الباب السادس

العلوم الأساسية
ودعم التطوير التكنولوجى

obeikandl.com

obeikandl.com

العلوم الأساسية
ودعم التطوير التكنولوجى

١- الحالة الراهنة والتطور المستقبلى للعلم والتكنولوجيا

١-١ مقدمة عامة

منذ عقود طويلة توطدت العلاقة بين العلوم الأساسية والصناعة. وعلى أساس هذه العلاقة نشأت التكنولوجيا كمجال معرفى جديد يتوسط فيما بينها باعتبارها مجموعة المعارف والمهارات المستحدثة لإنتاج السلع والخدمات. وارتباط التكنولوجيا بالعلم لا يعنى أن التطور العلمى يؤدى فى ذاته إلى تطوير تكنولوجى لأن التطور العلمى يمثل مجرد شرط إمكانية للتطوير التكنولوجى. أما التحقيق الفعلى لهذه الإمكانية فلا يتم إلا إذا كانت هناك حاجة إلى التطوير التكنولوجى وبشرط أن تؤدى هذه الحاجة إلى تكوين طلب فعلى على التكنولوجيا من قبل النسق الإنتاجى ووفقاً للقوانين الأساسية التى تحكم حركة هذا النسق فى ظل نمط الإنتاج السائد.

من الواضح أن الصورة التى يظهر عليها العالم الآن تعكس مدى الاستفادة من فهم وتطويع العلم والتكنولوجيا منذ أواخر القرن التاسع عشر وحتى نهايات القرن العشرين. فالعالم ينقسم الآن إلى دول غنية اقتصادياً ابتكرت واستفادت

وطورت وأتقنت استخدام العلم والتكنولوجيا فامتلكت القدرة على التحكم فى مواردها. ويطلق على هذه الدول دول الشمال. والقسم الآخر تمثله الدول الفقيرة ذات الاقتصاد الضعيف والغير قادرة على التحكم فى مواردها وذلك بسبب القصور الواضح فى طاقاتها العلمية والتكنولوجية وعدم قدرتها على استخدامها فى أنشطتها الإنتاجية والاقتصادية. ويطلق على هذه الدول دول الجنوب. وواقع الحال يؤكد أن الفجوة فى النواحى الاقتصادية بين دول الشمال ودول الجنوب هى فجوة فى العلم والتكنولوجيا.

ونتيجة للتفاوت الكبير بين دول الشمال والجنوب نشأ ما يطلق عليه التبعية التكنولوجية التى من سماتها استمرار استيراد التكنولوجيا من دول الشمال نظراً لعدم قدرة الأنظمة العلمية والتكنولوجيات المحلية على الاستجابة لمطالب القطاعات الإنتاجية للتكنولوجيا. ويترتب على ذلك أن يكون المركز التفاوضى لدول الجنوب ضعيفاً أمام من يملك التكنولوجيا ولعل عدم وجود سياسات تكنولوجية وعدم وجود أو ضعف المؤسسات التكنولوجية المنوط بها القيام بعمليات البحث والابتكار. وعدم ارتباط هذه العمليات إن وجدت بالمؤسسات العلمية من جهة والمشروعات الإنتاجية من جهة أخرى يؤدى إلى لجوء هذه المشروعات إلى دول الشمال لاستيراد التكنولوجيا. وربما يكون هناك تجاهل من القطاع الإنتاجى لمؤسسات البحث العلمى لسبب أو لآخر.

إن السياسة التكنولوجية لدولة ما يجب أن ترتبط ارتباطاً وثيقاً بالسياسة الاقتصادية وسياسات الإنتاج والاستهلاك وتوزيع الدخل القومى والسياسات العلمية والتعليمية والثقافية والخارجية لهذه الدولة.

علاوة على ذلك فإن قضايا نقل التكنولوجيا تفرض أن يكون هناك وعى مسبق بحقائق النظام التكنولوجى العالمى. كذلك فإنه ليس فى الإمكان وضع

سياسة لنقل التكنولوجيا فى حالة عدم وضوح الرؤية للعلاقة بين التكنولوجيا وغيرها من الظواهر الاجتماعية.

وفى حالة الواقع العلمى والتكنولوجى بالنسبة لمصر وفى حدود ظروفها الواقعية ومواردها فعليها أن تختار التكنولوجيا التى تلائم ظروفها وواقعها: التكنولوجيا البسيطة أو التقليدية التى تحتاج لعمالة كبيرة وتتضمن الصناعات التكميلية والصغيرة، أو التكنولوجيا المتقدمة تبعاً لاحتياجاتها القومية. ومن المعروف أن التكنولوجيا التقليدية لا تتطلب اكتشاف مبادئ علمية جديدة وتمثل المجال التقليدى للمهارات التى يستخدم فيها نتاج البحث العلمى السابق. كما أنها المجال التقليدى الذى يتم فيه التفاوض على نقل التكنولوجيا.

ولعل من المهم أن ننوه عن تأثير أربعة عوامل رئيسية على التنمية التكنولوجية المتوقعة فى مصر وفى الدول النامية أيضاً. هذه العوامل هى:

١- التغيرات والاتجاهات المستقبلية فى التنمية العلمية والتكنولوجيا.

٢- بناء القدرات التكنولوجية المحلية.

٣- تحديد المعوقات التكنولوجية الرئيسية للتنمية التكنولوجية.

٤- الرؤى العامة والتفصيلية للدول النامية.

وفيما يخص العامل الأول، فإنه من الضرورى التعرف على بعض التحديات والمشكلات التى تواجه تعبئة قدرات العلم والتكنولوجيا لتحقيق أهداف التنمية من خلال السنوات القادمة. ومن المهم كذلك التعرف عليها وفحص التغيرات والاتجاهات الرئيسية فى الوضع الدولى والتى من شأنها أن تحدث تغيراً وتعديلاً فى مجرى جهود التنمية بصفة عامة. ولاشك أن ذلك سوف يوفر معرفة ومراجعة موجزة للاتجاهات الرئيسية فى الجوانب الاقتصادية والاجتماعية والثقافية والسياسية والعلمية والتكنولوجية. وهو الأمر الذى يوفر

فرصة الرؤية اللازمة للتعرف على التحديات الأساسية التى ستواجه صانعى السياسات العلمية والتكنولوجية.

وبالنسبة للعامل الثانى يمكن تجزئة القدرة التكنولوجية لتشمل القدرة على استقصاء التكنولوجيا الملائمة واختيارها من بين التكنولوجيات البديلة، والقدرة على تحديد مصادرها والتفاوض والاتفاق على شروط نقلها من الخارج أو نقلها داخل البلاد من قطاع اقتصادى إلى آخر، والقدرة على إنتاج التكنولوجيا وعلى تحسين التكنولوجيا المحلية واستيعاب وتطوير التكنولوجيا المستوردة إن أمكن، وكذلك القدرة على الاختراع والابتكار والاختبار وتوليد التكنولوجيا ونشرها.

ووفقاً لتجارب بعض الدول فقد وجد أن المكونات الرئيسية لبناء القدرة التكنولوجية هى:

١- إستراتيجية وهيكل العلم والتكنولوجيا.

٢- التعليم والتدريب.

٣- الأنشطة البحثية.

٤- المعلومات العلمية والتكنولوجية.

٥- الخدمات المعاونة للعلم والتكنولوجيا.

وبالنسبة للعامل الثالث، تتجسد المعوقات فى الآتى:

١- معوقات تعوق الاختيار أو الحصول على العلم والتكنولوجيا الملائمين لعمليات التنمية.

٢- عقبات تحول دون تنمية بنية أساسية ودائمة للعلم والتكنولوجيا.

٣- العقبات التى تحول دون وضع سياسة علمية وتكنولوجية، والتى بغيابها يصعب الاختيار الصحيح لمجالات العلم والتكنولوجيا.

obeikandl.com

وفيما يخص العامل الرابع، فمما لاشك فيه أن الاعتماد المتبادل بين الدول يدعو إلى اقتراح الحاجة إلى البحث عن حلول تكاملية للمشكلات الملازمة لطبيعة العلم والتكنولوجيا وتسخيرها فى التنمية.

ولتقوية المشروع العلمى فإن رؤيتنا تركز على تنمية وتطوير وتحسين ثلاثة مجالات رئيسية:

المجال الأول

هو العلم شاملاً فهم البحوث الدافعة(driven) والبحوث الأساسية المهدفة (targeted) والبحوث المباشرة لمهمة ما – كل تلك يجب أن تعطى الفرصة لأن تزدهر لكونها المبشر لفهم جديد ولمنتجات ولطرق جديدة وأحسن.

المجال الثانى

هو دور القطاع الخاص الذى يمثل أهمية كبرى فى الحفاظ على المشروع العلمى.

المجال الثالث

هو نظام التعليم من الحضانة إلى الجامعة.

١-٢ الإطار العام للحالة الراهنة (مشروع العلم والتكنولوجيا)

بينما نسلم بالحاجة المستمرة للعلم والتكنولوجيا للأمن القومى والصحة والاقتصاد فإن التحدى الذى نواجهه حالياً يجعلنا نضيف بأن مشروع العلم والتكنولوجيا يساعد المجتمع لاتخاذ القرارات الصحيحة. كما نعتقد بأن دور العلم سوف يأخذ أهمية متزايدة طالما نواجه قرارات صعبة تختص بالبيئة. إن إنجاز هذا الهدف يتضمن ــ بجانب أشياء أخرى ــ تنمية برامج الأبحاث المستهدفة

لتحليل المواضيع والقضايا المستمرة. كما يتطلب تنسيقاً أعمق بين العلماء والمهندسين وصناع القرار.

والعلاقة الصلبة بين العلم والمجتمع مطلوبة، وكذا تقوية الروابط بينه وبين الناس. كما أن عمل صلات بين العلماء ورجال الصحافة والإعلام بصورة عامة وكذا العامة يزيد من الاعتراف بأهمية مهمة العلم ويساعد على الاستثمار في مجال البحث العلمي.

وتتطلب مواجهة تحديات الغد أن نتكاتف مع القوة المكتسبة من إبداعات العلم والمعرفة. فبذلك ستكون قدرتنا أكبر للوصول إلى فهم أعمق للكون وكل ما يحتويه، والوصول من خلال هذا الفهم إلى حلول تساعدنا لتحقيق المثاليات التي يتطلع إليها الشعب.

إن المشروع العلمي يمثل قوة كبيرة للوطن. وهذا المشروع يتصف بالعلاقات الداخلية المعقدة بين الحكومات والصناعة والجامعات والمراكز البحثية. ويتأتى فهم آليات منافع مشروع العلم والتكنولوجيا من الإدراك لطبيعة العلم في حد ذاته. فالعلم هو أساساً عملية استعلامية. هو عملية للتعلم والاستكشاف وليست ببساطة عملية تجميع للحقائق. العلماء يحاولون فك الأسرار الموجودة في الطبيعة وطالما أن هذه الأسرار غامضة، فلن يصل إلى مدلولاتها إلا المهرة. لذلك فملاحقة فهم العلم تتطلب الحذق والبراعة للأذكياء والتفكير المستقل. وبالرغم من أن التكنولوجيا تكون مطلوبة للضرورة وليس لحب الاستطلاع فإنها تتطلب الخلق والإبداع. هذه العملية "حب الاستطلاع مقابل الاحتياج" أدت إلى تصميم العلم إما إلى علم أساسي (Basic) وإما إلى علم تطبيقي (Applied). وبالمعنى البسيط لهذين التوصيفين فإن البحوث الأساسية هي التي يقوم بها بحاث أكاديميون للبحث عن المعرفة، والبحث التطبيقي يجرى

بواسطة مخترعين أو بحاث فى الصناعة بغرض الوصول إلى منتجات جديدة. وتلك اختلافات اصطناعية. ذلك أن إنتاج منتج جديد سواء كان شريحة ميكروية أم فاكسين دائماً يتطلب فهماً للأساسيات والمبادىء العلمية. وعموماً، فإن العلاقة بين ما يسمى بحث أساسى وبحث تطبيقى ليست بسيطة، ولكن - على العكس- هى معقدة وديناميكية ويتوقف كل منهما على الآخر.

وبينما نعترف بتعقد العلاقة بين البحوث الأساسية والبحوث التطبيقية فإن المصطلحات لحد ما غير ملائمة (أصبحت جزءا من العامية العلمية). وللوضوح فإن المصطلح "بحث أساس" يعنى بحث يتم بغرض فهم أفضل لنظام أو خاصية ويستخدم أحياناً بمصطلحات مثل أصولى أو بحث لغرض الفهم. أما البحث التطبيقى فهو يصنف بحثاً قد تم بهدف ضبط وإكمال عملية أو منتج. عامة فإن المصطلح "العلم" يستخدم فى شكله الأعم ويشمل العلوم الفيزيائية والكيميائية والطبيعية وعلوم الحياة والرياضيات والهندسة.

إن غلبة العلم والتكنولوجيا فى المجتمعات الحالية تلاحظ بشدة فى قطاعات النقل والاتصالات والزراعة والطب. وهى بعض قطاعات المجتمع التى استشعرت الدفع الناتج من البحث والتطوير فى التكنولوجيا. هل لنا أن نتوقف ولو قليلاً لكى نتفكر ونتأمل هذا النظام الذى يرعى هذه التغيرات التى تشكل المجتمع بشكل كبير - ألا وهو "المشروع العلمى التكنولوجى"؟.

هذا المشروع مثل أى نظام شامل وضخم له قصور ذاتى هائل ويمكنه أن يحتفظ بدالاته فى غياب أى اتجاه ظاهر. كما أصبحت المكتسبات من هذا المشروع مذهلة. والتطورات العظيمة فى تكنولوجيا الاتصالات والإعلام والحاسبات سوف تحدث ثورة فى حياتنا أكثر وأكثر. كما أن التقدم فى هذه

المجالات سوف يوسع قدرات العلم، وسوف يكون له تأثير على طرق التدريس والتعليم، وحتى على طرق تفكيرنا.

وهناك أربع محصلات أساسية للمشروع العلمى تتطلب التقوية إذا كان لنا أن نؤكد نجاحها فى القرن الواحد والعشرين، وعليه نحقق الأهداف لتحسين الحياة والصحة لكل الناس. وسوف نتناولها فى الجزء التالى (١-٣).

أولاً : ضمان تدفق الأفكار الجديدة

يجب أن تؤكد أن بئر الاكتشاف العلمى لن يجف وذلك بتسهيل وتشجيع التقدم فى البحوث الأصولية. يجب أن نرى أن بئر التقدم هذا لن يسمح له أن يكون راكداً. أى أن الاكتشافات من هذا البئر يجب أن تسحب وتطبق لتنمية نواتج وطرق جديدة.

ثانياً : دور القطاع الخاص فى المشروع العلمى.

ثالثا : ضمان أن القرارات التكنيكية المتخذة من الحكومة مؤسسة على فكر علمى.

رابعاً : يجب أن ندعم ونقوى كل من النظام التعليمى الذى نعتمد عليه لإفراز نوعية متعددة التخصصات من الناس (كل الناس من العلماء والمهندسين إلى العمالة التكنولوجية والعاملين فى مجال التكنولوجيا المحترفين والزبائن الذين يسحبون من بئر الاكتشاف ويغذونه). ويجب أيضاً دعم وتقوية خطوط الاتصال بين العلماء والمهندسين والناس.

إن العلم والتكنولوجيا سيظلا قوة دافعة خلف الحاجة إلى مشروع علمى قوى ومدعم. فى الأزمنة الحديثة ظهرت تهديدات للبيئة بزيادة واضحة. ونظراً لكون فهمنا العلمى لشئون البيئة يبين خطورة وحرج المشكلة فإن الاستثمار فى

البحث الهادف الذى يؤدى لاتخاذ قرارات هامة بخصوص الجو وكيفية التعامل مع الشئون الهامة فى البيئة ستكون له أهمية متزايدة.

وثمة أربعة أهداف ستكون أساس هذه الدراسة وهى الأمن القومى، والصحة، والاقتصاد، واتخاذ القرار.

١-٣ أساسيات ضرورية للسياسات العلمية والتكنولوجية

أولاً : ضمان تدفق الأفكار الجديدة

تشكل الأفكار العلمية الجديدة أساس المشروع البحثى. فبدونها تختنق التنمية وينهار الاقتصاد. والتقدم المفاجئ الذى يشكل هذا الأساس لا يمكن التنبؤ به أو استدعائه عند الطلب. ولكن الاكتشافات المهمة دائماً تأتى من سبل غير متوقعة.

لنفترض العمل البحثى الذى قام به كلاً من ستانلى كوهين (Stanely Cohen)، وهربرت بوير (Herbert Boyer) منذ حوالى ثلاثين عاماً فى الولايات المتحدة الأمريكية عندما كانا ضمن كثرة من العلماء يجرون تجارب على الـ DNA. ومثل عدد من الباحثين الآخرين فى المجال الوليد للبيولوجيا الجزيئية كانا يسألان أسئلة أساسية عن طبيعة مادة الوراثة (Genetic material). لقد كانا يعملان مستقلان عن بعضهما محاولان الإجابة على أسئلة حول الأنزيمات البكتيرية (Bacterial enzymes) والكروموسومات المتناهية فى الصغر (Mini-chromosomes) المسماه بلازميدز (Plasmids). وفى مقابلة حدثت مصادفة وكانت مقابلة سعيدة فعلاً أدت إلى تعاون نتج عنه ثورة فى هذا المجال وهى اكتشاف تكنولوجيا إعادة اتحاد الـ DNA (Recombinant DNA) ـ تلك التقنية التى كانا روادا لها أصبحت الآن مصدر الحياة لصندوق العدة للعلماء

وأوصلت للهندسة الوراثية؛ وعليه فقد جعلت صناعة التكنولوجيا الحيوية وعديد من الاكتشافات الطبية الحالية ممكنة.

وفى حوالى نفس الفترة وأيضاً فى الولايات المتحدة الأمريكية، وفى مجال علمى مختلف، وعلى غير المتوقع، ظهر اكتشاف آخر على الدرجة نفسها من الأهمية. فقد كان كل من رونالد ريفست (Ronald Rivest) وآدى شامير (Adi Shamir)، وليونارد أدلمان (Leonard Adleman) منشغلين فى بحث حول التعقيدات الحسابية (Computational Complexity) وهو موضوع فرعى فى علوم الحاسب النظرية. وقد قادتهم ملاحقتهم للمفاهيم الرياضية إلى طريقة مبنية على أساس رياضى يمكن استخدامها لحماية الإعلام الإلكترونى يطلق عليها (Public Key Encryption). حالياً وبعد سنين عدة يبدو اكتشافهم عويصاً أو يصعب فهمه، حيث أن التشفير Encryption لا يحمى البريد الإلكترونى (e-mails) من الفضوليين فحسب ولكنه عمل على ازدهار عالم التجارة إلكترونياً لضمان السرية والأمن لقاعدة الصفقات المالية على شبكة المعلومات.

لقد كان عند العلماء المشاركين فى هذه المتابعات المتنوعة ما هو أكثر من حب الاستطلاع عادة. إن كل ما طلبوه من أجل المعرفة قد تم وضع الاعتمادات المالية له وعلى الأقل جزئياً من حكومة الولايات المتحدة الأمريكية. والأمثلة التى ذكرناها عن متابعة البحوث الأساسية قادت إلى تنمية مهمة اقتصادياً. إن بعض البحوث الممولة من حكومة الولايات المتحدة بدأت للبحث عن الفهم ولكنها انطلقت إلى تطبيقات مهمة. فى الحقيقة وفى دراسة حديثة أظهرت أن ٧٣% من مسجلى براءات الاختراع الأمريكية مولوا البحث كجزء أو ككل من الأساس الذى كانت عليه نتائج براءات اختراعهم الجديدة قد تأسست (مرجع ١).

إن الباحثين المذكورين أعلاه لم يكن باستطاعتهم إنجاز اكتشافاتهم بدون عملية التمويل من الحكومات الفيدرالية بالولايات المتحدة الأمريكية. فلم يكن بإمكان أى شركة أو مستثمر خاص أن يمول أعمالهم العلمية، لأن التنبؤ فى ذلك الوقت استقر على أنه لن يكون هناك عائد أكثر من اكتساب المعرفة.

إن الاستثمار فى البحوث الأساسية يستلزم إرادة للمجازفة على الكسب النهائى. ففى مقابل كل اكتشاف ثورى هناك خطوط أخرى للبحث تعطى نتائج أقل أهمية. هذه هى طبيعة البحوث الأساسية. ربما تظهر النتائج الأولية أن البحث ذو أهمية، ولكن قلما يكون هناك تأكيد لذلك. وعموماً، إذا كان الناتج من أى مشروع بحثى معروف مقدماً فإن الهدف لا يكون ذا طبيعة أساسية حقيقة.

لقد لخص الدكتور جيمس لانجر الأستاذ بجامعة كاليفورنيا بسانتا باربارا ما يدور حول هذه النقطة بإسهام عن طريق البريد الإلكترونى فى دراسة عن سياسة العلم بالولايات المتحدة الأمريكية. كتب يقول: التاريخ يخبرنا بأن حتى أعظم العلماء لم يكن باستطاعتهم تحديد أنسب الاتجاهات المفيدة للبحث أو التنبؤ بما تتضمنه اكتشافاتهم. نيوتن أمضى جزءاً كبيراً من حياته العلمية يدرس الكيمياء القديمة. أينشتين وجه النصف الثانى من حياته لمسائل نعرف حالياً أنها لن تحل بدون التوصل إلى اكتشافات حديثة فى فيزياء الجسيمات الأولية. إن باردين لم يحسن التقدير لأهمية اكتشافه الترانزيستور كما فعلت معظم الشركات الصناعية فى أمريكا فى ذلك الوقت. وأضاف قائلاً – بينما أنا متأكد بأننا سوف نرى تقدماً علمياً ملحوظاً فى المستقبل القريب فإننى وبنفس القدر من التأكد أقول بأننا لا نستطيع أن نثق بما يتنبأ به العلماء والمهندسون أو خبراء السياسة فى أين تحدث التطورات أو فى أى طريق ستكون لها مدلولاتها الكبيرة.

إن العالم أو المهندس يسلك طريق البحوث الأساسية بغرض زيادة الفهم حول الكون وكل المخلوقات الموجودة فيه. وبينما يمكننا الحصول على بعض المنافع من هذه الاستكشافات مثل التحسن فى النواحى الصحية والاقتصاد والأمن القومى ونوعية حياتنا، فإن ذلك يجب أن لا يعمينا عن حقيقة أن سلوك طريق المعرفة فقط هو مسعى محمود وهام.

١-٣-١أ الاستثمار فى البحوث الأساسية

من المفترض أن نمكن العلماء من الاستمرار فى متابعة البحوث الأصولية. فقد بنيت الخبرات السابقة فى الاستثمار الحكومى فى البحث المزايا الاقتصادية المصاحبة لهذا الاستثمار. وتقديرات الاقتصاديين لتغير تأثير التكنولوجيا على النمو الاقتصادى القومى يعتمد جزئياً على ما إذا كانوا يحسبون معدلات العائد الخاص أو العام. ففى تقرير مقدم من لجنة التنمية الاقتصادية فى الولايات المتحدة الأمريكية عام ١٩٩٣ (مرجع ٢، مرجع ٣) توقعوا معدل عائد مقداره يتراوح بين ٢٠% و٣٠% للشركات الخاصة. ولكن مكتب الميزانية فى الكونجرس الأمريكى توصل إلى أن معدل العائد العام من البحوث يتراوح بين ٣٠% و٨٠% (مرجع 4). وفى دراسة عام ١٩٩٢ (مرجع 5) موجودة فى تقرير من Progressive Policy Institute (مرجع 6) بينت أن 49% من النمو الاقتصادى يرجع إلى التقدم التكنولوجى (مرجع 7). إن علينا أن نأخذ بعين الاعتبار تأثير اقتصاديات التكنولوجيا الحيوية والصناعات عالية التقنية، (فكلاهما يرجع كثيراً من نجاحاته إلى التقدم فى البحوث الأساسية) لكى نعى ونفهم المنافع العظيمة للاقتصاد التى يجلبها الإنفاق على البحوث الأساسية.

لقد اعترفت بعض الدول الأخرى مثل اليابان (مرجع ٨) وكوريا الجنوبية (مرجع ٩) بنجاح العلم الأمريكى وبالمزايا التى تعود نتيجة التمويل الحكومى،

وبدأت فى التفوق على الولايات المتحدة فى التمويل معبراً عنه كنسبة من إجمالى الناتج القومى. ويرجع ذلك إلى إدراكها أن تمويل البحوث الأساسية حالياً محدد كبير لقوة اقتصاد المستقبل.

١-٣-٢أ دور الباحث الفرد فى مشروع البحث

لكى نسهل البحوث الأساسية يجب على الحكومة أن تدبر منح البحث التى تشمل تمويلات الموازنة للتكاليف غير المباشرة واستخدام طرق اختيار سليمة للباحث الفرد فى الجامعات، ومراكز البحوث، والمستشفيات وبعض المعامل الصناعية، وذلك لتدعيم البحوث غير التجارية.

١-٣-٣أ تحفيز الابتكار فى البحوث الأساسية

يؤدى تقييد عملية الخلق والابتكار (التى هى مهمة جداً لتقدم العلم) إلى مخاطر وإرباك للمشروع البحثى على المدى الطويل، ولذلك يجب تجنبها. كما يجب اتخاذ الحرص الكافى لتأكيد أن العلماء فى خطواتهم المبكرة فى عملهم البحثى قادرين على استحضار أفكار جديدة للمشروع البحثى لما لهم من طاقة وحيوية. ومن الضرورى الاهتمام بالعلماء ذوى الجهد الخلاق وأصحاب الأفكار؛ فحتى لو كانت بعض هذه الأفكار غير قوية وغير رشيدة، فمن الواجب متابعتها.

١-٣-٤أ الحفاظ على التنوع فى حقيبة البحوث الأساسية

أصبح تداخل الموضوعات فى العملية العلمية متزايداً. فالتقدم فى أحد الفروع غالباً ما يتبعه تقدم فى فرع آخر وغالباً تكون مجالات لا علاقة بينها فيما يظهر. على سبيل المثال: من كان يفكر أن البحوث فى الفيزياء النووية (دراسة الحالات الداخلية وخواص نواة الذرة) وتقنيات تجميع البيانات

المستخرجة من التجارب على الجسيمات الأولية (الكواركات وغيرها) سوف تقود إلى جهاز أمكنه تعزيز حدود بحوث الطب الحيوى (Biomedical) والعناية الصحية؟.

إن خطوط البحث قادت فى النهاية إلى التصوير بالرنين المغناطيسى (Magnetic Resonance Imaging) بواسطة جهاز يستخدم حالياً فى المعامل والمستشفيات فى كل أنحاء العالم فى البحوث البيولوجية الأساسية وأيضاً للتشخيص فى حالات المرض. ويقدم مثل هذا التداخل بين المجالات مثالاً آخر للعائد الممكن الحصول عليه من البحوث الأساسية.

فى بعض الأحوال يمكن لتقدم العلم أن يضعف لفترة زمنية معينة قبل أن يصادف تطوراً غير متوقع. على سبيل المثال، قاد البحث الطويل وغير الناجح على الأساس الفيروسى (Viral basis) للسرطان البشرى إلى اكتشاف فئة من الفيروسات ذات خصائص غير عادية يطلق عليها فيروسات تراجعية (Retroviruses) فى السبعينات.

ولم تمر إلا بضع سنين حتى كان لأحد أعضاء هذه الفئة من الفيروسات أن يأخذ أهمية كبيرة كسبب محتمل لمرض الإيدز. وهكذا فإن العمل المبكر على ما بدا أنه مشوق ولكنه غير عملى ساعد على تقدم أسرع للحرب ضد الإيدز.

ومثال آخر يوضح الفترة الزمنية الكبيرة بين الاكتشاف الأولى والتطبيق الحقيقى وهو جبر بوليان (Boolean Algebra) الذى ظهر عام 1854، ولكنه لم يحظ بتطبيق على مجال واسع حتى تطورت الحاسبات الحديثة.

إن من المهم للحكومة تمويل البحوث الأساسية لمحيط عريض من الفروع العلمية تشمل الفيزياء والكيمياء وعلوم الحاسبات وعلوم الحياة والرياضيات والهندسة والعلوم الاجتماعية.

١-٣-٥- أ العلم للمجتمع

أشار أكثر من شاهد إلى الاختلاف الطفيف بين فهم البحث الأساسى المدفوع (Driven) أى الذى له دافع والبحث الأساسى المهدف (Targeted). بينما أغلب الأعمال العلمية تجرى بسبب حب الاستطلاع والرغبة فى اكتشاف المجهول إلا أنه أيضاً وللحقيقة فإن عدداً كبيراً من البحوث العلمية التى أجريت بعد الحرب العالمية الثانية كانت بحوثاً تستهدف مشاكل وتطبيقات معينة للمجتمع.

عموماً فإن البحث والتنمية (R & D) فى الأقسام العلمية والمراكز البحثية يجب أن يكون وثيق الصلة ومرتبط بمهمات الأقسام والمراكز العلمية، وأن يركز على البرامج الأساسية التى تدار بعناية - طويلة المدى - غير تجارية وذات جهد عال للكشف العلمى. إضافة إلى ذلك فإنه يجب التأكيد على إن البحث يجرى للوصول إلى مدلولاته وبذل الجهد لتقليل المعوقات الإدارية والتدقيق فى حسابات الإنفاق.

١-٣-٦-أ زيادة كفاءة وفعالية المراكز البحثية القومية

المراكز القومية مصدر فريد فى مشروع البحث. فهى تمثل مناخاً عالى الفعالية فى تداخل نوعيات البحث. بالإضافة إلى ذلك فهى تملك المعدات الكبيرة والمرتفعة القيمة التى يصعب على أى قسم بالجامعة أن يمتلكها. كذلك من المفترض أن الباحثين العاملين بها يتميزون بالتفرغ التام للبحث العلمى. وبالرغم من ذلك فإن الإحساس بأن المراكز القومية لا تتابع مهماتها بكفاءة قد جعلها مجالاً للتفكير لبذل الجهود لإعادة تشكيلها وتحسين إدارتها وإدارة عملياتها. فنظم الإدارة قد تقيد عملية الخلق والابتكار ولا تزيد من مستوى التركيز المؤثر على

العمليات البحثية فى المعامل. والمطلوب عملية تشمل تقليص قلة كفـــاءة الإدارة الفوقية غير الضرورية.

١-٣-٧-أ زيادة المحاسبية للحكومة

يماثل تطبيق نتائج البحوث الموجهة الجارية فى المراكز القوميـــة الاتجـــاه العملى فى عالم الأعمال الذى يستخدم "خرائط الطرق" التـــى ســـبق إعدادهـــا بغرض تحديد كل الأهداف والجداول الزمنية المأمولة لقيـــاس نجـــاح برنـــامج البحث. فعندما يعرض بحث علمى أو هندسى فى إطار إحراز هدف أو مهمـــة معينة يكون من الهام جداً استخدام نوعية قياس لمحاسبية عرض البحث لتقديـــر ما إذا كان برنامج البحث مؤثراً. وعلى المراكز البحثية الحكوميـــة، خصوصـــاً تلك التى تتابع مهمات البحوث الموجهة، أن تستنبط نظاماً معيارياً (فى الولايـــات المتحدة الأمريكية يستخدمون نظام يطلق عليـــه (Results Act.) (مرجـــع١٠). كأداة لوضع الأولويات والحصول على أكبر عائد من برامج بحوثـــهم ويجـــب إلغاء أو تقليص برامج الأبحاث العلمية التى لا تقابل هذه الأهداف، وذلك بـــهدف مساعدة المبادرات الجديدة لمجالات بحـــوث علميـــة ذات درجـــة أعلـــى مـــن الموثوقية.

١-٣-٨-أ ازدياد النجاح من خلال الشراكة البحثية

إن الشراكة الفعالة بين الكيانات المتنوعة فى المشروع البحثـــى يمكـــن أن تكون وسيلة قيمة لفعالية استثمار البحث الحكومى. والشراكة البحثية يمكـــن أن تأخذ أشكالاً عدة ومختلفة. فهـــى موجودة بين كل التجميعات الممكنة لأهم ثلاث أنماط لمؤسسات البحث: "الجامعات، معامل الصناعة، والمراكز البحثية القومية". وإذا تخيلت مثلثاً يوجد عند كل رأس من رءوسه نمط من أنمـــاط المؤسســـات البحثية، فبالتأكيد هناك اتصال بين كل زوج منهم. ويمكن فى بعـــض الأحيـــان

تخيل وجود الحكومة فى مركز المثلث مستخدمة تأثيرها ومصادرها لتشجيع الصلات المتنوعة فى هذا المثلث.

بينما تجمعات الشراكة المختلفة لها متطلبات مختلفة، فهناك عدد من المبادئ الأساسية للأزمة لبناء شراكة بحثية ناجحة، وهى:

أولاً: يجب أن تكون للشركاء أهداف عامة مشتركة ومهارات تكمل بعضها ويجب أن يتفهموا ويقبلوا أولويات بعضهم البعض.

ثانياً: يجب أن تؤسس الشراكة على تخصيص الاهتمام بالبحث الذى سيعرض وتزويد كل شريك بنتائج لها معنى.

أخيراً على الشركاء أن يضعوا أهدافاً وخطوات عمل محددة قبل بداية التعاون بينهم. وغنى عن البيان أن الثقة المتبادلة والاتصال بين الشركاء هو أمر حيوى لضمان النجاح.

١-٣-٩-أ الشراكة بين الجامعة والصناعة

حيث أن الجامعات تبحث عن وسائل وطرق لتفعيل نفقات البحث، والشركات تبحث عن فرص لاقتناص نتائج البحوث الأساسية بدون أن تتكلف كثيراً فى بناء برامج البحث، لذلك تصبح الشراكة بين بحاث الجامعة والكيانات الصناعية أكثر إلحاحاً.

وبالرغم من ذلك فهناك عدد من التحديات التى يجب مواجهتها إذا كان للجامعات والصناعة أن يكون تعاونهما مؤثراً.

أولاً: على الجامعات ألا تنحرف عن الهدف المحدد لتعليم الطلبة والوفاء بمتطلبات البحوث الأساسية والهندسية. إن الجامعات يمكن أن تعمل تعاونياً مع الصناعة، لكنها لا يجب أن تكون صناعة، وإلا تفقد تراثها

obeikandl.com

وثقافتها علاوة على البحوث الأصولية والمهمة التعليمية. وفى هذه الحالة لن تكون ذات فائدة للشراكة.

ثانياً: على الباحثين من الجامعة الذين تمولهم الحكومة ألا تنقصهم الشجاعة لنشر أعمالهم، أى نشر نتائج البحوث. إن السياسات غير المتوازنة مثل القيود على النشر تزيد المخاطر للتعليم العالى وهو المهمة المركزية للجامعات والقناة الهامة لتفاعل الجامعة والصناعة ونقل التكنولوجيا.

أخيراً: على كيانات القطاع الخاص التى تتشارك مع الجامعات ألا ينظروا إلى الشراكة مع الجامعة على أنها بديل عن برامج بحوثهم الخاصة.

إذا قيمت الجامعات الشراكة كوسيلة لعرض جهود الكلية والطلبة فى المواضيع التكنولوجية التى ينتج عنها ابتكارات ذات فائدة للمجتمع، وإذا لم يؤسسوا توقعاتهم مبدئياً على دخل أو ريع من براءات الاختراع، ستبقى علاقة الشراكة مستقرة ومنتجة. وإذا رأت الشركات الجامعات كمصادر لأفكار جديدة وكنوافذ على عالم العلم محققة الإستراتيجيات الخاصة بتكنولوجياتهم بدلاً من رؤية الطلبة كوسيلة بسيطة التكاليف لحل مشاكلهم على المدى القريب للشراكة، سيكون ذلك بالتأكيد لمصلحتهم.

١-٣-١٠-أ التعاون الدولى

بالرغم من كون البعض يعتقدون بأن العلم هو محاولة أو مسعى فردى، فهو فى الحقيقة مجهود تعاونى. إن العلماء دائماً يعملون بدون اعتبار للحدود الدولية. فمعظم التعاون العلمى الدولى يكون على مستوى فردى من العلماء أو المعامل. على سبيل المثال: معملان أو أكثر يمكن أن يتفقا للعمل سوياً بغرض إتمام مسألة علمية. ومن الأمثلة الأخرى سفر العلماء فرادى إلى دول أخرى للعمل فى معمل باحث آخر لفترة زمنية قصيرة أو لفترات طويلة لتدريب

الخريجين أو شباب الحاصلين على الدكتوراه (Post-Doctoral). والآن وعن طريق شبكة المعلومات يمكن استخدام معدة علمية عن بعد بواسطة الريموت كنترول (Remote Control).

وأحد الأمثلة للتعاون الدولى الناجح هو المنظمة الأوروبية للبحوث النووية فى جنيف بسويسرا والمعروفة باسم (CERN). لعل هذه المنظمة هى أنجح معمل دولى فى العالم. هذا المعمل له تكوين إدارى يضمن بأن المشاريع العلمية ذات القيمة العالية هى فقط التى توظف وتنفذ، وأن كل المشاريع تقدم للفحص والتقييم الدقيق. كذلك فإن الخدمات الأساسية تقدم للضيوف من العلماء والطلبة. وتعمل هذه الإدارة على أن تظل الحيوية العلمية والثقافية بصورة عامة فى أعلى درجاتها.

١-٣-١١-أ قواعد ومسئوليات جديدة للعلم

إن التعاون الدولى فى العلم والتكنولوجيا ضرورى جداً لإحراز تقدم بخصوص مشاكل عامة وكثيرة فى البيئة والصحة والغذاء والمياه والطاقة وتحديات أخرى كونية. إذ أن هذا التعاون عادة ما ينتج عنه اتخاذ قرارات حكيمة من الدول والمنظمات الدولية لمعالجة هذه المشاكل.

وأخيراً، فإن الديمقراطية يمكن أن تتسع من خلال العلم. ففى عالم ملىء بقيم ثقافية متصارعة واحتياجات متنافسة، فإن العلماء فى كل مكان يتقاسمون ثقافة عامة دافعة تحترم الأمانة وسماحة النفس والرؤى والأفكار المستقلة. إن المعرفة قوة. وتبديد هذه القوة ينتج عنه فى الكون قوة غاشمة تطيح بالديمقراطية.

