



المنظمة العربية للتنمية الصناعية والتعدين
ARAB INDUSTRIAL DEVELOPMENT AND MINING ORGANIZATION

التطبيقات الصناعية لتقنيات النانو في العالم العربي



(فرص استثمارية واعدة)

إعداد: الدكتور خالد سعود
جامعة فرجينيا كومولث
(خبير المنظمة)

المنظمة العربية للتنمية الصناعية والتعدين

دراسة حول التطبيقات الصناعية لتقنيات النانو في العالم العربي
(فرص استثمارية واعدة)

إعداد : الدكتور خالد سعود
أستاذ الفيزياء/ جامعة فرجينيا كومولث
(خبير المنظمة)

دراسة حول التطبيقات الصناعية لتقنيات النانو في العالم العربي (فرص استثمارية واعدة)

ملخص:

تواجه الدول العربية العديد من التحديات المباشرة في مختلف المجالات مثل الطاقة والبيئة وموارد المياه بسبب النمو السريع للسكان واستنزاف احتياطات المياه الجوفية، وأثار تغير المناخ التي أدت إلى ندرة حادة في المياه في العالم العربي. فمن أجل مواجهة هذه التحديات، تحتاج الدول العربية إلى تبني تقنيات جديدة مثل النانو والتكنولوجيات الحيوية. سنسلط الضوء في هذه الدراسة على مفهوم تقنية النانو والمواد النانوية وتطبيقاتها المحتملة في المجالات المختلفة، وكيفية مساهمة تقنيات النانو في حل معظم المشاكل في جوانب مختلفة من الحياة في العالم العربي، كما سنحدد أيضا الفرص الاستثمارية المختلفة في المواد النانوية ونظم النانو التي يمكن أن تفتح فرص عمل جديدة وتعمل على تحويل الاقتصاد في العالم العربي إلى اقتصاد قائم على المعرفة.

1. مقدمة:

يشهد نمو معدل سكان العالم تزايدا مستمرا، وفقا لتقرير البنك الدولي، مما يؤدي إلى ارتفاع الطلب العالمي على الطاقة بنسبة 60٪ على مدى العشرين سنة القادمة، فتوليد الطاقة من مصادر الطاقة غير المتجددة مثل الوقود الأحفوري سيزيد بشكل كبير في المستقبل القريب بالمقارنة مع المصادر أخرى. ويرتبط إنتاج الطاقة دائما بانبعاث غازات الاحتباس الحراري / الغازات الدفيئة والتي ستؤثر سلبا على البيئة كما أعلنت عن ذلك العلوم الفيزيائية للمناخ¹.

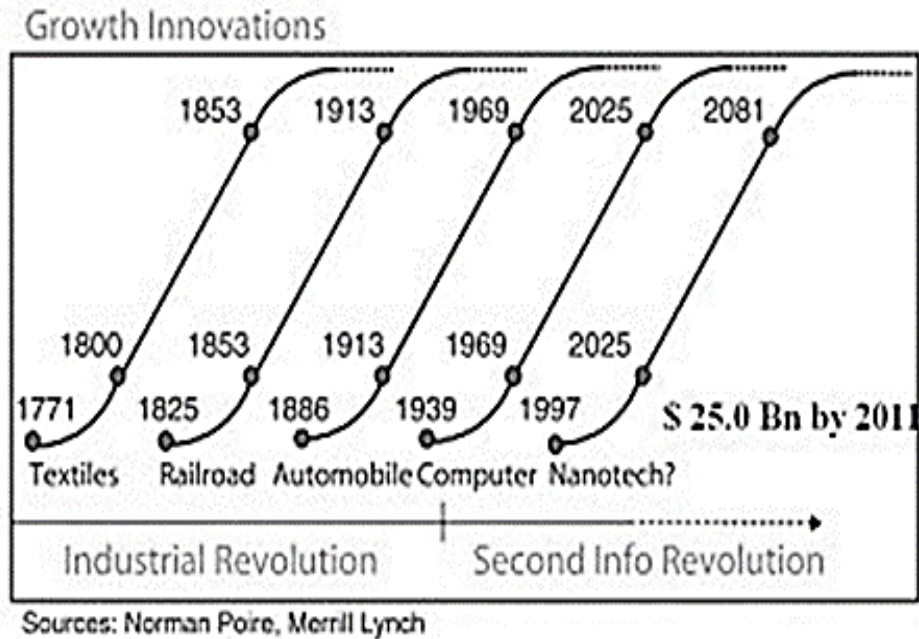
وخلصت التقارير إلى أن "التركيزات الجوية العالمية لثاني أكسيد الكربون والميثان وأكسيد النيتروز قد ازدادت بشكل ملحوظ نتيجة للأنشطة البشرية منذ عام 1750 وأنها الآن تتجاوز كثيرا القيم السابقة للعصر الصناعي التي تم تحديدها من العينات الجليدية والتي دامت لآلاف السنين". واستخلص التقرير أيضا أن الزيادات العالمية في تركيزات انبعاثات ثاني أكسيد

الكربون(CO2) يرجح بالأساس إلى استخدام الوقود الأحفوري وتغيرات استخدام الأراضي، في حين أن تركيزات غاز الميثان وأكسيد النيتروز ترجع بالأساس إلى الزراعة².

وعلاوة على ذلك، فإن توفر إمدادات المياه العذبة آخذة في التناقص، إذ يتوقع بحلول عام 2025، أن تعاني 48 دولة من ندرة المياه العذبة. وتعد عملية تنقية وتحلية المياه من بين المجالات ذات الأولوية الرامية إلى تلبية الطلب الدولي على المياه في المستقبل، حيث يعاني حاليا 600 مليون شخص في العالم من شح في الموارد المائية، وتعتبر الدول العربية من بين أكبر البلدان في العالم التي تواجه معضلة ندرة المياه، حيث أدى ارتفاع معدل النمو السكاني، ونضوب احتياطات المياه الجوفية وتأثيرات تغير المناخ إلى نقص حاد في كميات المياه في العالم العربي.

وقد شهدت البشرية خلال القرنين الماضيين عدة ثورات تكنولوجية عدة ثورات في مجالات الصناعة والزراعة والطب والمعلومات.

وتعتبر تقنيات النانو من أهم الاكتشافات العلمية الصناعية الحديثة التي شهدها القرن الحادي والعشرين وهي من بين أهم التقنيات في العالم اليوم بالمقارنة مع الثورة الكبرى التي شهدها تاريخ البشرية كما هو مبين في الشكل 1 أدناه، ومن المتوقع أن تلعب تقنيات النانو دورا رئيسا في الاقتصاد العالمي المستقبلي³.



الشكل رقم 1: تكنولوجيات النانو وغيرها من الثورات الابتكارية العظمى والرئيسية التي عرفتتها البشرية .

فإذا كان انتشار التكنولوجيات اليوم يعتبر دليلاً على السرعة الكبيرة والمذهلة للتغيرات التي شهدتها الاقتصاد العالمي، فإن تقنيات النانو ستشكل في المستقبل القريب نقلة نوعية وتغيير نموذجي أكثر أهمية. ويبدو حالياً أن تطور الاقتصاد النانوي مقارنة مع الاقتصاد النفطي هو أمر مثير للاهتمام. لأن ابتكارات تقنيات النانو لا تزال في بدايتها وهي التي ستحدد الموعد للتحولات الاقتصادية للدول في المستقبل.

وتعرف تقنية النانو أيضاً بالتقنيات المتناهية الصغر، وهي تقنيات تقوم على معالجة المواد على مستوى الذرات أو الجزيئات، وتكون القياسات في هذا الحيز في هذه التقنيات دقيقة جداً. حيث يقاس حجم هذه التقنيات والمواد بالنانومتر، والنانومتر هو جزء من المليار من المتر. وهذه الأبعاد صغيرة جداً، وهي أصغر حجماً من البكتيريا والخلايا الحية.

وتتعامل هذه التقنيات مع أبعاد تتراوح بين 0.1 و100 نانومتر. والكلمة "نانو" مشتقة من كلمة "نانوس" اليونانية وتعني "القرم". ويراد بالنانومتر جزء من الألف من الميكرومتر أي جزء من المليون من المليمتر مليار من المتر (1 نانومتر = $1/1000000000$ م) كما هو مبين في الشكل 2.

وهناك عدة تعريفات لتقنية النانو ومنها "تطوير البحوث والتكنولوجيا على المستوى الكمي والمستوى الذري والجزيئي والماكرو جزئي على طول ومقياس حجم ما يقرب من 1-100 نانومتر، من أجل تقديم فهم أساسي للظاهرة والمواد على مستوى مقياس النانو وإنشاء واستخدام هياكل وأجهزة وأنظمة لها وظائف وخصائص جديدة لم تعرف في المواد المألوفة بسبب صغر متوسط حجمها*.

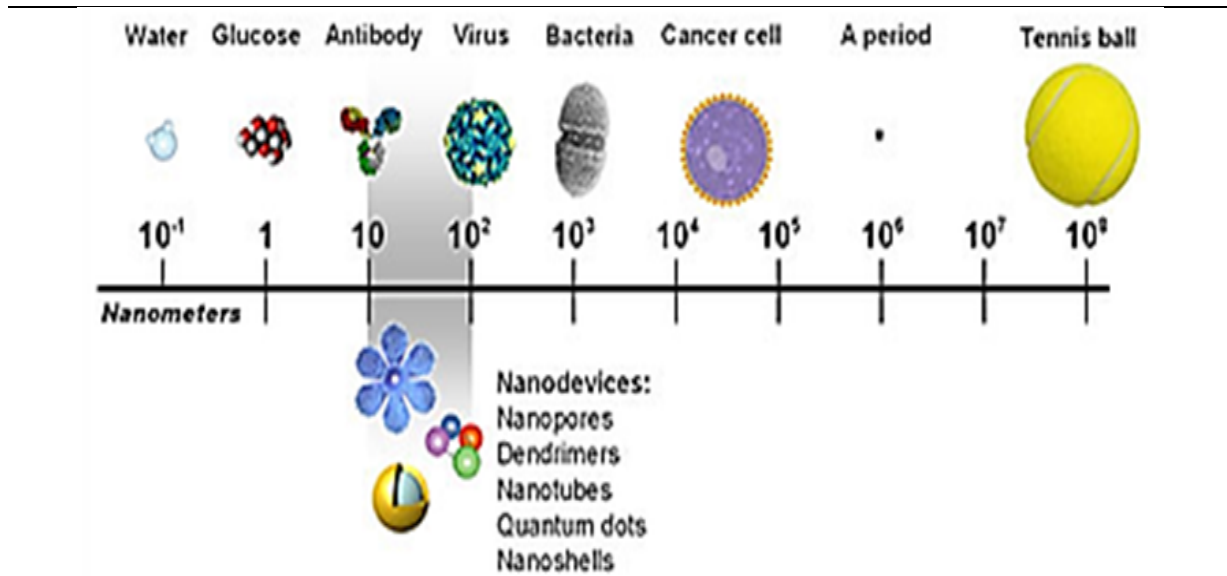
وعلم المواد النانوية (Nanoscience) حقل مهم من حقول تقنية النانو القائم على دراسة علم المواد النانوية وتقنيات النانو. ويهتم هذا المجال بدراسة المواد والسمات الشكلية (المورفولوجيا) على مستوى نانومتري، وخصوصاً تلك التي لها سمات خاصة نابعة من أبعادها النانومترية الحجم. ويعرف عادة "نطاق النانو" بأنه أصغر من (واحد من المليون) من الميكرومتر على الأقل.

* (www.nano.gov).

** "شعبة الهندسة التي تعنى بالأشياء ذات حجم أصغر من 100 نانومتر تتمتع بصفة تشغيل الجزيئات الذاتية" (www.hyperdictionary.com) ، "فن تشغيل/معالجة المواد على المستوى الذري أو الجزيئي وخاصة لبناء الأجهزة المجهرية" ، (Miriam Webster Dictionary).

حيث أنه على مستوى مقياس النانومتر، فإن المسائل المتعلقة بخصائص الطاقة والفيزياء تتغير، وتفسر بأن صغر حجم المواد النانوية تظهر فيها آثار الكم (Quantum) ومن خصائص المواد النانوية ارتفاع نسبة مساحة السطح مقارنة بحجمها مما يؤدي بالعديد من المواد النانوية إلى تغير خصائصها الفيزيائية نتيجة التأثيرات الكمية الميكانيكية، ومنها على سبيل المثال "تأثير الحجم الكمي" حيث تتغير الخصائص الإلكترونية للمواد الصلبة نتيجة التناقص الهائل في حجم الجسيمات. إلا أن هذا التأثير لا يكون فعالاً من خلال التحول من الأبعاد الماكروية إلى الأبعاد الميكروية على الرغم من ذلك، فهي تصبح واضحة وظاهرة عندما يتم الوصول إلى مدى الحجم النانوي. كما تتغير كذلك مجموعة معينة من الخصائص الفيزيائية بتغير الأنظمة المجهرية (الماكروسكوبية). ومن ثم تعد الخصائص الميكانيكية الجديدة للمواد النانوية أحد موضوعات البحث في علم ميكانيكا النانو. كما تكشف الأنشطة المحفزة كذلك النقاب عن صورة جديدة للتفاعل مع المواد الحيوية. حيث أن القدر الأكبر من الإعجاب بتقنية النانو ينبع من هذه الظواهر الكمية والسطحية الفريدة والتي تُظهرها المادة على مقياس النانو.

على سبيل المثال، المعادن التي لها خصائص مختلفة من نفس المادة في شكل سائب مثل الفضة السائبة غير سامة، في حين أن جسيمات نانو الفضة نشطة جداً ويمكن أن تقتل الفيروسات والبكتيريا. وهناك خصائص أخرى مثل التوصيل الكهربائي وتغير درجة الانصهار واللون على مستوى مقياس النانو. ويمكن لنفس المعدن أن يصبح شبه موصل (Semi Conductor) أو أن يصبح عازل.



الشكل 2: مقارنة بين مختلف المواد من حيث حجمها ومن حيث مستوى مقياس نانومتر

وتُستخدم هذه التكنولوجيا الدقيقة جدًّا في كافّة مجالات الحياة، فعلى سبيل المثال هناك في عالم الإلكترونيات الدقيقة ما يُسمّى بأشباه الموصلات، وهي موادّ تجمع بين الخواصّ الفلزيّة واللافلزيّة، ويمكن استخدام هذا التباين في السلوك الفيزيائي والكيميائي لصالح العلم الحديث، فتبرز هنا التكنولوجيا الدقيقة (تكنولوجيا النانو) في جعل هذه المواد أشباه الموصلّة (Semi Conductor) موادًّا ذات خصائص إلكترونية عن طريق قذف السبائك المعدنية لهذه الأشباه - كعنصر السيليكون - مثلاً بعناصر دقيقة بدقّة النانو كدقائق الفسفور مثلاً، لتتشكّل لدينا ما يسمّى بالدايودات والترانزستورات (Diodes and Transistors)، وهي من الرقائق المستخدمة في صناعة الحواسيب، ووحدات المعالجات الرقمية المركزية، وكافّة الأجهزة الإلكترونية والكهربائية.

وفي نطاق هذا الحجم، تتفاعل المواد بشكل مختلف، حيث توفر مجموعة متنوعة من التطبيقات وتعطينا القدرة على صنع المواد والأجهزة أو الأشكال والمنتجات بصيغة أكثر ذكاء وأخف وزناً على مستوى مقياس نانوميتر. ونتيجة لذلك، تصبح لهذه الجسيمات خصائص فريدة من نوعها التي تختلف عن المواد السائبة. وفي هذا النطاق، فإن قواعد الفيزياء والكيمياء لم تعد صالحة وأية مواد قد تصبح لها خصائص فريدة ومثيرة للدهشة، فقد تصبح بعض المواد أكثر متانة أو أكثر موصليّة أو أكثر تفاعليّة. على سبيل المثال، الكربون الذي هو عنصر مميز لأسباب عديدة تتضمن أشكاله العديدة مادة من أضعف المواد (الجرافيت) ومادة من أقوى المواد (الماس)، بيد أن الأنابيب النانوية (Nanotubes) هي 10 مرات أقوى من الفولاذ والنحاس وهي مادة مسطحة تصبح شفافة، أما البلاتينيوم فهو مادة خاملة وتصبح مادة حافزة للتفاعل، بينما الألومنيوم كمادة متماسكة يتحول إلى مادة قابلة للاحتراق. السيليكون من المواد العازلة يتحول إلى مادة موصلة. الذهب هو من أكثر العناصر الكيميائيّة كثافة وهو مادة خاملة لونه أصفر يصبح سائلاً في درجة حرارة الغرفة ويصبح لونه أحمر على المستوى الجزيئي أي بمقياس النانو وتصبح له خاصية المواد المحفزة بشكل غير عادي بخلاف معالجته على المستوى الكلي.

