الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

Ecole Normale Supérieure Enseignement Technologique **المدرسة العليا للأساتذة التعليم التكنولوجي بسكيكدة**

Département de physique et chimie **قسم الفيزياء و الكيمياء**

Mémoire de fin d'étude

مذكـــــــــرة التخرج

من إعداد:

سالمة ريم **سوالمية حسام**

En vue de l'obtention du diplôme : Professeur d'Enseignement -Technologie

لنيل شهادة: أستاذ التعليم المتوسط – فيزياء

الموضوع **Thème**

تقنية النانو وتطبيقاتها في مختلف المجالات

تاريخ المناقشة : يوم *2024/06/24* أمام اللجنة المتكونة من:

الأستاذ : نبيل جديد	**رئيسا**
الأستاذ: بوعوينة بركات	**مشرفا**
الأستاذ: مسقالجي سمير	**عضو مناقش**
الأستاذة حساينية عمارة	**عضو مناقش**

Promotion Juin 2024 دفعة جوان

الفهرس

المحتوى	الصفحة
مقدمة العامة.....	1
I الفصل الأول : عموميات عن تقنية النانو	
I- 1- تاريخ تقنية النانو.....	2
I- 2- أهم رواد تقنية النانو.....	4
I- 3- تصنيف أجيال علم الإلكترونيات.....	5
I- 4- مفهوم مصطلح النانو.....	5
I- 5 مفهوم مقياس النانومتر.....	6
I- 6-مفهوم علم النانو.....	7
I- 7-أهمية علم النانو.....	7
I- 8-مفهوم تقنية النانو.....	8
I- 9- مبادئ تميز تقنية النانو.....	9
I- 10-مفهوم المواد النانوية.....	10
I- 11-أهمية المواد النانوية.....	10
I- 12-الدراسة الكمية، الحصر الكمي في المواد النانوية.....	11
I- 13- نصف قطر بئر بور-أكسيطون:(Exciton-Bohr Radius)....	15
I- 14- خصائص المواد النانوية.....	16
I- 14-1- الخواص الميكانيكية.....	16
I- 14-2-الخواص الحرارية "درجة الانصهار.....	17
I- 14-3-الخواص الكهربائية.....	17
I- 14-4- الخواص الكيميائية.....	17
I- 14-5- الخواص البيولوجية.....	17
I- 14-6- الخواص المغناطيسية.....	17
I- 14-7-الخواص البصرية.....	18
I- 15- خواص المواد النانوية المعتمدة على الحجم.....	18
I- 16- سبب اختلاف خواص المواد النانوية.....	19
I- 17-تصنيف المواد النانوية وفقا لعدد الأبعاد النانوية للمادة.....	20
I- 17-1-المواد النانوية أحادية البعد1D.....	21

I- 17-2- المواد النانوية ثنائية البعد 2D: 22
I- 17-3-المواد النانوية ثلاثية البعد 3D :..... 23
I- 18-أشكال المواد النانومترية : 24
I- 18-1-النقاط الكمية quantum dots : 24
I- 18-2-الفولورين fullerene : 24
I- 18-3-الكرات النانوية nanobulls : 25
I- 18-4-الجسيمات النانوية nanoparticles : 25
I- 18-5-الانابيب النانوية nanotubes : 26
I- 18-6-أنابيب الكربون النانوية : 26
I- 18-7-الألياف النانوية Nano fibers : 27
I- 18-8-الأسلاك النانوية nano wires: 28
I- 18-9- المركبات النانوية Nano composites : 29
II الفصل الثاني: التقنيات و الأجهزة المستخدمة في تشخيص المواد النانوية
II-1- الأجهزة المستخدمة في توصيف المواد النانوية..... 31
II-1-1-المجاهر الإلكترونية..... 31
II-1-1-1- المجهر الإلكتروني الماسح (SEM) 31
II-1-1-2- الميكروسكوب الإلكترون النافذ Transmission Electron Microscope:(TEM) 33
II-1-2-مجاهر المسبار الماسح: 35
II-1-2-1- المجهر الماسح النفقي (STM): 35
II-1-2-2- جهاز القوة الذرية AFM: Atomic Force Microscopy..... 37
II-1-2-3- مجهر الليزر الماسح (LSM) 39
III الفصل الثالث: تقنيات تحضير المواد النانوية
III-1- طرق تحضير المواد النانوية..... 41
III-1-1- الطرق الفيزيائية : 42
III-1-1- التكثيف بالغاز الخامل (IGC)..... 42
III-1-2-الترسيب الفيزيائي للبخار (PVD) 43
III-1-3-طريقة الترذيذ والتبخير بالبلازما..... 44

III-1-1-4- طريقة التحضير بالميكروويف: 44
III-1-2- الطرق الكيميائية : 45
III-1-2-1- الترسيب الكيميائي للبخار (CVD)..... 45
III-1-2-2- عملية ترسيب طبقة ذرية ALD 47
III-1-2-3-التكثيف الكيميائي للبخار (CVC) 48
III-1-2-4- طريقة هلام المحلول لتحفيز مواد نانوية 48
III-1-2-5- طريقة الترسيب الكهربائي : Electrodermonition 50
III-1-3-: الطرق الميكانيكية 50
III-1-3-1- طريقة الطحن بالكرة عالية الطاقة: 51
III-1-4- تحضير المواد النانوية بالطرق البيولوجية 52
TV الفصل الرابع : تطبيقات تقنية النانو
IV - المقدمة..... 53
IV -1- المجال الطبي..... 53
IV-1-1 في العمليات الجراحية..... 54
IV-1-2 البيئة الدقيقة للورم: (TME) 54
IV-1-3في علاج السرطان..... 56
IV-1-4 مولدات النانو الحيوية..... 56
IV-1-5 تطلعات تقنيه النانو في المجال الطبي..... 57
IV-1-6 تطبيق تقنية النانو في الأمراض الجلدية والتجميل 57
IV-2 تطبيق النانو في طبالأسنان:..... 58
IV-2 -1 تقنية النانو في زراعة الأسنان..... 58
IV-2-2 التخدير النانوي(Nanoanesthesia) : 59
IV-2-3 معاجين الأسنان النانوية Nanorobotic dentifrices dentifrobots 59
IV-2-4 صناعة الأسنان بتقينة النانو(Nanocomposites artificial teeth) 59
IV-2 -5 الكبسولات النانوية (Nanoencapsulation) 59
IV-2 -6 تقنية النانو للوقاية من تسوس الأسنان..... 60

IV-3-2 صناعة النفط والغاز :..... 61
IV-3-3 الصناعات الثقيلة في الفضاء: 61
IV-3-4 صناعة الدهانات والصبغات :..... 61
IV-3-5 صناعة الملابس والأقمشة: 61
IV-4 مجال الزراعة..... 61
IV-5 معالجة المياه 64
IV-6 المجال العسكري 65
IV-7 مجال الطاقة..... 68
IV-7-1 زيادة كفاءة إنتاج الطاقة 68
IV-7-2 طلاء الطاقة النانوي : Energy Coating..... 70
IV-7- 3 - تطبيقات تقنية النانو في مجال الإضاءة Nanotechnology in lighting 70
IV-8- أخطار استخدام تقنية النانو. 71

فهرس الاشكال والصور

عنوان	الصفحة
الفصل الأول :عموميات حول تقنية النانو	
(الشكل I-1): الاناء الاغريقي ليكوروجز	2
(الشكل I-2):السيف الدمشقي	2
(الشكل I-3):صف أفقي ل13 ذرة هيدروجين يساوي تقريبا 1 نانونتر	6
(الشكل I-4): مقادير مقاييس أبعاد أشكال معروفة	7
(الشكل I-5): مخطط توضيحي يمثل ربط تقنية النانو لمختلف المجالات	10
(الشكل I-6): رسم تخطيطي يوضح زيادة المساحة السطحية للأجسام النانوية بدلالة تغير الحجم	11
(الشكل I-7): بئر كمومي أحادي البعد	12
(الشكل I-8):	13
(الشكل I-9):	15
(الشكل I-10): صورة توضح تغير لون نانو الذهب	19
(الشكل I-11): مخطط تصنيف بعض المواد النانوية حسب أبعادها	21
(الشكل I-12): غشاء رقيق أحادي البعد النانوي	21
(الشكل I-13): أسلاك نانوية	22
(الشكل I-14): صورة لألياف نانوية تشبه تشكيلة الأعصاب الدماغية	22
(الشكل I-15):صورة أنابيب الكربون النانوية	23
(الشكل I-16): صورة كرات البوكي	23
(الشكل I-17): النقاط الكمية (quantum dots)	24
(الشكل I-18):صورة توضح التشابه المرفولوجي بين جزيء الفولورين وكرة القدم	25
(الشكل I-19): صورة توضحية كريات نانوية	25
(الشكل I-20):صورة توضح مختلف اشكال أنابيب الكربون النانوية	27
(الشكل I-21): صورة مأخوذة بالميكروسكوب لليف نانوي	28
الفصل الثاني: التقنيات و الأجهزة المستخدمة في تشخيص المواد النانوية	
(الشكلII -1):صورة ثلاثة الابعاد مأخوذة بالمجهر الالكتروني الماسح (SEM)	31
(الشكل II -2): رسم تخطيطي للمجهر الماسح الالكتروني	32
(الشكل II -3): صورة حقيقية للمجهر الالكتروني الماسح	32
(الشكل II -4): مخطط يوضح مكونات المجهر الإلكتروني النافذ	34
(الشكل II -5): رسم تخطيطي لمكونات المجهر النفقي الماسح	36
(الشكل II -6): صورة لجهاز AFM و طريقة عمله	38
الفصل الثالث :تقنيات تحضير المواد النانوية	
(الشكل III -1): مخطط يوضح النهجين المتبعين في تحضير المواد النانوية	42
(الشكل III -2): مخطط عملية الترسيب الفيزيائي للبخار	43
(الشكل III -3): مراحل تشكيل طبقة ثاني أكسيد الألمنيوم انطلاقا من TMA و H2O (عملية ترسيب طبقة ذرية)	47
(الشكل III -4): أنواع المحاليل المتشكلة خلال تقنية هلام _ المحلول	48
(الشكل III -5): مخطط يوضح مراحل تقنية هلام _ المحلول	48

(الشكل III -6): مخطط تقنية الترسيب الكهربائي	49
(الشكل III -7): رسم تخطيطي لمطحنة الكرة عالية الجودة	51
الفصل الرابع: تطبيقات تقنية النانو	
(الشكل IV-1): رسم تخطيطي يوضح كيفية استخدام الجسيمات النانوية لعلاج السرطان	56
(الشكل IV-2): روبوت الي بمحرك نانوي	67

فهرس الجداول :

عنوان	الصفحة

الفصل الأول :عموميات حول تقنية النانو	
(جدولI -1): مراحل تطور تقنيات النانو عبر التاريخ	3
(جدولI -2) جدول يوضح اجزاء ومضاعفات وحدة القياس الاساسية	6
(جدول I-3):جدول يوضح مبادئ ومميزات تقنيات النانو	9
الفصل الثاني: التقنيات و الأجهزة المستخدمة في تشخيص المواد النانوية	
(الجدول II -1): الفرق بين جهاز SEM و TEM	34
الفصل الثالث :تقنيات تحضير المواد النانوية	
(جدول III -1): الفرق بين نهج من الأعلى الى الأسفل و نهج من الأسفل الى الأعلى.	42

قائمة الرموز والاختصارات

الرمز	الاسم الكامل
TME	البيئية الدقيقة للورم Tumor-Microenvironment
EPR	Enhanced Permeability and Retention

الجسيمات الثانوية العلاجية:	NPS
التصوير بالرنين المغناطيسي Magnetic resonance imaging	MRI
الجسيمات النانوية البوليميرية Polymeric nanoparticles	PNP
الجسيمات النانوية للأجسام المضادة وحيدة النسيلة Monoclonal Anti - Bodies Nanoparticles	mAbs
جسيمات الفضة النانومترية	Ag NPs
Scanning Proble Microscopy	SPM
Scanning Tunnelling Microscopy	STM
.Atomic Force Microscopy	AFM
Scanning Electron Microscopy	SEM
Transmission Electron Microscopy	TEM
Atomic Layer Deposition	ALD
Chemical vapor deposition	CVD
..Singl wall nano. tubes	SWNT
mults wall nano tubes	MWNT
Conforcal Laser scanning microscope	CLSM
Zero-Dimensional	0D
One-Dimensional	1D
two-Dimensional	2D
three-Dimensional	3D
Quantum dots	QDs
Atomic force microscope	AFM
Confocal Laser scaming Microscope	CLSM
Selective Plane Illumination Microscopy	SPLI
Fourier transform infrared spectroscopy	FTIR

اهداء

الله لا إله إلا هُوَ نحمدُهُ وَ نستعينه ونصلي ونسلم على الحبيب المصطفى رسولنا محمد خير خلق الله

إلى روح والدتي أسكنها الله فسيح جناته.

- إلى أبي أطال الله في عمره والهمني بره ورضاه:

إلى جدتي سالمة شهلة وجدي المجاهد سالمة عمار رحمهما الله

إلى جدتى سالمة زكية وجدتي سالمة ربعية وجدي المجاهد سالمة الطيب أطال الله عمرهم

إلى إخوتي علاء الدين ، داود عمار: آدم و جاسم وخاصة كبيرهم وأوسطهم.

الى كل من علمني حرفا بداية بأمي رحمها الله وأبي ومعلمي قواسمية بشير وكل أساتذتي الكرام طيلة مسيرتي الدراسية وشكر خاص لقدوتي وأستاذتي بهلول عرفان

الى كل من كان لي سَندا

الى كل هؤلاء أهدي ثمرة نجاحي « مذكرة تخرجي » وأتمنى أن تنال إعجابهم وأن تكون مرجعا لكل طالب وصدقة على روح أمي الظاهِرَةِ الزكية .

شكر وتقدير

الحمد لله حمدا كثيرا حتى يبلغ الحمد منتهاه. الحمد لله الذي وفقنا في إتمام مذكرة التخرج و ألهمنا الصحة و العافية و الصلاة و السلام على أشرف مخلوق اصطفاه الله

أما بعد أتقدم بكامل الشكر و التقدير إلى المدرسة العليا للأساتذة _ سكيكدة_

و كل العاملين فيها من العميد إلى البواب و بالأخص قسم الفيزياء و الكيمياء

و رسالة شكر للأستاذ المشرف الدكتور بركات بوعوينة على المجهودات المبذولة .

كما أتقدم بالشكر إلى أعضاء لجنة المناقشة الموقرة .و ديوان تقدير للأستاذ خريف عبد المالك نصر الدين و الأستاذة صغيري و جميع الأساتذة .

و تقدير كبير للإداري الملقب عزيز. دون أن ننسى جميع هياكل متوسطة الجديدة المحولة جلالي بالشريعة ولاية تبسة من أساتذة و إداريين و تلاميذ و عمال

مقدمة عامة.

يشهد عالمنا عدة تغيرات تقنية في الأونة الأخيرة فنحن في عصر يعرف بعصر التكنولوجيا، وتعد تقنية النانو اليوم أكثر التقنيات استقطابًا، حيث تتمثل في تطبيق مبادئ الكيمياء والفيزياء والهندسة و كذلك علوم الالكترونيات والأحياء في مقياس متناهي الصغر لا يتجاوز 100nm، حيث يتم انتاج مواد متميزة تساهم في تطور شتى المجالات، وقد كان إختياري لموضوع تقنية النانو في مذكرة تخرجي لعدة أسباب من بينها نقص المراجع التي تتناول هذا الموضوع خاصة باللغة العربية إضافة إلا أن هذه التقنية لاتزال مجهولة لدى الكثير على الرغم من أهميّها . ففي هذا البحث سنتطرق الى معرفة تاريخ تقنية النانو و الإجابة عن الكثير من المشكلات أهمها : ما هي تقنية النانو ؟ وما هي المبادئ التي تميز هذه التقنية؟ ما مفهوم المادة النانوية؟ وكيف يتم تصنيفها ؟ وماهي الاجهزة المستخدمة لتصنيفها ؟ وأهم شيء كيفية وتقنيات تحضير هذه المواد ؟ وماهي مجالات تطبيقها؟

و للإجابة على هذه التساؤلات تُقدم عملنا هذا في أربعة فصول نبدأها بمقدمة عامة. ثم في الفصل الأول نتطرق الى عموميات حول تقنية النانو و في الفصل الثاني : بنية للمواد النانوية والأجهزة المستعملة في توصيفها ثم تقنيات تحضير المواد النانوية في الفصل الثالث و أخيرا تطبيقات تقنية الناتو. وخاتمة.

الفصل الأول:

عموميات حول تقنية النانو

I. تمهيد :

لقد تحدثت العديد من الأفلام السينمائية عن المركبات المصغرة التي يتم حقنها في الدم، حيث كانت تبدو ضرب من الخيال أو مستحيلة لكن من خلال بروز علم جديد و تقنية جديدة أصبح من الممكن صنع سفن فضائية بحجم الذرة لها القدرة على الغوص في جسم البشر للقيام بعملية جراحية دون جراحة ، بالإضافة إلى التدخل في صناعة الموجات الكهرو مغناطيسية و بمجرد التماسها بالجسم يمكن إخفائه كما تتمكن من صنع طائرة بحجم البعوضة وسيارة بحجم الحشرات ، كذلك صناعة الزجاج الغير الموصل بالحرارة والمقاوم للأتربة ، صناعة أقمشة مقاومة للماء وتسمح بتهوية العرق و صناعة خلايا أقوى من خلايا الدم ب 200 مرة .

I-1- تاريخ تقنية النانو:

يعود استخدام تقنية الناتو إلى الحضارة الإغريقية و الحضارة الصينية في صناعة الزجاج ولعل الإناء الإغريقي الشهير " ليكوروجز" المطرز من الذهب والفضة و الموجود في المتحف البريطاني والمصنوع من جسيمات نانو الذهب المختلطة بالزجاج أحد أهم وأقدم التطبيقات لتقنية النانو حيث يغيّر لونة من الأخضر إلى الأحمر تبعا لزاويةٍ سُقوط الضوء عليه[1].

(الشكل I-1): الاناء الاغريقي ليكوروجز

كما أن السيف الدمشقي المعروف بصلابته ومرونته يعد أحد أقدم التطبيقات لتقنية النانو حيث أشار فريق من العلماء بجامعة " رزدن التقنية بألمانيا إلى أن انابيب الكربون النانوية كانت أحد مكونات السيوف الدمشقية وقد صنعت هذه السيوف من فولاذ مصنوع في الهند أطلق عليه اسم " الووتز wootz " يحتوي على تراكيب لأنابيب بأحجام نانوية ما يكسبه الصلابة وخفة الوزن [2].

(الشكل I-2):السيف الدمشقي

في عام 1867 م ، تخيل العالم الفيزيائي ماكسويل وجود مخلوقا ذريا يحرس بواية ذرية تفصل بين وعائين يحتويان على غاز، ويقوم بتنظيم جزئيات الغاز بواسطة منع ذرات الغاز النشطة من اختيار البوابة والسماح للذرات الأقل نشاطا بعبورها ومن هنا جاءت فكرة التحكم في الذرات وتغير أماكنها [2].

كل هذه التطبيقات كانت غير مقصودة ولم تعرف باسم تقنية النانو ولم يبدأ الاهتمام بتقنية النانُو إلَّا في سنة 1990 م [4]، لكن العالم ريتشارد فينمان تنبأً بظهور تقنية النانو خلال محاضرته الشهيرة التي ألقاها في معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا في 29 ديسمبر 1959م تحت عنوان "هناك كثير من الغرفة في القاع" [1] وهذا الجدول يوضح مراحل تطور تقنية النانو عبْرَ التاريخ:

(جدولI -1): مراحل تطور تقنيات النانو عبر التاريخ

السنة	التطور في تكنولوجيا النانو.
1959	بدأ R. Feynman عملية التفكير [4]
1974	تم استخدام مصطلح تكنولوجيا النانو من قبل تانيجوشي لأول مرة. [4]
1976	اخترع العالم الفلسطيني منير نابغة طريقة ليزرية تسمى "التأمين الرنيني " وكانت كإجابة لنظرية ريتشارد فينمان . [2]
1981	مجهر IBM Scanning Tunneling Microsopo [4]
1985	اكتشاف العالمان هونمان وكرانشمان "لكرة البوكي" C_{60} [4]
1986	تم صنع شعار IBM باستخدام ذرات فردية [4]
1990	اكتشافه الباحث " ليه كانهام" الخواص البصرية للسيليكون النانوى
1991	اكتشاف العالم S.Ijma أنبوب الكربون الثانوي لأول مرة[4]
1992	كتب منير نابغة بالذرات أصغر خط في التاريخ حرف "P" وبجانبه قلب تعبيرا عن حبه لفلسطين[2]
1996	اكتشاف العالم "ريتشارد" سماع للفوليرينات C_{60}. [2]
1999	تم نشر أول كتاب من الطب النانوي في من تأليف R.Fritas بعنوان" Nanomedicine " [4]
2000	لأول مرة تم إطلاق المبادرة الوطنية الصنية[4]
2001	من أجل تطوير نظرية الأجهزة الالكترونية ذات المقياس النانوي ولتركيب وتوصيف الأنابيب النانوية الكربونية والأسلاك النانوية ثم منح جائزة فينمان في تقنية النانو[4]
2002	منح جائزة Feynman في تقنية النانو لاستخدام الحمض النووي لتمكين التجميع الذات للهياكل الجديدة و لتعزيز قدرتها على نمذجة أنظمة الآلات الجزيئية[4]

2003	منحت جائزة Feynman في تقنية النانو لنمذجة الهياكل الجزئية والإلكترونية للمواد الجديدة ولدمج المحركات البيولوجية الجزيئية الأحادية مع أجهزة السيليكون النانوية[4]
2004	تم عقد أول مؤتمر سياسي حول تكنولوجيا النانو المقدمة ، تم إنشاء أول مركز للأنظمة الميكانيكية النانوية، تم منح جائزة Feynman في تقنية النانو لتصميم هياكل بروتينية مستقرة وبناء إنزيم.، اكتشاف وتطوير العالمان "أندريه غيم" و "كونستانتين نوفو سيلون" لمادة ثانوية تدعى الكرافين. [4]
2005- 2010	تم تجهيز أنظمة النانو ثلاثية الأبعاد مثل الروبوتات والشبكات ثلاثية الأبعاد و منتجات النانو [4]
2011	بدأ عصر تقنية النانو الجزئية . [4]

I-2- أهم رواد تقنية النانو [5]:

- **ريتشارد فيمان:** عالم فيزيائي أمريكي تحصل على جائزة نوبل في الفيزياء سنة 1965. وفي عام 1959 ألقى محاضرته الشهيرة ذات العنوان (هناك الكثير من الغرفة في القاع) ، حيث بين حينها ان المادة عندما يصغر مقاسها تتصرف بشكل مغاير وبذلك يميكن تعديل صفاتها مع أنه لم يشر الى مصطلح تقنية النانو لكنه كان بشير إلى دور هذه التقنية و المستقبل.
- **ارثر أوهلي:** كان باحث في مختبرات يل الأمريكية للهواتف في عام 1956 كان يجري بحوثا حول الطلاء والصقل الكهربائي لعنصري السيليكون والجرمانيوم فلاحظ ظهور بقع صفراء ذهبية اللون على شريحة السيليكون عند تسليط تيار أقل من التيار اللازم للقشط . لم يهتم بما حدث و سجلها في سجل ملاحظات مختبرات بل وفي نهاية ثمانينات القرن الماضي تبين أن تلك البقع هو تركيب السيليكون الإسفنجي النانوي الشهير الآن، كما باتت تعرف هذه الطريقة بطريقة القشط الكهربائية-الكيميائية للحصول على التراكيب النانوية.
- **ليوا بيساكي:** عالم فزيائي ياباني في عام 1969م اقترح تصنيع تراكيب نانوية من مواد شبه موصلة ، وكذلك تشع شبكات شبه موصلة متناهية في الصغر.
- **نوريوتا نكثي:** عالم ياباني أطلق مصطلح تقنية النانو لأول مرة عام 1974 لم يكن لهذا المصطلح حينها دلالة على تقنية مستقلة وإنما أطلق على ورقة علمية مقدمة لمؤتمر الجمعية اليابانية للهندسة الدقيقة.
- **جيبره بينيك وهنريك رورمر:** وهما عالمان سويسريان اخترعا المجهر النفقي الماسح (STM) عام 1981م حيث تم تصوير وتحريك الذرات لأول مرة بواسطيه.

- **اريك دريكسلر** :عالم رياضيات أمريكي ويعتبر المؤسس الحقيقي لتقنية الناتو. مؤلف الكتاب الشهير (محركات التكوين) عام 1986م الذي وصف فيه صورة عن المركبات الثانوية.
- **ليه كانهام** : كان باحثا في وكالة الدفاع الانجليزية . وفي عام 1990 اكتشف أن السيليكون الإسفنجي النانوي الذي يحضر بالطريقة الكهربائية – الكيميائية يمكن ان يبعث إشعاع مرئي. على خلاف السيليكون الاعتيادي. بسبب تغير حجمه.
- **سوميوايجيما** : العالم الياباني الذي اكتشف انابيب الكربون النانوية سنة 1990 م .
- **ريتشارد سمالي:** اكتشف مع العالمين هارولد كرونتور روبرت كيرل الفوليرينات، وحصلوا على جائزة نوبل عام 1996 عن هذا الاكتشاف .
- **أندرية غيمر وكونستانتين نوفوسيلوف:** عالمان روسيان طورا مادة نانوية تدعى الكرافين ثنائية الابعاد على شكل سداسي عام 2004م. وقد حازا على جائزة نوبل سنة 2010.
- **الكرافين :**

مادة عبارة عن صفيحة بطول 50 ذرة وعرض ذرة واحدة ، ولها صفات فريدة من الصَّلابَة وقلة السمك إضافة إلى السعر المناسب مما يجعلها منافس قوي للسيليكون في عالم الإلكترونيات .

I-3-تصنيف أجيال علم الالكترونيات: [1]

تعتبر تقنية النانو آخر جيل ظهر في علم الالكترونيات فقبل الوصول لتقنية النانو ظهرت العديد من الاختراعات والتي صنفت ضمن أجيال كالاتي :

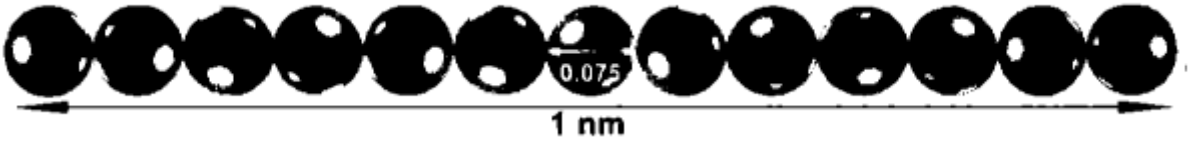
- **الجيل الأول** : استخدام المصباح الالكتروني.
- **الجيل الثاني** : اكتشاف الترانزستور.
- **الجيل الثالث** : استخدام المدارات التكاملية.
- **الجيل الرابع** : استخدام المعالجات الصغيرة (Micro processor).
- **الجيل الخامس** : ظهور تكنولوجيا النانو وتوسع مجالات استخداماتها .

