

[114] Al-Anzi B and Chi SiangO2017 Recent developments of carbon based nanomaterials and membranes for oily wastewater treatment RSC Adv. 7 20981–94

[115] Chen L, Zhao D, Chen S, Wang Xand ChenC2016 One-step fabrication of amino functionalized magnetic graphene oxide composite for uranium (VI) removal *J. Colloid Interface Sci*. 472 99–107

[116] Zhang Y, Cheng Y, Chen N, Zhou Y, Li B, GuWand Xian Y 2014 Recyclable removal of bisphenol A from aqueous solution by reduced graphene oxide–magnetic nanoparticles: adsorption and desorption *J. Colloid Interface Sci*. 421 85–92

[117] AlSaadiMA, Al MamunA, AlamMZ, AmosaMKand AtiehMA 2016 Removal of cadmium from water byCNT–PAC composite: effect of functionalization Nano 11 1650011

[118] Al-SaidiHM, Abdel-FadeelMA, El-Sonbati A Z and El-Bindary A A 2016 Multi-walled carbon nanotubes as an adsorbent material for the solid phase extraction of bismuth from aqueous media: kinetic and thermodynamic studies and analytical applications *J. Mol. Liq*.216 693–8

[119] Sun X, Ou H, Miao Cand Chen L 2015 Removal of sudan dyes from aqueous solution by magnetic carbon nanotubes: equilibrium, kinetic and thermodynamic studies *J. Ind. Eng. Chem*. 22 373–7

[120] OyetadeOA, NyamoriVO, Martincigh B S and Jonnalagadda S B 2015 Effectiveness of carbon nanotube–cobalt ferrite nanocomposites for the adsorption of rhodamine B from aqueous solutions RSC Adv. 5 22724–39

[121] NcibiMCand SillanpääM2015 Optimized removal of antibiotic drugs from aqueous solutions using single, double and multi-walled carbon nanotubes *J. Hazard. Mater*. 298 102–10

[122] Zhang C, Lai C, Zeng G, Huang D, Yang C, Wang Y and ChengM2016 Efficacy of carbonaceous nanocomposites for sorbing ionizable antibiotic sulfamethazine from aqueous solution Water Res. 95 103–12

[123] Wang H, Chen Y and Wei Y 2016 A novel magnetic calcium silicate/graphene oxide composite material for selective adsorption of acridine orange from aqueous solutions RSC Adv. 6 34770–81

[124] Guo Y, Deng J, Zhu J, Zhou C, Zhou C, ZhouX and Bai R 2016 Removal of anionic azo dye from water with activated graphene oxide: kinetic, equilibrium and thermodynamic modeling RSC Adv. 6 39762–73

[125] Fu Y, Wang J, LiuQand ZengH2014 Water-dispersible magnetic nanoparticle–graphene oxide composites for selenium removal Carbon 77 710–21

[126] Liu Y, Chen L, Li Y, Wang P and Dong Y 2016 Synthesis of magnetic polyaniline/graphene oxide composites and their application in the efficient removal of Cu (II) from aqueous solutions *J. Environ. Chem. Eng.* 4 825–34

[127] Zhao J, Wang Z, ZhaoQand Xing B 2013 Adsorption of phenanthrene on multilayer graphene as affected by surfactant and exfoliation Environmental Science&Technology 48 331–9

[128] Yu F,MaJ and BiD2014 Enhanced adsorptive removal of selected pharmaceutical antibiotics from aqueous solution by activated graphene Environmental Science and Pollution Research 22 4715–24

[129] Yan H, Du Q, Yang H, Li A and Cheng R 2015 Efficient removal of chlorophenols from water with a magnetic reduced graphene oxide composite Science China Chemistry 59 350–9.