• مراحل تطور النانو تكنولوجي.

○ تطبيقات تقنية النانو القديمة (غير المقصودة) :

السيف الدمشقي: الذي اشتهر به المسلمون مابين القرنين العاشر والسابع عشر، و المصنع من فولاذ من فلز (Wootz) الهندي المنشأ، تميز بالقساوة الشديدة مع حفظه على المرونة، وهما ميزتان من المستحيل الحصول عليهما مترافقتين بتقسية الفولاذ بإضافة الكربون، لأن إضافة الكربون للفولاذ بنسبة عالية تؤدي إلى زيادة هشاشته و بالتالي إمكانية

تقصفه بسرعة. لكن السيف الدمشقي أمكنه أن يقطع منديل الحرير (شحذ لمستوى عالي بسبب المرونة) و أن يكون أداة حرب قوية (قساوة ومقاومة الصدمات)، أميط اللثام عن السر وراء المواصفات غير العادية للسيف الدمشقي حديثاً نتيجة بحث⁵ أجري في جامعة دريزدن بألمانيا، تبين بموجبه نتيجة تحليل عينة من سيف دمشقي محفوظ في متحف بسويسرا باستخدام الماسح النفقي المايكروسكوبي (STM) أن بنيته تتشكل من أنابيب كربونية نانومترية (CNT) تحتضن أسلاك نانوية من (C3Fe)، مرصوفة بشكل متجاور موازي للحد القاطع للسيف، هذه البنية تكونت نتيجة طريقة المعالجة الحرارية وإضافة العناصر من فاناديوم، كروم، منغنيز، كوبالت، نيكل إلى بنية الفولاذ المستخرج من الـ Wootz.

أستخدمت تقنية النانو منذ القدم من قبل الحضارة الصينية والحضارة الإغريقية في صناعة المطاط والزجاج واستخدمها العرب في صنع السيوف وكذلك المهاجرين الأمريكيين في حفظ اللبن طازجاً لفترات أطول حسب ما ذكر في بعض المصادر إلا أن هذه الاستخدامات لم ترتق إلى درجة العلم بهذه التقنية وماهيتها.

○ ظهور علم النانو أو النانوتكنولوجيا

تعتبر محاضرة ريتشارد فينمان (Richard Feynman) عام 1959م التي كان عنوانها: «هناك الكثير من المساحات في الأسفل» هي بداية اهتمام الأوساط العلمية بالتقنية التي تتعامل مع الجزيئات والذرات بشكل منفرد، وقد تحدث فيها بشكل استشرافي عن مستقبل البشرية ولم يشير إلى تقنية النانو مباشرة، وحتى بداية السبعينيات من القرن الماضي لم يشير لهذا المصطلح (Nano Technology) ولم يستخدم لوصف هذه التقنية.

وفي عام (1974م) ظهر مصطلح تقنية النانو في محاضرة للبرفسور الياباني (Norio Tanguchi) في جامعة طوكيو للعلوم وذلك كمصطلح مرادف لوصف الآلات الدقيقة وليس للدلالة على تقنية مستقلة.

وفي عام (1986م) بدأ أول استخدام لمصطلح تقنية النانو (Nano Technology) في الأوساط العملية بعدما نشر (Eric Drexler) في كتابه الشهير بعنوان: «محركات الإنشاء (التكوين): عصر تقنية النانو القادم» حيث تم تبسيط الأفكار الأساسية لعلم تقنية النانو وعرض فيه أيضاً المخاطر الكبرى المرافقة له.

ومع اختراع المايكروسكوب النفقي الماسح (Scanning Tunneling Microscope) بواسطة العالمان جيرد بينج وهينريك روهر عام 1981، وهو جهاز يقوم بتصوير الأجسام بحجم النانومتر وحجم الذرات، زادت البحوث المتعلقة بتصنيع ودراسة التركيبات

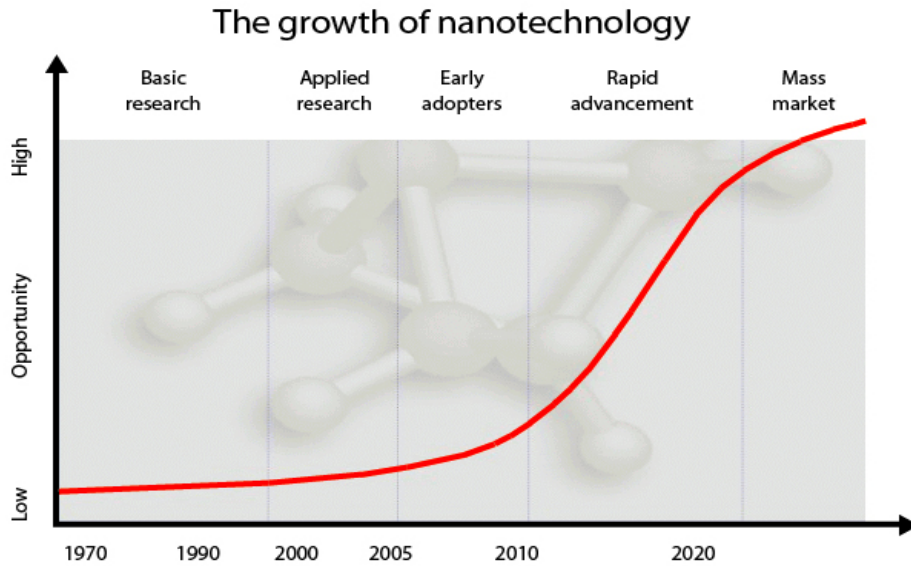
النانوية للعديد من المواد. وقد حصل العالمان على جائزة نوبل في الفيزياء عام 1986 بسبب هذا الاختراع.

وبعد ذلك بـ عدة سنوات نجح العالم الفيزيائي دون ايجلر في معامل IBM في تحريك الذرات باستخدام جهاز الميكروسكوب النفقي الماسح، مما فتح مجالاً جديداً لإمكانية تجميع الذرات المفردة مع بعضها، وفي نفس الوقت تم اكتشاف الفلورين بواسطة (هارولد كرونو)، ريتشارد سمالي وروبرت كيرل، وهو عبارة عن جزيء مكون من (C60) ذرة كربون تتجمع على شكل كرة قدم (وقد حصلوا على جائزة نوبل في الكيمياء 1996).

وفي عام 1995 تمكن العالم الكيميائي (منجي باوندي) من تحضير حبيبات من شبه الموصلات الكادميوم / الكبريت (أو السلينيوم) أصغرها ذات قطر 3 – 4 نانومتر.

تشكل تقنيات النانو قفزة هامة في تطور وتقليل حجم الذرات الالكترونية فقد قامت باختزال حجم العديد من الأجهزة بل رفعت من كفاءتها واعدت من وظائفها، وأدت إلى إمكانية تصميم المواد ذات البنية النانومترية التي تمتلك خصائص الكترونية وبصرية ومغناطيسية وتحفيزية جديدة نظرا لصغر الحجم وارتفاع مساحة السطح إعطاء إمكانيات هائلة للتنمية.

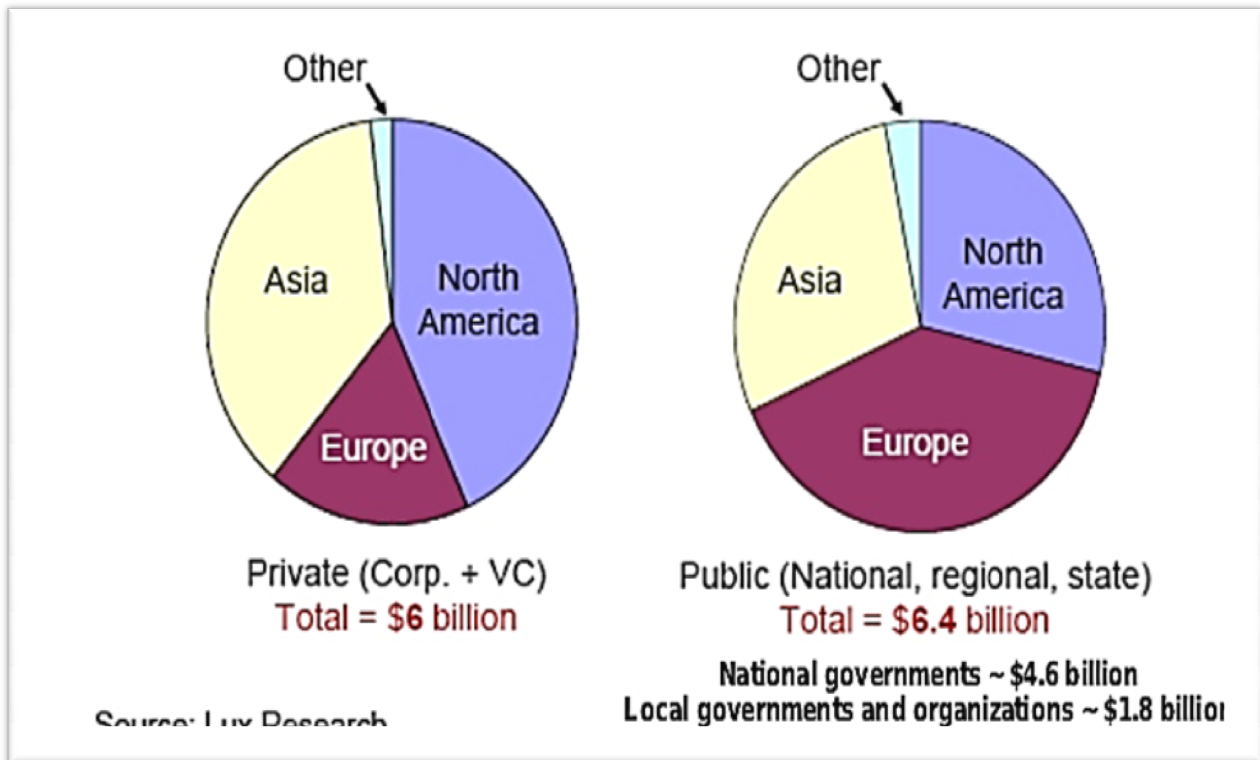
تكنولوجيا النانو في المستقبل⁴. المعالم الأساسية لتطور / تنمية تقنية النانو مبينة في الشكل 3.



الشكل 3: مستوى تطور تقنية النانو⁵

أثار التطور السريع لهذه التكنولوجيا اهتمام خاصاً لدى الحكومات والقطاعات الذي أدى إلى سلسلة من التمويلات وفرص الاستثمار في جميع القطاعات. ومن المتوقع أن يشكل سوق النانو تكنولوجيا سوقاً بترليونات الدولارات مستقبلاً. إن إجمالي الاستثمارات العالمية في البحث والتطوير في مجال تقنيات النانو تنمو بشكل كبير إذ تصل إلى 12.6 مليار دولار في عام 2008 موزعة بين القطاع الخاص 6 ستة بلايين والقطاع العام (6.4 بليون) والحكومات الوطنية (4.6 بليون دولار) والحكومات والمنظمات المحلية (1.8 بليون)، كما هو مبين في الشكل (4).

الشكل 4: إجمالي الاستثمارات العالمية في مجال البحث والتطوير حول تقنية النانو



يبين الشكل 5 أدناه تطور تمويل تكنولوجيا النانو في العالم

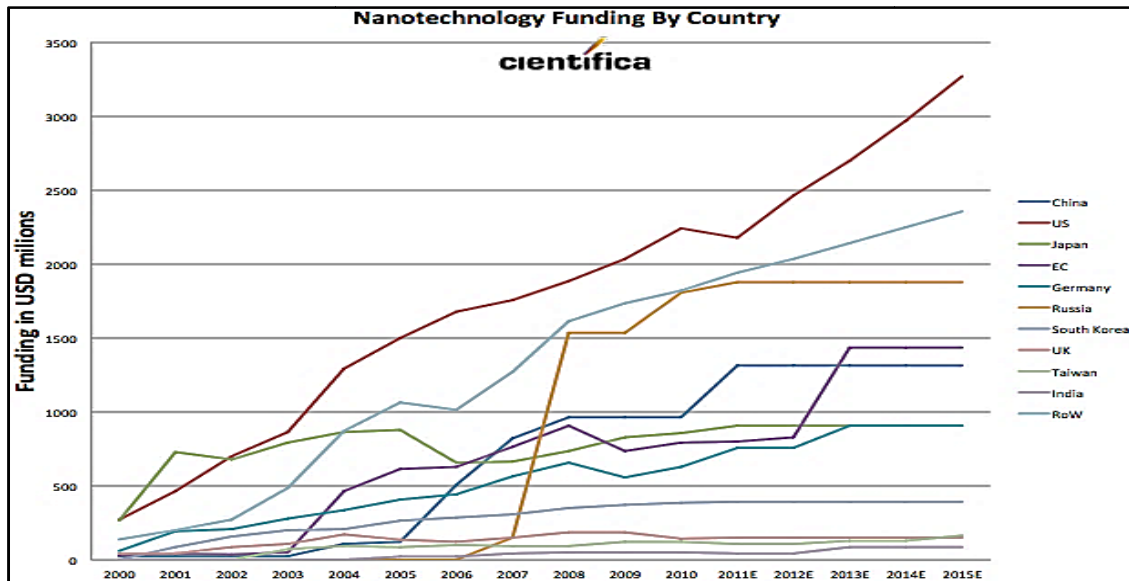
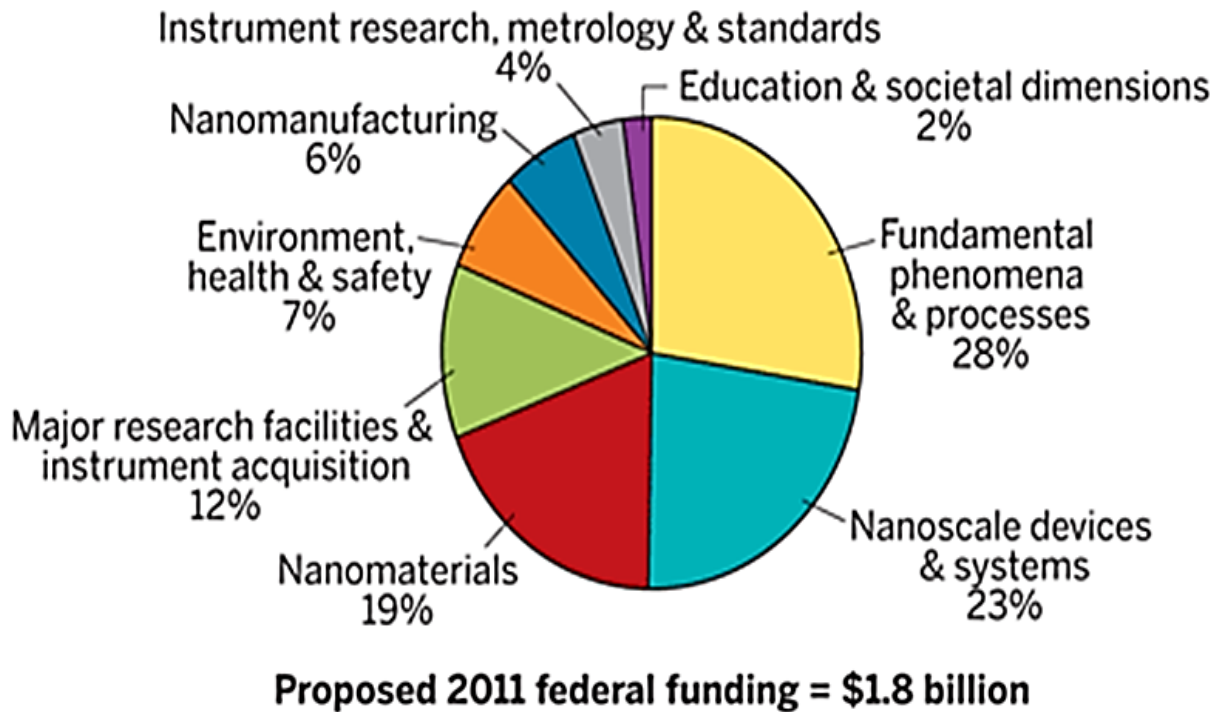