I-4- مفهوم مصطلح النانو :

النانو Nano كلمة مشتقة من الكلمة الإغريقية " نانوس"، وتعني القزم ويقصد بها كل شيء صغير، ونقعد بها في دراستنا هذه المواد المتناهية في الصغر أو التكنولوجيا المجهرية الدقيقة. [14]

I-5-مفهوم مقياس النانومتر :

وحدة لقياس طول الأجسام الصغيرة جدا لا ترى بالعين المجردة ، تستخدم عادة للتعبير عن أبعاد أقطار ومقاييس الذرات والجزئيات والخلايا و الجسيمات المجهرية والمركبات الكيميائية والطول الموجي في المجال المرئي بين(350nm −700 nm) حيث $1nm = 10^{-9}$ وقد تم اختراع نظام القياس هذا من طرف العالم غابريل موتن و رمزه NM وللمقارنة فإن النانومتر الواحد يساوي تقريبا طول صف مكون من 13 ذرة هيدروجين متراصة جنبا لجنب [13].



(الشكل I-3):صف أفقي ل13 ذرة هيدروجين يساوي تقريبا 1 نانونتر

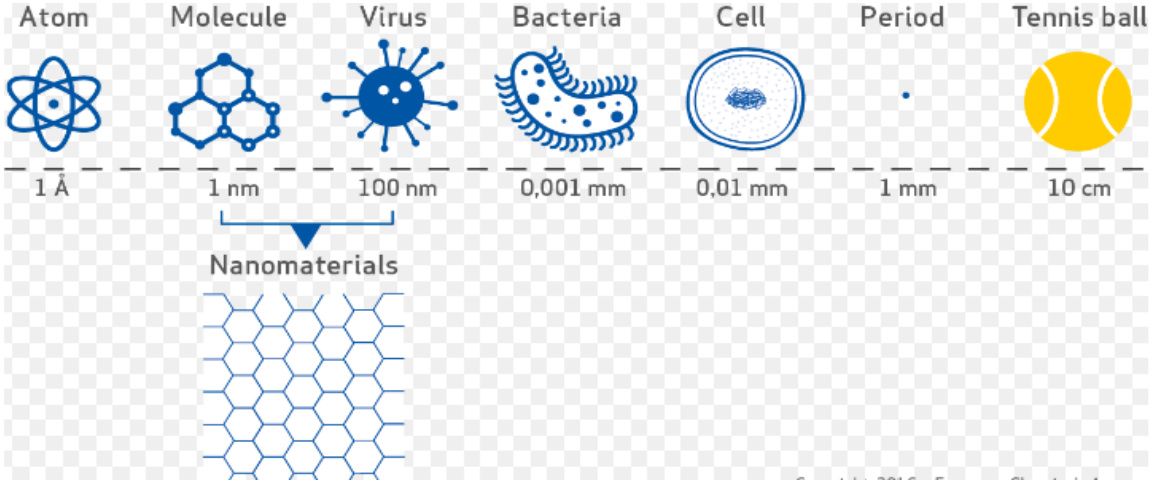
(جدولI -2) جدول يوضح اجزاء ومضاعفات وحدة القياس الاساسية

الرمز	الإسم	القيمة	الرمز	الإسم	القيمة
Y	yotta	10^{24}	d	deci	10^{-1}
Z	zetta	10^{21}	c	centi	10^{-2}
E	Exa	10^{18}	m	milli	10^{-3}
P	peta	10^{15}	µ	micro	10^{-6}
T	Tera	10^{12}	n	nano	10^{-9}
G	giga	10^{9}	p	pico	10^{-12}
M	mega	10^{6}	f	femto	10^{-15}
k	kilo	10^{3}	a	atto	10^{-18}
h	hecto	10^{2}	z	zepto	10^{-21}
da	deka	10^{1}	y	yocto	10^{-24}

أمثلة لنتخيل مدى صغر ودقة النانومتر. [12]

- قطر حبة الرمل يبلغ 106 نانومتر تقريبا .
- قطر جزيء الماء يساوي 5,3 تقريباً نانومتر.
- قطر الذرة الواحدة بين 0,3 و 0,1 نانومتر تقريبا .
- سمك ذرة هيدروجين يساوي 0.076 نانومتر تقريبا.

- النسبة بين 1 نانومتر و قطر كرة التنس يساوي تقريبًا النسبة بين قطر كرة التنس و قطر الكرة الارضية.



(الشكل I-4): مقادير مقاييس أبعاد أشكال معروفة

I-6- مفهوم علم النانو Nano science :

هو علم يهتم بدراسة الخواص المختلفة للمادة(الميكانيكية ، البصرية، الكيميائية ، المغناطيسية.... الخ) عندما تكون أبعادها أو أبعاد حبيباتها في المستوى النانوي و كذلك طرق تشخيصها و إنتاجها من خلال التحكم الدقيق في الذرات و الجزيئات المكونة للمادة و إعطاء مواد جديد تسمى المواد النانوية أكثر نقاوة و صلابة و أكثر دقة فليست الغاية من علم النانو تغيير حجم المادة و إنما تغيير خصائصها و الإنتقال من الفيزياء الكلاسيكية إلى فيزياء الكم و بالتالي تطوير مختلف التطبيقات التكنولوجية و تحسين الأداء في مختلف المجالات[4].

I-7- أهمية علم النانو: [4]

ان المقياس النانوي أو" Nano scale " يفتح أبوابا جديدة للفهم والتحكم في معظم الخصائص المادية والصلابة ودرجة الانصهار التي تعتمد على الحجم بشكل مختلف في أي مقياس آخر أكبر من النانو ، فالسلك أو الموصل في حجم النانو ليس من الضروري أن يتبع قانون أوم الذي معادلته مرتبطة بالتيار والجهد والمقاومة ، حيث يعتمد على مبدأ تدفق الإلكترونات في السلك مثل تدفق الماء في النهر و بما أن عرض السلك ذرة واحدة فإن الالكترونات تستطيع المرور عبره الواحدة بعد الأخرى ، ان فهم مبادئ الفيزياء و الكيمياء والكهرباء

بالإضافة إلى الاهتمام بالمقياس النانوي أمر أساسي لفهم العلوم النانوية بشكل عام وسلوك المواد على المستوى النانوي .

I-8- تعريف تقنية النانوNT :

تقنية النانو يقصد بها عملية تطبيق مبادئ وأساسيات الكيمياء والفيزياء وعلوم الالكترونيات والقياس والهندسة لإنتاج مواد يتم تطبيقها لإنتاج مواد و آلات مفيدة عند المقياس النانوي بين 1 نانومتر و 100 نانومتر من خلال التحكم في المادة على المستوى الذري والجزيئي وتغيير مواضع الذرات والجزئيات وكسر وإضافة روابط جديدة و بالتالي القدرة على إنتاج أي مادة في هذا الكون في المقياس النانوي حيث تكسب هذه الأخيرة خصائص فريدة من نوعها. [1]

و هناك مجموعة من التعاريف الاخرى لتقنية النانو حيث تختلف التعاريف باختلاف التعامل مع هذه. التقنية و لتفادي الاختلاف في تعريف هذه التقنية تم انشاء لجنة علمية في أمريكا لوضع تعريف موحد لعلم و تقنية النانو وهي لجنة National Nano technology Initiative وتوصلوا إلى هذا التعريف:

Nano Technology encompasses scientific engineering, and technological endeavors Focused on the nanoscale, typically ranging from 1 to 100 nanometers in size

•Nanoscience and nanotechnology deal with understanding and matter at the nanoscale, which is on the order manipulating of indeed have off locations in various fields like chemistry, biology, physics, materials Science, and engineering, enabling advances in medicine, elections electronics energy, and more[2] .

يمكننا القول الآن أن :

تقنية النانو هي عبارة عن استخدام المبادئ و المفاهيم العلمية وهندستها لإنتاج مواد وآلات مفيدة عند مقياس النانومتر مما يتيح لنا التحكم المباشر في الذرات والجزئيات والمواد على المستوى الذري ، كما تسمح التقنية بدراسة و قياس خصائص المواد على المستوى النانومتري نظرا لصغر حجمها، بالإضافة إلى تطوير تطبيقاتها في مجموعة واسعة من المجالات العلمية والحياتية [3].

I-9- مبادئ تميز تقنية النانو[2]

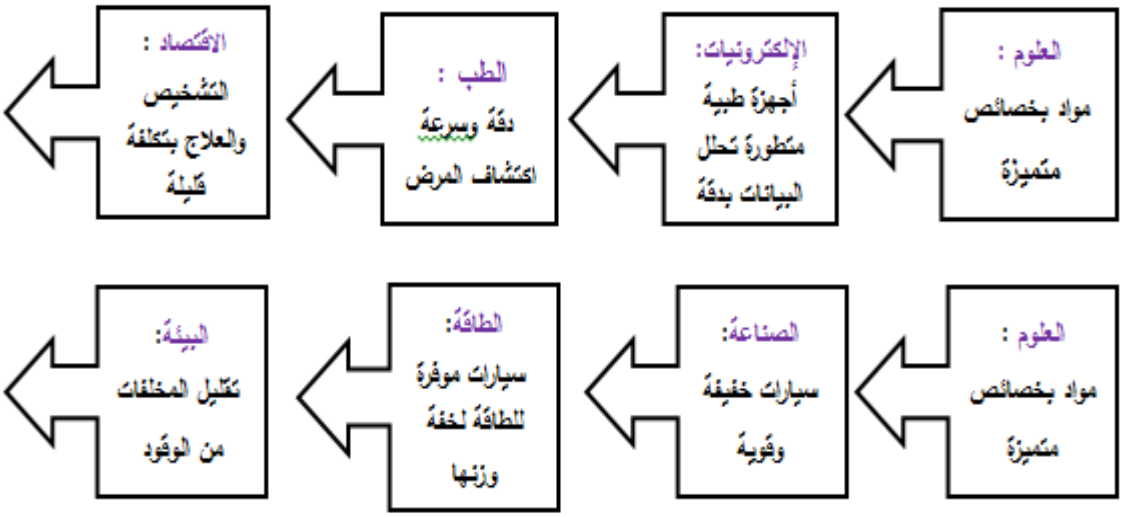
مبادئ تقنية النانو ومميزاتها الفريدة من نوعها جعلتها محل اهتمام العلماء فليس الهدف من هذه التقنية تقليص الحجم وانما غايات أخرى ، فلماذا نحتاج الى الوصول للحجم النانوي؟ " وهو السؤال الذي طرحه العالم الفيزيائي ريتشارد فينمان وأجاب عنه العالم الفلسطيني منير نابغة . وهذا الجدول يلخص أهم مبادئ تقنية النانو وفوائدها :

المبدأ	الفـــــــــائدة منه
التمكن من استخدام مختلف الأجهزة لتغيير مواضع الذرات و اعادة ترتيبها.	إمكانية بناء أي مادة في الكون باعتبار الذرة الوحدة الأساسية لبناء المادة
الخصائص الفيزيائية الكهربائية الميكانيكية الحرارية ... الخ " والكيميائية للمادة النانوية تختلف عن خصائصها في حجمها الطبيعي .	تحسين الأداء والمردود في العديد من المجالات بسبب الخصائص المميزة للمادة النانوية كالناقلية الصلابة ... الخ .
– تعددت فروع تقنية النانو فقد شملت الفيزياء الكيمياء والأحياء والهندسة الكهربائية والإلكترونية.	تربط العلوم وتجمع مختلف الأفكار والتخصصات العلمية فتزيد من امكانية البحث وهذا المجال والابتكار والتعاون بين أهل الاختصاصات العلمية
إمكانية التحكم بالذرات وصناعة مواد دقيقة وتنقية الآلات من الشوائب وتخليصها من العيوب .	تحسين الجودة والمردود بالمقابل تقليص الحجم بالإضافة للحفاظ على الآلات وجعلها أقل استهلاكا للطاقة.
تعتمد تقنية النانُو عَلَى الأبحاث العلمية التطبيقية.	تحول الخيال العلمي الى واقع.

(جدول I-3):جدول يوضح مبادئ ومميزات تقنيات النانو

أمثلة تميز تقنية النانو [2]:

- يعتبر السليكون مادة شبه موصلة للكهرباء ، ولكن فيما بعد تم اكتشاف أن طبقات السيليكون النانوية قادرة على توصيل الكهرباء و تنطبق هذه الميزة على جميع أشباه الموصلات وأيضا العوازل حيث تصبح ناقلة في المقياس النانوي .
- السيليكون مادة معتمة غير مناسبة لإصدار أشعة الليزر ولكن تقنية النانو تمكن العلماء من صناعة السيليكون النانوي الذي له القدرة على إصدار أشعة الليزر، وكان لهذا الاكتشاف دور كبير في تطور الالكترونيات من خلال دمج الليزر في الأجهزة الإلكترونية في رقاقة سيليكون واحدة، فيتحسن الأداء وتنخفض التكلفة .
- تتميز تقنية النانو بربطها لمختلف المجالات فتطور مجال ما يؤدي الى تطور مجال آخر و دراسة مجال ما تؤدي لدراسة مجال آخر مثال توضيحي :-



(الشكل I-5): مخطط توضيحي يمثل ربط تقنية النانو لمختلف المجالات

I-10- تعريف المواد النانوية : [4]

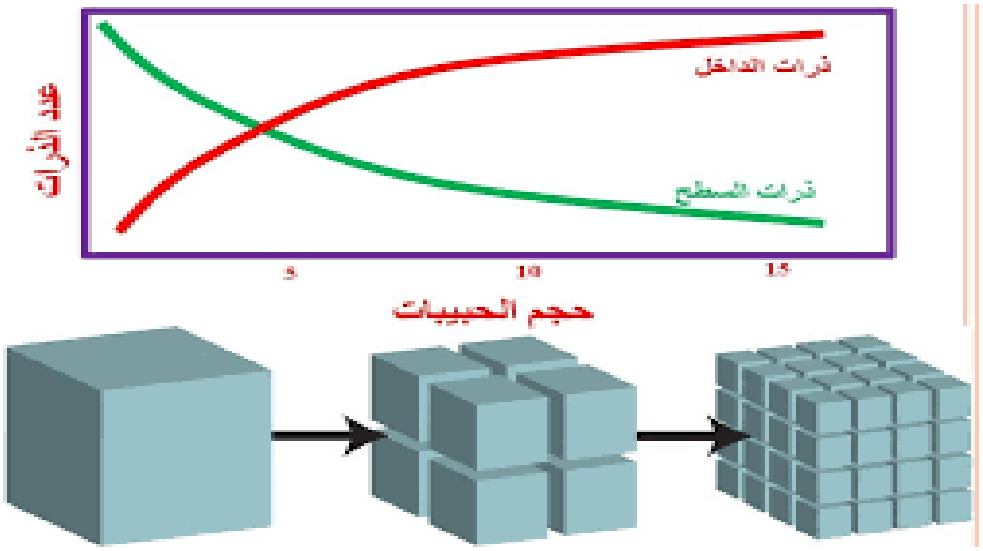
هي مواد يتم انتاجها بحيث تكون مقاييس أبعادها أو أبعاد حبيباتها محصورة في النطاق من 1 نانومتر الى100 نانومتر . هذا الحجم المتناهي في الصغر يكسبها خواص فريدة من نوعها وتتنوع هذه الأخيرة من حيث المصدر والشكل و مقاييس أبعادها و كذالك طرق تحضيرها.

I-11- أهمية المواد النانوية : [6]

المادة عندما تكون في الحجم النانوي المحصور بين 1 nm – 100 nm تكون ذات خصائص جديد ذات أهمية عالية و يعود ذلك لسببين أساسيين هما :

مساحة السطح – تأثير الكم.

لتوضيح أهمية مساحة السطح في المواد النانوية لنتخيل مكعب طول ضلعه 2cm يكون حجم المكعب ^{3} 8cm والمساحة الكلية لأوجهه 32 cm^2 وعند تقسيم هذا المكعب لجزئيين فان مساحة أسطحه تساوي 24 cm^2 مع بقاء الحجم ثابت فماذا يحدث لو قسم هذا المكعب لمليون جزء ؟ وكم عدد الذرات التي ستصبح على السطح ؟



(الشكل I-6): رسم تخطيطي يوضح زيادة المساحة السطحية للأجسام النانوية بدلالة تغير الحجم

وبالنسبة لتأثير الكم من الواضح أن هذه المواد لم تعد تخضع لقوانين الفيزياء الكلاسيكية لأبعادها المتغيرة التي تقترب من الأبعاد الذرية لذا فإنها تخضع لقوانين فيزياء الكم والذي ينعكس على خواصها.

إذا كانت الأبعاد هي أبعاد نانوية أي أن عرضه البئر الكموني محصور في المقياس النانوي (100nm– 1nm) يكننا استخدام الحصر الكمي لتحليل طاقة النزع بأخذ صندوق ثلاثي الأبعاد النانوية، يمكن الحصر الكمي الالكترونات محصورة في منطقة صغيرة من نفس أطوال الموجة المرافقة للإلكترون فيكون الإكيستون أي الثنائية " الالكترون – الفجوة" محصورة في بئر كموني أي يكون حجم البلوة النانوية مقارب لجسم الإكسيون كلما صغر حجم البلورة النانوية كلما كانت فجوة الطاقة في المادة أكبر فيصبح الإنبعاث أكثر زُرْقَة في أشباه الموصلات المكونة للنقاط الكمية كلما صغر حجم الجسم النانوي للبلورات كلما زادت الطاقة بين نطاق التوصيل و نطاق التكافؤ.

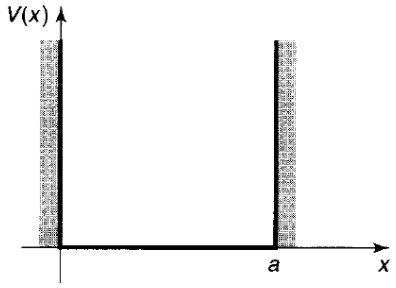
I– 12– الحصر الكمي: (Quantum Confinement) [6]

المركبات النانوية هي مركبات ميكروسكوبية تخضع لميكانيك الكم، حيث تعمل التركيبة النانوية لها كحواجز وابار كمونية تحجز بداخلها الالكترونات بطاقات معينة، في نطاق صغير جداً لدرجة أن خصائصها الالكترونية والبصرية تختلف عن تلك في المواد الأكبر، تخضع لكمون يسمى كمون الحجز بحيث تكون الالكترونات في هذه الابار الكمونية في حالات ارتباط كمي. خصائصها الالكترونية والبصرية تختلف عن تلك في المواد الأكبر. هذا الحصر ينتج عنه تغيرات في مستويات الطاقة والفجوة بينها، مما يؤدي إلى خصائص جديدة في النقاط الكمية.

يتم ملاحظة أثر الحصر الكمي عندما يكون قطر المادة من نفس مرتبة طول موجة دي بروي الموافقة للإلكترون، حيث تعتمد الفجوة بين مستويات الطاقة على الحجم. كلما نقص الحجم زاد البعد بين المستويات الطاقية، مما ينتج عنه ترددات اعلى، وبالتالي طاقة عالية يميل فيها الاصدار نحو الازرق بسبب البعد بين السويات الطاقية.

ابسط مثال للحواجز الكمية هي حجز الكترون في بئر احادي البعد، نقوم بدراسة حركة إلكترون في بئر كمون لانهائي حيث يكون الكمون معدوم داخل البئر ولانهائي خارجه يكتب الكمون من الشكل:

$$V(x) = \begin{cases} 0 & 0 \le x \le a \\ \infty & \text{في المناطق الأخرى} \end{cases}$$



(الشكل I-7): بئر كمومي أحادي البعد

خارج البئر تكون دالة الموجة معدومة وكذلك احتمال تواجد الإلكترون، بينما داخل البئر يكون الإلكترون حرّ، بمأنّ الكمون معدوم تعطى معادلة شرودينغر المستقلّة عن الزّمن.

$$-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{d^2\psi(x)}{dx^2} = E\psi(x)$$

يمكن كتابتها على النحو التالي:

$$\frac{d^2\psi(x)}{dx^2} = -k^2\psi(x), \qquad avec\ k^2 = \left(\frac{2mE}{\hbar^2}\right)^{1/2}$$

باعتبار $E \ge 0$ يكون الحل من الشكل:

$$\psi(x) = A\,sin(kx) + Bcos(kx)$$

A, B ثوابت تحدّد من الشروط الحدّية، استمرارية الدالة $\psi(x)$ تعطينا

$$\psi(0) = \psi(a) = 0$$

$$\psi(0) = A\,sin(0) + Bcos(0) = B$$

ومنه

$$\psi(x) = A\sin(kx)$$

عند $x = a$

$$\psi(a) = A\sin(ka)$$

بمأنّ $A \neq 0$، فإنّ:

$$\sin(ka) = 0$$

$$ka = 0\,, \pm\pi, \pm 2\pi, \pm 2\pi, \ldots$$

$$ka = n\pi$$

$$k_n = \frac{n\pi}{a}\; n = 1, 2, 3, \ldots$$

من العلاقة:

$$k = \frac{\sqrt{2mE}}{\hbar}$$

$$E_n = \frac{\hbar^2 k_n^2}{2m} = \frac{n^2\hbar^2\pi^2}{2ma^2}$$

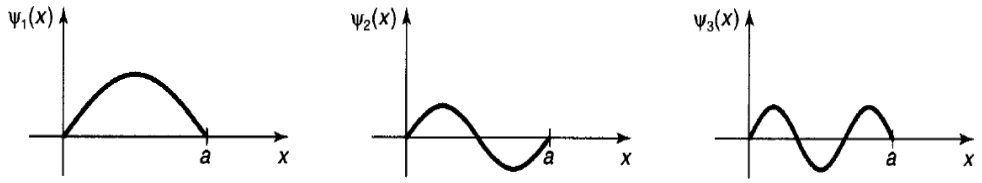
نعينA باستعمال شرط النظامية:

$$\int_0^a |A|^2 \sin^2(kx)\, dx = |A|^2 \frac{a}{2} = 1;\; \Longrightarrow\; |A|^2 = \frac{2}{a}$$

ومنه:

$$\psi_n(x) = \left(\frac{2}{a}\right)^{1/2} \sin\left(\frac{n\pi}{a}x\right)$$

الثلاث الدوال الأولى يمكن تمثيلها كما يلي:



(الشكل I-8): دوال الحالة لالكترون في بئر كموني أحادي البعد

دوال الحالة لإلكترون في بئر كمون لانهائي هي دوال متعامدة.

$$\int \psi_m^*(x)\psi_n(x)dx = \delta_{mn}$$

بحيث:

$$\delta_{mn} = \begin{cases} 0, & pour\ m \neq n \\ 1, & pour\ m = n \end{cases}$$

δ_{mn} رمز كرونيكر *delta Kronecker*.

الحصر الكمي في المواد النانوية هو مبدأ فيزيائي يصف التأثيرات الكمية المتماسكة في الهياكل النانوية الهندسية. يُستخدم ميكانيكا الكم لاستكشاف واستخدام هذه التأثيرات في المواد النانوية، مما يتيح تصميم أنواع جديدة من الأجهزة النانوية والمواد ذات المقياس النانوي.

يتميز الحصر الكمي في المواد النانوية عن الحصر الكمي في المواد الأكبر من خلال خصائصها الالكترونية والبصرية المتميزة. عندما يكون قطر المادة من نفس مرتبة طول موجة دي بروي الموافقة للإلكترون، فإنه يمكن ملاحظة أثر الحصر الكمومي. هذا ينتج عنه تغير في السويات الطاقية، حيث أن الضوء الصادر سيكون ذو طاقة أعلى (تردد أعلى) بسبب البعد بين السويات الطاقية.

I- 12-1 - الاكسيتونات:

الإكسيتونات (excitons) هي زوج من إلكترون–فجوة الموجبة تتشكل في المواد الصلبة نتيجةً لعملية امتصاص الضوء. يتم تكوين الإكسيتونات عندما يمتص الفوتون بطاقة كافية لتحريك إلكترون الى مستوى طاقوي اعلى تاركا خلفه فجوة موجبة او ثقبًا. الإكسيتون هو الحالة المرتبطة لهذا الإلكترون المثار والثقب الذي النتج عنه. وينجذب الإلكترون بشحنته السالبة نحو الفجوة الموجبة بقوة كولوم الكهروستاتيكية، ولها خصائص فيزيائية مميزة مثل القدرة على التفاعل مع المجالات المغناطيسية لانه يشكل ثنائي قطب مغناطيسي، تستخدم الإكسيتونات في تكنولوجيا النقاط الكمومية (QLED) لتحقيق عينات شبه موصلة عالية الكفاءة. تتميز الإكسيتونات في النقاط الكمية بكفاءة أعلى في نقل الشحن الكهربائية.

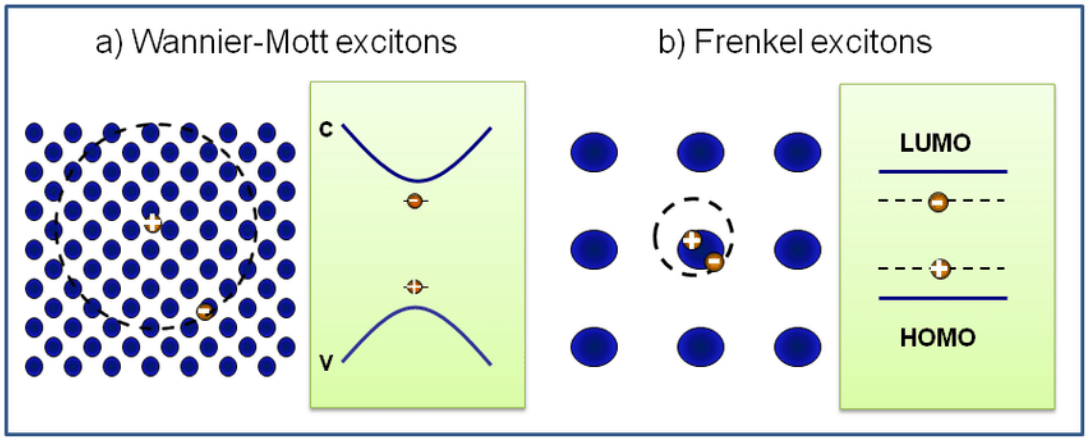
I- 12-1 -1- خصائص الإكسيتونات:

- **الارتباط:** يتفاعل الإلكترون والثقب او الفجوة عبر قوة كولوم، مشابهًا لترابط الإلكترون والبروتون في الذرة الهيدروجينية.
- **الانتقال:** يمكن أن تتحرك الإكسيتونات عبر المادة نتيجة للتفاعلات مع الجسيمات الأخرى أو الحقول الكهربائية والمغناطيسية.

