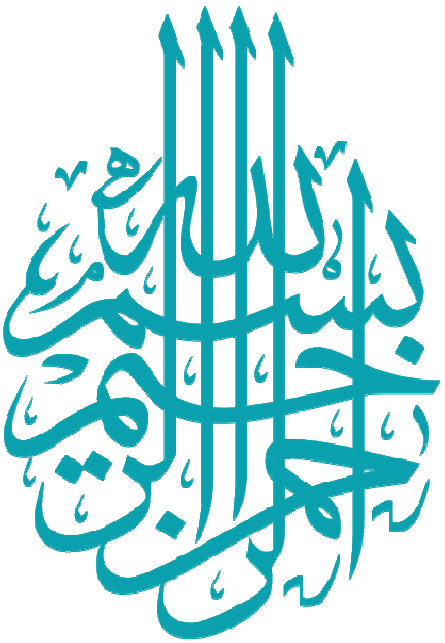
للمنظمة العربية للتنمية الصناعية والتعدين

دراسة استرشادية لاستحداث مركز وطني نموذجي للنانو تكنولوجي في الدول العربية

إعداد الخبير أ.د. / عبد الهادي بشير قشيوط

أكتوبر 2020



دراسة استرشادية

لاستحداث مركز وطني نموذجي للنانو تكنولوجي في الدول العربية

إعداد الخبير أ.د. / عبد الهادي بشير قشيوط

المنظمة العربية للتنمية الصناعية والتعدين

أكتوبر 2020

الفهرس

الموضوع	رقم الصفحة
مقدمة الدراسة.	5
Abstract : A pilot study for establishing a nanotechnology national center of excellence in the Arab world	7
الفصل الأول: دراسة مسحية عامة عن بعض المعاهد والمراكز الأكاديمية المناظرة على الصعيدين العربي والعالمي.	9
مقدمة الفصل الأول.	10
1.1. تطور النشر العلمي للدول العربية في تكنولوجيا النانو حسب مؤشر ISI Thomson–Reuters وعدد براءات الاختراع الأمريكية الممنوحة.	12
2.1. معهد الملك عبدالله لتقنية النانو بجامعة الملك سعود (NANO-KAIN)- المملكة العربية السعودية.	16
1.2.1. الهيكل التنظيمي للمعهد.	16
2.2.1.التجهيزات المعملية.	17
3.1. معهد علوم وتكنولوجيا النانو بجامعة كفر الشيخ - جمهورية مصر العربية.	20
4.1. مركز البحث في الميكروإلكترونيك والنانوتكنولوجيا بالقطب التكنولوجي بسوسة-الجمهورية التونسية.	22
5.1. مركز بحوث النانوتكنولوجي والمواد المتقدمة بالجامعة التكنولوجية-جمهورية العراق.	24
6.1. مركز بحوث المواد المتقدمة والنانو بجامعة الشارقة - دولة الإمارات العربية المتحدة.	28
7.1. معهد بحوث مواد وتكنولوجيا النانو بالمؤسسة المغربية للعلوم المتقدمة والإبداع والبحث العلمي- المملكة المغربية.	30
8.1. معهد كاليفورنيا للنانوتكنولوجيCalifornia Institute of Nanotechnology-الولايات المتحدة الأمريكية.	32
9.1. مركز علوم النانو بجامعة ولاية بنسلفانيا - ضمن المراكز البحثية للعلوم والهندسة MRSEC- الولايات المتحدة الأمريكية.	34
10.1. المركز الوطني لعلوم وتكنولوجيا النانو - جمهورية الصين الشعبية.	39

الموضوع	رقم الصفحة
الفصل الثانى: أهم التخصصات الأكاديمية والعلمية التي تتضمنها أنشطة المركز الوطني المقترح.	43
مقدمة الفصل الثانى.	44
1.2. أهم التخصصات الأكاديمية.	46
1.1.2. علوم النانو.	46
2.1.2. هندسة النانو.	47
3.1.2. طب النانو.	49
2.2. أهم التخصصات والمختبرات البحثية في علوم وتكنولوجيا النانو.	51
1.2.2. مختبر تطوير المواد النانوية لتحلية ومعالجة المياه.	52
2.2.2. مختبر تطوير تكنولوجيا النانو لتوليد وتخـزين الطاقة.	52
3.2.2. مختبر تطوير المخصبات الزراعية النانوية ومواد التعبئة والتغليف.	53
4.2.2. مختبر طب النانو.	54
5.2.2. مختبر تصنيع مواد النانو .NanoFabLab.	57
3.2.المعامل المركزية لتشخيص المواد وأجهزة التحضير الكبيرة والغرف النظيفة.	57
1.3.2. معمل قياس خواص مواد النانو.	57
2.3.2. معامل أجهزة التحضير الكبيرة.	59
1.2.3.2. معمل الأغشية الرقيقة.	60
2.2.3.2. معمل الأفران والطحن.	61
3.2.3.2. الغرفة النظيفة.	62
4.2.3.2. معمل التحضير الكيميائي والكهروكيميائي.	64
5.2.3.2. معمل تحضير الكائنات الحيوي.	66
الفصل الثالث: الخطة التنفيذية لإنشاء مركز وطني نموذجي للنانو تكنولوجي.	68
مقدمة الفصل الثالث.	69
الخاتمة	76
توصيات الدراسة	77
قائمة الجداول.	78
قائمة الأشكال.	79
المراجع.	80

مقدمة الدراسة

تأسيسا على المبادرة العربية لتطويع علوم وتقنيات النانو والتقنيات المتلاقية التي أطلقتها المنظمة العربية للتنمية الصناعية والتعدين، نضع في متناول الدول العربية "الدراسة الاسترشادية لاستحداث مركز وطني نموذجي للنانو تكنولوجي في الدول العربية" في القطاعات ذات الأولوية (الطاقة، المياه والبيئة والزراعة، الغذاء، الصحة والطب النانوي، التصنيع والإلكترونيات والمواد النانوية) على أساس أن البدء في إنشاء هذا النموذج سوف يُسهم بشكل واضح في إدخال هذه التكنولوجيا الهامة للدول العربية التي لا توجد بها مثل هذه المراكز. أو التي ترغب في تجديد الخطط للمراكز الموجودة بها.

كما أن الهدف من هذه الدراسة أيضا إتاحتها للجهات ذات العلاقة من المهتمين والباحثين والمتخصصين العرب للاسترشاد بها في مسعى يهدف إلى نشر الإهتمام بعلوم وتكنولوجيا النانو وجذب التقنيات الحديثة إلى المنطقة العربية.

وفي هذا المنحنى فإن الدراسة تتضمن ثلاثة مجالات تستعرض نماذج مناظرة على الصعيدين العربي والعالمي، وتوضح اهم التخصصات الأكاديمية والعلمية المطلوبة في المركز المزمع إنشاؤه، وتقديم للخطة التنفيذية لإنشاء مركز أكاديمي للنانو تكنولوجي.

يتناول الفصل الأول دراسة مسحية عامة عن بعض المعاهد والمراكز الأكاديمية والمناظرة على الصعيدين العربي والعالمي، للاطلاع على أحدث الأفكار والتركيز على هيكلية هذه المراكز وأهدافها وفلسفة إنشائها والبنية التحتية التي تحتويها من قدرات بشرية وفنية وأهم المخرجات العلمية والأكاديمية لها.

كما يقدم هذا الفصل تصوراً عن أهمية هذه المراكز في تطور تكنولوجيا النانو في بعض الدول العربية التي تحتل مكانة هامة في مجال علوم وتقنيات النانو تكنولوجي وكذلك في الدول الرائدة عالميا في هذاالمجال مثل الولايات المتحدة الأمريكية وجمهوريةالصين الشعبية.

إن تعدد هذه المراكز ووجود تخصصات كثيرة، فتح الباب أمام هذه الدول لتحتل مراكز مرموقة في مؤشرات النشر العلمي وبراءات الاختراع الممنوحة كما هو مبين في الجداول المخصصة لذلك في هذا الفصل.

أما الفصل الثاني، يبرز أهم التخصصات الأكاديمية والعلمية والبحثية المقترحة التي يمكن أن يتضمنها هذا المركز الوطني من واقع المراكز والمعاهد التي سبق تقديمها في الفصل الأول وكذلك طبقاً لاحتياجات كل دولة ترغب بإنشاء هذا المركز.

وبالنسبة للتفصيلات الدقيقة للتخصصات الأكاديمية التعليمية، تم اقتراح أن تكون في ثلاثة مجالات رئيسية هي : علوم النانو وهندسة النانو وطب النانو والتي يمكن أن يتخصص في أحدها أو كُلها (المركز - المعهد) المقترح إنشاؤه طبقاً للتخصصات المتاحة في الدولة التي سوف ينشأ فيها هذا المركز لسهولة تأهيل الكوادر المطلوبة والتي يمكن استضافة بعضها في الدول العربية والتي تتمتع ببنية تحتية وكوادر بشرية متخصصة قادرة على استيعاب الباحثين العاملين في المختبرات العلمية والنقاط البحثية التي يقترح أن يجري العمل به، حيث تتنوع احتياجات الدول التي يزمع أن تقام فيها (مراكز/ معاهد) لعلوم وتكنولوجيا النانو وبالتالي يمكن لكل دولة اختيار واحد أو أكثر من المختبرات التي تقع في مجال اهتمامها العلمي والاقتصادي، وقد تم اقتراح خمسة مختبرات في مجالات تطوير المواد النانوية لتحلية ومعالجة المياه وتطوير تكنولوجيا النانو لتوليد وتخزين الطاقة ومختبر تطوير المخصبات الزراعية النانوية ومواد التعبئة والتغليف ومختبر طب النانو ومختبر تصنيع مواد النانو NanoFab Lab.

وفي الفصل الثالث تم تناول تفاصيل الخطة التنفيذية لإنشاءالمركز الوطني للنانو تكنولوجى فى الدول العربية والتى لايوجد بها مثل هذه المراكز أو التى يمكن أن تستفيد من هذه الدراسة لتجديد خطط المراكز الموجودة بها. الخطة التنفيذية التفصيلية تقترح إنشاء مركز بحثى أكاديمى فى نفس الوقت بحيث يمارس مهامه الأكاديمية فى تخريج طلاب للماجستير والدكتوراه من ناحية ومن الناحية الأخرى يمارس مهامه البحثية والتكنولوجية وبالتالى فهو يبنى قاعدة بشرية مؤهلة تأهيلاً أكاديمياً وتكنولوجياً، كما أنه سوف يقوم بمهامه فى المشاركة العلمية والتكنولوجية من خلال تدشين المختبرات العلمية الحديثة كما أشرنا فى الفصل الثانى والتى سوف تساهم بشكل فعال فى وضع هذا البلد العربى على الخريطة العالمية للنانوتكنولوجى من خلال نشر الأبحاث فى الدوريات العلمية العالمية وتسجيل براءات الإختراع لمنتجات محتملة تجذب رواد أعمال يتم تمويلهم لإنشاء شركات نانوتكنولوجية وهو الهدف الأسمى من كل هذا العمل .

وتم اختتام هذه الدراسة بالتركيز على أهم مخرجاتها وتقديم بعض التوصيات التي يمكن أن تفيد في تنفيذها.

A pilot study for establishing a nanotechnology national center of excellence in the Arab world

Abstract :

On the basis of the Arab initiative for adapting nanosciences and technologies and converging technologies initiated by the Arab Industrial Development, and Mining Organization (AIDMO), we put within Arab States' reach "a pilot study for the creation of a model national center for nanotechnology in Arab countries" in priority sector such as: energy, water, environment, agriculture, food, health, nanomedicine, manufacturing, electronics and nanomaterials.

The main purpose of this study is to clearly contribute to the introduction of this important technology to Arab countries that do not have such centers or those willing to upgrade their existing ones, and make it available to Arab researchers and specialists in an effort to raise awareness of nanosciences and technologies and attract modern technologies to the Arab region.

In this connection, the study comprises three areas that review corresponding models at the Arab and international levels, sheds the light on the most significant required academic and scientific disciplines, and puts forward the executive plan for the creation of an academic nanotechnology center.

The first chapter broaches over a survey of some academic and corresponding institutes and centers in Arab and foreign countries, to get acquainted of the cutting-edge ideas. It also focuses on the structure, objectives, infrastructure and creation philosophy of these centers, along with human and technical capacities and their most important scientific and academic outputs.

Furthermore, this chapter offers an outline of these centers' role in the development of nanotechnology in some Arab countries which figure prominently in the field of nanosciences and technologies, and in USA and China (nanotechnology leaders), since the large number of these centers and disciplines unlocked the gates for these countries to be on the top of the list in terms of scientific publications and granted patents, as shown in the pertinent tables.

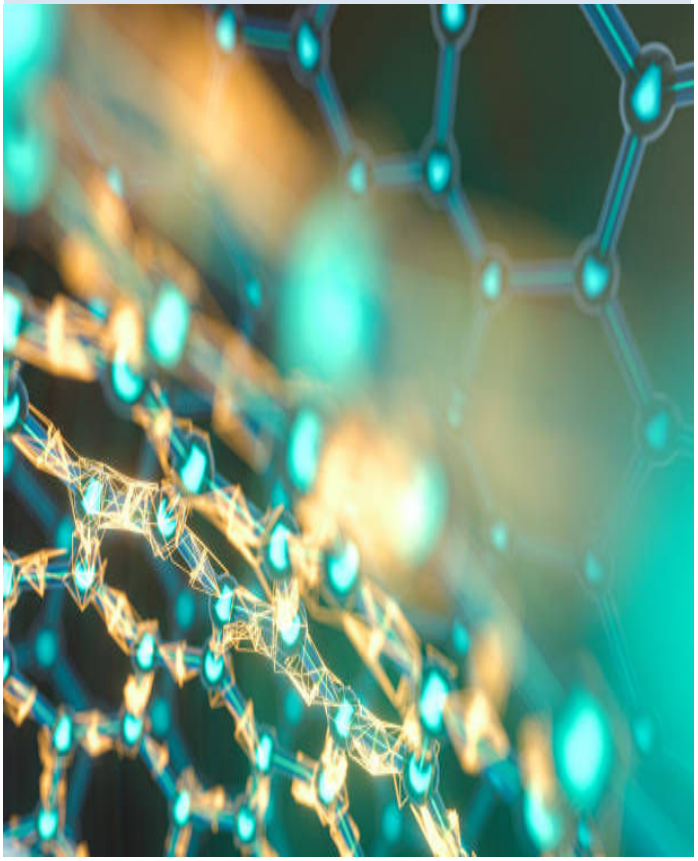
The second chapter underlines the proposed academic, scientific and research disciplines that could be included in these centers according to the requirements of countries willing to establish such.

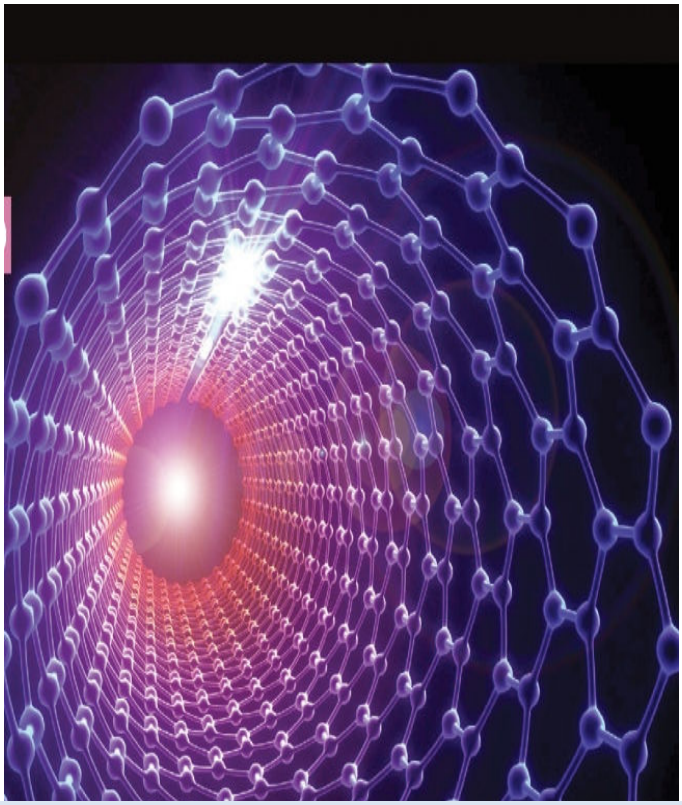
In this vein, it was suggested that the academic disciplines should be in three main areas: nanosciences, nanoengineering and nanomedicine in which the proposed center / institute can specialize in one or all disciplines as per the available domains. This is done in order to better qualify the targeted cadres in Arab countries that own a well-devised infrastructure and competent staff and able to accommodate researchers operating in scientific laboratories.

Thus, each country can select one or more laboratories within its scientific and economic areas of interest, noting that five laboratories have been proposed in the areas of nanomaterials development for water desalination and treatment, nanotechnology development for energy generation and storage, nanofertilizers development and packaging materials, nanomedicine, and nanomaterials manufacturing as well.

The third chapter examines the details of the executive plan for the creation of a National Center for Nanotechnology in Arab countries where such centers do not exist, or with the aim to renew their existing centers' plans.

In this context, the detailed executive plan proposes the creation of an academic research center where master and PhD students can obtain their degrees on the one hand, and where the workforce can carry out research and technological tasks on the other hand. On this basis, this center will contribute to the development of staff with a solid academic and





technological background, and take part in scientific and technological activities through the inauguration of modern scientific laboratories (as mentioned in chapter 2) that will strengthen a country position in nanotechnology field via the publication of researches in international scientific journals and patents for potential products that attract entrepreneurs being funded to set up nanotechnology companies as the overarching objective of this work.

In the end, the study focuses on the most important outputs and some useful recommendations.

الفصل الأول

دراسة مسحية عامة عن بعض المعاهد والمراكز الأكاديمية المناظرة على الصعيدين العربي والعالمي

مقدمة الفصل الأول

يبدأ هذا الفصل باستعراض أهم مخرجات الدول العربية من البحوث العلمية المنشورة في الخمس سنوات السابقة 2016-2020 بحسب مؤسسة تومسون رويترز ISI في مجال تكنولوجيا النانو وكذلك عدد براءات الإختراع الأمريكية الممنوحة للدول العربية في مجال النانو. تُظهر الأرقام تفوق المملكة العربية السعودية في مجال نشر أبحاث النانو وتحتل المركز (12) عالميا مقارنة مع المركز (16) خلال عام 2016. أيضا تحتل المملكة العربية السعودية المركز العاشر عالميا في مجال براءات الاختراع في عام 2019 مع استعراض تفصيلي لباقي الدول العربية. ومن ثم يتناول هذا الفصل من الدراسة نبذة مختصرة عن أهم المؤسسات البحثية والأكاديمية المتخصصة في الدول العربية وكذلك في بعض دول العالم في مجال تقنيات النانو، حيث يتم التركيز على هيكلية هذه المراكز وأهدافها وفلسفة إنشائها والبنية التحتية التي تحتويها من قدرات بشرية وفنية وأهم المخرجات العلمية والأكاديمية لها. لقد قمنا سابقا بدراسات مسحية عن هذه المراكز والمؤسسات وسوف نركز هنا على بعضها حتى لا يكون هناك تكرار غير مفيد وسوف نرجع لهذه الدراسات السابقة عند الحاجة لذلك. وقد استعرضنا معهد الملك عبدالله لتقنية النانو بجامعة الملك سعود(NANO-KAIN)بالمملكة العربية السعودية حيث أن هذا المعهد ذو إمكانيات تقنية ضخمة ويهتم في المقام الأول بالبحوث والتطوير في مجال تكنولوجيا النانو.

ثم قمنا بعرض معهد علوم وتكنولوجيا النانو بجامعة كفر الشيخ بجمهورية مصر العربية وهو معهد أكاديمي بحثي حديث النشأة يجمع بين إمكانيات ضخمة للبحوث والتطوير من ناحية وتخريج طلاب الماجستير والدكتوراه في مجالات طب وعلوم وهندسة النانو من ناحية أخرى. أيضاً تطرقنا لمركز البحث في الميكرو إلكترونيك والنانو تكنولوجيا بالقطب التكنولوجي بسوسة بالجمهورية التونسية وهو يتواجد في وادي للعلوم والتكنولوجيا حيث شركات إنتاج أجهزة الميكروإلكترونيك المتقدمة، وبعد ذلك قمنا بعرض مركز بحوث النانوتكنولوجي والمواد المتقدمة بالجامعة التكنولوجية بجمهورية العراق التي تقدمت بشكل كبير في السنوات الأخيرة في مجال تقنيات النانو. وقد تم استعراض أحد مراكز النانو في دولة الإمارات العربية المتحدة وهو مركز بحوث المواد المتقدمة والنانو بجامعة الشارقة والذي يركز على إجراء البحوث والتطوير وتقديم الخدمات الإستشارية من خلال الإستعانة بالمتخصصين من أبناء الجامعة في الكليات والمعاهد المتخصصة. و هناك كذلك معهد بحوث مواد وتكنولوجيا النانو بالمؤسسة المغربية للعلوم المتقدمة والإبداع والبحث العلمي بالمملكة المغربية وتعتبر المهمة الرئيسية للمركز في مجالات تقنيات النانو هي تصميم ودفع البحوث والتطوير في مجال تطبيقات تقنيات النانو لدعم نقل التكنولوجيا للصناعة لتلبية احتياجات السوق في المجال، ويعمل المركز في مجال الفوتونات والضوئيات ومتراكبات النانو وزيادة القيمة المضافة للموارد الطبيعية في المغرب.

