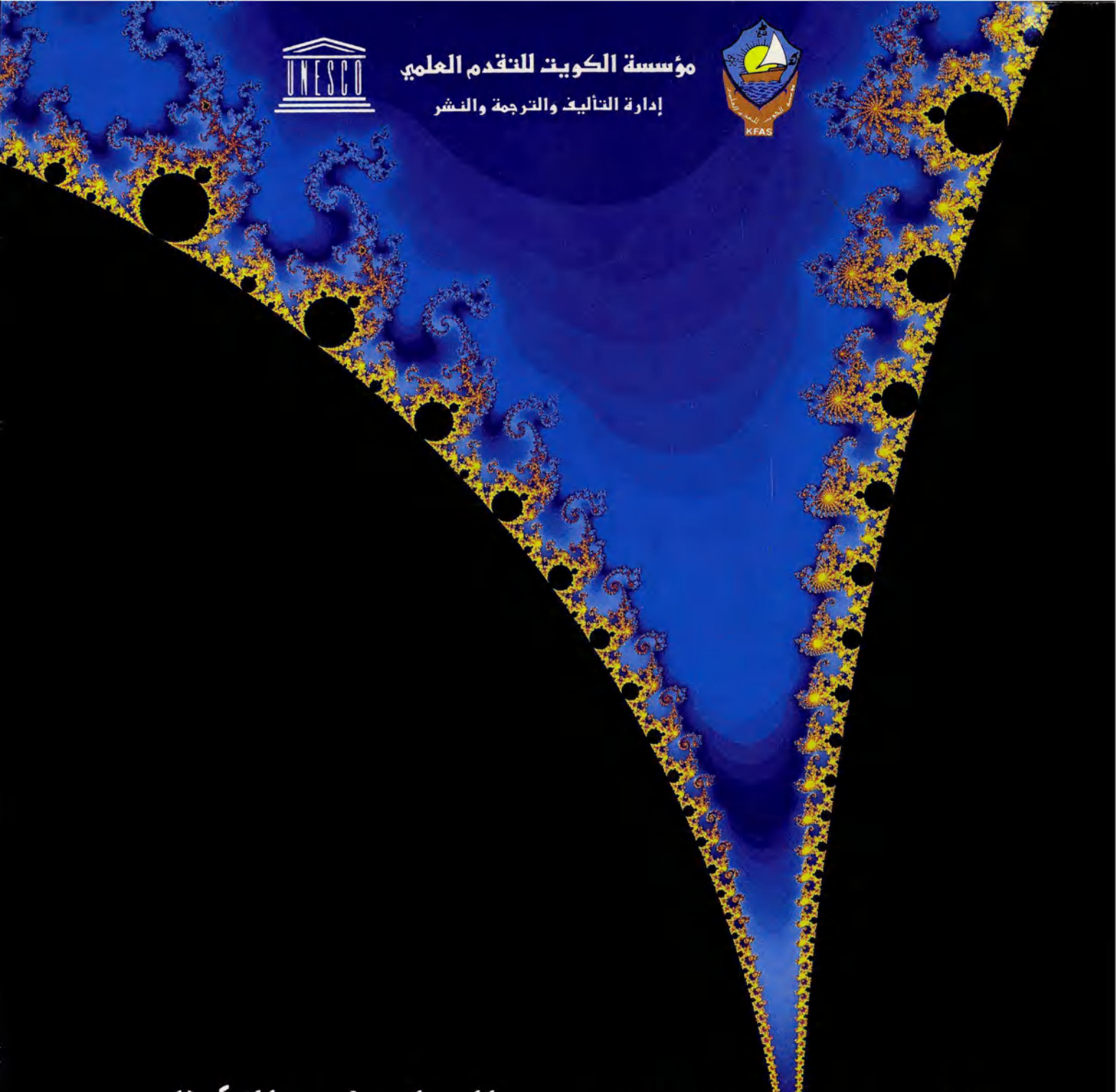
مؤسسة الكويت للتقدم العلمي
إدارة التأليف والترجمة والنشر



# تقرير 1993 عن العلم في العَالم

إصدارات اليونسكو

# تقرير 1993

عن

# العلم في العَالم

# تقرير 1993

عن

# العلم في العَالم

إصدارات اليونسكو

# World Science Report 1993

(Paris: UNESCO,1993)

*قام بالترجمة و/ أو المراجعة :*

أ. د. عدنان الحمـــوي

د. هـــاني الراهـــــب

د. محمد خير زعـيتر

أ. د. أدهم الســـــمان

أ. د. حازم صـــابوني

أ. د. مختار الظواهري

أ. د. بسام المعصراني

*بإشـــراف :*

أ. د. عدنان الحمـــوي

*بتكليف من :*

إدارة التأليف والترجمة والنشر

**مؤسسة الكويت للتقدم العلمي**

# تصدير

فدريكو مايور

لقد أدى كل من العلم والتقانة دورًا أساسيا في التنمية الاقتصادية والاجتماعية عبر هذا القرن الذي يقترب من نهايته. وقد كشفا، في سياق نمو متسارع للبحوث الأساسية وتطبيق لنتائجها يزداد اندفاعا، عن كونهما أداتين فعالتين لتعزيز أحد الأهداف الرئيسية لميثاق اليونسكو ألا وهو:"تقدم اجتماعي ومستويات عيش أفضل في ظل حرية أوسع ."

ومع ذلك يظل توزيع القدرات العلمية والتقانية وثمارها مفتقرا جدا إلى المساواة بين منطقة وأخرى وبين بلد وآخر. فما ينوف على أربعة أخماس الأنشطة البحثية والتنموية متمركز في بضعة بلدان صناعية. ففي عام 1990 بلغ الإنفاق على البحث والتطوير 2.9% من الناتج القومي الإجمالي لدى الدول الصناعية ككل، في حين لم يبلغ لدى الدول النامية سوى عُشر هذا المستوى، وهذه الأرقام تمدنا بتبرير له وزنه للحرف S في كلمة (UNESCO) ، وهو الحرف الأول من كلمة SCIENCE، إذ إن إحدى مهام اليونسكو هي المساعدة على استعادة هذا التوازن المفقود.

إن التعاون التنموي هو على أي حال مجال واحد من وظيفة اليونسكو الأوسع في حقل التعاون الفكري، الذي يستهدف تطوير المعرفة ونشرها على امتداد العالم ولا سيما في الميادين التي يثبت فيها أن منهجا دوليا ما يسير باطراد لا غنى عنه ، ويستولد في سيرورته التضامن الروحي باعتباره رديفا حيويا للتبادلات الفكرية.

إن اليونسكو هي المنظمة الوحيدة ضمن منظومة الأمم المتحدة المسؤولة عن التعاون بين العلوم بذاتها. وفي هذا السياق، فعندما تراكمت الخطط الموضوعة لإصدار سلسلة منتظمة في مطبوعات تتناول التقارير العالمية حول مناطق تدخل في إطار اهتماماتها، فإن اليونسكو قد قررت بطبيعة الحال أن تخصص تقريرا مثل هذا للعلم والتقانة في عالم اليوم؛ وبالتالي فإن المؤتمر العام لليونسكو في جلسته السادسة والعشرين التي عقدت في تشرين الثاني/ نوفمبر 1991 قد أذن بإعداد وطباعة هذا *التقرير* الأول عن *العلم في العالم*.

لقد خطط لهذا *التقرير* بمساعدة فئة استشارية مكونة من أفراد لهم باع طويل في تنظيم العلم وتسييره، وقد دعي علماء كبار ومراقبون علميون من ذوي الخبرة لمنحنا خلاصة معارفهم وخبراتهم في الشؤون العلمية، وذلك من خلال الإسهام في كتابة بعض فصول هذا التقرير.

يعرض الجزء الأول من هذا الكتاب تقريرا عن المكانة العالمية للعلم في عالم اليوم. وقد كرست فصوله إما لمناطق كاملة أو لبلدان أو لمجموعات بلدان يكون العلم فيها لسبب أو لآخر في مرحلة نمو مهمة بشكل بارز.

وقد دُعي المؤلفون إلى تقديم تثمين شخصي للعلم في مناطق العالم التي ينتمون إليها. واختار بعضهم كتابة توصيفات تتضمن وفرة من المعلومات حول تمويل الأبحاث ومستويات القوة العاملة، مما يعكس حقيقة امتلاك بعض المناطق لثروة من المادة الإحصائية حول البحث العلمي والتدريب والتطوير؛ في حين فضل آخرون إعطاء تقييمات أكثر التصاقا بالمفاهيم.

أما الجزء الثاني من هذا الكتاب فيتعامل مع منظومات العلم والتقانة، واصفا الأسلوب والوسيلة اللذين ينتظم بهما العلم وينجز، ومبينا كيف يمكن تفسير مؤشرات النشاط العلمي بحيث تعطي صورة شاملة للعلم في العالم.

إن التعاون الدولي سمة أساسية للعلم والتقانة في عالم اليوم، سواء تم بين الحكومات أو لا. فكثير من ميادين العلم تتطلب بحثا مستفيضا، وأحيانا مكلفا، الأمر الذي يمكن تحقيقه من خلال العمل الجماعي من جانب الحكومات أو المؤسسات أو الأفراد. وفي الجزء الثالث، يقوم ثلاثة من دعاة هذا التعاون بوصف ومناقشة الفوائد والنجاحات العديدة التي نجمت عن الشراكة الدولية.

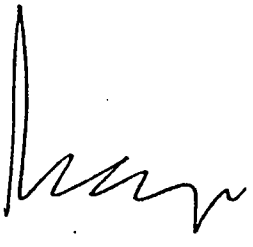
هذا ولا يمكن لكتاب يزعم كونه توصيفا لحالة العلم في العالم أن يتجنب مناقشة شيء من "قوام" البحث العلمي. وفي محاولة لنقل شيء من الإثارة التي ترافق الاكتشافات

الحديثة، فقد دعونا أربعة علماء يبقيهم عملهم على اتصال مستمر بالتطورات الجارية في مجالات علومهم، إلى كتابة توصيف مستساغ وغير متخصص لبعض التطورات المهمة في ميادين عملهم على مدى العامين أو الثلاثة الأخيرة. ونأمل أن تكون هذه الفصول مشوقة أيضا لغير المتخصصين في المجالات المعنية هذه والراغبين في إطلالة عليها. وبالطبع فإن عدد الموضوعات التي يمكن معالجتها في هذا الصدد لا حدود له تقريبا ، لذا اضطررنا إلى الانتقاء، وقصرنا ما نغطيه في هذا الإصدار الأول على أربعة علوم أساسية: الرياضيات، الفيزياء، الكيمياء، وعلم الأحياء. وسيتم في إصدارات لاحقة استعراض العلوم التطبيقية بما فيها علوم الأرض والبيئة والهندسة وعلوم الحاسوب والعلوماتية.

ويُستكمل نص هذا *التقرير* بملحق يتضمن معلومات إحصائية عن الطاقة البشرية والإنفاق في جانبيهما القومي والعلمي، مأخوذة من أحدث إصدار لتقرير اليونسكو الإحصائي. يصدر هذا التقرير في وقت يشهد تعاظما أقصى للحاجة إلى تعزيز المردود العلمي في صنع القرار الذي يقوم في معظم الحالات على اعتبارات اقتصادية وسياسية محضة؛ إذ لابد من إيجاد سبل لتتضمن القرارات التي تتخذها الحكومة والهيئات الصناعية أفضل ما تنصح به الجماعة العلمية في هذا الشأن. كما أن هناك حاجة إلى العلميين في مهام تنموية أساسية أخرى مثل انتقاء التقانة المستوردة وتكييفها وصيانتها ووضع الموظفين في مراكز العمل الجديدة (مثل الوظائف الإيكولوجية المطلوبة لتنفيذ "جدول أعمال القرن 21 ") التي يجب استحداثها، وبخاصة على مستوى البلديات، لتواجه بعض التحديات الرئيسية لعصرنا (حماية البيئة وترشيد استخدام مصادر المياه وإدارة مصادر الطاقة غير المتجددة).

إنها لممارسة خطرة أن تنشر أي وثيقة تدعي كونها شاملة ومحدثة حول موضوع له ما للعلم والتقانة من تعقيدات.

وواضح أن ثمة ميادين قد تركت بسبب ضيق المجال، للنظر مستقبلا مع أنه كان بالإمكان تضمينها هنا. إلا أننا نأمل أن هذا الإصدار - وما سيليه من هذا " *التقرير*" - سيكون مفيدا ومهما لجمهور واسع يشمل صانعي القرار ورجال السياسة ممن لهم علاقة بشؤون العلم والتقانة، كما يشمل الباحثين والمعلمين وكذلك الراغبين في عرض عام غير متوافر في أغلب الأحيان،إضافة إلى غير المتخصصين الذين تهمهم ببساطة معرفة المزيد عن وضع العلم في عالَم اليوم.



**فدريكو مايور**

الدير العام لليونسكو

# المحتويات


**1- وضع العلم في العالم** 1

مقدمة 2
*K.G.M مينون*

أمريكا الشمالية 13
*رودني نيكولاس - J. راتشفورد*

أمريكا اللاتينية 30
*رايموندو فيليگاس - گييرمو كاردوزا*

أوروبا الغربية 45
*سام لويد*

أوروبا الوسطى والشرقية 61
*بلاگوڤست سندوڤ*

روسيا 67
*سرجي كابيتزا*

الدول العربية 75
*فخر الدين داغستاني*

أفريقيا 89
*توماس أوديامبو*

جنوب آسيا 100
*پراباكار لاڤاكار - كيشور سينك*

الصين 109
*شن تشنرو - جانگ شاوزونگ*

اليابان والدول المصنّعة 116
*سوگو أوكامورا- ريك هنري*

أستراليا وشرق آسيا 126
*ريك هنري*

**2- منظومات العلم والتقانة** 129

المؤسسات 130
*پيير پاپون - ريمي باريه*

العلوم الأساسية والابتكار 139
*كيث باڤيت*

المؤشرات: الهدف والحدود 142
*ريمي باريه - پيير پاپون*

نظرة عالمية الشمول 145
*ريمي باريه - پيير پاپون*

**3- الشراكة في العلم** 157

التعاون بين الحكومات 158
*ميشيل باتيس*

نموذج علم المحيطات 167
*أولف لاي*

التعاون من أجل التنمية 172
*محمد عبد السلام*

**4 - التطورات الحديثة**

الرياضيات 182
*إيان ستوارات*

الفيزياء 200
*فيليب شو*

الكيمياء 226
*مايكل فريمانتل*

علم الأحياء(البيولوجيا) 242
*پيتر نيومارك*

**ملحق** 257

**جداول إحصائية** 258

# شكر وتقدير

تود اليونسكو أن تعبر عن امتنانها للأفراد التالية أسماؤهم، الذين قدموا خدماتهم كأعضاء لهيئة (التقرير) الاستشارية الخاصة، وبهذا أعطوا من نصيحتهم بسخاء في التخطيط الإجمالي للكتاب:

- د. ريمي باريه (مدير مرصد العلوم والتقنيات في باريس).
- د. لينارت هاسيلگرِن (برامج العلوم الدولية - جامعة أبسالا- السويد).
- د. عبد الرزاق قدورة (المعاون السابق للمدير العام للعلوم - اليونسكو).
- د. توماس أودهيامبو (رئيس الأكاديمية الأفريقية للعلوم- نيروبي - كينيا).
- د. جفري أولدهام (المدير السابق لوحدة السياسة العلمية للبحوث - جامعة سسكس - المملكة المتحدة ).
- د. ريموندو فيليگاس (مستشار أكاديمية العلوم الأمريكية اللاتينية - كراكاس - فنزويلا).
- د. ديفيد وادينگتون (أستاذ الكيمياء - جامعة يورك - المملكة المتحدة).
- د. كينيث وورين (نائب الرئيس للشؤون الأكاديمية - معهد بيكاور للبحث الطبي - نيويورك).

## 1- وضع العلم في العالم

# مقدمة

K.G.M مـــــينون

إن ملمحا بارزا من ملامح الألفية الحالية من التاريخ البـشـري هو ولادة العلم الحـديث ونموه الأسي اللاحق. وبطبيعة الحال فإن العلم ما زال جزءا من صميم النشاط البشري والمجتمع البشري منذ أبكر العهود. إن الإحساس بالعجب والفضول إزاء ما يحيط بالمرء، والتنسيق بين مختلف الحواس وبين اليد والعين والدماغ، وسيرورة إيجاد أجوبة عما يُطرح من أسئلة، وارتقاء التفكير المنطقي، هي كلها عوامل رئيسية في تطور المنهج العلمي.

إن المراكز الكبرى للحضارة والثقافة البشريتين، ولاسيما في الصين والهند وما بين النهرين وآسيا الوسطى وأمريكا الجنوبية ومصر واليونان وروما، قد خلّفت لنا مكتشفات مهمة استطاعت أن تعزز التطورات العلمية اللاحقة. ومع ذلك فإن هذه العهود التاريخية الباكرة قد شهدت انبثاقات للنشاط العلمي لم تتصف بسيرورة نمو متسقة ومدعمة ذاتيًا. وبعدها، قبل مئات قليلة من السنين، قامت في أوروبا الثورات العلمية والصناعية وتجذرت. ومنذ ذلك الحين يزداد تطور العلم زخما، إلا أنه ازدهر فقط في مناطق معينة في أوروبا وأمريكا الشمالية واليابان في المقام الأول. وبسبب الصراعات الضروس والبنى الإقطاعية والافتقار إلى مواقف متحررة وتسامحية، والهيمنة الاستعمارية، تراجعت تلك الأصقاع من الأرض المعروفة الآن باسم العالم الثالث. وباستثناء ما يتصادف من عمل علمي الآن فهي ما زالت تعاني الافتقار إلى التنمية القائمة على المعرفة.

هذا، وإن القرن الأخير من الألفية قد تميز بنمو انفجاري في المعلومات والمعرفة والفهم وكلها مكتسبة من البحث العلمي. وكنتيجة للتطبيق التقاني لهذه المعرفة فقد شهدنا عصورا عديدة تتوازى في حدوثها. فالحقب الأولى من التاريخ البشري، الحقبة الحجرية أو النحاسية أو الحديدية أو البرونزية، استمرت عبر دهور. وبالمقابل فإن القرن العشرين قد شهد العصر النووي وعصر الفضاء وعصر الإلكترونيات والعلوماتية وعصر البيولوجيا(علم الأحياء) الجديد وعصر المواد الجديدة وعصر فهم تنظيم الكون.

## وحدة العلم وترابط مباحثه

مع تقدم العلم انبثقت ميادين مفردة كثيرة عبر المراقبة المديدة الشاملة وصياغة الأفكار النظرية المرتبطة بها، وبلورت شخصية متميزة يصفها علم ظواهر خاص بها. غير أن هذه الميادين -التي اعتبرت متميزة ومنفصلة (وقد تستمر على هذا النحو على بعض الأصعدة ومن أجل أهداف معينة) - يمكن أن تأتلف في نظام عام من الفهم.

وثمة مجال آخر لتقدم العلم بالغ الأهمية هو الأسلوب الذي تتآلف فيه التخصصات العلمية المختلفة وتتساند، والأهم أنها تستولد ميادين وتخصصات جديدة بالكامل. إن الرياضيات والفيزياء في هذه الأيام تقومان بدور فعال في الكيمياء وعلم الأحياء. ونجد أيضا أن للرياضيات والفيزياء والكيمياء والبيولوجيا أهمية بيّنة في فهمنا لنظام الكرة الأرضية، وبخاصة في علوم الأرض والإيكولوجيا. فعبر هذه المقاربات فيما بين التخصصات كان للتطورات الثورية الجديدة أن تتحقق في البيولوجيا الجزيئية والهندسة الجينية والتقانة الحيوية.

وإلى جانب وحدة وترابط العلوم الطبيعية، ثمة تفاعل أوثق بين العلوم الأساسية والتطبيقية، ولاسيما في الهندسة والزراعة والعلوم الطبية والبيطرية. وإن هذه التفاعلات هي التي أفضت إلى العدد الهائل من تطبيقات الاكتشافات العلمية في المنتوجات والسيرورات المستعملة في مختلف قطاعات المجتمع.

ومع ذلك ما زال الترابط بين العلوم الطبيعية والاجتماعية ضعيفا نسبيا. إن الدراسة الفعالة لتخصصات مثل الجغرافيا والانثروبولوجيا وعلم النفس، تتطلب بلا ريب تداخلا بين العلوم الطبيعية والاجتماعية. كما أن الاقتصاد يكتسب باطراد شخصية رياضياتية ويستفيد من العديد من المفاهيم المتقدمة في أنظمة الفيزياء والكيمياء والبيولوجيا. ولكن بالتغلغل المتزايد للعلم في المجتمع، غدا من الأهمية

بمكان أن ذلك الترابط بين التخصصات، الذي كان مثمرًا جدًا في العلوم الطبيعية، يجب أيضًا أن ينمو بعمق أكثر بين العلوم الطبيعية والاجتماعية.

## خصائص العلم الحديث

خلال العقود الثلاثة ازداد حجم التقدم العلمي حتى لم يعد تعرُّفه ممكنا. ويبدو هذا جليا سواء قيست المهمة العلمية بمعيار عدد الناشطين في البحوث أو بالإنفاق على العلم، أو بعدد البحوث المنشورة ، أو بمدى الإنتاج في العالم المؤسس على التقدم العلمي. إن هذا التغير البليغ في حجم النشاط لا يمكن إلا أن يستدعي تغيرا عميقا في شخصية العلم نفسه وعلاقته بالمجتمع. فلم يعد العلم نشاطا منعزلا وهامشيًا بالنسبة إلى المجتمع، وإنما هو متناسج تناسجا لصيقا مع قطاعات الإنتاج الأخرى الطبية والصناعية والزراعية وغيرها، ويؤثر تأثيرا نفاذا في المجتمع ككل، عبر الفعاليات الحكومية وتلك المتبادلة بين الحكومات.

إن الخاصية المهمة الثانية للتطور العلمي الحاصل مؤخرا هي سرعة وضع الاكتشافات العلمية موضع التطبيق العملي. وإذا كان جزء من الإنتاج، وبخاصة في الدول النامية، مستمدا من الممارسات التقليدية، فإن الجزء الأعظم من الإنتاج الحالي يعتمد على اكتشافات علمية من الماضي القريب ويمكن بسهولة أن نتتبع انبثاقه عنها. وهذه الاكتشافات هي باطراد من نتاج القرن العشرين وغالبا من العقود القليلة الأخيرة منه. إن الإلكترونيات وتقانة المعلومات، والبلاستيك والنسج التركيبية، والهرمونات والمضادات الحيوية والطاقة النووية وتقانة الفضاء بكل تطبيقاتها، والهندسة الجينية، هي مجالات توضح كيف تتم الترجمة السريعة للمكتشفات العلمية الأساسية إلى سيرورات ومنتوجات مستعملة في الحياة اليومية.

وثمة ملمح ثالث ألا وهو استخدام العلم في التسلح. وليس جديدا اهتمام العلماء والمبتكرين بآلات الحرب وبتقديم المشورة للعسكريين. لقد كان ليوناردو دافنتشي عالما كبيرًا إضافة إلى ما هو معروف عنه عاليا من قدرات في الفنون الإبداعية. ففي رسالة عرض فيها خدماته على دوق ميلانو استفاض في شرح مقدرته على ابتكار آلة حرب، وحتى إن ذكره لمهاراته كمهندس معماري ونحات ورسام مفيد في أوقات السلم، لم يأت إلا في نهاية رسالته. فقد أدرك ليوناردو أن ثمة ظروفا تجعل التورط في عمل عسكري ضروريا وقال: « عندما يحاصرني طغاة طموحون، أجد وسائل للهجوم والدفاع لكي أحتفظ بهبة الطبيعة التي هي الحرية». لكنه كان واعيا أيضا بأن المخترعات يمكن أن تستخدم في سبل لم يفطن إليها المخترع أصلا ولا يحبذها. ولقد قال في تعليقه على أفكاره الخاصة بالغواصة: «والآن يمكن بهذه الوسيلة أن يبقى العديد من الناس تحت الماء بعض الوقت . كيف ولماذا؟ لن أصف منهجي للبقاء تحت الماء وقتا طويلا... وهذا ما لن أنشره أو أذيعه بسبب طبيعة البشر الشريرة، الذين سيمارسون الاغتيال في قاع البحر بتحطيم الأجزاء السفلية من السفن وإغراقها مع طواقمها القابعين فيها». وهكذا فهو يعارض التطوير العشوائي لأسلحة الرعب المستعملة لمحض الغزو والاستغلال. وفقط في هذا القرن، ارتبط العلم بالمشروع العسكري عبر استعمال الطائرات والدبابات والغازات السامة في الحرب العالمية الأولى؛ والرادار والسونار والصواريخ والأسلحة النووية ذات القوة المريعة في الحرب العالمية الثانية.

عبر نصف القرن الأخير استمرت وتضاعفت – بفعل عوامل كثيرة – الإعانات المالية التي تقدمها الحكومات للعلم كي يهيىء لحروب جديدة تعتمد اعتمادا متزايدا عليه. فقد اتسع مجال الحرب ليشرك البشرية كلها، بعد أن كان يقتصر على المواجهة بين الجيوش. ولقد أخذ العلم الحديث يشكل جزءا جوهريا من النظام العسكري، ليس فقط في الأسلحة الفتاكة ذاتها وإنما أيضا في آليات الدعم الواسع التي تحتاج إليها الحرب.

وإلى عهد قريب نسبيا كان الاهتمام منصبا على حروب تتورط فيها أمم وحكومات بأنظمة تسلح بالغة التحديد. لكن الحقيقة هي أن عدة إنجازات متقدمة في إنتاج المتفجرات والأسلحة الأوتوماتيكية والبيولوجية صار بالإمكان أن تستغلها مجموعات صغيرة من الفوضويين والإرهابيين، مما أضاف بعدا جديدا للرعب الذي أسهم العلم في خلقه.

يحظى العلم اليوم بعلاقة تآزر وتعايش مع التقانة. ففي المراحل المبكرة من التطور التقاني، كان التقدم ينجز إلى حد كبير عبر استخدام المهارات والتقنيات المكتسبة ميدانيا، وكان ثمة قليل فقط في الفهم الفكري لما تضمنه ذلك التقدم. فمثلاً ، إن واحدا من أبرز الابتكارات، والذي كان له تأثير مجتمعي عميق الدلالة، هو المرجل البخاري؛ وبعكس ما يظن في البداية، فهو لم ينشأ عن فهم للفاعليات الحرارية، بل بالأحرى إن تطورات تقانية كهذه قد شملت دائما أفكارا جديدة، ولكن بسيطة، وعنصر تجديد. وفي العقود الأخيرة، تتقدم التقانة إلى الأمام عبر فهم علمي أساسي للسيرورات المطلوبة. فالهندسة الكهربائية، وهي ذات إسهام مهم في التقانة، كانت منذ البداية مؤسسة بكاملها على العلم. وبالمقابل نجد أن التقانة الكيميائية كانت ميدانية إلى حد كبير في بواكير مراحلها، على الرغم من أنها الآن قائمة على العلم إلى درجة كبيرة. إن التطورات في ميادين، كالتقانات النووية والحيوية والفضائية وتقانة المعلومات، قائمة كلها على المكتشفات العلمية والمعرفة والفهم، وبدوره فإن التطور التقاني يُمكّن العلم من المضي قدما بسرعة أكبر. وإن ثمة إمكانات قوية تتحصل عبر توافر مواد وإلكترونيات وتطبيقات جديدة وهي تيسر عملا علميا أسرع وأوثق. فمثلا نجد أن تقانة الحاسوب هي اليوم في صميم التقدم والنشاط العلميين. وإن هذه العلاقة اللصيقة بين العلم والتقانة هي ما يُمكّن كليهما من التقدم أسرع فأسرع.

## تغيرات في تنظيم العلم

عبر تاريخ العلم الحديث تم القيام بجزء كبير من البحث العلمي في المؤسسات التربوية، وهو وضع مستمر حتى اليوم. لقد تأتت أعظم الاكتشافات العلمية على الدوام من الباعث العميق ومن حب الاطلاع ومن الحدس والقدرة العقلية المحضة للعقول الفردية. ولكي تزدهر وتثمر هذه السجايا لا بد من بيئة تسمح للعقل بالطواف الحر على الآفاق الفكرية عند الحدود الحالية للفهم. وإن البنى الداعمة الملائمة مطلوبة من دون شك، لكن المتطلبات الأعظم أهمية هي حرية الفكر والتعبير، ووجود خلفية ثقافية ترعى البحث العلمي. والشباب هم الأكثر ابتكارا لكونهم غير متعثرين بالكم الهائل من المعلومات والخبرة وإنما مزودون بمهارات تقنية ضرورية للبحث العلمي الرائد.

كان العلم حتى الحرب العالمية الثانية نشاطا يسير ببطء كبير وينفذ بأبسط تمويل، وغالبا ما يتضمن مجموعات تهيمن عليها بفعالية عالية علاقة أستاذ - طالب. لكن العلم بعد الحرب صار أكثر تنظيما وتوافرت له كميات من المال- أكبر بكثير- تصب في صندوق البحث. وظهرت إلى الوجود تسهيلات كبرى ومشروعات بحوث رئيسية وبرامج. وقد اتضحت قدرة المشروعات المنظمة أثناء الحرب العالمية الثانية، مثل تطوير أجهزة الرادار ونصبها، ومشروع مانهاتن لتطوير القنبلة النووية. واتسعت مخابر(مختبرات) البحث الصناعي التي قامت قبل الحرب العالمية الثانية بزمن، وقد امتد بعضها بتوسع إلى موضوعات تقع على تخوم العلم بل حتى على العلم الصرف. فمخبر "بل" مثال على مخبر بحثي صناعي ضم العديد من حائزي جائزة نوبل. ففيه تم اختراع الترانزستور، الذي أحدث ثورة في علم الإلكترونيات. وإن البرهان التجريبي على إشعاع الخلفية المكروي[1]. الدال على الذرة المتبقية من "الانفجار الأعظم"[2] لدى ولادة الكون، والذي هو بالتأكيد قياس لحرارة الكون اليوم، إنما جاء أولا في تقرير من تقارير (مخبر بل). وحقا يمكن القول: إن علم الفلك الإشعاعي قد ولد هناك، وكذلك فقد أُنجزت كثير من البحوث التي فازت بجائزة نوبل، في العديد من المخابر البحثية الصناعية الأخرى.

واليوم تتكفل الصناعة بقدر كبير من الإنفاق على العلم، كما تتكفل بذلك الحكومات، في مجالات مثل بحوث الدفاع وتوفير التسهيلات المسحية للبنى التحتية، ومشروعات كبيرة تتناول بحوث الفضاء والمتيورولوجيا (علم الجو) وعلم المحيطات. وفي هذا المضمار، ربما يبدو أن البحث الجامعي قد انحسر إلى المؤخرة ، وقد يكون الأمر كذلك من منطلق المخصصات المالية، على الرغم من أنه يستمر في كونه نبض القلب بالنسبة للعلم.

(١) الصُّغرى أو الدقيق microwave background radiation

(٢) The Big Bang

## ظهور العلم الكبير 'MEGASCIENCE'

منذ نهاية الحرب العالمية الثانية، يتم إجراء الأنشطة الرئيسية في العلم التي تستلزم مواقع متعددة للتجارب ، أو مخبرا واحدا معقدا وبالغ التطور تتطلب إقامته وتشغيله فرقا كبيرة من العلماء وإنفاقا يصعب أن يتحمله بلد واحد، على شكل مشروعات سميت "العلم الكبير"[1]. وقد كانت هذه المشروعات- في بداية الأمر- في مجالات الفيزياء المعنية بالطاقة العالية للجسيمات الأولية وفي علوم الفضاء. وهي الآن تشمل مجالات أخرى مثل علوم الأرض والبيولوجيا الحديثة (علم الأحياء الحديث).

في حالة فيزياء الطاقة العالية يسهل فهم الأساس المنطقي لمشروعات العلم الكبير. ففي استكشاف بنية المادة، تتطلب الأبعاد البالغة الصغر فيها استعمال **مجسات** probes لها أطوال موجات ذات أبعاد مشابهة. وبما أن ثمة علاقة عكسية بين طول الوجة والطاقة، فمن الضروري التوصل إلى طاقات أعلى بازدياد لإنتاج هذه المجسات. وقد استعملت لهذا العمل مسرعات عملاقة كالمسرع لدى المنظمة الأوروبية للبحث النووي (CERN) في جنيف، وهو تعاون شُرع به، ويستمر، من قبل كونسورتيوم[2] لعدة دول أوروبية.

كذلك فإن الأقمار الصنعية وأنظمة الإطلاق وبرامج مجسات الفضاء العميق هي أيضا مشروعات بأحجام كبيرة. ففي بداية الأمر، كانت الأقمار الصنعية ومجسات الفضاء تطلق حصرا من قبل الولايات المتحدة والاتحاد السوفييتي السابق. أما وكالة الفضاء الأوروبية، وهي كونسورتيوم آخر بين دول أوروبية، ثم اليابان والصين والهند فكلها اتبعت المسار نفسه بالرغم من نطاقه الضيق. وباطواد، تزداد تكلفة المشروعات، ومن ثم فإنها تُطرح كمشروعات مستقبلية تشترك فيها عدة دول.

إن الترتيب التتابعي لجينوم[3] الإنسان يمكن أن يعتبر بجد مشروعا يمثل خطوة البيولوجيا (علم الأحياء) الأولى نحو العلم الكبير. فحاليا تتعامل معه الأمم بصورة إفرادية، وبالتالي فقد برزت تساؤلات عن حقوق الملكية الفكرية، على الرغم من أن الكثيرين يؤمنون بأن "مشروع جينوم الإنسان " ينبغي تنظيمه كمشروع تعاوني دولي. ويتنبأ بعض الخبراء بأن الملامح المشتركة للجينوم البشري سيمكن وضعها في خريطة بحلول عام 2000، وبعد ذلك سيمكن بسرعة رسم خريطة الفروق الفردية في هذا الجينوم.

ويشعرالكثيرون في الجماعة العلمية أن الازدياد في الطلب على مصادر التمويل من أجل المشروعات الكبرى قد يجعل (العلم الصغير) يتضور من حاجته إلى التمويل. ويخشى أيضا من أن تتشوه شخصية العلم فيصير أكثر تنظيما وإدارة كحال الصناعة، بهدف تحقيق مهمات أكثر تحديدا. وفي الحقيقة قد يؤدي تنظيم كهذا إلى فقدان ذلك الحافز الخلاق الذي ينشأ عن احتدامات وبواعث وأصالة داخلية للفرد. وفي هذه الحقبة من العلم الكبير، فإنه لعلى أقصى درجة من الأهمية تأمين توازن مع "العلم الصغير" والبحوث في المؤسسات التعليمية، حيث يستمر دعم العلميين الشبان ليتمكنوا من متابعة بحوثهم وأفكارهم الخاصة.

## التغيرات الحديثة في الظروف العالمية وتأثيرها في العلم

على ما يبدو، لم تكن التغيرات الجسيمة في الجغرافيا السياسية خلال العقد الماضي لتخطر على بال أنفذ المحللين بصيرة في حوادث العالم. ففي فترة تبلغ أربعة عقود بعد الحرب العالمية الثانية، خلال فترة الحرب الباردة المتميزة بقوتين عظميين متجابهتين، شهد العالم تلولبا متصاعدا للعسكرة بأسلحة متزايدة التعقيد طورت بفاعلية تدميرية شاملة. ثم فجأة انتهى الصراع بين النظامين السياسيين الاقتصاديين مع الانهيار الكلي للبنية القيادية في أوروبا الوسطى والشوقية. وتأخذ محله الآن إعادة البناء والتعاضد على مستوى كوكبنا، بما يفضي إلى تجمعات اقتصادية جديدة وتحالفات استراتيجية جديدة. وإن الصورة الاقتصادية السائدة اليوم تتضمن قوى السوق والمنافسة والتدفق الحر للبضائع والخدمات بحد أدنى من الحواجز التي تتخذ شكل تعريفات جمركية ومعونات تيسيرية. إن وقع انعطاف الأحداث هذا على العلم سينتظر من يستشعره. وإن

(١) megascience (or Big Science)

(٢) ائتلاف شركات أو دول لغرض معين.

(٣) genome أو المجموعة الجينية.

أحد الآمال الرئيسية هو أن انهيار إحدى القوتين العظميين والتخفيض الموازي له في مستوى المجابهة العسكرية، سيقلل- كثيرا- الحاجة إلى الإنفاق العسكري الضخم والمتصاعد الذي طبعت بطابعه مرحلة ما بعد الحرب العالمية الثانية. وهذا التخفيض في نفقات الدفاع، أو ما يسمى "ريع السلام"، سيكون على ما نأمل، متاحا للأهداف المدنية ولاسيما برامج التطوير المستدامة، ويؤمن من خلال ذلك دعمًا لسيرورة العلم باعتبارها نشاطا ابتكاريا إبداعيا ثقافيا من أنشطة الجنس البشري.

لقد حال عاملان على الأقل دون الوصول إلى تعاضد جديد كهذا في وضع الميزانيات. الأول هو أن العالم برمته كان في العقد الأخير في حالة بائسة اقتصاديا بصورة إجمالية. فاقتصادات السوق الكبرى في أمريكا الشمالية وأوروبا الغربية واليابان مرت بحالة انحسار وبطالة صاعدة، واقتصادات أوروبا الوسطى والشرقية والاتحاد السوفييتي السابق هي على شفير أزمة.إذًا ليس ثمة مؤشرات على أي زيادة في العون من الأقطار الغنية للفقيرة، ولا في زيادة تمويل العلم.

أما العامل الآخر فأهميته لم تتبين عموما، ويتمثل في الصعوبة المتزايدة التي تواجهها الحكومات في موارد الجباية من مجتمعاتها لتمويل أنشطة، هي والحق يقال، واقعة ضمن اختصاص الحكومة. وبعبارة أخرى، إن الموارد قد خوّلت للناس على أساس أكثر لامركزية بكثير(وهذا ما ينبغي أن يكون)، على الرغم من أن جانبا معتبرا منها ينفق على الحياة الاستهلاكية. ومن غير المرجح أن توظَّف الوارد التي تجنيها المشروعات الصناعية في العلوم البحتة والبحوث الأساسية. وفي السوق التنافسي الراهن، حيث التحدي يواجه الصناعة كي تستولد منتوجات وسياقات للبيع، فإن الاستثمار سيكون على الأرجح في البحوث التطبيقية والابتكار التقاني. فثمة حاجة إذًا إلى البحث عن طرائق تنظيمية يمكن من خلالها للحكومات والكيانات المؤتلفة الكبيرة أن تؤمن الموارد من أجل العلم، وبخاصة البحوث الأساسية، ومن أجل المجهودات العلمية التعاونية العالمية مثل بحوث أنظمة التربة وغيرها من المشروعات الكبرى ذات الأولوية، وكذلك من أجل التكوين المستمر للبنى التحتية اللازمة للعلم كي يحقق مهمته في التعبير الخلاق عن الروح الإنسانية.

## منظور الدول النامية للعلم

من بين بلدان العالم النامي، ثمة من يمكنه الافتخار بأن دخل الفود لديه عال بسبب امتلاك بلده موردا طبيعيا كالنفط . لكن الأغلبية الساحقة فقيرة وتعتقد أن بوسعها السير على الدروب التي مشتها البلدان الغنية في الماضي القريب لتحقق مستويات عيش مماثلة. إن كل جزء من العالم يعرف كيف تعيش الأجزاء الأخرى وذلك بفضل التقانة الحالية للمعلومات، وبخاصة التلفزيون، وبفضل الانتقال الهائل للناس الذي يُسهله السفر الجوي الكثيف. وهكذا فإن البلدان النامية، بسكانها الغفيرين المتزايدين، تشهد مدًا صاعدا من التطلعات والتوقعات نحو الحياة الطيبة التي يشاهدونها في دول الفيض المعيشي، وهذه تثير بدورها السؤال الإشكالي عما إذا كان بوسع الأنظمة الداعمة للحياة على الأرض أن تستوعب سكانها برمتهم فيما لو اتبعوا أسلوب العيش الكثير الاستهلاك الذي نراه الآن في الشمال. فبادىء ذي بدء، إنه لأمر أكثر أهمية أن ندرك ما على بلدان الجنوب الفقيرة أن تؤمنه لسكانها من ضرورات الحياة الأساسية ومن الكرامة الإنسانية، وأن ندرك أيضًا أن الدروب المفضية إلى التطور ينبغي تدعيمها ليس فقط لأجل الجنوب وإنما لأجل العالم ككل. ويمكن تحقيق هذا التطور فقط عبر أكثف وأنسب استعمال للقدرات التي أتاحها العلم والتقانة للبشرية. وعلى الشمال أن يقدم إسهامه عبر إعطاء مثال طيب عن تخفيض ما هو غير ضروري مما يستهلكه. فمع أن الإسهامات المحددة لقوة العمل ورأس المال والتقانة في النمو الاجتماعي الاقتصادي تتباين تباينا شاسعا في مختلف الأوضاع، فمن المتفق عليه عموما أن التقانة قد تسببت في معظم التقدم الاقتصادي العالمي في الماضي القريب. بل ويمكن الزعم بأن عوامل أخرى تمنع تقدم التنمية، مثل ضغط التزايد السكاني وعدم الاستقرار السياسي، إنما تنجم عن الافتقار إلى التنمية.

في حقبة ما بعد الاستعمار، التي تلت الحرب العالمية الثانية، كانت ثمة نظريات كثيرة تتناول سيرورة التنمية ودور العلم والتقانة فيها. وإن أحد الملامح التي تزداد وضوحا هو أنه لا يمكن استقدام التنمية من الخارج، وإنما يجب أن تستنبت في البلاد المعنية. ومن هنا فثمة حاجة إلى قدرات علمية وتقانية مستمدة من البلد نفسه. وعندما توجد بنى تحتية علمية تقانية، يمكن للوجود الخارجي أن يعمل كعنصر مساعد قوي في المعادلة، ويمكن تمثله محليا واستعماله بحكمة. وعلى العكس، فمن دون هذه القدرات الاستيعابية داخل البلد، غالبا ما تضيع معظم المساعدات الخارجية. فرفع شأن العلم والتقانة هو إذًا واجب وضرورة في بلدان العالم النامي.

وعلى الرغم من التباعد في السياسات الاقتصادية خلال القسم الرئيسي من هذا القرن، فإن بلدان الغرب المصنعة وبلدان أوروبا الوسطى والشرقية تتشارك في تراث علمي متشابه، إلى حد ما، من حيث إسهامها في مسيرة تحديث العلم، منذ الثورة الصناعية. ونتيجة لذلك، فإن العلم والتقانة متجذران بعمق في ثقافة تلك البلدان، وإن هذا لصحيح الآن بالنسبة لليابان.

وبالمقابل نجد افتقارا للتسامح إزاء العلم سائدا في العالم النامي، إضافة إلى افتقار للتربية الرسمية بين شرائح عريضة من السكان الذين يستمرون في أعمالهم التقليدية كما كان عليه الحال في القرون الخوالي. وكلتا هاتين الخاصيتين واجبة التغيير، ويجب إعطاء أولوية عليا على لائحة العمل القومية لمحو الأمية وللتعليم الابتدائي الشامل، وللتعليم العلمي بشكل خاص. وثمة حاجة أيضا إلى ترقية نظم قيمية تجعل لتتبع الدراسة العلمية مكانة أرفع في المجتمع. ففي المراحل الأولى، وإلى أن تتمكن الأعمال والصناعة من تأمين موارد مهمة للبحث والتطوير، وبالقدر الذي يمكن الحصول عليه من مساعدات خارجية عبر الحكومات وبرامج المساعدات، يجب على حكومات العالم النامي أن تخصص الموارد اللازمة للتربية ولإعداد وتهيئة القدرات العلمية في بلدانها. وبهذه الطريقة فقط يمكن لقاعدة وطنية ولبنى علم تحتية أن تُخلقا، وللناس أن يتزودوا بما يمكّنهم من المشاركة في التنمية الابتكارية والاجتماعية والاقتصادية المؤسسة على المعرفة.

## علم عالمي وتعاون دولي

لقد شكل العلميون دوما جماعة دولية. وكأفراد، فقد تفاعلوا وتعاونوا في مجال تخصصاتهم عبر حدود قومية وقارية. على أن هذا أقل صحة في مجال التقانة لأن الاعتبارات التجارية والاستراتيجية قد حجبت الفيض الحر للمعلومات في هذا المجال. ومنذ عهد أقرب تغير هذا الوضع بسبب الدرجة العالية من التكافل العالي، الذي هو ملمح مميز من ملامح المشروعات المتعددة الجنسيات.

وإضافة إلى التعاون بين العلميين كأفراد أو كمجموعات، ثمة عدد متزايد من المشكلات، الآن، التي تستدعي تعاونا دوليا. فأولا هناك مشروعات "العلم الكبير" التي ذكرت سابقا، ثم هناك تلك التي تتطلب تعاونا دوليا. إن المشكلات نفسها هي ذات طبيعة عالمية وتقتضي وجود شبكات واسعة من الرصد والقياس والتحليل. ومن أوائل الأمثلة على هذا هو رسم خريطة الحقل المغناطيسي للأرض، الذي تطلب أخذ أرصاد من نقاط عديدة على سطح كوكبنا. وفي السياق الحالي، فإن مسائل مرتبطة بالأرصاد الجوية وعلم المحيطات وبيئة الأرض عموما، تدخل ضمن هذه المنظومة. وإن برامج كهذه تفترض سلفا وجود بنى تحتية عريضة ومعها البواخر والطائرات والأقمار الصنعية واستقبال المعلومات وأنظمة التخزين والتحليل، وتتطلب أيضا عددًا كبيرًا جدا من نقاط الراقبة والرصد؛ وفوق هذا فهي تتطلب تحديدًا واضحا للمهمات وتخصيصات مالية للبحوث ومَرْحلة[1] للبرامج وتنظيما وإدارة وتنسيقا يضمن نجاحها.

خلال نصف القرن الأخير، قام المجلس الدولي للاتحادات العلمية بدور بارز في تنظيم أنشطة علمية دولية، ولا سيما تلك المتعلقة بالبيئة. وإضافة إلى العلميين الأفراد، فقد شملت هذه الأنشطة منظمات حكومية وغير حكومية.

ولدعم برامج البيئة العالمية، نصبت أنظمة رصد ومراقبة رئيسية مثل (نظام الرصد المناخي العالمي) و (نظام

(١) phasing

الرصد العالمي للمحيطات) و (نظام المراقبة الأرضي العالمي) بالتعاون مع المنظمة العالمية للأرصاد الجوية وبعثة علم المحيطات الدولية الحكومية(IOC) التابعة لليونسكو. ومن المنتظر أن تَستكمل هذه الأنظمة (برنامج الإنسان والمحيط الحيوي «MAB») و(البرنامج الهيدرولوجي الدولي «IHP»)، وهما مبادرتان تابعتان لليونسكو منذ زمن طويل.

وهذه البرامج العالمية توفر فرصة فريدة للعلميين في البلدان النامية كي يشتركوا في علم على خطّه الأمامي، إذ إن الأرصاد والمراقبات مطلوبة من مواقع متعددة على سطح الأرض، والكثير منها ستتم في تلك البلدان. وإن للمشاركة في هذه البرامج بعدا مهما في التبادل المعلوماتي والتدريب أيضا، مما يسهل مسيرة قيام علم وتقانة وطنيين في البلدان النامية.

## العلم من أجل تنمية مستدامة

في التاريخ البشري المبكر، عندما كان السكان قليلين، لم يُعرّض حجم الأنشطة البشرية بيئة الأرض لأي ضغوط غير عكوسة. إلا أن سكان العالم قد ازدادوا مما قدر بنحو 300 مليون عند بداية القرن الحالي إلى 1.7 بليون عام 1900. وينتظر ازديادهم إلى ستة بلايين عام 2000– وربما وصل عدد سكان العالم إلى حد الإشباع برقم يتراوح ما بين 8 و 15 بليونا، وذلك بحسب سرعة نجاح إجراءات تثبيت الزيادة السكانية. هذا النمو في السكان يتم حصرًا إلى حد ما في البلدان النامية. ومن الواضح أن الحاجات الأساسية للمجتمع البشري مهما كان تعداد سكانه يجب تأمينها من حيث الطعام والمأوى والملبس والماء والطاقة والعمل والتعليم الأساسي والرعاية الصحية. وبالتالي على التنمية أن تتبع نموذجا يضمن تأمين هذه المتطلبات الأساسية.

لقد حدثت زيادة هائلة في حجم الأنشطة البشرية منذ الثورة الصناعية. فالإنتاج الصناعي زاد بأكثر من مئة ضعف. ولم يكن هذا بكامله على حساب الوارد الطبيعية أو البيئية كما قد يعتقد البعض، لأن العلم والتقانة أوجدا على الدوام سبلا جديدة لاستعمال الموارد استعمالا أفضل عبر تحسين مهم للإنتاجية والفاعلية، وجعلا موارد جديدة تماما قيد الاستعمال. ومع ذلك فإننا نعرف الآن أن تأثير هذا الحجم الكبير الاتساع من النشاط البشري هو إجهاد أنظمة الأرض التي تدعم الحياة عليها. وإذ تعزز الدول النامية، بأعداد سكانها الغفيرة والمتعاظمة، تطلعات نحو مستويات عيش عالية تشهدها في الدول المتقدمة (وهذا أمر طبيعي) وتقلد أنساق التنمية في هذه الدول، فإن تأثير ذلك في البيئة قد يغدو مستديما ويعرض للخطر فعلا استمرار الحياة البشرية على الأرض.

إن الأثر الذي خلفته الأنشطة البشرية في البيئة كان في بداية الأمر ذا طبيعة محلية ، وقد اتخذ شكل تلوث للهواء والماء وتدمير للغابات؛ ثم اتسع بعدئذ ليأخذ أبعادا إقليمية، فلم يعد تأثيره يقتصر على أمة أو منطقة. فالأمطار الحمضية والتصحر وتدفقات النفط في المحيطات والملوثات الصناعية للأنهار الكبرى وعواقب الحوادث النووية والكيماوية، لا تحترم أبدا الحدود المحلية أو القومية.

وقد تنامى مزيد من القلق إثر كشوفات علمية حديثة بينت تدهور البيئة بصورة لا تدركها الحواس البشرية. وثمة ظاهرتان لهما مضامين خطيرة على الحياة البشرية هما استنزاف أوزون الطبقة العليا في الجو والاستفحال السريع "لغازات الدفيئة"[1] التي تؤدي إلى احترار كوكبنا، مما قد يطلق تغيرا مناخيا وارتفاعا لمستوى سطح البحر. وهذه المؤثرات البيئية في الأرض كلها يتعين أن تتعامل معها قطاعات المجتمع البشري كافة في فعل يستهدف المصلحة المشتركة.

إن الضنك الذي تعانيه البيئة يُردّ إلى عاملين رئيسيين هما بوضوح: الأنساق الاستهلاكية لمجتمعات الفيض الصناعية الحديثة، تلك الأنساق التي يدعمها التقدم العلمي والتقاني، وارتفاع معدلات الزيادة السكانية في الدول النامية.

ويمكن تحقيق استقرار في النمو السكاني في الدول النامية عبر تنمية سريعة تتركز على الإنسان. والمشكلة التي أمامنا هي تحقيق استمرار للتنمية في الدول النامية، ولكن على دروب يمكن المضي فيها على المدى الطويل. فكما اتضح من تقرير (اللجنة العالمية للبيئة والتنمية) التي ترأسها

(١) greenhouse gases

السيدة <گروهارلم برنتلاند>وقد شاعت تسميته (تقرير برنتلاند)، فإن التنمية المستدامة "يجب أن تضمن تأمين احتياجات الحاضر دون تهديد لاحتياجات أجيال المستقبل".

في أواخر الستينات قدم "نادي روما" تقريرا عنوانه (حدود النمو) عالج ما إذا كان بوسع البشرية أن تتحمل الاستمرار في نسق نموها الحالي بإلحاحه الشديد على الموارد، وما إذا كانت حدود الموارد المتاحة ستقيد بشدة إمكانات النمو. وفي سياق الحاجة إلى تنمية مستمرة، فإن السؤال المطروح علينا اليوم لا يرتبط كثيرا بإمكانية الحصول على الموارد، وإنما بمقدرة الأنظمة الداعمة للحياة على الأرض على امتصاص المؤثرات -التي تهدد كيان الإنسان- والتي تفرزها أساليب وأنساق حياتنا وتطورنا الحالية،والتي يُتوقع ازديادها مع الزمن. وهكذا فإن التشديد على الحفاظ على الموارد قد انتقل إلى تنمية مستدامة سليمة بيئيا.

ولا شك أن كثيرا من الحلول تكمن في مجال العلم والتقانة، غير أن التنمية المستدامة والسليمة بيئيا لا يمكن تحقيقها عبر تأطير تقاني محض. فثمة حاجة أيضا إلى أن يفهم المجتمع ويتقبل الحاجة إلى التغيير نحو طريقة جديدة في الحياة والعيش. وهكذا تواجهنا مشكلة صياغة استخلاصات وتوصيات بصورة تتقبلها الحكومات والناس ورجال الصناعة والأعمال، وتتصرف بموجبها.

وينبغي على العلميين وهم يخاطبون صناع السياسة والقرار أن يبسطوا أفكارهم ويستخدموا لغة سهلة ويهجروا في توصياتهم شتى المتطلبات. وأن يلتزموا فعلا بوجهات نظر في ميادين تتضمن درجة جيدة من اليقين. ومن ناحية أخرى، فإن السياسيين يعملون ضمن مقاييس زمنية أقصر تحددها سيرورات معينة مثل الانتخابات، ويفضلون السير على دروب مطروقة جيدا ومعروفة بأنها تؤدي بسرعة إلى نتائج مرضية. أما الآفاق البعيدة في الزمن والمتضمنة عدالة بين الأجيال، فلن تدخل في خطط تحركاتهم ذات الأطر الزمنية الضيقة. وبالتالي فمن الأهمية بمكان أن يتلاقى العلميون والتقانيون مع علماء المجتمع ورجال الأعمال والصناعيين والسياسيين وصانعي القرار، داخل الحكومة وخارجها وكذلك مع هؤلاء المهتمين بسيرورات التنمية وبالمجتمع على صعيد قاعدي، وذلك لتطوير سيرورة تربوية تفاعلية جديدة بأكملها وتكوين وعي والقيام بالتحليل واتخاذ القرار. وفضلا عن ذلك فإن مفردات دارجة الآن، مثل النمو والتنمية والناتج القومي الإجمالي وتحليل المكسب والتكلفة، لا يمكن أن تستمر في الاستعمال على أساس تعاريفها الحالية الضيقة، فمعانيها ستحتاج إلى تفحص جديد من منطلق الأوضاع التي ستُواجه في المستقبل. وسوف نحتاج إلى إعادة ترتيب أجزاء من أنظمتنا التربوية كي نتوصل إلى فهم أفضل للبيئة ونغرس أنظمة قيّمة تكرس مبدأ الاستدامة طوال أجيال.

يجب أن ندرك أن مقدرة الأرض على التحمل محدودة. وأنه لا بد من تحقيق انسجام أو توازن بين أعداد البشر وأنشطتهم وبقية الأنظمة الحية وغير الحية على كوكبنا. وليس بمقدور جماعة سكانية أن تستمر في النمو على حساب جماعة أخرى. فقد يثار عندئذ السؤال عما إذا كان بوسع هذه الحالة من الوجود المتسق أن تثبت أم أنها ستتفسخ. والجواب هو أنه لا بد من تغيّر مستمر ولا بد من التوصل إلى توازن فعال يفضي إلى حياة أفضل عبر مناهج جديدة لاستعمال الموارد، بدلا من الإسراف في استخدام جزء أو قسم كبير من النظومة الأرضية. إن بوسع العلم والتقانة أن يكونا قوة جبارة في تصميم أساليب ابتكارية لاستثمار الموارد نفسها، ولكن على هذه الطرائق أن تكون مقبولة لدى المجتمع. وهذا هو التحدي والمهمة اللذان أمامنا ونحن ننشد اتجاهات جديدة لأجل العلم قد يمكنها أن تحسن نوعية الحياة.

## مؤتمر الأمم المتحدة للبيئة والتنمية وجدول أعمال القرن 21

عقد مؤتمر الأمم المتحدة للبيئة والتنمية (UNCED) في ريودي جانيرو بالبرازيل خلال حزيران/ يونيو من عام 1992- وقد استمد "مبرر عقده" من تقرير برونتلاند الذي نشر قبل سنوات قليلة. وقد دعا ذلك التقرير إلى سيرورة تنمية مستدامة تكون منسجمة مع المنظومات الأرضية

الداعمة للحياة وقدرة هذه المنظومات على الاستمرار. وقد وضع التقريرُ التنميةَ في سياق يتجاوز كثيرا الاقتصاد بمفرده: إن على التنمية أن تؤمن العدالة ضمن الجيل الحاضر وأيضا بين الأجيال. وسلط الضوء على الحاجة إلى تغيير الاتجاه إلى غير الأنساق الحالية للتنمية والاستهلاك إذا ما أريد للاستدامة أن تتأكد. وقد عقد هذا المؤتمر بعد أعمال تحضيرية مهمة وكان الجهد المبذول لمناقشة هذه المسائل على أعلى مستوى بين الحكومات.

لقد كان البند المركزي للمناقشات في ريو هو بوضوح جدول القرن 21، وإن هذا البرنامج – من حيث الأساس – عمل واسع القاعدة جدا ويغطي ، بصورة متكاملة، التنمية والمسائل البيئية. ومن الضروري أن نتبين أن جدول أعمال القرن 21 ناقشته الحكومات فقرة فقرة وجملة جملة. وقد ساعد المجلس الدولي للاتحادات العلمية (ICSU) على إعداد الفصل 35 من جدول أعمال القرن 21، وعنوانه "العلم من أجل تنمية مستدامة". وفضلاً عن هذا الفصل المحدد، فقد كان للعلم دور مهم جدا في التصدي للعديد من المسائل التي نوقشت في الفصول الأخرى، كتلك التي تتناول حماية الجو، وتخطيط وإدارة موارد الأرض وموارد المحيطات والمياه العذبة، والحفاظ على التنوع البيولوجي وإدارة التقانة البيولوجية إدارة سليمة بيئيا والتصدي لتدمير الغابات، وإدارة الأنظمة الإيكولوجية الهشة، وإدارة الكيماويات السامة والنفايات الخطرة والمشعة. أما الفصل 31 الموسوم "الجماعة العلمية والتقانية" فيتوسع في تحليل التعاون المرغوب فيه بين العلم وصنع السياسة والإعلام الجماهيري، مثلما يتوسع الفصل 36 حول تطوير التربية والوعي الشعبي والتدريب، والفصل 37 حول الآليات الوطنية والتعاون الدولي من أجل تكوين القدرات اللازمة في الدول النامية. وللفصل الأخير صلة خاصة بالجماعة العلمية لأن تكوين القدرات العلمية والتقانية أمر جوهري لتحقيق تنمية مستدامة.

## جدول أعمال لأجل العلم في سياق مؤتمر الأمم المتحدة للبيئة والتنمية

تولي الجماعة العلمية أقصى اهتمام لجدول أعمال خاص بالعلم يمكن طرحه في سياق الإجماع الدولي الذي تم التوصل إليه في ريو. وبصورة عامة يمكن ترتيب هذا الجدول تحت ثلاثة عناوين رئيسية:

- أن يُطبق بصفة الاستعجال ما هو معروف من أجل تخفيف إجهاد البيئة إلى حد كبير في مجالات كثيرة، ويتعين فحص معوقات هذا التطبيق واستنباط وسائل للتغلب عليها من قبل العلماء، وبمشاركة العلماء الاجتماعيين ورجال الأعمال والصناعة وصناع السياسة في المنظمات الحكومية وغير الحكومية.
- أنْ تطور مقاربات جديدة، ولاسيما في المواقع الحاسمة حيث لا يمكن التخفيف أو التغلب على الإجهاد البيئي الناجم عن المؤثرات المنبثقة عن البشر وتطورهم بسبب الحاجة إلى تلبية حاجاتهم وتطلعاتهم.
- أن تُنَمى برامج لفهم بيئة الأرض بحيث يتوافر خط الأساس للعديد من البارامترات التي يحتمل أن تتغير عبر فترة من الزمن بفعل الأنشطة البشرية، وعندئذ يمكن للمرء أن يرصد التغيرات أثناء حدوثها ويقيم مضامينها في الوقت المناسب للقيام بعمل وقائي عند اللزوم. هذا، ويجب أن يتبع الرصدَ والمراقبةَ على أساس عالي مستمر وشمولي إجراءُ تحليلات لكيفية ترابط البيانات (المعطيات) في أنظمة معقدة تشكل بيئة الأرض. وهكذا فإن تطوير عهد جديد كليّة لعلم مترابط المباحث والتخصصات (بحوث منظومات الأرض) أمر مطلوب.

## الجوانب الأخلاقية وحقوق الإنسان وصورة العلم لدى الجمهور

وإذ يمضي العلم والتقانة قدما إلى الأمام باندفاع مذهل تزداد مقدرتهما على التأثير في المجتمع البشري في مختلف الأحوال والظروف. فالاعتبارات الأخلاقية ومسائل حقوق الإنسان وصورة العلم في أذهان الناس هي إذًا قضايا تسبب قلقا متزايدا. ونظرًا لاتساع الموضوع فالمتيسر هنا هو فقط مناقشة أمثلة إيضاحية لنوع المُشكلات التي يمكن أن تطرح.

لنتمعن أولا في القضايا التي تتمخض عن ممارسة العلم. فإذ ينجم عن العمل العلمي مخرجات يمكن حمايتها باعتبارها حقوقا ملكية فكرية، تصبح - ذات أهمية عملية - أمور تتعلق بحرية الإعلام، وبخاصة حق مناقشة الموضوعات العلمية بحرية والتواصل داخل الجماعة العلمية. لقد قامت في الماضي نزاعات تتعلق بالتطور المتوازي للأفكار أو للاكتشافات، لكن الخلافات والنزاعات القانونية هي اليوم أكثر انتشارا. إن هذه المصالح، ومعها الحمالح التجارية والاستراتيجية والدفاعية، تفضي الآن إلى وضع أقرب إلى السرية منه إلى العلانية في المساعي العلمية. إن الخداع والانتحال والامتناع عن ذكر المصادر الأصلية. أو الاعتراف بالمساعدة، كلها مما تكتب عنه الصحف، وقد غدت الآن التحريات العلنية عنها ملمحا تعسا من ملامح المشهد العلمي.

لقد ثابر دعاة حقوق الحيوان منذ مدة طويلة على الاحتجاج ضد استعمال الحيوانات في تجارب علمية تتضمن الألم أو التضحية بها. وبعض الحجج التي تطرح في هذا الشأن هي حقا ملائمة تماما، لأن ثمة حالات استثنائية حفلت بتجريب متطرف على الحيوانات وبتحجر شعوري في استخدامه. أما إحدى الحجج المضادة التي يطرحها الذين يعتبرون التجريب الحريص على الحيوانات ضروريا فهي أن نتيجة البحوث التي تجرى عليها ستفيد في المدى البعيد عددا كبيرا جدا من البشر، وربما الحيوانات أيضا.

في العلوم البيولوجية الجديدة، تثار أمور أخلاقية واجتماعية عديدة بالغة التعقيد عبر فعاليات مثل مشروع الجينوم البشري والبرامج المرتبطة به. أينبغي أن تكون هناك حدود أخلاقية لتقصي واستغلال المادة الجينية البشرية، ولاستخدام المعلومات المتحصلة في هذا المجال؟ أينبغي أن يكون ثمة تحوير وتغيير (منابلة) للخلايا البشرية التي تعيد الإنتاج، وتجريب على الرحم؟ هل سيتعدل الميراث الجيني للبشرية تعديلا خطرا بتجريب كهذا؟ هل ستُنتقص آدميتنا من الجهد المبذول لحل كود [1] الجينوم البشري؟ هل سيمكن منع هندسة الخصائص "المرغوبة" في أجيال المستقبل؟ وعلى الرغم من أن الجينات هي لب كينونتنا، وهي التي تصلنا بالماضي عبر الارتقاء وتقرر مستقبلنا، فما أدوار التربية وعوامل البيئة والثقافة في تشكيل الكائن البشري؟ هل نحن نتاجات عاجزة للموجِّهات الجينية ولا حرية ولا مسؤولية لنا في أفعالنا؟ هل للشرطة أو الطب الشرعي أن يستخدما مادة جينية؟ حتى الآن لم يختف تمامًا استخدام معلومات تحسين النسل في السياسة الاجتماعية التسلطية وكوسيلة للتفرقة. إن هذه الأسئلة وكثيرا غيرها تبرز في المقدمة كلما تعمقت دراسة الجينات البشرية.

فضلا عن ذلك تثير قدرات تقانة المعلومات المعاصرة اعتبارات أخلاقية معينة. وتتعلق هذه بغزو الخصوصية الشخصية، كما أن جمع المعلومات بطرق شتى وفي أوقات مختلفة يمكن أن يؤدي لدى استخدام لاحق لتلك المعلومات، إلى التحيّز ضد أفراد أو جماعات.

وحول صورة العلم فقد أعلن <بيشوب>:

" نحن نعيش في عصر العلم، ففيه تم حَلُّ الكثير من ألغاز الطبيعة؛ وقد حسنت ثمارُ العلم -تحسينًا كبيرا- الإدراك البشري ورفاهية الإنسان. ومع ذلك يجد العلم نفسه الآن في مناهضة مع المجتمع أشبه بالمفارقة: فهو محطّ الإعجاب والارتياب معًا؛ إنه يقدم أملا للمستقبل ولكنه يفرض أيضا خيارات ملتبسة؛ ويتلقى دعمًا سخيا لكنه غير قادر على إنجاز وعده، ويفاخر بإنجازات رفيعة لكنه عرضة للنقد لكونه لا يخدم بشكل مباشر أكثر أهداف المجتمع".

## ملاحظات ختامية

في الختام أود أن أركز على قضيتين أراهما تتميزان بكونهما تحملان المضامين الأكثر جدية لمستقبل البشرية. إنهما قضيتان يمكن للعلم الحديث، بل ويجب عليه، أن يتصدى لهما بأعظم قدر من الحس بإلحاحيتهما.

أولاهما أن عدد سكان العالم سوف يزداد، وبصورة رئيسية في البلدان النامية، إلى ما ينوف على ثمانية بلايين قبل أن يستقر على رقم قد يتراوح ما بين 8.5 بليون و 15 بليونًا وذلك حسب التقديرات السكّانية (الديموغرافية). ولكي نصل إلى عدد سكان ثابت ومتوازن عند الحد الأدنى للمدى المفترض، لابد من تنفيذ برامج التنمية وتخفيف الفقر بسرعة

(١) decode

وفاعلية، وعندئذ سيتعلم العالم أن يعيش مع هذا العدد ويلبي حاجاته الأساسية تلبية مناسبة.

والأخرى أن الاستهلاك الإجمالي للطاقة في العالم مهيأ لأن يتضاعف مرتين بالنسبة لمستواه الحالي. وتشير التقديرات السائدة إلى أن حداً أعلى للمستوى المطلوب سيصل إلى ما بين 22 و 26 تيراواط[1] في العام . وسيستمر الوقود الأحفوري في كونه المصدر الرئيسي للطاقة، فليس في الأفق مصدر آخر فعال ومقبول لتوليد الطاقة على نطاق واسع. ولأن على العالم أن يتعايش مع مستويات أعلى من انبعاثات ثنائي أوكسيد الكربون $CO_2$، يتعين القيام بعمل علمي مستفيض كيما نفهم بشيء من التيقن نوع المؤثرات البيئية التي ستنجم عن ذلك. وستكون ثمة حاجة إلى ابتكار سيرورات تحتبس أو تبيد غازات الدفيئة ، وللقيام ببحوث معمقة حول موارد طاقة جديدة.

إن السكان والطاقة قضيتان من مجموعة كبيرة من المشكلات المرتبطة بهما، والتي تحتاج إلى إيجاد حلول لها كي يمكن تزويد العالم بالحد الأدنى من احتياجاته وتحقيق المتطلبات الأساسية للكرامة الإنسانية. وهكذا ففي حين يجب على العلم أن يستمر في الازدهار كنشاط بشري ثقافي وخلاق عظيم، يجب أيضا أن يدار بحيث يلبي توقعات واحتياجات المجتمع.

ومع هذا ينبغي الإقرار بأن العلم والتقانة لا يقدمان وحدهما حلولا لأغلبية مشكلاتنا الاجتماعية الاقتصادية الحاضرة وذلك على عكس ما يعتقده البعضُ في الجماعة العلمية بأن التقانة وحدها توفر جميع الحلول. إن الخاتمة الأعم قبولاً هي أن الحلول التي نسعى إليها تتضمن -إضافة إلى العلم والتقانة -اعتبارات وجوانب سياسية واقتصادية واجتماعية، وبالتالي يجب على العلم والتقانة إقامة جسور مع المجتمع والتوجه نحو ترابط أعظم بين المباحث والتخصصات العلمية.

إن العلم والتقانة هما اليوم قوتان جسيمتا الاقتدار، لكن العلم والتعليم العلمي لا يشغلهما بحكم طبيعتهما القيم الأخلاقية والروحية. فمطلوب إذاً من العلماء أمام التقدم العلمي والتقاني، أن يلطفوا قدراتهم المتعاظمة بالحكمة وضبط النفس. وبالتأكيد فالعلم لا يقل عن المجهودات الثقافية الأخرى في وجوب إغنائه للحياة البشرية وليس الانحطاط بها. لكنني أرى أنه في حين يمكن للعلم الذي يتحلى بالحكمة أن يوجهنا إلى مستقبل مشرق، إلاّ أن الحكمة مهما عظمت لن يمكنها من دون العلم أن تحل مشكلات عالم اليوم الاجتماعية - الاقتصادية.

**K.G.M مينون**: رئيس المجلس الدولي للاتحادات العلمية (ICSU) ، أبرز المؤسسات الدولية اللاحكومية الممثلة للجماعة العلمية. وهو أيضا عضو مجلس الأعيان في البرلمان الهندي.

تلقى الأستاذ **مينون** تعليمه في الفيزياء في جامعة بومباي وجامعة برستول في المملكة المتحدة. انضم إلى معهد تاتا للبحوث الأساسية معيدا، وترقى إلى أن صار مديره. شكل ( لجنة الإلكترونيات) وكذلك (أمانة قسم الإلكترونيات في الحكومة الهندية). شغل أيضا منصب أمين حكومة الهند في قسم البحوث الدفاعية والبيئية والعلم والتقانة، وكان رئيس المنظمة الهندية لبحوث الفضاء، والمدير العام لمجلس البحوث العلمية والصناعية، وعضو لجنة التخطيط، والمستشار العلمي لرئيس وزراء الهند، كما كان وزير العلم والتقانة والتربية خلال الفترة 1989 - 1990.