- **العمر الافتراضي:** الإكسيتونات ليست مستقرة دائمًا، وقد تتفكك عند إعادة اتحاد الإلكترون مع الثقب، مما يؤدي إلى إطلاق طاقة في شكل فوتون (ضوء) أو في شكل اهتزازات شبكة (فوتونات صوتية).

I- 12-1 -2- أنواع الإكسيتونات:

- **إكسيتونات فرينكل (Frenkel excitons):** تظهر عادةً في العوازل العضوية والجزيئات الصلبة حيث يكون الترابط بين الإلكترون والثقب قويًا.
- **إكسيتونات وانيير-موت (Wannier-Mott excitons):** توجد في أشباه الموصلات، حيث يكون الإلكترون والثقب مفصولين بمسافة أكبر مقارنةً بإكسيتونات فرينكل.



(الشكل I-9): صورة تخطيطية لأنواع الاكسيتونات

I- 12-1 -3- التطبيقات واستخدامات الإكسيتونات:

1. **الطاقة الشمسية:** يمكن استخدام الإكسيتونات لتحسين كفاءة الخلايا الشمسية من خلال تحسين عمليات امتصاص وتحويل الطاقة الشمسية.
2. **الإلكترونيات الضوئية:** تُستخدم الإكسيتونات في أجهزة مثل الثنائيات للضوئية (LEDs) والليزر، حيث يمكن التحكم في انبعاث الضوء من خلال هذه الجسيمات.
3. **الدراسة الأساسية للمواد:** تتيح دراسة الإكسيتونات فهمًا أفضل لخصائص المواد الصلبة والتفاعلات بين الجسيمات المختلفة داخلها.

وغيرها من التطبيقات المهمة في المواد النانوية.

I- 13- نصف قطر بئر بور-أكسيطون (Exciton-Bohr Radius):

هو مقياس لحجم الأكسيطون، فهي مشابه لذرة الهيدروجين، حيث يكون الإلكترون والثقب هما النظيرين للبروتون والإلكترون في الذرة. لحساب نصف قطر بئر بور للأكسيطون، يمكن استخدام الصيغة التالية:

$$a_{BE} = \frac{a_0 \epsilon}{\mu}$$

حيث: a_{BE} نصف قطر بئر بور للأكسيطون.

ϵ هو ثابت العزل الكهربائي للمادة.

a_0 هو نصف قطر بور لذرة الهيدروجين (حوالي 0.529 أنغستروم).

μ هو الكتلة المخفضة للإلكترون والثقب، والتي تُحسب بواسطة العلاقة التالية:

$$\mu = \frac{m_e m_h}{m_e + m_h}$$

حيث:

m_eهي كتلة الإلكترون.

m_h هو كتلة الثقب.

نصف قطر بور للأكسيطون يمكن أن يكون أكبر بكثير من نصف قطر بور لذرة الهيدروجين بسبب اختلافات في ثابت العزل الكهربائي وكتل الإلكترونات والثقوب في المواد شبه الموصلة.

I-14-خواص المواد النانوية:

ان الاهتمام بالمواد النانوية لم يخلق عبثا وإنما لسبب اكتساب هذه المواد صفات وخصائص تميزها عن المزاد الأكبر حجما (أكبر من 100 نانومتر). حيث تكتسب خصائص إلكترونية ، مغناطيسية، و كهربائية...إلخ . على سبيل المثال تصبح المواد الخاملة محفزات مثل البلاتين ، و تصبح المواد المعتمة شفافة و تتحول المواد الصلبة إلى سوائل في درجة حرارة الغرفة مثل الذهب ،و تصبح العوازل موصلات . و يمكن تصنيف هذه الخصائص كالآتي : [6]

I- 14-1-الخواص الميكانيكية :

من بين الخواص الميكانيكية التي تتميز بيها المواد النانوية الفلزية الصلابة ومقاومة الإجهادات والأثقال الواقعة عليها ، وهذا نتيجة تغير حجمها وزيادة المساحة السطحية، كما تم اكساب المواد السيراميكية قدر كبير من المتانة والقابلية للتشكيل وتحمل الإجهادات لم تكن متوفرة في الحجم العادي ، وهذا يعني تخليق خصائص جديدة فقط بتغير الحجم دون تغير المادة . [10]

I- 14-2-الخواص الحرارية "درجة الانصهار":

كلما صغرت حبيبات المادة تقل درجة انصهارها حيث يزيد عدد الجزيئات على السطح وبالتالي تزيد مساحة سطح التلامس للمادة. [10]

I- 14-3-الخواص الكهربائية:

يؤثر حجم حبيبات المادة على الناقلية الكهربائية للمادة ، فكلما كان الحجم أقل زادت ناقلية المادة للتيار الكهربائي، فنلاحظ أن المادة في المقياس النانوي تَزْدَاد قدرتها على توصيل التيار الكهربائي، وهذا لسهولة إنتقال الالكترونات حيث تستخدم في صناعة أجهزة الحساسات الدقيقة والشرائح الإلكترونية في الأجهزة الحديثة ومن الممكن أن تصبح المواد العازلة ناقلة للتيار الكهربائي، إذا كانت في المقياس النانوي مثل: البولميرات التي أصبحت تُستخدم بدلا من الأسلاك النحاسية لأنها أقل تكلفة. [7]

I- 14-4- الخواص الكيميائية:

تكون المساحة السطحية في الجسيمات النانوية كبيرة مقارنة بحجمها و بالتالي وجود عدد كبير من الذرات على السطح التي تحتوي على إلكترونات حرة فيزداد النشاط الكيميائي للمادة في المقياس النانوي مقارنة بالمادة في حجمها الطبيعي خصوصا إذا كانت هذه الجسيمات النانوية متجانسة وبنفس الحجم. [10]

I- 14-5- الخواص البيولوجية:

حجم المواد النانوية يساعدها في النفاذ السريع الى العضوية واختراق الحواجز البيولوجية وتحسين التلائم والتوافق البيولوجي مما يسهل وصول الأدوية إلى العضو المستهدف عبر الأغشية والأنسجة والأوعية الدموية . [11]

I- 14-6- الخواص المغناطيسية :

تعتمد قوة المغناطيس اعتمادا كليا على مقاييس أبعاد حبيبات المادة المصنوع منها، حيث تُوجد علاقة عكسية بينهما فكلما كانت أبعاد حبيبات المادة أصغر زادت قوة تأثير المغناطيس وشدته . كما أن الخواص المغناطيسية الذاتية مثل: التمغنط وخاصية الإتجاهية anisotrony للمواد المغناطيسية في المقياس النانوي تتغير نتيجة الحصر الكمي لإلكترونات الجسيمات الصغيرة وكذلك نتيجة لتأثيرات السطح ، حيث تزداد نسبة

مساحة السطح مقارنة بالحجم مسببة تكسر الروابط وتغيير التماثل التركيب، وزيادة الإلكترونات على السطح مما يسبب ظهور خواص جديدة مثل البارامغناطيسية الفائقة superparamagnetic . [10]

I- 14-7- الخواص البصرية :

الخواص الضوئية للمادة تتغير بسبب تغير أقطار حبيباتها و اختلاف تشتت الضوء عليه، تستند هذه الخواص على قانون بيرلامبرت ومبادئ الإضاءة الأساسية ، حيث تتغير هذه الخواص بطريقتين: الحبس الكمي ورنين المأكل على السطح " رنين البلازمون السطحي" ، إذ كانت أبعاد حبيبات المادة أقل من الطول الموجي يحدث الحبس الكمي للشحنات وتبدو مستويات الطاقة منفصلة كما في الشكل أدناه ، يجعل حصر مستويات الطاقة مظهر المادة مختلفا لأنهُ يؤدي الى تغير لون المادة أقل من 10 نانومتر من الحجم بسطح التباعد بين مستويات الطاقة بارزا جدا بحيث يمكن رؤية التغير الحاد في لون النقطة [10]، فمادة السيليكون تبدو معتمة وتبقى كذلك حتى لو وضعت تحت تحريض خارجي مثل إسقاط ضوء فوق بنفسجي عليها ، لكنها إذ كانت في شكل مسحوق مكون من حبيبات نانوية الأبعاد، وسلَّط عليها ضوء فوق بنفسجي فإنها تتألق وتُشع ألوانًا مُختَلِفَة[3].

من الخصائص الأخرى للجسيمات النانوية هو إمكانية تعلُقها داخل سائل أو محلول بدون أن تطفو أو تنغمر وذلك لأن التفاعل بين سطح الجسيمات النانوية والسائل يكون قوياً بحيث يتغلب على فرق الكثافة بينهما والذي يكون في العادة مسئولاً عن طفو أو غمر المادة الصلبة في السائل.

I- 15- الخواص المعتمدة على الحجم:

خواص المواد الفيزيائية والكيميائية والمقياس النانوي تتغير تماما وتصبح المادة ذات خواص جديدة وفريدة. وقد اكتشف العلماء أن هذه الخواص تتغير باختلاف الحجم النانوي من المادة فيها يسمى بالخواص المعتمدة على الحجم .

الحجم النانوي الحرج: هو الحجم الذي تظهر فيه الخواص النانوية الفريدة للمادة ويقع بين(1nm- 100nm).

- **أمثلة لفهم الخواص المعتمدة على الحجم:**
- **نانو الذهب:** [6]

الذهب أصفر اللون وله بريق ولكن عندما يصبح حجم حبيباته بمقياس النانو يأخذ ألوانا مختلفة حسب الحجم فقد يكون نانو الذهب أحمر، برتقالي أو أخضر وقد يُصبح أزرق اللون ويرجع ذلك الى أن تفاعل الذهب في هذا البعد من المادة مع الضوء يختلف عن الحجم المرئي منها :

(الشكل I-10): صورة توضح تغير لون نانو الذهب

كما أن درجة إنصهار جزيئات الذهب في الحجم الطبيعي هي 1064 درجة مئوية ، أما بالنسبة لجزيئات الذهب النانوية التي يبلغ حجمها1.4 نانومتر تقريبا فدرجة إنصهارها محصورة بين 23 و 25 درجة مئوية .

- **نانو النحاس :**

لاحظ العلماء أن صلابة جسيمات النحاس تزيد عندما تتقلص من مقياس الماكرو macro الوحدات الكبيرة الى مقياس النانوNano وتختلف باختلاف الحجم النانوي للمادة .

وكل ما ينطبق على الأمثلة السابقة ينطبق على الحجم النانوي لأي مادة مما يجعل المواد النانوية تظهر من الخواص الفريدة الفائقة ما لاً تظهره في الحجمين الماكرو Macro و الميكرو Micro من المادة في فالخواص الفائقة المواد النانوية ترجع للعلاقة بين مساحة السطح والحجم. [6]

I- 16- سبب اختلاف خواص المواد النانوية:

- ✓ **حجم الجسيمات :**

إن خصائص المواد تتغير بتغير الحجم إلا عندما يصل حجمها إلى مقياس النانومتر منه فمثلا السيليكون الطبيعي يعتبر مادة مهمة أما عند ما يكون بحجم 1 nm يشع بالأزرق وعند 3 nm يشع بالأحمر[10].

- ✓ **شكل الجسيمات :**

تعتمد خصائص الجسيمات على الثانوية على الشكل الذي يكون كرويا، أو أنبوبيا أو سداسيا أو غيرها من الأشكال. [10]

- ✓ **تركيب الجسيمات :**

يعنى نوع الذرات والجزئيات المكونة للجسيم وعددها . [2]

- ✓ **درجة التجمع:**

تختلف كثافة المواد النانوية باختلاف المسافة بين الذرات أو الجزئيات المكونة لها وهذا يسبب اختلاف في الخصائص. [7]

- ✓ **التوزيع :**

قد يكون توزيع الجزئيات أو الذرات داخل الجسيم منتظما أو غير منتظم ، وقد يكون مستقراً أو غير مستقر ،فمثلاً جزيئات السيليكون متوزعة بانتظام في المحلول فيشع المحلول كله اكن بعد تركها لعدة أيام يصبح توزيعها غير منتظم وتنزل اللقاح فلا يعد المحلول يشيع بالكامل. [2]

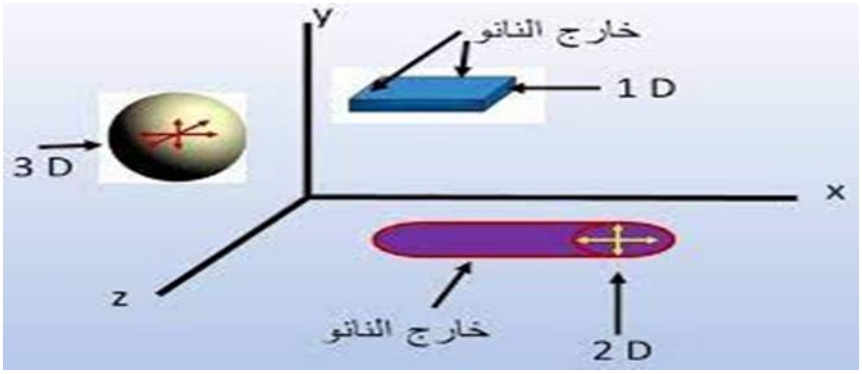
- ✓ **الحصر الكمي :**

فبعض المواد تكون محصورة ببعدين فتكون حركة الإلكترونات باتجاه واحد وبعض المواد تكون محصورة في بعد واحد فتكون حركة الإلكترونات في اتجاهين. [7]

I- 17- تصنيف المواد النانوية وفقا لعدد الأبعاد النانوية للمادة:

إن معظم المواد الأولية والخامات المستخدمة في صناعة المواد النانوية متواجدة بوفرة مثل الفلزات Metls .وأشباه الموصلاتSemi conductors والزجاج Glass و السراميكCeramic والبوليميرات Polymers ، وَإن أشكال المواد النانوية تختلف باختلاف طريقة التحضير وباختلاف أبعادها فيمكن أن تحضر في صورة أغشية نانوية Nanolayers ، أو أنابيب Nanotybes أو أسلاك Nanouires أو قضبان Nanorods وكذلك حبيبات Nanoparticles.

ويلخص **الشكل I-11** : أدناه. الأنواع المختلفة لأشكال المواد النانوية وعلاقتها بالنسبة لمستويات الفراغ (X-Y-Z)ومن خلال الشكل نلاحظ أن المواد النانوية تصنف الى ثلاثة مجموعات حسب البعد :



(الشكل I-11): مخطط تصنيف بعض المواد النانوية حسب أبعادها

I- 17-1- المواد النانوية أحادية البعدD1:

هي مواد ذات بعد نانوي واحد بمعنى أحد أبعادها محصور في المقياس النانوي (1nm-100nm)

امثلة:

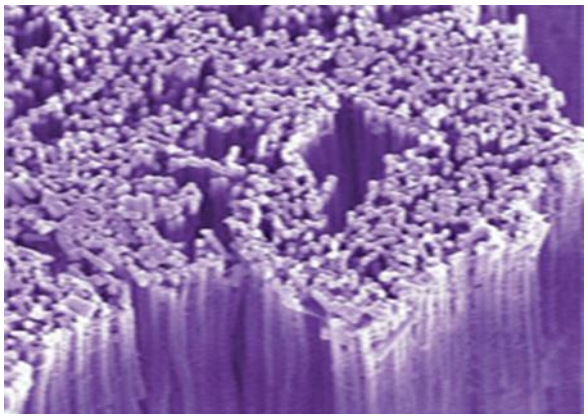
أ- الأغشية الرقيقة:thin films:

تستخدم في تغليف الأسطح لحمايتها من الصدأ و التآكل وفي تغليف المنتجات الغذائية بهدف وقايتها من التلوث والتلف .

(الشكل I-12): غشاء رقيق أحادي البعد النانوي

ب-الأسلاك النانوية: Nanowires :

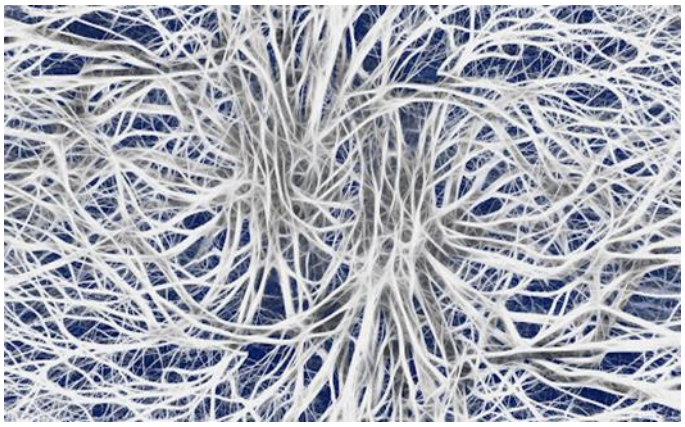
التي تستخدم في الدوائر الالكترونية.



(الشكل I-13): أسلاك نانوية

ت-الألياف النانوية : nano fiber:

المستخدمة في صناعة مرشحات الماء التي يمكن انتاجها من خلال عمليتي ، البينية والعزل الكهربائي .

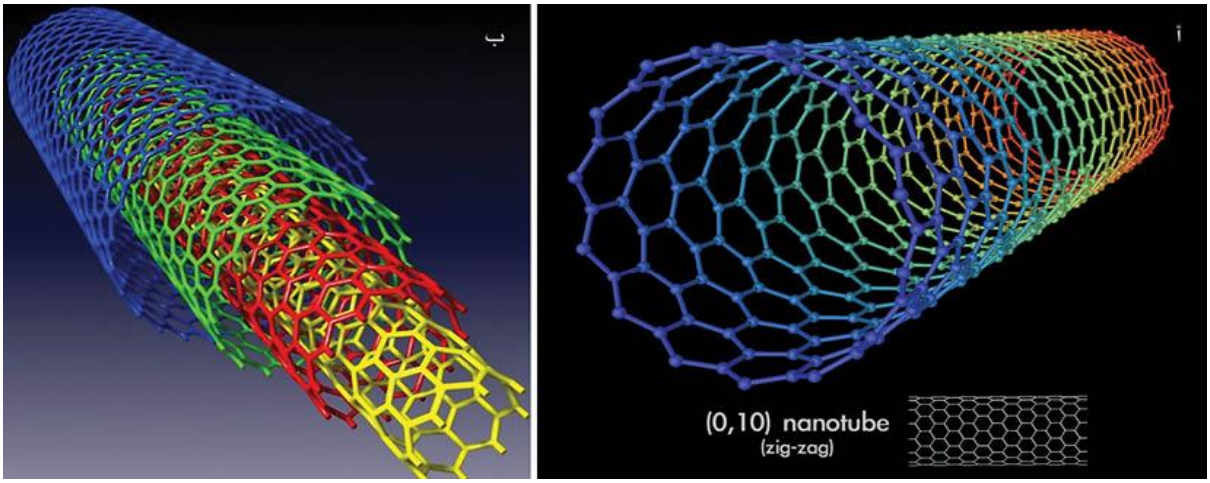


(الشكل I-14): صورة لألياف نانوية تشبه تشكيلة الأعصاب الدماغية

I- 17-2-المواد النانوية ثنائية البعد 2D:

هي مواد نانوية تمتلك بعدين يتراوح كل منهما بين 1nm-100nm والبعد الثالث يكون خارج المقياس النانوي أمثلة :

الأنابيب النانوية مثل: أنابيب الكربون النانوية أحادية الجدار ومتعددة الجدار carbonnanotubes

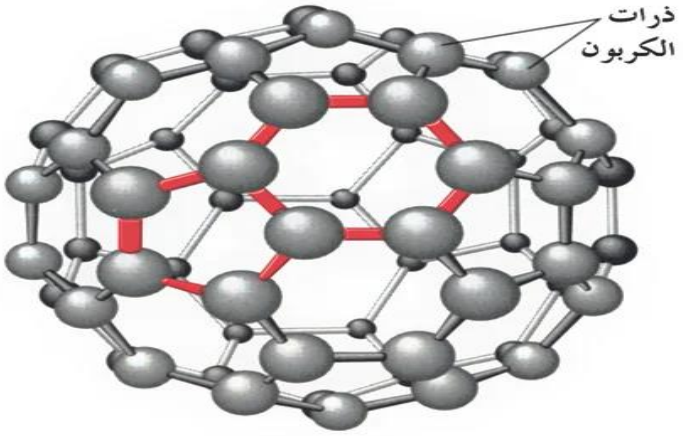


(الشكل I-15):صورة : أنابيب الكربون النانوية

I- 17-3-المواد النانوية ثلاثية البعد D3 :

هي مواد أبعادها الثلاثة محصورة بين 1 nm و 100 nm وتكون في صُورة كريات نانوية ، أو حبيبات نانوية في صورة مساحيق فائقة النعومة و من أشهر المواد النانوية ثلاثية البعد النّقاط الكمية ، وتتعدد استخدامات هذه التراكيب مثل TiO_2 ; S_iO_2، Al_2O_3 . Fe_3O_4 لتدخل في صناعة الإلكترونيات ومواد البناء والأدوية والأجهزة الطبية الحديثة ... إلخ. أمثلة:

- **كرات البوكي Bucky Balls** : يتم التعرف على تركيبتها وخصائصها عند دراسة أشكال المواد النانوية.

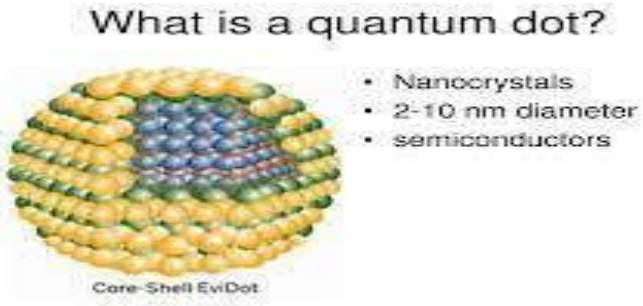


(الشكل I-16): صورة كرات البوكي

I- 18-أشكال المواد النانومترية:

I- 18-1- النقاط الكمية quantum dots:

تركيب نانوي شبه موصل ثلاثي الأبعاد تتراوح أبعاده بين 10nm-2nm مايقابل 10 الي 50 ذرة القطر الواحد للنقطة الكمية او100 الي 1000ذرة في حجم النقطة الكمية، [2] وحتي يتسن لنا أن نتخيل حجم النقطة الكمية يمكن القول أن رصف 3 ملايين نقطة كمية ذات 10nm بجنب بعض يعطينا طول يساوي عرض إصبع إبهام الانسان . [8]



(الشكل I-17): النقطة الكمية (quantum dots)

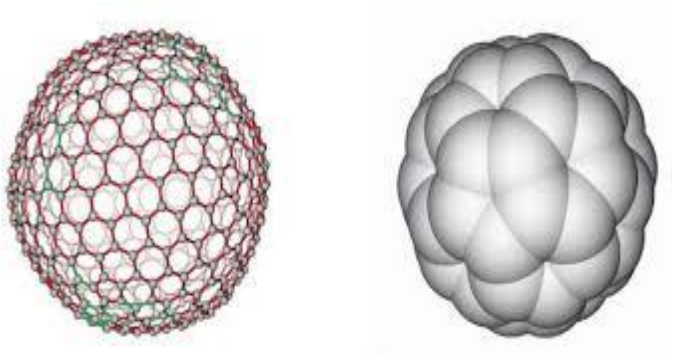
I- 18-2- الفولورين: fullerene

سمي نسبة الي المخترع والمهندس المعماري ر. بكمنسر فولر عبارة عن مادة نانوية موصلة في شكل جزئ مكون من 60 ذرة كربون رمزه C_{60} كروي المظهر وهو شبيه بكرة القدم إلا أنه يحتوي 12 شكلا خماسيا و 20 شكلا سداسيا، أكتشف سنة 1985 لكن بدأ تصنيعه سنة 1990 م وهو يحضر بكميات تجارية كما امكن الحصول على جزيئات جديدة مثل:C_{36}،C_{48} ،C_{70} وأيضا أشكال مختلفة من الفولورين، كالفولورين المخروطي والأنبوبي وقد عرف أكثر من 9000 مركب فولورين إلا أن إهتمام العلماء تمركز حول الجزيC_{60} حيث ظهرت تطبيقات مختلفة لكل من هذه المركبات ومنها المركبات K_3C_{60} و$rbcs_2C_{60}$ و $CHBr_3C_{60}$ التي أبدت توصيلية فائقة. [2]

(الشكل I-18):صورة توضح التشابه المرفولوجي بين جزيء الفولورين وكرة القدم

I- 18-3- الكرات النانوية: nanobulls

مواد نانوية ثلاثية الأبعاد من أهمها كرات الكربون حيث تصنف ضمن الفولورينات من مادة C_{60} إلا أنها تختلف عندها من الناحية المرفولوجية والوظيفية حيث أنها متعددة القشرة وخاوية المركز على خلاف الجسيمات النانوية، فهي تشبه البصل ولهذا السبب سماها العلماء كرات البوكي (bucky) بمعني البصل يصل قطر الكرية الواحدة الي 50nm او أكثر. [8]



(الشكل I-19): صورة توضحية كريات نانوية

I- 18-4- الجسيمات النانوية :nanoparticles

مواد نانوية قديمة النشأ حديثة التسمية فمنذ القدم نلاحظ بعض الألوان الجميلة من نوافذ الزجاج الصدئة وهذا يرجع إلي وجود مجموعات عنقودية نانوية من أكاسيد الفلزات في الزجاج يتقارب حجمها مع الطول الموجي للضوء فتقوم بتشتيت اطوال موجيه مختلفة من الضوء مما ينتج عنه ظهور ألوان مختلفة من الزجاج، [8] فيمكن القول ان الجسيمات النانوية هي مواد نانوية كروية الشكل وهي عبارة عن تجمع عدد معين من الذرات أو

الجزئيات قد يصل عددها إلي مليون ذرة أو جزئ مرتبطة ببعضها بقطر اقل من 100 nm فجسيم نانو يفيق قطره 1nm يمكن ان يحتوي على 25 ذرة أغلبها متوضعة على سطحه. [4]

ويمكن تصنيف الجسيمات حسب عدد الأبعاد إلى:

- بئر كمي quantum well : ذات بعد نانوي واحد .
- الاسلاك الكمية : quantum wire : ذات بعدين .
- النقاط الكمية quantum dots: ذات 3أبعاد نانوية.