أيضاً استعرضنا بعض التجارب العالمية في مجال إنشاء مراكز للنانو مثل مركز علوم النانو بجامعة ولاية بنسلفانيا -ضمن المراكز البحثية للعلوم والهندسة MRSEC- بالولايات المتحدة الأمريكية وهو يعمل ضمن فلسفة تقسيمية إلى مجموعات بحثية تتغير طبقاً للأولويات الوطنية في مجال النانوتكنولوجي. وتشكل اللجنة التنفيذية للمعهد عصب الإدارة الرئيسي والتي تتواصل بشكل دائم مع قادة الأربع مجموعات البحثية الرئيسية وهي كالتالي: التعاون الأكاديمي، التعاون مع الصناعة، تسهيل تشغيل المعامل المركزية ومعامل الأبحاث التطبيقية. وهناك مجلس إستشاري ينسق مع مدير المركز واللجنة التنفيذية وكذلك لجنة المهام المتنوعة وتقوم بالتنسيق مع زملاء الكليات الأخرى مثل الهندسة والعلوم وكلية الأرض وعلوم المعادن. والمعامل المركزية بالمركز تتكون من مجموعة من المعامل التي تحتوي على أجهزة متعددة التخصصات لقياس الخواص التركيبية والمورفولوجية والكهربية والميكانيكية والحرارية والضوئية وتحضير العينات الكيميائية والجافة وكذلك القيام بالعمليات الحاسوبية. هذا التجمع المركزي للأجهزة أتاح سهولة الوصول لها من جميع الباحثين بالجامعة وكذلك إمكانية إقامة ورش عمل ودورات تدريبية والمشاركة في نقل الخبرات الفنية التي تساعد على تنمية تبادل المعلومات بين التخصصات المختلفة.

إن معمل تصنيع النانو يوفر على الشركات نفقات صيانة أحدث المعدات الخاصة بها ويوفر طاقماً تقنياً عالي المهارة مخصصاً للعمل مع الشركات في ولاية بنسلفانيا وجميع أنحاء العالم ويشارك ما يقرب من مائة مجموعة بحثية في العلوم والهندسة عالية التأثير على المستوى النانوي. ويوفر Nanofab أدوات متخصصة وموظفين تقنيين ذوي خبرة ومدربين تدريباً عالياً يدعمون الباحثين في المجالات التي تعكس قوة أعضاء هيئة التدريس بالجامعة.

أيضاً هناك من جمهورية الصين الشعبية المركز الوطني لعلوم وتكنولوجيا النانو والذي تأسس في ديسمبر 2003، وشارك في تأسيسه كل من الأكاديمية الصينية للعلوم(CAS) ووزارة التعليم كمؤسسة مكرسة للبحث الأساسي والتطبيقي في مجال علوم النانو والتكنولوجيا، خاصة تلك التي لها تطبيقات محتملة مهمة. ويتم تشغيل المركز تحت إشراف مجلس الإدارة ويهدف إلى أن يصبح مركزاً للأبحاث على مستوى عالمي، بالإضافة إلى منصة تكنولوجية عامة ومركز تدريب المواهب الشابة في هذا المجال، والعمل كجسر مهم للتبادل الأكاديمي الدولي والتعاون.

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

يبين جدول (1-1) تطور نشر الأبحاث العلمية للدول العربية في مجال تكنولوجيا النانو حسب مؤشر ISI Thomson-Reuters وكذلك عدد براءات الإختراع الأمريكية الممنوحة للدول العربية في مجال النانو. تُظهر الأرقام تفوق المملكة العربية السعودية في مجال نشر أبحاث النانو وتحتل المركز (11) عالميا مقارنة مع المركز (16) خلال العام 2016، أيضاً تحتل المملكة العربية السعودية المركز الثامن عالمياً في مجال براءات الإختراع في عام 2020. وتأتي جمهورية مصرالعربية في المركز السادس عشر عالمياً وقد كانت في المركز الخامس والعشرون عام 2016 ولكنها تأتي في المركز الخامس والأربعون عالمياً في عدد براءات الإختراع الأمريكية الممنوحة خلال عام 2020. تقدمت جمهورية العراق بشكل واضح في مجال أبحاث النانو لتحتل المركز الثالث عربياً والسابع والثلاثون عالمياً وقد كانت تحتل المركز الواحد والخمسون في عام 2016، بينما لم تسجل أي أرقام في مجال براءات الإختراع. وبعدها تأتي كل من دولة الإمارات العربية المتحدة والجمهورية التونسية والجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية لتتبوأ المراكز من 41-42-44 على التوالي في مجال النشر العلمي بينما تتفوق الإمارات لتأتي في المركز الثلاثين في مجال براءات الإختراع. ويتوالى بعد ذلك ترتيب الدول العربية التي تشهد نمواً واضحاً في عدد الأبحاث مثل المملكة الأردنية الهاشمية، بينما بعض الدول الأخرى تتأرجح مخرجاتها البحثية من حيث الأعداد وهو ما يجب أن يولى إهتماماً متزايداً لمعرفة الأسباب الكامنة وراء ذلك لدفع العمل في مجال تقنيات النانو والتي تظهر أن هناك دولاً عربية قطعت شوطاً كبيراً على مدار السنوات الماضية من حيث برامج التمويل وتأهيل الكوادر المتخصصة وإنشاء مراكز للنانو في عدد كبير من الجامعات ومراكز الأبحاث وهو ما انعكس على أداء هذه الدول، بينما يجب توعية الدول الأخرى ذات النشر المنخفض أو تلك التي لا تظهر في المؤشرات بضرورة حذو مسار هذه الدول لتنمو مؤشراتها بشكل واضح خلال السنوات المقبلة.

جدول (1-2) يظهر أعلى عشر دول عالمياً للنشر العلمى فى مجال علوم وتقنيات النانو وتتصدرها الصين التى أنتجت 82455 بحثاً فى عام 2020 وهو يمثل أكثر من 40% من الإنتاج العالمى للأبحاث وهو مايظهر الإهتمام الكبير لدولة الصين فى هذا المجال الواعد وتليها الولايات المتحدة الأمريكية بأقل من ثلث هذه الأبحاث (26191 بحثاً)، ثم تتقدم الهند

بخطوات سريعة (18281 بحثاً) وبعدها تأتى إيران فى المركز الرابع (12086 بحثاً) وفى المركز الخامس كوريا الجنوبية ثم ألمانيا واليابان والمملكة المتحدة وروسيا وفرنسا. هذا التصنيف يؤكد سيطرة وإهتمام الدول الصناعية الكبرى بالنشر العلمى فى مجال علوم وتقنيات النانو مع تصاعد دول بازغة مثل الصين والهند وإيران لتصبح فى قمة التصنيف العالمي وتزيح دول كبرى فى هذا المجال.

فى مجال نشر براءات الإختراع، نجد أن الولايات المتحدة تحتل المركز الأول لعدد براءات الإختراع بنسبة 51% من براءات الإختراع الممنوحة فى مجال علوم وتكنولوجيا النانو وتأتى كوريا الجنوبية في المركز الثاني والصين فى المركز الثالث لتتأخر كل من الهند وإيران للمركزين السابع عشر والتاسع عشر. تحتل اليابان المركز الرابع وألمانيا المركز السادس مما يعكس إهتمام الدول الصناعية الكبرى بثقافة الإبتكار وهو الذي يؤدي مباشرة إلى منتجات سوقية لها قيمة إقتصادية، حيث تتواجد دولة مثل تايوان فى المركز الخامس بعدد 513 براءة إختراع، بينما تشغل المركز العشرين في النشر العلمي مما يؤكد إهتمام الدولة بنواتج علوم وتقنيات النانو كقيم إقتصادية ذات مردود تجاري لذلك تهتم أولاً بحقوق الملكية الفكرية وحماية الإبتكار.

جدول (1-1) : تطور النشر العلمى للدول العربية فى تكنولوجيا النانو حسب مؤشر ISI Thomson-Reuters وعدد براءات الإختراع الأمريكية الممنوحة[1]

مسلسل	الدولة	الترتيب العالمى ديسمبر 2020	2015	2016	2017	2018	2019	ديسمبر 2020	براءات الإختراع/ الترتيب العالمى USPTO 2020
1	المملكة العربية السعودية	11	2425	2760	2943	3232	3848	5531	8/168
2	جمهورية مصر العربية	16	1419	1645	1938	2365	2993	4153	45/2
3	جمهورية العراق	37	191	306	428	525	834	1035	--
4	دولة الإمارات العربية المتحدة	41	185	220	299	395	541	668	37/5
5	الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية	43	282	329	405	427	527	644	--
6	الجمهورية التونسية	44	395	472	514	500	516	627	--
7	المملكة المغربية	45	157	213	242	286	367	472	49/1
8	دولة قطر	53	208	333	330	279	295	439	50/1
9	المملكة الأردنية الهاشمية	60	106	110	140	162	208	311	--
10	دولة الكويت	65	43	58	79	129	210	180	--
11	الجمهورية اللبنانية	66	81	105	79	93	138	179	--
12	سلطنة عمان	67	59	91	91	113	174	174	--
13	الجمهورية اليمنية	73	17	24	45	25	77	116	--
14	مملكة البحرين	78	35	53	48	63	71	74	--
15	الجمهورية العربية السورية	90	17	23	28	13	28	43	--

جدول (1-2): تطور النشر العلمى لبعض دول العالم المتقدم والإقتصادات الناشئة وذلك فى تكنولوجيا النانو حسب مؤشر ISI Thomson-Reuters وعدد براءات الإختراع الأمريكية الممنوحة [2]

مسلسل	الدولة	الترتيب العالمى ديسمبر 2020	2015	2016	2017	2018	2019	ديسمبر 2020	براءات الإختراع/ الترتيب العالمى USPTO 2020
1	الصين	1	46732	51017	58911	67869	78524	82455	3/736
2	الولايات المتحدة الأمريكية	2	23621	24981	25723	26013	25741	26191	1/4931
3	الهند	3	10908	12557	13710	15022	16430	18281	17/42
4	إيران	4	6989	8566	9541	10252	11220	12086	19/37
5	كوريا الجنوبية	5	8798	9191	9209	9814	9958	10271	2/941
6	ألمانيا	6	8114	8754	8907	8888	9025	9428	6/310
7	اليابان	7	7396	7720	7798	7795	7942	8434	4/661
8	المملكة المتحدة	8	4733	5647	5854	6021	6062	6612	9/154
9	روسيا	9	4704	5192	5456	6072	6264	6444	34/7
10	فرنسا	10	5594	5896	6046	5716	5844	6291	7/214

2.1. معهد الملك عبد الله لتقنية النانو بجامعة الملك سعود (NANO-KAIN) المملكة العربية السعودية[3]

تتمثل رؤية المعهد في التميز والريادة في أبحاث تقنية النانو وتطبيقاته، كما أن رسالة المعهد هي تطوير وتوطين وإجراء البحوث في تطبيقات تقنية النانو من خلال إعداد وتأهيل الكوادر العلمية المتخصصة وبناء الشراكة المجتمعية الفاعلة مع مختلف أجهزة الدولة والقطاع الخاص ويبين شكل (1-1) : الشكل الخارجي وأهم التجهيزات العلمية للمعهد.

وتتمثل أهداف المعهد في مجالات التميز وتشجيع وتنظيم البحث العلمي في تقنية النانو المتعددة ونشر الوعي العلمي بعلوم هذه التقنية وبناء شراكات استراتيجية في مجالات تطبيقها وتطويرها والنهوض بالاقتصاد المعرفي الوطني من خلال مخرجات أبحاث النانو التطبيقية.

1.2.1. الهيكل التنظيمي للمعهد

يبين شكل (1-2) الهيكل التنظيمي للمعهد والذي يُظهر بوضوح آلية الربط بين عمادة المعهد والإدارات والوحدات المختلفة، حيث تم إنشاء (3) وكالات للمعهد للبحث والتطوير وللشؤون الفنية وفرع الطالبات وهناك المجلس الإستشاري للمعهد ووحدة الشراكة والخدمات التخصصية ووحدة العلاقات العامة والإعلام. وكالة المعهد للبحث والتطوير مسؤولة عن وحدة المشاريع والأبحاث ووحدة الاستقطاب وشؤون الباحثين ووحدة الإبتكار. وكالة المعهد للشؤون الفنية مسؤولة عن وحدة التطوير والجودة ووحدة شؤون المختبرات ووحدة التدريب المتخصص ووحدة السلامة.

يُظهر الهيكل التنظيمي للمعهد أنه معهد بحثي بالدرجة الأولى، حيث لايمنح درجات علمية أكاديمية في مجال تقنيات النانو وإنما يقوم في الأساس بإجراء البحوث والتطوير في مجال علوم وتقنيات النانو. ويتكون المعهد من خمس مجموعات بحثية رئيسية في مجالات معالجة المياه والطاقة والمواد والاتصالات والطب والصيدلة، وقد أسفرت هذه الجهود منذ عام 2007 عن العديد من الأنشطة التي جعلت للمعهد وضع ريادي في المملكة العربية السعودية والمنطقة مثل:

- تجهيز مختبرات بأحدث الأجهزة العلمية.
- تأسيس مجموعات بحثية فاعلة في مجالات حيوية مختلفة (الطاقة، معالجة المياه، التطبيقات الطبية).
- إنجاز تعاون بحثي متين مع جامعات ومعاهد عالمية مرموقة.

- تنظيم العديد من ورش العمل المتخصصة والندوات العلمية.
- تقديم العديد من الاستشارات العلمية وتحليل مئات العينات ذات التطبيقات المختلفة خدمةً لرفع مستوى البحث العلمي لمنسوبي جامعة الملك سعود ومنسوبي الجامعات السعودية المختلفة.
- استضافة المعهد للعديد من إختصاصي تقنيات النانو لتقديم العديد من المحاضرات عن مختلف تطبيقات تكنولوجيا النانو.
- تشجيع المعهد لزيارة طلبة المدارس والكليات ومختلف شرائح المجتمع من مختلف أنحاء المملكة.

2.2.1. التجهيزات المعملية

تم تجهيز المعهد بمختبرات بها أجهزة دقيقة ومتخصصة في مجال تقنية النانو ومن أبرز هذه المختبرات:

المختبرات المركزية:

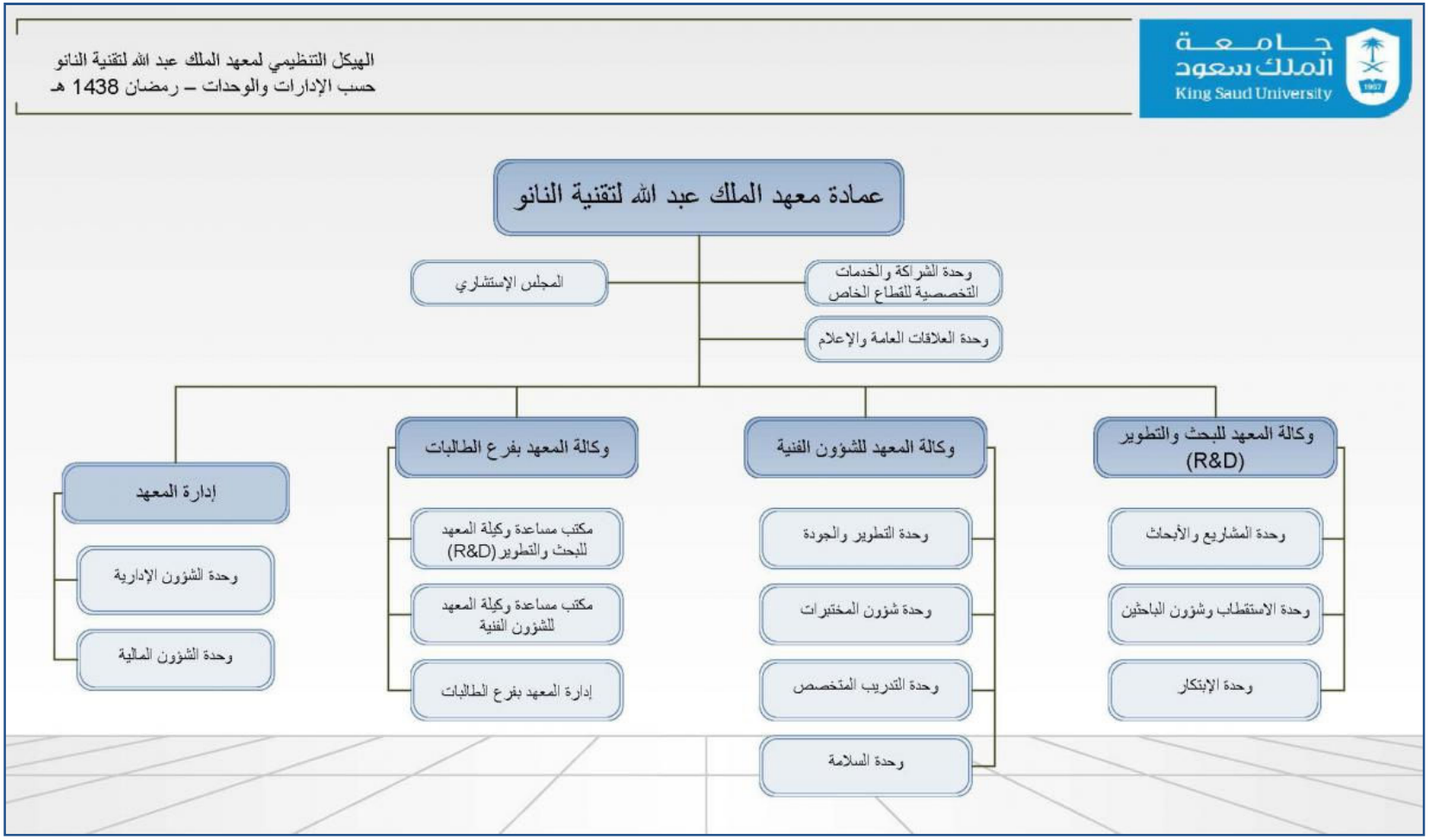
- مختبر المجاهر الإلكترونية: وتحتوي على المجاهر الإلكترونية المهمة في التصوير والتحليل السطحي لمواد النانو المحضرة في المعهد. وتحتوي الوحدة تحديداً على المجهر الإلكتروني الماسح Scanning Electron Microscope والمجهر الإلكتروني النفاذ Transmission Electron Microscopeوتقنية الإشعاع الأيوني المركز Focused Ion Beam System.
- مختبر تحليل الخواص الضوئية والبنائية والكهربائية: ويحتوي هذا المختبر على أحدث التقنيات اللازمة لدراسة الخصائص الضوئية والبنائية للمواد النانوية مثل:
  - جهاز قياس الانبعاث الضوئي Photoluminescence Spectrophotometer وأطياف رامان.Micro Raman Spectrometer
  - جهاز قياس إمتصاص الأشعة تحت الحمراء Fourier Transform Infrared (FTIR) Spcetrophotometer.
  - جهاز قياس النفاذ الضوئي للمواد. UV– Visible Spectrophotometer.
  - جهاز الحيود السينية.X-Ray Diffractometer.
  - أجهزة القياسات الكهربائيةElectrical measurements instruments .
- مختبر جهاز الترسيب بالليزر النبضي: الذي يقوم بعمل رقائق صلبة نانومترية لتطبيقات مختلفة.
- الغرفة النقية Cleanroom Facility: وتهدف إلى توفير الأجهزة والتقنيات اللازمة للتصنيع المايكرومتري والنانومتري المتقدم في بيئة تصنيع نقية. وتحتوي

الغرفة النقيـة حاليـاً على جهـاز الطـلاء بالـدوران وجهـاز النحـت بالأشـعة فـوق البنفسجية وجهاز الترسيب الكيميائي المدعوم بالبلازما وجهاز النحت الكيميائي.

المختبرات البحثية:

- مختبر الكيمياء :لتصنيع المواد النانوية بطرق كيميائية.
- مختبر تطوير الأغشية: للقيام بتصـنيع أغشـية تنقيـة الميـاه واختبارهـا وفحـص خصائصها النفاذية والميكانيكية.
- مختبر الخلايا الشمسـية: لتصـنيع الخلايـا الشمسـية الصـبغية وقيـاس كفاءتهـا وخصائصها المتقدمة.
- مختبر الطب النانوي:لتصنيع واختبار سـمية مـواد النـانو وتأثيراتهـا الحيويـة في التشخيص والعلاج .

شكل (1-1): الشكل الخارجي وأهم التجهيزات العلمية لمعهد الملك عبد الله لتقنية النانو بجامعة الملك سعود (NANO-KAIN)- المملكة العربية السعودية



شكل (1-2): الهيكل التنظيمي لمعهد الملك عبدالله لتقنية النانو بجامعة الملك سعود- المملكة العربية السعودية

http://nano.ksu.edu.sa/ar/Arabic-Organizational-Structure

3.1. معهد علوم وتكنولوجيا النانو بجامعة كفر الشيخ [4]- جمهورية مصر العربية

تتمثل رسالة المعهد في إعداد وتأهيل الكوادر العلمية المتخصصة في علوم وتكنولوجيا النانو القادرة على ابتكار ونشر وتطبيق المعرفة العلمية لتشجيع القدرة التنافسية الصناعية لتعزيز الأمن الاقتصادي وتحسين نوعية الحياة.

بينما تتشكل رؤية المعهد في التميز والريادة في أبحاث تقنية النانو وتطبيقاتها. وتتمثل أهداف المعهد في:

- إعداد وتأهيل الكوادر البشرية في مجال علوم وتقنيات النانو.
- تطوير برامج أكاديمية بالجامعة مرتبطة بعلوم وتقنيات النانو.
- نشر الوعي العلمي بعلوم النانو وتقنياته.
- تشجيع ودعم البحث العلمي في مجالات علوم وتقنية النانو بكليات الجامعة المختلفة.
- تعزيز مجالات التميز في أبحاث علوم تقنية النانو.
- تعزيز ثقافة البحث والتطوير متعدد التخصصات.
- إنجاز أبحاث أساسية وتطبيقية من قبل فرق بحثية متعددة التخصصات في مجال النانو تكنولوجي.
- بناء القدرات الوطنية في مجالات النانوتكنولوجي.
- بناء شراكات استراتيجية مع المعاهد والجامعات العالمية في مجال تطبيق وتطوير تقنية النانو.
- النهوض بالاقتصاد المعرفي الوطني من خلال مخرجات أبحاث النانو التطبيقية.
- تشجيع التعاون مع قطاع الصناعة لتطوير الصناعات المحلية المبتكرة في مجال تقنيات النانو لزيادة معدل النمو الاقتصادي وتحسين مناخ الإستثمار.
- تعزيز تنافسية الصناعات الوطنية مقارنة بنظيرتها في أنحاء العالم.