(١) 1 تيراواط = مليون مليون واط = $10^{12}$ واط.

# أمريكا الشمالية

رودني .W نيكولز - J. توماس راتشفورد

## النواحي البارزة

يشتمل التعبير الوجيز "العلم في أمريكا الشمالية" على الجهود المنصبّة على البحث والتطوير في كندا والولايات المتحدة الأمريكية والمكسيك. وتتضمن هذه الأنشطة المتغايرة كلا من القطاعين العام والخاص. لقد بلغ الإنفاق السنوي على البحث والتطوير في الفترة ما بين 1990-1992 إجماليا قدره 165 بليون دولار أمريكي، وخدم نحو 400 مليون نسمة بمجمل ناتج محلي إجمالي (GDP) يبلغ 6 تريليونات دولار أمريكي، وغطى أسواقا وأهدافا قومية ودولية شتى. إن هذا التجميع الأمريكي الشمالي كيفي - نظرًا للفروق الضخمة في الموارد والبنى التحتية والسكان واللغة والعوامل الأخرى - وبالتالي قد يكون أقل دلالة مقارنة بتجميعات في مناطق أخرى. غير أن الارتباطات آخذة في النمو بين الدول الثلاث كما أن الموضوعات المشتركة آخذة في الظهور.

### *فرص البحث*

إن التقدم العلمي الهائل الذي تم في السنوات الأخيرة قد أفضى إلى إحداث فرص جديدة مهمة للبحوث، فمثلا تُشكّل تخوم علم المحيطات وعلم الجو، والجهودالمبذولة من الإيكولوجيا إلى الهندسة الصناعية، أولوية عليا لأن الوعي العالمي يركز على حماية البيئة. وعلى نحو مشابه، فمن أجل تحسين صحة النساء والأطفال وفهم الدماغ ومواجهة أمراض الشيخوخة، هذا إذا لم نتحدث عن الإيدز، فثمة بحوث ناشطة ومجدية تتقدم في علوم الحياة، ومن المحتمل أن تقوم التقانة الأحيائية، المنبثقة عن الأساس نفسه للعلوم الأحيائية(البيولوجية) قريبا بإحداث ثورة في الزراعة. كذلك تستمر ثورة المعلومات في إنجازاتها الكثيرة في فيزياء المادة الكثيفة والإلكترونيات والحواسيب والبرمجيات وأنظمة الاتصالات البعدية (من بعد) التي تبني خطوطًا سريعة لنقل المعلومات عبر كل منزل ومكتب وحدود قومية. وإن الألغاز القديمة قِدَمَ الزمن حول أصل الكون، وكثيرا من المسائل الأخرى في البحوث الأساسية، والتي يستعصي بعضها على الفهم، آخذة حاليًا في الخضوع لمفاهيم جديدة فعالة في الفيزياء والرياضيات.

إن مثل هذه الفرص تقنع معظم الجمهور، ومعهم موظفو الحكومة في أن للعلم والتقانة، ولاسيما على المستوى الأساسي الذي يتم في أغلب الأحيان في الجامعات أو بالتعاون معها، إمكانات فكرية واجتماعية واقتصادية لا تنضب تقريبا. وإن معظم المؤسسات الخاصة تجد أيضا فرص عمل كبيرة، مستمدة من نتاجات وخدمات جديدة متطورة على أسس تقانية، تبرر الاستثمارات الخاصة في أمريكا الشمالية كلها.

### *القيود*

ثمة قيدان مهمان يبطئان المبادرات لمتابعة هذه الفرص في أعقاب الحرب الباردة. أحدهما هو التكلفة المتنامية لتنفيذ مشروعات علمية من المقام الأول. فالحكومات لا تستطيع بمفردها أن تمول هذا النشاط في حين تتردد الشركات الكبرى، التي تواجهها منافسة قوية، في الإقدام على استثمارات ضخمة بعيدة المدى في البحث والتطوير دونما ربح مؤكد. وهذا الضغط- هذه الخيارات الصعبة التي لا مناص من اتخاذها عندما تفوق الفرص الموارد- قد لوحظ مؤخرا في كندا والولايات المتحدة لاسيما في ضوء القاعدة العريضة للبحث والتطوير الوجودة فيهما والظروف الاقتصادية الصعبة.

ويأتي القيد الآخر من الخوف من متابعة التوكيد المتجدد على التطبيقات الاجتماعية والاقتصادية ذات المدى القصير على حساب الاستثمارات الطويلة المدى في العلم الأساسي. ويظهر الهدف المتمثل في الجني السريع لمنافع البحث في الدول الثلاث. وتشدد المجالس التنفيذية للبحوث على اهتمامها بالأهداف التقنية والمحددة المتعلقة بالجدولة الزمنية. أما الباحثون فيستجيبون بصورة أكثر تكرارا للأهداف الحكومية أو المشتركة القصيرة المدى لاسيما في "العلم الصغير" الذي يقوده الفضول.

تعاني القطاعات كلها هذين القيدين. وتسعى الحكومات المحتاجة إلى الموارد إلى جعل استراتيجياتها، لدعم العلم والتقانة، تنسجم مع سعيها لتحقيق الأهداف

الاقتصادية القومية. إن حيوية البحث والتطوير في المجتمع الأكاديمي وفي القطاع الخاص تعتمد على مزيج من الدعم الخاص والعام للبحث والتطوير. وتحيط المناظرات الساخنة بالتقييمات المتعلقة بالمزيج الذي يمكن أن يقدم أفضل النتائج.

***كندا***

تعقّد الميزانيات المضغوطة رغبة كندا، ليس فقط، في توزيع جغرافي أوسع لمراكز البحوث فيها وإنما في زيادة فاعلية الآليات المصممة لدفع نتائج البحوث باتجاه إنجاز اقتصادي أفضل. وحديثًا تغيرت المؤسسات الحكومية في كندا تغيرا جوهريًا. وثمة مؤسسات أخرى في طور انتقالي. فمثلا ألغيت وحدة العلم والتقانة المركزية في وزارة الشؤون الخارجية المسؤولة عن شبكة العلم والتقانة في الخارج. كما حُلت مجالس العلم والتقانة. والسبب الذي قُدّم لتفسير هذه التغيرات، بصرف النظر عن ضغط النفقات، هو دمج الكفاءة في رسم سياسة للعلم والتقانة بسياسات الحكومة الصناعية والاقتصادية. وعلي أي حال فهناك جهد مركّز بغية الحفاظ على التمويل للمجموعات المتازة المعترف بها منذ عهد بعيد في العلم الكندي. وأحد المسالك الأكثر جدة هو التوكيد على بناء شبكات للاتصالات والتعاون في البحوث بين المراكز المتميزة من المؤسسات الكندية والمراكز الأخرى في العالم.

***المكسيك***

خلال السنوات الأخيرة أعطيت أولوية عليا في المكسيك للعلم والتقانة. فبعد هبوط حاد في الإنفاق على العلم والتقانة أثناء أوائل الثمانينات وأواسطها، انتعش الدعم الحكومي للبحوث وأقيمت ترتيبات استشارية جديدة. وكما في كندا فقد اهتمت الحكومة اهتماما قويا بتأسيس قاعدة أعرض للعلم وربط هذه القاعدة بالإمكانات القومية للنمو الاقتصادي. وتطور المكسيك أيضا أنظمة جديدة للاتصالات لوصل مراكزها القومية للبحوث أحدها بالآخر وبنظائرها عبر العالم. وإذ تتقدم التجارة والنمو الاقتصادي فإن الاستثمار الخاص في البحث والتطوير يمكن أن يتسارع ليعادل الدعم الحكومي.

***الولايات المتحدة الأمريكية***

توقفت في الولايات المتحدة معدلات نمو دعم العلوم التي كانت عالية سابقا. ولم تبق سوى آفاق قليلة أمام الاستثمارات الكبيرة أصلاً كي تزداد بسرعة في المستقبل. وقد دأبت حكومة الولايات المتحدة الأمريكية على استعمال آليات جديدة ذات مستوى عال لإدارة ميزانيات العلم والتقانة عبر وكالات، وللقيام بمبادرات خاصة تنشد الدعم العام كما هو الأمر مثلا في الحواسيب العالية الأداء وفي التغير المناخي العالمي. وقد تم التشديد على الأواصر القائمة بين بحوث القطاع العام والأهداف الاقتصادية القومية. وتستمر استثمارات الولايات المتحدة الكبيرة في ميدان البحوث الأحيائية والطبية ولكن بنمو ضعيف. ويتناقص أيضا البحث والتطوير في مجال الدفاع. أما البحوث الناجحة تجاريا، التي تتعهدها الحكومة، فهي في ازدياد، في حين هبط الدعم المشترك أثناء الركود الأخير. وتمضي قدما مناظرة ناشطة حول الأولويات النسبية والتكاليف المتزايدة "للعلم الكبير" والتقانة من نوع محطة الفضاء والمصادم الفائق ذي الموصلية (الناقلية) الفائقة.

***مواضيع مشتركة***

إن الأمر الملحّ الأكثر أهمية في هذه الدول الثلاث، الذي يبرز لدى رسم "سياسة العلوم"، هو التنافسية الاقتصادية القومية. وحتى عندما تناقش السياسات لأجل العلم الأساسي، فإن التوكيد على فرص العمل والنمو الاقتصادي والمنافسة الاقتصادية الدولية قد ازداد زيادة ذات معنى. إذ إن تأثيرات هذه الشؤون جلية واضحة. إن إحدى النتائج هي أن "السياسة التقانية" – على نحو ماتبين في أهداف الحصول على مواد جديدة ونشر المهارات الصناعية والتقدم في التقانة الأحيائية – صفة مركزية للتخطيط الذي تقوم به الحكومات في أمريكا الشمالية.

أما الموضوع المشترك الآخر فهو التدويل المتزايد للجهود البحثية. وهذا يتضمن عملا معززا في شبكات المعلومات العالية، وتعاونا متزايدا في فهم البيئة الطبيعية، واهتماما أكبر بالمفاوضات والمشاورات بين الحكومات حول

حقوق الملكية الفكرية وأيضًا حول "العلم الكبير"، واستعمالا أوسع للتعاون الذي يخفض النفقات في البحث والتطوير الصناعيين داخل الدول، وبين الدول، وبين الشركات القومية والوكالات الحكومية. إن هذا الاتجاه القوي يمارس ضغطا على كل من المجموعات المهتمة اهتمامًا كبيرًا بالبحث لتصير أكثر دولية وعلى وزارات الخارجية والوحدات الدولية لتصير أكثر إدراكًا لقضايا العلم والتقانة.

وباختصار فإن الدول الثلاث في أمريكا الشمالية ترى حاليًا أن للعلم والتقانة دورًا حاسمًا في مضمار التقدم القومي مما كان عليه الأمر في الماضي. وبالتالي فمن المرجح أن ينمو التمويل خلال التسعينات أينما سمحت الشروط الاقتصادية وكلما سمحت بذلك. إلا أن أدوار العلم والتقانة تتغير تبعًا للمتطلبات الاجتماعية والاقتصادية الجديدة. وستنعكس هذه التغيرات على الاستثمارات العامة والخاصة. والدول الثلاث كلها واعية أيضًا بأن على كل أمة أن تكون أكثر اصطفائية بشأن استثماراتها في العلم. وإن كلا منها ستستهدف الإسهام في القاعدة العالمية للبحوث وفي الاعتماد عليها.

***غرض وحدود هذه المقالة***

يتبنى النقاش التالي تعريفا موسعًا للبحث والتطوير في القطاعات العامة والخاصة. وبسبب ضيق الحيز وتقسيم الموضوعات في هذا "التقرير" لم تولَ آفاق العلم الحدة إلا اهتماما قليلا في هذه المقالة. وبدلا من ذلك تم التوكيد على السياسة والتمويل والترتيبات المؤسساتية. ولم يول المقارنات بالناطق الأخرى إلا اهتمامًا عابرًا. وإن شئنا الدقة فإن الإحصاءات القارنة هي بالتقريب لأمريكا الشمالية ككل. وثمة فروق صغيرة ولكن مستمرة بين منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية (OECD) واليونسكو والمصادر القومية، وهي فروق لا أهمية لها بالنسبة لأهداف هذه المقالة. وعلى أية حال فلقد اتضح أن تحسن التعاون الدولي سيكون ضروريًا لتأمين معلومات متوافقة تأتي في حينها لأجل الأهداف التي اختطتها "تقارير" اليونسكو. إن العمل الرائد الذي اضطلعت به (مؤسسة العلم القومية) في إصداراتها كل عامين تحت عنوان (مؤشرات)، وكذلك (منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية) في رسمها معايير قياسية لجمع الإحصاءات هي نماذج لما ينبغي للمجتمع الدولي أن يفعله.

## ما يراه الجمهور

في عالم السياسة ثمة قول مفاده أن الحقيقة ليست مهمة وإنما إدراكها. وإذا كان هذا صحيحا، حتى بصورة جزئية، وإذا قبل المرء تعريف العلم بكونه "عادة الحقيقة"، فإن ما يراه الجمهور إذًا بشأن العلم والتقانة وبشأن العلماء والمهندسين، مهم جدا لسيرورة السياسة الجماهيرية.

***أهمية المواقف الشعبية***

إن المواقف الشعبية تجاه العلم مهمة بالنسبة للعلماء والمهندسين، وكذلك لعامة الناس. ويؤثر فهم الناس وآراؤهم في أفعال المشرعين في تمويل البحوث وميزانيات التعليم، كما تؤثر في قرارات المؤسسات الخاصة والشركات التي تدعم البحث والتطوير. وما هو أهم من ذلك تأثير المواقف الشعبية إزاء العلم في تقبل تلك التقنيات الجديدة التي تجعلنا أصح وأغنى، أو تفرض علينا في بعض الحالات مجازفات بالنسبة للناس أو البيئة.

ثمة معطيات مهمة حول استطلاع الرأي بشأن الواقف الشعبية تجاه البحث والتطوير في الولايات المتحدة تعود إلى فترة الخمسينات، إن الجماهير في كندا والولايات المتحدة هي عموما متشابهة في المواقف ولكن معطيات استطلاع الرأي في المكسيك قليلة.

***الجمهور في الولايات المتحدة يدعم العلم***

يشعر الجمهور في الولايات المتحدة شعورا جارفا بأن "العالم في حالة أفضل بسبب العلم" وفي استطلاع للرأي تم عام 1988 وافق 88% أيضا على العبارة نفسها ويقف علماء الولايات المتحدة، فيما يتعلق بالثقة الشعبية، قريبًا من قمة الهرم مقارنة بالمهن والمؤسسات الأخرى، وفضلاً عن ذلك فإن نحو أربعة أمريكيين من خمسة يشعرون أنه ينبغي أن يكون في مناهج طلاب المدارس الثانوية أربع

سنوات لكل من الرياضيات والعلوم.

إن تقدير العلم والتقانة في الولايات المتحدة هو أكبر بشكل محسوس مما هو في معظم الدول الأخرى. وتأتي الأمم الأوروبية خلف الولايات المتحدة، أما تقدير العلم في اليابان فهو الأدنى في العالم الصناعي.

***هموم في الأفق***

لا يعني هذا أنه لا توجد غيوم عاصفة في مستقبل العلم والتقانة. فمعارضة تطبيق التقانات الجديدة والمفاهيم الجديدة في العلم تعود قرونا عديدة إلى الوراء. وفي القرن التاسع عشر رفض الكثيرون أفكار <تشارلز داروين>. وحتى اليوم ثمة جزء لا بأس به من سكان الولايات المتحدة لا يقبل التطور كحقيقة علمية. لقد أعطى <نِدلود> - ذلك العامل الإنكليزي الذي دمر آلات النسيج في أواخر القرن الثامن عشر - اسمه إلى جماعة "اللوديين" وهو الاسم الذي ما زال يستعمل لوصف أولئك العارضين لتطبيقات التقانات الحديثة.

ولكن ثمة مواطنون كثيرون راجحو العقل أيضا. ومنهم العلماء، تهمهم تماما التأثيرات غير المتعمدة، الثانوية والثالثية، التي يمكن أن ترافق التطبيق الواسع للتقانات الجديدة. وقد نتج من هذا القلق، المعبَّر عنه من خلال النظام السياسي، تأسيس مكتب تقييم التقانة (OTA) في الكونغرس الأمريكي عام 1972 - ومنذ ذلك الحين اكتسب المكتب سمعة يستحقها لنشره تقييمات شاملة موثوق بها للتقانات، مما يسهم في سلامة عملية صنع القرار بالنسبة لطيف واسع من المسائل المؤسسة على العلم والتقانة.

وقد شرعت التقانة الأحيائية حديثًا بتقديم إسهاماتها في تحسين صحة البشر والاقتصاد العالمي. وإن إمكاناتها في تحسين الإنتاجية الزراعية إمكانات عظيمة، إلا أن مواطنين كثيرين في الولايات المتحدة وأقطار أخرى لديهم مخاوف أخلاقية وذات صلة بالسلامة بشأن استعمال التقانة الأحيائية في إنتاج الأغذية. وكما لاحظنا آنفا، فعلى الرغم من أن الاهتمام بالعلم والتقانة ودعمهما عموما كبيران جدا، نجد أن الثلثين فقط من جمهور الولايات المتحدة يؤيدون استخدام التقانة الأحيائية في الزراعة وإنتاج الأغذية. وثمة تقبل أدنى لاستخدامها في تحوير الحيوانات مما هو في تحوير النباتات. وهذه المخاوف عاطفية ووجدانية ودينية وأخلاقية. مثلما هي اقتصادية. والكثير من الناس يقلقون من تأثيرات بيئية ممكنة تنجم عن التقانة الأحيائية، بما فيها التغيرات في البيئة الطبيعية والمؤثرات السلبية على الأسماك والحياة البرية.

وفي كندا تشير تقارير حديثة العهد بشأن الخصوصية والخطوط العامة لضبط نشر المعلومات الشخصية إلى مخاوف بشأن تأثير التقانة في المجتمع. وقريبا سينشر تقرير اللجنة الملكية بشأن التقانات الإنتاجية الجديدة الذي استغرق ثلاث سنوات.

كما تظهر استطلاعات للرأي مستفيضة مماثلة في الولايات المتحدة أن الناس المهتمين بالعلم والتقانة، والذين لديهم ثقافة علمية، هم الذين يحتمل أن يؤيدوا أكثر من غيرهم تمويل البحوث وتطبيق التقانات الجديدة كما هو مبين في الجدول 1.

عمليا ،فإن المواطنين الحاصلين على قسط أكبر من التعليم المنهجي بصورة عامة، وعلى قسط أكبر من التدريب العلمي بصورة خاصة، ينتهون بأغلبيتهم الساحقة إلى القول بأن كفة فوائد البحث العلمي ترجح على كفة الأذى الممكن حصوله بسببه. أما بالنسبة للهندسة الجينية والطاقة النووية واكتشاف الفضاء، فإن الهامش أضيق مع أن الجمهور الحسن التعلّم أكثر دعما بكثير من الآخرين.

وتؤثر مخاوف أخلاقية ودينية أيضا في المواقف المتخذة حيال العلم والتقانة بين أفراد جمهور الولايات المتحدة . فأكثر من نصف البالغين الأمريكيين رافضون لنظرية الارتقاء أو غير متأكدين منها. وقد أظهر استطلاع للرأي أجري عام 1990 أن 45% من البالغين في الولايات المتحدة غير مقتنعين بأن استخدام حيوانات مثل الكلاب والشمبانزي ضروري للبحث المخبري.

وهذه المخاوف بشأن العلم والبحث، المنتشرة بين الناس عموما، تعيد التوكيد على أهمية زيادة الإلمام بالعلم.

فالجمهور المتعلم المتتبع للعلم والتقانة هو وحده القادر على مناقشة مسائل معقدة مناقشة عقلانية. ومن ثم على تطوير استراتيجيات لسياسة فعالة في التعامل مع هذه المسائل.

***استقامة أهل العلم***

لقد خضعت استقامة الباحثين للتمحيص حديثًا في الولايات المتحدة. وقد أبدى الكونغرس اهتماما وقامت وسائل الإعلام بتغطية مستفيضة في عديد من قضايا سوء السلوك العلمي الذي يتضمن اختلاق أو تزييف نتائج البحوث أو الانتحال في النشر. كما انتُقد أيضا الباحثون الذين يمكن أن تقوم بينهم صراعات مصلحية.ذات طبيعة مالية. وقد استجاب المجتمع العلمي لهذا فأبدى اهتماما ملحوظا بتأمين استقامة عملية البحث العلمي. وتقوم الجامعات والوكالات الحكومية المشتركة في دعم وإنجاز البحوث الممولة تمويلا شعبيا بوضع خطوط رئيسية للتعامل مع هذه المشكلات بما في ذلك فضح أكبر للخلافات الممكنة.

يرتبط قلق آخر باستخدام الخبرة العلمية في الإجراءات القضائية. إن إحدى المسائل تكمن في إمكان تقديم شهادة خبرة ذات طبيعة علمية في حالة عدم تحقيقها المعايير اللازم توافرها في النشرات العلمية. وإن مسألة اعتبار "سقط المتاع العلمي" على قدم المساواة مع الدراسات العلمية التقليدية المحكَّمة، هي هم رئيسي عند كثير من العلميين والمنظمات العلمية.

"أفكارك رهن معرفتك"، حكمة تظهرها مواقف الجمهور"المطلع علميا" مقارنة بمواقف الأمريكيين الآخرين تجاه مسائل من نوع: فوائد تمويل البحث. ولكن يصح القول أيضا إن "معرفتك رهن أفكارك". أما القول بأن الحافز يؤثر في التعلم فليس مفهوما جديدا. وعلى أية حال فمن الشائق أن نلاحظ التناظر بين الإلمام العلمي والعمر. وبالنسبة لمعظم الدول فإن هذه علاقة معكوسة: فلدى البالغين الأصغر سنا معرفة علمية أكثر مما لدى الأكبر سنا بصورة وسطية. ولقد تبين عام 1990 أن الجماعة العمرية من 35 إلى 44 سنة هي الأكثر حصولا على المعرفة العلمية في الولايات المتحدة. وهؤلاء كانوا الشباب الذين تلقوا تعليمهم خلال السنوات التي أعقبت إطلاق سبوتنيك.

**الجدول 1**

**تقييم جهود الولايات المتحدة لفوائد (ف) وأخطار (أ) وكلفة (ك) البحث وبعض التقانات المختارة**

| | البحث في الميزان هو | | أخطار وفوائد الهندسة الوراثية | | أخطار وفوائد الطاقة النووية | | أخطار وفوائد ارتياد الفضاء | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| المستوى التعليمي | مفيد | ضار | ف>أ | أ> ف | ف>أ | أ> ف | ف>أ | أ> ف |
| أقل من المدرسة الثانوية | 47% | 20% | 42% | 31% | 41% | 36% | 35% | 47% |
| المدرسة الثانوية أو مرحلة جامعية | 74% | 13% | 45% | 41% | 46% | 45% | 45% | 42% |
| خريج جامعي | 88% | 4% | 54% | 29% | 54% | 38% | 52% | 39% |

المصدر: National Science Board, 1991 and Miller, 1992

## الاستثمار في العلم

هذا القسم يسلط الضوء على الخطوط العامة للإنفاق على البحث والتطوير وأيضا على القائمين الرئيسيين بالبحث.

### *إجمالي الإنفاق على البحث والتطوير*

بالنسبة للولايات المتحدة يعرض الشكل 1 إجمالي الاستثمار لعام 1992 – في البحث والتطوير بما في ذلك العلم الأساسي. وقد شهدت الفترة بين عامي 1985 و 1992 معدل نمو أبطأ بالدولار المستقر (نحو 1% سنويا) عما هو في الفترة بين عامي 1975 و 1985 (نحو 5 – 6% في العام ناجم عن نمو بحوث علوم الحياة وتقانة الدفاع). أما الإنفاق على البحث والتطوير الصناعيين فقد نما ببطء في السنوات الأخيرة. في حين ارتفع الإنفاق الأكاديمي بسرعة أكبر. إن نسبة الناتج المحلي الإجمالي المنفق في كل مجالات البحث والتطوير قد هبط من 2.8% عام 1985 إلى 2.6% عام 1992.

أما بالنسبة إلى كندا (الشكل 2) والمكسيك (الشكل 3) فإن معطيات مشابهة تبين الوضع عام 1991. تختلف التعاريف من بلد إلى آخر، وأفضل المعطيات المتاحة هي المعطيات بالنسبة لسنوات مختلفة، لذا فإن المقارنات المباشرة غير ممكنة. إن التغيرات الحديثة الأكثر إثارة في أمريكا الشمالية قد حدثت في المكسيك: فبعد هبوط شهدته أوائل الثمانينات طرأ حديثًا ارتفاع حاد على الاستثمارات في العلم وارتفع الإنفاق الإجمالي بنسبة 20% أو أكثر كل عام منذ 1988.

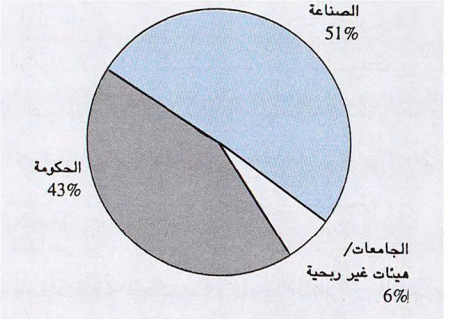
يوضح الجدول 2 مقارنات بين ثلاث دول مستمدة من معطيات قومية أو تابعة للبنك الدولي أو لمنظمة التعاون الاقتصادي والتطوير. إن هذه العلامات التشخيصية وحدها كافية لإظهار الكثافة النسبية للبحث والتطوير بين هذه الدول الثلاث. وأيضا لإظهار الأدوار التي تقوم بها الصناعة والجامعات بدلالة المجموع السكاني والناتج القومي الإجمالي GNP. فمثلا تدل هذه المعطيات على أنه كلما كان البلد أكثر تصنيعا كان اقتصاده أكثر اعتمادًا على البحث والتطوير وكان نشاط البحث والتطوير فيه أكثر توجهًا نحو الشركات الخاصة.

**الشكل 1**

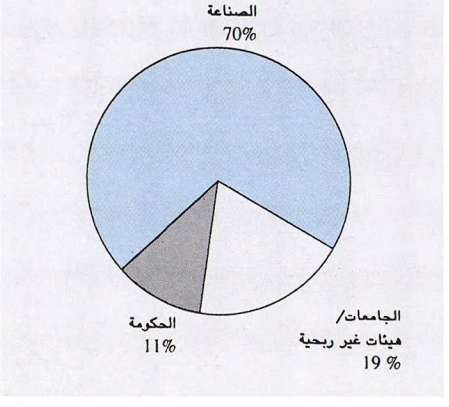
**مجهود البحث والتطوير في الولايات المتحدة، 1992**

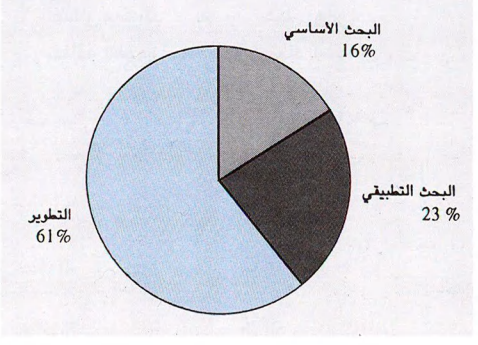
**الإنفاق القومي الكلي 157 بليون دولار أمريكي**
**النسبة المئوية من الناتج القومي الإجمالي 2.8%**

**ممول من قبل:**



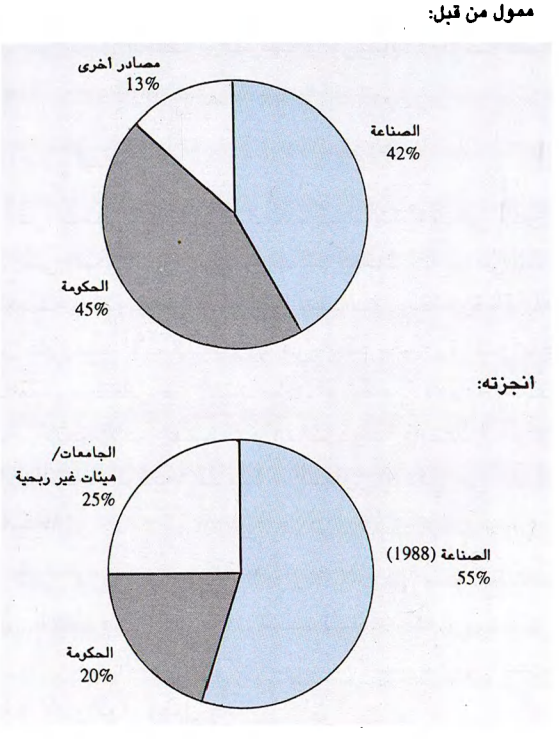

**انجزته:**




المصدر: National Science Fondation, October 1992, NSF 92-230

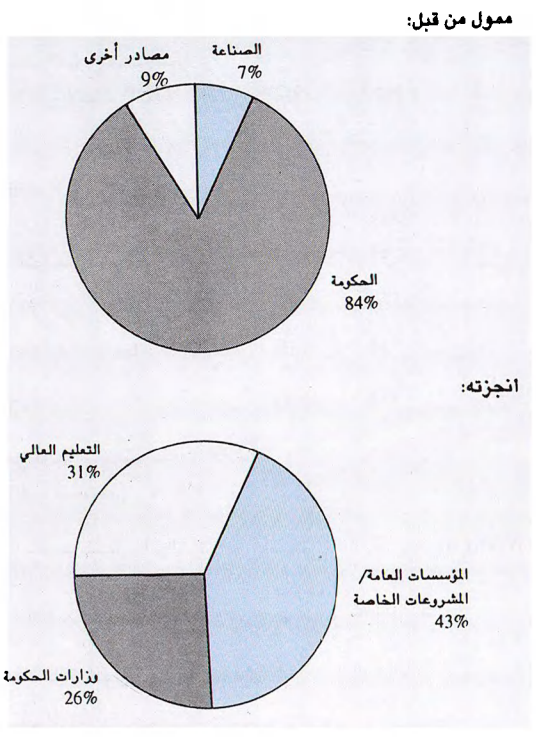
**الشكل 2**
**مجهود البحث والتطوير الكندي، 1991**




ملاحظة: النفقات مقدرة بالقوة الشرائية للدولار

المصدر: OECD, 1992

**الشكل 3**
**مجهود البحث والتطوير المكسيكي، 1991**




١- تشير المعطيات الأولية الحديثة العهد إلى نمو حاد في الاستثمار في البحث والتطوير الصناعيين 1989، 1992.

المصدر: CONACYT, 1992

### *الموارد البشرية و المنظمات اللاحكومية*

يقارن الجدول 3 -للمساعدة على قياس الموارد البشرية، وهي المكونات الأساسية للتنمية العلمية والاقتصادية - عدد العلميين والمهندسين وعدد العاملين في البحث والتطوير من كل 10 000 من القوة العاملة بالمقاييس المرجعية في مناطق أخرى. لقد ازداد عدد الخريجين المكسيكيين في العلم والتقانة زيادة ملموسة خلال الفترة بين عامي 1986 و 1991. وبازدياد المنح الدراسية يتعلم كثير من الطلاب المكسيكيين في الولايات المتحدة وكندا، فيسهمون بذلك في زيادة الأواصر بين دول أمريكا الشمالية.

ومازالت الولايات المتحدة تستقبل عددًا هائلاً من الطلبة الأجانب (400 000 عام 1991) لاسيما في العلم والهندسة. ففي عام 1990-1991 كان ثمة إجمالي من الطلبة الكنديين يقدر بـ 18 000، ومن الطلبة المكسيكيين يقدر بـ 7000 يدرسون في الولايات المتحدة (في جميع الميادين). وفي حين يصعب جمع معلومات شمولية عن الموارد البشرية المتركزة في العلم بأمريكا الشمالية كما في غيرها من المناطق، فمن الواضح أن الاستثمارات في التربية بمختلف مستوياتها - وفي انتشار المعرفة المتولدة من البحث والتقانة- لا غنى عنها لتعزيز الإنتاجية والنمو الاقتصادي.

**الجدول 2**
**مؤشرات مختارة للمقارنة 1990-1992**

| | الولايات المتحدة (1992) | كندا (1991) | المكسيك (1991) |
|---|---|---|---|
| إجمالي الإنفاق على البحث والتطوير (بليون دولار أمريكي) | 157 | 8 | 1 |
| إجمالي البحث والتطوير كنسبة مئوية من الناتج المحلي الإجمالي GDP | 2.7 | 1.4 | 0.4 |
| النسبة المئوية من البحث والتطوير الإجمالي | | | |
| الذي تموله الصناعة | 51 | 42 | 7 |
| الذي تنجزه الصناعة | 70 | 55 | لا شيء |
| النسبة المئوية من البحث والتطوير الإجمالي الذي تنجزه الجامعات والهيئات غير الربحية | 18 | 25 | 31 |
| عدد السكان (مليون) | 250 | 27 | 86 |
| الناتج القومي الإجمالي / لكل نسمة (1990) (آلاف الدولارات) | 21.8 | 20.5 | 2.5 |

المصدر: كما بالنسبة للجدول 1 والشكلين 2،1 إضافة إلى World Bank, 1992

**الجدول 3**
**معطيات مختارة حول الموارد البشرية**

| | الولايات المتحدة (1989) | كندا (1988) | المكسيك (1991) |
|---|---|---|---|
| إجمالي البحث والتطوير علميون ومهندسون (آلاف) | 950 | 63 | 10 |
| العلميون والمهندسون في البحث والتطوير من أجل كل 10 000 قوة عاملة | 76 | 46 | 5 |

العلميون والمهندسون في البحث والتطوير من أجل مليون من السكان (1990)

| | |
|---|---|
| أمريكا الشمالية | 3360 |
| أمريكا اللاتينية والكاريبي | 365 |
| أوروبا | 2210 |
| أفريقيا | 120 |
| آسيا | 400 |

المصدر: NSF 92-330; CONACYT, 1992; OECD,1992; UNESCO(1991) *Statistical Yearbook, Paris.*

إن المنظمات اللاحكومية مصدر هائل للحيوي والتنوع في العلم والتربية، وكذلك في المناظرات حول القضايا السياسية المرتبطة بالعلم والتقانة. وفي الولايات المتحدة خاصة، وباطراد ملحوظ في العالم كله، تقدم هذه المنظمات – ابتداء من الجمعيات المهنية وحتى الأكاديميات – شبكات للاتصالات والمشورة الخاصة بشأن الخيارات العامة في ميادين مثل الطاقة والتربية والإرشادات الأخلاقية في البحث.

***الاتجاهات في الدعم***

في الوقت الذي يوجد فيه توكيد متزايد في الدول الثلاث على البحث التطبيقي فإن دعم البحث الأساسي يظل ثابت المستوى تقريبا، بالمقاييس الحقيقية. وبصورة مماثلة تهيمن على هذه الاستثمارات في العلم بصورة متزايدة أهداف مدنية، تنطلق من اهتمامات اجتماعية قومية (مثلا الطاقة، الاتصالات، البيئة) وأهداف دولية (مثلا أسواق لمنتجات التقانة الرفيعة نسبيا، والتعاون الدولي في حقول العلم المكلفة).

تبرز فروق حادة بين الدول الثلاث في دعم مختلف ميادين العلم. ففي الولايات المتحدة مثلا، كما يبدو في الجدول 4 ، نمت الاستثمارات نموا بالغ السرعة في العلوم الطبية والأحيائية. فقبل عقدين كان إجمالي تمويل العلوم الفيزيائية والهندسية في الولايات المتحدة أكبر بكثير من إجمالي دعم علوم الحياة. أما الآن فهذان الميدانان يموّلان بمستوى واحد تقريبا. ومما له دلالته أن النمو الضخم في الصناعات المعلوماتية كان يموله إلى حد كبير القطاع الخاص. ويلاحظ أن التمويل الحكومي للرياضيات وعلم الحاسوب بقي ثابتًا تقريبًا.

أما في كندا والمكسيك فيبدو أن اتجاهات مماثلة تبرز أيضا. وقد بذلت المكسيك اهتماما خاصا بالعلوم البيئية فضاعفت تمويلها ثلاث مرات بين عامي 1987 و 1991. وحافظت كندا عبر مجالس جامعاتها الثلاث على مزيج من العمل في ميادين العلوم الفيزيائية/الهندسية والطبية الأحيائية والاجتماعية.

**الجدول 4**
**تمويل حكومة الولايات المتحدة للبحث الأساسي والتطبيقي بحسب الحقل العام (بليون دولار أمريكي ثابت حسب عام 1981)**

| | 1969 | 1979 | 1989 |
|---|---|---|---|
| علوم الحياة | 3.7 | 4.9 | 6.8 |
| علم البيئة | 1.1 | 1.5 | 1.7 |
| الرياضيات/ علم الحاسوب | 0.3 | 0.3 | 0.5 |
| علم الفيزياء | 2.5 | 2.3 | 3.0 |
| الهندسة | 3.4 | 3.3 | 3.3 |
| علم الاجتماع | 0.6 | 0.7 | 0.5 |
| المجموع | 11.0 | 13.0 | 15.8 |

المصدر: OTA, NSF

***البحث والتطوير العسكريان في الولايات المتحدة: تغير وتحويل***

تختلف الدول الثلاث اختلافا حادا في انهماكها التاريخي والحالي في البحوث الدفاعية. فخلال سنوات عديدة حصل البحث والتطوير العسكريان في الولايات المتحدة على أكثر من نصف إجمالي الاستثمارات الحكومية في البحث والتطوير. ومع أن هذه النسبة آخذة بالهبوط منذ سنوات عديدة، وينتظر هبوطها في المستقبل أكثر فأكثر، فإن هذا المجهود سيستمر في أن يكون مكونا مهما من مكونات البحث والتطوير في الولايات المتحدة. أما في كندا فقد كان للبحث والتطوير العسكريين نسبة أصغر بكثير (نحو 8%) في القاعدة البحثية الإجمالية وقد تم دمجهما مع القاعدة المدنية للبحث والتطوير. وعلى النقيض من ذلك فلا يكاد يكون لدى المكسيك أية بحوث عسكرية تتعهدها الحكومة.

**الجدول 5**
**توزع البحث والتطوير الاتحاديين في الولايات المتحدة، 1992**

| الوظيفة | النسبة المئوية الإجمالية للبحث والتطوير% | النسبة المئوية للبحث الأساسي |
|---|---|---|
| الدفاع | 59 | 9 |
| الصحة | 14 | 41 |
| الفضاء | 10 | 12 |
| الطاقة | 4 | 7 |
| العلم العام | 4 | 20 |
| غير ذلك (بما فيه البيئة والزراعة) | 9 | 11 |

المصدر: NSF, 1992 a

يظهر الجدول 5 التمويل الحكومي في الولايات المتحدة عام 1992 للبحث والتطوير العسكريين مقارنة بالوظائف الأخرى. وفي ميزانية عام 1994 المقترحة من قبل الرئيس كلينتون يستمر التوجه نحو إنفاق دفاعي معتدل في ميداني البحث والتطوير مع تخفيض (بالدولارات الثابتة) يتضمن إنقاصا كبيرا بصورة غير منتظرة (نحو5%) في تمويل العلم الأساسي.

وبصورة مماثلة عانت ميزانية الفضاء في الولايات المتحدة ضغوطًا شديدة خلال عام 1993- مع ما رافق ذلك من مناظرات قومية ودولية متوترة سببها الكلفة الإضافية والبرنامج المستفيض لبناء المحطة الفضائية. ونجم عن هذه الضغوط إعادة تقويم شاملة تمضي الآن قدما في وزارة الدفاع ووكالة الفضاء القومية الأمريكية (NASA) وتتناول الاستراتيجيات البعيدة المدى للإنفاق على البحث والتطوير. وستؤثر نتائج إعادة التقويم في الجهود الأكثر أساسية في علم الفضاء.

ومع أنه لن يكون للقرارات المتعلقة بالبحث والتطوير في مجالي الدفاع والفضاء تأثير كبير في السياسة العامة للولايات المتحدة في التزامها بالعلم، فإن التأرجحات الناجمة عن هذه القرارات يمكن أن تفضي إلى تغييرات حادة في تمويل البحث والتطوير اللذين ينضوي تحت لوائهما كثير من الصناع التقليديين. أما تأثيرات التغييرات المالية الناجمة عن التحول في الدفاع فستصير ملموسة في جميع المخابر الحكومية في الداخل، وفي عدد من المخابر القومية التي تديرها الجامعات، إما مباشرة أو بعقود جارية، وينوف هذا الإنفاق على 20 مليون دولار أمريكي في العام، وستفعل هذه المؤثرات فعلها في شركات التقانة الرفيعة التي تدعمها إلى حد كبير برامج الدفاع والطاقة والفضاء.

إن ما يسمى "مخابر الأسلحة" التي تديرها وزارة الطاقة - لوس ألاموس وليفرمور وساندیا - قد خضعت

لإعادة النظر خلال عدة سنوات بشأن مهماتها وميزانياتها وتزويدها بالعاملين في ضوء أهداف الأمن القومي المتغيرة. إن أحد الإمكانات هو تحويل قسط من برامج كل مخبر إلى جهود لها علاقة مباشرة بالعمل الموجه إلى مشكلات بيئية ومدنية أخرى بالتعاون مع مجموعات صناعية محلية وحكومية. ولأن لدى كل مخبر نحو 8000 موظف، بميزانية تبلغ بليون دولار أمريكي فإن أية تغييرات في المهمة والموارد تكون جسيمة وسوف تسبب خلخلة اقتصادية. وفي الواقع، فإن الولايات المتحدة ستمر بتجربة كبيرة في تحويل الوارد البشرية والتقنية.

وسط كثير من الريبة تعقد الآن مقارنات بالتحولات التي أعقبت الحرب العالمية الثانية، وبالمتغيرات الجارفة في الاتحاد السوفييتي السابق وأوروبا الشرقية. ويشكك بعض المراقبين فيما إذا كان أي من المخابر الحكومية الوجودة منذ زمن طويل قادرًا على أن يتكيف كليًا وبسرعة كافية لإقامة حوافز جديدة. وإعادة نشر مواهبه الكبيرة لتحقيق مهمات ذات علاقة بالسوق أو مهمات مدنية. وكجزء من هذا التحول الشامل فإن وكالة مشروعات البحوث المتقدمة في وزارة الدفاع أطلقت عام 1993 برنامجا تنافسيا جديدا بكلفة 500 مليون دولار أمريكي مصمما لتسهيل تحويل التقانة الدفاعية مع توكيد خاص على البحث والتطوير ذوي الفائدة الزدوجة (أي المشروعات التقنية المناسبة لأهداف اقتصادية وأمنية قومية في آن واحد).

## العلم في الجامعات

تدعم معظم الدول البحث في مراكز خاصة، بعضها مستقل ومدعوم دعمًا قويًا من الحكومة، وبعضها الآخر موجود في الجامعات وتشترك في تولي دعمه جهات مختلفة تكمل دعم الحكومة. ومن بين دول أمريكا الشمالية الثلاث، اتجهت الولايات المتحدة إلى تركيز علمها الأساسي في الجامعات، في حين اتخذت كندا والمكسيك تناولا أكثر تنوعا. ويلخص هذا القسم المعطيات المتوافرة حول تمويل البحث والتطوير في الجامعات، وكذلك العديد من الآفاق السياسية ذات الصلة.

### *الجامعات التي ينصب جل اهتمامها على البحث*

تقوم حاليًا في الولايات المتحدة إعادة تقويم رئيسية تتناول المدى والمستوى والأولويات والتوزع الجغرافي لدعم العلم في المؤسسات الأكاديمية. إن التاريخ الطويل لتأكيد الولايات المتحدة على البحث المتضافر مع التعليم العالي قد واكبته استثمارات مالية متنامية (نحو 19 بليون دولار أمريكي للبحث والتطوير عام 1992). وبعد أن تضاعف البحث والتطوير الأكاديميان ثلاث مرات خلال ثلاثين عاما، فثمة نحو ما بين 150و 200 جامعة بحثية رئيسية في الولايات المتحدة حاليًا ثلثاها مؤسسات حكومية وثلثها خاص، وكلها تقوم بنحو 90% من البحث والتطوير الأكاديميين.

في عام 1992 قام مجلس مستشاري رئيس الجمهورية في العلم والتقانة بتوثيق اتجاهات البحث الأكاديمية وحثوا أولي الأمر على سياسة انتقائية متزايدة لدى كل من الحكومة والجامعات. وقد تابعت ميزانية الرئيس كلينتون الأولية لعام 1993 اهتمام الولايات المتحدة بسياسة التقانة. وقدمت زيادات متواضعة للعلم الأساسي عبر الوكالات الاتحادية. ويُظهر الجدول 6 مقترحات الميزانية للبحث كما تقدمه كل وكالة.

**الجدول 6**

**تمويل حكومة الولايات المتحدة للبحث الرئيسي من قبل الوكالات الاتحادية ولأجل الجامعات. ربيع 1993 (بليون دولار أمريكي)**

| | 1992 | 1993 | 1994 (مقترح) |
|---|---|---|---|
| مجمل البحث الأساسي | 12.9 | 13.5 | 13.9 |
| المعاهد القومية للصحة | 5.5 | 5.7 | 5.8 |
| مؤسسة العلم القومية | 1.7 | 1.7 | 2.0 |
| وزارة الدفاع | 1.1 | 1.3 | 1.2 |
| وزارة الطاقة | 1.7 | 1.7 | 1.7 |
| الإدارة القومية للفضاء والطيران | 1.8 | 1.9 | 2.0 |
| وزارة الزراعة الأمريكية | 0.6 | 0.6 | 0.6 |
| أخرى | 0.5 | 0.6 | 0.6 |
| إجمالي البحث والتطوير في الجامعات | 10.9 | 11.0 | 11.2 |

المصدر: AAAS الشهر 4/ (1993) إضافة إلى NSF, OSTP

لم يختف الاتجاه نحو التركيز على السياسة العلمية، وبخاصة الاهتمام الاتحادي بالبحث والذي أساسه في الجامعات، وهو ما ساد التفكير الأمريكي خلال معظم فترة ما بعد الحرب العالمية الثانية - تاركا السياسة التقانية للصناعة - ومع ذلك ثمة إعادة تقييم حاسمة للعلم الأساسي بمجمله الواسع ومعه العلم التطبيقي والخطوط المتنوعة للتطور التقني والتطبيق والتصنيع، وكل ذلك في سياق اقتصادي قومي. وفي تقييم هذا المجموع فإن المعيار الواضح للاستثمارات هو كيف تتعزز التنافسية الاقتصادية.

وطبقًا لذلك فقد اضطرت كثير من الجامعات التي توشك مواردها المالية على النفاد لإجراء تخفيضات كبيرة في النفقات المخصصة للبحوث الجارية. وقد وجد الباحثون صعوبة متزايدة في الإبقاء على دعمهم للعاملين والتجهيزات والتزويدات. وتزداد الصلات بين الصناعة وحكومة الولاية المعنية، جزئيا لأجل الحصول على تمويل لاستمرار البحث وجزئيا لتحويل نتائج البحث بحيث تفضي إلى نمو اقتصادي. وكذلك يزداد الفشل المزمن عمقا في الولايات المتحدة بشأن كيفية تمويل تحديث المرافق الأكاديمية، بما في ذلك إشادة المخابر. وإن وضعًا مماثلا في كندا يشتمل أيضًا على إلحاح قوي من جانب المقاطعات على دورها الدستوري في التعليم.

### *اتجاهات التمويل الإقليمية*

لا توجد سوى معطيات محدودة حول اتجاهات التمويل الأكاديمي الكلي في الدول الثلاث. والمتوفر من المعلومات في الجدول 7 يؤكد بشكل بارز المؤشرات العديدة على أن المكسيك تتلكأ وراء كندا والولايات المتحدة في بناء الجامعات، وأيضًا في بناء قاعدة البحث والتطوير فيها. وتتوافر بعض المعلومات من كندا، وأحيانًا في سياق المقارنة بالولايات المتحدة، وهذه المعلومات معطاة في النصف السفلي من الجدول 7.

وبالنسبة للولايات المتحدة فإن نسبة دعم الحكومة الاتحادية لمجمل البحث والتطوير في الجامعات آخذة بالتناقص من نحو ثلثين قبل نحو عشر سنوات إلى 57% عام 1992. في حين تزايد الدعم من الصناعة والمؤسسات الخيرية

**الجدول 7**
**الإنفاق الجامعي على البحث والتطوير 1987 (بليون دولار أمريكي ثابت لعام 1980)**

| | إنفاق | بحث وتطوير قوميان | ناتج قومي إجمالي |
|---|---|---|---|
| المكسيك | 0.1 | 20 | 0.06 |
| كندا | 1.4 | 23 | 0.23 |
| الولايات المتحدة [1] | 18.5 | 14 | 0.41 |

إنفاق التعليم العالي على البحث والتطوير (دولار جار بملاءة قوته الشرائية)

| | 1986 | 1991 |
|---|---|---|
| كندا | 1.4 | 1.9 |
| الولايات المتحدة | 16.6 | 25.3 |

١- بما في ذلك مراكز البحث والتطوير الممولة اتحاديًا، أي الوحدات الخاصة التي تتبع الجامعات أو تدار من قبلها.

المصدر: CONACYT, 1992, based on OECD Observer No. 164, 1990 and OECD, 1992.

الخاصة وحكومات الولايات والموارد المالية المستقلة للجامعات. وقد ارتفع تمويل الصناعة للجامعات بمقدار 89%، بمعنى حقيقي بين عامي 1985 و 1992 بالغًا نسبة 7% (1.4بليون دولار أمريكي) من إجمالي البحث والتطوير في جامعات الولايات المتحدة لعام 1992.

وبحسب التقييدات الاقتصادية للقطاع العام في أمريكا الشمالية كلها. فإن هذا الاتجاه نحو التمويل الصناعي المتنامي للجامعات ومراكز البحوث المنفصلة يمكن أن يتكرر خلال السنوات القادمة في كل من كندا والمكسيك، إلا أن الدعم الصناعي سيظل على الأرجح جزءًا صغيرًا من إجمالي التمويل الأكاديمي. ويجمع معظم المراقبين على أن الحكومات وحدها هي التي يسعها تقديم الدعم الحاسم إلى العلم الأكثر أساسية والمساعدة الجوهرية للمؤسسات المانحة لدرجة الدكتوراه.

### *مراجعات الاستحقاق ومعايير أخرى*

في الولايات المتحدة قام تمويل الكثير من البحث الجامعي بصورة رئيسية على أساس نظام تنافسي من

الاقتراح والمراجعة أكثر مما هو على أساس دعم مؤسساتي عام. وقد استمر هذا الشكل الأمريكي الكلاسيكي من التنافس القومي في كل حقل بين الباحثين الجامعيين الأفراد. لكن عملية مراجعة الجدارة (أو مراجعة الأنداد) قد خضعت لتمحيص له أسباب عديدة. وأحد أسباب الفشل هو ببساطة- نظرا للمجموعة الضخمة من العلماء وندرة التمويل - أن واحدا فقط من أربعة أو خمسة طلبات للمنح من الباحثين الأكفاء يتلقى دعما. وهكذا فثمة قلق مفهوم حول إمكانية رسم تمييزات دقيقة بين أفضل الطلبات طرا وما يتلوها في الأفضلية.

فضلاً عن هذا، وفي ضوء الطلب الهائل على نشر المهارات البحثية وتحديث تسهيلات البحث، فكثيرًا ما كانت تقدم حجج سياسية حول الحاجة إلى تقديم منح لمناطق أو مؤسسات معينة لم تتلق دعما جيدا في الماضي. وتُرى هذه الضغوط لأجل توزيع جغرافي عادل للنشاط البحثي في كل من دول أمريكا الشمالية الثلاث. وفي الولايات المتحدة نما الالتفاف على مراجعة الجدارة كيما تخصص الأموال لمنطقة معينة أو مؤسسة معينة حتى بلغ ما يزيد على بليون دولار أمريكي في العام، وصار مثار نزاع مرير. أما في المناطق الكندية وكذلك في المكسيك (وبخاصة خارج مدينة المكسيك) فثمة جهود مماثلة لتوزيع الكفاءة العلمية والهندسية.

***بناء المقدرة***

عادة ما يصف تعبير "بناء المقدرة" في الدول النامية الأهداف الموجهة لبناء الإمكانات المفضية إلى إجراء البحوث وإلى نشر معرفة أولية بالتقانة بين مجموع السكان. ومع ذلك يمكن أيضا استخدام التعبير في الدول المتطورة، فمثلا تكرس جهود كبرى في الولايات المتحدة وكندا لإصلاح برنامج تعليم العلوم والرياضيات K-12 (من رياض الأطفال وحتى السنة الثانية عشرة أي في المستويين الأول والثاني). ولا يأتي الدافع فقط من الإنجاز البائس للأطفال الأمريكيين في التقييمات الدولية، بل يأتي كذلك من الحاجة إلى قوة عمل أفضل تدريبا بكثير كي تنافس اقتصاديا في القرن الحادي والعشرين. وفي المكسيك يعني تعبير "بناء المقدرة" المستخدم بمعناه التقليدي، إعادة شحن الالتزام بالعلم والتقانة بطاقة جديدة باعتبار أن الاقتصاد القومي يستهدف الازدهار في أسواق العالم.

باختصار، إن القطاعين الخاص والعام يفكران، بصورة أكثر تواترًا، بضرورة رعاية المقدرة البعيدة المدى للقاعدة العلمية والتقانية في أمريكا الشمالية كلها، وفي كلٍ من شطري المجتمع المتطور والنامي.

## تدويل العلم والتقانة

يعتبر العلم والتقانة من بين أكثر الأنشطة البشرية دولية. وقد ظل هذا صحيحًا خلال مئات السنين إذ عبرت الأفكار الحدود دون أي عائق. ولكن مع وجود حواسيب مترابطة وآلات هاتف وفاكس في كل جامعة ومخبر بحث تقريبا، فإن التواصلات الدولية تتم فورا تقريبا. وحاليًا، أكثر من أي وقت مضى، يمكن للعلماء والمهندسين أن يعملوا مع زملائهم عبر الحدود مثلما يعملون مع زملائهم الذين في آخر الممر من مخبرهم نفسه. والشيء نفسه صحيح بالنسبة للتعليم في العلم والهندسة. إن الطلبة من مختلف المستويات، وبصورة خاصة من مراحل الدكتوراه وما بعدها، يسعون إلى مؤسسات دونما اعتبار للحدود القومية. وقد استفادت من هذا الدفق الجامعات في الولايات المتحدة، وفي كندا إنما بدرجة أقل. ففي عام 1991 كان ثمة ما ينوف على 100 000 مواطن غير أمريكي مسجلين في دراسات جامعية في ميادين العلم والهندسة والصحة في كليات الولايات المتحدة وجامعاتها. وقد بلغوا نسبة 28% من مجمل خريجي طلبة العلوم و 47% من مجمل خريجي طلبة الهندسة.

***الكفاح لأجل الامتياز***

يأخذ التعاون العالمي في العلم والتقانة مجراه ضمن مناخ من المنافسة الشديدة في التقانة الصناعية وفي البحوث الأساسية والتعليم. والقوة الدافعة إلى ذلك هي باطراد ذلك التطلع الملحّ إلى الامتياز بغية الوصول إلى مركز القيادة أو الحفاظ عليه في ميدان مشبع بروح التنافس.

إن تطبيق مبدأ نشدان الامتياز هذا موجود بوضوح

بيّن في مجالات البحث والتطوير والخدمات والتعليم، ففي البحث والتطويرلم تعد التحالفات بين الشركات القائدة، في مجال التقانة الرفيعة، المتعددة الجنسية المؤسسة في دول مختلفة تستقطب اهتماما كبيرا من الصحافة. وأصبحت الشركات الأمريكية والكندية تتدبر الخدمات الهندسية بصورة روتينية في الدول الأجنبية. وإن ما تحصّله الولايات المتحدة سنويا عن طريق الخدمات التعليمية (ومعظمها الدراسة في الجامعات لدرجة الإجازة أو ما فوقها من قبل الأجانب) يبلغ الآن خمسة بلايين دولار أمريكي سنويا، وإن جزءًا كبيرًا منه يندرج في العلم والهندسة. وفي بعض المجالات التي تزدهر- من علم البيئة إلى الاتصالات البعيدة- يرجح أن تقوم مجموعات الصناعة والجامعات بتشكيل تحالفات مخصصة يفرضها النمو السريع للاستثمارات والطواقم العلمية.

### *التعاون الكندي - الأمريكي - المكسيكي*

كان التعاون غير الرسمي بين الباحثين المكسيكيين والكنديين والأمريكيين نشيطًا ومتزايدًا منذ سنين. ومعظم هذا التعاون غير موثّق رسميا لكنه واضح تماما في الجامعات وفي المخابر المشتركة. وتشترك في هذا التعاون أيضا الرابطات المهنية مثل جمعيتي العلوم الفيزيائية والهندسية الأمريكية والمكسيكية.

يشتمل التعاون الواسع النشاط في البحث والتقانة بين الولايات المتحدة وكندا ضمن المستوى الحكومي على عشرات من الوكالات الأمريكية ونظيراتها الكندية. وكما هو معتاد فالمشروعات المشتركة تتراوح بين العلم الأساسي وبحوث الفضاء والصحة والزراعة والطاقة، إذا اكتفينا بذكر القليل فقط من المجالات الأهم. ومما له أهمية خاصة التعاون الأمريكي - الكندي في تخطيط وتسيير العديد من مشروعات "العلم الكبير" والتقانة. وتتضمن هذه المشروعات محطة الفضاء والمسرّع KAON في الفيزياء النووية، المخطط لكولومبيا البريطانية. والمصادم الفائق ذا الوصلية الفائقة الذي يشيّد الآن[1] في تكساس، ومقرابين (تلسكوبين) قطر كل منهما ثمانية أمتار مخططًا لهما بالاشتراك مع المملكة المتحدة.

وتوجد بين المكسيك والولايات المتحدة اتفاقية ثنائية للعلم والتقانة تقدم إطارا مهما للتعاون، ومعها برامج قيد التنفيذ بموجب نحو ثلاثين مذكرة تفاهم بين الوكالات المكسيكية والأمريكية. ومن بين المجالات المشدد عليها التربية العلمية والهندسية، والواد والتقانة الأحيائية. إن الهندسة الجينية ذات المحاصيل المقاومة للجفاف تأتي على رأس جدول أعمال التعاون. أما خلق وتمويل مؤسسة مستقلة مزدوجة الجنسية عام 1992 لدعم البحث المشترك بين المكسيك والولايات المتحدة فيقدمان بشرى لاستمرار نمو هذه العلاقة.

وتتصل الجامعات المكسيكية والكندية حاليًا بالشبكة الحاسوبية الفائقة في الولايات المتحدة. وإن وصل مؤسسات أكاديمية إضافية يشكل حاليًا أولوية لدى الدول الثلاث. وفي المستقبل فإن اتفاقية التجارة الحرة لشمال أمريكا (NAFTA) ستسرع عملية دمج العلم والتقانة بين الدول الثلاث وهي العملية التي بدأت مسيرتها بداية جيدة.

### *التعاون في العلم الكبير*

إن تكاليف الكثير من المشروعات الراهنة والمقترحة في العلم الكبير (أو العلم الأعظم) تفوق هذه الأيام المقدرة التمويلية لأي بلد بمفرده مهما كبر. ويصدق هذا على جهاز بعينه (مثل مسرّع الجسيمات) وعلى الجهود الموزعة (مثل برنامج بحوث تغير المناخ العالمي). ويتميز نمطا مشروعات العلم الكبير هذان بمتطلبات لإدارة المعطيات الكبيرة جدًا وإدارة اليزانيات الأكبر.

بعد أن أدركت الولايات المتحدة وكندا الحاجة إلى تعاون دولي أكبر في مجال مشروعات العلم الكبير بدأنا ببذل جهود لإقامة (منتدى العلم الكبير) داخل منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية. وقد أقر اجتماع الشهر 3/ 1992 لوزراء العلم المشتركين في المنظمة هذا المنتدى كأولى أولوياته. وفي الاجتماع الأول في الشهر 7/ 1992 قام منتدى العلم الكبير للمنظمة بوظيفة كبيرة تحليلية واتصالاتية. إن المنتدى لا يطمح إلى تقديم إطار لتوزيع الوارد أو اتخاذ القرارات السياسية الصعبة التي يتطلبها

(١) أوقف بناء المصادم وألغي المشروع (المترجم)

تدويل أكثر انتشارا للعلم الكبير، لكنه يتعين عليه تحقيق الوظيفة الحرجة في التشارك في المعلومات بشأن الخطط المتعلقة بالجهود في سبيل العلم الكبير.

## ساسيات لأجل العلم والتقانة

تكون سياسات العلم والتقانة في الوقت نفسه واضحة ومستمدة من سياسات في مجالات أخرى أو من قرارات مالية. وثمة جدال جار حول ما إذا كانت ميزانيات العلم والتقانة (البحث والتطوير) تقود السياسات الواضحة للعلم والتقانة أو تتلكأ وراءها.

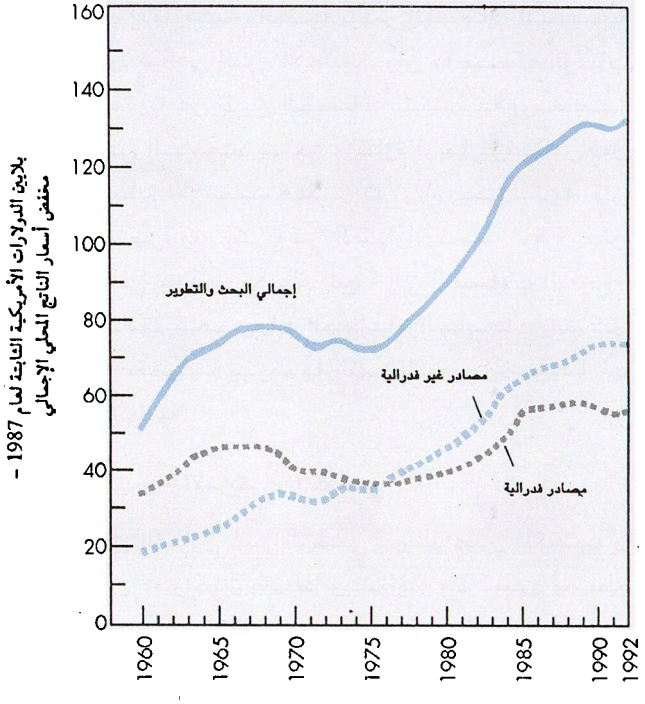
### *الولايات المتحدة الأمريكية*

غالبا ما تكون ميزانيات العلم والتقانة في الولايات المتحدة مؤشرا رئيسيا للسياسات. فمنذ الحرب العالمية الثانية وحتى الآن تتضح سياسة العلم والتقانة في الولايات المتحدة بتفحص لاتجاهات الميزانية المخصصة للبحث والتطوير.

في القطاع الخاص، تضاعف تمويل البحث والتطوير ثلاث مرات بالمقاييس الحقيقية ما بين عامي 1960و 1990، وبلغ 89 بليون دولار أمريكي في سنة 1992. إن ما ينوف على 90% منه هو تمويل من شركات. وتعكس هذه الزيادة المطردة اقتناع مديري الشركات بأن زيادة الاستثمار في البحث والتطوير مطلوبة للنجاح في مضمار السوق لبيع نتاج وخدمات التقانة الرفيعة. أما الركض بشكل أسرع فهو ضروري لمجرد البقاء في ركب التقانة الرفيعة. كما أن الهبوط الضئيل (المتكيف مع التضخم) في البحث والتطوير اللذين تمولهما الشركات، عامي 1990 و 1991 وكذلك الزيادة المخطط لها لعام 1992 والتي بالكاد تسبق التضخم، يثيران القلق. وأنه من السابق لأوانه أن نحكم بأن هذا تأرجح مؤقت أم غير مؤقت.

أما تمويل الحكومة الأمريكية لإجمالي البحث والتطوير فكان أقل ثباتًا منذ عام 1960. بالنسبة للفترات الأربع المختلفة التي يظهرها الشكل 4، فما بين عامي 1960 و1968، كان ثمة نمو قوي يعكس السباق في نشر

**الشكل 4**
**التمويل القومي في الولايات المتحدة للبحث والتطوير بحسب المصدر**




المصدر: NSF 92-330, October 1992

الصواريخ البالستية (القذفية) العابرة للقارات وفي الوصول إلى القمر. وشهدت الفترة بين عامي 1968 و 1975 هبوطا جوهريًا حقيقيًا، في حين عكس النمو القوي الذي انطلق ما بين عامي 1975 و 1985 التقانة العسكرية أساسا التي بنيت في سنوات عهد الرئيس ريغان، ونمو علوم الحياة أيضًا. ومنذ عام 1985 حافظ التمويل الحكومي للبحث والتطوير على مسايرة التضخم ولكن ليس أكثر من ذلك بكثير.

لكن قصة البحث الأساسي الممول بصورة رئيسية تمويلا حكوميًا هي أكثر ثباتًا. فباستثناء فترة ما بعد أبولو من عام 1968 إلى عام 1975، حين كانت ثمة زيادة في الدعم الحكومي متكيفة إلى حد ما مع التضخم، نما تمويل البحث الأساسي نموا قويا ثابتا. وقد حدث الكثير من هذا النمو في

علوم الحياة على نحو ما تعبر عنه ميزانيات المعاهد القومية للصحة.

إن سياسات الحكومة المستمدة من هذه الاتجاهات هي: دعم قوي ثابت للبحث الأساسي، يعكس إجماعا سياسيا على وجود حكمة في هذه الاستثمارات،وتأرجحات في دعم البحث التطبيقي والتطوير تعكس سياسات متبدلة خارجة عن العلم والتقانة وقائمة على أساس الاهتمام بالأمن القومي واكتشاف الفضاء والتنافس الاقتصادي الدولي.

***سياسة التقانة في الولايات المتحدة***

إن التغير الأكثر دلالة الذي طرأ مؤخرا على رسم السياسة يرتبط بالتقانة وليس بالعلم. لقد أعلن الرئيس كلينتون "المبادرة التقانية" في الشهر 2/ 1993 – لتركيز التقانة الأمريكية على ثلاثة أهداف مركزية: نمو اقتصادي بعيد المدى يخلق وظائف ويحمي البيئة، وحكومة أكثر فاعلية واستجابة، وقيادة للعالم في العلم الأساسي والرياضيات والهندسة. إن لـ جون H.گيبونز>، مستشار الرئيس كلينتون في العلم والتقانة، الكثير من مسؤولية وضع هذه المبادرة.

إن زخم كلينتون الجديد ينشيء سياسة لترويج التقانة كعامل محفّز مساند للنمو الاقتصادي، وذلك بزيادة الدعم الحكومي المباشر لتطوير ووضع التقانات الجديدة موضع التنفيذ، وهي بذلك تحسن مناخ الأعمال لأجل الابتكار بتغييرات تتم في الضرائب والتجارة والسياسات التنظيمية والإمدادية، وتزيد الاستثمار في التعليم و"التعلم المستمر" والتقانة التربوية، وتعجّل إدخال البنى التحتية للاتصالات العالية السرعة (الخطوط السريعة الفائقة لنقل المعلومات)، وتحدّث البنى التحتية للنقل، وتحسّن الفاعلية الحكومية في مجالات مثل تقانة المعلومات.

وعلى العكس من ذلك، فإن سياسة التقانة لإدارة الرئيس بوش التي صدرت في الشهر 9/ 1990 – حددت دورا أقل فاعلية للحكومة. فقد شددت على الدور الرئيسي للقطاع الخاص في تحديد هوية التقانات واستخدامها للمنتجات والعمليات التجارية. وركزت على أن سياسات الحكومة يمكن أن تساعد على تأمين بيئة مناسبة لرسم السياسة، ولكن لا يمكنها أن تكون بديلا للنشاط الفعال للقطاع الخاص.

لقد أعلنت إدارة كلينتون عن زيادات جوهرية في الميزانية لدعم التقانة الدنية خلال السنوات المالية 1994 – 1997 وتندرج الزيادات في إطار التزام الإدارة بتحويل نسبة الإنفاق على البحث والتطوير بين العسكري والمدني من 40:60 إلى 50: 50 خلال خمس سنوات. وبسبب التقييدات الصارمة على الميزانية التي تواجهها حكومة الولايات المتحدة، فليس من المحتمل نمو الدعم الإجمالي للبحث والتطوير نموا يتجاوز التكيفات مع التضخم النقدي.

***سياسة التقانة في المكسيك***

يبدو مستوى دعم العلم والتقانة في المكسيك ضئيلا مقارنة بمعايير الولايات المتحدة على نحو ما وصفناه سابقا. فالمكسيك حاليًا تنفق نحو 0.4 % من الناتج المحلي الإجمالي عليهما مقارنة بـ 2.8% في الولايات المتحدة و 1.4% في كندا، وإن 0.4% هي بالتقريب النسبة نفسها التي كانت عام 1980 لكنها تمثل انتعاشا جوهريًا بالنسبة للمستويات المنخفضة التي أعقبت انهيار أسعار النفط أوائل الثمانينات. إن النسبة العظمى (84%) من تمويل العلم والتقانة في المكسيك تأتي من الحكومة الفدرالية.

ومثل أقطار أخرى كثيرة تركز المكسيك على عدد من التقانات الحاسمة وبخاصة التقانة الأحيائية. وهي تشدد على تطوير التقانات الحديثة لأجل النمو الاقتصادي. ومعظم التقانة الحديثة تأتي من مصادر أجنبية ، إلا أن الاستطلاع الذي أجري مؤخرًا يظهر أن الشطر المدعوم من قبل الصناعة الخاصة يتزايد بسرعة. وقد وصلت نسبته إلى 22% عام 1992. وتخطو المكسيك أيضًا خطوات للمشاركة في المجهودات الرئيسية للبحث العلمي الدولي، مثل المصادم الفائق ذي الناقلية الفائقة والمشروعات حول التغير في الكرة الأرضية والبحوث في المجموعة الجينية للإنسان.

تقوم الحكومة الفدرالية بالاستثمار في مجال الموارد البشرية، وإن عدد العلماء والمهندسين لفي ازدياد. ويبدي المجلس القومي المكسيكي للعلم والتقانة (CONACYT) حيوية متجددة، ولديه ما هو أكثر من مضاعفة للميزانية منذ

عام 1989. ولقد تبينت الحكومة الحاجة إلى مراقبة ومتابعة استثماراتها بتطويرها نظاما من "مؤشرات العلم"، وتتعاون الولايات المتحدة تتعاون مع المكسيك في هذا الجهد، وكذلك منظمة التعاون الاقتصادي والتطوير OECD واليونسكو.

