

بحث بعنوان

نحو مفاهيم نانوية جديدة.. النانو متروولوجي ضرورة حتمية  
للنانو تكنولوجيا

دكتور مهندس / ممدوح مصطفى حلاوة

أستاذ مساعد و رئيس قسم متروولوجيا الكميات الكهربائية  
المعهد القومي للقياس والمعايرة – وزارة البحث العلمي  
القاهرة – مصر

Email: [mamdouh\\_halawa@yahoo.com](mailto:mamdouh_halawa@yahoo.com)

Mobile: 0020105402742

Fax: 0020233867451

## نحو مفاهيم نانوية جديدة.. النانو متروولوجي ضرورة حتمية للنانو تكنولوجيا

### تمهيد

يتعلق هذا البحث بأحد المفاهيم النانوية الحديثة والذي يندرج تحت مظلة تكنولوجيا النانو تلك التكنولوجيا التي أضحت موضوع العصر بحيث تكاد لا تخلو منه منتديات أو مختبرات العلماء والباحثين الآن ، والمفهوم الذي نقصده هنا و يقع في بؤرة اهتمامنا وأنشطتنا العلمية حاليا هو مفهوم النانو متروولوجي ، والمفهوم يشير باختصار إلى ذلك العلم الذي يتعلق بإجراء عمليات القياس مع تحديد نسبة الخطأ المترتبة على عملية القياس وذلك في المستويات بالغة الصغر مثل مستويات ما دون الميكرو كمستويات أممية النانو أو ما يتعداها إلى أممية البيكو الذي يمثل جزءا من الألف من وحدة النانو ، وقد تصل حتى في بعض التطبيقات الهندسية إلى كسور البيكو نفسه و هو ما يعرف بمدى الفيمتو ، و لربما انتقلنا بذلك مستقبلا إلى عالم تكنولوجيا جديد هو عالم الفيمتو تكنولوجيا.

و المتروولوجيا اصطلاحا "علم يختص بعلوم القياس" ، ويقصد بالعلوم كل ما يخص عملية القياس من مصطلحات وتعريفات و طرق القياس والعمليات الحسابية المرتبطة به و خرائط التحكم و اختبارات الكفاءة الفنية بل و التفاصيل التقنية و النظرية والعملية كذلك ، وعلى الرغم من حداثة هذا العلم إلا أنه صار من أهم العلوم التي تحوز اهتمام العالم الآن بما صار له من أهمية تقنية تكمن في الحاجة الملحة لتوحيد النظام القياسي العالمي لرفع جودة المنتجات العالمية ، ومن هنا صار النظام المتروولوجي توجهها إلزاميا لاسيما للدول النامية حتى تكون قادرة على مواكبة الأنظمة والقوانين التابعة للدول الصناعية التي دأبت على رصد نسبة تتراوح من 4 - 6 % من الدخل القومي لها للإلتحاق على علوم القياس أي ما قيمته بضعة مئات من الملايين من العملة الصعبة في السوق الأوروبية وحدها ، هذه النسبة تبين أهمية مفهوم المتروولوجيا من أجل تقدم هذه الدول وتطورها التكنولوجي على جميع الأصعدة الفيزيائية والهندسية والكيميائية والحيوية وكل ما هو متعلق بها مثل البيئة ، الطب ، الزراعة ، والغذاء ، البحث العلمي ، والاستثمارات الصناعية .... و غيرها

و من هنا تكمن أهمية أن يقترن المفهومان النانو تكنولوجيا والنانو متروولوجي ، وإن شئت فقل هما صنوان أو ربما الشيء و ظلله لا ينفكان ، إذ أن تكنولوجيا النانو بكل ما يقترن بها من أبحاث دقيقة متخصصة تحتاج إلى أداة القياس الدقيقة المسندة عالميا إلى وحدات القياس المطلقة ، كما تحتاج إلى بيئة القياس الصحيحة المناسبة ، ثم تحتاج إلى الإجراءات التقنية لتسجيل نتائج قياس صحيحة ودقيقة تعكس حقيقة القيمة المقاسة ، كما تحتاج تطبيق طرق رياضية وإحصائية محددة لتعيين مقادير الخطأ و ميزانية الارتياح في نتيجة القياس وأسبابه أو الحكم على استقرار و ثبات قيم المقادير المقاسة مع عامل الزمن ، و العلم الذي يفي بكل هذه الاحتياجات الأساسية لأي تكنولوجيا نانوية هو علم المتروولوجي بكل ما وصل إليه من تطور رهيب في هذا القرن جعله يمنح الصناعة والبحث العلمي دعما حقيقيا متمثلا في أنظمة قياس مثالية بالغة الدقة في كل الكميات والمفردات العلمية بنسبة