ومن أهم الجسيمات النانوية المصنعة حديثا: جسيمات نانوية من الفلزات والعوازل وأشباه الموصلات والتركيبات المهجنة مثل:

- الجسيمات النانوية المغلفة.
- جسيمات نانوية شبه صلبة وهي الليبوزومات .
- النقاط الكمية شبه الموصلة.
- البلورات النانوية .
- جسيمات النحاس النانوية :حجمها اقل من 50 نانومتر ذات صلابة ومتانة عالية وغير قابلة للطرق أو السحب وذلك عكس مايحدث لمادة النحاس العادية حيث يمكن ثنيها وطرقها وسحبها بسهوله. [8]

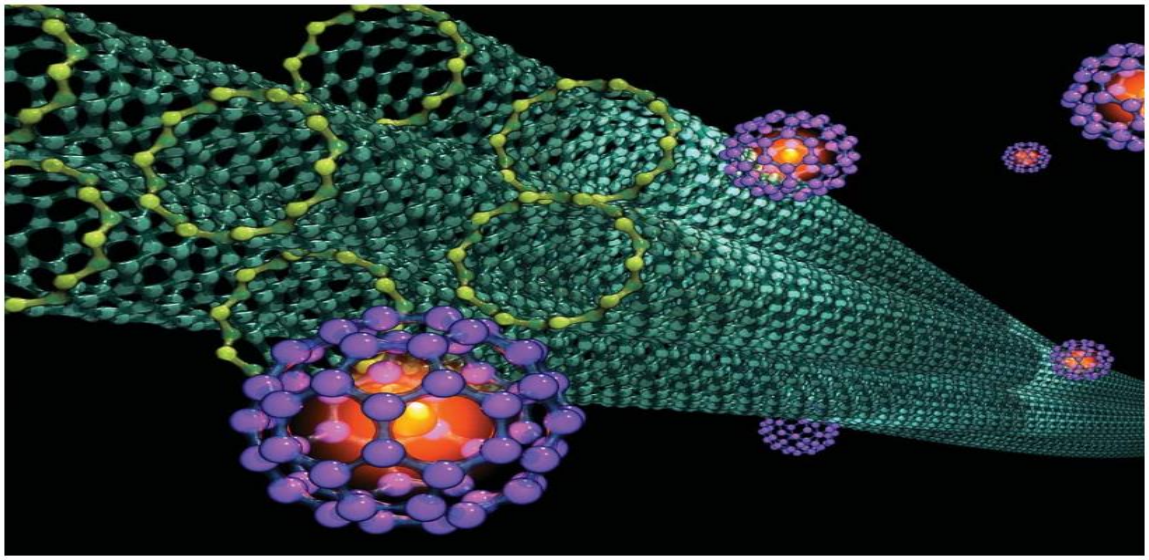
I- 18 -5- الانابيب النانوية nanotubes:

مواد نانوية ثنائية البعد تصنع أحيانا من مواد غير عضوية مثل أكاسيد الفلزات (أكسيد الفانديوم.أكسيد المنغنيز نتريد البورون والموليبدينوم) [3]. تتميز هذه الأخيرة بمساحة سطح كبيرة مقارنة بأنابيب الكربون النانوية carbon nanotubes فهي تشبهها من الناحية المورفولوجية لكنها أكثر كثافة منها وأقل قوة وصلابة. [8]

I- 18-6- أنابيب الكربون النانوية: Carbon nanotubes

تم إكتشافها عام 1991م وهي عبارة عن شرائح من الجرافيت يتم طيها حول محور ما لتأخذ الشكل الأسطواني حيث ترتبط ذرات نهايتي الشريحة مع بعضها ليتشكل الأنبوب، إحدى نهايتي الأنبوب مفتوحة والأخرى مغلقة على شكل نصف كرة ونميز نوعين : أنابيب نانوية وحيدة الجدار SWNT والتي يكون جدارها فردي الذرات، والنوع الثاني الأنابيب النانوية متعددة الجدار MWNT ويكون جدارها ثنائي الذرات أو متعدد

الذرات، ويتراوح قطر الأنبوب من 1nm-100nm ويصل طوله الي 100 مايكرو متر ليشكل سلكا نانويا ولها عدة أشكال منها المستقيمة، اللولبية، متعرجة، خيزرانية أو مخروطيه وغير ذلك.



(الشكل I-20):صورة توضح مختلف اشكال أنابيب الكربون النانوية

- **خصائص أنابيب الكربون النانوية:** [9]

1- موصل جيد للكهرباء والحرارة، فدرجة توصيل الكهرباء أعلى من النحاس، و توصيلها الحراري أعلى من الماس.

2- أقوى من الصلب بسبب قوى الترابط بين جزئياتها وأخف منه وبذلك فإن سلك أنابيب النانو والذي يساوي حجم شعرة الإنسان يمكنه حمل قاطره.

3- ترتبط بسهوله بالبروتين وبسبب هذه الخاصية يمكن إستخدامها كأجهزة إستشعار بيولوجي لأنها حساسة لجزئيات معينة.

I- 18-7- الألياف النانوية: Nanofibers

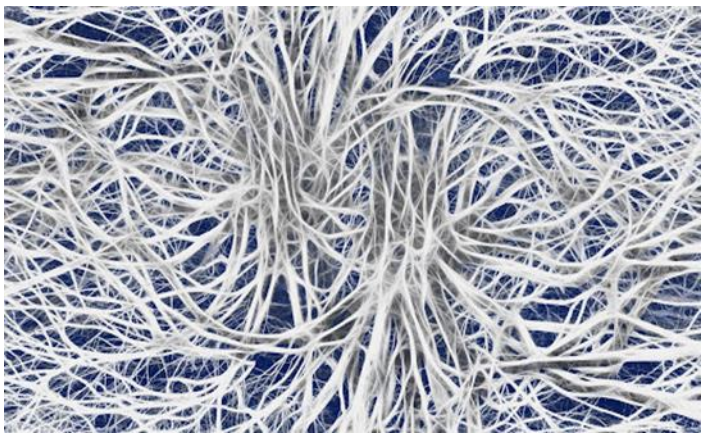
هي مواد نانوية متعددة الأشكال فهناك الألياف السداسية والحلزونية والألياف الشبيهة بحبة القمح (corn-shaped) والأنبوبي وتعتبر المساحة الجانبية لليف الأنبوبي سداسية الشكل وليست أسطوانية، من أشهر الألياف النانوية تلك المصنوعة من ذرات البوليمرات، تتميز الألياف النانوية بمساحة سطح كبيرة مقارنة بحجمها مما يكسبها خصائص ميكانيكية كالشدة والصلابة ويتم استخدامها بكثرة ويتم إستخدامها بكثرة في مجال الطب

الحيوي وزراعة الأعضاء ونقل الأدوية في الجسم وكذلك في المجال العسكري كاستخدامها في التقليل من مقاومة الهواء وقد تنوعت طرق تحضير الألياف البوليمرية فهناك طريقة التدوير الكهربائي (electrospinning) ولا زالت الأبحاث قائمة لتطوير تقنيه التحكم بخصائص الألياف النانوية كاستمراريتها واستقامتها وصلابتها. [8]

(الشكل I-21): صورة مأخوذة بالميكروسكوب لليف نانوي

I- 18-8- الأسلاك النانوية:nanowires

هي مواد نانوية ذات بعد نانوي واحد ، مصنعة من مواد مختلفة فمنها الفلزي(كالنيكل والفضة و البلاتنيوم)، وشبه الموصل (كالسيلكون ونترات الجاليوم وفوسفات الأنديوم) والعازل (كالسليكات وأكسيد التيتانيوم) ومنها الأسلاك الجزئية العضوية DNA، وغير العضوية مثل Mo_5S_9.....Li_2MoSe_6 في شكل تجمعات بولييمرية ذات قطر 0.9 نانومتر وبطول يصل لمئات المايكرومتر. [8]



(الشكل I-22):

I- 18-9- المركبات النانوية: Nanocomposites

عبارة عن مواد يضاف إليها جسيمات نانوية خلال تصنيعها وهذا بنسب منخفضة جدا في حدود 0.5% إلي 5 % وهذا يرجع إلي كون النسبة بين المساحة السطحية والحجم للجسيمات النانوية كبير جدا، ورغم انخفاض هذه النسبة إلا أننا نلاحظ تحسنا كبيرا في خصائص هذه المادة كالتوصيلية الكهربائية والحرارية والخصائص الضوئية وخصائص العزل الكهربائي وكذلك الخصائص الميكانيكية كالمتانة وقوة الشد، ومن بين المركبات النانوية المعروفة حاليا المركبات النانوية البوليميرية ولا تزال الأبحاث متواصلة لتطوير تقنية تصنيع المركبات النانوية . [8]

ولابد من القول أن المواد النانوية يمكن أن تكون جسيمات طبيعية مثل جسيمات النانو الطينية cellules nanofibres وألياف السيليوس النانوية nanoclay. وكذلك جسيمات السيلكون ومركباته مثل nanosilicon carbide وفي الغالب لا تستخدم هذه الجسيمات في حالتها الطبيعية وإنما يتم تعديلها لملائمة التطبيقات العملية والصناعية كما يمكن الحصول على مواد صناعية مثل: nanogolol،nanosilver، carbon nanotube، QDS. [12]

الفصل الثاني:

التقنيات و الأجهزة المستخدمة في تشخيص المواد النانوية

II-تمهيد :

كيف يستطيع العلماء التعامل مع المواد النانوية ، وما هي الأجهزة العالية الدقة التي تمكنهم من رؤية هذه الأجسام المتناهية الصغر و التشخيص المورفولوجي لها و كذلك إعطاء معلومات دقيقة حول تركيبتها الكيميائية وخصائصها الكهربائية والمغناطيسية ؟ وكيف تساعد هذه الأخيرة في تحريك الذرات و تغيير مواضعها ؟ هذا ما سنتعرف عليه في هذا الفصل. [1]

II-1- الأجهزة المستخدمة في توصيف المواد النانوية:

إن أجهزة توصيف المواد النانوية ذات البعد النانو ذات كفاءة عالية ومكلفة جدا لهذا فإن معظم الدراسات في هذا المجال نظرية، ومن هذه الأجهزة:

II-1-1-المجاهر الإلكترونية :

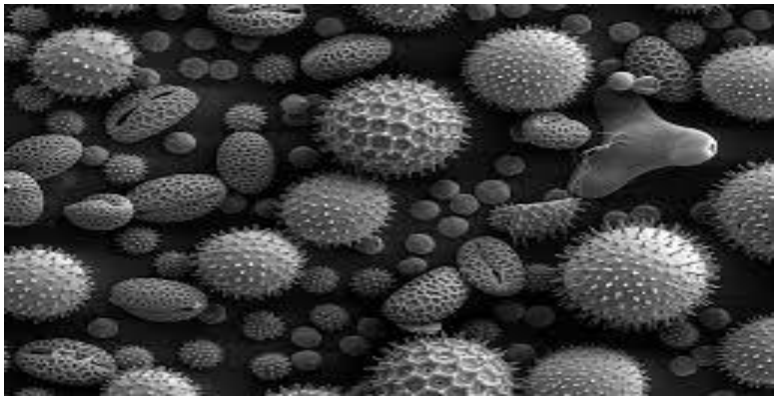
فكرة عملها : مبدأ عملها سهل ويعتمد أساسا على الإلكترونات حيث يتم تمرير سيل من الإلكترونيات عبر العيبة فيصطدم بعضها بالأنوية وإلكترونات الذرات فتتفرق الإلكترونات المسلطة وتتشتت، ويتم تجميع الإلكترونات التي عبرت دون إصطدام ، وتتكون صورة المادة [1] .

فوائدها: تحليل و تركيب المواد النانوية وإظهار صورة ذراتها منفردة [1].

أنواعها : توجد العديد من المجاهر الإلكترونية أهمها

II-1-1-1- المجهر الإلكتروني الماسح (SEM)

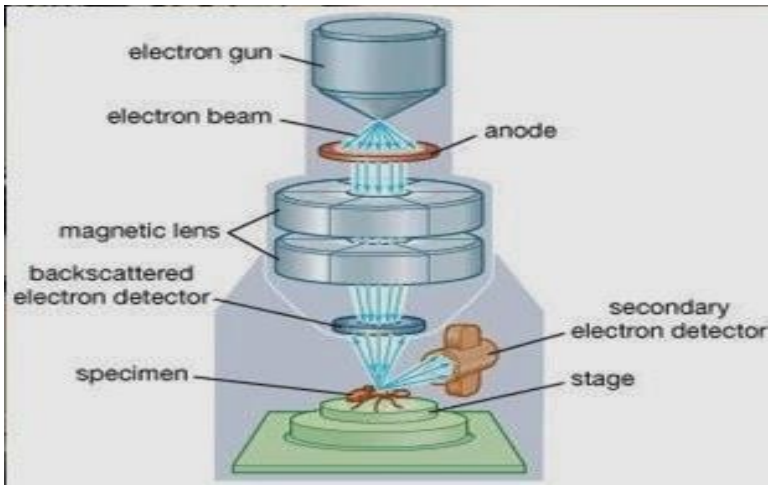
جهاز ظهر سنة 1935 يستخدم في دراسة و تحليل خواص المواد والعينات والتعرف على شكلها، قوة التكبير فيه حوالي 300 ألف مرة وهذا باستخدام مبدأ تفاعلات المادة مع الالكترونات، كما يوفر معلومات عن التركيب الكيميائي للمادة الصلبة ، تمتلك عدساته عمق تبئير كبير ما يسمح بإعطاء صورة ثلاثية الأبعاد ، ويُستخدم لدراسة التركيب الدقيق التفصيلي للأنسجة، والخلايا، والعضيّات، والمُركّبات الجُزيئية. [4]



(الشكلII -1):صورة ثلاثة الابعاد مأخوذة بالمجهر الالكتروني الماسح (SEM)

- **مكونات جهاز SEM** [4]

- **المدفع الإلكتروني** : يمثل مصدر للإلكترونات يوضع أعلى الجهاز أو أسفله ويعمل على انتاج سيل من الالكترونات ونميز نوعين من المدافع الالكترونية : المدفع الحراري الذي يستخدم طاقة حرارية في فتيلة من التنجستين ، والمدفع الكهربائي الذي يعمل على انتاج تيار كهربائي كبير .
- **العدسات:** عبارة عن عدسات مغناطيسية ، قادرة على توجيه الالكترونات وتغيير مسارها حتى تصل الى المكان المطلوب في المادة .
- **غرفة العينة:** عبارة عن غرفة معزولة لوضع العينة المراد فحصها، هذه الأخيرة تتحرك في زوايا محددة و بالتالي تساعد على فحص العينة من مواضع مختلفة دون الحاجة إلى إعادة تحريكها في كل مرة .
- **الكواشف** :هي كواشف لمراقبة تفاعل سيل الالكترونات مع العينة، مثلا الكواشف التي تراقب الالكترونات الثانوية وهي تلك المتحررة من السطح الخارجي للعينة على بعد 1nm.
- **مفرغة الهواء:** من شروط جهاز SEM أن يكون الجهاز مفرغا لتجنب اصطدام الالكترونات بجزيئات الهواء وعدم وصولها للعينة، كما يمكن أن تتفاعل جزيئات الهواء مع العينة وتغير من شكلها.



(الشكل II -2):رسم تخطيطي للمجهر الماسح الالكتروني

(الشكل II -3):صورة حقيقية للمجهر الالكتروني الماسح

- **مبدأ عمل جهاز SEM:**

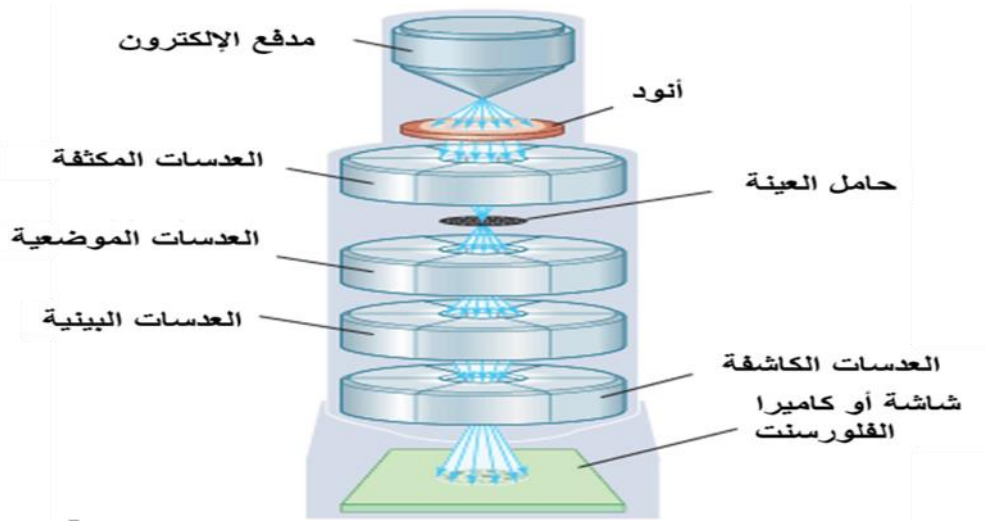
قبل تشغيل الجهاز يجب أولا تحضير العينة المراد تشخيصها. إذا كانت هذه العينة موصلة يتم غسلها وتنظيفها ووضعها على الحامل ، أما إذا كانت غير موصلة فيتم طلاءها بمادة موصلة كالذهب أو النحاس أو البلاتنيوم من خلال عملية الطلاء بالانتزاع وهي تقنية لإنتاج الأغشية الدقيقة وهذا لحماية العينة من الضرر أثناء الفحص بواسطة الشعاع الالكتروني الموجه عليها ، حيث تتفاعل الالكترونات مع ذرات العينة وتنتج إشارات مختلفة تحتوي على معلومات حول مورفولجية السطح وتكوينه يتم مسح شعاع الالكترون بشكل عام باستخدام المسح النقطي ويتم الجمع بين موضع الشعاع او الالكترون و الإشارة لإنتاج صورة ثلاثية الأبعاد، فالمجهر الالكتروني الماسح يكشف عن الالكترونات المنبعثة من ذرات مثارة بواسطة شعاع الالكترون، تنتج أنواع عديدة من الإشارات تتضمن الالكترونات الثانوية ، الالكترونات المنعكسة، الأشعة السينية المميزة ، والضوء والتيار الممتص والالكترونات المنقولة. [4]

II-1-2- الميكروسكوب الإلكتروني النافذ Transmission Electron Microscope:(TEM)

يعتبر الميكروسكوب الإلكتروني من اهم أجهزة التكبير لرؤية المواد على المستوى الذري، ما فتح المجال لتطور تقنية النانو، من خلال تسميته يمكننا ملاحظة أن طريقة عمله تعتمد على نفاذ شعاع من الالكترونات الى عينة رقيقة جدا والتفاعل معها ، تم اختراع أول جهاز TEM عام 1938 و استمرت البحوث بعد الحرب العالمية الثانية من طرف العالمRuska ليحصل على تكبير 100.000 مرة. [5]

المكونات الأساسية في المكروسكوب النَّافذ : (TEM)

يتكون جهاز TEM من نظام مفرغ من الهواء لتجنب اصطدام جزيئات الهواء بالإلكترونات واعاقة حركتها ، وكذلك مجموعة من العدسات المكونة من المغنطيسيات وأنواع التوجيه الكهروستاتكية ، التي تمكننا من التحكم في السيل الالكتروني ، كما يوجد غرفة لوضع العينة حيث يمكننا التحكم بموضعها لتحريك العينة ، بالإضافة الى شاشة متطورة أو شاشة فوسفورية ، فنلاحظ أن مكونات الميكروسكوب النافذ مشابهة لمكونات الميكروسكوب الالكتروني الماسح الا أن مبدأ العمل يختلف . [5]



(الشكل II -4): مخطط يوضح مكونات المجهر الإلكتروني النافذ

تجهيز العينة المراد فحصها بجهاز TEM [5]

من الشروط الواجب مراعاتها قبل العمل بجهاز TEM أن تكون العينة رقيقة لا يتجاوز سمكها بعض النانومترات وللحصول على السمك المطلوب للعينة يجب اتباع احدى الطرق الأتية:

1- فصل الأغشية .
2- التلطيخ الأيوني .
3- التحفيف الميكانيكي .
4- الانتزاع الكيميائي .
5- الانتزاع الأيوني .

(الجدول II -1): الفرق بين جهاز SEM و TEM

نوع الاختلاف	المجهر الالكتروني الماسح(SEM)	المجهر الالكتروني (TEM)
شعاع الالكترون	شعاع دقيق ومركز	شعاع واسع
التقاط الصورة	الطوبوغرافية / السطح	الهيكل الداخلي
الدقة	دقة أقل	دقة أعلى
تكبير	ما يصل إلى 300 ألف مرة	ما يصل إلى 100 ألف مرة
أبعاد الصورة	3D	2D
سمك العينة	عينات رقيقة وسميكة	عينات رقيقة فقط

اختراق العينة	لا يخترقها مجرد مسح على العينة	يخترقها
إعداد العينة	تحضير العينة قليل، سهل الاستخدام أي لا يتطلب جهد لإعدادها	إعداد العينات شاق، ومطلوب المستخدمين مدربين أو ذو خبرة
التكلفة	أقل تكلفة	أعلى تكلفة
السرعة	أسرع	أبطئ

II-1-2-مجاهر المسبار الماسح

فكرة عملها: يقوم المسبار " إبرة حادة قطرها في المقياس النانوي" بالمرور وملامسته سطح العينة وتعتبر هذه العملية عملية مسح شامل لهذا السبب سمي مجهر المسبار الماسح . وخلال هذه العملية يتم فحص المادة بواسطة قياس القوى المغناطيسية والتوترات الكهربائية، وكذلك الصفات الكيميائية للمادة [1]

فوائدها: إعطاء صورة لمختلف المواد بأبعادها الذرية لأول مرة من خلال ترجمة إشارات المسح الشامل وعرضه على شاشة حاسوب [1]

أنواعها:

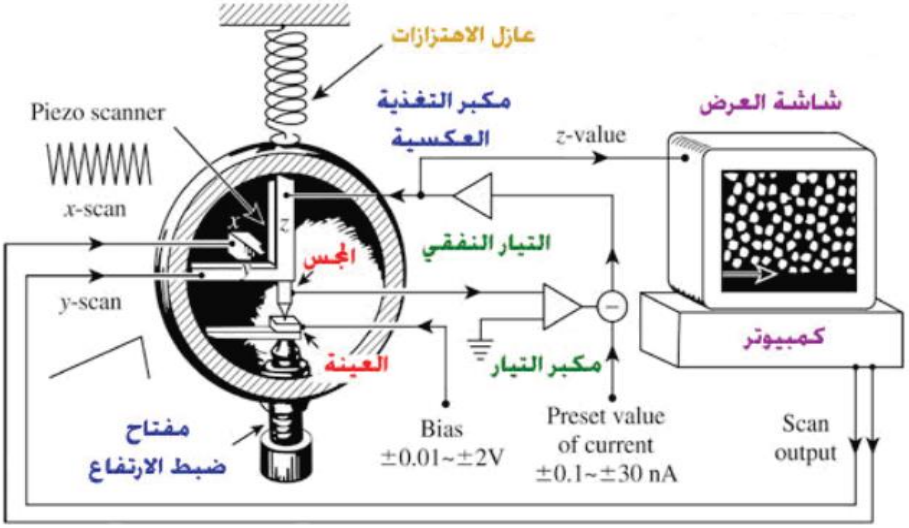
II-1-2-1- المجهر النفقي الماسح (STM):

جهاز متطور اخترع سنة 1981 م من طرف العالمان جيرد بينج وهنريك ردهر حيث ساعد هذا الجهاز في دراسة المواد على المستوى الذري ورؤية الذرة في أبعادها الثلاثة ، وبناء التراكيب النانوية وفحصها، حيث يمتلك هذا الجهاز قدرة تحليلية عالية تصل 0,1 نانومتر وعمق يصل إلى 0,01 نانومتر و تعتمد فكرة عمله على مبدأ النفق الكمي (quantium Tunneling) وعندما يقترب طرف المجس الموصل للكهرباء . من سطح المادة المراد فحصها يطبق فرق جهد بين السطح وطرف المجس بحيث يسمح بمرور الالكترونات عبر نفق بينهما يعرف بإسم التيار النفقي و يعتمد التيار النفقي على موضع المجس بالنسبة للسطح كما يعتمد على فرق الجهد المطبق والكثافة الالكترونية الموضعية للعينة. [3]

مكونات المجهر النفقي الماسح:

- مجس صغير جدا ذو نهاية حادة بعرض1 نانومتر.
- ماسح ثلاثي الأبعاد.

- حلقة تغذية.
- شاشة عرض.
- عازل الاهتزازات .
- حامل العينة.
- مفتاح لضبط ارتفاع الحامل.
- كمبيوتر لحفظ المعلومات و تخزينها و ترجمتها ثم عرضها على الشاشة [3]



(الشكل II -5): رسم تخطيطي لمكونات المجهر النفقي الماسح

مبدأ عمل المجهر النفقي الماسح

يتم تطبيق فرق جهد بَيْنَ المجس والعينة ، مما يؤدي الى مغادرة الكترونات السطح و مرورها من خلال الفراغ الى المجس عن طريق عملية العبور النفقي . وعندما تكون نهاية المجس في الجوار المباشر للسطح يمكن للإلكترونات أن تنتقل بينها حتى لو كانت طاقتها غير كافية ، وذلك عن طريق مفعول النفق الكمومي مما يؤدي الى حدوث تيار نفقي صغير . ولكن يمكن مراقبته و تعديله باستخدام مضخات، البعد بين نهاية المجس المدببة وسطح العينة يؤثر بصورة مباشرة على التيار النفقي حيث أن تغيرات صغيرة جدا في البعد بينهما تؤدي الى تغيرات كبيرة جدا في التيار النفقي.

ويمكن تفسير تغيرات التيار النفقي عن طريق ميكانيك الكم حيث أنه عند تواجد ناقِلانَ عَلَىُ بعد صَغير فيما بينها يحدث تداخل للتوابع الموجيّة للإلكترون عندها. يمكن للإلكترونات أن تتنشر عبر النفق الموجود بين نهاية المجس وسطح العينة عندما يطبق كمون صغير جدًّا. وهذا ما يسمى بالمفعول النفقي. [3]

أنماط عمل المجهر النفقي الماسح

1- نمط التيار الثابت :

في هذا النمط من عمل المجهر النفقي الماسح يتم ضبط التيار النفقي في قيمة ثابتة خلال عملية المسح (عادي 1 نانو متر) عن طريق تحريك المجس شاقوليا عند كل نقطة (x,y). الموقع الشاقولي للمجس عند كل نقطة من سطح العينة يتم تخزينه عن طريق الكمبيوتر لتشكيل صُورَةٍ طبوغرافية لسطح العيّنة وعرضها على الشاشة.

2- نمط الارتفاع الثابت :

في هذا النمط من عمل المجهر النفقي تكون المسافة بين العينة والمجس ثابتة، ويتم المحافظة على هذا الثبات عن طريق التغيير في التيار النفقي، يتميز نمط الارتفاع الثابت بالسرعة لكن لا يمكن تطبيقه إلا على العَينَات المسطحة .

