



## الفصل الحادي عشر تكنولوجيا النانو (النانو تكنولوجي)

### مقدمة

تعد تكنولوجيا النانو ثورة علمية هائلة لا تقل عن الثورة الصناعية التي نقلت الإنسان إلى عصر الآلات أو ثورة التكنولوجيا التي نقلت الإنسان إلى عصر الفضاء والاتصالات والإنترنت، وتطور شامل في مختلف المجالات وكل فروع العلوم، فما تقدمه تكنولوجيا النانو هو القدرة على صنع كل ما يتخيلسه الإنسان بكلفة أقل وجودة أعلى وهذه القدرة ستكون مفتاح التقدم العلمي الذي سيغير معالم الحياة على نحو قد لا يستطيع الإنسان تصور كل أبعاده اليوم، وفي ذلك يقول أحد العلماء إن ما سننتجه ونكتشفه باستخدام هذه التكنولوجيا في السنوات القليلة القادمة سوف يعادل بل سيتجاوز ما تم اكتشافه منذ أن خلقت الأرض. تكنولوجيا النانو هي الجيل الخامس الذي ظهر في عالم الإلكترونيات وقد سبقه أولاً الجيل الأول الذي استخدم المصباح الإلكتروني بما فيه التلفزيون، والجيل الثاني الذي استخدم جهاز الترانزستور، ثم الجيل الثالث من الإلكترونيات الذي استخدم الدوائر المتكاملة؛ وجاء الجيل الرابع باستخدام المعالجات الصغيرة الذي أحدث ثورة هائلة في مجال الإلكترونيات بإنتاج الحاسبات الشخصية والرقائق السليكونية التي أحدثت تقدماً في العديد من المجالات العلمية والصناعية.

فالنانو تعني تقنيات تصنع على مقياس النانو متر، وهي أدق وحدة قياس مترية معروفة حتى الآن (نانو متر) ويبلغ طوله واحد من بليون من المتر أي ما يعادل عشرة أضعاف وحدة القياس النانوي المعروفة بالأنجستروم، وحجم النانو أصغر بحوالي (80,000) مرة من قطر الشعرة، وكلمة النانو تكنولوجي تستخدم أيضاً بمعنى أنها تكنولوجيا المواد المتناهية في الصغر أو التكنولوجيا المجهرية الدقيقة أو تكنولوجيا المنمنمات.

وتستخدم تكنولوجيا النانو في العديد من التطبيقات فمنها على سبيل المثال لا الحصر تطبيقات النانو في عالم الإلكترونيات سنقضي تكنولوجيا النانو على الأجيال الحالية من أجهزة الحاسب الآسي والأجهزة الإلكترونية وانتاج أجيال ذات سرعة عالية في نقل البيانات وجودة في الأداء وذات أحجام صغيرة، وستطلق شرحة ميرات باكارد إلى السوق رقائق يدخل في صنعها تكنولوجيا النانو قادرة على حفظ المعلومات أكثر بألاف المرات من الذاكرة المرنة حالياً.

إلا أنها تتضمن آثاراً سلبية من الناحية الاجتماعية والعسكريه والسبية الفكرية وبالأخص في الدول النامية، لذا يهدف هذا الفصل إلى توضيح ماهية تكنولوجيا النانو ومكوناتها وتطبيقاتها مع التأكيد على تخصص المعلومات والاتصالات، ثم تحليل الآثار المترتبة عن استخدام تكنولوجيا النانو في مجال المعلومات والاتصالات.

## أولاً: ماهية تكنولوجيا النانو

تبل ظهور النانو كانت تكنولوجيا الميكرو هي المستخدمة في الأنظمة التكنولوجية، مثل الشرائح الإلكترونية، حيث تتراوح أحجامها في المدى من الميكرومتر إلى المليمتر، والميكرومتر هو مقياس طولي يساوي جزء من المليون من المتر أو يقابل عشر حجم قطرة من الرذاذ أو الضباب. ويستخدم الميكرو متر لقياس الأطوال الموجية للأشعة تحت الحمراء، ومن الأنظمة الميكروية المعروفة الأنظمة الكهر وميكانيكية الميكروية (MEMS) Micro-Electro Mechanical Systems ويتم تصنيع هذه الأنظمة بواسطة تقنيات مختلفة، مثل: تصنيع شرائح السيلكون المستخدمة في الإلكترونيات، الكحت الرطب والجاف، وآلات التفريغ الكهربائي، وقد استخدمت الأجهزة الميكروية في عدد كبير من الصناعات، مثل: طابعات الحبر النفاثة، مجسات الضغط لقياس ضغط الهواء في إطارات السيارات وقياس ضغط الدم، القافلات الضوئية المستخدمة في الاتصالات وارسال المعلومات.