ارتياح صغيرة جدا قد تصل إلى مستويات تقترب من الصفر في بعض التطبيقات كما سنرى من خلال بعض التطبيقات التي سنتطرق لها في هذا البحث بإذن الله.

و أحد التطبيقات العلمية في مستويات النانو والتي يمكن أن يمنحها علم المتروولوجيا درجة عالية جدا من الموثوقية في دقة القياس و التي سوف نركز عليها في بحثنا هذا ويقع ضمن مهام و قدرات قسم متروولوجيا الكميات الكهربائية بالمعهد القومي للقياس والمعايرة بمصر هو تطبيق هندسي يتلخص في توليد تيار كهربى مستمر دقيق في مستويات النانو والبيكو و الفيمتو أمبير ، حيث سنقدم نموذجا لدائرة كهربية إلكترونية دقيقة تحتوي على مجموعة عناصر كمقاومة كهربية مرجعية ومكثف سعوي مرجعي ومصدر جهد مستمر عياري و مضخم عمليات الكتروني و غيرها أمكن من خلالها توليد تيار كهربى مستمر مرجعي منخفض الشدة حيث تصل شدته إلى مستويات النانو و البيكو و الفيمتو أمبير ، و لم يكن تصميم مثل هذه الدائرة التي تدعم قطاعا عريضا من الباحثين المهتمين بتكنولوجيا النانو إلا استجابة لدعوة علمية من منظمة اليورومت الأوروبية للاشتراك في مقارنة دولية لتصميم مصادر تيار كهربى مستمر في هذه المستويات بالغة الصغر فتتاح الفرصة للمشاركين لتوثيق نتائج دوائرهم المصممة على مستوى دول أوروبا من خلال مقارنة نتائجها معا على أن يكون الجانب الألماني منسقا لهذه المقارنة إداريا و تقنيا كما ورد ببروتوكول هذا المشروع البحثي الذي يصنف على أنه مشروع دولي في مجال النانو متروولوجي ، وقد وافقت المنظمة على اشتراك مصر بهذا المشروع الدولي ممثلة في قسم متروولوجيا الكميات الكهربائية بعد أن قدم الفريق البحثي المصري الأدلة على مقدرتهم الفاعلة للتنافس في هذا المجال من خلال مؤهلات الفريق العلمية وتجهيزات معامل القسم ، و خلال شهر أغسطس من عام 2007 أنجز فريق البحث المصري مهمته بنجاح وأرسلت النتائج للتقييم إلى الجانب الألماني على النحو الذي سيتم سرده تفصيلا من خلال البحث بإذن الله ، وعلى سبيل المثال فإن نسبة الارتياح التي قدمها الفريق المصري في قدرته على توليد تيار كهربى مستمر في مستوى النانو والبيكو أمبير بل و الفيمتو أمبير كذلك لم تتعد بضعة أجزاء من المليون وهي نسبة ضئيلة جدا من الارتياح تعكس المستوى المرتفع لدقة الدائرة الكهربائية الإلكترونية التي صممت خصيصا دعما لتكنولوجيا النانو كما جاء ببروتوكول المشروع حين أشار إلى أهمية هذا المشروع واصفا إياه بالضروري والهام لمواكبة تطورات تكنولوجيا النانو على مستوى العالم بشكل عام و نطاق دول الاتحاد الأوروبي بشكل خاص (يرجى الرجوع إلى المرفق رقم 1).