وقد تم الإنتهاء من مبنى معهد علوم وتكنولوجيا النانو حيث يتكون من ستة طوابق وقاعة سيمنار وأربعة قاعات تدريس وغرفة نظيفة مساحة 250 متر مربع ووحدة ميكرو إلكترونيات و38 معمل بحثي ووحدة إنتاج الكميات الكبيرة من المواد الجديدة متناهية الصغر للإستخدام الصناعي والتجاري كما يبين شكل (1-3) الشكل العام للمبنى وأهم التجهيزات العلمية الحديثة.

ويمنح المعهد دبلومة الدراسات العليا في علوم وتكنولوجيا النـانو وماجسـتير في علوم وتكنولوجيا النانو ودرجة دكتوراه الفلسفة في العلوم وهو بذلك يجمع بين النشـاط البحثي وتأهيل الكوادر الأكاديمية المتخصصة ومنح الدرجات العلمية الأكاديمية.

شكل (1-3) : الشكل الخارجي وأهم التجهيزات العلمية لمعهد علوم وتكنولوجيا النانو بجامعة كفر الشيخ -جمهورية مصر العربية

وتتكون أقسام المعهد البحثية من ثلاثة أقسام كالتالي:

1. قسم علوم النانو.
2. قسم هندسة النانو.
3. قسم طب النانو.

ويتم إجراء الأنشطة البحثية التطبيقية في المعهد من خلال ثلاثة محاور أساسية هي:

أولا : مجموعات بحثية رئيسية: تتكون من الباحثين العاملين بالمعهد ومساعديهم وطلاب الدراسات العليا بالوحدات البحثية بالمعهد.

ثانيا: التعاون البحثي مـع بـاحثين مـن الكليـات المختلفـة داخـل جامعـة كفـر الشـيخ أو بالجامعات المصرية.

ثالثا: التعاون البحثي الدولي مع باحثين من معاهد دولية خارج مصر.

وتتمثل أهم التجهيزات المعملية في تواجد أجهزة التحضير والتشخيص لمـواد النـانو مثل جهاز البعثرة DC-RF Sputtering وجهـاز التبخيـر بالشـعاع الالـكتـرونـي Electron BeamEvaporation وجهاز الحفر بالليزر.

4.1. مركز البحث في الميكرو إلكترونيك والنانو تكنولوجيا بالقطب التكنولـوجي بسوسة- الجمهورية التونسية[5]

تتمثـل مهـام مركـز البحـث في الميكروإلكترونيـك والنانوتكنولوجيـا بالقطـب التكنولوجي بسوسة خاصة في:

- المساهمة في تطوير البحث العلمي واكتساب التكنولوجيات ونشـرها في ميـدان الإلكترونيات والنانوتكنولوجيا.
- تأمين اليقظة العلمية والتكنولوجية والقيام بدراسـات استشـرافية في ميـادين اختصاصه.
- تقديم الخبرة العلمية والتكنولوجية على المستويين الوطني والدولي.
- دعم أنشطة التكوين والبحث المنجزة في إطار شبكات ومجمعات بحث في ميادين اختصاصه.
- إرساء قاعدة علميـة وتكنولوجيـة متطـورة في قطـاع الإلكترونيـات والعمـل على استغلالها في الصناعة.
- المساهمة في تطوير صناعة ذات قيمة تكنولوجية عالية في مجـال الإلكترونيـات والتشجيع على إحـداث مؤسسـات مجـددة خاصـة في إطـار القطـب التكنولـوجي بسوسة.
- تشجيع الشراكة في مجال الميكـرو إلكترونيـك والنانوتكنولوجيـا مـع المؤسسـات والمنشـآت العموميـة أو الخاصـة وكـذلك مـع مؤسسـات التعلـيم العـالي والبحـث والمؤسسات العمومية للبحث العلمي.
- إرساء شراكة دولية في ميدان اختصاصه ودعمها.
- العمل على تحقيق الربط والتفاعل بين مختلف مكونات التكـوين والبحـث والنقـل التكنولوجي والإنتاج بالقطب التكنولوجي بسوسة.
- المساهمة في تكوين الباحثين وتأطير الطلبة في مرحلتي الماجسـتير والـدكتوراه وما بعدها في إطار برامج البحث التي ينجزها.
- تنظيم التظاهرات العلمية والتكنولوجية والدورات التدريبية في ميادين اختصاصه.
- القيام بكل الأعمال العلمية والتكنولوجية الأخرى التي يتم تكليفه بها في نطـاق مهامه.

ويمتلك المركز منصات في التكنولوجيا الفائقة وكوادر متخصصة في تصميم النماذج الصناعية واختبارات الميكروإلكترونيك والأنظمة النانوية والغرف النظيفة والأنظمة المضمنة.

ويبين الشكل (1-4) بعض ملامح القطب التكنولوجي بسوسة ومن أهمها مركز البحث في الميكروإلكترونيك والنانوتكنولوجيا، وبعض المخرجات البحثية والتكنولوجية للقطب التكنولوجي بسوسة ومركز البحث في الميكروإلكترونيك والنانوتكنولوجيا.

شكل (1-4) بعض ملامح القطب التكنولوجي بسوسة ومركز البحث في الميكروإلكترونيك والنانوتكنولوجيا- الجمهورية التونسية

5.1. مركز بحوث النانو تكنولوجي والمواد المتقدمة بالجامعة التكنولوجية- جمهورية العراق[6]

الرؤية: تحقيق الريادة محلياً وإقليمياً في البحث العلمي والابداع والابتكار في مجالات النانوتكنولوجي والمواد المتقدمة.

الرسالة:

- يسعى مركز بحوث النانوتكنولوجي والمواد المتقدمة إلى توفير برامج أكاديمية متميزة لإنجاز أبحاث علمية بمعايير عالمية لخدمة المجتمع العلمي والإقليمي.
- تشجيع العمل البحثي المتميز من خلال خلق بيئة جاذبة ومحفزة تدعم التميز والابداع للباحثين في مجالات النانوتكنولوجي والمواد المتقدمة لتحقيق الريادة العالمية.

الأهداف:

- إنجاز أبحاث علمية بمعايير عالمية.
- استقطاب هيئة تدريسية وبحثية ذات كفاءة عالية.
- تقديم خدمة مجتمعية فاعلة ومستمرة وتبادل الخبرات والاستشارات العلمية والهندسية مع مؤسسات الدولة.
- إعداد برامج أكاديمية مميزة من خلال إقامة الدورات التدريبية، ورش العمل، الندوات والمؤتمرات.

وقد قام المركز بجملة من بحوث المشاريع الريادية وبمختلف الاختصاصات والتي تضمنت اختصاصات النانوتكنولوجي والمواد المتقدمة والتقنيات الاحيائية الطبية وتقنيات تصفية النفط والغاز. حيث كلف المركز فرق بحثية متخصصة لمعالجة مجموعة من المشاكل البحثية وفق أطر المشاريع الريادية المدعومة من قبل دائرة البحث والتطوير في وزارة التعليم العالي والبحث العلمي والتي تشمل المجالات الآتية:

- تطبيقات النانوتكنولوجي الاحيائية.
- تطبيقات النانوتكنولوجي في الصحة والبيئة.
- تطبيقات النانوتكنولوجي في صناعة النفط والغاز.
- تطبيقات النانوتكنولوجي في الطاقات المتجددة.
- تطبيقات النانوتكنولوجي في بطاريات الخزن.
- تطبيقات النانوتكنولوجي في المتحسسات الغازية.

وهناك العديد من المختبرات بالمركز مثل:

1. مختبر الأطياف:

ويضم هذا المختبر مجموعة الأجهزة الطيفية والبصرية الخاصة بتجهيز المواد والأغشية النانوية للتعرف على ماهيتها وخصائصها الكهربائية والبصرية وكما يلي:

- جهاز الامتصاص الذري.
- مطيافية الاشعة تحت الحمراء.
- مطياف الاشعة فوق البنفسجية - المرئية.
- مطياف اللهب.

2. مختبر الأغشية الرقيقة والطلاء:

ويقوم هذا المختبر بتحضير وترسيب المواد والتراكيب النانوية بأنواعها (الأغشية الرقيقة والعوالق والمواد المعدنية والبوليمرية والسيراميكية والإنشائية والمتراكبة) وبطرائق مختلفة فيزيائية وكيميائية والدراسات المتعلقة بها واستخداماتها الهندسية والعلمية. ويتضمن العديد من الأجهزة، ندرج منها كل من:

- جهاز البرم الكهربائي.
- ليزر النبضات الفائقة القصر.
- تدفق الهواء الرقائقي.
- الحاضنة الهزازة المبردة.
- الطلاء البرمي (بالتدوير) .
- منظومة التبخير الحراري (الترسيب بالتبخير الفيزيائي).
- منظومة الترسيب والإزالة بالليزر.
- منظومة الترسيب بالبخار الكيمياوي.
- أفران درجات الحرارة العالية.

3. مختبر التقنيات النانوية الإحيائية – الطبية:

يقوم هذا المختبر بالتعامل مع الأحياء المجهرية في المجالات الطبية والصيدلانية والمناعية والعلاج الجيني بالتقنيات النانوية والهندسة النسيجية. ويتضمن العديد من الأجهزة، ندرج منها كل من:

- جهاز مضاعفة الدنا مع نظام تصوير الهلام.
- الرحلان الكهربي الهلامي للأحماض النووية.
- جهاز كروموتوكرافيا الغاز.
- مقياس الطيفي.
- تدفق الهواء الرقائقي.
- الحاضنة الهزازة المبردة.

4. مختبر القياسات المتقدمة:

يضم هذا المختبر جميع الأجهزة التوصيفية والتشخيصية والقياس للمواد والتراكيب النانوية بمختلف أشكالها للتعرف على أحجامها وأشكالها وتراكيبها كما يلي:

- المجهر الإلكتروني الماسح.
- حيود الأشعة السينية.
- مجهر المجس الماسح.
- المجاهر البصرية.
- تحليل الحجم الحبيبي.
- مقياس جهد زيتا.
- فحص الانضغاطية.
- الفحص بالموجات الفوق الصوتية.
- المجهاد الساكن.
- فحص عيوب المعادن بالأشعة السينية.
- فحص مقاومة الصدمة.
- فحص مقاومة السطوح.
- جهاز الصقل والتنعيم.
- فحص الصلادة.
- مضاعفة الدنا مع نظام تصوير الهلام.
- الرحلان الكهربي الهلامي للأحماض النووية.
- كرومتوجرافيا الغاز.

- المقياس الطيفي.
- فحص الشد متعدد الاغراض.
- قياس النفاذية وتحديد المحتوى المائي الامثل.

شكل (1-5): بعض الأجهزة والمعدات العلمية بمركز بحوث النانوتكنولوجي والموادالمتقدمة بالجامعة التكنولوجية - جمهورية العراق

6.1. مركز بحوث المواد المتقدمة والنانو بجامعة الشارقة- دولة الإمارات العربية المتحدة[7]

تتمثل رؤية هذا المركز في تحقيق التميز في إجراء البحوث بمجال المواد وكذلك تأهيل وتعليم الكوادر المتخصصة عن طريق استغلال الموارد المتاحة وجمع الخبرات لإيجاد حلول للتحديات التكنولوجية المعقدة في مجال تصميم المواد وتحسين الاستفادة من خواصها. كما أن رسالة المركز تعمل على المساعدة في تطوير مواد جديدة لها القدرة على خدمة الصناعة والباحثين وتحقيق الخطط الوطنية في الأبحاث الموجهة في مجالات الطاقة والبيئة والصحة والحفاظ على الآثار. وبذلك تكون الأهداف العامة لإنشاء المركز هي:

- تعزيز مجالات البحوث متعددة التخصصات لتصبح في طليعة علوم المواد.
- جمع أعضاء هيئة التدريس والطلاب المتحمسين معاً في بيئة بحثية تعاونية للغاية.
- تثقيف العلماء والمهندسين على مستوى الدراسات العليا والجامعية في مجال علم المواد المحدد على نطاق واسع.
- توفير فرص تدريبية لمشرفي وفنيي المختبرات في التقنيات التحليلية المختلفة.
- إشراك المجتمع من خلال تقديم خدمات الاستشارات والتدريب للبلديات ومختبرات الطب الشرعي والوكالات البيئية والمتاحف وقطاع الطاقة.
- توفير قدرات فريدة لا يمكن للصناعات المحلية الوصول إليها عادةً. البترول والطاقة والأدوية وأشباه الموصلات والاسمنت ومواد البناء الأخرى، وهي بعض الصناعات التي قد تستفيد من هذه القدرات.
- تعزيز جهود التعاون البحثي لجامعة الشارقة مع الجامعات والمراكز على المستويين الوطني والإقليمي.

ويعمل المركز من خلال مجموعتين بحثيتين رئيسيتين هما:

1. مجموعة المواد الوظيفية:

وتركز هذه المجموعة في أبحاثها على تخليق وتوصيف المواد النانوية الجديدة لتطبيقات معينة تتمثل في تخزين وتوليد الطاقة من مصادر مختلفة ويتم التركيز على التطبيقات الشمسية الحرارية والخلايا الشمسية والمكثفات فائقة السعة وخلايا الوقود. ويتميز أعضاء هذه المجموعة بخلفياتهم العلمية المتنوعة من هندسية وكيميائية وفيزيائية تساعدهم بشكل كبير على الإبداع في أعمالهم.

2- مجموعة نمذجة ومحاكاة المواد المتقدمة:

وهي مجموعة تتشكل من أساتذة الجامعة وذوي الإختصاصات التي تتعلق بـالعلوم الحاسوبية، حيث تستخدم تقنيات المواد المتقدمة الحسابية المكثفة والمتعلقة بنظريـات الكثافة المتقدمة لدراسة والتنبؤ بالتكنولوجيـات المتوقعـة للمـواد عنـد الظـروف العاديـة ودرجات الحرارة المرتفعة والضغوط العالية.

شكل (1-6): بعض الأجهزة والمعدات العلمية بمركز بحوث المواد المتقدمة والنانو بجامعة الشارقة - دولة الإمارات العربية المتحدة

7.1.معهد بحوث مواد وتكنولوجيا النانو بالمؤسسة المغربية للعلوم المتقدمة والإبداع والبحث العلمي- المملكة المغربية[8]

تتمثل المهمة الأساسية للمؤسسة المغربية للعلوم المتقدمة والإبداع والبحث العلمي التي تم إحداثها في عام 2007، كمنظمة للبحوث في مجال العلوم والتكنولوجيا في تطوير البحث العلمي وفي براءات الاختراعات الجديدة، وفي مجال تزويد الشركات المغربية بالاختراعات وبالحلول التكنولوجية الحديثة، كما أنها تعقد شراكات في المجال مع مراكز البحث العلمي والجامعات بمختلف دول العالم. يبين الشكل (1-7) أهم المخرجات العلمية من المركز في مجال تكنولوجيا النانو. وتعتبر المهمة الرئيسية للمركز في مجالات تقنيات النانو هي تصميم ودفع البحوث والتطوير في مجال تطبيقات تقنيات النانو لدعم نقل التكنولوجيا للصناعة لتلبية احتياجات السوق في المجال، ويعمل المركز في مجال الفوتونات والضوئيات ومتراكبات النانو زيادة القيمة المضافة للموارد الطبيعية في المغرب.

وتشمل تخصصات المعهد العديد من المراكز مثل:

1. متانة وهندسة المواد:

حيث يتم التركيز على اختبار متانة المواد لفهم طرق وآليات إنهيار المواد لتحسين أدائها وزيادة عمرها وبالتالي فالعمل يتم مع الصناعة من خلال تقليل تكاليف الصيانة وتحسين اختبار المواد الملائمة وزيادة عمر الحياة لمكونات الأجهزة وذلك في مجالات الطاقة المتجددة والسكك الحديدية والصناعات الكيماوية والصلب والطلاء.

2. المتراكبات النانوية:

يعمل على تطوير موضوعات بحثية ذات تخصصات متعددة لها علاقة بالتصنيع والعمليات وإعداد النماذج الصناعية للمتراكبات النانوية والمتراكبات الحيوية. وتركز على مجالات الكيمياء العضوية ومواد تخزين الطاقة ومواد معالجة المياه والتخليق العضوي والشحن النانوي في صناعة السيارات والفضاء والصناعات الكيماوية والصيدلانية ومواد البناء.

3. الفوتونات والبصريات:

هذا المركز هو الأول من نوعه في إفريقيا الذي يعمل على تطوير التكنولوجيات المتقدمة في مجال البصريات والفوتونات من خلال امتلاك حق المعرفة وإنشاء منصات تقنية لآخر ما توصل إليه العلم لتطوير أنظمة الفوتونات لتغطي مساحة واسعة من العلوم الأساسية والتطبيقية مثل أنظمة الطاقة المتجددة (الخلايا الشمسية) والبلازمونات والفوتونات الحيوية لمجال الصحة مثل العلاج الحراري باستخدام جزيئات الذهب النانوية والمجسات الحيوية وغيرها.

4. المواد ومواد البناء:

ويهتم بمشروعات البحوث والتطوير ذات التوجه السوقي لمواد وتكنولوجيا النانو ومـن المجالات التي يهتم بها:

- التنبؤ بخصائص المواد وتفسيرها عن طريق النمذجة والمحاكاة العددية.
- تطوير منتجات وعمليات تصنيع جديدة، وتوصيف وتحديد خصائص المـواد والمـواد النانوية (المغناطيسية، الكهربائية، الكهروكيميائية، الضوئية الكيميائية، إلخ) .
- توليف المواد والمواد النانوية بالطرق الفيزيائية والكيمياء اللينة.
- تطوير المواد والمواد النانوية بأسعار تنافسية وقيمة مضافة عالية.

شكل (1-7): صور لأهم التجهيزات المعملية بالمؤسسة المغربية للعلوم المتقدمة والإبداع والبحث العلمي- المملكة المغربية

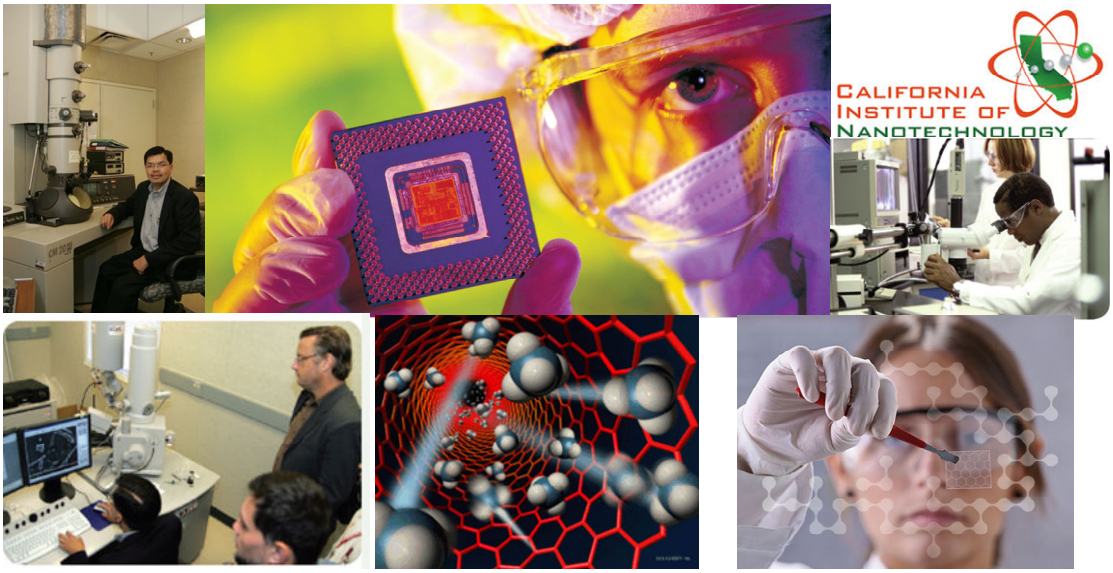
8.1. معهد كاليفورنيا للنانوتكنولوج California Institute of Nanotechnology بالولايات المتحدة الأمريكية[9]

تتمثل مهمة معهد كاليفورنيا لتقنية النانو في إجراء البحث والتطوير وتوفير التعليم المهني والتدريب في حدود تكنولوجيا النانو لتلبية احتياجات الصناعة الناشئة لصالح المجتمع. ويجري معهد كاليفورنيا لتقنية النانو أبحاثًا متقدمة وتطبيقية في مجال تقنية النانو للمساعدة في حل المشكلات الرئيسية التي تواجه البشرية مثل الأمراض ونقص الطاقة والقضايا البيئية العالمية.

ومن خلال خبرة المعهد وشبكة كبيرة من المتعاونين العالميين الذين يركزون على مجموعة واسعة من علوم وتكنولوجيا النانو، يقدم المعهد خدمات الاستشارات التقنية والتجارية المتقدمة لعدد كبير من الشركات متعددة الجنسيات في جميع أنحاء العالم كما يبين شكل (1-8).