[130] Ying-YingWand Zhen-Hu X 2015 Multi-walled carbon nanotubes and powder-activated carbon adsorbents for the removal of nitrofurazone from aqueous solution *J. Dispersion Sci. Technol*. 37 613–24

[131] Yu F,MaJ, Wang J, ZhangMand Zheng J 2016 Magnetic iron oxide nanoparticles functionalized multi-walled carbon nanotubes for toluene, ethylbenzene and xylene removal from aqueous solution Chemosphere 146 162–72

[132] Carpenter AW, de Lannoy C-F and WiesnerMR 2015 Cellulose nanomaterials in water treatment technologies Environmental Science &Technology 49 5277–87

[133] Guo Y, Deng J, Zhu J, Zhou C, Zhou C, ZhouX and Bai R 2016 Removal of anionic azo dye from water with activated graphene oxide:kinetic, equilibrium and thermodynamic modeling RSC Adv. 6 39762–73

[134] Burakov A, Burakova I, Galunin E and Memetova A 2019 New carbon nanomaterials for water purification from heavy metals Handbook of Ecomaterials 20216787435(Berlin: Springer) pp 393–412

[135] Tiraferri A, Vecitis CDand ElimelechM2011 Covalent binding of single-walled carbon nanotubes to polyamide membranes for antimicrobial surface properties ACS Appl. Mater. Interfaces 3 2869–77

[136] Akbar Hojjati-Najafabadi a,b, Mojtaba Mansoorianfar c, Tongxiang Liang a, Khashayar Shahin d, Yangping Wen e, Abbas Bahrami f, Ceren Karaman g, Najmeh Zare h, Hassan Karimi-Maleh h,i,j, Yasser Vasseghian k, Magnetic-MXene-based nanocomposites for water and wastewater treatment: A review, *J. Water. Process. Eng*.47 (2022) 102696

ملخص الدراسة:

من خلال هذه الدراسة النظرية تطرقنا إلى تطبيقات تقنيات النانو في معالجة المياه حيث كان للمواد النانوية فعالية كبيرة في إزالة الملوثات المختلفة للمياه ومن بين المواد النانوية التي تمت دراستها:0 المواد النانوية القائمة على السليلوز المتمثلة في ألياف السليلوز النانوية CNF وبكتيريا السليلوز النانوية BNC و وبلورات السليلوز النانوية CNC والمواد النانوية المغناطيسية ومادة هيدرو أكسيد البوليمير(LDH/ Polymer) والمواد النانوية القائمة على الكربون مثل الجرافين والفلورين والانابيب الكربونية ومن خلال النتائج التي قام بها الباحثين أثبتت هذه المواد أنها أفضل بديل في مجال تنقية المياه مقارنة بالطرق التقليدية والمعروفة في معالجة المياه.

الكلمات المفتاحية: تقنية النانو، المواد النانوية، معالجة المياه

Study summary:

Through this theoretical study, we touched on the applications of nanotechnology in water treatment, where nanomaterials had a great effectiveness in removing various pollutants from water. Among the nanomaterials that were studied: 0 Cellulose-based nanomaterials, represented by cellulose nanofibers (CNF), cellulose nanobacteria (BNC), and cellulose nanocrystals (CNC). Magnetic nanomaterials, LDH/polymer, and carbon-based nanomaterials such as graphene, fluorine and carbon tubes, and through the results of the researchers, proved that these materials are the best alternative in the field of water purification compared to traditional and known methods of water treatment.

Keywords: nanotechnology, nanomaterials, water treatment

Résumé de l'étude:

A travers cette étude théorique, nous avons abordé les applications des nanotechnologies dans le traitement de l'eau, où les nanomatériaux avaient une grande efficacité pour éliminer divers polluants de l'eau.Parmi les nanomatériaux étudiés : Les nanomatériaux à base de cellulose représentés dans les nanofibres de cellulose (CNF), BNC), et les nanocristaux de cellulose (CNC). Les nanomatériaux magnétiques, LDH/Polymère, et les nanomatériaux à base de carbone tels que le graphène, les tubes de fluor et de carbone, et à travers les résultats des chercheurs, ont prouvé que ces matériaux sont la meilleure alternative dans le domaine. de purification de l'eau par rapport aux méthodes traditionnelles et connues de traitement de l'eau.

Mots clés : nanotechnologie, nanomatériaux, traitement de l'eau