ثانياً: دور القطاع الخاص فى المشروع العلمى

إن مشروعاً للبحث الأساسى يتسم بالقوة والديناميكية والاستمرارية هو بالقطع أساس للتقدم ولتحقيق أهداف المجتمع (اقتصاد قوى، دفاع قومى قوى وشعب يتمتع بصحة جيدة. وبيئة نظيفة). ويتوجب على القطاع الخاص القادر على ترجمة الاكتشافات العلمية إلى منتجات وتطور وتنمية أن يتقدم وأن يكون شريكاً نشطاً فى مشروع العلم والتكنولوجيا.

إن الاستثمار فى البحوث الأساسية هو دائماً جزء من مقامرة. فليس من المنتظر من كل مشروع بحثى أن يعطى عائداً. غير أن المكتسبات المرجوة من أخذ اكتشاف وتنميته يمكن أن تكون هائلة. ولكن إذا لم يحقق المنتج المرجو منه – وببساطة إذا لم يمكن بيعه – فى هذه الحالة ستكون التكاليف باهظة.

وبالنسبة لشركة تقوم أساساً على التكنولوجيا – فالسؤال هنا ليس كالآتى: هل يجب على الشركة أن تقوم بأبحاث؟ ولكن السؤال يوضع بالصورة التالية: كم؟ وأى نوع من البحوث تركز عليه؟ إن احتياجات الشركات المختلفة تتغاير كثيراً – الشركات ذات المنشآت الكبيرة دائماً مصادرها الممكنة كبيرة، ولكن يمكن أن يكون هناك مساهمون تعودوا على ربحية معينة وغير قابلة لإضاعتها فى مقابل منافع غير مضمونة عن طريق بحث أساسى؛ وعليه فالمخاطر واردة.

وبالنسبة للقادم الجديد من الشركات الصغيرة فمتابعة البحث البعيد عن المخاطر ربما تكون الطريق الوحيد لدخولها فى سوق تنافسى. إن مثل هذه الشركات المبتدئة يجب أن تعول على رأس المال المبدئى المقترح بواسطة مستثمريهم لتمويل هذا البحث. وفى الحقيقة فإن التمويل هو المشكلة الأولية التى تواجهها شركات حديثة كثيرة. إن بعض المصانع تنهار عندما تنتهى التغطية المالية دون إنتاج ملموس.

على أية حال، ليس حجم الشركة بالضرورة مؤشراً على أى نوعية من البحوث يمكن أن تقوم بها. إن بعض الشركات الكبيرة العالية النجاح تحافظ على أقسام البحوث التى هدفها دفع حدود بحوثهم – وتفعل ذلك لتخاطر أكثر – لتأكيد استقرار الشركة فى المقدمة لتبتكر وتبدع أسرع من المنافسين.

ويجب على شركات التكنولوجيا الحالية أن تعبر فجوة البحث بين العلوم الأساسية وتنمية المنتج إذا أرادت أن تظل على الحد القاطع للصناعة. وهذا النوع من البحوث يشار إليه على أنه بحوث "المستوى – البينى" "mid-level"، وهو ضرورى لتمويل نتائج البحوث الأساسية إلى تكنولوجيا بازغة، ومن ثم إلى منتج للتسويق.

المستوى البينى "mid-level" من البحوث يجب أن يستمر تنفيذه فى القطاع الخاص. فثمار هذا البحث تكون ملكية خاصة، وعليه فالشركة تكون هى المستفيد الأول أو الوحيد لمنافع أى تكنولوجيات جديدة. وفى نفس الوقت يجب أن تتحمل الشركة المخاطر الناتجة إذا لم تظهر نتائج ذات قيمة من مشروع البحث. ولكن المنافسة المشتعلة فى الأسواق العالمية وتشدد حملة الأسهم للحصول على عوائد سريعة قد أثرت على قدرة الشركات على القيام ببحوث "المستوى – البينى" خاصة تلك التى تميل إلى الأساسية عن التطبيقية.

إن القلق يزداد لأن الشركات تركز جهودها البحثية على التكنولوجيات القريبة لأن تسوق. وعليه فهى تنحو نحو الربح السريع بدلاً من المشاريع التى تتطلب مساندة أكثر للاستثمار فى البحوث. وتوجه علماء الصناعة إلى مشاكل البحوث التى تتجه للمشاريع المتوقع منها عائد قريب تعنى أن هؤلاء العلماء سوف يعملون فى سلسلة من مشاريع بحوث المدى القصير، وأنه لا يوجد ما

يشجعهم على العمل فى مشاريع المدى البعيد وهذا سوف يمثل تهديداً واضحاً لمعظم المشروع البحثى.

١-٣-١ب تمويل الشركات الصغيرة

من المهم تشجيع الشركات الصغيرة المبتدئة فى التكنولوجيا. إن هذه الشركات الفتية غالباً تركز مبدئياً على اكتشاف مفرد أساسى كبطاقة تعرف فى السوق التنافسى. وهذا الاكتشاف قد يجرى فى الجامعة أو أحد مراكز البحوث. إجمالياً هذه الشركات يعول عليها على أنها أحد الآمال المرجوة لعبور الفجوة البحثية بين البحوث الأساسية الممولة من الحكومة وتنمية الإنتاج المتابع من الصناعة.

ويمكن لكم كبير من التمويل أن يوظف للاستثمار فى هذه الشركات الفتية الواعدة. (مرجع ١١). ولا شك فى أن تمويل القطاع الخاص لهذه الشركات الصغيرة الديناميكية عامل كبير لضمان إستمرارها لأنها غالباً سوف تعمل فى غياب أى دخل لفترات قد تطول، وعليه فإنها ستعتمد على رأس مالها الأساسى لمتابعة البحث الذى تأمل أن يقودها إلى الربحية. ولأن رأس المال المبدئى مهم جداً لأى دخول لشركات التكنولوجيا الجديدة، فإن سياسات الضرائب التى تشجع تكوين رأس المال تكون ذات أهمية قصوى. إضافة إلى ذلك يجب أن نتذكر أن السياسات والإجراءات المرهقة مصدر إحباط آخر لبحوث القطاع الخاص، ويجب أن تخفف بقدر الإمكان.

١-٣-٢ب الشراكة لتنمية التكنولوجيا

الشراكة تعنى استحضار عناصر كثيرة لتنمية التكنولوجيا تستهدف اشتقاق نتائج البحوث. وفى أحوال كثيرة يمكن أن تتشابك هذه الأهداف. على سبيل

المثال: فى علاقة الشراكة بين الجامعة والصناعة، يمكن للجامعة أن تتوصل للتكنولوجيا الضرورية لتطورات حثيثة فى الفهم الأساسى، بينما تكون الصناعة قادرة على تحسين نوعية التكنولوجيا استعداداً لبيع منتجات نهائية. وهذا الطابع للشراكة التكافلية هو فى القلب من الشراكة الناجحة. وشراكة مثل هذه تبشر بثقة كبيرة سواء فى نشر نتائج البحوث الأساسية بكفاءة أو إحتثاث البحوث التى تتخطى كل الحواجز.

وكثير من الشراكات الناجحة هى تلك التى تظل غير مصنفة وتعتمد على حرية الحركة للناس بين القطاعين العام والخاص. فالأداة الأكثر دفعاً وتأثيراً لانتشار المعرفة هى حركة شباب العلماء والمهندسين والدكاترة من جامعاتهم إلى عالم التجارة آخذين مفاهيمهم والمعرفة المنظمة معهم. إن ميكانيكية انتشار الجامعة تعنى أن كثيراً من الطلبة ذوى الكفاءة يتعلمون ويذهبون للصناعة، وأن الأساتذة يعملون كاستشاريين ليوم واحد فى الأسبوع.

١-٣-٣ب العلاقات العلمية بين الجامعات

الجامعات ذات القدرات البحثية الكبيرة يجب أن تتعهد بالعناية علاقات العمل مع الجامعات الأقل قدرة والكليات التكنولوجية فى مجالات البحث ذات الاهتمام المتبادل. أما الجامعات قليلة القدرة فى البحث فعليها أن تأخذ فى الاعتبار تنمية الخبرات العلمية والتكنولوجية فى مجالات، وذلك محددة لإكمال الخبرات المحلية والإسهام فى إستراتيجيات تنمية الاقتصاد المحلى.

١-٣-٤ب إعلام القطاع الخاص بنتائج البحوث الممولة حكومياً

إن بعض الشركات نادراً ما تكون لديها موارد للعمل فى البحوث الاستكشافية. والبديل هو اعتمادهم على البحوث الممولة حكومياً لفتح الطريق

لفرص جديدة. على أية حال فإن الاستفادة من التقدم البحثى فى المعامل الحكومية والجامعية يفترض قيام هذه المعامل بإعلام منظمات القطاع الخاص عما يتحقق من نتائج فى عالم البحوث الممولة.

١-٣-٥ب حماية الملكية الفكرية

إن حماية الملكية الفكرية هامة جداً لتحفيز القطاع الخاص على تنمية اكتشافات علمية وهندسية للسوق. إذ يجب أن يحصل أفراد أو منظمات القطاع الخاص على ملكية الاكتشاف العلمى، وذلك بما يشجعهم على تحمل مخاطر أى تمويل مستقبلى يمكن أن تنجم عن تنمية الاكتشاف.

إن النظرة العامة على عائدات الملكية الفكرية محلياً وعالمياً تؤكد أن توازناً مقبولاً قد تم بين تحفيز التنمية للبحث العلمى والهندسى لتكنولوجيا قابلة للتسويق وبين الحفاظ على النشر المؤثر ذى الأهمية لممارسة ومزاولة العلم والتنمية الإقتصادية.

١-٣-٦ب نتائج تخص قطاع الصناعة

بينما يمكن أن تمول الحكومة بحثاً له طبيعة تطبيقية فى ظرف ما، فإنه من المهم أيضاً أن تعترف الشركات بأهمية الاستثمار على المدى البعيد (long-term) حيث البحث على المستوى – البينى لا يمثل ببساطة تنمية المنتج. عندما تسجل الشركات أرباحاً فى اقتصاد قوى ونشط، فإن المصادر الضرورية لعمل مثل هذا الاستثمار (بعيد المدى) غالباً ما تكون متاحة. ولأن فترات نمو اقتصاد قوى لا تدوم للأبد، فيجب استغلال الفرصة للاستثمار فى البحوث فى فترات الازدهار هذه.

ولعل إحدى الإستراتيجيات تتمثل فى أن تقدم الحكومة المساعدة لتتجير Commercialization تكنولوجيات معينة. وهذه الفكرة نبتت وتأسست تحت تأثير الاعتقاد بأن الحكومة يمكن أن تصحح تأثيرات فشل السوق. ولكن هذه الاستراتيجية لم تنجح فى التطبيق. وقد ثبت أن السوق هو فى نهاية المطاف أفضل (Selector) منتقى للتكنولوجيات الجديدة.

ثالثاً: ضمان أن القرارات التكنولوجية المتخذة من رجال الحكومة قد تأسست فى إطار رؤى العلم

إن العلم والتكنولوجيا يقدمان كثيراً من الأفكار لمنتجات المستقبل ويعملان على التطوير والتحسين فى التصنيع. وهما أيضاً يمثلان القاعدة لاتخاذ القرارات من جانب المجتمع أو الشركات أو الأفراد. وبينما تؤثر هذه القرارات بالتأكيد على مواضيع وطنية وحتى عالمية مهمة فإنها تؤثر أيضاً على عناصر أساسية فى حياتنا مثل: كيف نعيش؟ وماذا نأكل؟ على سبيل المثال نحن نتجه إلى العلماء والمهندسين للإجابة عن أسئلة مثل: "على أى معيار يمكن كتابة كود بناء المدن؟ "وهنا يمكن أن يقدم المهندسون والسيسيولوجيون والجيولوجيون وعلماء المواد الإجابة المناسبة. أو أسئلة أخرى مثل: "هل الطعام الموضوع على المائدة صالح للأكل؟" أو هل الدواء الجديد صالح لاستخدام البشر له؟ يجيبنا عن هذه التساؤلات الميكروبيولوجيون والصيادلة وعلماء الأوبئة وغيرهم. لهذا فإن كثيراً من هذه القرارات يؤثر على حياتنا اليومية. ولكننا قد لا نتذكرها إلا إذا حدثت أزمة ما، مثلاً عندما تتصدع المبانى إثر زلزال، أو عندما يكون هناك ميكروب فى بعض المعلبات يصيب (وأحيانا) يقتل من يتناولها، أو عندما تسبب بعض الأدوية آثاراً جانبية خطيرة. وبينما يتعين على كل فرد أن يتحمل المسئولية فى هذا بكل إرادته، فإنه من الواجب علينا أن نثق فى القرارات المتخذة بواسطة

المسئولين والحكام التى تؤثر على المجتمع، وذلك عندما تكون القرارات التى سوف تتخذ تختص بمواضيع تكنولوجية. وعلى صاحب القرار أن يأخذ باستشارة ونصيحة المجتمع العلمى والهندسى.

إن العلم يمكنه أن يخبر عن الأشياء ولكنه لا يستطيع أن يتخذ قرارات بشأنها. على سبيل المثال: بعض البحوث تشير إلى أن استخدام الأسمدة يمكن أن يكون لها تأثيرات على المدى البعيد على الأجسام القريبة للمياه نتيجة سريانها. ولكن العلماء لا يستطيعون إخبارنا كيف يمكننا الموازنة بين مصالح المزارعين الذين يستخدمون الأرض ومصالح صيادى السمك الذين يعتمدون على المياه أو مصالح الزبائن الذين يشترون ويستثمرون منتجات كليهما.

ولكى تزداد الأمور تعقيداً ففى حالات كثيرة ليس باستطاعة العلم أن تكون عنده كل الإجابات، وبالذات عندما تشتمل المواضيع على نظم مركبة كما هو الحال غالباً فيما يتعلق بالتساؤلات حول البيئة. فالغابة أو البحيرة لا يمكن وضعها داخل أنبوبة اختبار لإجراء تجارب عليها. والنتائج التى يصل إليها العلماء بهذا الخصوص تحمل درجات متغايرة من اللايقينية. كما أن كل عالم يمكن أن يصل إلى مدلولات مختلفة من البيانات المتاحة.

وفى الحقيقة فإن عدم الاتفاق بين العلماء ليس شيئاً جديداً. فهم فى الواقع جزء من العملية العلمية وهم الوسيلة التى من خلالها تطرح النظريات والفرضيات القديمة جانباً ويقبل الجديد منها. والاختلافات العلمية بين العلماء تأخذ وضعها الطبيعى على صفحات المجلات العلمية أو فى قاعات اللقاءات.

١-٣-١ج العلم واتخاذ القرارات

من أجل أن يلعب العلم دوراً له معنى فى القرارات ذات الصلة بالقانون أو السياسة، يجب أن يستعان بالعلماء الذين أنجزوا البحث من أجل الإجابة عن

أسئلة يطرحها رجال السياسة أو رجال القانون. ويجب أن ينظر إلى العلماء كوسطاء أمناء ذوى خبرات لإبداء النصح. وتلك خطوة بسيطة ولكنها مهمة لتسهيل وإيجاد مناخ من الثقة بين مجموعتى العلم من جهة والقانون والتنظيم من جهة أخرى.

١-٣-٢ج كشف المستور

على العلماء والمهندسين أن يكشفوا أوراقهم، وأن يتقدموا بمجمل أعمالهم، ويشيروا إلى مصادر تمويلهم عندما يعرضوا خبرتهم ويقدموا نصائحهم لصناع القرار.

١-٣-٣ج أهمية الفحص والتنقيح

إن النظر إلى الآراء العلمية التى يعرضها الخبراء على أنها موضوعية ومعقولة وجديرة بالثقة ولها صدى عند هؤلاء الذين يعولون عليها يعتمد على ما هو أكثر من أوراق اعتماد هؤلاء الخبراء. إنه يعتمد على قدرة العلم فى حد ذاته ليصمد أمام تحديات خبراء آخرين. ففى المجتمع العلمى يجرى تحكيم عمل العالم ليظهر وينشر عندما يتخطى عملية التحكيم والفحص والاختبار بواسطة علماء يعملون فى نفس المجال أو على دراية بمادة الموضوع المستقصى عنه.

١-٣-٤ج قبول اللايقينية العلمية

إن فحص البحث يمثل الخطوة الأولى لقبول نظرية علمية أو خلاصة. كما أن نشر النتائج الجديدة وكذا خلاصات أو نظريات العلماء المترتبة على هذه النتائج يمثل البداية وليس النهاية للعملية العلمية. فالنشر يسمح لعلماء آخرين بمقارنة النتائج الخاصة بهم بتلك المنشورة ومحاولة تكرار نتائج الآخرين للتأكد

من صحتها. ولا شك فى أن هاتين الخطوتين مهمتين جداً للمصادقة على الاكتشاف والنظريات الجديدة.

١-٣-٥ج حساب المخاطر

لتحليل المشاكل التى قد تطرأ بموضوعية فإن القرارات المنظمة يجب ألا تتأسس على سمعة الأساس التكنولوجى فقط، بل يجب أن تؤخذ فى الحسبان وجهة النظر العلمية.

إن عملية تحديد مقدار المخاطر واتخاذ القرارات حول كيفية التعامل مع هذه المخاطر ومقارنة الاختيارات المتنوعة ونتائجها يجب أن توضع دائماً فى الاعتبار عند صنع السياسات. كما يجب أن نقبل إنه ليس باستطاعتنا تقليل كل خطر فى حياتنا إلى الصفر، وأن علينا أن نعمل على معرفة كيف توظف مصادرنا المحدودة لتحقيق أعظم تأثير على المجتمع.

رابعاً : مؤازرة مشروع البحث

أهمية التعليم

ليس هناك عنصر يوازى أهمية العنصر البشرى فى مشروع البحث والتنمية (R&D). إن التقدم الذى يحمى ويحسن نوعية الحياة أو يساعد فى الأمن ضد قوى العدوان لا يقفز ببساطة صاعداً من الأرضية الفسيحة للاكتشافات العلمية الجديدة. إذ يجب أن توضع نماذج لهذه الاكتشافات وأن تنقى وتوجه بواسطة تنوع غير عادى ومتكامل من البشر المتخصصين الموهوبين. هذا يتأتى من خلال التعليم. فالمدارس والكليات والجامعات ليست فقط لتخريج علماء ومهندسين ولكن أيضاً لتخريج البشر الذين يلعبون أدوار لا تحصى ولا تعد فى المشروع العلمى.

على سبيل المثال: فى مقابل كل عالم يعمل بجهد فى المعمل من أجل اكتشاف مفيد، هناك فى القطاع الخاص الذين يعترفون بأهمية هذا الحدث ويعملون عليه لتجهيز رأس المال، وجعل التسهيلات فى البحث والإنتاج متاحة، وتجهيز عمليات التسويق والإدارة والمساعدات القانونية .... الخ. إن البشر ذوى المهارات فى هذه المجالات وعندهم بعض التدريب العلمى أو الهندسى هم نادرون نسبياً وعليه فتقييمهم عال. ويتعين تزويد علماء الصناعة والمهندسين الذين يحولون اكتشافاً ما إلى منتج حقيقى بالمساعدين الفنيين والمستخدمين ذوى المهارات العالية. ولكى يصبح المنتج الجديد جاهزاً للسوق، فإن عمالاً آخرين سوف ينتجون البضائع الجديدة غالباً فى المصانع أو فى أماكن عمل أخرى تدار بالتكنولوجيا.

مرة أخرى: فى مشروع البحث والتنمية (R,D) لا تحدث القرارات تلقائياً، ولكنها تتخذ بواسطة بشر. فالمنظمون يساعدون فى تقرير ما إذا كانت المنتجات الجديدة مثل العقاقير أو التكنولوجيات الجديدة سليمة. والمشرعون يجب أن يوازنوا بين المصالح المتعارضة للكيانات المتنوعة فى مشروع البحث والتنمية. وأخيراً، فإن كل مواطن فى السوق يجب أن يكون قادراً على اتخاذ قرارات مدروسة ومسئولة كمستهلك.

ولما كان كل عضو فى المجتمع يلعب دوراً فى المشروع العلمى، فإن عليه أن يمتلك بعض المعرفة أو الدراية بالعلم والتكنولوجيا. وعلى نظام التعليم – من الحضانة إلى الجامعات – أن يكون على مستوى هذا التحدى.

١-٣-١د تطوير تعليم العلوم والرياضيات فى المدارس

إن نظام التعليم فى المدارس يخدم ثلاثة أغراض رئيسية: فهو مسئول عن إعداد علماء ومهندسى المستقبل لاستكمال الدراسة فى الكليات، وهو يجهز

الأساس لهؤلاء الذين سيدخلون قوة العمل مستقبلاً، وهو يعزز فهم العلم والتكنولوجيا بحيث يمكن للمواطنين اتخاذ قرارات ناضجة كمستهلكين. وللوصول إلى هذه الأهداف، يجب على المدارس أن تكون قادرة على تطوير المناهج الدراسية الصارمة وتطوير عملية التفكير، وأن تظهر التقدير لفوائد العلم.

١-٣-٢د مناهج العلوم والرياضيات المطورة

يجب أن يكون العمل التدريسى للعلوم والرياضيات مستثيراً لجذب انتباه الطلبة والحفاظ على شوقهم للمعرفة. فالأطفال بطبيعتهم فضوليون. ويجب أن نبنى على هذه الفضولية الطبيعية ونشجعها، لا أن نخمدها بتدريس العلوم كعملية تراكم للحقائق والأشكال كما هو الحال دائماً. ومن المهم أن تشتمل مناهج العلوم على التجريب اليدوى العملى الذى يسمح باستثارة الأطفال لتعلم كيف يعمل العالم من حولهم.

إن الحفاظ على تشوق واهتمام الطلبة للعلم والرياضيات يظل هاماً جداً على مستوى السنوات النهائية بالمدارس، لأن كثيراً من الطلبة يتخذون القرار لمتابعة العلم أو الهندسة خلال تلك السنوات.

ويجب أن نتوقع الكثير من الطلبة بخصوص الرياضيات والعلوم. إن المناهج الدراسية التى تحتوى محتويات علمية صماء يجب تطويرها وجعلها عملية. والأطفال يجب أن يزودوا بأرضية مناسبة من المعرفة العلمية. ونحن كمجتمع يبدوا أننا أسقطنا من توقعاتنا مقدار الفهم العلمى والرياضياتى المفروض فى المواطن العادى. ويجب ألا نسقط من حساباتنا أنه ليس كل الطلبة ممن يستطيعون التعامل مع العلوم والرياضيات. فالموضوعان فى غاية الصعوبة للبعض، والطلبة ذوى القدرات الخاصة هم الذين باستطاعتهم التصدى

للرياضيات والعلوم. وليس بمقدور الأطفال متابعة إنجازات الأجيال السابقة إلا إذا تم إعدادهم لمنافسة أقرانهم فى بقية بلدان العالم. ولا شك فى أن هذا الإعداد ينبغى أن يبدأ فى الفصول الدراسية.

١-٣-٣د توفير المعلمين وتدريبهم واستبقائهم

إن إمداد المدارس بمدرسى العلوم والرياضيات المؤهلين يجب أن يتم وبزخم أكبر. ومن الملاحظ أن بعض المدرسين مازالوا يدرسون مواضيع يبدوا أنهم لم يتدربوا عليها. وبالطبع فإن نقص التدريب ليس معناه الحكم بعدم قدرة المدرس على تدريس الرياضيات والعلوم. فهناك بعض المدرسين ذوى الخلفيات العلمية المحدودة علموا أنفسهم وطوروا قدراتهم العلمية بأنفسهم حتى صاروا متمكنين من مادتهم العلمية. ولكن طالما أنه ليس هناك عدد كاف من المدرسين الموهوبين فإن العلم والرياضيات سوف يستمران فى المعاناة. لذلك يبدو من المعقول اقتراح استمرار هؤلاء الذين عندهم خلفيات فى العلوم والرياضيات وعندهم الانجذاب والقابلية للتدريس وأن يسمح لهم بمواصلة العمل فى هذا الخط.

وسواء أحرز المدرس درجة علمية فى العلوم أو الرياضيات أو لم يحرز، فمن الضرورى أن يلتحق بدورات تدريب وتنمية مهنية. وهذه العملية هامة جداً لمدرس العلوم وذلك بالنظر للتغير المستمر فى موضوع المادة. ولاشك فى أنه إذ ظل المدرسون على اتصال بالأفكار والاتجاهات الجديدة فسوف تزيد قيمة وقدر مدرسى العلوم والرياضيات فى نظر طلبتهم والمجتمع.

وثمة عقبة أخرى للدخول فى مهنه تدريس العلوم والرياضيات، ألا وهى المرتبات الضئيلة للمدرسين مقارنة بفرص أخرى بديلة. وبمناسبة المنافسة الشديدة للعمالة الماهرة تكنولوجياً فقد حان الوقت لزيادة مرتبات وحوافز

مدرسى العلوم والرياضيات لتحفيزهم على الإجادة وكذلك لجذب أعداد جديدة منهم.

١-٣-٤د العملية التعليمية وتكنولوجيا المعلومات

إن الثورة فى تكنولوجيا المعلومات قد جلبت معها فرصاً قيمة للتقدم الابتكارى فى التعليم والتعلم. وبما أن هذه التكنولوجيات محل ثقة، فحتى إذا استخدمت كيفما اتفق، سوف يكون لها مردود مؤثر على قاعة الدراسة والعملية التعليمية. فالبحوث دائما فى احتياج إلى هذه الممارسة كى تتضح كيفية مواءمة هذه التكنولوجيات الجديدة لقاعة الدراسة، وبالذات لتعليم الرياضيات والعلوم.

١-٣-٥د الكلية والرياضيات – برامج العلوم والهندسة

تعانى برامج التعليم الجامعى من نفس مشاكل التعليم قبل الجامعى. فالمستويات التى يلزم بها الطلاب ليست دائما عالية ولا تشدهم للدرس. كما أن نسبة كبيرة من قوة العمل شاملة مدرسى المدارس قد توجهوا للرياضيات والعلوم خلال سنواتهم الجامعية لأسباب إدارية أو بمحض الصدفة. والآخرون الذين يخططون لمتابعة استكمال الدراسة فى الرياضيات والعلوم يجب أن يكون عندهم أساس صلب للنجاح والتفوق عند التخرج. إن التعليم البحثى عند هذا المستوى يجب أن يؤخذ فى الاعتبار. فالأساتذة، مثلاً، بينما هم خبراء فى مجالاتهم، إلا أنهم ليسوا دائماً على دراية بأصول علوم التدريس.

إن المقررات التى تستهدف الخروج بتدريس العلوم والهندسة من أسلوب التعامل الأصم يجب الاستزادة منها. لقد صمم دافيد بيلنجتون (David Billington) أستاذ الهندسة بجامعة برينستون (مرجع ١٢) مقرراً أثبت شعبيته فى هذا المجال. فهو يلقى الضوء على التقدم الهندسى المهم فى القرنين

الأخيرين وذلك بتقديمه فى سياقه التاريخى والاجتماعى. كما أنه يمهد للفكرة العامة بأن التعامل الأصم مع المفاهيم التقنية المعقدة عادة ما يكون جافاً ومضجراً.

١-٣-٦د المرونة فى برامج التدريب فى العلوم والهندسة للجامعيين

يفترض أن تسمح عملية التعليم العالى بتحضير وتجهيز أحسن للطلاب الذين يخططون للبحث عن وظائف خارج العمل الأكاديمى، وذلك بزيادة المرونة فى برامج تدريب الجامعيين، خاصة برامج طلبة الدكتوراه إذ يجب أن تسمح للطلاب بمتابعة مقرر عمل واكتساب خبرة مطلوبة خارج مجال بحوثهم. ومن المهم إجراء تغييرات فى الثقافة الأكاديمية الجارية والتى غالباً ما تظهر الاستخفاف وعدم التقدير للطلاب غير العاملين فى مجال البحث.

١-٣-٧د إتصالية العلم

إحدى سخريات عصرنا الحديث أن أغلب المجتمعات تعتمد على العلم بصورة لم تحدث من قبل – ولكن ماذا يعمل العلماء يظل لغزاً لمعظم الناس. فأى إنسان لا يشتغل بالعلم ويحاول أن يخوض فى مجلة علمية سيكتشف أن لغة العلم حقيقة غير ممكن فهمها للشخص العادى. فهذه المجلات لم تكتب للقراء العاديين أصلاً – وهى تمثل أوضح مثال لاتساع الهوة بين العلماء وبقية المجتمع.

وإذا كان لنا أن نحافظ على التقدير والدعم للمشروع العلمى، فإننا نحتاج إلى وسيلة لترجمة منافع وفوائد وجلال وعظمة العلم إلى لغة الناس العاديين. إن لدى العلماء أخباراً مدهشة يمكن أن يخبروا بها ولكنهم غالباً يحكون القليل – إذا فعلوا ذلك أصلاً. وعلى الإعلاميين أن يلعبوا دوراً فى توصيل إنجازات العلم.

ولكن على العلماء أن يعرفوا أنهم أيضاً عليهم مسئولية لزيادة الاستفادة من العلم للناس.

٦-٣-٨ د بناء الجسور بين العلماء والإعلاميين

لا نستطيع أن نعول على نظام تعليم محسن للرياضيات والعلوم بمفرده لإمداد الناس بالمعرفة التى يحتاجونها لملاحقة سوق توظيف التكنولوجيا من أجل مساعدتهم فى اتخاذ قرارات اختيار جيدة للسلع. إن اتساع قاعدة الإعلام العلمى تعنى أنه لتظل مثقف علمياً يجب أن تستمر فى التعليم. فهناك انفجار كلى للمعرفة العلمية الجديدة فى فترات حياتنا الحالية ولا أحد يستطيع أن يدعى أنه يعرف كل شىء. بل إن الكثيرين من العلماء يقولون أنه من الصعب عليهم الاستقرار على قمة البحث فى تخصصاتهم الخاصة وذلك لصعوبة ملاحقتهم للتدفق السريع والغزير للمعلومات (مرجع ١٢).

ولاستحضار معلومات قيمة ودقيقة من الخطوط الأمامية للعلم إلى صفحات الجرائد وإلى حجرات الاستقبال عبر التليفزيون، يجب على الإعلاميين والعلماء أن يكونوا قادرين وعندهم الإرادة للاتصال ببعضهم البعض. وهذا لا يتأتى دائماً بسهولة. فالعلماء يشتكون بأن المراسلين لا يفهمون كثيراً من الأساسيات من طرقهم وما فيها من فحص وتحليل إحصائى واحتمالات ومخاطر. وعلى الطرف الآخر يشتكى الإعلاميون من أن العلماء منغلقون ويتكلمون لغة غير مفهومة عن المواضيع التى تشغلهم، ويفشلون فى شرح أعمالهم ببساطة وسهولة أو بطريقة مقنعة. والنتيجة هو أن أحاديث قيمة ومهمة تضيع نتيجة للقصور فى الاتصالات.

إن معظم الناس يحصلون على معلومات حول التطورات العلمية من جريدتهم أو من وسائل الإعلام الأخرى (إذاعة وتليفزيون). كما أن كثيراً من

الصحف تقوم بعمل معقول لتغطية أمور العلم، بل إن بعضها لديه أقسام علمية. ولكن قلة الأموال قد تجعل من الصعب توجيه اهتمام كاف للأخبار العلمية التى هى غالباً صعبة الكتابة، وقد لا تجذب جمهوراً كبيراً.

وثمة اقتراح (مرجع ١٣) بأن تقوم الجامعات بمنح العلماء (كجزء من تدريبهم) الفرصة لأخذ دورة أو مقرر دراسى فى الصحافة والاتصالات. كما ينبغى أن تشجع المؤسسات الصحفية ووسائل الأعلام بدورها الصحفيين والإعلاميين لأخذ دورة أو مقرر دراسى فى الكتابة العلمية.

١-٣-٩د أهمية الاتصال للحفاظ على دعم العلم

ليس هناك بديل للعلماء عن التكلم مباشرة تبعاً لاهتماماتهم المتباينة. ومع ذلك فالعلماء والمهندسون الذين يمضون كل الوقت يتكلمون مع الإعلام يدفعون ثمناً غالياً مهنياً. إن مثل هذه الأنشطة تأخذ وقتاً ثميناً منهم، مما يبعدهم عن أعمالهم وربما يعرض قدراتهم للخطر.

إن التكلم مع الشعب يمثل أحسن الطرق للعلماء والمهندسين للوصول إلى الشعب ومشاركتهم حماسهم فى عملهم وتوضيحه لهم. وتشمل الجهود الممكنة فى هذا الشأن التحدث إلى مواطنى المدينة فى الأندية أو أى مواقع أخرى، والعمل مع المدرسين فى المدارس المحلية، واستضافة المجموعات المهتمة بالعلم مثل الطلبة فى معاملهم. وبدون هذه الجهود الاتصالية ربما يتآكل الدعم الذى يقدمه المجتمع للعلم. لذا يجب المواظبة على هذه الجهود وتنميتها.

إن البحوث التى ترعاها بواسطة الحكومة يجب أن تكون معروفة لعامة الشعب – من ناحية لإعلامهم بها ومن ناحية أخرى لتوضيح أنها سوف تكون ذات قيمة بالنسبة للأموال التى تصرف عليها. وعلى الوكالات التى تدعم البحث العلمى أن تشرح مضمون البحث للناس بطريقة واضحة ومبسطة.

١-٤ المؤشرات العالمية الحالية للعلم

فى هذا الجزء سوف نلقى نظرة عامة على مؤشرات العلم والتكنولوجيا فى العالم ثم نتبع ذلك بالمؤشرات الخاصة بالمنطقة العربية، حيث مصر هى الدولة المحورية فى هذه المنطقة.

مع ازدياد تعقيدات نظم العلم والتكنولوجيا فإن صانعى القرار يجابهون باختيارات مهمة لا يستطيعون اتخاذ قرار بشأنها إلا على أساس من المؤشرات الواقعية. إن مؤشرات العلم والتكنولوجيا تمثل عنصراً مهماً لأى نظرة عالمية لأنها تقدم الوسائل والطرق التى يمكن بها تقييم ومقارنة دول ومناطق فى مواقع جغرافية مختلفة وذات أنماط اجتماعية واقتصادية متباينة.

إن مؤشرات العلم والتكنولوجيا تشمل الإنفاق على البحث والتنمية (R,D) ونسبته إلى الناتج المحلى الإجمالى لمناطق مختلفة من العالم. كما تشمل المخرجات العلمية والتى تقيم بالنشر العلمى والترتيب العالمى والمخرجات التكنولوجية التى تقاس بعدد براءات الاختراع المسجلة فى كل من نظامى براءات الاختراع الأمريكى والأوروبى. والمرجع الرئيسى لمؤشرات العلم والتكنولوجيا هو تقرير اليونسكو عن العلم فى العالم (World Science Report, 1998 UNESCO Publishing).

١-٤-١ مؤشرات العلم والتكنولوجيا فى العالم

١-٤-١ أ نظرة عامة على مدخلات العلم والتكنولوجيا

*** الموارد المالية**

بلغ إجمالى الإنفاق العالمى على البحث والتنمية حوالى ٤٧٠ بليون دولار أمريكى عام ١٩٩٤ [أنظر جدول (٣٠)]. ومعظم ما أنفق على البحث والتنمية كان من دول أمريكا الشمالية (الولايات المتحدة الأمريكية وكندا) حيث بلغ

obeikandl.com

نصيبها ٣٧,٩% من إجمالى الإنفاق العالمى، وفى غرب أوربا بلغ ٢٨% وفى اليابان والدول الصناعية الجديدة بلغ ١٨,٦%. وأسهمت الصين بنسبة ٤,٩%. والهند ودول وسط آسيا بنسبة ٢,٢%، ودول الكمنولث المستقلة بنسبة 2.5%، ودول أمريكا اللاتينية بنسبة ١,٩%. أما مجموع الدول العربية فلم يزد نصيبها على ٠,٤% من إجمالى الإنفاق العالمى على البحث والتنمية [جدول (٣١) وشكل (١)]. وبدلالة نسبة إجمالى الإنفاق المحلى على البحث والتنمية إلى إجمالى الناتج المحلى نجد أن هذه النسبة لدول أمريكا الشمالية تبلغ ٢,٥%، ولليابان والدول الصناعية الجديدة ٢,٣%؛ وهما معاً تمثلان أعلى نسبة تليهما دول غرب أوروبا (١,٨%) ودول الاقيانوس (١,٥%). أما دول وسط وشرق أوربا فنسبتها حوالى ١%. ولا تزيد هذه النسبة للدول العربية على ٠,١٨%.

جدول رقم (٣٠)

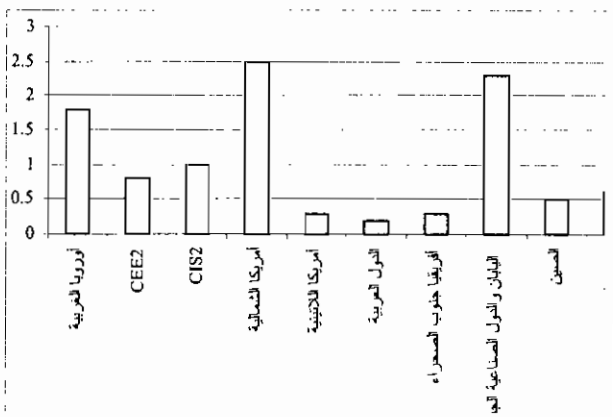
نصيب بعض التجمعات الإقليمية فى العالم من الناتج المحلى الإجمالى ومن الإنفاق العالمى على البحث والتطوير (التنمية) فى العالم عام ١٩٩٤

(القيمة بالبليون دولار)

Region	الإنفاق على البحث والتطوير		الناتج المحلى الإجمالى		التجمع الإقليمى
	القيمة	%	القيمة	%	
Western Europe	131.5	28.0	7.285	22.2	أوروبا الغربية
CEE2	4.4	0.9	549	1.7	
CIS2	11.8	2.5	1179	3.6	دول الكومنولث
North America	178.1	37.9	7255	22.2	أمريكا الشمالية
Latin America	9.2	1.9	2746	8.4	أمريكا اللاتينية
Arab states	1.9	0.4	1080	3.3	الدول العربية
Sub-saharan Africa	2.3	0.5	716	2.2	أفريقيا جنوب الصحراء
Japan and NICs	87.3	18.6	3737	11.4	اليابان والدول الصناعية الجديدة
China	23.3	4.9	4650	14.2	الصين
India Central Asia	10.1	2.2	1624	5.0	الهند ووسط آسيا
South-East-Asia	4.4	0.9	1446	4.4	دول جنوب شرق آسيا
Oceania	6.0	1.3	414	1.3	دول الأوقيانوس
World total	470.4	100.0	32656	100.0	العالم

جدول (٣١) وشكل (١): نسبة الإنفاق على البحث والتنمية إلى الناتج المحلى الإجمالى عام ١٩٩٤

أوروبا الغربية	1.8
CEE2	0.8
CIS2	1
أمريكا الشمالية	2.5
أمريكا اللاتينية	0.3
الدول العربية	0.2
أفريقيا جنوب الصحراء	0.3
اليابان والدول الصناعية الجديد	2.3
الصين	0.5
الهند وآسيا الوسطى	0.6
جنوب آسيا	0.3
Occania 2	1.5
العالم	1.4



ملاحظة: الناتج المحلى الإجمالى هو الناتج المعدل حسب تعادل القوة الشرائية أو المقيس بما يطلق عليه الدولار الدولى.