ومن المواد المستخدمة في تصنيع الأجهزة الميكروية مادة السيلكون حيث تعتبر العصب الرئيسي لصناعة الدوائر الإلكترونية المتكاملة، هذه المادة تعطي عمراً طويلاً للأجهزة وتعمل لمدة تتجاوز البليون والتريليون دورة من دون عطل، ويمكن كذلك استخدام البوليمرات لتصنيع الأجهزة الميكروية، حيث يمكن تصنيعها بأحجام كبيرة وذات خصائص مختلفة.

وأخيراً تستخدم الفلزات في تصنيع الأجهزة الميكروية حيث تعطي درجة عالية من الاعتمادية،

ومن الأمثلة على الفلزات المستخدمة (الذهب، النيكل، الألمنيوم، الكروميوم والفضة).

وتأتي تكنولوجيا النانو لتحل بديلاً عن تكنولوجيا الميكرو حيث يمكن تصنيع الأجهزة الكهرو ميكانيكية والإلكترونية النانوية، وتقليل حجم جميع تلك الأجهزة المستخدمة بمقدار ألف مرة عن حجم أجهزة الميكرو، مما يؤدي إلى تغيير أداء تلك الأجهزة إلى الأفضل، وتبشر هذه التكنولوجيا الواعدة بقفزة هائلة في جميع فروع العلوم والهندسة، ويرى المتفائلون أنها ستلقي بظلالها على كافة مجالات الطب الحديث، والاقتصاد العالمي، والعلاقات الدولية، وحتى الحياة اليومية للفرد العادي؛ حيث أنها ستتيح إمكانية صنع أي شيء نتخيله وذلك عن طريق صف جزيئات المادة إلى جانب بعضها البعض بشكل لا نتخيله وبأقل تكلفة محتملة، فلنتخيل حاسبات آلية خارقة الأداء يمكن وضعها على رؤوس الأقلام والدبابيس، ولنتخيل أسطولا من الروبوتات النانوية الطبية والتي يمكن لنا حقنها في الدم أو ابتلاعها لعلاج الجلطات الدموية أو الأورام والأمراض المستعصية، ومن ثم يتناول المبحث فيما يأتي تعريف تكنولوجيا النانو وبداياتها وتطورها وأشكالها ومن ثم الأجهزة التي تستخدم في تطبيقات هذه التكنولوجيا:

## ثانياً: تعريف تكنولوجيا النانو

مصطلح "نانو" مشتق من الكلمة الإغريقية (Midget) والتي تعني دقيق أو صغير أو قزم، وعليه يمكن تعريف هذه التكنولوجيا متناهية الصغر على أنها وحدة قياس دقيقة ومتناهية الصغر لبيادئات

العديد من القياسات المختلفة للخلايا الحية، والمركبات الكيميائية، والقياسات الفيزيائية والإشعاعية، والمنتجات التجارية والطبية والزراعية والحيوية والكهربائية، وفي مجالات الحاسوب والصناعات العسكرية والسلمية المختلفة؛ فعلى سبيل المثال: فإن أطول الطرق تقاس بالكيلومترات، ويقاس ارتفاع الطائرة بألاف الكيلومترات، كما أن الأقمشة والورق والسجاد وقطع الخشب تقاس بالأمتار، في حين تقاس أوراق الأشجار والمصاحف والكتب الصغيرة بالسنتيمترات، وتقاس مختلف أنواع السوائل والماء والحليب باللترات، ويوزن الحديد والإسمنت والحصى بالطن، كما أن خلايا الكائنات الحية الدقيقة Microorganisms، مثل البكتيريا والفيروسات وبعض الفطريات والطحالب والأوليات وشريط الحامض النووي تقاس بالميكرون Micron، والنانو ميكرون Nanomicon حيث يبلغ قطر الشعرة الواحدة للإنسان حوالي (8000) نانومتر في حين تبلغ قطر خلية كريات الدم الحمراء الواحدة حوالي (7000) نانومتر ويبلغ جزئ قطر الماء حوالي (0.3) نانومتر (النانو يساوي جزء الأنف من الميكرو متر أي جزء من المليون من المليمتر أو واحد على ألف مليون من المتر أو  $10^{-9}$  من المتر).

وفي المقابل هناك أيضا قياس المصغر (Micrometer) وهو إدارة لقياس الأبعاد والزوايا الدقيقة والبالغة الصغر، حيث نجد عند تخفيف السوائل والترية للتخفيفات العشرية المعروفة فإنه يمكن اعتبار أن القياسات متناهية الصغر تبدأ من التخفيف واحد على المليون، وفي هذا المجال فإنه يمكن ترتيب حوالي (9) ذرات من عنصر البيدروجين بجانب بعضها على مقياس نانومتر واحد؛ وعند قياس العناصر المعدنية في السوائل والماء ومخلفات الصرف الصحي على سبيل المثال فإن تلك القياسات تقاس بالجزء في المليون (PPM) أو جزء في البليون (PPB)، كما أن المصادر الإشعاعية المختلفة مثل أشعة جاما وبيتا وأشعة إكس والأشعة فوق البنفسجية والأشعة الحمراء وأشعة الليزر تقاس بالريم أو بالميلى ريم والميكرو ريم أو الرونتجن والملي رونتجن ولاميكرو رونتجن أو بالكيوري والملي كيوري والميكرو سم، و تلك القياسات السابقة متناهية الدقة وتدخل ضمن تكنولوجيا الجزيئات متناهية الصغر (النانو). ولتوضيح ماسة النانو فيما يأتي جدول بالمصطلحات المتعلقة بهذه التكنولوجيا والمقابل لها باللغة العربية ومن ثم توضيح لمعناها:

### جدول (3) مصطلحات تكنولوجيا النانو والمقابل لها بالعربية ومعناها

المصطلح بالإنجليزية	المقابل بالعربية	معنى المصطلح
Nanoscale	مقياس النانو	مقياس يستخدم لقياس وحساب أبعاد تتراوح بين 0.1 إلى 100 نانومتر
Nanoscience	علم النانو	علم يهتم بالتعامل مع المواد في مستواها الذري والجزيئي بمقياس لا يتعدى 100 نانومتر وهو علم يهتم أيضا باكتشاف ودراسة الخصائص المميزة لمواد النانو.
Nanowires	أسلاك النانو	هي أسلاك متناهية الصغر في أبعاد النانو لها تركيب ذو بعد واحد وتتميز بخصائص كهربية وضوئية مذهلة وتعتبر أسلاك النانو البنية الأساسية التي تستخدم في بناء أجهزة النانو
Nanotubes	أنابيب النانو	أنابيب في مقياس النانو ومن أمثلتها أنابيب الكربون النانوية وهي عبارة عن أنابيب أسطوانية من ذرات الكربون ذات بعد واحد مرتبه بشكل سداسي أو خماسي ولها خصائص فيزيائية مميزة.
Nanoshells	صدقات النانو	هي جسيمات في أبعاد النانو لها قشره أو يمكن أن نقول هي طبقة معدنية رقيقة تحيط بكرة مصنوعة من مادة شبه موصلة لها القدرة على امتصاص أو تشتيت الضوء في جميع أطواله الموجية.
Nanocantilevers	الرقائق الذهبية	أجسام مضاة تتحد معا لتكوين حزم متضاعفة وأيضا بروتينات الارتباط

ولتوضيح النانو مقارنة بالقيم الأخرى نجد أن المليون يعني ألف ألف، أو (1000000) (10<sup>6</sup>) والليون يعني مليون مليون (10<sup>12</sup>) في النظام الإنجليزي وبعض دول أوروبا أو ألف مليون في الولايات المتحدة الأمريكية. ومع كثرة الأصفار منعا لحدوث الخطأ في تكرارها، فقد استخدم النظام الدولي للوحدات بعض الرموز والألفاظ الإغريقية للتعبير عن مضاعفات الأعداد الكبيرة، وكذا كسورها، ومن ثم أمكن التعبير عن أكبر وأصغر الأعداد كما يأتي:

#### جدول (4) القياسات الشائعة من ناحية لفظها وقيمتها

اللفظة	قيمتها
أكسا (exa)	مليون مليون مليون ( $10^{18}$ )
بيتا (peta)	ألف مليون مليون ( $10^{15}$ )
تيرا (tera)	مليون مليون ( $10^{12}$ )
جيجا (Giga)	ألف مليون ( $10^9$ )
ميغا (Mega)	مليون ( $10^6$ )
كيلو (Kilo)	مليون ( $10^3$ )
هكتو (Hector)	مائة ( $10^2$ )
ديكا (Deca)	10
ديسي (Deci)	جزء من عشرة ( $10^{-1}$ )
سنتي (Centi)	جزء من مائة ( $10^{-2}$ )
ميلي (Melli)	جزء من ألف ( $10^{-3}$ )
ميكرو (Micro)	جزء من مليون ( $10^{-6}$ )
نانو (Nano)	جزء من ألف مليون ( $10^{-9}$ )
بيكو (Pico)	جزء من مليون مليون ( $10^{-12}$ )
فيمتو (Femto)	جزء من ألف مليون مليون ( $10^{-15}$ )
أتو (Atto)	جزء من مليون مليون مليون ( $10^{-18}$ )

#### ثالثاً: تاريخ تكنولوجيا النانو وتطورها

لا يمكن تحديد عصر أو حقبة معينة لظهور تكنولوجيا النانو، كما أنه ليس من المعروف بداية استخدام الإنسان للمادة ذات الحجم النانوي، لكن من المعلوم أن أحد المقتنيات الزجاجية وهو كأس الملك الروماني لايكورجوس (Lycurgus) في القرن الرابع الميلادي الموجودة في المتحف البريطاني يحتوي على جسيمات ذهب وفضة نانوية، حيث يتغير لون الكأس من الأخضر إلى الأحمر الغامق عندما يوضع فيه مصدر ضوئي. وكذلك تعتمد تكنولوجيا التصوير الفوتوغرافي منذ القرنين الثامن عشر والتاسع عشر الميلاديين على إنتاج فيلم أو غشاء مصنوع من جسيمات فضية نانوية حساسة للضوء.