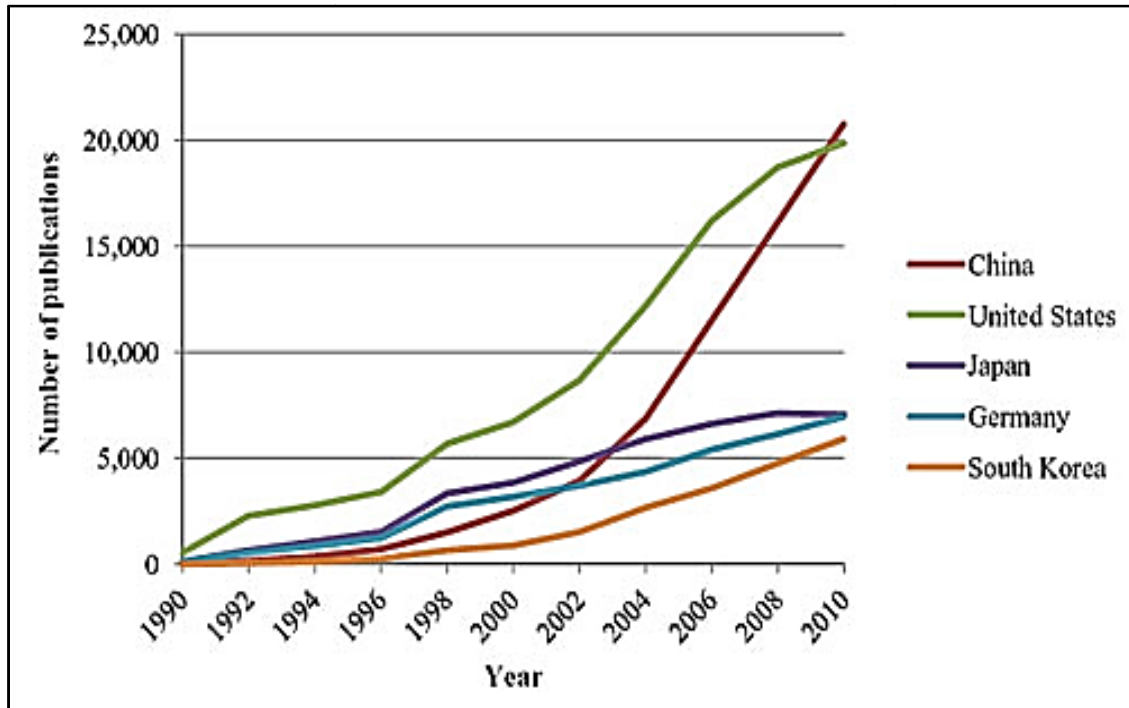
Figure 1: Nanotechnology funding by different countries in the world⁶

الشكل 6 مقترح الولايات المتحدة للتمويل الاتحادي⁷



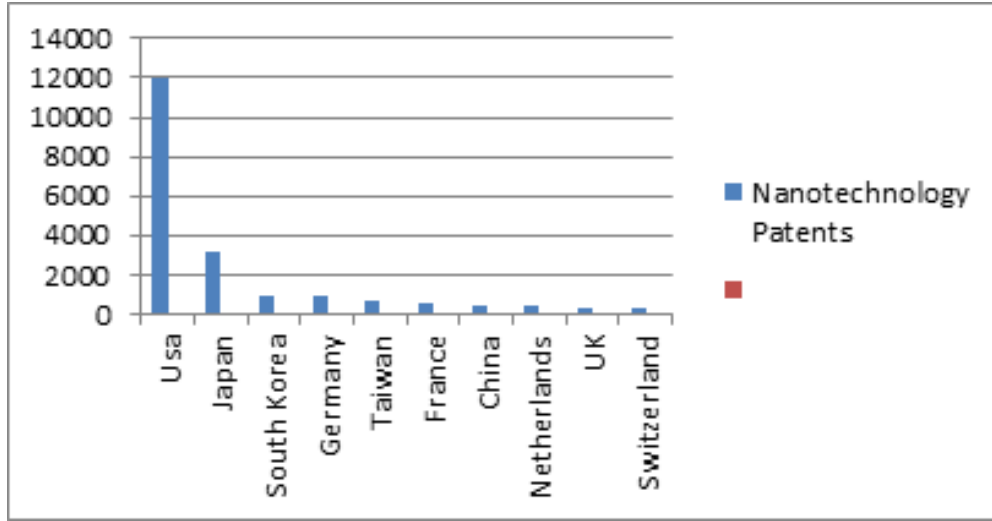
تبين الأرقام المذكورة أعلاه أن الحكومات لديها اهتمام كبير للنتائج الاقتصادية المحتملة التي ستنبثق من تقنيات النانو، فقد أثبتت هذه التقنيات خلال الثلاث عقود الماضية القدرة على تمكين المجتمعات في تحقيق أهدافهم من خلال تحسين الكفاءة والنمو في مختلف القطاعات الاقتصادية مثل الطب والطاقة والتصنيع. كما أسفرت التمويلات المخصصة لهذا الغرض والمبادرات الهائلة التي اتخذتها العديد من البلدان عن نمو متضاعف لعدد المنشورات العلمية في مجال تقنية النانو.

يبين الشكل (7) عدد المنشورات لتقنية النانو التي أصدرتها أكبر خمس دول منتجة في العالم خلال الأعوام 2010-1990.



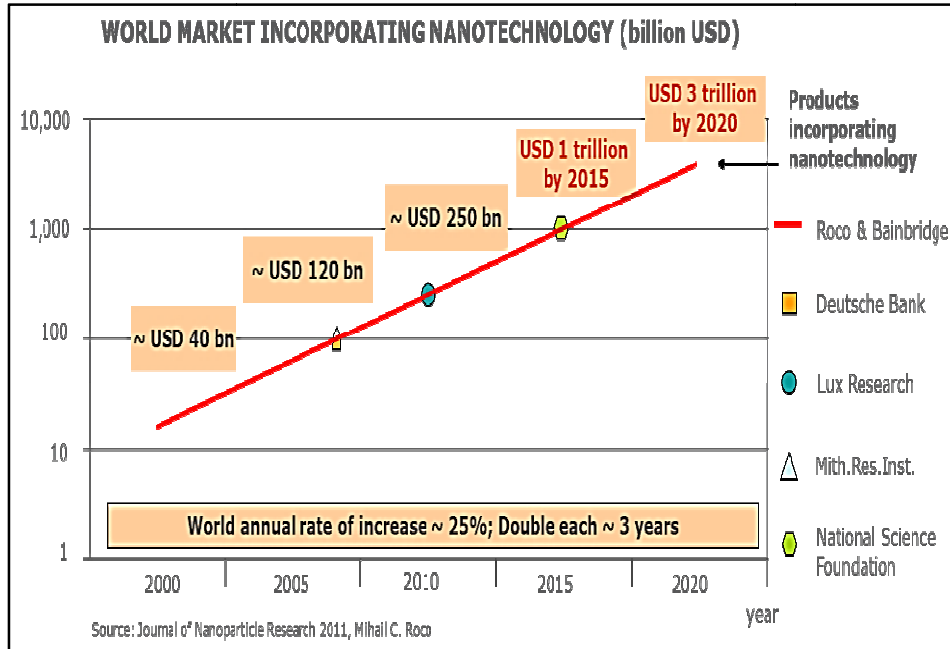
الشكل / البيان رقم 7: منشورات حول تقنيات النانو التي أصدرتها أكبر خمسة بلدان منتجة⁸

وينطبق أيضا هذا الاهتمام الذي أولته مختلف البلدان في العالم إلى مجال النانو تكنولوجيا والاستثمار الذي خصصته لهذا الغرض مما أدى إلى ازدياد عدد براءات الاختراع لتقنية النانو كما هو مبين في الشكل/ البيان 8 أدناه.



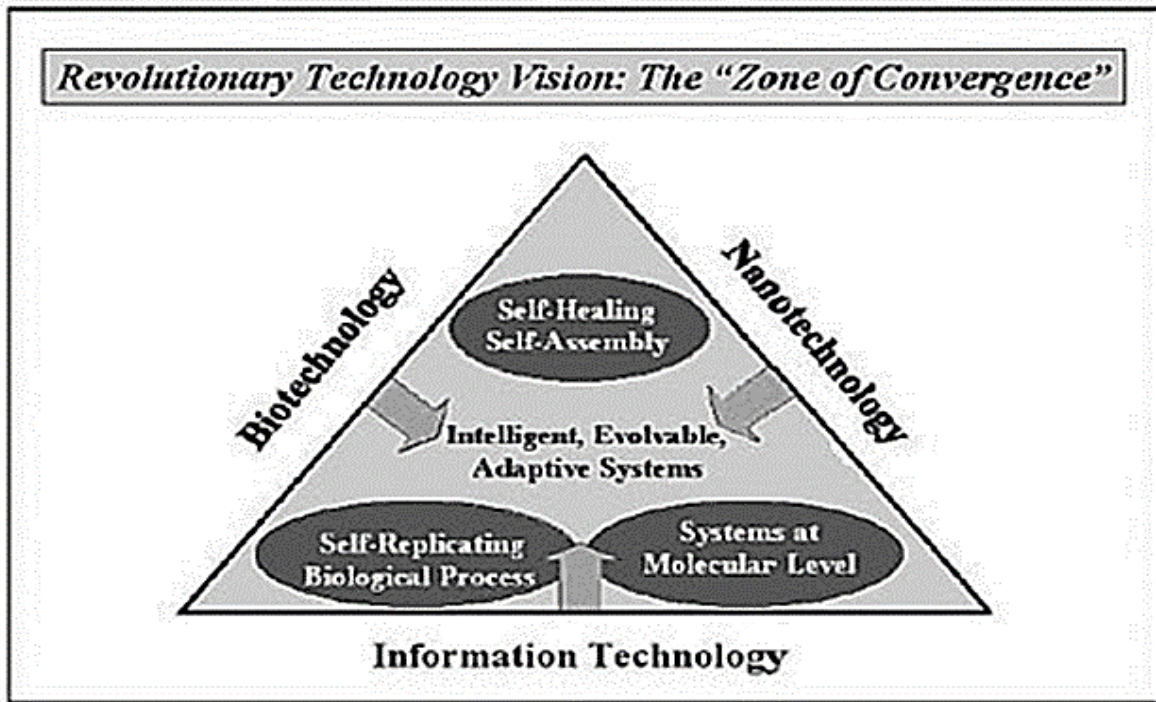
الشكل 8: توزيع عدد براءات الاختراع في مجال تكنولوجيا النانو حسب البلدان
(المصدر: <http://Nanomaterial conferences.com>)⁹

يبدو أن الآفاق المستقبلية لتكنولوجيا النانو جد واعدة وستنتج سوقاً بتريليونات الدولارات كما جاء ذلك في توقعات العديد من المنظمات المالية والاقتصادية الرائدة في العالم كما هو مبين في الشكل رقم (9) أدناه، ولن يركز السوق في المستقبل على المواد متناهية الصغر والأجهزة فحسب، بل سيتم توسيع الاهتمام أيضاً إلى نطاق الأسواق الأخرى التي تتضمن المواد متناهية الصغر في منتجات أخرى.



الشكل رقم 9: توقعات سوق النانو والفرص الاستثمارية
(المصدر: InvestmentNanostart)¹⁰

إن الرؤية المتبصرة، المستقبليّة فيما يتعلق بتقنية النانو تفيد أن هذه التقنية واعدة جدا وتفتح آفاقا جديدة لتأثير أكبر على حياة الإنسان. حيث أن جوانب التلاقي في المجالات البحثية بين النانو تكنولوجيا والتكنولوجيا الحيوية و تكنولوجيا المعلومات كما هو مبين في الشكل (10) سيقود إلى فهم أفضل لجسم الإنسان وسوف تستخدم وظائف جديدة تستند إلى ذكاء ذات مستوى عال من خلال تحفيز العقل البشري وتصميم المنتجات الذكية والفعالة لمكافحة المرض وإيجاد حلول للعديد من المشاكل¹¹.



الشكل 10: التطورات المتبصرة لتكنولوجيا من خلال تلاقي تكنولوجيا النانو والتكنولوجيا الحيوية وتكنولوجيا المعلومات (المصدر: NanoAZ)

إن ضبط المواد والهياكل وإنشاءها من العناصر الذرية والجزيئية على أساس الربط بين الخصائص البيولوجية الفيزيائية والكيميائية وتشغيلها تحت مراقبة واضحة المعالم تؤدي إلى استخدام تقني رئيسي للمواد ووظائفها. سنتمكن من خلال اعتماد تقنية النانو، وللمرة الأولى في التاريخ، من تصميم المواد بناء على ما نتوخاه من الحاجة لهذه المواد وطرق استعمالها، ومن المرجح أن تساهم تقنية النانو في المستقبل القريب، على حل معظم المشاكل التي تواجه الحياة البشرية، بما في ذلك علاج السرطان وندرة موارد المياه والاحتزار العالمي وظاهرة الشيخوخة

وغيرها. واستنادا إلى هذه البيانات، تشكل تقنية النانو فرصة استثمارية كبيرة، إذ ستعالج المنتجات النانوية جميع جوانب الحياة.

ومن المرجح أيضا أن تساهم تكنولوجيا النانو في تغيير كل شيء من حولنا ابتداء من الدواء وأجهزة الكمبيوتر والمباني إلى السيارات والملابس التي نرتديها. وفيما يلي نرد أمثلة على المواد النانوية والتطبيقات المحتملة والمثيرة للمواد المختارة:

○ مساحيق النانو

تنتج عن الخصائص غير العادية من الجسيمات النانوية التي هي أقل من 100 نانومتر مجموعة من المواد الجديدة والمتطورة من خلال العديد من التطبيقات، مثل محفزات جديدة لإصلاح البيئة؛ تحسين فترة صلاحية مواد الأغذية والتعبئة والتغليف وتحسين وسائل توصيل العقاقير الجديدة.

○ الأنابيب النانوية الكربونية

وهي أنابيب كربونية أسطوانية الشكل ورقيقة جدا لدرجة النانو وتعتبر أيضا رقائق من الجرافيت ملفوفة على شكل أنبوب أسطواني وهذه الأنابيب تتميز بخصائص استثنائية إلكترونية وحرارية وميكانيكية وتركيبية مما يجعلها أخف من الألومنيوم وأقوى بخمسة أضعاف من الحديد الصلب. وهناك نوعان من أنابيب الكربون النانوية (أنابيب الكربون النانوية وحيدة الجدار أي ذات طبقة واحدة وأنابيب كربون نانوية متعددة الجدار).

يمكن وصف أنابيب الكربون على أنها عبارة عن شرائح من الجرافيت يتم طيها حول محور ما لتأخذ الشكل الأسطواني حيث ترتبط ذرات نهايتي الشريحة مع بعضها لتغلق الأنبوب. حيث يلف الجرافيت على شكل أسطوانة بقطر يقدر بحوالي 1 نانومتر. ويمكن استخدام هذه "الأنابيب الكربون النانوية" القوية والخفيفة في العديد من التطبيقات، مثل البناء وأجهزة الاستشعار وخلايا الوقود وأجهزة الكمبيوتر والأجهزة الإلكترونية الأخرى.