جدول (٣٢) الإنتاج العلمى بدلالة الأعمال المنشورة عام ١٩٩٥ (أنصبة التجمعات الإقليمية)

(1) Region	النصيب النسبى	الرقم القياسى
Western Europe	35.8	109
CEE	2.0	83
CIS	4.0	56
North America	38.4	96
Latin America	1.6	117
Arab states	0.7	93
Sub-saharan Africa	0.8	81
Japan and NICs	10.1	119
China	1.6	138
India Central Asia	2.1	97
South-East-Asia	0.1	99
Oceania	2.8	106
World total	100.0	100

ملاحظة:

* سنة الأساس هى ١٩٩٠ ، أى أن ١٩٩٠ = ١٠٠

Sources: ISI (SCI and Compumath), OST treatment.

obeikandl.com

جدول (٣٣) الأنصبة النسبية للتجمعات الإقليمية
فى الإنتاج العلمى المنشور عام ١٩٩٥ حسب العلوم

Region	Fundamental biology البيولوجيا الأساسية	Medical research البحوث الطبية	Applied Biology البيولوجيا التطبيقية	Chemistry الكيمياء	Physics الفيزياء	Earth and Space Sciences علوم الأرض والفضاء	Engineerin sciences and technology العلوم الهندسية والتكنولوجيا	All disciplines كل العلوم
Western Europe	36.3	41.5	31.8	34.1	32.9	33.2	28.8	35.8
Cee	1.4	0.8	1.6	4.4	3.2	1.7	2.3	2.0
CIS	1.9	0.7	2.1	8.2	9.5	4.5	4.2	4.0
North America	44.2	40.6	40.7	26.4	30.4	44.8	41.0	48.4
Latin America	1.4	1.3	2.8	1.5	2.2	2.1	1.0	1.6
Arab states	0.3	0.6	0.7	1.2	0.6	0.7	1.2	0.7
Sub-saharan Africa	0.4	1.0	2.0	0.4	0.3	1.2	0.4	0.8
Japan and NICs	10.0	8.4	8.7	15.0	12.4	4.4	13.1	10.1
China	0.4	0.7	0.7	2.7	3.8	1.0	2.5	1.6
India Central Asia	1.0	1.1	2.4	4.3	3.0	2.1	3.1	2.1
South-East-Asia	0.1	0.1	0.5	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1
Oceania	2.6	3.2	6.0	1.7	1.6	4.2	2.2	2.8
World total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Sources: ISI (SCI and Compumath), OST treatment.

١-٤-١ب مخرجات العلم والتكنولوجيا

(١ب١) النشاط العلمى مقيساً بإنتاج البحوث المنشورة

النشاط العلمى عادة يقاس بالنشر العلمى أى عدد المقالات المنشورة فى المجلات العلمية. والبحث المنشور هو فى الواقع نتاج أساسى لعمل علمى، ولكنه ليس المنتج الوحيد للعمل العلمى بالطبع. فالعلم أيضاً يولد نواتج أخرى مثل التعليم العالى والخبراء التقنيين.

ويظهر التوزيع العالمى للإنتاج العلمى - كما هو مسجل بواسطة Science Citation Index (SCI), Compumath لعام ١٩٩٥ ولما هو منشور باللغة الإنجليزية فقط - أن النشر العلمى يتركز فى دول أمريكا الشمالية بنسبة ٣٨،٤% وفى أوربا الغربية بنسبة ٣٥,٨% [أنظر جدول (٣٢)].

أما المنطقتان التاليتان فينهما تباين واضح - فاليابان والدول الصناعية الجديدة حققت ١٠,١% واكتسبت ١٩% من حصيلة العالم فى خمس سنوات،

بينما أن دول الكمنولوث المستقلة فقدت حوالى ٤٤% من حصيلتها فى العالم. أما الهند ودول وسط آسيا فهى حالة مستقرة، إذ كان نصيبها ٢,١% من الإنتاج العلمى المنشور.

وكما يتضح من جدول (٣٣) فإن المناطق المختلفة قد حققت صعوداً فى بعض التخصصات وهبوطاً فى تخصصات أخرى. مثلاً: أوربا الغربية لها موقع قوى فى البحوث الطبية ولكنها أضعف فى العلوم الهندسية والتكنولوجيا. وأمريكا الشمالية قوية جداً فى البيولوجيا الأساسية وعلوم الأرض والفضاء ولكنها أقل فى الفيزياء والكيمياء. واليابان والدول الصناعية الجديدة وأيضاً الصين والهند ودول وسط آسيا لها وضع قوى فى الفيزياء والكيمياء والعلوم الهندسية والتكنولوجيا، ولكنها أضعف عامة فى علوم الحياة ماعدا اليابان. أما الدول العربية فيبدو أنها تركز جهدها فى العلوم الهندسية والتكنولوجيا.

(١-ب٢) النشاط التكنولوجى وبراءات الاختراع

تبعاً لمؤشر براءات الاختراع المنشورة فإن النشاط التكنولوجى يمكن أن يعرف بعدد البراءات المسجلة بواسطة مكاتب براءات الاختراع. وبراءات الاختراع تعتبر مؤشراً للقدرة التكنولوجية. وهى تسجل وتنشر بواسطة البراءات الوطنية. والمشكلة هنا هى اختيار أى من البيانات المتاحة للاستخدام. الإجابة الجزئية على هذا التساؤل هى اختيار أكبر نظامين عالميين لبراءات الاختراع ونعنى بهما النظام الأمريكى والنظام الأوربى. ولكن هذا ليس حلاً مرضياً تماماً على الأقل على للسببين التاليين:

(١) هناك انحياز لمصلحة الولايات المتحدة والدول الأوربية فى البيانات الواردة لمكاتب براءات الاختراع الوطنية فى هذه المناطق.

(٢) إن قرار تسجيل اختراع يشكل جزء من إستراتيجية تصدير وحماية الملكية الصناعية. والدول المختلفة يمكن أن يكون لها تقاليدها ومنظورها الخاص تجاه استراتيجيتها الذى له تأثير على سلوكها فى الترخيص مما يؤثر على مؤشر براءات اختراعها مهما كانت القدرات التكنولوجية لهذا البلد.

ويبين جدول (٣٤) التوزيع النسبى لبراءات الاختراع المسجلة فى أوروبا والولايات المتحدة عام ١٩٩٥ على التجمعات الإقليمية المختلفة. ويوضح جدول (٣٥) عدد براءات الاختراع المنشورة فى نظام براءات الاختراع الأمريكى لاثنتى عشرة دولة عام ١٩٩٥، وكذلك عدد السكان وعدد براءات الاختراع لكل مليون شخص. ومن الواضح أن الولايات المتحدة الأمريكية تأتى فى المقدمة تليها اليابان ثم كندا فألمانيا ، ثم إسرائيل فى المركز الخامس.

جدول (٣٤) : الأنصبة النسبية للتجمعات الإقليمية فى الإنتاج التكنولوجى مقيساً ببراءات الاختراع عام ١٩٩٥

	European patents		US patents	
	النصيب فى ١٩٩٥	التطور بالقياس إلى عام ١٩٩٠	النصيب فى ١٩٩٥	التطور بالقياس إلى عام ١٩٩٠
Western Europe	47.4	91	19.9	78
CEE	0.4	101	0.1	43
CIS	0.4	113	0.1	59
North America	33.4	125	51.5	108
Latin America	0.2	204	0.2	122
Arab states	0.0	101	0.0	135
Sub-saharan Africa	0.2	96	0.1	78
Japan and NICs	16.6	87	27.3	108
China	0.1	152	0.2	118
India Central Asia	0.0	103	0.0	160
South-East-Asia	0.0	165	0.0	126
Oceania	1.3	163	0.6	84
World total	100.0	100.0	100.0	100.0

ملاحظات :

- رقم صفر يشير إلى المناطق التى يقل نصيبها عن ٠,٠٥% من الإنتاج التكنولوجى العالمى .
- التطور بالقياس إلى عام ١٩٩٠ بدلالة الرقم القياسى المستند إلى سنة ١٩٩٠ كسنة أساس .

جدول (٣٥) : براءات الاختراع الأمريكية
الصادرة فى عام ١٩٩٥ لاثنتى عشرة دولة

	Population, millions	U.S Patents issued	
		Number	Per million people
United states	263.1	64562	245(1)
Japan	125.2	22991	184(2)
Germany	81.9	6946	85(4)
United kingdom	58.5	2642	45
France	58.1	2991	51
Italy	57.2	1273	22
South Korea	44.9	1175	26
Canada	29.6	2535	86(3)
Australia	18.1	572	32
Netherlands	15.5	929	16
Belgium	10.1	391	39
Israel	5.5	440	80(5)

Source: World Development Report 1997; U.S Patent and Trademark Office Annual Report for Fiscal Year 1996.

(١-ب٣) مقارنة بين الاتحاد الأوروبى والولايات المتحدة واليابان

لكل نظام من نظم الابتكار فى الاتحـــاد الأوروبـــى والولايـــات المتحـــدة الأمريكية واليابان منها لها خصائصه المميزة التى تعزى إلى تركيبـــة التمويـــل والأهمية النسبية للميزانية العامة فى أوروبا، وللميزانية العسكرية فى الولايـــات

المتحدة الأمريكية، وإلى التمويل بواسطة الصناعة فى اليابان (أنظر جدول ٣٦).

وحسب معيار تنفيذ البحث والتنمية (R,D)، فإن الجامعات ومؤسسات البحث العامة فى الاتحاد الأوروبى لها النصيب الأكبر نسبياً عن أى من الولايات المتحدة الأمريكية أو اليابان حيث تلعب الصناعة (أى القطاع الخاص) الدور الرائد.

وبالمقارنة بالشريكين الآخرين فى الثلاثى، حققت دول الاتحاد الأوروبى معدلاً مرتفعاً للنمو فى علوم الأرض والفضاء بنسبة +١٧% وفى البيولوجيا/ إكولوجيا التطبيقية +١٢% فى السنوات الخمس حتى ١٩٩٥ (جدول ٣٧). كما أن أقوى فرع فى الاتحاد الأوروبى (وهو البحوث الطبية) أظهر نموا بطيئاً (+٥%)، متقدماً بصورة ليست أسرع من التقدم فى البحوث الهندسية التى ظلت أضعف الفروع (٥% وأيضاً).

إن نموذج التطور فى الولايات المتحدة الأمريكية يؤدى إلى تعميق التخصص. فاثنان من أضعف الفروع نسبياً (البيولوجيا/ الأيكولوجيا التطبيقية والفيزياء) أظهرا نموا سلبياً بنسبة ٩% بين عامى ١٩٩٠و١٩٩٥ (مقارنا بمتوسط قصور فى كل الأفرع مقداره ٤%)، بينما كان حظ البيولوجيا الأساسية وللبحوث الطبية أحسن نسبياً. أما فى اليابان فإن الأفرع الثلاثة الضعيفة وهى البحوث الطبية، والبيولوجيا/ ايكولوجيا التطبيقية وعلوم الأرض والفضاء أظهرت نمواً ملحوظاً بالقياس إلى عام ١٩٩٠ (١٥% و١٧% و١٣% على التوالى). ومن جهة أخرى، شهد فرع ضعيف آخر وهو الرياضيات هبوطاً بمعدل ــ١٢% بالقياس إلى سنة الأساس (١٩٩٠).

جدول (٣٦) تمويل وتنفيذ البحث والتمويل فى الاتحاد الأوروبى
والولايات المتحدة واليابان فى عام ١٩٩٤

R&D financing	EU الاتحاد الأوروبى	USA الولايات المتحدة	Japan اليابان	التمويل
Public civil	32.7	18.6	25.4	إنفاق عام مدنى
Military	8.2	22.4	1.1	إنفاق عسكرى
Foreign	6.4	0.0	0.1	مصادر أجنبية
Industry	52.8	59.0	73.4	القطاع الخاص
Total	100.0	100.0	100.0	مجموع النسب
Volume (US$ billion)	125.0	168.5	69.7	التمويل بالبليون دولار
R&D implementation				التنفيذ
Public research institutions	18.4	13.4	14.8	مؤسسات البحث العامة
University	19.7	15.6	14.1	الجامعات
Industry	61.9	71.0	71.1	القطاع الخاص
Total	100.0	100.0	100.0	مجموع النسب

Sources: OECD, OST treatment.

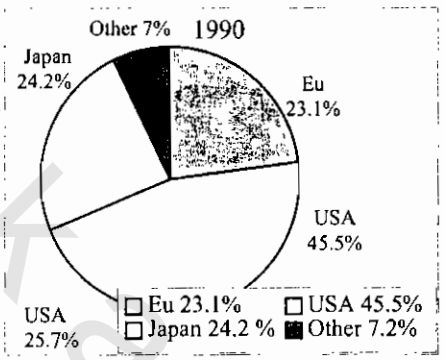
جدول (٣٧): الإنتاج العلمى للثلاثى (الاتحاد الأوروبى والولايات المتحدة واليابان)
حسب العلوم مقيساً بالنشر العلمى عام ١٩٩٥

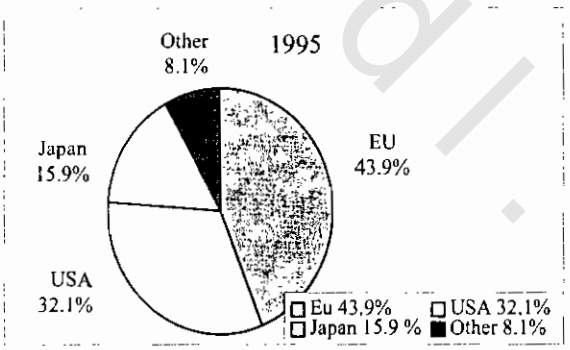
	النصيب النسبى فى عام ١٩٩٥ (%)			التطور عام ١٩٩٥ بالقياس إلى ١٩٩٠		
	EU	USA	Japan	EU	USA	Japan
Fundamental biology	33.2	39.3	9.1	106	99	108
Medical research	37.9	36.9	7.4	105	97	115
Applied biology/ecology	28.8	33.7	7.6	112	91	117
Chemistry	31.6	23.3	12.2	111	99	109
Physics	29.7	27.4	9.9	109	91	103
Earth and space sciences	30.1	38.3	3.6	117	95	113
Engineering sciences and technology	26.1	35.7	8.2	105	93	91
Mathematics	31.4	33.1	4.2	106	93	88
All disciplines	32.7	34.1	8.3	108	96	109

Sources: ISI (SCI and Compumath), OST treatment.

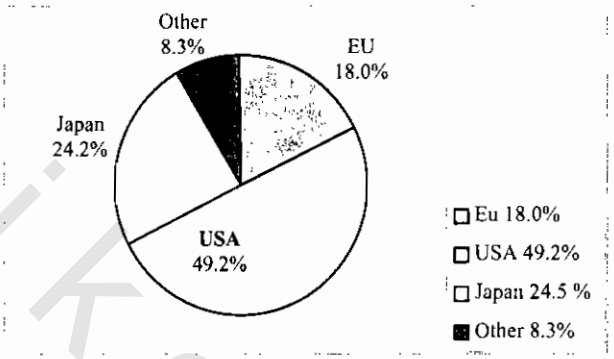
شكل (٢) التوزيع النسبى لبراءات الاختراعات عامى ١٩٩٠ و١٩٩٥

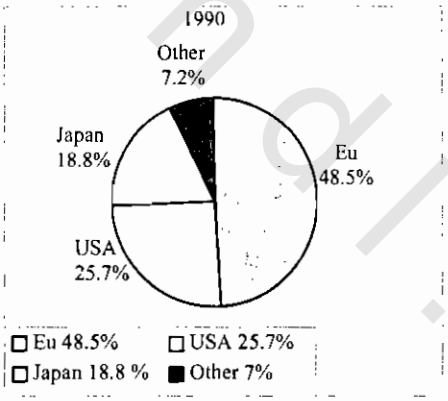
أ ــ فى نظام البراءات الأوروبى





ب – فى نظام البراءات الأمريكى





جدول (٣٨): الأنصبة النسبية فى الإنتاج التكنولوجى للثلاثى (الاتحاد الأوروبى والولايات المتحدة واليابان) مقيساً ببراءات الاختراع المسجلة

	النصيب النسبى عام ١٩٩٥			التطور عام ١٩٩٥ بالقياس إلى عام ١٩٩٠		
	EU	USA	Japan	EU	USA	Japan
European patents	(أ) حسب نظام البراءات الأوروبى					
Electronics/ electrical goods	34.9	35.1	24.2	90	121	85
Instrumentation	36.5	38.9	17.0	88	131	79
Chemistry/ pharmaceuticals	37.3	40.3	15.4	91	121	78
Industrial processes/ metallurgy	48.2	29.4	13.6	95	119	85
Mechanical engineering/ transport	55.3	22.9	12.5	92	129	90
Consumer goods	59.2	21.1	6.2	90	132	93
All fields	43.9	32.1	15.9	91	125	84
	(ب) حسب نظام البراءات الأمريكى					
US patents						
Electronics/ electrical goods	11.0	47.3	34.6	66	104	104
Instrumentation	14.8	51.7	27.2	80	114	91
Chemistry/ pharmaceuticals	23.4	51.9	18.3	87	106	101
Industrial processes/ metallurgy	22.0	49.8	20.2	83	106	105
Mechanical engineering/ transport	23.2	46.4	21.3	84	112	92
Consumer goods	18.0	51.7	11.8	76	105	102
All fields	18.0	49.2	24.5	78	108	102

وبدلالة المخرجات التكنولوجية (مقاسة بعدد براءات الاختراع) فإن ما قدمته الولايات المتحدة الأمريكية كان فى اتجاه معاكس لما قدمه كل من الاتحاد الأوروبى واليابان. فكما يظهر فى شكل (٢) شهدت الفترة بين عامى ١٩٩٠و١٩٩٥ ارتفاع حصة الولايات المتحدة من براءات الاختراع فى نظام البراءات الأوروبى من ٢٥,٧% إلى ٣٢,١% وفى نظام البراءات الأمريكى من

٤٥,٥% إلى ٤٩,٢%. وفى خلال نفس الفترة فقد الاتحاد الأوروبى حوالى خمس نقاط فى كلا النظامين. وفقدت اليابان خلال نفس الفترة ثلاث نقاط فى النظام الأوروبى وحافظت على وضعها فى النظام الأمريكى.

وكما يتضح من جدول (٣٨)، كان وضع الاتحاد الأوروبى فى عام ١٩٩٥ أسوأ بخصوص مجالاتها الضعيفة نسبياً كالإلكترونيات والسلع الكهربية والكيمياء والعلوم الصيدلية، كما كان وضعه سيئاً عام ١٩٩٥ فى مجالات يتمتع فيها بنصيب كبير من البراءات مثل السلع الاستهلاكية والمعدات الهندسة ومعدات النقل.

وبالنسبة للولايات المتحدة الأمريكية فإنها تمتعت بوضع قوى فى مجالات الكيمياء والعلوم الصيدلية والأدوات والإلكترونيات والسلع الكهربائية، وتقدمت على دول الاتحاد الأوروبى فيها جميعاً. وزادت الحصة العالمية للولايات المتحدة بنسبة ٣١% فى الأدوات، و٢١% فى المجالين الآخرين. وبالنسبة لليابان، فإنها احتفظت بتخصصها فى الإلكترونيات والسلع الكهربية، ولكنها تدهورت فى مجالات الآلات والكيمياء والعلوم الصيدلية؛ وذلك كله حسب إحصاءات نظام البراءات الأوروبى.

أما فى نظام براءات الاختراع الأمريكى فقد تراجع مجال الإلكترونيات والسلع الكهربية عن المجالات الأخرى فى المخرجات التكنولوجية للاتحاد الأوروبى بنصاب عال (١١% فقط). وهذا هو المجال الذى فقد فيه الاتحاد الاوروبى معظم الأرضية التى كان يسيطر عليها خلال الفترة ١٩٩٠-١٩٩٥. وعززت الولايات المتحدة الأمريكية وضعها المسيطر فى الأدوات بزيادة قدرها ١٤% وفى الكيمياء والعلوم الصيدلية بزيادة مقدارها ٦%. هنا مرة أخرى احتفظت اليابان، بل إنها رفعت حصتها العالمية فى الإلكترونيات

والسلع الكهربية. وعلى العكس أظهرت نموا سلبياً فى مجال الأدوات بنسبة ٩%.

١-٤-٢ مؤشرات العلم والتكنولوجيا فى الدول العربية

تبين الوقائع أن البحوث فى مصر تفقد تدريجياً الحد التنافسى لها سواء فى عمليات التمويل أو الاعتراف المجتمعى. وبينما النقص فى التمويل والدعم المجتمعى للمراكز البحثية يمكن أن يكون أمراً مؤقتاً، إلا أنه من الملاحظ أن عددا كبيراً من الدارسين يتجه إلى الدراسة فى مجالات عملية وذلك لضمان دخل مرتفع مثل الطب والهندسة. أضف إلى ذلك أن الميزانيات المخصصة للمجالات العلمية والمؤتمرات الخارجية وأجهزة البحث غير كافية سواء فى الجامعات أم فى المراكز البحثية.

ولقد كانت هناك مناقشات حول المسار الذى يجب أن تأخذه أنظمة العلم والتكنولوجيا فى المستقبل. ولسوء الحظ فإن هذا النقاش فشل فى رأب الصدع بين مؤسسات البحث والتنمية فى الغالب. ولم يزل المجتمع العلمى مستمراً فى البحث عن هامش عريض من الحرية لمواصلة البحث فى مواضيع من اختياره هو بصرف النظر عن قابليتها للتطبيق. وبينما يتحدث العلماء عن تشييد معامل باهظة التكاليف وخطط طموحة، فإن التقدم المحرز قليل. وفى بعض الأحيان يحجم الباحثين عن تسويق بحوثهم وعن جذب التمويل لدعم هذه البحوث. وعموماً فإن المجتمع العلمى يصاب بالهلع عندما يضعف دعم الحكومة لمؤسسات البحث والتنمية بمرور الوقت. وبالطبع فإن المسئولين الحكوميين -خاصة هؤلاء المسئولين عن تمويل المؤسسات العلمية- ليسوا سعداء بما يقدمه المجتمع العلمى. إنهم يفهمون البحث والتنمية بصورة عامة كنشاط اقتصادى عليه أن ينافس نشاطات اقتصادية أخرى من أجل الحصول على التمويل من

الحكومة، لاسيما أن ميزانية الدولة محملة بأعباء كبيرة من أجل تلبية احتياجات المجتمع الأساسية وتنمية البنى الأساسية. وكثيراً ما يعبر المسئولون الحكوميون عن عدم رضاهم عن الطريق الذى يسلكه البحث العملى وعن تأثيره على التنمية.

ومن جهة أخرى فإن الرؤية ليست واضحة لدى زبائن مخرجات البحث والتنمية وبعض قادة المجتمع. فالبعض يشعر بأن مؤسسات البحث والتنمية لم تكتسب مصداقية كافية لتضمن دعمهم. إن رجال الصناعة على وجه الخصوص يبحثون عن حلول لمشاكلهم التكنولوجية. ولما كانوا قد اعتادوا تقديم العون المالى لأنظمة الخدمات من جانب الحكومة، فإنهم يعتقدون أيضاً بأن الدولة يجب أن تكون هى المصدر الوحيد لتمويل البحوث.

ويعتبر التعليم العالى موضوع له نفس الأهمية مثل البحث العلمى. فالتشريعات التى تمت بين عامى ١٩٩٤ و١٩٩٦ فى مصر سيكون لها تأثير على التعليم العالى. فهى فقد فتحت الباب أمام قيام مؤسسات تعليمية جامعية خاصة. لقد طفت إلى السطح ثلاث قضايا فى الأجندة السياسية بالنسبة لتنمية الاستراتيجيات للتعليم العالى وهى: دور القطاع الخاص كشريك للقطاع العام فى تمويل وإدارة مؤسسات التعليم العالى، والحفاظ على مستوى مرض لنوعية التعليم فى مواجهة نمو غير مسبوق للرغبة فى التعليم الجامعى، وتنويع قواعد برامج التعليم كى تكون وثيقة الصلة بمتطلبات سوق العمالة.

١-٤-٢-١ الدور المتزايد للقطاع الخاص

يمول القطاع الخاص ويدير عددا متزايداً من مؤسسات التعليم العالى فى إحدى عشرة دولة عربية. ففى عام 1996 أدار القطاع الخاص 49 جامعة (تمثل 28% من الإجمالى عدد الجامعات فى الدول العربية)، و49 كلية جامعية (تمثل

35% من إجمالى) و100 مائة كلية مشتركة (تمثل 19% من العدد الإجمالى)، وذلك فى كل من البحرين ومصر والعراق والأردن ولبنان والمغرب وسلطنة عمان وفى السلطة الفلسطينية والسودان والإمارات العربية المتحدة واليمن. ومن المتوقع أن يتسع دور القطاع الخاص فى الأعوام القادمة.

١-٤-٢-٢ الطلبة المسجلون فى العلم والتكنولوجيا

فى عام 1996 كان العدد الكلى للطلبة العرب 3.1 مليون طالب مسجلين فى 175 جامعة و140 كلية جامعية و539 كلية مشتركة. وكان عدد الطلبة المسجلين خارج أوطانهم 179000 يمثلون 6% من المجموع الكلى. وبالدلالات المطلقة فقد زاد عدد الطلبة المسجلين فى مجالات العلم والتكنولوجيا على كل المستويات خلال الفترة 1985-1996. وعلى أية حال فإن عدد الطلبة المسجلين فى العلم والتكنولوجيا قد أظهر نموا متزايداً فى الكليات المشتركة فقط، بينما يتأرجح العدد بالنسبة لطلبة الماجستير والدكتوراه، وينخفض تدريجياً بالنسبة لطلبة المدارس (جدول ٣٩). إن المتوسط العام للطلبة المسجلين على كل المستويات يحجب تباينات واسعة بين دولة وأخرى. فنسبة الطلبة المسجلين لدرجة البكالوريوس فى مجالات العلم والتكنولوجيا على سبيل المثال تتباين ما بين56% فى الجزائر و 11% فى اليمن. لقد سجلت أربع عشرة دولة متوسط 29%. وبالرغم من أن نسب طلبة العلوم فى مصر والسعودية (18%) قد خفضت الرقم الكلى للدول العربية إلا أن هاتين الدولتين تمثلان 41% من العدد الكلى للطلبة المسجلين عام 1996.

وتجدر ملاحظة أن الحد الأعلى لعدد الطلبة المسموح لهم بالدراسة فى الجامعات والكليات الجامعية فى مجال العلم والتكنولوجيا مقيد بإجراءات وضوابط حكومية، وإن كانت ثمة استثناءات فى أغلب المؤسسات الخاصة.

١-٤-٢-٣ الإنفاق على البحث والتنمية

بالرغم من تحسن إجمالى الإنفاق القومى على البحث والتنمية فى الدول العربية إلا أنه يظل فى المتوسط منخفض جداً بالنسبة للمستوى العالمى. وقد بلغ إجمالى هذا الإنفاق فى عام 1996 حوالى 782 مليون دولار أمريكى، بزيادة حوالى 43% عن عام 1992. ويرجع الجزء الأكبر فى هذا التحسن لزيادة إجمالى الإنفاق القومى على البحث والتنمية فى كل من مصر والكويت والمغرب والعربية السعودية وتونس. هذا التحسن ينعكس على الزيادة فى إجمالى الإنفاق المحلى على البحث والتنمية الذى هو نسبة من إجمالى الناتج القومى الذى بلغ فى المتوسط حوالى 0.14% عام 1996 مقارناً بحوالى 0.11% عام 1992. هذا الرقم الخاص بعام 1996 يخفى تبايناً واسعاً من دولة عربية إلى أخرى يتراوح ما بين 0.4% إلى % 0.03. وعلى سبيل المثال فإن حصة مصر والكويت والمغرب والعربية السعودية بلغت حوالى 72% من مجموع إجمالى الإنفاق القومى للدول العربية بينما إجمالى الناتج القومى لهذه الدول يمثل 46% من مجموع إجمالى الناتج القومى للدول العربية. كذلك فمتوسط الإنفاق لأى دولة بمفردها يخفى تبايناً واسعاً فى حصص المجالات المختلفة للبحث والتنمية من الإنفاق الكلى. فحصة مجال الزراعة والموضوعات المرتبطة به على سبيل المثال بلغت حوالى 40% فى المتوسط، وتراوحت بين (65%-45%) من مجموع الإنفاق فى مصر والعراق والمغرب وتونس والسودان واليمن إلى حوالى 20% فى دول أخرى تشمل البحرين وقطر والعربية السعودية.

ومازالت ميزانية الدولة هى المصدر الرئيسى لتمويل البحث والتنمية فى المنطقة العربية. ففى عام 1996 كان حوالى 89% من إجمالى الإنفاق على البحث والتنمية تمويلاً حكومياً مقارناً بحوالى 3% من القطاع الخاص، 8% من مصادر خارجية. هذه المشكلة تواصلت على مر السنين، ولكنها سوف تتغير

ببطء فى العقد القادم نظراً لخصخصة معظم الصناعات فى دول عدة، وبالذات فى مصر. وبمرور الزمن يمكن أن يزداد إسهام القطاع الخاص فى تمويل البحث والتنمية.

١-٤-٢-٤ مجموع العاملين فى البحث والتنمية

بلغ عدد الباحثين العلميين العاملين كل الوقت فى مؤسسات البحث والتنمية عام 1996 حوالى 19000، بزيادة 4500 فى عام 1992، أى بمعدل نمو سنوى حوالى 8%. ومن الملاحظ أن معظم مؤسسات البحث والتنمية قد تشبعت بعدد العاملين بها. فحملة البكالوريوس ومعاونى الباحثين معاً يبلغ عددهم حوالى 53700 (تعريف معاونى الباحثين لا يشمل العمالة اليومية والتى تعمل أساساً فى الحقول، وهم حوالى 60.000 فى عام 1996). وتحظى مرتبات أعضاء هيئة البحوث ومعاونيهم والعمالة اليومية بنصيب الأسد فى ميزانيات مؤسسات البحث والتنمية. ومن المعتاد أن نجد المرتبات والمخصصات الأخرى تبلغ أكثر من 90% من الميزانية السنوية. وهذه إحدى أضعف النقاط فى تركيب المصدر البشرى فى أنظمة البحث والتنمية فى أغلب الدول العربية.

وهناك أيضا تفاوتات واسعة فى أعداد الباحثين. وقد اتسعت قاعدة البلحثين فى مصر - لكن الفجوة النسبية بين مصر والدول العربية الأخرى قد ازدادت. فى عام 1996 بلغت حصة مصر من مجموع الباحثين العرب حوالى 57% مقارنة بحوالى 52% عام 1992. كذلك فإن مصر توجه جزءاً أكبر من مصادرها للإنفاق على البحث والتنمية أكثر مما تفعله الدول المجاورة. فحصة مصر فى إجمالى الإنفاق القومى على البحث والتنمية فى المنطقة العربية بلغت 30% فى عام 1996 فى حين كانت حصتها فى إجمالى الناتج القومى 12% فقط.

جدول (٣٩) الطلبة المقيدون فى العلم والتكنولوجيا فى الدول العربية

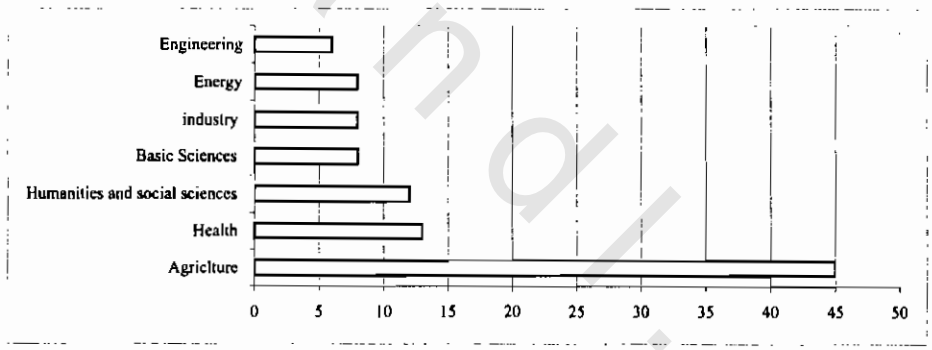
كنسبة من القيد الإجمالى حسب المستوى

	1985	1991	1996
Community colleges	37	44	48
Bachelor's	36	35	29
Master's	57	46	49
PHD	64	66	65

Sources: Qasem (1995a) The Higher Education System in the Arab States: Development of S&T Indicators; - (1997) The Higher Education system and R&D systems in the Arab States: Development of S&T Indicators (in Prepartion)

شكل (٣) توزيع الباحثين فى الدول العربي عام ١٩٩٦

(نسب مئوية)



١-٤-٢-٥ توزيع الباحثين فى المجالات المختلفة

يتضح من شكل (٣) أن عدد الباحثين فى المجالات المختلفة للبحث والتنمية غالباً ما يعكس المجالات الأكثر أولوية. فى هذا الصدد فإن مجال الإنتاج الزراعى والمجالات المرتبطة به لها أكبر حصة من الباحثين، يليها مجال

الصحة. ففى عام 1996 حوالى 45% من مجموع الباحثين كانوا يعملون فى الزراعة، يليهم 13% فى الصحة. أما فى العلوم الأساسية والطاقة والصناعة فتبلغ نسبة الباحثين فى كل من هذه المجالات8% فقط.

فى خلال فترة التسعينات بلغ عدد الباحثين لكل 1000 ألف فرد من القوى العاملة حوالى 0.8 بالمقارنة بحوالى 6-14 فى أغلب دول منظمة التعاون الاقتصادى والتنمية (OECD).

١-٤-٢-٦ سياسات البحث والتنمية

لقد أعادت دول عديدة التفكير فى سياسات التعليم الحر بخصوص التعليم العالى، واتجهت إلى القطاع الخاص كشريك فى تمويل وإدارة بعض المؤسسات. وفى خلال بضع سنين، كان عدد غير قليل من الطلبة يدفعون نفقات تعليم عالية. وهناك أيضاً أفكار عدة تفضل الاتجاه إلى مجريين فى نفس الجامعة تعرض فيهما مصاريف تعليم تفاضلية للطلاب.

فالمصاريف فى المجرى الثانى يمكن أن تكون من ثلاثة إلى خمسة أضعاف المصاريف العادية التى تدفع فى المجرى الأول، والذى يمكن فى بعض الحالات أن يعفى منها الطالب. وأحد مضار هذا النظام هو أن فرص الطالب المؤهل لدراسة المجال الذى اختاره ستكون أكبر بالنسبة للمجرى الثانى. وعموماً فإن هذه السياسات يمكن أن تؤدى إلى حدوث توازن بين التخصصات لخريجى الجامعات واحتياجات سوق العمل.

لقد أعلنت بعض الدول العربية عن سياسات لدعم أنشطة البحث والتنمية. والكثير منها قد استثمر اعتمادات عالية نوعاً ما فى بناء أساسات البحث والتنمية. ولكن أداء معظم مؤسسات البحث والتنمية يظل بعيداً عن المستوى المرضى. وهذا يرجع إلى عدد من العوامل التى أضعفت معظم أنظمة البحث

والتنمية. ومنها الفجوة الغائرة فى قطاعات كثيرة بين الخطط الطموحة وحجم الاعتمادات المالية الملزمة لهذه الخطط. ومنها أيضاً عدم قدرة سياسات البحث والتنمية على استقطاب دعم الصناعة أو مصادر أخرى فى القطاع الخاص.

١-٤-٢-٧ اتجاهات فى البحث والتنمية صناعياً

لقد تركز إسهام القطاع الخاص فى أنشطة البحث والتنمية- على قلته - فى قطاع الصناعة. فحوالى90% من إسهاماته اتجهت إلى الصناعات الدوائية والصناعات الغذائية واستخراج المعادن وتكنولوجيا الأسمدة والبتروكيماويات. أما مساهمة القطاع الخاص فى البحث والتنمية فى التكنولوجيا العالية (المتقدمة) فهى قليلة، بل إنها نادرة.

لقد طبقت مصر برنامج خصخصة لمعظم الصناعات المملوكة والمدارة من القطاع العام. كما أنها تدير عمليات تفاوض لاتفاقيات تجارية مع أوربا ودول صناعية أخرى لزيادة الصادرات الصناعية المصرية إليها. وعموماً، ثمة حادة لزيادة مخرجات البحث والتنمية الصناعية، والتى لا تزيد فى الوقت الراهن على 12% من إجمالى الإنفاق على البحث والتنمية.

٢- التحديات التى تجابه التطور التكنولوجى فى مصر

العلوم الأساسية والبحوث لدعم التكنولوجيا

٢-١ مقدمة

تتطلب مواجهة تحديات الغد أن تتكاتف القوة المكتسبة من المعرفة العلمية مع الإبداع والابتكار المرتبطين بالبحوث العلمية والهندسية. فبهذا تزداد قدرتنا على تعميق فهمنا للكون الذى نعيش فيه ولكل ما يحتويه، وكذلك تزداد قدرتنا

على تحويل هذا الفهم إلى حلول تساعدنا على تحقيق الأهداف التى ينشدها المجتمع.