### *سياسة التقانة في كندا*

يعادل إنفاق كندا على البحث والتطوير 5% من المستوى في الولايات المتحدة، ويتعادل فيه الإنفاقان الحكومي والصناعي تقريبًا. وهذه النسبة الصحية بين القطاع الخاص والإنفاق الحكومي غير مألوفة في بلد صغير نسبيا بسبب الاتجاه إلى تنفيذ البحث والتطوير في بلدان الشركات المتعددة الجنسيات نفسها. وإن التدخل الحكومي الكندي النشيط مسؤول إلى حد كبير عن تقوية البحث والتطوير الصناعيين. إن لدى كندا تسهيلات ضريبية سخية في البحث والتطوير، وتظهر المعلومات الأولية لعام 1993 إنفاقا مشتركا متزايدا عليهما على الرغم من بطء النمو الاقتصادي الكلي.

وتهدف "مبادرة الازدهار" الكندية إلى تنمية إجماع قومي على برامج موجهة إلى السوق العالمية للمهارات العالية. لقد أجريت دراسة على مدى عام للعوامل المؤثرة في التنافس واكتملت في أواخر عام 1992 بعنوان "ابتكار مستقبلنا"، وكانت إحدى نتائجها الأساسية إدراك الحاجة إلى تقوية البنى التحتية للعلم والتقانة ومقدرات الكنديين ومهاراتهم.

خلال عام 1992، أُلغي "مجلس كندا للعلوم" وجربت المختبرات الحكومية الطرق التي تكفل لها أن تصبح أكثر استجابة لقوى السوق التجارية. ووجهت ميزانية البحث والتطوير الحكومية الثابتة نحو مزيد من البنى التحتية العلمية والتقانية والصحة والفضاء المدني. وكان في كندا، في زمن معين، تدخل حكومي قوي في السياسة الصناعية – أكثر مما في الولايات المتحدة – ويُظهر إنشاء وزارة الصناعة والعلم مؤخرا الاستمرار في التكيف العالي المستوى.

### *الآليات الاستشارية في العلم والتقانة*

يدور هذا القسم بصورة رئيسية حول السياسات المعتمدة للعلم والتقانة، ولكن من المهم أيضًا تقديم النصيحة الموثوقة في أوانها بخصوص العلم والتقانة في تطوير السياسة بمعناها الأوسع (العلم والتقانة من أجل السياسة). لذا فإن الآليات الإرشادية الفعالة لهذين الهدفين قائمة في البلدان الثلاثة على أعلى المستويات الحكومية.

ففي المكسيك، ثمة مستشار علمي ومجلس استشاري علمي (CCC) مرتبطان برئيس الجمهورية. وهذا المجلس مكون من علماء ومهندسين بارزين في عديد من القطاعات والاختصاصات. أما المجلس القومي المكسيكي للعلم والتقانة (CONACYT) ومديره فيقومان كذلك بدور رئيسي في تطوير رسم السياسة.

وفي الولايات المتحدة تم تعيين مستشار علمي ولجنة رئيس الجمهورية الاستشارية العلمية (PSAC) عام 1958، عقب إطلاق الاتحاد السوفييتي لسبوتنيك. وقد ألغيت اللجنة عام 1973 وقام مجلس العلوم للبيت الأبيض بتوجيه النصح للمستشار العلمي ما بين عامي 1981 و 1989. وفي عام 1990 تأسس مجلس مستشاري رئيس الجمهورية في العلم والتقانة(PCAST) بأمر تنفيذي، وأعضاؤه مكونون من علماء ومهندسين بارزين. وقد ترأسه <ألان برومليِ> مدير (مكتب سياسة العلم والتقانة) في عهد الرئيس بوش، وكان مجلس المستشارين PCAST يجتمع بانتظام مع الرئيس، أصدر عددا من التقارير حول موضوعات مهمة في رسم السياسة. أما هيئة العلم القومية فتضع سياسة مؤسسة العلم القومية. وتؤثر أيضًا في السياسة العامة للتنمية في الولايات المتحدة في مسائل العلم والتقانة.

وفي كندا تشكلت عام 1987 الهيئة الاستشارية القومية للعلم والتقانة (NABST) وتتمتع بصلاحية تقديم النصح لرئيس الوزراء في كيفية استغلال العلم والتقانة في كندا استغلالا أكفأ. ويرأس الهيئة رئيس الوزراء، أما أعضاؤها فمن الحكومة وأرباب العمل والعمال والمعلمين في كندا.

### *نافتا NAFTA*

مع وجود اتفاقية التجارة الحرة لشمال أمريكا (NAFTA) في الأفق ستتسارع التغيرات في العلاقات

العلمية والتقانية بين كندا والمكسيك والولايات المتحدة. فعلى جدول الأعمال أمور من مثل حقوق الملكية الفكرية والبحث والتطوير الصناعيين والتعاون في برامج البحوث الأكاديمية.إن الدور المهيمن للولايات المتحدة في العلم والتقانة يسبب الضيق للمجتمع التقاني في المكسيك لكنه يقدم أيضًا فرصًا متزايدة للمشاركة في مجهودات بحوث فريدة.

وعلى المستوى الرسمي تأسست مجموعات استشارية مشتركة بين الولايات المتحدة والمكسيك وبين الولايات المتحدة وكندا. وتوفر هذه الآلية فرصا للتشاور غير الرسمي في أنواع مختلفة من القضايا بين المسؤولين الكبار ولتحديد ومناقشة وتحفيز النشاطات التعاونية. إن مجلس مستشاري رئيس الجمهورية في العلم والتقانة في الولايات المتحدة وهيئة مستشاري الهيئة الاستشارية القومية للعلم والتقانة في كندا، عقدت أيضًا اجتماعات مشتركة، كما أسهم المجلس الاستشاري العلمي في المكسيك في رعاية الحلقة الدراسية الدولية للعلم والتقانة واتفاقية التجارة الحرة عام 1991.

## ملحوظة ختامية

على الرغم من التقييدات المالية فإن البحوث العلمية والهندسية والصحية بالغة النشاط عبر منطقة أمريكا الشمالية كلها. إنها مشروع دولي بالكامل، ويزداد عالمية كل يوم. وفي الوقت نفسه فهو مندمج تماما مع التوقعات المتطورة عن كيفية إسهام العلم والتقانة في الأهداف القومية التي هي نفسها في حالة تغير. إن بَلْورة شكل أمثل من مزيج المنافسة الخاصة والدعم العام والتعاون الدولي سيبقى موضوعًا أساسيًا في المناظرات القائمة حول أدوار العلم والتقانة في أمريكا الشمالية خلال السنوات القليلة القادمة.

## كلمة شكر

يشكر المؤلفان <جنيفر بوند> من مؤسسة العلم القومية في الولايات المتحدة للنصيحة العامة الشافية والمساعدة الموثوقة في جمع المعلومات. كما يشكران كلا من <جيسي أوزوبيل> و <ڤكتور برادلي> وچول دوفور> و حدان كاش> و حكاثرين ملاكالين> و حخايمه مارته تشيلي> و <جون ميللر> و <فيليب شامبرا> و <جف شوايتزر> و <مايكل ستيفنز> لتعليقاتهم على المسودة.

**رودني نيكولز**: المسؤول التنفيذي الرئيسي لأكاديمية نيويورك للعلوم التي عمرها 176 عاما وشغل من قبل، على التوالي، نائب الرئيس ونائب الرئيس التنفيذي لجامعة روكفلر كما كان باحثا مقيما في مؤسسة كارنيگي في نيويورك. عمل نيكولز بعد تخرجه في جامعة هارفرد متخصصا في الفيزياء التطبيقية، ومحلل أنظمة ومديرا للبحث والتطوير في الصناعة الخاصة وفي الحكومة. و قدم النصيحة لمكتب البيت الأبيض لسياسة العلم والتقانة ووزارات الخارجية والدفاع والطاقة والمعهد القومي للصحة ومؤسسة العلم القومية والأمم المتحدة. وقد مثل الولايات المتحدة في مفاوضات دولية حول الحد من التسلح وفي مؤتمرات حول نقل التقانة. وكان نائب المسؤول عن تقرير أيلول 1992، الذي قدمته بعثة كارنيگي للرئيس السابق جيمي كارتر حول "الشراكة لأجل تنمية عالمية" وقد فاز نيكولز بميدالية زير الدفاع للخدمة المدنية المتميزة الجديرة. ومن بين اهتماماته الحالية التعاون الدولي في حقول من مثل الطاقة والصحة والعلوم الأساسية.

**J. توماس راتشفورد**: أستاذ سياسة العلم والتقانة الدولية في جامعة جورج ميسون حيث يتضمن تعليمه وبحوثه عديدا من مسائل رسم السياسة في العلم والتقانة وبخاصة الحدود المشتركة بين التجارة والتقانة.

تلقى راتشفورد تعليمه وتدريبه في مجال فيزياء الحالة الصلبة وكان عضو هيئة تدريسية في جامعة واشنطن وجامعة لي. وتولى مناصب بحثية عدة في المخابر الحكومية والخاصة. وصار فيما بعد مسؤولا عن صياغة وإدارة برنامج البحث الأساسي لمكتب القوى الجوية للبحث العلمي قبل أن يصير عضو الهيئة المهنية في الكونغرس الأمريكي.

عمل راتشفورد فيما بعد مسؤولا تنفيذيا مشاركا في الرابطة الأمريكية لتقدم العلوم (AAAS) حيث كان نائبا للمسؤول التنفيذي الأول، وترأس مديريات البرامج الثلاث في الرابطة المتخصصة في التربية والموارد البشرية، والبرامج الدولية، والعلم وبرامج السياسة.

وقبل انتقاله مؤخرا إلى جامعة ميسون كان المدير المشارك للسياسة والشؤون الدولية في مكتب البيت الأبيض لسياسة العلم والتقانة.

# أمريكا اللاتينية

رايموندو فيليكاس - كيرمو كاردوزا

لقد كان العلم، في معظم أقطار أمريكا اللاتينية، في مراحله البدائية وفي أحسن الحالات كان نشاطًا بشريًا غامض الملامح وذلك عند نهاية الحرب العالمية الثانية أي منذ نحوخمسين سنة. ولا شك في أن هذا الوضع قد تغير في عديد من الحالات بفضل الجهود القومية والتعاون الدولي. على أي حال، وعلى الرغم من هذا التحسن في مستوياتها فإنه لمن سوء الطالع أن هذه الأقطار قد بقيت على حالة ثابتة، أو، وفي أحسن الأحوال، بالكاد تدبرت حدا أدنى من معدلات النمو. وتدل المؤشرات على أن تغيرات عميقة في السياسة المرسومة مطلوبة في بلدان أمريكا اللاتينية ليتم الوصول إلى مستويات تقدم علمي تكفي لإحداث تأثير فعال في التطور المتكامل.

في معظم البلدان الأقل نموا يكون البحث العلمي والأنشطة المرتبطة به هامشيين ولهما تأثير محدود في المجتمع وفي مسيرة التطور. وفي المقابل، يشكل العلم في الدول المتطورة مكونًا جوهريًا من مكونات التربية والثقافة، فضلا عن كونه وثيق الارتباط بباقي الأنظمة الاجتماعية بما فيها النظام الاقتصادي، وذلك من خلال تطبيقاته.

إن هدف هذا الفصل هو تقديم سرد لتطور العلم وحالته الراهنة في أمريكا اللاتينية؛ وسيختتم برؤية انتقادية للعوامل التي يبدو أنها تحد من التقدم العلمي وببعض الأفكار عن كيفية التغلب عليها.

عندما نشير إلى العلم فإننا نقصد المعنى الواسع للكلمة المتضمن البحث والأنشطة المختلفة المتكئة عليه. إننا نعتبر البحث المكون الجوهري للعلم (بدءًا بالبحث الأساسي أو الأساسي التوجيه إلى البحث والتقانة والابتكار التقني)، هذا التحديد يحاول إبراز ما مفاده أن المعرفة العلمية الجديدة المستخلصة عبر البحث هي ما نعلمه وننشره ونطبقه ثم نشك فيه إلى أن يتم تحويله إلى موضوع للبحث مرة ثانية.

## بلدان الكاريبي وأمريكا

يشغل ما يسمى بالعالم الثالث ثلثي وجه الأرض، وربع هذا قائم في أمريكا اللاتينية والبحر الكاريبي. ويجتمع في العالم الثالث 78% من سكان العالم و 10% في منطقة الكاريبي وأمريكا اللاتينية (البنك العالمي، 1991). وإن أقاليم العالم الثالث المختلفة متغايرة الخصائص من منطلقات سياسية واقتصادية واجتماعية. وهذا التغاير واضح بين الأقطار التي تشكل كلا من هذه الأقاليم.

يوجد في منطقة الكاريبي وأمريكا اللاتينية 27 بلدا، مساحتها 20 مليون كيلومتر مربع وعدد سكانها 421 مليون نسمة، وهذه أرقام تماثل تلك التي تخص كندا والولايات المتحدة مجتمعتين (البنك العالمي، 1991). وعلى الرغم من أن نظرة عابرة إلى المنطقة توحي بدرجة من التجانس فإن مستويات الإنجاز الراهنة تتراوح من بلد إلى آخر عندما نتفحصها عبر معطيات مطلقة.

### *أمريكا اللاتينية*

هناك تسع عشرة دولة تتكلم الإسبانية والبرتغالية وهي ما نعتبره تقليديا أمريكا اللاتينية. وتتوزع الأقطار الأمريكية اللاتينية من الشمال إلى الجنوب في المناطق الجزئية التالية: المكسيك، أمريكا الوسطى (كوستاريكا، السلفادور، غواتيمالا، هوندوراس، نيكاراغوا، باناما)، الكاريبي الناطق بالإسبانية (كوبا وجمهورية الدومينيكان)، المنطقة الجزئية الآندية (بوليفيا، كولومبيا، إكوادور، بيرو، فنزويلا)، البرازيل، والخروط الجنوبي (الأرجنتين، تشيلي، بارغواي، أوروغواي). وأحيانا تعتبر أمريكا الوسطى والكاريبي الناطق بالإسبانية منطقة جزئية أمريكية لاتينية واحدة. ومن ناحية أخرى فإن هايتي، الجزيرة الكاريبية الفرانكوفونية، تعتبر جزءا من الكاريبي.

وبينما تشترك هذه الدول في تاريخ وثقافة ودين ولغة واحدة (الإسبانية والبرتغالية لغتان متشابهتان) فإن التجانس يبدو أقوى على صعيد محلي في المناطق الجزئية، بصرف النظر عن أنه في كل منطقة جزئية، مكونة من ثلاث دول أو أكثر، فإننا نرى واحدة منها على الأقل تختلف بشكل مهم عن المعدل العام للتجانس.

### *الكاريبي*

جرى العرف على أن يقال إن الأقطار الكاريبية هي

تلك الأقطار التي تتوضع في جزر البحر الكاريبي. وغالبا ما يتم تصنيفها إلى مجموعات بحسب اللغة، أي: البلدان الانكلوفونية (البهاما، باربادوس، غرينادا، جامايكا، ترينيداد، وتوباغو) والبلدان الفرنكوفونية (هايتي) والبلدان الناطقة بالإسبانية (كوبا، وجمهورية الدومينيكان). ومن الشائق ملاحظة أن بعض البلدان القارية المحاذية للبحر الكاريبي مثل المكسيك وأمريكا الوسطى وكولومبيا وفنزويلا تعتبر نفسها جزءا من أمريكا القارية الكاريبية التي تضم أيضا غويانا الناطقة بالإنكليزية وسورينام الناطقة بالهولندية. فتقليديا أدى التاريخ واللغة إلى أن يرتبط البلدان الأخيران بالكاريبي، على الرغم من أنهما واقعان على الشاطىء الأطلسي.

## تطور العلم في أمريكا اللاتينية

### *ما قبل كولومبوس إلى نهاية القرن التاسع عشر*

قبل وصول كريستوفر كولومبوس إلى أمريكا اللاتينية كانت الحضارات المايوية والإنكاوية والأزتيكية قد بلغت مستويات محسوسة من التطور في بعض مجالات المعرفة مثل الرياضيات والفلك والزراعة والطب. وهي معرفة ميدانية وتأملية تمكن هؤلاء السكان الأصليون من تناقلها شفهيا وكتابيا (ساگاستي، 1978). وعلى الرغم من هذا فإن الإبداع العلمي كما هو معروف هذه الأيام في البلدان المغربية التطورة قد وصل إلى المنطقة بعد سنوات عديدة من وصول كولومبوس والفاتحين الإسبان والبرتغاليين. ومن بين أسباب ذلك أن العلم كان لا يزال يحبو في أوروبا عند نهاية القرن الخامس عشر.

حل كولومبوس أولا في لاإسبانيولا في البحر الكاريبي (وهي جزيرة صارت الآن مكونة من جمهورية الدومينيكان وهايتي) عام 1492، وفي تيرا دي گراسيا (فنزويلا اليوم) على البر الأمريكي عام 1498. من ناحية أخرى فقد بدأ تكوين المؤسسات العلمية في أوروبا مع بدء تكوين الأكاديميات العلمية بعد ما ينوف على قرن (*Accademia Dei Lincei* في روما عام 1603؛ *Accademia Del Cimento* في فلورنسا عام 1657؛ الجمعية الملكية في لندن عام 1660، و *Academie Des Sciences* في باريس عام 1666). إن الاحداث الجديدة التي شملت إسبانيا وكذلك البرتغال، ما بين الثلث الأخير للقرن السادس عشر إلى نهاية القرن الثامن عشر، تضمنت الحركة المضادة للإصلاح وتصفية الجماعة اليهودية الإسبانية واستعمار أمريكا اللاتينية (لوبيز - بينيرو ،1969). وقد تمخض عن ذلك عزلة إسبانيا الفكرية ومستعمراتها إلى حد أن الإسبان قد منعوا إبان حكم فيليب الثاني من التعلم والتعليم في بلدان أجنبية، ومن ناحية أخرى فإن العلم البحت قد هُجر بغية التركيز على الأمور العملية والمعرفة التطبيقية. ومن المفارقات أن هذا الهوس بالأمور العملية لم يترافق مع تقدير للعمل اليدوي (ساگاستي 1978) وهو ضروري جدا لتقدم العلم التجريبي والعمل البشري عموما. وقد حالت هذه الأحداث دون أن تشارك إسبانيا في ظهور العلم الحديث مثلما كان الأمر في أوروبا أثناء القرن السابع عشر.

وقد حدثت في إسبانيا أثناء حكم تشارلز الثالث نهضة علمية جديرة بالتقدير ولكنها كانت عابرة. وكان هذا زمن التنوير الإسباني ومن هناك وصلت إلى أمريكا اللاتينية المستعمرة الأفكار الفلسفية الدارجة في أوروبا من خلال الجامعات ومعها منظور علمي جديد لتعليم الطب وعلم النبات والعلوم الفيزيائية (ستيگير، 1974). وعلى الرغم من أن الإبداع العلمي لم يكن نشاطا بشريا مهما قط أثناء السنوات التكوينية لأمريكا اللاتينية، فقد قامت أنشطة معينة في العلم التطبيقي، مثل إرساليات لدراسة الطبيعة، إضافة إلى بعض المحاولات لتدجين نباتات وحيوانات أوروبية الأصل (روش ،1976).

كما شهد القرن الثامن عشر نهاية لما يسمى الحقبة الاستعمارية لأغلبية بلدان أمريكا اللاتينية وبدأت حقبة الاستقلال السياسي خلال الشطر الأول من القرن التاسع عشر. وتبعتها فترة طويلة بذلت فيها الجهود لتعزيز حكومات وطنية تتمتع باستقلال ذاتي.

خلال القرون الأربعة التي أعقبت حلول كولومبوس على البر الأمريكي من نهاية القرن الخامس عشر إلى نهاية القرن التاسع عشر شهدت أمريكا اللاتينية وصول أو ظهور **الطبيعيين** naturalists و الباحثين ودارسي الطبيعة الذين ابتدروا اهتماما متزايدا بالعلم. وكأمثلة يمكننا أن نذكر

حفرانشيسكو هرناندیز> في المكسيك في القرن السادس عشر، وفي القرن الثامن عشر وبداية القرن التاسع عشر نذكر حشارل ماري دولا كوندامين>وحلويس گودان > وحبيير بوگير> في الإكوادور وحهيبوليتو روويز> وحخوسيه أنطونيو بافون> في أراض تتوزع الآن بين تشيلي وبيرو، وحخوسيه سليستينوموتيس>، الذي رأس البعثة النباتية ورافقه حفرانشيسكو خوسيه كالداس> وحخورخه تاديو لوزانو> وحفرانشيسكو زيافي> في كولومبيا وحالكزاندر فون هومبولت> الذي ارتحل عبر فنزويلا وكولومبيا والإكوادور وبيرو. وقد استمرت دراسات كهذه إلى مرحلة لا بأس بها من القرن التاسع عشر قام بها علماء متميزون مثل حأوگسطين كودازي> في فنزويلا، وحفرانشيسكو> و < خافيير مونييز> في الأرجنتين، وحتشارلز داروين> الذي سافر من البرازيل إلى الأرجنتين وتشيلي وبيرو وإلى جزر گالا باگوس في الإكوادور. أما الباحثون الطبيون من أمثال حخوسيه هوبوليتو يونانوي> وحدانيل A. كاريون> فقد عملوا في بيرو، في حين عمل حخوسيه ماريا فاركاسي> وحلوليس دانيال بيوبرتي> في فنزويلا وحكارلوس فينالي> في كوبا. ويعتقد البعض أن هؤلاء الأفراد يشكلون منطلق التراث العلمي في أمريكا اللاتينية (واينبرگ، 1978) في حين ينظر إليهم آخرون كحالات منعزلة. وأيا كانت النظرة الأعدل فهؤلاء وآخرون مثلهم يشكلون جزءا مهما من الماضي العلمي للمنطقة.

### *بدء البحث العلمي المحترف*

إلى هذه الأسماء التي ذكرناها سابقا يمكن أن نضيف أسماء أخرى من النصف الأول للقرن العشرين ومن سنوات أقرب. فمثلا بوسعنا أن نذكر حبرناردو هوساي> و حادواردو دي روبرتيس> و< لويس للوار> في الأرجنتين، حأوزوالدو كووز > و حكارلوس تشاگاس> في البرازيل، حادواردو كووز - كوك> في تشيلي، حارتورو روز نبلوث> في المكسيك، حبيودل ريوهورتيگا> و حكليمنتي استابلي> في الأورغواي، حكارلوس مونگي >في بيرو، حاكوستوبي - سونير> وحفرانشيسكو دي فينانزي> في فنزويلا. ومن المهم ملاحظة أن هؤلاء الرجال كلهم قد قاموا ببحوثهم في العلوم الطبية أو البيولوجية ومعظمهم ولدوا في أمريكا اللاتينية، وبعضهم أبناء مهاجرين، واثنان منهم ولدا في إسبانيا. وقد وقع على عاتقهم وعواتق غيرهم القيام بمبادرة إعطاء صبغة رسمية للبحث العلمي في مختلف بلدان أمريكا اللاتينية، وكذلك تعليمه وممارسته كحرفة مع وجود قواعد للقبول والتدرب والاستقرار في ميدانه.

ليست الصلة الأوروبية مع أمريكا اللاتينية أمرا غير منتظر. ولكن من الجدير بالملاحظة أن ازدهار البلدان والمناطق الجزئية في أمريكا اللاتينية خلال القرن الحالي يبدو مرتبطا ارتباطا مباشرا بتدفقات الهجرة من مختلف الأقطار الأوروبية. وهكذا فالتطور العلمي الأكبر لشبه منطقة المخروط الجنوبي وبخاصة الأرجنتين وتشيلي وأورغواي، هو على ما يبدو نتيجة لهجرة علماء أوروبيين معينين. وقس على ذلك النمو العلمي الأقرب عهدا في المكسيك وفنزويلا، الذي يمكن أن نعزوه إلى وصول علماء أتوا فرادى من إسبانيا وأقطار أوروبية أخرى.

ومع ذلك فلكي يزدهر العلم يجب توافر شروط أخرى مثل وجود أفراد وباحثين وطلاب يقومون بواجب المضيف لهؤلاء العلماء المهاجرين، كذلك يحتاج الأمر إلى مستوى كاف من الرفاهية الاقتصادية لامتلاك الموارد الكفيلة باقتناء التجهيزات والمواد الضرورية. ومن المعتاد توافر هذه الشروط في الجامعات أو مراكز البحث، أما الخطوة التالية فقد تضمنت تدريب الموارد البشرية القرمية. إن كل هذه المجموعات تقريبا قد بدأها طلاب جامعيون تابعوا تعلمهم الرسمي العالي في الخارج، أو تلقوا تدريبا متقدما وعادة ما كان خارج المنطقة.

إن أول أثر قوي لتأسيس فرق البحث العلمي في مدارس جامعية معينة وأقسام متخصصة في العديد من أقطار أمريكا اللاتينية كان التحسن في نوعية التعليم والتدريب في الحرف ذات الصلة، وهي الطب والهندسة الزراعية والهندسة والطب البيطري. وفيما بعد تأسست كليات العلوم إلى جانب مؤسسات البحث، حيث استمر العلم الأساسي في النمو، إضافة إلى مجالات معينة من العلم التطبيقي.

من الشائق أن نلاحظ أن البيولوجيا الصرفة والتطبيقية (العلوم الطبية والزراعية والبيئية) كانت دائما في

أصول الأنشطة البحثية في مختلف أقطار أمريكا اللاتينية وعادة ما كانت تعقب هذا بحوث في الهندسة بدءا من تلك الجوانب الألصق بالحياة الإنسانية ( بمعنى الإسكان وهندسته الصحية)، وصولا إلى جوانب متطورة ذات صلة بالعلوم الأساسية (الكيمياء والفيزياء والرياضيات)، وبالتطوير الصناعي (بمعنى الهندسة الكيميائية والميكانيكية والإلكترونية).

عند انتهاء النصف الأول من هذا القرن وصل معظم أقطار أمريكا اللاتينية (ومع الأسف ليس كلها) إلى مستوى معين من التطوير العلمي. فقد وجدت وحدات بحثية جامعية في المدارس ومراكز بحوث مرتبطة بالدولة وبالخدمات العامة المقدمة للمجتمع، وكذلك بعض وحدات بحث وتطوير مرتبطة بالصناعة.

كانت الأكاديميات القومية موجودة مسبقًا في بعض البلدان وتسمى عادة الأكاديميات القومية للعلوم الفيزيائية والطبيعية الدقيقة وقد أنشأتها الدولة ومولتها، وفيها عدد محدود من الأعضاء الدائمين (ما بين 30 إلى 40 عضوا).

كذلك وجدت مسبقًا جمعيات علمية مفتوحة، أو جمعيات ابتدرها أصدقاء للعلم ذوو شخصيات خصوصية، أو كانت على وشك الوجود في مختلف البلدان ومن بينها جمعيات عرفت باسم جمعيات التقدم العلمي وقامت بدور مهم في تعزيز العلم وتشجيعه. وفي عدة بلدان كان لهذه الجمعيات الفضل في أنها صارت مراكز تعليم لبعض الأصول الأساسية لممارسة العلم.

### *إعطاء العلم صفة رسمية*

بعد انتهاء الحرب العالمية الثانية بوقت قصير ظهرت الأمم المتحدة ووكالتها المتخصصة المنهمكة في شؤون العلم: منظمة الأمم المتحدة للتربية والعلوم والثقافة "اليونسكو". إن أحد أهداف اليونسكو هو ترقية وتسهيل تطويرالعلم في البلدان الأقل نموا عبر دراسة الوضع العلمي في هذه البلدان واتباعها سياسات مقترحة وإجراءات جديدة.

**مجالس البحث القومية:** إن واحدا من أهم الأحداث في أمريكا اللاتينية خلال النصف الثاني من هذا القرن. وهو حدث كان له أن يسهم إسهاما كبيرا في تقدم العلم، هو تشكيل المجالس القومية لترقية الأنشطة العلمية ودعمها.

وقد تكونت هذه المجالس من ممثلين عن الحكومة، ومنظمات البحث الخاصة والعامة، والجامعات، والصناعات، والعلماء، والمستفيدين من المعرفة والخبرة (Comision Prepratoria، 1965- روش ، 1992)، وقد أسهمت اليونسكو في تشكيلها(بيهرمان ،1979). وقد عرفت عموما بمجالس البحث القومية العلمية التقانية، واقترنت في معظم الأحيان بمنظمات قريبة جدا من رئيس الدولة، كما كانت في العادة لامركزية (بمعنى انفصالها عن الإدارة المركزية)، وذلك بغية توكيد استقلالها الذاتي وطبيعتها التقنية. وقد خصصت لها مبالغ مالية أيضا لتمويل مشروعاتها العلمية والتربوية. وإن واحدا من أكثر برامج المجالس نجاحا في الآونة الأخيرة هو (مشروع مهنة الباحث) أو (برنامج ترقية الباحث)، الذي يقوم بوظيفة آلية ترقية العلماء وتكريمهم، وفي الوقت نفسه يساعد على تقوية جذور الباحثين في بلدهم.

تعكس نتائج هذه العملية مستوى معينا من إضفاء الصفة الرسمية على الأنشطة العلمية في المنطقة، ومع ذلك فنحن لا يمكننا القول إن العلم قد بلغ مستوى مقبولا من (الشرعية الاجتماعية). إن الأنشطة العلمية - والحق يقال - ما زالت ظاهرة هامشية. ويجب على بلدان أمريكا اللاتينية أن تستمر في بذل الجهود لترسيخ ثقافة علمية أصيلة، وخلق وعي بدور العلم في التطوير يشترك فيه جميع الأفراد.

**شبكات ومراكز إقليمية:** كانت ترقية التكامل العلمي نشاطا آخر من أنشطة اليونسكو، وذلك بالتعاون مع حكومات عدة بلدان لإيجاد مراكز إقليمية مكرسة لتجميع العلماء معا عبر تنظيم الملتقيات والورش والدورات التدريبية. والأمثلة هي مركز أمريكا اللاتينية للفيزياء (CLAF) و مركز أمريكا اللاتينية للبيولوجيا (CLAB) و المركز الدولي للتبيؤ المداري (CIET) ومركز سيمون بوليفار الدولي للتعاون العلمي (CICCSB).ويقع الأول في البرازيل، أما الأخرى ففي فنزويلا.

إن شبكة علوم الأحياء في أمريكا اللاتينية(REGAB) وهي جزء من شبكة علوم الأحياء الدولية (IBN)، وقد

أوجدتها اليونسكو والمجلس الدولي للاتحادات العلمية ومنظمة الدول الأمريكية (OAS) بدعم من برنامج الأمم المتحدة للتنمية (UNDP)، قد تم تأسيسها قبل أقل من عشرين عامًا. وقد أتاحت هذه الشبكة العلمية الفرصة لتأسيس روابط بين عديد من الباحثين، وهي تعزز تنظيم برامج بحوث ثنائية أو متعددة الجنسية. ومنذ عهد أقرب أنشئت (شبكة أمريكا اللاتينية للتقانة البيولوجية) وفقا لخطوط مماثلة وتحت رعاية برنامج الأمم المتحدة للتنمية (UNDP) واليونسكو ومنظمة الأمم المتحدة للتنمية الصناعية (UNIDO).

وأوجدت أيضا مراكز بحوث ذات صفة دولية لتتوية الاهتمام بجوانب ذات أهمية كبيرة بالنسبة للمنطقة مثل الزراعة، مثل المركز الدولي للزراعة المدارية (CIAT) في كولومبيا و المركز الدولي للبطاطا (CIP) في البيرو، ومعهد أمريكا الوسطى للبحث الصناعي والتقانة (ICAITI) في غواتيمالا، ومعهد ما بين الأمريكتين للعلوم الزراعية (IICA) في كوستاريكا.

**برامج العلم والتقانة الإقليمية:** إلى جانب هذه المراكز العلمية تأسست برامج للعلم والتقانة في مختلف المنظمات الإقليمية والإقليمية الجزئية. وقبل عقدين أثبت برنامج منظمة الدول الأمريكية أنه بالغ الأهمية في قيامه بدور صلة الوصل لتعاون الشمال والجنوب بين الولايات المتحدة الأمريكية وبلدان أمريكا اللاتينية.

وتزودنا اتفاقية أندريس بيللو (SECAB) بمثال عن البرنامج الإقليمي الجزئي بين البلدان الآندية، ومقر أمانتها في كولومبيا. ومن بين التفويضات التي تتمتع بها هذه الاتفاقية تفويض ترقية التطوير والتكامل العلميين في الأقاليم الجزئية. ومن منطلق أهمية العلم في تحسين التربية ونوعية الحياة وتحديث البلدان الآندية كمنطقة جزئية، فإن المنتظر من هذا البرنامج أن يكون له دور مهم جدا في المستقبل.

في الوقت الحاضر يتم توجيه (برنامج بوليفار)، وهو ترتيب إقليمي ترعاه فنزويلا بدعم من مصرف التنمية لما بين الأمريكتين (IDB)، لربط مراكز البحث بالصناعات القائمة في مختلف بلدان المنطقة.

**وزارات وأمانات ومكاتب للعلم والتقانة:** إن وجود برامج العلم والتقانة المرتبطة بمختلف القطاعات في بلدان عديدة قد أفضى خلال السنوات القليلة الماضية إلى إيجاد وزارات وأمانات ومكاتب على المستوى الحكومي، مسؤولة عن الإشراف على بدايات العلم والتقانة، وعن محاولة القيام في بعض الحالات بتخطيط وتنسيق أفقيين زيادة على ما للبحث أو مؤسسات البحث والتطوير من روابط وصلات مع قطاع معين، سواء كان التربية أو الصحة أو الزراعة أو البيئة أو الوارد الطبيعية أو الطاقة. وهذه الوزارات والأمانات والمكاتب قامت أحيانا بدور فعال ككيانات تشجيعية وقنوات ربط واتصال.

**منظمات غير حكومية (NGOs):** صار لهذه المنظمات مؤخرا دور مهم في ترقية العلم ومهمات التواصل البحثي في بلدان المنطقة. إن للمنظمات غير الحكومية (NGOs) دورا مهما تؤديه في الأنشطة البحثية في عديد من بلدان أمريكا اللاتينية.

**أكاديمية أمريكا اللاتينية للعلوم:** قبل عشر سنوات أنشأ لفيف من العلماء أكاديمية أمريكا اللاتينية للعلوم (ACAL) بهدف تعزيز تطوير العلم ومكاملة أمريكا اللاتينية. إن هذه الأكاديمية منظمة خاصة غير حكومية ويَنتخب الأعضاءُ الحاليون الأعضاءَ الجدد على أساس التحصيل العلمي دونما أي لون من ألوان التمييز، وللمنظمة برنامج تعاون إقليمي، وتتضمن أنشطتها الرئيسية الإعلام والتبادل العلمي وكذلك التعاون مع المراكز الإقليمية وتعزيز مختلف الشبكات. وإن البرنامج الإقليمي لهذه الأكاديمية مشروع مشترك بين (مؤسسة سيمون بوليفار) عن الأكاديمية واليونسكو وأكاديمية العالم الثالث للعلوم (TWAS).

## العلم في أمريكا اللاتينية: الوضع الراهن

سنلخص في هذا القسم الوضع الراهن للعلم في أمريكا اللاتينية، معتمدين على معلومات مندرجة في قواعد

**الجدول 1**
**العلم في أمريكا اللاتينية**

| البلد/ المنطقة الجزئية | طاقم العمل في البحث والتطوير | الإنفاق (1991) ملايين الدولارات | % من ن ق م | المنشورات العلمية الإجمالي (1991) | في المليون نسمة | التعاون[1] إقليمي | (1990) دولي |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| المكسيك | 14 909 (1984) | 961.0 | 0.35 (1991) | 1608 | 19.3 | 63 | 774 |
| كوستاريكا | 1 453 (1989) | 42.9 | 0.89 (1989) | 108 | 38.5 | 10 | 102 |
| السلفادور | 142 (1989) | | | 3 | 0.6 | 2 | 5 |
| غواتيمالا | 2 021 (1990) | 12.3 | 0.10 (1990) | 75 | 8.9 | 0 | 38 |
| هندوراس | 703 (1990) | 4.2 | 0.04 (1990) | 18 | 3.9 | 2 | 65 |
| نيكاراغوا | 725 (1987) | 10.0 | 0.37 (1985) | 22 | 6.2 | 5 | 12 |
| بنما | 850 (1990) | 20.7 | 0.41 (1990) | 81 | 36.8 | 18 | 92 |
| **أمريكا الوسطى** | **5 894** | **90.1** | | **307** | | **37** | **314** |
| كوبا | 12 052 (1989) | 171.2 | 0.85 (1990) | 155 | 15.3 | 10 | 95 |
| دومينيكان | 500 (1990) | | | 25 | 3.7 | 10 | 29 |
| **الكاريبي** | **12 552** | **171.2** | | **180** | | **20** | **124** |
| بوليفيا | 890 (1986) | | | 33 | 4.9 | 9 | 41 |
| كولومبيا | 4 449 (1990) | 68.8 | 2.20 (1987) | 196 | 6.5 | 98 | 201 |
| إكوادور | 760 (1984) | 11.4 | 0.11 (1989) | 61 | 6.1 | 7 | 46 |
| بيرو | 4 858 (1981) | 106.1 | 0.23 (1987) | 176 | 8.5 | 18 | 156 |
| فنزويلا | 5 457 (1990) | 200.0 | 0.45 (1990) | 494 | 27.1 | 61 | 215 |
| **الأندية** | **16 594** | **386.3** | | **960** | | **193** | **659** |
| **البرازيل** | **65 000 (1990)** | **3179.0** | **0.89 (1990)** | **3 735** | **26.4** | **148** | **1 424** |
| الأرجنتين | 19 000 (1988) | 466.0 | 0.80 (1992) | 1934 | 62.1 | 117 | 644 |
| تشيلي | 4 009 (1987) | 90.6 | 0.46 (1988) | 1 151 | 92.0 | 90 | 566 |
| بارغواي | 807 (1981) | 1.5 | 0.03 (1990) | 38 | 9.5 | 1 | 4 |
| أورغواي | 2 093 (1990) | 18.0 | 0.20 (1987) | 96 | 32.0 | 15 | 36 |
| **المخروط الجنوبي** | **25 909** | **576.1** | | **3 219** | | **223** | **1 250** |

١- تأليف مشترك للمنشورات العلمية.
ن م إ: ناتج محلي إجمالي

المصدر: Latin American Academy of Sciences (ACAL)

البيانات التي لدى أكاديمية أمريكا اللاتينية للعلوم ACAL، والتي جمعتها الأكاديمية ذاتها (كاردوزا وأزواخي، 1992؛ فييخاس وكاردوزا، 1987، 1990، 1991)، وفي حالة غيابها سنعتمد على المصادر المشار إليها في تذييلات الجداول والأشكال. وعموما فقد قسمت النتائج بحسب المناطق الجزئية وبحسب كل من الأقطار العشرة المنتجة لأكبر عدد من الإصدارات العلمية خلال 1991.

يقدم الجدول 1 بيانات عن الموارد البشرية والإنفاق والإصدارات العلمية في كل بلد ومنطقة جزئية في أمريكا اللاتينية. وقد استخدمت هذه البيانات لحساب القيم المتضمنة في جميع الأرقام الواردة في هذه المقالة. أما مناقشة الدلالة الممكنة للملاحظات فستأخذ بالاعتبار عدد السكان ومستويات التربية والرفاهية الاقتصادية لكل بلد وكل منطقة جزئية.

### الموارد البشرية

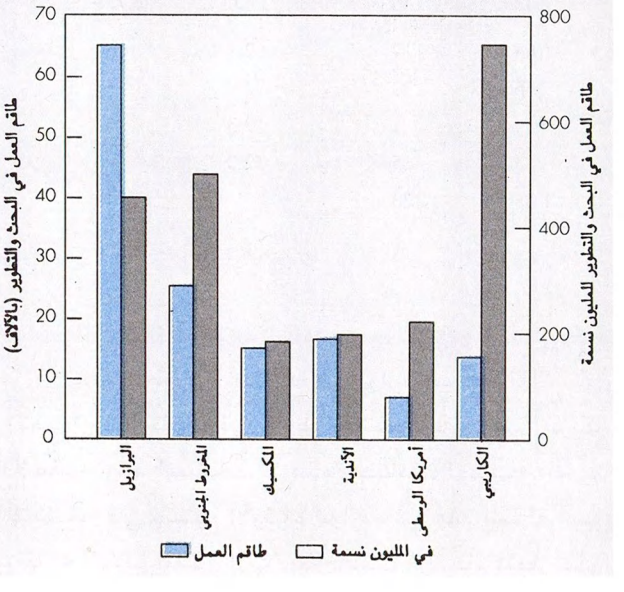
يظهر الشكلان 1و 2 على التوالي الموارد البشرية المكرسة للبحث في المناطق الجزئية وفي كل من أقطار أمريكا اللاتينية العشرة المنتجة لأكبر عدد من الإصدارات العلمية خلال 1991(الجدول 1). إن العدد الكلي للباحثين والمشاركين معهم هو 142904، وهم مسجلون في **قاعدة البيانات** database للأكاديمية ACAL وموزعون على تسعة عشر بلدا ناطقة بالإسبانية أو البرتغالية في أمريكا اللاتينية.

يظهر الشكل 1 أن البرازيل والمخروط الجنوبي والمناطق الجزئية الكاريبية لديها ما ينوف على 400 فرد من المكرسين للبحث في كل مليون من السكان، في حين يقترب العدد في المكسيك والمنطقتين الجزئيتين الآندية والأمريكية الوسطى من 200 فرد في كل مليون. وكما يظهر في الشكل 2، فمن الممكن تجميع البلدان في مجموعتين: الأولى تتضمن البرازيل والأرجنتين وكوبا وكوستاريكا والأورغواي، وتتضمن الأخرى المكسيك وتشيلي وفنزويلا وكولومبيا وبيرو. ومع أن هذه البيانات قد قدمها إلى قاعدة البيانات للأكاديمية ACAL كل بلد على حدة واستجابة لاستبيان معياري، فمن الصعب أن نتجاهل كلية الفروق التفسيرية لبعض التعاريف مثل: باحث، مشارك، تقني، مساعد، وهي ما يمكن أن تكون قد أثرت في البيانات. ومع ذلك فنحن على الرغم من هذا نعتبر أن النتائج تكشف نسبيًا الجهد الرئيسي الذي بذلته بعض الأقطار، كالأرجنتين وكوبا وكوستاريكا والأورغواي، لاحتضان العمل العلمي.

### مراكز البحث

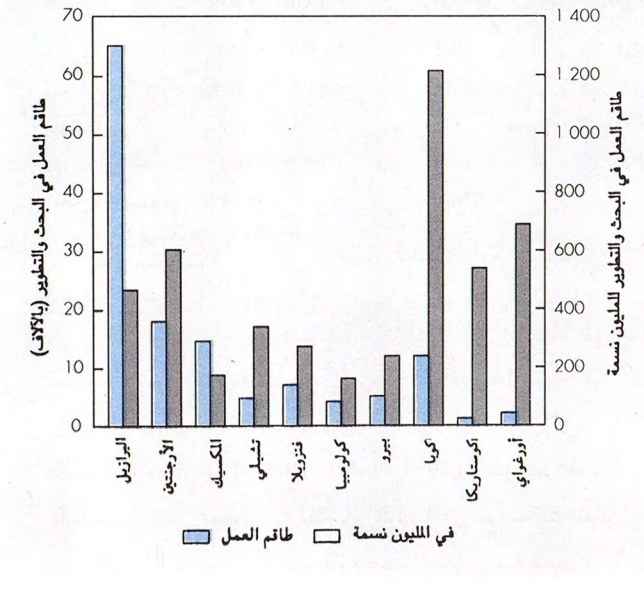
يظهر الشكل 3 توزع المجالات البحثية لـ 2280 من مراكز ووحدات البحث في 19 بلدا ناطقة بالإسبانية أو البرتغالية في أمريكا اللاتينية، كما هو مدون في قاعدة البيانات لأكاديمية أمريكا اللاتينية للعلوم. وكما سيلاحظ فإن 60.9% منها مكرس للبيولوجيا، ومعها ميادين مثل

**الشكل 1**
**طاقم العمل في البحث والتطوير بحسب المنطقة الجزئية (1991)**




المصدر: ACAL database 1992

**الشكل 2**
**طاقم العمل في البحث والتطوير (1991)**



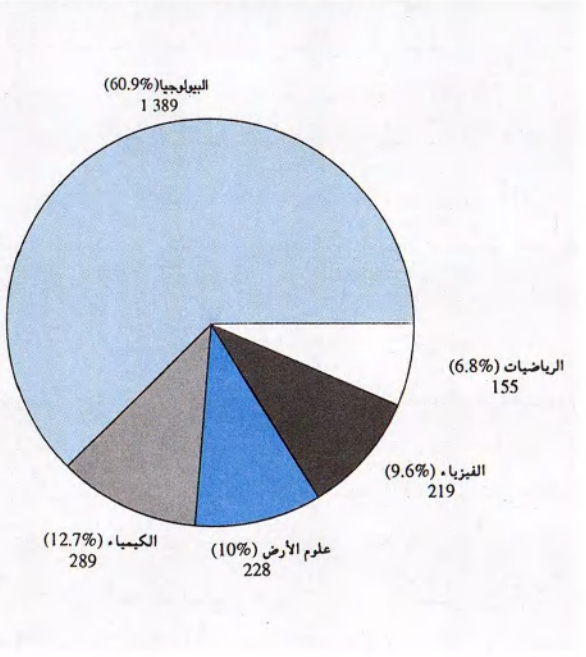

المصدر: ACAL database 1992

العلوم الطبية الأساسية والتطبيقية والعلوم الزراعية والبيئية والتقانة البيولوجية، أما الـ 39.1% الباقية فموزعة بالتساوي تقريبا بين الكيمياء وعلوم الأرض والفيزياء والرياضيات. ويكشف هذا التوزيع عن الأهمية المعطاة للبيولوجيا في أمريكا اللاتينية. وهي غلبة تعزى عامة إلى وجود مشكلات مهمة مرتبطة بالصحة البشرية والتغذية والزراعة. ومنذ وقت أحدث عهدا ازدادت أهمية الأنشطة المقترنة بالحفاظ على البيئة وبترشيد استغلال الموارد الطبيعية.

في الشكل 4 تتمثل الصلات القائمة بين مراكز البحث والجامعات والصناعة ومنظمات البحث الحكومية وغير الحكومية بالنسبة لعشرة أقطار اختيرت تبعا لعدد الإصدارات العلمية فيها خلال 1991. ومن المفيد ملاحظة أنه في الأرجنتين والمكسيك وفنزويلا وكوستاريكا والأورغواي، نرى أن أعلى نسبة لوحدات البحوث تعمل في نطاق الجامعة، في حين تقترن هذه النسبة الأعلى في كوبا والبرازيل وبيرو بمؤسسات مرتبطة بمنظمات حكومية غير جامعية. وفي تشيلي وكولومبيا تتوزع مراكز البحث بالتساوي بين الجامعات والمنظمات الحكومية وغير الحكومية. ومن الجدير ملاحظته أن صلات مراكز البحث بالمنظمات غير الحكومية NGOs ذات أهمية كبيرة في البرازيل وتشيلي وفنزويلا وكولومبيا، وفي هذه الأخيرة يرتبط 29.2% من مراكز البحث بمنظمات كهذه.

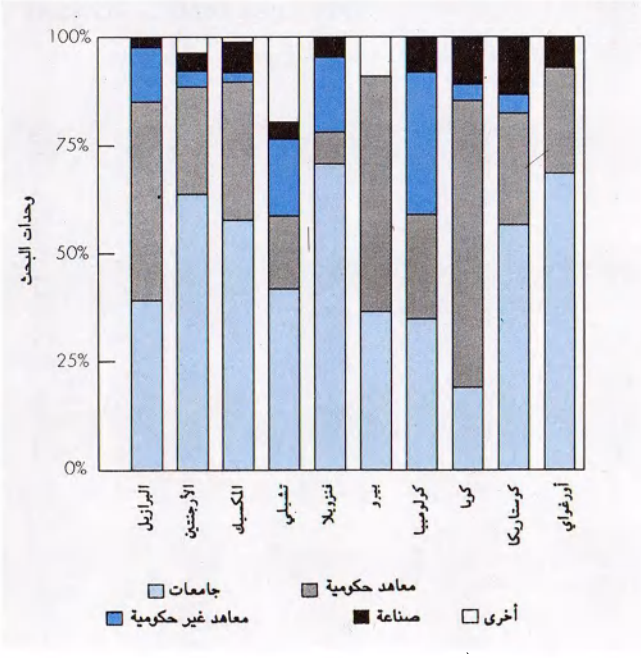
ونود أن نبرز الصلات القليلة نسبيا الموجودة بين مراكز البحث والصناعة. ففي معظم الدول العشر ذات الإنتاج العلمي الأكبر، يتركز أقل من 10% من مراكز البحث في القطاع الصناعي باستثناء كولومبيا وكوستاريكا والأورغواي، حيث إن النسبة في كوستاريكا 15.8%، وهي الأعلى. إن واحدا من أكبر التحديات التي تواجه العلم (بالمعنى الأوسع) في بلدان أمريكا اللاتينية هو تطوير وتعزيز المقدرة البحثية ضمن نطاق القطاعات الصناعية (سالدانيا، 1992).

**الشكل 3**
**وحدات بحث بحسب الحقل**




المصدر: ACAL database 1992

**الشكل 4**
**توزع وحدات البحث**



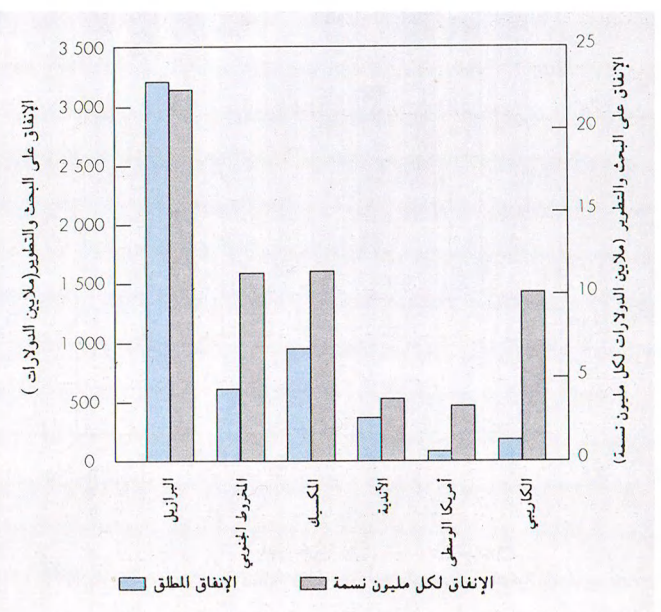

المصدر: ACAL database 1992

### *الإنفاق*

إن بلدان أمريكا اللاتينية، بحسب مصرف التنمية لما بين الأمريكتين، تخصص للعلم سنويًا ما بين 0.3 و 0.7% من ناتجها المحلي الإجمالي، وهو ما يعرف عادة باسم البحث والتطوير(گريد، 1991). ولا شك في أن هاتين النسبتين المئويتين مؤشران مهمان إلى ما لدى كل بلد من اهتمام ومجهودات نحو العلم. ومهم أن نشدد على أن الطريقة التي تصنف فيها كل بلد إنفاقه على البحث تؤثر في عملية حسبان النسبة المئوية من الناتج المحلي الإجمالي، المخصصة للبحث والتطوير.

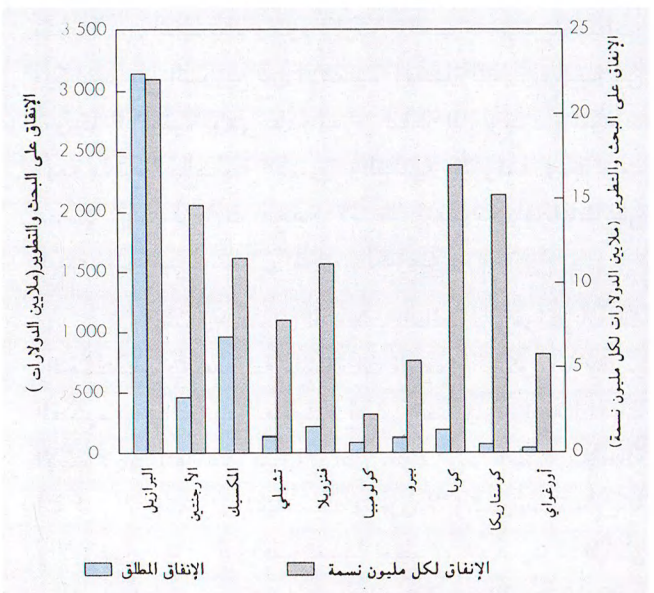
في عام 1990 بلغ الإنفاق التقديري الإجمالي في أمريكا اللاتينية على العلم 5320 مليون دولار أمريكي. أما الإنفاق الصافي والإنفاق لكل مليون من السكان في المنطقة الجزئية، وأيضا بحسب كل من البلدان العشرة المذكورة آنفا، فمذكور في الشكلين 5 و 6 على التوالي. وكما يشاهد في الشكل 5، فإن الإنفاق التقديري في المخروط الجنوبي والمكسيك والمناطق الجزئية الكاريبية، يقارب عشرة

**الشكل 5**
**الإنفاق بحسب المنطقة الجزئية 1991**




المصدر: ACAL database 1992

**الشكل 6**
**إنفاق على البحث والتطوير 1991**




المصدر: ACAL database 1992

ملايين دولار أمريكي لكل مليون من السكان. وفي البرازيل أكثر من ضعف ذلك بقليل، وعكس ذلك صحيح في المناطق الجزئية الآندية والكاريبية، حيث الإنفاق أقل من خمسة ملايين دولار أمريكي لكل مليون من السكان.

نرى في الشكل 6 أنه إضافة إلى البرازيل والأرجنتين والمكسيك وكوبا، فإن بلدين اثنين من بلدان المناطق الجزئية الآندية والوسطى، وهما فنزويلا وكوستاريكا بالترتيب لديهما إنفاق يتجاوز العشرة ملايين دولار أمريكي لكل مليون من السكان، في حين أنفق بلدان اثنان في المخروط الجنوبي، هما تشيلي والأورغواي، ما بين خمسة وعشرة ملايين دولار أمريكي. وفقط كولومبيا وبيرو أنفقتا ما يقل عن خمسة ملايين دولار أمريكي لكل مليون من السكان.

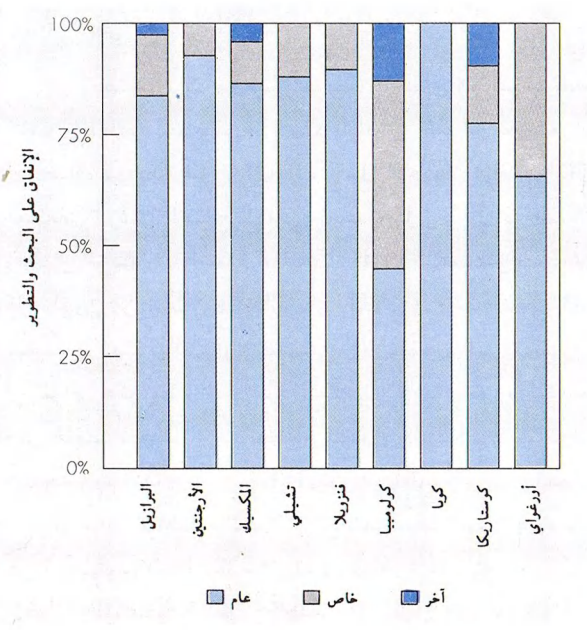
من المفيد أيضا أن نلاحظ أن أكثر من 75% من الموارد في ثمانية من البلدان العشرة هذه تأتي من القطاع العام، بحسب البيانات الواردة في الشكل 7. في حين أن

كولومبيا والأورغواي فقط تلقتا أكثر من 30% من مواردهما المخصصة للعلم من القطاع الخاص.

يوضح الشكل 8 الإنفاق الصافي الذي يغطي ما يقارب عقدا من السنين في البلدان الستة الأولى من مجموعة العشرة التي اختيرت بناء على إنتاجها العلمي. والواضح هنا هو فاعلية الأزمة الاقتصادية في أوائل وأواسط الثمانينات، التي حدثت في المنطقة وكانت مرتبطة بالتزامات مترتبة على الدين الأجنبي الذي حصلت عليه بعض البلدان على أمل تمويل التطوير فيها. لقد قدمت ومنحت قروض من قبل منظمات مالية ومصارف في البلدان المصنعة وبشروطسهله للغاية وبفوائد متدنية جدا. وقد أضرت مدفوعات فوائد الديون ضررا بالغا باقتصادات بلدان أمريكا اللاتينية وخفضت مستويات العيش بالنسبة لمعظم الناس في المنطقة.

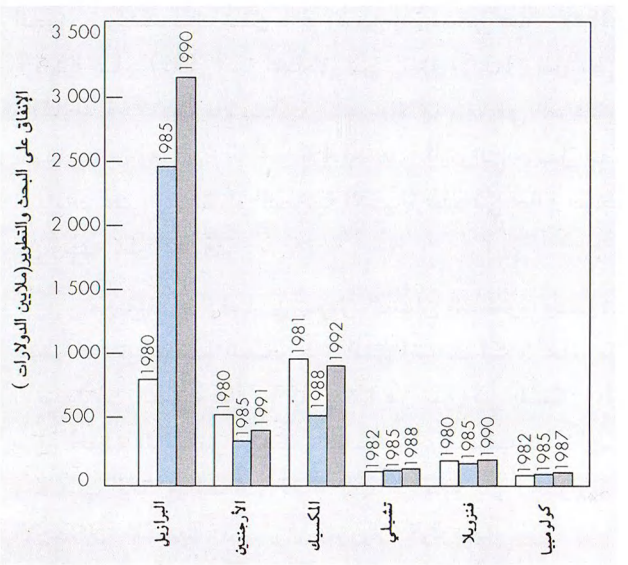
وبحسب البيانات الواردة في الشكل 8 فإن البرازيل كانت البلد الوحيد الذي زاد فيه الإنفاق على العلم زيادة

**الشكل 7**
**الإنفاق على ب ت بحسب المصدر (1991)**




المصدر: ACAL database 1992

**الشكل 8**
**الإنفاق على ب ت بحسب الزمن**




المصدر: ACAL database 1992

مهمة خلال هذا العقد. وتكشف المكسيك والأرجنتين عن تخفيض في الإنفاق خلال النصف الأول من الثمانينات وعن معافاة جزئية خلال النصف الثاني منها. أما تشيلي وفنزويلا وكولومبيا فقد بذلت جهودا للاستمرار وحتى لتحسين إنفاقها خلال الفترة نفسها.

### *الإنتاج العلمي*

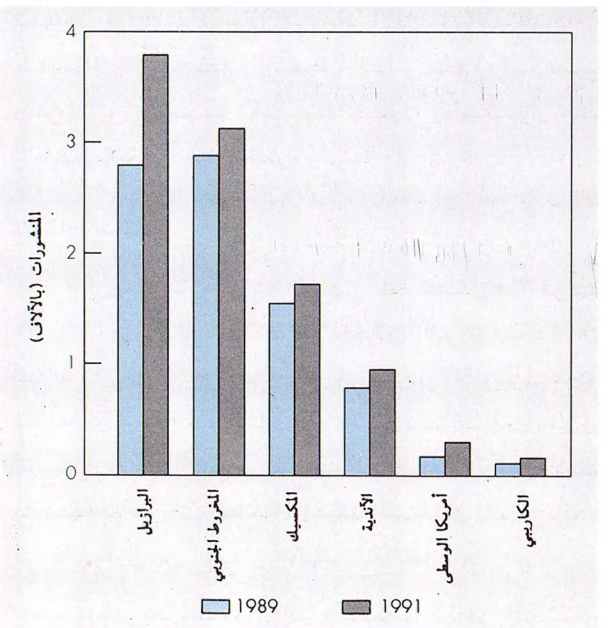
إن مؤشر الإنتاج العلمي المستعمل هنا هو عدد الأوراق العلمية أو المقالات في المجلات التي يراجعها نظراء للمؤلفين ولها توزيع دولي يظهر في *فهرس المقتبسات العلمية* (ISI، 1980، 1985، 1989– 91a) الذي جمعت منه هذه البيانات ويعتبر فهرس المقتبسات العلمية المؤشر الأفضل بالنسبة للأغراض العلمية. وكذلك استعمل الإنتاج العلمي في كل مليون من السكان لتتسنى لنا المقارنات.

يظهر لنا الشكل 9 إنتاج مختلف المناطق الجزئية في أمريكا اللاتينية خلال عامي 1989 و 1991. وقد بلغ إجمالي

عدد الإصدارات 8517 عام 1989و 9889 خلال عام 1991. وهذا ما يعادل 1% من الإصدارات العلمية السنوية في العالم، ونلاحظ أن الإصدارات في البرازيل والمخروط الجنوبي والمكسيك تمثل 87.3% من إجمالي عام 1989و 86.6% عام 1991. أما المناطق الجزئية الآندية والوسطى والكاريبية الناطقة بالإسبانية فتسهم كلها معا في النسبتين الباقيتين وهما 12.7% و 13.4% على التوالي. وتدل هذه البيانات على أن المناطق الجزئية الأخيرة هذه في حالة حرجة من وجهه نظر علمية.

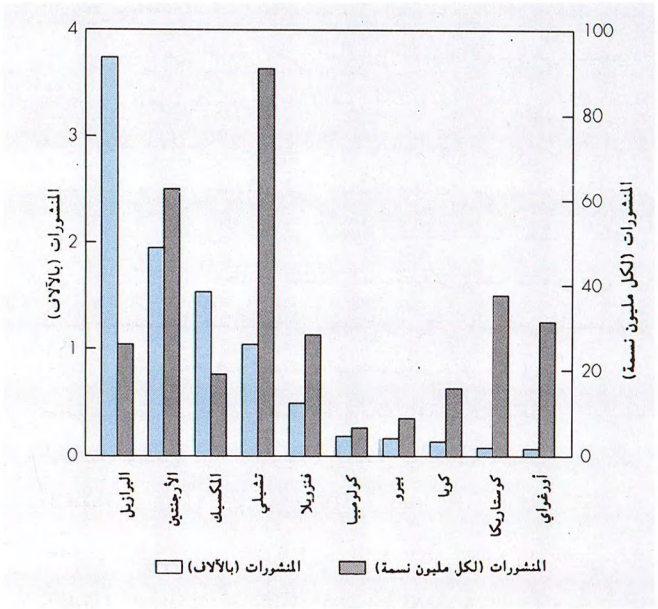
من المفيد أيضا أن ندرس البلدان العشرة، بصرف النظر عن توضعها الجغرافي، التي أنتجت أكبر عدد من الإصدارات العلمية عام 1991. وكما هو مبين في الشكل 10، فإن الوقع النسبي للأقطار العشرة بالترتيب التنازلي وبحسب الإنتاج الصافي لعام1991 هو كما يلي: البرازيل، الأرجنتين، المكسيك، تشيلي، فنزويلا، كولومبيا، بيرو، كوبا، كوستاريكا،الأورغواي. وفي 1991 أنتجت هذه البلدان

**الشكل 9**
**المنشورات بحسب المنطقة الجزئية 1989 و 1991**




المصدر: SCI-CDE, 1989/91

**الشكل 10**
**المنشورات، 1991**




المصدر: SCI, 1991

97.6% من إجمالي الإصدارات العلمية في أمريكا اللاتينية.

وبصورة عامة فإن حجم السكان هو ما يرتبط به الإنتاج العلمي الحقيقي في هذه البلدان، كما هو متوقع. على أي حال فربما تغدو دلالة العوامل الأخرى أوضح إذا ما استعمل مؤشر الإنتاج العلمي بحسب كل مليون من السكان. ويظهر الشكل 10 أيضا بيانات مكافئة للإصدارات بحسب كل مليون من سكان هذه البلدان العشرة. وهنا يتغير الموقع النسبي لهذه البلدان: تشيلي، الأرجنتين، كوستاريكا، أورغواي، فنزويلا، البرازيل، المكسيك، كوبا، بيرو، كولومبيا. ومن المفيد أيضا أن نلاحظ أن للبلدان الصغيرة والمتوسطة الحجم قيم إنتاج علمي لكل مليون من السكان أعلى مما هو للبلدان ذات التعداد السكاني الأكبر. وقد أمكن للتحريات عن أسباب هذه النتائج أن تقدم بعض المفاتيح بخصوص العوامل المناسبة للتطوير العلمي في بلدان أمريكا اللاتينية، مثل المستويات الأساسية للتربية، والوضع الاقتصادي،

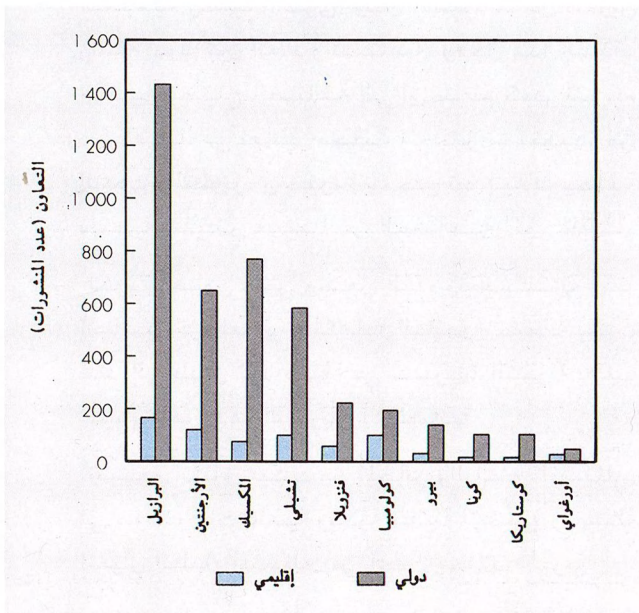
والتأثير الثقافي لتدفق الهجرة، والتعاون الدولي، ونوعية السياسة العلمية القومية.

### *التعاون العلمي*

وقد اتخذنا كمؤشر للتعاون عدد الإصدارات العلمية المشتركة بين باحثين من اثنين أو أكثر من بلدان أمريكا اللاتينية، في حالة التعاون الإقليمي، أو من واحد أو أكثر من بلدان أمريكا اللاتينية مع باحثين من بلدان خارج المنطقة في حالة التعاون الدولي.

ويظهر الشكل 11 النتائج المستقاة من تقييم هذا التعاون في حالتيه الإقليمية والدولية، بالنسبة لكل من البلدان العشرة المختارة بحسب إنتاجها العلمي. وفي كل حالة نجد التعاون الدولي أكبر بصورة ذات دلالة من التعاون الإقليمي. ومن المتوقع إذًا أن يتحسن التعاون الإقليمي بحسب المقياس نفسه كلما تقدمت البرامج الإقليمية وازداد التطور العلمي وتحسنت الاتصالات.

**الشكل 11**
**التعاون الإقليمي والدولي مقيسًا بالتأليف المشترك للمنشورات العلمية، 1990**




المصدر: SCI, 1990

## أهداف جديدة للعلم في أمريكا اللاتينية

أظهرت البيانات المقدمة في الأقسام السابقة أن معظم بلدان أمريكا اللاتينية قد استطاعت مؤخرا فقط أن تقف على قدميها أو، وفي أحسن الأحوال، أن تحقق معدلا بطيئا من النمو. إن الموقع النسبي لكل بلد من وجهة نظر علمية قد بقي كما هو خلال السنوات القليلة الأخيرة. وهذا ما يوحي، في المدى القريب، بأننا إذا كنا نتوقع الوصول إلى مستوى أعلى بصورة مهمة مما نشغله الآن، فإننا نحتاج إلى تنقيح سياسة العلم وتغييرها.

### *عوامل تعيق التطوير العلمي*

في رأينا إن تقدم العلم في أمريكا اللاتينية تعرقله ندرة الموارد البشرية، وغياب بارز للموارد الاقتصادية والمعزلة النسبية للباحثين في بعض من ميادين المعرفة الضئيلة الرقي، والتعاون العلمي المحدود دوليا ومحليا، وفوق هذا فالعلاقات الضعيفة بين العلم والصناعة تضاف إلى هذه الصعوبات.

في الغالب، يعود الافتقار للموارد البشرية إلى نقص متعدد الجوانب في النظام التربوي وإلى ندرة برامج المنح البحثية وخطط التعويض المنخفضة بالنسبة للعاملين في البحث والتطوير، وكل هذه العوامل تعزز للعزوف عن هذا النوع من العمل وتشجع على هجرة الباحثين.

فضلا عن هذا، ومع أن التربية مجانية، فإن تكاليف العيش الرتفعة تحول دون وصول أربعة أخماس السكان إلى مرحلة التعليم العالي. وفي الوقت نفسه فإن عزلة الباحثين شائعة في جميع البلدان الأقل تطورا. حيث يوجد نفر قليل من الأفراد يعملون في موضوع مشترك، وحيث – وهذا أسوأ– نادرًا ما يلتقي أحدهم بالآخر.

إن قلة الوارد الاقتصادية، بمعايير مطلقة ونسبية معًا، مرتبطة ارتباطا واضحا بالاهتمام المحدود الذي يظهره زعماء السياسة والأعمال بالعلم المحلي، مما يفسر الإهمال التقليدي من جانب الحكومات والصناعة.

غير أنه حتى أهل السياسة وأرباب الصناعة، أصحاب الوعي الأكبر بدور العلم، يعتقدون أن العلماء بدورهم غالبا ما ينسون أن لبلدان أمريكا اللاتينية مشكلات

مماثلة للقصور العلمي أو أهم منه وأكثر إلحاحًا، وهي الأخرى تتطلب موارد كبيرة جدًا.

ومن الواضح أن المشكلة الأكثر إلحاحا في أمريكا اللاتينية هي الحصول على العدل والسلام الاجتماعي عبر توزيع عادل للثروة. إن هذا سيسهل الاندماج الاجتماعي الداخلي والحصول على نوعية مقبولة من الحياة الإنسانية، وسيسمح بوصول السكان كلهم إلى حيازة التربية والعلم والثقافة، وعلى المسار نفسه يتعين حل مشكلة ملحة أخرى هي إيجاد سبل ووسائل لتدعيم عمليات التكامل الإقليمي والإقليمي الفرعي. وهي ذات أهمية حاسمة لبقاء أمريكا اللاتينية كمنطقة. فإذا أخذنا في الحسبان هذه الاعتبارات فإن خلافا واضحا يظهر دوريا أثناء مناقشات توزيع موارد الميزانية الخاصة بالعلم في سائر البلدان وفي الوكالات الإقليمية والدولية، وهو خلاف سرعان ما يتوارى حالما يبدو بجلاء أن العلم وتطبيقاته هي الوسائل الأنجح للوصول إلى توزيع عادل للثروة وإلى التكامل، وأبعد من ذلك، إلى التطوير أيضا.

### *أهداف جديدة للعلم*

لكي يتم إحداث تغير نوعي وكمي للعلم في أمريكا اللاتينية مشابه للذي حدث أثناء العقدين التاليين للحرب العالمية الثانية، فمن الضروري تصميم وتنفيذ سياسات فيها من الجرأة ما في تلك التي اعتمدت في ذلك الوقت. وفيما يلي سنتقدم ببعض الأفكار التي يمكنها أن تسهم في صنع تصميم لهذه السياسات الجديدة اللازمة لأمريكا اللاتينية.