○ الجرافين

الجرافين هو شكل من أشكال الكربون وهو مادة ثنائية الأبعاد مكونة من الكربون متناهي الصغر على شكل شبكة سداسية الأضلاع مكونة من ذرات الكربون. ويعد الجرافين من أهم المواد النانوية، إذ يمتلك خصائص مذهلة تجعل منه مادة مثيرة للاهتمام بالنسبة للعديد من التطبيقات فهو مادة شفافة بالغة الرقة و تتماز بمرونة عالية و قوة فائقة جدا. يعتبر الجرافين من المواد الواعدة في مجال المادة إذ يمتلك خصائص فريدة مقارنة بباقي المواد فهو يتفوق على

النحاس في قدرته على التوصيل الكهربائي في ما تُفوق قدرته على توصيل الحرارة مواد أخرى ويعد الجرافين أقل المواد سماكة وأشدّها قوة (207 مرة أقوى من الفولاذ) و هو مادة شفافة عالية الكثافة.

يمكن استخدام الجرافين في العديد من التطبيقات مثل المصابيح الكهربائية والالكترونيات والهندسة البيولوجية والترشيح المواد المركبة خفيفة الوزن أو القوية/الصلبة والخلايا الشمسية الكهروضوئية وتخزين الطاقة والدهانات ومواد الطلاء ومواد التشحيم والزيوت والسوائل الوظيفية والمكثفات والبطاريات وتطبيقات الإدارة الحرارية ومواد العرض والتعبئة والتغليف والأحبار والطابعات ثلاثية الأبعاد 3D، والمواد الواقية والأغشية¹².

○ الأغشية النانوية في عملية تصفية/تنقية المياه وترشيح الهواء

تعتبر تقنيات النانو أحد الحلول المثلى بالنسبة للمشاكل الأكثر إلحاحا في الحياة البشرية لتحقيق حياة آمنة ونظيفة وبأسعار معقولة. إذ تساهم الأغشية النانوية في الحصول على مياه صحية خالية من الملوثات و الشوائب الضارة بواسطة أنظمة معالجة متقدمة تتضمن وسائل تنقية نانو مترية.

و تصنف منتجات تقنية النانو المستخدمة في معالجة و تنقية المياه إلى ثلاثة أنواع هي مرشحات غشائية بمسامات نانومترية، وحببيات نانو مترية ماصة للسموم و الملوثات، و حببيات حفازات نانو مترية ضوئية مفتتة للسموم و الملوثات. كما وفرت التقنية منتجات خدماتية مفيدة عبارة عن أجهزة تحسس بمقاسات نانو مترية تؤدي مهام استكشاف و تعرف على الكائنات الجرثومية.

○ الجزيئات الإلكترونية

رقائق السليكون المستخدمة في صناعة الكمبيوتر تصل إلى حد المادي والتقني في أقل من 20 عاما. تكمن أهمية السيليكون في التقنية في أنه أساس صناعة رقائق الحاسب وهي المسؤولة عن صغر حجم أجهزتنا اليوم. حيث تتكون أجهزة الحاسب من معالجات وتتكون المعالجات من ملايين الوحدات الصغيرة وظيفتها التحكم في جريان التيار الكهربائي يطلق عليها ترانزسترات.

وهذه القدرة الفريدة التي تتحكم بالتيار الكهربائي سببها المواد شبه الموصلة المستخدمة في صناعة الترانزسترات كالسليكون يسعى المصنعون دائماً لزيادة سرعة المعالجات عن طريق مضاعفة عدد الترانزسترات. وسوف تقوم الكترونيات النانو باستبدال الالكترونيات الدقيقة القائمة على السيلكون حيث أصبح حجم الترانزستور صغيرا جدا حيث تحتوي أي دارة

نموذجية للحاسب اليوم على 9 مليون ترانزيستور في المليمتر المربع وكلما زادت أعداد الترانزيستور كلما زادت كمية البيانات التي يعالجها الحاسوب في وحدة الزمن .

يتوقع في عام 2030 أن الحاسب سيتمكن من اكتساب ذكاء يعادل ذكاء الإنسان إذا استمرت عملية مضاعفة أعداد الترانزسترات كل عامين وستكون صغيرة جداً لدرجة أننا نستطيع وضع جميع التقنيات في حجم يعادل حجم الدماغ أيضاً.

○ Quantum dots:النقاط الكمية

هذه الهياكل النانوية صغيرة الحجم وتحتوي على العديد من الإلكترونات الحرة وتسمى أحياناً "ذرات مصطنعة" ولها تطبيقات متعددة، مثل الأحبار التي لديها مقاومة لمحاولات التزوير وأجهزة الاستشعار الحيوي الجديدة والالكترونيات الكمية والضوئيات.

تصنع النقاط الكمية من مواد موصله أو شبه موصله وتكاد تكون أبعادها تساوي صفر ولها شكل بلوري. وللنقاط الكمية خصائص كهربائية مميزه تمكنها من تخزين الالكترونيات وتحويل لون الضوء حيث تعمل علي امتصاص اللون الأبيض وأعاده انبعائه خلال نانو ثانية بلون مميز ولها تطبيقات كثيرة في مجال الكمبيوتر والطب والهندسة.

II. تكنولوجيا النانو في العالم العربي

إن الزيادة المضطربة في عدد سكان الوطن العربي قد بلغت ما يناهز 400 مليون في عام 2015 أي حوالي نسبة 70٪ من سكان الوطن العربي تتوفر على موارد طبيعية محدودة وتشهد أدنى نصيب للفرد من الناتج المحلي الإجمالي في العالم. ومن أكبر التحديات التي يواجهها العالم العربي أزمات الأغذية والطاقة وندرة المياه، كما أن الدول العربية تشهد تغييرات هائلة في بنيتها التحتية والاجتماعية، ويزيد من تعقيد هذه التحديات عوامل سياسية بما فيها الربيع العربي ونشوب الحروب الكبرى الثلاث. كل هذه التحديات والتغيرات تحول دون تسريع التنمية وتزيد من حدة انتشار الفقر وتفشي الأمراض. وفي ظل انشغالات العالم العربي في مكافحة التحديات ومواجهة الصعوبات التي تتخطى فيها حالياً، قد يستعصى على الحكومات أن تتبنى استراتيجيات تنمية طويلة الأجل في مجال العلوم والتكنولوجيا.

ويلاحظ أن حجم ما تنفقه الدول العربية من ناتجها المحلي (GDP) في مجال العلوم والتكنولوجيا لا يوازي أكثر من 0.3٪ بالمقارنة مع نسبة 1-3٪ من إنفاق بلدان العالم الأخرى في هذا المجال، بالإضافة إلى أن متوسط معدل النشر العلمي في العالم العربي لا يتعدى 1٪ من المقالات والمنشورات والإصدارات العلمية في العالم كما هو مبين في الجدول 1 أدناه¹³.

الجدول رقم 1: واقع أثر قياس المنشورات في مجال علوم وتقنيات النانو

Country	Publications	Total Citations	Average Publication Impact
USA	8657	20796	2.40
UK	1611	3363	2.09
Germany	2581	5174	2.00
France	1790	3156	1.76
Italy	1053	1654	1.57
Japan	3032	4504	1.49
South Africa	58	76	1.31
People's R. China	6124	7954	1.30
South Korea	2140	2741	1.28
India	1130	1302	1.15
Taiwan	1337	1517	1.13
Iran	220	236	1.07
Egypt	82	52	0.63
Saudi Arabia	14	8	0.57
Kuwait	4	1	0.25
United Arab Emirates	8	1	0.13

إلا أن العديد من الدول العربية قد أدركت حقائق أثر النشر العلمي والتكنولوجي، مما دفع البعض منها إلى الاستثمار في مشاريع ضخمة مثل مؤسسة قطر (QF) والحدائق العلمية والتكنولوجيا في قطر (QSTP) وجامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية (KAUST) في المملكة العربية السعودية ومعهد الكويت للأبحاث العلمية (KISR) ومعهد مصدر في دولة الإمارات العربية المتحدة وغيرها من المشاريع في البلدان العربية الأخرى؛ وتهدف هذه المشاريع إلى التعجيل بعملية بناء القدرات العلمية في المجالات الحيوية للعلوم والتكنولوجيا وبناء مجتمعات قائمة على المعرفة.

إن تكنولوجيا النانو ليس بتقنية غريبة على العالم العربي؛ فقد تم العثور على المواد متناهية الصغر في التاريخ الإسلامي. على سبيل المثال طلاء الزجاج السيراميك اللامع والمتوهج والبراق الذي تم استخدامه في العالم الإسلامي الذي يحتوي على المواد النانوية من الفضة أو النحاس أو المعادن الأخرى وسيف صابر الدمشقي الذي يحتوي على أنابيب الكربون وأسلاك سمنتيت النانوية مكونة من الفولاذ باستخدام كمية فائقة من الكربون الذي أضفى عليه القوة والمرونة والقدرة مما حافظ على ميزته كأداة شاحذة الحد كما هو مبين في الشكل (11).



الشكل رقم 11: (أ) طلاء الزجاج السيراميك الإسلامي "البراق" الإسلامي وجد في العراق. (ب) السيف "الدمشقي" الفولاذي المصنوع من أنابيب الكربون.

وبخلاف الثورات الصناعية الكبرى الأخرى، لا تعتبر تقنية النانو مجالا مقصورا على بلد أو منطقة معينة، وتعتبر في بعض الأحيان "تقنية الفقراء"، إذ يمكن أن تجرى أبحاث تكنولوجيا النانو من خلال استخدام أدوات قياس بسيطة ومواد محلية، ويمكن لتكنولوجيا النانو أن تتيح للدول العربية الفرصة تصبح من بين الرواد في هذا المجال، إذ تمتلك الدول العربية الموارد والثروات الطبيعية والموارد البشرية من المختصين في العلوم المؤهلين لاستخدام تكنولوجيا النانو في حل العديد من التحديات التي تواجه الدول العربية.

العديد من صناع القرار وواضعي الاستراتيجيات في العالم العربي لم يستوعبوا بعد جدوى استخدام تقنية النانو من أجل مواجهة التحديات التي تعرفها المنطقة كما عبر عن ذلك محمد حسن، المدير التنفيذي لـ TWAS، وأكاديمية العلوم في الدول النامية، ورئيس الأكاديمية الإفريقية للعلوم¹⁴.

إلا أن المنطقة العربية قد شهدت في السنوات الأخيرة تطورا ملحوظا في مجال تكنولوجيا النانو، حيث قامت مختلف الدول العربية بإطلاق العديد من المبادرات الرئيسية حول أبحاث تكنولوجيا النانو بغية بناء قدراتها العلمية والتعجيل بمبادرات البحوث لمواكبة أحدث التطورات في مجال تكنولوجيا النانو. فقد بادرت العديد من البلدان الغنية بمواردها النفطية، على سبيل المثال، قطر والسعودية والإمارات العربية المتحدة، بتخصيص مبالغ هائلة من الناتج القومي الإجمالي (GDP) بهدف خلق ودعم مبادرات تقنية النانو في مجالات الطاقة و المياه والبيئة والمواد الغذائية والطب، والصناعات المحلية¹⁵.

وقد جلبت هذه البلدان اهتمام الباحثين الدوليين من خلال تزويدهم بحوافز هامة وإقامة شراكة تعاون مع أهم مراكز البحوث الدولية والجامعات، كما تم إنشاء العديد من المؤسسات الوطنية المعنية بتقنية النانو في المملكة العربية السعودية والكويت والأردن والإمارات العربية المتحدة وسلطنة عمان.

ومن بين أهم المبادرات العربية في مجال تقنية النانو المبادرة العربية لتطويع علوم وتقنيات النانو والتقنيات المتلاقية التي تم إطلاقها بالقاهرة - مصر بتاريخ 12-13 يناير 2010.

وقد ترتب عن هذه التطورات والمبادرات في مجال تقنية النانو أثر إيجابي كبير في العالم العربي، حيث بدت النتائج الإيجابية جلية من خلال عدد من المنشورات الصادرة وبراءات الاختراع. ويبين الجدول (2) أدناه الزيادة الملحوظة في عدد المنشورات المعنية بمجال تكنولوجيا النانو في العالم العربي كما أعلن عن ذلك السيد Alfeeli وآخرون. وتوضح المقارنة العادلة بين عامي 2007 و 2013 تقدما كبيرا في هذا المجال في العالم العربي¹⁶.

الجدول 2: ملخص لوضع تكنولوجيا النانو في الدول العربية.

Country	Population in millions [34]	Number of institutions conducting nanotechnology research	Number of nanotechnology-related publications ^a		Total publications	Number of nanotechnology-related publications per million
			2002–2007	2008–2013		
Saudi	26.5	11	44	1398	1442	56
Tunisia	10.7	8	139	418	557	52
Emirates	5.3	5	37	190	227	43
Kuwait	2.6	2	27	58	85	33
Jordan	6.5	2	44	143	187	29
Egypt	83.6	4	385	1634	2019	24
Oman	3	2	13	49	62	21
Qatar	1.9	2	1	20	21	11
Morocco	32.3	1	45	142	187	6

^aThe number of publications in peer-reviewed journals in the topics related to nanoscience and nanotechnology during the period January 2002 to March 2013. The data obtained searching for the phrase 'nano' in the title using the SciFinder database.

III. تطبيقات تقنيات النانو في العالم العربي (الفرص الاستثمارية الواعدة)

أ) تطبيقات تقنيات النانو في مجال الطاقة

إن الطلب على الطاقة في تزايد مستمر، فضلاً عن الشواغل المتنامية إزاء عواقب تغير المناخ وكذا ارتفاع مستوى محدودية احتياطي الموارد النفطية في العالم، وبالتالي أصبحت الحاجة ملحة إلى استكشاف بدائل جديدة عوض الاقتصاد القائم على الطاقة النفطية.

تفيد توقعات وكالة الطاقة الدولية (IEA) أن الطلب العالمي على الطاقة سيرتفع بنسبة 37% بحلول عام 2040 في كل من اقتصادات البلدان النامية والناشئة. ومن المتوقع أيضاً أن يرتفع عدد سكان العالم ليصل إلى 10 مليار نسمة، وستصل نسبة الطلب على الطاقة إلى 28 TW بحلول عام 2050. ويولد حالياً 80% من الطاقة الأولية في العالم عن طريق حرق الوقود الأحفوري مثل النفط والفحم والغاز، ومن المرجح أن يصل إنتاج النفط التقليدي إلى مستويات الذروة قبل عام 2030.

وهذا ما يؤدي إلى تداعيات كارثية بسبب تغير وتلوث المناخ، استلزمت كل هذه العوامل مقاربات جديدة ومبتكرة للرفع من كفاءة استخدام الطاقة والبحث عن مصادر "نظيفة" بديلة للطاقة.

إن استخدام الطاقة المتجددة أو النظيفة مثل: طاقة الرياح والطاقة الشمسية وطاقة المياه والأمواج والطاقة الجوفية، وهي طاقات غير قابلة للنفاذ. فالطاقة الشمسية على سبيل المثال تتميز بكونها طاقة نظيفة خالية من كل أشكال التلوث وتشكل علاجاً لمشكلة التغيرات المناخية والتخفيف من ضغط الفقر، خلافاً للطاقات التقليدية وما يترتب على استعمالها من تلوث للبيئة وانتشار للأوبئة والأمراض.

فالتطورات التي شهدتها مجال تقنية النانو أسفر عن ظهور تكنولوجيات جديدة ومستدامة أكثر فعالية من حيث التكلفة وأكثر أمناً وسلامة من حيث الحفاظ على البيئة. وقد تكون هذه الأسباب كافية للجزم بأن الطاقات المتجددة سوف تلعب دوراً أساسياً في المستقبل لتحقيق توازن بين استثمار الموارد الطبيعية وبين المحافظة على الطبيعة.