ويعمل معهد كاليفورنيا لتقنية النانو كمحور مركزي لإدارة عدد من المشاريع بما في ذلك:

- إجراء بحوث وتطوير متقدم في المواد النانوية لتطبيقات تخزين الطاقة.
- إجراء البحوث في مجالات بطارية ليثيوم الهواء النانوية.
- إجراء بحوث في المواد النانوية للدهانات السائلة الشمسية الجديدة التي يمكنها تحويل الطاقة الشمسية إلى كهرباء.
- وضع مبادئ توجيهية لمراقبة جودة منتجات الجسيمات النانوية.
- تطوير منهجيات علم السموم النانوية.
- تطوير إطار عمل لأنظمة الصحة والسلامة المهنية.
- تطوير إطار التصنيع النانوي والمبادرات.
- تطوير مناهج دولية للتعليم والتدريب.



شكل (1-8): صور لأهم التجهيزات المعملية والمخرجات العلمية لمعهد كاليفورنيا للنانوتكنولوجي- الولايات المتحدة الأمريكية

ومن أهم المشروعات البحثية التي يجريها المعهد:

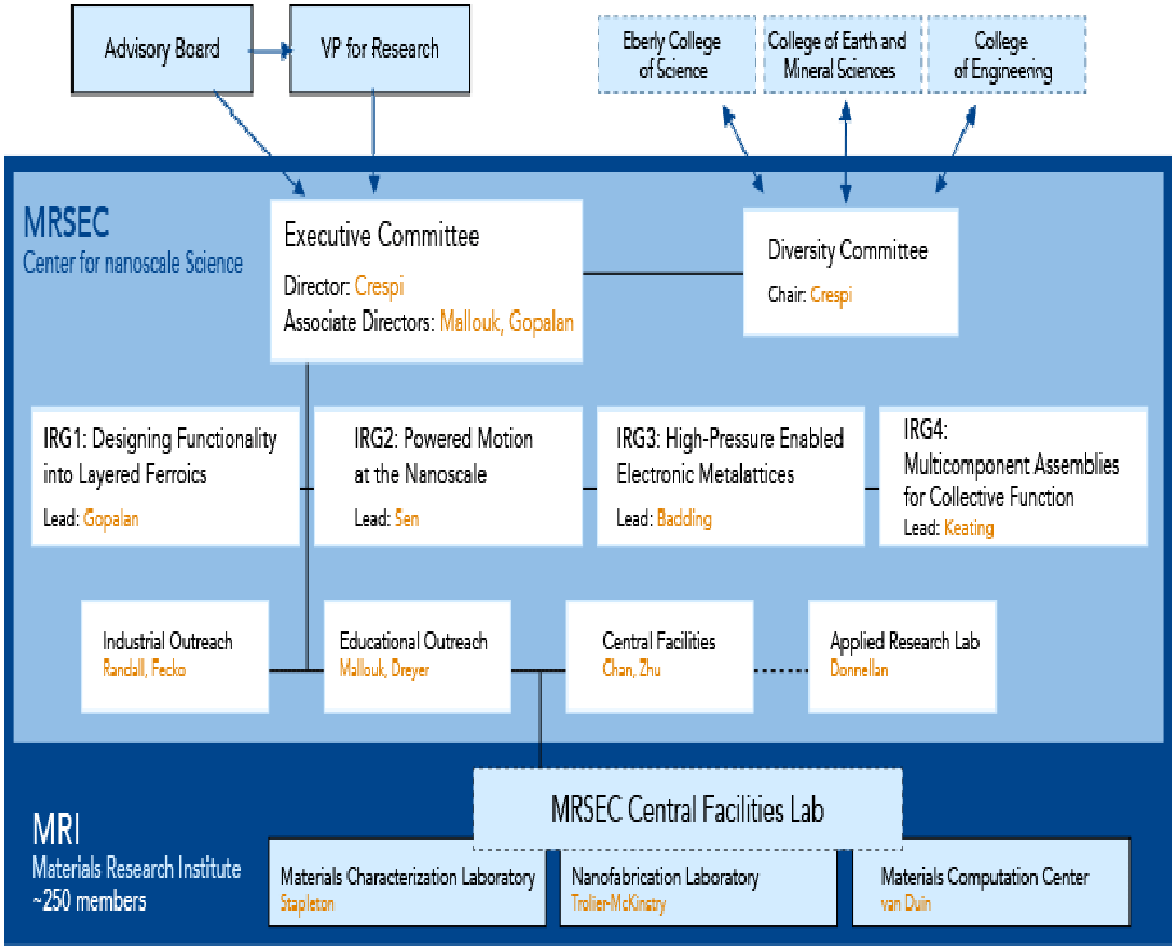
- **نظام تخزين الطاقة النانوية: إجراء بحوث وتطوير متقدم في المواد النانوية لتطبيقات تخزين الطاقة.**
- **أنظمة بطاريات** Nano Lithium Air: **إجراء البحوث في مجالات بطارية** Lithium Air BatteryNano **التي سيتم استخدامها في تكنولوجيا المركبات الكهربائية المتقدمة.**
- **دهانات النانو الشمسية: إجراء بحوث في المواد النانوية للدهانات السائلة الشمسية الجديدة التي يمكنها تحويل الطاقة الشمسية إلى كهرباء.**
- **المستشعرات الحيوية: تطوير نظام استشعار النانو الحيوي للكشف عن السموم والجسيمات النانوية السامة في الأغذية والمنتجات البيولوجية.**
- **نظام توصيل الأدوية النانوي المستهدف: تطوير نظام جديد لتوصيل الأدوية النانوية لنقل مضادات حيوية قوية مضادة للسرطان إلى مناطق سرطانية مستهدفة لتحسين العلاج مع تقليل التأثير السام للعلاج الكيميائي.**
- **خلايا الوقود: مزيد من التطوير لاستبدال الحفز الكهربائي للأقطاب الكهربائية القائمة على البلاتين لتحسين الإنتاجية وتكلفة الإنتاج على نطاق واسع. يمكن تطوير خلية الوقود إلى نظام شمسي نانوي المقياس وهو عبارة عن غشاء رقيق متين وموثوق به بتكلفة معقولة للإنتاج على نطاق واسع.**

9.1. مركز علوم النانو بجامعة ولاية بنسلفانيا - ضمن المراكز البحثية للعلوم والهندسة MRSEC- الولايات المتحدة الأمريكية[10]

تم تأسيس Penn State MRSEC في عام 2000 كمجموعة بحثية واحدة متعددة التخصصات (IRG)، ومركز الظواهر الجماعية في الهندسة المقيدة. في عام 2002، اندمجت المجموعةIRG مع MRSEC الجديد، وتم إنشاء مركز التصنيع النانوي الجزيئي والأجهزة (DMR 0213623)، والذي كان يتألف من وحدتي IRG: الطباعة الحجرية النانوية المتقدمة كيميائيًا (IRG1) والمحركات النانوية (IRG2). تم دمج الأنشطة الإدارية وأنشطة التوعية للمركزين، وتم تغيير اسم MRSEC ليصبح مركز علوم النانو. في 2004-2005، أنهيIRG الأصلي جهده في السوائل والبوليمرات وانقسم إلى IRG3 (الإلكترونات في الهندسة المحصورة) و IRG4 (الهياكل النانوية المقترنة كهرومغناطيسياً). في عام 2007، تمت إضافة IRG جديد حول Strain Enabled Multiferroics ، والذي نما من مشروع أساسي.

في عام 2008، تم تجديد المركز بشكل تنافسي باعتباره أربعة تخصصات رئيسية IRG، حيث تم التخلص التدريجي من الطباعة النانوية المتقدمة كيميائيًا وأصبح Multiferroics الممكّن من الإجهاد هو IRG1 الجديد. في عام 2014، تمت مراجعة المركز مرة أخرى بشكل تنافسي باعتباره أربعة تخصصات ((DMR-1420620) IRG MRSEC).

ويبين شكل (1-9) الهيكل التنظيمي للمركز حيث تشكل اللجنة التنفيذية للمعهد عصب الإدارة الرئيسي والتي تتواصل بشكل دائم مع قادة الأربع مجموعات البحثية الرئيسية والتعاون الأكاديمي والتعاون مع الصناعة وتسهيل تشغيل المعامل المركزية ومعامل الأبحاث التطبيقية.هناك مجلس إستشاري ينسق مع مدير المركز واللجنة التنفيذية وكذلك لجنة المهام المتنوعة وتقوم بالتنسيق مع زملاء الكليات الأخرى مثل الهندسة والعلوم وكلية الأرض وعلوم المعادن.

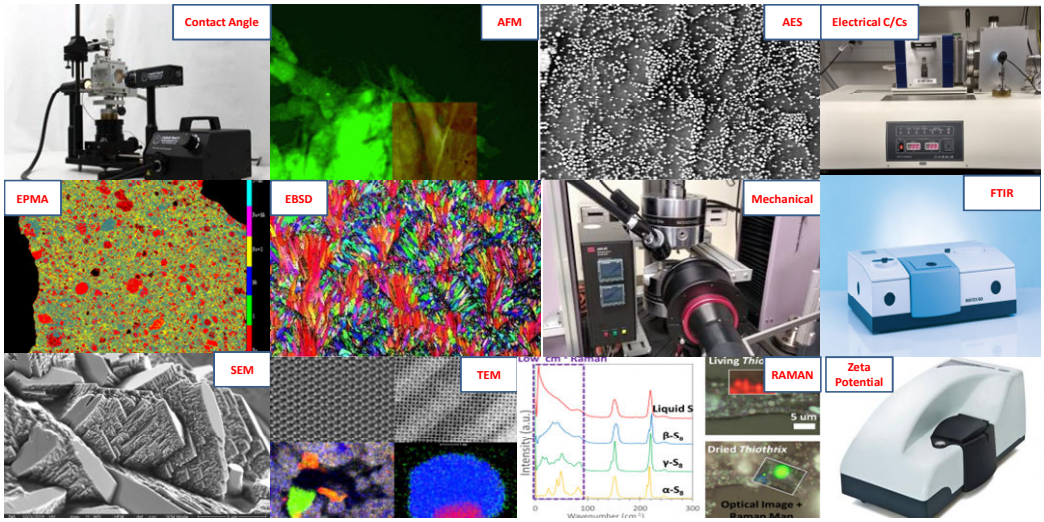


شكل (1-9): الهيكل التنظيمي لمركز علوم النانو بجامعة ولاية بنسلفانيا - ضمن المراكز البحثية للعلوم والهندسة MRSEC- الولايات المتحدة الأمريكية

إن المعامل المركزية تتكون من مجموعة من المعامل التي تحتوي على أجهزة متعددة التخصصات لقياس الخواص التركيبية والمورفولوجية والكهربية والميكانيكية والحرارية والضوئية وتحضير العينات الكيميائية والجافة وكذلك القيام بالعمليات الحاسوبية. هذا التجمع المركزي للأجهزة أتاح سهولة الوصول لها من جميع الباحثين بالجامعة وكذلك إمكانية إقامة ورش عمل ودورات تدريبية والمشاركة في نقل الخبرات الفنية التي تساعد على تنمية تبادل المعلومات بين التخصصات المختلفة. وقد تم تقسيم المعامل إلى:

1. معامل قياس خواص المواد كما يبين شكل (1-10) :

- Atomic Force Microscope (AFM).
- Auger Electron Spectroscopy (AES).
- Contact Angle/Pendant drop.
- Density: Helium Pyconometry.
- Electron Backscattered Diffractometry (EBSD).
- Energy Dispersive Spectroscopy (EDS).
- Electrical Characterization.
- Electron Probe Micro Analysis (EPMA).
- Focused Ion Beam (FIB).
- Fourier Transform Infrared (FTIR).
- Raman Spectroscopy.
- Scanning electron Microscope.
- Transmission Electron Microscope.
- Thermal Analysis (TGA, DSC, TMA, DTA).
- Particle size analyzer.
- Zeta Potential.
- Surface Area analysis.
- X-Ray Photoelectron Spectroscopy (XPS).
- Time of Flight Secondary Ion Mass Spectrometry.
- X-Ray Diffraction (XRD, SAXS-WAXS).
- X-ray Photspectroscopy (XPS).
- Mechanical.
- Mercury Porosimetry.
- Nanoindentation.
- Optical Microscopy.
- Optical Profilometry.



شكل (1-10): صور لأهم التجهيزات المعملية بالمعامل المركزية لمركز علوم النانو بجامعة ولاية بنسلفانيا- الولايات المتحدة الأمريكية

2. معمل تصنيع النانو Nano Fabrication Lab

يوفر مختبر Penn State Nanofabrication على الشركات نفقات صيانة أحدث المعدات الخاصة بها. ويوفر طاقمًا تقنيًا عالي المهارة مخصصًا للعمل مع الشركات في ولاية بنسلفانيا وجميع أنحاء العالم ويشارك ما يقرب من مائة مجموعة بحثية في العلوم والهندسة عالية التأثير على المستوى النانوي. كما يوفر Nanofab أدوات متخصصة وموظفين تقنيين ذوي خبرة ومدربين تدريباً عالياً يدعمون الباحثين في المجالات التي تعكس قوة أعضاء هيئة التدريس بالجامعة، بما في ذلك ترسيب الرذاذ وترسيب الطبقة الذرية والكهرباء الإنضغاطية للأغشية الرقيقة والمواد ثنائية الأبعاد و CMOS وMEMs.

وتشمل القدرات الفنية التي تميز Nanofab الطباعة الحجرية بالحزمة الإلكترونية لميزات المقياس النانوي على الأسطح المنحنية والقدرة على دمج المواد الإلكترونية غير التقليدية، مثل الأكاسيد المعقدة والكالكوجينيدات والجرافين وما إلى ذلك، في الهياكل المعقدة. يتمتع المختبر بقدرات عالمية في مجال الترسيب والحفر والطباعة الحجرية وتعديل المواد.

ويظهر شكل (1-11) أهم التجهيزات داخل المعمل والحجرة النظيفة والتي تحتوي على أحدث التجهيزات التي لديها القدرة على ترسيب معظم العناصر والأكاسيد والتي تشكل اللبنة الأساسية للأجهزة الإلكترونية النانوية.

شكل (1-11) : صور لأهم التجهيزات المعملية بمعامل تصنيع النانو لمركز علوم النانو بجامعة ولاية بنسلفانيا- الولايات المتحدة الأمريكية

ويتيح المركز من خلال عمليات توجيه التوعية ونقل المعرفة للمركز مع الصناعة بشكل أساسي، حيث يتم التعاون البحثي بين أعضائه والعلماء والمهندسين في مختبرات أبحاث الشركات. العديد من أعضاء Penn State MRSEC لديهم مثل هذا التعاون. يتم التعاون مع كبرى الشركات الأمريكية مثل: Dow وeXo وXaar و UTRC و Intel و Texas Instruments و Ascent Bio-Nano Technologies و Johnson and Johnson و Pfizer و Millipore و Druker و Diagnostics وZimmer-BioMET و Malvent Instruments و IBM و KMLabs، وGenefluidics. ومن خلال برنامج الفروع الصناعية بالمركز، يتم دعم الطلاب بشكل مشترك من قبل الصناديق الصناعية والمركزية في المشاريع ذات الاهتمام المشترك. وقد قام عدد من أعضاء هيئة التدريس بتنظيم ورش عمل صناعية وقدموا دروساً ودعوا لمحادثات في اجتماعات ومؤتمرات مع مشاركات صناعية مهمة للغاية. ويستضيف المركز أيضاً عدداً من العلماء الزائرين من مختبرات الصناعة والحكومة. كان أعضاء المركز من المشاركين الرئيسيين في يوم المواد، وهو حدث سنوي شارك في رعايته التصوير بالرنين المغناطيسي ومكتب إدارة التكنولوجيا في ولاية بنسلفانيا والذي يجلب العلماء من أكثر من 80 شركة إلى ولاية بنسلفانيا. كان أعضاء هيئة التدريس بالمركز أيضًا مشاركين مهمين في Cross Over، وهي ندوة مدتها يوم واحد على غرار يوم المواد مع التركيز على التعاون العلمي والصناعي في الواجهة بين المواد النانوية وعلوم الحياة.

10.1. المركز الوطني لعلوم وتكنولوجيا النانو -جمهورية الصين الشعبية[11]

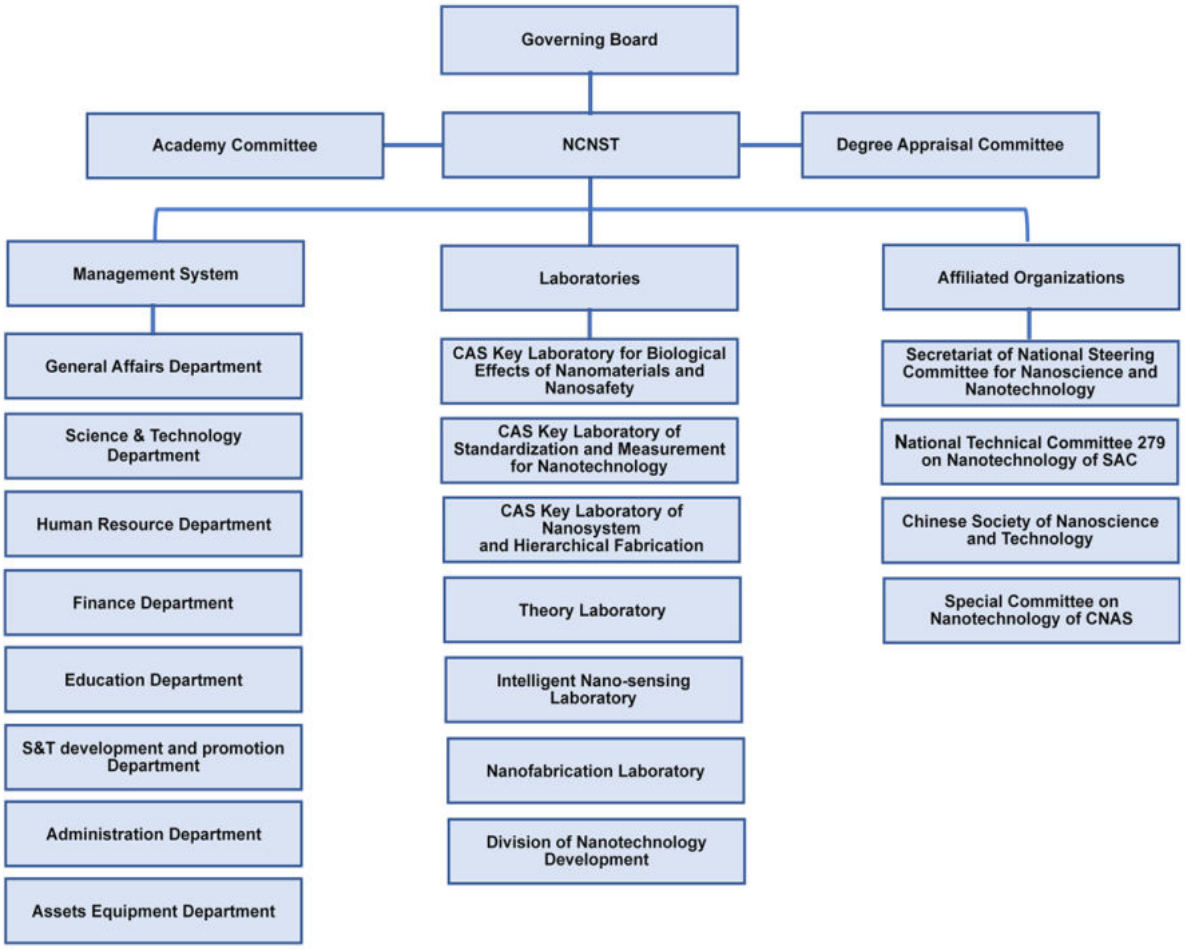
تأسس المركز الوطني لعلوم وتكنولوجيا النانو بالصين (NCNST) في ديسمبر 2003، وشاركت في تأسيسه الأكاديمية الصينية للعلوم (CAS) ووزارة التعليم كمؤسسة مكرسة للبحث الأساسي والتطبيقي في مجال علوم النانو والتكنولوجيا، خاصة تلك التي لها تطبيقات محتملة مهمة. يتم تشغيل المركز تحت إشراف مجلس الإدارة ويهدف إلى أن يصبح مركزاً للأبحاث على مستوى عالمي، بالإضافة إلى منصة تكنولوجية عامة ومركز تدريب المواهب الشابة في هذا المجال، والعمل كجسر مهم للتبادل الأكاديمي الدولي والتعاون.

يضم المركز حاليًا ثلاثة مختبرات رئيسية هي المختبر الرئيسي للتأثيرات البيولوجية للمواد النانوية وسلامة النانو، والمختبر الرئيسي لتوحيد وقياس تقنية النانو، والمختبر الرئيسي للنظم النانوية والتصنيع الهرمي. إلى جانب ذلك، هناك قسم تطوير تقنية النانو ومختبر معالجة النانو ومختبر الدراسات النظرية. وقد شارك المركز في تأسيس 19 مختبراً تعاونياً مع جامعة Tsinghua، وجامعة بكين، والأكاديمية الصينية للعلوم.