ومن وجهة نظرنا يتعين على السياسات الجديدة أن تكون لها أهداف رئيسية هي:

- دمج العلم في الثقافة الأمريكية اللاتينية ضمن مجهود للتغلب على هامشيته الراهنة، وبناء جالية علمية شاملة لأمريكا اللاتينية يمكنها أن تستقطب شخصيا أو عبر شبكات الاتصال (الاتصال ومعالجة البيانات) العلماء من أصل أمريكي لاتيني الذين يعيشون في الخارج كي يشاركوا في أبحاث وبرامج تربوية متقدمة يجري تنفيذها داخل المنطقة.
- إقامة شبكة اتصال علمية خاصة بأمريكا اللاتينية للتغلب على عزلة العلماء ولاسيما أولئك المشتغلون في ميادين بحوث ريادية.
- تقوية وتوحيد برامج التكامل العلمي والاقتصادي.

### *دمج العلم في الثقافة*

ولتحقيق هذا الهدف يبدو أنه يجب علينا أولا:

- تقوية البحث العلمي الأساسي باعتبار أنه يشكل قاعدة العلم الحقيقية.
- دمج العلم في التربية وبخاصة على المستوى التربوي الأساسي بغية إتاحة العرفة العلمية للجمهور العريض.
- تشجيع وإذاعة الاهتمام الشعبي بالعلم باعتباره نشاطا إنسانيا وعاملا من عوامل التحديث الثقافي، وترقية النقاش حول تواؤم العلم مع القيم الاجتماعية والاعتقادات الدينية.
- ربط العلم بباقي الأنظمة والقطاعات الاجتماعية وبخاصة تلك المتميزة بمكونات علمية قوية وهي الصحة والزراعة والاتصالات والنقل والطاقة والبيئة والموارد الطبيعية وأشياء أخرى، وبذل اهتمام خاص بتكوين رابطة قوية بين العلم والصناعة. ولأجل هذا الهدف الأخير تحتاج الصناعة إلى أن تتعلم كيف تترجم مشكلاتها إلى تعابير بحثية وتصير مستفيدة من البحث والتطوير، وأخيرا أن تخلق تسهيلات بحثية بينية ضمن ميادين الصناعة المختلفة.
- تكوين تعاون علمي وجعل العلم وتطبيقاته ركنا أساسيًا من العملية التكاملية القائمة المصممة بحيث تمتد إلى بلدان تجد مشقة في مسيرتها التنموية بسبب حجمها ومواردها البشرية والاقتصادية.
- تشجيع إنشاء شبكات من المخابر والباحثين المشتغلين في موضوعات علمية ريادية معينة لتخفيف مشكلة انعزال العلماء المشتغلين في أحدث مجالات العرفة.
- بذر سياسات ناجحة، في طول أمريكا اللاتينية وعرضها، تمت تجربتها واختبارها في عدة بلدان.

ولتوضيح هذا بوسعنا أن نذكر: تكوين وزارات وأمانات للعلم والتقانة، ومجالس البحث القومية المذكورة آنفا، ومهنة الباحث العملية أو نظام ترقية الباحث وبرنامج لاستعادة العلماء المهاجرين، وبرامج منح للخريجين والدارسين تغطي الدراسات العليا والمهمات والدورات التدريبية في الخارج التي تقام بعد الدكتوراه وبرامج اللامركزية أو الأقلمة وبرامج تجهيز رئيسية.

علينا أولا أن ننفذ هذا العمل المذكور أعلاه كيما ننجح في دمج العلم والثقافة. ومن الضروري لتحقيق هذه الغاية أن يعمل قطاع العلم والتقانة بأسلوب منسق وفعال مع القطاعات الأخرى وبخاصة قطاعات السياسة والتربية والاقتصاد. وإن للوكالات الدولية مسؤولية خاصة، وتحديدا اليونسكو التي قامت بدور مهم في التغير الكمي والنوعي الذي تم في أمريكا اللاتينية عبر العقود التالية للحرب العالمية الثانية.

### *جماعة علمية شاملة لأمريكا اللاتينية*

إن ندرة الموارد والعزلة هما السببان الأساسيان لهجرة العلماء التزايدة من أمريكا اللاتينية إلى البلدان المصنعة. وإنها لحقيقة لا تنكر أن عددا مهما ومتزايدا من الباحثين قد استقروا خارج أمريكا اللاتينية. وهذه القساوة التي تتصف بها الظروف الحالية تتطلب منا التوسع في مفهوم الجماعة العلمية ليشمل هؤلاء العلماء الذين تركوا بلدانهم وذهبوا للعمل في مكان آخر. وهذا المفهوم الجديد للجماعة العلمية الشاملة لأمريكا اللاتينية مختلف عن مفهوم الجماعة الإقليمية، ويسمح لنا بتصور برنامج طموح للتعاون العلمي الدولي القائم على الدور الكافي الذي يؤديه "العلماء القوميون المقيمون في الخارج لتطور العلم في أوطانهم ومنطقتهم الأصلية".

لقد اقترح واحد منا مفهوم الجماعة العلمية العالمية في اجتماع عقده مؤخرًا مجلس أكاديمية العلوم في أمريكا اللاتينية بسان باولو. وهو يسهل تصميم نموذج تطوير علمي إقليمي ذاتي المركز ومنفتح في الوقت نفسه ودون أن يغفل عن الأولويات المحلية والقومية والإقليمية ويسعى إلى الحد الأقصى من تعاون العلماء المهاجرين لفائدة أمريكا اللاتينية وللاضطلاع بالمهمات التي يتضمنها هذا التحدي. يمكننا الاستفادة من التقانات الجديدة للاستشعار عن بعد. وفي الحقيقة فإن شبكات الاتصال الجامعية تشكل أداة ثمينة لتوطيد الأواصر مع العلماء المقيمين في الخارج. وقد استخدمت أكاديمية العلوم في أمريكا اللاتينية شبكات الاتصال الجامعية بدعم من اليونسكو ومنظمات أخرى ومجلس البحث القومي للعلم والتقانة في فنزويلا، وطورت قواعد بيانات وأنظمة معلوماتية بهدف تطبيق مفهوم الجماعة العلمية الشاملة.

### *شبكة علمية أمريكية لاتينية للاتصالات عن بعد*

إنه لتحد في الوقت الراهن أن تنشأ شبكة اتصالات عن بعد للتغلب على انعزال العلماء ولا سيما أولئك العاملون في ميادين بحوث ريادية. إن تقانات الاتصالات الجديدة وبخاصة شبكات الاتصالات عن بعد، تشجع على تأسيس تدفقات للمعلومات بين زملاء يعملون في مجالات مشتركة. إننا نشهد بداية تطور سريع لـ" الكُلِيَّة الخفية" كما تسمى لتصير "كُلِيَّة إلكترونية عالمية" وبكلمات أخرى فمن احتكاكات مبعثرة وغير رسمية ندخل الآن عالما جديدا من الترابطات المستمرة والحسنة البناء.

إن التخلص من حواجز الزمان والمكان، والتخفيض في التكاليف الذي أحدثته شبكات الاتصالات الجامعية ينبغي أن يساعدا على تخفيف العزلة التي خضع لها الباحثون في البلدان النامية. إن التفاعل المحلي المحدود الملاحظ بين الزملاء العلميين في بلدان أمريكا اللاتينية يعود بشكل رئيسي إلى قلة عدد العلماء الباحثين في مجالات المعرفة الريادية المتنوعة، ويمكن التغلب عليه جزئيا بتأسيس "جماهير نقادة فعلية" عبر التواصل الذي توفره الشبكات.

في الآونة الأخيرة قام الاتحاد اللاتيني بالتعاون مع اليونسكو وأكاديمية أمريكا اللاتينية للعلوم بتنفيذ دراسة جدوى أجراها على شبكة الاتصال الجامعية للاتحاد اللاتيني في أمريكا اللاتينية والكاريبي. وعلى الرغم من أنه من المؤكد أن التنافس سوف يستمر في كونه خاصة يتصف بها العمل العلمي، فإن التضامن الناجم عن هذه الكلية الإلكترونية العالمية الجديدة ينبغي أن يسهم في تشجيع

ظهور صيغ مبتكرة للبحث التعاوني.

### ترسيخ التكامل العلمي والاقتصادي

إن انتعاش عمليات التكامل مؤخرا، التي احتضنها تشكيل التكتلات الاقتصادية العظمى، يخلق إطارا مهما لتصميم وتنفيذ برامج تعاون متعدد القوميات في العلم والتقانة. إن مشروعات التكامل الاقتصادي للبلدان الآندية (**الميثاق الآندي** Pacto Andino) ولأمريكا الوسطى، وللبحر الكاريبي والمخروط الجنوبي، وكذلك مجموعة ريو، ومجموعة الثلاثة (كولومبيا، المكسيك، فنزويلا) ومبادرة الأمريكتين، واتفاقية التجارة الحرة لأمريكا الشمالية(NAFTA)، ينبغي أن تفضي كلها إلى مشاركة العلماء في صياغة سياسات تعاون إقليمية وشاملة على مستوى الأمريكتين.

وينبغي أيضا أن تبذل محاولات لترسيخ اتفاقيات إقليمية وإقليمية جزئية في المجالات التربوية والعلمية والتقانية، لفائدة شعوب أمريكا اللاتينية. وينبغي على أي حال تحاشي التركيز المسرف على الأمور العملية والمعرفة التطبيقية، مما يعيق العلم الأساسي. إن مستقبل أمريكا اللاتينية في القرن الحادي والعشرين سيعتمد اعتمادا كبيرا على ترسيخ متوازن ذكي لعمليات التكامل التربوية والعلمية والاقتصادية.

## ملحوظات ختامية

حاولنا في هذه المقالة تقديم مسح مقتضب لماضي أمريكا اللاتينية، ذاكرين باختصار الفترات ما قبل الكولومبية والاستعمارية والاستقلالية، وكذلك أحداثا عبر هذا القرن. وقد تسنى لنا أن نظهر أن التقدم في العلم شديد الارتباط بتطور المنطقة وتطور بلدانها. ومن السهل علينا أن نرى العلاقة بين ازدهار العلم في مختلف العقود والأوضاع السياسية والاقتصادية والاجتماعية. وقد تحقق أعظم التقدم في القرن الحالي، وبذلت جهود كبيرة، وما زالت تبذل، لتجنب وهزيمة تأثيرات الأزمة السياسية والاقتصادية والاجتماعية الحالية التي تضعف المنطقة. ونحن نأمل في الخروج من هذه الأزمة بأساس أصلب للتطوير وتوزيع أفضل للسلع المادية على السكان كلهم، وحالة متقدمة من التكامل الإقليمي، وبأن نكون أكثر وعيا بالدور الذي يؤديه العلم في تحديث التربية والثقافة والاقتصاد. وثمة أسباب مكينة لهذا التفاؤل، فعلى الرغم من كل شيء فإن المكاسب التي حققها العلم في أمريكا اللاتينية خلال الخمسين عامًا الأخيرة كانت متميزة: وبوسع المنطقة حاليًا أن تعلن عن تعداد إجمالي للعاملين في البحث والتطوير يبلغ 142904، بمن فيهم الباحثون والمحترفون المشاركون، و 2280 وحدة بحث واستثمارات سنوية بقيمة 5320 مليون دولار أمريكي، وإصدار 10255مقالة علمية، وتنفيذ 5229 نشاطا تعاونيا دوليا وإقليميا.

## عرفان

يشكر المؤلفان كلا من حماريسيلا أزواخه > و < آنا تيريزا هاوستين > و <سيسيليا كاستيو> وجلوريا M. فييخاس> لمراجعتهن النقدية للمخطوطة و < R.H. كروكساتو> و < كاركوس مونكه .C > وجيرمو ويتمبري > للمعلومات الثمينة عن التاريخ العلمي لأمريكا اللاتينية.

**رايموندو فيليكاس**: مستشار أكاديمية العلوم لأمريكا اللاتينية وأستاذ في المعهد الدولي للدراسات المتقدمة في كاراكاس بفنزويلا. تخرج دكتورا في العلوم الطبية من الجامعة المركزية لفنزويلا، وكان زميلا باحثا في جامعة فاندربلت، ومدرسة هارفرد الطبية، وأستاذا زائرا في جامعة كورنل، وعالما زائرا في معهد دانا فاربر للسرطان في الولايات المتحدة. وفي فنزويلا عمل فييخاس مديرا للمعهد الفنزويلي للبحوث العلمية، وفيما بعد وزيرا للعلم والتقانة وقد كان ناشطا في المجلس الدولي للاتحادات العلمية والاتحاد الدولي للفيزياء الأحيائية المحضة والتطبيقية، ولجنة العلم والتقانة للدول النامية التابعة للمجلس الدولي للاتحاد العلمي.

**كييرمو كاردوزا**: أستاذ مشارك في الاقتصاد الدولي والتطوير التقاني في جامعة فنزويلا المركزية، والأمين التنفيذي لأكاديمية أمريكا اللاتينية للعلوم. وهو أيضا محرر نشرة ( *العلم في أمريكا اللاتينية*)، وعضو مجلس الشبكة الدولية لتوفير المنشورات العلمية. تخرج كاردوزا مهندسا كيميائيا في جامعة كولومبيا القومية واشتغل عدة سنوات في الصناعة المحلية قبل قيامه بتدربه العالي بعد التخرج في معهد امبريسا للدراسات العليا في برشلونة بإسبانيا وفي جامعة باريس بفرنسا. وفي عام 1991 ابتدر إنشاء (مركز المعلومات وورشة العلم في أمريكا اللاتينية) لدى أكاديمية أمريكا اللاتينية للعلوم (ACAL) حيث يجري حاليًا بحوثه حول العلم في أمريكا اللاتينية.

# أوروبا الغربيـة

سـام لـويـد

إن لأوروبا الغربية، من بين جميع المناطق في العالم، أقدم تقليد لتطبيق الفكر العلمي في الاقتصاد والصناعة والتأكد من انتشاره في كل جوانب الوجود البشري. وقد أدى هذا التطبيق إلى تطوير تقانات الحرب والسلام وأفضى إلى استكشاف العديد من أجزاء العالم ومن ثم استعمارها، مع ما رافق ذلك من بَذْر للمُثُل الثقافية الأوروبية. وفي الوقت ذاته، فإن هؤلاء المنهمكين في الاستكشاف والاستعمار جلبوا إلى أوطانهم في أوروبا معرفة جديدة عن العالم وموارده، وإن هذا- مضافًا إلى ما حصل من احتكاك بالثقافات والعقليات الأخرى - قد أثرى وصقل فكر أوروبا وفلسفتها على مر القرون.

وحاليًا، أينعت بذور الفكر العلمي هذه على شكل صناعات رفيعة التقانة منتشرة في جميع أرجاء العالم، وإن ثمارها الاقتصادية لتضلل، أحيانًا، الناظر عن رؤية أصولها الأوروبية. فكيف إذًا يجب أن نحكم على ما وصل إليه العلم والتقانة في أوروبا الغربية؟ هل سنعتبر العلم الأوروبي زائدًا

**الجدول 1**

**طواقم البحث والتطوير في الجماعة الأوروبية ومقارنات بالولايات المتحدة واليابان**

| الدولة | طواقم بحث وتطوير(متفرغون) (1990) | طواقم البحث والتطوير في كل ألف قوة عمل (1990) | علميون ومهندسون في البحث والتطوير (متفرغون) (1989) | علميون ومهندسون في البحث والتطوير في كل ألف قوة عمل (1989) |
|---|---|---|---|---|
| بلجيكا | 38 773 | 9.3 | 17 583 | 4.2 |
| دنمارك | [2]25 070 | [4]8.5 | 10 962 | 3.8 |
| ألمانيا[1] | 431 100 | 14.2 | 176 401 | 5.9 |
| اليونان | [4]9 586 | [4]2.4 | 5 461 | 1.4 |
| إسبانيا | 64 934 | 4.2 | 32 914 | 2.2 |
| فرنسا | 293 031 | 12.0 | 120 430 | 5.0 |
| إيرلندا | [2]11 379 | [3]6.6 | 6 340 | 4.9 |
| إيطاليا | 144 917 | 5.9 | 76 074 | 3.1 |
| لوكسمبورغ | – | – | – | – |
| هولندا | 68 170 | 9.9 | 26 680 | 4.0 |
| البرتغال | 12 043 | 2.5 | [2]5 456 | [3]1.1 |
| المملكة المتحدة | [2]280 215 | [3]9.8 | [2]131 928 | [3]4.6 |
| أوروبا[5] | 1 379 218 | 9.3 | 610 229 | 4.2 |
| الولايات المتحدة | – | – | 949 300 | 7.6 |
| اليابان | 794 337 | 12.4 | 457 522 | 7.3 |

١- لا تتضمن جمهورية ألمانيا الديمقراطية.
٢- تقدير شرطي مبني على اتجاهات.
٣- إشارة إلى عام 1988.
٤- إشارة إلى عام 1989.
٥- أوروبا هي مجموع الدول الأعضاء في الجماعة من دون لوكسمبورغ.

المصدر: OECD, DGXII/A4.

قاد بقية العالم في مساعيه الفكرية العليا؟ أم أننا ننظر إليه على أنه بلغ مرحلة الاكتفاء الذاتي المؤدية إلى طريق التدهور؟ ما الجهود التي تبذلها الحكومات لمواجهة تحديات الحفاظ على أوروبا كمركز عالمي للامتياز العلمي في أوقات الاتصالات الفورية الحالية؟

للإجابة عن هذه الأسئلة، ينبغي علينا ألا ننظر إلى المدخلات فقط بلغة الاستثمار، وتثبيت الأولويات وتوافر قوة عمل علمية مثقفة ماهرة جيدة التدريب، بل لابد أن ننظر أيضًا إلى كل من اكتشافات العالِم المفرد والاكتشافات الجماعية لفرق العلماء والتقنيين الذين يستخدمون المجمعات الكبيرة اللازمة لدفع تخوم علم الفلك والتقانة الحيوية وفيزياء المادة إلى الأمام. إضافة إلى ذلك، هناك الفرق الضخمة من الباحثين المشتغلين في البحث العام المتمكن والذين يهيئون الخلفية للعالِم التطبيقي المرتبط بالدعم الصناعي المباشر.

## تجمعات جغرافية واقتصادية وبحثية تطويرية

تعتبر أوروبا الغربية قارة مؤلفة من مناطق جغرافية متنوعة إلى حد بعيد، ومن تحالفات اقتصادية متلاحمة، إضافة إلى حالة من التقارب السياسي المتنامي. وهي تشمل أممًا تتدرج من دول صغيرة مثل موناكو ومدينة الفاتيكان وسان مارينو إلى الدول ذات الاقتصاديات المتوسطة مثل ألمانيا وفرنسا والمملكة المتحدة وإيطاليا.

وإذا تركنا جانبًا الدول الصغيرة، فإن أوروبا الغربية تتجمع في منطقتين اقتصاديتين رئيسيتين: هما الدول الاثنتا عشرة المؤلفة للمجموعة الأوروبية: بلجيكا، الدنمارك، فرنسا، ألمانيا، اليونان، إيرلندا، إيطاليا، لوكسمبورغ، هولندا (الأراضي المنخفضة)، البرتغال، إسبانيا، المملكة المتحدة، ثم الدول السبع لمنطقة التجارة الحرة الأوروبية: النمسا، فنلندا، آيسلندا، ليختنشتاين، النروج، السويد وسويسرا. وهناك ثلاث دول أوروبية أخرى غير ملتزمة تقليديا بأية مجموعة وهي: قبرص ومالطا ويوغوسلافيا السابقة. أما تركيا فهي مقترنة بالمجموعة الأوروبية ، أما إسرائيل فلها ترتيبات تجارة حرة مع المجموعة.

وثمة تقارب أعمق يحدث الآن بين الدول الأوروبية مصاحب للارتباط الأوثق بين المجموعتين الأوروبيتين الرئيسيتين لتشكيل منطقة اقتصادية أوروبية، باستثناء سويسرا. وإن أربعًا من هذه الدول: النمسا، فنلندا، النروج والسويد قد تقدمت بطلبات لعضوية كاملة في المجموعة الأوروبية.

## سياسات العلم القومية

هناك قوى تماسكية فعالة سياسية واقتصادية واجتماعية ذات تأثير مركزي جاذب في المنطقة. وأيًا كان الأمر وبالرغم من العدد الكبير من المنظمات المتعاونة وبرامج البحث والتطوير المشتركة ولأسباب تاريخية وثقافية، فإن كلا من هذه الدول المختلفة تجنح لأن يكون لها مسارها المتباين لإعداد سياسة العلم والتقانة.

وقبل أن نتفحص بإيجاز مواقف الدول الأربع الكبرى في أوروبا الغربية، علينا أن نذكر عدة أهداف رئيسية مشتركة لدى الجميع. ومع ذلك، فمن الملاحظ أنه بالرغم من أن الأفكار الرئيسية شمولية، فإن طرائق إنجازها تتسم بالفردية البالغة.

أولا؛ إن أهمية البحث للتطور والتنافس الصناعيين أضحت جلية لجميع الحكومات عبر العقدين الأخيرين، وتبوأت منزلة عالية بين الأولويات الخاصة بسياسات العلم.

ثانيًا؛ لقد أوليت مسائل نقل التقانة إلى الصناعة اهتمامًا متزايدًا، لاسيما ما يتعلق منها بالمشروعات التجارية الصغيرة أو المتوسطة الحجم والتي يعتقد أنها المصادر الرئيسية للتجديد. وفي الوقت نفسه، تَبين أن مشكلات حقوق الملكية الفكرية يجب أن تعالج بعناية إذا ما أريد لإجراءات حفظ هذه الحقوق أن تكون مؤثرة.

ثالثًا؛ إن قيود الميزانيات الثابتة، أو في أحسن الأحوال الميزانيات البطيئة التزايد خلال السنين الحالية من

**الجدول 2**

**استثمارات البحث والتطوير عبر الجماعة الأوروبية ومقارنات بالولايات المتحدة واليابان**

| الدولة | إجمالي إ.إ.ب.ت (ملايين وحدة نقد اوروبية) | إ.إ.ب.ت % من الناتج المحلي الإجمالي 1991 | إ.إ.ب.ت لكل شخص من السكان (وحدة نقد اوروبية) 1991 | % من إ.إ.ب.ت 1991 الممول من الحكومة | الصناعة | اخرى | قطاع الحكومة | قطاع مشروعات الأعمال | التعليم العالي وقطاعات اخرى |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| بلجيكا | [1] 2 722 | 1.71 | 272 | 27.6 | 70.4 | 2.0 | 6.1 | 72.6 | 21.3 |
| دنمارك | 1 675 | 1.59 | 325 | [3] 45.5 | [3] 46.8 | [3] 7.7 | [3] 19.1 | [3] 55.0 | [3] 25.9 |
| ألمانيا [2] | 35 519 | 2.58 | 445 | [4] 37.2 | [4] 59.9 | [4] 2.9 | [4] 15.2 | [4] 68.4 | [4] 16.4 |
| اليونان | [1] 402 | 0.70 | 39 | [3] 68.9 | [3] 19.4 | [3] 11.7 | [3] 42.4 | [3] 22.3 | [3] 35.3 |
| إسبانيا | 3 730 | 0.87 | 96 | 45.1 | 47.4 | 7.4 | 21.3 | 57.8 | 20.9 |
| فرنسا | 23 511 | 2.42 | 412 | 48.3 | 43.5 | 8.2 | 24.2 | 60.4 | 15.4 |
| إيرلندا | [1] 340 | 0.97 | 96 | 29.0 | 60.0 | 11.0 | 16.2 | 60.7 | 23.0 |
| إيطاليا | 12 821 | 1.38 | 224 | 51.5 | 43.7 | 4.8 | 20.9 | 58.3 | 20.7 |
| هولندا | 4 630 | 2.00 | 307 | 45.1 | 51.1 | 3.8 | 18.1 | 56.2 | 25.7 |
| البرتغال | [1] 399 | 0.72 | 41 | 61.8 | 27.0 | 11.1 | 25.4 | 26.1 | 48.4 |
| المملكة المتحدة | [1] 18 435 | 2.26 | 320 | 35.8 | 49.5 | 14.8 | 14.0 | 66.6 | 19.3 |
| أوروبا [5] | 104 184 | 2.02 | 302 | 41.2 | 51.7 | 7.1 | 17.4 | 64.5 | 18.1 |
| الولايات المتحدة | 124 559 | 2.78 | 493 | 47.1 | 50.6 | 2.3 | 11.0 | 69.9 | 19.1 |
| اليابان | 77 700 | 2.86 | 627 | 16.1 | 77.9 | 6.0 | 8.0 | 75.5 | 16.6 |

١- تقديرات الجماعة الأوروبية المستمدة من اتجاهات.
٢- ألمانيا بأكملها.
٣- الإشارة إلى عام 1989.
٤- الإشارة إلى عام 1991.
٥- الجماعة الأوروبية من دون لوكسمبورغ.
إ.إ.ب.ت GERD : إنفاق إجمالي على البحث والتطوير.

المصدر: OECD, EUROSTAT,ECDGXII/A4.

الركود الاقتصادي العالمي، أدت بمسؤولي الميزانيات، على المستويين القومي والدولي، إلى تطبيق ضغوط كي يتم تقويم البرامج والمشروعات والمنظمات بهدف الحصول على أعظم فعالية بدلالة نسبة التكلفة إلى الفائدة، حيثما أمكن تعريف هذه الفعالية، وبهدف تقليم كل العناصر غير المنتجة ما أمكن. وقد وُجد أن هذه الإجراءات ضرورية في مواجهة التكاليف المتصاعدة عامة لأنشطة العلم والتقانة.

رابعًا؛ لقد أدركت كل الدول الفوائد العديدة التي تنتج من التعاون الدولي، وهي تأخذ ذلك بالاعتبار عند وضع سياساتها العلمية والدبلوماسية.

وأخيرًا، فإن تربية وتدريب العلماء والتقنيين والمهندسين في الجامعات والكليات والمختبرات، في الحقل أو في الورش، هو مَعْلم بارز دائم ذو أولوية رئيسية ضمن كل الاستراتيجيات القومية.

### فرنسا

إن قضايا سياسة البحث والتقانة تكون مركزة غالبًا في يد وزير البحث والتقانة، المسؤول المباشر عن مؤسسات البحث الحكومية وعن هيئات البحوث الممولة من ميزانية الخدمة المدنية لتطوير البحث والتقانة، مثل المركز القومي للبحوث العلمية. وهو يقاسم وزراء آخرين المسؤولية المشتركة عن مدىً كامل من منظمات العلم والتقانة مثل المعهد القومي للصحة والبحوث الطبية، والمركز القومي للدراسات الفضائية.

ويترأس وزير البحث والتقانة المجلس الأعلى للبحث والتقانة ويستشار حول برامج البحوث في المشروعات التي تمتلكها الدولة.

وفي فرنسا هناك جهود خاصة تركز على تهيئة زخم للبحث الأساسي، وعلى الإدارة الأكثر حزمًا لبرامج التطوير التقاني وعلى رفع المستوى العام للتقانة ككل.

تتمتع البحوث الصناعية بدعم الحكومة المباشر وغير المباشر. فباب المساعدة مفتوح للشركات المختارة للإسهام في 11 صنفًا من التقانات اختيرت تحت مظلة البرامج القومية المبتكرة لتشجيع المهارة الصناعية ولضم أقسام البحوث الصناعية والمختبرات العامة. وقد أنشئت برامج لتطوير التقانة داخل المجالات ذات الأفضلية لعلوم الطيران المدني والفضاء والطاقة الذرية المدنية والتواصلات البعيدة وبرامج الدفاع الرئيسية، وكل هذا ممول من الدولة بالكامل. أما الدعم غير المباشر فيقدم على شكل تنازلات ضريبية متاحة لتوفير الدعم غير المباشر، للمؤسسات التجارية المتعهدة لمشروعات البحث والتطوير بهدف تنشيط الصناعة. وهناك مساع لإيجاد تعاون محسّن بين البرامج المدنية والبرامج الدفاعية للبحث والتطوير (حيث تمول الدولة 63% من الأولى و 37% من الثانية)، (انظر الجدول 3 ).

إن الهدف البعيد المدى هو زيادة نسبة الإنفاق الوطني الإجمالي على البحث والتطوير من 2.4%، وهي تمثل 511 23 مليون وحدة نقد أوروبية في 1991، إلى 3% في أسرع وقت ممكن.

**الجدول 3**
**التمويل الحكومي للبحث والتطوير في الجماعة الأوروبية، 1991 ومقارنات بالولايات المتحدة واليابان**

| | تمويل الحكومات للبحث والتطوير | |
|---|---|---|
| الدولة | مدني (%) | دفاع (%) |
| بلجيكا | 99.8 | 0.2 |
| دنمارك | 99.6 | 0.4 |
| ألمانيا[1] | 89.0 | 11.0 |
| اليونان | 97.6 | 2.4 |
| إسبانيا | 83.2 | 16.8 |
| فرنسا | 62.6 | 37.4 |
| إيرلندا | 100.0 | 0.0 |
| إيطاليا | 92.1 | 7.9 |
| هولندا | 96.5 | 3.5 |
| البرتغال | 99.1 | 0.9 |
| المملكة المتحدة | 55.7 | 44.3 |
| أوروبا[2] | 77.9 | 22.1 |
| الولايات المتحدة | 40.3 | 59.7 |
| اليابان | 94.3 | 5.7 |

١- بيانات ألمانيا تشمل جمهورية ألمانيا الديمقراطية.

٢- أوروبا ، هي مجموع الدول الأعضاء باستثناء لوكسمبورغ: البيانات غير متاحة.

المصدر: OECD.

### ألمانيا

إن النظام الألماني مختلف نوعًا ما. فالمسؤولية عن العلم والتقانة موزعة بين الحكومة الفدرالية، فيما يخص البحث الأساسي غير الجامعي والتعاون الدولي في القطاع الصناعي، وبين حكومات الولايات كل بمفردها فيما يخص الجامعات والكليات الطبية ومعاهد العلم المستقلة بما فيها جمعية البحث الألمانية، وجمعية ماكس بلانك، وجمعية فرون هوفر وبين اتحاد منظمات البحث ذات النطاق الواسع فيما يخص الباقي (من أمكنة البحث).

وتقع المسؤولية الاتحادية على عاتق الوزير الاتحادي للبحث والتقانة، وتعاونه لجنة البوندستاغ للبحث والتقانة والتي لها وظائف من أجل التحكم والمراقبة. وخلال إرساء

الحكومة الفدرالية للتوجيهات الأساسية لسياسة البحث، فإنها تستشير معاهد البحث الثلاثة المستقلة المذكورة سابقًا، وتقع مسؤولية ربط العلم بالصناعة على الأخيرة منها. وبصرف النظر عن مسؤولياته المباشرة المبينة فيما سبق، فإن الوزير الاتحادي للبحث والتقانة يشارك في مسؤوليات تخص البحث في مجالات تقع تحت سيطرة وزراء آخرين. ومثال ذلك مشاركته الوزير المسؤول عن الصناعة في الإطار الإبداعي للمشروعات الصغيرة و المتوسطة الحجم.

وقد حدثت إعادة تقييم رئيسية بُعيد عودة الوحدة بين الألمانيتين الغربية والشرقية، والتي بدأت عام 1989. فقد تم تحويل الهيكل العلمي المركزي لجمهورية ألمانيا الديمقراطية -الذي هيمنت عليه أكاديميات العلم والعلوم الزراعية والهندسة المدنية والمعمارية - إلى الهيكل الذي كان موجودًا في جمهورية ألمانيا الاتحادية عقب إعادة تقييم لكل الجماعات العلمية في ألمانيا الديمقراطية سابقًا.

فقد أصبح هناك تركيز كبير على مبدأ «حرية البحث» وعلى أهمية المبادرة الفردية عند ترقية النخبة العلمية. وإن العون الحكومي، المباشر وغير المباشر، أصبح متاحًا لتنشيط البحث والتطوير الصناعيين، مع توجيه عناية خاصة إلى المشروعات الصغيرة والمتوسطة الحجم، حيث يتم دعم تكاليف العاملين في البحث. وقد أنفقت ألمانيا 519 35 مليون وحدة نقد أوروبية عام 1991، وهذا يمثل 2.6% من الناتج القومي الإجمالي. وقد امتصت الفعاليات المدنية ما نسبته 89% من المجموع، في حين ذهبت النسبة الباقية إلى البحث والتطوير في مجال الدفاع.

### *إيطاليا*

في عام 1989 أجرت إيطاليا تغييرات عميقة في بنية العلم والتقانة فيها وذلك بإنشاء وزارة للبحث العلمي والتقاني والجامعات، كانت بمثابة هيئة مفردة لصنع القرار والتنسيق بين كل الأبحاث التي تمولها الدولة. فضلا عن هذا، فقد أصبحت الجامعات ومعاهد البحث تتمتع حاليًا بدرجة كبيرة من الاستقلالية في اختيارها لبرامج البحث وفي إدارتها للموارد الخاصة بها.

ويؤازر الوزير في مهمة تخطيط السياسة العلمية اللجنة الوزارية للتخطيط الاقتصادي، واللجنة الوزارية للسياسة الصناعية، كما يقدم له المشورة المجلس الوطني للعلم والتقانة، وهو هيئة مؤلفة من أعضاء ذوي مستوى رفيع في الجالية العلمية. أما المجلس الوطني للجامعات فيُعنى بإدارة الجامعات، وإضافة إلى وزارة البحث العلمي والتقاني والجامعات، هناك وزارات أخرى مثل وزارة الدفاع ووزارة الصناعة ووزارة المعونة الخاصة لجنوب إيطاليا، تقدم المساعدة أيضًا لتمويل البحث ،كل في مجال اختصاصها.

وبشكل مماثل - نوعا ما- لجالس البحث القومية الفرنسية فإن مجلس البحث القومي الإيطالي هو منظمة بحثية متعددة فروع المعرفة تعنى خاصة بإدارة مشروعات تستهدفها سياسة الدولة في البحث والتطوير. وتهتم مشروعات البحث التطبيقية هذه بمواضيع لخدمة المصلحة الوطنية ويقوم بتنفيذها منظمات مختلفة حكومية وصناعية وإقليمية ومحلية وفي مجالات مثل الصناعة والزراعة والطاقة والصحة والمبيئة.

إن الهدف الرئيسي لسياسة العلم الإيطالية هو رفع مستوى البحث إلى منزلة تضاهي حالته في دول أوروبية أخرى تماثلها في الناتج المحلي الإجمالي مثل فرنسا أو المملكة المتحدة. ولبلوغ هذه الغاية، فإن النمو الاستثماري يوجَّه نحو تحسين نوعية النظام ونحو التوازن بين الأنماط المختلفة من البحث، وبين قطاعات الدولة المختلفة وبين شمالها وجنوبها. وتتم حاليًا زيادة المقدرة على الإسهام في البرامج الدولية والأوروبية كما يتم تشجيع البحث والتطوير الصناعيين عن طريق التنازلات الضريبية.

وقد بلغ مجموع الإنفاق القومي الإجمالي على البحث والتطوير 821 12 مليون وحدة نقد أوروبية، أي ما نسبته 1.4% من الناتج المحلي الإجمالي، وأُنفق على البحث والتطوير المدنيين ما نسبته 92% من هذا المبلغ، في حين أُنفق الباقي على الدفاع.

### *المملكة المتحدة*

كان الهيكل العلمي المركزي في المملكة المتحدة، حتى عام 1992، يتكون من 11 دائرة حكومية مسؤولة أمام مجلس الوزراء ورئيسه. وقد تغير هذا الوضع بعد تعيين وزير للعلم

وبعد إصدار سياسة وطنية للعلم مؤسسة على شراكة بين قطاع الصناعة والعلماء والحكومة. وهذه السياسة – التي يعدها مكتب العلم والتقانة – تتم مصادقة مجلس الوزراء عليها سنويًا، و تتضمن تخصيصات للإنفاق السنوي وتوقعات للاتجاهات المحتملة للعلم خلال خمس سنوات إلى عشر سنوات. إن الأهداف الرئيسية لسياسة العلم الوطنية هي تحسين نوعية الحياة وزيادة ثروة الأمة (انظر الجدول4).

**الجدول 4**
**ميزان مدفوعات التقانة في الجماعة الأوروبية، 1991 ومقارنات بالولايات المتحدة واليابان**

| الدولة | ميزان مدفوعات التقانة: وصولات (ملايين و.ن.أ) | مدفوعات (ملايين و.ن.أ) | الميزان (ملايين و.ن.أ) |
|---|---|---|---|
| بلجيكا | 1 480 | 1 973 | - 493 |
| دنمارك | غ.م | غ.م | غ.م |
| ألمانيا[2] | 4 268 | 5 156 | - 887 |
| اليونان | غ.م | غ.م | غ.م |
| إسبانيا | 315 | 1 716 | -1400 |
| فرنسا | 1 493 | 2 004 | - 510 |
| إيرلندا | غ.م | غ.م | غ.م |
| إيطاليا | 555 | 965 | - 410 |
| هولندا | 504 | 947 | - 443 |
| البرتغال | غ.م | غ.م | غ.م |
| المملكة المتحدة[2] | 1 788 | 1 865 | - 77 |
| أوروبا[3] | 10 405 | 14 625 | - 4 220 |
| الولايات المتحدة | 12 936 | 2 461 | 10 475 |
| اليابان | 1 848 | 2 025 | - 177 |

١- ألمانيا من دون جمهورية ألمانيا الديمقراطية.
٢- إشارة إلى عام 1989.
٣- أعضاء الجماعة الأوروبية (بيانات 1989 عن المملكة المتحدة).

و . ن . أ: وحدة نقد أوروبية

المصدر: OECD, EUROSTAT, DGXII/A4

هناك تباين جذري مع السياسة السابقة التي كانت فيها مسؤولية البحث والتطوير القريبين من السوق تقع في يد الصناعة، وهذا التباين يتضح من العزم على دعم بعض اتجاهات البحث الواعدة، التي لا تنجح في الحصول على مساعدات تجارية. من ناحية ثانية، ليست هناك مزايا ضريبية للمشروعات التي تضطلع بمهام البحث والتطوير.

في ضوء الحاجات المتغيرة، ثمة مراجعة فاحصة تتم لكل منظمات البحث التي تمولها الحكومة، وذلك لتحديد تلك التي يجب الاحتفاظ بها وتلك التي تلائم الخصخصة وتلك التي يمكن الاستغناء عنها.

هناك منح بحثية لمشروعات يفحصها زملاء أنداد تقدمها سبعة مجالس بحث مبنية على أساس القطاع، في حين يأتي دعم للجامعات من مجالس خاصة لتمويل التعليم العالي. وفي عام 1991، بلغ مجموع الإنفاق الإجمالي على البحث والتطوير 435 18 وحدة نقد أوروبية، ممثلا نسبة 2.3% من الناتج القومي الإجمالي، وخصص 56% منه للبحث والتطوير المدني، فيما خصصت النسبة الباقية للبحث والتطوير في مجال الدفاع.

ويتبين مما سبق أن أهمية قاعدة مزدهرة للعلم والتقانة تحتل منزلة عالية في سلم الأولويات خلال مسيرة بلدان أوروبا الغربية نحو الرخاء الاقتصادي والرفاهية الاجتماعية، كما يتبين أن الحكومات الوطنية، ذات الوعي الشديد لهذا الأمر، غالبًا ما تراجع سياساتها بدقة وتحدثها لمواجهة الظروف المستجدة الناجمة عن أوروبا المتطورة باستمرار.

## النتاج العلمي

هناك عامل مشترك بين كل الأنشطة العلمية وهو التواصل ذو القيمة الجوهرية بالنسبة للجميع، وربما باستثناء العالِم الصناعي – الذي تتحكم الاعتبارات التجارية في عمله. ويتم الوصول إلى عملية التواصل هذه وتحليلها بأكثر الظروف ملاءمة عبر المنشورات التي تظهر في المجلات العلمية ذات السمعة العالمية. ويجب النظر إلى الطريقة هذه على أنها نوعية، حيث إنها تهمل الكمية الكبيرة من البيانات الصادرة في الأدبيات "الرمادية" مثل التقارير التقنية الموجهة نحو مجالات بحث معينة، والحجم المتنامي للمعرفة المخزنة في قواعد البيانات عبر أرجاء العالم.

وفي الوقت نفسه، فإن الحاجة إلى التحديث قد تؤدي

إلى التشويه، كما يُلاحظ فيما يسمى "تأثير عربة الموسيقى"(التي تتصدر الاحتفالات ويسارع الناس إلى التجمع حولها للالتحاق بالركب)، فإن إعلانًا صحفيًا مسبقًا عن اكتشاف علمي مبدع، أو ظهور نشرة أولية مثيرة في موضوع ما، قد يؤدي إلى انفجار نشاط ثقافي، تخميني أو موضوعي وقائعي، يمكنه أن يزيف، عدديًا، الوضع الحقيقي للمعرفة حول موضوع بعينه. وإن الادعاءات والادعاءات المضادة التي تحوم حول الانصهار "البارد"، لَتقدم مثالا تحذيريًا في هذا الخصوص. ومع ذلك، فإن استخدام فهارس الاقتباس يجعل من الممكن إجراء مقارنة مؤهَّلَة بين وزن النشاطات المتماثلة في مناطق جغرافية مختلفة. والمقطع التالي سيحاول تلخيص بيانات علمية مقياسية متوافرة عن أوروبا الغربية.

ثمة طريقة أخرى تقليدية لتقدير الحيوية العلمية تعتمد على عدد العلماء الذين ينالون جوائز دولية وبخاصة جائزة نوبل. فبين عامي 1945 و 1992 حصل علماء أوروبا الغربية على 112 جائزة نوبل (في الفيزياء والكيمياء وعلم وظائف الأعضاء والطب) مقابل 143 جائزة لأمريكا الشمالية، وخمس جوائز لعلماء اليابان. وإذا أخذنا العلوم الاقتصادية في الحسبان فإن هذه الأعداد تصبح 123 و 162 وخمسة على الترتيب.

### *النتائج المنشورة*

إن المنطقة ككل تنشر أكثر بقليل من 33% من نتاج العالم من الأدبيات العلمية (في الفيزياء والكيمياء والرياضيات وعلوم الحياة والعلوم الهندسية) مقابل 40% لأمريكا الشمالية (الولايات المتحدة وكندا) و 7% لليابان. إن الدول العشر الأوائل في الترتيب التنازلي لنتاج العالم في كل المجالات هي: المملكة المتحدة، ألمانيا، فرنسا، إيطاليا، هولندا، السويد، سويسرا، إسرائيل، إسبانيا، وبلجيكا، حيث تنشر مجتمعة 30%. ومن الطريف ملاحظة أن مجموعة الدول الاثنتي عشرة الأعضاء في المجموعة الأوروبية تنتج نحو 28% من نتاج العالم من الأدبيات العلمية.

وإذا التفتنا إلى النتاج في المجالات العلمية الرئيسية، فإن الترتيب يختلف حسب الموضوع، كما هو متوقع.

ففي الفيزياء يكون الترتيب: ألمانيا، المملكة المتحدة، فرنسا، إيطاليا، هولندا، سويسرا، إسرائيل، إسبانيا، السويد وبلجيكا، بمجموع نتاج نسبته 28% من النتاج العالمي.

وتتصدر ألمانيا، وهي مسقط رأس الكيمياء التقليدي، قائمة هذا المجال، تتبعها المملكة المتحدة، فرنسا، إيطاليا، إسبانيا، هولندا، سويسرا، السويد، بلجيكا، إسرائيل وفنلندا، حيث تمثل مجتمعة 30% من نتاج العالم في هذا الموضوع.

كما أن ألمانيا هي الرائدة في الرياضيات، مع فرنسا، المملكة المتحدة، إيطاليا، إسرائيل، هولندا، إسبانيا، بلجيكا، سويسرا والسويد منتجة ما نسبته 30% من إجمالي النتاج.

أما الترتيب بالنسبة لعلوم الحياة فهو: المملكة المتحدة، ألمانيا، فرنسا، إيطاليا، السويد، هولندا، إسرائيل، سويسرا، الدنمارك وبلجيكا، بمجموع نسبته 33% من النتاج المنشور.

وتتصدر ألمانيا الدول في العلوم الهندسية، تليها المملكة المتحدة، فرنسا، إيطاليا، هولندا، سويسرا، إسرائيل، السويد، إسبانيا وبلجيكا بمجموع نسبته 26% من نتاج العالم.

وبصرف النظر عن ترتيب دول المنطقة إفراديًا على المستوى العالي، فإن من المهم أيضًا استكشاف الطريقة التي يتم بها توزيع النتاج العلمي ضمن الإجمالي القومي لكل بلد لأخذ فكرة عن الأهمية المعطاة للمجالات المختلفة للأنشطة العلمية في البلاد المعنية.

وإذا نظرنا إلى المنطقة ككل، نرى أن علوم الحياة تهيمن على جميع الفروع العلمية الأخرى ممثلة متوسطًا نسبته 57% لكل البلاد في أوروبا الغربية. ويتضح الاهتمام التقليدي للدول الاسكندنافية في هذه الواضيع من المتوسطات التي تفوق 70% في الدنمارك وفنلندا والنروج والسويد. وفي الطرف الآخر من سلم القياس نجد اليونان والبرتغال وإسبانيا وتركيا بنسب تتراوح بين 39% و 45% من نتاجها الإجمالي.

يمثل النشر في الفيزياء أكثر من 20% من المجموع الكلي ليوغوسلافيا السابقة واليونان والبرتغال وفرنسا وسويسرا وإيطاليا، ويتناقص إلى 10% في السويد. ونجد، في كل البلدان، أن الفيزياء هي النتاج الثاني الأكثر أهمية، ما عدا إسبانيا حيث تبدي تفضيلا قويًا للكيمياء بنسبة 30% من نتاجها. وتقع مجموعة ثانية مؤلفة من يوغوسلافيا السابقة وألمانيا وإيطاليا في صنف الـ 20%، كما يبدو أن الدول الاسكندنافية هي الأقل نشاطًا.

إن للرياضيات، بحكم طبيعتها، أتباعًا أقل في كل مكان، ولكنها في الوقت نفسه ليست مكبلة بالحاجة إلى أجهزة باهظة الثمن أو إلى بنية تحتية. ويشغل هذا الاختصاص، في معظم البلدان، نسبة 2 إلى 3% من النتاج القومي. من ناحية أخرى، فإن النمسا وإيطاليا وفرنسا وتركيا كلها تقع بين 3% و 4%، أما اليونان وإسرائيل والبرتغال فهي فوق الـ 4%.

وأخيرًا، هناك العلوم الهندسية، حيث يبدو أن بعض الدول الأقل أفضلية كما يظهر ، توليها اهتمامًا معتبرًا. ففي تركيا واليونان والبرتغال ويوغوسلافيا السابقة وألمانيا والنمسا، ترفد الهندسة النتاج القومي الإجمالي بنسبة تتراوح ما بين 10 و 20%.

ولا تعكس هذه المقارنات فقط النزعة نحو التميز في "العلوم العظمى" عند الدول الأكثر تصنيعًا، وأصداء الاهتمامات التقليدية البعيدة المدى في الجالات المتنوعة، ولكنها تعكس أيضًا تأثير الهياكل الاجتماعية ووجود جامعات متطورة وربما بنية تحتية وافية للبحث الوطني. إن التنوع الكبير بين الأمم الأوروبية ذات التقاليد العلمية

**الجدول 5**

**طلبات براءات الاختراع القومية في الجماعة الأوروبية، 1990، ومقارنات بالولايات المتحدة واليابان**

| الدولة | طلبات براءات الاختراع القومية | | | طلبات خارجية من مقيمين |
|---|---|---|---|---|
| | المجموع | مقيم | غير مقيم | |
| بلجيكا | 43 544 | 912 | 42 632 | 7 947 |
| دنمارك | 35 998 | 1 288 | 34 710 | 10 240 |
| ألمانيا[1] | 95 164 | 30 928 | 64 236 | 161 006 |
| اليونان | 18 765 | 389 | 18 376 | 536 |
| إسبانيا | 46 817 | 2 260 | 44 557 | 4 603 |
| فرنسا | 78 919 | 12 742 | 66 177 | 66 632 |
| إيرلندا | 4 735 | 734 | 4 001 | 1 226 |
| إيطاليا | غ.م | غ.م | غ.م | 29 969 |
| لوكسمبورغ | 32 591 | 41 | 32 550 | 955 |
| هولندا | 49 989 | 2 646 | 47 343 | 26 351 |
| البرتغال | 3 642 | 101 | 3 541 | 86 |
| المملكة المتحدة | 90 978 | 19 474 | 71 504 | 80 320 |
| أوروبا[2] | 344 043 | 71 515 | 272 528 | 199 531 |
| الولايات المتحدة | 175 333 | 90 643 | 84 690 | 295 202 |
| اليابان | 376 371 | 332 952 | 43 419 | 129 835 |

١- لا تتضمن جمهورية ألمانيا الديمقراطية.
٢- لا تحسب إيطاليا في الأعمدة 1-3

غ.م : غير متوافر

المصدر: OECD, DGXII/A4.

المتباينة يمكن أن يفضي بالمرء إلى أن يعتبر المنطقة "بنك مورثات" علميا حقيقيا.

### *براءات الاختراع*

فضلا عن ذلك، يمكن الحصول على مقياس آخر لتنوع المنطقة في أنشطة العلم والتقانة وذلك عن طريق فحص النتاج في براءات الاختراع الممنوحة سنويًا لكل 100 000 مقيم من دول مختلفة.

وبأخذ معدل عدد براءات الاختراع خلال ثلاث سنوات من 1987 حتى 1990 نجد أن سويسرا هي القائدة في هذا المضمار بحصولها على 40.44 براءة اختراع لكل 100 000 من السكان، وبذلك تكون الثانية بعد اليابان فقط (43.44). ويأتي بعد ذلك ألمانيا والسويد بـ 28.14 و 22.91

**الجدول 6**

**الحصص المئوية لبراءات الاختراع لأوروبا الغربية في الولايات المتحدة 1963 - 1988**

| | 1968-63 | 1973-69 | 1978-74 | 1983-79 | 1988-84 |
|---|---|---|---|---|---|
| ألمانيا[1] | 33.74 | 35.62 | 37.16 | 40.10 | 40.91 |
| المملكة المتحدة | 24.80 | 21.56 | 18.16 | 15.91 | 14.67 |
| فرنسا | 13.42 | 13.99 | 14.45 | 14.92 | 14.60 |
| هولندا | 4.67 | 4.36 | 4.32 | 4.49 | 4.62 |
| إيطاليا | 4.27 | 4.77 | 4.72 | 5.37 | 5.83 |
| دنمارك | 0.92 | 1.08 | 1.03 | 0.93 | 1.03 |
| بلجيكا | 1.63 | 1.88 | 1.84 | 1.64 | 1.55 |
| إيرلندا | 0.06 | 0.14 | 0.11 | 0.12 | 0.20 |
| إسبانيا | 0.42 | 0.47 | 0.59 | 0.40 | 0.57 |
| اليونان | 0.06 | 0.08 | 0.07 | 0.04 | 0.05 |
| البرتغال | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.02 | 0.02 |
| سويسرا | 8.66 | 8.41 | 8.81 | 8.33 | 7.31 |
| السويد | 5.24 | 5.08 | 5.65 | 5.09 | 4.89 |
| النمسا | 1.33 | 1.57 | 1.76 | 1.85 | 1.89 |
| النروج | 0.50 | 0.53 | 0.62 | 0.56 | 0.60 |
| فنلندا | 0.25 | 0.42 | 0.68 | 0.85 | 1.27 |
| المجموع | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |

١- لا تتضمن ألمانيا الديمقراطية.

المصدر: US, Department of Commerce, Patent and Trademark Office

على التوالي، مقارنة بـ 19.12 للولايات المتحدة. وبعد ذلك تأتي كل من النمسا وفنلندا وفرنسا بمعدلات تفوق الـ 15، ثم مجموعة كبيرة تتألف من المملكة المتحدة والنروج والدنمارك وهولندا وبلجيكا واليونان وإسبانيا متراوحة بين 7.7 و 4.4 وأخيرًا إيرلندا وإيطاليا والبرتغال وتركيا والتي تتقدم بأقل من ملف واحد لبراءة اختراع في السنة لكل 100 000 من المقيمين فيها.

وبمراقبة الاتجاه العام لعدد البراءات السنوي خلال الفترة 85-1990 نجد أن هذا العدد قد ازداد في الدنمارك وإيرلندا وفنلندا وألمانيا والنروج والنمسا وهولندا وإسبانيا والسويد، في حين تناقص في سويسرا وفرنسا وتركيا والمملكة المتحدة والبرتغال وبلجيكا واليونان وإيطاليا. وقد تراوح معدل الزيادة أو النقصان بين 12.7% في أعلى القائمة و 11.7%- في أدناها.

وبشكل عام فإن الترابط بالمؤشرات الأخرى ليس واضحا تماماً ويبدو أنه يعكس علاقة عادات النشر بمستوى الصناعة التقانية وليس بدرجة الثقافة العلمية في البلد.

## العلم لدى المجموعة الأوروبية

إن إحدى نتائج التقارب بين الدول الأوروبية هو هذا العدد من الأعمال في البرامج العلمية والتقانية المندرجة تحت سياسة العلم للمجموعة الأوروبية، والمنضمة مع بعضها بعضا تحت برنامج هيكلي لعدة أعوام يهدف إلى تقوية القاعدة العلمية والتقانية للصناعة الأوروبية وتشجيعها لتصبح أكثر تنافسية على المستوى العالمي. لقد أُطلق هذا البرنامج الهيكلي في أوائل الثمانينات بهدف إنجاز، وعلى مستوى المجموعة، كل الأبحاث التي تتم هناك وبشكل أكثر ملاءمة وأكثر كفاءة، وقد تطور هذا البرنامج ونما بشكل مطرد خلال الممارسات الثلاث الأولى، كما كانت هناك مفاوضات حول برنامج رابع في منتصف 1993.

إن للبرنامج الهيكلي الثالث الذي تم تنفيذه، في الفترة 1991- 1994 ميزانية قدرت بـ 6600 مليون وحدة نقد أوروبية مقارنة بـ 5396 مليون وحدة للفترة السابقة، وهو يعمل في مجالات ثلاثة:

أولا، تقوية التقانات بما فيها التقانات المعلوماتية وتقانات الصناعة والمواد؛ ثانيا، إدارة الموارد الطبيعية التي تتضمن البيئة والعلوم الحياتية والطاقة؛ ثالثا، إدارة الموارد الفكرية المؤلفة من الرأسمال البشري والحركية البشرية، وهو برنامج يُعنى بشكل رئيسي بإنشاء إمكانية علمية وقوة عمل أوروبيتين بحق. وهذه الميزانية تمثل أقل من 5% من الميزانية العامة للمجموعة الأوروبية وهي ذات نسبة مشابهة إذا قيست بالإنفاق الكلي على البحث والتطوير داخل الدول الأعضاء الاثنتي عشرة. وفيما يخص البرنامج الهيكلي الرابع فإن اللجنة الأوروبية تقترح تخصيص مبلغ 13100 مليون وحدة نقد أوروبية للتقليل من التشتت في جهودها الحالية ولكي تحسّن تحويل الإنجازات العلمية والتقانية إلى نجاحات اقتصادية وتجارية.

ويحتوي البرنامج الهيكلي أيضاً على بند من أجل التعاون في البحث داخل المجموعة وفي التطوير التقاني وفي الشرح والعرض مع أقطار تشكل فريقاً ثالثاً ومع منظمات دولية، إضافة إلى ذلك فإن البحث يدخل في نطاق الاتفاقيات المقترنة بالمعاهدة التي قامت على أساسها المنطقة الاقتصادية الأوروبية.

ويتم تنفيذ الأنشطة البحثية التي يغطيها البرنامج الهيكلي بطرائق ثلاث مختلفة.

إن الصورة الأولى لبحث المجموعة تقوم على أساس "التكاليف التقاسمة". فتتحمل المجموعة الأوروبية جزءاً وافراً من تكاليف العمل المنجز، في حين يتحمل الجزء الباقي الهيئة المنفذة (مركز أبحاث، جامعة أو مشروع صناعي). وهذا النوع من البحث هو الأهم من حيث مدى التطبيق ويعتبر وسيلة بالغة الأهمية لتعزيز التنافس التقاني في أوروبا. فهو يقدم الفرصة لاستغلال فرق الأبحاث والمختبرات لدى الدول الأعضاء ولجني الفوائد التعاونية الناجمة عن جعل عدة فرق مختلفة تعمل نحو الهدف البحثي ذاته. وبذلك يكون وسيلة فعالة للتنسيق.

ثانيا، هناك الصورة الثانية للبحث الذي ينفَّذ في المواقع الأربعة لمركز البحث المشترك للمجموعة (إسْبرا في إيطاليا، كيل في بلجيكا، كارلسروه في ألمانيا وبتن في هولندا). إن مركز البحث المشترك مناسب بشكل خاص للبحث الهادف إلى دعم الأنشطة المنظمة والمعيارية للمجموعة والتي لها صلة بالسياسات الاقتصادية والصناعية والاجتماعية. ولهذا المركز وظيفة طبيعية للقيام بالبحث في المسائل التي تتجاوز حدود كل بلد، مثل تلك المرتبطة بالبيئة وتحليل المخاطر. وهو معد إعداداً جيداً للقيام بالبحث ذي الصبغة الدولية تعريفاً، مثل إيجاد المواد ذوات المرجع المعياري وأساليب القياس، وبذلك يوفر تسهيلات اختبار على مستوى واسع ليستعملها علماء من الدول الأعضاء للمجموعة، مما يضمن التزاماً طويل الأمد بالبحث الذي يخدم مصلحة أوروبا ويكفل لكل الدول الأعضاء الاستفادة منه على قدم المساواة.

وأخيراً، هناك أنشطة معينة للمجموعة (مثل برنامج البحث الطبي) تأخذ شكل "الأعمال المنسقة". وفي هذه الحالة لا يحدث تحويل لمبالغ التمويل، فالعناصر الفردية للبرنامج تزودها الدول الأعضاء التي تمول المشروعات الوطنية وتتحمل مسؤولية إنجازها. إن لجنة الجماعات الأوروبية ترعى عملية التنسيق من خلال تشجيع تبادل المعلومات وتوفير ما يترتب على ذلك من نفقات. إن العمل الجماعي المنسق يجعل من الممكن الاستفادة من تنوع المهارات والتقاليد المتوافرة في المجموعة، بشيء يسير من الإنفاق وبنتائج مشوقة للجهود المتبادلة. ويتضمن البرنامج الهيكلي أعمالا تهدف إلى ترقية تدريب وتنقل العلماء والمهندسين الناشئين. وتُوجَّه هذه المنح في الأساس نحو أبحاث ما بعد الدكتوراه وهي مفتوحة لمواطني المجموعة الأوروبية. ومن حيث المبدأ، فإن العمل يجب أن يؤدَّى في بلد عضو مغاير لبلد المستفيد من المنحة.

إن اقتراح اللجنة المتعلق بالبرنامج الهيكلي الرابع يعين ستة أهداف عريضة:

تكامل أكبر للأنشطة الوطنية وأنشطة المجموعة والأنشطة الأوروبية.

اصطفاء أكبر بالنسبة لأبحاث المجموعة وأنشطة التطوير والتقانة بهدف زيادة تأثيرها الاقتصادي.

نشر نتائج الأنشطة في أبحاث "المجموعة" وفي تطوير التقانة وعرضها وجعل هذه النتائج في حالتها المثلى.

تطوير وتنمية التعاون في مجال الأبحاث والتدريب.
تنمية مجالات التعاون بين سياسة الأبحاث وبين سياسات التلاحم الاقتصادي والاجتماعي.
زيادة المرونة في نشاطات "المجموعة" كي تتمكن من الاستجابة السريعة للتغيرات الحديثة في مجالات العلم والتقانة.

يتضمن البرنامج الهيكلي التعاون العلمي الدولي كله، كما أن تشجيع التحسن في درجة تكامل البحث الأوروبي عن طريق إنشاء حلقات تنسيق بين البرامج الوطنية وبرامج "الجماعة" والبرنامج المسمى يوريكا (انظو صفحة 56)، إضافة إلى هيئات أوروبية أخرى قائمة من أجل التعاون العلمي.

ويمكن لمركز الأبحاث المشترك ومركز أبحاث المجموعة الأوروبية الخاص بها أن يؤديا دور النقطة المحرقية لهذه الشبكة.

## منظمات بينحكوماتية أخرى

عند نهاية الحرب العالمية الثانية، استطاعت النزعة نحو التعاون الدولي في العلم أن تجمع قواها عن طريق إنشاء منظمة اليونسكو، وما تبعها من عدة وكالات تخصصية أخرى للأمم المتحدة مثل:منظمة الفاو، ووكالة الطاقة الذرية الدولية، ومنظمة الصحة العالمية، ومنظمة الأرصاد الجوية العالمية، وهي كلها تعنى بالبحث العلمي بطويقة أو بأخرى. إن للمنظمات التي أحدثتها الأمم المتحدة تأثيراً خاصاً في العلاقات التي تتمتع بها أوروبا مع بقية العالم في مجال المساعي العلمية.

وهناك منظمة أخرى كان لها نفوذ ذو شأن على الحياة العلمية الأوروبية في مجال البحث والتطوير الذري هي المنظمة من أجل التعاون الاقتصادي والتنمية صاحبة وكالة الطاقة الذرية التي قامت، ضمن ما قامت به من أنشطة أخرى في السنين الأخيرة من الستينات، ببناء مفاعلات تجريبية في مدينة هالدن بالنروج، وفي وينفريث هيث بالمملكة المتحدة، وبناء مصنع لعالجة الوقود الذري المخصَّب لدرجة عالية في مدينة درسل ببلجيكا. ولا تزال أولى هذه المنشآت في حالة نشيطة ومشغولة بالأبحاث.

إن من شأن منظمة الناتو المتمركزة في بروكسل ببلجيكا أن تجمع معاً معظم الدول الأوروبية مع الولايات المتحدة وكندا بهدف تأمين الدفاع الجماعي. ومع ذلك فإن منظمة الناتو أنشأت عام 1957 برنامجها العلمي بقصد دفع حدود العلم عامة إلى الأمام وترقية مشاركة دول الناتو في الأبحاث. ومنذ نشأتها أسهم أكثر من نصف مليون عامل من التحالف ومن دول أخرى في هذا المجهود عبر برامج التبادل الدولي التي تركز على العالِم بمفرده بدلا من الاستغراق في العمل المؤسساتي.

لن يكون المشهد الأوروبي كاملاً من بدون منظمة المعايير الدولية المؤلفة من هيئات معايير وطنية والتي تعمل من خلال الموافقة الجماعية لسلسلة من مجموعات عاملة ولجان من الخبراء. إن هيئات وضع المعايير في أوروبا قد أنشأت اللجنة الأوروبية للمعايرة واللجنة الأوروبية للمعايرة الكهربائية التقنية، وكلما ازدادت أوروبا الغربية اتحاداً تضاعفت درجة النقاء العلمي اللازمة لإنتاج معايير عملية معقولة.

إذا انتقلنا من المنظمات الدولية إلى المنظمات البينحكوماتية الأوروبية نجد المركز الأوروبي للبحث الذري الذي أسس عام 1953 في جنيف بسويسرا، وقد تم تأسيسه خلال اجتماع نظمته اليونسكو عام 1951. ومنذ ذلك الحين وهذا المركز يسير من نجاح إلى نجاح حتى أصبح ذكره مألوفاً عبر أوروبا كلها. ويمكننا بكل تأكيد اعتباره أكثر المشروعات التعاونية الأوروبية نفوذاً. وبصرف النظر عن إنجازاته العلمية الفذة وعن المستوى الهندسي المتمثل في ذلك المجال الفائق الدقة، مجال إنشاء وتشغيل تجارب كبيرة جداً في الفيزياء الفائقة الطاقة (فيزياء الجسيمات)، فإن المركز صار نموذجاً يحتذي به عدد من منظمات البحث العلمي الأخرى.

وإن المرصد الجنوبي الأوروبي الذي أنشىء في گارتشنگ بألمانيا عام 1962 هو إحدى هذه المنظمات. وتتمثل مهماته المرئيسية بتزويد الفلكيين الأوروبيين بمقاريب لمسح نصف الكرة الجنوبي من عدة مراصد. ويقوم هذا المرصد بدور قيادي في تطوير آلات الرصد بمقرابه ذي التقانة الحديثة، وهو الأول الذي يستعمل البصريات الناشطة أو

الموجَّهة بالحاسوب لتحسين حدة الصورة. وسوف يستعمل هذا النظام في المقراب الكبير جداً الذي سوف يتم إنشاؤه في السنوات الأخيرة من هذا القرن.

والفرع الآخر الذي نتج من المركز الأوروبي للبحث الذري هو مختبر علم الأحياء الجزيئي الأوروبي الذي أنشىء عام 1974 برعاية منظمة علم الحياة الجزيئي الأوروبية التي أسست عام 1964. وقد افتتح المختبر في هايدلبرگ بألمانيا عام 1977 وسرعان ما اكتسب شهرة بسبب نوعية نتاجه العلمي والتقني وذاع صيته بسبب أهميته في تدريب الشباب من علماء الأبحاث، شأنه في ذلك شأن المركز الأوروبي للأبحاث الذرية.

وقد أضيفت، مؤخراً، محطة نائية في كامبردج بالمملكة المتحدة تحت اسم المعهد الأوروبي للمعلوماتية الأحيائية، أضيفت إلى محطتين نائيتين أخريين، إحداهما في *المسرع الإلكتروني الألماني* في هامبورغ بألمانيا والأخرى في *معهد لووي – لانجوڤين* في غرنوبل بفرنسا. وثمة خطة لإحداث فرع آخر في المنشأة الأوروبية للتسريع الإشعاعي وهي في غرنوبل أيضاً.

وثمة منظمة أوروبية ناجحة جداً شديدة الاقتران بالعلم وهي وكالة الفضاء الأوروبية التي دُشنت في باريس عام 1973 عن طريق دمج منظمة البحث الفضائي الأوروبية بأخرى أقل منها نجاحاً وهي منظمة تطوير إطلاق مركبات الفضاء الأوروبية التي أنشئت عام 1962. وتدير وكالة الفضاء الأوروبية برنامجاً علمياً فائق النجاح يدل عليه بجلاء متميز القمر الصناعي لبحوث المذنّبات المسمى چيوتُو. ويقوم البرنامج على أربع دعائم: الفيزياء الأرضية الشمسية، البعثات العلمية إلى الكواكب، التحليل الطيفي بالأشعة السينية، التحليل الطيفي للأمواج المليّمترية بالمذياع. وتدير وكالة الفضاء الأوروبية مشروعاً تجاريا بإطلاقها نحو 50% من القذائف الصاروخية التجارية في العالم بغرض الاتصالات عن بعد، ومراقبة الأرض، والأرصاد الجوية مستعملة صاروخها الناجح جداً، *آريان*. ثمة تحول أوروبي معتبر نحو العلوم التطبيقية في علم الإحصاء الزراعي والتنبؤ بالمحاصيل، وفي التنبؤ الجوي وفي دراسات علم المحيطات والدراسات البيئية مستخدمة لذلك تقنيات متطورة.

إن أحدث مشروع تعاون على مستوى أوروبا هو الذي أُسس عام 1985 بتحريض من الحكومة الفرنسية والمسمى يوريكا. ويعنى هذا البرنامج بالأبحاث القريبة من متطلبات السوق. وعلى المشاركين في المشروعات المتفق عليها عبر أوروبا كلها أن يطلبوا التمويل من حكوماتهم ذاتها. وهذا البرنامج أقل مركزية بكثير من مشروعات المجموعة الأوروبية ويتبنى سياسة تحرك المبادرات من الأسفل إلى الأعلى. وفي الوقت الحاضر هناك نحو 675 مشروعاً قيد الإنجاز وموزعة على تسعة مجالات ذات تقانة فائقة.

وعلى الرغم من نمو المجموعة الأوروبية وبرنامجها الهيكلي فإن عدداً من المنظمات والوكالات الأخرى الممولة تقاسمياً بين الحكومات يمكن رؤيتها مستمرة في التعايش، وفي كثير من الحالات نراها مزدهرة. وفي حين أن برامج المجموعة موجهة نحو تحسين الأوضاع الاجتماعية داخل المجموعة وتعزيز التنافسية الصناعية في العالم ككل، فإن منظمات بينحكومية كثيرة أخرى، تعزز مجالات خاصة من العلم محتاجة إلى معدات كبيرة غالية الثمن أو إلى تعاون مركز مع جهات أخرى. أما برنامج "يوريكا " فله وضع خاص حيث يتحاشى أن توجه إليه الانتقادات بأنه مسرف وأنه يعمل بمنأى عن المجالات الفعالة. ومن السابق لأوانه أن نقيم بحق مدى نجاحه في مواجهة التحدي الصناعي، إلا أنه أثبت أنه عملي من ناحية التعاون عبر حدود الدول العشرين الأعضاء فيه. وإذا ما فكر المرء ملياً بمشروعات العلم الكبير التي تنزع إلى التوسع إلى مشروعات أكبر فأكبر، فإنه يرى تعاوناً متزايداً على مستوى العالم وبخاصة مع أمريكا الشمالية، وغالباً ما يرى رغبة في البحث عن شركاء جدد خارج دوائر النفوذ الأصلية. ويضرب المثل على هذا بمشروع "تورَس" الأوروبي المشترك في مدينة كُلْهَم بالمملكة المتحدة التابع لبرنامج الاندماج في المجموعة الأوروبية والذي هو في طريقه حاليًا إلى خاتمة موفقة. ومن المحتمل أن تكون تجربة الاندماج المقبلة ذات مستوى عالمي، حيث إن المتطلبات المالية تفوق تلك المتوافرة بشكل معقول ضمن التمويل المشترك للشركاء الأوروبيين. ويبدو حالياً أن أكثر المشروعات واعدية هو المفاعل التجريبي الحراري

النووي العالمي.

وخلاصة القول، إن المنظمات "البينحكومية" تعنى بشكل رئيسي بالبحث الأساسي، وإن برامج المجموعة الأوروبية تحتضن البحث "قبل التنافسي"، أما نشاطات "يوريكا" فهي تنتمي لفئة الأبحاث القريبة من متطلبات السوق.