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

وما يدل أيضا على استخدام البشر لتكنولوجيا النانو منذ آلاف السنين استخدام هذه التكنولوجيا في صناعة الصلب والمطاط، حيث اعتمدت كلها على خصائص مجموعات ذرية نانومترية في تشكيلات عشوائية، وتتميز عن الكيمياء في أنها لا تعتمد على الخواص الفردية للجزيئات . ولقد ذكر هذا المفهوم لأول مرة في عام 1867 م عندما اقترح جيمس ماكسويل (James Clerk Maxwell) فكرة تجربة صغيرة كيان يعرف عفريت ماكسويل (Maxwell's Demon) لمعالجة الجزيئات الفردية التحكم في تحريك الذرات والجزيئات؛ وتلاه في عام 1920م حيث أدخل إرفنج لانجميور (Irving Langmuir) وكاترين بلودجيت (Katherine B. Blodgett) مفهوم نظام (Monolayer) أي طبقة ذرية واحدة أو طبقة مادة يبلغ سمكها مقياس الذرة، وحصل لانجميور على جائزة نوبل في الكيمياء لعمله.

وفي عام 1959م تحدث العالم الفيزيائي المشهور ريتشارد فيمان (Richard Feynman) إلى الجمعية الفيزيائية الأمريكية في محاضرته الشهيرة بعنوان (هناك مساحة واسعة في الأسفل) (There's Plenty of room at the Bottom) قائلًا بأن المادة عند مستويات النانو (قبل استخدام هذا الاسم) بعدد قليل من الذرات تتصرف بشكل مختلف عن حالتها عندما تكون بالحجم المحسوس، كما أشار إلى إمكانية تطوير طريقة لتحريك الذرات والجزيئات بشكل مستقل والوصول إلى الحجم المطلوب، وعند هذه المستويات تتغير كثير من المفاهيم الفيزيائية فمثلاً تصبح الجاذبية أقل أهمية وبالمقابل تزداد أهمية التوتر السطحي وقوة تجاذب فاندر فالز، وقد توقع أن يكون للبحوث حول (خصائص المادة عند مستويات النانو تأثيراً جذرياً في تغيير الحياة الإنسانية).

ثم قام إريك دريكسلر (Eric Drexler) عام 1975م بصياغة مفهوم لتكنولوجيا النانو، وبالرغم من التأخر في هذه التكنولوجيا مقارنة بالتقدم الهائل في علوم الحاسب الآلي وغيرها من تكنولوجيا الاتصالات، إلا أن هذه التكنولوجيا عاودت الظهور بكثافة عالية مؤخراً منذ عام 1998 م وهي البداية الحقيقية لعصر تكنولوجيا النانو.

وبالرغم من وجود أبحاث قليلة على مواد بمستوى النانو وان كانت لم تسمى بهذا الاسم، فقد تمكن أھلير (Uhlir) من تسجيل مشاهداته للسيلكون الإسفنجي (Porous silicon) عام 1956م، وبعد ذلك تم الحصول على إشعاع مرئي من هذه المادة لأول مرة عام 1998 م حيث زاد الاهتمام بها بعدئذ. كما أمكن في الستينيات تطوير سوائل مغناطيسية (Ferro fluids)، حيث تصنع هذه السوائل من حبيبات أو جسيمات مغناطيسية بأبعاد نانوية، كما اشتملت الاهتمامات البحثية في الستينيات على ما يعرف بالرنين البارامغناطيسي الإلكتروني (Electron Paramagnetic Resonance (EPR)، لإلكترونات التوصيل في جسيمات بأبعاد نانوية تسمى آنذاك بالعوالق حيث تنتج هذه الجسيمات بالفصل أو التحلل الحراري (Heat Decomposition).

وفي عام 1969 م اقترح ليوايساكي تصنيع تركيبات شبه موصلة بأحجام النانو، وكذلك تصنيع شبكات شبه موصلة مفرطة الصغر، وقد أمكن في السبعينات التنبؤ بالخصائص التركيبية للفراغات النانوية عن طريق دراسات طيف الكتلة (Spectroscopy Mass)، حيث تعتمد الخصائص على أبعاد العينة غير المتبلورة. كما أمكن تصنيع أول بئر كمي (Quantum Well) في بعدين في نفس الفترة بساكنة ذرية أحادية تلاها بعد ذلك تصنيع النقاط الكمية (Quantum Dots). يبعد صفري والتي نضجت مع تطبيقاتها هذه الأيام.

وقد ظهر مسمى تكنولوجيا النانو عام 1979 م عبر تعريف البروفيسور نوريو تانيغوشي (Norio Taniguchi)، في ورقته العلمية المنشورة في مؤتمر الجمعية اليابانية للهندسة الدقيقة

محركات الإنتاج: العصر القادم لتكنولوجيا النانو Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology حيث قال (أن تكنولوجيا النانو تركز على عمليات فصل، اندماج، وإعادة تشكيل المواد بواسطة ذرة واحدة أو جزيء واحد)، وفي نفس الفترة ظهرت مفاهيم علمية عديدة تداولتها الأوساط العلمية حول التحريك اليدوي لذرات بعض الفلزات عند مستوى النانو، (ومفهوم النقاط الكمية، وإمكانية وجود أوعية متناهية الصغر تستطيع تقييد إلكترون أو أكثر).