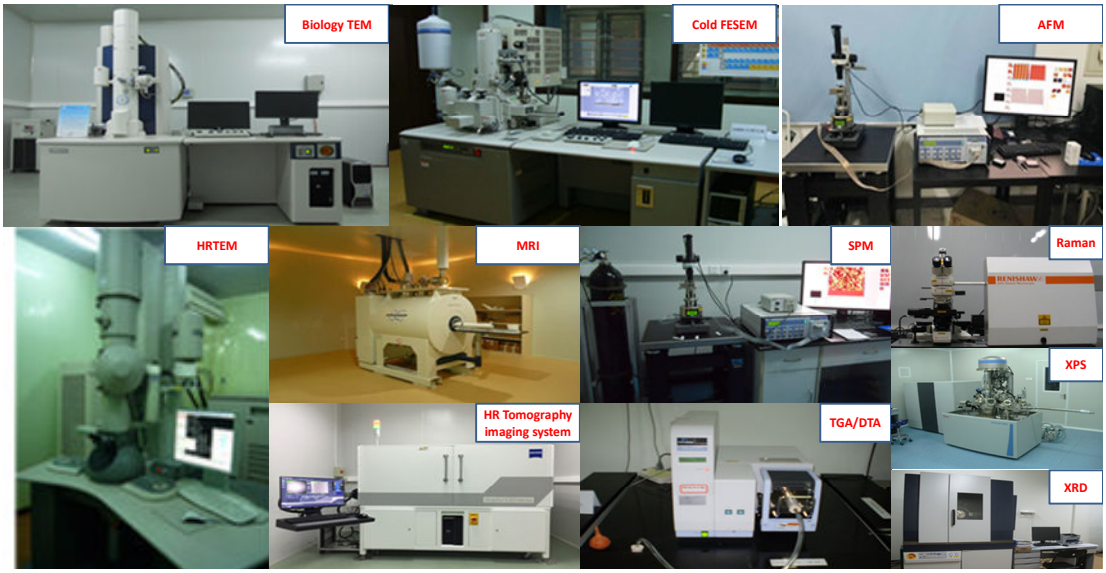
ويبين شكل (1-12) الهيكل التنظيمي[12] للمركز حيث تتكون أقسام الإدارة في المركز من مكتب الإدارة العامة، وإدارة العلوم والتكنولوجيا، وإدارة الموارد البشرية، وقسم التعليم، وإدارة تطوير وتعزيز العلوم والتكنولوجيا، والإدارة المالية والإدارية، وإدارة معدات الأصول. اللجنة الفنية الوطنية لإدارة التقييس في الصين (SAC / TC279) بشأن تقنية النانو، واللجنة الخاصة المعنية بتكنولوجيا النانو التابعة لخدمة الاعتماد الوطني الصيني لتقييم المطابقة، والجمعية الصينية لعلوم وتكنولوجيا النانو، وأمانة اللجنة التوجيهية الوطنية لعلوم النانو وتكنولوجيا النانو تابعة للمركز. المجلة الأكاديمية عالية التأثير حول علوم النانو وتكنولوجيا النانو، Nanoscale، يستضيفها المركز والجمعية الوطنية لمجموعة نشر الكيمياء. ويحتوي NCNST على برامج تعليم للأطباء وما بعد الدكتوراه في فيزياء المواد المكثفة والكيمياء الفيزيائية وعلوم المواد وعلم النانو والتكنولوجيا. في عام 2014، أشادت لجنة التقييم الدولية بالإنجازات الهامة والمساهمات البارزة في علم النانو، ولاحظت أن المركز الوطني للعلوم والتكنولوجيا (NCNST) قد ارتقى إلى مرتبة "الأفضل على الإطلاق في الصين". في عام 2018، أظهر مؤشر Nature أن NCNST كان أحد " أفضل 5 معاهد وفقاً لأحدث بيانات Clarivate Analytics في عام 2018، تم تضمين خمسة باحثين في NCNST في "الباحثين الأكثر استشهاداً " حول العالم في السنوات العشر الأخيرة، أي ما مجموعه 216 ورقة تم الاستشهاد بها بشدة. وفي نوفمبر 2013، بدأ المركز الوطني للعلوم والتكنولوجيا (NCNST) أحد برامج البحوث ذات الأولوية الإستراتيجية لـCAS، بعنوان " التركيز على

التصنيع النانوي الصناعي". وحدت فرق الابتكار من 25 معهداً من CAS قواها للتركيز على أهداف البحث والتطوير الرئيسية لتطوير المنتجات الجديدة المتعلقة بتكنولوجيا النانو وتكامل النظم النانوية، والتي سترفع أخيراً المستوى التقني للصناعة التقليدية. في ديسمبر 2018، اجتاز برنامج " التركيز الصناعي للصناعات النانوية" الاختبار. وفي أكتوبر 2015، أنشأت CAS "مركز التميز في علم النانو" (CAS-CENano) لتسريع إنشاء نموذج جديد للبحث العلمي، تتمثل مهامه في تجميع المواهب المبتكرة، والتركيز على طليعة علوم النانو، وتحقيق اختراق كبير، وأن تصبح منظمة مشهورة عالميًا.

شكل (1-12) : الهيكل التنظيمي للمركز الوطني لعلوم وتكولوجيا النانو
جمهورية الصين الشعبية



ويبين شكل (1-13) بعض من أجهزة تشخيص مـواد النـانو التركيبيـة والمورفولوجيـة والضوئية والفيزيائية والحرارية والتي يتواجد منها عدد كبير وبأجيـال متعـددة وتسـتخدم على نطاق كبير من قبل الباحثين بالمركز والمتعاونين معه[13].



شكل (1-13): صور لأهم التجهيزات المعملية بمعامل المركز الوطني لعلوم وتكنولوجيا النانو-جمهورية الصين الشعبية

ويتميز المركز بشبكة واسعة من التعاون المحلي والدولي كما يبين شكل (1-14) منذ إنشائه بشبكة مـن التعـاون المحلـي والـدولي وفي الوقـت نفسـه تلتـزم NCNST بتعزيـز التعاون الدولي والتبادل في مجـال علـوم وتكنولوجيـا النـانو بـين الصـين والخـارج. ففـي التعاون المحلي، أقام المركز تعاوناً طويل الأمد ومستقراً مع معهد الفيزياء، ومعهد الكيمياء، ومعهد فيزياء الطاقة العاليـة في الأكاديميـة الصـينية للعلـوم، وجامعـة بكـين، وجامعـة Tsinghuaوغيرها. أما في مجال التعاون الدولي، أقام المركـز تعاونـاً كبيـراً مـع العديـد مـن معاهد البحوث في كل من : ألمانيا وفرنسا والمملكة المتحدة وسويسرا والـدنمارك وفنلنـدا والولايات المتحدة الأمريكية وكندا واستراليا وروسيا وكوريا الجنوبية واليابان وما إلـى ذلـك. وقد شارك المركز بنشاط في برنـامج تـدريب الخـريجين المشـترك مـع الـدنمارك والمملكـة العربية السعودية، واستقبل الطلاب الأجانب برعاية زمالة TWAS وأشكال أخـرى مـن المـنح الدراسية، مما يعزز تدويل الأشخاص الموهوبين. ومن أجل تعزيز التعاون مع الدول الأجنبيـة، يستضيف المركز الوطني للعلوم والتكنولوجيا من 5-6 مـؤتمرات دوليـة ثنائيـة أو متعـددة الأطراف سنوياً، مع تعميق التعاون والتبادل الدولي، كما أن للمركز تأثيراً تدريجياً في مجـال

علم النانو في كـــل من الصين ودول العالم، وهو يسعى لتقديم مسـاهمته الخاصـة لتعزيـز التنمية المستدامة والصحية والسريعة لعلوم وتكنولوجيا النانو.[14]

شكل (1-14): شبكة التعاون المحلي والدولي للمركز الوطني لعلوم وتكنولوجيا النانو - جمهورية الصين الشعبية

الفصل الثاني

أهم التخصصات الأكاديمية والعلمية التي تتضمنها أنشطة المركز الوطني المقترح

مقدمة الفصل الثاني

يتناول هذا الفصل أهم التخصصات الأكاديمية والعلمية والبحثية التي يمكن أن يتضمنها هذا المركز الوطني المقترح من واقع المراكز والمعاهد التي سبق تقديمها في الفصل السابق ومن واقع احتياجات كل دولة سوف تقوم بإنشاء هذا المركز.

ومن الجدير بالذكر أن التخصصات التي سيتناولها هذا الفصل سوف تكون إرشادية للفصل التالي ويمكن أن تتواجد كلها أو بعضها طبقاً لما سوف تراه الدولة التي ستقوم بإنشاء المركز الوطني. أيضاً سيتم وضع تفصيلات دقيقة للتخصصات الأكاديمية التعليمية في ثلاث مجالات رئيسية هي علوم النانو وهندسة النانو وطب النانو والتي يمكن أن يتخصص في أحدها أو كلها (المركز- المعهد) المقترح إنشاؤه طبقاً للتخصصات المتاحة في الدولة التي سوف ينشأ فيها هذا المركز لسهولة تأهيل الكوادر المطلوبة والتي يمكن استضافة بعضها في الدول العربية العريقة في المجال والتي تتمتع ببنية تحتية وكوادر بشرية متخصصة قادرة على استيعاب هؤلاء الشباب، حيث توفر جامعات عربية مثل الجامعة المصرية اليابانية بجمهورية مصر العربية وجامعة الملك عبد العزيز بالمملكة العربية السعودية منحاً كاملة لدراسة الماجستير والدكتوراه والتي يمكن أن تستفيد من المراكز التكنولوجية للنانو والتي تتوافر في الجامعتين لتأهيل تلك المراكز عن طريق اتفاقيات ثنائية بين الأطراف التي ترغب في تسريع وتيرة العمل في إنشاء المراكز الخاصة بها.

كما يتناول الفصل معلومات مفصلة عن المختبرات العلمية والنقاط البحثية التي يقترح أن يجرى العمل بها حيث تتنوع احتياجات الدول التي يزمع أن تقام فيها (مراكز/ معاهد) لعلوم وتكنولوجيا النانو وبالتالي يمكن لكل دولة اختيار واحد أو أكثر من المختبرات التي تقع في مجال اهتمامها العلمي والاقتصادي، وقد تم إقتراح خمسة مختبرات في مجالات تطوير المواد النانوية لتحلية ومعالجة المياه وتطوير تكنولوجيا النانو لتوليد وتخزين الطاقة ومختبر تطوير المخصبات الزراعية النانوية ومواد التعبئة والتغليف ومختبر طب النانو ومختبر تصنيع مواد النانو NanoFab Lab . هذه المختبرات الخمس تضم أغلب الاهتمامات البحثية والتكنولوجية في مجال علوم وتكنولوجيا النانو، كما تتنوع الإختصاصات ما بين أبحاث أساسية وتطبيقية وصناعية لهدف الوصول إلى منتج نانوي يصل إلى السوق العربي والعالمي. وهناك أيضاً المعامل المركزية التي تحتوي على الأجهزة الرئيسية مثل معمل قياس خواص المواد ويشمل الأجهزة الرئيسية التي تستخدم لتوصيف وتشخيص المواد النانوية وتحديد الخواص المورفولوجية والتركيبية والبنائية والميكانيكية والضوئية والكهربية والإلكترونية ويمكن أن تشمل طبقاً لإمكانيات كل دولة الميكروسكوب الإلكتروني الماسح والميكروسكوب الإلكتروني النافذ وجهاز قياس حيود الأشعة السينية والميكروسكوب الإلكتروني ذو القوى الذرية وقياس الخواص الميكانيكية وأجهزة التحليل الحراري وجهد زيتا وقياس تأثير هول.

أيضاً المعمل المركزي للأجهزة الكبيرة مثل أجهزة تحضير الأغشية الرقيقة بالطرق الفيزيائية والأفران الحرارية ذات درجة الحرارة العالية والتي تعمل تحت ظروف جوية معينة وكذلك الأجهزة لقياس الخواص الكهروكيميائية وتحضير الأغشية الرقيقة والسميكة بالطرق الكهروكيميائية. أيضاً هناك معمل الأفران والمطاحن الذي يتطلب تواجد أفران ذات مواصفات معينة طبقاً للتطبيق والمواد المطلوب الحصول عليها، كما أن هناك الغرفة النظيفة والتي يمكن أن تتواجد في حالة طلب تطبيقات إلكترونية دقيقة أو تطبيقات طبية معينة.

أخيراً هناك المعامل الكيميائية والفيزيائية والكهروكيميائية والحيوية وهي ضرورية لكل المتخصصين في علوم وتكنولوجيا النانو، حيث تتنوع التجهيزات المعملية بها من منشآت مجهزة تتحمل الظروف المختلفة من كيماويات وكذلك هناك دواليب الكيماويات ووصلات الغاز والمياه والمياه النقية وغيرها من أدوات الحماية والسلامة والصحة المهنية والتي سوف نحاول ذكرها تفصيلاً في هذا الفصل بالإضافة إلى الأجهزة المطلوبة لكل معمل منها.

1.2.أهم التخصصات الأكاديمية:

أغلب المعاهد والمراكز التعليمية في مجال علوم وتكنولوجيا النانو تتميز بتقديم الفرص للحصول على درجات الماجستير والدكتوراه لخريجي الكليات العلمية المختلفة مثل العلوم (كيمياء - فيزياء - بيولوجي- فيزياء حيوية -...) والهندسة (كهرباء - كيمياء - ميكانيكا- مدني- عمارة - ....) والطب والصيدلة وطب الأسنان وذلك عن طريق برامج أكاديمية خاصة بعلوم وهندسة وطب النانو حيث يجب أن يتوفر أساتذة أكاديميون في الجامعات القريبة من (المعهد/المركز) المقترح إنشاؤه، ولديهم القدرة على تدريس تلك المقررات وتأهيل طلاب الماجستير/الدكتوراه للإبتكار والإبداع في مجال علوم وتكنولوجيا النانو ويمكن تفصيل تلك التخصصات الرئيسية فيما يلي:

1.1.2. علوم النانو:

يمثل المجال الأكاديمي في علوم النانو أهمية قصوى في التعرف على مبادئ وأسس علوم النانو والتي سوف تتيح للدارسين بها التعمق في فهم الظاهرة بشكل تفصيلي يتيح للطالب تطوير مواد النانو لتطبيقات مختلفة ويمكن للدارس بعد دراسة هذه المقررات أن يتمكن من اختيار نقطته البحثية لنيل درجة الماجستير أو الدكتوراه بمعاونة المشرفين كما يبين جدول (2-1) .

جدول (2-1): وصف للمقررات الدراسية المقترحة لتخصص علوم النانو

رقم	English Title	العنوان باللغة العربية
1	The Fundamental Science of Nanotechnology.	العلوم الأساسية لتقنية النانو.
2	Assembly and Fabrication of Nanomaterials.	تجميع/ تصنيع المواد النانوية.
3	Characterisation of nanomaterials.	توصيف المواد النانوية.
4	Computational Nanoscience.	علوم النانو الحاسوبية.
5	Nanomaterials for Photocatalytic Processes and Environmental Applications.	المواد النانومترية للحفز الضوئي والتطبيقات البيئية.
6	Nanoelectrochemistry.	كهروكيميائية النانو.
7	Mechanical Properties of Nanostructured Materials.	الخواص الميكانيكية للمواد النانومترية.
8	Chemistry and Characterization of Surfaces and Thin Films.	كيمياء وتوصيف السطوح والأفلام الرقيقة.

9	Quantum Nano-electronics.	إلكترونيات النانو الكمية.
10	Electronic, Optical and Magnetic Properties of Nanomaterials.	الخـــواص الإلكترونيـــة والضـــوئية والمغناطيسية للمواد النانومترية.
11	The Chemistry of Nanostructures.	كيمياء المواد النانوية.
12	Surface and Nanophysics.	فيزياء وسطح النانو.
13	Quantum dots.	النقاط الكمية.
14	Semiconductor Devices Physics and Technology.	تكنولوجيـــا وفيزيـــاءأجهزة أشـــباه الموصلات.
15	Renewable and Alternate Energy Nanotechnologies.	تكنولوجيـا النـانو والطاقـة البديلـة والمتجددة.
16	Nano-process modeling and simulation.	نمذجة العمليات النانوية.
17	Thin films Nanotechnologies.	تكنولوجيـــــــــا الطبقـــــــــات الرقيقة والنانومترية.
18	Management and Economics of Nanotechnology.	إدارة واقتصاديات تقنية النانو.
19	Laboratory Rotations.	تدريبات معملية.

2.1.2. هندسة النانو :

يمثل مجال هندسة النانو الجانب التكنولوجي الـذي لديـه القـدرة على تحويـل مـواد النانو إلى منتجات سوقية تتنافس بها الدول في هـذا المجـال الواعـد. المقـررات المقتـرح تدريسها بعضها يتم تدريسه في مجال علوم النانو والباقي يركز على أنظمة وأجهزة النانو في مجالات النانوإلكترونيك والنانوفوتونيك والطاقة والبناء والتشييد وغيرها.

جدول (2-2): وصف للمقررات الدراسية المقترحة لتخصص هندسة النانو

رقم	English Title	العنوان باللغة العربية
1	The Fundamental Science of Nanotechnology.	العلوم الأساسية لتقنية النانو.
2	Assembly and Fabrication of Nanomaterials	تجميع/ تصنيع المواد النانوية.
3	Characterization of nanomaterials	توصيف المواد النانوية.
4	Introduction to Nano-Science and Engineering.	مقدمة في علوم وهندسة النانو.
5	Introduction to Nanoelectronis.	مقدمة في إلكترونيات الجسيمات النانوية.
6	Nanophotonics.	فوتونيات النانو.
7	Micro/Nanoelectromechanical systems (MEMS/NEMS).	أنظمة الميكرو/ النانو الكهروميكانيكية.
8	Surface Science and Engineering.	علوم وهندسة السطح.
9	Optoelectronic Materials and Devices.	المواد والأجهزة الإلكترونية الضوئية.
10	Introduction to Nanoscale Engineering Design and Manufacturing.	مقدمة للتصنيع والتصميم الهندسي لجسيمات النانو.
11	Physical Principles of Nanoscale Science and Engineering.	المبادئ الفيزيائية لعلوم وهندسة النانو.
12	Mechanical Properties of Nanomaterials.	الخواص الميكانيكية للمواد النانوية.
13	Electrical, Dielectric, and Magnetic Properties of Engineering Materials.	الخواص الكهربية والمغناطيسية للمواد الهندسية.
14	Nano-scale polymer Science and Engineering.	علوم وهندسه النانو-بوليمر.

15	Integrated Circuit Fabrication Methods.	طـــرق تصـــنيع الـــدوائر المتكاملة.
16	Electronic Devices and Circuits for Nanoengineers.	الأجهـزة والـدوائر الإلكترونيـة لهندسة النانو.
17	Thin film technology.	تكنولوجيا الطبقات الرقيقة.
18	Selected topics in Nanoscale Engineering.	أنظمـــة الاستشـــعار في مستوى الماكرو والنانو.
19	Advanced Nano-Electronic Components.	مكونـات النـانو-الإلكترونيـة المتقدمة.
20	Materials and Devices for Photovoltaic Applications.	مـواد وأجهـزة للتطبيقـات الكهروضوئي.
21	Thermoelectric Nanocomposites.	المركبـــات النانويـــة الكهروحرارية.
22	Nanosensors.	المجسات النانومترية.
23	The use of Nanotechnology in Construction Engineering.	اسـتخدام تكنولوجيـا النـانو في هندسة البناء.
24	Laboratory Rotations.	تدريبات معملية.

3.1.2. طب النانو:

ويهدف التخصص إلى إعداد وتأهيل الكوادر العلمية المتخصصة في المجـالات الطبيـة النانوية وخاصة المـواد الحيويـة والعـلاج بـالمواد الطبيـة النانويـة والتشـخيص والتصـوير وتطبيقات المواد الحيوية النانومترية في هندسة الأنسجة والمواد النانوية وعلاج السرطان وتطبيقات الألياف النانومترية في المجالات الطبية والمجسات الحيوية ومتراكبات الأسـنان النانوية والصيدلانيات النانوية ودراسة السمية والإتاحيـة الحيويـة للمستخلصـات النانويـة وغيرها.

جدول (2-3): وصف للمقررات الدراسية المقترحة لتخصص طب النانو

رقم	English Title	العنوان باللغة العربية
1	The Fundamental Science of Nanotechnology.	العلوم الأساسية لتقنية النانو.
2	Assembly and Fabrication of Nanomaterials.	تجميع/ تصنيع المواد النانوية.
3	Principles of Nanomedicine.	أساسيات طب النانو.
4	Biomaterials and Nanomedicine.	المواد الحيوية وطب النانو.
5	Nano Diagnostics and Imaging.	تطبيقات النانو في التشخيص والتصوير.
6	Nanomedicines and Therapeutics.	طب النانو والعلاج.
7	Nanomaterials for drug delivery.	الموادالنانوية وتوصيل الدواء.
8	Biomedical Materials Engineering.	هندسة المواد الحيوية الطبية.
9	Biomaterials/Nanomaterials in Tissue Engineering.	تطبيقات المواد الحيوية النانومترية في هندسة الأنسجة.
10	Biological Nanomaterials.	المواد النانوية البيولوجية.
11	Characterisation of Nanomaterials.	توصيف المواد النانوية.
12	Ethics, safety and regulation.	الأخلاقيات، والأمان والقوانين المنظمة.
13	Nanomaterials for cancer treatment.	المواد النانوية وعلاج السرطان.
14	Nanofibers in medicine.	تطبيقات الألياف النانومترية في المجالات الطبية.
15	Biosensors.	المجسات البيولوجية.
16	Biophotonics and bioimaging.	الفوتونيات الحيوية والتصوير الحيوي.

17	Interaction of nanomaterials with biological systems.	تفاعل المواد النانوية مع الأنظمة البيولوجية.
18	Selected topics in Manomedicine.	موضوعات مختارة في طب النانو.
19	Introduction to Nanomedicine Science and Technology.	مقدمة في علوم طب النانو وتقنياته.
20	Nanotechnologies for regenerative medicine and tissue engineering.	تكنولوجيا النانو في الطب التجديدي وهندسة الأنسجة.
21	Nano-Diagnostics.	المواد النانوية لتشخيص الأمراض.
22	Nano-Biosensors.	المواد النانوية - أجهزة استشعار حيوية.
23	Nano-Pharmaceuticals.	الأدوية النانوية.
24	Nanomaterials in dentistry.	المواد النانومترية في الأسنان.
25	Optical methods for Biomedical Imaging and Diagnostics.	استخدام الطرق الضوئية في مجال التصوير والتشخيص الحيوي- الطبي.
26	Laboratory Rotations.	تدريبات معملية.