### بإيجاز.. ما المقصود بمفهوم تكنولوجيا النانو؟

يقصد بكلمة "نانو" الشئ المتناهي في الصغر و تعنى تحديدا جزءا من البليون (ألف مليون) من وحدة قياس أي كمية فمثلا النانو أمبير يمثل جزءا من بليون جزء من وحدة الأمبير نفسه ، وللتقريب فإن الأمبير هو شدة التيار الكهربى اللازم لتشغيل بعض المواتير البسيطة أو إنارة عدد محدود من المصابيح العادية ، وفي المجال المعملى فإن الأبحاث التي تتعلق بهذا المصطلح هي تلك الأبحاث التي تجرى على المركبات التي يقل حجمها عن جزء من الألف من الميكروميتر أي كسور النانوميتر ، وعلى ذلك يمكن القول بأن النانوتكنولوجيا هو ذلك العلم التطبيقي

والتقني متعدد التخصصات والذي يعني أساسا بالتحكم والسيطرة على المادة على مستواها الذري والجزيئي في المدى ما بين 1 إلى 100 نانومتر، كما أنه العلم الذي يتعلق بإنتاج وحدات فاعلة ذات أهداف محددة أو استنباط أدوات عملية بذات الحجم المشار إليه.

و لبيان أهمية هذا المجال ننقل لكم ما قاله دكتور ريتشارد سمالي الحائز على جائزة نوبل في تقنيات النانو: "إن هذه التقنية سوف تساهم في كثير من المنتجات في مجال الزراعة والغذاء بقيمة 2 مليار دولار وسوف تزيد إلى 20 مليار دولار بحلول عام 2010 م".

### أمثلة من التطبيقات العلمية المتنوعة التي يمكن أن تنهض في رحاب هذا العلم

لا يمكن أبدا تخيل هذا الكم من التطبيقات العلمية و البحثية التي يمكن أن ينعشها هذا العلم و يبعث فيها حياة النهوض و الازدهار و الأمثلة التالية إنما تضرب من باب السرد السريع لمثل هذه التطبيقات حيث أن مجال البحث لا يتعلق بدراسة هذه التطبيقات بشيء من التفصيل وإنما فقط أردنا إسقاط الضوء على أهمية هذا العلم لمجتمع البحث العلمي لا سيما المجتمع العربي المعني بهذه الأطروحات ، فلنتطرق مثلا إلى الإسقاطات العلمية التالية:

1- باستخدام تقنيات النانو من خلال أجهزة معينة يمكن توجيه ترتيب الذرات الداخلة في تفاعل إنتاج المواد الكيميائية و إسقاطها في أماكنها الصحيحة فتكون المواد الناتجة أكثر دقة وأكثر نقاوة من إنتاجها بالطرق التقليدية حيث يترك التفاعل الكيميائي بدون توجيه أي يتم بشكل عشوائي ، وتتعدد الفوائد من ذلك و لعل أهمها توحيد نوعية المنتج وتقليل تكلفة الإنتاج فضلا عن خفض الطاقة المستهلكة .. و غيرها

2- وفي نفس الاتجاه من المتوقع أن تساهم تقنية النانو في تحقيق تقدم في كثير من مجالات الزراعة والغذاء والطاقة وكذلك توفير الماء النقي.

3- يمكن أن تستخدم تقنيات النانو أيضا في مجالات متنوعة كاستخدامات الطاقة وتقنياتها وفي مجال الاتصالات والمعلومات و صناعة التعليب و صناعة الأدوات المنزلية و غيرها

4- وفي المجال الطبي والعلمي قدمت تطبيقات النانو الكثير من الابتكارات مثل:

- المجهر الإلكتروني الماسح (STM) و الذي يمنح الباحثين صورة رقمية مكبرة ملايين المرات لدراسة التفاصيل لدقيقة للأشياء متناهية الصغر.
- يتم إعادة تشكيل جزيئات الكربون لإنتاج مواد أقوى 100 مرة من الفولاذ على الرغم من أن وزنها سدس وزن الفولاذ وهنا يمكن أن تستخدم بأمان في بعض التطبيقات الطبية و الصناعية التي تتطلب مثل هذه المتانة
- الأجهزة الدقيقة التي تضم النظم الكهربائية الصغيرة (MEMS) والتي تحتوي على أجزاء متحركة مصغره للعمليات الجراحية والأجهزة المنظمة لضربات القلب.
- اختبارات الحمض النووي عن طريق نظام الميكرو فلويديكس
- الكشف عن البكتريا المرضية باستخدام نظام ما يعرف بالميكرو ارايس (Microarrays)