تساهم تكنولوجيا النانو في تحسين كفاءة استخدام الطاقة من خلال التطبيقات التالية¹⁷:

- يمكن للخلايا الشمسية النانوية أن تقوم بتحويل ضوء الشمس إلى الكهرباء بطريقة أفضل، وبتكلفة أرخص من تكلفة التصنيع وبطريقة بسيطة من حيث التركيب ومن حيث التصنيع (عمليات التصنيع) باستخدام دلافين أو أسطوانات التسوية؛
- تساهم تقنية النانو في تحسين كفاءة إنتاج الوقود باستخدام مادة نانوية حفازة والرفع من كفاءة استهلاك الوقود في السيارات والطاقة من خلال انخفاض الاحتكاك؛
- تمكين إنتاج بطاريات جديدة مثل بطارية ليثيوم أيون التي لديها أقل قابلية للاشتعال وسريعة الشحن ذات كفاءة عالية ووزن أخف وبطاقة أعلى كثافة؛
- إعادة تدوير النفايات الحرارية في العديد من الأجهزة والعمليات مثل أجهزة الكمبيوتر والسيارات ومحطات الطاقة لتوليد الطاقة الكهربائية؛
- تطوير أنابيب الكربون النانوية التي تحتوي على الأسلاك التي تقيد من مقاومة الشبكة الكهربائية، وبالتالي الحد من فشل انتقال الطاقة.

وفيما يلي بعض الأمثلة على إنجازات هامة في هذه المجالات.

الخلايا الضوئية الشمسية

تعرف الطاقة الشمسية أيضاً باسم الخلايا الفوتوفولطية أو الخلايا الكهروضوئية. وقد تطورت الخلايا الشمسية الضوئية على مر السنين ومثلت أحد أبرز هذه الخيارات الواعدة التي يمكن الاعتماد عليها لتوفير متطلبات العالم المستقبلية من الطاقة، فمن المعروف أن ما يصلنا من أشعة الشمس يمكن تحويله بصورة مباشرة إلى طاقة نظيفة. وهناك ثلاثة أجيال من الخلايا الفوتوفولطية أو الكهروضوئية¹⁸.

• خلايا الجيل الأول

يتم تصنيع الخلايا الفوتوفولطية من مواد أشباه الموصلات، التي تُعد مادة السيليكون أكثرها شهرة واستخداماً نظراً لشيوعها وتوافر مصادرها في جميع أرجاء العالم. ولم يكن من المُتاح قبل دخول الأساليب المتنوعة لتكنولوجيا النانو Nanotechnology الخاصة بتخليق سبائك لمواد مختلفة التركيب والبنية من أشباه الموصلات، إنتاج خلايا فوتوفولطية تجمع بين الكفاءة العالية ورخص التكلفة. ومن المعروف أن رقائق السيليكون التي تُصنع منها خلايا الجيل

الأول ليست بالمادة المثالية التي يمكن الاعتماد عليها لإنتاج خلايا رخيصة ذات كفاءة عالية، نظرًا لافتقارها لكثير من الصفات والخواص التي يجب أن تتوفر في مواد أشباه الموصلات المستخدمة في إنتاج الخلايا الشمسية.

• خلايا الجيل الثاني

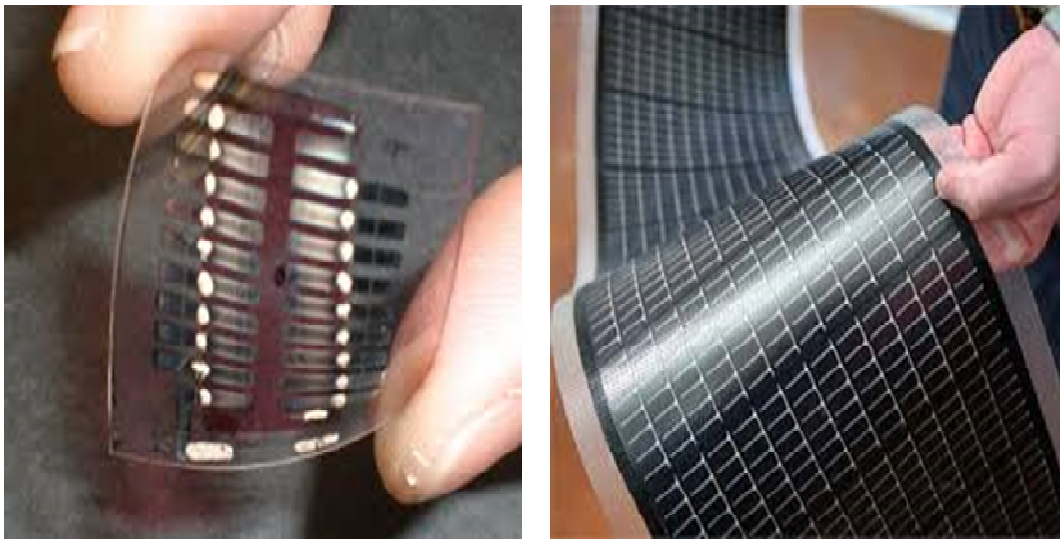
في إطار الجهود العلمية والبحثية الشاقة التي جاءت متزامنة مع فرض تكنولوجيا النانو هيمنتها الصناعية، لاح بالأفق مولد جيل جديد (الجيل الثاني) من الخلايا يقوم على تكنولوجيا إنتاج الأغشية الرقيقة الفوتوفولطية. ويعتمد أسلوب إنتاج هذا النوع المتقدم من الخلايا على توظيف عدة أساليب وطرق متقدمة حيث أن الأغشية المصنوعة من سبيكة سليينيد نحاس الإنديوم جالينيوم مسيلينيوم $Cu(In,Ga)Se_2$ المعروفة باسم CIGS تنفرد بقدرة فائقة على امتصاص أكثر من الطيف الشمسي علاوة على تمتعها بكفاءة عالية في التحويل.

• خلايا الجيل الثالث

كثيرا ما نسمع عن وحدات الجيل الثالث من الخلايا الفوتوفولطية التي تستند في إنتاجها إلى تكنولوجيا النانو. وعلى الرغم من أن هذا الجيل المتقدم من تلك الخلايا مازال في مرحلة البحث والتطوير على المستوى التجريبي والمخبري، فإن جميع النتائج البحثية المنشورة خلال السنوات العشر وحتى اليوم تؤكد على حقيقة واحدة وهي أن المواد النانوية Nanomaterials التي تم التوصل إلى تصنيعها مخبريا تجتمع فيها خواص تركيبية وفيزيائية متميزة، مما يؤهلها لأن توظف في إنتاج خلايا فوتوفولطية ذات كفاءة عالية وغير مسبوق. هذا بالإضافة إلى أن تلك الخلايا الناشئة من الجيل الثالث سوف تكون قادرة أيضًا على تحقيق مستويات تكلفة مماثلة أو أفضل من التكلفة الإنتاجية الخاصة بخلايا الجيل الثاني والمعتمدة في إنتاجها على تكنولوجيا الأغشية الرقيقة. وقد شهد العقد الأول من هذا القرن طفرات تقنية واعدة أدت إلى زيادة الثقة في قدرة الطاقة الشمسية النظيفة في المشاركة بالنصيب الأكبر في تلبية احتياجات العالم من الطاقة خلال العقدين المقبلين.

وهناك العديد من المواد النانوية التي تمت تجربة توظيفها في صناعة وحدات الجيل الثالث من الخلايا الفوتوفولطية، وتُعد الخلايا الشمسية الصبغية (Dye-sensitized Solar Cells (DSC))¹⁹ أحد أهم أنواع الجيل الثالث من الخلايا الفوتوفولطية نظرًا لإنفرادها بمزايا تقنية واقتصادية متعددة ترشحها لأن تكون البديل الموثوق به لخلايا الجيل الأول المصنوعة من رقائق السيليكون باهظة التكلفة. وتختلف الخلايا الشمسية الصبغية في طريقة عملها عن الجيل الثاني من خلايا الأغشية الرقيقة في أنه يتم غمس حبيبات نانوية

شفافة (غير معتمدة) عالية المسامية من ثاني أكسيد التيتانيوم ITO بمركب مادة عضوية – غالبا ما يتكون المركب العضوي من مركبات عنصر الروثينيوم Ruthenium فتترسب بذلك جزيئات الطلاء العضوي على الأسطح الخارجية لحبيبات TiO_2 التي تُغمر داخل محلول إلكتروليتي Electrolyte Solution يوضع بالخلية. ويتركب السطح العلوي من الخلية المواجهة لأشعة الشمس من لوح زجاجي شفاف يُطلى وجهه السفلي بطبقة شفافة موصلة للكهرباء والتي تعقبها حبيبات TiO_2 ^{20,21,22,23} وتنتهي الخلية بغشاء رقيق من فلز البلاتينوم يليه لوح زجاجي شفاف مطلي بطبقة شفافة موصلة للكهرباء بانخفاض في قدرة الكفاءة 6 %^{24, 25}.



الشكل 12: خلايا شمسية قائمة على مواد نانوية

• خلايا الوقود

تعرف خلايا الوقود بأنها جهاز طاقة كهروكيميائية يقوم بتحويل الوقود مثل الهيدروجين والميثانول والإيثانول أو الأنود، فخلية الوقود هي جهاز بسيط نسبياً. فهي تحتوي على قطبين كهربائيين: الأنود (القطب الموجب) والكاثود (القطب السالب). تحدث جميع التفاعلات الكيميائية عند القطبين. ولإسراع من التفاعل الكيميائي، يستخدم أحد المحفزات في تغطية القطبين الكهربائيين. كما تحتوي خلية الوقود أيضاً على إلكتروليت لحمل الجسيمات من أحد القطبين إلى القطب الآخر. ولحدوث التفاعل تحتاج خلية الوقود إلى شئين إضافيين: الأوكسجين والوقود بالطبع. تستخدم أغلب خلايا الوقود قيد التطوير الهيدروجين لإنتاج الوقود.

تعمل جميع خلايا الوقود الهيدروجينية بنفس المبادئ، مع وجود بعض الاختلافات وفقًا لنوع الخلية، يدخل الوقود الهيدروجيني إلى الخلية من قطب الأنود. وتحدث الأكسدة عند قطب الأنود، وذلك عندما تنفصل الأيونات الموجبة (البروتونات) عن ذرات الهيدروجين من خلال تفاعل كيميائي بمساعدة العامل المحفز. الأنود هو قطب مسامي، لذلك فإن الهيدروجين ينفذ من خلاله. كما أن الكاثود مسامي أيضًا، لذلك فإن الأكسجين ينفذ من خلاله.

يقوم الإلكتروليت بتوصيل الأيونات المشحونة من الأنود إلى الكاثود. لكن تُدفع الإلكترونات للخروج إلى دائرة خارجية وعندها، يتم إنشاء تيار كهربائي يمكن استخدامه للتشغيل.

ينساب الوقود الهيدروجيني على صفيحة المصعد، في نفس الوقت الذي ينساب فيه الأوكسجين على الصفيحة المقابلة وهي المهبط. يسبب غشاء الفصل (catalyst) و الذي يوجد منه عدة أنواع، منها ما يصنع من البلاتين انشقاق جزيء الهيدروجين إلى ذرتين، تنشق كل منهما إلى أيون موجب، وإلكترون سالب. تسمح صفيحة المحلل (electrolyte) فقط بمرور الأيونات (البروتونات) حاملة الشحنات الموجبة عبرها، في حين تمنع مرور الإلكترونات، فتقوم هذه الأخيرة بالحركة عبر دائرة وصل خارجية موصولة مع المهبط. فتتحرك الإلكترونات نحو المهبط فينشأ تيار كهربائي على المهبط تتحد الأيونات الهيدروجينية الموجبة مع الكثرونات السالبة و مع الأوكسجين، ليتشكل الماء الذي يتدفق خارج الخلية .

أنواع خلايا الوقود

هناك عدد من خلايا الوقود التي تم تطويرها في المعامل حول العالم. كل منها يستخدم الكثرونات ومحفزات، وتعمل في درجات حرارة تشغيل مختلفة. تشمل الاختلافات الأخرى فاعلية الطاقة ومتانة المادة. ويجب تشغيل بعض خلايا الوقود بالهيدروجين النقي، بينما يمكن أن يحصل البعض الآخر على الهيدروجين من الوقود الأحفوري. وهذه الاختلافات تجعل من استخدام بعض خلايا الوقود أمرًا مناسبًا في السيارات والحافلات، بينما تعمل أنواع الخلايا الأخرى بشكل أفضل للاستخدامات غير المتحركة مثل توليد الطاقة.

خلايا وقود غشاء التبادل البروتوني: Proton Exchange Membrane FuelCells (PEMFC) هي من أفضل أنواع خلايا الوقود للاستخدام كمصدر كهربائي يغذي وسائل النقل الذي قد يستخدم في المستقبل كبديل لمحركات الاحتراق الداخلي internal combustion engines التي تستخدم الديزل أو الغازولين كوقود.

خلايا الوقود القلوية (AFC) Alkaline Fuel Cells بالمقابل تعمل خلايا الوقود القلوية بدرجات حرارة منخفضة نسبياً وذات مردود عالي الخصائص هذه تجعل الوقت المطلوب لبدء عملها قصير (أي تتوفر حرارة التشغيل بسرعة) وذات كفاءة وقود عالية.

خلايا الوقود الحمضية الفسفورية (PAFC)

خلايا وقود الكربون المذاب: Molten Carbonate Fuel Cells (MCFC)
خلية وقود الأوكسيد الصلب Solid Oxide Fuel Cell (SOFC): خلية وقود الأوكسيد الصلب هي حالياً خلية الوقود ذات أعلى درجة حرارة للتشغيل حيث أنها تعمل بمجال ما بين 600°C-1000°C وتستخدم أنواع وقود مختلفة.

درجة حرارة العمل العالية لخلايا MCFCs لها مزاياها ومساوئها مقارنة مع خلايا الوقود ذات الدرجات المنخفضة (PAFC and PEFC) ، بدرجات الحرارة العالية تتم عملية تشكيل الوقود من الغاز الطبيعي ذاتياً (داخل الخلايا)، مما يقلل الحاجة لنظام معالجة وقود خارجي.

خلايا الميثانول: Direct Methanol Fuel Cells

التقنية المستخدمة في خلايا الميثانول (DMFC) لازالت بمراحل مبكرة من التطور، لكنها مرشحة للاستخدام بتغذية الهواتف النقالة والكمبيوترات المحمولة بالسنوات المقبلة. خلايا الميثانول مشابهة لخلايا الوقود ذات غشاء التبادل الالكتروني بأن لها وسيط بوليميري وحاملات الشحنة هي ايونات الهيدروجين (البروتونات)، لكن الميثانول السائل (CH_3OH) يؤكسد بوجود الماء في القطب الموجب ويولد ثاني أكسيد الكربون CO_2 ، وايونات الهيدروجين والالكترونات التي تسري بالدائرة الخارجية مكونة تيار كهربائي.

درجة الحرارة المنخفضة هذه وعدم الحاجة لمولد وقود جعلت من خلايا الميثانول مرشح جيد للتطبيقات الصغيرة والمتوسطة الحجم، مثل الهواتف الخلوية والحواسيب المحمولة، إضافة إلى وسائل النقل أحد العوائق لتقنية الميثانول هي أن عملية الأكسدة بدرجة الحرارة المنخفضة للميثانول ليتحول إلى ايونات الهيدروجين وأكسيد الكربون تحتاج إلى محفز أكثر نشاطاً، والذي يعني أننا نحتاج إلى المزيد من محفز البلاتينيوم غالي السعر مقارنة بخلايا الوقود ذات الغشاء البرتوني. هذه الكلفة الزائدة على أية حال يمكن أن تقابل الاقتصادية في هذا النظام بما انه يعمل بدون الحاجة لنظام تشكيل الوقود وإمكانية استخدام وقود سائل. سبب آخر لتأخر تطوير هذا النوع من خلايا الوقود الكحولية هو أن الميثانول مادة سامة، لذا تقوم بعض الشركات بتطوير خلية وقود ايثانول Direct Ethanol Fuel Cell (DEFC) أداء خلايا

الوقود هذه هو حاليا نصف ما تقدمه خلايا وقود الميثانول لكن هذا الأمر في قيد التطوير ويتوقع أن تصغر الفجوة بين أداء الخليتين بالمستقبل .