2.2. أهم التخصصات والمختبرات البحثية في علوم وتكنولوجيا النانو:

تتنوع احتياجات الدول التي يزمع أن تقام فيها (مراكز-معاهد) لعلوم وتكنولوجيا النانو، فمثلاً الدولة التي تعاني من شح المياه، يجب أن تتعمق في تخصصات تحلية ومعالجة المياه من أجل توفير المياه النظيفة وبأسعار إقتصادية وهو ما يجعلها تركز على إنشاء مختبر متخصص في تطوير المواد النانومترية لتصنيع الفلاتر والمرشحات النانوية لتحلية المياه المالحة أو تطوير أنظمة نانوية لمعالجة مياه الصرف الزراعي والصناعي والصحي وإعادة تدويرها لأنظمة الري وغيرها من الإستخدامات. الدول التي تعاني من نقص في إمدادات الطاقة تقوم بإنشاء مختبرات متخصصة في مجال إنتاج الطاقة الكهربية من أنظمة الطاقة الشمسية والرياح والوقود الحيوي وإنتاج الوقود الشمسي السائل وأنظمة تخزين الطاقة من بطاريات ومكثفات فائقة السعة. الدول التي تواجه من مشكلات نقص الغذاء، فهناك المخصبات النانوية التي أثبتت فاعلية كبيرة في تطوير نظم الإنتاج الزراعي

وزيادة الإنتاجية بطرق آمنة. تفاقم المشاكل الصحية والأوبئة يستلزم إنشاء مختبرات في مجال طب النانو والتشخيص والتصوير النانوي الحيوي ودراسات السمية والإتاحية الحيوية وعلاج الأمراض المستعصية مثل السرطان. فيما يلي نستعرض تلك التخصصات ببعض التفصيل.

1.2.2. مختبر تطوير المواد النانوية لتحلية ومعالجة المياه:

- تطوير وتصنيع أغشية نانوية من الجرافين لتنقية المياه واختبارها وفحص خصائصها النفاذية والميكانيكية.
- تطوير أغشية رقيقة من المتراكبات والمتراكبات النانوية.

Thin Film Composites (TFC) and Thin Film Nanocomposites (TFN) باستخدام البوليمرات التقليدية Polyamide المواد النانوية مثل أنابيب الكربون النانوية والجرافين لتحسين كفاءة التحلية وتخفيض الطاقة المستهلكة لزيادة الإنتاجية.

- تطوير وتشييد معماريات نانوية Nano Architectures من الجرافين المسامي الشبه نفاذ لتطوير متراكبات ذات كفاءة تحلية عالية من الطاقة الشمسية.
- تطوير مواد نانوية غير عضوية ذات قيمةاقتصادية عالية لتنقية مياه الصرف الصحي والزراعي والصناعي.
- نقل وتوطين التكنولوجيا المعالجة والتحلية النانوية.

2.2.2. مختبر تطوير تكنولوجيا النانو لتوليد وتخزين الطاقة:

- تطوير مواد نانومترية فائقة الكفاءة لتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية وكهربية وتستخدم في الخلايا الشمسية أو المجمعات والمركزات الشمسية.
- تطوير متراكبات نانومترية تستخدم في تخزين الطاقة باستخدام بطاريات بديلة لبطاريات أيون الليثيوم.
- تطوير مركبات نانوية ذات كفاءة عالية لاستخدامها في المكثفات فائقة السعة.
- إستخدام النانوتكنولوجي لتصنيع نبائط كهروحرارية متطورة.
- استخدام النانوتكنولوجي المطور محلياً لإنتاج خلايا الوقود.
- إنتاج الوقود الشمسي السائل باستخدام محفزات نانوية متطورة.
- إنتاج الوقود الحيوي باستخدام الطحالب البحرية ومغذيات نانوية.

3.2.2. مختبر تطوير المخصبات الزراعية النانوية ومواد التعبئة والتغليف:

إن استخدام المواد النانوية في برامج التسميد يعتبر بـديلاً فعـالاً للأسـمدة التقليديـة حيث يحقق العديد من المزايا نظراً لإستعمالها بكميات أقـل، وثباتهـا العـالي تحـت الظـروف المختلفة مما يزيد القدرة على تخزينها لفترات أطول، وبالتالي تحقيـق العديـد مـن الفوائـد للنبات والبيئة وذلك كما يلي:

1. الأسمدة النانوية ذات حجم صغير جداً فلا تحتاج مساحات كبيرة.
2. يتم استخدامها رشاً على المجموع الخضري فيستفيد منها النبات بصورة أسرع.
3. سريعة الإمتصاص، مما يتيح استعمالها في الأوقات المطلوبة تبعاً لاحتياجات النبـات الفعلية.
4. لا يحتاج الفدان إلا كميات قليلة منها فمثلاً نجد أن استخدام 1 كجم فقـط مـن سـماد النانو فوسفات يكون بديلا عن 150 الى 200 كجم سماد سوبر فوسـفات في مـزارع الموالح.
5. تساعد الأسمدة النانوية في حماية البيئة، وصحة الإنسان.
6. تزيد من ربحية المزارع نظراً لتقليل مصاريف التسميد والرش.
7. إستخدام الأسمدة النانوية يساعد على تقليل استهلاكنا للموارد والطاقة بقدر كبيـر، مما يؤدي لتحقيق التوسع الاقتصادي الصديق للبيئة.
8. إستخدام الأسـمدة النانويـة يسـاعد في التغلـب على مشـاكل تلـوث التربـة والميـاه وتقليل الإنبعاثات الكربونيـة لمصـانع الأسـمدة التقليديـة والتـي تسـبب التغيـرات المناخية الحادة.
9. إستخدام الأسمدة النانوية في الظروف البيئية غير الملائمـة يـؤدي لتقليـل الاجهـاد الذي تتعرض له النباتات.
10. يؤدي نقع البذور في الأسمدة النانوية لتحسـين إنباتهـا وزيـادة قـوة البـادرات على تحمل الظروف المختلفة.

أمثلة للمشاريع المقترحة لتطوير مواد نانومترية لإستخدامها في تطوير المخصبات الزراعية:

- تطوير تكنولوجيات اقتصادية لإنتاج عناصر التسميد التي يحتاجها النبات سواء الكبرى أو الصغرى في الصورة النانوية، مما يتيح استخدامها في العديد من المحاصيل سواءً الحقلية أو البستانية مثل النيتروجين والفوسفات والبوتاسيوم والحديد والزنك والكالسيوم وغيرها.
- إنتاج مواد تعبئة وتغليف نانوية لثمار الفاكهة والخضر لتقليل الفاقد وزيادة عمر الثمار والإحتفاظ بمواصفاتها لأطول فترة ممكنة.
- تطوير إنتاج جزيئات السليكا النانوية من المخلفات الزراعية واستخدامها في حفظ الفاكهة والخضروات.
- تطوير إنتاج أكسيد الزنك النانوي واستخدامه في رش بعض المحاصيل مثل الفول السوداني.
- تطوير طرق طلاء جسيمات الهيدروكسي أباتيت (HA) النانوية بجزيئات من اليوريا. هيدروكسي أباتيت هو معدن موجود في أنسجة الإنسان والحيوان ويعتبر صديق للبيئة. تؤدي عملية التهجين في الماء، لكل من جسيمات الهيدروكسي أباتيت واليوريا إلى تحرير النيتروجين ببطء، حيث تكون سرعة التسريب هذه 12 مرة أبطأ من تحرير اليوريا نفسها لغاز النيتروجين.
- تطوير معاملات نانوية لتغذية النباتات والمحاصيل بالعناصر اللازمة لتطوير الإنتاج الزراعي على المحاصيل الإستراتيجية مثل الذرة الصفراء والقمح وغيرهما.

4.2.2. مختبر طب النانو:

يمثل طب النانو(Nanomedicine) : تلك التطبيقات الطبية لتقنية النانو، وتتنوع مجالات الطب النانوي من مجموعة التطبيقات الطبية للمواد النانوية، وأجهزة الاستشعار الإلكترونية النانوية، إلى التطبيقات المستقبلية المتاحة للتقانة النانوية الجزيئية. إلا أن المشكلات الحالية التي تواجه الطب النانوي كثيرة، تنطوي أهمها على فهم القضايا المتصلة بعلم السموم النانوي والأثر البيئي للمواد النانومترية الحجم. ومن المشروعات البحثية المقترحة لهذا المختبر يمكن ترتيب الأولويات طبقاً لكل دولة وكما يلي:

- توصيل الدواء:

حيث ترتكز المدخلات الطبية النانوية لعملية توصيل الدواء على تطوير الجسيمات أوالجزيئات نانوية القياس بهدف تحسين الإتاحة الحيوية Bioavailability للدواء ويشير هذا المصطلح إلى تواجد جزيئات الدواء في المكان المطلوب تواجدها فيه

داخل الجسم البشري حيث تكون الفائدة منها أفضل. وتركز عملية توصيل الدواء على زيادة التوافر الحيوي سواءً بالأماكن الخاصة داخل الجسم وعلى مدار مدة زمنية معينة. ويمكن تحقيق ذلك بصورةٍ متوقعة من خلال الاستهداف الجزيئي molecular targeting باستخدام الأجهزة المهندسة نانوياً.

- تصوير الأورام السرطانية:

في حين يمنح الحجم الصغير للجسيمات النانوية خصائص قد تمثل فائدة كبيرة في علم الأورام أو الأنكولوجي oncology. وبصورة خاصة في مجال التصوير. فعندما تُستخدم النقاط الكمومية Quantum Dots جسيمات نانوية ذات خصائص حابسة، ومنها انبعاث الضوء الانضباطي الحجم size-tunable light emission مصاحبةً للتصوير بالرنين المغناطيسيMRI، يمكن الحصول على صوراستثنائية لمواقع الأورام. حيث أن تلك الجسيمات النانوية تكون أكثر بريقاً من الأصباغ العضوية ولا تحتاج سوى إلى مصدر ضوء واحد فقط للإثارة والتوهج. وهذا يعني أن استخدام نقاط الفلوريسينت الكمومية تنتج صورا أكثر تبايناً وبتكلفة أقل عن الأصباغ العضوية المستخدمة في يومنا هذا كوسيط للتباين أو ما يطلق عليه المادة المظللة contrast media إلا أن الجانب السلبي في ذلك الأمر على الرغم من ذلك يتمثل في أن تلك النقاط الكمومية غالباً ما تصنع من عناصر سامة تماماً.

- التطبيقات الطبية للتقنية النانوية الجزيئية:

يمثل علم التقانة النانوية الجزيئية إحدى مجالات الدراسة الفرعية المستقبلية لعلم التقانة النانوية والذي يهتم بإمكانية هندسة المجمعات الجزيئية، وهي تلك الآلات التي تعيد تنظيم وترتيب المادة على المقياس الجزيئي أو الذري. إلا أن علم التقانة النانوية الجزيئية يتسم بأنه نظري بدرجةٍ عاليةٍ، حيث يسعى إلى توقع ماهية الاختراعات التي قد تُقَدَم في مجال التقانة النانوية بالإضافة إلى أنه يقترح أجندة عمل للتساؤلات المستقبلية. هذا بالإضافة إلى أن العناصر المقترحة لعلم التقانة النانوية الجزيئية ومنها المجمِّعات الجزيئية وروبوتات النانو بعيدة جداً عن الإمكانيات والقدرات الحالية.

- روبوتات النانو:

إن التوقعات المحتملة حول إمكانية استخدام روبوتات النانو في المجال الطبي ستغير من عالم الطب في حال تم تحقيقها. حيث سيستفيد طب النانو من مثل تلك الروبوتات النانوية (ومنها على سبيل المثال؛ الجينات المحوسبةComputational Genes)،

من خلال وضعها بالجسم بهدف إصلاح أو اكتشاف الأضرار والعدوى التي يتعرض لها الجسم. وطبقاً لما أورده روبرت فريتس Robert Freitas والعامل بمعهد التصنيع الجزيئي، فإن الروبوت النانوي النموذجي المتحمل للدم يصل حجمه إلى ما بين 0.5-3 ميكروميتر، ذلك لأن هذا الحجم يعد أقصى حجم متاح نتيجة متطلبات ممر الشعيرات الدموية للسماح له بالمرور. وقد يصبح الكربون العنصر الأساسي والمستخدم في بناء تلك الروبوتات النانوية نتيجة قوته الداخلية الكامنة والعديد من الخصائص الأخرى لبعض أشكال الكربون (مركبات الألماس والفوليرين، هذا بالإضافة إلى أن روبوتات النانو تلك سيتم تصنيعها بمصانع سطح المكتب النانوية والمخصصة لذلك الغرض.

- علم أمراض الكلى النانوي:

علم أمراض الكلى النانويNanonephrology هو أحد فروع طب النانو والتقانة النانوية والذي يتناول كلاً من:

1) دراسة بنيات بروتين الكلى على المستوى الذري.
2) مداخل وأساليب التصوير النانوي لدراسة العمليات الخلوية داخل خلايا الكلى.
3) العلاجات الطبية النانوية والتي تستخدم الجسيمات النانوية بالإضافة إلى معالجة مختلف أمراض الكلى.

كما أن عملية تصنيع واستخدام المواد والأجهزة على المستوى الجزيئي والذري والتي تستخدم لتشخيص وعلاج أمراض الكلى تعد من مجالات علم أمراض الكلى النانويNanonephrology والتي ستلعب دوراً فعالاً في علاج المرضى الذين يعانون من هذه الأمراض في المستقبل. هذا بالإضافة إلى أن الإنجازات المتقدمة في مجال هذا العلم ستُبنى على الاكتشافات في تلك المجالات السابق ذكرها والتي توفر معلومات نانوية حول الآلية الجزيئية الخلوية والمدمجة في عمليات الكلى الطبيعية بالإضافة إلى الحالات المرضية المختلفة.

ومن خلال تفهم واستيعاب الخصائص الفيزيائية والكيميائية للبروتينات والجزيئات الأخرى على المستوى الذري بالعديد من الخلايا المختلفة بالكلى، يمكن تصميم مدخلات علاجية جديدة لتتنافس في علاج أمراض الكلى الرئيسية.

وتعد الكلى الصناعية النانوية هدفاً يحلم العديد من الأطباء بتحقيقه. وستسمح الإنجازات الهندسية النانوية المتقدمة بتصنيع الروبوتات النانوية التي يمكن برمجتها والتحكم فيها والتي تهدف إلى تنفيذ وإنجاز إجراءاتٍ علاجيةٍ وبنائية داخل الكلى البشرية على المستويات الخلوية والجزيئية. كما أن تصميم الهياكل النانوية والمتوافقة مع خلايا

الكلى والتي يكون لها القدرة على إجراء العمليات الحيوية in vivo بصورةٍ سالمةٍ آمنةٍ يعد أيضاً هدفاً مستقبلياً يرجى تحقيقه. وهنا يجب ملاحظة أن القدرة على توجيه الأحداث على المستوى النانوي الخلوي لها الكفاءة والقدرة على تحسين حياة المرضى الذين يعانون من أمراض الكلى.

- توجيه الدواء إلى الخلايا السرطانية:

يتحقق توجيه الدواء إلى الخلايا السرطانية باستخدام تقنيات النانو بدقة، وذلك عن طريق 3 قواعد رئيسية، أولهما أن يتم وضع جرعة العلاج الكيميائي في النواقل النانوية (Nanocarriers)، وهي مواد نانوية تُستخدم كوحدة نقل للعقار لتوجيهه إلى الخلايا السرطانية دون غيرها، وثانيهما أن يُوجَد على سطح تلك النواقل ما يسمى بـ"الربيطات الكيميائية" (Ligands)، ووظيفتها أن تتعرف على العنصر الثالث في العملية وهي "المستقبلات" (Receptors) التي توجد بكمية كبيرة على سطح الخلايا السرطانية دون السليمة، وعند إتحاد الربيطات والمستقبلات معاً، يتم إفراغ جرعة الدواء الموجه داخل الخلايا السرطانية بدقة متناهية، دون أن يصل الدواء إلى الخلايا السليمة.

5.2.2. مختبر تصنيع مواد النانو NanoFab Lab.:

إن تجهيز مختبر لتصنيع مواد النانو الرئيسية مثل التيتانيا والنانوسيلفر والنانوجولد والسليكا النانوية والجرافين وأنابيب الكربون النانوية وغيرها أصبح من الأهمية التكنولوجية والاقتصادية لضمان تمويل مستمر لأبحاث معامل النانو المختلفة، حيث تحتاج هذه المواد للعديد من الباحثين بالأقسام العلمية المختلفة حيث أصبح هناك وعي كبير لدى الباحثين لاستخدام هذه المواد في التطبيقات الصناعية المختلفة مثل الدهانات والأصباغ والتشييد والبناء والمخصبات الزراعية والصناعات الإلكترونية والطاقة والسيارات والبيئة والصناعات الغذائية.

3.2. المعامل المركزية لتشخيص المواد وأجهزة التحضير الكبيرة والغرف النظيفة:

1.3.2. معمل قياس خواص مواد النانو:

يتكون هذا المعمل من عدة معامل فرعية ويشمل الأجهزة الرئيسية التي تستخدم لتوصيف وتشخيص المواد النانوية وتحديد الخواص المورفولوجية والتركيبية والبنائية والميكانيكية والضوئية والكهربية والإلكترونية ويمكن أن تشمل طبقاً لإمكانيات كل دولة الميكروسكوب الإلكتروني الماسح والميكروسكوب الالكتروني النافذ وجهاز قياس حيود الأشعة السينية والميكروسكوب الالكتروني ذو القوى الذرية وقياس الخواص الميكانيكية وأجهزة التحليل الحراري وجهد (ZETA) وقياس تأثير (HALL) ومن أمثلة هذه الأجهزة (جدول 2-4) :

جدول (2-4): وصف للأجهزة المقترحة في معمل قياس خواص النانو ووظائفها

Equipment Name	وظيفة الجهاز
High Resolution Transmission Electron Microscope (HRTEM).	الميكروسكوب الالكتروني النافذ ذو الدقة العالية لقياس حجم المواد النانو بدقة أقل من 0.2 nm.
X-Ray Diffraction.	جهاز قياس حيود الأشعة السينية لقياس التركيب البنائي للمواد النانومترية وحساب حجم البلورات.
Contact Angle/Pendant drop.	جهاز قياس زاوية الإتصال لمعرفة خواص التوتر السطحي للمواد معرفة خواص المواد المحبة والكارهة للماء.
Density: Helium Pyconometry.	جهاز قياس الكثافة.
Field Emission Scanning Electron Microscope.	الميكروسكوب الإلكتروني الماسح ويحدد الخواص المورفولوجية للمواد سواء كانت على شكل غشاء رقيق أو مسحوق أو صلبة.
Energy Dispersive Spectroscopy (EDS).	جهاز تحليل العناصر باستخدام الأشعة السينية وهو ملحق بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح.
X-Ray Photospectroscopy (XPS).	جهاز الأشعة الضوئية السينية لمعرفة التركيب البنائي للمادة من خلال طاقة الربط.
Focused Ion Beam (FIB).	جهاز أيون الشعاع المركز وهو جهاز يستخدم للتصوير في مجال الصناعات الإلكترونية وعلوم المواد والتطبيقات البيولوجية.
Fourier Transform Infrared (FTIR).	جهاز فورير للأشعة تحت الحمراء ويستخدم لمعرفة التركيب والروابط بين المركبات العضوية والمواد الحيوية ومعرفة نسب الماء.
Raman Spectroscopy.	جهاز رامان لمعرفة التركيب الكيميائي، الطور وتعدد الأشكال، التبلور والتفاعلات الجزيئية.
Thermal Analysis (TGA, DSC, TMA,	جهاز قياس الخواص الحرارية تحت ظروف

DTA).	مختلفة.
Particle size analyzer.	جهاز تحليل حجم العناصر.
Zeta Potential.	جهاز قياس جهد زيتا.
Surface Area analysis.	جهاز تحليل المساحة السطحية.
Mechanical properties.	أجهزة قياس الخواص الميكانيكية.
Nanoindentation.	جهاز لقياس صلادة المواد النانوية.
Optical Microscopy.	جهاز الميكروسكوب الضوئي.
Optical Profilometry.	جهاز قياس سمك الأغشية الرقيقة.
Atomic Force Microscope (AFM).	ميكروسكوب القوة الذرية.
UV-Vis Spectrometer equipped with integratingsphere.	جهاز قياس الطيف الضوئي في المنطقة الأشعة فوق البنفسجية - المرئية.

2.3.2. معامل أجهزة التحضير الكبيرة:

يفضل أن يتم تجميع الأجهزة الكبيرة في معمل واحد أو أكثر طبقاً لحجم وعدد الأجهزة وذلك لتعدد استخداماتها وسهولة وضع برامج صيانة وتشغيل مستدامة حتى تحقق الفائدة المرجوة منها في استفادة أكبر عدد من الباحثين والطلبة من استخدامها وتوفير البيئة المناسبة لتشغيلها سواء التحكم في درجات حرارة المعامل والرطوبة وتوفير الغازات المطلوبة للتشغيل وغيرها ويمكن تقسيم تلك المعامل طبقاً للغرض من استخدامها ونوع الأجهزة التي تحتويها ومن أمثلة ذلك مايلى:

1.2.3.2. معمل الأغشية الرقيقة:

ويمكن أن يحتوي هذا المعمل على مجموعة من أجهزة تحضير الأغشية الرقيقة ذات الاستخدام في الصناعات الإلكترونية، والجدول التالي يتضمن أمثلة لهذه الأجهزة وتطبيقاتها المحتملة:

جدول (2-5): وصف للأجهزة المقترحة في معمل الأغشية الرقيقة وتطبيقاتها

	إسم الجهاز	التطبيق
.1	Magnetron, DC & RF Sputtering.	التبخير الفيزيائي لأغشية رقيقة من أكاسيد المعادن مثل ITO, ZnO وكذلك العناصر الصعب تبخيرها بالطرق العادية مثل البلاتين والموليبدنيوم والسليكون.
.2	Thermal Vacuum Evaporation, Electron Beam.	التبخير الفيزيائي عنصر أو أكثر تحت التفريغ مثل الذهب والنحاس والنيكل والفضة لاستخدامها كطبقات موصلة في النبيطات الإلكترونية.
.3	Chemical Vapor Deposition and Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition.	التبخير الكيميائي للعديد من المواد والمركبات وتحضير أغشية رقيقة من مواد ذات قيمة عالية مثل الجرافين.
.4	Laser Ablation Deposition.	هي عملية إزالة مواد من الصلبة (أو من السائل أحيانا) من السطح عن طريق تشعيعه بأشعة ليزر في حالة دفق ليزر منخفض، يتم تسخين المادة من طاقة الليزر وتتبخر أو تتسامى في حالة دفق الليزر العالي، عادة ما يتم تحويل هذه المواد إلى البلازما. وبالتالي يتم تحضير أغشية رقيقة من مواد مختلفة في حجم النانو.
.5	Atomic Layer Deposition.	وهي تقنية عالية الجودة لتحضير أغشية نانوية رقيقة من ذرات المواد بطريقة كيميائية.