عيوب المجهر النفقي الماسح :

- على الرغم من أن المجهر يعمل في الأوساط الغازية والسائلة المختلفة، وفي مختلف درجات الحرارة والضغط إلا أن هذا يؤدي الى تلوث العينية لذلك يجب العمل في فضاء مفرغ تماما.
- هو عرضة للضجيج والاهتزاز.
- يعمل فقط على العينات الناقلة وأنصاف النواقل على الرغم من أنه يمكن تغليف العينات بواسطة معدن ناقل الا ان هذه العملية قد تؤثر على دقة الصورة وتلغي بعض تفاصيل تضاريس العينة . [3]

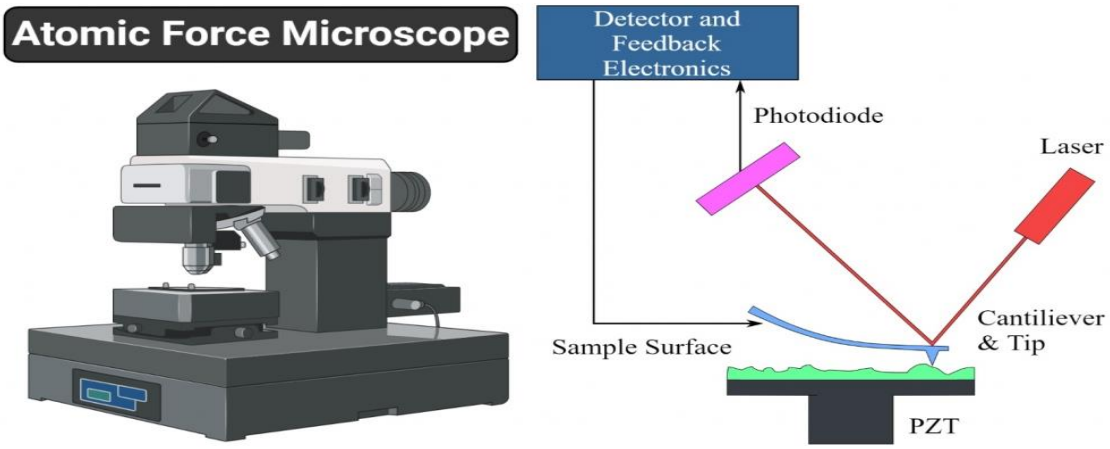
II-1-2-2 جهاز القوة الذرية :Atomic Force Microscopy AFM

جهاز له القدرة على رؤية خصائص المادة في أبعاد أصغر من 1 نانومتر أخترع بعد. الميكروسكوب الماسح النفقي عام 1986م يعمل على دراسة اسطح المواد الغير موصلة للكهرباء فهو أكثر دقة ومن أهم الوسائل المستخدمة في عالم النانو. حيث أستخدم في تفحص البروتينات ومشاهدة التفاعلات الكيميائية أثناء

حدوثها ، وأستخدم حديثا في قياس أبعاد الجزيئات النانوية والميكرونية والخلايا وقياس طاقة الالتصاق بين الجزئيات النانوية والميكرونية والخلايا أيضًا. [8]

مبدأ عمل جهاز AFM:

يحتوي الذراع على مجس عندما يقترب هذا الأخير من سطح العينة قوة تنتج قوة تنافر بين رأس المجس وسطح العينة تؤدي إلى إنحراف الذراع ، وقد تكون القوة المتبادلة بين المجس وسطح العينة قوة ميكانيكية ، قوة فاندرفان أو قوة كهروستاتيكية، قوة مغناطيسية أو قوة رابطة الكيميائية أو غيرها من أشكال القوة وهذا حسب نوع سطح العينة. المجس عبارة عن إبرة عمودية على سطح المادة المدروسة و مرتبطة بحامل أفقي حيث يتم إسقاط شعاع ليزري على الحامل والذي يرتفع وينخفض مع ارتفاع وانخفاض الإبرة وبالتالي يتم التنقاط منعكس الشعاع الليزري على حامل مستقبل ورسم تضاريس السطح الممسوح تبعًا لحركة الإبرة وحركة منعكس الشعاع الليزري. [3]



(الشكل II -6): صورة لجهاز AFM و طريقة عمله

II-1-3-المجاهر الضوئية:

فكرة عملها : يتم تسليط شعاع صوتي ذو طول موجي معين، ومراقبة شدة إمتصاص المادة للضوء أو إنعكاسه بالإضافة لخصائص أخرى [1]

فوائدها: رؤية وتصوير التجمعات النانوية التي قياسها أكبر من الطول الموجي للضوء المسلط عليها [1]

أنواعها :

II-1-3-1 مجهر الليزر الماسح (LSM)

هو عبارة على مجهر ضوئي متطور ويسمى أيضا مجهر الليزر الماسح الضوئي حيث يستخدم فيه شعاع ليزر مركز ليقوم بمسح وقياس جميع نقاط العينة وتوجد أنواع عديدة لهذا الجهاز. [7]

فهناك:

- CLSM: Conforcal laser scaning Microscope مجهر بؤري ليزري ماسح يقيس نقطة بنقطة
- المجهر متعدد الفوتونات الذي يستعمل ظاهرة الفلورية في التصوير
- مجهرية انتقائية لسطح الإضاءة SPLI Selective Plane Illumination Microscopy

II-1-3-2- جهاز الأشعة تحت الحمراء FTIR:

جهاز يستخدم للتعرف على المواد المختلفة بناء على تفاعل مكونات المادة مع الأشعة تحت الحمراء ، حيث أن المركبات الكيميائية للعينات المختلفة ستختلف فيما بينها من حيث امتصاصها للأشعة ، وهذا ما يساعد على تحديدها. [9]

مكونات جهاز الأشعة تحت الحمراء: [10]

يتكون مطياف الأشعة تحت الحمراء من 3 مكونات أساسية تعمل معا لأداء وظيفية، وهي كما يلي:

- **مصدر الاشعاع Radiation source**

يتكون من مواد صلبة خاملة تسخن بواسطة مصدر كهربائي لإنتاج طاقة حرارية في منطقة الأشعة تحت الحمراء للطيف الكهرومغناطيسي .

- **موحد اللون (Monochromator)**

عبارة عن جهاز يعمل على تحليل طيف الأشعة تحت الحمراء الواسع الى ترددات تحت حمراء فردية ضيقة.

- **الكاشف (Detector):**

نميز في عمل مطياف الأشعة تحت الحمراء نوعين من الكواشف ، وهي : الكواشيف الحرارية Thermal detectors والكواشف الكمية أو كواشف الفوتون(Photon / Quad Quantum detectors).

مبدأ عمل جهاز الأشعة تحت الحمراء.

أساس عمل هذا الجهاز هو تمرير أشعة تحت حمراء بترددات مختلفة عبر العيّنة وقياس مدى التفاعل مَعَ هذه الأشعة مِن قبل الأنواع المختلفة لروابط المادة الكيميائية . مما يؤدي الى إنتاج طيف للمركب وتتم هذه العملية ضمن خطوات :

الخطوة الأولى : تحضير العيّنة إما بطحن المركب المراد فحصُهُ مَعَ مَادَة بروميد البوتاسيوم أو من خلال إذابة العيَّنة في مذيب مثل الزيوت المعدنية .

الخطوة الثانية: توضعُ العَيَنة في الحامل .

الخطوة الثالثة: يمر شعاع الأشعة تحت الحمراء عبر العيّنة، فتمتص الروابط الكيميائية الأشعة وتهتز حسب نوعها.

الخطوة الرابعة: أخيرا يأتي دور الكاشف في تحديد البنية الكيميائية للمركب من خلال التعرف على المجموعات الوظيفية ، حيث يقوم بملاحظة تغيرات الأشعة تحت الحمراء. ويحولها الى إشارات كهربائية. [10]

إذا كانت الأبعاد هي أبعاد نانوية أي أن عرض البئر الكموني محصور في المقياس النانوي (100nm– 1nm) يكننا استخدام الحصر الكمي لتحليل طاقة النزع بأخذ صندوق ثلاثي الأبعاد النانوية، يمكن الحصر الكمي الالكترونات محصورة في منطقة صغيرة من نفس أطوال الموجة المرافقة للإلكترون فيكون الإكيستون أي الثنائية " الالكترون – الفجوة" محصورة في بئر كموني أي يكون حجم البلوة النانوية مقارب لجسم الإكسيون كلما صغر حجم البلورة النانوية كلما كانت فجوة الطاقة في المادة أكبر فيصبح الإنبعاث أكثر زُرْقَة، في أشباه الموصلات المكونة للنقاط الكمية كلما صغر حجم الجسم النانوي للبلورات كلما زادت الطاقة بين نطاق التوصيل و نطاق التكافؤ.

الفصل الثالث:

تقنيات تحضير المواد النانوية

III – تمهيد:

في أواخر هذا القرن زاد إهتمام العلماء بالمواد النانوية والتكنولوجيات الجديدة في تحضيرها وبناء أجهزة التصنيع الجديدة التي تعتبر أساسا في تطور علم النانو. فكان للعلماء الفيزيائيين والكيميائيين وعلماء المواد ومهندسي الميكانيك والالكترونيات مساهمات عديدة في هذا المجال ، فتحضير مثل هذه المواد متناهية الصغر يعتبر مجهودا كبيرا . ومع تواجد بعض المواد النانوية في الطبيعة إلا أنها أقل جودة من تلك المصنعة مخبريا لذلك إهتم العلماء بتنويع طرق الإنتاج وتطويرها وفي هذا الفصل سنتطرق الى العديد من الطرق المتقدمة في تحضير المواد النانوية : كطريقة تكثيف الغازات الخاملة ، طريقة ترسيب البخار الفيزيائي ، طريقة ترسيب البخار الكيميائي . طريقة هلام – محلول و الترسيب الكهربائي التحفير بالميكروويف ... الخ.

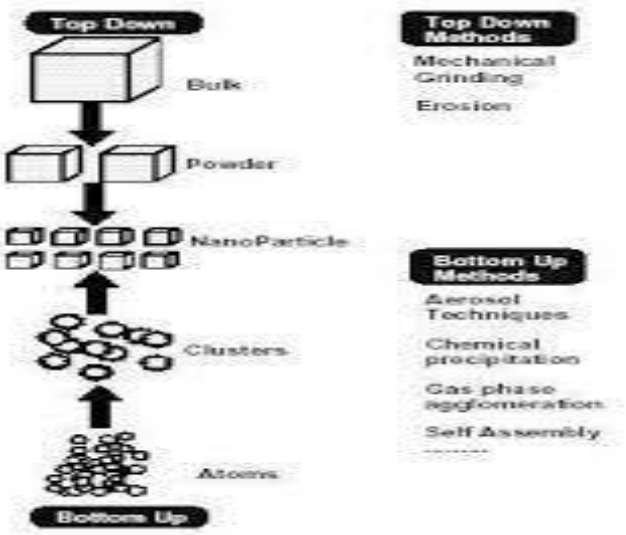
إن التطور في طريقة تحضير المواد النانومترية يلعب دورا هاما في تقدم التكنولوجيا النانوية و تطبيقاتها ، حيث تساهم في تحسين كفاءة العمليات وجودة المنتج النهائي مما يساهم في تعزيز الابتكار والتطبيقات في مختلف المجالات وهناك طريقتين رئيسيتين يعتمد عليها في تحضير وتصنيع المواد النانوية والوصول الى الحجم النانوي وفى هذا الفصل سنتطرق الى طرق تحضير المواد النانومترية المختلفة بالتفصيل.

III–1– طرق تحضير المواد النانوية:

إن المادة عندما تكون في المقياس النانوي تكتسب خواص متميزة لا تتوفر فيها عندما تكون في الحجم المرئي ، على الرغم من تطابق التكوين الكيميائي في الحالتين ، وتتوقف خواص المادة النانوية على كيفية التحكم في البنية المجهرية الداخلية للمادة الأولية وحجم حبيباتها وعلى الطريقة المتبعة في الإنتاج لهذا السبب إهتم العلماء بتطوير طرق إنتاج المواد النانوية والتي تقسم الى قسمين رئيسيين أو نهجين رئيسيين: القسم الأول من الأعمال الأسفل (up – down) حيث يتم كسر وتحطيم المادة الأولية (ذات الحجم الطبيعي) شيئًا فشيء حتى الوصول الحجم النانوي وتستخدم عدة طرق فيزيائية وميكانيكية في هذا القسم منها : الحفر الضوئي والطحن والقطع ..الخ، وقد استخدمت هذه التقنيات في الحصول على مركبات الكترونية مجهرية : كشرائح الحاسُوبِ والهاتف النقال ...الخ .

أما القسم الثاني فمن الاسفل الى الأعلى (Bottom – up) حيث تحضر المادة النانوية إنطلاقا من الذرات والجزيئات المكونة لها في هذا القسم نلاحظ استخدام عدة طرق كيميائية مثل: الترسيب الكيميائي للبخار والتكثيف الكيميائي للبخار ... الخ، وتتميز بصغر حجم المواد المنتجة وقوة الروابط بين ذرات المادة النانوية

المنتجة ويمكن تصنيف تحضير مواد النانو الى أربعة أصناف هي التحضير بطرق فيزيائية، التحضير بطرق كيميائية ، التحضير بطرق ميكانيكية والتحضير بطرق بيولوجية. [2]



(الشكل III -1): مخطط يوضح النهجين المتبعين في تحضير المواد النانوية

(جدول III -1): الفرق بين نهج من الأعلى الى الأسفل و نهج من الأسفل الى الأعلى.

نهج من الأعلى الى الأسفل	نهج من الأسفل الى الأعلى
1- نبدأ من الحجم الطبيعي للمادة	1- تبدأ من مكونات المادة
2- نستخدم طرق فيزيائية وميكانيكية كالطحن والحفر الضوئي .	2- نستخدم طرق كيميائية مثل طريقة- هلام ، محلول -
3- تقسم المادة الأولية الى أجزاء أصغر فأصغر لتصل لحجم 100 نانومتر تقريبا	3- تجمع المادة الأولية الى مركبات أكبر فأكبر حتى الوصول للحجم النانوية 1 نانومتر
4- تكتسب المادة النانوية خصائص جديدة غير موجودة في حجمها الطبيعي .	4- تكتسب المادة النانوية خصائص جديدة غير موجودة في مكوناتها :" الدرات والجزيئات ".

III-1-1- الطرق الفيزيائية : توجد العديد من الطرق الفيزيائية لصناعة المواد لنانوية أهمها : التكثيف بالغاز الخام ، الترسيب الفيزيائي للبخار ، طريقة التحضير بالمكروياف .

III-1-1-1 التكثيف بالغاز الخامل(IGC):

طريقته تصاعدية من أسفل لأعلى. تعتمد على تجميع الذرات والجزئيات خاصة المعادن تندرج ضمن خطوتين :

1-1- **الخطوة الأولى :** بتبخير المادة العضوية أو المعدنية المراد تكثيفها داخل غرفة خاصة تحتوي على غاز خامل منخفض الضغط. وهذا بواسطة مصدر تبخير مثل تسخين جول (تسخين المقاومة كهربائية) أو تسخين بتردد لا سلكي أو استخدام شعاع الكتروني أو قذف بالليزر كمصدر تسخين.

1-2- **الخطوة الثانية :**تكثيف البخار الناتج بإتباع شروط معينة لإنتاج الجسيمات النانوية، تمت هذه الخطوة في بيئة مفرغة تماما وفي ضغط منخفض (حوالي 10^{-6} ملي بار) حيث تتصادم ذرات المادة العضوية أو المعدنية المبخرة مع ذرات الغاز الخامل داخل الغرفة وتفقد طاقتها الحركية Ec ، وتبرد بسرعة وتتكاثف في شكل بلورات صغيرة جدا، مجموعها يشكل مسحوق ناعم يتم جمعة بواسطة مكشطة في إناء بارد، إرتباط عدة بلورات بشكل ما يسمى بالعناقيد ، فإذا اصطدمت العناقيد بعنقود أخر فإنها تبدأ في التراكم وهذا ما يسمى بالتنوي حيث يتكون عدد كبير من الجسيمات النانوية بأحجام تتراوح ما بين 2 و 100 nm، يتم جمعها و تبريدها بواسطة جهاز تجميع مملوء بسائل النيتروجين كما هو موضح في الشكل .[1]

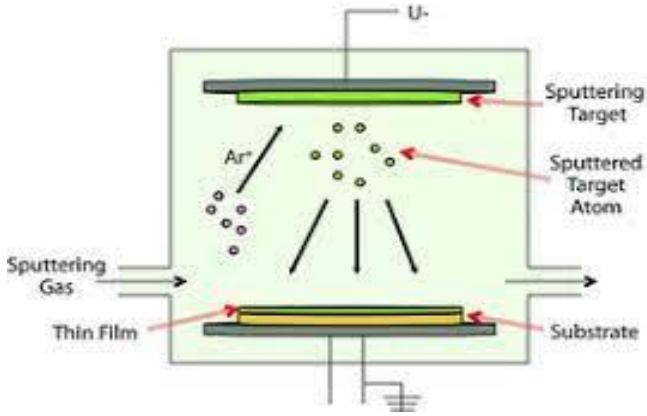
III-1-1-2-الترسيب الفيزيائي للبخار (PVD):

تقنية لتحضير المواد النانوية عن طريق ترسيب طبقات رقيقة من المواد ضمن المقياس النانوي تندرج من ثلاث خطوات:

1-3-الخطوة الاولى: تبخير المادة داخل غرفة مفرغة تحت ضغط منخفض(حوالي 10^{-6} ملي بار). حيث يتم تبخير المادة المعدنية أو الخزفية أو حتى البلاستيكية باستخدام مصدر تبخير، ومن المصادر الأكثر استخداما في هذه التقنية التبخير الحراري عن طريق التسخين وقذف البلازما عن طريق الكترون مقذوف .

1-4-الخطوة الثانية : نقل البخار الى سطح الركيزة التي عادة ما تكون قطعة زجاجية رقيقة أو رقاقة سيليكون .

1-5-الخطوة الثالثة : التكثيف على الطبقة التحتية لتكوين طبقة رقيقة أو غشاء دون تفاعل كيميائي حيث نقوم بترسيب البخار طبقة بطبقة ، مع استخدام مصراع داخلي متحرك " فتحه أو حاجز ضيق" لحجب المادة على الركيزة بعد أن يبرد النظام ويرفع الضغط الى الضغط الجوي مرة أخرى نقوم باستخراج الركيزة المطلية بطبقة رقيقة . [1]



(الشكل III -2): مخطط عملية الترسيب الفيزيائي للبخار

III-1-1-3-طريقة الترذيذ والتبخير بالبلازما (PVD):

تقنية التبخير تعتبر من ابسط الطرق ، في هذه التقنية يتم صهر المادة الخام الموضوعة داخل حوجلة ذات درجة حرارة عالية جدا ، ثم تنتقل ذرات البخار لتستقر على الركيزة مكونة غشاء رقيق (طبقة نانوية).

الترذيذ أو القذف بالبلازما أيضا من تقنيات الترسيب الفيزيائي للمواد المعدنية التي لها مقاومة حرارية عالية او في المواد العازلة وهذا عن طريق طرد جسيمات من الاصطدامات بين شوارد الغاز الخامل المعجلة بواسطة مجال كهربائي والذرات في مواد الهدف دون التفاعل معها ، حيث تتم هذه العملية بتأيين ذرات الغاز الخامل ثم تطبيق جهد كهربائي لتسريع هذه الاخيرة فتقذف مادة الهدف ونتيجة لهذا التصادم يتم طرد جسيم من سطح الهدف لإيداع ذرة على الركيزة كما يمكن اخراج الكترون ثانوي من سطح المادة ليتصادم مع أيون الغاز الخامل لتكوين ذرات متعادلة كهربائيا مرة أخرى حيث يطلق هذا الالكترون طاقة في شكل فوتون فتتوهج البلازما كما في الشكل المقابل .

عملية التبخير سريعة ومنخفضة التكلفة لكن من سلبياتها هي تفاعل بعض المواد مع جدار القارب أثناء العملية ، ومن الصعب اجراء عملية الترسيب للمواد ذات المقاومة الحرارية العالية . [1]

III-1-1-4- طريقة التحضير بالميكروويف:

تقنية كيميائية حديثة تستخدم في تحضير مواد نانوية مختلفة لأكاسيد المعادن البلورية . تندرج ضمن الخطوات التالية :

- وضع المادة المراد تحضيرها دون أي تنقية في حاوية تحتوي على مذيب مناسب (الكحول)

- ضبط الأس الهيدروجيني" درجة الحموضة " للمحلول بإضافة قطرة من حامض (HNO_3 أو NaOH)
- وضع المحلول الناتج في فرن ميكروويف (600 – 1000 واط) و الذي يجب أن يكون متصل بمكثف ماء بارد.
- يتشكل راسب يتم إضافته الى الماء منزوع الأيونات وإيثانول للترشيح والغسيل.
- يتم تجفيف الراسب (عند 70– 100 درجة مئوية) مدة 8–12 ساعة ، حيث تتنوى الجسيمات و تنمو
- وأخيرا معالجة المواد الاولية أو المسحوق حراريا عند (500– 800 كم) لمدة 5 سا في الهواء للحصول على المادة النانوية .
- يؤثر الأس الهيدروجيني للمحلول الأولي على طور و بنية المادة النانوية

من خصائص هذا التقنية السرعة واستخدام إشعاع الميكروويف بدل مصادر التسخين الأخرى وإنتاج مواد نانوية دقيقة جدا مختلفة الأشكال (ق ضبان ، أنابيب ... إلخ) . [1]

III–1–2– الطرق الكيميائية : تحضر المواد النانوية بطرق كيميائية من خلال التفاعل بين الذرات وتشكيل طبقات نانوية ومن أهم هذه الطرق : طريقة الترسيب الكيميائي للبخار وطريقة الترسيب الكهربائي و عملي ترسيب طبقة ذرية و طريقة هلام –المحلول .

III–1–2–1– الترسيب الكيميائي للبخار : (CVD)

تعمل على تحضير طبقات نقية جدا وعالية الجودة من الجسيمات النانوية، وتستخدم هذه الأخيرة في الحصول على : أشباه موصلات وألياف وأنابيب كربون نانومترية . والمواد العازلة والطلاء المختلفة ويصنع الماس[2]. تصنف طرق الترسيب الكيميائي للبخارة وفقا للضغط الى :

- APCVD: ترسيب كيميائي للبخار في الضغط الجوي.
- LPCVD: ترسيب كيميائي للبخار عند ضغط منخفض (حوالي 0.2 الى 20 تور) .
- HVCVD ترسيب كيميائي للبخار تحت تفريغ عالي جدًا.

أو حسب سبب التفاعل إلى:

- CVD ترسيب كيميائي بالتسخين
- RFCVD ترسيب كيميائي ببطاقة راديوية

- PHCVD ترسيب كيميائي باستخدام الضوء
- PECVP· ترسيب كيميائي بلازما محسنة
- LASER CVD ترسيب كيميائي للبخار باستخدام الليزر

وصف هيكل نظام الـ CVD : عبارة عن غرفة مفرغة يتم طلاءها من الداخل بها مصدر تسخين في حدود 900 درجة مئوية. ونظام لتصريف الغازات وركيزة بحيث تتم العملية بتعريض الركيزة الى مركب أو عدة مركبات "مواد أولية " والتي تتفاعل على سطح الركيزة لتعطي المادة المرغوبة يصاحب ذلك نشوء نواتج غير مرغوبة يتم التخلص منها بواسطة تفق تيار غازي من نظام التصريف.

تمثل الطريقة في وجود خزانات تحتوي على خليط من الغازات "الخاملة والمونومرات" حيث يساعد الغاز الخامل على تسريع التفاعل. وترتبط المونومرات ببعضها البعض مشكلة طبقة رقيقة من البوليميرات على سطح الركيزة الباردة . الخطوة التالية هي أهم خطوة تتمثل في تبخير الغازات وتحولها إلى المفاعل تحت ضغط منخفض ثم يحدث التفاعل على سطح الركيزة أو بالقرب منها وتكوين المادة الصلبة المطلوبة في شكل أغشية رقيقة على سطح الركيزة – بالإضافة الى تشكل نواتج غير مرغوبة يتم التخلص منها الى الخارج.

فمثلاً أثناء تفاعل خليط من الغازات O_2و SiH_4 لترسيب غشاء رقيق من SiH_2 ينطلق غاز H_2 و هو غاز غير مرغوب. [1]

مَزَايَا تقنية CVD :

- إمكانية تشكيل العديد من الطبقات النقية.
- استقلال و إنفصال الطبقة المتكونة عن الركيزة .
- عملية سريعة بحيث يتم تشكيل طبقات بسمك يتراوح ما بين10 و 100 نانومتر في الثانية .
- يمكن التحكم في العملية من خلال مجموع من المتغيرات كالتدفق ، درجة الحرارة. الضغط.[1]

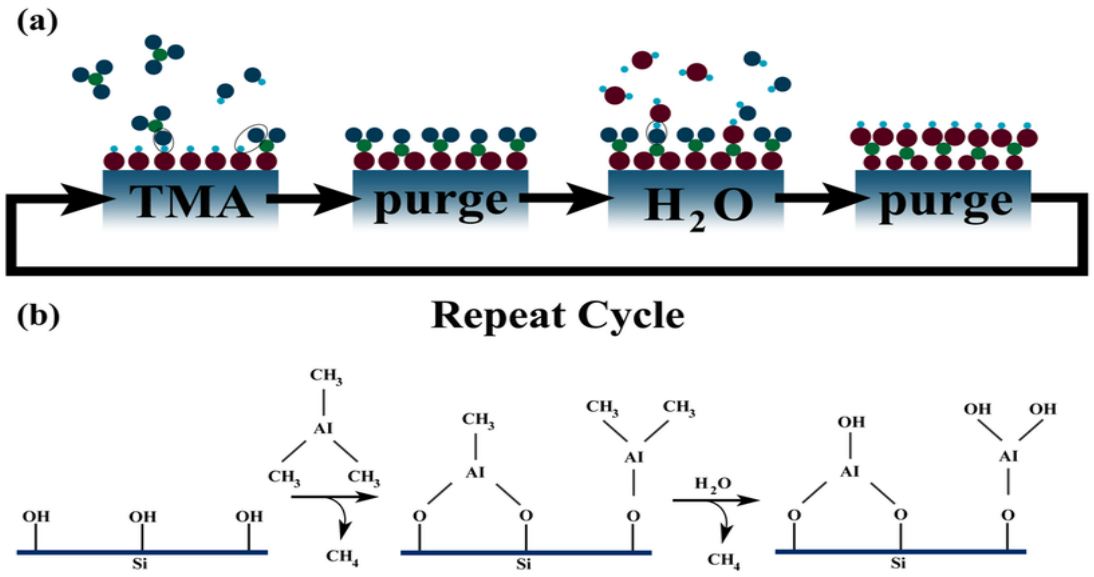
عبوب تقنية CVD .