ومع اختراع الميكروسكوب النفقي الماسح (Scanning Tunneling Microscope (STM) بواسطة العالمان جيرد بينج (Gerd Binnig) وهينريك روهر (Heinrich Rohrer) عام 1981م وهو جهاز يقوم بتصوير الأجسام بحجم النانو، زادت البحوث المتعلقة بتصنيع ودراسة التركيبات النانوية للعديد من المواد، وقد حصل (العالمان على جائزة نوبل في الفيزياء عام 1986 م بسبب هذا الاختراع.

كما نجح العالم الفيزيائي دون ايغلر (Don Eigler) في معامل IBM في تحريك الذرات باستخدام جهاز الميكروسكوب النفقي الماسح، مما فتح مجالا جديدا لإمكانية تجميع الذرات المفردة مع بعضها، وفي نفس الوقت تم اكتشاف الفلورينات (Fullerenes) بواسطة هارولد كرونو (Harold Kroto) ريتشارد سمالي (Richard Errett Smalley) وروبرت كيرل (Robert Curl) وهي عبارة عن جزيئات تتكون من (68) ذرة كربون تتجمع على شكل كرة قدم (وقد حصلوا على جائزة نوبل في الكيمياء 1996 م).

وفي عام 1991 م تمكن البروفيسور سوميو ليجيما (Sumio Iijima) من جامعة ميجي من اكتشاف أنابيب الكربون النانوية (Carbon Nanotubes)، وهي عبارة عن أنابيب أسطوانية مجوفة قطرها بضعة نانومتر ومصنوعة من شرائح الجرافيت. وفي عام 1995 تمكن العالم الكيميائي منجي باوندي من تحضير حبيبات من شبه الموصلات الكاديوم/ الكبريت (أو السيلينيوم) أصغرها ذات قطر (3-4) نانومتر، أما طرق تحضير العينات النانوية غير المتبلورة والمعتمدة على تقنيات الليزر والبلازما أو الحفر بشعاع الكرتوني وغيرها فقد وجدت منذ منتصف الثمانينيات.



كما أن المفهوم الفيزيائي للتقييد الكمي الإلكتروني (Quantum Confinement) قد بدأ في أوائل الثمانينات أيضاً، وقد سجلت أول قياسات على تكميم التوصيلة في نهاية الثمانينات وأمكن تصنيع أول ترانزستور وحيد الإلكترون (Single Electron Transistor).

وبعد ذلك تم اكتشاف ترانستور أنابيب الكربون النانوية (Carbon Nanotube Transistors) عام 1998م، حيث يصنع على صورتين. أحدها معدنية، والأخرى شبه موصلة، ويستخدم هذا الترانزستور في جعل الإلكترونيات تتردد جيئةً وذهاباً عبر إلكترونين. تكمن أهمية هذا الترانزستور ليس فقط في حجمه النانوي، ولكن أيضاً بانخفاض استهلاكه للطاقة وانخفاض الحرارة المنبعثة منه.

تمكن العالم الفيزيائي العربي منير نايفه (Munir Nayfeh) عام 2000م من اكتشاف وتصنيع عائلة من حبيبات السليكون أصغرها ذات قطر (1) نانو وتتكون من (29) ذرة سليكون سطحها على شكل الفولورينات «كروية»؛ إلا أن داخلها غير فارغ ويتوسطها ذرة واحدة منفردة، هذه الحبيبات عند تعريضها لضوء فوق بنفسجي فإنها تعني أنواراً مائة بحسب قطرها تتراوح بين الأزرق والأخضر والأحمر، أما التجمع الذاتي (Self-Assembly) للجزيئات، أو ربطها تلقائياً مع أسطح فلزية مما أصبح ممكناً تكوين صفت من الجزيئات على سطح ما كالذهب وغيره.

كما أعلنت أمريكا مبادرة تكنولوجيا النانو الوطنية National Nanotechnology Initiative "NNI" عام 2000م والتي جعلت تكنولوجيا النانو تكنولوجيا استراتيجية وطنية وفتحت مجال الدعم الحكومي لهذه التكنولوجيا في جميع المجالات الصناعية والعلمية والجامعية. وتلتها في ذلك اليابان عام 2002م التي أنشأت مركزاً متخصصاً للباحثين في تكنولوجيا النانو مع توفير جميع الأجهزة المتخصصة ودعم الباحثين وضمان جودة الأبحاث والمعلومات فيما بينهم. ويمكن مما سبق تلخيص تاريخ بدايات تكنولوجيا النانو إلى خمسة أجيال كما قسمها علماء الفيزياء الإلكترونية فهم يعتبروا تكنولوجيا النانو الجيل الخامس التي ظهرت في عالم الإلكترونيات الذي يمكن تصنيف ثوراته التكنولوجية على أساس أنها مرت بعدة أجيال شكلت أسباب الورد الحقيقي للنانو الذي عبر عن المرحلة الراهنة لها:

- 1- الجيل الأول ويتمثل في استخدام المصباح الإلكتروني (Lamp) بما فيه التلفزيون.
- 2- الجيل الثاني ويتمثل في اكتشاف الترانزستور، وانتشار تطبيقاته الواسعة.
- 3- الجيل الثالث من الإلكترونيات ويتمثل في استخدام الدارات التكاملية (Integrate Circuit (IC) وهي عبارة عن قطعة صغيرة جداً شكلت ما تشكلت تقنيات النانو في وقتنا الحالي من قفزة في تطور وتقليل حجم الدوائر الإلكترونية، فقد قامت باختزال حجم العديد من الأجهزة بل رفعت من كفاءتها واعدت من وظائفها.

4- الجيل الرابع ويتمثل في استخدام المعالجات الصغيرة (Microprocessor)، الذي أحدث ثورة في مجال الإلكترونيات بإنتاج الحاسبات الشخصية (PC)، والرقائق الحاسوبية السيليكونية التي أحدثت تقدماً في العديد من المجالات العلمية والصناعية.

5- الجيل الخامس ويتمثل فيما صار يعرف باسم النانو تكنولوجي (Nano technology)، وهو الجيل الحالي.

ويمكن القول أن هذه التكنولوجيات طبقاً للتعريف السابقة تعتبر تكنولوجيا الإنتاج والتصميم والتطبيق للبنى والأجهزة والنظم والمواد المختلفة وذلك عن طريق تحجيم وتصغير تلك المزود بحيث لا يزيد حجمها على حجم الذرة الجزيئية ويتعامل مع معظم في مجال الجزيئات متناهية الصغر، أسهمت أيضاً الجمعية الأمريكية الوطنية لتكنولوجيا النانو إسهاماً كبيراً في تبسيط ذلك التقسيم وذلك لتسهيل فهم هذا العلم حيث حددت أن التعريف الدقيق لهذه التكنولوجيا اعتبار أن الجزء أصغر من (100) نانومتر وذو خصائص فريدة، وعليه فقد تم تقسيمها إلى الأجيال الآتية:

1- جيل تكنولوجيا النانو المؤثر (Passive Nanotechnology Generation): وهذا يتضمن الإنتاج الأول للعديد من المنتجات المختلفة والتي يمكن اعتبار البدء فيها منذ عام 2001م، مثل: منطقات الجو والمذاتج المتطايرة والمعادن بنائية الذاتو والبوليمرات والسيراميك عالي التكنولوجيا.

2- جيل تكنولوجيا النانو الفعالة (Active Nanotechnology Generation): وهذه يمكن البدء بها عام 2005م، وتشمل المنتجات ذات الفاعلية الحيوية (Bio- active) ومنها الأدوية الحساسة والمنتجات الدقيقة الجيوفيزيائية الفعالة، مثل: البنائيات المتكيفة ومنتجات الترانزستور.

3- جيل أنظمة النانو (Systems Of Nanotechnology Generation): ويطلق عليها أيضاً نظام النانو ثلاثي الأبعاد (3D Nanosystem) ويمكن اعتماد البدء بها فعلياً خلال عزام 2010 م، وتشمل الأجهزة المتطورة الدقيقة المجهزة، مثل: الروبوت الطبي المتقدم للعمليات الجراحية الدقيقة، والبنائيات المعمارية الدقيقة المتطورة.

4- جيل أنظمة النانو الجزيئية (Molecular Nanosystems Generation): وهذه تمثل حالة متقدمة وتحتاج إلى المزيد من البحث والتقصي، كما أنها تناسب المتطلبات الدقيقة للإنسان، مثل: الأجهزة فاعلية المنشأ والتي تحاكي أنظمة الإنسان الحيوية وذات التصميم النووي (Atomic Design)، ويمكن اعتماد البدء بها نظراً لدقة تطورها خلال الأعوام (2015-2020).

وتلك التقسيمات وإن كانت مستقبلية إلا أنه تم وضعها من خلال التصورات الخاصة للنشاط العالمي في مجال تكنولوجيا الجزيئات متناهية الصغر في أماكن مختلفة من العالم، كما أن الفرصة

لا تزال موازية للعديد من التصنيفات والتقسيمات المختلفة لهذا العلم نظراً للتطور والتقدم الهائل في مختلف أوجه الأنشطة العلمية والبحثية في أماكن مختلفة من العالم.