## منظمات لاحكومية

خلال النصف الثاني من هذا القرن تم إنشاء حشد كامل من المنظمات الدولية اللاحكومية لجني ثمار التعاون في جميع نواحي المساعي العلمية. وعدد هذه المنظمات كبير، لكننا سوف نحاول هنا فقط تقديم عينة نموذجية لأنماط من المنظمات التي تتراوح بين منظمات دولية مفيدة للعلم العالمي عامة، مثل المجلس الدولي للاتحادات العلمية، مروراً بمنظمات ذات مدى أوروبي أحادي التخصص تماماً، مثل اتحاد الجمعيات الأوروبية للكيمياء الحيوية الذي يضم جمعيات وطنية، وبين منظمات تعنى بشكل أكثر مباشرة بالعالِم كفرد مثل الأكاديمية الأوروبية المولودة حديثاً وهي منتدى عام لعلماء بارزين، أو مثل الجمعية الأوروبية للفيزياء وهي منظمة قديمة أحادية التخصص. وكل هذه الأنماط من التجمعات تقوم بتوفير التواصل بين العلماء على أساس مفتوح أو خاص تقريباً في الحالات التي تكون فيها المنظمات "بين الحكومية" غير ملائمة أو معيقة أكثر مما ينبغي. وغالباً ما تُتبع هنا سياسة التحرك الإداري من الأسف إلي الأعلى أكثر من الأنشطة التي تتحكم فيها أوامر الدولة أو سياسات العلم التي توحي بها المجموعة الأوروبية.

لعل أكثر المنظمات اللاحكومية نفوذا في المحيط الأوروبي هي مؤسسة العلم الأوروبية، وقد أنشئت في ستراسبورغ بفرنسا عام 1974 وهي تضم 59 منظمة ومؤسسة بحث وطنية ودولية تنتمي إلى 21 دولة أوروبية غربية. وهذه المنظمات والمؤسسات هي من النوع الذي يقوم بتقديم منح عامة. وتضم العضوية فيها مجالس بحث وطنية، والمجموعة الأوروبية، ومنظمات علمية متميزة مثل جمعية ماكس بلانك الألمانية،والمركز الوطني الفرنسي للبحث العلمي، والجمعية الملكية في المملكة المتحدة.

لقد كانت مؤسسة العلم الأوروبية ناجحة بشكل خاص في تدشين مشروعات تعاونية مثل منشأة "مسرع الإلكترونيات الإشعاعي الأوروبي" (6-GeV) في غرنوبل بفرنسا. بدأ إنشاء المشروع عام 1989 ومن المتوقع أن يكون بعض خطوط الحزم الإشعاعية شغالاً في 1994. إن الجدول الزمني يقضي بأن تكون المجموعة الكاملة من خطوط الحزم الـ 30 منجزة تماماً عام 1998. وتتألف زمرة الشركاء من فرنسا وألمانيا وإيطاليا والمملكة المتحدة كمساهمين أساسيين إضافة إلى إسبانيا وسويسرا ودول شعال أوروبا وبلجيكا. وسوف تكون هذه الآلة، حين تبدأ مهمتها رسمياً، أقوى مصدر لتسريع الإلكترونات في العالم، مع أن هناك آلة (7-GeV) أقوى منها وهي قيد الإنشاء في الولايات المتحدة.

وثمة مشروع تعاوني آخر ذو طبيعة مختلفة يسمى "الحاجز الواقي الجيوفيزيائي الأوروبي" تتعاضد فيه مؤسسات من عدد من الدول الأوروبية من أجل القيام باستقصاء شامل للقشرة الأرضية من شمال القارة إلى التخوم الأوروبية الإفريقية. إن هذه المبادرة من مؤسسة العلم الأوروبية هي إحدى نتائج اهتمامها الـ بفكرة استخدام الشبكات طلباً لإجراء الأبحاث عن طريق الوصل بين العلماء في مختلف المعاهد والدول في أوروبا لإنجاز مشروعات مشتركة أو لجمع المعلومات. ويوجد حاليا 27 شبكة تابعة لمؤسسة العلم الأوروبية تغطي مواضيع تمتد من الاتصالات والنقل حتى سوائل وجوامد **الكم** quantum، مع تركيز عام على العلوم الحياتية. وقد تبنت هذه الفكرة وتعهدتها عدة منظمات على المستويين الوطني والأوروبي، وهي الدعامة الأساسية لكثير من أنشطة المجموعة الأوروبية في مجالات متباينة مثل البحث الطبي والبحث والتطوير في علم الواد.

وتحتضن غرنوبل أيضاً معهد "لاو – لانجڤين" الذي يدير مفاعل "الشعاع فائق التدفق"، وهو أعظم المفاعلات أداءً في تجارب الأشعة النيوترونية. وتتقاسم الإدارة شراكة بين فرنسا وألمانيا والمملكة المتحدة. وهنا أيضاً يطبق مبدأ العمل ضمن شبكة في استخدام هذه الآلة التي تفوق تكاليفها الباهظة قدرة أي فريق من العلماء على استخدامها بمفرده.لقد تعهدت المجموعة الأوروبية حديثا الرابطة الدولية

لتعزيز التعاون مع علماء من الدول المستقلة عن الاتحاد السوفييتي سابقاً، وهي رابطة ذات أهمية خاصة حالياً في إقامة صلات مع علماء للمساعدة على تجنب الانهيار الكامل للأنشطة العلمية في هذه الدول نظراً للمناخ الاقتصادي الغامض والصعب جداً الذي يكتنف السنين القليلة القادمة. وتتألف الرابطة من دول المجموعة الأوروبية الاثنتي عشرة بالتضامن مع المجموعة الأوروبية نفسها ومع 12 دولة من الاتحاد السوفييتي سابقا. وقد انضمت النمسا مؤخراً إلى عضوية الرابطة.

ونظراً للتركيز القوي في أوروبا الغربية على تسخير العلم والتقانة للإسهام في بناء قاعدة صناعية تنافسية، فإنه ليس مفاجئاً أن نجد مبادرات صادرة عن الصناعة وقطاع الاستثمار تتمشى جنباً إلى جنب مع السياسات الوطنية وسياسات المجموعة الأوروبية. و"الطاولة المستديرة الأوروبية" هي منظمة لاحكومية تتألف من رأسماليين ومن رؤساء الصناعات الأوروبية الرئيسية التي تتعاطى صناعة منتجات ذات مضمون تقاني مرتفع. وإن الآراء التي تنقلها هذه الفئة إلى الحكومات وإلى المجموعة الأوروبية، تُدخل قدراً من الانجذاب نحو متطلبات السوق يعيق النزعة نحو دفع التقانة إلى الأمام التي يبديها المستشارون الأكثر ميلاً إلى إعطاء آراء علمية صرفة.

## النشوء والإدراك الشعبي

يمكننا القول بصفة عامة، إن سياسة العلم الحكومية التي مارستها الدول الأوروبية الكبيرة خلال العقود القليلة المنصرمة تم فيها كسوفٌ حل محل بزوغ مراكز الأبحاث الكبيرة التي يمولها القطاع العام.

في منتصف الثلاثينات، ظهرت الحاجة إلى معدات متطورة أكثر فأكثر نتيجة تصدي العلم لمسائل تجريبية أكثر صعوبة وتعقيداً، وأمدّنا التقدم التقاني بأدوات لتسهيل المقاربات الحديثة أو للوصول إلى نتائج أكثر دقة وإحكاماً، مما أدى إلى تخطي حالة العالِم الذي يعمل منفرداً في مختبره، وبخاصة في مضمار العلوم الفيزيائية (إضافة إلى مجالات عديدة من علوم الأحياء).

إن أكبر منشآت الأبحاث والتي تمتلكهاعادة وتديرها الدولة أو شركة متعددة الجنسيات، غالباً ما برزت نتيجة خبرة تحصلت من خلال ممارسة تقديم الدعم إلى البحث والتطوير اللازمين لاستيفاء متطلبات عسكرية خلال الحرب العالمية الثانية، وتبع ذلك توسع في قطاع البحث والتطوير النووي المدني سعياً وراء مصادر طاقة ذرية موثوقة ومأمونة.

وكانت مراكز الأبحاث كثيرة التخصصات، وأصبحت في أجزاء عديدة من أوروبا الخيار الراسخ لمعالجة كل شيء بدءاً من المشكلات التقنية في الزراعة حتى البحث والتطوير في مجال الهندسة. وغدت إدارة العلم مهنة قائمة بذاتها للتعامل مع نسيج الهياكل اللازمة لتجزئة المشروعات الكبيرة إلى مركباتها التخصصية ليقوم بتنفيذها فرق متنوعة من الاختصاصيين.

ومع ذلك، وما إن تم تحقيق أهداف البرنامج، حتى أصبح نطاق القوة البشرية العلمية المشتغلة في مشروعات مفردة متعلقة بالبحث والتطوير أكثر اعتدالاً، وحلت برامج ذات طبيعة أكثر عمومية محل البحث والتطوير المعتمدين على مشروعات فردية تنفذها فرق من العلماء، وأدت الضغوط الاقتصادية وإعادة ترتيب الأولويات إلى تشجيع الحكومات على تقييم مدى ملاءمة مثل هذه الفرق من العلماء.

إن المحاولات المبكرة لتطبيق مبدأ تحليل التكلفة مقابل الفائدة، كما هو مستخدم في تقييم المشروعات الهندسية، غلب عليها إعطاء نتائج كيفية فقط بسبب صعوبة تعريف ثوابت ذات معنى للمدخلات وصعوبة قياس المخرجات، فعلم القياس يُعنى أساساً بالمخرجات التي يمكن الوصول إليها من خلال مسح الأدبيات وتحليل الاستشهاد بالآراء والأقوال العلمية. وحتى في حالة البحث الصناعي فإن الآثار المالية، إن وجدت، يمكن تحليلها بالكامل فقط عندما نستطيع معرفة تكلفة الإنتاج والتسويق والنفقات الأخرى.

لذا فقد برزت أنظمة "مراجعة النظراء" وصارت الحاجة إليها ماسة، وأصبحت نوعية البرنامج وكفاءة إدارته المعيارَين الرئيسيين للحكم على البرامج. وقد أدى التمحيص الدقيق الصارم إلى تقليص العديد من المنشآت الكبيرة وتجزئتها إلى وحدات ذات حجوم أسهل إدارة وأكثر ملاءمة للمهمات قيد المعالجة، ونجم عن ذلك في بعض الحالات

خصخصة وحدات كانت من قبل ملكًا للقطاع العام.

وكانت إحدى نتائج هذا التغيير أن علماء وتقنيين أكثر احتكاكاً بالعالم الخارجي تعلموا أن يكونوا أكثر مرونة في مواقفهم من طراز العمل الذي يتعهدونه، وأصبح البحث المرتبط، بعض الشيء، بعقدٍ هو السائد عند الكثير من الفرق المرتبطة بالدراسات الأساسية. وأفضى هذا الأمر في بعض الحالات إلى إثراء ناجم عن التزاوج والتخصيب بين إمكانات مختلفة، وفي حالات أخرى أدى إلى خسارة علماء نزحوا إلى التجارة أو إلى مهن أخرى.

كما أن ضغوط سوق العمل تشجع على حركية العاملين في البحث والذين غدوا أكثر تعوّداً على العقود القصيرة الأمد في أوروبا بدلا من عقود "الولاية مدى الحياة" التي كثيراً ما كانت سمة أبحاث المنح المباشرة في الماضي. وفي الوقت ذاته، فإن هذا يؤدي إلى إثارة ظاهرة "هجرة الأدمغة" لدى العلماء الخريجين الشباب غير القادرين على إيجاد عمل في أوروبا، مع أن هذا كان دائماً سمة للحياة العلمية في دول مثل اليونان وإيرلندا حيث العرض في أعداد الخريجين يميل إلى أن يفوق الطلب. وفي هذا الخصوص، فإن المراكز الدولية للتميز العلمي، مثل "المركز الأوروبي للبحث الذري"، فعلت بعض الشيء لإصلاح هذا الوضع وذلك بإنشاء "محميات للأدمغة" يأوي إليها من هم أكثر موهبة من غيرهم.

وثمة ضغوط أخرى من أجل الإصلاح تنجم عن المطالبة بوضوح أكثر في الأنشطة الحكومية وهي مطالبة يقوم بها شعب تطورت مداركه عن العلم والعلماء تطوراً موازياً.

لم تكن الجماهير الأوروبية، أساساً وبصفة عامة، قد تلقت تربية ذات طبيعة علمية، وهي- من حيث الجوهر- مرتبطة بتقاليدها، وكانت تنظر إلى العالِم في قالب "الأستاذ المختل" كما في الأفلام الهزلية، أو أنه ساحر منهمك في مهنة تقديم معجزات جديدة إلى عالَم المعجبين به، ولكن لم تكن له أية أهمية كبيرة أخرى. بيد أن الحرب العالمية الثانية قد غيرت هذه النظرة، بمعنى أو بآخر، عندما تبين أن التقانة أنتجت الوسائل الهجومية والدفاعية المتطورة التي ذاق ويلاتها السكان المدنيون بمنتهى الألم والعذاب.

وبفتح "صندوق باندورا" للطاقة الذرية، وهو صندوق الشرور والمصائب، بدأ عهد من النشاط الفوار صار يتوقع فيه من العالِم أن يزود المجتمع بطاقة غير محدودة، وتقريباً من دون ثمن. وفي الوقت ذاته، سادت نظرة عن العلماء بأنهم هم مسببو الدمار الجماعي، مما يجعلهم مصدر خطر لا يمكن التحكم فيه. ولقد صار لدى بعض الشخصيات العلمية الأكثر بروزاً وقتها وعي جاد "بفقدان الطهارة" هذا، وبدأوا حالة من الاستغراق المستمر فيما ينجم عن الأنشطة العلمية من آثار على الصالح الأخلاقي والاجتماعي.

وتطورت سيناريوهات مماثلة في فروع أخرى من الاكتشاف العلمي مثل مبيدات الحشرات والمذيبات والمبردات ومنتجات أخرى، حيث أدى الحماس المزائد في التطبيق إلى آثار عكسية ورفض شعبي. ومنذ ذلك الحين أصبح الجمهور الأكثر تعلماً إلى حد كبير يشعر بقوة بأن له الحق في أن يعلم ويناقش ويفهم ويسهم، إن أمكن، في صنع قرار تحديد اتجاهات البحث والتطوير وكيفية التحكم فيهما ليعودا بالنفع والخير على الجميع.

ولقد انبثق عن هذا إدراك للأهمية السياسية والاجتماعية لاعتبارات أخلاقية في أمور تمتد من إطلاق العضويات المهندسة وراثيا، والبحث الجيني، والمداواة الجينية والبحث في الأجناس البشرية، إلى استخدام الحيوانات المخبرية في الأبحاث الطبية، وحتى إلى التفكير فيما إذا كان ينبغي تطبيق مجموعة قواعد أشد صرامة فيما يخص فئات معينة من الحيوانات مثل الحيرانات الأليفة أو الثدييات العليا.

وحاليًا، فإن مواضيع بالغة الحساسية كهذه لم تعد فقط من الأمور التي ينبغي أن يدرسها العلماء وواضعو السياسات والإعلام العلمي بدقة وعناية، بل أصبحت هدفا للإثارة والتشويق تقدمها وسائل الإعلام الشعبية وغالباً بشكل خاطىء مشوه، وليس هذا مما يساعد على تثقيف جمهور تواق لأن يفهم ويكوِّن آراءه حول أمور وثيقة الصلة بحياته اليومية.

## تعليق ختامي

لقد تقلص العالم وغدا سكانه أكثر اعتماداً بعضهم

على بعض بفعل الاتصالات اللحظية والأسفار الدولية الميسرة، وسوف نجد أن العديد من الظواهر المذكورة آنفاً صحيحة في معظم المناطق الأكثر تطوراً. وأضحى العالِم في الغالب رسولاً من أجل تكوين علاقات سياسية أكثر وداً. ولقد أسهم العالم الأوروبي في جلب المعونات والتربية والتعليم إلى الدول النامية.

إن طلب العلم نشاط دينامي، وإن العلم في أوروبا الغربية لا يشذ عن هذه القاعدة. والمنطقة برمتها تنتظم في مسيرة نشوئية نحو وحدة أكبر، ولكنها في الوقت نفسه تحافظ على ثقافاتها الفردية بطرائق مقارباتها لسياسة العلم وللفنون. ويجب أن يُعتبر هذا فرصة عظيمة لتعميق تطرير وسائل لتعزيز الروابط العلمية. في حين يتم إطلاق الواهب الحبيسة في مناطقنا الأقل حظاً وتوسيع إمكاناتها للإسهام في مسيرة التقدم العلمي في أوروبا.

**سام .J. لويد**: يعمل مستشاراً "للجنة الأوروبية" لإدارة مفاعل الأبحاث وهو مسؤول عن تقويم المعاهد الثمانية لمركز الأبحاث المشتركة "للذرة الأوروبية" مستخدما فئات من النظراء من علميين ومديرين ذوي مستوى رفيع وهو أيضاً مستشار لعدد من المنظمات الأخرى.

وبعد خدمته في سلاح الإشارة الملكي البريطاني، التحق لويد بـ "AERE Harwell" كضابط اختبارات في قسم علم المعادن. وأُرسل بعد ذلك إلى "مول" في بلجيكا رئيساً لفريق منهمك في اختبارات إضرار الإشعاع بمواد تستعمل في المفاعلات ذات التبريد الغازي. وأمضى لويد أربع سنوات مسؤولاً عن قسم الإشعاعات في موسسة "بُتِن" التابعة لمركز الأبحاث المشتركة "للذرة الأوروبية" وأنشأ بعدها "حجيرة تأمل" صغيرة لتطوير برامج حديثة للمؤسسة. ومن ثم صار مسؤولا عن "مختبرات أبحاث المواد" وأصبح أيضاً مستشاراً حول المطبوعات لأمانة العلم والتقانة التابعة "لمركز الأبحاث المشتركة".

وفي عام 1982 انتقل لويد إلى المقر الرئيسي لمركز الأبحاث المشتركة في بروكسل وعيّن مساعداً شخصياً لمديره العام سنة 1984. وكان مسؤولا عن أمانة مجلس المحافظين لمركز الأبحاث المشتركة منذ عام 1988 وحتى تقاعده بعد أربع سنوات.

# أوروبا الوسطى والشرقية

بلاكوڤست سندوڤ

لكي نتفحص منزلة العلم في أوروبا الوسطى والشرقية حاليا، ولكي نستطيع تقييم آفاقه المستقبلية، علينا أن نعرف ونفهم الأهمية التاريخية للتغيرات الحاصلة في تلك البلدان في أعقاب انهيار أنظمة الحكم الشمولية. لقد كان لجميع البلدان الاشتراكية في هذه المنطقة خصائصها السيزة لكنها اشتركت أيضا في مشكلات متشابهة، إذ إنها اضطرت إلى اتباع النسق نفسه في التنمية لسنوات عديدة. وإن أحد ملامح هذا النسق هو تنظيم العلم وتطويره.

لقد هيمنت الأيديولوجيا الشيوعية على كامل الحياة الثقافية والاقتصادية في ما يدعى (المعسكر الاشتراكي)، وهي أيديولوجيا ادعت أنها الأولى في التاريخ البشري التي بنت مجتمعا قائما على النظرية العلمية. وبسبب هذا فقد كان للعلم مكان خاص في ظل الأنظمة الشيوعية.

من الشائع اليوم إنكار ورفض كل شيء فعلته تلك الأنظمة، لكن الانتقال الناجح من الشمولية إلى الديمقراطية يتطلب ما هو أكثر من ذلك. سيكون من غير المعقول أن ننكر عددا من الإنجازات في الحياة الاجتماعية والعلمية. ويبين الجدول 1 عدد الأشخاص المشتغلين في البحث والتطوير العلميين (اليونسكو، 1992). وقد ارتفع هذا الرقم باطراد حتى 1989 في جميع البلدان ما عدا هنغاريا وبولندا حيث بدأ بالتناقص بعد 1980. ويمكن إرجاع هذا إلى الحرية الأكثر نسبيا التي حظي بها العلماء للعمل في الخارج وإلى الوضع الاقتصادي والسياسي السائد هناك أثناء الثمانينات.

لدى بداية التغيرات في أوروبا الوحطى والشرقية، نشرت المجلة العلمية الرفيعة المستوى (*الطبيعة*) عام 1990، سلسلة من المقالات تحت عنوان "إصلاح أكاديميات ستالين"، وقد أفادت واحدة منها: "أن واحدة من أوضح بقايا الستالينية هي استمرار بقاء أكاديميات علوم في أوروبا الشرقية دون أن تتحقق أهدافها. لقد حان الوقت لتغييرها". إن تغير الأكاديميات في هذه البلدان قضية مركزية، وذلك بسبب إمكاناتها العلمية وأهمية العلم والعلماء بالنسبة لمستقبل اقتصاد السوق المفتوح والتطور الديمقراطي.

بدأت التغيرات في أوروبا الوسطى وتتابعت كعملية (دمينو) في فترة قصيرة جدا مع سقوط الهيمنة الشيوعية، إلا أنها لم تنته قط عند هذا الحد. وفوق هذا، فإنه لأمر بالغ الاحتمال أن يتشكل نظام شمولي آخر على أنقاض النظام الساقط، إذا لم تقترن مسيرة تطبيق الديمقراطية بالتحسن الاقتصادي. وفي التقرير الصادر في أيلول/سبتمبر 1992 الذي قدمته مديرية برامج العلم ورسم السياسة في الرابطة الأمريكية لتقدم العلم ، نقرأ ما يلي:

"يخشى الكثير من العلماء الذين التقيناهم في أوروبا

**الجدول 1**
**عدد المشتغلين في البحث والتطوير**

| البلد | 1970 | 1975 | 1980 | 1985 | 1987 | 1989 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| بلغاريا | 46 633 | 60 939 | 72 335 | 90 308 | 96 471 | – |
| تشيكوسلوفاكيا | 137 667 | 149 011 | 171 789 | 180 439 | – | 185 492 |
| جمهورية ألمانيا الديمقراطية (سابقا) | – | 158 573 | 191 429 | 191 262 | – | 195 073 |
| هنغاريا | 50 749 | 60 604 | 62 866 | 48 475 | – | 42 276 |
| بولندا | 196 200 | 299 000 | 240 000 | 181 000 | – | – |
| رومانيا | 46 382 | 62 918 | – | – | 167 049 | 169 964 |
| يوغوسلافيا | 36 467 | 42 524 | 53 699 | 68 591 | – | 78 704 |

المصدر: UNESCO Statistical Yearbook, 1992

الشرقية من أنهم، في المدى القصير، قد يواجهون سلسلة متعاقبة من الحكومات المضطربة، وأن السخط الاجتماعي قد يقدم، في المدى البعيد، قاعدة لشكل جديد من الحكم الاستبدادي. أما في الوقت الحالي، كما يقولون، فإن الوضع السياسي الراهن، حيث تتنافس الأحزاب المتعددة في تقديم وعود قصوى بتخفيض التكاليف إلى أدنى حد، ليس حسنا بالنسبة للعلم، باعتبار أن البحث أولوية دنيا لدى معظم السكان. (كيف وفرانكل، 1992).

سيكون الانتقال من مجتمع شمولي إلى آخر ديمقراطي مدني سيرورة طويلة. وإن القوى السياسية المنخرطة في تلك السيرورة، تركز عادة على إيجاد نظام قانوني جديد من نوع ما، وعلى الاستعاضة عن الاقتصاد المركزي القديم باقتصاد سوق قائم على الملكية الخاصة. وبالتأكيد فإن هذين الإصلاحين حاسمان، ومع ذلك لن نتأكد من أن الديمقراطية الحقيقية ممكنة من دون مؤسسات تدرس وتفسر الوقائع بحيث تنمي مشاركة شعبية أكثر فاعلية ومسؤولية في المسيرة السياسية. وهذه المؤسسات هي الجامعات وأكاديميات العلوم.

## البنى العلمية

لقد تبنت كل من البلدان الاشتراكية النظام السوفييتي الثلاثي في المنظمات العلمية. فقامت أكاديميات العلوم، عبر معاهدها، بإجراء البحوث الأساسية، أما الجامعات فركزت في معظم الحالات على التعليم ومعه شيء من البحوث الأساسية، كما تسلمت معاهد البحوث في الصناعة والزراعة (الملحقة بالوزارات المعنية) مسؤولية البحوث التطبيقية.

### *أكاديميات العلوم*

خلال الفترة الاشتراكية، تمت نمذجة بنية أكاديميات العلوم كلها، في أوروبا الوسطى والشرقية، على نمط الأكاديمية السوفييتية للعلوم، واشتركت معها في كثير من الملامح، وأهمها هي:

كانت أكاديميات العلوم هي الهيئات العلمية الأعلى في كل بلد على حدة. وقد قدمت هذه السيادة العليا للأكاديميات قدرا كبيرا من السلطة والدعم المالي من الحكومة. ومن بعض النواحي فقد تم هذا على حساب إضعاف البحث في الجامعات. وكان للأكاديميات في البلدان الاشتراكية بعض الوظائف الحكومية القريبة من تلك التي لوزارة علم، لكنها في الوقت نفسه مثلت الجماعة العلمية في البلد ضمن المنظمات الدولية اللاحكومية. فمثلا، في الهيئة الدولية العلمية اللاحكومية الأكثر امتيازًا، وهي (المجلس الدولي للاتحادات العلمية)، فإن دول أوروبا الشرقية والوسطى كانت ممثلة (ولا تزال) من خلال أكاديمياتها العلمية. (المجلس المذكور نفسه، 1993).

تكونت أكاديميات العلوم في الحقيقة من جزأين: أحدهما له طابع الشركة، وهو مجلس تعاوني مقتصر على أعضائه من العلماء مثلما هو الأمر في النمط الغربي من الأكاديميات؛ وآخر مؤسساتي، وهو مجموعة كبيرة من وحدات بحثية تمولها الدولة.

مثلت أكاديميات البحوث في العادة ما بين 8-12% من إمكانات البحث القومية، من الناحية الكمية. لكنها كانت أكثر بكثير من حيث النوعية. فمثلا، كان نحو 12% من الدارسين والباحثين البلغاريين عام 1988 يشتغلون لدى أكاديمية العلوم البلغارية وكان 52% من المنشورات البحثية - ذات الأصل البلغاري- في المجلات الأجنبية مكتوبة بأقلام أعضاء الأكاديمية.

إن تأثير الأكاديميات في أوروبا الشرقية والوسطى في النشر العلمي في كل بلد خلال فترة التغيير توضحه نسبة البحوث المنشورة لعلماء يعملون في الأكاديمية إلى المجموع الكلي للمنشورات في كل بلد (الجدول 2).

كذلك لم يكن تطور الأكاديميات خاليا من التناقضات الداخلية. إن أنشطة المعاهد البحثية ضمن الأكاديميات قد غطت- وفي الواقع قلصت - دور أعضاء الأكاديمية كمجموعة من الدارسين والشخصيات الجماهيرية، المستقلين وذوي الكفاءات العالية.

**الجدول 2**

**النسبة المئوية للمنشورات في كل بلد، مكتوبة بأقلام من ملاك الأكاديمية**

| | 1988 (%) | 1989 (%) | 1990 (%) | 1991 (%) |
|---|---|---|---|---|
| بلغاريا | 64.2 | 65.1 | 60.9 | 59.4 |
| تشيكوسلوفاكيا | 41.4 | 39.1 | 40.0 | 39.8 |
| بولندا | 22.1 | 21.2 | 23.4 | 23.5 |
| هنغاريا | 29.0 | 33.1 | 31.1 | 31.5 |

المصدر: Science Citation Index of the Institute for Scientific Information (ISI), courtesy of Dr David A. Pendlebury.

### *الجامعات*

من المهم أن نتذكر أن البحث العلمي الجامعي في جميع بلدان أوروبا الوسطى والشرقية، قد اشترك في التراث الفكري الواحد نفسه مع أوروبا الغربية قبل الحرب العالمية الثانية. وقبل أن يتم تبني النموذج الاشتراكي للأكاديمية، كانت فرق البحوث والإمكانات البحثية الأقوى، متركزة في الجامعات. وقد بقيت الجامعات القديمة في بولندا وهنغاريا على أهميتها كمراكز علمية وحتى في ظل الأنظمة الشمولية. وقد كتب رئيس الأكاديمية البولندية للعلوم وهو الأكاديمي <الكساندر گيستور> في مناقشته لدور الأكاديمية في الحياة العلمية في بولندا: "مثلما هو الأمر في بلدان أوروبية أخرى، فمن بين المؤسسات التي تتعامل مع العلم في بلادي، تبرز الجامعات باعتبارها أقدم من الأكاديميات والجمعيات المعرفية، التي هي بدورها أقدم من مؤسسات البحث المتخصصة، وهذه تتقدم على لجنة الدولة للبحث العلمي." (گيستور، 1991).

وكان التعليم العالي ميدانًا ذا أولوية إبان الفترة الاشتراكية أيضًا، وقد تمت كذلك إنجازات كمية معتبرة. ومع ذلك كانت الجامعات حينذاك تعتبر مقصِّرة في تقديم الإمكان الجدي للبحث الأساسي. إن هذا الطلاق التعسفي بين البحث والتعليم كان عائقا للعلم والتربية كليهما.

كان أحد العيوب الجدية لأنموذج الأكاديمية الاشتراكية السابقة هو *عزلتها* المفروضة بحكم الواقع عن الجامعات وعن التدريب العلمي للشباب. وللتغلب على هذه النقيصة، دشنت في بلغاريا عام 1972 تجربة تستهدف تكامل الأكاديمية البلغارية للعلوم وجامعة صوفيا. وكانت الفكرة الرئيسية هي التغلب على القطيعة بين البحث والجامعة. ونظريا، قدّم هذا التكامل لجميع العلماء في الجامعة إمكانية استخدام المخابر والتسهيلات البحثية الأخرى في الأكاديمية، وسهل لجميع العلماء في الأكاديمية إمكانية التعليم في الجامعة.

وفي تشرين الأول/أكتوبر 1986 قامت مجموعة أمريكية من ثلاثة عشر عالما ومهندسا وإداري بحث واقتصاديا بزيارة بلغاريا، واشتركوا مع زملائهم البلغار في ورشة عمل نظمتها الأكاديمية البلغارية للعلوم والأكاديمية القومية الأمريكية للعلوم. وقد قدم التعليق التالي على التكامل بين الأكاديمية والجامعة:

"إن التكامل التنظيمي لمعاهد الأكاديمية البلغارية للعلوم مع الكليات المناسبة في جامعة صوفيا هو تكامل فريد في أوروبا الشرقية. ففي حين تظل ثمة فروق مهمة في الأنشطة البحثية في الأكاديمية وفي الجامعة، فإن تبادل العلماء والطلبة والأفكار قد تحسن تحسنا كبيرا واستفادت منه كلتا المنظمتين فائدة جلى." (شوايتزر، 1987).

ومع أن الحزب الشيوعي بارك التكامل بين الأكاديمية والجامعة فإن هذا التكامل لم يتلق استجابة متحمسة، لأن أفكاره تحدت معتقدات أساسية معينة في النظام الشيوعي. فإبان الفترة الاشتراكية، اعتبرت الجامعات ليس فقط مؤسسات مهمة للتدريب الاحترافي والتثقيفي، وإنما أيضًا أداة للتلقين الأيديولوجي لتخصصي المستقبل. وكانت هناك مناسبات أقدم فيها دارسون موهوبون على عصيان تعليمات الحزب، فحُوِّلوا بسرعة إلى الأكاديمية حتى يتم قطع احتكاكهم بالطلبة، لا لسبب آخر. إن فصل الأكاديمية عن الجامعة لم يكن خطأ تنظيميا، بل كان شرطا ضروريا لعمل النظام. وقد فشل تكامل الأكاديمية البلغارية للعلوم وجامعة صوفيا لأنه عارض بعض المسلّمات السياسية للاشتراكية.

*البحث التطبيقي*

أثبت الربط بين العلم والممارسة أنه مشكلة لا تُقهر بالنسبة للاشتراكية. فعلى الرغم من الضغوط التي مورست والأموال التي أُنفقت، لم يبرز إلى الوجود آليات إنتاج فعالة. لقد تشكلت معاهد بحث ضخمة وعديدة ملحقة بالوزارات، لكن مكتشفاتها نادرا ما وضعت موضع الاستعمال. والدرس الرئيسي المستفاد هو أن فقدان الاهتمام الفردي والمبادرة الشخصية في تطوير العلم والتقانة التطبيقيين لا يمكن أن يعوض بالتخطيط أو الضغط الإداري، مهما كانت قوتهما أو مَداهما.

وحاليا، في هذه الفترة الانتقالية من اقتصادات مرسومة مركزيا إلى اقتصادات السوق، فإن المعاهد المتخصصة في البحث التطبيقي هي أكثر ما يعاني. إن تمويلها من قبل الحكومة ليس مبررا، ومع ذلك فإن نسبة ضئيلة جدا منها يتم تحويله إلى شركات بحث خاصة.

## أدلجة العلم

إن إحدى البديهيات أثناء النظام الشمولي كانت التقسيم المفروض على العلم إلى علم حقيقي (العلم الاشتراكي) وعلم زائف (العلم البورجوازي). وكان هذا التقسيم طبيعيا وبينا جدا في الفلسفة والعلوم الاجتماعية، حيث شكلت وجهات النظر العقائدية المعايير والمنهجية معا. وكان كل واحد في الجامعة مجبرا على اجتياز امتحان في التخصصات الأيديولوجية القائمة على أساس الفلسفة الماركسية اللينينية. وهكذا تأسست كراسي أستاذية عقائدية في جميع مؤسسات التعليم العالي، واستخدم آلاف من المحاضرين والأساتذة في الفلسفة الماركسية والاقتصاد السياسي وتخصصات أيديولوجية أخرى. حتى العلماء الأكبر سنا وذوو المكانة، أجبروا على الاشتراك في دورات عقائدية خاصة تتناول الفلسفة الماركسية، وذلك في أعقاب الثورة الاشتراكية.

عندما نتحدث عن العلم أثناء فترة النظام الشمولي، فإن علينا أن نفرق بين العلوم الصلبة (الرياضيات، الفيزياء، الكيمياء، الخ ) والعلوم اللينة (العلوم الاجتماعية والإنسانية). وفي الحقيقة فإن الأنظمة الشيوعية استخدمت العلم، واحتاجت إلى فرعي العلوم الصلبة واللينة كليهما لأغراض مختلفة.

فقد استخدمت العلوم اللينة لإشادة القاعدة العلمية للأنظمة الشمولية، وللبرهان على مسوّغاتها التاريخية ومستقبلها الوضاء. "كان دور العلم في الماضي تأمين تسويغ جبري لاحق للقرارات السياسية" (كيف وفرانكل، 1992). وأثناء هذه الفترة أُعد الآلاف من العلماء الذين كان هدفهم الوحيد إيجاد براهين "علمية" على صواب السياسة الاقتصادية والاجتماعية لهذه الأنظمة.

أما العلوم الصلبة فكانت أكثر استقلالية ولكن ليس بشكل دائم. لقد اتخذت إجراءات ضد بعض النظريات العلمية المرتكزة على دوافع عقائدية، مما عرقل عرقلة سيئة تطور العلوم الطبيعية في البلدان الاشتراكية. وقد دُمغت النظرية الجينية في الوراثة و**علم الضبط** cybernetics بأنهما علمان زائفان، وكان هذا المثال الأكثر دهشة على التدخل العقائدي. وكانت المعركة ضد النظرية الجينية من الشراسة بحيث إنها أدت فعلا إلى موت علماء بيولوجيين بارزين في البلدان الشيوعية. كما كانت المعركة ضد علم الضبط والحاسوب ناشطة جدا أيضا وأدت إلى تأخير جدي في تطوير تقانة الحاسوب.

كان التحكم العقائدي في العلماء بالغ القسوة. فكل الترقيات في المهنة العلمية كان لابد من الموافقة عليها لدى مستوى حزبي ما. وكما نقول، فالعلماء كلهم كانوا ضمن قائمة التسميات. لم يكن الانتساب العلمي ممنوعًا منعًا باتًا على غير الحزبيين، لكن العضوية الحزبية جعلت حياة العالِم أسهل. ولم يزد عدد أعضاء الحزب على 10% من كل المواطنين، ومع ذلك ففي بلغاريا مثلا كان 80% تقريبا من كل أعضاء الأكاديمية أعضاء في الحزب.

إنه لمن المفيد أن نلاحظ أنه في حين كانت الأكاديمية المنظمة العلمية الشمولية الأكثر نموذجية، فإن العلماء فيها كانوا أحرار العقول والتفكير وديمقراطيي التوجه إلى درجة قصوى على نحو ما يوضحه رئيس الأكاديمية البولونية للعلوم: " وحتى في عهد القوة الطاغية للحزب الشيوعي في الحياة الاجتماعية، فإن تركيبة الأكاديمية كانت أقل في

توجهها السياسي مما كانت عليه بعض المدارس العليا. ومع بعض الاستثناءات، فالأكاديمية ظلت، ولاسيما في أوائل سنوات وجودها، هيئة صادقة التمثيل لخبراء عيَّنهم خبراء. ومع تغير الشروط السياسية فإن أكاديميتنا، مثل الأكاديمية الهنغارية، ليست مضطرة لإعادة النظر في تركيبتها اليوم." (گيستور، 1991).

وحاليًا -كرد فعل على أدلجة العلم أثناء عهد الأنظمة الشيوعية- فإن مسألة أخرى تتطور في هذه الآونة، وهي "نزع الشيوعية" ففي تشرين الأول/ أكتوبر 1991 أقرت الجمعية الاتحادية لتشيكوسلوفاكيا قانونا ينص على أن أي شخص تسلم مراكز في الحزب الشيوعي بين عامي 1949 و1989 ممنوع لمدة خمس سنوات من تسلم مناصب إدارية في الحكومة. وفي هنغاريا، كونت الجامعات كلها لجانا لتقييم المعتمدات السياسية لرؤساء الأقسام الجامعية. وأقر البرلمان البولوني أيضا عددا من مشروعات القوانين بهدف نزع الشيوعية. وإن الأبلغ تأثيرا من هذا النوع هو ما صوت عليه في كانون الأول/ ديسمبر 1992 البرلمان البلغاري وكان أيضا مصمما خصيصا لنزع الشيوعية في العلم ببلغاريا. وبحسب هذا القانون فإن جميع العلماء الذين تسلموا مواقع في الإدارة العلمية، مما أقره أعلى مستوى للحزب الشيوعي (مثل مديري الجامعات، ورؤساء ونواب رؤساء الأكاديمية وغيرهم) منعوا لمدة خمس سنوات من شغل مناصب إدارية في العلم، بما في ذلك قيادة أصغر الوحدات العلمية، ومن المشاركة في المجالس العلمية، التي تمنح الدرجات العلمية. وهذا القانون فوري وآلي، ولا يسمح بتفحص الذنب الشخصي لكل عالم بمفرده من العلماء المتورطين (عددهم نحو 4000).

إن معارضي قوانين نزع الشيوعية والناشطين في ميدان حقوق الإنسان يقرون بأن المذنبين بجرائم حقيقة يجب أن يعاقبوا. غير أن القانون عندما يدين أناسا على أساس اقتراني وليس على أساس اقترافي، فإنه يضع سابقة خطرة. ثمة افتقار إلى الإجراء القانوني السليم إزاء هؤلاء الذين يشعرون أنهم اتهموا خطأ، وإن احتمالات الإساءة وفيرة. وهذا كله يزيد التوتر في بلدان ما بعد الاشتراكية، إضافة إلى جميع الصعوبات الأخرى.

## هجرة الأدمغة

في مقدمة التقرير المكتوب عن قضايا هجرة الأدمغة في أوروبا، الذي أصدره مكتب اليونسكو الإقليمي للعلم والتقانة في أوروبا يمكن أن نجد الإفادة التالية: "إن الهجرة الفكرية والثقافية التي تحدث الآن في أوروبا الوسطى والشرقية أثناء انتقالها إلى اقتصاد السوق يمكن أن تتسبب في فقدان خطير للإمكانات في هذه البلدان، وفي أوروبا ككل. وينبغي ملاحظة أن هجرة الأدمغة عملية ذات وجوه متعددة وتحدث حتى في البلدان الغربية، وتثير أحيانا مشكلات جدية للبحث العلمي وأيضا للتنميات الثقافية."(آنجيل وكوزمينوف، 1991).

تسير هجرة الأدمغة في أوروبا الوسطى والشرقية على صعيدين: هجرة العلماء إلى بلدان أخرى وإعادة توجه العلماء الشبان الواعدين نحو مهن خارج مجال العلم. والأسباب الرئيسية لكليهما هي الرواتب المتدنية والتمويل الضعيف للبحث وبنى العلم التحتية المتدهورة.

ليس من الممكن -وفي الحقيقة قد لا يكون ضروريا- أن نحارب هجرة الأدمغة من بلدان ما بعد الاشتراكية. إن كثيرا من العلماء الشبان الموهوبين وممن ليسوا شبابا بعد، في هذه البلدان، يجدون شروطا طيبة للاستمرار في بحوثهم. والمشكلة الرئيسية الآن هي العثور على آليات تخفف من اتجاه الهجرة. وإن إحدى الأدوات المهمة هي التعاون العلمي مع شركاء غربيين، والدعم المالي للمشروعات المشتركة التي يمكن القيام بها دونما حاجة إلى انتقال العلماء خارج بلدانهم لمدد طويلة.

## احتمالات تقدم في المستقبل

هذا الوضع الصعب الذي يجد العلم والعلماء أنفسهم فيه، داخل الديمقراطيات الوليدة في أوروبا الوسطى والشرقية، يمكن اعتباره ليس فقط مرحلة أزمة، وإنما زمن فرصة كبيرة، وهذا هو الأهم. لقد كون المجلس الدولي للاتحادات العلمية أساسا منطقيا لتنظيم مؤتمر خاص لمناقشة هذا الأمر على النحو التالي:

" من منطلق القوة البشرية والبنى التحتية، فإن العلم

حيوي لإعادة بناء أوروبا شرقية ديمقراطية، كما هو مطلوب أيضا لتجديد الصناعة والزراعة والتربية والثقافة ولتطبيق تقانات جديدة وسليمة بيئيا وللتخلص من المشكلات البيئية والوقاية منها وللمشاركة في برامج دولية تعاونية تتضمن التعاون التنموي بين الشمال والجنوب، ولإيجاد الشروط اللازمة للابتكار الاقتصادي عموما".

على البرلمانات والحكومات في المنطقة أن تتبين ما للعلم من إمكان بالنسبة للاقتصاد والمنزلة المستقبلية لهذه البلدان. ومن جانب آخر فإن على العلماء أن يقدروا الحالة ويساعدوا على تقييم المنظمات العلمية وضرورة إعادة هيكلتها. وقد سبق للجماعة العلمية الدولية أن أظهرت رغبتها في المساعدة.

### *إعادة الهيكلة*

واضح أنه في سياق إشاعة الديمقراطية والانتقال إلى اقتصاد السوق، فإن على أكاديميات العلم في الديمقراطيات الوليدة أن يعاد تشكيلها. يمكن لبعض هذه الأكاديميات أن يتحول فورا إلى النموذج الأوروبي الغربي ويفصل الجزء المؤسساتي عن الجزء الاتحادي. ويمكن للمعاهد أن تصير مكتفية ذاتيا أو تنضم لإحدى الجامعات. وهذا حل واحد سوف يناسب تلك الأكاديميات التي يكون الجزء الاتحادي فيها ضعيفا أو موضع مثلبة.

أما في الأكاديميات ذات التراث العريق والهيئة الاتحادية القوية فستمضي التغيرات باتجاه التكيف مع الوضع الجديد الاقتصادي والسياسي، دونما تغيير فوري للنموذج. وإنه لأمر حاسم أن توجد سياسة للحفاظ على الإمكان العلمي الموجود، الذي سيكون لازما لبناء صناعة تنافسية في المستقبل.

### *التمويل*

إن الاتجاه العام في أوروبا الوسطى والشرقية هو إنقاص التمويل الحكومي للبحث، كنتيجة للصعوبات الاقتصادية. فمثلا في بلغاريا كان الإنفاق على العلم، باعتباره وظيفة من وظائف الناتج القومي الإجمالي، خلال ثلاث سنوات متتابعة كما يلي: 1989 : 1.09%، 1990:0.78%، 1991:0.47%.

يستخدم النظام الغربي مراجعات النظراء أو الأقران، لتمويل مشروعات البحث الأساسي، وقد بدأ استعمال هذا النظام في عدد من بلدان أوروبا الوسطى والشرقية قبل سنوات من سقوط الأنظمة الشمولية. والذي نحتاج إليه هو تأسيس وكالات حكومية من نمط (مؤسسة العلم القومية) لكي تمول المشروعات العلمية على أساس من التنافس القوي. وهذه هي الأداة التي تعيد البحث الأساسي إلى مضمار الجامعات.

ولتسهيل مرور الإمكان المتنامي للقطاع الخاص في قنوات دعم العلم، فإن من الحيوي تقديم تشريع خاص للإعفاء الضريبي دعما للأنشطة العلمية.

**بلاكوڤست سندوڤ:** عمل سابقا رئيسا للأكاديمية البلغارية للعلوم، ومديرا لمركزها الخاص بالإعلاميات وتقانة الحاسوب. وكان في السابق مديرا لجامعة صوفيا، كما عمل نائبا لرئيس البرنامج الحكوماتي للإعلاميات التابع لليونسكو ما بين عامي 1986 و 1990، وهو مؤلف لعدة منشورات في ميدان نظرية التقريب، والنمذجة الرياضياتية في البيولوجيا وعلوم الحاسوب.

# روسيا

سيرگي كابيتزا

إن التغيرات الكبيرة التي طرأت خلال السنوات القليلة الأخيرة، والتي مازالت سارية في أوروبا الشرقية والاتحاد السوفييتي السابق، مقدر لها أن تترك تأثيرات بعيدة المدى في الأوضاع السياسية والاقتصادية والاجتماعية في جزء كبير من العالم. وفي وقت تتبدل فيه حتى الحدود نفسها في هذه البلدان، فمن الصعب أن نتوقع إعطاء الاهتمام اللازم للحالة الراهنة للعلم وتطوره في المستقبل. على أي حال، إذا نظرنا إلى ما يحدث نظرة أبعد وأكثر حيادية، فإننا سنرى أن مستقبل العلم مرتبط ارتباطا وثيقا بهذه التغيرات. وفي المدى القصير، تحدد التطورات المجتمعية الأوضاع والحالة الراهنة للعلم والتقانة. ولكن من منظور أبعد، فإن العلم نفسه يصير عاملا حاسما في عالم سيغدو جديدا ومتحررا وديمقراطيا.

حين ننظر إلى الأحوال الحالية للعلم الروسي نرى أن الملمح المهم هو أن معظم دعم الدولة قد انقضى، ليس فقط بسبب الأزمة الاقتصادية الرئيسية التي حلت بالبلاد، وإنما لأن روسيا ماضية في إعادة نظر عميقة في المكان الذي سيحتله العلم داخلها. فتحت "*النظام القديم*" *ancien regime* كانت العلوم الصلبة إلى حد كبير خاضعة للمجهود الحربي وهو مجهود أسهم خلال عقود في بناء نظام تسلح مخيف. فمن الأسلحة النووية إلى الصواريخ فالقذائف الموجهة والسفن والطائرات والمدافع والدبابات، نرى أن العلم هو الذي حدد المستوى الرفيع والدرجة المتطورة للقوات المسلحة.

لابد من الاعتراف بأن هؤلاء المسؤولين عن البرامج الضخمة، العسكرية الطابع، كانوا كرماء في دعمهم للعلم الأساسي. لقد كان هناك تفهم للأهمية الكلية للثقافة العلمية، وللخلفية العامة اللازمة للإبقاء على مستوى من التطوير لقوة شاملة تعمل على نطاق العالم ككل. ولكن خلال السنوات العشرين الأخيرة، كان ثمة انحدار منتظم في دعم ما يسمى "العلم الكبير". فمثلا، لم يؤذن ببناء مسرع ذري كبير واحد أو مفاعل بحثي واحد، على الرغم من الدعم الموعود. كذلك فإن برنامج الفضاء الذي كان طموحا ذات يوم فقد الكثير من زخمه. وإن الأسطول الكبير من بواخر البحث الروسية لأصقاع المحيطات، يرسو الآن في مرافئه بسبب نقص التمويل. وبانهيار الدولة السوفييتية وسقوط الشيوعية بالشكل الذي كانت تمارس به، والتدني الملحوظ في الإنتاج الصناعي الناجم عن أزمة اقتصادية عميقة خسر العلم الصلب معظم تأثيراته ودعمه.

من ناحية أخرى فإن العلوم اللينة تعاني فوضى أعظم، لأن النظام الفكري الذي كانت تخدمه قد ولى بأكمله. واليوم هناك عشرات الآلاف، فعلا، من معلمي الفلسفة الماركسية وتاريخ الحزب الشيوعي والاقتصاد السياسي ممن خسروا وظائفهم وخسروا معنى وجودهم في حالات عديدة، لأن مادة دراساتهم نفسها قد اختفت، مما يشير إلى ثقل أزمة الإيديولوجيا. وبعبارة أخرى فإن على العلم الروسي أن يزيل العسكرة من العلوم الصلبة والأدلجة من العلوم اللينة.

لقد كانت أكاديمية العلوم، في الاتحاد السوفييتي سابقًا، هي الهيئة الرئيسية التي، ولدرجة مميزة، تحدد سياسة العلم ومنزلته العالية. وكان من بين أعضائها عدة علماء على مستوى عظيم من التفوق. ولكن المعايير الراقية، ولسوء الحظ، غالبًا ما يضحى بها أثناء سنين الانحطاط لصالح النفعية السياسية. وقد طرأ انخفاض ملحوظ على معايير الأكاديمية عندما انضمت أكاديمية الاتحاد الروسي المنشأة حديثة إلى أكاديمية العلوم في اتحاد الجمهوريات السوفييتية الاشتراكية السابقة.

وقد حدث صدفة أن هذه الأكاديمية، وهي المنشأة الراسخة للعلم السوفييتي، كانت تجنح بنفسها للاقتران بمن كانوا يناهضون التغيير سواء أكان هذا التغيير *إصلاحات* گورباتشوف أم إصلاحات يلتسين. إن السياسات المحافظة للمؤسسة العلمية أدت إلى شرخ في كيان الجالية العلمية بلغ ذروته في تنظيم عدد من الجمعيات العلمية البديلة والأكاديميات الجديدة وحتى الجامعات. ويبرز للعيان من بين هؤلاء أكاديمية العلوم الطبيعية التي ناضلت من أجل توحيد العلماء المنتمين إلى طيف واسع من المعاهد، بما في ذلك الجامعات.

لقد تم تخفيض تمويل العلم في الوقت الحاضر. ويقال إن تمويل الأكاديمية الروسية للعلوم، بشبكتها الهائلة

من المعاهد والمكتبات والمراصد ودور النشر، قد أنقص بنسبة ثلاثة إلى خمسة. وبسبب هذا الهبوط البالغ السوء في التمويل وانفتاح فرص جديدة في الأعمال والأنشطة المغامرة فإن الكثيرين حاليًا يتركون العلم. ويحدث هذا بصورة رئيسية لدى الجيل الأكثر شبابا وحيوية، وهكذا فإن نحو ربع مجموع العلماء قد يتركون العلم، وربع آخر قد يترك البلاد، ونصف ما تبقى قد يتقاعد، ولن يكون مفاجئا في النهاية أن يظل للبلاد ما بين 20-25% من جميع علمائها المنهمكين حاليا في البحث. ولم نصل إلى هذه المرحلة بعد، ولكن علينا أن نضع نصب أعيننا هذا التوجه في المستقبل.

إن هذه التغيرات ليست وشيكة وحسب، بل ضرورية، مهما كانت مؤلمة وحادة. لقد كان العلم في الاتحاد السوفييتي يفيض بالعاملين فيه وثقيل الوطأة إداريا. وقد حاول طوال سنوات أن ينمي كيانا يحوي ذاته بذاته، منعزلا إلى حد كبير عن العلم العالمي، وهذا هو سبب آخر للتغيير الذي انفتحت البلاد عليه الآن. وإنه لفي ظل هذه الشروط يتعين علينا محاولة صياغة سياسة قومية للعلم في روسيا وتحديد أولوياتها الجديدة.

## الحاجة إلى العلم الأساسي

لكي نفهم المتطلبات والتحديات الحديثة فهمًا أفضل، ينبغي أن ننظر في الروابط المتداخلة والمعقدة بين العلم الحديث والمجتمع والاقتصاد. دعونا بادىء ذي بدء نتفحص العلم الأساسي، العلم المقصود لأجل المعرفة. إن العلم الأساسي تحفزه الحاجة الدفينة إلى أن نفهم ونفسر العالم حولنا وعالم البشرية نفسه أيضا. ومن ناحية أخرى نحن نتتبع العلم التطبيقي بسبب فائدته. إن الارتباطات العميقة بين العلم الأساسي والثقافة معروفة ومعترف بها عموما، على الرغم من أن هذه الروابط الضعيفة تعاني بشدة قوى مطردة النمو مضادة للعلم والفكر. أما العلوم التطبيقية، وهي مرتبطة بالصناعة ارتباطا وثيقا فإن لها تأثيرا مباشرا في التقانة والتنمية الاقتصادية.

من منطلق الاستثمار يمكننا أن نمثل بالنسبة التالية 100:10:1 للعلم الأساسي، والعلم والتطوير التطبيقيين، والصناعة. إلا أننا إذا كان لنا أن نفكر من منطلق الزمن اللازم لتطوير مجموعة من المفاهيم في العلم الأساسي ولتطوير اتجاه في العلم التطبيقي، وأخيرا لنقل مفعول ذلك إلى الصناعة فإن العلاقة تصير معكوسة 1:10:100، إذ ربما يلزمنا عقود من السنين، وربما مئة سنة لتطوير تراث في العلم الأساسي أو بناء جامعة، أو عشر سنوات لتطوير ميدان من العلم التطبيقي، في حين يمكن لمشروع صناعي أن يتحول نحو إنتاج جديد أو نموذج جديد في غضون عام. فمثلا خلال جيل أو جيلين أدت الاكتشافات الأساسية في ميكانيكا الكم إلى اكتشاف الترانزستور وبعده الليزر. وقبل قرن أعطت النظرية الكهرطيسية الخلفية اللازمة لتطوير الصناعة الكهربائية، وفيما بعد الراديو والتلفزيون والرادار والاتصالات الحديثة. واليوم، وربما بمقياس زمني أقصر، نحن نشهد التأثير الباهر للاكتشافات في علم الوراثة والبيولوجيا الجزيئية في الطب والزراعة وفي التقدم في الدراسات الشؤئية والبيئية. وقد أصبحت الاكتشافات في علم الكون والفلك ممكنة بفضل التقانة الجديدة، وبخاصة تقانة الفضاء التي قدمتها صناعة الأجواء الفضائية. وتستخدم هذه المناهج والتسهيلات المبتكرة لرصد الأرض، مما نجم عنه طريقة جديدة تقريبا في النظر إلى الظواهر العالمية. وهكذا فالعلوم الأساسية، في تعاونها الوثيق مع التقانة الحديثة، ذات تأثير مستمر وعميق جدا في فهمنا للعالم وفي سعادتنا وحضارتنا.

وكما أشرنا فإن تطوير العلم الأساسي يتصف بالتدرج الزمني الطويل، ويمكن رؤية العوامل البعيدة المدى المؤثرة في تطور العلم الأساسي في أنه الآن فقط - وبعد أربعين عاما من الهزيمة في الحرب العالمية الثانية - استعادت ألمانيا موقعها في ميدان العلم، وهذا تراث عانى دمارا كبيرا خلال سنوات الحكم النازي.

ونرى اليوم أن تأثير بلدان آسيا والمحيط الهادي الحديثة الظهور، في الصناعة، وحتى في العلوم التطبيقية، هو أكبر بكثير من إسهامها في البحث الأساسي. إن صعوبة تأسيس تراث قومي أو إقليمي في العلم الأساسي قد أفضت إلى خاطرة مفادها أنه لا لزوم للقيام بمحاولات كهذه ما دام العلم الأساسي اليوم موضع متابعة باعتباره مشروعا فكريا عالميا. وفي مدى ما يكون هذا صحيحا فإنه لا يعني أن

البحث الأساسي يجب أن لا يتابع في جماعة علمية متطورة، لأنه جزء لا يتجزأ من ثقافتنا الحديثة ويسهم بشكل مباشر في التعليم العالي ما دام يمارس على أساس قومي. وأنه بسبب من هذا يمكن لأي انقطاع أو توقف جدي لتطوير العلم في روسيا أن يكون لهما آثار بعيدة المدى وينبغي أن يكونا موضع اهتمام فوري من قبل الجماعة العلمية والبلاد ككل.

إن الإصلاحات الاقتصادية الراهنة في روسيا تؤثر في الصناعة بطريقة رئيسية، وكذلك في البحث التطبيقي إلى حد كبير. وبوسع قانون العرض والطلب، بل وعليه أن يقرر النسق الجديد للتطوير، حيث يمكننا هنا أن نتوقع تغيرات سريعة وعميقة: تغيرات سوف تؤثر أيضا في المجتمع العسكري - الصناعي الهائل للاتحاد السوفييتي السابق. إن التحول إلى اقتصاد السوق هو، إلى حد كبير، تحول عن اقتصاد سلطوي عسكري التوجه ساد ماضينا القريب. وهكذا فإن الهزيمة العسكرية في الحرب الباردة، وهي حرب لم تُخض بمعنى الحرب الصريحة لكن نتائجها الاقتصادية موجودة معنا الآن، هي التي تملي الإصلاحات الجارية.

لقد أدت هذه الحالة من الفوضى والثوران إلى ضياع العلم الأساسي. ففي المقام الأول، لا يمكن للمرء ولا يجوز له أن يتابع العلم الأساسي انطلاقا من قوى السوق المباشرة. ومهما تكن مسؤوليات العلم واضحة، ومهما يكن العلماء ثابرين يقظين في طريقة القيام بعملهم، فلن يمكن للمحاسبة القصيرة الأجل والتحكم المالي المباشر أن يقدرا حقا قيمة المردود الفوري للبحث الأساسي. وإذا شاء المرء أن يحسب كفاءة العلم الأساسي، فيجب أن يتم ذلك على أساس بعيد المدى، يستمر لعدة عقود على الأقل. ومن المعروف جيدا أن الميزان يميل إلى صالح العلم، ولكن هذا لا يحدث لأنه مصمم للعمل بهذه الطريقة، بل لأن قوة المعرفة تمتلك عاملا حاسما يرجحها ويضاعفها. وإذا ما أدى اختراع ناجم عن العلم التطبيقي، في البحث والتطوير، إلى مكاسب محسوبة نسبيًا أو حتى بحسب جسامتها، فيمكننا أن نرى كيف تفتح اكتشافات العلم الأساسي ميادين جديدة للجهد البشري. وهذا هو السبب في أنه ينبغي للدولة وللمجتمع أن يدعما العلم الأساسي القاعدي، وينبغي أن يكون الجمهور واعيا تماما بهذا. إن مستوى العلم الأساسي وإنجازاته يجب أن يقيّما بصورة رئيسية من قبل الجماعة العلمية العالمية، والمجتمع ككل، ويجب أن يعتبر جزءا بارزا من الثقافة الحديثة.

إن الطريقة الرئيسية التي يؤثر بها العلم الأساسي بشكل عميق في حضارتنا تعود إلى مدى ما يتعرض له الجيل القادم من الأفكار والمفاهيم في العلم الجديد. وبوسع المرء أن يرى أن هذه أولوية قصوى للعلم في خدمة المجتمع. وينبغي أن تُرى باعتبارها الجزء الأهم في العقد الجديد الطويل الأجل بين العلم والمجتمع، الذي ينبغي أن ينظر في أمره الآن ويتابع كنتيجة لمجموعة جديدة من الشروط الاجتماعية في جمهوريات الاتحاد السوفييتي السابق التي كان يتألف منها. إن على العلم في روسيا الآن أن يعيد تجديد رسالته بعد أن كان يخدم أبّهة البلد التي تجلت في مشروعات كبيرة وظاهرية الإبهار، أو في الجبروت العسكري المحض.

ماذا ينبغي علينا إذًا أن نفعل بالعلم في روسيا؟ أولا يجب دمجه بدرجة أعظم بالجامعات، وبتدريب الجيل التالي من المهندسين والعلماء والأطباء والمحامين والمعلمين ورجال الدولة. وإن هذا الجيل الجديد هو من يجب أن يكون الأداة الحقيقية للإصلاح وهو أملنا الرئيسي في المستقبل. إن استمرارية تعليم الجيل القادم وتدريبه يجب أن تعطى الأولوية القصوى، للعلم وللبلاد معًا.

## انطلاقات جديدة

في أزمنة التحول الحاسم للمجتمع، عندما يكون ثمة تحد للنظام الموجود ينشأ اتجاه إلى إقامة مؤسسات تربوية جديدة. لقد تأسست ***المدارس الكبرى*** *Grandes Ecoles* أثناء الثورة الفرنسية. وبعد الثورة الروسية وتحت ضغط التصنيع في الثلاثينات، أقيم النظام الحالي للمعاهد التقنية، مرسخًا رسميًا وإلى حد بعيد الفصل بين البحث والتعليم. وبعد الحرب العالمية الثانية، ومع مطالب ما بعد الحرب من التقانة العليا والتسلح، تأسس معهد موسكو للفيزياء والتقانة ذو المكانة الرفيعة. وقد أنشيء بناء على اقتراح من أبرز العلماء الروس وتلقى الدعم الكامل من الحزب والحكومة. وصار مثلا ناجحا، وإن يكن مفردا، لتوحيد التعليم والبحث، ويتسم بتوكيد خاص على تنشئة علماء ومهندسي المستقبل،

بتدريبهم في دورة متكاملة من تعليم الفيزياء والرياضيات على يد أفضل الأدمغة التوافرة. واليوم يمكن، بل ويجب، أن نستخدم هذه التجربة لانطلاقات جديدة في المستوى الثالث من التعليم. وكمثال على ذلك، نذكر التطور المهم الذي أحدثته إقامة أقسام تعليمية في عدد من مراكز العلم حول موسكو لتوسيع مقدرة هذه المعاهد العلمية المتخصصة على تدريب الخريجين.

على روسيا أكثر من أي وقت مضى أن تحافظ وتطور تراثها من التعليم العالي. فإلى جانب النفط والغاز فإن أدمغتنا هي مصدر قوتنا الرئيسي بكل قناعة. ومن بين ما كان عظيما وجيدا في النظام السوفييتي، يجب بالتأكيد أن نذكر التراث المديد في التربية، واحترام المعرفة ومنزلة العلم. وعلى روسيا الآن أن تتعلم كيف تستخدم مصدر القوة الرئيسي هذا استخداما مجزيا. وإنه لفي هذا الموقع يمكننا أن نأمل بروابط تقام بين طبقة المقاولين الحديثة الظهوروبين العلم والتقانة. فالنظام الشيوعي لم يتدبر جيدا تطوير واستخدام الإمكان العقلي للمجتمع باعتباره العامل الأكثر حيوية وتقدمية في العالم الحديث. بدلا من ذلك، فسرت الفكرة الماركسية حول سيادة الطبقة العاملة تفسيرا تعصبيًا جامدًا، وأخضعتها لمصالح الحزب الحاكم السياسية مما أسهم في انهيار الدولة السوفييتية. ولعل هذا لم يكن واضحا في أي ميدان وضوحه في ميدان الحاسوب وتقانة الإعلام.

لسوء الحظ تتعرض هذه الواقف الإيجابية إزاء العلم والتقانة إلى ضغط كبير. إن منتفعًا متكسبًا قد يصير مليونيرا في يوم واحد، ثم يبعثر ماله في ليلة واحدة. وإن سائق تاكسي يكسب عشر مرات أكثر مما يكسبه طبيب أو أستاذ جامعي. والإداريون، حتى في أكاديمية العلوم، أحسن حالا بكثير من العلماء أنفسهم. والعلم كظاهرة ثقافية وأخبار العلم والتقانة اختفت من جرائدنا وتلفزيوناتنا، وهي ذهننا الشعبي. وتفشت الآن اتجاهات مضادة للعلم كما ازدهر المنجمون والأطباء المشعوذون. وإلى حد كبير فتلك هى أعراض الأزمة العميقة التي تمر بها البلاد (انظو *Scientific American*، آب/أغسطس 1991). من ناحية أخرى يعكس هذا ضغينة عميقة وجديدة تجاه العلم. ألم يقل دعاة الماركسية، المرة تلو المرة، إن هذا هو نظام الأفكار العلمي الحقيقي الوحيد الذي يبنى عليه عالم جديد شجاع؟ ألم يَعِد العلماء ولاسيما الفيزيائيون بجنات النعيم عبر الطاقة النووية، مما بلغ ذروته في تشيرنوبيل؟ ألم تخفق مشروعات أخرى أقل مكانة في ولاداتها سواء أكان ذلك المجال الوشيك التوقع للطاقة التولدة من التحام النوى، أم الوصول المرتقب لتقانة الموصلية الفائقة للكهرباء عند الحرارة العالية؟ كيف لنا الآن أن نفسر نجاح ارتياد الفضاء بعد المشاهد المثيرة الأولية؟ وما الذي سنفعله بهذه الفوضى في بيئتنا؟

ينبغي القول هنا إن تشيرنوبيل كانت نتيجة عدم التهيؤ النفسي والاجتماعي في صناعتنا ومجتمعنا للدخول في العصر النووي أكثر منها نتيجة لخلل التقانة، وإن الوعد المبكر بالطاقة الحرارية النووية، وبالموصلية الفائقة للكهرباء عند درجة حرارة عالية، قد جاء من قبل الجماعة العلمية العالية، أو أشير ضمنيا إليه. ويجب أن نقر بأن هذه الأسئلة يجب توجيهها ليس فقط إلى العلم السوفييتي والروسي وإنما إلى الجمهور العالي الأوسع من العلماء: مسائل ووعود يجب حلها عاجلا أم آجلا. لأن الأزمة في العلم الروسي، وحتى في الاتحاد السوفييتي السابق بصورة عامة، هي بمعنى من المعاني ظاهرة تعكس بشكل ضخم بعض المسائل الحرجة في العالم ككل. وهذه وجهة نظر قلما تلاقي التقدير الكامل وأقل منه المتابعة، إنها تستحق أن تؤخذ بجدية أكبر.

## التكامل مع العلم العالمي

يتعين أن تكون الأولوية التالية للعلم الروسي هي الارتباط الوثيق لعلمنا بالعلم العالمي. بالنسبة للعلم التطبيقي سيحدث هذا في الأوان المناسب وأثناء صيرورة صناعتنا متكاملة تدريجيا مع الاقتصاد العالمي. ويمكن للمرء أن يأمل وحسب أن روسيا عبر هذه العملية ستتوقف عن كونها مصدرة للأسلحة والسلع وستتدبر تطوير صناعاتها المبنية على المعرفة والتقانة العالية لتخدم أهدافًا أكثر نفعًا.

لا يمكن أن يحدث دمج العلم الروسي الأساسي بالعلم العالمي بين عشية وضحاها، لأن التقاليد الانفصالية عميقة الجذور وقد غذيت خلال عدة عقود. وهنا أيضا يجب

أن تكون أولويتنا القصوى تأمين فرص للجيل الأصغر كي ينفتح على العلم العالمي بالسرعة الممكنة. في بداية عهد گورباتشوف، قبل نحو سبع سنوات كان هناك ما لا يقل عن 25000 طالب من جمهورية الصين الشعبية يدرسون في الولايات المتحدة الأمريكية. وفي مناقشة لهذا الأمر- أثناء عشاء في واشنطن- كشفت عن هذه الأرقام لسفيرنا وسألته كم عدد الطلاب والعلماء السوفييت الآن في الولايات المتحدة. وجاء الجواب: أقل من مئة. وقد نقلت هذه الرسالة إلى گورباتشوف، وكان رد فعله مباشرا وداعما، ولكن بالكاد حدث أي شيء. وفي الوقت الحاضر يوجد تقريبا 40000 طالب صيني مقابل مالا يتجاوز بضعة آلاف روسي.

يكثر الحديث هذه الأيام عن هجرة الأدمغة. وعلى الرغم من الدعائية التي تغلف الأمر كله، فالأرقام لا تثير الذعر حتى الآن. إن تدفق العلماء يجب أن يُنظر إليه جزئيا كطريقة لتطبيع الصلات والروابط بين العلم الروسي والعالم بعامة، لأن علينا فعلا أن نعوض عن عقود من العزلة التي فرضناها على أنفسنا. وفي إحصائيات التبادل الدولي نستطيع أن نرى اتجاهات وتطورًا في العلم الروسي (الجدول 1). ونأمل بأنه مع استقرار الوضع السياسي سيحدث تعريف جديد لأولوياتنا، وأننا سنرى عودة العلماء إلى البلاد.

**الجدول 1**
**المبادلات والسفر من قبل علماء الأكاديمية الروسية للعلوم**

| غرض الرحلة | 1991 | 1992 |
|---|---|---|
| حضور مؤتمرات | 6956 | 5058 |
| تبادل التعاون | 1506 | 628 |
| دعوة | 8451 | 7357 |
| بعثات | 329 | 112 |
| عقود(زيارات طويلة الأمد) | 467 | 881 |
| مرافقون | 1262 | 1597 |
| المجموع | 18971 | 15630 |

لقد زودنا القسم الدولي في الأكاديمية بالأرقام الموجودة في الجدول 1. إنها توضح ذاتها بذاتها وتعكس تدهور الأنشطة البحثية وبخاصة في العلم الأساسي داخل البلاد. وإن حصة الأكاديمية هي العشر من العلماء جميعًا.

إن المهم حقا هو أن الأعضاء المركزيين في الجماعة الأكاديمية يغادرون، والكتب التي تتناول العلم تتوقف عن الصدور، وتضيع استمرارية البحث والتعليم. فمثلا تركت لمدة تزيد على سنتين مؤلفات <لانداو >و<ليفشيتز> العالمية الشهرة المعنونة "*خطاب في الفيزياء النظرية*" في دار نشر أكاديمية العلوم بسبب نقص التمويل. وقد رحل العديد من الأعضاء القدامى في تلك المدرسة المتميزة للعلوم الفيزيائية بحيث صار ممكنًا أن تنقطع استمرارية ذلك التراث المعترف به دوليا.

لا يملك أحد شيئًا، بالتأكيد، ضد حركة تنقل العلماء في العالم. لكن ما يدهش هو أنه عندما ينتقل نجم ساطع في كرة القدم من ناد إلى آخر، تدفع مقابله ملايين عدة، مما يبين للعالم أهمية ذلك الفرد وتكلفته الحقيقية. ولكن مع الأسف عندما يدعى أستاذ عظيم إلى الخارج، لا يفكر أحد أبدا في تعويض المؤسسة التي دربته ورعته خلال سنين حتى تميز بعلمه هكذا. فهل يمكننا أن نتوقع في ظروف كهذه أن نطبع صورة قوية عن العلم في ذهن الشعب أو نتوقع دعمًا لمصادر هذه الموهبة المتميزة جدا؟

في هذه الأيام، تحتاج صورة العلم ومنزلة العلماء إلى تشذيب وتطوير إلى درجة أكبر بكثير من ذي قبل. إن درس روسيا الؤلم رسالة إلى بلدان أخرى عديدة حتى إن الكثيرين باتوا يظنون أن تدهور العلم ظاهرة عالمية وشيكة. إن الكاتب لا يشاطر في هذه التعميمات القاتمة، على الرغم من أن العلماء أنفسهم ينخرطون أحيانا، ولسوء الحظ، في الاتجار بالمصائر المشؤومة. إن هذه ممارسة بدائية في أغلب الحالات ضمن "علم آخرة" حديث ذي مظهر علمي زائف. قد تكون هذه الرسائل محرضة للأدمغة، لكنها غالبا ما تولد اليأس بدلا من الأمل، وتحبط المعنويات بدلا من أن تساعدنا على مواجهة القضايا الحقيقية للعالم ولحضارتنا.