٢-٢ التحديات

وسوف نستعرض فيما يلى بعض التحديات التى يمكن أن نصنفها كتوصيات ربما تفيد فى التطوير المنشود لرقى وازدهار المجتمع عن طريق الاهتمام بالعلوم الأساسية والبحوث. وسوف نلخصها فى النقاط التالية:

١- على الحكومة أن تستمر فى تدبير منح البحوث لتمويل عمليات منتقاة لأفراد منتقين. وعلى أى حال إذا كان التمويل محدوداً والمنافسة الشديدة على المنح تجعل الباحثين يبحثون عن التمويل فقط لإنقاذ البحث، فإن مشروع البحث والتنمية ككل سوف يعانى. ولأن الإبداع والابتكار أساسيان للبحوث الأساسية، فإنه يجب على الحكومة أن ترصد جزءا من الأموال للبحث المبتكر.

٢- يجب أن يكون البحث والتنمية فى الأقسام والمعامل وثيق الصلة بصورة عالية بمهام هذه الأقسام والمعامل ومركزاً عليها.

٣- إن مراكز البحوث القومية مصدر قومى فريد فى مشروع البحث، ولكن هناك ما يدعو للاعتقاد بأنها ليست مؤثرة وليست على كفاءة عالية لتحمل مهامها. ومن المرجح أن نوعية جديدة من الهياكل أو الأنماط الإدارية يمكن أن تكون أحد الحلول، وتستحق بالتالى قدراً من الاهتمام.

٤- تمثل اتفاقيات التعاون فى مجال البحث والتنمية شكلاً مؤثراً للشراكة التى تقوى تمويل البحث وتسمح بسرعة تتجيره، أى تحويل مخرجاته إلى منتجات تجارية.

٥- يجب تشجيع تمويل شركات التكنولوجيا الجديدة، وخصوصاً تلك التى تركز على بحوث المدى البعيد.

٦- إن الشراكة المتينة بين الجامعات والصناعة يمكن أن تخلق علاقات تكافلية لكلا الشريكين. والتفاعلات والتعاونات بين الشريكين عنصر حيوى وهام فى عملية نقل التكنولوجيا، ولذا يجب أن تشجع.

٧- يمكن أن تسهم الشراكة التى تربط سوياً مجهودات الحكومة والصناعات والجامعات ومراكز البحوث أيضاً إسهاماً فعالاً فى تنشيط البحوث والتنمية الاقتصادية.

٨- على الجامعات العريقة فى البحوث أن تقوى علاقات العمل مع الجامعات الأقل قدرة وكذلك مع المعاهد التكنولوجية فى مجالات البحث ذات الاهتمام المشترك.

٩- يجب أن تكون الشركات تكون على دراية بالتقدم والتطور البحثى فى معامل الحكومة والجامعات.

١٠- عند المراحل المبكرة من العملية التنظيمية، يتعين على واضعى السياسات والأفرع المنفذة العمل سوياً لتحديد المواضيع المستقبلية التى تتطلب تحليلاً علمياً.

١١- على صانعى القرار أن يعترفوا بأن اللايقينية هى سمة أصولية فى العملية العلمية، وبأن القرارات المنظمة للمجالات التى تهم الرأى العام سريعة التغير، ولذا يجب إعادة تقييمها فى الأوقات المناسبة.

١٢- يجب العمل على توفير الموارد المالية والمادية (من منشآت وأجهزة ومعامل) ومصادر معلومات، مع إنشاء تنظيم يكفل الحصول على هذه الإمكانيات بطرق تتواءم مع الأغراض الخاصة التى يراد تحقيقها.

١٣-من المهم التنسيق بين سياسة العلم والتكنولوجيا من جهة والسياسة التعليمية من جهة أخرى.

١٤-من الضرورى وضع إطار عمل للتنسيق والتعاون بين المؤسسات التعليمية لتعليم الرياضيات والفيزياء والكيمياء والبيولوجيا والهندسة والتكنولوجيا.

١٥-يجب تنمية وتطوير المناهج الدراسية فى العلوم والرياضيات فى المدارس الإعدادية والثانوية.

١٦-يقترح تنظيم دورات تدريبية لمدرسى الرياضيات والعلوم لتنمية قدراتهم ووضعهم على المستوى المطلوب فى هذه التخصصات. ومن المهم أن يدرسوا مقرراً فى نوعية العلم أو الرياضيات التى يقومون بتدريسها. فهذا يفيد كثيراً فى التنمية المهنية للمدرسين ويثرى العملية التدريسية.

١٧-من الضرورى الاستفادة من الثورة فى تكنولوجيا المعلومات، إذ أنها التى أتاحت فرصاً مثيرة للتقدم الإبداعى فى التعليم والتعلم.

١٨-يتعين الاهتمام بحلقات الحوار العلمى وإصدار مجلات علمية بصورة دورية، وكذلك إصدار ملاحق علمية للصحف اليومية التى تصدر فى مصر.

١٩-يجب نشر البحوث العلمية الهامة فى صورة مبسطة فى وسائل الإعلام المختلفة لتوضيح مدى ارتباط نتائجها العلمية بحياة الناس ومصالحهم، ولغرس الاهتمام بالعلم والتكنولوجيا فى نفوس الجماهير.

٢٠-على العلماء والمهندسين أن يجدوا الوقت بعيداً عن معاملهم لمخاطبة الجمهور عن طبيعة وأهمية عملهم وذلك بالاجتماع بهم فى الأندية أو المدارس أو أى مواقع أخرى.

٢١-من الضرورى تعميم إنشاء المتاحف العلمية فى كل محافظات مصر والإكثار من إقامة المعارض العلمية وكذا المسابقات فى العلوم والرياضيات وطرق الابتكار.

٢٢-ثمة حاجة لتوجيه اهتمام خاص ببرامج التدريب ذات الصلة بأنشطة العلم والتكنولوجيا على جميع مستويات العاملين فى هذه الأنشطة.

٢٣-يجب زيادة أعداد المساعدين الفنيين المدربين تدريباً متطوراً ومتقدماً، وخاصة المتخصصين منهم فى إصلاح وصيانة الأجهزة الحديثة.

٣- المجالات المختارة لإحداث تطوير تكنولوجى

٣-١ مقدمة

من المجالات المطلوبة بإلحاح لمسايرة التطور العالمى والتى لها تطبيقات عديدة فى الصناعة والطب والزراعة والنواحى العسكرية والتى يمكن أن تتعامل معها كل التخصصات العلمية **مجال تكنولوجيا الليزر**. ذلك أن أشعة الليزر هى فعلاً حل "يبحث عن مشاكل". لذا نجد أجهزته وتطبيقاته قد غزت الدول الكبرى لما لها من أثر كبير فى رفع كفاءة وقدرة الإنتاج، وذلك بالإضافة إلى غزوه للعلوم الطبيعية نفسها. وأنواع الليزر بالرغم من حملها تسمية واحدة فإنها ذات أشكال وأحجام مختلفة باختلاف تطبيقاتها ولكنها جميعاً ذات كفاء مذهلة. لذلك يجب زيادة الاهتمام بهذه التكنولوجيا ليس فقط للنواحى التطبيقية والتدريبية، ولكن الأهم هو فهم تكنولوجيا تصنيع أجهزة الليزر، لأن هذه التكنولوجيا مرتبطة بتكنولوجيات أخرى ويمكن أن يعمل بها فريق من الفيزيائيين والمهندسين والكيميائيين. وعندما نقول تصنيع جهاز ليزر نعنى تصميم جهاز ليزر مصرى بفكر مصرى ومكونات مصرية، وليس عملية تجميع. والمهم أن

نبدأ ولو بأبسط أجهزة الليزر. لأننا إذا فهمنا تكنولوجيا تصميم جهاز ليزر، فسوف ينفتح المجال أمامنا لفهم تكنولوجيات أخرى سواء أكانت مرتبطة بتكنولوجيات أجهزة الليزر أم قريبة منها، وذلك لأن الفهم المبدئى يتبعه فهم أكبر وأوسع، وكذلك فكر أشمل. نريد أن نتحول من مستخدمى تكنولوجيا إلى مبتكرى تكنولوجيا. وهذا سوف يكلفنا الكثير. ولكن علينا أن نبدأ لأن العائد كبير جداً.

وبعد ذلك نستعرض مجالين جديدين لهما أهمية بالغة على المستوى العالمى وسوف يحدثان ثورة وطفرة كبيرة فى التكنولوجيات المستقبلية فى القرن الواحد والعشرين إضافة إلى المدى الواسع والعريض لتطبيقاتهما. وهذان المجالان هما **تكنولوجيا النانو وتكنولوجيا الفمتو ثانية** التى لها علاقة وثيقة بتكنولوجيا الليزر. فهذان المجالان يلقيان إهتماماً عالمياً واسعاً فى نشاطات البحث والتنمية. وقد إزداد هذا الاهتمام ونما بصورة واضحة فى السنوات القليلة الماضية. وفضلاً عن ذلك فإن هذين المجالين يملكان قوة دفع ثورية فيما يتعلق بالطرق التى تخلق وتبدع المواد والنواتج ،كذلك فى مدى وطبيعة التوظيفات التى يمكن الوصول إليها.

٣-٢ الليزر

المبدأ الرئيسى لكل أنواع الليزرات هو تكبير الموجات الضوئية بواسطة الانبعاث المحتث. وبالرغم من التباين الكبير فى الحجم والقدرة والاختلاف فى التردد وطول النبضة، فإن حزمة الليزر فريدة فى خواصها الثلاث الرئيسية وهى: أحادية التردد، والإتجاهية، والترابط الزمانى والمكانى للدقائق الضوئية المكونة لها. إن الإتجاهية العالية لحزمة الليزر هى المسئولة عن جمع وتركيز الطاقة بكفاءة فى قطر صغير جداً مما يعطى قدرة شديدة موضعية لا نستطيع

الحصول عليها من المصادر الضوئية التقليدية الأخرى. وفى الواقع هذه الصفات والخواص الرئيسية هى التى تجعل الليزر جهاز قدير فى العلوم والصناعة والشئون العسكرية والطب وحتى فى مجال الفن والموسيقى.

ويمكن تقسيم هذه التطبيقات إلى ثلاثة أنواع رئيسية:

١. التطبيقات الصناعية والعلمية.

٢. التطبيقات فى الطب.

٣. التطبيقات العسكرية.

فى المجالات الصناعية فإن أهمية الليزر فى عمليات الإذابة والتبخير والقطع واللحام والتى يحتاج لها فى عدد من الفروع الصناعية الأساسية مثل المناجم والنفط والغابات والمعادن والورق والأنسجة الكيميائية والزراعة... الخ. وبالإضافة إلى ذلك هناك عدد من الفروع الثانوية بالنسبة إلى أهمية الليزر فى الصناعة مثل البناء والنقل.

والليزر هو شعاع ضوئى ذو نقاوة طيفية فائقة. لذا يُحتاج إليه فى الكثير من التطبيقات العلمية مثل الطيف والفيزياء الذرية وعلم تركيب المواد والتلوث فى البيئة وعلم الأرصاد الجوية وعلم الفلك فى قياس المسافات والحركة وعلوم الأرض وفصل النظائر المشعة وعلم البصريات، كذلك فى الجراحات الطبية وفى العلاج والتشخيص.

وتعتبر عمليات قياس المدى ورؤية الأهداف ثم تحطيمها من المهام الرئيسي لليزر فى المجالات العسكرية. لذا فقد اتسعت استخدامات الليزر فى الدفاع، مثلاً فى مضادات القاذفات والصواريخ وفى مضادات الطائرات والمدافع. أيضاً يستعمل الليزر فى كشف المواقع والتعرف عليها وتصنيفها، وفى الإضاءة والاتصالات، وفى المسح الجوى والأرضى.

وسوف نلقى الضوء فى الأجزاء التالية على تطبيقات الليزر الصناعية والعلمية، ثم نقدم نبذة عن الألياف الزجاجية (الألياف الضوئية)، تليها تطبيقات الليزر الطبية. ونختتم هذا الجزء بالليزر فى التصوير الشبحى المعروف بالهولوجراف.

٣-٢-١ تطبيقات الليزر الصناعية والعلمية

من التطبيقات الصناعية والعلمية لأشعة الليزر يمكن تقديم الأمثلة التالية:

١- الصناعات الكهربائية:

البقعة الفائقة الشدة فى حراراتها والمتكونة من تركيز طاقة الليزر تستعمل فى صناعة الدوائر والأجهزة الإلكترونية الدقيقة. وكمثال على ذلك من الممكن لحام نهايتى سلكين منفصلين صغيرين بعد وضعهما داخل أنبوب زجاجى مغلق وبدون الحاجة إلى إخراجها من الأنبوب الزجاجى حيث أن شعاع الليزر ينفذ من خلال الزجاج وبدون التأثير عليه، بينما يمتص من قبل نهايتى السلكين ويصهرهما مع بعضهما.

٢- غزو الفضاء:

ولقد ذكر أينشتاين فى عام ١٩٠٥ فى دراساته عن النسبية والكون - كيف أنه إذا أريد لنا اكتشاف المجرات الكونية والكواكب والنجوم المختلفة يلزمنا مركبة تنتقل بسرعة الضوء. ووفقاً لنفس نظرياته المؤكدة عملياً حالياً بأن أى جسم يملك كتلة ويتحرك بسرعة الضوء تزداد كتلته إلى ما لانهاية. وقد وضع هذا التناقض الواقعى علماء الفضاء أمام عقدتين مستحيلتين فى الوصول إلى الفضاء ودراسته. أولهما - لا تتيسر حالياً أية إمكانية فى الوصول إلى سرعة تقدر بسرعة الضوء، وكل ما اخترعه الإنسان حتى اليوم من صواريخ

وعابرات قارات لا تزيد سرعتها عن ثلث سرعة الضوء. ثانيهما – وحتى لو فرض الحصول على جسم يتحرك بسرعة الضوء فإن كتلته حسب قوانين إينشتاين تزداد إلى ما لانهاية (أثبتت عملياً باستخدام المعجلات فى مسارعة الجسيمات الذرية مثل الإلكترونات والبرتونات، ووجد أن كتلها تزداد بزيادة سرعتها خصوصاً عند الاقتراب من سرعة الضوء). هذه الحقيقة تعنى الانفجار بالنسبة للمركبات الفضائية والأجسام المتآلفة من سبائك مختلفة. لذا يبدو من المستحيل الوصول إلى المجرات التى من المعروف أن مسافاتها تقاس بالسنين الضوئية. ومن المعلوم أنه قد تم استخدام شعاع الليزر فى دراسة بعض الكواكب والتى تبعد عن كوكب الأرض بمسافات هائلة، وذلك ببناء بعض التلسكوبات الكبيرة فى أكثر من مكان، وذلك لإرسال الموجات الليزرية واستقبال إنعاكساتها من المجرات والأجرام السماوية الكثيرة لدراسة جوها وأخذ معلومات أخرى عنها.

٣- التفاعلات النووية:

تمثل التفاعلات النووية (عدا استخداماتها الحربية فى إنتاج القنابل النووية) إحدى مصادر الطاقة المهمة فى التزود بالطاقة الحرارية والطاقة الكهربية. وكما هو معروف يستخدم فى هذه المفاعلات عناصر أصبحت نادرة وباهظة الثمن كما أنها فى طريقها إلى النضوب مثل اليورانيوم. إلا أن مركبات اليورانيوم مثل فلوريد اليورانيوم موجودة ويتطلب لاستخدامها فصل اليورانيوم عن الفلوريد والطرق المعروفة حالياً لإحداث هذا الفصل باهظة التكاليف. والليزر بقدرته الهائلة، وبفضل السيطرة على اختيار تردده أو طوله الموجى، يعطى فتحاً جديداً فى مجال العلوم النووية، وبخاصة لفصل النظائر المشعة.

والأبحاث تجرى فى أكثر من مختبر فى العالم لفصل الفلوريد عن اليورانيوم. كما تجرى كذلك أبحاث كثيرة فى مجال التفاعلات الاندماجية النووية. ولشدة قدرة الليزر فإنه يستخدم فى البدء بالتفاعلات النووية المتسلسلة. وبذلك تقصف النويات من عدة اتجاهات بعدد من أجهزة الليزر الفائقة القدرة ويتم اندماج ذرتين خفيفتين مع بعضهما لتكوين ذرة واحدة ثقيلة، ولكن كتلتها لا تساوى المجموع الجبرى لكتلتى الذرتين المندمجتين، حيث يبقى باقى فى الكتلة يتحول إلى طاقة ذرية يمكن أن تؤدى إلى انفجار كبير أو تتحول إلى أنواع أخرى من الطاقة للاستعمالات السلمية مثل الطاقة الكهربية أو الطاقة الحرارية.

٤- المدى والتلوث:

استخدمت أجهزة الرادار Radar كوسيلة للكشف عن الأجسام القريبة وتعيين مواقعها. ومنذ الحرب الثانية وحتى اليوم وضع هذا الجهاز واستخدم فى تطبيقات عسكرية وصناعية عديدة. واليوم ينظر إلى أشعة الليزر كبديل قوى. والجهاز المستخدم يعرف باسم اللايدار. ويمكن بأجهزة اللايدار والجودولايت lasergoodolite تصوير الكرة الأرضية من الجو وإعطاء أدق التفاصيل على خطوط بيانية. وإذا أضيف الحاسب إلى هذه الأجهزة فيمكن مسح ورسم أعقد التفاصيل والتضاريس الطبيعية.

لقد أمكن قياس المسافة بين الأرض والقمر بدقة عالية باستخدام العاكس التراجعى laser retro reflector الذى وضع على سطح القمر. ووجد أن خطأ القياس كان قليلاً جداً بالمقارنة بالطرق التقليدية المتبعة سابقاً. ويأخذ شعاع الليزر زمناً قدره ثانيتين ونصف فى ذهابه وإيابه من الأرض إلى القمر. وقد استخدم فى ذلك الليزر النبضى ويعرف بصدى النبضات الليزرية.

كما استخدم الصدى النبضى الليزرى pulse echo laser فى دراسة وقياس التلوث الجوى فى المدن الصناعية. وكذلك فإنه يساعد الطيارين فى الكشف عن مدى ملاءمة الأحوال الجوية للإقلاع والهبوط فى المطارات. إن عدم تأثر الموجات الليزرية بالترددات الراديووية والتى تنتج عنها تداخلات راديووية كثيرة يجعل لهذا التطبيق أهمية بالغة فى الكشف عن الزوابع الترابية والرملية والتغيرات المعيقة لحركة الطيران. ومن الليزرات الشائعة الاستعمال لهذا الغرض هو ليزر خليط غازى الهليوم والنيون، وذلك لبساطة تصنيعه وصغر حجمه، خصوصاً للقدرات الصغيرة مثل 0.5 ملى واط. وتقدر مبيعات هذا النوع البسيط من الليزر بعشرات الألوف فى جميع أنحاء العالم.

٥- التطابق الهندسى:

فى البحث عن المراكز الهندسية وفى التأكد بدقة من توازى وتعامد المستويات - يعطى (الليزر إما بالنظر المباشر أو بالقراءة الرقمية) درجة عالية من الدقة فى التطابقات الهندسية، حيث يحل وبكفاءة محل جهاز الفيديولايت الهندسى المعروف والمستخدم فى حفر أنفاق السيارات والقاطرات تحت أو فوق سطح الأرض. ونظراً لأن شعاعه مرئى للعين المجردة بالإضافة إلى إمكانية الكشف عنه وتحويله لقراءات رقمية، فإن كل التقلبات الجوية أو ما يعيق الرؤية فى أجهزة المساحة التقليدية يتم التغلب عليها بجهاز الليزر للتطابق والمساحة. كما أن سهولة استعماله تجعل الخطأ أقل ما يمكن للمختصين فى هذا المجال. ففى إقامة السطوح المختلفة ودقة ميلها، سهّل هذا الجهاز كثيراً القياس الدقيق.

ولا يستغنى عن التطابق الهندسى فى مصانع كثيرة مثل مصانع الورق والحديد. والميل الهندسى لأجهزة معقدة مثل المولدات النفاثة الخطية بحاجة لمثل

هذا الجهاز فى التطابق المركزى لها. كذلك يستفاد من ليزر التطابق الهندسى بوصفه الموجه لمستخدمى أنواع الليزر الأخرى غير المرئية بالعين المجودة أو الإشعاعات المؤينة مثل أشعة جاما والإلكترونات وأشعة النيوترونات. فكل هذه الأشعة غير مرئية للعين البشرية يتطلب واستعمالها إدماجها مع هذا النوع من الليزر.

٦- نسخ المعلومات:

يستطيع الليزر التعرف على الرموز المختلفة سواء كانت كتابات معينة أو رموز تجارية أو مصطلحات مخفية، حيث أن شعاعه الدقيق يمكن أن يتحرك حول الرموز – ويمكن كشف الحزم المنعكسة منها أو النافذة بأجهزة خاصة تعطى صورة دقيقة عن ماهية هذه المعلومات. وإذا وُصلت هذه الأجهزة بالحاسب استطاع آلياً برمجة عمله لإعطاء الكشف الواضح أو نسخ ونقل المعلومات.

وبالإضافة إلى ذلك فإن الليزر يمكن استخدامه فى الكتابة على شريط من مادة معينة حساسة لطوله الموجى مثل الورق المفضض الجاف. كما يوجد حالياً جهاز الفيديو القرص الذى يستخدم شعاع الليزر فى تسجيل أو نقل المعلومات الضوئية والصوتية فى قرص دائرى بدلاً من أشرطة الفيديو المعروفة.

ومن الأعمال الأخرى فى التسجيل بشعاع الليزر: نقل المعلومات من أجهزة المراصد الفلكية، ونقل وصَف خطوط المطابع الورقية، والتسجيل التليفزيونى، وقراءة الميكروفيلم والكتابة منه على مواد مختلفة إما مباشرة أو باستخدام محولات كهروستاتيكية. ولشعاع الليزر فوائد مهمة فى عمليات التسجيل والنسخ منها:

أ - السرعة العالية جداً والتى لا يضاهيها أى جهاز ميكانيكى أو إلكترونى.

ب- التحليل النقى والذى لا يحتوى على ذبذبات تداخلية أو ضوضاء صوتية.

جـ-السيطرة بكفاءة على استعماله عند توصيله بأجهزة الحاسبات وأجهزة التنظيم الصوتية والضوئية.

٧- القياسات:

تستخدم صفة أو أكثر من صفات الليزر الرئيسية فى القياس بهذه الأشعة مثل أحادية الطول الموجى والترابط الموجى والشدة العالية التركيز والتفريق القليل لحزمته. ومن معرفة التغير الحاصل فى الحزمة الليزرية المنعكسة على الأجسام المراد قياس مسافاتها يمكن تعيين مسافة الجسم بدقة، إما بقياس النقاوة الموجية فى طولها الموجى وإما بقياس الزمن المستغرق لذهاب وإياب حزمة الليزر. وإضافة إلى قياس بعد الجسم، يمكن معرفة العيوب وفحصها وذلك بدون تماس مباشر. وفى ذلك فوائد كثيرة فى فحص قطع الماكينات الكبيرة التى كان من الصعوبة الوصول إليها إلا بعد فك وفتح أجزاء كثيرة من المعدات.

والليزر حساس فى القياس والتعرف على العيوب السطحية فى المواد مثل الخدوش والكسور والحفر وقياس سماكة وأقطار الأجزاء المختلفة، وخصوصاً فى قطع الغيار التى كثيراً ما يحصل الخطأ فى التشخيص العادى لها. ويساعد الليزر فى قياس الجسيمات والدقائق الصغيرة فى الجو للسيطرة على التلوث الجوى فى أماكن مختلفة.

٨- علم الطيف:

يستخدم الليزر فى علم الطيف فى دراسة المواد المختلفة كما ونوعا. وفى السابق كان يتم دراسة المواد باستخدام الموجات الكهرومغناطيسية فى الترددات الراديووية إلى منطقة الميكروويف، أى باستخدام ترددات تتراوح بين ٣٠ كيلو

هرتز وثلاثة ملايين كيلو هرتز. وما زاد على ذلك تستخدم معه مصادر أخرى غير دقيقة. وأخيراً أعطى الليزر الحلقة المفقودة لدراسة المواد إلى ترددات ضوئية عالية تصل إلى مناطق الأشعة تحت الحمراء والمناطق المرئية وحتى مناطق الأشعة فوق البنفسجية - وإلى ترددات تصل إلى ١٣١٠ كيلو هرتز باستخدام مجموعات مختلفة من الخطوط الطيفية، وذلك لدراسة أعمق فى أغوار المواد وتركيباتها الداخلية من الجسيمات الذرية والنووية، ولفهم كيفية توزيعها وانتقالها.

٩- الصناعات الإلكترونية الدقيقة:

يدخل الليزر فى صناعة المقاومات الإلكترونية المختلفة من تقليم وتقصيص دقيق لأبعادها، إما يدوياً وإما آلياً. وبذلك يعطى حجم وقيمة كهربائية للمقاومة دقيقة جداً، وذلك بالإضافة إلى الحفر فى المواد المختلفة لتكوين المتسعات capacitors المتناهية الصغر. وكذلك يدخل الليزر فى عملية لحام ووضع العديد من الدوائر الإلكترونية الدقيقة والصغيرة الحجم المستخدمة فى الأجهزة الإلكترونية المختلفة.

١٠- السباكة:

الشدة الحرارية لليزر وخصوصاً بعد تركيزه تصغير مقطعه وسهولة السيطرة عليه يجعله مهماً فى عالم السباكة ومعاملة المواد، حيث أنه قادر على إذابة وتبخير المعادن ومن ثم ثقبها وحفرها وقطعها ولحامها مع بعضها. إن كل ذلك يمكن أن يتم بهذه الأشعة بمجهود قليل وبدقة عالية - كونه لا يحتاج إلى ضغط ميكانيكى فى أداء هذه المهام.

ويمكن باستخدام الليزر النبضى بطاقة ٢٠ جول فى النبضة الواحدة تبخير المادة بدلاً من إذابتها. إن ٥ جول من النبضات المستمرة قادرة على الثقب،

واستعمال شعاع الليزر كمثقاب. ويمكن عمل ثقوب قطرها بحدود واحد على ألف من السنتيمتر. وحتى المواد التى كان يُظن إنه يستحيل ثقبها كالماس، تبين أنه يمكن ثقبها بهذه الطريقة. وبإضافة ميكروسكوب، يمكن الحصول على ثقوب متناهية فى الصغر، وذلك خلال زمن وجيز، حيث يصل زمن الثقب إلى خمسة على ألف من الثانية. وتصل سرعة الليزر فى القطع واللحام من ٢٥٠ إلى ٩٠٠ سنتيمتر فى الثانية الواحدة أو أكثر. وكل هذه العمليات تجرى بقليل جداً من تلوث الجو، لأن الليزر يبخر المواد ولا يتسبب فى نثرها. فلا وجود لنفايات متطايرة أو أبخرة متخلفة. وكذلك لا وجود لصوت القطع. ولا شك فى أن انعدام الصوت وتقليل التلوث لهما أثر إيجابى كبير على صحة العاملين فى المهن ذات الصلة.

١١- المواصفات والمقاييس:

وفى هذا المجال يدخل الليزر فى أعمال كثيرة منها: آلة تصوير (كاميرا) سينمائية ذات سرعة عالية حوالى ١٠،٠٠٠ (عشرة آلاف) صورة فى الثانية لمراقبة التفاصيل الزمنية والمكانية للظواهر الحرجة مثل الانفجارات أبخرة الاحتراق المتصاعدة من المحركات النفاثة. وهناك ماكينات للقطع والثقب واللحام بأشعة الليزر تستطيع التحرك بستة إحداثيات لدوران وحركة الأجسام. والتصميم ليس محدد الحجم بل يستطاع بناؤه لملاءمة أى حجم حركى. ويستطيع الجهاز التكيف للعمل على أية قطعة بغض النظر عن الاختلاف فى حجمها أو شكلها. وهذا من شأنه تسهيل إنتاج القطع المختلفة بالمواصفات المطلوبة.

وهناك جهاز مسطرة الليزر laser ruler الذى يستخدم لقياس الأطوال الخطية المطلقة. وهو مصمم خصيصاً للاستخدام فى مراقبة النوعية والجودة من

جانب هيئات المواصفات والمقاييس التى تمنح الشهادات القياسية فى قياس الأجزاء المصنوعة مثل سماكة الأقلام، والدبابيس وما إلى ذلك. وتعتمد دقة هذا الجهاز على الطول الموجى لأشعة الليزر المستخدمة. ولهذا النوع من الأجهزة أهمية بالغة فى:

- مقارنة المقاييس المعيارية وتصحيحها.
- قياس الأطوال المطلقة وإعطاء الترخيص والشهادات
- قياس الانحرافات السطحية الصغرى والعظمى.

١٢- الاتصالات اللاسلكية :

تعتمد أجهزة الاتصالات الكهرومغناطيسية العصرية اعتماداً كلياً على الترددات الراديووية وموجات الميكروويف. ويرجع إهمال الموجات الضوئية فى الاتصالات فى الماضى إلى عدم توفر المصادر الضوئية، بالإضافة إلى الصعاب الكثيرة الناتجة عن تفرق وتشتت الموجات الضوئية والامتصاص الجوى لها. إلا أن تطور الليزر أدى إلى ظهور المصدر الضوئى المثالى للاتصالات اللاسلكية.

١٣- ذاكرة الحاسبات الآلية:

سجل هذا العصر التطور فى التخزين الضوئى للمعلومات باستخدام الليزر. ولقد أنتج قرص قطره 5 سنتيمتر له سعة تخزين تصل إلى ١٠ مليون بايت. ومعنى ذلك أن كتاباً من خمسة آلاف صفحة يمكن أن يخزن على جهة واحدة من القرص. وهذه الذاكرة تخزن المعلومات بمعدل ٢٥٠ كيلوبايت فى الثانية. كما يمكن استرجاع المعلومات منها بنفس المعدل.

obeikandi.com

١٤- الزراعة:

أدى تعريض بذور الحنطة لأشعة الليزر إلى إحداث تغيرات جنينيه فيها، أدت بدورها إلى زيادة الإنتاجية بمقدار ٨٠%. وإضافة إلى ذلك فأن إمكانية التعقيم وقتل البكتريا والجراثيم الضارة بواسطة أشعة الليزر يبشر بمستقبل زاهر فى هذا المجال الحيوى.

١٥- الأنواء الجوية:

كون نفاذ وامتصاص الليزر يعتمد على الطول الموجى المنبعث (أى نوع الليزر)، بحيث أننا لو أخذنا شعاع ليزر ثانى أكسيد الكربون ذا الطول الموجى ١٠,٦ ميكرومتر ، فإن نفاذ وامتصاص حزمة هذا النوع تعتمد على حجم وتوزيع القطرات المائية والبللورات الثلجية فى الجو. لذا فإن هذا النوع من الليزر يمكن الاستفادة من خدماته بكل سهولة لدراسة التركيب الميكروسكوبى الدقيق والتركيب الخارجى لتكوم الغيوم وهى من الظواهر التى يعنى علم الأرصاد الجوية بدراستها.

١٦- علم الفلك:

من المعروف أن التشتت أو التفريق الصغير جداً لحزمة الليزر يطور ويحسن القياسات للمسافات بين النجوم وحركتها؛ لاسيما أن أحد أنواع الليزرات يملك طولاً موجيا له القدرة على النفاد من الجو الأرضى إلى الفضاء الفسيح بأقل امتصاص من مكونات الجو الأرضى. ولهذه الصفة أهمية خاصة فى الاتصالات الفضائية.

١٧- علم طبقات الأرض :

لليزر قدرة فائقة على اختراق الصخور لأعماق سحيق، وذلك عن طريق تبخير مكوناتها. وعندما يوجه هذا البخار المتصاعد فى نفس خط الحفر إلى جهاز مطياف، فإنه يساعد على معرفة مكونات الصخور من العناصر المختلفة والنسبة المئوية لتواجدها. والميكانيكية الرئيسية فى استعمال الليزر لمعاملة المواد هى العملية الثنائية فى الإذابة والتبخير. ويتم تصريف الطاقة الشعاعية الساقطة على سطوح المواد بتركيز حزمة الليزر بأربع طرق:

١. انعكاس وفقدان جزء من الطاقة.
٢. استعمال أغلبية الطاقة المتبقية لذوبان المعادن.
٣. استخدام جزء صغير نسبياً من الطاقة لتبخير السوائل المعدنية.
٤. توصيل الجزء الأصغر من الطاقة إلى المعادن غير الذائبة على شكل حرارة.

ويمكن استخدام الليزر فى المناجم للتعرف على مكونات الصخور من المعادن المختلفة. كذلك من الممكن الاستفادة منه فى حفر الآبار البترولية والكشف عن كميات ومعدلات وجود البترول والمواد الأخرى المصاحبة لها وأعماقها الأرضية ونوعية طبقات التربة.

٣-٢-٢ أجهزة الليزر للاتصالات بواسطة الألياف الزجاجية

Optic Fibers Communications

تعرف الألياف الزجاجية أيضاً باسم الألياف الضوئية، وذلك لقدرتها على نقل الحزم والموجات الضوئية. وقد عرفت خواص الزجاج والألياف الزجاجية

والبلاستيكية فى نقل الضوء منذ أكثر من خمسين عاماً. وترتب الألياف على شكل مجموعات مترابطة تنقل الضوء من أحد طرفيها إلى الطرف الآخر.

وحتى اكتشاف الليزر كانت الألياف غير قادرة على نقل الضوء ذى الشدة العالية وذلك لاستحالة تجميعه فى حزمة ضيقة. وبوجود الليزر انتعشت تقنية الألياف الزجاجية فى قدرتها على نقل الحزم الليزرية، وأصبحت استعمالاتها أكثر شيوعاً فى نقل المعلومات من مكان آخر. وتصل المسافات من أقدام قليلة إلى آلاف الأقدام. وتتكون خطوط الاتصالات من حزمة من الألياف الزجاجية ضمن غلاف واق يسمى الكابل، وتنقل الصور المرئية من محطة إلى أخرى. أما المعلومات والأصوات فإنها تحمل على الحزم الضوئية لنقلها. (أى أن الكلمات المنطوقة تحول بواسطة السماعة إلى إشارات كهربائية. هذه الإشارات الكهربائية تستعمل كمصدر طاقة لبعث حزمة ليزر الجاليوم أرسينيت Ga As أو مصدر طاقة فى التفريغ الكهربى لأنبوب الهليوم – نيون He-Ne. وفى كلتى الحالتين تكون حزمة الليزر الخارجة متقطعة ومتذبذبة، وذلك حسب طبيعة الإشارات الكهربائية المتغيرة بتأثير الكلمات المنطوقة. وهى طريقة تحميل الموجات الليزرية. وهذا الضوء المحمول يدخل فى إحدى نهايتى الكابل من الألياف الزجاجية ثم يستلم من الناحية الأخرى لإعادة استخلاص الكلمات المنطوقة والمعلومات منه).

ويرجع اختيار ليزر الجاليوم أرسينيت Ga As والهيليوم – نيون إلى إمكانية نقل ضوئهما بالألياف الزجاجية وبكفاءة عالية. وكذلك لقابليتهما لتحميل المعلومات بالإشارات الكهربائية المارة فيهما. وتتألف وحدة الاتصالات الليزرية بوساطة الألياف الضوئية من مرسل وخطوط من الألياف البصرية الناقلة ومستلم من الناحية الأخرى.

ويتكون المرسل من سماعة أو مصدر يحول المعلومات إلى إشارات كهربائية، ومكبر لزيادة شدة الإشارات الكهربائية. ثم تحول الإشارات الكهربائية كمصدر طاقة لأشعة الليزر، أى أن الإشارات الكهربائية تتحول إلى إشارات ضوئية فى حزمة الليزر.

وتوجه حزمة الليزر إلى مجموعات الألياف الزجاجية التى سبق أن صقلت سطوحها بدقة وأعدت لتقليل الامتصاص والضياع من شدة الحزمة الداخلة لمجموعة الألياف. وبعد انتقال حزمة الليزر تستلم من الطرف الآخر بوساطة كاشف حساس لأشعة الليزر، حيث يعمل هذا الكاشف على تحويل أشعة الليزر (أى الإشارات الضوئية) إلى إشارات كهربائية مرة أخرى. ثم تكبر هذه الإشارات لزيادة شدتها وتوجه إلى مكبر الصوت لتحويلها من إشارات كهربائية إلى كلمات منطوقة، أو توجه إلى مصدر تحويل الإشارات إلى معلومات، أو تخزن لاستعمالات مستقبلية. وقد لعبت المقومات الباعثة للضوء دوراً رئيسياً فى نقل المعلومات فى الألياف الزجاجية. وتستخدم هذه الألياف تجارياً بصورة ناجحة فى الاتصالات تحت المياه. كما أن لها استعمالات صناعية وعسكرية متعددة.

وعندما يتم نقل أشعة الليزر بالألياف الزجاجية المباشرة، فإنها يمكن أن تستخدم فى العلاج والتشخيص. أيضاً وتجرى عمليات جراحية كثيرة بواسطتها للوصول بسهولة ومرونة إلى الأعضاء التى تنزف وذلك دون إحداث سوى فتحة صغيرة فى جسم الإنسان لإدخال المنظار منها. ومثال ذلك استخدام ليزر الياج فى وقف النزيف المعوى فى الأمعاء، وباستعمال ألياف خاصة يمكن كي Cauterize القرح المعوية من الداخل. كما أن بعض الألياف الأخرى قادرة على نقل الغازات اللازمة للتخدير الموضعى فى هذه العمليات، وكذلك سحب الغازات والأبخرة الضارة من موقع العملية للخارج.

التفاعلات الذرية Atomic-fusion، استخدمت الألياف الضوئية كوسيلة أمينة لنقل الطاقة الضوئية إلى مراكز التفاعلات دون التعرض لمخاطرها. كما يجرى تصوير ومراقبة هذه التفاعلات عن بعد بالألياف الزجاجية أيضاً.

٣-٢-٣ تطبيقات الليزر الطبية

تبرز الاستفادة الحالية من شعاع الليزر من وجهة النظر الطبية فى طاقته الحرارية العالية والمتركزة فى قطر ضيق جداً. وهذا الليزر قد أثبت كفاءة عالية فى الجراحة بصورة عامة، وفى الجراحة الدقيقة بصورة خاصة. كما أصبح حالياً شائع الاستخدام فى أفرع طبية عدة منها: جراحة الأنف والأذن والحنجرة وأمراض النساء وأمراض المستقيم والأسنان وأمراض الفم والأمراض الجلدية وجراحة التجميل التى تشمل جراحة التقويم (أى تقويم الأعضاء وإصلاح التشوهات) وجراحة العظام وجراحة الأعصاب. وقد استخدمت مستشفيات كثيرة فى العالم الليزر فى العلميات الجراحية للقطع أو التبخير أو اللحام أو العلاج.