2.2.3.2. معمل الأفران والطحن :

يحتوي هذا المعمل على عدد من الأفران عالية درجة الحرارة وتحت أجواء معينة من الغازات مثل النيتروجين والأرجون أو تحت التفريغ طبقاً للتطبيق وللمواد المراد تحضيرها ويتوقف حجم الفرن الداخلي على كمية المواد النانوية المراد تحضيرها، حيث أن هذه الأفران يمكن أن تكون بداية جيدة لعملية تصنيع معملي لكميات معقولة من مواد النانو مثل التيتانيا والسليكا والنانوسيراميك والجرافين وأنابيب الكربون النانوية والنانوجولد. أيضا المطاحن بأنواعها هامة جداً لتكسير المواد الميكروية وتحويلها لمواد نانوية بكميات كبيرة تعتمد على قدرة وسعة المطحنة. وفيما يلي قائمة بأهم أنواع الأفران والمطاحن التي يمكن أن تتواجد في هذا المعمل:

جدول (2-6) : وصف للأجهزة المقترحة في معمل الأفران والطحن وتطبيقاتها

	نوع الفرن أو المطحنة	التطبيق المحتمل
.1	Drying Furnace.	تجفيف العينات والمواد النانوية من درجة حرارة الغرفة حتى 300 درجة مئوية.
.2	Muffle Furnace.	وهو فرن معزول حرارياً يمكن أن تصل درجة حرارة الغرفة به إلى 1200 درجة مئوية ويمكن أن يعمل تحت أجواء من غازات مختلفة ويعتمد حجمه على التطبيق المطلوب.
.3	Temperature Controlled, Atmosphere Controlled Furnace.	وهي أفران ذات قدرة عزل عالية ويتم التحكم في درجات الحرارة صعوداً وهبوطاً عن طريق Temperature Controller وكذلك التحكم في نوع الغازات التي يتم رفع درجات الحرارة بداخلها ويمكن أن تصل درجات الحرارة إلى 1800 - 2000 درجة مئوية.
.4	Vacuum Furnace.	وهي تعمل تحت التفريغ وتصل درجات الحرارة إلى 300 درجة مئوية.
.5	Planetary Ball Mills.	تعد مطاحن الكرات الكوكبية أصغر من المطاحن الكروية الشائعة وتستخدم بشكل أساسي في المختبرات لطحن عينة المواد وصولاً إلى أحجام صغيرة جداً. تتكون المطحنة الكروية الكوكبية من جرة طحن واحدة على الأقل مرتبة بشكل غير مركزي على ما يسمى عجلة الشمس.
.6	Ball Mills.	المطحنة الكروية هي نوع من المطاحن تستخدم لطحن ومزج وأحياناً لخلط المواد لاستخدامها في عمليات تلبيس المعادن، والدهانات، والألعاب النارية، والسيراميك، والتلبيد الانتقائي بالليزر. إنه يعمل على مبدأ التأثير والاستنزاف: يتم تقليل الحجم عن طريق التأثير حيث تسقط الكرات بالقرب من قمة الغلاف.

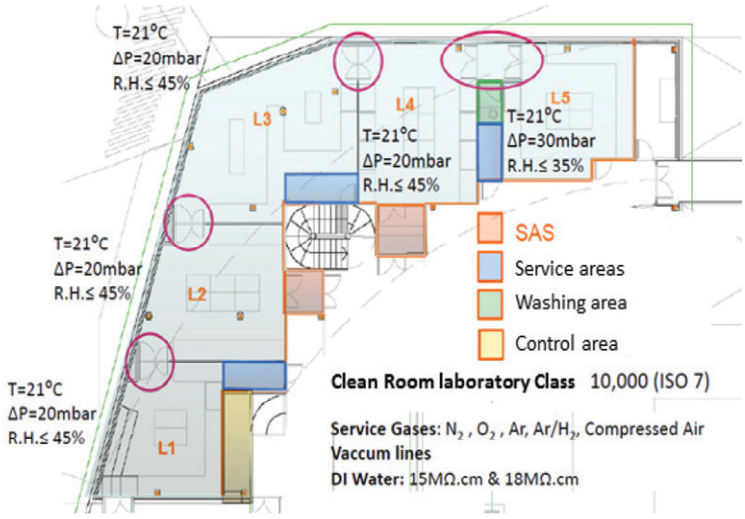
3.2.3.2. الغرفة النظيفة:

تعتبر الغرفة النظيفة من التطبيقات الهامة لتطوير أي صناعات تتطلب دقة شديدة في تحضير نبيطات النانو مثل Micro/Nano Electromechanical Devices, Optoelectronic Devices وتهدف إلى توفير الأجهزة والتقنيات اللازمة للتصنيع المايكرومتري والنانومتري المتقدم في بيئة تصنيع نقية ويعتمد ذلك على وضع مواصفات دقيقة لدرجة نقاء الغرفة طبقاً للمواصفات القياسية ويوضح الجدول التالي تلك المواصفات القياسية والتي يتطلب تواجدها داخل الغرفة النظيفة. فمثلاً Class 1 هو أعلى درجات النظافة إذ تتطلب تواجد كمية قليلة جداً من الذرات الغبارية داخل الغرفة النظيفة كما هو موضح بالجدول وهي تصلح لتطبيقات معينة مثل تصنيع Microprocessors and Integrated Circuits بينما مثلاً Class 1000 يمكن أن تستخدم في صناعات MEMS and NEMS كما أن Class 10000 يمكن أن يحوي الأجهزة الكبيرة التي أشرنا إليها سابقاً لتحضير الأغشية الرقيقة أو المعامل الحيوية التي تستخدم في التطبيقات الطبية. التكلفة الكلية للغرفة النظيفة تعتمد بشكل مباشر على المواصفات القياسية المطلوبة وحجم الغرفة، لذلك فغرفة نظيفة بمساحة من 200 - 300 متر مربع ذات Class 1000 مثلاً في جزء منها سوف تكون مناسبة لبعض التطبيقات الإلكترونية بينما الجزء الآخر يمكن أن يكون Class 1000 لبعض التطبيقات الحيوية والإلكترونية الأخرى التي لا تتطلب درجة عالية من النقاوة ويبين شكل (2-1) أحد الغرف النظيفة بجامعة إسبانيا المستقلة.

Class	US FED STD 209E Maximum Particles/ft³					ISO equivalent
	>0.1 um	>0.2 um	>0.3 um	>0.5 um	>5 um	
1	35	7	3	1		ISO3
10	350	75	30	10		ISO4
100				100		ISO5
1000				1000	7	ISO6
10,000				10,000	70	ISO7
100,000				100,000	700	ISO8

شكل (2-1): صورلأحد معامل الغرفة النظيفة بجامعة برشلونة المستقلة10000 Class - المملكة الاسبانية

CLEAN ROOM CONDITIONS



Cleanroom is classified as ISO 7 which corresponds to a Class 10,000 Cleanroom according to FED STD 209E

4.2.3.2. معمل التحضير الكيميائي والكهروكيميائي:

وهذا النوع من المعامل يمكن أن يتكرر في(المركز-المعهد) طبقاً للتطبيق المراد الحصول عليه، ويمكن أن يحتوي هذا المعمل على جميع أجهزة التحضير الكيميائي والكهروكيميائي وكما يلي:

جدول (2-7) : وصف للأجهزة والتجهيزات المقترحة في معمل التحضير الكيميائي والكهروكيميائي

	إسم الجهاز أو التجهيز	الغرض منه
.1	Chemical Hoods equipped with Schlenklines for nanocrystal synthesis.	دواليب غازات مجهزة بتوصيلات الكهرباء والماء والغازات ومعدة بـHotplatemagnetic Stirrers وGlass Ware لتحضير النقاط الكمية النانوية والمواد النانوية بشكل عام.
.2	Glovebox for Chemical Manipulation.	يستخدم بمواصفات معينة لتحضير مواد النانو كيميائيا والتي تحتاج لوجود غازات خاملة مثل Li-ion materials,Pervoskite,
.3	Glovebox for thin film deposition.	يستخدم لتحضير الأغشية الرقيقة.
.4	Spinner Coater.	يستخدم لتحضير الأغشية الرقيقة.
.5	Balances (0.00001 g).	ميزان دقيق لوزن الكميات الدقيقة جداً.
.6	Programmed Potentiostat/Galvanostat Equipped with reference electrode, Pt Counter electrode, Electrochemical cells.	لقياس الخواص الكهروكيميائية ولاستخدامه في قياس الخواص الكربية في تطبيقات البطاريات، خلايا الوقود، المكثفات فائقة السعة، الخ ...
.7	Glass Ware, Funnels, Safety goggles and safety equipment, Beakers Erlenmeyer flasks, AKA conical flasks, Florence flasks, AKA boiling flasks, Test tubes, tongs, and racks Watch glasses, Crucible	مستلزمات تشغيل من زجاجيات ومعدات أمان وأنابيب اختبار وغيرها لتشغيل المعامل كيميائياً.

شكل (2-2): صور لمعامل كيمياء حديثة تضم أحدث التجهيزات المعملية

5.2.3.2. معمل تحضير الكائنات الحيوية:

وهذا النوع من المعامل يستخدم في (المركز-المعهد) للتطبيقات الحيويـة المختلفـة النانوية، ويمكن أن يحتوي هذا المعمل على بعض الأجهزة كما يلي:

جدول (2-8) : وصف للأجهزة والتجهيزات المقترحة في معمل تحضير الكائنات الحيوية

	إسم الجهاز أو التجهيز	الغرض منه
.1	Incubators	The purpose of the incubator is to provide the appropriate environment for cell growth. The incubator should be large enough for your laboratory needs, have forced-air circulation, and should have temperature control to within ±0.2°C. Stainless steel incubators allow easy cleaning and provide corrosion protection, especially if humid air is required for incubation. Although the requirement for aseptic conditions in a cell culture incubator is not as stringent as that in a cell culture hood, frequent cleaning of the incubator is essential to avoid contamination of cell cultures.
.2	Storage	A cell culture laboratory should have storage areas for liquids such as media and reagents, for chemicals such as drugs and antibiotics, for consumables such as disposable pipettes, culture vessels, and gloves, for glassware such as media bottles and glass pipettes, for specialized equipment, and for tissues and cells. Glassware, plastics, and specilized equipment can be stored at ambient temperature on shelves and in drawers; however, it is important to store all media, reagents, and chemicals according to the instructions on the label.
.3	Refregerators	For small cell culture laboratories, a domestic refrigerator (preferably one without an autodefrost freezer) is an adequate and inexpensive piece of equipment for storing reagents and media at 2–8°C. For larger laboratories, a cold room restricted to cell culture is more appropriate. Make sure that the refrigerator or the cold room is cleaned regularly to avoid contamination.
.4	Freezers	Most cell culture reagents can be stored at –5°C to –20°C; therefore an ultradeep freezer (i.e., a –80°C freezer) is optional for storing most reagents. A domestic freezer is a cheaper alternative to a laboratory freezer. While most reagents can withstand temperature oscillations in an autodefrost (i.e., self-thawing) freezer, some reagents such as antibiotics and enzymes should be stored in a freezer that does not autodefrost.

Cell lines in continuous culture are likely to suffer from genetic instability as their passage number increases; therefore, it is essential to prepare working stocks of the cells and preserve them in cryogenic storage (for more information, see **Freezing Cells**). **Do not store cells in –20°C or –80°C freezers**, because their viability quickly decreases when they are stored at these temperatures. There are two main types of liquid-nitrogen storagesystems, vaporphase and liquid phase, which come aswide-necked or narrow-necked storage containers. Vapor phase systems minimize the risk of explosion with cryostorage tubes, and are required for storing biohazardousmaterials, while the **liquid phase** systems usually have longer static holding times, and are therefore more economical. **Narrow-necked** containers have a slower nitrogen evaporation rate and are more economical, but **wide-necked** containers allow easier access and have a larger storage capacity.	Cryogenic Storage	.5
A cell counter is essential for quantitative growth kinetics, and a great advantage when more than two or three cell lines are cultured in the laboratory.	Cell Counter	.6
A laminar flow cabinet or tissue culture hood is a carefully enclosed bench designed to prevent contamination of semiconductor wafers, biological samples, or any particle sensitive materials. Air is drawn through a HEPA filter and blown in a very smooth, laminar flow towards the user. Due to the direction of air flow, the sample is protected from the user but the user is not protected from the sample. The cabinet is usually made of stainless steel with no gaps or joints where spores might collec Such hoods exist in both horizontal and vertical configurations, and there are many different types of cabinets with a variety of airflow patterns and acceptable uses. Laminar flow cabinets may have a UV-C germicidal lamp to sterilize the interior and contents before usage to prevent contamination of the experiment. Germicidal lamps are usually kept on for fifteen minutes to sterilize the interior before the cabinet is used. The light must be switched off when the cabinet is being used, to limit exposure to skin and eyes as stray ultraviolet light emissions can cause cancer and cataracts	Laminar Flow Hood	.7

الفصل الثالث

الخطة التنفيذية لإنشاء مركز وطني نموذجي للنانو تكنولوجي

مقدمة الفصل الثالث

هـذا الفصـل سـيتناول تفاصـيل الخطـة التنفيذية لإنشاء المركز الوطنى النموذجي للنانو تكنولوجي في الدول العربية والتـي لايوجـد بهـا مثل هذه المراكز أو التي يمكن أن تستفيد من هذه الدراسة لتجديد خطط المراكز الموجودة بها.

الخطة التنفيذيـة تنبنـي على إنشـاء مركـز أكاديمي وبحثي في نفس الوقـت بحيـث يمـارس مهامه الأكاديميـة في تخـريج طـلاب للماجسـتير والدكتوراه من ناحية، ومن الناحية الأخرى يمـارس مهامه البحثية والتكنولوجية، وبالتالي فهو يبني قاعدة بشرية مؤهلة تأهيلاً أكاديمياً وتكنولوجيـاً، كما أنه سوف يقوم بمهامه في المشاركة العلمية والتكنولوجية من خلال تدشين المختبرات العلمية الحديثة كما أشرنا في الفصل الثاني والتى سوف تساهم بشكل فعال في وضع هـذا البلـد العربـي على الخريطـة العالميـة للنـانوتكنولوجي مـن خـلال نشـر الأبحـاث في الـدوريات العلميـة العالميـة وتسـجيل بـراءات الإختراع لمنتجات محتملة تجـذب رواد أعمـال يـتم تمـويلهم لإنشـاء شـركات نانوتكنولوجيـة وهـو الهدف الأسمى من كل هذا العمل.

هـذا الفصـل سـيتناول تفاصـيل الخطـة التنفيذية لإنشاء المركز الوطنى النموذجي للنانو تكنولوجي في الدول العربية والتـي لايوجـد بهـا مثل هذه المراكز أو التي يمكن أن تستفيد من هذه الدراسة لتجديد خطط المراكز الموجودة بها.

الخطة التنفيذيـة تنبنـي على إنشـاء مركـز أكاديمي وبحثي في نفس الوقـت بحيـث يمـارس مهامه الأكاديميـة في تخـريج طـلاب للماجسـتير والدكتوراه من ناحية، ومن الناحية الأخرى يمارس مهامه البحثية والتكنولوجية، وبالتالي فهو يبني قاعدة بشرية مؤهلة تأهيلاً أكاديمياً وتكنولوجيـاً، كما أنه سوف يقوم بمهامه في المشاركة العلمية والتكنولوجية من خلال تدشين المختبرات العلمية الحديثة كما أشرنا في الفصل الثاني والتى سوف تساهم بشكل فعال في وضع هـذا البلـد العربـي على الخريطـة العالميـة للنـانوتكنولوجي مـن خـلال نشـر الأبحـاث في الـدوريات العلميـة العالميـة وتسـجيل بـراءات الإختراع لمنتجات محتملة تجـذب رواد أعمـال يـتم تمـويلهم لإنشـاء شـركات نانوتكنولوجيـة وهـو الهدف الأسمى من كل هذا العمل.

الرؤيـة والرسـالة والقضـايا والأهـداف الإسـتراتيجية العامـة والفرعيـة للمركـز المقتـرح يمكن تلخيصها فيما يلي:

الرؤية:

أن يكون المركز رائـداً إقليميـاً ودوليـاً كمركـز تميز نموذجي في علوم وتكنولوجيا النانو والمواد الوظيفيـة والإبتكـار في المجـال للمسـاهمة في تطوير وتوليد تكنولوجيات متقدمة وتعليـم جيـل مؤهل من الخريجين ورواد الأعمـال لـديهم القـدرة على الريادة وخلق أسواق جديدة للتكنولوجيا.

الرسالة:

المسـاهمة في تنميـة وتطـوير علـوم وتكنولوجيا النـانو والمـواد ذات الصـلة مـن خـلال التعـاون بـين البـاحثين بـالمركز بعضـهم البـعض وكـذلك مـع الجامعـات والمراكـز المنـاظرة محليـاً ودولياً.

القضايا الإستراتيجية التى تواجه المركز الوطنى للنانوتكنولوجي:

1. إنشاء مركز وطني للنانوتكنولوجي قادر على وضع البلد العربي على خريطة العلوم والتكنولوجيا والإبتكار في مجال النانوتكنولوجي.
2. ضمان توفير الموازنات المطلوبة لإنشاء المركز من مباني وأجهزة ومستلزمات التشغيل من كيماويات وأدوات العمل لضمان نجاح خطة إنشاء المركز.
3. تهيئة جيل جديد من العلماء والباحثين ورواد الأعمال يساهمون في المعرفة التكنولوجية الخاصة بمجال النانوتكنولوجي ولديهم القدرة على بدء الأعمال الخاصة بهم من إنتاج المركز.
4. تطوير التعاون المحلي والدولي مع الجامعات ومراكز البحوث ذات الصلة بتخصصات المركز.
5. تطوير آليات لزيادة الموارد الذاتية لتشجيع وتحفيز الخبرات الأكاديمية والإدارية لاستمرار العطاء بالمركز.

الأهداف الإستراتيجية الرئيسية:

1. البحث عن مصادر تمويل محلية ودولية لضمان تحقيق القضايا الإستراتيجية والأهداف التى من أجلها يتم إنشاء المركز.
2. التحفيز المستمر للباحثين للتميز في مجالات تخصص المركز عن طريق التركيز على المخرجات التى تتنوع فيما بين أبحاث علمية عالية القيمة وبراءات اختراع دولية ومحلية وابتكارات وتكنولوجيات جديدة.
3. إعداد جيل جديد من رواد الأعمال المبتكرين عن طريق إنشاء برنامج دعم الحاضنات التكنولوجية في مجالات تخصص المركز النموذجي.
4. تطوير قدرات ومهارات الكوادر البحثية والفنية والإدارية عن طريق الإشتراك في البرامج التدريبية المحلية والدولية المتخصصة في مجال العلوم والتكنولوجيا والإبتكار والتطوير الإداري والفني والتوأمة مع الجامعات المناظرة في العالم العربي ودولياً.
5. التحديث المستمر للبنية التحتية للقدرات البحثية وزيادة كفاءة وأداء التجهيزات الموجودة (تحديث الأجهزة والمعدات- عقود الصيانة والتراخيص- صيانة المبنى وتجهيزاته الكهربية والميكانيكية).

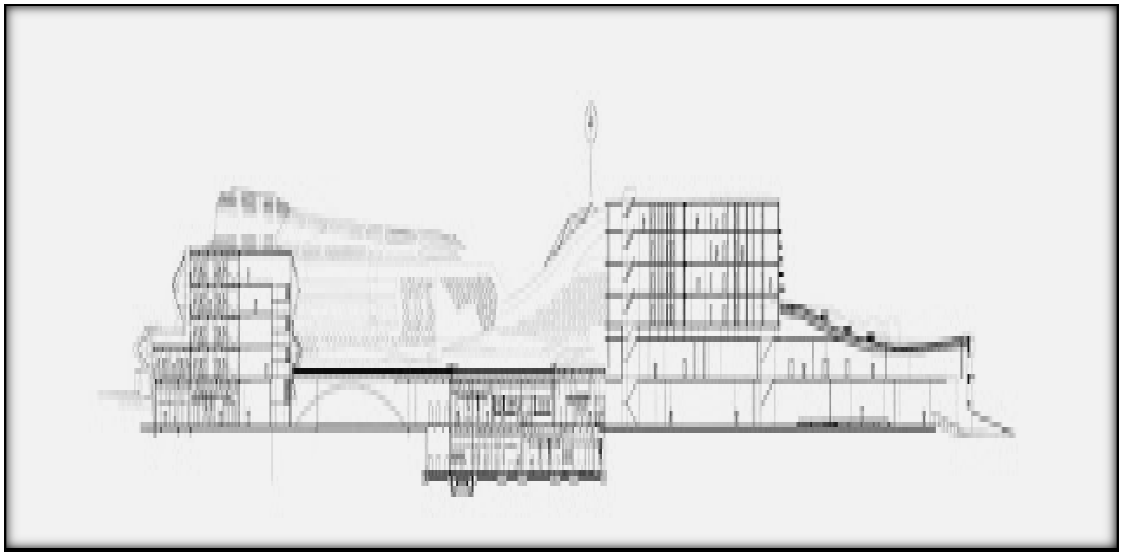
6. وضع الخطط والضوابط لتقديم الخدمات الإستشارية والتحاليل للصناعة والجامعات عن طريق تطوير عمل وتنظيم المعامل والورش المركزية.
7. خدمة البيئة والمجتمع على المستويين الإقليمي والمحلي.
8. تفعيل إدارة علمية لمتابعة أداء الخطة الإستراتيجية وإعادة التوازن للأنشطة البحثية (ديناميكية الخطة).