منذ عصر العقلانية، والعلم يعدنا بالكثير. ولكن يبدو الآن أن يوم الحساب قد جاء، ولعل الأوان قد آن لكي تبدأ

الجماعة العلمية العالمية في أن تظهر رضا أقل عن الذات وثباتًا أكبر في تقييم وتحديد أولوياتها. ومن بين التطورات التي تتحدى العلم الروسي، يجب أن يؤخذ هذا التحدي مأخذا جديا أكثر من أي وقت مضى، هل يمكن بلورة هذه الأولويات من قبل مؤسسة أكاديمية قديمة ومحافظة، أم هل سيظهر قادة جدد؟ إلى أي حد يمكن أن تترك إدارة العلم للعلماء أنفسهم؟ أيمكن للمرء أن يعيد صياغة المقولة القديمة في أن الحرب عملٌ أكثر أهمية من أن نتركه للجنرالات؟ وفي أي حال من الأحوال لا يجوز أن نعتقد أن الكاتب يحبذ إدخال التحكم الإداري في العلم (ولدينا في روسيا مقدار كبير من التجربة الفاشلة في هذه الأمور)، لكن الوضع الحرج في هذه الآونة يتطلب فعلا طرائق جديدة لحل المسائل المعقدة التي تواجه الجماعة العلمية. والسؤال المهم جدا هو إلى أي حد يمكن أن تساعد المشورة الدولية في هذه القرارات. من المحتمل أن تتمكن سلطة خارجية من المساعدة في التغلب على المصالح الذاتية لنادي "الشباب القدامى" الذي أدار العلم السوفييتي ويدير العلم الروسي الآن مع بعض النجاحات.

يشك الكثيرون في الأسلوب السلطوي الذي تحكّم في معظم العلم السوفييتي (وليس العلم وحده)، ويريدون أن يتوسعوا بالمفاهيم الديمقراطية لكي تشمل إدارة العلم. ليس هذا بالأمر السهل، لكنه أمر يجب مواجهته وحله بطريقة أو بأخرى. ربما ينبغي تهيئة وسائل حكومية جديدة لإدارة التمويلات، مشابهة لـ(مؤسسة العلم القومية) في الولايات المتحدة، أو *Forschungsgemeinschaft* في ألمانيا، حيث يتم الفصل بين الاستشارة واتخاذ القرار. ومما سيكون له أكبر الأهمية بالنسبة لوكالة كهذه هو تنفيذ سياسة علمية جديدة تهيئها الجماعة العلمية ومعها البرلمان، على ما نأمل. ويمكن توقع هذا فقط بقدوم الهيئة التشريعية الجديدة.

## المساعدة من الخارج

لعله من المناسب أن نذكر المساعدة والعون اللذين تقدمهما الجماعة العلمية العالمية لروسيا. لقد تم فعل الكثير لتأمين الاستمرارية والتوافر في المنشورات العلمية، باعتبار أن معظم تمويلات المكتبات في روسيا والجمهوريات السابقة قد اقتطعت. إن المبادرة إلى نشر وتوزيع المجلة الشهرية (*شهرية الطبيعة*) بسعر مخفض، وبالتالي افتتاح قناة مهمة للاتصال مع العلم العالمي، مبادرة مرحب بها جدا. إن المنح المعطاة إلى مجموعات مستقلة من العلماء تقدم مساعدة كبيرة، مثلما هو دعم مراكز الامتياز التي تحتاج فعلا إلى الحماية. وإن مخصصات السفر مهمة أيضا وبخاصة للعلماء الشبان. ومن بين المعونات المقدمة للعلم الروسي من قبل المؤسسات، يستحق الدعم المعطى من مؤسسة "سوروس" من الولايات المتحدة ذكرا خاصا.

هذه الإسهامات مهمة في زمن التغير والإحباط، عندما يمكن لجسد العلم الهش أن يتداعى بسهولة. ولكن ليس ممكنا للمرء أن يثبت سياسة علم طويلة الأجل بهذه الوسائل، والبعض يمضي حتى إلى القول بأن هذه المساعدة قد تنسف بنية العلم الروسي أو بالأحرى ما تبقى منها. فبتأمين الدعم للعلماء كأفراد وللمشروعات العلمية يكون من السهل جدا خلخلة التوازن البالغ الأهمية بين فريق العمل المتميز والمؤسسة المضيفة، التي تؤمن الكثير من البنى التحتية والتراث الفكري لمركز جيد للبحث. ومن بين جميع مراكز الدراسة تمتلك الجامعات طبيعة أكثر دواما مما لدى أي مؤسسة أخرى. ونحن نرى اليوم مراكز بحث قائمة على أساس مهمة معينة مما يمكن اعتبارها أنها ذات يوم كانت مراكز امتياز أنجزت أهدافها، وهي الآن تعاني صعوبة كبيرة في إيجاد الدعم ووسائل وجود مقبولة اجتماعيا. وأفضل ما نشاهد هذا هو في المؤسسات العسكرية للبحث. أخيرا على المرء أن لا ينسى أن البلاد نفسها هي فقط التي يمكنها ويجب عليها أن تحدد الأولويات ويُتدبر أمر العلم فيها. وإن زيارة رئيس الوزراء الجديد للأكاديمية الروسية للعلوم فورًا عقب تعيينه لعلامة تبعث على الأمل.

في المستقبل النظور من المحتمل أن تقع الخسارة العظمى في ميدان البحث التجريبي باعتباره أكثر تكلفة من العمل النظري الصرف، الذي مُثل على الدوام تمثيلا قويًا في الاتحاد السوفييتي السابق. إن التلكؤ الخطير والطويل الأمد في تطوير العلم الكبير قد تم ذكره من قبل. فهل على الدولة أن تستمر في دعم هذه المخابر الواسعة التي بموجب أي مقاييس قد ضيعت الوقت والعاملين والكثير مما كان لها أن

تقدمه؟ من جانب آخر، يتعين أن يتم اختيار المشروعات الواسعة النطاق على أساس إسهامها المهم في الأهداف القومية والجماعة الدولية للعلم. وهنا يجب مرة أخرى أن تتحدد أولويات جديدة. لسوء الحظ إن ضغط الالتزامات السابقة، والمصالح الخصوصية لمجموعات كبيرة ما زالا في الغالب قويين، وتراث الاستمرارية يزيد إجمالا من صعوبة صنع القرارات الصحيحة ومن ثم تنفيذها.

بسبب نقص العملة الصعبة تجمدت الآن الالتزامات السابقة للعلم السوفييتي تجاه المؤسسات الدولية والجمعيات المثقفة والمشروعات، هذه الالتزامات التي تسلمها العلم الروسي الآن. وسيتلقى العون والمساعدة الدوليان أعظم الترحيب في مواجهة هذه الديون والدفوعات. وإن التحويلات المقدمة الآن للمعونة التقنية يمكن أن تخصص لمؤسسات دولية دعما للبحث الذي يجريه العلماء الروس وعلماء أقطار أخرى لا يستطيعون حاليا أن يجدوا السبل للمشاركة على الصعيد القومي.

## رفع المعنويات

إن العوامل المعنوية تصبح مهمة في أوقات الصعوبات والشدة. ومن المرجح أن يكون السبب الأعلى مرتبة بين أسباب فقدان الإرادة والمعنويات من جانب العلماء هو الافتقار إلى تقدير عملهم ومكانتهم في المجتمع. إن التغير في القيم الذي يصيب البلاد الآن يؤثر تأثيرا مهما في مواقف الجيل الأصغر. ثمة اتجاهات معادية للفكر نشاهدها في وسائل الإعلام خالصة من الرقابة والمسؤولية تجاه المجتمع، وترافقها تعابير عن قومية هائجة ومعاداة للسامية. وهذا كله يضيف إلى الإحباط واليأس اللذين يحسُّهما بصورة خاصة الجيل الشاب الواعد من مستوى التخرج الجامعي أو ما بعد الدكتوراه، الذي يضطر إلى هجر العلم أو مغادرة البلاد. هذه القضايا ومعها الموقف الشعبي للمجتمع تجاه العلم، لا يحسب حسابها عادة، ولكنها على قدر كبير من الأهمية. وحديثا -بمبادرة من أكاديميا يوروبايا (الأكاديمية الأوروبية) - منحت عشرون جائزة من هيئة محكمين دولية للعلماء الشباب في الاتحاد السوفييتي السابق، في حركة تستهدف دعم الجيل الآتي في وقت حاسم من مسيرتهم العلمية. إن إحدى المسؤوليات الحقيقية للجيل الأكبر عمرا، وللجماعة العلمية العالمية، هي تبين هذه الحالة النفسية، ففي حين يمكن إصلاح حالة الجسم بالمال فإن الروح تكون أكثر تململا بكثير، ومع ذلك فهي ذات أثر حاسم في نجاح العلم ومستقبله.

إن لمخابر الأسلحة النووية همها الخاص. ولعلنا نستطيع هنا أن نرى بجلاء بعض الصعوبات الأساسية في تحول فرع البحوث الخاصة بالمجمع العسكري الصناعي. فمنذ البداية كانت هذه المؤسسات متجاوزة للحدود - من منطلق المال والموارد، وأيضا من منطلق الاحتكاك، ليس فقط مع العلم العالمي وإنما أيضا مع معظم زملائها في الوطن. وعليها الآن - بعد أن غدت مفتوحة للعالم - أن تعيد تحديد أولوياتها وتجد طرقا جديدة لاستخدام المواهب الخاصة جدا لعلمائها ومهندسيها، وهؤلاء هم الموارد الكبيرة التي تمتلكها. وليس هذا بالأمر السهل وذلك بسبب من الدرجة المعقدة للتقسيمات الإدارية في مؤسسات البحث هذه القائمة بدرجة كبيرة على أساس المهمات. وثمة عامل آخر يجب تبينه وهو ارتفاع معدل العمر في هذه المعاهد، مما يؤدي بالضرورة إلى زيادة صعوبة التغيير. ولا يسع المرء إلا أن يأمل بأن لا يقود هذا التحدي والتغييرات الناجمة إلى بعد فكري في مسألة الانتشار النووي. إن الحس بالمسؤولية، النامي لدى العلماء والمهندسين في مراكز البحث المرموقة هذه، يصير الآن واجبا إزاء الأمن العالمي وليس فقط القومي في مسألة منع انتشار الأسلحة النووية.

## العلم في الدول المستقلة

إن انقسام الاتحاد السوفييتي إلى عدد من الجمهوريات المستقلة، وإن السياسات الجديدة التي اتبعتها الدول الأوروبية الشرقية، قد أديا إلى شروط جديدة لتطور العلم. وبعد ثورة الاستقلال، حيث كان العلماء في الجمهوريات الحديثة الاستقلال الناطقين الأعلى صوتا باسم الحريات الجديدة، يجب على الكثيرين الآن أن يواجهوا حقائق الحياة. فمثلا كان اثنان من رؤساء الجمهوريات السابقة للاتحاد السوفييتي أستاذين في علوم الفيزياء - الرئيس <S .شوشكيفيتش> في روسيا البيضاء، والرئيس

<A. اكاييف> في قيرغيزستان. وإن يكن دعم العلم منخفضا في روسيا، فالأمور أسوأ في كثير من هذه البلدان الحديثة الاستقلال، والحاجة تدعو إلى الكثير من إعادة التفكير وإعادة التنظيم. والعلاقات المهنية التي بترت مبدئيا مع روسيا يتم الآن إصلاحها تدريجيا، ويجب إعادة تعريف الصلات داخل العالم الناطق بالروسية من منطلق تدريب الطلاب ومنح الدرجات ونشر الكتب والمجلات، وتنظيم المؤتمرات المشتركة، وبكلمات أخرى من منطلق دعم البنى التحتية للعلم. ويمكن للعلم، وينبغي له، أن يصير عامل تكامل بين هذه الدول، وهنا فإن للمنظمات الحرفية الدولية مهمة خاصة. فمثلا، إن اتحاد الجمعيات العلمية والهندسية القديم قد أعيد تشكيله كرابطة لتلك الجمعيات في الجمهوريات الجديدة التي كانت تشكل الاتحاد السوفييتي سابقًا. وبطريقة مشابهة، تحولت الجمعية الفيزيائية للاتحاد السوفييتي منذ وقت قريب إلى الجمعية الفيزيائية الأوروبية/ الآسيوية متتبعة مفاهيم الجمعية الفيزيائية الأوروبية. أما إلى أي حد ستتدبر هذه المنظمات الدولية الجديدة أمر توحيد علمائها في أجزاء العالم المنقسم بالقومية، فهذا أمر مازلنا ننتظر رؤيته.

وعلى الرغم من أن لكل من هذه الدول مشكلات خاصة بوضعها هي، فإن الكثير من هذه المشكلات تنجم عن الطريقة التي نظمت بموجبها الأشياء في اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفييتية، ونَسَخَها حلفاؤه السابقون. ولعل أزمة الأكاديميات هنا هي واحدة من الملامح المشتركة، ففي ألمانيا مثلا تم حل أكاديمية ألمانيا الشرقية للعلوم، في حين ينظر في بلدان أخرى إلى التغييرات الجذرية باعتبارها ضرورية. وتتزايد أهمية أمور مثل تمويل العلم عبر المؤسسات وتوجيه المخصصات المالية لمشروعات محددة وأفراد معينين بدلا من دعم المعاهد. وفي هذه الحالة تصبح الخبرة المتوافرة دوليا عاملا مهما في تقويم مشروعات البحث. فالقدر الكبير من الاستقلال والموضوعية الذي يتمتع به الرأي الخارجي الخبير، قد يدخل مقاييس مشتركة للامتياز إلى العلم العالمي، ويؤدي إلى تنمية روابط فردية ومؤسساتية ويسهم في تبيُّن أولويات جديدة في سياسة العلم القومية.

ومهما تنوعت الأحوال والشروط في هذه الدول، تظل لحالة روسيا دلالة خاصة. فهنا يكون تحدي الإصلاح أكثر حدة، ليس فقط لأن السياسات التي يجب تغييرها في هذه الدول قد اتبعت طوال سبعين عاما، وهذا زمن أطول مما في أي مكان آخر، وإنما أيضا بسبب الاتساع والتعقد المحضين في المجتمع، الذي يمر الآن في هذه الحالة من الجَيَشان الكبير. ومهما تكن هذه التغيرات مؤلمة ورضيّة، فيجب أن نراها في سياق تحول اجتماعي عميق لا يمكن أن يقيس جسامته الحقيقية إلا مؤرخو المستقبل.

**سيرجي كابيتزا:** ولد في كمبردج بالمملكة المتحدة عام 1928، ويعمل حاليا في معهد المسائل الفيزيائية في الأكاديمية الروسية للعلوم بموسكو، وهو أيضا أستاذ في معهد موسكو للفيزياء والتقانة. تدرب في معهد موسكو لعلم الطيران وعمل في علم ديناميكا السوائل والمغنطيسية والديناميكا الكهربائية التطبيقية وتصميم المسرعات والفيزياء النووية. وخلال عشرين عاما قدم كابيتزا البرنامج التلفزيوني الرئيسي عن العلم، ومنح جائزة كالينغا لعام 1979 من اليونسكو اعترافا بإسهامه في جعل العلم مستساغا للجمهور. وقد ألف أيضا خمسة كتب كما كتب مقالات عدة في العلم والأمور الشعبية.

# الدول العربية

فخر الدين داغستاني

لقد رافق اليقظة السياسية للمنطقة العربية بعد الحرب العالمية الثانية تصميم على بناء دول حديثة تعتمد على العلم والتقانة، وعلى التعاون فيما بينها للوصول إلى درجة عالية من الاعتماد الجماعي على الذات ومن التكامل الاقتصادي. وإذا كان لإدارة الأمور أن يُحكم عليها بالنتائج، فيمكن اعتبار المنطقة اليوم فشلا اقتصاديا مردّه التشرذم الاقتصادي، والتبادل التجاري الضعيف بين الأقطار العربية، والاعتماد المسرف على تجارة التقانة، وضعف القدرات العلمية والتقانية الذاتية . وتُظهر المؤشرات أن معدل الأمية بين البالغين في الدول العربية هو 42% عام 1990 وأن نسبتي التلاميذ المسجلين في المرحلتين التعليميتين الثانية والثالثة كانتا 52% و 13% على التوالي، في حين بلغت نسبة المسجلين في المدارس التقنية 12% فقط من تلاميذ المرحلة الثانية. ومن ناحية أخرى فإن نحو 68% من طلبة المرحلة الجامعية الأولى مسجلون في العلوم الاجتماعية والإنسانيات، مما يترك 32% فقط ليوزعوا على سائر الحقول العلمية. ولاتزال أنشطة البحث والتطوير محدودة باعتبار أن المكافىء العددي للباحثين المتفرغين (FTE) هو نحو 318 في كل مليون من السكان، في حين تبلغ استثمارات البحث والتطوير نحو 0.75% من الناتج القومي الإجمالي (GNP) لعام 1990. إن العلم أداة قوية لتسريع التطوير، ولكن إذا كان العلم لازما لإدخال تغيير جذري في المجتمع العربي فعلى هذا المجتمع أن يدخل في كيانه التغييرات المطلوبة لخلق بيئة يمكن للعلم أن ينمو فيها.

## العلم في الثقافة العربية

قبل الإسلام، أمكن للعرب الذين كانوا يعيشون بجوار البحر الأبيض المتوسط وفي أجزاء من شمالي إفريقيا، أن يستفيدوا من المعارف البيزنطية في المجالات العلمية والتقانية، أما أولئك الذين كانوا يعيشون في بقاع أخرى فلم يتمتعوا إلا بالقليل من هذه المعارف. إلا أن الوضع تغير مع اعتناق العرب للإسلام في أواسط القرن السابع الميلادي. فقد حث الإسلام كدين على طلب العلم وإنتاجه فيما يتعلق بالإنسان والظواهر الطبيعية من خلال التقصي العلمي،باعتبار أن ذلك واجب ديني يهدف إلى تحسين شروط العيش. وقد أدخل الإسلام أخلاقيات ترسم علاقات الناس بعضهم ببعض كما أدخل مفهوم أمة الإسلام الموحِّد لكل المسلمين. وفوق هذا شجع الإسلام التجارة والمشروعات الحرة والمهارات اليدوية والتطور الاقتصادي. وهذه العوامل شجعت بدورها على نشوء وضع شمل في نظام واحد ما يلي:

مطلب التقصي العلمي باستخدام الملكات العقلية الاستقرائية والاستنتاجية (العرفة)؛
اكتساب المعرفة ونقلها بالتعلم والتعليم (التربية)؛
الاستخدام الفعال للمعرفة من أجل فائدة البشرية (المهارة)؛
تجارة حرة ومسلك تعاقدي في التعاملات وضمان اجتماعي؛
سوق إسلامية مشتركة واسعة النطاق تشمل أرجاء الأمة الإسلامية كافة.

وتحت هذا النظام ومع قيادة مستنيرة ذات بصيرة، تمكن المسلمون من تأسيس حضارة حيوية ومتنوعة حملت راية العلم والتقانة وأقامت اقتصادًا قويًا استمر ستة قرون.

لقد شرع العلم يخسر مواقعه في المجتمع العربي عندما ضعف مفهوم *الأمة* وتعرضت وحدة العرفة في ظل الإسلام للمعاناة، مما خلق هوة بين القيم الثقافية المعطاة للمعرفة الموحى بها وللمعرفة المكتسبة بالحجة والمنطق. إن مصادر الحكم في القضايا الاجتماعية والدينية في الإسلام هي القرآن الكريم والسنة والاجتهاد والإجماع والقياس. وعندما ارتبط المتعلمون في المجتمع بالقيادات المستبدة، قمعت حرية التعبير وتضاءل دور الاجتهاد، وبالتالي أخذ التفكير الاستقرائي موقعا هامشيا في الثقافة وتقلص الحافز إلى الاستقصاء العلمي.

لقد كانت تلك خلفية الدول العربية عندما نالت

استقلالها بعد الحرب العالمية الثانية. وعند هذه المرحلة بدأت شرائح عريضة من المجتمع العربي تطالب بمزيد من التعليم. وفي كثير من الحالات استجابت السلطة السياسية إلى هذا المطلب. وعموما فإن الأنظمة التربوية في الدول العربية تشدد على حفظ الوقائع والحقائق واختزان المعلومات أكثر مما تشدد على تنمية قوة الملاحظة والتحليل. وبالتالي فإن القدرة على تمثّل "المنهج العلمي" واستخدامه في اكتساب معرفة علمية جديدة لم تتعزز. وبعبارة أخرى، لم يرتق استخدام التفكير الاستقرائي ارتقاء كافيا. وبما أن الثقافة العربية المعاصرة مرتبطة بالإسلام، فلا يستطيع العلم أن يتسنّم موقعا بارزا في هذه الثقافة دون إحياء حقيقي للإسلام يفتح الأبواب على مصراعيها للاجتهاد ، أو الأحكام المستقلة القائمة على العقل في أمور الدين ومسائل الدنيا.

وباختصار، إن وضع العلم في الثقافة العربية المعاصرة يمكن إيجازه كما يلي:

إن التعلم والتعليم يكتسبان بسرعة أهمية اجتماعية؛

وإن قيمة "التفكير العلمي" أو المحاكمة الاستقرائية تكتسب بالتدريج اعتراف شرائح عريضة من المجتمع تقرن العلم بالتقدم؛

وثمة شرائح صغيرة من المجتمع تقرن العلم بالهيمنة الأجنبية وتعتبره غزوًا ثقافيا؛

وهناك مجالات كثيرة للعلم والتقانة ترتبط بالعمل اليدوي، لكن هذا النوع من العمل ما زال غير مقبول اجتماعيا في قطاعات عدّة من المجتمع العربي؛

وما لم تتغير هذه الصورة بسرعة فقد يتطلب الأمر جيلين تقريبا كي يصل العلم إلى موقع ثابت في المجتمع العربي.

## مدخلات النمو الاقتصادي

يحدث النمو الاقتصادي كنتيجة لنمطين رئيسيين من المدخلات: كمي، مثل الشغل والرأسمال والأرض، ونوعي، يتمثل بما هو متوافر من معدات و**مكونات مادية** hardware علمية وتقانية، و**برمجيات (برامجيات)** software متجسدة في مهارات الموارد البشرية والمنظمات. ويُعتقد أن الجزء الرئيسي (60-70%) من النمو الاقتصادي الذي وصلت إليه اقتصادات السوق الصناعية يعود إلى توليد وتطبيق المعرفة العلمية التقانية في إنتاج السلع والخدمات. ومن جانب آخر، فقد اقتادت المدخلات الكمية النمو الاقتصادي في الدول العربية أكثر مما قاده العلم والتقانة. كما أن النمو الاقتصادي الذي حققته الدول العربية قد تم في العقود الأربعة الأخيرة، لكن هذا النمو يُردُّ إلى الدخل الذي نجم عن تصدير الموارد الطبيعية الأولية، أو عن الاقتراض من مصادر خارجية. فقد يسود مستوى معيشة مرتفع في بلدان غنية بالنفط، لكن الأخرى تواجه ركودا اقتصاديا وبطالة واضطرابات اجتماعية وعسرا في خدمة الديون الخارجية. وفي جميع الحالات، اعتمدت الدول العربية اعتمادا كبيرا على تجارة التقانة، مهملة إلى حد كبير النقل الحقيقي للتقانة بمعنى تطوير خبرات ومهارات عربية في المجالات العلمية والتقانية المتصلة بالتقانات المعنية بالنقل، تتواءم مع حاجات التنمية المستدامة.

ولا يمكن بالنسبة لهذه الأخطاء إلقاءُ اللوم كاملا على كاهل صناع القرار، لأن المجتمع ككل لا تقوده "ثقافة العلم"، فمن دونها لا يمكن تحفيز المجتمع ككل لأن يقوم بما هو صحيح، حتى وإن أملته السلطة الحكومية. بهذه الخلفية، ربما يمكن للمرء أن يفهم الأسباب الكامنة وراء الحالة البائسة للاقتصاد والعلم العربيين على نحو ما تصفهما المؤشرات العروضة في هذا الفصل.

### *الأرض والسكان*

تحتل الدول العربية رقعة تغطي 13.67 مليون كيلومتر مربع (145% من مساحة الولايات المتحدة) يقع 72.7% منها في إفريقيا و 27.3% في الشرق الأوسط. وتشكل دول الخليج العربي 18.1% من المساحة الكلية. وتختلف مساحات الدول العربية إلى حد كبير، فمن 680 كيلومترا مربعا للبحرين إلى 2.5 مليون كيلومتر مربع للسودان. وإضافة إلى السودان، فإن لكل من الجزائر والمملكة العربية

السعودية وليبيا وموريتانيا ومصر مساحة تزيد على مليون كيلومتر مربع. وإن نحو 96% من المنطقة مجدب أو شبه مجدب، في حين أن 4% صالح للزراعة أو مستثمر، و 8% فقط أرض مروية. وتشكل الأرض المجدبة وشبه المجدبة 95.6% من مجموع مساحة الدول العربية الإفريقية، و99.5% من مساحة أراضي دول مجلس التعاون الخليجي، و 89.3% من مساحة بقية أراضي دول الشرق الأوسط العربية. إن النسبة المئوية للأراضي الزراعية أو المستثمرة هي بين 20% و 30% في لبنان والمغرب وسوريا وتونس وفلسطين (الضفة الغربية وقطاع غزة). ولكن، وباستثناء العراق (12.5%) فإن هذه النسبة تقل عن 5% في بقية الدول العربية، التي تشكل معا 90.9% من مجموع مساحة الدول العربية. إن النسبة المئوية للأراضي المروية هي أقل من 0.2% في كل من الجزائر والكويت وليبيا وموريتانيا وعمان والمملكة العربية السعودية والصومال والإمارات العربية المتحدة، ونحو 0.6% في الأردن واليمن.

وثمة نسب أعلى في لبنان (8.4%) والعراق (5.8%) وسوريا (3.2%) ومصر (2.6%). وهذه المؤشرات تدل على حقيقة أنه يجب على الدول العربية بذل جهود خاصة لتنمية القدرات العلمية والتقانية لكي تستغل أجزاء متزايدة من 13.12مليون كيلومتر مربع من الأرض المجدبة وشبه المجدبة لإنتاج غذاء يكفي للتغلب على العجز الغذائي العربي، وذلك من خلال تبني تقانات مناسبة؛ كما أن عليها تطوير تقنيات فعالة لإدارة المياه كي تتم الاستفادة المثلى من المياه المتوافرة، وإضافة إلى ذلك استكشاف مصادر مياه جوفية جديدة.

إن عددًا من الدول العربية غني بالموارد المعدنية، وقد تم استثمار بعض هذه الموارد. وإن الاحتياطي المؤكد والقابل للاستخراج من النفط والغاز من الدول العربية هو 600 بليون برميل و 24900 بليون متر مكعب على التوالي، مما يشكل 60.6% من احتياطي النفط العالمي و 22% من احتياطي الغاز العالمي. وهذه الحصص المئوية تكون عالية جدا عندما تقارن باحتياطيات "منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية" (OECD)، التي تصل إلى 5.9% للنفط و 13.8% للغاز. ويستدعي ذلك تنمية قدرات علمية وتقانية للوصول إلى الحدّ الأقصى من مداخيل مصادر النفط والغاز، بتنمية الكفاءة في الصناعات البتروكيميائية والصناعات الإنتاجية الرديفة لها، وبزيادة درجة الانخراط القومي في استكشاف النفط والغاز وإدارة هذه الموارد، وأيضا باستكشاف المزيد من الموارد المعدنية التي لم تستكشف بعد.

في عام 1990 وصل مجموع سكان الدول العربية إلى 221.8 مليون نسمة، كنتيجة لزيادة سنوية في السكان تبلغ 3.1% خلال الثمانينات. وهي زيادة عالية قياسا بـ 0.6% في الدول الصناعية و 1.7% في العالم.

والسكان عموما من الشبان: 62.5% من المجموعة العمرية 0-24 سنة، و 43.5% من المجموعة العمرية 0-14. وهي أرقام عالية إذا ما قورنت بالنسبتين 36.8% و 21.8% على التوالي للمجموعتين المقابلتين في البلدان الصناعية. وفي عام 1990 تجاوز عدد سكان كل من مصر والجزائر والمغرب والسودان الـ 25 مليون نسمة. ومن ناحية ثانية فإن لدول مجلس التعاون الخليجي تعداد سكان وقوة عمل صغيرين ويعوض عنهما بمغتربين يشكلون نحو 25% من سكان المملكة الحربية السعودية ونحو 70% من سكان الكويت والإمارات العربية المتحدة وقطر. وتعني النسبة المئوية العالية للشباب في الدول العربية أن مسايرة الطلب المتزايد على التعليم بمستوياته كافة تفرض إنفاقًا عاليًا، وأن عدد المنخرطين في سوق العمل يتزايد باطراد من دون أن تتمكن الفعاليات الاقتصادية من استيعابه.

### *الدخل والصناعة والزراعة*

ثمة اختلاف كبير بين الدول العربية من حيث **الناتج القومي الإجمالي لدخل الفرد** GNP per capita income الذي تراوح في عام 1990 بين 120 دولارا أمريكيا في الصومال و 19860 في الإمارات العربية المتحدة. إن 39.4% من مجموع السكان في جيبوتي ومصر وموريتانيا والصومال والسودان، يقع دخل الفرد فيها تحت خط الفقر

الذي هو 630 دولارا أمريكيا. ومن ناحية أخرى، فإن دخل الفرد في الكويت وقطر والإمارات التي تمثل في مجموع سكانها 1.9% من مجموع السكان العرب يصل إلى ما يزيد على 15800 دولار أمريكي. وتقع الدول العربية الأخرى بين هذين الحدين الأقصيين. وفي 1990 وصل الناتج المحلي الإجمالي (GDP) في الدول العربية إلى 382 بليون دولار أمريكي، أُنتج 39.5% منه في دول مجلس التعاون الخليجي. وهذا المجموع يكافىء 77% من ناتج إسبانيا (492 بليون دولار أمريكي) و 35% من ناتج إيطاليا (1091 بليون دولار أمريكي).

إن اعتماد بلد من البلدان بصورة رئيسية على الدخلات الكمية للنمو الاقتصادي لا يؤدي عمومًا إلى غنى هذ البلد؛ وهذا واضح في حقيقة أن الناتج المحلي الإجمالي لست دول في مجلس التعاون الخليجي هو 151 بليون دولار، وهو أقل مما هو عليه في بلدان صغيرة نسبيا مثل النمسا (157 بليون دولار أمريكي) والسويد ( 228 بليون دولار أمريكي). ففي حين تعتمد دول مجلس التعاون الخليجي الست على الموارد الطبيعية، فإن النمسا والسويد تعتمدان على العلم والتقانة من أجل النمو الاقتصادي. أما الدول العربية الأربع عشرة الأفقر فترزح تحت العبء الثقيل للدين الخارجي. وفي عام 1990 بلغ دينها الخارجي 150 بليون دولار، وهو يكافىء 93% من مجموع ناتجها المحلي الإجمالي. وقد بلغت تكلفة خدمة ديونها 39.6% من حصيلة صادراتها، تاركة القليل جدا من العملة الصعبة لمزيد من التطوير الاقتصادية. وإن اعتماد الدول العربية المستمر على المدخلات الكمية من النمو الاقتصادي، وضعف قدراتها العلمية والتقانية، هو ما أوصلها إلى حالتها الراهنة.

في عام 1990 كانت الحصة الوسطية للصناعة من مجموع الناتج المحلي الإجمالي للدول العربية نحو 41.5% ، لكن الحصة الوسطية للسلع المصنوعة من مواد خام كان فقط 11.8%. وهذا يعني أن حصة الصنع من الإنتاج الصناعي بلغت 28% فقط في حين يعود الباقي إلى استخراج الموارد مثل النفط والغاز. وهذا واضح في كون حصة الصناعة من الناتج المحلي الإجمالي في ثمان من الدول المصدرة للنفط قد تجاوزت 42% في حين أن حصة ما تم تصنيعه لم يتعد 10%. وقد بلغ مجموع دخل ما قامت بتصنيعه الدول العربية مجتمعة 44.5 بليون دولار أمريكي، لكن هذا الإنتاج أقل من إنتاج مثالينا الأوروبيين، النمسا ( 45.5 بليون دولار أمريكي) والسويد ( 54.7 بليون دولار أمريكي). إن ضعف هذا القطاع في الدول العربية يعني أيضًا أن هناك عجزا في القدرات العلمية والتقانية الذاتية. وإن برهانا إضافيا على هذا يأتي من حقيقة أن 81.5% من الصادرات العربية هي مواد خام وسلع أولية أخرى (النفط والمعادن 72.7%). في حين نجد في الوقت ذاته أن 73% من جميع الواردات هي بضائع وسلع مصنوعة من مواد خام.

يستخدم الإنتاج الزراعي في الدول العربية 38% من قوة العمل، وقد بلغت قيمته 45 بليون دولار أمريكي عام 1990، وهذا يشكل 11.8% من الناتج المحلي الإجمالي. إن رقم الإنتاج هذا يقل عما هو في فرنسا ( 38 بليون دولار أمريكي) التي تستخدم أقل من 4% من قوة عملها في الزراعة. إن الدول العربية كلها تستورد أغذية أساسية، وقد ازدادت نسبة الاعتماد على استيراد الغذاء من 35.3% عام 1981 إلى 38.1% عام 1989، في حين زادت الكمية المستوردة من الحبوب من نحو 35 مليون طن عام 1986 إلى ما يقارب 40 مليون طن عام 1989.

## الأمية والتعليم في المرحلة التعليمية الثانية

### *الأمية*

لقد هبطت نسبة الأمية في الدول العربية ككل من 66% عام 1970، إلى 47% عام 1985، ثم إلى 42% عام 1990، وذلك بمعدل هبوط سنوي قدره 2.3%. ويعني هذا أنه في 1990 كان هناك نحو 60 مليون أمي راشد، منهم 39 مليونا ( أي 65% من المجموع) في مصر والسودان والغرب والجزائر. وإذا استمر معدل الهبوط هذا بعد 1990 فسنحتاج إلى 60 سنة أخرى لنصل إلى الهدف المرغوب وهو أمية بنسبة 10% بين السكان العرب. وبما أن نسبة الأمية

بين النساء هي ضعفها بين الرجال، وبما أن هذه النسبة أعلى في المناطق الريفية، فيجب بذل مجهود لإنقاص الأمية بين هذين القطاعين من المجتمع.

إن معدل الأمية أقل من 23% في الأردن وفلسطين ولبنان والبحرين؛ وهو أعلى من 60% في جيبوتي والصومال والسودان واليمن. أما في الجزائر ومصر والمغرب، فيرتفع الرقم قليلا عن المعدل المحلي الذي هو 42%، في حين تكون الأرقام المقابلة بالنسبة للبلدان العربية الأخرى تتراوح بين 27-38%. وللأردن وفلسطين والمملكة العربية السعودية والبحرين سجل طيب في تخفيض نسبة الأمية في الفترة بين 1970-1990 (انظر الجدول 1). ومن المتوقع أن يتم التوصل إلى هدف 10% من الأمية في الأردن وفلسطين والبحرين بحلول عام 2004، وربما في الكويت والمملكة العربية السعودية.

هذا وإن تخفيض الأمية، ولا سيما بين النساء، يجب أن يكون في أعلى سلم أولويات مجهودات التطوير. فالبلدان ذات النسبة العالية من الأمية لا تستطيع أن تتوقع الانتفاع من ثمار معرفة العلم والتقانة.

### *معدلات التسجيل وتعليم العلوم في المرحلة التعليمية الثانية*

إن أحد أسباب تدني معدل انخفاض الأمية هو نسبيا المستوى الهابط للتسجيل في المرحلة التعليمية الأولى. وعلى الرغم من أن النسبة ازدادت في الدول العربية من 62.5% عام 1970 إلى 84.2% عام 1989، بمعدل زيادة سنوية هو 1.6% ، فمازال أمامنا بضع سنوات أخرى للوصول إلى النسبة المرغوبة وهي 95%.

إن معدل نسبة التسجيل بحسب المجموعة العمرية في المرحلة التعليمية الثانية في الدول العربية قد ازداد من 38% إلى 51.5% خلال 1980-1989، بمعدل زيادة سنوية هو 2.26%. وهذا يعني أنه إذا استمر هذا المعدل، فستصل نسبة التسجيل إلى 90% بحلول عام 2014. والبلدان ذات المعدلات الشديدة الانخفاض، نحو 20% أو أقل، هي جيبوتي وموريتانيا والصومال والسودان واليمن (الجدول 1). أما تلك البلدان التي تزيد المعدلات فيها على 51.5% فهي الجزائر والبحرين ومصر والأردن والكويت ولبنان وقطر وسوريا والإمارات العربية المتحدة.

إن التسجيل في المدارس التقنية بالمرحلة التعليمية الثانية ذو أهمية خاصة للعمل وللتنمية الاقتصادية. وإن جزءا صغيرا فقط من التلاميذ في هذه الرحلة مسجل في المدارس التقنية في البلدان العربية. ففي عام 1989 كانت النسبة نحو 12% فقط، مما شكل زيادة على الـ 10.7% لعام 1980، لكنها متدنية فعلا مقارنة بـ 37% في الدول الصناعية. وإذا كان معدل الزيادة وهو 1.28% مستمرا إلى ما بعد 1989، فستصل نسبة التسجيل إلى 37% فقط عام 2075. إن مدى التسجيل المتدني في المدارس التقنية بالمرحلة التعليمية الثانية يمكن أن يتضح أكثر عندما ندرك أنه في 1989 كانت النسبة الوسطية للتسجيل بحسب المجموعة العمرية 6.2% فقط في الدول العربية مقارنة بـ 34.1% في البلدان الصناعية.

إن نسبة الطلبة المسجلين في الميادين التقنية بالمرحلة التعليمية الثانية هي أعلى من المتوسط المعلن فقط في مصر (21.8%) والبحرين ( 18%) والعراق (13.7%) وتونس (13.3%) وربما لبنان. لكن الأرقام متدنية جدا في الإمارات العربية المتحدة (0.8%) والمملكة العربية السعودية (1.9%) وقطر ( 3.5%) وعمان ( 5.1%) والمغرب ( 1.4%) والجزائر (4.9%) وباقي الدول العربية. ولعل السبب وراء هذه المعدلات المتدنية هو النقص في المدارس التقنية، مع أن السبب الأرجح ربما يعود إلى كون العمل اليدوي مازال غير مقبول اجتماعيا في العديد من قطاعات المجتمع. وثمة أيضا موقف ثقافي سلبي تجاه الفعاليات العلمية والتقانية التي تتطلب أعمالا يدوية. إن المردود الضئيل من التقنيين في المرحلة التعليمية الثانية قد يفسر أحد الأسباب الكامنة وراء الإنتاجية المتدنية في القطاعات الزراعية والصناعية.

ينقسم التعليم العام في المرحلة التعليمية الثانية في الدول العربية إلى مساقين في كل منهما 50% تقريبا من

**الجدول 1**
**السكان والأمية والطلبة المسجلون والإنفاق العام على التعليم في الدول العربية**

| البلد | السكان 1990 (ملايين) | أمية البالغين الانخفاض السنوي 1990 (%) | في المئة 1990-70 | نسبة الطلبة المسجلين[1] 1989 المرحلة التعليمية الثانية % | التقانة% | المرحلة التعليمية الثالثة % | العلم% | الإنفاق على التعليم العام[2] (% من الناتج القومي الإجمالي) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| الجزائر | 25.0 | 43 | 2.82 | 61 | 4.9 | 11 | 14 | 10.0 |
| البحرين | 0.5 | 23 | 4.26 | 84 | 18.0 | 15 | – | 5.6 |
| جيبوتي | 0.4 | 80 | 0.97 | 16 | – | – | – | 3.0 |
| مصر | 52.4 | 52 | 1.12 | 81 | 21.8 | 20 | 38 | 6.8 |
| العراق | 18.9 | 40 | 2.54 | 47 | 13.7 | 14 | 33 | 5.0 |
| الأردن | 4.0 | 20 | 4.99 | 70 | 8.0 | 35 | 47 | 6.2 |
| الكويت | 2.0 | 27 | 2.70 | 90 | 0.3 | 18 | 35 | 5.1 |
| لبنان | 2.7 | 20 | 2.22 | 67 | – | 28 | 45 | – |
| ليبيا | 4.5 | 36 | 2.84 | – | – | 10 | – | 11.0 |
| موريتانيا | 2.0 | – | – | 16 | 3.1 | 3 | 12 | 6.0 |
| المغرب | 25.1 | 50 | 2.25 | 36 | 1.4 | 11 | 59 | 8.5 |
| عُمان | 1.5 | – | – | 48 | 5.1 | 4 | 34 | 5.5 |
| فلسطين | 1.6 | 20 | 4.99 | 70 | 8.0 | 30 | 47 | – |
| قطر | 0.4 | – | – | 85 | 3.5 | 24 | 10 | 6.0 |
| العربية السعودية | 14.1 | 38 | 4.46 | 46 | 1.9 | 12 | 34 | 8.6 |
| الصومال | 7.5 | 76 | 1.23 | 10 | – | 3 | 18 | 1.5 |
| السودان | 25.1 | 73 | 0.64 | 20 | – | 3 | 27 | 5.5 |
| سوريا | 12.5 | 35 | 2.73 | 54 | 6.9 | 20 | 31 | 4.5 |
| تونس | 8.2 | 35 | 3.54 | 44 | 13.3 | 8 | 31 | 7.0 |
| الإمارات العربية | 1.6 | – | – | 64 | 0.8 | 9 | 46 | 2.5 |
| اليمن | 11.7 | 61 | 2.08 | 21 | – | 2 | 12 | 6.1 |
| **المجموع** | **221.8** | **42** | **2.29** | **52** | **12.0** | **13** | **35** | **7.0** |

١- نسبة الطلبة المسجلين معبر عنها كنسبة مئوية للأفراد في المجموعة العمرية الذين يحق لهم التسجيل في هذه المرحلة التعليمية وذلك طبقًا للقواعد الوطنية المرعية.

٢- مقدّر.

المصدر: UNDP (1990,1991 and 1992), UNESCO (1992), World Bank (1992).
Some data are also estimated.

الطلبة المسجلين. الأول هو المساق الأدبي الذي يؤكد على الإنسانيات والعلوم الاجتماعية، ويقدم حجما ضئيلا فقط من العلم؛ والآخر هو المساق العلمي الذي يؤكد على الرياضيات والعلوم الطبيعية. وهكذا فإن هذا النظام ذا المساقين يحرم نحو نصف عدد الطلبة في هذه المرحلة من التعرض المناسب للعلوم الطبيعية.

## العلم في التعليم العالي

### *نسبة التسجيل*

إن النسبة الوسطية للتسجيل بحسب المجموعة العمرية في المرحلة التعليمية الثالثة من التعليم الذي يتضمن الجامعة وكذلك مستويات أدنى منها تتجاوز المرحلة التعليمية الثانية ، قد ازدادت في الدول العربية من 41% عام

1970 إلى 9.5% عام 1980 وإلى 10.8% عام 1985 ثم إلى 13% عام 1989، مما يمثل معدلا وسطيا سنويا هو 8.77% خلال الفترة الزمنية 1970-1980 و 3.55% خلال الفترة 1980-1985 و 4.74% خلال الفترة 1985-1989. لكن نسبة 13% لاتزال متدنية جدا مقارنة بـ37% في الدول الصناعية. إن نسبة التسجيل هي الأعلى في الأردن (35%) ولبنان (28%) وقطر (24%) ومصر (20%) وسوريا (20%) والكويت (18%). أما البلدان ذات النسبة المتدنية جدا (أقل من 10%) فهي جيبوتي وموريتانيا وعُمان والصومال والسودان واليمن.

قبل عام 1950 كان التعليم الجامعي في العالم العربي محدودا جدا وبالغ الانتقائية باعتبار أن تسع جامعات فقط وجدت قبل هذا التاريخ. وما إن حصلت الدول العربية على استقلالها حتى تأسست جامعات جديدة. وقد أنشئت أربع وعشرون منها في الفترة ما بين 1950-1969 وإحدى وثلاثون خلال الفترة 1970-1979، و 29 خلال 1980-1989، وقد وصل عددها إلى 93 جامعة عام 1990. وباستثناء بضعة بلدان عربية ذات نسب التسجيل المنخفضة جدا في الرحلة التعليمية الثالثة، فكل البلدان العربية الأخرى قامت بتأسيس وزارات أو مجالس للتعليم العالي بهدف صياغة سياسة التعليم العالي وتخطيطه.

### *طلبة المرحلة الجامعية الأولى في المجالات العلمية العامة*

تشير المعطيات المتوافرة إلى أن عدد طلبة المرحلة الجامعية الأولى من أبناء الدول العربية، الدارسين داخل المنطقة أو خارجها، قد ازداد من 0.99 مليون عام 1980 إلى 1.47 مليون عام 1985، وذلك بمعدل وسطي سنوي للزيادة يقدر بنحو 8.2% (قاسم ، 1989). وإذا افترضنا استمرارية هذا المعدل خلال الفترة 1985-1990، فمن المتوقع أن يكون العدد قد وصل إلى 2.18 مليون عام 1990. وقد تغير المعدل السنوي للزيادة في الثمانينات من بلد إلى بلد. فالعديد من دول مجلس التعاون الخليجي، وهي العربية السعودية وقطر والإمارات العربية المتحدة وعمان، قد تسنّم القيادة بنسب تزيد على 13%. وهذه النسبة كانت عالية أيضا في الجزائر (12.3%) والمغرب (11.8%). أما البلدان الأخرى فلديها نسب تقترب من أو تقل عن الوسطي الإجمالي. ومعظم الطلبة في المرحلة الجامعية الأولى يتركزون في قليل من الدول العربية، وهكذا فإن 44.2% من المجموع هم في مصر و 11.8% في المغرب و 8.6% في الجزائر و7.3% في سوريا مما يصل بالمجموع إلى 71.9% في هذه الدول الأربع. أما حصة الأقطار السبعة عشر الأخرى فهي صغيرة؛ مثلا، حصة دول مجلس التعاون الخليجي الست هي فقط 7.3%.

عند هذه النقطة لابد من ملاحظة أن مجموع السكان العرب في المجموعة العمرية 20-24 كان 14.9 مليون عام 1980، و 17 مليونا عام 1985 ؛ و 19.6 مليون عام 1990. وباستعمال هذه الأرقام مع عدد الطلبة في المرحلة الجامعية الأولى يمكن حساب نسب التسجيل في هذه المرحلة العمرية كما يلي:

6.7% عام 1980، 8.6% عام 1985 و 11.1% عام 1990. وفي واقع الأمر هذه أرقام جدّ صغيرة.

يوضح الجدول 2 توزع الطلبة في الرحلة الجامعية الأولى في المجالات العلمية العامة. إن حصة الإنسانيات والعلوم الاجتماعية طاغية، وقد وصلت إلى 67.8% عام 1990، تاركة 32.6% فقط لتوزع على المجالات الأخرى. وفي حين ازدادت حصة العلوم الطبيعية زيادة طفيفة من 9.2% عام 1985 إلى 10.1% عام 1990، فإن حصة العلوم الطبية تناقصت من 9.2% إلى 8.1%، والعلوم الهندسية أيضا من 9.2% إلى 8.1%، والعلوم الزراعية من 5.5% إلى 4.1%.

**الجدول 2**

**عدد الطلبة العرب في المرحلة الجامعية الأولى (داخل المنطقة وخارجها) وتوزعهم على الحقول العلمية العامة**

| الحقل | وسطي الزيادة السنوية 1980-85(%) | طلبة في المرحلة الجامعية الأولى(بالآلاف) 1985 | 1990 [1] | % من المجموع 1985 | 1990 [1] |
|---|---|---|---|---|---|
| العلوم الطبيعية | 10.4 | 135.6 | 222.0 | 9.2 | 10.1 |
| العلوم الطبية | 5.6 | 134.8 | 176.9 | 9.2 | 8.1 |
| العلوم الهندسية | 4.4 | 172.9 | 214.8 | 11.8 | 9.9 |
| العلوم الزراعية | 1.7 | 81.2 | 88.4 | 5.5 | 4.1 |
| العلوم الاجتماعية والإنسانيات | 9.4 | 945.6 | 1478.5 | 64.3 | 67.8 |
| **المجموع** | **8.2** | **1470.1** | **2180.6** | **100.0** | **100.0** |

١- تقديري، ويعتمد على وسطي الزيادة السنوية خلال الفترة 80-1985

المصدر: قاسم، 1989

إن هذه الاتجاهات ليست صحية، لأن مرحلة التنمية الحالية في الدول العربية تتطلب المزيد من الأطباء والصيادلة والممرضات والمهندسين والعلماء والزراعيين والاختصاصيين الآخرين لتلبية الحاجات الملحة. وعلى سبيل المثال، تتجاوز حاجات القطاع الزراعي إلى حدٍ كبير مردود الموارد البشرية في الجامعات في العلوم الزراعية. ويتضح هذا بجلاء في حقيقة أن 4.1% فقط من مجموع الطلبة مسجلون في العلوم الزراعية. فإذا كان ربع عدد الطلبة البالغ عددهم الكلي 88400 في هذا الميدان عام 1990 قد تخرج في 1991، فالمردود سيكون إذًا 22100 طالب، لكن هذا الردود يبدو صغيرا على نحو ما باعتبار أن نسبة الاعتماد على الغذاء المستورد في الدول العربية نسبة عالية (38%)، وتستمر في الازدياد مع مرور الزمن. ومن منطلق الصحة، فإن المعدل الوسطي لوفيات الأطفال دون سن الخامسة في الدول العربية هو مئة في كل ألف ولادة حية، وهو أعلى بخمس مرات مما هو عليه في البلدان الصناعية. فضلا عن هذا فإن 56 مليونا من العرب لا يملكون سبيلا إلى الخدمات الطبية حتى الآن. وإن الإنتاجية المتدنية جدا للصناعة الإنتاجية في الدول العربية، على نحو ما ذكرناه آنفا، تؤكد بوضوح الحاجة إلى مهندسين أكثر من جميع الميادين. وحتى في الأردن، المعروف بزاده الجيد من الموارد البشرية، ثمة 5% فقط من مجموع قوة العمل في الصناعة من المتخصصين في العلوم الهندسية.

إن الاختلالات في توزيع الطلبة بحسب المجال العلمي يمكن أن تعود إلى نقص التسهيلات في العلوم الطبيعية والطبية والهندسية والزراعية، على الرغم من أن السبب الأولي لابد وأن يرجع إلى تقسيم التعليم العام في المرحلة التعليمية الثانية إلى مسار أدبي وآخر علمي. ففي حين يمكن لمن ينهون المسار الأدبي أن يتسجلوا فقط في العلوم الاجتماعية والإنسانيات في الجامعة، فإن الذين يحصلون على أعلى الدرجات فقط في المسار العلمي يسمح لهم بالتسجيل في كليات العلوم الطبيعية والهندسة والطب والزراعة. وهذا ما يمنع تلقائيا نحو ثلثي الحائزين شهادة الثانوية العامة في التعليم العام من الانتساب إلى الجامعة في هذه التخصصات.

### *الطلبة الخريجون في الحقول العلمية العامة*

لقد ازداد مجموع الطلبة الخريجين الذين يحضرون لدرجتي الماجستير والدكتوراه داخل المنطقة العربية وخارجها من 51400 عام 1980إلى 78700 عام 1985، بنسبة زيادة سنوية بلغت وسطيًا 8.9% (قاسم، 1987). فإذا افترضنا استمرار هذا المعدل خلال 1985-90 فالرقم لابد أن يكون قد وصل إلى 120400 عام 1990. لقد ارتفعت معدلات الزيادة العالية أثناء الثمانينات في دول مجلس التعاون الخليجي (13% فما فوق)، والجزائر (12.2%)، والأردن (12.4%)، وسوريا (12%)، والمغرب (11%). إن لدى مصر العدد الأكبر من الطلبة الخريجين، ففي 1990 شكل هؤلاء (45.9%) من مجموع طلبة المنطقة. تأتي بعدها الجزائر بنسبة 15.8% من المجموع، والغرب 12.8%والسعودية 8.2% والعراق 4.8% والأردن 3.6%. ولدى هذه الأقطار الستة ما يقدر بـ 91.1% من مجموع الطلبة الخريجين في الدول العربية.

يوضح الجدول 3 توزيع الطلبة الخريجين على الحقول العامة للعلم. والوضع هنا يتضارب تماما مع وضع طلبة المرحلة الجامعية الأولى من منطلق النسبة العالية للطلبة في حقل العلوم الاجتماعية والإنسانيات. إن النسبة المئوية للطلبة الخريجين في العلوم الاجتماعية والإنسانيات قد تناقصت من 40.8% في 1985 إلى 38% في 1990. إضافة إلى ذلك فإن توزع الطلبة الخريجين في الحقول الأخرى كان مقبولا تماما، باعتبار أنه في عام 1990 كان 13.1% في العلوم الطبيعية، و 27.1% في العلوم الطبية، و 11.9% في العلوم الهندسية، غير أن نسبة 9.9% في العلوم الزراعية يجب أن تعتبر متدنية نوعا ما.

هذا التوزع المتوازن -إلى حد ما - والذي هو في صالح حاجات التطوير، شرط لازم ولكن غير كافٍ، لأن مجموع عدد طلبة الماجستير والدكتوراه قليل فعلا. ويمكن إيضاح هذا بإظهار نسبة الطلبة الخريجين إلى الطلبة غير الخريجين. لقد كانت هذه النسبة: 5.2% عام 1980، 5.4% عام 1985، 5.5% عام 1990. وبمعنى آخر، كانت هذه النسبة ثابتة خلال الثمانينات. وإذا لم تُرفع إلى 10% أو نحوها فلن يمكن تلبية الطلب بالنسبة إلى حاملي الماجستير والدكتوراه. وكنتيجة للعدد المتدني للطلاب الخريجين، فإن نسبة إلى عدد الطلبة إلى عدد أعضاء الهيئات التدريسية في الجامعات ستستمر في الارتفاع، وستبقى مؤسسات البحث والتطوير مفتقرة إلى جهاز تعليمي كاف.

في 1990 كان نحو 28% من جميع الطلبة الخريجين يحضّرون للدكتوراه، مما يصل بمجموعهم إلى ما يقارب 22 000. وهذا الرقم صغير نسبيًا إذا ما أخذنا بعين الاعتبار حاجة الجامعات إلى زيادة نسبة حاملي الدكتوراه في هيئات التدريس فيها عما هي عليه حاليا:57% . وكما نشاهد في الجدول 3، فإن نسبة طلبة الدكتوراه عالية تماما في العلوم الزراعية (43%). أما بالنسبة للحقول الأخرى، فالنسب المقابلة متدنية عموما إذا أخذنا في الاعتبار الاحتياجات الراهنة.

تتنامى قدرة معظم الجامعات العربية على استيعاب الطلبة الخريجين في مستوى الماجستير، باعتبار أن 15% فقط من هؤلاء الطلبة يضطرون إلى متابعة تعليمهم في مكان آخر. ومهما يكن من أمر، فإن برامج الدكتوراه لاتزال محدودة عدديا. ففي حين أن نحو 25% من مجموع طلبة الدكتوراه المصريين يدرسون في مكان آخر، نلاحظ أن النسب المقابلة في الأقطار العربية الأخرى تتجاوز 80%.

**الجدول 3**

**عدد الطلبة العرب (داخل المنطقة وخارجها) وتوزعهم على مختلف حقول العلم العامة**

| الحقل | وسطي الزيادة السنوية 1980-85(%) | الطلبة الخريجون بالآلاف 1985 | %PhD | 1990[1] | % من المجموع 1985 | 1990 | 1990[1] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| العلوم الطبيعية | 7.35 | 11.0 | 27 | 15.7 | 13.1 | 14.0 | |
| العلوم الهندسية | 8.41 | 9.5 | 31 | 14.3 | 11.9 | 12.1 | |
| العلوم الزراعية | 8.18 | 8.0 | 43 | 11.9 | 9.9 | 10.2 | |
| العلوم الاجتماعية والإنسانيات | 7.39 | 32.1 | 23 | 45.8 | 38.0 | 40.8 | |
| **المجموع** | **8.88** | **78.6** | **28** | **120.4** | **100.0** | **100.0** | |

١- مقدرة على أساس وسطي الزيادة السنوية خلال الفترة 1980-85

المصدر: قاسم، 1987

وعلى أي حال فلابد من القول بأن ما توفره الجامعات المحلية من قدرات على استيعاب أعداد طلبة الدكتوراه يجب ألا ينظر إليه تلقائيا بعين الرضا، لأن الحصول على تعليم جيد في هذا المستوى في البلدان المصنعة هو أفضل لحاجات التنمية على المدى الطويل. وبالتالي تفضل معظم الجامعات العربية في هذه المرحلة أن تركز على التوسع في برامج درجة الماجستير وتحسينها.

***الاستثمار العام في التعليم العالي***

إن مجموع الاستثمار العام في جميع مستويات التعليم في الدول العربية والمعبر عنه بنسبة مئوية من الناتج القومي الإجمالي، قد ازداد من 4.4% عام 1980 إلى 6.2% عام 1985، وإلى نسبة تقدر بنحو 7% عام 1990. وهذا يصل

بمجموع الاستثمار إلى ما يقارب 24 بليون دولار أمريكي عام 1985، وما يقرب من 30 بليون دولار أمريكي عام 1990، مما يجعل معدل الإنفاق من الناتج القومي الإجمالي على تعليم الفرد الواحد مساويا تقريبًا لـ 126 دولارا أمريكيا في عام 1985 و 135 في 1990. وكنسبه مئوية من الناتج القومي الإجمالي، يتراوح الاستثمار في التربية والتعليم في الدول العربية بين ما يزيد على 8% في الجزائر وليبيا والغرب والمملكة العربية السعودية وأقل من 3% في جيبوتي والصومال والإمارات العربية المتحدة (انظر الجدول 1).

إن الاستثمار العام في التعليم العالي كنسبة مئوية من الاستثمار في جميع مستويات التعليم معروف لدى قلة قليلة من الدول العربية. وتشير البيانات المتوافرة إلى أن هذه النسبة تزيد قليلا على 20% في مصر والعراق والأردن وسوريا، وأقل من ذلك في الدول العربية الأخرى (برنامج الأمم المتحدة للتنمية UNDP: 1990و 1991 و 1992). وإذا قدرنا الوسطي بنحو 25% فالاستثمار في جميع مستويات التعليم هو نحو 7.5 بليون دولار أمريكي عام 1990، أو 1.74% من الناتج القومي الإجمالي. وهذه النسبة تكافىء 14% من الإنفاق العسكري خلال السنة نفسها. ويمكن أن نقول باطمئنان إن الحد الأعلى لوسطي الإنفاق على الجامعات كان 20% من مجموع الإنفاق في جميع مستويات التعليم، أو 6 بلايين دولار أمريكي عام 1990.

## البحث والتطوير

لا تتوافر بيانات حديثة عن مدخلات البحث والتطوير لدى جميع أو معظم الدول العربية، وعلى أي حال سنستعمل بيانات عام 1985 التي أعدها الأستاذ قاسم عام 1987 ثم نقدر استقرائيا بيانات عام 1990، بعد القيام بافتراضات معقولة (قاسم، 1987). لقد أسست معظم الدول العربية منظمات من نوع وزارات التعليم العالي أو البحث العلمي أو مجالس العلم والتقانة من أجل صياغة وتخطيط سياسة علمية تقانية. وسنحاول في هذا القسم تقديم معلومات عن وضع البحث في الجامعات ومراكز البحث والتطوير.

### *البحث والتطوير في الجامعات*

إن أنشطة البحث والتطوير تُنفذ في الجامعات على أساس فردي من قبل أعضاء الهيئة التدريسية فيها ويعاونهم مساعدو باحثين، وتنفذ من قبل مراكز البحث والتطوير الجامعية المتخصصة إدارة مجموعات صغيرة من الموظفين تستفيد من خدمات الهيئات التدريسية في الجامعات. وكان تأسيس هذه المراكز استجابة للحاجات الاقتصادية إلى حد كبير، حيث توجب القيام بالبحث والتطوير على أساس متعدد التخصصات. وثمة نحو 45 من هذه المراكز ملحقة بالجامعات وتعمل على بحوث تتعلق بالزراعة والطب والمياه وعلوم البحار والبيئا والحواسيب والاستشعار عن بعد والاقتصاد والعلوم التطبيقية الأخرى.

إن عدد أعضاء الهيئات التدريسية في جميع حقول العلم العامة بالجامعات العربية قد ازداد من 35800 عضو عام 1980 إلى 51300 عضو عام 1985، بمعدل زيادة سنوية قدره 7.5%. وعندما يطبق هذا المعدل على الفترة بين 1985 و 1990، نرى أن المجموع قد يبلغ 73500 عام 1990. وفي عام 1990 بلغ عدد حاملي درجة الدكتوراه 40600، أو 55.2% من مجموع حاملي الدرجات العالية، في حين بلغ عدد حاملي درجة الماجستير 32900 (44.8%). وفي مصر هناك نحو 45% من مجموع العلميين في جامعات الدول العربية. أما الجزائر ففيها 13% والغرب 9% في حين أنه في كل من المملكة العربية السعودية والعراق 8%. وهذه البلدان الخمسة تمتلك نحو 93% من مجموع العلميين العاملين في جامعات المنطقة.

يعرض الجدول 4 عدد العلميين وتوزعهم حسب مختلف حقول العلم العامة. وللحصول على العدد المكافىء من العلميين المتفرغين (FTE)[1] للبحث والتطوير من مجموع العلميين العاملين في هذا المجال، تم افتراض أن عضو الهيئة التدريسية في الجامعات يقضي ما بين 20% و 25% من فترة عمله في أنشطة البحث والتطوير. وقد أضيف عدد مماثل من مساعدي الباحثين للحصول على العدد الكلي. وهكذا يتراوح عدد المتفرغين للبحث والتطوير ( من الباحثين

(١) The full-time equivalent

**الجدول 4**
**عدد العلميين حملة الماجستير والدكتوراه (أعضاء الهيئات التدريسية في الجامعات)، والعدد المكافىء من الباحثين ومساعديهم المتفرغين (FTE) للبحث والتطوير في جامعات الدول العربية، حسب الحقول العلمية العامة:**

| الحقل | وسطي الزيادة السنوية (%) 1985-80 | علميون يحملون درجة الماجستير أو الدكتوراه (بالآلاف) 1985 | 1990[1] | العدد المكافىء من المتفرغين للبحث والتطوير(بالآلاف) 1990[1] علميون[2] | مساعدون | المجموع | حصة البحث والتطوير من الإنفاق % من المجموع | (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| العلوم الطبيعية | 8.2 | 9.9 | 14.6 | 3.6 | 3.6 | 7.2 | 19.6 | 23 |
| العلوم الطبية | 7.6 | 10.7 | 15.4 | 3.9 | 3.9 | 7.8 | 21.2 | 25 |
| العلوم الهندسية | 8.0 | 7.0 | 10.3 | 2.6 | 2.6 | 5.2 | 14.1 | 16 |
| العلوم الزراعية | 5.9 | 6.0 | 8.0 | 2.0 | 2.0 | 4.0 | 10.9 | 13 |
| العلوم الاجتماعية والإنسانيات | 7.3 | 17.7 | 25.2 | 6.3 | 6.3 | 12.6 | 34.2 | 23 |
| **المجموع** | **7.5** | **51.3** | **73.5** | **18.4** | **18.4** | **36.8** | **100.0** | **100** |

١- مقدر بناء على وسطي الزيادة السنوية خلال الفترة 80-1985
٢- تم الحصول على هذه الأعداد بافتراض أن 25% من وقت هؤلاء مكرس للبحث والتطوير.

المصدر: قاسم، 1987

ومساعديهم) بين 29400 و 36800 عام 1990. وبالتالي هناك ما يكافىء ما بين 132 و 166 من العلميين المتفرغين للبحث والتطوير في كل مليون نسمة. هذا وإن توزع العلميين الباحثين على مختلف حقول العلم هو، على نحو ما يرى في الجدول 4، مقبول باستثناء حقل العلوم الزراعية الذي لا يتلقى حصة ملائمة من الباحثين.

يشمل الاستثمار في البحث العلمي بالجامعات الرواتب والمنافع والتسهيلات والخدمات، إضافة إلى المنح أو تمويلات البحوث التعاقدية من مصادر متعددة. وثمة منح بحثية سخية تقدمها الجامعات في الكويت والمملكة العربية السعودية وبقية بلدان مجلس التعاون الخليجي. من ناحية ثانية، فإن هذه المنح محدودة في الدول العربية الأخرى. لقد افترض أن نسبة 20% من الاستثمار في جميع مستويات التعليم يكرس للتعليم الجامعي، الأمر الذي جعل الاستثمار في الجامعات يبلغ 6 بلايين دولار أمريكي عام 1990. وبما أن علميي الجامعة يكرسون وقتا وسطيا يبلغ نحو 20% من وقتهم المكرس للبحث والتطوير في الحد الأدنى، و 25% في الحد الأعلى، فإن الإنفاق على البحث والتطوير في الجامعا قد يصل إلى 1.2 أو 1.5 بليون دولار أمريكي على التوالي. وإذا قدرنا التمويل الخارجي بـ 15% من التمويل الكلي، فإن مجموع الإنفاق على البحث والتطوير في الجامعات قد يتراوح ما بين 1.32 و 1.65 بليون دولار أمريكي. وهذه الأرقام تكافىء 0.31% و 0.38% من الناتج القومي الإجمالي لعام 1990. هذا وإن افتراض أن الوقت الذي يكرسه عضو هيئة التدريس في الجامعات للبحث والتطوير يبلغ نحو 20%من وقت عمله الكلي، هو معقول تمامًا؛ فقد دلّ مسح شامل لإمكانات العلم والتقانة أجري في الأردن، على أن هذا المعدل هو18% (داغستاني وشاحاتيت، 1988).

ليس الإنفاق على البحث والتطوير في الجامعات موزعا بحسب أرقام القوى البشرية العلمية في كل حقل عام من حقول العلم، كما هو مبين في الجدول 4، لأن وسطي

الكلفة المقدرة في بحوث العلوم الاجتماعية والإنسانيات في الدول العربية يبلغ نحو 60% مما هو في الحقول الأخرى. بالتالي، إن توزيع نفقات البحث والتطوير تبعا للحقول يقدر بنحو 23% للعلوم الطبيعية، و 25% للعلوم الطبية، و 16% للعلوم الهندسية، و 13% للعلوم الزراعية، و 23% للعلوم الاجتماعية والإنسانيات.

### *مؤسسات البحث والتطوير*

لقد شرعت الدول العربية بتأسيس مراكز للبحث والتطوير استكمالا لجهود الجامعات في إنجاز بحوث علمية تطبيقية، ومن أجل التوسع في التجارب من أجل التطوير وذلك بتبني مقاربة متعددة التخصصات لحل المسائل المطروحة، وبإقامة روابط أوثق مع مختلف قطاعات الإنتاج. هذا وترد منظمات الأبحاث تحت أسماء متعددة، مثل: الأقسام والمديريات والمعاهد والمراكز؛ غير أننا في هذا المقال سنغطيها جميعًا بكلمة مركز.

يُقدّر أن عدد مراكز البحث والتطوير في المنطقة بلغ 265 عام 1990. وقد أسس نحو 65 منها خلال الفترة 1969-1950، و 170 خلال الفترة 1970-1979 و 30 خلال الفترة 1980-1990 (قاسم، 1987). ويُراوح - إلى حد كبير - عدد العاملين في البحث والتطوير (العلميون ومساعدوهم) في كل من هذه المراكز: ما بين أكثر من 3000 وأقل من 50. وفي عام 1985، كان العدد الكلي للعلميين العاملين في البحث والتطوير من حملة الماجستير والدكتوراه نحو 8800. ومع أن العدد الفعلي للمستخدمين في هذه الراكز يزيد على أربعة أضعاف هؤلاء العلميين، فإن عدد مساعدي الباحثين يساوي نحو ضعف عدد العلميين، مما يصل بمجموع العاملين في البحث والتطوير عام 1987 إلى 26400 أو 138 في كل مليون نسمة من السكان. وباستخدام الصيغة نفسها، وبافتراض أن العدد يزداد بمعدل سنوي يبلغ 5%، فقد قُدّر أن العدد المكافىء من المتفرغين للعمل في البحث والتطوير سيصل إلى 33 700 أو 125 في كل مليون نسمة عام 1990. يعرض الجدول 5 توزّع هذا العدد التقديري للعاملين في البحث والتطوير عام 1990 على تسعة من حقول العلم العامة. ومما تجدر ملاحظته أن حصة الزراعة والغذاء كانت 44%، في حين جاء حقل النفط والبتروكيماويات والكيماويات في الموقع الثاني و بنسبة تقدر بـ 13.9% من المجموع، تتبعهما الطاقة 8.9%، والتعدين 8.6%، والعلوم الطبيعية 6.2%. وكما هو بيّن، يمكن في واقع الأمر اختزال الحقول الواردة في هذا الجدول إلى الحقول الخمسة التي جئنا على ذكرها، إذ إن الزراعة والمياه والري والأراضي القاحلة، يمكن اعتبارها جزءا من العلوم الزراعية. أما الطاقة وصناعة البتروكيماويات والتعدين فتقع في فئة العلوم الهندسية.