- يتطلب حدوث التفاعلات درجة حرارة عاليا مما قد يؤثر سلبًا على الركيزة أو الطبقة المشكلة.
- صعوبة التحكم في التفاعلات.
- إنتاج تفاعلات غير مرغوبة قد تشكل ضررا على الطلاء أو تنتج غازات سامة.

- غلاء التكلفة.[1]

III-1-2-2- عملية ترسيب طبقة ذرية ALD :

أحد فروع طريقة الترسيب الكيميائي للبخار، هي ببساطة عبارة عن تفاعل مادتين كيميائيتين أوليتين تسمى الطلائع على سطح الركيزة للحصول على المادة المطلوبة في شكل طبقة رقيقة بالإضافة الى ناتج غير مرغوب فيه يتم التخلص منه. تتأثر جودة الطبقة المتكونة ، بعدة عوامل أهمها : درجة الحرارة ،الركيزة، تركيز الطلائع ، ضغط الغاز ومعدل تدفقه وتستخدم في صناعة محركات الأقراص الصلبة والطلاءات الوظيفية والحماية على الأجواء والخلايا الكهروضوئية والمكونات البصرية. ولفهم هذه الطريقة أكثر نأخذ كمثال عملية تشكيل طبقة اكسيد الألومنيوم Al_2O_2 انطلاقا من TMA و H_2O حيث تدخل المادة الأولى TMA للغرفة لتكوين طبقة أحاديّة على الركيزة تسمى جرعة . بعد التشبع الكيميائي للأسطح بمادة TMA يتم إزالة الفائض منها بالتطهير عن طريق كسح الغازات ثم يتم ادخال المادة الأولية الثانية H_2O الغرفة لتتفاعل مع طبقة TMA مكونة طبقة Al_2O_2 على الركيزة بالإضافة الى تشكل غاز CH_4 و طرحه خارجا مع فائض H_2O تتكرر هذه العملية إلى غاية الحصول على السمك المطلوب .[1].



(الشكل III -3): مراحل تشكيل طبقة ثاني أكسيد الألمنيوم انطلاقا من TMA و H2O (عملية ترسيب طبقة ذرية)

III-1-2-3-التكثيف الكيميائي للبخار (CVC):

تشبه هذه التنقية تقنية (IGC) تختلف فقط في طريقة التسخين حيث تستخدم غرفة تفاعل بجدار ساخن ومع ذلك يمكن استخدام مصدر طاقة لتحفيز التفاعلية الكيميائية داخل الغرفة مثل تسخين المقاومة الكهربائية كما هو الحال في تقنية (IGC).[3]

الغرض من هذه العملية تثبيط عملية الترسيب وتنشيط عملية التنوي وتكتل العناقيد . حيث يتم إنتاج عدد الكبير من الجسيمات النانوية المعدنية من خلال ادخال المواد الأولية الى غرفة التفاعل في الطور البخاري وضبط المتغيرات: " الزمن ، درجة الحرارة ، الضغط " . فرق الضغط بين الغرفة الرئيسية ومفاعل المواد الأولية تساعد هذه التقنية على الحصول على أحادي الطور أو من متعدد أو مخاليط من الجسيمات المطعمة التي لها طورين اثنين وهذا انطلاقاً من مادة أولية واحدة.[1]

يتم تزويد هذه الغرفة بنظام قياس وتحكم في الضغط ودرجة الحرارة كما تحتوي على ركيزة ونظام تصريف غاز محفز + غازات تفاعلية.[1]

III-1-2-4- طريقة هلام المحلول لتحفيز مواد نانوية :-

طريقة تستخدم لتصنيع السيراميك والمواد الزجاجية بالمقياس نانومتري في شكل غشاء رقيق أو مسحوق وكذلك النقاط الكمية – حيث تشير كلمة المحلول الى محلول غروي غالبا ما يكون محلول الألكوكسيد الفلز أو محلول كلوريد الفلز و تشير كلمة هلام مادة الى مادة هلامية تتشكل عندما يبدأ المحلول في التبخر ويترك الجسيمات أو الأيونات ملتصقة فى شكل سلسلة متواصلة ثلاثية الأبعاد و بالتالي فهذه الطريقة عبارة عن تحضير جسيمات نانوية غروانية ثمر تحويليها لشبكة متواصلة ثلاثية الأبعاد وتندرج هذه الطريقة ضمن عدة خطوات كالاتي :[1]

الخطوة الأولى : تحضير محلول كيميائي متجانس إما عن طريق ألكوكسيد الفلز أو ذوبان المواد الأولية العضوية المعدنية في مذيب عضوي قابل للمزج مع الماء.

أو عن طريق كلوريد الفلز (بذوبان الأملاح غير العضوية في محلول مائي)

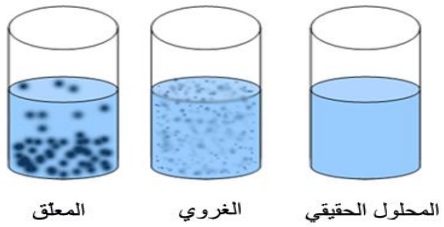
الخطوة الثانية: تحضير المحلول الغرواني عن طريق أخذ خليط من الطور السائل المحضر ، وتحريكهما معا عند درجة حراره (50° – 200°) والخضوع لتفاعلات التحلل المائي . أو التكثيف له و جسيمات غروانية ثانوية بحجم بين 1 و 1000 نانومتر.

الخطوة الثالثة : الهلمنة Gelation عندما يتم تشكيل شبكات متواصلة ثلاثية الأبعاد. بمعنى التحول من مواد أولية جزئية الى جزيئات متشابكة من الهلام Gel.

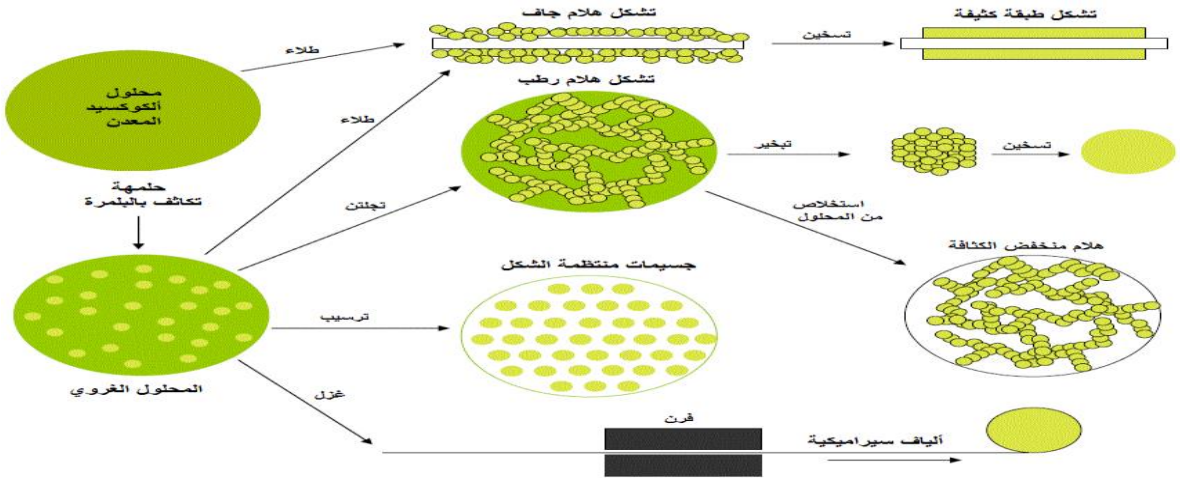
الخطوة الرابعة : تجفيف المواد الهلامية " الجزئيات المتشابكة " بالتخلص من المذيب بطريقتين:

التبخر في ظروف عادية بالتسخين وهذا يرفع الضغط ويسبب انكماش الشبكة الهلامية لتشكيل هلام جاف xerogell أو في ظروف فوق حرجة من الضغط ودرجة الحرارة تؤدي لفصل السائل عن البخار وبالتالي تشكيل هلام غازي aerogel

الخطوة الأخيرة: طحن الهلام المجفف الى مسحوق أو تحويله لمادة خزفية عن طريق المعالجة الحرارية والتلبيد . ولتجنب تشتت الجسيمات أو إعادة تجمعها نقوم بتغطيتها معا بربائط مناسبة تتأثر هذه الخطوة بظروف الوسط من درجة PH و درجة الحرارة، وطبيعة الحافز وحالة الأكسدة.[1]



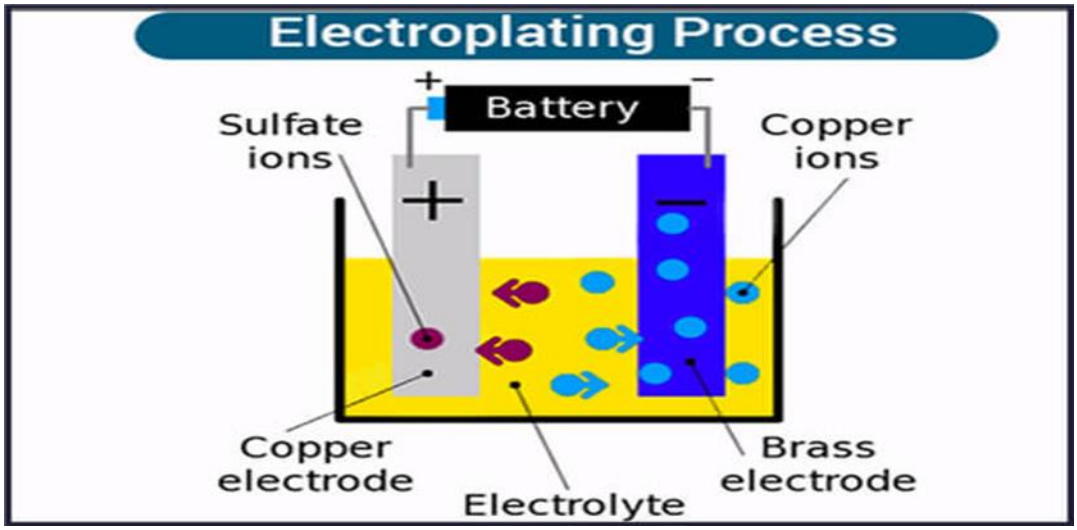
(الشكل III -4): أنواع المحاليل المتشكلة خلال تقنية هلام _ المحلول



(الشكل III -5): مخطط يوضح مراحل تقنية هلام _ المحلول

III-1-2-5- طريقة الترسيب الكهربائي : Electrodermonition

تعرف باسم الطلاء الكهربائي ، وهي الكهروكيميائية الشائعة، تعتمد على إحداث تفاعلات كيميائية في محلول الكتروليبتي مائي و تطبيق مصدر جهد خارجي للحث على التفاعل ونقل الشحنة الكهربائية بين التفاعل المهبطي و المصعدي كتيار كهربائي بمعنى تدفق الأيونات في المحلول من مادة لأنود الموجب لتترسب على الكاثود السالب "الركيزة" يتشكل الالكتروليت إنطلاقا من إذابة المعدن المطلوب في الماء لتشكيل ملح دائب بالإضافة الى مختلف السوائل العضوية والأيونية التي تستخدم لعمليات ترسيب الأقطاب الخاصة. ويعتمد سمك ونوع الطبقة النانوية المترسبة على نوع المادة الأولية وكثافة وزمن تدفق التيار لذلك يمكن التحكم في سمكها من خلالها مراقبة كمية الشحنة التي توصليها للركيزة . يتم اختيار ركيزة قابلة للذوبان بطرق معينة للتمكن من فصل المادة النانوية المترسبة بسهولة لهذه التقنية عدة إيجابيات فهي غير مكلفة ، سريعة تطبق في درجات حرارة منخفضة.[2]



(الشكل III -6): مخطط تقنية الترسيب الكهربائي

III-1-3-: الطرق الميكانيكية : يتم تحضير المواد النانوية بطرق ميكانيكية أهمها طريقة الطحن وهي طريقة تابعة للنهج التنازلي من أعلى الى أسفل حيث يتم طحن وتفتيت المواد ذات الحجم الطبيعي شيئا فشيئا وتتم هذه العملية باستخدام عدة أدوات أهمها الطرق عالية الطاقة .

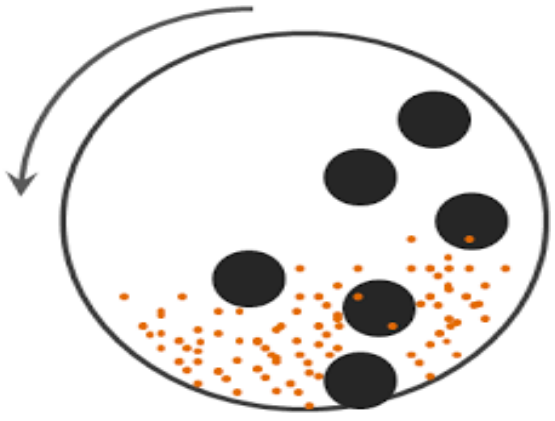
III-1-3-1- طريقة الطحن بالكرة عالية الطاقة:

طريقة تنازلية لتحضير المواد النانوية: تستخدم في معالجة المعادن والسيراميك، وتحويلها للحجم النانوي. [2] يتم الطحن باستخدام انواع مختلفة من المطاحن:

- مطحنة الكرة عالية الطاقة
- مطحنة كرة الكواكب.
- مطحنة الاحتكاك بالكرة
- مطحنة الكرة المهتزة أو المطاحن الدوارة منخفضة الطاقة.[1]

مطحنة الكرات هي بساطة قشرة أسطوانية تدور ببطء حول محور أفقي ، نصف حجمها مملوء بكرات صلبة (وسائط الصحن) ، نضع بداخلها مسحوق المادة المراد طحنها بأقطار في حدود 50 ميكرومتر النسبة المثالية لكتلة الكرة الى كتلة المسحوق هي 5 الى 10. وعندما تدور الأسطوانة تهتز وسائط الطحن بتردد معيّن للوصول الى أقصى ارتفاع ثم تنخفض فتطحن المادة الى أحجام صغيرة إما عن طريق التأثير المباشر والمائل أو التأثير المتعدد للكرة . ويتم احتجاز 1000 جسم خلال كل تصادم ، تتميز هذه التقنية بمعدلات الإنتاج العالية . [1]

و يمكن الحصول على أنواع مختلفة من المواد مثل: مساحيق، سبائك غير متبلورة ، وَمَسَاحيق نانوية ، بلورية ، ومساحيق المعادن المتداخلة، ومساحيق المركب وغير المركب النانو مترية : وهَذَا يعتمد على طاقة الطحن والتي تعتمد بدورها على سرعة دوران القشرة واهتزاز وسائط الطحن و حجم وعدد الكرات، ونسبة كتلة الكرة الى كتلة المسحوق ومدة الطحن ووجوب أن يكون وسط الطحن خامل غير مؤكسد ، لكن هذه العملية تقتصر على المواد الصلبة الهشة.[1]



(الشكل III -7): رسم تخطيطي لمطحنة الكرة عالية الجودة

III-1-4- تحضير المواد النانوية بالطرق البيولوجية:

النانو بيولوجي هو تطبيق تكنولوجيا النانو لإنتاج مَوَّادٌ وأجهزة لها تطبيقات حيوية وطبية . وتعتبر هذه الأخيرة صديقة للبيئة مقارنة بالطرق الأخرى .[2].

وقد كسب الكثير مين الاهتمام [شارما وآخرون 2009 ، mohanpuria و آخرون 2008 . غادي وآخرون 2008]. وتعتبر النباتات أسهل طريق وسمي بالطريق الأخضر الذي يعمل على تخليق مواد نانو من مختلف المعادن ،[5] حيث توضع المعادن في التربة التي ينمو فيها النبات في منطقة الجذور ثم يحدث إنتقال وامتصاص لهذه المواد داخل النبات عن طريق الجذر في صورة أملاح ذائبة ثم يحدث اختزال لأيونات الأملاح بواسطة الهيدروكربونات الحلقية غير المتجانسة وكذلك الفينولات الموجودة في النبات الكمية المتراكمة من مواد النانو في الأنسجة تعتمد على القدرة الاختزالية للأيونات والسعة الاختزالية للنبات.[4]

والتي تحدد بوجود الهيدروكربونات الحلقية غير المتجانسة و الفينولات ، ومن هنا جاءت فكرة إنتاج جسيمات الفضة النانوية واستخدامها كمضادات للسرطان.

مواد النانو يمكن أيضا تخليقها خارج النبات من المستخلصات النباتية التي تحتوي على جزئيات حيوية مثل الفينولات والقلويدات وكذلك من الانزيميات وكائنات حية دقيقة جدا و من أهم المواد النانوية البيولوجية التي تم انتاجها الديكسيترنات الحلقية ، محللات الدهون ، المتحسّس النانوي الإحيائي ،ضمادات الجروح المهندسة حيويا.[3]

الفصل الرابع:

تطبيقات تقنية النانو

IV-مقدمة

يعود استخدام تكنولوجيا النانو إلى زمن قديم جدًا حيث تم استعماله في صناعة الزجاج في الحضارات اليونانية، الفرعونية، الصينية، و يعتبر السيف الدمشقي من أقدم تطبيقات تكنولوجيا النانو، ومن خلال الدراسة الفنية التي قام بها الفريق البحثي بقيادة بيتر باوفلير الباحث في علوم المواد في الجامعة التقنية في دريسدن بينت وجود أنابيب الكربون النانوية في تصميم السيف الدمشقي، و الذي يتم صنعه من فولاذ يسمى الورتز يتميز بالمتانة و خفة الوزن و يتم صنعه في الهند بطريقة خاصة [16]. إن استخدام تكنولوجيا النانو أصبح مهما جدا لما حققته من نتائج أبهرت العالم و أضحى من الصعب حصر مجالات استخدامها، فهي تساعد في تحسين القطاعات التكنولوجية و الصناعية إلى حد كبير مثل :تكنولوجيا المعلومات والطاقة، والطب، والأمن الوطني، وعلوم البيئة، وسلامة الأغذية والعديد من الأمور الأخرى[17] . كما أنها تعمل على تكييف هياكل المواد في مقاييس صغيرة جدا لتحقيق خصائص محددة لها و يمكن من خلالها تقوية فاعلية المواد، مع أن تكون خفيفة الوزن وأكثر متانة، فالعديد من المنتجات التجارية اليومية الموجودة في السوق تعتمد على تكنولوجيا النانو[18].

وفي هذا الفصل سنتطرق بالتفصيل حول المجالات التي برزت فيها هذه التقنية بقوة.

IV-1 المجال الطبي:

من أبرز المجالات التي شملتها تقنيه النانو مجال الطب، حيث تم ابتكار طرق جديدة وفعالة في تشخيص الامراض وعلاجها وهذا ما يعرف بالطب النانوي Nanoxieme [3]

ومن أهم الطرق التي قدمتها تقنيه النانو في مجال الطب نذكر ما يلي:

- استخدام الجسيمات النانوية المجوفة كحاملات للأدوية وادوات التصوير داخل الجسم، حيث تكون قادره على استهداف الخلايا المصابة او المراد تشخيصها[2].
- استخدام جسيمات الذهب النانوي للكشف عن الحمل في اجهزه الاختبار المنزلي[3].

- استخدام الاسلاك النانوية كمجسات حيوية وذلك لحساسيتها وصغر حجمها حيث يتم طلاءها بأجسام مضادة مصنفه للارتباط بالجزيئات الحيوية.

IV-1-2 في العمليات الجراحية :

قامت شركه كورفيس بصناعه روبوت صغير بحجم نانوي الحجم يتم ادخاله لجسم الانسان بطرق مختلفة حسب نوع العملية حيث يقوم الطبيب بالتحكم في الروبوت بواسطه جهاز خاص ويكون مرفق بكاميرا تصوير محمولة داخل جسيم معنوي مما يساعد في انجاز العملية بدقه أعلى والتقليل من الأخطار التي تحدث عند استعمال الطرق التقليدية كالنزيف مثلا[2].

- استخدام الياف بروتينيه نانويه لترقيع الالياف والمراكز العصبية في الجهاز العصبي[2].
- استخدام نسيج شفاف من البروتين النانوي لتغطيه الجروح وتعقيمها والتئامها، ثم يذوب ويختفي[2] وضمادات اخرى تحتوي على جسيمات نانو الفضة[4]، وكذلك استخدام الياف البوليمار في علاج الحروق والجروح[3].

IV-1-3 البيئة الدقيقة للورم:(TME)

تم تطوير هذه المواد النانوية للحصول على مجموعة متنوعة من علاجات السرطان ذات القدرات العلاجية المتقدمة مثل التغلب على السمية التي تنتجها إفرازات الخلايا السرطانية أو استخدام الدواء نفسه لتعزيز الفاعلية والفعالية من الدواء ومتوافق بيولوجيًا أيضًا مع الجسم [20].

و هناك عمليتان أساسيتان لتوصيل الأدوية إلى الخلايا السرطانية وكيفية التمييز بينهما وبين الخلايا السليمة، هاتان العمليتان هما : عملية الاستهداف السلبي و عملية الاستهداف النشط.

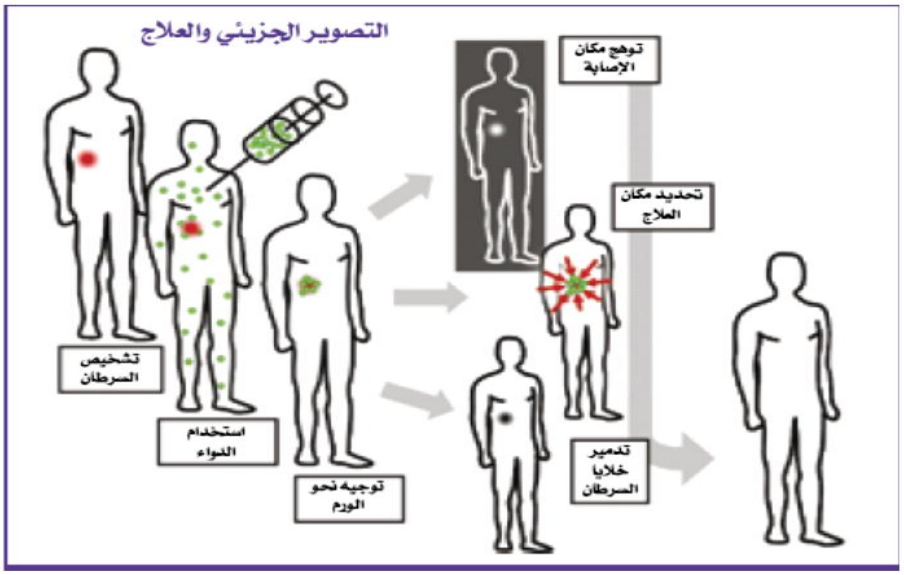
أ) الاستهداف السلبي

الاستهداف السلبي هو مصطلح يستخدم في الطب النانوي لوصف التغيرات التي تطرأ للخلايا نتيجة تراكم الجسيمات النانوية في الأورام الصلبة بعد إدخال هذه المواد النانوية أو حقنها في الجسم الحي، حيث تعتمد هذه العملية على خاصية خاصة تعرف بتأثير النفاذية المعزز وهي خاصية [21]. Enhanced (EPR) Permeability and Retention توجد في بعض الأوعية الدموية المارة بالخلايا السرطانية حيث تكون بها مسامات بين خلايا جدارها تسمح بمرور الجسيمات النانوية إلى الخلايا المصابة المحيطة بالأوعية الدموية وتبقى هذه الجسيمات النانوية داخل الورم ولا تخرج منه بسبب ضعف التصريف اللمفاوي مما يسبب زيادة تركيز الجسيمات النانوية العلاجية (NPS)، التي تحتوي على أدوية أو بروتينات أو علاجات أخرى في الورم بتركيز أعلى بخمس إلى عشر مرات من تركيز الأنسجة الطبيعية، وظاهرة التأثير المعزز للنفاذية والاحتفاظ بها (EPR) هو الآلية التي تتراكم بها الأدوية والعقاقير الأولية عالية الوزن الجزيئي في الأنسجة من خلال النفاذية للأوعية الدموية، يعتمد هذا النوع من استهداف الورم الذي يُطلق عليه اسم السلبي على الخصائص الفيزيائية والبيولوجية للورم بدلا من توجيه العلاج مباشرة نحوه، في هذا النوع من العلاج يتم استخدام الخصائص مثل حجم الورم و زمن الدورة الدموية وخصائص الاوعية الدموية المحيطة بالورم وتوجيه العلاج بشكل فعال نحو المناطق المصابة دون االتأثير السلبي على الأنسجة السليمة المحيطة [22].

ب) الاستهداف النشط

في عملية الاستهداف النشط يتم إيصال الأدوية والجينات والوسائل العلاجية إلى موقع الإصابة بالورم وتجنب الأنسجة السليمة وبالتالي تعزيز الكفاءة العلاجية والحد من الآثار الجانبية، وينتج عن ذلك زيادة كبيرة في كمية الدواء التي يتم وضعها في الخلية السرطانية المستهدفة مقارنة بكمية العقاقير التي تصل للخلية المصابة في حالة الاستهداف السلبي، وهو ما يجعل الاستهداف النشط أكثر فاعلية.

في الاستهداف النشط يمكن زيادة فاعلية الدواء من خلال تزويد أسطح الناقلات النانوية الجسيمات النانوية التي تحمل الدواء بزوائد مثبتة عليها تعمل على التصاق النواقل النانوية بالخلية السرطانية وبالتالي زيادة كمية الدواء المتغلغلة في الخلايا السرطانية [23].



الشكل IV 01: رسم تخطيطي يوضح كيفية استخدام الجسيمات النانوية لعلاج السرطان.

IV-1-4 في علاج السرطان:

تستخدم جسيمات سيرينيد الكاديوم النوويه النقاط الكمية للكشف عن موقع الخلايا الخبيثة وازالتها حيث عند حقنها داخل الجسم فإنها تتجمع داخل الخلايا السرطانية وعند تعريض المنطقة المصابة لضوء فوق بنفسجي فإنها تضيء بإصدارها طيف مرئي فيما يساعد في تحديد موقع الخلايا السرطانية.. [3].

استخدام الاغلفة النانوية المطلية بالذهب لتدمير الخلايا السرطانية حيث يبلغ طول هذه الأغلفة 120 نانو متر واصغر حجم خليه سرطانيه بمقدار 170 مره حيث تلتصق تلقائيا بالخلايا السرطانيه ومن ثم يتم تعريض تلك الخلايا لاشعه الليزر تحت حمراء لتسخين مال الذهب ورفع درجه حرارته مما يؤدي الى تدمير تلك الخلايا [2].

IV-1-5 مولدات النانو الحيوية :

عباره عن اجهزه نانويـة كهروكيميائيـة تعمـل علـى انتـاج طاقـه كهربائيـة انطلاقـا مـن جزيئـات الجلوكـوز المتواجدة بالدم وهذا لتشغيل أجهزه ثانويه اخرى مزروعة داخل جسم الانسان مثل أجهزه ضبط النبض المزروعة بالقلب. [3].