١- مميزات استخدامات الليزر فى العمليات الجراحية :

أ . تقليل هدم الأنسجة بهدف الالتئام السريع:

تمتص المواد العضوية بالخلية الحية حزمة ليزر ثانى أكسيد الكربون عند تركيزها على الأنسجة. ويؤدى ذلك إلى ارتفاع حرارة ماء الخلية الداخلى والخارجى الممتص لطاقة الحزمة إلى ١٠٠° م، أى إلى درجة تبخره. وبذلك يحصل قطع الأنسجة المراد إزالتها ، علماً بأن التأثير على الأنسجة المحيطة لا يزيد قطره على ١٠٠ ميكرون (واحد على المليون من المتر) من نقطة الاتصال، مما يجعل فترة الالتئام قصيرة، وبالتالى تقل مدة العناية اللازمة بعد

إجراء الجراحة. وبما أن فترات النبضات الليزرية يمكن التحكم فيها. (فهى تتراوح من 0,1 من الثانية إلى نبضة فى الثانية. أو بصورة نبضات مستمرة) فإن ذلك يعطى الجراح القدرة على استعمال حزمة الليزر لتبخير الأنسجة أو قطعها حسب الحاجة. وفى الحالة الأخيرة يمكن التحكم الدقيق بموقع الحزمة، مما يجعل الليزر بديلاً عالى الكفاءة للمبضع أو المشرط التقليدى فى الجراحة.

ب . جراحة بدون دماء:

إن شعاع ليزر ثانى أكسيد الكربون قادر على لحم الأوعية الدموية التى يقل قطرها عن نصف مم تلقائياً، وذلك عن طريق تخثير الدماء فى النهايات المفتوحة. وهذا التأثير يجعل الجراحة بالليزر فى مجال جاف تقريباً. ولذلك فوائد كثيرة منها التقليل من نقل الدم خلال الجراحة، بالإضافة إلى توفير الرؤية الجيدة للجراح.

ج. تقليل الالتهاب ما بعد العملية الجراحية:

لا تتأثر الخلايا القريبة من نقاط تماس الشعاع. وذلك لكون قطر الشعاع صغير جداً (فى حدود ١ مم). وهو ما يعجل باسترجاع حيوية الخلايا المقطوعة.

د. تقليل آلام الجراحة:

شعاع الليزر قادر على غلق نهايات الأعصاب الدقيقة المقطوعة بسبب الجراحة. وهذا من شأنه تخفيف الآلام لدرجة أنه فى بعض الأحيان لا حاجة إلى التخدير.

هـ. الدقة المتناهية:

حيث أن المستخدم لليزر يستطيع السيطرة الكاملة على عمق الاختراق من قبل الحزمة، والتى بدورها تعتمد على قدرة الليزر وعلى مدة التعرض. وبالاستعانة بالمجهر، يستطيع الجراح التحكم فى موقع الحزمة بكل دقة. ونظراً لأن الليزر يمارس مفعوله على البعد، فإنه يتيح للجراح مجالاً أوسع للرؤية.

و. لا تأثير ميكانيكى:

تنعدم مخاطر الحركة الميكانيكية للخلايا الحية التى تنتج عن الضغط، وذلك بسبب انعدام الضغط عند استخدام شعاع الليزر.

ز. التعقيم:

لا خطورة من التلوث لعدم وجود ملامسة بين أدوات الجراحة والأنسجة المعالجة. بل أن شعاع الليزر قادر على تبخير الجراثيم المرضية القريبة من موقع الجراحة.

٢- الليزرات الطبية :

إن قدرة شعاع الليزر من ثانى أكسيد الكربون المستخدم طبياً لا تزيد على ١٠٠ واط فى الحالات العادية. ويمكن الحصول على قدرة تصل إلى ٢٥٠ واط أو ٥٠٠ واط وهى ما يحتاج إليها فى جراحة العظام. إن شعاع ثانى أكسيد الكربون يقع فى المنطقة تحت الحمراء وهو ذو طول موجى قدره ١٠,٦ ميكرومتر. وهو يستخدم عادة فى الجراحات العامة. بالإضافة إلى ذلك تتوفر حالياً ليزارات أخرى مثل الليزر الزجاجى المعروف بأسم "ياج ليزر" والتى تصل قدرته إلى ١٠٠ واط وطوله الموجى إلى ١,٠٦ ميكرومتر فى المنطقة تحت الحمراء، علماً بأن استعمالات ليزر الياج تتمثل غالبيتها فى الجراحات

المعوية بواسطة المنظار الذى يختلف عن شعاع ثانى أكسيد الكربون فى أنه أقل امتصاصا من قبل الخلايا والأنسجة، مما يجعله مبضعاً أقل اختراقاً.

ويستخدم ليزر غاز الأرجون فى عمليات حساسة مثل ترقيع الشبكية ولحام العصب البصرى المنفصل الذى يسبب العمى المؤقت. إلا أن قدرة امتصاصه فى الخلايا والأنسجة والخلايا أقل من ليزر الياج. لهذا فإن أجهزة الليزر الشائعة الاستخدام لأغراض مختلف العمليات الجراحية هى شعاع ليزر ثانى أكسيد الكربون، وشعاع ليزر الياج، وشعاع ليزر الأرجون، وهى تمتاز بقابلية امتصاص الأنسجة والخلايا بدرجات متفاوتة: امتصاص عالى وامتصاص متوسط وامتصاص قليل على التوالى. وتتنوع استخدامات هذه الليزرات مثل استئصال الأورام السرطانية المختلفة، وإزالة الكثير من الأورام غير الخبيثة فى الحبال الصوتية للحنجرة مما يؤدى إلى تقويم الحبال الصوتية وتنقية الصوت. وعملية من هذا النوع تتم فى مدة قصيرة جداً وكذلك الأمر بالنسبة إلى ترقيع الشبكية فهى لا تتطلب أكثر من دقائق فى إجرائها. وبالإضافة إلى ذلك فإن الكثير من الجراحات بالليزر، وخصوصاً الجراحات الجلدية، لم تعد تحتاج إلى استخدام مخدر عام.

أما إذا أخذنا الجانب الآخر وهو العلاج بشعاع الليزر، فقد أثبتت التجارب أن استخدام الليزر المعروف بليزر الصبغات (وتتكون مادته الفعالة من مواد كيميائية صبغية وإشعاعه يقع فى المنطقة المرئية من الإشعاع الكهرومغناطيسى) قد أعطى الأمل الكبير فى معالجة الأورام السرطانية دون استئصالها. إذ يمكن قتل الخلايا الخبيثة دون التأثير على الخلايا السليمة بإعطاء المريض جرعات من عقاقير محددة تمتصها الخلايا السرطانية فقط ومن ثم يسلط شعاع الليزر الذى تمتصه هذه الخلايا المشبعة بالعقار المحدد وهو ما يؤدى إلى قتل الخلايا السرطانية فقط.

٣-٢-٣-١ الليزر لجراحات القلب:

يهتم أخصائى القلب بالبحث عن طرق استخدام تكنولوجيا الليزر لجراحات القلب. وقد أفادوا بأنه مستقبلاً سيكون من الممكن استخدام الليزر لتبخير جلطة الشريان التاجى والتى تسبب انغلاقه. إلا أن أحد أهم التطبيقات المستقبلية سيكون فى جراحة الأوعية الدموية القلبية، هذا التطور يتم عن طريق دمج الألياف الزجاجية (fiber optics) لنقل أشعة الليزر عبر الأوردة والشرايين الرئيسية فى داخل أداة قسطرة القلب. أما بالنسبة للأوعية الدموية القريبة من القلب، فإن هذه التقنية تسمى عادة بإعادة تكوين الأوعية القلبية. وهى عبارة عن حفر أنابيب شعرية فى عضلات القلب المصابة بفقر الدم لإعادة الحيوية لها، وبذلك يمنع تخثر الدماء المؤدى إلى الجلطات القلبية.

هؤلاء الأخصائيون يستخدمون ليزر ثانى أكسيد الكربون وليزر الياج (Yag) بالإضافة إلى ليزر الأرجون. وقد استعملت هذه الليزرات الثلاث على نماذج من الأوعية المغلقة للمصابين بأمراض القلب. ونجحت هذه الأنواع فى اختراق الأوعية المغلقة دون التأثير على جدرانها، وذلك بغض النظر عن كون الانغلاق ناتج عن الألياف الشحمية أو عن مواد مصنفة أخرى. ويستمر الباحثون فى الدراسة لاختيار أحد الليزرات الثلاثة التى يمكن وصولها إلى الشريان التاجى، وذلك باستخدام أنابيب متناهية الصغر تنقل الشعاع الضوئى عن طريق الانعكاسات المتعددة داخلها (وتسمى بالألياف البصرية)، علماً بأن الياج والأرجون يتميزان بنفاذهما عبر الألياف البصرية.

الأخطار العامة لأشعة الليزر فى الجراحة

إن كل تكنولوجيا تتطلب الحرص والمتابعة لدرء الأخطار التى قد تتأتى منها. وعادة تسجل الملاحظات عنها ويُعمل على تلافيها. وفيما يلى بعض الأخطار المحتملة الحدوث:

١- أخطار تماس أشعة الليزر مع غازات قابلة للاحتراق فى مادة التخدير العام؛ وهو ما قد يؤدى إلى الانفجار.

٢- أخطار انعكاس أشعة الليزر على الأجسام المعدنية المختلفة وبالتالى تعرض الأشخاص للحروق الجلدية فى مناطق حساسة فى الجسم أو للعمى عند إصابتها للعين.

٣- أخطار تلوث الهواء المحيط نتيجة تبخير الأنسجة الحية فى الجسم.

٤- أخطار الصعقات الكهربية كنتيجة لوجود جهد كهربائى عالى فى تشغيل أجهزة الليزر.

٥- أخطار أخرى قد تنتج عن عدم اتباع إرشادات السلامة والأمان فى استعمال أجهزة الليزر.

الحماية من الأخطار

١. الحماية من الاحتراق الداخلى والخارجى من مواد التخدير. وسبل ذلك متعددة، نذكر منها:

- تجنب الغازات القابلة للاشتعال عند استعمال مادة التخدير.
- حماية الأنابيب الناقلة لهذه الغازات بقطع قماشية مشبعة بالمياه المالحة فى حالة استخدام ليزر ثانى أكسيد الكربون.

obeikandl.com

- استخدام أنابيب معدنية لا تعكس ضوء الليزر لنقل غازات التخدير خصوصاً داخل الأنبوب الرغامى Endotracheat tube.
- عدم استعمال الأغطية الورقية لتفادى اندلاع الحرائق فيها عند تماسها مع أشعة الليزر، والاستعاضة عنها بأغطية قماشيه خاصة لهذه الغاية.
- الفحص الدقيق للأغطية المحتوية على مادة الاسبستوس Asbestos أو أية مادة فحمية، والتأكد من عدم تطاير جسيمات صغيرة منها قد تعلق فى الأنسجة المحيطة وتسبب التلوث أو تعمل على امتصاص الليزر وتشتيته.
- استعمال الإسفنج المعقم والمنقوع فى مادة ملحية خصوصاً مع ليزر ثانى أكسيد الكربون.

٢. **الحماية الشخصية ضد انعكاسات الليزر من الأدوات، وذلك عن طريق:**

- فحص غرفة الليزر بدقة للتأكد من عدم وجود أجسام عاكسة لضوء الليزر، واستعمال أدوات جراحية مطلية أو مغطاة من الخارج لمنع انعكاس الأشعة منها، ودرء احتمال إصابة الأشخاص العاملين.
- تغطية الأنابيب المطاطية أو الفولاذية المستعملة فى نقل الغازات المتنوعة بقطع قماشية خاصة لمنع الانعكاس أو لمنع اختراق الأشعة لهذه الأنابيب.
- استعمال واقيات النظر الخاصة بنوعية الليزر لجميع العاملين فى غرفة العمليات.
- حماية عين المريض بتغطيتها بقطع قماشية سميكة، وذلك بعد وضع غطاء بلاستيكى مطلى بالفضة على كرة العين.

٣. الحماية من التلوث الهوائى الناتج من تبخير الأنسجة :

- تؤدى عملية تبخير الأنسجة الحية إلى تلوث الهواء المحيط. ولذا يجب استخدام ساحبات هواء جيدة للتخلص من التلوث.
- العمل بصورة عامة على جعل غرفة عمليات الليزر جيدة التهوية.

٤. الحماية من الجهد الكهربائى العالى لأجهزة الليزر

- تعتمد أجهزة الليزر بصورة عامة على مصدر كهربائى ذى جهد عالى. ولذا يتعين اتباع احتياطات السلامة الكهربائية المرتبطة باستخدام مثل هذه الأجهزة لتفادى حدوث الصعقات الكهربائية للعاملين.

٥. التأكد من سلامة أجهزة وأشعة الليزر، وذلك بمراعاة الاتى:

- يجب التأكد قبل أى استعمال من خواص الشعاع الليزرى قبل استعماله، وذلك بالنظر فى تطابق أشعة الليزر غير المرئية مع الأشعة المرئية الموجهة. وكذلك تقييم قدرة الشعاع وكثافته فى نقطة تماسه مع النسيج، ومعرفة اتجاه الحزمة الليزرية ونقطة تركيز الأشعة ومقدار طاقة الشعاع.
- العمل على وجود فنى مدرب على استخدام أجهزة الليزر والتأكد من سلامتها وصحة خواصها المطلوبة.
- عدم السماح للأشخاص غير المدربين على الليزر باستخدامه.
- تقليل تحريك أجهزة الليزر من غرفة إلى أخرى قدر الإمكان للمحافظة على التطابق الهندسى لأشعته.
- يفضل عزل إحدى غرف العمليات لأجهزة الليزر، وذلك لضمان تطبيق تعليمات السلامة وتطويرها الدائم لهذه التقنية.

- يجب التأكد بصورة عامة من نوع الجراحة المزمع القيام بها مثل قطع الأنسجة أو تبخيرها أو التئامها مع بعض وتوافقها مع الليزر المستخدم بالإضافة إلى اختيار كثافة القدرة المناسبة للأنسجة المزمع العمل عليها. ذلك أن الدراية بالعلاقة بين نوع الليزر (طول موجته) وبين خواص النسيج الضوئية هى العامل الأساسى فى الحصول على الكفاءة المطلوبة بأقل ضرر للأنسجة المحيطة.
- ينبغى وضع إشارة ضوئية خاصة خارج أبواب غرفة العمليات للتحذير من نوع الليزر وصنفه، مع استخدام الواقيات المناسبة، وعدم الدخول لغير الأشخاص المصرح لهم.
- المراجعة الدورية المتتابعة لاستعمال الليزر وتعليمات السلامة والأمان لكل نوع منه.

٣-٢-٤ الليزر فى التصوير الشبحى (الهولوجراف)

تعتبر القدرة على الرؤية المجسمة إحدى الخواص الفريدة التى تملكها العين عند الإنسان. وقد فتح الليزر المجال للقدرة على التصوير المجسم لما يمتلكه من صفات غير عادية فى خصائص شعاعه، أهمها فى هذا المجال شدته وترابط موجاته المنبعثة فى الزمان والمكان، أو ما يعرف بالترابط (Coherence) الموجى لإشعاعاته. وقد عرف هذا العلم الجديد باسم الهولوجراف (Holography)، وهى كلمة مركبة من كلمتين يونانيتي الأصل (هولو) و(جراف) ومعناها التسجيل المتكامل. وفى الواقع فإن الهولوجراف ليس تصويرا بمعنى التصوير التقليدى (الفوتوغرافى) بل إنه إظهار وتسجيل متكامل للجسم بحيث لا نفرقه عن أصله ولا نميزه عن حقيقته.

ولا حاجة فى الهولوجراف لاستخدام العدسات. بل نحتاج إلى شعاع الليزر فى أبسط أشكاله وصفيحة شفافة وحساسة لضوء الليزر مع مرآة عاكسة. وينقسم شعاع الليزر إلى قسمين: القسم الأول يسمى شعاع الجسم حيث يتجه إلى الجسم نفسه وينعكس منه حاملاً فى طيات موجاته التفاصيل الكاملة له على صيغة التغيرات الحادثة فى أطوار وسعات الموجات. والقسم الثانى من الشعاع والمسمى بالشعاع الأصل يُعكس بمرآة ليلتقى مع القسم الأول على الصفيحة الحساسة والتى تسمى الهولوجرام (Hologram) . ومن تداخل هاتين الحزمتين تتكون على الصفيحة الحساسة دوائر مركزية وخطوط متشعبة لاتمت بصلة للجسم المصور، ولكننا إذا أمعنا النظر فى داخلها فسنرى عالماً آخر يحتل فيه الجسم المصور مكاناً بارزاً، وعندما تثبت الصفيحة الحساسة وتوجه عليها الإضاءة الملائمة يبرز الجسم بأبعاده الثلاثة مرتكزاً فى الفضاء الفارغ.

والأغرب من ذلك أنك لو قسمت الصفيحة الحساسة (الهولوجرام) إلى قطع صغيرة متناثرة، سوف نجد فى كل قطعة منها. الصورة الشبحية نفسها كأن شيئاً لم يتغير فيها. ولكنك إذا دققت النظر سوف تجد أن إحدى الزوايا مفقودة.

ومن الهولوجرام نفسه تستطيع أن تكون صوراً تقليدية فوتوغرافية كثيرة وفى الاتجاهات المطلوبة وذلك لإبراز أو إخفاء بعض التفاصيل.

٣-٢-٤-١ تطبيقات الهولوجراف

يمكن إيجاز أهم تطبيقات الهولوجراف فى النقاط التالية:

١. استقطب الهولوجراف خيال الكثيرين من الباحثين والمهندسين فى التطبيقات الصناعية، المدنية منها والعسكرية. فبواسطته تخزن المعلومات فى الحاسب الآلى. وبذلك ترتفع كفاءة وسعة وسرعة تخزين المعلومات فى ذاكرة الحواسب.

٢. يمكن باستخدام الميكروسكوب استطلاع ورؤية الخلايا الحية بأبعادها الثلاثة المجسمة. وبذلك امتلك العلماء ولأول مرة القدرة على رؤية الخلايا والجسيمات الدقيقة التى لاترى بالعين المجردة، وذلك بوضعها الطبيعى المجسم، وليس كما هو معتاد ، أى رؤيتها ببعدين على هيئة صورة مسطحة.

٣. تصوير الأجزاء المعدنية والميكانيكية فى السبائك والمواد المطاطية المختلفة لدراسة عيوب التصنيع وجودة الآلات. وبالإضافة إلى مراقبة التغيرات الحادثة نتيجة الاستعمال والاستهلاك وذلك للتنبيه للأخطار قبول وقوعها. ولهذه الطريقة أهمية كبيرة فى فحص الأجزاء المختلفة لإطارات الطائرات والمعادن والسبائك المكونة لأجسام الآلات الحساسة، وذلك للتنبؤ بالعيوب الحاصلة.

٤. الوقاية ضد سرقة التحف والآثار الثمينة أو المجوهرات النادرة والأعمال الفنية النفيسة، وذلك بتصويرها بالهولوجراف، وعرض صورها المجسمة حيث تتطابق هذه الصور مع أصولها فى كل دقيقة من دقائق تكوينها.

٣-٣ تكنولوجيا النانو

مقدمة

تكنولوجيا النانو هى ببساطة عبارة عن معالجة بارعة للمادة على المستوى الجزيئى، وذلك لخلق منتج جديد بالغ الدقة فى أوضاع الذرات المكونة للجزىء. فالمنتجات المصنعة تتكون من ذرات. وتعتمد خواص هذه المنتجات على كيفية ترتيب هذه الذرات. فبإعادة ترتيب الذرات فى الفحم الحجرى، يمكننا الحصول على الماس. وإذا أعدنا ترتيب الذرات فى السيليكون (مع إضافة بعض

العناصر) يمكننا الحصول على شرائح ألحوا سب الآلية. وتعبير تكنولوجيا النانو صار شائعاً. وهو يستعمل لتوضيح وشرح أنواع من البحوث التى تختص بأبعاد أقل من ألف نانومتر. وهذا التعبير أطلقه إيريك دريكسلر K.Erick Drexler.، وهو شخصية قائدة فى هذا المجال، على المكونات المقاسة بالنانومتر (nm) أى بواحد على بليون من المتر.

وتاريخياً فإن أول من تنبأ بهذا العلم هو العالم الأمريكى ريتشارد فاينمان Richard Feynman الحاصل على جائزة نوبل فى الفيزياء عام ١٩٦٥. ففى ديسمبر ١٩٥٩ وفى كلمته أمام اللقاء السنوى للجمعية الأمريكية للفيزياء Amer Phys. Soc. إفترض فاينمان أن الماكينات الضخمة يمكن أن تستخدم لعمل ماكينات أصغر، والتى بدورها يمكنها عمل ماكينات أخرى أصغر. وباستمرار هذه العملية يمكن الوصول من القياسات الكبرى إلى القياسات الميكروية.

وتكنولوجيا النانو أو أحيانا تسمى تكنولوجيا النانو الجزيئية أو التصنيع الجزيئى Molecular Manufacturing يجب أن تقودنا إلى الآتى:

(١) وضع كل ذرة فى المكان الصحيح.

(٢) عمل أى تركيب بحيث يكون متوافقاً مع قوانين الفيزياء والكيمياء.

(٣) أن تكون تكاليفه الصناعية لا تتعدى تكاليف المواد الخام والطاقة.

وتكنولوجيا النانو تمثل الثورة التكنولوجية القادمة التى سيكون لها تأثيرات على كل مناحى حياتنا. ويزداد الاقتناع يوما بعد يوم لدى اخصائى البيئة ومخططى النواحى العسكرية بأن البناء من الجزيئات إلى التصنيع الجزيئى سيغير من عالمنا الحاضر بشكل ثورى.

وهناك ثلاثة أنواع من تكنولوجيا النانو:

الأول : وهو تكنولوجيا النانو الرطبة Wet Nanotechnology

وتختص بدراسة بيولوجيا الكائنات الحية مثل الإنزيمات والأغشية الحيوانية أو النباتية.

الثانى: هو تكنولوجيا النانو الجافة Dry Nanotechnology

وتعتبر الكيمياء الفيزيائية قاعدة لهذه التكنولوجيا التى تستخدم فى عمل تركيبات من الكربون ومواد غير عضوية أخرى. وثمة هدف آخر لتكنولوجيا النانو الجافة، إلا وهو تطوير تركيبات تكون لها خصائص التجميع الذاتى (التركيب الذاتى) لعمليات تكنولوجيا النانو الرطبة.

النوع الثالث: هو تكنولوجيا النانو الحسابية

التى تسمح بعمل تركيبات قياس نانو ذات قدرات حسابية.

وتكنولوجيا النانو هى تكنولوجيا جديدة لميكنة جزيئية توفر الانضباط اللازم لبناء الكتل الجزيئية وتؤمن تحركها وسيرها معاً لتكوين أشياء مركبة. ويؤدى التصنيع الجزيئى إلى ظهور أشياء جديدة عن طريق البناء من القاع إلى القمة، وذلك بالبدء من أصغر كتل البناء الممكنة.

وإحدى الطرق لفهم ما يمكن أن تعنيه تكنولوجيا النانو للحياة البشرية هو رسم بعض السيناريوهات. والسيناريو الجيد هو الذى يوصل إلى تجميع الاهتمامات المختلفة للعالم فى بؤرة واحدة مثل (التكنولوجيا، البيئة، ما يخص البشر، ...). وتستخدم المؤسسات والشركات الكبرى السيناريوهات فى استكشاف الدروب التى يمكن للمستقبل أن يسلكها. وينبغى النظر إلى

السيناريوهات ليس كتنبؤات، وإنما كأدوات للتفكير. ومن أهم هذه الدروب:

١- الطاقة الشمسية: تكنولوجيا النانو يمكن أن تجمع الخلايا الشمسية بكفاءة أعلى وتجعل تكاليف صنعها أقل.

٢- الرعاية الطبية: ابتكار أجهزة طبية حديثة.

٣- تطهير التربة.

٤- تطهير الجو.

٥- تصميم حواسب آلية فائقة القدرة يطلق عليها سوبر كمبيوتر، وذلك بأحجام صغيرة جداً.

٣-٣-١ عرض للحالة الراهنة والتطور المستقبلى (المرجعان 16, 17)

تتكون المادة من جزيئات. وكل شىء فينا ومن حولنا يتكون من المادة. فإذا تعلمنا كيف نرتب الجزيئات بطرق جديدة، يمكننا أن نعمل أشياء جديدة، وأن نعيد تشكيل الأشياء القديمة بالطرق الجديدة. وبذلك ستعتبر تكنولوجيا النانو قاعدة للتكنولوجيا الصناعية فى القرن الواحد والعشرين.

إن فكرة تكنولوجيا النانو تبدأ بفكرة المجمِّع الجزيئى "Molecular Assembler". وهو جهاز على هيئة ذراع روبوت صناعى مبنى على مقياس ميكروسكوبى. ويمكن لهذا المجمع الجزيئى أن يستخدم لبناء ماكينات جزيئيه أخرى، بل ويمكنه بناء مجمعات جزيئيه أخرى. ولهذه الأجزاء والماكينات الجزيئية الأخرى استخدامات متعددة فى نظم التصنيع الجزيئي، حيث يمكنها عمل أى شىء إذا أعطيت المواد الخام الصحيحة. وفى الواقع فأن المجمعات الجزيئية هذه تقوم بعمل الأيدى الميكروسكوبية.

وبعض العلماء العاملين فى مجال الجزيئات يواجهون حالياً مشكلة صعوبة تخيل أو تصور تكنولوجيا النانو. إنهم يحتاجون صوراً، وبخاصة الصور المتحركة. وقد قامت المؤسسة العلمية الوطنية الأمريكية U.S. National Science Foundation بإطلاق برنامج فى التصور العلمى مسخر فى السوبر كمبيوتر لمشكلة تصوير عالم الجزيئات.

وفى السنوات الأخيرة توصل الكيميائيون والبيوكيميائيون إلى الحصول على جزيئات جديدة يمكن أن تستخدم كأدوات مساعدة فى بناء جزيئات أخرى. وثمة تقدم آخر فى هذا المجال يأتى من تجديد الآلات والطرق الجديدة لاختيار الجزيئات وتعيين تركيباتهم وسلوكياتهم. وحالياً يأتى التقدم من أدوات المكونات المنطقية الحديثة(new software)، وكذا تقنيات من الحواسب الآلية الجديدة.

كما ساهم الفيزيائيون بتصميم أجهزة جديدة ذات موثوقية كبيرة فى مجال الهندسة الجزيئية. ولهذه الأجهزة مجسات (Proximal Probes) وتشمل ميكروسكوب الفحص الإختراقى الدقيق The Scanning Tunneling Microscope (STM) وميكروسكوب القوة الذرية The Atomic Force Microscope (AFM).

إن ميكروسكوب الفحص والإختراقى الدقيق (STM) عبارة عن ميكروسكوب قوى وفعال له إبرة معدنية رقيقة وصغيرة كمجس. ويمكن لهذه الإبرة المجس أن تتحرك ميكانيكياً فى ثلاثة أبعاد. وعندما يتحرك مجس الإبرة بالقرب من شىء (هدف) يستخدم فولت صغير وثابت، فإنه يسمح للإلكترونيات أن تخترق (tunnel) أو تقفز خلال الفجوة المتبقية. وتتكون الصور عن طريق عملية مسح للمجس على سطح الهدف. ويستخدم هذا الجهاز (STM) عادة لعمل

صور للذرات والجزيئات. ولكن بعض العلماء يسعون لاستخدامه لتحريك ذرات وجزيئات مفردة لبناء تركيبات جديدة.

ويعتبر ميكروسكوب الفحص الإختراقى الدقيق (STM) أداة هامة فى البحث والتطوير والتنمية فى تكنولوجيا النانو. ولقد اتخذت اليابان خطوات فى طريق تطوير وصقل هذا الجهاز. وحيث أن قدرة هذا الجهاز خاصة فقط باختبار المواد التى لها خاصية التوصيل الكهربى فإنه لا يصلح للمواد عديمة التوصيل الكهربى. والجهاز الذى له القدرة على ملأ هذا الفراغ هو جهاز ميكروسكوب القوة الذرية (AFM)، الذى لا يعتمد على فيض الإلكترونات، ولكنه يمس المادة المطلوب اختبارها. وتسمح هذه الميزة للعلماء باختبار المواد عديمة التوصيل الكهربى مثل البلاستيكات والسيراميك. ومع تزايد جهود صقل وتطوير هذه الأجهزة سوف يتمكن العلماء من المعالجة البارعة للجزيئات والذرات. وهذا ما حدث مع جون فوستر وجماعته العلمية فى IBM فى معملهم فى سان خوزى بكاليفورنيا حيث إستخدموا جهاز، (STM) لتثبيت (to pin) جزىء عضوى على سطح جرافيت وقاموا بتقطيع جزيئات فردية إلى شظايا صغيرة (small fragments). ولقد تنبهت شركة IBM سريعاً إلى الاستخدام التجارى لهذا العمل. وفى رأى مديرها التنفيذى بول هورن أن هذا يعنى خلق عنصر تخزين فى حجم الذرة. وهو ما يعنى إمكانية الوصول إلى قدرة تخزين أكثر كثافة عشرة ملايين مرة من أى شئ فى وقتنا الحاضر.

وقد تطورت لتكنولوجيا النانو كثيراً مع قيام الحكومات والصناعات فى العالم المتقدم بتوجيه البحوث إلى مجالات كثيرة فى تكنولوجيا النانو. ومن الشواهد على ذلك أن الحكومة اليابانية رصدت ٢٢٥ مليون دولار أمريكى لخطتها البحثية فى مجال تكنولوجيا النانو وذلك خلال السنوات العشر القادمة. وقد حدث التوحد بين الحكومة والصناعة الخاصة بسبب وصول التكنولوجيا

الحاضرة إلى حدودها القصوى. فالطرق المستخدمة حالياً لإنتاج العناصر الأصغر تصل إلى نهاياتها بسرعة. والتقنيات الحديثة تحل محلها بهدوء. وإذا استمرت كثافة شرائح ذاكرة التداول العشوائى DRAM فى التزايد بمعدل أربعة أضعاف كل أربع سنوات، من المحتمل بحلول عام ٢٠١٠ أن تنتج اليابان شرائح الـ جيجابايت gigabyte. وهذا سوف يدفع شرائح السليكون لنهايتها المحتومة. وتبعاً لما قاله شورجيرو أشاى Shorjro Asai من شركة هيتاشى فإن الخطوة التالية لزيادة قدرة ذاكرة الحاسب هى عمل ذاكرة ذرية بمساعدة جهاز STM. ونظرياً فإن سطحاً مساحته سنتيمتر مربع يحتوى على كوادرليون ذرة quadrillion atoms يمكن أن يخزن كل المعرفة البشرية المسجلة حتى الآن.

وفى الولايات المتحدة الأمريكية لم تلق البحوث فى تكنولوجيا النانو الاهتمام اللائق بها إلا حديثاً. وبالرغم من أن البحث كان يجرى فى القطاع الخاص، فلا الحكومة ولا المؤسسات التعليمية تشاركت معه فى العمل أو فى التسهيلات. والاستثناء الوحيد كان فى مؤسسة National Nanofabrication Facility (NNF) التى تأسست فى جامعة كورنيل والتى تملك ما يساوى ٤٠ مليون دولار أمريكى من المعدات والأجهزة الخاصة بمجالى تصنيع النانو والميكرو. لقد كانت هذه المؤسسة الوحيدة من نوعها التى شاركت بمعداتها وبياناتها البحثية مع المجتمع العلمى. وحالياً عندما ازداد فهم أهمية البحث فى تكنولوجيا النانو تبين أن المشاركة فى التسهيلات والبيانات هى الاختيار الأمثل، وذلك نظراً للسعر المرتفع للمعدات وكذا للصيانة. ولقد تحولت مؤسسة NNF الآن إلى Cornell Nanofabrication، وأنشئت شبكة عمل أكبر تتألف من مستخدمى الشبكة الوطنية لمعلومات تصنيع النانو National Nanofabrication Users Network (NNUN) التى تغطى استخدام هذه التسهيلات فى كل الولايات المتحدة.

ولقد أنشئت مؤسسات أخرى لتكنولجيا النانو أهمها Foresight Institute. وهو المعهد الرائد والقائد الذى يصدر النشرات والبحوث بصفة منتظمة، كما أنه يمنح جوائز سنوية للمتميزين الذين يساهمون فى مجال تكنولوجيا النانو.

ويجرى حالياً تشييد القاعدة التكنولوجية للبناء الجزيئى. فأجهزة المجسات يمكن أن يكون لها دور كبير فى بناء أول جيل من ماكينات النانو. وثمة أدوات أخرى ابتكرها البيوكيميائيون والبيو تكنولوجيون للتعامل مع الماكينات الجزيئية يمكن توجيهها لعمل ماكينات جزيئية جديدة.

ويمكن لإستراتيجيات بناء الكتل الجزيئية أن تعمل سوياً مع إستراتيجيات المجسات، أو يمكن أن تحل محلها قافزة مباشرة فى اتجاه تشييد عدد كبير من الماكينات الجزيئية. ومن المتوقع أن تلعب جزيئيات البروتين دوراً مركزياً فى هذا الاتجاه. فقد بدأ الكيميائيون المتخصصون فى دراسة البروتين بدراسة البروتينيات الموجودة فى الطبيعة. ولكنهم تحولوا منذ فترة لدراسة هندسة بروتينات يطلق عليها البروتينات الجديدة. ومثل الفيزيائيون فىIBM فقد تحرك مصممى البروتينيات برؤية هندسة الجزيئات. وقد توقع بيل ديجرادو Bill Degrado (1989) عمل جزئيات محفزة أو جزئيات أشباه الإنزيمات (enzymlike) تكون لها القدرة على تحفيز التفاعلات التى لاتحفز فى الطبيعة (not catalyzed in nature). وهذه المحفزات ليست إلا ماكينات جزيئية تسِّرع (speed up) التفاعلات الكيميائية لحوالى مليون تفاعل فى الثانية، مما سيؤدى بالقطع إلى وفر كبير فى تكاليف الصناعات الكيميائية. وقد تحقق هذا التوقع بالفعل بعد أشهر قليلة عندما أعلن باحثو جامعة دينفر Denver عن الأنزيم الجديد الذى قامو بتصميمه كمحفز يضاعف سرعة بعض التفاعلات مائة ألف مرة. ويعتقد البيوكيميائى الفائز بجائزة نوبل بروس ميريفيليد Bruce Merrifield

أنه إذا تمكن آخرون من الإنتاج والتركيز على مثل هذا العمل، فإن ذلك سيكون واحدا من أعظم الإنجازات فى البيولوجيا أو الكيمياء.

منذ عدة سنوات بدأ الباحثون فى جامعة Brobdingnag العمل لإنشاء معالج يدوى جزيئى molecular manipulator. وللوصول إلى هذا الهدف تجمع فريق من الفيزيائيين والكيميائيين والباحثين فى مجال البروتينات وبدأوا العمل الجماعى المبتكر المطلوب لحل المشاكل الأساسية. فهناك ثلاثة منتجات ذات أهمية خاصة ولها الأولوية فى الإنتاج. الأول هو الإلكترونات الجزيئية والتى تُوصل إلى كيفية بناء الأجزاء المطلوبة للحواسب الإلكتروجزيئية. والمنتج الثانى هو قارىء الجينات. وهو جهاز جزيئى مركب مبنى على سطح شريحة (chip). وقد جمع البيولوجيون الذين بنوا هذا القارئ البروتينات من الخلايا بواسطة ماكينات جزيئية خاصة. وكانت النتيجة منظومة جزيئية تربط جزيئات الحامض النووى DNA. وتسحبها إلى شريط قارئ read – head – like tape خلال مسجل. أما المنتج الثالث، وهو الأكثر أهمية على المدى البعيد، فإنه يتمثل فى إحلال رؤوس (tips) للمعالج اليدوى الجزيئى.

١-٢ التطور المستقبلى

التطور المستقبلى لتكنولجيا النانو يتركز فى إنتاج المجمعلت Assemblers. وهذه المجمعات ستكون لها أذرع روبوت دون ميكروسكوبية روبويتك submicroscopic robotic arms تخضع لسيطرة الحاسب الآلى. وبهذه الأذرع تتمكن المجمّعات من مناورة الذرات والمركبات بحيث نتمكن من معرفة الموقع المضبوط للتفاعلات الكيميائية. وقد قام العالم الأمريكى دريكسلر Erik Drexler بتصميم هذه الماكينات المتناهية الصغر على أسس علمية نظرية.

ويحتوى التصميم الملائم الذى توصل إليه دريكسلر للحواسب على قضبان منزلجة تتفاعل عندما تسد أو تفتح بعضها عند الأقفال. blocking or unblocking each other at "locks". وعمل دريكسلر يتلاقى من حيث هدفه مع الهدف النهائى للكيمياء التركيبية synthetic. ولكن فكر دريكسلر يتميز بعمل التركيبات المركبة باستخدام الأنظمة الميكانيكية بمقياس النانو nanoscale mechanical systems لتقود وضع الجزيئات بدقة حوالى 0.1 nm.

وبعد هذا العرض المختصر للحالة الراهنة والتطور المستقبلى فى مجال تكنولوجيا النانو نستطيع أن نقرر أن أياً من دول العالم الثالث لم يدخل هذا المجال، وأنه مقتصر حالياً على الولايات المتحدة الأمريكية التى بدأ فيها وعلى اليابان وبعض الدول الأوروبية المتقدمة مثل ألمانيا وفرنسا وروسيا. وقد أنشئت ببعض هذه الدول معاهد متخصصة فى تكنولوجيا النانو. ومن المتوقع أن تظهر نتائج الأعمال التى بدأت فى اليابان والولايات المتحدة عام ٢٠١٠.

٣-٣-٢ طب النانو Nanomedicine

إن أجسامنا مليئة بالتركيبات الجزيئية المعقدة والنشطة. وعندما تصاب هذه التركيبات بضرر فإن الصحة تعانى. ويمكن للطب الحديث أن يؤثر على أعمال الجسم بطرق متعددة. ولكن يظل هذا التأثير بسيطاً وغير تام من الوجهة النظرية الجزيئية.