#### رابعاً: استخدامات وتطبيقات تكنولوجيا النانو

كان وما زال لتقنية النانو التأثير والدور البارز في زيادة سرعة التقدم العلمي، فبواسطتها حدثت قفزات علمية كبيرة فاقت التطورات التي حدثت في المجالات العلمية في المائة عام الماضية، ونشاهد في يومنا هذا استخدامات للنانو تكنولوجي في مختلف المجالات (الطب، الصناعة، النقل والمواصلات، الاتصالات، الفضاء، الطيران، تكنولوجيا المعلومات، صناعة الإلكترونيات، المنتجات الاستهلاكية كالملابس المقاومة للبتقع، ... الخ)، وفيما يأتي نعرض وبشكل موجز بعض مساهمات تقنية النانو في المجالات العلمية المختلفة:

##### 1- مجال الطب:

اتجهت انظار العلماء الى تصنيع روبرت متناهي الصغر يمكن حقنه في جسم الانسان لغرض حقن الخلايا المصابة بالعقارات الطبية دون تعريض الخلايا السليمة للخطر، ويمكن لهذا الانجاز أن يحقق تقدماً في معالجة الخلايا السرطانية بشكل مباشر (فيبي تقوم بدور المستكشف لجسم الانسان من خلال توجيهها باستخدام حواسيب متطورة)، والى جانب ذلك الروبوت، حققت تقنية النانو تطوراً كبيراً في مجال التصوير الإشعاعي والنواظير الدقيقة.

##### 2- مجال الفضاء:

ف نجد أن وكالة الفضاء الأمريكية (ناسا) تخصص ما يزيد عن 40 مليون دولار سنوياً لإجراء تجارب وأبحاث ترمي الى استخدام تقنية النانو في مجال الرحلات الاستكشافية للفضاء الخارجي، وكذلك لتصنيع أجهزة يمكن استخدامها ضمن مكونات الأقمار الصناعية وكوسائل يستخدمها رواد الفضاء في رحلاتهم الفضائية.

##### 3- مجال الصناعات الحربية:

حيث بادرت الكثير من الدول الكبرى ومنها الولايات المتحدة واسرائيل بتخصيص ميزانيات ضخمة لمشاريع بحوث وتصنيع وتطوير معدات نانوية تستخدم لأغراض عسكرية (كصناعة طائرات بحجم الذبور مجهزة بأجهزة مراقبة واستشعار وكاميرات دقيقة جداً، فضلاً عن احتوائها على أسلحة دقيقة جداً قادرة على تدمير أهدافها بدقة متناهية).

##### 4- مجال البناء والمباني:

تمكن العلماء بالاعتماد على مواد نانوية تصنيع زجاج يصلح لنوافذ المباني يمتاز بالنقاء والشفافية - يعمل كعازل لأشعة الشمس المباشرة - نفاذيته للضوء.

## 5- مجال تكنولوجيا المعلومات والاتصالات

أحدثت تقنية النانو تطورات هائلة في ذلك المجال. وهذه التطورات يمكن إيجازها في المحاور

الآتية:

- أ- يعد أول تطبيق لتقنية النانو في مجال تكنولوجيا المعلومات والحاسبات، كان عام 1988 وذلك بتصنيع أقراص صلبة تستخدم لتخزين المعلومات، وفي عام 2007 تمكن العالم "البيير فيير" من تصنيع الأقراص الصلبة الصغيرة (حيث تمكن من صناعة رؤوس متناهية الصغر لقراءة المعلومات المضغوطة على الأقراص الصلبة، وهذه تعد أولى التطبيقات الحقيقية لتقنية النانو في مجال تكنولوجيا الحاسبات).
- ب- إنتاج أجهزة إلكترونية لاسلكية فائقة السرعة، إضافة إلى صغر حجمها وانخفاض أسعارها. حيث مكنت هذه التقنية من إنتاج وسائل اتصال لاسلكية تستخدم في عمليات نقل البيانات وذلك بشكل فائق السرعة حيث تعتمد على استخدام الألياف البصرية والليزر كوسيلة سريعة لنقل البيانات، وهذه الوسائل تعد مفيدة فيما يخص شبكات المعلومات، فضلا عن تميزها بعدم التقيد بالكابلات والأسلاك لربط الأجهزة، مما كان لذلك دوره الكبير في توسيع نطاق عمل الشبكات، حيث أن محطات العمل في الشبكات أصبحت محمولة وهذا أدى إلى عدم التقيد بخصوص استعمالها في مكان محدد، فأمكن التنقل بالحاسب واستخدامه في وضع الاتصال بالشبكة وذلك عن بعد - التغلب على المشكلات الناتجة من استخدام الأسلاك، والكابلات في الشبكات وذلك لربط الأجهزة مع بعضها البعض.
- ج- السعي إلى إنتاج ما يسمى بالكمبيوتر النانو متري (الكمبيوتر الجزيئي): وهو جهاز كمبيوتر من حيث الحجم يكون أصغر من ما يسمى بالم (Microcomputer) والذي يعد هو الآخر أصغر من ما يسمى بالم (Minicomputer)، وهذا الجهاز يكون حجمه صغير جدا (حجم مكعب السكر)، ويمكن لهذا النوع من الكمبيوترات أن يحتوي على أدوات تخزين تصلح ل تخزين "تربايتونات من البايتات" من المعلومات. وتقوم فكرة هذه الكمبيوترات على استخدام مواد بيولوجية من الكائنات الحية لتندمج في الأسلاك وسائر أنواع الموصلات.
- د- إنتاج ما يسمى بنقاط النانو (Nano dots): وهي أجهزة صغيرة جدا تستخدم لتخزين البيانات والمعلومات، وكل جهاز يصلح لتخزين 5 تيرابايت أي ما يعادل 5000 جيجا بايت.
- هـ- مكنت هذه التقنية من إنتاج ما يسمى (بالحاسب الكمي) ذات القدرة على التعامل مع البيانات بحجم (الكيلو بت) بدلا من البايتات المقاسة (بالبت) وهذا أدى إلى التعامل مع البيانات بكميات ضخمة بدلا من الحاسبات التقليدية.
- و- إنتاج أجهزة توسيع الشبكات (الموسعات) مثل: مكبرات الإشارة.
- ز- تصنيع وحدات معالجة تمتاز بالسرعات الهائلة فضلا عن قدرتها على توفير الطاقة والانبعاث الحراري وذلك يعود إلى استخدام الموصلات الضوئية.