## بإيجاز.. ما المقصود بمفهوم متروولوجيا النانو؟

كما سبق أن أوضحنا في التمهيد أن مصطلح علم المتروولوجيا هو مصطلح معاصر حديث من حيث الاهتمام لكنه قديم جدا من حيث النشوء أو من حيث الاحتياج البشري له ، و أن كلمة متروولوجيا تعني اصطلاحا فنون و علوم القياس و هذه العلوم لا تنحصر في عملية القياس وحدها بل تتعداها الى كل ما له صلة بعملية القياس مثل بيئة القياس و طرق القياس و نتائج القياس و المقيس و القائم بعملية القياس و غير ذلك مما يرتبط من قريب أو بعيد بعمليات القياس نفسها مهما بلغت مستويات الدقة والصحة فيها ، وحين نشير الى مفهوم النانو متروولوجي فإننا نقصد علوم القياس التي ترتبط بذلك الكم الكبير من الكميات العلمية التي يمكن أن توجد في مستوياتها النانوية ، فعلى سبيل المثال لا يستغني الباحثون العاملون في القطاع الهندسي عن احتياجهم إلى قياس أو توفير مصادر مقاسة بدقة للنانو أمبير ، النانو فولت ، النانو كولوم ، النانو أوم ، النانو متر ، النانو جرام وغيرها مما تتطلبه أبحاثهم النانوية المتنوعة ، بل و تشاركهم قطاعات أخرى عديدة من قطاعات البحث العلمي هذا الاحتياج ، ومن هنا جاءت فكرة ارتباط النانو متروولوجي بالنانو تكنولوجيا ، فالنانو متروولوجي هو الأداة الفاعلة في أيدي الباحثين التي يتمكنون بها من تحديد قيم مفرداتهم النانوية تحديدا دقيقا صحيحا موثقا مسندا الى المعايير الدولية والقيم المطلقة لوحداث القياس التي يتعاملون بها في مختبراتهم ، ولذا فإننا نؤكد أن النانو متروولوجي يعد بالنسبة للنانو تكنولوجيا بمثابة الشيء و ظله ، وسوف نقدم في الأجزاء التالية من البحث مثلا عمليا للحصول على النانو أمبير و توثيق طريقة الحصول عليه دوليا من خلال مشروع دولي نظمته هيئة اليورومت خلال عامي 2007 - 2008

## نماذج من التطبيقات العلمية النانوية التي يمكن أن يعمها النانو متروولوجي

يطيب لنا الآن أن نقدم أدلة علمية لا تقبل الجدل على الارتباط الوثيق بين النانوتين التكنولوجي و المتروولوجي ذلك الارتباط الذي يؤكد صحة عنوان هذا البحث بأن الثاني هو ضرورة حتمية للأول ، وسوف نستعرض اتجاهين مختلفين ، الاتجاه الأول يكمن في توفير أنظمة قياس نانوية ، و الاتجاه الثاني يكمن في توفير أنظمة توليد كميات نانوية وكلاهما إسقاطا بشكل أكبر على التطبيقات الهندسية أو العلمية قريبة الصلة ، فإلى هذه الأمثلة التدليلية:

### أولا في مجال توفير أنظمة قياس نانوية

### ثانيا في مجال توفير أنظمة توليد كميات نانوية

## مشروع المقارنة الدولية لمنظمة اليورومت فى متروولوجيا النانو

### حول بروتوكول المشروع

### الدول المشاركة و خطة العمل

### الهدف الرئيسى من المشروع و أسلوب التقييم

### الإسهام المصرى فى المشروع

### شرح علمى متخصص لفكرة العمل و استعراض النتائج التى تم الحصول عليها

### مناقشة فنية لمصادر الارتياب فى النتائج و تقييمها حسابيا

### التطبيقات النانونية المرتبطة بنتائج المشروع

### خاتمة

د/مدوح مصطفى حلاوة