ولفهم ما يمكن أن تفعله تكنولوجيا النانو للطب، نحتاج إلى صورة للجسم من المنظور الجزيئى. ويمكن النظر إلى الجسم البشرى كساحة عمل وموقع تشييد ومجال صراع للماكينات الجزيئية. فهذه الماكينات تعمل جبداً مستخدمة نظماً معقدة لم تستطع العلوم الطبية فهم الكثير منها.

وتحتوى الألياف العضلية على حزم من الألياف الجزيئية التى تقصر بإنزلاقها مع بعضها فى المعدة وما بداخلها. فالماكينات الجزيئية التى نطلق عليها الأنزيمات الهضمية تقوم بتحطيم الجزيئيات المركبة فى الأطعمة مكونة جزيئيات أصغر تستخدم كوقود أو ككتل بناء. والأجهزة الجزيئية فى جدار الجهاز الهضمى تحمل الجزيئيات المفيدة إلى مجرى الدم.

وفى الرئتين ثمة أجهزة تخزين جزيئية، هى التى نطلق عليها جزيئيات الهيموجلوبين. وهذه تمتص الأكسيجين. ويقوم القلب بضخ الدم المحمل بالوقود والأكسيجين إلى الخلايا بواسطة الألياف الجزيئية. وفى الدماغ، يدفع الوقود والأكسيجين المضخات الجزيئية التى تشحن خلايا العصب للعمل. وفى الكبد توجد الماكينات الجزيئية التى تبنى وتحطم حشداً من الجزيئيات.

وفى عمليات النمو والتداوى والشفاء وتجديد الأنسجة يمكن النظر إلى الجسم كموقع تشييد. فالخلايا تأخذ مواد البناء من الدم. والميكنة الجزيئية مبرمجة بواسطة جينات الخلايا كى تستخدم هذه المواد لبناء تركيبات بيولوجية تحفظ العظام والكولاجين، ولبناء الخلايا الجديدة لتجديد الجلد ولشفاء الجروح.

وعندما يهاجم الجسم من الخارج فإنه يتحول إلى ساحة قتال حيث يكون للمعتدين اليد العليا. وهذا الهجوم يتمثل فى الطفيليات والحيوانات وحيدة الخلية والفطريات والبكتريا والفيروسات. وقد تعلمت كائنات حية من أنواع كثيرة كيف تعيش باختراق الجسم واستخدام الميكنة الجزيئية لبناء أعداد أكثر منها. ولمواجهة هذا الهجوم فإن الجسم يجند دفاعات جهاز المناعة بحشد قوة عظيمة من ماكيناتها الجزيئية.

٦-١-٣ تكنولوجيا النانو فى الطب

ستؤدى التطورات فى تكنولوجيا النانو إلى تحسن الأجهزة الطبية الحساسة medical sensors. وعلى المدى البعيد فإن تطبيق تكنولوجيا النانو فى الطب سوف يعنى امتداد العمل الجراحى للمستوى الجزيئى. وأبسط التطبيقات سوف تتمثل فى تكوين مساعدات لنظام المناعة الذى يهاجم الغزاه خارج الأغشية. أما التطبيقات الأصعب فإنها تتطلب ماكينات نانو طبية تقلد خلايا الدم البيضاء بالدخول للأغشية لتتفاعل مع خلاياها. وثمة تطبيقات أخرى تتضمن تعقيدات الجراحة على المستوى الجزيئى للخلايا الفردية.

وأحد المسالك لطب النانو سوف يتمثل فى الاستفادة من الأجهزة الميكروسبية المتحركة devices microscpic mobile المصممة باستخدام معدات التصنيع الجزيئى. وسوف يبدأ التطور بالتطبيقات الأسهل. وعلى ذلك دعنا نبدأ بالنظر لما يمكن أن يحدث بدون الدخول إلى الأغشية الحية. إن جلد الإنسان يمثل أكبر مساحة من أعضائه لذلك فهو معرض لأضرار كثيرة. كما أن وضعه خارج الجسم يجعله أسهل فى التعامل. ويمكن أن تكون المنتجات التجميلية cosmetics من بين التطبيقات المبكرة للتصنيع الجزيئى. ولكن من المفيد أن نفكر فى إتجاه ماكينات النانو الطبية التى تمثل غواصات صغيرة، كل واحدة منها تحمل حاسب نانو nanocomputer له قاعدة بيانات ضخمة (a billion bytes)، كما تحمل مجموعة كاملة من المعدات لتعريف الأسطح البيولوجية، وأدوات التغلب على الفيروسات والبكتريا وغيرها. إن خلايا المناعة تتحرك مع مجرى الدم فاحصة الأسطح لتهاجم وتزيل ما يمكن أن يصادفها. وتقوم "ماكينات المناعة" بنفس العمل بما لديها من حساسات sensors وحواسب تجعلها قادرة على أداء التفاعل لنفس العمل الجزيئى الذى يقوم به جهاز المناعة ولكن بكفاءة أعلى. وقبل إرسالها إلى الجسم يمكن برمجتها بمنظومة من الخصائص التى

تجعلها تميز أهدافها بوضوح عما سواها. ويمكن تصميم ماكينات المناعة للاستخدام مع مجرى الدم أو الجهاز الهضمى، كما يمكنها أن تعوم وتنتشر – تماماً كما تفعل المضادات الحيوية.

كيف يمكن لهذه الأجهزة أن تعرف متى يحين الوقت للمغادرة ؟ إذا كان الطبيب المعالج متأكداً من أن الواجب المنوط بالجهاز سوف ينتهى فى خلال يوم واحد، فى هذه الحالة يكون الجهاز مصمماً بحيث ينتهى مفعوله بعد ٢٤ ساعة. أما إذا كان الزمن المطلوب للعلاج متغيراً فإن الطبيب المعالج يمكن أن يضبط وينظم تطور وإيقاف العمل عند الزمن المناسب بإرسال جزئ معين كإشارة لإيقاف العمل. فى هذه الحالة عندما تفقد الأجهزة نشاطها سوف تخرج من الجسم مع الإفرازات الأخرى.

وفى أغلب أجزاء الجسم تمر الأوعية الدموية الدقيقة والشعيرات الدموية بخلايا دقيقة. وتترك بعض خلايا الدم البيضاء هذه الأوعية لتتحرك بين الخلايا المجاورة. ومن الماكينات المناعة والأجهزة المشابهة أن تعمل على هذا النحو. وفى بعض الأغشية قد يكون ذلك سهلاً، وفى بعضها الآخر قد يكون الأمر أصعب. ولكن بالتصميم الدقيق والاختبار يمكن أن تصبح أى نقطة فى الجسم قابلة للإصلاح والشفاء.

إن محاربة الكائنات الحية فى مجرى الدم بتكنولوجيا النانو سوف تمثل تقدماً عظيماً يقضى على هذه الكائنات ويوقف تقدمها. ومن المتوقع أن تكون ماكينات النانو الطبية الطوافة قادرة على اصطياد الغزاة فى الجسم والفتك بهم.

تكنولوجيا النانو فى العالم الثالث

هناك سؤال يطرح نفسه وهو: "هل يمكن لتكنولوجيا متطورة مثل تكنولوجيا النانو تقوم على الميكنة الجزيئية أن تكون ذات فائدة للعالم الثالث؟".

والإجابة يجب أن تكون: نعم فالعالم الثالث عنده نقص فى المعدات والمهارات (إضافة إلى المشاكل الحكومية، ولكن هذه قصة أخرى). والتصنيع الجزيئى يمكن أن يجعل المعدات قليلة التكاليف إلى حد ما بحيث تكون أسعارها فى متناول الفقراء لشرائها أو لوكالات المعونة لتوزيعها. كما أنه يمكن أن يساعد الدول الفقيرة على تفادى الطرق الصعبة وغير النظيفة فى الثورة الصناعية. إذ يمكنها أن تعمل المنتجات الأقل تكلفة والأسهل فى الاستخدام. كما أن منتجات مثل الحواسب الضخمة والرخيصة الثمن ذات القدرة على حمل قواعد ضخمة تشمل النصوص والرسوم المتحركة فى ثلاثة أبعاد ستساعد بلا شك فى ازدياد وانتشار المعرفة.

وبالطبع فإن دور تكنولوجيا النانو فى مساعدة الشعوب الفقيرة لم يخطر على بال المبتكرين الأوائل. فالمبتكرون والمبدعون فى المعامل الحكومية والمعامل التجارية فى الدول الغنية يهتمون بالمشاكل الخاصة بهذه الدول.

٣-٣-٣ دراسة قسم التكنولوجيا العالمية (WTEC) والتحديات

تم القيام بدراسة على المستوى العالمى حول حالة البحث والتنمية والاتجاهات للجسيمات النانومترية والمواد ذات التركيب النانومترى وأجهزة النانو (أو أكثر دقة علم وتكنولوجيا التركيب النانومترى) خلال الفترة من 1996 حتى 1998 بواسطة مجموعة من ثمانية أشخاص تحت رعاية قسم التكنولوجيا العالمية (WTEC) فى كلية لويولا (Loyola College) بولاية ميريلاند بالولايات المتحدة الأمريكية. وبرعاية وقيادة المؤسسة الوطنية للعلوم (National Science Foundation)، قامت مجموعة كبيرة من الوكالات الحكومية الأمريكية بتمويل هذه الدراسة: مكتب القوة الجوية للبحث العلمى، مكتب البحث البحرى، قسم التجارة " شاملاً المعهد الوطنى للمعايرة والتكنولوجيا وإدارة التكنولوجيا"، معهد

الطاقة، المعاهد الوطنية للصحة وإدارة الطيران الوطنى والفضاء. ويتضح من المشاركة الواسعة. لهذه الوكالات الاهتمام العريض بهذا المجال الجديد الواعد والنتائج المرتقبة منه. وقد كان الغرض من هذه الدراسة هو الوقوف على الحالة الراهنة والاتجاهات المستقبلية العالمية فى البحث والتنمية فى هذا المجال المتنامى بسرعة. ولهذه الدراسة أربعة أهداف تفصيلية نوجزها فيما يلى:

- تزويد المجتمع العلمى والهندسى العالمى بنظرة عريضة وشاملة عن هذا المجال.
- تحديد النطاقات ذات الثقة للبحوث المستقبلية والتنمية التجارية.
- المساعدة فى تحفيز تنمية مجتمع عالمى من الباحثين فى مجال التركيب النانو مترى.
- تشجيع وتحديد الفرص الممكنة للتعاون الدولى.

نتائج الدراسة

هناك نتيجتان ظاهرتان من هذه الدراسة بقسم التكنولوجيا العالمية:

أولاً : من الواضح الآن توافر القدرة على التركيب النانومترى للمواد من أجل الوصول إلى سلوكيات جديدة لهذه المواد. وهذا هو الموضوع الأساسى لهذا المجال: مواد لها طريقة جديدة تعمل بها من خلال تركيب نانو. وهى تمثل البداية لعصر ثورى جديد فى المقدرة على معالجة المواد من أجل خير البشرية. وبتصنيع وضبط وتنظيم المواد فى أبعاد نانومترية يمكن الوصول إلى خواص مواد جديدة وخصائص أجهزة بطرق غير مسبوقة. والعمل ينتشر بسرعة عالمياً لاستغلال الفرص المتاحة من خلال التركيب النانومترى. ففى كل عام يزداد عدد البحاث من تنوعات واسعة من التخصصات الذين يدخلون هذا المجال. وكل عام أيضاً تزداد الأفكار

الجديدة وتدوى الفرص الجديدة المثيرة على المشهد العالمى للتركيب النانومترى.

ثانياً : هناك مدى واسع من التخصصات التى تسهم فى تنمية علم وتكنولوجيا التركيب النانومترى على المستوى العالمى. إن التزايد السريع للتداخل بين التخصصات فى مجال التركيب النانو مترى مثير جداً، وتتزايد أهميته باستمرار. ففى مناطق التقاطع بين التخصصات المختلفة يكمن أغلب النشاط الجديد الواعد.

إن مجال علم وتكنولوجيا التركيب النانومترى قد نما بسرعة فى السنوات القليلة الماضية حيث تحقق خلق مواد وأجهزة جديدة ذات مقياس نانومترى يمكن لها أن تكون ذات خواص جديدة ومحسنة. حقاً لقد كانت مظاهر كثيرة فى هذا المجال موجودة قبل أن يصبح علم وتكنولوجيا التركيب النانومترى كياناً محدداً فى العقد الماضى. لكنه أصبح الآن مجالاً مترابطاً من خلال السعى لحشد ثلاثة تيارات تكنولوجية مهمة:

- ضبط جديد ومحسن لحجم ومعالجة بناء كتل ذات مقياس نانو.
- توصيف جديد محسن للمواد ذات المقياس النانو (الانحلال المكانى، الحساسية الكيميائية).
- فهم جديد ومحسن للعلاقات بين التركيب النانو والخواص وكيفية هندستها.

ولذلك فإن نطاقاً واسعاً من الفرص الجديدة للبحث والتطبيقات فى مجال تكنولوجيا النانو أصبح متاحاً. ويتضح ذلك من النظر فى جدول (٤٠) الذى يقدم يوضح بعض الأمثلة للأثر التكنولوجى – الحاضر والمحتمل لهذه التكنولوجيا.

إن موارد ضخمة قد أنفقت على المستوى العالمى على البحث والتنمية والتطوير بهدف تحقيق هذه التيارات التكنولوجية. فالتمويل الحكومى اقترب من نصف بليون دولار أمريكى سنوياً فى العام المالى 1997: 128 مليون دولار فى غرب أوروبا، 120 مليون دولار فى اليابان، ١١٦ مليون فى الولايات المتحدة الأمريكية، و ٧٠ مليون لمجموعة من الدول مثل الصين وكندا وأستراليا وكوريا الجنوبية وتايوان وسنغافورة ودول الإتحاد السوفيتى السابق (مرجع46).

ويحتوى جدول (٤١) على مقارنة عامة للمستوى الحالى للأنشطة لكل من أوروبا واليابان والولايات المتحدة الأمريكية فى مجالات متعددة من دراسة قسم التكنولوجيا العالمية. هذه المجالات العريضة هى التكوين، تركيب أجزاء الآلة، الأساليب البيولوجية والتطبيقات، التشتت والطلاء، مواد مساحة السطح الأعلى، أجهزة نانو، ومواد مدمجة. كل هذه المجالات يحتويها علم وتكنولوجيا التركيب النانو.

فى مجال التكوين وتركيب أجزاء الآلة تبدو الولايات المتحدة فى المقدمة تليها أوروبا ثم اليابان. وفى مجال الأساليب البيولوجية والتطبيقات يبدو التكافؤ بين الولايات المتحدة وأوروبا وبعدهما تأتى اليابان. وفى مجال التشتتات النانومترية والطلاءات مرة أخرى الولايات المتحدة وأوروبا على مستوى متماثل، وبعدهما اليابان. أما فى مواد مساحة السطح الأعلى تأتى الولايات المتحدة فى المقدمة تليها أوروبا ثم اليابان. وفى مجال أجهزة النانو تبدو اليابان فى موقع القيادة تليها أوروبا والولايات المتحدة الأمريكية. وأخيراً فى مجال المواد المدمجة فإن اليابان أيضاً فى موقع القيادة تليها الولايات المتحدة وأوروبا.

وهذه المقارنات هى بالطبع تكاملات على نطاقات واسعة لمجال ضخم. وعلى ذلك فسوف ينعكس عليها كل الأخطاء المحتومة لمثل هذا التكامل. وفى أحسن الأحوال فهى تمثل لقطة للوضع الحالى ولكن الصورة غير كاملة على نحو لا يمكن إنكاره (مرجع 46).

التحديات

نحن الآن على أعتاب ثورة فى الأساليب والطرق التى من خلالها تخلق المواد والنواتج. كيف سوف تنمى هذه الثورة ؟ كيف سوف تكون عظمة الفرص التى يمكن أن تمنحها التركيبة النانومترية؟ وكيف نتقدم بسرعة؟ كل هذا سوف يعتمد على الطرق التى سوف تقابل بها من التحديات. ومن بين التحديات التى تواجهنا تلك التى تختص بتوفير الظروف الضرورية لتمكين هذه التكنولوجيات وتأمين استمرارية التقدم السريع فيها. يجب أن نزيد قدرات التوصيف فى التصور والتحليل الكيميائى عند مقاييس الحجم الدقيق مهما كان. ويجب أن تكون لدينا القدرة على معالجة المادة مهما كانت المقاييس الحجمية لها دقيقة جداً. وأخيراً يجب أن تستخدم أساليب حسابية لتوجيه وإدارة كل تلك التحديات إذا كنا حقيقة نريد الوصول للفائدة الكاملة للفرص المتاحة. فالتجربة المعملية ببساطة لا تستطيع أن تفعل ذلك بمفردها. إن النظرية والنمذجة عنصران أساسيان ومتكاملان. ولحسن الحظ، فإن هذا المجال الذى فيه أحجام كتل البناء وأجزاء الآلات صغيرة جداً بدرجة كافية، استغل القدرات المتزايدة لعلوم الحسابات فى عمل تجارب نمذجة جادة ومضبوطة كى تقود العمل فى التركيبة النانومترية للمادة. وعليه فإن نمذجة المقاييس المتعددة للتركيبة النانومترية وخواص المواد الناتجة خلال سلسلة من مقاييس الطول (من الذرية إلى الميزوسكوبية للماكروسكوبية) هو ضرورة مطلقة لتحقيق العائد الضخم لعلم وتكنولوجيا التركيب النانومترى.

زد على ذلك أننا نحتاج لأن نفهم القواعد الحرجة التى تلعبها السطوح والسطوح البينية فى المواد ذات التركيب النانو مترى. فالجسيمات النانو لها مساحات سطح محددة ودقيقة. وفى أشكالها الآلية هناك مساحات كبيرة من السطوح البينية. أننا نحتاج أن نعرف بالتفصيل ليس فقط التركيبات الخاصة بهذه السطوح البينية ولكن أيضاً كيميائيتها المحلية وتأثيرات العزل والتفاعل بين كتل

البناء ذات المقاييس النانومترية وما يحيط بها. نحن نحتاج أن نتعلم أكثر عن ضبط حجم التركيب النانومترى وحجم التوزيع والتكوين وأجزاء الآلة. وفى بعض التطبيقات، ثمة شروط صارمة جداً على هذه الأشياء. وفى تطبيقات أخرى فإن الشروط أقل صرامة. لذلك يجب علينا فهم العلاقات بين هذه الصرامة والمواد المطلوبة أو خواص الأجهزة.

جدول (٤٠): الأثر التكنولوجى ، الحالى والمحتمل ، لتكنولوجيا النانو

1. Technological Impact: Present and Potential

Technology	Present Impact	Potential Impact
Dispersions and Coatings	Thermal barriers Optical (visible and UV) barriers Imaging enhancement Ink-jet materials Coated abrasive slurries Information-recording layers	Targeted drug delivery/gene therapy Multifunctional nanocoatings
High Surface Area Materials	Molecular sieves Drug delivery Tailored catalysts Absorption/desorption materials	Molecule-specific sensors Large hydrocarbon or bacterial filters Energy storage Gratzel-type solar cells
Consolidated Materials	Low-loss soft magnetic materials High hardness, tough WC/Co cuttings tools Nanocomposite cements	Superplastic forming of ceramics Ultrahih-strength, tough structural materials Magnetic refrigerants Nanofilled polymer composites Ductile cements
Nanodevices	GMR read heads	Terabit memory and moeroprocessing Single molecule DNA sizing and sequencing Biomedical sensors Nanotubes for high brightenss displays
Additional Biological Aspects	Biocatalysis	Bioelectronics Bioinspired prostheses Single-molecule-sensitive biosensors Designer molecules

نحن نحتاج أيضاً أن نكون مهتمين بالاستقرار الحرارى والكيميائى والتركيبى للمواد المركبة نانومترياً والأجهزة المصنعة منهم فى مواجهة كلٍ من الحرارة والكيميائيات المتغيرة للبيئات التى يطلب فيها من هذه التركيبات النانومترية أن تعمل. فالتركيب النانومترى الذى يكون فقط تركيباً نانومترياً فى بداية العملية لا يكون ذا فائدة تذكر لأى إنسان إلا إذا انتهت العملية فى زمن قصير جداً أو أن العملية فى ذاتها هى الفائدة التركيبية النانومترية واقعياً. لذلك فإنه فى تطبيقات عدة يكون الاستقرار اعتباراً مهما - ويجب أن نستقصى عما إذا كان الاستقرار الطبيعى كافياً أو أنه يجب علينا، إضافة إلى ذلك، أن نوازن التغيرات التى لا نستطيع أن نتحملها.

جدول (٤١) : نظرة مقارنة لأنشطة بعض الدول المتقدمة فى مجال التركيب النانو مترى

Comparison of Activities in Nanostructure Science and Technology in Europe, Japan and The United States

	1	2	3
Synthesis & Assemply	U. S.	Europ	Japan
Biological Approaches & Applications	U. S./Eur	Japan	
Dispersion and Coatings	U. S./Eur	Japan	
High Surface Area Materials	U. S.	Europe	Japan
Nanodevices	Japan	Europe	
Consolidated Materials	Japan	U. S./Eur	
Level	Highest		

ولتتجير وتوحيد التركيبية النانومترية للمادة، فإننا نحتاج أيضاً تعزيزات فى عملية الضبط والتنظيم المدفوع إحصائياً. ومن الملاحظ أن قابلية التطبيق لمنتج مركب نانومترياً تتوقف على تكاليف المواد الخام والمواد التى تشكل منها مواد أخرى وكذا تكاليف العملية فى حد ذاتها. فالتكاليف الكلية المتكاملة للمواد الخام وتكوين كتل البناء وتصنيع الأجزاء من كتل البناء هذه، هى التى تحدد فى النهاية قابلية التتجير لأى مركب نانو مترى.

وأخيراً ولكى تتحقق الثمار الموعودة فى مجال علم وتكنولوجيا التركيب النانومترى، فمن الضرورى إيجاد طائفة جديدة من البحاث الذين باستطاعتهم العمل بمقتضى قواعد الانضباط المعتادة، على أن يفكروا فى الوقت نفسه بطريقة علمية ثورية وجريئة. فالتفكير بطرق غير مألوفة فى هذا المجال الثورى الجديد هو أول الطريق نحو جنى ثماره الضخمة.

٣-٤ الفمتو ثانية - للعلم والتكنولوجيا

فى تاريخ الحضارة البشرية كان قياس الزمن وتسجيل الأحداث واستمرارها فى عالمنا الطبيعى ضمن النشاطات المبكرة التى يجب تصنيفها كعلم. حتى القرن التاسع عشر كانت القدرة على التسجيل الزمنى للخطوات الفردية فى أى عملية محددة على مقياس زمنى تناسب الإدراك الحسى المباشر. والآن، مع النبضات شديدة القصر(Ultrashort pulses) لشعاع الليزر أصبح من الممكن ملاحظة التغيرات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية بقياس الفمتو ثانية - خمسة عشر مرة أسرع من دقة قلب الإنسان وتصل إلى مقياس حركة الذرة مكانياً وزمانياً. وتجميد الزمن على هذا النحو قاد إلى اختراعات فتحت الطريق إلى زيارات جديدة داخل العالم الميكروسكوبى.

٣-٤-١ نشأة كيمياء الفمتو

ماذا سوف يكون شكل مباراة كرة قدم مذاعة على التليفزيون بدون استخدام تكنيك الحركة البطيئة (Slow motion) التى تظهر حركات اللاعبين والكرة عند تسجيل هدف؟ إن التفاعلات الكيميائية تمثل حالة مشابهة. وقد دفعت لهفة الكيميائيين لأن يكونوا قادرين على متابعة التفاعلات الكيميائية لأدق وأعظم التفاصيل للوصول إلى تكنولوجيا متقدمة. لقد درس أحمد زويل الذرات والجزيئات فى حركة بطيئة (Slow motion) أثناء التفاعل ورأى ما يحدث عند تكسر الروابط الكيميائية ونشوء روابط أخرى جديدة.

ويستخدم تكنيك زويل ما يمكن وصفه بأسرع كاميرا فى العالم. فهذا التكنيك يستخدم ومضات ليزر ذات أمد قصير عند مقياس الزمن الذى يحدث عنده التفاعل فعلياً – الفمتو ثانية. والفمتو ثانية تساوى 15-10 ثانية – أى واحد على مليون بليون من الثانية. إن نسبة الفمتو ثانية إلى الثانية كنسبة الثانية إلى ٣٢ مليون سنة. ويطلق على هذا المجال من الكيمياء كيمياء الفمتو.

وتساعدنا كيمياء الفمتو على فهم لماذا تحدث أو لا تحدث تفاعلات كيميائية معينة. كما يمكننا أيضاً توضيح لماذا تعتمد سرعة التفاعل وحدوثه على درجة الحرارة. إن علماء العالم يدرسون العمليات بواسطة طيف الفمتو ثانية فى الغازات، وفى السوائل، والمواد الصلبة، وعلى السطوح (Surfaces)، وفى البوليمرات. وتمتد التطبيقات من دور الحفازات (Catalysts) وكيفية تصميم المكونات الإلكترونية الجزيئية إلى الميكانيزم الأكثر إرهافاً فى العمليات الحياتية وكيفية إنتاج أدوية المستقبل.

ماذا عن سرعة التفاعلات الكيميائية؟

إن التفاعلات الكيميائية يمكن أن تحدث كما نعلم عند سرعات متفاوتة. قارن مثلا بين مسمار يصيبه الصدأ وانفجار ديناميت!! ومن المعتاد فى غالبية التفاعلات أن سرعاتها تزيد مع ارتفاع درجة الحرارة، أى عندما تصبح حركة الجزيئات أكثر شدة.

لهذا السبب اعتقد البحاث لفترة طويلة أن الجزئ يحتاج أولاً أن ينشط إذا كان له أن يتفاعل. وعند تصادم جزيئين فعادة لا يحدث شيء أكثر من أن يرتدا بعيداً عن بعضهما. ولكن عندما تكون درجة الحرارة عالية بدرجة كافية فإن التصادم يكون شديداً وعنيفاً بحيث يتفاعل كل منهما مع الآخر وتتكون جزيئات جديدة. وطالما أعطينا الجزئى درجة حرارة قوية وكافية فإنه يتفاعل بسرعة غير معقولة حيث تتكسر الروابط الكيميائية وتتكون روابط أخرى. وهذا ينطبق أيضاً على التفاعلات التى تبدو بطيئة (صدأ مسمار). والفرق هو أن حدوث الدفعة الحرارية نادر فى التفاعل البطيء بالقياس إلى التفاعل السريع.

إن حاجز التفاعل يحدث بالقوى التى تجعل الذرات تتماسك مع بعضها البعض فى الجزئ (الروابط الكيميائية) – تقريباً مثل حاجز الجاذبية الذى يجب أن يتخطاه صاروخ موجه إلى القمر من على سطح الأرض قبل أن يقع فى مجال القوة للقمر. ولكن حتى وقت قريب لم نكن تعلم الكثير عن مسار الجزئى لأعلى فوق الحاجز، ولا عن شكل الجزئى عندما يصبح أعلى القمة أى "حالة انتقاله" (its transition state).

مائة عام من البحث

كان سفانتى أرهينيوس السويدى (Svante Arrhenius) الحائز على جائزة نوبل فى الكيمياء عام 1903 ــ متأثراً بفانت هوف (Vant't Hoff) أول حائز

على جائزة نوبل فى الكيمياء عام 1901 ــ هو أول من وضع (منذ حوالى مائة عام) صيغة بسيطة لسرعة التفاعل كدالة لدرجة الحرارة. ولكن هذه الصيغة تعالج جزيئات كثيرة مرة واحدة (منظومات ماكروسكوبية macroscopic systems) وأزمنة طويلة نسبياً. ولكن ما إن وصلنا إلى فترة الثلاثينات حتى صاغ كل من أيرنج H. Eyring، وبولانى M. Polanyi نظرية تأسست على تفاعلات لمنظومات ميكروسكوبية (microscopic systems) لجزيئات منفردة. والفرضية النظرية هنا هى أن حالة الانتقال (transition state) تم اجتيازها فى مقياس زمنى يطبق فى حالات الذبذبات الجزيئية. وعليه فإن إمكانية إجراء تجارب فى مثل هذه الأزمنة السحيقة لم يخطر على بال أحد، ولا حتى كحلم من الأحلام.

لكن هذا بالضبط ما قرر أحمد زويل أن يفعله. ففى نهاية الثمانينات أجرى سلسلة من التجارب قادت إلى ولادة مجال بحثى جديد أطلق عليه كيمياء الفمتو (femto chemistry). حيث استخدم كاميرا ذات سرعة عالية جداً لتصوير الجزيئات فى وضع التفاعل الكيميائى محاولاً اقتناص صور لها فى وضع حالة الانتقال. وقد تأسس ابتكار هذه الكاميرا على تكنولوجيا ليزر جديدة ذات ومضات ضوئية تقدر ببعض العشرات من الفمتو ثانية. والزمن الذى تستغرقه ذرة فى جزئى تقوم بذبذبة واحدة هو حوالى 10 إلى 100 فمتو ثانية (10-100 fs). وتتم التفاعلات الكيميائية بنفس مقياس الزمن كما لو أن تأرجح الذرات داخل الجزيئات يمكن أن يقارن باثنين من فنانى الترابيز يتأرجحان مع بعضهما للخلف وللأمام بنفس مقياس الزمن.

ماذا رأى الكيميائيون عندما تحسنت معالجتهم لمسألة الزمن باطراد؟ أول نجاح كان اكتشاف المواد التى تتشكل وتتكون من خلال الطريق من المادة الأصلية حتى الناتج النهائى – هذه المواد يطلق عليها المواد الوسيطة

(intermediates). وقد قاد كل تحسن فى مسألة الزمن إلى تفريعات جديدة فى سلسلة التفاعل ظهرت على شكل زيادة فى المواد الوسيطة ذات العمر القصير، والتى ساهمت فى فهم كيفية عمل ميكانيزم التفاعل.

والإسهام الذى قاده وقام به أحمد زويل يعنى أننا قد وصلنا إلى نهاية الطريق – حيث أنه لا توجد تفاعلات كيميائية تحدث أسرع من ذلك. فبواسطة طيف الفمتو ثانية يمكننا لأول مرة بالحركة البطيئة (slow motion) مراقبة ماذا يحدث عند عبور حاجز التفاعل، ومن ثم فهم الخلفية الميكيانيكية لصيغة أرهينيوس الخاصة باعتماد سرعة التفاعل على درجة الحرارة وأيضاً الصيغ التى نال عنها فانت هوف Van't Hoff جائزة نوبل.

كيمياء الفمتو عملياً

فى طيف الفمتو ثانية (femtosecond spectroscopy) تخلط المواد الأصلية كحزم من الجزيئات فى غرفة مفرغة من الهواء. بعد ذلك تدخل حزمة ليزر فائق السرعة نبضتان: أولاً نبضة مضخوخة بقوة (pump pluse) بحيث ترتطم بشدة بالجزئى وتنشطه إلى حالة طاقة عالية. ثم يلى ذلك نبضة جس (probe pluse) أضعف لها طول موجى تم اختياره ليكتشف الجزئى الأصلى أو شكل متغير منه. والنبضة المضخوخة هى إشارة البدء للتفاعل، بينما نبضة الجس تختبر ما يحدث. ومع تغيير الفترة الزمنية بين كلتى النبضتين، يمكن مشاهدة كيف يتحول الجزئى الأصلى بسرعة فائقة وملاحظة الأشكال الجديدة للجزئى عندما تنشط. وربما نمر بحالة انتقال أو أكثر من حالة لها أطياف. إن الفترة الزمنية بين النبضات يمكن أن تتغير ببساطة بجعل نبضة الجس تعمل انعطافا عن طريق مرايا. ففى انعطاف ليس طويلاً، يغطى الضوء مسافة مقدارها 0.03 مم فى 100 فمتو ثانية.

التجارب الأولى

فى تجاربه الأولى درس زويل انحـــلال الأيودوســيانيدICN› I + CN (iodocyanide). واستطاع فريقه البحثى مراقبة حالة انتقال عندما كانت رابطـة I-C على وشك أن تتكسر. وقد حدث التفاعل الكلى فى 200 فمتو ثانية (مرجعـى 26, 25).

وفى تجربة أخرى هامة درس زويل انفصال أيوديد الصوديوم Na : (Na I) Sodium iodide Na + I ›I. فلاحظ أن النبضـــة المضخوخـة تنشـط زوج الأيونات Na+I- التى لها مسافة اتزان مقدارها 2.8 أنجشتروم بين نواة الصوديوم ونواة اليود (الأنجشتروم = 10^{-8} سنتيمتر) إلى شكل منشط *[Na I] ذى رابطـة تساهمية (covalent bond). ويقصد بالرابطة التساهمية اتحـــاد ذرتيـن نتيجـة مساهمة كل منهما بإلكترون.

على أية حال خواص هذا الشكل تتغير عندما تتذبذب الجزيئـــات. فعندمـا تكون الأنوية (جمع نواة) عند نقاط التفافها الخارجية على بعد 15-10 أنجشـتروم يكـون التركيب الإلكترونى أيونيا، بينما يكون تساهميا عند المسافات القصـيرة. وعند نقطة معينة على دورة الذبذبة عندما تكون النواتين على بعد6.9 أنجشتروم، هناك احتمال كبير أن يرتد الجزىء إلى حالته الأرضية (ground state) أو ينحل إلى ذرتى صوديوم ويود.

وقد درس زويل أيضا التفاعل بين الهيدروجين وثانى أكسيد الكربـــون. إن هذا التفاعل يحدث فى الغلاف الجوى وفـى عمليات الإحتراق. ولقـد بيـن أن التفاعل يعبر حالة طويلة نسبيا للمركب الوسيط HOCO (حوالـــى 1000 فمتـو ثانية).

وهناك سؤال شغل الكثيرين من الكيميائيين وهو: لماذا تكون روابط كيميائية معينة أكثر تفاعلية عن غيرها؟ وماذا يحدث إذا كان هناك اثنان من الروابط المتكافئة فى جزئ واحد؟ هل سيتكسرا لحظياً، أو يتكسر واحد منهما عند زمن معين؟ وللإجابة عن هذه النوعية من الأسئلة، درس زويل وفريقه البحثى حالة تحلل التترافلور داى أيود إيثان tetrafluoriodethane ($C_2 I_2 F_4$) إلى تترافلور إثيلين ($C_2 F_4$) وذرتى أيودين 2I. ولقد اكتشفوا أن الرابطتين الاثنتين C-I بالرغم من تكافؤهما فى الجزئ الأصلى يتكسر واحد منهما عند زمن معين.

إن البحث يكون أكثر إمتاعاً عندما تكون النتائج غير متوقعة. وقد درس زويل التفاعل البسيط بين البنزين (وهو حلقة من ستة ذرات كربون $C_6 H_6$) واليود I_2 (وهو جزئ يحتوى على ذرتى يود) عندما يصبح الجزيئان مقتربان بشكل كاف من بعضهما يكونان مركباً(ComplEx) . إن ومضة الليزر تتسبب فى قذف إلكترون من جزئ البنزين إلى جزئ اليود الذى تصبح شحنته سالبة، فى هذه الحالة بينما جزئ البنزين الذى فقد إلكترون واحد تصبح شحنته موجبة. الشحنة السالبة والشحنة الموجبة تسبب انجذاب البنزين وأقرب ذرة يود إلى بعضهما بسرعة. الرابطة بين ذرتى اليود تمتط عندما تمتص إحداهما فى اتجاه البنزين – فى حين تنطلق الذرة الأخرى بعيداً. كل هذا يحدث فى خلال 750 فمتو ثانية. وقد وجد زويل أن هذه ليست الطريقة الوحيدة لإمكانية تكوين ذرات يود مفردة. إذ يرتد الإلكترون أحياناً إلى جزئ البنزين . ولكنه بالنسبة لذرات اليود يكون الأمر متأخراً جداً كما فى حالة رباط مطاطى مشدود، فهو بالقطع سوف ينقطع، وهكذا تنقطع الرابطة بين الذرتين ويبتعدان عن بعضهما.

البحث المدوى

إن أكثر نماذج التفاعل للدراسة فى الكيمياء العضوية هو الحلقة المفتوحة للسيكلوبيوتان التى تعطى أصيلين أو العكس فى اتحاد جزيئى إثيلين لتكوين

سيكلوبيوتان. والتفاعل يمكن أن يحدث مباشرة عن طريق حالة انتقال واحدة ذات حاجز نشط بسيط، أو يمكن له أن يتم خلال مرحلتى ميكانيزم بحيث تتكسر أولاً رابطة واحدة ويتكون تترامثيلين tetramethylene كمكون وسيط. وبعد عبور حاجز نشط آخر يتحول التترامثيلين إلى الناتج النهائى. وقد أوضح زويل وفريقه البحثى بواسطة طيف الفمتو ثانية أن الناتج الوسيط قد تكون فعلاً وله عمر زمنى مقداره 700 فمتو ثانية.

إن دراسات الفمتو ثانية التالية لأعمال زويل والتى تنجز فى أنحاء العالم تستخدم ليس فقط الحزم الجزيئية ولكن أيضاً العمليات على السطوح. على سبيل المثال: لفهم وتحسين المحفزات فى السوائل والمذيبات (لفهم ميكانيزم عدم الإذابة والتفاعلات بين المواد فى المحلول)، وفى البوليمرات (مثلاً لابتكار مادة جديدة لاستخدامها فى الإلكترونيات). وثمة مجال بحثى آخر مهم هو دراسات النظم البيولوجية. إن معرفة ميكانيزم التفاعلات الكيميائية مهمة لزيادة مقدرتنا على ضبط التفاعلات. إن تفاعلاً كيميائياً مرغوباً فيه غالباً ما يكون مصحوباً بسلسلة من التفاعلات المتنافسة غير المرغوب فيها. وهذه تؤدى إلى خليط من النواتج مما يستدعى عمليات متعددة للفصل والتنظيف (مراجع 27, 28, 29).

وقد غيرت كيمياء الفمتو نظرتنا للتفاعلات الكيميائية بشكل أساسى. فمن ظواهر شرحت مجازياً بإبهام مثل "التنشيط" و "حالة الانتقال" يمكننا الآن رؤية حركات الذرات المفردة كما نتخيلهما، وذلك بالرغم من أنها مازالت غير مرئية.