هناك نوع آخر من الخلايا الوقودية التي من الممكن أن تحل محل البطاريات في السيارات الكهربائية، في حين يمكن استخدام خلايا وقود الهيدروجين للسيارات التي تشتغل بالطاقة. إن تصميم خزان وقود هيدروجين خفيف الوزن وآمن يعتبر أمرا بالغ الأهمية. ولهذا، يسعى الباحثون جاهدين لتطوير مواد نانوية خفيفة الوزن التي ستعمل على امتصاص الهيدروجين وتخزينه وإطلاقه عند الضرورة وابتكار طرق جديدة للحفاظ على الطاقة باستعمال مواد جديدة لتخزين الهيدروجين ومحفز النانو التي يمكن استعمالها في الخلايا الوقودية من أجل تحويل أكسيد الكربون إلى ثاني أكسيد الكربون من أجل الحيلولة دون تسمم أكسيد الكربون في الخلايا الوقودية. ومن المتوقع أن يشهد العالم ظهور سيارات تعمل بالطاقة الهيدروجينية في أفق 2020 وذلك حسب إعلان إدارة الطاقة الأمريكية²⁶.

• تقليل استهلاك الطاقة

يمكن تسجيل استهلاك أقل للطاقة من خلال تطبيق أفضل لأساليب العزل وذلك باستعمال الهلامات الهوائية (ايروجيل) والمركبات النانوية التي تعتبر بمثابة مواد عازلة، بالإضافة إلى استخدام مواد ذات إضاءة قوية وأساليب الحرق في قطاعات النقل. كما أن اعتماد التقنيات النانوية مثل المصباح الثنائي الباعث للضوء (LED) أو الذرات المحددة كميًا (QCs) تساهم بشكل كبير في ترشيد استهلاك الطاقة لأغراض الإضاءة، حيث تحول اللمبات الضوئية المستخدمة حاليا نحو 5% فقط في الطاقة الكهربائية إلى ضوء.

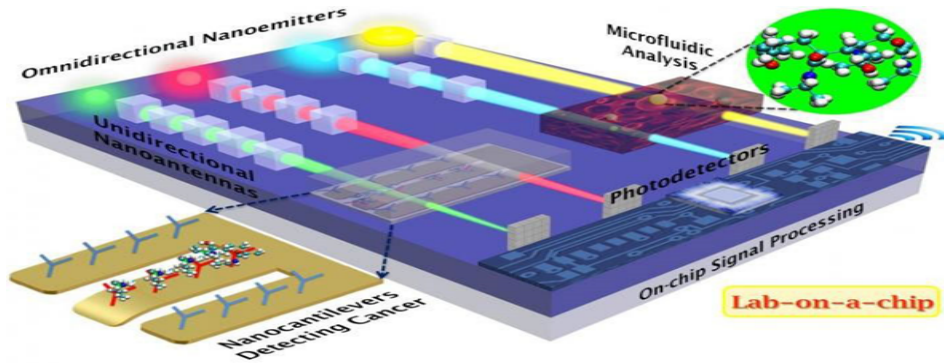
وسوف تساهم تطبيقات تكنولوجيا النانو وعمليات تطوير النقاط الطاقة ونقل وتخزين المواد في تيسير الحصول على مصادر الطاقة نظيفة والكهرباء وخلق فرص عمل جديدة والارتقاء بالاقتصاد والمجتمع في العالم العربي. وأخيرا، فإن تقنية النانو من شأنها تحسين كفاءة الطاقة والتخزين والإنتاج.

يمكن استخدام المواد النانوية لرصد ومعالجة المشاكل البيئية وتطوير الطرق المستخدمة في التحكم في الانبعاثات من مجموعة واسعة من المصادر، والعمل على تطوير أسلوب معالجة التقنيات "الخضراء" الحديثة التي تقلل من المنتجات الثانوية غير المرغوب فيها.

إن تطوير المواد النانوية البلورية تستند على فكرة أن المحفزات "دقيقة المسام" التي تتراوح أحجامها بين 1 نانومتر تستخدم في عملية إزالة الملوثات متناهية الصغر. كما أن المركبات المعدنية يمكن أن تستبدل بجسيمات النانو للمواد البلورية في مجال صناعة السيارات مما سيساعد على تقليل استهلاك البنزين والتقليل من انبعاثات ثاني الأوكسيد وبالتالي، سيكون لمثل هذه العمليات أثر جد إيجابي على الصناعة والتجهيز والحفاظ على الطاقة.

ب – تقنيات النانو في مجال الطب

واجه نظام الرعاية الصحية عدة تحديات في السنوات الأخيرة نظرا لتزايد الطلب على خدمات صحية أفضل وأرخص تكلفة بسبب التغيرات الاقتصادية السريعة والمطالبة بتلقي علاج طبي فوري فضلا عن شيخوخة المجتمعات وظهور الطبقة المتوسطة التي أثقلت كاهل المؤسسات الطبية وأصبحت عبئا ضخما على أنظمة الرعاية الصحية في العديد من دول العالم. وللتغلب على مثل هذه المشاكل، تضطلع تقنية النانو بدور مهم لحل القضايا المستعصية ذات الصلة بقطاع الصحة، وإحداث ثورة في مجال الطب والصحة²⁷.



وفيما يلي بعض تطبيقات تقنية النانو والتطورات التي شهدتها مجال الطب:

- تطوير التصوير الطبي والتشخيص باستخدام البلورات النانوية شبه الموصلة. عندما تتعرض هذه المواد للأشعة فوق البنفسجية، يمكنها أن تبعث طيفا من الألوان البراقة التي يمكن استعمالها لتحديد مواقع وأنواع معينة من الخلايا باستخدام تقنيات التصوير المغناطيسي مثل MRI وتوفير المزيد من المعلومات.
- يمكن استخدام جزيئات الذهب للكشف عن خلايا السرطان والزهايمر في مرحلة مبكرة.
- استهداف الخلايا السرطانية ومعالجتها دون التأثير على الأنسجة الطبيعية.

- استخدام تكنولوجيا النانو لتحفيز نمو الخلايا العصبية مثل خلايا المخ أو الحبل الشوكي التالف عن طريق حقن هلام ذات بنية نانومترية لملئ الفراغ بين الخلايا وتحفيز الخلايا الجديدة على النمو أو باستخدام ألياف النانو لتجديد الأعصاب التالفة في العمود الفقري.
- استخدام أجهزة ميكروفلويديك (مختبر على واحد في رقاقة) لرصد ومعالجة الخلايا الفردية وتتبع تحركات الخلايا والجزيئات الفردية.

إن استخدام الجسيمات النانوية لنقل الدواء يعمل على توصيل دقيق للأدوية القوية للعضو المراد معالجته في الجسم، مثل تورم وعدوى عضو. وهذا يعني أن هذه الأدوية يمكن أن تعمل بشكل أكثر فعالية - وبآثار جانبية أقل في بقية الجسم. وقد اعتمدت الجسيمات النانوية نهجا جديدا تماما لعلاج السرطان وذلك عن طريق حقن جسيمات مغناطيسية سائلة متناهية الصغر مباشرة داخل الورم وتطبيق مجال كهرومغناطيسي خارجي، حيث يتم تدمير الورم عن طريق تسخينه من الداخل إلى الخارج.

يمكن لهذه التطورات وغيرها أن تعود بالنفع على العالم العربي وذلك عن طريق تقليص كمية الدواء وكشف وعلاج عدد كبير من أنواع السرطان وغيرها من الأمراض، مما سيسهم في ازدهار المجتمع والاقتصاد ككل.

ج - تقنيات النانو في المياه والبيئة

يتجلى التحدي الأكبر والأهم حاليا في إيجاد حلول ايجابية لمشكل ندرة المياه، حيث تقتقر العديد من دول العالم إلى مصادر المياه النظيفة. وقد ذكرت منظمة الأمم المتحدة أن ما يقارب مليار شخص في البلدان النامية والمتقدمة بما في ذلك بعض الدول العربية لا يتوفرون على المياه النظيفة. ففي البلدان الأكثر تقدما على سبيل المثال، تتسبب الأدوية والمبيدات الحشرية في تلوث المياه. في حين أن الدول العربية لا تحصل إلا على 1٪ من إجمالي الموارد المائية في العالم أي حوالي 500 متر مكعب للفرد سنويا، حيث يتم تخصيص 85٪ من هذه الموارد لأغراض الزراعة. كما أن 12 دولة عربية تعاني من نقص حاد في المياه حسب أحدث الإحصاءات الصادرة عن الأمم المتحدة. ولهذا السبب، يدعو برنامج الأمم المتحدة للبيئة الدول العربية إلى اتخاذ الإجراءات اللازمة من أجل وضع خطة متكاملة لإدارة الموارد المائية واعتماد تكنولوجيات جديدة.

يشكل تلوث الموارد المائية بالمعادن الثقيلة مصدر قلق كبير على جميع الأصعدة نظرا للتأثير السلبي على صحة الإنسان والأحياء الأخرى. وقد أصبح مشكل تلوث البيئة والمياه من

القضايا الرئيسية في السنوات الأخيرة بسبب تفريغ الأصباغ الملونة والسامة في نظام إمدادات المياه.^{29,28}

إن وجود الأصباغ مثل الميثيلين الأزرق وغيرها من الفينولات والأصباغ الفينولية بالماء والبيئة يؤثر بشكل كبير على الإنسان والحيوان والنبات. وقد تبين أن وجود مثل هذه الأصباغ يمكن أن يغير طبيعة المياه ويمنع تغلغل أشعة الشمس³⁰. كما تحتوي مياه الصرف الصحي على عدد كبير من الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض، وبالتالي فإن تعقيم المياه يعتبر أمرا مهما للغاية للحفاظ على نظافة البيئة والموارد المائية.

ساهمت المواد متناهية الصغر في خفض تكلفة التصدي للكثير من المشاكل البيئية مثل معالجة مياه الصرف الصحي والحد من التلوث والعلاج المضاد للبكتيريا. وتتميز الجسيمات متناهية الصغر بشساعة مساحتها وتفاعلها القوي مع غيرها من المواد^{31,32}، حيث تعمل هذه المواد على معالجة المياه الملوثة، وكشف الملوثات البيئية وإزالتها^{33,34} كما يمكن استعمال المرشحات لإزالة المواد الكيميائية والمواد المسرطنة من المياه بكفاءة غير مسبوقة. وبالفعل، تساهم مرشحات النانو في خلق جيل جديد من محطات المعالجة التي تعمل على تنقية كميات كبيرة من المياه في وقت قصير³⁵.



الرقم 14: تنظيف المياه العذبة الصالحة للشرب بالزرنيخ³⁵

(Image Source: www.sciencedaily.com, Image courtesy of Rice University)

د- تقدم تقنيات النانو الحديثة في مجال معالجة وتحلية المياه هي:

- الحصول على المياه الصالحة للشرب بأسعار معقولة عن طريق كشف سريع وأرخص للشوائب في المياه والعمل على ترشيح المياه وتنقيتها. على سبيل المثال، يمكن استخدام التفاعلات المغناطيسية بين الجسيمات النانوية من إزالة الزرنيخ أو رابع كلوريد الكربون من المياه.
- تطوير مواد ضوئية لتنظيف المياه باستخدام الطاقة الشمسية.
- تطوير مرشحات ذات بنية نانومترية قادرة على إزالة الفيروسات من المياه.
- اعتماد تقنية إزالة الأيونات أقل استهلاكاً للطاقة باستخدام ألياف النانو لتحلية المياه.
- تطوير أجهزة استشعار نانوية حساسة للرصد والكشف عن الملوثات في المياه.
- تطوير أغشية ألياف النانو لإزالة الملح من المياه.
- تطوير الأقطاب المسامية المصنوعة من المواد متناهية الصغر التي يمكن استخدامها في تحلية المياه بالسعة.

إن معدل تلوث الهواء المسجل في الدول العربية هو من بين أدنى معدلات تلوث الهواء في العالم. وربما يرجع هذا بالأساس إلى انخفاض مستوى النشاط الصناعي. فعلى سبيل المثال، يبلغ معدل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الصادرة عن البلدان العربية 1.348.4 طن متري، مقارنة مع بلدان أخرى في العالم (12.162.9 طن متري). وبالتالي، تأتي المنطقة العربية في موقف متواضع مما هو عليه الحال في الدول من حيث الانبعاثات المسببة للاحتباس الحراري وتغير المناخ (أقل من 4.7٪ من ثاني أكسيد الكربون)، حسب تقارير التنمية البشرية العالمية ومؤشرات التنمية في العالم للسنوات الأخيرة ومع ذلك، فإن بعض الدول العربية وخاصة الدول المنتجة للنفط والغاز تساهم بشكل كبير في ارتفاع نسبة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون لكل فرد.

كما يعد مجال حماية البيئة من أبرز المجالات التطبيقية التي توليها تكنولوجيا النانو اهتماماً كبيراً وذلك نظراً إلى الترابط بين صحة الإنسان والظروف البيئية التي يعيش فيها، حيث تعمل تكنولوجيا النانو على ابتكار طرق جديدة لمنع الملوثات السامة ورصد تأثيرها على البيئة وتنقية الهواء والتقليل من الانبعاثات الصناعية بأقل تكلفة.

هـ - تقنيات النانو في مجال الزراعة

تعاني الزراعة في العالم العربي من العديد من المشاكل مثل محدودية الموارد المائية ونقص الموارد المائية المتجددة والطلب المتزايد على الغذاء الآمن والصحي، فضلا عن المخاطر التي تهدد الإنتاج الزراعي والسكني من تقلبات المناخ والأمراض وغيرها.

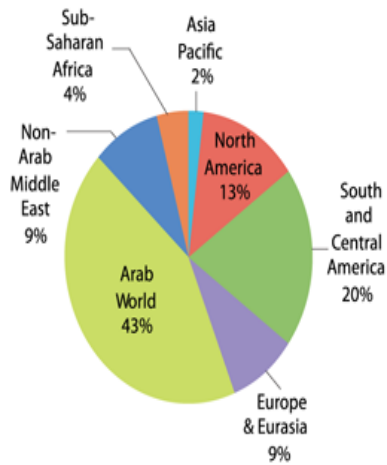
وفي هذا الصدد، يمكن لتقنية النانو الارتقاء بالقدرات الزراعية والغذائية عن طريق استخدام أدوات جديدة للكشف السريع للأمراض ومعالجتها الجزيئية. كما أنها تلعب دورا حاسما في الإنتاج الزراعي من خلال استخدام المواد النانوية في وقاية النبات والتسميد وترشيد استهلاك الماء. وبالتالي، سيساعد استخدام المواد النانوية في الزراعة في العديد من المجالات مثل:

- تطوير المواد النانوية مثل الهلاميات المائية التي يمكن أن تكون مختلطة مع مياه التربة وتخزين المياه ومنع تبخرها.
- وضع حبيبات السماد جديدة للحد من استخدام الفائض من الأسمدة الخطرة.
- تطوير مواد جديدة تعتمد على جزيئات النانو البوليمرية ومركبات النانو لاستخدامها في أنظمة توزيع المياه.³⁶

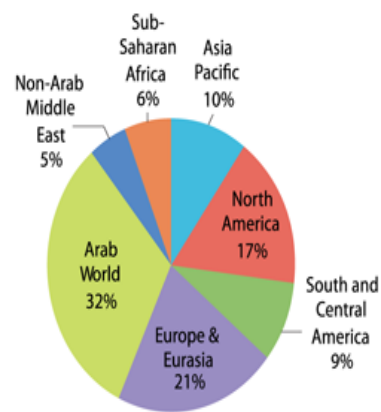
و - تطبيقات تقنيات النانو في مجال صناعة النفط والغاز

تمتلك الدول العربية احتياطات نفطية هائلة (713.6 بليون برميل) والتي تمثل 43% من إجمالي الاحتياطات العالمية المؤكدة. كما أنها تنتج 26.3 مليون برميل يوميا (2011)، وهو ما يقرب من ثلث إمدادات النفط العالمية.³⁷

Reserves by Region, end-2011



Production by Region, 2011



شكل رقم 15: احتياطات النفط حسب المناطق في العالم

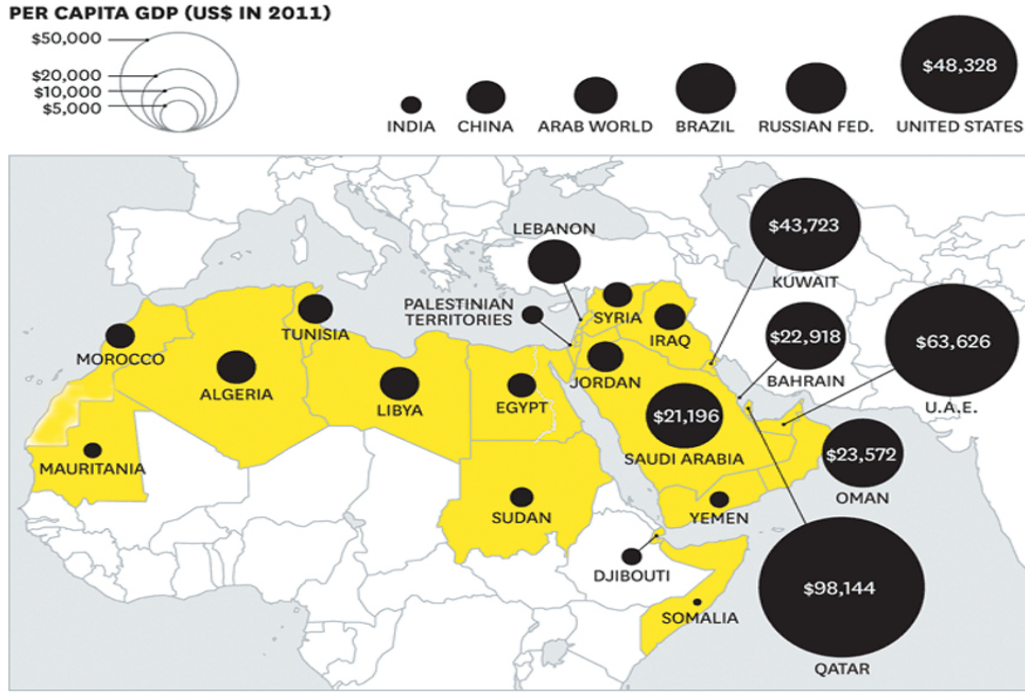
يمكن استخدام تكنولوجيا النانو لتطوير عملية التنقيب عن النفط والغاز وكيفية إنتاجهما. كما تعمل المواد النانوية على تحسين التوصيل الحراري والعزل والحد من تآكل المواد وبالتالي إنتاج الطاقة الحرارية الأرضية. علاوة على ذلك، يمكن أن تزيد تقنية النانو من سرعة عملية الحفر باستخدام السائل نانو، مما يؤدي إلى الحد من الأضرار التي لحقت بالصخر الخازن في البئر واستخراج المزيد من النفط.