ج- تطوير مواد جديدة يمكن استخدامها في تصنيع الإلكترونيات أسفر وأسرع وأقوى، حيث تمكن العلماء من إنتاج " ترانزستورات " دقيقة (مقايمة العسفر) وذلك لبذاء وحدات معالجة حجمها يعادل جزء من تلك المستخدمة في شرائح السليكون المتطورة.

ط- تطوير ذاكرة الوصول العشوائي: حيث تم إنتاج ما يسمى الذاكرة الوصول العشوائي الذاوية (NRAM) والتي تتأثر بسرعتها وقدراتها الهائلة والتي تفوق المكبات ذاكرة الفلاشر، وأقراص التخزين الصلبة، وذاكرة (DRAM)، وذاكرة (SRAM)، حيث تتأثر ذاكرة (NRAM) بسطحها التخزينية الهائلة - مقاومتها لتدرارة والبرودة - البيانات المشفرة بها تتسم بالديمومة حتى بعد انفصال مصدر الطاقة - أسرع وأقل استهلاكاً للطاقة) ولتعدد الميزات فإن هذه الذاكرة تصلح للاستخدام مع أجهزة الخوادم في الشبكات (فأخوادم في الشبكات يتصل بها محطات عمل تقوم باستخدام ما هو مخزن في ذاكرتها من ملفات وبرامج ومن ثم تحتاج هذه الخوادم إلى ذاكرة ذات سعة تخزينية كبيرة، فضلاً على أن هذه الذاكرة تحقق الكثير من الفوائد لشبكات الخادم والعسل، فالمطلوب دائما في مثل هذه الأنواع من الشبكات إجراء عمليات النسخ الاحتياطي للملفات وذلك للحفاظ على نسخة احتياطية من الملفات يتم العمل بها في حالة حدوث أي عطل في ذاكرة الخادم، ومن ثم نجد أنه ومع استخدام ذاكرة (NRAM) لا تحتاج إلى إجراء عمليات النسخ الاحتياطي ومن ثم توفر نفقات إجراء هذه العملية، فهذه الذاكرة تتأثر بعدم فقدان ما تحتويه من بيانات فالبيانات عليها تتأثر بالديمومة، والتي جالاب ذاكرة (NRAM)، توصل المتخصصين بفضل تقنية النانو إلى إنتاج نوع آخر من الذاكرة يسمى (MRAM) والتي تتعد على استخدام أنابيب الكربون الذاوية - وهي أنابيب من الكربون التي سمكها لا يتجاوز بضعة نانومترات "كبيبل" ترانزستورات" التي اعتمدت عليها ذاكرة التخزين في الماضي، كذلك توصل علماء من مركز أبحاث IBM إلى تصنيع وحدة تخزين بيانات تسمى (مليبيد) وتميزت بسمكها المسنن وقدرتها على إنتاج ما عليها من معلومات أكثر من مرة وإعادة التخزين عليها.

بي- فيما يخص بطاريات أجهزة الكمبيوتر المحمول، نجح العلماء من تطوير بطاريات الليثيوم، صفت بأنها على زيادة قدرتها إلى 10 مرات لتخدم وتعمل 20 ساعة بدلاً من ساعتين.

#### الهندسة النانوية

هو الاستخدام السليء وإساءة تطبيقها بشكل عام بالإضافة إلى أن تطبيقاتها يمكن أن تشمل كل أجزاء جسم الإنسان وجهاز المناعة وقد تحدث الخلل به والخواب أيضا يصبح النانو روبوت ذاتي التكاثف، أي: يشبه التكاثف الموجود في الحياة الطبيعية فيمكنه أن يتكاثر بلا حدود ويسيطر على كل شيء في الكرة الأرضية.