IV-1-6 تطلعات تقنيه النانو في المجال الطبي : [3].

- استخدام الياف البوليمار لترقيع الأوعية الدموية.
- صناعه اجهزه نانويه كهربائية تقوم بجميع وظائف خلايا الدم.
- تقنيه النانو تفتح الابواب نحو صناعه اعضاء بشرية صناعيه بكفاءة عالية قريبة من الأعضاء الأصلية الحيوية.
- السعي نحو التصحيح الجذري لاي تلف في الأجهزة السمعية البصرية والحسية مثلا زراعة غشاء معنوي في شبكيه العين لتحسين الرؤية.

IV-1-7 تطبيق تقنية النانو في الأمراض الجلدية والتجميل:

برزت تقنية النانو تكنولوجي في العديد من التطبيقات في طب الأمراض الجلدية، إن المواد متناهية الصغر لديها القدرة على تطوير طريقة تحضير مستحضرات التجميل على وجه التحديد، فالمواد النانوية توضع لتغليف مجموعة واسعة من المكونات المفيدة للجلد، وتهدف تقنية النانو في إعداد مستحضرات التجميل إلى جعل العطور تستمر لفترة أطول، والكريمات الواقية من الشمس و المضادة للشيخوخة أكثر فعالية فطرق الحماية التقليدية من الأشعة فوق البنفسجية تفتقر للاستقرار على المدى الطويل أما واقيات الشمس القائمة على جزيئات النانو المعدنية كثاني أكسيد التيتانيوم النانوي لها تأثير مقارن في الوقاية من أشعة الشمس فوق البنفسجية [24]. ويمكننا الاستفادة من النانوتكنولوجي في المركبات الجديدة من المستحضرات الموضعية لتوفير أفضل توصيل

للمكونات النشطة كما يسمح النانوتكنولوجي لإنتاج أسطول جديد كامل من ناقلات جديدة نشطة وهي أكثر استقرارا ، و أقل في الآثار الجانبية وأكثر ملائمة للاستخدام، وهناك حاجة ماسة لتطوير مركبات لتوصيل الأدوية المتعددة لعلاج الصدفيه بكفاءة ولذلك فإن ناقلات الدهون ذات البنية النانومترية تم استخدامها لعلاج الأكزيما عن طريق وضع كريم من شأنه إيصال filaggrin إلى الجلد أو تحفيز العلاج، تكنولوجيا النانو أيضا تستخدم في علاج الجراحات الناجمة عن بكتيريا ستاف المقاومة من خلال تطوير جزيئات صغيرة جدا تحمل أكسيد النيتريك للعدوى، وعندما توضع هذه الجزيئات على الجراح تطلق سراح أكسيد النيتريك إلى عمق الجلد لإزالة الالتهابات والمساعدة على التئام الأنسجة .

وتم حقن الدهون بـ"النانو فات "و عادة ما تستخدم لتجديد شباب الوجه في هذه الطريقة، سيتم شفط الدهون من أجزاء من الجسم بما في ذلك الأرداف أو البطن أو الجوانب بجهاز خاص عادة شفط بطريقة بودي جت (body jet)، ثم تصفيته وحقنه إلى أجزاء الوجه التي تحتوي على تجاعيد أو خطوط، مع إبرة صغيرة جدا، والفرق الرئيسي بين حقن الدهون بالنانو وحقن الدهون التقليدية هو أن الخلايا الدهنية التي تنتجها عملية حقن الدهون النانو صغيرة جدا مما يؤدي إلى أقل إزعاج وأطول أمداً، كما أنه ليس له أي آثار جانبية ويعتبر أفضل طريقة لتقليل الهالات السوداء حول العينين[25]

IV-2 تطبيق النانو في طب الأسنان:

IV-2 -1 تقنية النانو في زراعة الأسنان

تم تحفيز تكاثر الخلايا العظمية من خلال إنشاء جزيئات ثانوية على سطح الزرعة السنية، حيث بعد تخشين سطح الزرعة على مستوى النانو أمراً مهما للاستجابة الخلوية التي تحدث في الأنسجة، أظهرت العديد من الدراسات أن التضاريس على سطح الزرعة تؤثر بشكل كبير على الخلايا العظمية وأن شكل السطح النانوي يعزز التصاق الخلايا العظمية حيث يوفر التحكم بالسطح النانوي للزرعة مساحة إضافية لسطح الزرعة تمكنها من التفاعل مع البيئة البيولوجية المحيطة[26].

2-2-IV التخدير النانوي(Nanoanesthesia) :

في هذه الحالة يتم حقن لثة المريض بمعلق يحتوي على ملايين من الجسيمات النشطة والمسكنة بحجم ميكرون والتي تستجيب للمدخلات التي يقدمها طبيب الأسنان، بعد ملامسة سطح التاج أو الغشاء المخاطي، تصل الروبوتات النانوية المتنقلة إلى اللب عبر التلم اللثوي والصفيحة البروبيا والأنابيب العاجية مسترشدة بالتدرج الكيميائي وفوارق درجات الحرارة التي يتحكم فيها طبيب الأسنان بمجرد دخولهم إلى اللب، يقومون بإيقاف كل الإحساس عن طريق التأسيس للسيطرة على حركة النبضات العصبية في أي سن يتطلب العلاج، وبعد الانتهاء من العلاج فإنها تستعيد الإحساس وبالتالي توفر للمريض راحة دون الحاجة إلى القلق يعتبر التخدير سريع وموضعي. [27]

3-2-IV معاجين الأسنان النانوية Nanorobotic dentifrices dentifrobots

يمكن للروبوتات النانوية على شكل غسول الفم أو معجون أسنان تنظيف البقايا العضوية عن طريق التحرك في جميع أنحاء الأسطح فوق اللثة وتحت اللثة، واستقلاب المواد العضوية المحتبسة إلى أبخرة غير ضارة وعديمة الرائحة وإجراء تنضير مستمر للجير، يمكن لهذه الجسيمات النانوية أن تتحرك بسرعة ويتم إبطال مفعولها عند البلع[27].

4-2-IV صناعة الأسنان بتقينة النانو(Nanocomposites artificial teeth)

تمتاز الحشوات غير العضوية المصنعة باستخدام تقنية النانو بتوزعها بشكل متجانس في الأسنان الاصطناعية النانوية، أظهرت الدراسات أن الأسنان الاصطناعية النانوية أكثر متانة من الأسنان الصناعية التقليدية ومقاومتها للتآكل أعلى. [27]

5 -2-IV الكبسولات النانوية (Nanoencapsulation)

قامت مراكز الأبحاث بتطوير ما يعرف بأنظمة الإطلاق التي تشمل Targeted release systems المستهدفة كبسولات نانوية تستخدم في اللقاحات الجديدة وفي المضادات الحيوية وفي توصيل الأدوية مع آثار

جانبية منخفضة مقارنة بالكبسولات التقليدية، ومن الأمثلة على ذلك محاولة إنشاء نظام فعال لتوصيل الأدوية لعلاج أمراض اللثة عن طريق إنتاج كبسولات نانوية مشربة بالتريكلوسان (Triclosan) حيث أن تطبيق التريكلوسان في منطقة الاختبار يخفف الالتهاب. [27]

IV-2 -6 تقنية النانو للوقاية من تسوس الأسنان Nanotechnology for preventing dental caries

يمكن استخدام معجون أسنان يحتوي على كربونات الكالسيوم النانوية من إعادة تمعدن آفات المينا المبكرة[28].

IV-3 المجال الصناعي

IV-3- 1 صناعة الطائرات والسيارات:

تقدم تقنية النانو الكثير لتحسين الصناعة في هذا المجال، فهي تدخل على سبيل المثال في صناعة الأبواب والمقاعد والدعامات، ومن أهم مميزات القطع المحسنة أنها صلبة وذات مرونة عالية بالإضافة إلى أنها تتميز بخفة الوزن، وبالنسبة للقطع المحسنة المستخدمة في صناعة الأجزاء الداخلية فهي تقلل من استهلاك الوقود، كما أنها ستساعد في صنع محركات نفاثة تتميز بهدوئها وأدائها العالي إذا نظرنا إلى الطائرات، سنجد أنها تحرق كميات هائلة من الوقود بسبب المواد المستخدمة في صناعتها تحرق طائرة البوينج 747 جالونا واحدا من الوقود في الثانية تقريبا، فمن خلال استخدام أنابيب الكربون النانوية مع معدن مثل الألومنيوم، يمكن أن تصبح الطائرات بخلاف صلابتها وقوتها أخف أيضا، فحينما تتم تقوية الألومنيوم ودعمه باستخدام أنابيب الكربون النانوية، فإن الطائرة تكون أكثر صلابة وقوة وأخف[29].وبالتالي تكون أقل استهلاكا للوقود، إن تكلفة هذه المواد النانوية الحجم تنخفض أكثر بمرور الوقت، فبعد إنتاج أنابيب الكربون النانوية لأول مرة في التسعينيات، انخفض سعرها من 1.500 دولار أمريكي للجرام الواحد في عام 2000 إلى نحو 50 – 35 دولارا أمريكيا الآن وذلك مقابل الحصول على أجود الأنواع من هذه الأنابيب ويمكن أن ينخفض سعرها إلى 40 دولار

أمريكي للجرام الواحد للأنابيب المنخفضة الجودة بالإضافة إلى ذلك فقد أصبحت التقنيات المستخدمة في صناعة أنابيب الكربون النانوية معروفة بشكل أكبر خلال الأعوام القليلة الماضية، إن انخفاض تكلفة هذه المواد ليس ما يجذبنا إليها فحسب، وإنما أيضا إمكان استخدام القليل منها فقط حيث إن الأنابيب النانوية تعد قوية للغاية، بالإضافة إلى وزنها الخفيف يمكننا استخدام القليل منها فقط عند إضافتها إلى الألومنيوم فيكون حجم الطائرة نفسها، ولكن بوزن أخف ثلاثة أضعاف تقريبا وهكذا، فإننا نقلل من إهدار المواد المستخدمة وبالتالي تحقق المزيد من الاستدامة البيئية مع خفض التكلفة .إن مركبات أنابيب الكربون والألومنيوم النانوية تعكس مقاومة[30].

IV-3-2 صناعة النفط والغاز :

تمثل صناعات النفط والغاز قطاعاً حيوياً في الدول العربية حيث تتمتع بموارد غنية وتكاليف إنتاج منخفضة مقارنة بمناطق أخرى، تكنولوجيا النانو قادرة على تحسين عمليات التنقيب والإنتاج وتطوير البنية التحتية، وتقليل التكاليف مما يسهم في تعزيز الصناعة وتحسين أدائها بشكل عام[31].

IV-3-3 الصناعات الثقيلة في الفضاء:

يعد الفضاء مجالا حيويا لتطبيقات النانو، إذ تخصص وكالة الفضاء الأمريكية (ناسا) أكثر من 40 مليون دولار سنويا لتنفيذ أبحاث وتجارب تهدف إلى استخدام تكنولوجيا النانو في مجال الرحلات الاستكشافية للفضاء الخارجي، وهناك معدات ثانوية استخدمت بالفعل خاصة بالأجهزة ومكونات الأقمار الصناعية ومعدات رواد الفضاء، ومن المؤمل أن تتم الإفادة من هذه التكنولوجيا بمجالات بناء الروبوتات صغيرة الحجم، وزيادة قدرة أجسام المركبات الفضائية على تحمل درجات الحرارة العالية ، فضلا عن فكرة بناء مسبار بحجم صغير ومجهز بأجهزة استشعار واستكشاف تفوق ما موجود منها الآن وبتكلفة أقل، وقد يسفر استخدام تكنولوجيا النانو عن تقليل وزن الطائرة بدون محرك إلى النصف تقريبا، في حين يتم زيادة قوتها ومتانتها كما ستقلل تكنولوجيا

النانو من كتلة المكثفات الفائقة والتي ستستخدم في توفير القوة للمحركات الكهربائية المساعدة بهدف إقلاع الطائرة بدون محرك عن الأرض المنبسطة إلى التحليق في الأجواء العالية[32].

IV-3-4 صناعة الدهانات والصبغات :

حيث تتميز هذه الدهانات بأن لها القدرة على مقاومة الخدش والتآكل والتفتت مما يجعلها مناسبة لطلاء السفن والمراكب[33].

IV-3-5 صناعة الملابس والأقمشة:

إن العديد من الدراسات إهتمت بتطبيق تكنولوجيا النانو في مجال الملابس والنسيج و ذلك باستخدام مواد نانومتريه متعددة أهمها جسيمات الفضة النانومترية(AgNPs) ، حيث تم استخدامها لتحسين خواص الملابس كما في بعض الدراسات التالية:

- 2016 دراسة سالي أحمد لمعالجة أقمشة تريكو لتحسين الأداء الوظيفي للملابس الداخلية للرياضيين.
- 2016 دراسة هند سالم والتي اعتمدت على توظيف النانو سيلفر و الكيتوزان لإنتاج أقمشة طبية لمرضي قرحة الفراش.
- 2017 دراسة إيناس عادل و سوزان عادل والتي تهدف الى تأثير المعالجة بالفضة النانومترية على الخواص الوظيفية للضمادات الطبية.
- 2017دراسة داليا محمد التي اعتمدت على استخدام الفضة النانوية لمعالجة الملابس الداخلية للأطفال المقاومة للبكتريا والميكروبات.
- 2018دراسة أسماء ساميو و التي هدفت لطباعة الملابس السليلوزية باستخدام جسيمات الفضة النانومترية.

- 2018 دراسة عبير رفاعي والتي قامت بصنع ملابس لمرضى الأكزيما البنيوية باستخدام الفضة النانوية والكلتيزون.
- كما تم استخدام تكنولوجيا النانو لإثراء الأداء الوظيفي للأقمشة وذلك بمعالجة الأقمشة بثاني أكسيد التيتانيوم (TiO_2) و التي تبينها الدراسات التالية:
- 2010 دراسة سميحة السيد والتي وظفتها كمادة محفزة لتحسين مقاومة الأقمشة للتجعد وللوقاية من أشعة الشمس فوق البنفسجية.
- 2012 دراسة إيمان رأفت والتي نجحت باستخدامها لمعالجة الجلود الصناعية لتحقيق خواص جديدة في الجلود كمقاومة البلل والاتساخات.
- 2016 دراسة فاطمة جاد هدفت لتحسين الأداء الوظيفي لأقمشة السيارات [34]

IV-4 مجال الزراعة:

وفي القطاع الزراعي ستعمل تكنولوجيا النانو على زيادة فعالية المبيدات الكيميائية مع تقليل تكلفة المعالجات الكيميائية للمحاصيل، بالإضافة إلى كونها آمنة للاستخدام يمكن أن تلعب تكنولوجيا النانو أيضًا دورًا كبيرًا في القضاء على الحشرات والآفات التي تلحق الضرر بالمحاصيل، ويجري أيضًا تطوير مواد للمساعدة في تحسين امتصاص النبات، وبالتالي تعزيز نمو النبات وزيادة الغلة علاوة على ذلك باستخدام تكنولوجيا النانو من الممكن إنشاء مجسات نانوية قادرة على اكتشاف الأمراض التي تصيب النباتات وعرضها بوضوح، مساعدة المنتجين على مراقبة المحاصيل بطريقة علمية ومهنية أكثر .

تطورت أساليب الزراعة وإنتاج الغذاء بشكل كبير خلال العقد الماضي وتتطلع شركات الأغذية إلى تطبيق التقنيات الحديثة مثل تكنولوجيا النانو لإنتاج محاصيل أفضل.

إن شركات الأغذية قادرة على إنتاج أغذية بدون مواد حافظة ضارة، وباستخدام مواد كيميائية أقل وبسعر أرخص مما هو عليه اليوم في إعداد وإنتاج الأطعمة المستقبلية، توصل الباحثون إلى حل لمشكلة نقص مياه الري وتوفير مياه الري باستخدام تقنية النانو، وهي إحدى الطرق الزراعية الحديثة التي سيكون لها أثر ملحوظ في المستقبل القريب، وأشار إلى أنه تم تطبيق تقنية النانو على أرض المشروع وزراعتها مع محصول القمح، وأثبتت النتائج أن تطبيق هذه التقنية على الزراعة في المناطق الصحراوية يمكن أن يوفر أكثر من 30% من مياه الري، وهذا يعني أنه من خلال تطبيق التقنية على الصحراء و الأراضي التي تعاني من الجفاف ونقص المياه وباستخدام هذه التقنية ستزداد المساحة الزراعية للأراضي الصحراوية استجابة للمشكلة بسبب الزيادة الكبيرة في مياه الري.

الأمر المؤكد هو أن تقنية النانو تخلط معادن طينية مختلفة بنسبة معينة، وتضغطها بطريقة ميكانيكية معينة، ومن ثم تستخدم الآلات الزراعية لحقن مياه الري في التربة الرملية لتوفير مياه الري من خلال خليط معادن طينية، زيادة تشبع التربة وزيادة رطوبتها، وكذلك زيادة قدرة الحقل على الاحتفاظ بالمياه، وزيادة تماسك التربة ونعومة المباني.

كل هذه الخصائص بدورها يمكن أن تطيل دورات الري وتحتفظ بمياه الري في التربة الرملية لأكثر من ثلاث سنوات، كما تساعد على تحسين معدلات الإنبات وتقليل معدلات تبخر التربة ، مع تحسين الخواص الفيزيائية للتربة [35].

IV-5 معالجة المياه:

تستخدم تقنيه النانو في ازاله المركبات العضوية والغير عضويه السامه من المياه الجوفية، عن طريق تحويلها الى مواد غير ضاره او اختصاصها وقد تستخدم طرق تنقيه المياه بالنانو تكنولوجي دون الحاجة الى استخراجها بالمضخات وتنقيتها بالطرق التقليدية والمكلفة [9]، كما تعتبر ذات دور مهم في احتجاز المعاد الثقيلة والملونات وتنقية مياه الصرف، ومن بين الطرق المستخدمة نذكر ما يلي:

- انتاج مرشحات وأدوات لتنقية المياه ذات كفاءة عالية واقل حجما، وتصنف هذه الأخيرة الى ثلاثة أنواع [9]:

  - ✓ مرشحات بمسامات نانونية
  - ✓ حبيبات نانومترية ماصه للسموم و الملوثات
  - ✓ حبيبات نانومترية مفتتة للسموم والملوثات [9]

انتاج اجهزه نانوية للتعرف على الكائنات الجرثومية والمعادن والمركبات عضويه وسط المياه [11]

باستخدام حبيبات الذهب النانوية في التخلص من المواد الكيميائية المتواجدة بالمياه الجوفية [9] واستخدام حبيبات الحديدالنانوية ايضا لتنقيتها من المواد العضوية السامه والمبيدات الحشرية والعناصر الثقيلة كالزرنيخ.

- استخدام حبيبات الذهب النانوية المغطاة بطبقه رقيقه من البلاديوم لتنقيه مياه الابار من ثلاثي كلوريد الايثان. وهو مركب سام حيث يعمل على طاقته لإعطاء غاز الايثام غير سام [9].
- استخدام غشاء من اكسيد الحديد الخزفيلازالة الملوثات والمركبات العضوية السامة من الماء ويمكننا التحكم في جوده الاداء من خلال التحكم في الخصائص الفيزيائية والمرفولوجية للغشاء [9]
- استخدام بعض المواد النانوية مثل جسيمات الحديد النانوية لتحويل المواد الثقيلة مثل الرصاص الى شكل غير قابل للذوبان [10].

استخدام اكسيد الجرافين المصمم من الكربون في ازاله المواد المشعة من المياه [10].

ويمكن تصنيف طرق معالجة المياه بتقنية النانو الى ثلاث انواع :

- **التحفيز الضوئي** :حيث يستخدم المواد المحفزة النانوية لتدمير الملوثات بفعالية.
- **الترشيح النانوي** :الذي يستخدم أغشية تحتوي على ثقوب صغيرة لاحتجاز المواد العضوية والشوائب.
- **الأكسدة الكهروكيميائية** :التي تعتمد على عملية الأكسدة على سطح أنابيب الكربون النانوية[36].

IV-6 المجال العسكري :

تعتبر تقنية النانو إحدى التقنيات الناشئة في الصناعة العسكرية وقد بدأت تقنية النانو في الآونة الأخيرة في جذب اهتمام الناس حيث بدأت الدول في البحث عن أسلحة أكثر كفاءة وأكثر دقة وأقل تكلفة[37].

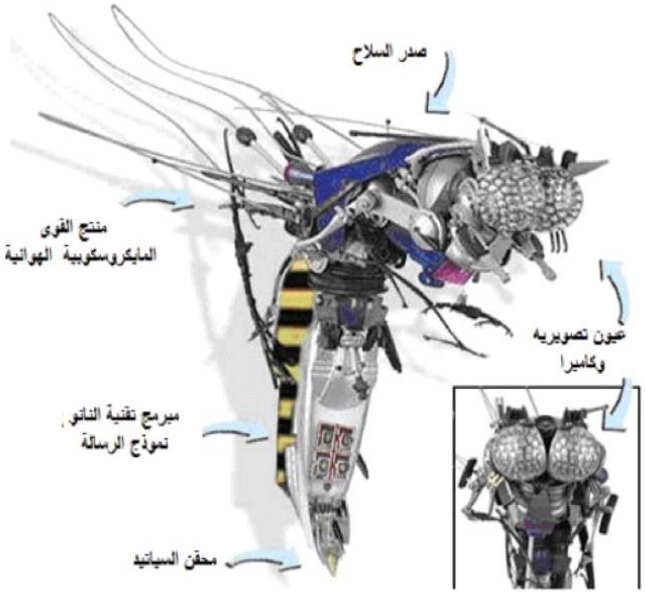
في عام 1986، بدأت الصين في الاهتمام بتكنولوجيا النانو واستخداماتها العسكرية، حيث كتب اللواء بيلين سون من الأكاديمية الصينية للعلوم العسكرية مقالاً يصف فيه تطبيقات التكنولوجيا النانوية في الحروب المستقبلية، بعد ذلك قامت الصين بتنفيذ عدة برامج بحثية لتطوير تقنيات جديدة مستندة على تكنولوجيا النانو، بما في ذلك البرنامج الوطني للبحث والتطوير في مجال التكنولوجيا المتقدمة، ومن ثم نقل الاهتمام بهذه التقنية إلى الولايات المتحدة التي تدرك أهميتها في الجانب العسكري، وبدأت بالاستثمار فيها لتطوير أسلحة وتقنيات جديدة، مثل تقنيات المعلومات ذات استخدام المزدوج والذكاء الاصطناعي، بهدف الوصول إلى أسلحة أصغر وأخف وزناً وأكثر دقة.

وقد تجلى هذا الاهتمام بوضوح من قِبَل وزارة الدفاع الأمريكية في منتصف التسعينات، عندما ركزت على تطوير هذه التكنولوجيا وجعلتها جزءاً من مجالات البحث الاستراتيجية الستة، وقد قامت الوزارة بتخصيص استثمارات كبيرة لتطوير تكنولوجيا النانو في مراكز البحوث المختلفة، بما في ذلك مختبر أبحاث الجيش ومختبر أبحاث القوات الجوية ومختبر البحوث البحرية.

نتج عن هذه الجهود إنشاء معهد تكنولوجيا النانو الجندي في عام 2002، والذي يعمل كجهة تنسيقية للجيش في مجال البحوث الأساسية والتطبيقات المتقدمة في تكنولوجيا النانو، يهدف هذا المعهد إلى بناء وتطوير شبكات ذكية محيطة بالجندي، تعمل على مراقبة اللياقة البدنية والحالة الصحية باستخدام مختلف أجهزة المراقبة مثل معدل ضربات القلب ومستويات الدم، وذلك لتوفير رصد دقيق وفوري لحالتهم.

من بين التطبيقات المهمة لهذه التكنولوجيا هو استخدامها في مواجهة التهديدات البيولوجية والكيميائية في بيئات القتال، حيث يمكن لأنظمة الإنذار النانو الهيكلية أن تساهم في تقديم الأدوية بشكل سريع للجنود في

حالات الطوارئ، هذا يعزز فرص إنقاذ الجنود المصابين ويعزز فعالية العمليات العسكرية، ومراقبة العدو عن طريق محرك نانوى يصور أهدافا استخبارية ويطلق النار و التسلل إلى العدو وتشويش أجهزة الاتصال، بالإضافة إلى استخدام ألياف نانوية في تطوير زي قتالي يمكنه منع الغازات السامة للأسلحة الكيماوية والسماح بدخول الهواء و يعتبر تقدما مهما في تكنولوجيا الدفاع[38].



الشكل IV 2 : روبوت آلي بمحرك نانوي.

إن تأثير تكنولوجيا النانو في الصناعة العسكرية بالفعل هائل، حيث توفر إمكانيات تشغيلية جديدة تساهم في تطوير القدرات العسكرية وتحسين استجابة الدول للتحديات الأمنية، التطبيقات العسكرية المبتكرة تشمل مجموعة واسعة من الأسلحة المتطورة، مثل:

- **الأسلحة الذكية المصغرة** :تستخدم تقنيات النانو لتحسين دقة وفعالية الأسلحة الصغيرة مثل الطائرات بدون طيار والصواريخ الموجهة.
- **المواد الدفاعية المتقدمة** :تساعد تقنيات النانو في تطوير مواد دفاعية توفر حماية متفوقة ضد التهديدات المختلفة مثل الليزر والانفجارات.

- **أجهزة الاستشعار الفائقة الدقة** :تستخدم تقنيات النانو لتطوير أنظمة استشعار متقدمة تساعد في جمع المعلومات بدقة عالية وتحليلها في الوقت الفعلي.
- **الأنظمة الطبية الميدانية** : تتيح تقنيات النانو تطوير أنظمة طبية محمولة وفعالة لإنقاذ الأرواح وتقديم الرعاية الطبية في الميدان.

هذه التطبيقات وغيرها تمثل جزءًا من مساحة الفرص الجديدة التي تفتحها تكنولوجيا النانو في مجال القدرات العسكرية وتعزز قدرة الدول على التكيف مع التحديات الأمنية المتغيرة[39].

IV-7 مجال الطاقة:

ترتبط المشاريع المتقدمة في مجال الطاقة بتحسين التخزين والتحويل وتحسين عمليات التصنيع بتقليل استخدام المواد وطاقة العملية التصنيعية وتوفير الطاقة من خلال عزل أفضل، وتشمل هذه المشاريع أيضًا توفير مصادر الطاقة المتجددة وفيما يلي شرح لاستخدام تكنولوجيا النانو في مجال الطاقة:

IV-7-1 زيادة كفاءة إنتاج الطاقة:

الطاقة الشمسية: تعتبر الطاقة الشمسية ماده متجددة بديله للوقود الأحفوري وحيث يتم استخدام الالواح الشمسية للاستفادة من هذه الطاقة وقد تم توظيف تقنية النانو حديثا في صناعه الخلايا الكهروضوئية وانظمه الطاقة الشمسية المركزة للحصول على العديد من المزايا [12].