يمكن استخدام تكنولوجيا النانو على نطاق واسع من أجل اعتماد موارد غاز قياسية وغير تقليدية، وتحسين جودة الغاز الطبيعي المسال (LNG) وتطوير البنية التحتية وتحويل الغاز إلى السوائل من خلال تطوير خطوط أنابيب ممتازة، ومنصات عائمة لتحويل الغاز إلى سائل. والأهم من ذلك، فإن تقنية النانو يمكن استخدامها لتطوير محفزات النانو والأغشية النانوية لتحويل الغاز إلى سائل، واستخدام المواد النانوية لنقل الغاز الطبيعي المضغوط أو نقل الكهرباء لمسافات طويلة.³⁸

- إن التطورات المحتملة لتكنولوجيا النانو في صناعة النفط والغاز هي:
- يمكن لتقنية النانو تحسين أداء معدات الحفر عن طريق زيادة قوتها ومتانتها في ظل الظروف القاسية مثل درجات الحرارة العالية والضغط العالي.
 - وضع مواد نانوية جديدة نافرة للمياه وقابلة للذوبان في الماء للتطبيقات الخاصة بمياه الفيضانات في عملية الحفر.
 - تصميم أجهزة استشعار النانو لقياس درجات الحرارة والضغط وتقنيات التصوير لاستخدامها خلال العمليات البيئية المتطرفة مثل الآبار العميقة وتوفير البيانات وترشيد تكلفة الحفر.

ز- التطبيقات الصناعية لتقنيات النانو

يعتبر اقتصاد العالم العربي واحدا من أسرع الاقتصادات النامية على مستوى العالم، حيث تشير الإحصائيات إلى ارتفاع الناتج المحلي للدول العربية ليصل إلى أكثر من 2.3 تريليون دولار في عام 2011، والتي تجعل منه ثامن أكبر اقتصاد في العالم كما هو مبين في الشكل أدناه.^{39,40}



شكل رقم 16: الناتج المحلي الإجمالي في العالم العربي⁴¹

ولذلك، فإن اعتماد تكنولوجيا النانو في العالم العربي سيساهم في دفع عجلة الاقتصاد والحد من البطالة وخلق فرص عمل جديدة.

حيث ان تكنولوجيا ستستخدم بالدول العربية في السلع الاستهلاكية حيث تم إدراج المواد النانوية في مختلف الصناعات والمنتجات. هناك العديد من المنتجات في السوق التي تحتوي على المواد النانوية التي لم تدخل في تكوينها من قبل إلا أن الكثير من الناس لا يدركون هذا. فعلى سبيل المثال، أصبحت بعض المنتجات سهلة التنظيف أو لها خصائص مقاومة للخدش. كما أن السيارات الجديدة أصبحت أخف وزناً وأكثر قوة ومصنوعة من أنابيب الكربون.

كما يمكن استخدام تكنولوجيا النانو في القطاعات الصناعية التالية:⁴²

➤ قطاع الأغذية:

تعمل تقنية النانو على تطوير التغليف الذكي للمنتجات من أجل المحافظة على جودة وسلامة الأطعمة وحفظها بشكل يجعلها طازجة وتحسين خواص مواد التغليف من الناحية الميكانيكية والكيميائية وجعلها قوية ومقاومة للحرارة وظروف البيئة، فضلاً عن تطوير أجهزة استشعار للكشف عن البكتيريا والفطريات ومراقبة جودة الأغذية وأخرى للكشف عن تواجد المبيدات في الفواكه والخضروات وغيرها من الأجهزة والأنظمة النانوية التي تساعد على أمن

وسلامة الأغذية. كما تقوم مجموعة من الشركات والمؤسسات بتطوير أنظمة تغليف ذكية للمواد الغذائية مثل تلك التي تستعمل أجهزة استشعار تتأثر بالغازات ويتغير لونها عند فساد الغذاء وخروج الغازات منه، وأخرى تستخدم مواد نانوية تقلل دخول الأكسجين وتحافظ على رطوبة المنتج.

إن تقنية النانو لها تأثيرات كبيرة على تطوير الغذاء الوظيفي والتفاعلي الذي يستجيب لاحتياجات الجسم ويستطيع أن يوصل التغذية بشكل أكثر كفاءة.

➤ مواد البناء والعوازل:

تطوير مواد نانوية أرخص تكلفة وأخف وزناً، مواد قوية وآمنة وصديقة للبيئة مثل أنابيب الكربون النانوية والهلامات الهوائية، ونانو الإسمنت، والمركبات النانوية.

- تطوير أجهزة استشعار نانو لمراقبة كل شيء في المبنى.
- استعمال النفايات المستخدمة لتصميم مواد نانوية مستدامة جديدة لاستخدامها في المباني الجديدة.
- تطوير جسيمات متناهية الصغر لمكافحة تآكل طلاء لمنع الضرر الهيكلي.
- وضع مواد غير قابلة للاشتعال وعازلة للحرارة للحد من استهلاك الطاقة وتعزيز السلامة في المباني.

➤ الغزل والنسيج:

- تطوير ألياف النانو لجعل النسيج أقل انكماشاً عند تنظيفه بالماء ومعيق لاختراق اللطخات.
- تطوير أقمشة مقاومة للحرارة.
- تطوير نسيج من أغشية جزيئات النانو.
- تطوير منسوجات وألبسة ذكية لرصد درجة حرارة جسم الإنسان ومعدل ضربات القلب وأجهزة الشحن الشمسية.
- تطوير أنسجة ملابس مضادة للبكتيريا عند تعرض الإنسان للجروح.

➤ الفضاء والسيارات:

- تطوير مواد أخف وزناً وأكثر قوة للطائرات لتحسين أدائها وخفض استهلاك الطاقة.
- تطوير مواد أخف وزناً وأكثر قوة للمركبات لجعلها أسرع وأكثر أمناً.

- تطوير زيوت التشحيم لمحركات الاحتراق لزيادة مقاومة الحرارة.
- تطوير عازل النانو للأجزاء الخارجية للطائرات والسيارات لتقليل قوة السحب، وبالتالي خفض استهلاك الوقود.
- تطوير المواد النانوية ذات خصائص مقاومة للخدش للسيارات.

➤ المحفزات:

تتوفر محفزات النانو على مساحة كبيرة للغاية وتعتبر إحدى المواد النانوية الهامة في العديد من القطاعات مثل قطاع النفط والغاز ومعالجة المياه وإنتاج الطاقة والمواد الكيميائية والوقود والمحولات الحفازة والخلايا الشمسية وخلايا الوقود. كما أنها تعتبر واحدة من التطبيقات الهامة في العالم العربي لأنها تساهم في حل الكثير من المشاكل لمعالجة المياه، ويمكن استخدامها في صناعة البتروكيماويات وتكرير النفط وتقليص حجم الواردات من الشركات الأجنبية. يمكن استخدام محفزات النانو في العديد من التطبيقات:

- خفض كمية البلاتين في المحولات الوسيطة للسيارات.
- استخدام التيتانيوم وثاني أكسيد الزنك لمعالجة المياه وتنقية الهواء.
- استخدام محفزات النانو منخفضة الحرارة للبتروكيماويات للحد من استهلاك الطاقة.
- استخدام محفزات النانو لإنتاج المواد الكيميائية ومواد بلاستيكية جديدة.
- إنتاج الوقود من الهواء
- استخدام المحفزات الضوئية لإنتاج وقود الهيدروجين.
- استخدام المحفزات الضوئية لتحويل ثاني أكسيد الكربون إلى الكربون والأكسجين باستخدام أشعة الشمس.
- اعتماد هندسة المواد البلاستيكية القابلة للتحلل مع الخصائص الحرارية والميكانيكية والكهربائية الفائقة لتسهيل عملية تحلل الأكياس البلاستيكية.

IV . دراسة حالات (Case Studies)

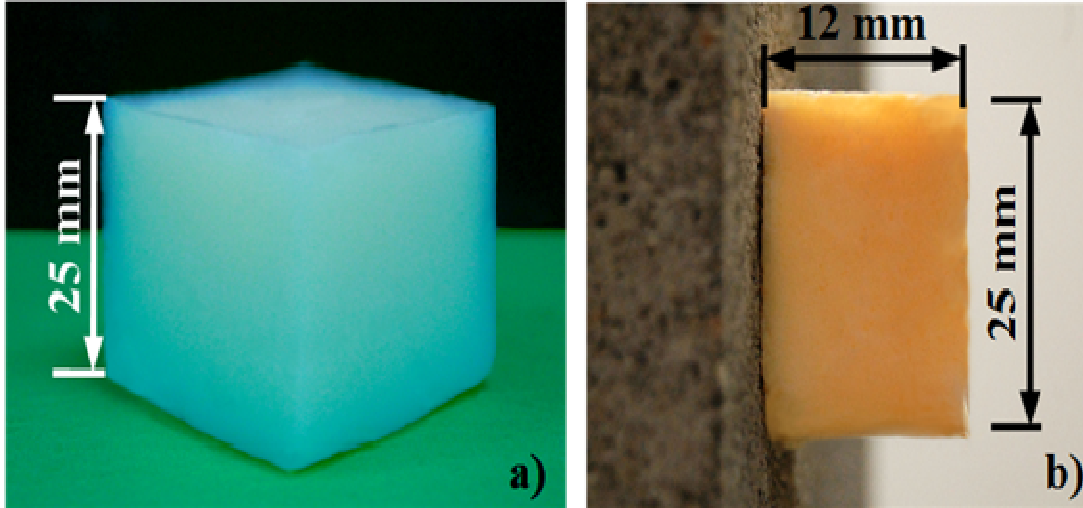
● دراسة حالة رقم 1: مادة الهلام هوائي للعزل الحراري⁴³

يصمم العزل الحراري خصيصاً للحد من استهلاك الطاقة والحفاظ على درجات حرارة مقبولة في المباني. هناك العديد من المواد العازلة المستخدمة للحد من استهلاك الطاقة وخفض الحرارة في المباني مثل: السليلوز، الصوف الزجاجي والصوف الصخري والبوليستيرين، رغوة يوريتان ...، إلا أن معظم هذه المواد تعتبر أقل فعالية وأكثر تكلفة.

إيروجل سيليكاً هي مادة شفافة مسامية منخفضة الكثافة وذات قدرة كبيرة على عزل الحرارة، يعتمد في تصنيعها على أكاسيد الفلزات أو السيليكا وتستخدم كعوازل الحرارة والصوت في تطبيقات الفضاءية والجوية. مساحة سطحها المرتفع تدخل في العديد من التطبيقات مثل امتصاص المواد الكيميائية لتنظيف الانسكابات وهذه الميزة تعطي أيضاً إمكانية كبيرة لتكون حافزاً أو عاملاً محفزاً.

وقد حقق الدكتور خالد سعود ومساعدته الأمريكي الدكتور ماسيمو، بالتعاون مع الصندوق القطري للبحث العلمي، إنجازاً هاماً في مجال تصنيع الهلام الهوائي، حيث يمكن توليف الهلام الهوائي الجديد في بوتقة واحدة. كما أصبح صنع المنليت يستغرق بضع ساعات فقط بدلاً من أيام دون اللجوء إلى استعمال كميات كبيرة من المذيب النقي. ولقد تم اعتماد الكيمياء الأساسية والمحفزة حمضياً لتوليف العينات بالإضافة إلى تركيز متنوع من الكوكسيد.

تتراوح كثافة إيروجيل الكوكسيد بين 0.06 و 0.17 g cm⁻³ وذلك حسب تركيز الكوكسيد، في حين تتراوح مساحة سطحها ما بين 300 و 500 m² g⁻¹. كما يبين الرسم رقم 1 الأيروجيل المؤلف شكل رقم 17.



شكل رقم 17: استعمال مادة الأيروجيل لخفض استهلاك الطاقة

علاوة على ذلك، فقد تم ابتكار طرق تصنيع بديلة لإنتاج قطع غيار مخصصة ذات بنية ميكانيكية قوية وذلك عن طريق تقوية المناطق الأكثر التماساً مع البوليمر. كما تم تصنيع قطع

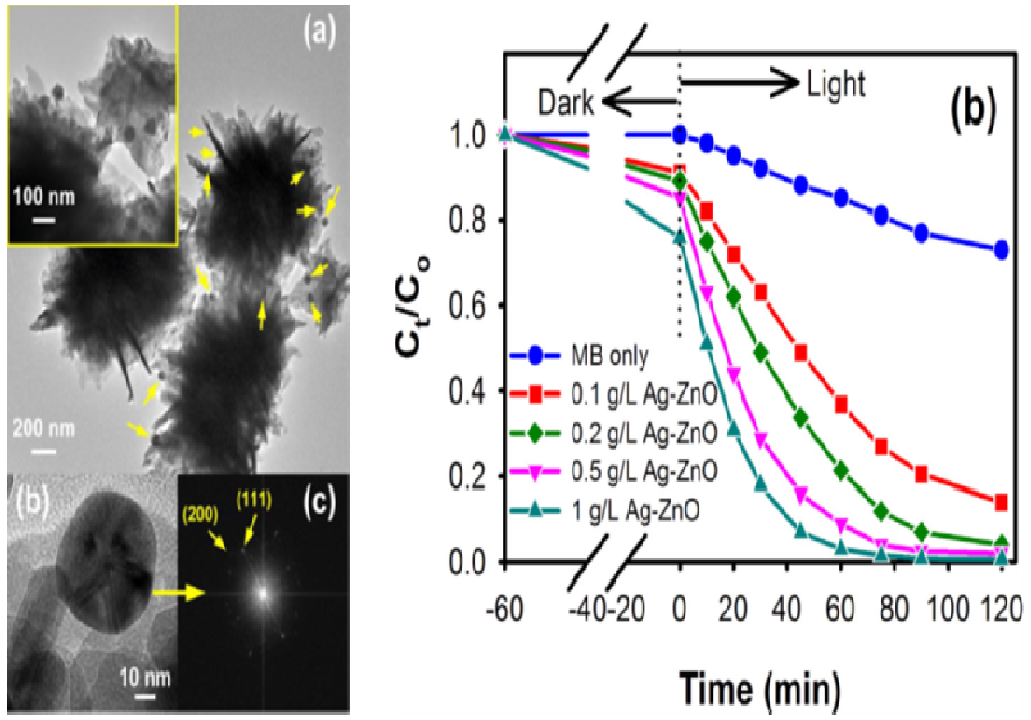
غير مخصصة لاستخدامها كمواد عازلة على أجزاء معينة من محركات الاحتراق الداخلي، وحماية العناصر الهيكلية في المبنى من الحريق، وصنع أحذية خفيفة الوزن للطقس البارد جدا. وبالتالي، يمكن أن يشجع هذا البحث على تصنيع المواد المحافظة على الطاقة التي يمكن استخدامها في المنطقة العربية للحد من استهلاك الطاقة خاصة في الدول العربية التي تعرف ارتفاع درجات الحرارة مثل دول الخليج.