٣-٤-٢ تكنولوجيا الفمتو ثانية فى اليابان

يستعرض هذا الجزء التوقعات لتكنولوجيا الفمتو ثانية التى سوف تمدنا بتكنولوجيا صناعية مبتكرة جديدة قائمة على إلكترونيات فائقة السرعة

وضوئيات كمية تحدث فى المدى الزمنى للفمتو ثانية. وسوف نستعرض أيضاً موجزاً لمشروع تكنولوجيا الفمتو ثانية الذى ترعاه وزارة التجارة الدولية والصناعة فى اليابان (MITI).

مقدمة

تتأسس التغيرات الثورية فى العالم الصناعى غالباً على التطورات العلمية فى مجال معين والتى ربما تكون قد انبثقت عن بعض الأفكار العلمية البحتة. والاعتقاد السائد هو أن تكنولوجيا الفمتو ثانية سوف يكون لها دور مرموق لأنها سوف تمدنا بتكنولوجيا صناعية مبتكرة جديدة قائمة على إلكترونيات فائقة السرعة وبصريات كمية تحدث فى المدى الزمنى للفمتو ثانية.

وقد أصبح الاهتمام بالظاهرة فى هذا المدى الزمنى على نحو كامل اهتماما عالمياً. وليس من قبيل المبالغة القول أن تطور الحضارة فى القرن العشرين قد عول كثيراً على التقدم السريع فى تكنولوجيا الإلكترونيات. ولكن الاعتماد على امتداد واستمرار التكنولوجيا الحالية لا يكفى لمواجهة التعقيدات الاجتماعية وتحديات البيئة فى القرن الواحد والعشرين. إن الموارد الطبيعية للأرض محدودة. وللوصول إلى مجتمع بشرى أكثر تقدماً فى القرن الجديد يجب أن نتحول من "مجتمع مستهلك للطاقة" (energy Consuming Society) إلى أن "مجتمع صفرى الانبعاثات" (Zero emission society)، حيث يكون استهلاك الطاقة عند أدنى مستوى وحيث تكون التكنولوجيا المعلوماتية متوافرة بغزارة لدعم حياة البشر. فى المجتمع كثيف المعلومات القادم فإن مفهوم العملية المعلوماتية سوف يمتد من "علم قائم على الحاسب" تمثل فيه المعلومة بواسطة بيانات رمزية، إلى "علم قائم على المعلومة" حيث تستخدم البيانات الحقيقية مباشرة وليست فقط البيانات الرمزية.

مع حلول المجتمع كثيف المعلوماتية فإنه من المطلوب إنشاء أسس تكنولوجية جديدة. فى هذا الصدد، اقترح البعض مفهوماً لجيل جديد من الإلكترونيات – "إلكترونيات فائقة" (super electronics) تضع نموذج لتكنولوجيا جديدة قائمة على تكامل الإلكترونيات والفوتونيات. إن الإلكترونيات الفائقة سوف تكون الأساس لعلم المعلومات للمستقبل، وذلك بسبب كثافة معلومياتها الهائلة ومرونة مدخلاتها ومخرجاتها. فهى سوف تتعامل ليس فقط مع البيانات الرمزية، ولكن أيضاً مع البيانات العالمية الحقيقية الممثلة بصور فى بعدين أو ثلاثة أبعاد. ومن المعتقد أن تكنولوجيا الفمتو ثانية هى مقوم هام للإلكترونيات الفائقة حيث يمكن النظر إليها كمصدر لتكنولوجيا صناعية جديدة ومبتكرة قائمة على الإلكترونيات فائقة السرعة والبصريات الكمية التى تحدث فى المدى الزمنى للفمتو ثانية.

توقعات لتكنولوجيا الفمتو ثانية

لقد قادت وزارة التجارة والصناعة باليابان (MITI) مشروعاً بحثياً عن تكنولوجيا الفمتو ثانية فى السنة المالية (1993 - 1994)، وذلك لتوضيح الجدوى التكنولوجية للموضوع قبل أن تتعهده كمشروع بحث وتنمية. ولإجراء البحوث الأساسية المبدئية فى الفيزياء ومعالجة ظاهرة الفمتو ثانية، تم اختيار معملين وطنيين للقيام بها، وهما معمل الكهروتكنيك Electrotechnical (ETL) Laboratory والمعمل البحثى الوطنى لعلم القياس The National Research Laboratory of Metrology. ولقد نظمت حلقة دراسية دولية عن تكنولوجيا الفمتو ثانية سنوياً منذ عام 1994 فى مدينة تسوكوبا (Tsukuba) باليابان. وهناك نية لعمل منتدى لمناقشة الوضع الحالى والتوقعات المستقبلية لتطوير العلم وتكنولوجيا ظاهرة السرعة الفائقة.

سوف نلقى نظرة على الحالة الراهنة لهذه التكنولوجيات ونناقش موضوع البحث والتطوير لتكنولوجيا الفمتو ثانية التى سوف تكون بذرة الإلكترونيات الفائقة. إن تكنولوجيا الفمتو ثانية تحتوى على ثلاثة مجالات تكنولوجية رئيسية هى: تكنولوجيا ليزر الفمتو ثانية، وتكنولوجيا مواد الفمتو ثانية، وإلكترونيات الفمتو ثانية والإلكترونيات البصرية.

١- تكنولوجيا ليزر الفمتو ثانية

يستخدم ليزر الفمتو ثانية بصورة واسعة فى بحوث السرعة الفائقة لتجريب ظاهرة السرعة الفائقة فى المواد مثل مراقبة التحلل الزمنى للإستشعاع ودراسات اختبار الضخ للظواهر العابرة. والمطلوب للتفاعل الكيميائى هو أن نمد بنبضات ضوئية شديدة القصر موثوق بها من نطاق الأشعة دون الحمراء إلى نطاق الأشعة فوق البنفسجية. وفيما يلى أهم موضوعات بحوث تكنولوجيا الليزر والتطور فى المدى الزمنى للفمتو ثانية.

(أ) تولد النبضة أحادية الدورة Monocycle pulse generation

إن تولد النبضات أحادية الدورة فى المنطقة البصرية هو الهدف النهائى لتكنولوجيا الفمتو ثانية. والنبضة البصرية أحادية الدورة تغطى معظم الانتقالات الإلكترونية، لأن نبضة الفمتو ثانية تتكون من طيف عريض من الأطوال الموجية. ويمكن أن يكون من المفيد للطيف فائق السرعة أن يحلل الديناميكيات فائقة السرعة للإلكترونيات داخل المواد. والنبضة البصرية شديدة القصر يمكن أن تكون جاذبة كمصدر موجه ضوئية تتكون من أطوال موجية مختلفة (مرجع 30). كما أن النبضة البصرية يمكن أن تكون مصدراً ضوئياً بديلاً للاتصالات الضوئية المتوازية التى يستخدم فيها ديود ليزر كمصدر ضوئى ذى أطوال

موجية مختلفة. وثمة سمة مهمة للنبضة البصرية للفمتو ثانية وهى أنها ذات انحلال مكانى ميكرومترى. ولذلك فهى توجه للقياسات الفيزيائية فائقة السرعة مثل قياس أشكال جسم ثلاثى الأبعاد.

(ب) طول موجى جديد لمصدر نبضى فمتو ثانية

هناك الكثيرون الذين يتوقعون ظهور مصادر نبضية فمتو ثانية مولفة وموثوق بها عند أطوال موجية مختلفة. إن توليفة ليزرات الحالة الصلبة فمتو ثانية مع ديود الليزر المضخوخ سوف تكون أكثر مصادر النبض الضوئى شيوعاً فى المستقبل. وفيما يتعلق بليزرات الحالة الصلبة (solid-state lasers)، فإنها يمكن أن تغطى نطاقاً طيفياً واسعاً نظراً لتنوع مواد الليزر. وألياف الليزر هى أيضاً أحد المصادر الموثوق بها لتوليف نبض ضوئى فمتو ثانية. إن ديودات ليزر أشباه الموصلات هى أكبر مصدر ضوئى مولف. ومع ذلك فإنها لا تستطيع فى الوقت الحاضر تغطية نطاق طيفى واسع. ومن الصعب أيضاً الحصول على نبضة فمتو ثانية ذات جودة عالية بالنسبة لمصادر نبض أخرى لأن نبضات الفمتو ثانية من ليزرات أشباه الموصلات معدلة بشدة. كما أن نبض حزمة شعاع إكس فمتو ثانية هو أيضاً أداة موثوق فيها. فحزمة شعاع إكس المنبوضة تولد من خلال ما يطلق عليه تبعثر كومبتون (Compton Scattering) حزمة ليزر عالية السطوع مع حزمة إلكترونات نسبية.

(ج) تكنولوجيا ضبط وتنظيم نبض فمتو ثانية

إن تعديل نبض الفمتو ثانية ليس فقط مطلباً أساسياً لمنظومة ليزر الفمتو ثانية، ولكنه أيضاً يشترط قواعد تكنولوجية جديدة ويتطلب مفاهيم تصميم جديدة للأجهزة والدوائر فى الإلكترونيات الضوئية فائقة السرعة.

٢- تكنولوجيا مواد الفمتو ثانية

إن علم المواد والتكنولوجيا المتصلة بالمدى الزمنى للفمتو ثانية سوف يشكلان قاعدة عامة لتكنولوجيا الفمتو ثانية. إذ توجد إمكانيات لتحسين نوعية مواد الإلكترونيات والإلكترونيات الضوئية ولتطوير الفيزياء لأجهزة جديدة. كما أن تكامل علم الجزيئات والإلكترونيات سوف يخلق جيلاً جديداً من الإلكترونيات. وفى علم الجزيئات توجد ظواهر موثوق بها تحدث فى المنطقة الزمنية للفمتو ثانية سوف يكون من الممكن أن يستقصى عنها. وسوف يؤدى ضبط ظواهر السرعات الفائقة فى هذه المنطقة الصغيرة للوصول إلى إلكترونيات جديدة ــ على سبيل المثال أجهزة إلكترونية جديدة تستخدم منظومات إلكترون منخفض الأبعاد فى التركيبات الكمية، مثل الأسلاك الكمية والنقط الكمية (Quantum dots). وهذا سوف يؤدى إلى تحسين فى سرعة التحويل وإلى تكامل أجهزة الإلكترونيات. ومن المتوقع حدوث تطور مناظر فى علم الجزيئات، حيث منظومة الإلكترون مرشحة كوسيلة لنقل المعلومات. وقد كان هذا الهدف نصب أعين الكيميائيين لمدة طويلة (مرجع31).

وسوف يسهم تحليل الديناميكا الجزيئية فى تنمية تكنيك جديد لتركيب المواد. إن التقدم الحالى فى تكنولوجيا ضبط نبض السرعة الفائقة سوف يشترط فى النهاية الضبط التكنولوجى لعمليات أساسية فى مجال المواد مثل الحالة الإلكترونية والذبذبية والدورانية للجزئ. وهو ما سوف يؤدى بدوره إلى عمليات كيميائية مبتكرة (مرجع 32).

إن اكتشاف ظواهر سرعة فائقة جديدة فى الفيزياء والكيمياء لن يقتصر مردوده على العلوم الأساسية وحدها، ولكنه سوف يسهم أيضاً فى تنمية تكنولوجيا عمليات معالجة مواد جديدية لم يسبق إلى مثلها، وللخلق والإبداع فى جهاز فيزيائى جديد يستخدم للمدى الزمنى للسرعة الفائقة.

٣- إلكترونيات الفمتو ثانية والإلكترونيات البصرية

يجب أن تكون إلكترونيات أشباه الموصلات متوافقة ومنسجمة مع تكنولوجيا الإلكترونيات البصرية لكى نحقق وندرك ونفهم بوضوح الإلكترونيات البصرية للفمتو ثانية. وسوف يؤدى ذلك إلى تولد مفاهيم جديدة لأجهزة ونظم جديدة. وتتمثل فائدة وأفضلية مصدر نبضة أشباه الموصلات فى أن تكون منسجمة مع إلكترونيات أشباه الموصلات وأن تحقق التكامل بسهولة مع الأجهزة الإلكترونية. إن تكنولوجيا الإلكترونيات البصرية تجمع بين مقومات كل من الفوتونيات والإلكترونيات، وتهيئ المفاهيم لأجهزة جديدة لعمليات إشارات السرعة الفائقة. كما أن التحليل الديناميكى الإلكترونى والتفاعل الديناميكى بين الفوتونات والإلكترونيات فى مواد أشباه الموصلات سوف يرسى القواعد الجديدة لأجهزة إلكتروضوئية فائقة السرعة.

والحاجز الذى يقف أمام زيادة سرعة النظم الإلكترونية الآن هو أنه حتى لو تم تحسين سرعة التحويل للأجهزة الإلكترونية فإن التيار الإلكترونى لن يكون قادراً على حمل المعلومة بسرعة كافية بين الأجهزة. ومعنى هذا أن الإلكترونات غير مناسبة كحاملات إشارة عند ترددات فائقة العلو. ويبدو أن حل هذه الصعوبة سيتمثل فى إبدال الإلكترون بالفوتون كحامل للإشارة.

(١) الإلكترونيات فائقة السرعة

إن الهدف من إلكترونيات الفمتو ثانية هو توسيع وتمديد مفهوم الإلكترونيات التقليدية إلى المدى الزمنى للفمتو ثانية. ولكن مفهوم جهاز التيار المدفوع غير مؤثر فى منطقة التردد العالى. وعلى ذلك ستكون هناك قواعد ومبادئ جهاز جديد مؤسس على "إلكترونيات حالة-إلى-حالة" (state - to - state electronics).

والتأثيرات الكمية فى مواد أشباه الموصلات ذات أهمية كبيرة. وهناك سبيلان ممكنان لإلكترونيات السرعة الفائقة. أحدهما هو تمديد نطاق ذبذبة حامل الإشارة إلى ترددات تراهيرتز (Tera Hertz - THz)، والآخر هو تولد نبضة كهربية فائقة السرعة (Tera Hertz = 1012 Hertz). ويمكن إنتاج شعاع THz بتولد إشارة متوافقة. والنبضة الكمية هى ظاهرة موثوق بها للتولد المتوافق لحامل الإشارة. ويمكن توليد نبضة كهربية أدنى من البيكوثانية (sub-Picosecond) بواسطة إشعاع نبضة ضوئية فمتو ثانية ذات حيز صغير بين الأقطاب الكهربية. كما أن "الموصلية الفائقة" هى أيضاً سبيل آخر لتولد متوافق لتردد THz.

(ب) الإلكترونيات البصرية فائقة السرعة

من الأهداف البحثية المهمة لتكنولوجيا الإلكترونيات البصرية فائقة السوعة تطوير وتنمية تولد نبضة بصرية، وتكبير وتعديل وتحويل ومضاعفة إرسال الإشارات البصرية فى المدى الزمنى للفمتو ثانية؛ وهى تقوم أساساً على تكنولوجيا أشباه الموصلات. إن ديودات الليزر هى أجهزة الفتح لتولد إشارة فمتو ثانية فى تطبيقات الإلكترونيات البصرية. وأقصر نطاق نبضة يمكن توقعها هو حوالى 30 فمتو ثانية كما هو مستنتج من نطاق ذبذبة مواد أشباه الموصلات. كما أن تكنولوجيا ضبط النبضة كالتعديل والتحويل ومضاعفة إرسال الإشارات هى أيضاً من الأمور الأساسية، حيث يكون لظاهرة تفاعل "ضوء ــ ضوء" أو ظاهرة تفاعل الإلكترونيات البصرية دور مهم وأساسى. وفى هذا الصدد، يعتبر فهم ديناميكا إلكترون السرعة الفائقة فى المواد أمراً لا غنى عنه. كما تعد البصريات غير الخطية أيضاً مجالاً هاماً. وأخيراً، فإن تكنولوجيا ضبط نبضات ليزر الفمتو ثانية تعتبر أيضاً أساسية للإلكترونيات البصرية فائقة السرعة.

المشروع الوطنى اليابانى " تكنولوجيا الفمتو ثانية"

بدأت وزارة التجارة الدولية والصناعة باليابان (MITI) مشروعاً لتكنولوجيا الفمتو ثانية على مجال واسع فى عام 1995. وهذا المشروع هو أول مشـــروع بحث وتنمية فى العالم فى هذا المجال. وهو مصمم ومخطط للتمكين من ضبـــط ظاهرة السرعة الفائقة. وسوف يكون إسهامه ليس فقط فى مجـــال الاتصـــالات البعيدة فائقة السرعة والبنية الأساسية لعمليات المعلومات، ولكن أيضـــاً لإبـــداع تطبيقات صناعية متنوعة فـــى الليزرات والقيـــاس الفيزيـــائى وعلـــم المـــواد والتكنولوجيا.

ويتوقع أن يستمر المشروع لمدة عشر سنوات. والغرض منه عمـــل قفـــزة كبيرة فى علم وتكنولوجيا السرعة الفائقة، وذلك من خـــلال شـــرح وتوضيـــح الظاهرة الفيزيائية فى منطقة الفمتو ثانية. وينفذ المشروع على مرحلتين: مرحلة أولى (ست سنوات) ومرحلة ثانية (أربع سنوات)، وذلك على النحو التالى:

المرحلة الأولى: سوف تركز على البحث والتنمية للعناصر التكنولوجية المتنوعة فى تكنولوجيا النبضات فائقة السرعة للإلكترونيات البصرية، وفى تكنولوجيا القياسات التطبيقية للنبضات البصرية فائقة السرعة.

المرحلة الثانية: سوف تركز على تحسين وتطوير إضافى لهذه التكنولوجيات الأساسية وتطبيقها على تكنولوجيا التصنيع. وقد أنشئ فى عام ١٩٩٥اتحاد بحث تكنولوجيا الفمتو ثانية The Femtosecond Technology Research Association (FESTA). وهو منظمة بحثية للصناعات تعمل ككيان رئيسى لإقرار المشاريع (مرجع 33).

وتتعاون المعامل الوطنية (ETL), (NRLM), (FESTA) جميعها فى هذا المشروع. كما تشارك الجامعات أيضاً فى المشروع من خلال تعاقدات بحث مع FESTA. وفيما يلى عرض موجز لخطوات البحث وتنمية العمل فى المشروع:

١- البحث والتنمية لتكنولوجيا النبضات شديدة القصر للإلكترونيات البصرية

- تولد نبضة ضوئية فمتو ثانية وتكنولوجيا نقل من أجل عمل أجهزة تولد وتنقل نبضات ضوء فمتو ثانية. إن البحث والتنمية سوف يتقرران على أسس ومبادئ جهاز جديد لم يسبق له مثيل، ومواد جديدة أيضاً غير معروفة من قبل.
- ضبط نبضة ضوء فمتو ثانية وتكنولوجيا التوزيع: من أجل عمل أجهزة لضبط وتوزيع نبضات ضوء الفمتو ثانية، سيتم القيام بالبحث والتنمية على أسس جهاز جديد ومواد دالية مثل المواد الميزوسكوبية (mesoscopic). ويقصد بالمواد الميزسكوبية المواد الوسط بين الميكروسكوبية والماكروسكوبية.
- قاعدة تكنولوجيا النبضة شديدة القصر الأساسية للإلكترونيات البصرية: يتركز البحث والتنمية فى هذا الصدد على الآتى: العمليات التكنولوجية للتركيب فائق الدقة لأشباه الموصلات، أجهزة دالية ذات تركيبات وتكنولوجيا مواد جديدة، تكنولوجيا "بصريات - إلكترونيات" موحدة، وتكنولوجيا توصيف نبضة ضوء فائقة السرعة. وكل هذا لا غنى عنه لتحقيق أجهزة الإلكترونيات البصرية القادرة على العمل عند مستوى الفمتو ثانية.

٢-البحث والتنمية لتكنولوجيا القياس التطبيقية لنبضات ضوء شديدة القصر

- تولد نبض حزمة "إلكترون / ضوء" شديدة القصر وتكنولوجيا الضبط: وينصب البحث والتنمية على تكنولوجيا تولد نبضات ضوء فمتو ثانية عالية الاستقرار والضبط، ونبضات حزمة إلكترونات، وكذا تكنولوجيا قياس تطبيقية لنبضات شديدة القصر ضرورية لضبط هذه النبضات.
- تكنولوجيا تولد نبضة أشعة إكس عالية السطوع فمتو ثانية: وسوف يسعى البحث والتنمية إلى الوصول لتكنولوجيا تولد نبضات أشعة إكس عالية السطوع، وذلك عن طريق التفاعل بين نبضات ضوء فمتو ثانية ونبضات حزمة إلكترونات عالية الكثافة.

٣-٤-٣ النشاط البحثى لمشروع تكنولوجيا الفمتو ثانية

تزداد أنشطة البحث والتنمية لتكنولوجيا الفمتو ثانية فى اليابان عاماً بعد عام. تسهم ورشة العمل الدولية لتكنولوجيا الفمتو ثانية فى تعزيز التفاعل والشراكة بين العلماء والمهندسين ذوى الاهتمام العام باستكشاف هذه التكنولوجيا الجديدة. ولم يزل مشروع تكنولوجيا الفمتو ثانية على أول الطريق. ونقدم فيما يلى بعض أنشطته البحثية:

١- تكنولوجيا الليزر

إن الاتجاه فى تكنولوجيا ليزر الفمتو ثانية هو كيفية إدراك وتحقيق نبضة قصيرة، وكيفية توسيع منطقة الطول الموجى لمصادر النبضة، وكيفية عمل مصادر نبض مدمجة مولفة ودالية (مرجع 34).

٢- تولد نبضة كهربية شديدة القصر

تولدت النبضات الكهربية شديدة القصر من محول "موصل ضوء" "معدن – شبه موصل – معدن" a 'metal - Semiconductor - metal' (MSM) photo conductive switch. وقد تم تصنيع مستكشفات ضوئية (photodetectors) ذات سعة مقدارها 200 نانومتر عن طريق الأكسدة لغشاء رقيق من التيتانيوم (Ti) سمكه 4 نانومتر على مادة جاليوم أرسينيت شبه عازل، وذلك باستخدام ميكروسكوب المسح المجسى وتحريك الإبرة التى تم تحريفها سلبياً بالنسبة للعينة (مرجع 35).

٣- مغير ترددات موجات كهربية كهروضوئى فائق السرعة

لقد أظهر المحول البصرى المتماثل الذى يستخدم بصريات غير خطية كفوءة وميكانيزم تحويل جديد (لم يستخدم من قبل) قدرة تحويل دون البيكوثانية باستخدام موجهات موجة الجاليوم أرسينت (مرجع36). ويمكن أن يقع زمن التحويل فى المدى من 100 إلى 200 فمتو ثانية.

٤- تطبيق للقياس الفيزيائى

تم ابتكار طريقة جديدة للتصوير اللحظى ثلاثى الأبعاد تستخدم نبضات ضوء فمتو ثانية (مرجع37). وقد تم إظهار فعالية هذه الطريقة، كما تمت دراسة متطلبات تحسين الانحلال المكانى. وهذا التكنيك قادر على التصوير فى ثلاثة أبعاد لأحجام الأشياء المتحركة.

٣-٤-٤ بحوث الفمتو ثانية فى الجامعات والمؤسسات الأخرى

للجامعات اليابانية نشاط فى أقصى ما انتهى إليه العلم والبحث فى الإلكترونيات البصرية فائقة السرعة. فبين عامى1991، 1994 ضم مشروع

"الإلكترونيات البصرية فائقة السرعة وفائقة التوازى" الذى اشرف عليه أوكشى T-okoshi وسوتيا T-Sueta تحت رعاية وزارة التعليم حوالى أربعين أستاذاً (مرجع 38). وتدور إحدى الدراسات الحديثة ــ حسب التقرير الذى وضعه ياماشيتا Yamashita ومجموعته بجامعة هوكايدو Hokkaido ــ حول التنبؤ النظرى لتولد نبضة أحادية الدورة (mono-cycle pluse) (مرجع 39).

وقد عرض مياموتو Myamoto ومجموعته بجامعة طوكيو توليفة مصدر نبضة فمتو ثانية باستخدام اتحاد ليزر أشباه الموصلات وضاغطات سلسلة ألياف ضوئية (Soliton effect fiber-optics cascade compressors)، وذلك للوصول إلى نطاق نبضة مقدارها 65 فمتو ثانية (مرجع 40).

وتؤمن المواد منخفضة الأبعاد مثل الأسلاك الكمية والنقاط الكمية كثافة ثنائية القطب (dipole) أعلى على النطاق الطيفى. وعلى ذلك فهى محل ثقة لتطبيقات فائقة السرعة. وقد قام أراكاوا Arakawa ومجموعته فى جامعة طوكيو بتصنيع تركيبات نقاط أشباه موصلات كمية ودرسوا تفاعلها مع مجال إشعاعى فى مدى الفمتو ثانية (مرجع41).

وثمة نشاط بحثى كبير على نظم الاتصالات البعيدة المستقبلية تقوم به مؤسسة NTT ومؤسسة KDD. ومن أمثلته استعمال جميع المحولات الضوئية لمضاعفة إرسال تدفق البيانات فى بحث كاوانيشى Kawanishi ومجموعته (مرجع 42). وهو الآن المسجل العالمى لنظام تكبير مدى الزمن البصرى – Optical time domain amplification (OTDA). وقد قامت مجموعة ناكازاوا Nakazawa فى NTT باختبارات علمية لتقويم الجدوى من برنامجهم لإرسال النبضة فى فاصل بيانات محل ثقة (مرجع43). ويجرى أيضاً تنمية وتنشيط

الاستعمال المفيد للنبضات فائقة السرعة لقياس سرعات عالية جداً واختبار التكنولوجيات ذات الصلة.

وأنجزت مجموعة ناجا تسوما Nagatsuma فى NTT مجس مقاومة عالى كهروضوئى يدوى مع ضمان نطاق من الذبذبات مقداره عشرة جيجا هيرتز (10 G Hz) (مرجع 44). كما قام ستة من صناع آلات القياس بتكوين اتحاد بحثى يطلق عليه TERATEC، وذلك بدعم مالى من "مركز اليابان للتكنولوجيا الأساسية The Japan Key Technology Center. وأحد المنتجات الناجحة لهذا الاتحاد هو The Scanning Atomic Force Optoelectronic Microscopy (SFOEM) . الذى عمل بتحليل مقداره ٢,٥ بيكو ثانية مستخدماً محول موصل ضوئى فائق السرعة مدفوعاً من نبضات ليزر فمتو ثانية (مرجع45). ولا شك فى أن تأسيس تكنولوجيا قياس فائق السرعة يعبد الطريق نحو صناعة الفمتو ثانية.

مجالات تطبيق متوقعة لتكنولوجيا الفمتو ثانية

إن تأثير تكنولوجيا الفمتو ثانية سوف يمتد إلى مدى واسع من الصناعات التكنولوجية. وسوف تسهم تنمية تكنولوجيا شبكة العمل الضوئية فائقة السرعة فى تأسيس قاعدة تكنولوجية عامة لمجتمع المعلومات فى القرن الواحد والعشرين. كما أن تولد نبضات ضوئية فائقة السرعة سوف يكون مفيداً كوسيلة إمداد مصادر ضوء لشبكات عمل الإرسال. ومن المتوقع تنمية البرمجيات (Software) المتقدمة المؤسسة على عملية بناء إشارة فائقة السرعة ونظم عمليات.

وسوف نشهد ابتكارات فى الدوائر الإلكترونية من خلال تنمية مكونات إلكترونيات ضوئية فائقة السرعة. كما يتوقع أن يشهد علم المواد ابتكارات فى التكنولوجيا الأساسية لتقويم ومعالجة الذرات والجزيئات وعمليات المواد غير الحرارية وضبط "الدنا" DNA وخلق مواد جديدة.

وسوف تستحدث أدوات جديدة للفيزياء والكيمياء والبيولوجيا عن طريق التكنولوجيا الجديدة لقياس ظاهرة السرعة الفائقة. ومن المتوقع تنمية نظم تشخيص جديدة للعناية الطبية، وذلك باستخدام تكنولوجيا نبضة الفمتو ثانية والموجه الكهرومغناطيسية المؤسسة على تكنولوجيا الفمتو ثانية. كما يتوقع ظهور تكنولوجيا جديدة للاستشعار عن بعد.

٣-٤-٥ المعمل المتفوق لتكنولوجيا الفمتو ثانية (اليابان)

Femtosecond Technology Super Lab. (Japan)

تعمل بالمعمل المتفوق لتكنولوجيا الفمتو ثانية باليابان خمس مجموعات بحثية، بيانها كالتالى:

١- مجموعة بحوث الإلكترونيات البصرية الفمتو ثانية.

٢- مجموعة بحوث المواد الكهروبصرية الفمتو ثانية.

٣- مجموعة بحوث نبضة الإلكترونيات البصرية شديدة القصر.

٤- مجموعة بحوث تقويم نبضة ليزر شديدة القصر.

٥- مجموعة بحوث إلكترونيات سرعتها فائقة العلو.

وفيما يلى سوف نلقى الضوء على أهداف وأنشطة وبعض إنجازات كل مجموعة من هذه المجموعات الخمس.

١- بحوث على التكنولوجيات الأساسية لأجهزة الإلكترونيات البصرية الفمتو ثانية

الأهداف : تتم دراسة تفاعلات "ضوء – إلكترون" فائقة السرعة فى حامل النقل وظواهر أخرى قد تظهر فى أشباه الموصلات بغرض تأسيس تكنولوجيات أساسية لعمل أجهزة كهروبصرية فائقة السرعة الهدف منها توليد وإرسال وضبط وقياس نبضات بصرية فائقة السرعة.

الأنشطة : بدأت تنمية نظم فائقة السرعة لقياس حامل نقل فى أشباه الموصلات الهدف منها تطبيق هذه التنميات على أجهزة كهروبصرية فمتو ثانية.

الإنجازات : للمرة الأولى بدا للعيان بنجاح تدفق إلكترونى ثنائى الأبعاد فى بئر الكم وفى أسلاك من جاليوم / أرسينيت / ألومنيوم جاليوم أرسينيت فى زمن قدره 90 بيكوثانية ($Ps = 10^{-12}$ s). وقد تم تطوير نظام القياس بجمع نظام قياس إستشعاع ضوئى ميكرو مع مصراع كاميرا إلكترونى فائق السرعة.

٢- بحوث على الفيزياء الأساسية لمواد كهروبصرية فمتو ثانية

الأهداف : من أجل الحصول على أجهزة كهروبصرية فائقة السرعة ومبتكرة لنظم شبكات العمل المستقبلية فائقة السرعة ذات سعة اتصال واسعة كان من الضرورى شرح وتوضيح دقيق للفيزياء والكيمياء الميكروسكوبية فى ظاهرة السرعة الفائقة فى المواد والبحث عن طرق ضبطهماً وتنظيمهماً، علاوة على التحسين المستمر فى المواد القائمة. لذلك ففى مقرر تنمية التكنولوجيا الأساسية للمواد، تجرى إستقصاءات مكثفة فى ظاهرة السرعة الفائقة الجديدة المترافقة مع الإلكترونات والفوتونات على المقياس الزمنى فمتو ثانية، وذلك علاوة على تنمية

الأدوات الأساسية لمثل هذه التقويمات باستخدام مواد كهروبصرية ذات تركيبات ميزوسكوبية كنماذج أولية. ومن المتوقع من خلال تنمية مثل هذه الأجهزة ليس فقط الإسهام فى تنمية فيزياء جديدة ودوال لأجهزة كهروبصرية فائقة السرعة، ولكن أيضاً فتح الباب أمام فكرة جديدة للإلكترونيات، وهى ما يطلق عليه "إلكترونيات حالة – إلى- حالة" "State-to-state electronics" كبرنامج ممكن للإلكترونيات البصرية المستقبلية، حيث يكون الترابط وتنظيمه وضبطه هو مفتاح الفكرة.

الأنشطة : يسعى بحث الخواص الكهروبصرية للنموذج الأولى للمواد ذات التركيبات الميزوسكوبية إلى تنمية الأساس المعرفى المطلوب لفهم الأجهزة الجديدة للفيزياء وتكنيك الضبط والتنظيم المستخدم للفوتونات والإلكترونات على مقاييس زمن شديدة القصر. وفى هذا السبيل سوف يسهم الفريق البحثى فى تجسيم المعرفة المطلوبة للتكنولوجيا الصناعية المطلوبة للانتفاع بالمواد الكهروبصرية الجديدة فى تكنولوجيات أجهزة بصرية فائقة السرعة للمستقبل.

الإنجازات :

الاسترخاء المغزلى فائق السرعة فى أبيار – كم أشباه الموصلات المغناطيسية المخففة: وقد بدأ بحث أساسى على ظاهرة استرخاء مغزلى فى أبيار كم أشباه موصلات مغناطيسية مخففة متعددة التركيبات. وطورت تقنيات لتصنيع أبيار كم متعددة التركيبات وباستخدام أشباه موصلات مغناطيسية مخففة. وباستخدام هذه التركيبات، تم الحصول على حجم كبير من الأشياء الجديدة فى ظاهرة الاسترخاء فائق السرعة المتصل بالمغزليات وتفاعلات حامل الضوء

المهيج، وذلك بالإضافة إلى تنمية تقنيات قياس جديدة باستخدام نبضات ضوء مستقطبة دائرياً 200 فمتو ثانية تحت درجات حرارة منخفضة وشروط مجال مغناطيسى عالى. وقد تم البدء فى تصنيع تركيبات جديدة مثل النقاط (dots) وتركيبات بئر دلتا. والغرض النهائى من هذه الأنشطة هو ابتكار أجهزة غزل كهروبصرية فائقة السرعة ذات دوال جديدة.

مراقبة التركيبات الميزوسكوبية عن طريق ميكروسكوب مسح المجال القريب:

وهى إحدى الطرق الرئيسية لاكتشاف وتقويم خواص السرعة الفائقة للمواد الميزوسكوبية التى تحتوى ليس فقط الجزئيات الدالية والبوليمرات ولكن عناقيدها والأسلاك والنقاط الكمية. فقد تم البدأ فى تنمية أساسيات ميكروسكوب مسح المجال القريب "فمتو ثانية" Scanning near-field Optical microscope (SNOM). وجارى حالياً صياغة تكنيك تصنيع رءوس الميكروسكوب، مع السعى إلى توسيع منطقة مراقبة الطول الموجى ومنطقة درجة الحرارة، وبالأخص نحو درجات الحرارة المنخفضة واكتشاف تكنيك نبضات ضوء شديدة القصر شديدة الضعف.

قياس انتشار استقطاب الفوتون بواسطة طريقة تشتت رامان لنبضة محتثة :

تمثل خواص انتشار الإشارات مواضيع جادة تحتاج لأن تختبر بعمق أكبر لأجهزة السرعة الفائقة المستقبلية. لذلك تقرر استقصاء هذا الموضوع أولاً. وأظهرت المجموعة البحثية بوضوح ونجاح تولد وانتشار إشعاع تراهيرتز (THz) يطلق عليه "phonon-poloritons" فى بللورات مثل ليثيوم تانتاتوم أوكسيد باستخدام طريقة الحاجز المشبك العابر (transient grating) بأذرع نبضة ضوء غير متماثلة حوالى ١٠٠ فمتو ثانية. وبهذا الخصوص فقد تم البدء فى

دراسات أساسية لطرق جديدة ومباشرة لتقويم استجابة العازل الكهربى للمواد فى منطقة تراهيرتز.

٣- بحوث على تكنولوجيا تقويم للإلكترونيات البصرية فائقة السرعة

الأهداف :الهدف من البحث هو تنمية تكنولوجيا أساسية لتقويم خصائص الأجهزة فائقة السرعة مثل ليزرات الفمتو ثانية، وأجهزة كهروبصرية فائقة السرعة ومبتكرة وما إليها من الأجهزة. ومن المأمول أن يسهم ذلك فى تأسيس تكنولوجيا إلكترونيات بصرية فائقة السرعة مثل تولد نبضة شديدة القصر، وضبط وتنظيم إشارة ذات سرعة فائقة العلو، وعمليات مماثلة فى مدى زمن الفمتوثانية.

الأنشطة والإنجازات :

- **دراسات عن أجهزة كهروبصرية فائقة السرعة باستخدام أبيار كم مزدوجة وأسلاك كم:** الهدف هو القيام بتنمية أجهزة فائقة السرعة عن طريق ضبط وتنظيم الحالات الإلكترونية فى أبيار وأسلاك كم مزدوجة. كما لوحظت خصائص ترابط إزدواجى لأسلاك الكم المزدوجة المصنعة بواسطة (MOCVD). وأيضاً لوحظت بنجاح ترددات كمية فائقة السرعة فى تركيبات أبيار الكم المزدوجة عن طريق تكنيك ضبط وتنظيم التهييج باستخدام نبضات شديدة القصر.
- **تنمية أجهزة كهروبصرية ذات سرعة فائقة العلو:** تم الاستقصاء عن أجهزة كهروبصرية ذات سرعة فائقة العلو لنظم اتصال ضوئية فائقة الاتساع أو نظم عينات كهروبصرية. وتعتبر ليزرات أشباه الموصلات مغلقة الشكل mode-locked semiconductor lasers مصادر ضوء ذات ثقة لمثل هذه النظم. وتجرى الآن تنمية ليزرات محولة Q switched)

(lasers بيكو ثانية وليزرات أشباه موصلات مغلقة الشكل ذات سرعة فائقة العلو. وحاليا تم الحصول على نبضات ضوئية ذات سمك صغير جداً باستخدام ليزرات أشباه موصلات من مقطعين ألومنيوم جاليوم أرسينيت بنبضات ضوئية أقل من10 بيكو ثانية.