الخلايا الكهروضوئية: عبارة عن ألواح شمسية تعمل على تحويل الطاقة الضوئية الى طاقة كهربائية، وتعتمد كفاءتها على طبقه فجوة الطاقة للماء شبه الموصلة وانعكاس وانتقال على سطح الخلية وتشكل الاكستيتونات قبل الوصول الى الاقطاب "الحصر الكمي" ودرجة حرارة خلية حيث ان استخدام المواد النانوية الليفيه في تشكيل هذه الخلايا يعمل على [12].

- زياده التفاعل الضوئي بزياده المساحه السطحية للخلية الكهروضوئية [13].

- تشتت الضوء في اتجاهات واطوال موجيه مختلفة وبالتالي انشاء طاقه مختلفة من فوتون واحد [7].
- زيادة نسبه تحويل الطاقة عن طريق استخدام الحصر الكمي حيث ان المادة النانونية بها فجوه طاقه اقل وبالتالي امتصاص مزيد من القوتونات الساقطه عليها وبالتالي زياده الكفاء [13]

من اهم المواد النانوية المستخدمه في صناعه الخلايا الكهروضوئية: الجسيمات النانوية، الاذرع النانوية، الألياف النانوية

أنظمه الطاقة الشمسية المركزة:

عباره عن اجهزه تقوم بالتقاط الفوتونات من الأشعة الشمسية الساقطة عليها وتركيزها في حجم صغير اما باستخدام مجمع حراري او باستخدام المرايا والعدسات.

المجمع الشمسي الحراري:

عباره عن جهاز يقوم بتحويل الطاقة الشمسية الى طاقه حرارية وتخزينها للاستفادة منها لاحقا، وتعتمد كفاءه على قدره امتصاص الأشعة للصف المجمع واستطاعة و آلية نقل الحرارة وتخزينها والطاقة الحرارية الرائعة ودرجه حراره تشغيل المجمع ويتم تحسين جل هذه العوامل باستخدام المواد النانوية في تصنيع مجمع حيث نلاحظ:

- زيادة القدرة على امتصاص الفوتونات وتقليل الانعكاس لسطح المجمع مثل استخدام طلاء ثانوي يسمح بانعكاس نسب اقل من الأشعة تحت الحمراء [13].
- استخدام سائل ثانوي لزياده توصيل الحراري والسعه الحرارية وبالتالي زياده قدره نقل الحرارة وتخزينها [13].
- تقليل نسبه الضياع في الطاقة الحرارية عن طريق انشاء عزل فراغي او هوائي او عن طريق انشاء نظام فوت حراري لتحويل الطاقة الحرارية الضائعة للكهرباء [13].

اهم المواد النانوية المستعملة في تصنيع المجمعات الحرارية الشمسية: الجسيمات النانومتر يه، الأعمدة النانوية، الانابيب النانوية، الزهور النانوية

المجمع الشمسي باستخدام المرايا والعاكسات:

يعمل على تركيز الأشعة الضوئية في حجوم صغيره باستخدام معدات بصريه ويستخدم الأشعاع الشمسي المركز بعدها في انتاج طاقات مختلفة كالطاقة الكهربائية والطاقة الحرارية ....إلخ ، وتعتمد كفاءتها على نسبه تركيز وعوامل اخرى يمكن تقسيمها من خلال استخدام المركبات والتراكيب النانوية من خلال:زيادة نسبة تركيز العدسات للضوء من خلال انشاء سطح نانوي ،له القدرة على تشتيت الضوء و زوايا و اطوال موجية متباينة .

تقليل الخسائر من خلال الحد من عملية تشتت الضوء و انعكاسه.

انشاء اجهزة حساسة للمؤثرات الخارجية و بالتالي تحسين آلية التتبع.

تحسين تصميم جهاز الاستقبال عن طريق انشاء نظام طاقة حرارية كهروضوئية .

امثلة عن المواد النانوية المستخدمة :العدسات النانوية ، المرايا النانوية ،المستقبلات النانوية .

IV-7-2 طلاء الطاقة النانوي: Energy Coating

يعمل طلاء الطاقة النانوي على امتصاص لطاقة الاشعاعات الضوئية. وتحويلها الى طاقة كهربائية . ويتم إنتاجة عن طريق حقن صبغة من ثاني أكسيد التيتانيوم TiO_2 ، ويعتبر المكون الرئيسي لطلاء الطاقة هو Komarka المستعمل في تطوير وتصنيع بلاسيتك الطاقة النانوي [14] .

IV-7- 3 - تطبيقات تقيبة النانو في مجال الإضاءة Nanotechnology in lighting

تعتبر أجهزة الإضاءة أكثر الأجهزة إستعمالاً بالمباني، والاقتصاد في استهلاك أجهزة الانارة للطاقة الكهربائية ثم إختراع إضاءات النانو LED، OLED .

إضاءة النانوLED : Light-Emitting Diodes

فكرة إنبعاث الصمام الثنائي للضوء وهي عبارة على مصدر ضوئي مصنوع من مواد نانوية يستعمل الطاقة الكهربائية. ويصل مقياسها ل 5 سم [14]

- إضاءة النانو OLED:

استخدام Organic Light – Emilling Diodes JOLED) فكرة الانبعاث العضوي للصمام الثنائي للضوء الأكثر تطورا تتمثل OLED في مجموعة من الطبقات الرقيقة النانوية من المركبات العضوية الباعثة للضوء ويمكن استخدامها على جميع الاسطح مثل النوافذ لتعمل كمصدر ضوئي .

وقد تم استخدامها في غلاف مبني Urban Tiles حيث يتمثل هيكل المبنى في بلاط ذو وجهين الأول يعمل كألواح شمسية ، والثاني ضوء OLED الذي يستخدم الطاقة الشمسية المُخزْنَة.

IV-8- أخطار استخدام تقنية النانو.

برزت تكنولوجيا النانو حيث استحوذت على خيال الباحثين وأصحاب الرؤى في جميع أنحاء العالم إذ شاهدت هذه التقنية في الآونة الأخيرة تطوراً هائلاً سريعا وملحوظاً ، وذلك بتدخلها في مجالات متعددة، لكن عند استخدامها ينتج عنها العديد من الأخطار كبقية الابتكارات الحديثة ، ومن بين هذه الأخطار ما يلي:

- ✓ بما أن تقنية النانو عبارة عن جزيئات صغيرة جدًا مما يسمح بتسليمها واختراقها للجهاز المناعي لجسم الإنسان أو الدخول إلى غشاء خلايا الجلد والرئة يؤدي إلى أضرار بليغة.
- ✓ التعرض المباشر للأنابيب النانوية يؤدي إلى ظهور أورام خبيثة
- ✓ بينت دراسة جامعة اكسفورد بأن نانو جزيئات ثنائي أكسيد التيتانيوم المتواجدة في المرهم الواقي من أشعة الشمس أصابت الحمض النووي (DNA) للجلد بالضرر.
- ✓ أثناء القيام بتجربة في جامعة روتشيستر على فئران تنفست جزيئات النانو تبين أن هذه الجزيئات استقرت في الرئتين والدماغ مما أدى إلى مضاعفات خطيرة جدا للصحة [39]
- ✓ التطور والتقدم الهائل لتقنية النانو قد ينج عنه روبوتات ذاتية التكاثر لها القدرة على التكاثر بطريقة سريعة وبلا حدود و السيطرة على العالم .
- ✓ استخدامها في أغراض غير انسانية

- ✓ تصنيع أسلحة نانومترية ذكية لها قدرة التعرف على ضحاياها من خلال المادة الوراثية، أي أن جيوش المستقبل ستكون مكونة من محاربين نانويين يمكن ارسالهم إلى جهة معادية للقضاء على كل من فيها من خلال ساعات قليلة [40]
- ✓ زيادة انتاج المواد النانومترية وظهور أنواع جديدة يمكن أن يشكل خطرا من عدم ضمان أهلية المواد الناشئة للاستخدامات الآمنة [41].
- ✓ هناك دراسات تشير الى أن ثاني أكسيد التيتانيوم عند تنشيطه بالضوء، قد يتسبب في ضرر أكسدة الحمض النووي (DNA) في الخلايا الليفية البشرية المزرعة في تجارب أنابيب الإختبار، مما يدل على أن هذه الجسيمات النانوية تكون سامة للجلد والحمض النووي والقولون العصبي وخلايا السرطان [42].
- ✓ وفي دراسة أخرى اشارت الى ان هذه الجسيمات النانوية قد تؤدي الى موت بعض القوارض وتتسبب في اتلاف مخ السمك [43].
- ✓ ان الجزيئات النانوية التي يتم هندستها يمكن أن ي تبقى محمولة في الهواء لمدة أطول وهذا لحجمها الصغير و وزنها الخفيف كما يمكن أن يزيد هذا من احتمال قطعها لمسافات أطول و عبورها للحدود وتفاعلها مع الغازات وبالتالي قد تتسبب في تلوث الهواء [44].
- ✓ وفي دراسات أخرى أشارو إلى خطورة المواد النانوية و مدى تأثيرها على البيئة وإمكانية التصاقها بالسلسلة الغذائية وبالتالي أصبح من الضروري دراسة ماهية المواد النانوية على البيئة حيث رصدت التقارير الأوروبية التي تتلخص إلى أن البيئة مهددة من التوسع في انتشار تقنية النانو . [45]
- ✓ بالرغم من التقدم الهائل والازدهار والمنافع التي تقدمها هذه التقنية إلى أنها بالرغم من أن هذه التقنية تعمل على تحسين الحياة المعيشية للدول النامية إلا أنها في نفس الوقت تعيق آخرين وتجعلهم في مؤخرة الركب مما يشكل في طبقية اقتصادية و بمعنى آخر تصنع فجوة بين العالم المتقدم والعالم المتخلف. [46]

الخاتمة

في نهاية هذه المذكرة فإننا تمكنا من أن نسلط الضوء على كل الجوانب المتعلقة بتقنية النانو و تطبيقاتها وطرق تحضير المواد النانومترية وأدوات تشخيصها وعرضنا كل المفاهيم و والمصطلحات الضرورية.

ان علوم وتقنيات النانو أحد أهم فروع التكنولوجيا في هذا القرن ، والمفتاح السحري للتقدم والإنماء الاقتصادي المبني على العلم والمعرفة في مختلف المجالات الصناعية والصحية والزراعية فتقنية النانو من أعظم التقنيات حاليًا ومستقبليا . حيث يعد علم النانو أهم العلوم استقطابا وذلك لتغلغل هذه التقنية مختلف فروع العلوم كالفيزياء والكيمياء و علوم الحياة لما لها من أهمية في تحسين جودة المنتجات ومعالجة الأمراض وخدمة العالم .[57] .

لذلك يجب العمل على الإستفادة من الخصائص المذهلة والمميزة لتقنية النانو والمواد النانومترية في إحداث الابتكارات والعديد من الاختراعات والبحوث، للاستفادة منها في مجالات السلم وتسريع الحياة وتسهيلها بالأخص التخلص من الأمراض الخبيثة جذريا التي لم يتوصل اليها لعلم حالياً ، و ايجاد حل نهائي لها.

وبما أن النانو هو محور الاهتمام المتزايد في العالم يمكن للجزائر أن تلعب دورًا مهما في هذا المجال، ويصبح بلدنا واحد من أكثر الدول بحثا في هذه التقنية وكل مستجداتها وتطوراتها والمساهمة في دفع التقدم العلمي وتعزيز القدرات ، و اطلاق العنان للطاقات العلمية والعقول الموجودة في بلادنا واثبات كفاء تهم وجدارتهم [58].

الملخص :

تقنية النانو هي تقنية العصر الممثلة في القدرة على التحكم في الذرات لإنتاج مواد نانوية بأبعاد و أشكال مختلفة و هي ذات خصائص " فيزيائية ، كيميائية ، ميكانيكية، وضوئية .. إلى " متميزة وهذا لاتساع مساحة سطحها وتطبيق من مبدأ الحصر الكمي، وقد تم الكشف عن هذه الخصائص باستخدام ثلاث أنواع أساسية من المجاهر الالكترونية ، مجاهر المسبار الماسح والمجاهر الضوئية أما طرق التحضير فهناك طرق تصاعدية كالطرق الكيميائية وطرق تنازلية كالطرق الميكانيكية .

تقنية النانو تربط بين العديد من مجالات البحث العلمي وتطبيقاتها أبدت تحسنا ملحوظا في مختلف المجالات الطبية والعسكرية ... الخ.

Summary:

Nanotechnology is the modern technique represented in the ability to control atoms to produce nanomaterials in different dimensions and forms and is of "physical, chemical, mechanical, and optical" characteristics. To "distinct and this is for the expansion of its surface area and application of quantitative accounting principle. These properties have been detected using three basic types of electronic microscopes, scanning probe microscopes and optical microscopes. The methods of preparation are progressive methods such as chemical methods and downward methods such as mechanical methods.

Nanotechnology connects many fields of scientific research and its applications have shown remarkable improvement in various medical and military fields… etc.

مراجع الفصل الأول :

[1] أحمد عوف عبد الرحمن . الطب النانوي 14 مارس ، 2019

[2] نهى علوي الحبشي، ما هي تقنية النانو، العراق – جامعة ذي وقار كلية العلوم 2015 .

[3] نوار ثابت ، النانو تكنولوجتها وتطبيقاتها، العبيكان للنشر 10 أفريل 2013 ، 194 صفحة

[4]الأستاذ أحمد عامر حسين . علم النانو تكنولوجي. 27 سبتمبر 2022م. 158 صفحة

[5] رافد أحمد عبد الله. مدخل الى عالم النانو. 4 نوفمبر 2014 97، صفحة

[6]يسري مصطفى . أساسيات وتكنولوجيا المواد النانومترية ، 2023479 صفحة

[7] صندالي حدي ، دراسة خصائص أشعة الليزر الناتجة عن الذرات الاصطناعية . جامعة قاصدي مرباح ورقلة ، كلية الرياضيات وعلوم المادة ، 2019

[8] https://nano.ksu.edu.sa/ar/nanotech-shapes

[8]Ahmad Amen shamma ، علم النانو وتقنية النانو تحضيره وتطبيقاته 26 فيفري 2023

[10] علي يوسف ، النانو التكنولوجي ، تطبيقاته في المستقبل سوريا ، 2014,2015م

[11] رحاب فايز أحمد سيد ، تكنولوجيا النانو في مجال المعلومات والاتصالات ، الفرص والتحديات مجلة علم 2012 .

[12] فؤاد نمر الرفاعي مفاهيم أساسية في تقنية النانو العراق – جامعة ذي وقار كلية العلوم 2015

[13]Yassine Belaiche, abdelhamid khelef, salah eddine laouini, abderrhmane bouafia, mohammed laid tedjani and ahmed barhoum. Green synthesis and characterization of silver/silver oxide nanoparticles using aqueous leaves extract of Artemisia herba-alba as reducing and capping agents. Revista Română de Materiale / Romanian Journal of Materials 2021, 51 (3), 342-352 .

[14] Danbature, W.L., Z. Shehu, M. Yoro and M.M. Adam. 2020. Nanolarvicidal Effect of Green Synthesized AgCo Bimetallic Nanoparticles on Culex

quinquefasciatus Mosquito. Advances in Biological Chemistry, 10: 16-23. https://doi.org/10.4236/abc.2020.101002

مراجع الفصل الثاني :

[1] نهى علوي الحبشي ما هي تقنية النانو، العراق جامعة ذي وقار كلية العلوم 2015

[2] أفنان حميدات، مكونات جهاز الأشعة تحت الحمراء2023 https://mawdoo3.com/%D9%85%D9

[3] فؤاد نمر الرفاعي ، حجاز STM أداة التعامل مع العالم النانوي – العراق. جامعة ذي قار – كلية العلوم

[4] الدكتور حازم فلاح سكيك ، اليكروسكوبيات الالكترونية . من اصدارات شبكة الفيزياء التعليمية .25 حياتنا . بدار دجلة 2011

[5] مزهر عبد الحسناوي تطبيقات المواد النانوية في اطار المجالات الطبية ، نشرة الذرة والتنمية ، المجلد 27 العدد 2015/3

[6] دكتور يوسف مصطفى أساسيات و تكنولوجيا المواد النانوية 2023 . صفحة 479

[7] مجهر ليزر ماسح https://3arf.org/wiki/%D9%85%D8%AC%D9%87%D8%B1_%D9%84%D9%8A%D8%B2%D8%B1_%D9%85%D8%A7%D8%B3%D8%AD#google_vignette

[8] ابراهيم كريم ، مِجهر القوة الذرية: Atomic Force Microscope, AFM https://physical-magazine.yoo7.com/t790-topic

[9]=https://books.google.dz/books?id=nD2MEAAAQBAJ&pg=PA15&dq

[10] أفنان حميدات . مكونات جهاز الأشعة تحت الحمراء.2023 https://mawdoo3.com/%D9%85%D9%83%D9%88%D9%86%D8%A7%D8%AA_%D

مراجع الفصل الثالث :

[1] دكتور يوسف مصطفى ، أساسيات وتكنولوجيا المواد النانو متربة .

[2] نهي علوي الحبشي ماهي تقنية النانو مقدمة مختصرة بشكل دروس مبسطة، مكتبة الملك فهد الوطنية 2009

[3] أحمد عامر، علم النانو و تقنية النانو تحضيره وتطبيقاته ،6 فيفري 2023 .

[4] TasKir F, UZUNOGLU D. Ozer A. (2017). Biosynthesis Characterisation and Detemination of Adsorbent Properties of Silver Nanoparticules with CyprusACACIA (Acacia ayanophylla) LEAF EXTRACT. Anadolu Universi Bilim ve Teknoloji Dergisi A_ Uygulamal Bilimler ve MuhendisliK18(3) 733 - 745

[5] Nair S, Sasidharan A, Rani VD, Menon D, Nair.(2009). Role of size scale of ZnO nanoparticles and microparticles notoxicity toward bacteria and osteoblast cancer cells, Journal of Materials Science: Materials in Medicine 20/1. 235.

[6]Willner 1, Baron R, Willner B.(2006). Growing metal nanoparticles by enzymes, Advaned Materials 18(9): 1109_1120،

[7]Shankar SS, Rai A, Ahmad A. Sastey M. (2004a). Rapid synthesis of Au Ag. And bimetallic All core-Ag shell nanoprticles using Neem (Azadirachtaindica) Leaf broth. Journal of colloid and interface science 275(2):476-502.

[8] أ.د. محمود محمد سليم، تقنية النانو وعصر علمي جديد، مكتبة الملك فهد الوطنية 2015م الرياض.

مراجع الفصل الرابع:

[1] نهى علوي الحبشي ما هي تقنية النانو، العراق جامعة ذي وقار كلية العلوم 2015

[2]تقنية النانو وتطبيقاتها في المجال الطبي،2020.
https://www.uomus.edu.iq/NewDep.aspx?depid=8&newid=3048

[3] تطبيقات تقنية النانو الطبية https://nano.ksu.edu.sa/ar/nanotech-applications-medicine

[4]سارة علي عبد الحسين،" النانو تكنولوجي " 2022 ، https://www.uomus.edu.iq/NewDep.aspx?depid=6&newid=11824

[5] مصطفى الحشاش، تطبيقات تقنية النانو تكنولوجي في المجالات المختلفة ، 2018 https://praxilabs.com/arabic/blog/introduction-to-nanotechnology-and-its-most-important-applications-in-various-fields/

[6] د.افتخار مطر باقر، النانوتكنولوجى والرياضة، 2019 HTTPS://UOMUS.EDU.IQ/NEWDEP.ASPX?DEPID=10&NEWID=1890

[7] تامر ال داوود ، النانو تكنولوجي فى المجال الرياضى، 2019 ، https://www.sport.ta4a.us/human-sciences/athletic-training/1655-nanotechnology-sports.html

[8] https://uomustansiriyah.edu.iq/media/lectures/13/13_2019_06_18!01_36_47_AM.pdf

[9] علي دربالة و أماني حمزة . تكنولوجيا النانو و تطبيقات في مجالات مختلفة (الزراعة . تكنولوجيا الغذاء . المياه . البيئة . مكافحة الآفات) دار الكتب العلمية .2016 . 256 صفحة

[10] أ. م. د. سبأ جواد عبدالكاظم ، استخدام تقنية النانو في معالجة المياه، 2021، https://portal.arid.my/ar-LY/Posts/Details/c1ecd0c2-351c-4f95-b025-

[11] براء يوسف حسين ، تطبيقات تكنولوجيا النانو في مجال تنقية المياه ’،2024 https://www.uoanbar.edu.iq/UEBDC/News_Print.php?ID=552

[12] أية قطام، استخدامات النانو في الطاقة الشمسية،2023 https://mawdoo3.com/%D8%A7%D8%B3%D8

[14] آفاق حياري ، تقنية النانو في أنظمة الطاقة الشمسية ، https://solarabic.com/learn/2023/06/%D9%86%D8%A7%D9%86%D9%88-

[15] منى العدوي، تطبيقات تكنولوجيا النانو في مجال الإضاءة والطاقة والإستشعار. فكرة طلاء الطاقة' https://www.archdiwanya.com/2022/03/Nonlight-energy-sensor.html?m=1

[16]Maria Benelmekki, Nanomaterials The original product of nanotechnology, Version: 20190501 Morgan & Claypool Publishers, 2019, College of Engineering, Swansea University, Swansea, Uk, P. 15

[17] Yassine Belaiche, abdelhamid khelef, salah eddine laouini, abderrhmane bouafia, mohammed laid tedjani and ahmed barhoum. Green synthesis and characterization of silver/silver oxide nanoparticles using aqueous leaves extract of Artemisia herba-alba as reducing and capping agents. Revista Română de Materiale / Romanian Journal of Materials 2021, 51 (3), 342 – 352.

[18] Siddharth V Patwardhan, Sarah S Staniland, Green Nanomaterials from bioinspired synthesis to sustainable manufacturing of inorganic nanomaterials, Version: 20191201, IOP Publishing, Bristol, UK, 2020, P. 42.

[19] David H Geho, Clinton D Jones, Emanuel F Potential biomarker harvesters. Current opin- ion in Chemical Biology. 2006.

[20]علي يوسف ومشرف حسام حاج قاسم النانو تكنولوجي وتطبيقاته في المستقبل، بسوريا في عام.2014

[21] سرى غانم سرحان، المواد النانوية وتطبيقاته، وزارة تعليم العالي والبحث العلمي جامعة القادسية 2019

[22] supratim ghosh. Gmeiner william H 2014

[23] Mohamed F. Attia وآخرون 2019.

[23] الدكتور محمد مزهر راضي،مبادئ تقنية النانو وتطبيقاتها، دار دجلة للنشر،كلية التقنيات الصحية والطبية ، بغداد، 2014.

[24]كريدي امير فرحان،(2023)، بحث نفدم م الى مجلس كلية التربية للعلوم الصرفة لإكمال ونيل درجة البكلوريوس في الفيزياء) النانو تكنلوجي وتطبيقاته(، جامعة بابل ، العراق.

[25] Cao B, Wang Y, Li N, Liu B, Zhang Y. Preparation of an orthodontic bracket coated with an nitrogen-doped TiO (2-x) N thin film and examination of its antimicrobial performance. Dent Mater J 2013;32:311-6

[26] Mupparapu M. New nanophosphor scintillators for solid-state digital dental imagers. Dentomaxillofac Radiol 2006.

[27] Mupparapu M. New nanophosphor scintillators for solid-state digital dental imagers. Dentomaxillofac Radiol 2006

[28] Maria Benelmekki, Nanomaterials The original product of nanotechnology, Version: 20190501 Morgan & Claypool Publishers, 2019, College of Engineering, Swansea University, Swansea, Uk, P. 15

[29] Jadidi, Koenderink, Mashaghi. "Lipid Nanotechnology". Int. J. Mol. Sci. 2013 (14): page

[30] Basic Facts about Oil and Gas in the Arab World, The National Council on US-Arab Relations, 13/3/2013, accessed on 11/10/2021, at: https://bit.ly/3GyMjB9

[31] تبارك حميد فرحان،,2022 الى مجلس ادارة كلية العلوم/ قسم الفيزياء لنيل درجة البكالوريوس في الفيزياء)تكنولوجا النانو في مجال معلومات والاتصال (جامعة المثنى العراق.

[32]محمود الشريف رباب، مفهوم النانو التكنولوجي وتطبيقاتها،جامعة القاهرة، مصر.

[33]عزة احمد محمد عبد الله، مجلة البحوث في مجالات التربية النوعية، لمجلد السادس . العدد التاسع والعشرين . يوليو2020

[34]راضي محمد مزهر،مبادئ تقنية النانو وتطبيقاتها،دار دجلة للنشر والتوزيع، عمان، الأردن.

[40] Boehm F, Nanotechnology in environmental application, Report NAN039A, BCCResearch,Wellesley,
MA.2006, http://www.bccresearch.com/report/NAN039A.html .

[35] محمود الشريف رباب، مفهوم النانو التكنولوجي وتطبيقاتها،جامعة القاهرة، مصر

[36] مزياني صبرينة) المدرسة الوطنية العليا للعلوم السياسية (المجلد/08 العدد (2021) /02ص220-202

[37] محمود محمد سليم صالح، تقنية النانو وعصر علمي جديد (في, 2023-07-31 ص169-167)

[38]نهى علوي الحبشي، ماهي قنية النانو؟ مقدمة مختصرة بشكل دروس مبسطة، مكتبة الملك فهد الوطنية2009

[39] . م . د عادل صبحي الباشا و م . د منال حسين لفته، دور استعمال تقنية النانو في تخفيض عناصر التكاليف، مجلة دنانير، العدد العاشر.

[40] د/ احمد محمد صبري، المواد المستحدثة بواسطة تكنولوجيا النانو وتطبيقاتها الصناعية في المجال تصميم المنتجات،بجامعة حلوان، مجلد ،10 عدد،3 جويلية 2020

[41] وليد يوسف عطو، مخاطر وسلبيات النانو بين الهاجس والحقيقة ، مركز الدراسات وألبحاث العلمانية في العالم العربي، /17 /8 .2

[42] Nanotechnology and Health Risk ،Health and Environment Alliance (Heal) fact sheet ،p 3 .

[43] محمد بن صالح الصالحي، عبد هللا بن صالح الضوبان ، مقدمة في تقنية النانو ، كلية العلوم ، قسم الفيزياء والفلك، جامعة الملك سعود، ،2008 ص .

[44] محمد خوحي، المخاطر البيئية لتكنولوجيا النانو ،2010،ص ص 6_7

[45] Nanotechnology :small matter ،marry Unknowns ،swissRe ،zurich ،2004، p42.

[46] The Royal society and the Royal Academy of Engineering :Nano science and nano technology : opportunities and Uncerntaintiesi ,2004;p8