**الجدول 5**

**العدد التقديري للعاملين في البحث والتطوير (على أساس التفرغ FTE) في مراكز البحث والتطوير بالدول العربية تبعًا للحقول العلمية، عام 1990**

| الحقل | عدد المراكز | المشتغلون المتفرغون في البحث والتطوير (بالآلاف) | % من المجموع |
|---|---|---|---|
| العلوم الزراعية | 87 | 16.7 | 49.7 |
| الزراعة والغذاء | 61 | 14.8 | 44.0 |
| الماء والري المناطق الجافة | 16 | 1.0 | 3.0 |
| والاستشعار عن بعد | 10 | 0.9 | 2.7 |
| العلوم الطبيعية | 41 | 2.1 | 6.2 |
| العلوم الطبية | 32 | 1.6 | 4.7 |
| العلوم الهندسية | 92 | 10.6 | 31.4 |
| الطاقة (نووية ، كهربائية، شمسية ..إلخ) | 29 | 3.0 | 8.9 |
| النفط ،البتروكيماويات والكيماويات | 22 | 4.7 | 13.9 |
| التعدين، المواد، الإلكترونيات...الخ | 41 | 2.9 | 8.6 |
| العلوم الاجتماعية والإنسانيات | 13 | 2.7 | 8.0 |
| المجموع | 265 | 33.7 | 100.0 |

المصدر: قاسم، 1987

لقد كان سبب إيراد تسعة حقول في الجدول 5 هو تبيان مدى صغر عدد الباحثين المكافىء من المتفرغين في حقول المياه والري والأراضي القاحلة والنفط والصناعات الكيماوية والبتروكيماوية. وكما بيّنّا في قسم سابق، فإن المياه والأراضي القاحلة مشكلتان خطيرتان في معظم الدول العربية، لكن عدد الباحثين المكرسين لهاتين المشكلتين صغير مقارنة بحجمهما. إضافة إلى هذا فإن العدد المكافىء من الباحثين المتفرغين (4700) المكرسين للنفط والصناعات الكيماوية والبتروكيماوية يأتي دون مستوى الحاجة إلى تطوير المعرفة التطبيقية أو الخبرة في استعمال موارد النفط والغاز الهائلة في العالم العربي، في الصناعات المنتجة للسلع الضرورية. إضافة إلى ذلك فإن العدد المكافىء من الباحثين المتفرغين للبحث والتطوير في العلوم الهندسية هو 10600، وهو صغير إذا ما أخذنا بعين الاعتبار أن الدول العربية استثمرت ما يزيد على 120 بليون دولار أمريكي في الصناعة خلال السنوات الخمس عشرة الأخيرة.

يتركز في مصر معظم الموارد البشرية المكرسة للبحث والتطوير، فحصتها من هذه الموارد تبلغ 56% من المجموع الكلي لعام 1990، في حين تبلغ حصة العراق 11%، والمملكة العربية السعودية 12% والباقي موزع بين 18 دولة عربية.

ليست ثمة بيانات موثوق بها عن الإنفاق في مراكز البحث والتطوير في الدول العربية. ولكن يمكن أن نقوم بتخمين معقول بأن نأخذ رقم الإنفاق على البحث والتطوير في الجامعات ونعدّله وفق الأعداد المكافئة من الباحثين المتفرغين للبحث والتطوير في مراكز البحوث والجامعات. وبذا نحصل على 1.51 بليون دولار أمريكي، وهو ما يمثل 0.35% من مجموع الناتج القومي الإجمالي للمنطقة.

### *ملخص عن العاملين في البحث والتطوير والإنفاق في هذا المجال*

تشير البيانات المقدمة حتى الآن إلى أن المجموع التقديري للعاملين في البحث والتطوير داخل الجامعات ومراكز البحث والتطوير قد ازداد من 52100 عام 1985 إلى 70500 عام 1990، وهذا يمثل زيادة سنوية تبلغ وسطيا 6.2% وقد شكل المجموع الأخير 318 علميًا متفرغاً للبحث والتطوير في كل مليون نسمة، مقابل وسطي يقارب 3600 في الدول المتطورة (اليونسكو، 1990). ويوضح الجدول 6 توزع هؤلاء العلميين على الحقول العلمية العامة في المنطقة.

لقد ازداد مجموع الاستثمار في البحث والتطوير بالجامعات من ما يقارب 2.3 بليون دولار أمريكي عام 1985 إلى 3.2 بليون دولار عام 1990. والرقم الأخير يشكل 0.75% من الناتج القومي الإجمالي، ،هي نسبة جد متدنية مقارنة بوسطي يبلغ 2.92% من الناتج القومي الإجمالي في الدول المتطورة (اليونسكو، 1991).ويعرض الجدول 7 التوزع التقديري للاستثمار في البحث والتطوير بين الحقول العلمية العامة.

**الجدول 6**

**العدد التقديري للباحثين (على أساس التفرغ FTE)بالجامعات ومراكز البحث والتطوير في البلدان العربية، عام 1990**

| الحقل | مراكز البحث الجامعات | والتطوير | المجموع | %من للمجموع | العدد المكافىء من المتفرغين (FTE) في كل مليون نسمة |
|---|---|---|---|---|---|
| العلوم الطبيعية | 7.2 | 2.1 | 9.3 | 13.2 | 42 |
| العلوم الطبية | 7.8 | 1.6 | 9.4 | 13.3 | 42 |
| العلوم الهندسية | 5.2 | 10.6 | 15.8 | 22.4 | 71 |
| العلوم الزراعية | 4.0 | 16.7 | 20.7 | 29.4 | 93 |
| العلوم الاجتماعية والإنسانيات | 12.6 | 2.7 | 15.3 | 21.7 | 69 |
| المجموع | 36.8 | 33.7 | 70.5 | 100.0 | 318 |

المصدر : البيانات محسوبة من الجدولين 4 و 5.

**الجدول 7**

**المبالغ الكلية التي أنفقت على البحث والتطوير في الجامعات ومراكز البحث والتطوير العربية، عام 1990**

| الحقل | الإنفاق على البحث والتطوير ببلايين الدولارات | % من المجموع | % من الناتج القومي الإجمالي |
|---|---|---|---|
| العلوم الطبيعية | 0.46 | 14.4 | 0.11 |
| العلوم الطبية | 0.46 | 14.4 | 0.11 |
| العلوم الهندسية | 0.78 | 24.4 | 0.18 |
| العلوم الزراعية | 1.04 | 32.5 | 0.24 |
| العلوم الاجتماعية والإنسانيات | 0.46 | 14.4 | 0.11 |
| المجموع | 3.20 | 100.0 | 0.75 |

المصدر: البيانات محسوبة من الجدول 4 ومما جاء في نص المقال.

## مشكلات وتوجهات

إن أغراض القيام بالبحث والتطوير في الجامعات لا تقتصر على استيلاد معرفة جديدة كغرض نبيل بحد ذاته، وإنما تتجاوزه إلى تحسين قدرات الهيئة الجامعية في تعليم الطلبة، وبخاصة طلبة الدراسات العليا، وخدمة حاجات البلاد الاجتماعية والاقتصادية. ومن جانب آخر، فقد أسست مراكز البحث والتطوير تحديدًا لاستيلاد معرفة جديدة، ولاستخدام هذه المعرفة من أجل خدمة بلاد هذه الراكز. وفي كلتا الحالتين، ومع أنه قد أجريت بحوث تطبيقية، فإن الأعمال التطويرية التي تمت كانت قليلة. وبصورة عامة لم تخلّف أنشطة البحث والتطوير في الدول العربية تأثيرًا ملحوظًا في مختلف قطاعات الاقتصاد، لأن النظام الاقتصادي الاجتماعي غالبًا ما يتجاوز الجماعة العلمية، نتيجة الاعتماد المفرط على تجارة التقانة ومشروعات المفتاح باليد [1]، وشراء التراخيص من الشركات الاجنبية. وبالتالي، فإن نقص الطلب على بحث وتطوير يعتمدان على القدرات المحلية قد تسبب في قلة أعداد العلميين المؤهلين للانخراط في البحث والتطوير وكذلك في قلة الاستثمارات فيهما.

وعلى الرغم من هذا كله فإنه لا ينبغي إعفاء الجماعة العلمية من مسؤولياتها في القيام بعمليات بحث وتطوير ذات صلة وثيقة بالاحتياجات الفعلية، وفي متابعة التطوير اللازم لتطبيق نتائج البحث والتطوير. فالجماعة العلمية تضع ما يخصها من القواعد والأنظمة التي تحث على نشر نتائج البحث والتطوير، ولكن لا يوجد الحافز نفسه على بذل مجهود يتجاوز نشر تلك النتائج. في الثمانينات، شرعت عدة مؤسسات علمية في الدول العربية بشكل فعلي في ترقية البحوث التعاقدية مع القطاع الإنتاجي. فمثلا، حصل معهد الكويت للأبحاث العلمية (KISR) على نحو 50% من إنفاقه السنوي بمن خلال بحوث تعاقدية. وبالمثل فإن الجمعية العلمية الملكية الأردنية، التي تنجز بحوثا صناعية وتقدم خدمات في مجال البحث والتطوير، كانت قادرة على تغطية 100% من إنفاقها عام 1992 بطريقة مماثلة. ولكي يتم التحرك في هذه الاتجاهات، يجب على مؤسسات البحث والتطوير في الدول العربية أن تجد سبلا جديدة في العمل كي تتمكن من تبرير الاستثمار العام المتاح لها مهما قل نصيبه.

هذا وينبغي أن نضيف أن فئة قليلة جدا من منظمات القطاع الخاص تمتلك مراكز خاصة بها للبحث والتطوير، وعندما يتوافر لها ذلك فإنها تنهمك في تقديم خدمات في مجال البحث والتطوير، كإعداد دراسات أو التحكم في النوعية. وإن وحدات البحث الصناعي هي أكثر انتشارا في الصناعات الموجهة للتصدير والتي تلقى منافسة في السوق العالمية، لكن هذه الوحدات قليلة نسبيا. أما الصناعات الأخرى التي توفر بدائل لبعض ما تستورده البلاد، فغالبًا ما تكون محمية جيدًا بتعرفات استيراد عالية تجعل الأسواق المحلية منغلقة عليها، وبالتالي فإن حاجة هذه الصناعات إلى البحث والتطوير ضئيلة فعلا.

**فخر الدين الداغستاني**: مدير الدراسات الدولية لدى الجمعية العلمية الملكية الأردنية، وكان قبل ذلك رئيسًا لها. حصل على الدكتوراه في الهندسة الميكانيكية من جامعة ميسوري بالولايات المتحدة الأمريكية ومنح ميدالية *Das Grosse Verdienstskreutz* من رئيس جمهورية ألمانيا الاتحادية عام 1985. وهو زميل مؤسس للأكاديمية الإسلامية للعلوم وأحد أعضاء مجلسها منذ 1986.

(١) turn-key projects : مشروعات تسلم جاهزة لأصحابها دون أن يكون لهؤلاء أي دور في تنفيذها.

# إفريقيا

توماس .R أوديامبو

في عدد الشهر 1/ 1993 من المجلة الشهرية *الثرثار The Tatler*، مَيّز كاتب بين البطولة وذيوع الصيت. ووَصف الأبطال بأنهم "رجال ونساء يَسْمونَ فوق كل ماهو اعتيادي من مفاهيم الشجاعة وسحر الشخصية والقيادة" (Anonymous,1993). وفي الواقع، فالأبطال هم "أناس أظهروا شجاعة بتمسكهم بقيم تقع خارج نطاق المعايير". وهم ليسوا أنصاف آلهة أو آلهة إغريقية، وكما يذكّرنا الكاتب:

"إن الإغريق، الذين ابتدعوا فكرة الأبطال، لم يَدُر في خلدهم أن يكونوا أناسًا حقيقيين. فالأبطال هم آلهة أو أبناء الآلهة، وليسوا أشخاصًا عاديين لهم زوجات وعائلات ويمارسون أعمالهم اليومية ويعانون آلام الظهر أو ظهور القشرة في شَعْرِهم. لقد لَقّب الإغريق من أراد تقليد الآلهة والأبطال بالمُختال؛ وهو ذلك الافتراض المتهور والمتعجرف بإمكانية محاكاة الرجل الخارق، وهو الذي يفضي دوما إلى لعنة الآلهة وعقابها."

إن إفريقيا ليست بحاجة إلى أنصاف آلهة، بل إنها بحاجة فعلا إلى أبطال معاصرين يحاربون الحكمة التقليدية والضغينة العميقة والظلم المتأصل. تحتاج إفريقيا إلى أبطال يمكنهم أن يبدعوا وينتشلوا القارة من سباتها الحالي الذي يصيب تطورها، ومن أعراض سَقَم اتكاليتها.

إن العلم وتوأمه التفاعل، التقانة، يحملان في طياتهما ذلك السماح الواعد لمن يمارسهما بالخروج عن مألوف الطريق وبإطلاقهما العنان للتطلع إلى تحديات الحياة والأحياء وسبل العيش. وفي هذا السياق، تحتاج إفريقيا إلى أبطالها في العلم والتعليم، وفي المقاولات والصناعة، وفي الإدارة والتنمية الصناعيتين وذلك على طول مسار إعادة التنمية. لقد فقدت القارة فعليًا حِسّ البطولة منذ وخلال "الشتات" الذي استمر خمسمئة عام وانتهى قبل ثلاثة عقود مع استعادة الاستقلال السياسي. ويتطلب هذا الجهد البطولي حركة مستمرة للناس والمعرفة والأفكار والتقانات ، تنتقل عبر الحدود.

إن أحد العوامل المسؤولة عن إنجازات الحضارة الفرعونية في مصر، التي امتدت ثلاثة آلاف عام، من 3700 وحتى 750 قبل حقبتنا الراهنة، هو ذلك الاتصال المكثف بين مصر والشرق الأدنى وبقية إفريقيا، وبخاصة السودان النيلوي والمراكز السكانية المجاورة في جنوبي الصحراء الإفريقية. وتدل الشواهد الآثارية للاستعمال الواسع للبخور والزجاج البركاني، وكلاهما غريب عن وادي النيل، على قوة روابط الاتصال والتجارة بين مصر وباقي إفريقيا (Mokhtar,1981). إن هذا الحس بالروابط التي تتجاوز الحدود وذلك التزاوج الفكري، وبخاصة في ميدان العلم والتقانة، هو واجب متجدد لتقدم إفريقيا المستقبلي خلال حقبة ما بعد الاستعمار.

## الإطار السياسي للتعاون العلمي والتقاني بين الأفارقة

خلال النصف الأول من هذا القرن، تعاونت الدول الإفريقية تعاونًا وثيقًا مع مؤسسات العلم والتقانة في عواصم الدول العظمى. وكان ثمة تعاون متواضع بين الأفارقة، إلا داخل منطقة نفوذ استعماري واحد، مثل مناطق النفوذ البلجيكي (التي صارت رواندا وبوروندي وزائير في فترة ما بعد الاستعمار) أو النفوذ الفرنسي (مثل منطقة إفريقيا الوسطى التي تشكل ما عرف فيما بعد بجمهورية الكونغو والغابون وجمهورية إفريقيا الوسطى والكامرون وتشاد). وقد بدأت أول محاولة للتعاون العلمي والتقني بين الأفارقة في أوائل الخمسينات خلال سعيهم نحو الاستقلال السياسي في معظم أرجاء القارة.

في كتاب صدر عام 1958 تحت عنوان "*العلم في تنمية إفريقيا*"، قام الدكتور <B.E. ورذنكتون>(الاختصاصي البريطاني في علوم أحياء المياه العذبة والمحلّل لسياسات العلم والتقانة والذي عمل معظم حياته في إفريقيا) بعرض قضية التعاون العلمي والتقاني بين الأفارقة بأسلوب بالغ الدلالة:

" في عالم القرن العشرين التنافسي، يصعب على أي بلد صغير أن يكون مستقلا عن جيرانه وقادرًا في الوقت

نفسه على تأمين متطلبات المدنية الحديثة لشعبه، ما لم يكن قد أُنعم عليه بشكل غير اعتيادي بموارد طبيعية وبشرية. وإن لهذا المبدأ فعلا خاصًا في إفريقيا حيث أدت الظروف المحلية إلى التخصص الاقتصادي، ليس في صناعة رئيسية فحسب كالزراعة أو التعدين، بل في قطاعات خاصة منها كالقطن والكاكاو أو النحاس. وإن أي إجراءات تهدف إلى مساهمة الوارد الأولية للبلدان المتجاورة ذات الاختصاصات المختلفة ستؤدي إلى مزايا وفوائد مشتركة عن طريق تقليص المجازفة الاقتصادية. وكما هي الحال في الاقتصاد، كذلك هي في العلم، حيث يَعُم التخصص في مختلف الأصقاع. وهكذا، فإن أي تعاون علمي، أو حتى تبادل كامل للمعلومات، يمكن أن يؤدي إلى فوائد جلى (Worthington,1958)".

لقد أدت الاعتبارات الآنفة الذكر على مستوى حكومات العواصم الكبرى في المآل إلى تأسيس "هيئة التعاون التقني في إفريقيا جنوب الصحراء" عام 1950 من قبل ست حكومات استعمارية متواجدة آنذاك في إفريقيا – بلجيكا والمملكة المتحدة وفرنسا والبرتغال واتحاد روديسيا ونيازالاند واتحاد جنوب إفريقيا. كما وأدت مبادرة مماثلة لعلمين من هذه الدول الست إلى تكوين "المجلس العلمي لإفريقيا جنوب الصحراء" في العام نفسه. وهكذا، فقد انبثقت هاتان المنظمتان عن الجذور المتميزة نفسها: هيئة التعاون التي أُسست لأسباب إدارية وسياسية من قبل القوى العظمى بهدف المساعدة المتبادلة، والمجلس العلمي الذي جاء تعبيرًا عن رغبة علميي هذه البلدان في التعاون والتشاور العلمي والتقاني. وقد شرعت هاتان المنظمتان فعلا بالعمل جنبًا إلى جنب وبأسلوب منسجم.

وفي حين قام المجلس العلمي، ومقره العام في بوكاتو بزائير، بدور المستشار العلمي والتقني الرئيسي لنظام المساعدة المتبادلة هذه، وبمهمة التركيز على تطوير وتنفيذ سياسة العلم، كانت هيئة التعاون التقني، ومقرها العام في لندن بالمملكة المتحدة، المرجع التنفيذي والمالي، ويتركز اهتمامها على السياسة الإدارية وتخصيص الموارد.

ولكي يتم التأكد من انضواء مؤسسات العلم والتقانة القائمة في إفريقيا تحت مظلة المجلس العلمي لإفريقيا، أعلنت هيئة التعاون التقني عن وضع شرط في "اتفاقية التأسيس"، الموقعة في لندن في الشهر1/ 1954، ينص على وضع كل من المنظمات الإفريقية التالية تحت رعاية المجلس العلمي لإفريقيا: المكتب الإفريقي المشترك للأمراض الوبائية الحيوانية، والمكتب الإفريقي المشترك الدائم لذبابة التسي تسي ولداء الطفيليات المثقبية، والمكتب الإفريقي المشترك للتربة والاقتصاد الريفي، والمعهد الإفريقي المشترك للعمال والخدمة الإفريقية المشتركة لعلم التربة. وقد انضمت إلى هذه المجموعة فيما بعد منظمات علمية تعاونية أخرى من بلدان جنوب الصحراء.

تغير المدى الجغرافي لهيئة التعاون التقني في الشهر 2/1962 عندما عقدت الجلسة السابعة عشرة للهيئة في أبيجان بساحل العاج، حيث شطبت كلمتا "جنوب الصحراء" من اسم الهيئة وطلب إلى الأمين العام أن يثير اهتمام حكومات إثيوبيا والسودان وتوغو ومنطقة شمال إفريقيا بأنشطة الهيئة. وهذه خطوة جريئة كانت الدول الصناعية قد رفضتها في عهد ما بعد الاستعمار. واتخذت خطوات مماثلة من قبل المجلس العلمي لإفريقيا في اجتماعه الثالث عشر في الشهر التاسع من العام نفسه المنعقد في موغوغا بكينيا. وهكذا وسعت هاتان المنظمتان إطار عملهما ليشمل جميع القارة الإفريقية، مع اتخاذ الخطوات اللازمة " لقطع جميع العلاقات مع دولتي جنوب إفريقيا والبرتغال" (المنشور رقم 92 لهيئة التعاون التقني في إفريقيا، لاغوس، 1964). وفي عام 1961 عرضت نيجيريا استضافة المقر العام لهيئة التعاون التقني في لاغوس (بعيدًا عن موطنها الأصلي في لندن). ومع انتقال هذه الإدارة المهمة للتعاون التقني، عبّر المسؤولون في الهيئة عن الفلسفة الأساسية التالية:

"إن هيئة التعاون التقني في إفريقيا هي أداة التضامن الإفريقي. وكذلك فهي جسر يصل بين علم أوروبا وحاجات إفريقيا. وثمة جسور أخرى أكثر اتساعًا بإمكانها أن تكون معابر أفضل، إلا أن الجسر الذي بنته ورعته هيئة التعاون سيبقى مفتوحا مهما حدث من تقلبات سياسية." (1962، التعاون بين الأفارقة: FAMA/ CSA/ CCTA).

لقد غدت هيئة التعاون التقني جزئيًا أداة حكومية فعالة للتعاون التقني في إفريقيا بسبب اعتمادها الكبير على قدرة شقيقها المجلس العلمي في مضمار سياسة العلم والتقانة، والذي حافظ على استقلاليته السياسية بضراوة. وهكذا، فقد افتُرِضَ في أعضائه أن "يخدموا بروح من الحياد والموضوعية التامين، بعيدًا عن الاعتبارات السياسية، وبصرف النظر عن حكوماتهم الوطنية". ولضمان فاعلية بَيِّنة للمجلس، كان من الضروري أن تتوافر له الحريات الثلاث التالية:

- حرية اختيار أعضائه دونما اعتبار لجنسيتهم (يقتضي الأمر فقط إبلاغ هيئة التعاون بتكليفهم).
- حرية عقد اجتماعاته في أي من البلدان الأعضاء في الهيئة.
- حرية العمل بالتعاون مع منظمات علمية وتقانية وبلدان أخرى، حتى لو كانت لصيقة الارتباط بهيئة التعاون.

وكنتيجة لذلك، أثبت المجلس العلمي أنه دعامة متينة لهيئة التعاون التقني، وهذا ما ظهر عندما تسلّمت منظمة الوحدة الإفريقية، المستحدثة مؤخرًا على صعيد القارة، زمام الهيئة عام 1964.

### *النظام الجديد*

خلفت هيئة العلم والتقنية والبحث التي أنشأتها منظمة الوحدة الإفريقية هيئة التعاون التقني. وبالفعل، فإن من بين المواضيع التي تناولتها الجلسة العادية الأولى لمجلس منظمة الوحدة الإفريقية المنعقدة في داكار في الشهر 8/ 1963، كان مستقبل هيئة التعاون. ويجب أن يُنظر إلى هذه الخطوة في سياق ميثاق المنظمة، الذي ينصّ في المادة الثانية المتعلقة بأهداف المنظمة، وفي الفقرة الثانية منها، على "أنه لإدراك هذه الغايات كلها، سوف تُنسِّق الدول الأعضاء وتُوفق بين سياساتها العامة" في ستة ميادين، يتعامل اثنان منها مع "الصحة والوسائل الصحية والتعاون الغذائي" وكذلك "التعاون العلمي و التقني" لكي "ينسق ويكرّس تعاونها وجهودها للوصول إلى حياة أفضل لشعوب إفريقيا."

كما خَلَف المجلس العلمي لإفريقيا لمجلس جديد يحمل الاسم نفسه. أما الوكالات الأخرى التي عملت تحت إشراف هيئة التعاون التقني، فقد حولت بمجملها إلى ما صار يعرف باسم "المكاتب الإقليمية الفرعية لهيئة العلم والتقنية والبحث". وقد تكونت هذه من "المكتب الإفريقي المشترك للموارد الحيوانية"، ومقرّه نيروبي في كينيا؛ و "المجلس الإفريقي المشترك لمعافاة النبات" ومقره ياوندي في الكاميرون؛ و"المكتب الإفريقي المشترك للتربة" الذي كان مقره بانغوي في جمهورية إفريقيا الوسطى، ولكنه توقف الآن عن العمل. وكانت هيئة العلم والتقنية والبحث قد أدخلت أنشطة جديدة بمرور الزمن مثل، "المكاتب التنسيقية لمشروع بحث وتطوير حبوب الغذاء في الأراضي القاحلة" ومقرها بشكل رئيسي في واغادوغو ببوركينا فاسو؛ و"المركز الإفريقي لتطوير الأسمدة" في هراري بزيمبابوي؛ و "برنامج تدريب الإدارة الزراعية لأجل إفريقيا."

لاشك في أن الاقتصادات الإفريقية يجب أن تتجه عن عمد نحو التكامل – وليس كحلم بعيد المنال، بل كأمر واقعي ذي ضرورة ملحّة (Odhiambo, 1991). وقد أُعلن عن هذا الإطار التعاوني عام 1991، في بيان حول سياستها صاغته على نحو بليغ هيئة الأمم المتحدة الاقتصادية لأجل إفريقيا:

" إن البَلقنة السياسية للقارة إلى دول وطنية شُكلت على نحو اعتباطي يظهر للعيان حافز إفريقيا الواضح لإعادة هيكلة هذه المنطقة المتشظية في كيان اقتصادي وسياسي أقوى وأكثر تلاحمًا. وإن الحس الإفريقي بالوحدة والتضامن يُفجر المشاعر الطبيعية لأجل مزيد من التعاون الاجتماعي والاقتصادي. فعلى الصعيد الاقتصادي، ثمة عقبات عدة تواجه البلدان الإفريقية كل على حدة وتقف حائلا أمام تنمية حقيقية، كنتيجة لمحدودية وتفكك مجالاتها الاقتصادية. وهذه قدمت الأسس الموضوعية والمنطقية وأثارت التصميم الإفريقي على تتبع وإحراز هدف الاعتماد على الذات بشكل جماعي. وعمومًا، فإن إفريقيا ترى في الاعتماد على الذات الغاية والوسيلة معًا واللتين ستعثر المنطقة عن طريقهما على هويتها الحقيقية وكرامتها الكاملة وقوتها التاريخية. وهو

أيضًا الغاية والوسيلة اللتين ستجد المنطقة من خلالهما المقدرة على الهيمنة على مواردها وتنميتها ومستقبلها (UNECA, 1989).

وبهذه الروح نفسها أعلنت منظمة الوحدة الإفريقية، وبشكل بليغ، عن غاياتها القارية لإحراز تنمية اقتصادية واجتماعية متكاملة في بيئة من الاعتماد على الذات والاستدامة، وكما يظهر جليًا في" *خطة لاغوس للعمل من أجل تنمية إفريقيا الاقتصادية، ما بين 1980– 2000* "، المُعبرة عن إيمان رؤساء الدول والحكومات الإفريقية المجتمعين في لاغوس بنيجيريا، في الشهر 4/ 1980:

لقد عبرت "*خطة لاغوس للعمل*" عن فلسفتها بالتالي: " بما أن مصدر قوة إفريقيا هو مواردها البشرية، فإن الحشد الكامل والاستثمار الفعّال للقوى العاملة في التنمية الوطنية والتقدم الاجتماعي، يجب أن يكونا الأداة الرئيسية للتنمية"(الفقرة 91) .

"ولتحقيق أهداف التنمية الصناعية، قررت الدول الأعضاء اتخاذ جميع الإجراءات على المستويات الوطنية والإقليمية الفرعية والإقليمية في مجالات الوارد البشرية والموارد الطبيعية والتمويل وتعزيز المؤسسات بغية وضع الأسس اللازمة لحشد شامل وكامل لجميع الطاقات لضمان نجاح هذه المهمة الهائلة الملقاة على عاتقنا." (الفقرة 53)

إن على الدول الأعضاء تحقيق الانسجام في سياسات تنمية الوارد الطبيعية الوطنية" لغرض تكوين بيئة ملائمة للجهود التعاونية... في تنمية مواردها الطبيعية وبالتالي تلبية حاجات شعوبها الاجتماعية والاقتصادية" (الفقرة 78,e).

هناك حاجة إلى تغير عميق في سياسة العلم بهدف إدخال العلم في تنمية القارة: "وهذا يتطلب من بين أشياء أخرى، استيلاد الموارد المالية والإرادة و الشجاعة السياسية من قبل صانعي السياسة والقرار في القارة لتحفيز إجراء تغير جذري ذي آثار بعيدة المدى في استخدام العلم والتقانة كأساس للتنمية الاجتماعية والاقتصادية باعتبارها أمرًا ذا أهمية قصوى ومطلبًا مُلحًا في هذه الفترة الحاسمة من التاريخ." (الفقرة 119)(OAU, 1981).

خلال العقود الثلاثة الأولى من عمر منظمة الوحدة الإفريقية، كان جدول أعمالها الفعلي سياسيًا إلى حدّ كبير: تصفية الاستعمار وإلغاء التمييز العنصري وإعادة توطين اللاجئين وحلّ النزاعات بين الدول ... الخ. ويمكن تفهم هذا الظرف لأهميته التاريخية. فمن بين 925 قرارًا اتخذها مجلس وزراء المنظمة عبر السنوات العشرين، خلال الأعوام 1963– 1982، كان هناك 3% منها فقط مرتبط ارتباطًا وثيقًا بمسائل علمية وتقنية (وربما 12.5% ذات علاقة بأمور علمية وتقنية). وفي غياب التنمية القائمة على العلم في إفريقيا، وتألقها في عالم حالي تهيمن عليه التقانة، فمن المهم أن تهتم المنظمة وأدواتها اهتمامًا مماثلا بالبحث والتطوير كمحركين للتنمية الاقتصادية والاجتماعية، وكذلك الأمر بالنسبة لكيانات تنموية إقليمية ووطنية أخرى.

يتطلب هذا التغير الجذري تحويل هيئة العلم والتقنية والبحث، الضعيفة حاليًا، إلى آلية قوية وفعالة؛ وتطوير روابط قوية بين إدارة الأمانة العامة للمنظمة ومجلس إدارة الهيئة؛ ومواءمة جدول أعمال الهيئة مع احتياجات أعضائها في القارة الإفريقية، ومع نظيراتها الوطنية على المستويات الوطنية والإقليمية الفرعية.

## إنجازات بنية العلم والتقانة في منظمة الوحدة الإفريقية

ومع اقترابنا من نهاية القرن الحالي، فإن هيئة العلم والتقنية والبحث لا تعطي ذلك الانطباع بأنها الذراع العلمية والتقانية الفعالة لمنظمة الوحدة الإفريقية. فاللجنة ليست معروفة خارج دائرة صغيرة من الاختصاصيين المتفرغين والمخططين الحكوميين في إفريقيا. أما المجلس العلمي لإفريقيا فإنه قابع في الظل حتى إنه خامل الذكر تقريبًا. وإن المقارنة بين الهيئة والمجلس الحاليين وبين هيئة التعاون التقني والمجلس العلمي السالفين لا تسر الخاطر.

لقد كانت هيئة التعاون التقني في إفريقيا تجتمع بانتظام، مرة واحدة في السنة على الأقل، وتصدر

تقاريرسنوية شاملة كانت مرجعًا للمشورة العلمية ومؤشرات تقانية للمستقبل. وكانت تلك الهيئة مركز نشاط في صياغة السياسات وحشد الموارد، وتأخذ الحكومات الأعضاء بتوصياتها. وفي المقابل، تفتقر هيئة العلم والتقنية والبحث في حالتها العملية الراهنة إلى الحضور والمصداقية. كما أن إرشاداتها نادرا ما تثير الاهتمام، كما هي الحال في ميدان الطب الشعبي والحملة ضد طاعون الماشية.

أما المجلس العلمي لإفريقيا فهو في حالة احتضار، فقد اجتمع مرتين فقط منذ مطلع عام 1990. ولا يمكن القول بأن لديه خطة جوهرية للبرامج أو سياسة علم وتقانة؛ كما لا يمكن اعتباره أداة مرشدة أو استشارية يمكنها تقديم مشورة متكاملة إلى أي جهة مهمة في إفريقيا - فكيف يمكن ذلك إلى هيئة العلم والتقنية والبحث.

إن المكاتب الإقليمية الفرعية القائمة الآن (المكتب الإفريقي المشترك للموارد الحيوانية، والمجلس الإفريقي المشترك لمعافاة النبات) لم تقم بأي مراجعة خارجية رئيسية لخططها الاستراتيجية أو إنجازاتها العلمية، وبالتالي فقد فاتتها فرص العثور على منظور جديد يجاري الحاجات المتغيرة للقارة. كما لم تقم بين حين وآخر بإعادة النظر في إنجازاتها في ضوء صلاحياتها الخاصة. لقد أرسى المكتب الإفريقي المشترك للموارد الحيوانية قبل عدة سنوات قواعد عقد اجتماعات لمديري الخدمات البيطرية والوزراء المسؤولين عن تنمية الثروة الحيوانية. وقد تم عقد اجتماعين حتى الآن، تمخضا عن نتائج مهمة في تطوير أولويات البرامج. وتشكل هذه الاجتماعات منبرًا يمكنه أن يصبح وسيلة فعالة لتحديد أولويات البحث والتطوير، إذا ما تم إعطاؤها صبغة مؤسساتية.

ثمة برامج جديدة (مثل، برنامج تدريب الإدارة الزراعية لأجل إفريقيا، ومشروع التنمية المتكاملة لمرتفعات فوتا - جالون في غينيا، ومشروع الحَتّ الساحلي) قد تم اعتماد تنفيذها دونما تمحيص قَريني شامل للفائدة النسبية التي ستجنيها هيئة العلم والتقنية والبحث من جراء التنفيذ - وبالرغم من أن البرامج قد تكون ذات قيمة بحد ذاتها.

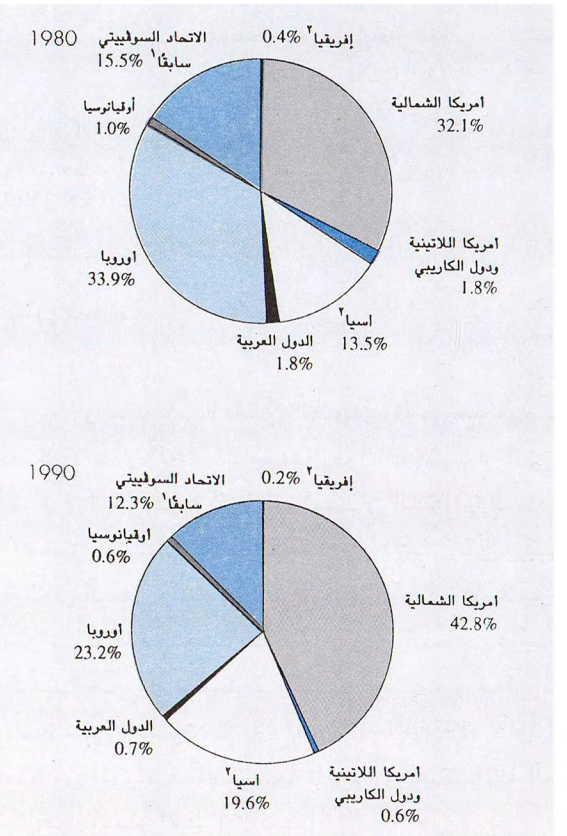
**الجدول 1**
**هيئة العلم والتقانة والبحث وفروعها: المخصصات والنفقات، 1984/83 - 1988/87**

| | المخصصات ملايين الدولارات الأمريكية | الإنفاق الفعلي ملايين الدولارات الأمريكية | الاعتمادات المستخدمة % |
|---|---|---|---|
| مصاريف إدارية ونفقات أخرى | 5.18 | 3.88 | 74.9 |
| نفقات عملياتية | 2.48 | 1.11 | 44.8 |
| مجموع العمليات | 7.66 | 4.99 | 65.1 |

إن معنويات العاملين العلميين والاختصاصيين متدنية بشكل لا حدود له، وذلك بسبب إجراءات الاختيار التي تحيط بسيرورة مراجعة النظراء، وفقدان الحوافز للسعي إلى التفوق، وغياب نظام تقييم دوري للأداء الذي يركز على الإنجاز العلمي والتنفيذ الناجح للمشروعات. فضلا عن ذلك، فإن الدعم المالي لهيئة العلم والتقنية والبحث ومؤسساتها الرديفة ما زال مضطربًا وأقل مما يقتضي. فعلى سبيل المثال، في الفترة ما بين 1984/83-1988/87، كان 65.1% فقط من الميزانية المخصصة للهيئة ومؤسساتها الفرعية متوافرًا لإنجاز الأعمال (الجدول 1).

لم تكن منظمة الوحدة الإفريقية وحدها شحيحة في دعمها للبحث والتطوير في إفريقيا. فقد بلغ الإنفاق على البحث والتطوير عام 1980 ما نسبته 0.28% من الناتج القومي الإجمالي لإفريقيا كلها، في حين أنفقت آسيا 1.40% من ناتجها القومي الإجمالي على البحث والتطوير وأمريكا الشمالية 2.23% . وقد تدهورت المخصصات أكثر بحلول عام 1990 في إفريقيا (هبطت إلى نسبة 0.25%)، في حين زادت في كل من آسيا وأمريكا الشمالية (إلى 2.05% و 3.16% على التوالي) (UNESCO, 1992). ويغدو المستوى المالي لهذا الإنفاق مهملا بشكل جلي، إذا ما أخذنا بعين الاعتبار أن حصة إفريقيا في الإنفاق العالمي على البحث والتطوير عام 1990 شكلت فقط 0.2% من الإجمالي (انظر اشكل 1).

**الشكل 1**
**نفقات البحث والتطوير بحسب مجموعات البلدان: النسب المئوية المقدرة لعامي 1980 و 1990**




١- البيانات تشير إلى النفقات على العلم.
٢- باستثناء الدول العربية.

المصدر: UNESCO *Statistical Yearbook*, 1992.

ومع ذلك، فإننا على ثقة بأن منظمة الوحدة الإفريقية قد قدمت للقيادة الجغرافية - السياسية في إفريقيا فرصة فريدة لأن تعمل جنبًا إلى جنب، بأسلوب تكاملي، مع القيادة العلمية الممثلة بمحور هيئة العلم والمجلس العلمي لإفريقيا. ونحن نحتاج الآن إلى توسيع هذه الفرصة بأن نبدأ في اعتبار إفريقيا التخوم الأخيرة للبشرية على الأرض.

## إفريقيا، التخوم الأخيرة للأرض

يتنبأ <جيرارد پيل>، محرّر المجلة الشهرية *"ساينتيفيك أمريكان"*، بأن "التخوم الإفريقية في حالة ترقب لمبادرات تنموية سواء على المستوى المحلي أو بالاعتماد على المساعدات الخارجية" (Piel, 1992).

وإذا كان على إفريقيا أن تبني على مثل هذه النبوءة أو الرؤية الجذابة، فإن عليها أن تشرع في رسم مستقبلها الذاتي وتكوين المناخ الملائم لتحقيق ورعاية هذا المستقبل المنشود.

تعاني القيادة الإفريقية التصدع وعدم الثبات فيما يتعلق بالجهود الرئيسية الموجهة نحو المجتمع - في البحث العلمي وتطوير التقانة، القطاع الصناعي والمشروعات التجارية، في الساحات الجغرافية - السياسية والجغرافية-الاقتصادية، وفي المجالات الأخلاقية والثقافية. بل تحمل إفريقيا إمكانية لتصدع وتداعي صورتها الذاتية ومجتمعها ومستقبلها.

يمثل الحاضر فرصة نادرة في تاريخ شعوب إفريقيا. فمن قبل واجهت مناطق أخرى وشعوب مثل هذه الفترات الجائحية: الخروج التوراتي لليهود من مصر، دمار وهزيمة اليابان المطلقان في الحرب العالمية الثانية، والوضع في أمريكا الشمالية الذي تلا الكساد الاقتصادي الكبير. لقد بلغت القارة الإفريقية الحضيض، وهي الآن في حاجة إلى حلم جديد وإلى تخطيط لمستقبل منشود جديد. ولا يمكن للمستقبل أن يستمر في حمل عبء الفقر المادي والأمية العلمية الذي يربك برامج التنمية الإفريقية الحالية. ففي إفريقيا هناك ما يربو على 1.116 بليون شخص ممن يعيشون أدنى بكثير من خط الفقر، وهو 370 دولارًا أمريكيًا في العام، منهم 60% من النساء. كما أن 47% من إجمالي سكان إفريقيا فقراء (Repnik, 1991). والفقر العلمي هو أكثر خطورة من الفقر المادي المباشر- لأن بوسع العلم أن يقرر مصير المستقبل.

من الواضح، ونحن نقترب من نهاية القرن العشرين، أن الأمم التي تتصدر التنمية الحديثة، هي تلك التي استثمرت موارد مهمة على مدى زمني معتبر في ثلاثة مجالات رئيسية: أولها، تأسيس ورعاية نظام مستقر وجيد الدعم للعلم والتقانة؛ وثانيها، تعزيز البحث الموجّه نحو الهدف في العلوم الأساسية والمرتبط باستراتيجية بعيدة

المدى من أجل التنمية التقانية؛ وآخرها في مجال المؤسسات ذات البرامج الترابطة بإحكام من أجل "تعليم أعداد كبيرة من القوى العاملة الضليعة في التقانة"(Brown and Sarewitz, 1991). وقد أعطت جمهورية كوريا بصورة درامية مثالا في ترجمة الرؤية لتنمية يقودها العلم. فخلال جيل واحد، من عام 1962 إلى عام 1988 ازداد الناتج القومي الإجمالي من 2.3 بليون دولار أمريكي إلى 169 بليون دولار، وقد رافق هذا استثمار وطني في البحث والتطوير، ارتفع من 0.24% من الناتج القومي الإجمالي عام 1962 إلى 2.1% في عام 1988. وتحذو كل من تايوان وتايلند حذو كوريا في هذا المجال (Brown and Sarewitz, 1991).

إن هذه القفزة من اقتصاد زراعي بطيء الخطى يكاد يسدّ الرمق إلى اقتصاد صناعي تحويلي وأعمال زراعية مختلطة مفعمة بالحيوية في مدى ثلاثة عقود، صار ممكنًا فقط بغرس تربية وطنية موحدة الفكر وتدريب للروح الجماعية في جميع مستويات النظام التعليمي - من أجل البحث والتطوير، والتنفيذ الهندسي والدعم التقاني، وكذلك من أجل إدارة الأعمال والمشروعات الاقتصادية. ولقد أبقى الالتزام الوطني الأهداف البعيدة المدى واضحة للعيان، لا تحرفها عن مسارها المساعدات الخارجية المحتملة أو توليها زمام الزخم الوطني الموجّه نحو هذه الأهداف.

إن بوسع هذا الإلهام أن يكون منارة لإفريقيا - التي لاتزال سفينة تنميتها تتقاذفها أمواج الاقتصاد الرتدة بعد جيل من الاستقلال عن الحكم الاستعماري. وإن المحرك الذي سيدفع بالسفينة بعيدًا عن هذه الأمواج المُوهنة والمهينة والمُسقمة إلى بَرّ مشرق مفعم بالأمل هو التزام الأفارقة بمستقبلهم الذاتي المراد. وإن بوسع أصدقاء إفريقيا تقديم عون محدود، بهدف تنمية القارة.

إضافة إلى ذلك، يتعين على إفريقيا أن تبدأ بتفحص ما يصلها من هبات وبخاصة عندما تتعلق بمساعدات ترمي إلى تأسيس ورعاية قدراتها العلمية والتقنية، الأمر الذي يعتبر مهما جدا لتحديث التنمية المستديمة الاجتماعية والاقتصادية وتعزيزها وحث خطاها.

لنتفحص أولا مساهمة واحد من مانحي المساعدات الرئيسيين في الجهود التنموية للمناطق النامية في العالم، وهو الولايات المتحدة الأمريكية. فعلى الرغم من أن الولايات المتحدة قد عقدت عدة اتفاقيات رسمية للعلم والتقانة مع دول نامية، فإن التمويل الذي قدمته حكومتها لتنفيذ هذه الاتفاقيات كان قليلا نسبيًا (Brown and Sarewitz,1991). وبحلول عام 1989، كان ثمة 165 اتفاقية تعاون ثنائية نافذة في ميادين العلم والتقانة بين الولايات المتحدة و 38 بلدًا ناميًا. وفي ذلك العام، بلغ مجموع التمويل المخصص لتنفيذ هذه الاتفاقيات ما يزيد قليلا على 31 مليون دولار أمريكي، خُصِّص منه مبلغ 26 مليون دولار لدعم اتفاقيات التعاون في أربعة أقطار فقط (الصين ومصر والهند وباكستان) - وترك مبلغ 5 ملايين دولار لتمويل اتفاقيات علم وتقانة مع باقي الأقطار النامية الأربعة والثلاثين. وهذا ما يوحي بأن البلدان ذات البنى التحتية المهمة، هي التي تستفيد من التمويل الأمريكي.

لقد استخلص عضو الكونغرس <جورج براون، جونير>، مؤخرًا، أن نموذج جمهورية كوريا والدول الآسيوية الأخرى المُصنعة حديثًا، لم يقنع الولايات المتحدة حتى الآن بالدخول في اتفاقيات يمكنها فعلا أن تطلق الدول النامية نحو اقتصادات متينة ومستديمة ذاتيًا ويقودها العلم.

"وعلى الرغم من توافر مثل هذه النماذج (كوريا الجنوبية وتايوان وتايلند)، فإن جهود الولايات المتحدة لتعزيز التنمية الاقتصادية في الخارج لم تتضمن قط منهجية شاملة للعلم والتقانة. ومع أن "المساعدة التقنية" لا تزال جزءًا لا يتجزأ من العون التنموي الذي تقدمه الولايات المتحدة منذ أواخر الأربعينات، فهو لم يساعد على استنبات مقدرة مستقلة في العلم والتقانة ضمن الأمم النامية. فضلا عن ذلك، فإن ميزانية العلم والتقانة لوكالة التنمية الدولية مكرسة بالكامل تقريبًا لبحوث يجريها علماء من الولايات المتحدة على مسائل تنموية وغالبًا ملحة، وليس لإنشاء المؤسسات. فمن بين 300 مليون دولار للميزانية العاملة المخصصة لمكتب العلم والتقانة في وكالة التنمية الدولية، عام 1991، اقتطع مبلغ 15 000 دولار فقط لبحوث مشتركة مع علميين من بلدان أقل نموًا" (Brown and Sarewitz, 1991).

وهكذا، فإن فلسفة بعض البلدان تجاه الدول النامية، هي في استمرار التركيز على تأمين التقانة والإمداد

بالخبراء – بدلا من الإسهام في تأسيس وتطوير مقدرة علمية وتقانية محلية دائمة ومستديمة ذاتيًا.

تفضل بلدان أخرى المساعدة التقنية لبناء القدرة العلمية والتقانية والتعاون الثنائي، على نحو ما هو واضح لدى الوكالة السويدية للتعاون البحثي مع البلدان النامية.

يأخذ تعاون الوكالة السويدية الثنائي مع بلدان مختارة من إفريقيا ومناطق نامية أخرى في العالم شكلين اثنين: *تعاون يركز على المقدرة*، وهو يركز على بناء وتدعيم القدرة البحثية، وبخاصة في البلدان ذات البنى التحتية الضعيفة في العلم والتقانة (ويدخل فيه معظم البلدان الإفريقية التي لها اتفاقيات تعاون مع الوكالة)؛ *وتعاون يركز على النتائج*، وهو يركّز على حلّ بعض المشكلات البحثية المختارة ذات العلاقة الواضحة بجدول أعمال تنموي للمنطقة، وذلك بالتعاون مع دول ذات مقدرة بارزة في العلم والتقانة (مثل الأرجنتين في أمريكا اللاتينية والهند في جنوب آسيا) (Bhagavan, 1992).

وإن الفلسفة الكامنة وراء استراتيجيات التعاون لتنمية العلم والتقانة هي إشادة قاعدة متينة قابلة للتطبيق لتنمية يقودها العلم في تلك البلدان، وهذا ما عبر عنه R.M. باگفان> مؤخرًا في سياق صياغة سياسة الوكالة السويدية المرسومة:

"لكي تصبح مسيرة بناء المقدرة الذاتية مستديمة في آخر الأمر يجب على المسيرة أن تتجذر بقوة في مؤسسات البلد النامي نفسها، وأن توضع تحت تصرف هذه المؤسسات موارد كافية، والتأكيد بأن صلاتها مع المؤسسات المتقدمة علميًا في الخارج ستستمر أمدًا طويلا وذلك لضمان استمرارية وتعزيز سيرورة التعليم" (Bhagavan, 1992).

خلال عقود ثلاثة تلت الاستقلال، تعمقت سيرورة لدى معظم البلدان الإفريقية، تتمثل -كما في الدول النامية الأخرى- في تعيين علميين وتقانيين مغتربين في مؤسسات العلم والتقانة، ولم تتمكن هذه الإجراءات بحدّ ذاتها، ولا إيفاد الطلبة للدراسة في الخارج لفترات طويلة من سنوات تأهيلهم، من وجهة نظر علمية، من تحقيق أهداف "الاستدامة في تكوين المقدرة" (Bhagavan, 1992) إن سيرورة تكوين المقدرة يجب أن تثبت دعائمها بإحكام في تربة الدول النامية نفسها وأن تربط باستثمار فعال لهذه المقدرة.

ولا يعني هذا أن على إفريقيا أن تغلق حدودها بوجه المؤثرات الدولية والتعاون الدولي، فليس ذلك هو المقصود. وفي محاولاتها التركيز والتنشيط على تكوين المقدرة واستثمارها داخل إفريقيا، يجب على القارة أن تغرس في نفوس جماعتها العلمية والتقانية الناهضة والواعية لمسائل التنمية، ثلاثة سبل جديدة ومبتكرة على الأقل:

أولا: تدويل تجربة العلم والتقانة لحملة شهادات الدكتوراه الأفارقة الذين أتموا كامل تعليمهم الجامعي والعالي في إفريقيا، من خلال إلحاقهم مدة عام أو عامين في مخابر متقدمة لدى دول أجنبية نامية أو مصنِّعة، والتي تمارس البحث والتطوير المناسبين. ويهدف هذا الأسلوب إلى توسيع إضافي لبنيتهم الفكرية والذهنية وتنمية ثقتهم المهنية الذاتية في الوقت نفسه. وبما أن هؤلاء الموفدين العلميين يتمتعون أصلا بقاعدة محلية قوية، فمن المرجح أنهم يعرفون تماما ما يبتغونه من خلال إقامتهم الدراسية هذه، والصلات العلمية المتينة التي يرغبون في تكوينها.

ثانيا: تكثيف المنح الداخلية لبحوث الدراسات العليا داخل مراكز التفوق الإفريقية، لطلاب العلم والتقانة الأفارقة الذين أنهوا دراساتهم الجامعية الأولى أو أتموا مقررات دراسات عليا في بلدان متقدمة صناعيًا. وستكون مثل هذه المنح والإقامات البحثية الداخلية أكثر مردودا للطلاب الذين يحضرون درجة الدكتوراه. ويتمثل مشروع من هذا النوع في "البرنامج الإفريقي لمِنَح تحضير درجة الدكتوراه داخليًا" الذي ترعاه أكاديمية العلوم الإفريقية وتموله مؤسسة روكفللر. ويمكّن هذا البرنامج طلاب الدراسات العليا الأفارقة، ممن يحضرون درجة الدكتوراه في الولايات المتحدة الأمريكية في ميادين العلوم الاجتماعية والصحة والزراعة، من القيام ببحوثهم الميدانية في إفريقيا تحت إشراف متفاعل ومشترك لأساتذة أمريكيين وأفارقة. وتقوم أكاديمية العلوم بدور الرقابة والمتابعة، كما وتَعقِد مؤتمرات بحث دورية لأصحاب المنح، يُقدم

خلالها خبراء أفارقة رفيعو المستوى حلقات بحث في ميادين اختصاصهم. ومنذ تأسيس هذا البرنامج الإفريقي عام 1987، استفاد منه 168 طالبًا داخليًا. وإننا بحاجة إلى توسيع هذا المفهوم ليشمل طلاب الدكتوراه في الأمريكتين وأوروبا وآسيا والشرق الأقصى.

ثالثًا: افتتاح برنامج زمالة للناشئين من أصحاب الاختصاص يستفيد منه الشبان الممارسون للعلم والتقانة، ويتخذون من مراكز التفوق في إفريقيا مقرًا لهم. ولا شك في أنه مع هذا الإيقاع المتسارع للعلم اليوم، لا يميل الخريجون الجدد من الشبان إلى الشعور بعدم الثقة بأنفسهم. فلربما اكتسب هؤلاء الشبان فعلا المنهجية الفكرية والعلمية والتقانية الضرورية في سياق تحصيلهم العلمي أو تدريبهم الاختصاصي. وهو سياق يمكن لنا أن نسميه طور اكتسابهم للأداة. وإن ما يحتاجون إليه فعلا هو الدخول إلى طور استثمار الأداة تحت إشراف "مدرّب حاذق" في صنع واستعمال الأداة، ويعملون في بيئة مساعدة، يغدو فيها صنع واستعمال الأداة تجربة غنية وبهيجة. وإذا تمكنّا من أن نغرس الاختصاصيين وحملة الدكتوراه من الشبان اللامعين وأصحاب المهارات، ذكورًا كانوا أو إناثًا، في مثل هذه البيئة المساعدة في إفريقيا، ولفترات مكثفة قصيرة الأمد وعلى مدى عدة سنوات، فمن المحتمل أن نجني محصولا جديدا من العلميين والاختصاصيين، وجيلا واثقًا من نفسه ومتجذرًا في تربة العلم والتقانة الإفريقية، يشكل بؤرًا للنمو في ميادين البحث والتطوير والجهود التعليمية ومشروعات الصناعة والأعمال.

لكي يتمكن هذا النموذج الجديد من التنمية التي يقودها العلم من التوالد والتكاثر بنجاح في إفريقيا، يجب على شعوب القارة أن تعيد دمج العلم في ثقافتها. لقد قام الشتات الإفريقي بما هو أكثر من تمزيق النسيج الاجتماعي والاقتصادي للمجتمع الإفريقي. فقد جمّد التطور والارتقاء لثقافة الشعوب إلى مجرد وجود أساسي لبقاء المجتمع. وظل هذا التجمّد ثابتًا لما يزيد على خمسمئة عام، لا يتحرك إلا ببطء شديد تحت تأثير النموذج التنموي الحالي الذي تهيمن عليه ظلال أجنبية لا جذور لها في النفس الإفريقية.

يجب علينا أن ننطلق من البداية. فعلى أطفالنا أن يتقبلوا بلا جدال أن العلم جزء يومي من ألعابهم وأغانيهم ووجودهم. وعلى نسائنا أن يبدأن باحتضان العلم كجزء من تقاليدنا وعملنا التراثي. كما يجب على جماهيرنا المتعددة، سواء كانت على مستوى الجماعة أو الدولة، أن تتعلم كيف تدمج العلم في مشروعاتها وأدوارها الجغرافية – السياسية.

ومع شروعنا في هذه البداية، ربما يتعين علينا أن نتذكر تلك الملاحظة المُدركة التي أبداها المتخصص في علم الإنسانيات <أنريكو كانتوري> قبل 16 عامًا، في مقدمة كتابه "*الإنسان العلمي*":

"أطروحة هذا الكتاب هي أن العلم يشكل عاملا جوهريًا في التطور التاريخي للإنسان ككائن ثقافي... لقد بدأت أدرك أن العلم إنساني، ليس فقط لأن الإنسان هو الذي أنتجه، بل أيضًا لأنه، بحدّ ذاته، عامل يصوغ الإنسان بطريقة ثقافية جديدة." (Cantore, 1977).

وهكذا، فإن على الإفريقي العصري أن يكون مُطلعًا على العلم، مسلحًا به ومستخدمًا له. وعندها سيغدو عالمنا الإفريقي الذي يقود العلم في القرن الحادي والعشرين، شاملا كاملا من منطلق المفاهيم ومعافى ثقافيًا في بيئة متفوقة. وإن لمراكز التفوق دورًا حيويًا في تحقيق هذا الهدف.

## مراكز التفوق

على ما يبدو، فإن كثيرًا من القياديين الأفارقة – سواء في الحكومة أو المؤسسات التدريبية أو في المهن– يخشون من تخطيط أو تأسيس مراكز تفوق، بالرغم من أنهم يقولون الكثير عنها. وهم يفضلون التخطيط "لمراكز تخصصية" و "مراكز إقليمية" أو أنواع أخرى من المؤسسات غير "مراكز التفوق" الجريئة والبالغة المنافسة. وتحتاج إفريقيا إلى أن تتبنى وتستثمر بصورة منهجية وناشطة فكرة

مراكز التفوق بهدف تكوين بؤر وطنية قادرة على حل المعضلات، وإذا ما تم توأمة هذه المراكز مع مؤسسات وطنية وإقليمية أكبر، فستغدو قادرة على إيجاد قوة دافعة ابتكارية لأجل تنمية قومية وإقليمية راسخة وبعيدة المدى.

ويتطلب أي تحرك حاسم في هذا الاتجاه، التزامًا وطنيًا وإقليميًا عالي المستوى.

وكما توصل إليه لفيف من كبار العلماء الزراعيين في اجتماعهم المنعقد قبل عامين في دوالا بالكامرون:"تتضمن الإرادة السياسية اتخاذ قرار شجاع ومبدئي وصريح بنوع الزراعة التي نريد أو نوع المجتمع الذي ينبغي في إفريقيا، في الحاضر والمستقبل... ويلزمنا مزيد من الإرادة السياسية والالتزام لتكوين بيئة للحرية والفكر والإبداع من أجل الباحثين" (AAS, 1991).

بحلول عام 1980 كان هناك ما يزيد على 400 مؤسسة بحث في إفريقيا. ولكن، لم يكن لها ذلك الزخم الذي كان واضحًا خلال الخمسينات والستينات؛ ولم تقم كذلك بتأمين التعليم الرفيع المستوى والبحث المناسب الذي كان مطلوبًا بإلحاح لإزالة العقبات الرئيسية بوجه التنمية الاقتصادية والاجتماعية. وبالفعل، فإن فكرة "جامعة التنمية" لم تترسخ إطلاقًا في إفريقيا. فالمحاولات التي بذلتها الجامعات الإفريقية "للقيام بدور مباشر، وتدخل قصير الأمد في مجال التنمية الوطنية" لم تنجح، ولم تتجاوز مهمة التعليم العالي والتدريب المهني "لتبرير ميزانياتها ومكاناتها الخاصة في المجتمع " (ICIPE, 1991) . وبدلا من الشراكة المتوخاة بين الحكومة والجامعة، فقد نشب صراع بين الاثنتين كنتيجة" لأفكار مثالية عن إعادة توزيع الدخل وتقاسم السلطة السياسية"(ICIPE, 1991).

ومع ذلك، فإن الإقبال الشعبي على التعلم والتدريب في إفريقيا، بما في ذلك على المستوى الجامعي، لا يزال شديدًا. وفي حين يتعين على القارة أن تعتمد على موهبتها البشرية لتأمين قاعدة لازدهارها الاقتصادي النسبي وتقدمها الاجتماعي على المدى البعيد، تكمن المعضلة في أن البنية التعليمية الأساسية مثقلة بكثرة العدد، وبالية بفعل النقص الحاد في الموارد المالية خلال العقدين الأخيرين، بحيث إن أنظمة التعليم عاجزة الآن عن رعاية التفوق، وعن مكافأة الابتكار والمنجزات (ICIPE, 1991).

لقد أدى هذا السيناريو القلق الكاشف إلى إدمان متزايد للبلدان الإفريقية على الحلول الخارجية، مقارنة بالوضع في آسيا وأمريكا اللاتينية. فهناك الآن علميون وأكاديميون ومستشارون مغتربون في إفريقيا أكثر مما كان عليه الحال في أوج الاستقلال السياسي قبل ثلاثة عقود، وهذا في المحصلة يعيد إلى دول الشمال ما بين 2 و 3 بلايين دولار من المساعدات التنموية كل عام. لقد انبثقت بؤر من البحوث الرفيعة المستوى في القارة منذ أواخر الستينات، أو استمرت في وجودها منذ العهد الاستعماري. وقد موّلت هذه البؤر بشكل رئيسي مصادر مساعدات وتنمية دولية بهدف إيجاد حلول مباشرة لمشكلات معينة في الإنتاج الزراعي والصحة.... الخ. والشيء الذي لم تحققه هذه البؤر، سواء على التوازي أو بالتكامل مع أهدافها البحثية، هو تطوير ورعاية مقدرة البلاد الذاتية على حل المشكلات، إن المهمة الوحيدة والأساسية الملقاة على عاتق القيادة الإفريقية، في العقد الحالي وما بعده، هي التزامها الأكيد والبعيد المدى للعمل بسرعة على بناء وصون مقدرة إفريقيا على تنمية يقودها العلم.

**توماس .R أوديامبو:** تلقى تحصيله العلمي في كلية ماكيريري الجامعة وفي جامعة كمبردج، تقلد مناصب تعليمية في الكلية الجامعية في نيروبي، قبل أن يتم تعيينه أستاذًا أول لعلم الحشرات في جامعة نيروبي عام 1970. وفي عام 1978، شغل منصب المدير العام الأول المتفرغ للمركز الدولي لفيسيولوجيا الحشرات والبيئة في نيروبي.

وهو رئيس أكاديمية العلوم الإفريقية، ونائب رئيس أكاديمية العالم الثالث للعلوم. وقد حصل على عدة زمالات من أكاديميات وطنية ودولية، وتشمل اهتماماته المهنية سياسات العلم والتقانة ومسائل التنمية.

References مراجع

AAS (1991) *Enhancement of Agricultural Research in Francophone Africa* (Proceedings of the Pan-African Conference on Agricultural Research in Africa, held in Douala, Cameroon, 6-8 November 1990), Nairobi, Academy Science Publishers.

Anonymous (1993) The idol rich, *Tatler*, 288(1): 82-7.

Bhagavan, M.R. (1992) The SAREC *Model: Institutional Cooperation, and the Strengthening of National Research Capacity in Developing Countries*, Stockholm, swedish Agency for Research Cooperation with Developing Countries.

Brown, J.R., G.E. and Sarewitz, D.R. (1991) Fiscal alchemy: transforming debt into research, *Issues in Science and Technology*: 70-6.

Cantore, E. (1977) *Scientific Man: The Humanistic Significance of Science*, New York, ISH Publications.

ICIPE Foundation, African Academy of Sciences, and US National Academy of Sciences (1991) *The New Challenge of Science and Technology for Development in Africa* (Proceedings of a Symposium on Scientific Institution Building in Africa, held at the Rockefeller Foundation conference Center, Bellagio, Italy, 14-18 March 1988), Nairobi, ICIPE Science Press.

Mokhtar, G. (1981) Introduction: 1-26, in Mokhtar, G. (ed) A *General History* of Africa, 2, Paris, UNESCO.

OAU (1981) *Lagos Plan of Action for the Economic Development of Africa*, 1980-2000, Addis Ababa, Organization of African Unity.

Odhiambo, T.R. (1991) Designing a science-led future for Africa: a suggested science and technology policy framework: 80-89, in Golden, W.T. (ed) *Worldwide Science and Technology Advice to the Highest Levels of Governments*, New York and London, Pergamon Press.

Piel, G. (1992) *Only One World: Our Own to Make and Keep*, New York, W.H. freeman and Company.

Repnik, H.P. (1991) Change the framework conditions to combat poverty, *Development Cooperation*, (4): 4-6.

UNECA (1989) *African Alternative Framework to Structural Adjustment Programmes for Socio-economic Recovery- and Transformation* (AAR SAP), Addis Ababa, United Nations Economic Commission for Africa.

UNESCO (1992) *Statistical Yearbook*, Paris, UNESCO.

Worthington, E.B. (1958) *Science in the Development of Africa*, London, Commission for Technical Cooperation in Africa South of the Sahara and the Scientific Council for Africa South of the Sahara.

# جنوب آسيا

پراباكار ل. لاڤاكار - كيشور سينگ

لتطورات العلم والتقانة في جنوب آسيا أصولها في حضارة وادي الهندوس منذ نحو 2500 ق.م. وثمة شاهد على استخدام المعرفة العلمية منذ تلك الفترة في ميادين تخطيط المدن وعلم المعادن والطب والجراحة، وكذلك في مجالات العلم البحت مثل الفلك والرياضيات. وقد أدى ظهور حدود قومية دقيقة في الأزمنة الأحدث عهدا إلى نشوء دول جديدة تُطوِّر بناها التحتية العلمية الخاصة، التي يمكننا وصفها بأنها تشكيلات من المعارف التقليدية ومؤثرات الحقبة الاستعمارية والحاجة إلى الاستجابة للتحديات الحقيقية التي تفرضها المشكلات الاقتصادية المحيِّرة في هذه الأيام. إن الهند المعاصرة، بمواردها الغنية نسبيًا، تقود ركب العلم على الرغم من معاناتها الكثير من المشكلات التي تضني العلم والتقانة في بقية جنوب آسيا. من المفيد بالتالي أن نناقش درجات النجاح في العلم والتقانة التي أحرزتها الهند، ونحلل اعتمادًا على هذه الخلفية مدى الحاجة إلى تنمية علمية واسعة في بقية جنوب آسيا.

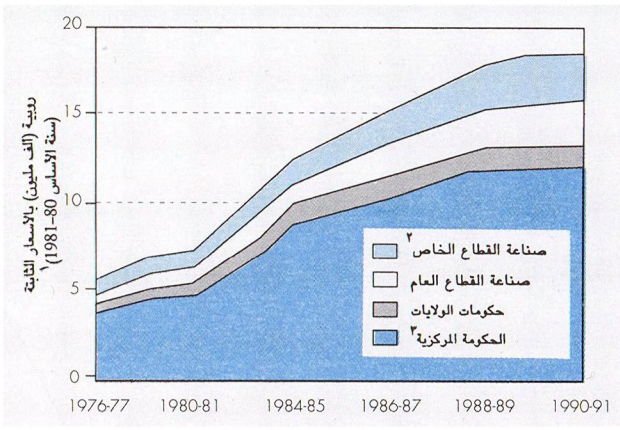
انعكس التراث الطويل من الفكر العلمي على تخطيط الهند الوطني إثر الاستقلال السياسي عام 1947، عندما قام أول رئيس لوزرائها، بانديت جواهر لال نهرو، بإرساء مهمة بناء الأمة على فلسفة استخدام العلم (والتقانة) في تخطيط التنمية. وفي عام 1958، قاد دفة اتخاذ "قرار السياسة العلمية" عبر البرلمان- وهو وثيقة ما زالت تعتبر الدليل الرسمي لمنهج الهند في تبنّي وتعزيز واستدامة النشاط العلمي في البلاد. وبالفعل فإن في دستور الهند مادة تتعلق بتعزيز "النزعة العلمية" بين أفراد الشعب. وقد تابعت الحكومة الهندية الحالية تأكيدها على العلم والتقانة. ففي عام 1993 جرت مناقشة مشروع أولي حول سياسة تقانية جديدة تركّز على قضايا من مثل الفوائد التي يجنيها المجتمع، وتعزيز تقانات أنظف بيئيا، ورفع شأن المهارات التقنية، والترابط مع التنمية الصناعية ...الخ. وهكذا فإن العلم في الهند يشكل بندا مهما على جدول أعمال التنمية الوطنية.

## موارد العلم والتقانة في الهند

### *الموارد المالية*

انسجاما مع فلسفتها في رعاية وتعزيز العلم، حملت الحكومة المسؤولية الرئيسية لدعم أنشطة العلم والتقانة في البلاد. وعبر السنين، ازداد الإنفاق على البحث والتطوير، كنسبة من الناتج القومي الإجمالي، من 0.18% في عام 58-1959 إلى نحو 1% في عام 86-1987. ويقترح مشروع السياسة التقانية الجديدة لعام 1993 أنه بحلول عام 2000 ينبغي أن تصل الاستثمارات في مجالات البحث والتطوير إلى 2% من الناتج القومي الإجمالي. ويعتمد تخطيط الحكومة على زيادة إسهام القطاع الخاص في البحث والتطوير بشكل كبير. وللوصول إلى هذه النتيجة تم وضع تصور لحوافز تلائم الصناعة.

**الشكل 1**
**الإنفاق القومي على البحث والتطوير بحسب القطاع**




١- استخدم الناتج القومي الإجمالي بعامل التكلفة. ولاستخلاص أسعار ثابتة استخدمت تخفيضات الناتج القومي الإجمالي بموجب مسح اقتصادي أجري عام 91-1992.
٢- يتغير عدد الوحدات في القطاع الخاص من عام إلى آخر.
٣- تستثني الحكومة المركزية قطاع الصناعة العام.

المصدر : Department of Science and Technology, Government of India.

يظهر الشكل 1 هيمنة الإسهام الذي قامت به الحكومة المركزية في جهود البحث والتطوير. فخلال عام

90-1991 بلغ إسهامها 68.9% مقابل 23.2% من إسهامات قطاعي الصناعة الخاص والعام معًا. وتتباين هذه النسبة تباينا حادا مع ما نشاهده في البلدان المتطورة والمتقدمة تقانيًا، مثل الولايات المتحدة واليابان، حيث يسهم قطاع الصناعة في البحث والتطوير بحصة أكبر بكثير.

### *الموارد البشرية*

بيّن الأستاذ <C.P. ماهالانوبيس> بوضوح، وهو مهندس التخطيط الأول في الهند، أن "توافر العاملين العلميين والتقنيين هو عامل مهم في التنمية الاقتصادية و «عَظَمة» الأمم في أيما مقياس قيست به...". ويعطي "قرار السياسة العلمية" أهمية أيضا لرعاية القوى البشرية العلمية اللازمة لتنمية البلاد اقتصاديا واجتماعيا. وقد أجريت مسوح إحصائية على المستوى الوطني للموارد البشرية في العلم والتقانة كل عشر سنوات، وكذلك تقوم لجنة التخطيط في الحكومة بإجراءات دورية لتقدير عدد العاملين في العلم والتقانة، كما يتضح من الجدول 1.

**الجدول 1**
**العاملون في العلم والتقانة في الهند**

| الميدان | عدد العاملين بالآلاف 1985 | 1990 | معدل الزيادة % |
|---|---|---|---|
| حملة الإجازات الهندسية | 372.6 | 454.4 | 4.0 |
| حملة دبلومات هندسة | 564.2 | 734.8 | 5.5 |
| خريجو طب[1] | 268.2 | 314.4 | 3.2 |
| خريجو زراعة | 133.3 | 162.8 | 4.1 |
| خريجو بيطرة | 28.3 | 33.4 | 3.4 |
| خريجو علوم[2] | 1 41.0 | 1 684.2 | 3.5 |
| خريجو دراسات عليا في العلوم | 350.3 | 419.7 | 3.7 |
| خريجو تمريض | 3.7 | 5.5 | 8.3 |
| **المجموع** | **3 139.6** | **3 809.2** | |

١- بمن في ذلك جراحو الأسنان.
٢- بمن في ذلك حملة إجازة التربية (إجازة العلوم).

المصدر : Planning Commission, Government of India

في عام 1990 بلغ عدد العلميين والمهندسين المتخرجين في المؤسسات الجامعية نحو 200 000. بيد أنه بسبب محدودية فرص العمل في البلاد، فإن هؤلاء لا يتم استخدامهم جميعا استخداما مجزيا. فمن بين عدد كلي يقارب أربعة ملايين عامل في ميادين العلم والتقانة، وفق ما ورد في تقرير عام 1990، تم استخدام نحو 300 000 فقط في مؤسسات البحث والتطوير، ومن بين هؤلاء هناك 7.3% فقط من النساء.

ولدى الهند ما يقارب 4.5 مهندس وعلمي وتقني من بين كل ألف نسمة ، مقارنة بنحو 184.8 في كندا، و 111.1 في اليابان، و 77.8 في ألمانيا. وإذا كان لهؤلاء العاملين أن يقوموا بدور مهم في المسيرة التنموية لبلد واسع كالهند، فمن الأحرى ألا يزداد عددهم فقط، بل تزداد الاستفادة منهم أيضا. وثمة دراسات عديدة تتم حاليًا لتقدير حجم مشكلة هجرة الأدمغة والإجراءات اللازم اتخاذها لاستعادتها.