- **وصف وضبط وتنظيم طور الضوضاء فى ليزرات مغلقة الشكل:** طورت طريقة جديدة لقياس طور ضوضاء تموجات توقيت النبضة لليزرات مغلقة الشكل باستخدام تكنيك إعادة تعديل المدى الزمنى مقارناً بقياس طور ضوضاء SSB المتفق مع القواعد. ولهذه الطريقة نطاق ديناميكى أكبر واتساع تردد أوسع (من1 ميجاهيرتز – 100 ميجاهيرتز) باللقياس إلى ما هو متوافر حالياً.
- **تخفيض الضوضاء فى ألياف ليزر مغلق الشكل متناغم غير نشط:** تم تنمية مرنان كاشف موجات هيرتيزية من ألياف مستحضر الإربيوم (عنصر فلزى) مغلق الشكل لتوليد نبضات ضوئية متناغمة ذات استمرارية من 270 حتى 325 فمتو ثانية. ويتناغم الطول الموجى الليزرى باستمرار على مدى طول موجى مقداره 60 نانمتر، وذلك عن طريق إدارة مرشح موجود داخل المرنان له تردد متكرر مقداره 45.4 ميجاهيرتز. وتم تخفيض زمن التهييج بتقليل كثافة التموج لمصدر الضخ باستخدام تغذية عكسية من دارة كهربية مقفلة، مع ضبط وتنظيم تأثير اندفاع الهواء وتموجات درجات حرارة المرنان باستخدام صندوق محكم.
- **تولد نبضات ضوئية فمتو ثانية فى نطاق طيفى عريض:** بهدف توليد نبضات ضوئية فمتو ثانية فى مدى فائق ومتسع للطيف (من فوق البنفسجية إلى دون الحمراء) باستخدام تكنيك تردد غير خطى، تتم دراسة

ليزرات الحالة الصلبة ذات نطاق عريض من الذبذبات تتأرجح فى نطاق الطول الموجى 1.2 إلى 1.3. ويؤدى تفعيل شكل المتذبذب إلى استخراج موجات مستمرة عالية. والقوة المستخرجة هى أعلى ما تم الحصول عليه حالياً باستخدام نظام تبريد مائى عملى. وقد أنتجت عملية شكل الإغلاق الذاتى، بإدخال منشور مزدوج SF58، نبضات ضوئية بالمواصفات التالية: عرض النبضة 35 فمتو ثانية ومتوسط قوة 330 ميجاوات عند مركز طول موجه مقداره 1250 نانومتر.

٤- بحوث لتوليد وتقويم نبضات ضوئية شديدة القصر

الأهداف : تتم دراسة تولد نبضات ضوئية شديدة القصر واستقرار ليزرات الأشكال المغلقة وتزامن نبضة ليزر شديدة القصر مع نظم إلكترونية أخرى. وتعتبر مثل هذه النظم ضرورية لتولد نبضة أشعة إكس ذات سطوع عالى، وذلك بتشتت نبضة ضوء مع مجموعة إلكترونات معجلة شديدة القصر. وبالتعاون مع FESTA، جارى أيضاً تطوير وتقويم نظام ليزر نبضى حقيقى شديد القصر يستخدم لتوليد نبضة أشعة إكس لتشخيص مكونات تصنيعية لقوة بخار.

الأنشطة والإنجازات:

(أ) **تولد نبضة شديدة القصر:** فى السنوات الأخيرة تم التوصل إلى عملية استهلالية لليزرات "تالتيوم – زفير" (Taltium: Sapphire Lasers). وقد تم الحصول على نبضات 12.4 فمتو ثانية بضخ مقداره 1.4 وات ونبضات أقل من 40 فمتو ثانية بضخ مقداره 0.9 وات، وذلك باستخدام تصميم جديد لتجويف كفعالية لعملية بداية منخفضة ذات معوضات تشتت مزدوجة. وفى عام 1999 تم توليد نبضات ضوضاء منخفضة 11.5 فمتو ثانية باستخدام

ليزر LD أخضر مضخوخ. وبالتعاون مع FESTA تمت دراسة استمرارية تكرار النبضة.

(ب) قياس نبضات ضوئية شديدة القصر: بغرض استقرار وتزامن الليزرات ذات النبض شديد القصر يتم تنمية تقنيات قياس "شكل موجى" تطبق فى ليزرات الفمتو ثانية.

(ج) ضبط وتنظيم نبضات ضوئية شديدة القصر: لتنمية نبضة فمتو ثانية عالية الاستقرار للاستخدام كمصدر توقيت معيارى، تم تصميم وتصنيع مرآة ماصة مشبعة شبه موصلة Semi-conductor saturable absorber mirror (SESAM))، واستخدمت كبادىء حركة لنبضة ليزر حالة صلبة فمتو ثانية. كما تم توليد نبضات فمتو ثانية عالية الاستقرار شديدة القصر لحوالى34 فمتو ثانية. ولتوليد نبضات أقصر تمت تنمية نطاق عريض من المرآه الماصة المشبعة شبه الموصلة. كما تم بنجاح بناء نطاق عريض من SESAM باستخدام ثلاث تقنيات هى:

- طلاء العوازل الكهربية والمعادن على شريحة شبه موصل.
- ترابط الشرائح.
- إزالة مختارة كيميائياً للطبقة العليا لشبه موصل متعدد الطبقات.

٥- بحوث على إلكترونيات فائقة السرعة

الأهداف : يهدف مشروع تكنولوجيا الفمتو ثانية للإسهام فى إقامة وترسيخ بنية أساسية تكنولوجية خاصة بإلكترونيات بصرية فمتو ثانية. وتسعى مجموعة مشروع الإلكترونيات فائقة السرعة إلى تنمية تكنولوجيا دائرة إلكترونية فائقة السرعة... لتوقيت أجهزة الكشف والضبط المستخدمة فى تصادمات حزم الإلكترونات المنبوضة مع نبضات الليزر.

الأنشطة : تمت تنمية تكنولوجيات لقياس وتوليد وانتشار وضبط وتنظيم نبضات إلكترونية فائقة السرعة باستخدام محولات موصل ضوء فائقة السرعة. وفضلاً عن ذلك ولتحقيق انتشار نبضة إلكترونية فائقة السرعة، فقد تم البدء فى مشروع لبناء خط إرسال يتسم بانخفاض الفقد وانخفاض التشويش والتحريف. كما تجرى تنمية ليزرات حالة صلبة فائقة السرعة باستخدام ماصات أشباه موصلات قابلة للتشبع.

الإنجازات :

(أ) تكنولوجيا قياس لإشارات كهربية فائقة السرعة فى منطقة الفمتو ثانية: تم تصنيع عينة نظام كهرو – بصرى قادرة على قياس المكونات الموجهة للمجال الكهربى بضبط وتنظيم استقطاب الحزمة الجاسة بدون مجس كهرو– بصرى متحرك (براءة اختراع يابانية رقم 2810976). وهذا النظام يقيس المجال الكهربى كمقابل للطرق الكهربية التى تقيس فرق الجهد الموجود عند الأقطاب المعدنية. وتتصف عينة هذا النظام الكهرو – بصرى بتحليل مكانى عالى وتحليل وقتى عالى. ويصل زمن التحليل إلى أقل من 200 فمتو ثانية.

(ب) تولد **تراهيرتز من محولات موصل ضوء فائقة السرعة مصنعة من تركيبات نانو:** تم بنجاح توليد إشارات كهربية فائقة السرعة على مقاييس زمن فمتو ثانية باستخدام محولات موصل ضوء ذات تركيب نانو مصنعة من خلال عملية كساء بطريقة التحليل الكهربى، وذلك باستخدام ميكروسكوب القوة الذرية. ويبلغ عرض تجويف موصل الضوء 100 نانو متر، وهو مغطى بعازل شفاف، وعليه يمكن استخدام فرق جهد عالى. وقد

تم قياس استجابة الدفع المنخفضة إلى مستوى380 فمتو ثانية بعينة نظام كهرو – بصرى.

٣-٤-٦ مشروع "بحث وتنمية تكنولوجيا الفمتو ثانية"

ويقوم بهذا المشروع اتحاد بحث تكنولوجيا الفمتو ثانية FESTA باليابان.

ملخص موجز عن المشروع:

من أجل خلق وابتكار وإبداع تكنولوجيات أساسية صناعية تدعم مجتمع المعلومات المتقدمة والمكثفة للقرن الواحد والعشرين، من الضرورى تنمية تكنولوجيا الإلكترونيات البصرية فائقة السرعة لكسر حدود السرعة القائمة المفروضة من تكنولوجيا الإلكترونيات التقليدية، وأيضاً الوصول إلى دالات جديدة إضافية. والهدف من هذا المشروع هو ترسيخ وتأسيس التكنولوجيات الأساسية المطلوبة لعمل أجهزة كهروبصرية فائقة السرعة وتكنولوجيا قياس أشعة إكس عالية السطوع فائقة السرعة، وذلك من خلال بحث وتنمية التكنولوجيا التى تضبط وتنظم الضوء والإلكترونات فى المدى الزمنى للفمتو ثانية (بين 10^{-12}، 10^{-15} ثانية).

ويركز المشروع على البحث والتنمية للأجهزة الكهروبصرية فائقة السوعة القائمة على تكنولوجيا أشباه الموصلات وتكنولوجيا قياس بحزمة من أشعة إكس عالية السطوع فائقة السرعة مولدة من تشتت تومسون لحزمة ليزر فمتو ثانية.

وسوف تكون منتجات هذا المشروع مفتاحاً لتنمية بنية أساسية للاتصالات البعيدة والمعلومات سرعتها ترابيت / ثانية، وكذلك نظم قياس جديدة للأشياء سريعة التحرك.

نتائج متوقعة

ومن النتائج المتوقعة فى المرحلة الأولى للمشروع (ومدتها ستة سنوات) ما يلى:

١- تكنولوجيا تولد وإرسال نبضة ضوء فمتو ثانية.

٢- تكنولوجيا ضبط وتنظيم وتوزيع نبضة ضوء فمتو ثانية.

٣- قاعدة تكنولوجيا أساسية لنبضات إلكترونيات بصرية شديدة القصر.

٤- تكنولوجيا تولد وضبط وتنظيم نبضة حزمة ضوء / إلكترون شديدة القصر.

٥- تكنولوجيا تولد نبضة شعاع إكس عالى السطوع فمتو ثانية.

فوائد لمجتمع المعلومات

ومن أهم المنافع المتوقعة من تكنولوجيا نبضة الإلكترونيات البصرية شديدة القصر ما يلى:

١- إن التكنولوجيات المتقدمة للبنية الأساسية للمعلومات سوف تتأسس بحيث تقابل إحتياجات القرن الواحد والعشرين، وذلك ببناء شبكات اتصالات ذات سعة فائقة الضخامة تحتوى على إرسال ضوئى ونظم تحويل فوق واحد ترابيت / ثانية، ونظم عمليات ونقل معلومات ذات سعة فائقة الضخامة مثل نظم عمليات بيانات معلوماتية غزيرة ممثلة فى الحاسبات العملاقة.

٢- وتأسيساً على تكنولوجيات البنية الأساسية هذه، فإن اتصالات تعددية الإعلام (الإعلام ذو الوسائط المتعددة) التى تساعد على توحد الإعلام الضرورى أينما يطلب، سوف تصبح اعتيادية وشائعة فى المكاتب والمستشفيات والمدارس وبعد ذلك فى المنازل.

٣- ومن المتوقع جعل المعلومات عملية شخصية، بحيث يمكن لأى شخص فى أى مكان استخدام المعلومات ليغنى الحياة البشرية وذلك بفضل توافر خدمات "عند الطلب" مزدوجة الاتجاه وشيوعها.

٤- البنية المطلوبة لمنظومة العلم والتكنولوجيا

٤-١ مقدمة

تملك مصر قاعدة بنية أساسية للعلم والتكنولوجيا خاصة فى الجامعات ومراكز البحث العلمى. ولكن هذه القاعدة فى حاجة إلى التنمية وتحسين مستويات استثمارها. وهناك خلل فى عملية التخطيط ووضع السياسات للبحث العلمى والتكنولوجيا، إضافة إلى ضعف القدرة. وهناك ضعف فى المستويات المسئولة عن إدارة دفة البحث والتنمية أو عدم قدرتها للتصدى لهذه المسئوليات، وأيضاً عدم قدرتها على تصور استراتيجيات العلم والتكنولوجيا. وفى القطاع الخاص تعانى هذه القاعدة عجزاً واضحاً بخصوص صلاتها وبالأخص علاقاتها بوحدات البحث والتنمية. وهناك فجوات فى تجميع التكنولوجيا فى قطاعات الإنتاج والخدمات كما تتجسد فى طابع ونوعية المعدة وصيانتها ومتانتها ومدى مساهمتها فى بناء قاعدة وطنية لأنماط نقل التكنولوجيا. إن كل هذه العوامل تلعب دوراً لا جدال فيه فى تنفيذ السياسات والاستراتيجيات فى منظومة العلم والتكنولوجيا.

٤-٢ الاعتبارات الخاصة بهيكل البنية المطلوبة

إن وضع سياسات العلم والتكنولوجيا القومية وإنجازها يتطلب وجود مستويات مؤسسية متنوعة للتخطيط والدعم والتمويل والتنفيذ، وذلك على النحو التالى:

٤-٢-١ حكومياً:

إن الالتزام الحكومى مطلوب لعمل السياسات وتوفير التمويل وترتيب الأولويات والعمل على إنجاز الإجراءات الضرورية على مستوى القطاع العام بما فى ذلك توزيع هذه السياسات والإجراءات لكل المؤسسات الحكومية المنوط بها العلم والتكنولوجيا. إضافة إلى ذلك يجب بذل جهود مكثفة لوضع التشويعات والأحكام واللوائح التى تقود إلى المجرى الرئيسى للتنمية وتعزز أهدافها الوطنية.

٤-٢-٢ مؤسساتياً:

تأتى الكتلة الكبيرة من القوى البشرية فى التنمية والبحث العلمى من مؤسسات التعليم العالى ومراكز البحوث. فدور البشر رئيسى فى ترجمة مطالب السياسة القومية واستراتيجيتها إلى حقائق ملموسة. وهذا يتطلب إعادة النظر فى نظم التعليم العالى والدور الذى تلعبه الجامعات والكليات كوصلة أساسية لدعم قطاعات الإنتاج والخدمات، مع التركيز على مجالات معينة منتقاة وغير مكررة. إن هذه المؤسسات تتحمل المسئولية للتفاعل مع السياسات والإستراتيجيات، وتوجيه القدرات والبرامج لتتناسب مع التوقعات المرجوة منها.

٤-٢-٣ القوات المسلحة:

يعتبر الأمن القومى العامل الرئيسى لتوفير المناخ المناسب لإنجاز سياسات التنمية والتقدم فى مجالات العلم والتكنولوجيا. فالقوات المسلحة تمثل الدرع الواقى للأمن القومى والأداة الرئيسية لحماية الإنجازات القومية. وهى تأخذ على عاتقها مسئوليات فى عملية التنمية من خلال تدريب القوى البشرية وتقديم خدمات لقطاعات كبيرة مثل الاتصالات والتشييد وخلافه، وكذا المشاركة فى

التنمية الصناعية. وهى تضع إمكاناتها لدعم العلم والتكنولوجيا، كما أن لها خبرات فى مجال التجديد والإدارة. ولا شك أن الاستفادة من القدرات المتاحة للقوات المسلحة لإنجاز إستراتيجيات العلم والتكنولوجيا ستشكل عاملاً هاماً للوصول إلى التطلعات القومية.

٤-٢-٤ القطاع الخاص:

كما سبق أن ذكرنا فإن للقطاع الخاص دوراً أساسياً فى تنفيذ السياسات والإستراتيجيات العلمية والتكنولوجية. وعلى ذلك فإنه يتحتم إيجاد آليات لتنشيط هذا الدور وبالذات فى قطاعات الإنتاج، وذلك بإسهامه فى هذا الجهد الوطنى. وبداية ليس هناك خيار إلا العمل على إقناع القطاع الخاص بأهمية العلم والتكنولوجيا بصورة عامة، والبحث والتنمية بصفة خاصة. وهذا يتطلب إشراك القطاع الخاص فى التشاور حول هذه السياسات وجعله شريكاً أساسياً فيها.

٤-٣ الهيكل العام للبنية المطلوبة

٤-٣-١ المجلس الأعلى للعلم والتكنولوجيا

ينشأ المجلس الأعلى للعلم والتكنولوجيا بغرض بناء قاعدة علمية وتكنولوجية لدعم أولويات التنمية الوطنية وجعل العلم والتكنولوجيا عنصراً رئيسياً لكل خطط التنمية. كما أنه يشكل قاعدة للاتجاه بالعلم والتكنولوجيا نحو البحث والتنمية. ومن أهم وظائفه تحديد الأولويات القطاعية من منظور شامل، وتنسيق الإستراتيجيات والتمويل للبحث العلمى والتكنولوجى والتنمية والخدمات المتصلة بها. وبالإضافة إلى ذلك، فهذا المجلس يمثل وينسق اهتمامات الدولة أمام المنظمات الدولية والعربية.

ويجب أن يكون المجلس الأعلى للعلم والتكنولوجيا كياناً شرعياً له استقلالية مالية وإدارية، وأن يكون له الحق فى إعداد مشروعات القوانين والقرارات فى إطار مجال تأثيره. وبما أن وظائف العلم والتكنولوجيا لها وجود مؤثر وكبير على قطاعات الصناعة والزراعة والبنى الأساسية والخدمات، فإن التنظيمات التى ترتبط بعمل المجلس وتتطلب جهوداً تنسيقيه معه ستكون متعددة. وباختصار فإن المجلس الأعلى للعلم والتكنولوجيا يمثل اهتمامات الدولة فى كل المواضيع الخاصة بالعلم والتكنولوجيا.

ويقترح أن يرأس المجلس رئيس الجمهورية وأن يضم فى عضويته رئيس مجلس الوزراء ووزراء التخطيط، والدولة للتعاون الدولى، والدفاع (أو رئيس هيئة الأركان) والصناعة، والتعليم العالى والدولة للبحث العلمى، والزراعة، والكهرباء والطاقة، والمالية، والتجارة الخارجية، والبترول والثروة المعدنية. ويشترك فى عضوية المجلس أيضاً رئيس أكاديمية البحث العلمى، ورئيس اتحاد الصناعات، بالإضافة إلى خمس شخصيات من ذوى الخبرة والكفاءة بهذا الخصوص يختارهم رئيس المجلس بصفتهم الشخصية لفترة أربع سنوات.

(٤-٣-٢) وزارة التعليم العالى والدولة للبحث العلمى والهيئات ومراكز ومعاهد البحوث التابعة لها.

(٤-٣-٣) أكاديمية البحث العلمى والتكنولوجيا ومجالس البحوث المتخصصة.

(٤-٣-٤) الجامعات ومراكز البحوث التابعة لها.

(٤-٣-٥) مراكز البحوث التابعة للوزارات المختلفة.

(٤-٣-٦) معامل البحوث فى شركات ومصانع القطاع الخاص.

(٤-٣-٧) المعلومات: تكنولوجيا المعلومات تعتبر أساساً للإدارة العلمية، كما تعتبر المعلومات بمثابة اللبنة الأساسية التى يعتمد عليها المسئولون فى اتخاذ القرارات.

(٤-٣-٨) شبكات وطنية قادرة على مد الجسور وبناء العلاقات العلمية والتكنولوجية مع البلدان الأخرى، ومع المنظومات الدولية والإقليمية والشركات متعددة الجنسيات.

(٤-٣-٩) الإعلام التكنولوجى: لا قيمة للتكنولوجيا إذا لم تصل إلى علم الذين يمكنهم الاستفادة منها. لذلك أصبح الإعلام التكنولوجى استثماراً قومياً. وهنا تبرز قضية العلاقة بين المؤسسات الإنتاجية والأجهزة البحثية ودور الإعلام فى تمتين هذه العلاقة.

(٤-٣-١٠) إدارة علمية راقية ومكاتب وهيئات استشارية لدعم الخدمات الفنية والإدارية.

(٤-٣-١١) إدارة التكنولوجيا: إدارة التكنولوجيا تكون على ثلاث مستويات هى: مستوى المؤسسة الإنتاجية، ومستوى المؤسسات والمعاهد العلمية والاستشارية المتصلة بالتكنولوجيات، ومستوى الدولة من حيث السياسة العامة والسياسات التكنولوجية الفرعية.

(٤-٣-١٢) مكاتب براءات الاختراع.

(٤-٣-١٣) الحضانات التكنولوجية: هذه الحضانات تختص بالتطوير التكنولوجى المرحلى. وقد أشرنا إلى ذلك فى الفصل الأول فى بند ثانياً تحت عنوان (المستوى - البينى) من البحوث الذى يمثل خطوة ضرورة لتحويل نتائج البحوث الأساسية إلى تكنولوجيا بازغة أو مرحلية ومن ثم إلى منتج للتسويق.

(٤-٣-١٤) وحدات ذات طابع خاص: العمل على إنشاء وحدات ذات طابع خاص فى التخصصات التالية نظراً لأهميتها واهتمام العالم بها، وذلك فى ضوء انعكاساتها القوية على التطور التكنولوجى المرتقب فى العقود الأولى من القرن الواحد والعشرين:

- الإلكترونيات الضوئية Optoelectronics
- الموصلية الفائقة High temp-superconductivity
- التكنولوجيا الحيوية Biotechnology
- هندسة البروتينات Protein Engineering
- تكنولوجيا الاتصالات Communication technologies
- تكنولوجيا البرمجيات (السوفت وير) Software technologies

٥- النموذج المتكامل للتطوير التكنولوجى

٥-١ مقدمة عامة

على ضوء التغيرات الدولية فى عالمنا المعاصر وخصوصاً فى السنوات الأخيرة حدثت تطورات مثيرة فى العلم والتكنولوجيا. لقد بلغ التراكم المعرفى والمعلوماتى درجة عالية فى أزمنة قصيرة، مما جعل الإنسان يلهث وراءها، ناهيك عن صعوبة استيعابها. لقد تضاعف حجم المعلومات فى نصف قرن منذ بداية القرن العشرين وحتى عام ١٩٥٠، وحدثت ثورة كبيرة أوصلت إلى غزو الفضاء والأقمار الصناعية ونزول أول إنسان على سطح القمر، علاوة على الانشطار الذرى والاندماج النووى. وفى وقتنا الحالى تتضاعف المعلومات فى أقل من عشر سنوات، بل وفى أقل من ذلك فى بعض فروع من العلم.

ولقد أصبحت كثافة المعرفة والمعلومات معياراً للتقدم العلمى والتكنولوجى فى وقتنا الحاضر. وقد أطلق البعض على المرحلة الحالية من مراحل التطور التاريخى للعلم مرحلة" العلم – التقنى" Techno-Science (مرجع ٢٤). ففى هذه المرحلة نحن لا نتعامل بالمفهوم التقليدى حيث تنقسم العلوم إلى أساسية وتطبيقيه ولكن بمفهوم تطبيق تقنى للعلم. وقد صار تمويل البحوث الأساسية يتأثر كثيراً بأهداف التطبيق التكنولوجى لنتائج هذه البحوث.

٥-٢ مكونات النموذج:

يمر النموذج المتكامل للتطوير التكنولوجى من خلال المراحل التالية:

أولاً : الإرادة السياسية وصنَّاع القرارات:

- والأساس هنا هو توافر قوة وإرادة سياسية على وعى واقتناع كامل بقيمة أهمية العلم والتكنولوجيا ودورهما الأساسى فى تنمية المجتمع. ولعل ما ذكرناه سابقاً عن إنشاء المجلس الأعلى للعلم والتكنولوجيا ليقود منظومة العلم والتكنولوجيا تخطيطاً وسياسة وإدارة يفى بهذا الغرض. إذ أن رئاسة هذا المجلس من جانب رئيس الجمهورية سوف تيسر الكثير من الأمور المتصلة بالتخطيط والتمويل والتنفيذ والمتابعة المستمرة.
- عند المراحل المبكرة من العملية التنظيمية، يتعين على واضعى السياسات والأفرع المنفذة العمل سوياً لتحديد المواضيع المستقبلية التى تتطلب تحليلاً علمياً.
- وعلى صانعى القرار أن يعرفوا أن اللايقينية هى سمة أصولية فى العملية العلمية، وأن القرارات المنظمة للمجالات التى تهم الرأى العام سريعة التغير ويجب إعادة تقييمها فى الأوقات المناسبة.

ثانياً التعليم :

لتطوير تعليم العلوم الأساسية التى ستؤدى بالضرورة إلى التطوير التكنولوجى، يتحتم الأخذ بالنقاط التالية:

- تنمية وتطوير المناهج الدراسية فى العلوم والرياضيات فى المدارس الإعدادية والثانوية.
- تنظيم دورات تدريبية لمدرسى الرياضيات والعلوم لتنمية القدرات ووضعهم على المستوى المطلوب فى هذه التخصصات. ويقترح أن يدرسوا مقرراً دراسياً فى نوعية العلم أو الرياضيات التى يقومون بتدريسها. ومن المهم أيضاً العناية بقضايا التنمية المهنية فى العملية التدريسية.
- يجب أن يظهر العمل التدريسى للعلوم والرياضيات القدرة على استثارة الطلاب وجذب انتباههم والحفاظ على شوقهم إلى المعرفة. إن مناهج العلوم يجب أن تشمل التجريب اليدوى العملى الذى يسمح للطلاب باختبار استثارتهم لتعلم كيف يعمل العالم من حولهم. كما أن الحفاظ على تشوق الطلاب للعلم والرياضيات يظل هاماً جداً على مستوى السنوات النهائية بالمدارس، وذلك لأن كثيراً من الطلبة يتخذون القرار لمتابعة العلم أو الهندسة خلال تلك السنوات.
- وعلى مستوى الجامعة، يجب زيادة المقررات التى تستهدف الخروج بتدريس العلوم والهندسة من التعامل الأصم والجاف للموضوع. وكمثال يمكن أن نلقى الضوء على التقدم العلمى أو الهندسى وذلك بتقديم المحتوى التاريخى والاجتماعى للفكرة العامة.

- يجب زيادة المرونة فى برامج تدريب الجامعيين وخاصة برامج طلبة الدكتوراه، وذلك بما يسمح للطلاب بمتابعة مقرر عمل واكتساب خبرة مطلوبة خارج مجال بحوثهم وإجراء تغييرات فى الثقافة الأكاديمية الجارية.
- يتعين وضع إطار عمل مشترك للتنسيق والتعاون بين المؤسسات التعليمية لتعليم الرياضيات والفيزياء والكيمياء والبيولوجيا والهندسة والتكنولوجيا.
- من المهم التنسيق بين سياسة العلم والتكنولوجيا والسياسة التعليمية.
- يعتبر الاستفادة من الثورة فى تكنولوجيا المعلومات التى أتاحت ميزة لتقدم إبداعى فى التعليم والتعلم من الأمور الضرورية فى الوقت الراهن.

ثالثاً : البحوث الأساسية والتطبيقية:

يمثل الاهتمام بالعملية البحثية نقطة الانطلاق إلى التطبيق التكنولوجى، ثم إلى التطوير التكنولوجى. لذا فالاعتبارات التالية مهمة فى هذا الاتجاه:

- الشراكة المتينة بين الجامعات والصناعة يمكن أن تخلق علاقات تكافلية لكلا الشريكين.
- الشراكة التى تربط سوياً مجهودات الحكومة والصناعات والجامعات ومراكز البحوث أيضاً يمكن أن يكون لها شأن كبير فى تفعيل البحوث والتنمية الاقتصادية.
- يمكن أن تلعب اتفاقيات التعاون بين الحكومة والصناعة دوراً مؤثراً، تجسيداً للشراكة التى تقوى تمويل البحث وتسمح بسرعة تتجيره.
- توفير الموارد المالية والمادية (من منشآت وأجهزة ومعامل) ومصادر المعلومات، مع إنشاء تنظيم يكفل الحصول على هذه الإمكانيات بطرق تتواءم مع الأغراض الخاصة التى يراد تحقيقها.

- التعاون الدولى والشراكة الدولية.
- استخدام أسلوب قياس لمحاسبية عرض البحث، وذلك لتقرير ما إذا كان برنامج البحث مؤثراً.
- الحفاظ على التنوع فى حقيبة البحوث الأساسية.
- يجب أن تستمر الحكومة فى تدبير منح البحث لتمويل عمليات منتقاة لأفراد منتقين. وعلى الحكومة أيضاً أن ترصد جزءاً من الأموال للبحوث المبتكرة.
- يجب أن تدار مراكز البحوث القومية بنوعية جديدة من التركيبة الإدارية، وذلك لزيادة كفاءتها وفعاليتها.
- يجب استخدام طرق اختيار سليمة للباحث الفرد سواء فى الجامعات أو مراكز البحوث أو معامل الصناعة.
- الاستثمار فى البحوث الأساسية أمر لا غنى عنه.
- على الجامعات العريقة فى البحوث وكذا مراكز البحوث أن تقوى علاقات العمل مع الجامعات الأقل قدرة والمعاهد التكنولوجية فى مجالات البحث ذات الاهتمام المتبادل.

رابعاً : الحضانات التكنولوجية:

يجب أن تعبر شركات التكنولوجيا الحالية فجوة البحث بين البحوث الأساسية وتنمية المنتج. إن هذا النوع من البحوث يشار إليه بأنه "مستوى - بينى" من البحوث، وهو ضرورى لتحويل نتائج البحوث الأساسية إلى تكنولوجيا بازغة أو مرحلية، ومن ثم إلى منتج قابل للتسويق. وأحياناً يتم ذلك عن طريق

ما يسمى بالحضانات التكنولوجية، وذلك على غـرار المـدن العلميـة أو وادى التكنولوجيا.

خامساً : القطاع الخاص:

إن هذا القطاع يلعب دوراً رئيسياً فى المشاركة فى تمويل البحوث الأساسية المهدفة، ثم فى تنمية المنتج وتطويره تكنولوجيا حتى الوصول به للسوق المحلية والسوق العالمية. ولكى يكون هذا القطاع فاعلاً وديناميكياً يراعى الآتى:

- يجب أن يستمر تنفيذ المستوى البينى من البحوث فى القطاع الخاص.
- من المهم تشجيع تمويل شركات التكنولوجيا الجديدة وخصوصاً تلك التـى تركز على بحوث المدى البعيد.
- يجب العناية بالشراكة لتنمية التكنولوجيا والشراكة هنا تعنـى اسـتحضار عناصر كثيرة بغرض تنمية التكنولوجيا المشتقة من نتائج البحوث.
- يجب أن تحظى حماية الملكية الفكرية بعناية كبيرة، وذلك لتحفيز القطـاع الخاص على تنمية اكتشافات علمية وهندسية للسوق.

المراجع

1 Francis Narin, Kimberly S. Hamilton and Dominic Olivastro, **"The Increasing Linkage between U.S. Technology and Public Science", Research Policy** 27(1997): 317-330.

2 Committee for Economic Development, America's Basic Research: **Prosperity Through Discovery** (New York: Committee On Economic Development, 1998) 11.

3 M.I Nadiri, **Innovations and Technical Spillovers,** Working Paper no. 4423 (Cambridge National Bureau of Economic Research, 1993).

4 Congressional Budget Office, **The Economic Effects of Federal Spending on Infrastructure And other Investments,** (Washington, Congressional Budget Office, 1998) 25.

5 Zvi Griliches, "The Search for R & D **Spillovers", Scandinavian J. Of Economics** 94, Supplement (1992) S 29-S 47.

6 Kenan Patrick Jarboe and Robert D. Atkinson, "The case for Technology In the Knowledge Economy", **Policy Brief** (Washington: Progressive Policy Inst., 1998) 9.

7 Michael J. Boskin and Lawrence J. Lau, "Capital Technology and Economic Growth", Nathan Rosenberg, Ralph Landau and David C. Mowery (eds.), **Technology and The Wealth of Nations** (Stanford: Stanford University Press, 1992).

8 National Science Board, **Science and Engineering Indicators**. 1998 (Arlington: National Science Foundation: 1998) A. 176.

9 Organization for Economic Cooperation and Development, Main **Science and Technology Indicators 1998/1** (Paris: OECD, 1998) 16.

10 P.L. 103-62.

11 National Science Board, **Science and Engineering Indicators**, 1998 (Arlington: National Science Foundation, 1998) 6-31. U.S.A.

12 David Billington, Testing hearing on "Math. And Science Education II: Attracting and Graduating Scientists and Engineers Prepared To Succeed in Academia and Industry", Committee on Science, U.S. House of Representatives, Washington, 1 April 1998.

13 Rick Chappell and Jim Hartz, Testimony, Hearing On "Communicating Science and Engineering in a Sound – Bite World, "Committee on Science, U. S. House of Representatives, Washington, 14 May 1998.

14 Deborah Blum, Testimony, Hearing on "communicating Science and Engineering In Sound" – Bite World, Committee on Science, U. S. House of Representatives, Washington, 14 May 1998.

15 **World Science Report**, 1998, UNESCO Publishing.

16 K. Eric Drexler, Chris Peterson and Gayle Pergamit "Unbounding The Future", **The Nanotechnology Revolution**, Quill 1991, U. S. A.

17 **Prospects In Nanotechnology: Toward Molecular Manufacturing**, edited by Markus Krummenacker and James Lewis, Wiley 1995, U. S. A.

18 Charshan, S. S., **Laser In Industry**, Von Norstrand Reinhold Co. (1972).

19 Beesley, M. J., **Lasers and Their Applications**, Taylor and Francis, London (1976).

20 Goldman, L. **The Biomedical Laser, Technology and Clinical Applications"**, Springer Verlag, New York (1981).

21 Dixon, J., **Surgical Application of Lasers**, Chicago Yearbook Medical Publishers (1984).

22 Sliney, D. and Wolbarsht, M., **Safety with Lasers and other Optical Sources**. Plenum Press, New York (1982).

23 Gaulfield, H. J., **Handbook of Optical Holography**, Acad. Press, New York (1979).

24 Tiles, M. and H. Oberdeik, **Living In a Technological Culture : Human Tools and Human Values**, Routledge, 1995.

25 Femtosecond real-time probing of reactions. I. The technique

26 Mark J. Rosker, Marcus Dantus, and Ahmed H. Zewail,**J. Chem-Phys**. 89, 15 Nov. 1988, P. 6113-6127.

27 Femtosecond real- time probing of reactions. ll The dessociation reaction of ICN. Marcus Dantus, Mark J. Rosker, and Ahmed H. Zewail.

28 J. Chem. Phys-89, 15 Nov. 1988, P. 6128-6140

29 M. A-El-Sayed, I. Tanaka and Y-Molin" ,Ultra-fast Processes in chemistry and photobiology"

30 Black well Science, 1995, 306 pp, ISBN 0 - 86542 − 893 - x.

31 A. H. Zewail" ,The Birth of Molecules, **Scientific American**, Dec. 1990, P. 40 – 163.

32 V. K. Jain" ,The world's Fastest Camera", **The World and I**, Oct. 1995, P. 156-163.

33 M. C. Nuss, M. Li, H. Chiv, A. M. Weiner, and A. Partovi, Time-to-space mapping of femto-second pluse, **Opt. Lett**., vol-19-no-19, PP. 664 − 666, 1994.

34 S-D-Halle, M. Yoshizawa, H. Matsuda, S. Okada, H-Nakanishi and T-Kobayashi" ,Optical stark shifts of Raman gain spectra in polydiacetylene", **J. Opt. Soc** – Am. B. vol11, no- 5, PP. 731 – 736, 1994.

35 M. M. Wefers, H. Kawashima, and K. Nelson" ,Automated multidimensional Coherent Optical Spectroscopy with multiple phase − related femtosecond pulses", **Chem. Phys**., Vol 102, no. 22. PP. 9133 – 9136, 1995.

36 **The Femtosecond Technology Research Association**, 5-5, Tokodai, Tsukba. 305, Japan

37 Z. Zhang, K. Torizuka, T- Itatani, K .Kobayashi, T. Sugaya, and T. nakagawa, Self – starting mode – locked femtosecond forsterite laser with a semiconductor saturable absorber mirror, **Opt. Lett-**, vol. 22, no. 13, PP. 1006 - 1008, 1997.

38 T. Itatani, T. Nakagawa, K. Matsumoto, and Y. sugiyama, Ultrafast Metal Semiconductor metal photoconductive switches Fabricated using an Atomic Force Microscope, Jpn. **J. Appl. Phys**-, Part 1, vol. 35, n0. 2B, PP. 1387 – 1389., 1996.

39 S. Nakamura, K. Tajima, and Y. Sugimoto, Experimental investigation on high Speed switching characteristics of a novel symmetric Mach-Zehnder all-optical switch, **Appl. Phys. Lett**., vol. 65, no-3, PP. 283-285, 1994.

40 M. Minoshima, H. Matsumoto, Z. Zhang, and T. Yagi, Simultaneous 3-D imaging using chirped ultrashort optical pulses**, Jpn. J. Appl. Phys**., Part 2, Lett. Vol. 33, no. 9B, L1348-51, 1994.

41 T. Sueta and T. Okoshi, "Ultrafast and Ultraparallel Optoelectronics" (Ohmsha/ wiely - Tokyo 1995) 606 P.

42 M. Yamashita et al., "Proposal for generation of a coherent pluse ultrabroadened from near - infrared to near - ultraviolet and its monocyclization", **Jpn. J- Appl. Phys**-, Part 2, Vol- 35, no. 9B, L1194 - 1197, 1996.

43 M. Miyamoto, M. Tsuchiya, F. Liu, and T. Kamiya, "Generation of ultrafast pulses from 1.55 femto-second gain switched distributed feedback (DFB) laser with soliton compression by dispersion arrangements", **Jpn. J. Appl. Phys**., part 2, vol. 35, no. 10B, L 1220 - 1332, 1996.

44 T. Arakawa, H. Watanabe, C. Nagamune, and Y. Arakawa, "Fabrication and microscopic photo-luminescence imaging of ridge-type In Ga As quantum wires grown on a (110) cleaved

plane of Al Ga As / Ga As superllatice", **Appl. Phys. Lett.**, Vol. 69, no. 9, PP. 1294 - 1296, 1996.

45 S. Kawanishi, H. Takara, T. Morioka, O. Kamatani, K. Takiguchi, T .Kitoh, and M. Saruwatari, "Single channel 400 G bit / s time - division-multiplexed transmission of 0.98 Ps pulses over 40 km employing dispersion slope compensation", **Electron-Lett.**, Vol. 32, no. 10, PP. 916 - 918, 1996.

46 M. Nakazawa, H. Kubota, A .Sahara, and K. Tamura, "Marked increase in the power margin through the use of a dispersion-allocated soliton", **IEEE photonic Tech-Lett.**, Vol. 8, no. 8, PP. 1088-1090, 1996.

47 T. Nagatsuma ed. "Special issue on optical probing of ultrafast devices and integrated circuits", **Opt. And Quantum Electronics.**, Vol. 28, 1996.

48 K. Takeuchi, O. Wada, and Y. Nishizawa., "Ultrafast spin Relaxation in In Ga As / In P Quntum wells for Femtosecond Switch Applications", OSA Topical Meeting on ultrafast Electronics and optoelectronics, PP. 268-271, lake Tahoe CUSA, March 1997.

49 **WTEC Panel Report on Nanostructure - Science and Technology**, Edited by Richard W. Siegel, Eveleyn Hu and M. C. Roco, kluwer Academic publ. Dordrecht/Boston/London (1999).