• دراسة الحالة رقم 2: استعمال الفضة / أكسيد الزنك (Ag/ZnO) لمعالجة مياه الصرف الصحي⁴⁴

من المتوقع أن تشهد 48 دولة بحلول عام 2025 نقصا حادا في الموارد المائية، حيث يعاني ما يربو على 600 مليون شخص في العالم حاليا من ندرة المياه. ولهذا السبب، يجب اللجوء إلى تكنولوجيا النانو التي كشفت عن طرق جديدة ومبتكرة للتصدي لمشكل ندرة المياه وذلك عن طريق تقديم حلول مصممة خصيصا لكيفية تنظيف المياه وإزالة الملوثات من مياه الصرف الصحي، وجمع المياه من الجو المحيط باستخدام التقنيات الجديدة التي تعتمد على تقنية النانو وهو أمر غير ممكن مع التكنولوجيات الحالية.

تأتي علوم وتقنيات النانو لتوفير حلول ناجعة تركز بالأساس على فكرة إعادة تدوير مياه الصرف الصحي وتحويلها لمصدر مستدام لإنتاج مياه صالحة للشرب واستخدامها لأغراض الري.

قام الدكتور خالد سعود ومساعدته الدكتور جويديب دوتا بتطوير فضة جديدة تحتوي على أكسيد الزنك محفز (Ag/ZnO) لمعالجة مياه الصرف الصحي وتمكينها من إزالة الصبغة السامة وقتل البكتيريا في الماء. بعد اختبار التصوير المحفز لتلون MB في الماء تحت أشعة الشمس مرئية واستعمال نظام UV/Ag/ZnO ، تبين أن الجسيمات النانوية لـ Ag/ZnO تقوم بإزالة أزرق الميثيل (MB) من المياه. كما يؤكد نظام UV/Ag/ZnO إزالة MB من المحاليل المائية التي تحتوي على 5 ملغ / L MB باستخدام كمية صغيرة من Ag/ZnO . وقد تم التحقق من أنشطة فوتو كاتاليتيك لنظام Ag/ZnO تحت الضوء وفي الظلام وتشير النتائج إلى أن الحافز يتوفر على مضادات للجراثيم ومحفزات في الضوء المرئي وفي الظلام.



شكل رقم 18: انتقال الإلكترون المجهرية صورة من Ag/ZnO photocatalyst والميثيلين الأزرق

٧. خلاصة

إن تقنيات النانو أو التقنيات المتناهية الصغر هي نتاج العلم الذي يهتم بدراسة معالجة المادة على المقياس الذري والجزيئي. كما تهتم هذه التقنية بابتكار تقنيات ووسائل جديدة تقاس أبعادها بالنانومتر وهو جزء من الألف من الميكرومتر أي جزء من المليون من الميليمتر. عادة تتعامل تقنية النانو مع قياسات بين 0.1 إلى 100 نانومتر أي تتعامل مع تجمعات ذرية تتراوح بين خمس ذرات إلى ألف ذرة. وهي أبعاد أقل كثيرا من أبعاد البكتيريا والخلية الحية. حتى الآن لا تختص هذه التقنية بعلم الأحياء بل تهتم بخواص المواد، وتتنوع مجالاتها بشكل واسع من أشباه الموصلات إلى طرق حديثة تماما معتمدة على التجميع الذاتي الجزيئي. هذا التحديد بالمقياس يقابله اتساع في طبيعة المواد المستخدمة، فتقنية النانو تتعامل مع أي ظواهر أو بنايات على مستوى النانو الصغير. مثل هذه الظواهر النانوية يمكن أن تتضمن تقييد كمي التي تؤدي إلى ظواهر كهرومغناطيسية وبصرية جديدة للمادة التي يبلغ حجمها بين حجم الجزيء وحجم المادة الصلبة المرئي.

تسعى الدول العربية جاهدة لتحقيق التنمية الصناعية المستدامة وتعزيز قدرتها التنافسية والتحول إلى اقتصاد قائم على المعرفة وتلبية متطلبات النمو للحاق بركب التقدم العلمي والتكنولوجي في العالم. تستخدم تكنولوجيا النانو من أجل إيجاد حلول ملائمة لمختلف المشاكل العالقة والقضايا المطروحة في شتى المجالات كالطاقة والزراعة والطب والصحة والحد من تلوث البيئة. ومن المتوقع أن تبلغ تكلفة الإنتاج من المواد والمنتجات والتقنيات والخدمات 2.6 تريليون دولار في عام 2015 مما سيؤدي إلى خلق أكثر من 7 مليون منصب شغل في العام نفسه.

وأخيرا، ينبغي على الدول العربية أن تعتمد وتستثمر بكثافة في تقنية النانو وغيرها من مجالات العلم والتكنولوجيا للنهوض بمجالات المعرفة والإنتاج وتعزيز التنمية التكنولوجية لتصبح من المجتمعات القائمة على العلم والمعرفة.

قائمة المراجع

- ¹ EIA, Annual Energy Outlook 2006, National Energy Modeling System, and System for the Analysis of Global Energy Markets (2006)
- ² <http://www.ipcc.ch/>
- ³ Challa Kumar, Nanotechnology and Life Sciences, Journal of Geoethical Nanotechnology; Volume 3, Issue 1, 1st Quarter, 2008
- ⁴ Kortshagen, U. R., Bhandarkar, U. V., Swihart, M. T., Girshick, S. L. Pure Appl. Chem. 1999, 71, 1871.
Sun, C. B., Murray, D., Weller, L., Folks, Moser, A. Science 1989, 287, 2000.
Chandrasekharan, N., Kamat, P. V. Nano Letters 2001, 1, 67.
El-Shall, M. S. L., S., Adv. Metal and Semiconductor Clusters 1998, 4, 115.
Edelstein, A. S. C., R. C.; Editors , . Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications, 1996.
- ⁵ <http://www.futuretimeline.net/resources/nanotechnology.htm#.VIG4SE3frdM>
- ⁶ Harper, T. (2011, July 1). GLOBAL FUNDING OF NANOTECHNOLOGIES & ITS IMPACT JULY 2011. Retrieved March 5, 2015, from Cientifica Plc: <http://cientifica.com/wp-content/uploads/downloads/2011/07/Global-Nanotechnology-Funding-Report-2011.pdf>
- ⁷ Britt E. Erickson, Chemical & Engineering News, April 12, 2010 Volume 88, Number 15 pp. 22 - 24 ISSN 0009-2347.
- ⁸ <http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=27877.php>
- ⁹ Donald C. Maclurcan, Nanotechnology and Developing Countries - Part 2: What Realities?, <http://www.azonano.com/article.aspx?ArticleID=1429>.
- ¹⁰ <http://www.nanostart.de/en/nanotechnology/nanotechnology-information/27-permanent-content-en/nanotechnology>
- ¹¹ <http://www.azonano.com/article.aspx?ArticleID=1174>
- ¹² <https://en.wikipedia.org/wiki/Graphene>
- ¹³ Kingdom of Saudi Arabia Ministry of Economy and Planning <http://www.mep.gov.sa>
- ¹⁴ Nanotechnology could help Arab region (2010, February 21) retrieved 30 October 2015 from <http://phys.org/news/2010-02-nanotechnology-arab-region.html>
- ¹⁵ Alfeeli, Bassam, Tariq Mohiuddin, and Khaled Saoud. "Current Status of Nanotechnology in Arab Gulf States, ." In Conference: 12th IEEE International Conference on Nanotechnology (IEEE-NANO). Birmingham, ENGLAND, 2012.
- ¹⁶ Bassam Alfeeli *, Ma ' moun Al-Rawashdeh , A li Bumajdad , Haider Al Lawati , Mohamed Abdelgawad , Zouhair M. Baccar , Issam Ben Salem and Faysal Benaskar A review of nanotechnology development in the Arab World, Nanotechnol Rev 2013; aop, DOI 10.1515/ntrev-2012-0070.
- ¹⁷ Wang, Zhong Lin, and Wenzhuo Wu. "Nanotechnology-Enabled Energy Harvesting for Self-Powered Micro-/Nanosystems." Angewandte Chemie International Edition 51.47 (2012): 11700-11721.
- ¹⁸ Hirshman , W.P. , Hering , G. , and Schmela , M. (2008) Photon Int. , 152 .
- ¹⁹ Stockman, M. (2004) Nat. Mater. , 3 , 423 ..
- ²⁰ Singh , R.S. , Rangari , V.K. , Sanagapalli , S. , Jayaraman , V. , Mahendra , S. , and Singh , V.P. (2004) Solar Energy Solar Cells , 82 , 315 .
- ²¹ Gr ä tzel , M. (2003) Proceedings of The 1st International Symposium on Sustainable Energy System, Kyoto, Japan 2003 .

- ²² O' Regan, B., and Grätzel, M. (1991), *Nature*, 353, 737.
- ²³ Nazeerudin, M.K., Kay, A., Rodicio, I., Humphry Backer, R., Mueller, E., Liska, P., Vlachopoulos, N., and Grätzel, M. (1993) *J. Am. Chem. Soc.*, 115, 6382.
- ²⁴ Peumans, P., and Forrest, S.R. (2001) *Appl. Phys. Lett.*, 79, 126.
- ²⁵ 25 Xue, J., Uchida, S., Rand, B.P., and Forrest, S.R. (2004) *Appl. Phys. Lett.*, 84, 3013.
- ²⁶ *Nanotechnology for the Energy Challenge*. Edited by Javier Garcia-Martinez © 2009 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim ISBN: 978-3-527-32401-9
- ²⁷ Merkle, Ralph C. "Nanotechnology and medicine." *Advances in Anti-Aging Medicine* 1, no. 1 (1996).
- ²⁸ P.A. Pekakis, N.P. Xekoukoulotakis, D. Mantzavinos, Treatment of textile dyehouse wastewater by TiO₂ photocatalysis, *Water. Res.* 40 (2006) 1276-1286.
- ²⁹ M. A. Rauf, I. Shehadeh, A. Ahmed, and A. Al-Zamly, *Removal of Methylene Blue from Aqueous Solution by Using Gypsum as a Low Cost Adsorbent*, vol. 55, World Academy of Science: Engineering and Technology, 2009.
- ³⁰ M. Constapel, M. Schellentrager, J.M. Marzinkowski, S. Gäb, Degradation of reactive dyes in wastewater from the textile industry by ozone: Analysis of the products by accurate masses, *Water. Res.* 43 (2009) 733-743.
- ³¹ Environmental Protection Agency, US Environmental Protection Agency Report EPA 100/B-07/001, EPA Washington DC 2007.
- ³² Moser, W.R. and Editor, *Advanced Catalysts and Nanostructured Materials: Modern Synthetic Methods*. 1996. 592 pp.
- ³³ Valden, M., X. Lai, and D.W. Goodman, *Onset of catalytic activity of gold clusters on titania with the appearance of nonmetallic properties*. *Science* (Washington, D. C.), 1998. **281**(5383): p. 1647-1650.
- ³⁴ Jiu Jinting, Li Chunxia, Wang Caifeng etc. (2002). The Dispersibility and Application of Nanometer Zinc Oxide in Water [J]. *Dyeing and Finishing*, (1):1-2.
- ³⁵ Kulkarni, Sulabha K. "Nanotechnology and Environment." In *Nanotechnology: Principles and Practices*, pp. 349-354. Springer International Publishing, 2015.
- ³⁶ <http://web.worldbank.org/archive/website01418/WEB/IMAGES/FOODSECU.PDF>
- ³⁷ <http://ncusar.org/blog/2013/03/basic-facts-about-oil-and-gas-in-the-arab-world/>
- ³⁸ Abdollah Esmaeili, National Iranian South Oil Company (NISOC), PETROTECH conference, 2009, NEW DELHI, INDIA.
- ³⁹ Population data are from IMF's World Economic Outlook Database and World Bank's World Development Indication database
- ⁴⁰ HBR review – Understanding the Arab Consumer
- ⁴¹ <http://bsacmena.com/understanding-the-arab-consumer/>
- ⁴² Suresh Neethirajan, Digvir Jayas. 2009. Nanotechnology for food and bioprocessing industries. 5th CIGR International Technical Symposium on Food Processing, Monitoring Technology in Bioprocesses and Food Quality Management, Potsdam, Germany. 8 p.
- ⁴³ White, L. S., M. F. Bertino, G. Kitchen, J. Young, C. Newton, R. Al-Soubaihi, S. Saeed, and K. Saoud. "Shortened aerogel fabrication times using an ethanol–water azeotrope as a gelation and drying solvent." *Journal of Materials Chemistry A* 3, no. 2 (2015): 762-772.
- ⁴⁴ Saoud, Khaled, Rola Alsoubaihi, Nasr Bensalah, Tanujjal Bora, Massimo Bertino, and Joydeep Dutta. "Synthesis of supported silver nano-spheres on zinc oxide nanorods for visible light photocatalytic applications." *Materials Research Bulletin* 63 (2015):

نبذة عن الدكتور خالد سعود

الدكتور/ خالد السعود هو أستاذ الفيزياء في جامعة فرجينيا كومولث الأمريكية في قطر وهو باحث متميز في مجال مركبات وتكنولوجيا النانو والمواد المتقدمة. وقد حصل على الدكتوراه في قسم الفيزياء الكيميائية في عام 2005 . التحق في عام 2008 بجامعة فرجينيا كومولث في قطر، واستهل برنامج بحوثه في المواد المحفزة Nanocatalysts ، والمواد النانوية المسامية عالية العزل الحراري، وتطوير الأغشية الحفازة الجديدة للحصول على الطاقة، ومعالجة المياه، والتطبيقات البيئية. وتتميز المسيرة المهنية للدكتور خالد بمزيج من الخبرة الصناعية والأكاديمية داخل مجال تقنية النانو شغل عدة مناصب صناعية في الشركات الأميركية الكبرى مثل شركة فيليب موريس الولايات المتحدة الأمريكية، شركة إنتل، وشركة نوبا لأدوات القياس .. ونشر أكثر من 39 ورقة بحثية في مجال تكنولوجيا النانو ، ويحمل العديد من براءات الاختراع في الولايات المتحدة. ونظم وحضر وشارك في العديد من المؤتمرات المحلية والإقليمية والدولية المتخصصة كما زار جامعة كاليفورنيا في لوس انجلوس كباحث زائر للعمل على المواد النانو مترية لتخزين الهيدروجين وثنائي أكسيد الكربون. وفاز بالعديد من الجوائز، ومنها جائزة شركة فيلي بموريس الولايات المتحدة الأمريكية وجائزة جامعة فيرجينيا كومولث في قطر للتميز والإنجاز في التدريس عام (2009) للتميز والإنجاز في البحوث في عام 2015 ، وجائزة مؤسسة قطر للبحوث في مؤتمر قطر السنوي البحثي " ARC13 " لمصققة في مجال بحوث الصحة، وجائزة تحدي 22 لتصميم مادة مستدامة لاستعمالها في كأس العلم 2022. في الآونة الأخيرة ، حصل على منح مالية لتمويل ثلاثة مشاريع من صندوق قطر الوطني للبحوث (QNRF).