الأهداف الإستراتيجية الفرعية:

1. إنشاء برامج أكاديمية لنيل درجتى الماجستير والدكتوراه.
2. البدء في أنشطة المركز من خلال معامل أجهزة موجودة في إحدى الكليات المناظرة بالجامعة.
3. إنشاء مبنى مجهز ومتكامل يكون نقطة إنطلاق رئيسية للمركز.
4. تنفيذ مشروعات ابتكارية تهدف لتطوير نماذج قابلة للتطبيق الصناعي من نتائج الأبحاث وبراءات الإختراع في مجالات تخصص المركز.
5. دعم وإنشاء مراكز تميز علمية في مجالات تخصص المركز وخاصة التخصصات البينية النادرة.
6. إنشاء برنامج تميز لإعداد جيل جديد من رواد الأعمال القادة New Generation of Entrepreneurial Leaders
7. تطوير قدرات ومهارات وإعداد الكوادر البحثية.
8. تطوير قدرات ومهارات الكوادر الفنية والتخصصية والإدارية.
9. وضع خطة لتنويع مصادر تمويل خطط المركز التنموية من خلال وزارة التعاون الدولي والجهات المانحة.
10. تطوير /خطط تفصيلية لربط (المركز/ المعهد) بالمجتمع الإقليمي والمحلي لتقديم الخدمات المتنوعة.

إنشاء المركز الأكاديمي البحثـي سـوف يحتـوي على التخصصـات الأكاديميـة بحيـث تكون لديـه الصـلاحية تمكنـه مـن مـنح درجـات علميـة للماجسـتير والـدكتوراه في علـوم وهندسة وطب النانو كما شرحنا ذلك تفصيلاً في الفصـل الثـاني، وإلـى جانـب ذلـك تنشـأ معامل ومختبرات بحثية تعنى في الأساس بعلوم وتكنولوجيا النانو بحيث يمكن البدء في أحد أو كل التخصصات السابق الإشارة إليها في الفصل الثاني ليتم البدء بها طبقاً لإمكانيات وإحتياجات الدولة التى سوف ينشأ فيها هذا المركز.

في الجداول التالية سـوف يـتم عـرض خطـة تنفيذيـة مقترحـة لاسـتحداث المركـز الوطنى لتكنولوجيا النانو وتتضمن الخطوات التنفيذية التفصـيلية والتجهيـزات المطلوبـة والمساحات الفراغية المقترحة والميزانية التقديرية ومدة التنفيذ لكل خطوة.



جدول (3-1): الخطة التنفيذية لاستحداث مركز وطني نموذجى للنانوتكنولوجي :

الخطوة رقم1	
عنوان الخطوة	تشكيل اللجنة التنفيذية لوضع الخطة التفصيلية لاستحداث المركز الوطني وإقرار التخصصات (6-8 أعضاء).
تفصيلات	• تشكل اللجنة من كبار المتخصصين في مجال علوم وتكنولوجيا النانو من الداخل والخارج وكذلك المهندسين والقانونيين والإداريين وتكون مهمتها مايلي: 1. وضع وإقرار الخطة التفصيلية لإنشاء المركز، 2. اختيار وإقرار التخصصات الأكاديمية والبحثية للمركز طبقاً للإمكانيات والإحتياجات، 3. متابعة تنفيذ خطوات إنشاء المركز حتى الإنتهاء من بنائه وافتتاحه.
المدة الزمنية المقترحة	• يتم تشكيل اللجنة خلال شهر من قرار إنشاء المركز، • تحدد مدة 24 شهراً لإنشاءات المركز يتم خلالها شراء المعدات والتجهيزات المطلوبة، • تحدد مدة 12 شهراً لتشغيل المركز بعد الإنتهاء من الإنشاءات.
الميزانية المطلوبة	يعمل أعضاء اللجنة من خلال نظام مكافأة شهرية تتناسب مع حجم الأعمال والوضع المالي.
الخطوة رقم2	
عنوان الخطوة	إختيار المكان الأنسب لإنشاء المركز، حيث يقترح البدء في أحد معامل الجامعة المجهزة تجهيز أولي (لا تقل عن 400 متر مربع) ويتم بعد ذلك وضع التصاميم النهائية للمركز من خلال إستشاري هندسي يكون عضواً باللجنة.
تفصيلات	• تجهيز معمل أو معامل بالجامعة التي سوف ينشأ بها المركز بحيث لا تقل مساحتها عن400 م2 (معامل كيميائية + معامل فيزيائية + ورش صغيرة). • البدء في تصميم مبنى منفصل للمركز يتضمن كل التجهيزات والمعامل وقاعات المحاضرات والورش والحاضنات والغرفة النظيفة إذا تقرر ذلك.
المدة الزمنية المقترحة	• 6 أشهر لتجهيز المعمل. • 6 أشهر لتصميم المبنى (بالتوازي مع تجهيز العمل). • 18 شهراً لتنفيذ المبنى.
الميزانية المطلوبة	• 50 ألف دولار لتجهيز معامل منشأة في الجامعة تتضمن تجهيز البنشات ودواليب الغازات (Fuming Hoods) وأدوات السلامة والصحة المهنية وبعض الكيماويات الأساسية التى يحتاجها شباب العلماء طبقاً لتخصصاتهم والأدوات الزجاجية المعملية، • 200 ألف دولار لشراء أجهزة صغيرة لتشغيل المعامل مثل: - Hot plate magnetic stirrers. - Rotary Evaporator

	– Gas Cylinder (N2, Ar, O2, H2). – Dryer Furnace. – Muffle Furnace. – Spinner coater. – Teflon St. Steel Reactor. • 2 مليون دولار لإنشاء مبنى ذو مساحة سطحية 500 م2 ولعدد متكرر 4 أدوار وحسب الميزانية يمكن البدء بدورين على الأقل.
الخطوة رقم 3	
عنوان الخطوة	وضع برامج الماجستير/الدكتوراه حسب إحتياج الجامعة (علوم - طب - هندسة).
تفصيلات	تشكيل اللجنة العلمية لوضع برامج الماجستير/الدكتوراه وتحديد التخصصات والمحاضرين والبدء في تنفيذ البرامج مع بدء العام الجامعي الأقرب.
المدة الزمنية المقترحة	البدء فور تجهيز برامج الماجستير والدكتوراه والمحاضرين.
الميزانية المطلوبة	يتم ندب أعضاء الهيئة التدريسية من الجامعة مقابل إلقاء المحاضرات والإشراف على الطلبة.
الخطوة رقم 4	
عنوان الخطوة	تحديد التخصصات العلمية والبحثية وشراء الأجهزة العلمية.
تفصيلات	يتم تحديد التخصصات العلمية والبحثية المطلوبة وفق ما جاء في الفصل الثاني من هذه الدراسة وأولويات الدولة المنشأ بها المركز.
المدة الزمنية المقترحة	• 6 أشهر لتحديد التخصصات والأجهزة العلمية ووضع المواصفات الفنية. • 12 شهراً للشراء.
الميزانية المطلوبة	2 - 5 مليون دولار وفقاً لنوع وحجم الأجهزة والتجهيزات المطلوبة.

الخطوة رقم 5	
عنوان الخطوة	تصميم برامج دعم الحاضنات ورواد الأعمال في مجال تكنولوجيا النانو.
تفصيلات	• يتم تخصيص مجموعة من المعامل المجهزة كحاضنات تكنولوجية عند إنشاء المبنى، • يتم وضع برامج تحفيزية لإنشاء حاضنات تكنولوجية عبارة عن المخرجات التكنولوجية من المركز أو الجامعات المحيطة بالمركز في مجال النانوتكنولوجي طبقاً لأصول برامج الحاضنات، • يتم وضع برامج تحفيزية لرواد الأعمال والشركات البادئة في مجال النانوتكنولوجي.
المدة الزمنية المقترحة	يتم البدء في البرامج طبقا لتطور مخرجات المركز التكنولوجي.
الميزانية المطلوبة	100 ألف دولار مرحلة أولى لتحفيز برامج الحاضنات ورواد الأعمال.

الخطوة رقم 6	
عنوان الخطوة	تطوير قدرات ومهارات الكوادر البحثية والفنية والإدارية.
تفصيلات	• تطوير قدرات ومهارات وإعداد الكوادر البحثية. • تطوير قدرات ومهارات وإعداد الكوادر الفنية والتخصصية والإدارية.
المدة الزمنية المقترحة	خطة لتوظيف وتدريب الكوادر المختلفة اثناء فترة انشاء المركز/المعهد
الميزانية المطلوبة	يتم رصد المبالغ المالية المطلوبة طبقاً لعدد الكوادر المؤهلة والدرجات الوظيفية والرواتب المقترحة.

الخطوة رقم 7	
عنوان الخطوة	إنشاء مكتبة عامة إلكترونية متخصصة في علوم وتكنولوجيا النانو.
تفصيلات	يتم إنشاء مكتبة عامة إلكترونية تحتوي على المجلات العلمية المتخصصة في المجال والكتب والدوريات بحيث تتاح إلكترونيا للباحثين والطلاب بالمركز/المعهد.
المدة الزمنية المقترحة	خلال إنشاء المركز/ المعهد.
الميزانية المطلوبة	توفير المبالغ المالية المطلوبة للإشتراك المستدام في دور النشر العالمية المتخصصة.

الخاتمة والتوصيات

لقد قدمت هذه الدراسة مجموعة مختارة من أهم مراكز البحث الأكاديمية والعلمية في النانو تكنولوجي في الدول العربية وعلى المستوى العالمي. هذه المراكز ومثيلاتها أنتجت أبحاثاً علمية عالمية وبراءات اختراع عالمية تقود التقدم الهائل الحاصل في هذا المجال والذي أدى بدوره لأن يتعاظم عدد الشركات العالمية إلى أكثر من 2500 شركة تنتج أكثر من 9000 منتج في 62 دولة على مستوى العالم تتوزع ما بين منتجات زراعية والسيارات والغزل والنسيج والبناء والتشييد والإلكترونيات والبيئة والأغذية والصحة والتجميل والأجهزة المنزلية وغيرها من المجالات الصناعية الواعدة.

إن مساهمة الدول العربية في المجال تتزايد مع الوقت حتى أصبحت دولة مثل المملكة العربية السعودية تحتل المركز الحادي عشر وجمهورية مصر العربية في المركز السادس عشر في نشر الأبحاث العلمية بينما تقع السعودية في المركز العاشر ومصر في المركز الثلاثين في نشر براءات الإختراع الأمريكية وهناك دول أخرى تتقدم بشكل كبير، بينما هناك دول خارج التصنيف وذلك بسبب عدم وجود مراكز متخصصة في النانوتكنولوجي أو ضعف الإمكانيات البشرية والعلمية والتكنولوجية في المجال وهو ما استلزم إصدار هذه الدراسة التي احتوت أيضاً على تفاصيل عن التخصصات الأكاديمية المقترحة التى يمكن أن تفيد الدارسين في المجال، بالإضافة إلى توصيف للتخصصات العلمية والبحثية المقترحة التى يمكن أن يبدأ المركز بإحداها أو بمعظمها طبقاً للخبرات الموجودة والإمكانيات المتاحة.

لقد تم اقتراح الخطة التنفيذية للمركز متضمنة التخصصات الأكاديمية والعلمية البحثية، بحيث يكون أمام كل دولة تريد أن تبدأ بإنشاء المركز الوطني اختيار أولوياتها وتكون الخطة التنفيذية مرنة تعتمد على الموازنة المتاحة أمام اللجنة المنوط بها وضع الخطط التفصيلية لإنشاء المركز.

ومن المفيد في نهاية الدراسة أن نضع بعض التوصيات التي قد تساهم في مساعدة صناع القرار عند التفكير في استحداث مركز وطني نموذجي للنانو تكنولوجي في الدول العربية.

توصيات الدراسة

- ضرورة تحديث الخطط البحثية والأكاديمية للمراكز الموجودة المعنية بالنـانو تكنولـوجي لتطوير الخطط الخاصة بدعم الحاضنات التكنولوجية ورواد الأعمال لإنشاء شركات معنيـة بتكنولوجيا النانو.
- بدءا لدول المعنية بإنشاء مثل هذه المراكز طبقاً للمـوارد المتاحـة ومـايمكن أن تحصـل عليه هذه الدول من خلال التعاون الدولي والإقليمي.
- وجود وسيلة لتقديم الدعم الفني اللازم للدول التى تطلب أو ترغب في إنشاء مثل هـذه المراكز للتسريع من تنفيذ الخطط الموضوعة ولتعظيم الاستفادة.
- إيجاد الآليات للإتفاقيات الثنائية بين (المركز/المعهد) البحثي المزمع إنشاؤه والجامعـات والمراكـز البحثيـة العريقـة عربيـاً ودوليـاً في مجـال تكنولوجيـا النـانو لتأهيـل الشـباب الباحثين ونقل المعرفة التكنولوجية.
- تأهيل الكوادر المتخصصة أكاديمياً ومنح شهادات عليا في علوم وهندسـة وطـب النـانو بالإضافة إلى العمل البحثي التكنولوجي في ا لمجالات المختلفة للنانوتكنولوجي، حيث يتم نشر الأبحاث العلمية والتقدم ببراءات الاختراع وتقديم نماذج أولية قابلـة للتطبيـق الصناعي.

والله ولي التوفيق

قائمة الجداول

وصف الجدول	رقم الصفحة
جدول (1-1): تطور النشر العلمي للدول العربية في تكنولوجيا النانو حسب مؤشر ISI Thomson-Reuters وعدد براءات الاختراع الأمريكية الممنوحة.	14
جدول (1-2): تطور النشر العلمى لبعض دول العالم المتقدم والإقتصادات الناشئة وذ تكنولوجيا النانو حسب مؤشر ISI Thomson-Reuters وعدد براءات الأمريكية الممنوحة.	15
جدول(2-1): وصف للمقررات الدراسية المقترحة لتخصص علوم النانو.	41
جدول(2-2): وصف للمقررات الدراسية المقترحة لتخصص هندسة النانو.	48
جدول(2-3): وصف للمقررات الدراسية المقترحة لتخصص طب النانو.	50
جدول(2-4): وصف للأجهزة المقترحة في معمل قياس خواص النانو ووظائفها.	58
جدول(2-5): وصف للأجهزة المقترحة في معمل الأغشية الرقيقة وتطبيقاتها.	60
جدول(2-6): وصف للأجهزة المقترحة في معمل الأفران والطحن وتطبيقاتها.	61
جدول(2-7): وصف للأجهزة والتجهيزات المقترحة في معمل التحضير الكيميائي والكهروكيميائي.	64
جدول(2-8): وصف للأجهزة والتجهيزات المقترحة في معمل تحضير الكائنات الحيوية.	66
جدول(3-1): الخطة التنفيذية لإنشاء مركز وطني نموذجي للنانوتكنولوجي	73

قائمة الأشكال

رقم الصفحة	وصف الشكل
18	شكل (1-1): الشكل الخارجي وأهم التجهيزات العلمية لمعهد الملك عبدالله لتقنية النانو بجامعة الملك سعود (NANO-KAIN)- المملكة العربية السعودية.
19	شكل (1-2): الهيكل التنظيمي لمعهد الملك عبدالله لتقنية النانو بجامعة الملك سعود- المملكة العربية السعودية.
21	شكل (1-3): الشكل الخارجي وأهم التجهيزات العلمية لمعهد علوم وتكنولوجيا النانو بجامعة كفر الشيخ - جمهورية مصر العربية.
23	شكل (1-4): بعض ملامح القطب التكنولوجي بسوسة ومركز البحث في الميكروإلكترونيك والنانوتكنولوجيا- الجمهورية التونسية.
27	شكل (1-5): بعض الأجهزة والمعدات العلمية بمركز بحوث النانو تكنولوجي والمواد المتقدمة بالجامعة التكنولوجية - جمهورية العراق.
29	شكل (1-6): بعض الأجهزة والمعدات العلمية بمركز بحوث المواد المتقدمة والنانو بجامعة الشارقة - دولة الإمارات العربية المتحدة.
31	شكل (1-7): صور لأهم التجهيزات المعملية بالمؤسسة المغربية للعلوم المتقدمة والإبداع والبحث العلمي - المملكة المغربية.
33	شكل (1-8): صور لأهم التجهيزات المعملية والمخرجات العلمية لمعهد كاليفورنيا للنانوتكنولوجي- الولايات المتحدة الأمريكية.
35	شكل (1-9): الهيكل التنظيمي لمركز علوم النانو بجامعة ولاية بنسلفانيا - ضمن المراكز البحثية للعلوم والهندسة MRSEC- الولايات المتحدة الأمريكية.
37	شكل (1-10): صور لأهم التجهيزات المعملية بالمعامل المركزية لمركز علوم النانو بجامعة ولاية بنسلفانيا- الولايات المتحدة الأمريكية.
38	شكل (1-11): صور لأهم التجهيزات المعملية بمعامل تصنيع النانو لمركز علوم النانو بجامعة ولاية بنسلفانيا- الولايات المتحدة الأمريكية.
40	شكل (1-12): الهيكل التنظيمي للمركز الوطني لعلوم وتكنولوجيا النانو - جمهورية الصين الشعبية.
41	شكل (1-13): صور لأهم التجهيزات المعملية بمعامل المركز الوطني لعلوم وتكنولوجيا النانو - جمهورية الصين الشعبية.
42	شكل (1-14): شبكة التعاون المحلي والدولي للمركز الوطني لعلوم وتكنولوجيا النانو - جمهورية الصين الشعبية.
63	شكل (2-1): صور لأحد معامل الغرفة النظيفة بجامعة برشلونة المستقلة Class 10000- المملكة الإسبانية.
65	شكل (2-2): صور لمعامل كيمياء حديثة تضم أحدث التجهيزات المعملية.

المراجع

1. تطور النشر العلمي للدول العربية في مجال تكنولوجيا النانو حسب مؤشر ISI Thomson-Reuters وعدد براءات الاختراع الامريكية الممنوحة.
www.statnano.com
2. تطور النشر العلمى لبعض دول العالم المتقدم والإقتصادات الناشئة وذلك فى تكنولوجيا النانو حسب ه Thomson-Reuters وعدد براءات الإختراع الأمريكية الممنوحة
www.statnano.com
3. معهد الملك عبدالله لتقنيةالنانو بجامعةالملك سعود(NANO-KAIN)- المملكة العربية السعودية.
https://nano.ksu.edu.sa/ar/about-kain
4. معهد علوم وتكنولوجيا النانو بجامعة كفر الشيخ- جمهورية مصر العربية
http://www.kfs.edu.eg/nano_inst/
5. مركز البحث في الميكروإلكترونيك والنانوتكنولوجيا بالقطب التكنولوجي بسوسة- الجمهورية التونسية.
http://www.crmn.rnrt.tn/en
6. مركز بحوث النانوتكنولوجي والمواد المتقدمة بالجامعة التكنولوجية- جمهورية العراق.
https://namrc.uotechnology.edu.iq/
7. مركز بحوث المواد المتقدمة والنانو بجامعة الشارقة- دولة الإمارات العربية المتحدة.
https://www.sharjah.ac.ae/en/Research/RISE/AMR/Pages/ab.aspx
8. معهد بحوث مواد وتكنولوجيا النانو بالمؤسسة المغربية للعلوم المتقدمة والإبداع والبحث العلمي- المملكة المغربية.
http://www.mascir.com/About-MAScIR_a128.html
9. معهد كاليفورنيا للنانوتكنولوجيCalifornia Institute of Nanotechnology بالولايات المتحدة الأمريكية.
https://www.cinano.com/About/index.html
10. مركز علوم النانو بجامعة ولاية بنسلفانيا - ضمن المراكز البحثية للعلوم والهندسة MRSEC- الولايات المتحدة الأمريكية.
https://www.mrsec.psu.edu/content/organization
11. المركز الوطني لعلوم وتكنولوجيا النانو - جمهورية الصين الشعبية.
http://english.nanoctr.cas.cn/home2019/aboutus/introduction_24149/
12. الهيكل التنظيمي للمركز الوطني لعلوم وتكنولوجيا النانو- جمهوريةالصين الشعبية.
http://english.nanoctr.cas.cn/home2019/aboutus/oc/
13. صور لأهم التجهيزات المعملية بمعامل المركز الوطني لعلوم وتكنولوجيا النانو- جمهورية الصين الشعبية.
http://english.nanoctr.cas.cn/home2019/resources_24161/researchfacilities/Analysis/
14. شبكة التعاون المحلي والدولي للمركز الوطني لعلوم وتكنولوجيا النانو- جمهورية الصين الشعبية.
http://english.nanoctr.cas.cn/home2019/ic/Overview/

المنظمة العربية للتنمية الصناعية والتعدين
ص ب: **8019**– (الأمم المتحدة **10102**) أكدال/الرباط– المملكة المغربية.
الفاكس: **+212-537-772188**
الهاتف: **+212-537-274500**
الموقع الالكتروني: aidmo.org
البريد الالكتروني: aidmo@aidmo.org