## تنظيم العلم في الهند

بما أن دعم العلم في الهند يأتي من مصادر حكومية بصورة رئيسية، فإن البنى التنظيمية تعكس بوضوح غلبة الأقسام الحكومية والخابر الممولة حكوميا في توجيه مجرى العلم في البلاد.

### *البنى الحكومية*

عبر السنين ومن عام 1948 إلى 1985، أنشئت أقسام حكومية مكتملة لتتعامل مع علوم الطاقة الذرية والفضاء والبحوث الدفاعية والإلكترونيات والتقانة الحيوية وتنمية المحيطات والبحوث الصناعية ومصادر الطاقة غير التقليدية والبيئة، إضافة إلى مجالس مستقلة ذاتيا للبحوث الزراعية والطبية. واستفاد معظم هذه الأقسام والمجالس من كون العلميين رؤساء تنفيذيين فيها. ومن أجل تحقيق دور تنسيقي لسياسات الأنشطة المختلفة للعلوم والتقانة، تم عام 1971 إنشاء قسم منفصل للعلوم والتقانة. وبين حين وآخر قامت الحكومة أيضا بتشكيل لجان إرشادية علمية ترتبط بمجلس الوزراء ورئيسه. فاللجنة الوطنية للعلم والتقانة، التي أنشئت

عام 1971، قامت بإسهامها الرئيسي عندما أعدت عام 1973 "خطة علم وتقانة 74-1979" زودت البلاد للمرة الأولى باستراتيجية لدمج العلم والتقانة في التنمية الاجتماعية والاقتصادية. وقد قدمت هذه الخطة فعلا توجهات عقلانية للتنمية، ولكن تنفيذها الفعّال يواجه حتى اليوم مشكلات تنظيمية وإدارية. إن قطاع العلم والتقانة مازال يعمل في عزلة كبيرة، باستثناء مجالات مثل الزراعة وعلم الفضاء التي أعطت أمثلة جيدة جدا عن تطبيق العلم والتقانة في التنمية الإجمالية الاجتماعية والاقتصادية للبلاد؛ وربما ينبغي على الوكالات العلمية الأخرى أن تحذو حذوها.

### *البحث والتطوير الصناعيان*

مثلما بيّنا من قبل، فقد مثلت أنشطة البحث والتطوير الصناعية ما يقارب 23% من مجموع الاستثمارالقومي في البحث والتطوير خلال عام 90-1991. وفي الأول من الشهر 4/ 1990 كان هناك 138 1 وحدة بحث وتطوير في القطاعين الصناعيين (الخاص والعام)، تستخدم أكثر من 60 000 شخص. ويُبيّن الجدول 2 متوسط الإنفاق على البحث والتطوير الصناعيين في كل وحدة مصنفا بحسب القطاعات.

وبموجب السياسات المقترحة من الحكومة مؤخرا سيشجع قطاع البحث والتطوير الصناعيين على المضي قدما في إسهامه في مجهود البحث والتطوير الوطني. ومع الانفتاح الاقتصادي الذي بوشر به مؤخرا، سيواجه القطاع الصناعي منافسة أكبر بكثير مما كان عليه في الماضي. ومن المنتظر، إزاء مواجهة قوى السوق، أن يصبح الاعتماد على الجهود الوطنية في البحث والتطوير أمرا ضروريا. ولكن التحول نحو اقتصاد أكثر انفتاحا يمكن، من ناحية أخرى، أن يسهل استيراد التقانات مع دخول عدد من الشركات المتعددة الجنسيات ذات الترتيبات التعاونية إلى السوق المحلية، وهذا ما قد يكون مثبطا للجهود الوطنية في البحث والتطوير.

### *قطاع التعليم*

يفتقر تنظيم أنشطة البحث والتطوير في قطاع التعليم إلى التخطيط كما أنه يتسم بالهامشية على الرغم من أن

**الجدول 2**
**الإنفاق على البحث والتطوير الصناعيين في كل وحدة في الهند مصنفا بحسب القطاع، 90-1991**

الإنفاق على البحث والتطوير في كل وحدة (مئات الآلاف من الروبيات)

| المجموعة الصناعية | صناعة القطاع العام | صناعة القطاع الخاص | مجموع القطاع الصناعي |
|---|---|---|---|
| صناعات الدفاع | 1621.3 | - | 1621.3 |
| الوقود | 707.8 | 22.7 | 365.3 |
| الأسمدة | 274.8 | 125.0 | 194.1 |
| النقل | 58.7 | 163.5 | 152.6 |
| سلع مطاطية | 28.9 | 120.6 | 115.8 |
| صناعات تعدين | 274.0 | 34.0 | 101.8 |
| اتصالات | 295.0 | 17.3 | 96.7 |
| إلكترونيات وأجهزة كهربائية | 244.3 | 44.6 | 72.4 |
| أدوية وصيدلانيات | 82.7 | 70.2 | 71.1 |
| صناعات معالجة الأغذية | 8.0 | 68.5 | 66.7 |
| آليات صناعية | 14.2 | 49.4 | 45.9 |
| كيماويات (عدا الأسمدة) | 140.3 | 34.9 | 40.1 |
| مجموعات أخرى | 107.9 | 46.1 | 52.8 |
| **المجموع** | **286.5** | **52.2** | **84.1** |

المصدر: Department of Science and Technology, Government of India.

ملاحظة: تُعرّف الوحدة بأنها المؤسسة التي تقوم بإجراء البحث والتطوير. وحتى الشهر 1990/4 ، كانت هناك 1138 وحدة بحث وتطوير في القطاع الصناعي.

بعض مجموعات ممتازة في ميدان البحث الأساسي قد نمت في عدد قليل من المؤسسات التعليمية. وتلقى الأنشطة البحثية في هذه المؤسسات دعمها الرئيسي من منح بحثية ذات أمد محدد تعطى إلى عدد صغير نسبيا من الباحثين الناشطين. فهناك 180جامعة مسجلة في عام 90-1991، مقارنة بـ 27 فقط في عام 50-1951. ولا تزال نوعية البحث في عديد من الجامعات متدنية نوعا ما، ربما لأن التسهيلات في كثير من هذه المؤسسات غير كافية. وخلال الفترة ما بين السنوات الخمس والسنوات العشر الأخيرة، توصلت عدة

برامج حكومية ومشروعات بحث إلى تحسين انتقائي للبنى التحتية، وبالتالي لنوعية البحث في عدد من الجامعات.

***المنظمات على مستوى الدولة***

خلال السنوات العشر الأخيرة، أو ما يقاربها، كان هناك جهد مركّز لإشادة بنى تحتية مناسبة لتخطيط العلم والتقانة في ولايات البلاد الخمس والعشرين. وينتظر من مجالس العلم والتقانة على مستوى الدولة أن تستثمر نتائج الجهود الوطنية في البحث والتطوير لضمان وصول الفوائد الاجتماعية والاقتصادية إلى مواطني هذه الولايات من خلال التطبيق الفعال للعلم والتقانة لحل مشكلات التنمية. ويحتاج مثل هذا التوجه إلى مزيد من التعزيز.

إن البنية التنظيمية الإجمالية للعلم والتقانة قد نمت على ما يبدو نموا أوسع مما يجب؛ ليس من منطلق الاستثمار بل من منطلق التنسيق والإدارة. فالآلية التنفيذية تحتاج إلى عصرنة كبيرة، وتوجيه نحو الاستجابة الأسرع. وينبغي التمسك الحازم بالنوعية والانتقاء إذا كان للتفوق في العلم أن يغدو الهدف المباشر للهند.

## نتائج

أعطى التزام الحكومة باستخدام العلم والتقانة في التنمية الوطنية ثماره في عدة مجالات مثل الزراعة والصحة ومسح الموارد والاتصالات والتغليم والدفاع وإنتاج الطاقة. وعلى الرغم من تزايد السكان، فالبلاد مكتفية ذاتيا من حيث الغذاء – وذلك بفضل النتائج العلمية للبحوث الزراعية. إن هذه البلاد الشاسعة مغطاة الآن بشبكة شاملة من خدمة الاتصالات الوطنية القائمة على الأقمار الصنعية. وتستعمل تقنية الفضاء لمسح الموارد القومية وفي التنبؤ الجوي، وهما مجالان مهمان جدا لمجتمع تغلب عليه الزراعة. ومع أن الخدمات الصحية المحسنة ما زالت بعيدة عن المثالية، فإنها خفضت معدل الوفيات من 27.4 بالألف عام 1950 إلى 11.9 بالألف عام 1985، وارتفع بالتالي متوسط عمر الفرد منذ الولادة من 32 سنة إلى 56 سنة. ومن الفوائد المهمة التي جُنيت من تطبيق العلم والتقانة تزايد توليد الطاقة الكهربائية، وإنارة الريف. وباستعمال تقنيات وسائل الإعلام الحديثة وعبر جهود المجموعات الميدانية، ارتفع معدل محو الأمية إلى ما يزيد على 50%، وينتظر الوصول إلى نسبة 100% لمجموعة الأفراد الذين تتراوح أعمارهم ما بين 15-35 سنة وذلك بتطبيق نهج تقاني. وعلى الرغم من هذه التطورات الإيجابية، فإن طاقة العلم الكامنة لا تزال تنتظر استغلالا أكمل. ويحتاج النشاط العلمي إلى مزيد من الدعم، كما ويحتاج إلى التزود بإدارة مبتكرة وفعالة لتنمية اجتماعية واقتصادية متكاملة من خلال العلم والتقانة، إضافة إلى صلات أوثق بين منتجي العلم ومستثمريه والمستفيدين في المآل منه ألا وهم أبناء شعب الهند.

## تنظيم العلم والتقانة في جنوب آسيا

مقارنة بالوضع في الهند، فإن تنمية العلم والتقانة في بقية جنوب آسيا يواجه مشكلات أعقد بكثير. منها انخفاض معدل دخل الفرد وتدني مستوى محو الأمية (بوسطي يقارب 290 دولارا أمريكيا و 40%، على التوالي، باستثناء سري لانكا حيث يرتفع المعدلان جيدا فوق الوسطي الإقليمي). وهكذا فالمنطقة تتخلف عن أكثر البلدان النامية الأخرى. كما تفتقر بعض البلدان، مثل بوتان والمالديف، حتى إلى نظام تعليم للمرحلة الثالثة.

في هذه الأقطار (كما في الأقطار النامية الأخرى)، تعترف السياسة بلا استثناء بدور العلم والتقانة في خطط التنمية. وهذا ملمح ينعكس في الخطة السادسة (83-1988) لباكستان، والخطة السابعة (85-1990) لنيبال، والخطة السادسة (83-1987) لسري لانكا، والخطة الثالثة (86-1990) لبنغلادش، والخطة السادسة (86-1991) لبوتان. وهذه الأولوية العالية للعلم والتقانة تبدو جلية من خلال الهيئات الحكومية الرفيعة المستوى التي عهد إليها توجيه وتنسيق تنمية العلم والتقانة، والمشكّلة أساسا لهذا الغرض. إن اللجنة الوطنية للعلم والتقانة في بنغلادش هي مركز الارتباط لجميع القرارات المتعلقة بالعلم والتقانة، في حين يوجّه المجلس الوطني للعلم والتقانة السياسة العامة للعلم ويشرف عليها. أما أكاديمية نيبال الملكية للعلم والتقانة فتقوم بتعزيز تنمية العلم والتقانة تحت رعاية ملكية. وتقدم هيئة الموارد الطبيعية والطاقة والعلم في سري لانكا المشورة لرئيس

البلاد بشأن سياسات تنمية العلم والتقانة إضافة إلى الخطط والبرامج. وينسق مجلس باكستان للعلم والتقانة الخطط والبرامج في هذين الميدانين.

## البنى التحتية المؤسساتية للعلم والتقانة

أولت الجهود الوطنية الخاصة بتنمية العلم والتقانة أهمية فائقة لإرساء بنى تحتية مؤسساتية للعلم والتقانة؛ وأنشئت مؤسسات علمية مقتدرة للبحث والتطوير في عديد من التخصصات تنضوي بصورة رئيسية تحت مظلة مجالس البحث العلمي والصناعي. ففي باكستان يتبع مجالس البحث العلمي والصناعي تسعة مخابر، منها ثلاثة متعددة الوظائف؛ ويتبع مجلس البحث العلمي والصناعي في بنغلادش ثلاثة مخابر؛ وللمجلس في سري لانكا عدة مخابر، ولدى نيبال مركز بحوث للعلوم التطبيقية والتقانة، هو جزء من جامعة تريبوفان، وأربعة معاهد أخرى مستقلة ذاتيا. وفي المنطقة أيضا عدد من مؤسسات البحوث في العلوم الزراعية والطبية، ومجالات تنمية اجتماعية -اقتصادية أخرى.

وعلى التوازي مع هذه المؤسسات، هناك مؤسسات التعليم العالي لتهيئة العاملين في ميادين العلم والتقانة، والتي تشكل مكونا آخر من مكونات البنى التحتية الؤسساتية.

وإضافة إلى 53 مؤسسة بحثية، تمتلك باكستان 23 جامعة بما فيها أربع جامعات للهندسة وثلاث للزراعة، و 170 معهدًا للتقنيات المتعددة والتدريب المهني، و 101 كلية مهنية. ولدى سري لانكا، إضافة إلى 20 مؤسسة بحوث رئيسية، تسع جامعات و 24 كلية تقنية تنضوي تحت إدارة وزارة التعليم العالي بما فيها ثمانية معاهد متعددة التقنيات، و 12 معهدا تقنيا لليافعين، وثلاث مدارس زراعية وعدد من معاهد للتدريب المتخصصة التي أسستها وكالات حكومية.

وإضافة إلى 18 معهد بحوث في بنغلادش، هناك أربع كليات هندسة وتسعة معاهد متعددة التقنيات و 54 معهد تدريب مهني. وتؤسس بنغلادش أيضا جامعة للعلم والتقانة. وإلى جانب مركز البحث للعلوم التطبيقية والتقانة في نيبال، هناك أربعة مراكز بحوث أخرى في جامعة تريبوفان (المسؤولة عن التعليم العالي كله في البلاد) وأربعة معاهد مستقلة ذاتيا للتعليم التقني والبحوث.

ومع أن بوتان لم تنعم بعد بنظام تعليمي للمرحلة الثالثة، فقد أنشأت بعض المعاهد التقنية والمتعددة التقنيات، مثل "المعهد الوطني للحراج" و " المركز المتكامل للتدريب الزراعي والبحوث" و " المعهد الوطني البيطري". كذلك لا يتوافر لدى المالديف تسهيلات للمرحلة الثالثة من التعليم، لكنها تمتلك معهدين تقنيين في المرحلة الثانية من التعليم.

## موارد العلم والتقانة في جنوب آسيا

إن التمعن في سياسات العلم والتقانة التي تصرح عنها بلدان جنوب آسيا يظهر أن أغلبية المشكلات الاجتماعية والاقتصادية ومهمات التنمية التي تشتمل على مجال طموح من الأولويات، أصبحت الآن مسؤولية قطاع العلم والتقانة. وتؤكد سياسات العلم والتقانة في أقطار المنطقة على الحاجة إلى:

- تنمية المقدرة التقنية التي تتضمن، في بعض الحالات، تقانات جديدة متقدمة كجزء لا يتجزأ من الاستراتيجية القومية لنمو يعتمد على ذاته؛
- تهيئة الأفراد من ذوي المهارات التخصصية المطلوبة، مثل اكتساب التقانات وتكييفها ومن ثم تطويرها؛
- التطبيق الأكثر فاعلية للتقانات المحلية؛
- تعزيز ونشر العلم والتقانة وإشاعة تطبيقهما في التنمية الاجتماعية والاقتصادية.

وعلى الرغم من أن هذه الغايات تتطلب الكثير فإن تحقيقها سيكون ممكنا إذا لم تعرقلها قيود خانقة لوارد العلم والتقانة. إن الإنفاق القومي على البحث والتطوير في بلدان المنطقة - بما فيها المنح الأجنبية بموجب التعاون التنموي والإنفاق على العلوم الاجتماعية - هو أقل من 0.5% من الناتج القومي الإجمالي. وبالفعل فقد كان الإنفاق في الثمانينات متدنيا إلى درجة مفزعة ويقارب 0.3% من الناتج القومي الإجمالي في بنغلادش ونيبال وباكستان. ومن الؤسف أن تكون الموارد المخصصة للعلم والتقانة ككل هي أعلى بقليل فقط من الإنفاق القومي على البحث والتطوير.

وعلى الرغم مما تصرح عنه السياسات المرسومة حول الحاجة إلى توجيه العلم والتقانة نحو حل المشكلات التنموية، فإن البحث والتطوير ينحازان عموما لصالح العلوم الأساسية وليس إلى العلوم التطبيقية، وإن المبلغ الأكبر مما ينفق على البحث والتطوير يؤول إلى أمور إدارية روتينية. فضلا عن هذا، فإن الاتجاه إلى الاضطلاع بأكثر مما ينبغي من المشروعات يؤدي إلى تشتيت الجهد المبذول في البحث والتطوير.

إن البحث والتطوير في القطاع الصناعي الخاص غير موجودين عمليا في بلدان المنطقة. ففي سري لانكا كان نصيب هذا القطاع من البحث والتنمية القوميين 7% عام 1985، وظل الوضع في بقية المنطقة أسوأ.

هناك نقص عام في العناصر البشرية المؤهلة لتنمية العلم والتقانة في بلدان المنطقة. ويعود ذلك إلى النسبة المتدنية من الأفراد المسجلين في المرحلة الثالثة من التعليم، وتتجلى حدّة هذا النقص، بصورة خاصة، في أعداد العاملين في البحث والتطوير. ففي باكستان بلغ عدد العاملين في ميدان البحث والتطوير نحو 6000 (عام 1988-1989)، وذلك في جوّ من النمو البطيء للقوى البشرية العاملة في ميدان العلم والتقانة. وفي سري لانكا كان هذا العدد في أواسط الثمانينات أقل من 3000 عالم ومهندس. وفي نيبال يصل عدد المشتغلين في البحث والتطوير من بين جميع العاملين حاليا في العلم والتقانة، إلى 334 علميا ومهندسا وإلى 75 تقنيا فقط. ولدى بوتان 17 مهندسا (1987)، مما يجعل البلاد تعتمد على الطواقم الأجنبية والعون الأجنبي على شكل تدريب خارجي للعناصر التقنية.

يعود نقص القوى البشرية التقنية (حيث تفوق أعداد المهندسين عامة أعداد التقنيين) إلى أن أعداد المنتسبين إلى المرحلة الثانية للتعليم التقني بالغة التدني، فالنسبة لا تتجاوز 1.6% من إجمالي المنتسبين إلى المرحلة الثانية. كذلك توجه نظام التعليم العالي في مرحلة تطوره نحو إعداد مزيد من العلميين والمهندسين لمؤسسات العلم والتقانة وللقطاع الصناعي الرسمي (ومعظمه عام)، وليس نحو تهيئة ما تحتاج إليه البلاد من التقنيين لدعم قطاعات الصناعات الصغيرة وغير الرسمية، والتي تشكل الكتلة الأكبر من الأنشطة الاقتصادية في بلدان المنطقة.

## ربط البحث بالصناعة

تقدم مؤشرات الإنجاز في البحث العلمي، مقاسة من منطلق النشاط الابتكاري، سيناريوهات كئيبة: ففي نيبال، وخلال الفترة ما بين صدور قوانين براءات الاختراع عام 1965 وعام 1982-1983، كان هناك 15 عملا مسجلا ببراءة و 15 تصميما صناعيا. وفي بنغلادش وسري لانكا يُقدّم أقل من 200 طلب براءة اختراع وسطيا في السنة. وهناك ما بين 400 و 500 من طلبات البراءات سنويا في باكستان وسطيا، معظم أصحابها من الأجانب. وتظل الاستفادة من البحوث في ميادين الصناعة محدودة إلى درجة عالية. فالقليل من العمليات التقانية، التي طورتها مؤسسات البحث والتطوير، تصب في دائرة الإنتاج.

هناك عدد صغير فقط من العمليات التقانية التي سمحت بها مجالس البحث العلمي والصناعي في باكستان دخلت حيز الإنتاج التجاري – لم يتجاوز في الواقع 100 في عام 1985.

أما في سري لانكا، فقد دخل ميدان الإنتاج التجاري، خلال الفترة ما بين 1982و 1987، مشروعان اثنان من أصل 19 مشروع بحث وتطوير تولاها مجلس البحث العلمي والصناعي، وثلاثة مشروعات من أصل 36 مشروعا تولاها المركز الوطني للبحث والتطوير الهندسي. ومنذ إنشاء مجلس البحث العلمي والصناعي في بنغلادش وحتى عام 1985، تم تطوير نحو 180 عملية ذات براءة اختراع، وتم تأجيل 106 عمليات منها، في حين دخلت نحو 20 عمليا في الإنتاج.

إن عوائق الأداء الفعّال للعلم والتقانة في المنطقة تتأتى بشكل رئيسي من:

- عدم قابلية التطبيق للمشروعات المنفذة؛
- ضعف الصلات بين مؤسسات البحث والتطوير وبين الصناعة، وهي علة تنعكس في غياب البحوث عن طريق التعاقد أو التكليف، وتمنع بالتالي استقطاب إسهامات ممكنة من قطاع العلم والتقانة؛

- غياب الخدمات المتخصصة لمتابعة الارتباطات مع الصناعة ولمتابعة التعاون التقني، وضعف المقدرات الهندسية في مؤسسات العلم والتقانة؛
- الافتقار إلى رأس المال الجريء لتغطية المجازفات المتأصلة في الابتكارات التقنية؛
- ضعف الإدارة في مؤسسات البحث والتطوير وميلها إلى تسيير شؤونها كدوائر حكومية بدلا من إدارتها بروح التعاون الجماعي.

يعود القيد الرئيسي المفروض على العلم والتقانة إلى تركيز السياسات على البحث والتطوير وكأنه نشاط تزويدي مُستقبِلْ، في حين تتلقى الاختراعات التقانية موارد وجهودا هامشية فقط. ولا يتم إلا القليل من أعمال البحث والتطوير بهدف يتجاوز استيلاد وتحريك التقانة أو مرحلة الاختراع، في أحسن الحالات. في حين تكون الحاجة إلى الاستثمار في تطوير الإنتاج تفوق ذلك بنحو عشرة أمثال، على نحو ما توضحه تجربة كل من باكستان والهند. وفي الحقيقة، فإن اهتمام السياسة بالبحث والتطوير يتضاءل كلما اقترب المرء من السوق.

## البحث وتعليم العلوم في جنوب آسيا

إن نظم التعليم التقني العالي أكثر انعزالا عن القطاع الإنتاجي من مؤسسات البحث والتطوير. فالبحث في الجامعات غالبا ما يكون أكاديميا إلى حدّ كبير ويفتقر إلى دعم مالي ملائم، وأحيانا إلى الجودة والملاءمة. ولا يتفاعل نظام التعليم العالي تفاعلا وثيقا مع القطاعين الصناعي والتجاري، اللذين يحتاجان حاجة ماسة في الحقيقة إلى التزود بما يفرزه كل من العلم والتقانة.

وفي باكستان، يعزى نقص أعداد العاملين في البحث والتطوير إلى تدهور نسبي لمستويات التعليم والبحث في الجامعات، وتضاؤل التوكيد على البحث. فتبعا لمسح إحصائي أجرته لجنة باكستانية عن العلم والتقانة، يقوم عدد ضئيل لا يتجاوز 25% من العاملين العلميين في الجامعات بأنشطة بحثية.

وفي سري لانكا، ينفق على البحث العلمي مبلغ لا يعتد به من المخصصات الممنوحة للتعليم- يقل عن 0.25% وسطيا - وبلغ الإنفاق المتكرر على البحث والنشر في جامعة تريبوفان في نيبال 1.3% من ميزانيتها لعام 1988 - 1989.

إن التوسع غير المخطط في التعليم العالي، والمرتبط بعلاقة واهية مع متطلبات السوق كما هي الحال في بنغلادش، أدى إلى حالة من عدم التلاؤم بين تدفق الخريجين من مختلف مستويات التعليم التقني ومتطلبات سوق العمل.

إن ما يحتاج إليه التعليم التقني العالي بشكل أساسي هو استجابة أفضل لعالم العمل بدلا من الانصراف إلى تخريج التقنيين وفق القالب التقليدي. وهذا يدعو إلى اتخاذ إجراءات مدروسة بعناية ترمي إلى تطوير المناهج وتولي عناية أفضل للاحتياجات الاجتماعية والاقتصادية في المجالات الحيوية مثل الغذاء والزراعة والريّ وموارد المياه والطاقة ورعاية الصحة وقطاع الخدمات والتقانة والبيئة....الخ، وكذلك موالفة تلقين العلم والتخصصات التقليدية في المؤسسات التعليمية العليا مع ما يجري الآن من تقدم سريع في ميادين العلم والتقانة.

لقد صار التعليم المهني ضحية من ضحايا التنمية، وليس النقص الحاد في أعداد المعلمين والمُدَربين وفي التجهيزات الكفؤة، وأمكنة التدريب العملي البالغة التردي، سوى مشكلات جلية عبر المنطقة بأكملها. فالتعليم المهني لا يؤكد على ضرورة تحسين المهارات التقليدية، ولا يُركز على تعزيز ملاءمته وفائدته لبرامج التنمية الريفية والمشروعات الصغيرة.

## بعض الاتجاهات الرئيسية

### *اقتصاد السوق واكتساب التقانة*

يأخذ الاتجاه نحو اقتصاد السوق والخصخصة طابع الشمولية في جنوب آسيا، ويكوّن بيئة جديدة مختلفة للبحث العلمي وبرغم مؤسسات البحث والتطوير على أن تكون أكثر تنافسًا وإنتاجًا، وأن تُكيّف نفسها لتتلاءم مع نهج يتحكم فيه مبدأ العرض والطلب. وتولي الآن سياسات العلم والتقانة

اهتمامًا أكبر للحاجة إلى تكوين بيئة مواتية وإيجاد آليات لاجتذاب الاستثمار والتقانة الأجنبيين.

### *الآليات المؤسساتية لنقل التقانة*

لأجل تعامل أفضل مع المشكلات التي تعترض سبل نقل التقانة، فقد أوجدت آليات مؤسساتية جديدة، منها المركز الوطني لنقل التقانة، الذي أنشىء مؤخرًا في باكستان كي يقوم بدور مركز ارتباط للتنمية ونقل التقانة. وتنظر بنغلادش ونيبال في إيجاد مراكز مماثلة.

كما أنشأت باكستان أيضا وكالة جديدة، هي هيئة التنمية العلمية والتقانية، كرديف مساعد لمجالس البحث العلمي والصناعي، لتعزيز الابتكار والتطوير الأكثر فعالية ولنقل العمليات التقانية المطورة محليًا.

### *ربط البحث بالصناعة*

يؤثر التوجه نحو اقتصاد السوق تأثيرًا مباشرًا في الروابط بين البحث والصناعة. ففي باكستان، يتم تعزيز البحث والتطوير في القطاع الخاص الصناعي عن طريق تشجيع إنشاء مراكز للبحث والتطوير في المؤسسات الصناعية. فهناك اعتراف متزايد بالقطاع الخاص باعتباره السبيل المرئيسي للتنمية. وفي نيبال تشجع مشاركة الصناعة في تطوير التقانة عن طريق البحث والتطوير المحليين والبحوث المشتركة. وفي الواقع، فإن "معهد المهندسة" يستمد ما بين 10 إلى20% من موارده من الخدمات الاستشارية . أما في سري لانكا فيؤكد بيان السياسة الصناعية لعام 1987 على الحاجة إلى تكوين الشروط المواتية التي تحفز الطلب على التقانة وتوجّه مؤسسات البحث والتطوير نحو الوصول إلى تقانات يسيّرها العرض والطلب.

### *الخصخصة ووقعها على التعليم التقني العالي*

يُتبين من تجربة سري لانكا، أن المنافع الدائمة الناجمة عن الانفتاح في مجال تنمية المهارات البشرية والمقدرات التقنية ستكون متدنية، ما لم يتم تبني سياسات واعية ومدروسة للوصول بهذه المنافع إلى حدّ مثالي. فمثلا تتعطل برامج الخصخصة في بنغلادش بسبب نقص الوارد – التقنية والمالية والبشرية. وهكذا، فإن للخصخصة وقعها على العلم والتقانة وذلك بفرضها بعض المطالب على التعليم التقني العالي الذي لايزال قطاعًا عامًا حتى الآن.

### *المتطلبات القومية في العلوم الأساسية والتدريب التقني*

بسبب التقدم السريع في العلم والتقانة، أصبحت مسألة تعزيز التعليم الجامعي في العلوم الأساسية، عن طريق تدريب وإعادة تدريب المعلمين، مسألة ضرورية لجميع البلدان النامية. فالحاجة إلى برامج قوية في العلوم والرياضيات أصبحت من الأمور المسلم بها في بنغلادش وباكستان التي تولي أهمية خاصة لتدريب المهندسين. كما أن تدريب المتخصصين في العلوم الأساسية أصبح يلقى اهتماما سياسيًا متناميًا في بنغلادش وفي نيبال أيضًا. ومؤخرًا أدخلت بنغلادش تعليم الكيمياء الحيوية، كما اقترح تأسيس مركز أبحاث وطني للتقانة الحيوية.

إن تعليم العلوم في مدارس الدول الأقل نموًا ضعيف جدًا، حيث تبرز الحاجة الأولى إلى " توسيع التدريب على العلم والتقانة لمن هم في عمر المدرسة". وفي محاولة لتلبية هذه الحاجة، تقوم اليونسكو بدعم وحدة دراسية تقنية في مركز التدريب المهني في (مال) بالمالديف، لتعزيز برامج التعليم التقني. وبما أن الأولوية العليا معطاة للتنمية الصناعية، فإن بوتان أيضًا تقدم بعدًا جديدًا للتعليم العلمي وتدريب العناصر التقنية، كما يعاد النظر في السياسة التعليمية الوطنية بحيث تؤكد بشكل أوضح على التعليم العلمي والتقني.

### *التقانات الجديدة المتقدمة والبرامج العلمية التقانية*

يغير التقدم في العلم والتقانة بشكل بالغ العلاقة بين العلم والتقانة من جهة والتنمية الاقتصادية من جهة أخرى. وتبذل منطقة جنوب آسيا جهدا للمشاركة في مجالات النمو هذه. فقد أُسست معاهد البحث والتطوير في باكستان في ميادين الإلكترونيات وعلوم المحيطات وتقانة السيليكون. وهناك مؤسسات متخصصة في ميادين مثل التقانة الحيوية والمهندسة الوراثية قيد الإنشاء. كذلك فإن الطاقة المتجددة وعلم المواد والليزرات والألياف الضوئية...إلخ، تغدو هي الأخرى مجالات ذات أولوية. وإضافة إلى هذا دشنت باكستان برنامجًا للتدريب التخصصي في الخارج، تدرب

بموجبه مئة علمي. وعلى نحو مشابه، ركّزت سري لانكا في سياساتها الرامية لتكوين مقدرات في التقانة المتقدمة على "مراكز تفوق " إلى حد ما مثل "معهد الدراسات الأساسية" و " مجلس الحاسوب وتقانة المعلومات"، و"مركز سري لانكا للتقانات الحديثة". وفي سياسة العلم والتقانة الوطنية لبنغلادش (التي صيغت عام 1988) اعتبر دعم التقانات الناشئة أمرًا أساسيًا مثل التقانة الحيوية والهندسة الوراثية والإلكترونيات المكروية ومصادر الطاقة الجديدة والمتجددة....إلخ. أما سياسة العلم والتقانة في نيبال، والتي استكملت في أواخر الثمانينات، فتنص على أن برنامج البلاد للبحث والتطوير ينبغي أن يستهدف تنمية القدرة على استغلال العلوم الحديثة، مثل التقانة الحيوية، بمقدار ما تكون عملية وقابلة للتطبيق. وتعتبر بوتان أن التقانات القائمة على العلم ضرورية لتحسين مستويات العيش لدى الناس، وهي تؤكد أيضًا تبنّي تلك التقانات الناشئة، مثل الإلكترونيات المكروية ومصادر الطاقة المتجددة والتقانة الحيوية، المتوائمة مباشرة مع الشروط الاجتماعية الاقتصادية، وعلى الحاجة إلى ضمان تمازج هذه التقانات مع التقانات التقليدية.

إن الاتجاهات الحالية نحو اقتصادات السوق والتعاون البحثي-الصناعي قد يدخلان منظورًا جديدًا للعلم والتقانة في منطقة جنوب آسيا. وقد يشاهد التوازن بين تقاليد الإدارة والعلم نقلة نحو إدارة أقل وعلم أكثر. وسيعني الاهتمام بالتقانات الجديدة المتقدمة اهتمامًا أكبر بسياسات الابتكار التقاني. وإن الأنشطة الجارية لتلقين العلم والرفع من شأنه وتطبيقه بشكل واسع في ميادين التنمية الاجتماعية والاقتصادية عن طريق حشد الطاقات الخلاقة في المنطقة، قد تضفي أيضًا بعدًا جديدًا على العلاقة البيئية العلمية - الاجتماعية، دافعة بالعلم والتقانة المعاصرين إلى تغلغل أعمق في الثقافات الإقليمية.

## عرفان

يشكر **پراباكار J. لاڤاكار** دائرة العلم والتقانة في حكومة الهند لتزويده بآخر البيانات الإحصائية عن البحث والتطوير في البلاد.

**لاڤاكار**: هو المدير التنفيذي " لمؤسسة الولايات المتحدة الأمريكية التعليمية" في الهند، والعالِم الفخري "لمجلس البحث العلمي والصناعي" في نيودلهي. وهو فيزيائي متمرس عمل سنوات طويلة باحثا في " معهد تاتا للبحوث الأساسية" في بومبي وفي جامعة هامبشاير، وعين فيما بعد إداريا علميا في " لجنة الإلكترونيات" ومن ثم في دائرة العلم والتقانة في نيودلهي. وخلال هذه المدة عمل أمينًا " لمجلس العلم الاستشاري" التابع لرئيس وزراء الهند، ومستشارًا فخريا في العلم والتقانة " للجنة التخطيط في الحكومة الهندية".

**كيشور سينك**: (الذي كتب المقاطع المتعلقة بجنوب آسيا في هذا الفصل) هو عضو " المجلس الدولي لدراسات السياسة العلمية"، وقد عمل ما ينوف على عشر سنوات خبيرا استشاريا لوكالات الأمم المتحدة في مجالات سياسات تطوير العلم والتقانة ونقل التقانة. وقد تلقى تعليمه العالي في جامعة باريس الأولى، وقام في جامعة باريس الخامسة بتدريس مقررات لمرحلة الدكتوراه حول نقل التقانة. وكان مؤخرًا أستاذًا زائرًا في جامعة روسكيلد بالدنمارك.

# الصـــين

شِنْ تشنرو - جانگ شاوزنگ

إن الإصلاح هو المقولة الرئيسية اليوم في الصين. والتغير يُشاهَد في كل مجال من مجالات الحركة، ومعه تحدث الإصلاحات الأكثر تجذرا في اقتصاد الأمة. ولأن إمكانات العلم والتقانة، كقوة منتجة، أمر معترف به عموما، فإن برنامج الإصلاح يعطي هذا القطاع توكيدا متزايدا، على الرغم من أن البحث الأساسي في معظمه لا يزال محط اهتمام الجماعة العلمية وحدها، وذلك للاعتقاد بأنه لا علاقة له بالإنتاج. ولا يزال على معظم الناس أن يفهموا القيمة الكامنة في البحث الأساسي، وبينما ينظر إلى العاملين في هذه البحوث على أنهم من ذوي النزعات الأكثر أكاديمية والأقل مقدرة عملية، ينعم التقنيون، بالمقابل؛ بصورة شعبية أفضل بكثير.

تصف هذه المقالة بإيجاز الحالة العامة للبحث الأساسي في الصين، وتُعرِّف بأكاديمية العلوم الصينية، وهي المركز الأكبر للبحوث الأساسية في الصين، وتوضح انعكاس ثقافة الصين التقليدية على علمها وتقاناتها.

## وضع البحث الأساسي

لمفهوم البحث الأساسي تفسير يختلف من بلد إلى آخر. ففي الصين يتكون العلم والتقانة عامة من ثلاثة أنماط. يتكون النمط الأول من أشكال البحث والتطوير التي تقدم خدمة مباشرة إلى الجهود المبذولة لمضاعفة الناتج القومي الإجمالي عند نهاية هذا القرن، والتي ستكون بالتالي المجال الرئيسي لأنشطة العلم والتقانة. ويتضمن النمط الثاني البحث والتطوير في تقانات جديدة ومتقدمة تستهدف تأسيس وتطوير صناعات تقانية رفيعة المستوى. أما البحث الأساسي فهو النمط الثالث، ومهمته فهم الظواهر الطبيعية فهما منهجيا وعقلانيا كي تتم تهيئة مفاهيم ونظريات وطرائق جديدة لتفسير الطبيعة. وينقسم البحث الأساسي بدوره إلى ثلاثة أصناف. الصنف الأول هو البحث الأساسي الوجّه ذو الخلفية التطبيقية، والثاني هو البحث الأساسي التراكمي لأجل تجميع بيانات ومواد أصيلة، والثالث هو البحث الأساسي البحت. وكان البحث الأساسي البحت يعني تقليديا تتبع المسائل النظرية في الرياضيات والفيزياء والكيمياء، في حين ينتمي علم الفلك وعلم الأحياء وعلم الأرض إلى الصنف الثاني.

## الإطار الإداري

يتكون نظام العلم والتقانة في الصين من "أكاديمية العلوم الصينية"، ومن جامعات ومعاهد تتبع وزارات الدولة وهيئاتها. وتقوم "هيئة الدولة للعلم والتقانة " بمهمة التنسيق فيما بينها. وقد أقيم هذا النظام أساسًا بناءً على خطة اقتصادية يتم من خلالها تخصيص وتمويل معظم مشروعات العلم والتقانة من قبل الحكومة المركزية. وكانت الوحدات البحثية التي اضطلعت بهذه المشروعات مسؤولة أمام الدولة فقط. إن عيوب هذا النظام، ولاسيما في المستوى الثالث واضحة، وذلك بسبب علاقته الضعيفة بالقطاعات الإنتاجية. وبإدخال آليات السوق خلال السنوات العشر الأخيرة أو ما يقاربها، تغيرت مظاهر كثيرة من النظام ، لكن شخصيته الجوهرية بقيت كما هي. وواضح أن التغير الأساسي في النظام البحثي سوف يعتمد على التنمية الإجمالية لاقتصاد السوق، وأن الصين تقف على عتبة اتخاذ خطوات تشريعية باتجاه الانفتاح.

في الماضي كان وسطي الإنفاق الحكومي السنوي على العلم والتقانة ضئيلا ويقع في حدود 1% من الناتج القومي الإجمالي، يخصص منه نسبة 4.8 % لتمويل البحوث الأساسية. ومعدلا الاستثمار هذين أدنى من الوسطي العالمي.

أُنشِئَت "المؤسسة الوطنية للعلوم الطبيعية" عام 1986، وقامت بما يمكن اعتباره الخطوات الأولى نحو إصلاح نظام العلم والتقانة في الصين عن طريق تنويع مصادر التمويل. ومنذئذ، نجح عدد من وزارات الدولة والقطاعات الإنتاجية في إنشاء مؤسساتها الخاصة للبحث والتطوير. وهكذا تلقى المستويان الأول والثاني من العلم والتقانة دعما غير معهود. وبالمقارنة، يبدو وكأن البحث الأساسي قد تجاهلته المؤسسة الوطنية للعلوم الطبيعية. والدليل على المنزلة التي وصل إليها، في إطار سياسة الصين للعلم والتقانة، هو ما يخصص له من تمويل.

ونتيجة للجهود المبذولة في عملية الانفتاح الاقتصادي، ينبثق الآن في جنوب الصين قطاع خاص للعلم والتقانة يستقل عن إطار إدارة الدولة، ويتركز بخاصة في مناطق اقتصادية معينة مثل شِنجِن وجوهاي وشامين وونجو ونِنگبه. وهذا القطاع يتوجه نحو السوق، ويرتبط مباشرة بالإنتاج، وهو أكثر مرونة ونشاطا بكثير من مؤسسة العلم التي تملكها الدولة. وبسبب الارتفاع الكبير في الأجور التي يعطيها، فهو يجتذب أعدادا متزايدة من الاختصاصيين في ميادين العلم والتقانة العاملين في قطاعات تملكها الدولة، بما فيها الجامعات والمعاهد العلمية الرموقة. وسيعتمد مستقبل هذا القطاع الخاص للعلم والتقانة على ما إذا كانت برامج الإصلاح ستتوالى من دون انقطاع.

## الوضع الراهن

على الرغم من أن إدارة العلم والتقانة تتم بحسب التصنيف المذكور آنفا، فالإحصاءات التي تتماشى مع هذا التصنيف لم تنجز بعد، ويصعب بالتالي وصف البحث الأساسي في الصين وصفًا دقيقا. وعلى أي حال، يمكن استنباط بعض المعلومات من تقرير عنوانه " تحري *اختصاصات البحوث الأساسية الوطنية في العلوم الطبيعية*"، أعدته أكاديمية العلوم الصينية بموجب تفويض من هيئة الدولة للعلم والتقانة. لقد أسهم في هذا التقرير مئة ونيف متخصص من الأكاديمية والمؤسسات الأخرى، وأُعد عقب استقصاء معلوماتي خلال الفترة ما بين الشهر السابع إلى الشهر 12/ 1987، وهو يتكون من تقارير فرعية عن 15 تخصصا علميا تتضمن الرياضيات والفيزياء والكيمياء والفلك وعلوم الأرض والأحياء وعلم الزراعة الأساسي وعلم الطب الأساسي وعلم مصادر الطاقة والكهرباء الضوئية والهندسة. وهذا التقرير هو أول استقصاء موثوق للبحث الأساسي في الصين، على الرغم من احتوائه على إحصاءات ناقصة.

يُبيِّن التقرير الآنف الذكر أن الصين أسست بنية عريضة للبحث الأساسي تغطي اختصاصات كثيرة على أهم المستويات ، وأنها قدمت إسهامات مهمة للتنمية الاقتصادية الوطنية والعلوم وشؤون الدفاع، وكذلك في اكتساب الثقة بالنفس والاحترام الذاتي لدى الصينيين. وإن الأمثلة الأبرز على قوة مؤسسة العلم هي التطوير الناجح لقنبلتي الصين الذرية والهيدروجينية ولأقمارها الصنعية. ويدرج التقرير أيضا أسماء علماء قدموا إسهامات فردية أو جماعية معترفا بها على نطاق عالي. ويشير إلى أن الاستقصاءات وعمليات المسح في ميادين الجيولوجيا والجغرافيا وعلم الزلازل وعلوم التربة و الأرصاد الجوية والبيئة وعلوم الحيوان والنبات ساعدتنا على أن نفهم كوكبنا فهما أفضل.

ومع ذلك، فقد وصف التقرير بنية البحث الأساسي بأنها ضعيفة ومتدنية الكفاءة. وفي الرياضيات الأساسية مثلا، أشار التقرير إلى أن المستوى الإجمالي في الصين يظل متخلفا جدا عن البلدان المتطورة، وفي ميادين عديدة مهمة تتخلف عن الهند والبرازيل. ومن بين 20 000 عضو في الجمعية الرياضياتية الصينية، لا يقوم بالبحث الأساسي إلا عدة آلاف. وبحسب إحصاءات هذه الجمعية لعام 1985 فإن 400 من أصل 14 000 رياضياتي صيني أنجزوا أكثر من ورقتين علميتين ترجمتا ونشرتا في مجلات رياضياتية دولية. وبالمقابل، فإن 4000 من أصل 14 000 عضو في الجمعية الرياضياتية الأمريكية، نشروا ورقتين أو أكثر، وهذا يمثل عشرة أضعاف ما نشر في الصين.

قدَّم التقرير أيضا دراسة تحليلية مماثلة في مجال الكيمياء. وبحسب مسح إحصائي شمل 15 مؤسسة، بما فيها أكاديمية العلوم الصينية ، وإحدى عشرة جامعة رئيسية، وتمّ بإشراف هيئة الدولة للتعليم، خلال عامي 1983 و 1984، فإن عدد العاملين في البحوث الكيميائية وصل إلى 10 000، سنهم 6500 في الأكاديمية، و3000 في الجامعات، منهم 700 طالب دراسات عليا. وقد قُدِّر أن نحو 60% من 10 000 اختصاصي في الكيمياء (6000 شخص) يعملون في البحوث الأساسية. وبحسب بيانات صدرت في (**موجزات كيميائية** *chemical abstracts*) فقد تم نشر ما يزيد على 380 000 ورقة علمية و 4700 كتاب في الكيمياء ، كما تم منح 73 000 براءة اختراع متعلقة بالكيمياء عام 1985، مما يصل بمجموع الإنتاج العلمي في الكيمياء إلى 460 000 مادة. وتتقدم الولايات المتحدة هذا الإنتاج بإسهام يبلغ 27%، في حين أسهم الاتحاد السوفييتي السابق واليابان بنسبة 14.9% و 11.3% على التوالي. وتلا هؤلاء جمهورية ألمانيا

الاتحادية (سابقا) والمملكة المتحدة وفرنسا والهند وكندا. أما الصين فاحتلت المرتبة التاسعة، بنسبة 2.6%. وقد أنجز الاختصاصيون الكيميائيون في الصين 11 906 ورقات علمية عام 1985، منها 10 532 منشورة بالصينية والباقية باللغات الأجنبية. وقد بيّن التقرير وجود فجوة كبيرة في مضمار الإنجاز الكيميائي بين البلدان الثلاثة الأولى والصين.

وفي تقويم المستوى الأكاديمي العام في علم الأحياء، بيّن التقرير بوضوح أن علم الأحياء الجزيئي في الصين، بصورة عامة، لا يمكن مقارنته بمثيله في ولاية متوسطة المساحة في الولايات المتحدة سواء من حيث عدد الباحثين أو كمية ونوعية الأوراق العلمية المنشورة سنويا. فهو يتخلف في الحقيقة بما بين خمس سنوات وعشر سنوات عن البلدان المتطورة، كما يتخلف عن بعض البلدان النامية كالهند أو بعض دول أمريكا الجنوبية. وفي علم تصنيف النبات والحيوان، وهو فرع من فروع علم الأحياء الذي يندرج تحت الصنف الثاني من أصناف البحث الأساسي، كان الإنجاز الصيني متواضعا. إن لدى الصين أنواعا حشرية مستوطنة تفوق بكثير ما في الولايات المتحدة والاتحاد السوفييتي السابق. ولكن، بينما تم في هذين البلدين تعرّف أكثر من 85 ألفا و 50 ألفا من أنواع الحشرات على التوالي، فقد تم في الصين تعرّف 15 ألفا منها فقط. ومن ناحية أخرى، فإن موسوعة " *الحياة النباتية في الصين* " التي صدرت بانتظام منذ 1959، وصدر منها -حتى عام 1992-(65) مجلدًا من أصل 80 مجلدًا متوقعًا، ظهرت بعد قرن تقريبا من نشرموسوعة " *الحياة النباتية في الهند البريطانية* " مابين أعوام 1872 - 1897. ينتسب إلى الجمعية الصينية لعلم الطيور 360 عضوا من بينهم 83 مؤهلا في هذا العلم، في حين تفخر الجمعية اليابانية لعلم الطيور بألف عضو. كذلك ففي الصين 400 اختصاصي يعملون في بحوث تصنيف الحشرات مقابل 2000 في الولايات المتحدة.

لقد اكتمل في عام 1988 - بنجاح - بناء "مصادم بكين الإلكتروني البوزيتروني " وكان إنجازا مهما في ميدان فيزياء الطاقة العالية. لكن تقرير " تحري اختصاصات البحوث الأساسية الوطنية في العلوم الطبيعية " أشار إلى الضعف النسبي لبعض الاختصاصات، مثل فيزياء المادة المكثفة والفيزياء البصرية والفيزياء الذرية والجزيئية. لقد أقام التقرير نتائجه على إحصاءات المؤسسة الوطنية للعلوم الطبيعية، وحذر من أن عدد مجموعات بحوث الفيزياء التي تنجز أعمالا متميزة يتناقص في السنوات الأخيرة.

ومما يثير القلق أن البحث الأساسي في الصين مقصر في مجال الإبداع والابتكار، ومعظم الدراسات تُقلد الأعمال الرائدة التي تتم في الخارج. وبعض الدراسات يتم لمجرد ملء الفجوة في برنامج البحث في العلم الأساسي، ويظهر حيوية ذاتية ضئيلة. وهناك أيضا ازدواجية كبيرة في الجهد. وهناك، مثلا، مالا يقل عن خمسين معهدا للجيولوجيا تشرف عليها وزارات الدولة وأكاديمية العلوم الصينية والمحافظات، وتتقاطع مجالات بحوثها تقاطعا متكررا. لقد حدثت زيادة حادة في عدد وحدات البحوث خلال السبعينات وأوائل الثمانينات، إذ قفز عدد معاهد أكاديمية العلوم الصينية من 64 معهدا إلى 119 معهدا. كذلك أسست الجامعات والقطاع الصناعي مراكز بحوثهما الخاصة فأدخلت بذلك عنصر المنافسة.

سلّط التقرير الضوء على نقص تمويل البحوث . وبموجب مسح لمخصصات بحوث علم الأحياء أجري عام 1986، فإن وسطي تمويل البحث الواحد كان 800 28 يوان (في 1986 كان كل 3.45 يوان تعادل دولارا أمريكيا) لمؤسسات الأكاديمية، و16 000 يوان لمؤسسات التعليم العالي الأخرى، و 7600 يوان للمعاهد المحلية. ولكي يتضح مغزى هذه الأرقام يجب أن نتذكر أن مبلغ 7600 يوان يعادل في ذلك الحين كلفة شراء تلفازين. وفي الثمانينات، كان مجموع تمويل البحوث الأساسية المخصصة للجامعات مئة مليون يوان وسطيًا في السنة. أما وسطي تمويل البحث الواحد فقد تناقص من 43 000 يوان عام 1983 إلى 29 300 يوان عام 1987. وكان تمويل الرياضيات أدنى من المتوسط ، إذ بلغ 8000 يوان للبحث الواحد.

تواجه مؤسسات العلوم الصينية مشكلة أخرى، وهي أن القوى العاملة في البحوث الأساسية متقدمة في العمر نسبيا. وتتضح الآن بصورة مطردة نتائج ندرة العلماء الشباب التي تعزى إلى الاضطراب السياسي ما بين عامي 1966و 1976 الذي حرم جيلا من التعليم والتدريب العلميين.

## خيارات

من الواضح أن بنية البحث الأساسي في الصين عاجزة عن تلبية حاجات الأمة في التنمية الاجتماعية والسياسية والاقتصادية والثقافية. وبالتالي فإن الإصلاح أمر لا مفر منه كما لابُدّ من زيادة الدعم وتضييق التوسع.

يؤكد معظم المحللين الصينيين عادة عدم ملاءمة بنية البحث الأساسي للاقتصاد الوطني. ومن ناحية نقص التمويل، فإن السخط في هذا المضمار عام، حتى بين باحثي الدول المتطورة الذين يتمتعون برعاية مميزة من قبل القطاع الخاص والأفراد الوسرين. ومن الجدير بالملاحظة أيضا أن البحث الأساسي كان ولا يزال يمارس من قبل أفراد يدفعهم الفضول الفكري وليس الرغبة في الشهرة أو الثروة. وحتى لو أن ميزانية العلم والتقانة في الصين ازدادت من نحو 1% من الناتج القومي الإجمالي إلى 1.5% أو 1.8%، وازدادت حصة البحث الأساسي من 4.8% إلى 10-15% من الميزانية الإجمالية للعلم والتقانة، كما اقترح بعض العلماء، فستظل هناك نداءات لأجل زيادة هذه الحصة نظرًا لكون البحث الأساسي، كالتعليم، حاجة ثقافية رئيسية. ويجب بالتالي الحفاظ على الارتباط بين البحث الأساسي والثقافة. ومع أن تمويل الدولة ضرورة ماسة، فلا ينبغي لجماعة العاملين في البحوث أن تعتمد على الحكومة المركزية وحدها، بل ويتعين عليها أن تبحث عن الدعم من المجتمع كله، بما في ذلك القطاع الخاص.

## جهود

في السنوات الأخيرة، بذلت "هيئة الدولة للعلم والتقانة" جهدًا كبيرًا لإصلاح نظام العلم والتقانة في الصين. فقد تم تنفيذ جميع البرامج التي وضعتها الهيئة منذ الخطة الخمسية السابعة، مثل برنامج "**سبارك** (**الشرارة**) Spark" وبرنامج "**تورتش**(**الشعلة**) Torch" والبرنامج "863". وقد استهدف برنامج سبارك تدارك التخلف في المناطق النائية الفقيرة من البلاد عن طريق العلم والتقانة. واستهدف برنامج تورتش تنمية صناعات تقانية متقدمة جديدة على الصعيد المحلي. أما البرنامج 863، فقد استهدف تنمية التقانات المتقدمة. وقد أعطي لهذه البرامج دعم اقتصادي معتبر مما سمح لها بالارتقاء بنظام العلم والتقانة في الصين إلى مستوى الأنشطة الرئيسية.

لكي يتم ترسيخ البحث الأساسي، تبذل الحكومة المركزية أيضا كل ما في وسعها لزيادة دعمها في هذا المجال. وسيتجاوز الاستثمار الكلي لعام 1993 مبلغ 300 مليون يوان. وكذلك سيزيد الاستثمار 70 مليون يوان سنويا في العامين 1994و 1995.

دشنت هيئة الدولة للعلم والتقانة عام 1992 " برنامج **كلايم** " (**الصعود**) climb كمجهود على مستوى الدولة للنهوض بالبحوث الأساسية في الصين إلى مستوى رفيع. ويتضمن هذا البرنامج ثلاثين مشروعا اختارها أبرز المتخصصين في الهيئة من ميادين تمتلك الصين فيها المقدرة على القيام بفتوحات علمية والحفاظ على وضع متفوق فيها في المستقبل القريب. وفي الخطة الخمسية الثامنة سيصل الدعم السنوي في كل من هذه المشروعات إلى ما قيمته مليون يوان، وهذا مبلغ يفوق بكثير ما لأي مشروع تقليدي. إضافة إلى هذا، فإن 77 مخبرًا رئيسيًا للدولة أُسست خلال الخطة الخمسية السابعة، ويُخطط الآن لإنشاء عدد مماثل من المخابر الإضافية. ويقدر الدعم الإجمالي لكل هذه المخابر بمبلغ مليون يوان. ومع ذلك، وعلى الرغم من هذه الجهود، فإن على البحث الأساسي في الصين أن يظهر حيوية، في حين يبدي كثير من الباحثين في العلوم الأساسية عزوفًا عن تغيير مواقع عملهم الأصلية.

## أكاديمية العلوم الصينية

### *تدرّجها وموجز عن تاريخها*

إن أكاديمية العلوم الصينية هي الركز الأوسع والأشمل للعلوم الطبيعية في الصين. وإن أهداف الأكاديمية هي تطوير مفاهيم ونظريات طرائق جديدة في العلوم الطبيعية، وحل مشكلات أساسية للتنمية الاجتماعية والاقتصادية، وتدريب العلميين والتقنيين. وخلال مايزيد على أربعين عامًا، قدمت الأكاديمية إسهامات مهمة في النمو الاقتصادي والتطور العلمي للصين، وبحسب إحصاءات أولية لعام 1989، فاز ما يزيد على 900 من مشروعات البحث

الأكاديمية بجوائز الدولة ذلك العام.

أُسست الأكاديمية في الأول من الشهر الحادي عشر من عام 1949 بدمج مؤسستين سالفتين لها، هما أكاديمية العلوم المركزية وأكاديمية بيبنغ للعلوم. وفي الأيام الأولى، كان للأكاديمية واحد وعشرون معهدًا فقط يعمل فيها نحو 300 اختصاصي، ازداد عددها في نهاية عام 1989 لتضم 121 معهدًا ونحو 90 000 موظف، منهم 56 000 باحث وتقني (الجداول 1 ، 2، 3). وهذه المعاهد متوزعة على 21 مقاطعة وبلدية ومنطقة ذاتية الاستقلال. كما أسست الأكاديمية فروعا في 12 مدينة رئيسية. إضافة إلى هذا، فإن لديها ستة أقسام أكاديمية: واحدا لكل من اختصاصات الرياضيات والفيزياء والكيمياء وعلوم الأرض وعلم الأحياء، وقسمين للعلوم التقانية. وأعضاء القسم الأكاديمي علميون وتقانيون بارزون تم اختيارهم من داخل الأكاديمية ومؤسسات أخرى، وينعمون بالتقدير والإجلال في الصين. وقد وصل عدد أعضاء الأقسام إلى 400 في الماضي. وفي عام 1992، تم اختيار 200 عضو جديد خلال الجلسة السادسة من اجتماعات الهيئة العامة للدوائر الأكاديمية التي عقدت في بكين. وتعتبر الهيئة العامة الوكالة الاستشارية الأعلى للعلم والتقانة في الصين.

### *الإصلاحات وتدرّجها الزمني*

إن العيوب العامة التي تنهك المنظومة العلمية والتقانية في الصين، موجودة أيضا في أكاديمية العلوم الصينية. إضافة إلى هذا، وبازدياد عدد معاهد البحث التي ألحقت بالجامعات والقطاع الصناعي، بدأت الأكاديمية تفقد مكانتها الرفيعة التي نعمت بها في الماضي. إذ تتمتع الجامعات بأنظمة تعليمية راقية، في حين تحفز القوى الاقتصادية القطاع الصناعي بشكل مباشر. بالتالي فإن إصلاح الأكاديمية أصبح ضرورة ملحة في الظروف الحالية بسبب تهديد مكانتها. وفي الوقت نفسه اشترطت الحكومة المركزية على الأكاديمية نقل محور جهودها نحو المجالات الرئيسية من نشاط العلم والتقانة. وبكلمات أخرى، كان لابد من تخفيض بحوثها الأساسية. لذلك رسمت إدارة الأكاديمية سياسة إصلاح تسعى إلى التحول نحو البحث والتطوير عن

**الجدول 1**
**المؤسسات التابعة لأكاديمية العلوم الصينية 1985**

| الفئة | العدد |
|---|---|
| معاهد بحث | 121 |
| معاهد سياسة وإدارة | 1 |
| معاهد تاريخ وعلوم طبيعية | 1 |
| جامعات العلم والتقانة بما فيها مدارس الدراسات العليا | 1 |
| كلية بكين للأطر الإدارية | 1 |
| مصانع | 9 |
| كتب ومنشورات | 7 |
| أخرى | 29 |
| المجموع | 170 |

**الجدول 2**
**العاملون الدائمون في أكاديمية العلوم الصينية مصنفون بحسب الوظيفة 1985**

| الوظيفة | % |
|---|---|
| بحث وتطوير أساسيان وتعليم | 45.2 |
| تقنيون في سيادين أخرى | 11.9 |
| مساعدون | 1.8 |
| عمال في المعاهد | 11.2 |
| عمال في المصانع والمخابر | 19.9 |
| أطر إدارية | 10.0 |

**الجدول 3**
**العاملون الدائمون في أكاديمية العلوم الصينية مصنفون بحسب الدوائر 1985**

| الدائرة | % |
|---|---|
| معاهد بحث | 82.6 |
| تعليم وتدريب | 4.6 |
| خدمات علم وتقانة | 8.1 |
| إدارة | 4.7 |

طريق بنية بحث أساسي محدودة ولكن موجهة الهدف تكون مفتوحة للبلاد كلها، بل وحتى للعالم كله.

أدخلت طريقة جديدة لتخصيص الأموال عام 1981. فقد أنقص وسطي المخصصات المالية للدوائر الأكاديمية، في حين زيد الدعم المقدم لمشروعات بحث مختارة بوساطة المنافسة ومراجعة النظراء. وهكذا تم تصنيف وتنفيذ إدارة مشروعات البحوث بمعدلات تمويل كنسبة 4 : 3 : 3 وذلك لكل من :البحث والتطوير والعلم والتقانة الموجهين نحو الرخاء الشعبي، والبحوث الأساسية، على التوالي. وفي العام نفسه، أسّسَت الأكاديمية "مؤسسة العلوم" بهدف تعميم الفائدة في أرجاء البلاد. وفي عام 1986، دعمت الأكاديمية 655 مشروعًا مختارًا في البحوث الأساسية بمبلغ 35 مليون يوان، في حين قدمت " مؤسسة العلوم " 172 مليون يوان لدعم 4424 مشروع بحث في البلاد كلها. كما أنشئت في العام نفسه " المؤسسة الوطنية للعلوم الطبيعية " بغرض أن تقوم بوظائفها مستقلة عن الأكاديمية، وعلى نحو مشابه "لمؤسسة العلوم".

في عام 1984، كان هناك اقتراح بالتخلص من السياسة الانكفائية لمؤسسة العلم، وبإنشاء مخابر بحث أكثر انفتاحا على التعاون وعلى الأوساط الدولية وحرية حركة العلميين. وبالنتيجة، أعلن عام 1985 عن إنشاء رسمي لأول المعاهد العلمية "المفتوحة"، التي تتكون من معهدين و 17 مخبرا وبحلول عام 1990 تم افتتاح 63 مخبرا إضافيا ومعهدين وثماني محطات اختبار.

كذلك قررت الأكاديمية عام 1984 تطوير المنتجات التقانية المتقدمة بغية تحقيق أهداف الأمة الاقتصادية. وبحلول عام 1989 ترك أكثر من 7000 عالم وتقني مخابرهم لينضموا إلى مشروعات التقانة المتقدمة هذه.

وفي عام 1987 عرض رئيس الأكاديمية سياسة إصلاح استهدفت حشد القوة الرئيسية للأكاديمية باتجاه الخدمة المباشرة للاقتصاد القومي، والإبقاء – في الوقت نفسه –على فريق عمل ذي مستوى أكاديمي رفيع منهمكا في البحث الأساسي ومشروعات التقانة المتقدمة. وفي الشهر الثالث من العام التالي، طرح رئيس الأكاديمية مفهوم "أكاديمية واحدة ونظامين"، مشيرا بذلك إلى ضرورة وجود نظامين متميزين ضمن إطار الأكاديمية: نظام بحث علمي ونظام تطوير للتقانة المتقدمة. وقد لقي هذا المفهوم دعما مطلقًا، وأدى إلى تقدم عدد من العلماء المرموقين باقتراح "أكاديمية التقانة الصينية ".

في أوائل عام 1993، تابع رئيس أكاديمية العلوم تعريف سياسة عام 1987، المتضمنة إعادة بناء الأكاديمية، فاقترح نموذجًا ثنائي الطبقات لبنيتها المستقبلية. فالطبقة الأولى عبارة عن نواة تتكون من مراكز قليلة العدد للعلوم وأخرى للتقانة، هي معاهد بحث ذات معايير أكاديمية دولية. أما الطبقة الأخرى، فتتكون من مؤسسات مستقلة ذات ريعية وكفاءة تعتمد تقانات متقدمة. وتقوم الأكاديمية ومعاهدها بتأسيس هذه المؤسسات وربطها بالأكاديمية والمعاهد بشكل محكم. ويقترح النموذج أيضًا ضرورة صقل البحوث الأساسية وتركيزها على ميادين جديدة بحيث لا يقتصر العمل في هذه الميادين على تخوم الطروحات العلمية العالمية فحسب بل وعلى وثاقة ارتباطه الاستراتيجي بالتنمية الاقتصادية البعيدة المدى للأمة.

تشير معلومات حديثة العهد إلى أن "أكاديمية التقانة الصينية" ، المقترح إنشاؤها، ستؤسس قريبا. وإذا كان العاملون في هذه الأكاديمية سيؤخذون جزئيا من أكاديمية العلوم، وجزئيا من جامعات الدولة ولجانها، فسيعني ذلك تطوير مفهوم "أكاديمية علوم واحدة ونظامين" والوصول إلى حل نهائي للنقاش الدائر حول ما إذا كانت أكاديمية أوسع مثل أكاديمية العلوم الحالية أفضل من أكاديمية صغيرة تُركّز على البحث الأساسي.

إن إصلاح أكاديمية العلوم، بملاكها البالغ 90000 والموزّع على 170 وحدة، هو عملية في غاية الصعوبة، ليس أقلها أن علميي الأكاديمية وتقنييها لا يستطيعون أن يتغلبوا بسهولة على عادات تشكلت في ظل اقتصاد مخطط. ولأن تأثير اقتصاد السوق يغدو شيئًا فشيئًا واقعًا محسوسًا، ولأن برنامج "كلايم" (الصعود) لن يستطيع أبدًا استيعاب جميع باحثي الأكاديمية، فإن العاملين بالبحوث الأساسية في أكاديمية العلوم يتعرضون إلى صعوبات اقتصادية، ويجب على معظمهم البحث عن ميادين أخرى.

## العلم وثقافة الصين التقليدية

تتوافق ثقافة الصين التقليدية مع العلم المعاصر، والشعب الصيني لا يعاني حواجز ثقافية تمنع تقبله للعلم. وفي الصين ، يُمارس تقديس الأسلاف بدلا من ممارسة العبادة الدينية، كما أن الرموز الثقافية أمثال كونفوشيوس ولاو زي لم ترفض العلم قط وإنما حاولت استيعابه. وفي الحقيقة، فإن الجمعية الصينية للعلم والتقانة أجرت مؤخرا استطلاعًا للرأي كشف عن أن ما يزيد على 70% من الجمهور هم من محبذي العلم.

يتطلب فهم الثقافة الصينية قبول حقيقة مفادها أن عقيدتين اثنتين قد هيمنتا على التفكير الصيني. أولاهما "التمركز على الذات الصينية"، وكلمة "الصين" تعني دولة أو أمة مركزية. ويوضح هذا رؤية الصينيين لبلادهم. وإن التمركز الصيني جزء دائم من الثقافة الصينية منذ القرن الحادي عشر قبل الميلاد. ومنذ القرن السابع عشر فقط لقيت هذه العقلية تحديًا من الثقافة الغربية، التي يشكل العلم الحديث جزءا منها. ومنذ ذلك الحين، كان الصينيون كأمة في موقف دفاعي، وأحسوا أن ثقافتهم المجيدة قد صارت عبئا ثقيلا. إن "التمركز الصيني" يتجاوز الإيديولوجيات والمؤسسات السياسية ويتغلغل في جميع الميادين. وإن هذه العقلية الثقافية هي التي ولّدت قلقًا مفرطًا بشأن تحقيق نتائج سريعة في مجال التنمية في الصين. وإن التعبير عنها في العلم والتقانة واضح نظرًا لجسامة ما ينجز في مجال البحث الأساسي، وفي محاولات اجتذاب العاملين في الجهود المبذولة لتحقيق الغايات الآنفة الذكر.

إن العقيدة الثانية التي وسمت الثقافة الصينية هي رؤيتها المتكاملة للكون. فالطبيعة تُرى ككل، وجميع كياناتها، سواء أكانت الفرد أم الشعب أم البشرية، تعتبر أجزاء لا تتجزأ من البيئة. وقد حالت هذه النزعة الثقافية المسبقة دون انبثاق العلم في الصين القديمة لأن الفكر العلمي يتطلب ملاحظة موضوعية مستقلة. ومع أن المنطق وعلم الهندسة، على سبيل المثال، ظهرا في الصين في عصر كونفوشيوس، فهذان الاختصاصان لم يتطورا بطريقة يمكن مقارنتها بالمنطق الأرسطي والهندسة الإقليدية. لقد ظهرت مقدرة الصيني القديم بصفة رئيسية في التقانة والفن. وفي العلم المعاصر، أثبت الباحثون الصينيون مقدرتهم على حل المشكلات وتقصيرهم في تبيّنها وتعرّفها. ويمكن أن يعزى هذا النقص في الإبداع والأفكار الجديدة في البحث الأساسي إلى إدراكهم المتكامل والملقن للطبيعة. ومن جانب آخر، فإن الكثير من المشكلات التي تواجه العالم ككل، مثل التلوث البيئي والاحترار العالمي واستنزاف طبقة الأوزون من الجو، تتطلب توجهًا متكاملاً. إضافة إلى هذا، فقد جعل التقدم في علم الحاسوب مثل هذه التوجهات أمرًا ممكنًا.

إن النمو الاقتصادي السريع لبلدان مثل اليابان وسنغافورة وجمهورية كوريا وتايلند وماليزيا، والتي كانت الثقافة الصينية قد مارست عليها نفوذا هائلا لفترة طويلة من الزمن، يضطر المتخصصين في الشؤون الصينية في العالم كله إلى إعادة تقييم الثقافة الصينية. ونحن نعتقد أن الثقافة الصينية والثقافة الغربية تشكلان معا نظاما متكاملا يحمل مفتاح حلول عقلانية لقضايا عالمية، حالياومستقبلا.

**شِنْ تشنرو**: عضو أكاديمية العلوم الصينية ورئيس تحرير الطبعة الصينية من دورية اليونسكو "وَقْع العلم على المجتمع" والطبعة الثنائية اللغة "العلم والتقانة في العالم".

يخصص **شِنْ** وقته حاليا لتوسيع شعبية العلم بعد سنوات عديدة أمضاها رئيسا لدائرة في كلية للغات الأجنبية.

**جانك شاوزنك** : يعمل في معهد الجيولوجيا التابع لأكاديمية العلوم الصينية، وهو حاليا المحرر التنفيذي للطبعة الإنكليزية من مجلة *"العلوم الجيولوجية الصينية"*.

حصل **جانك** على الماجستير من كلية الدراسات العليا في الجامعة الصينية للعلم والتقانة، وله اهتمام بالعلم والثقافة والمجتمع.

# اليابان والدول المُصنِّعة حديثاً

سوكو أوكامورا - ريك هنري

قام العلم بدور محوري في تنمية اليابان منذ عام 1868 وذلك بتحويله القاعدة الإنتاجية لاقتصادها وبتأثيره في مجتمعها وثقافتها. وبعد أن تغلبت اليابان على عديد من القيود الطبيعية، لتغدو واحدة من الأقطار المصنعة التي تقود العالم في البحث العلمي والابتكار التقاني، فهي مازالت ترى أن ازدهارها المستقبلي يعتمد اعتمادًا كبيرًا على العلم والتقانة شأنها في ذلك شأن الدول المصنعة حديثًا في آسيا والتي تشهد نموًا اقتصاديًا مثيرًا منذ الستينات وتولي العلم والتقانة أقصى الاهتمام. لقد وجدت هذه البلدان نفسها، وهي التي تفتقر إلى تراث علمي ومستوى تصنيع كذلك الذي تمتلكه اليابان، مضطرة لإطلاق برامج نشيطة تؤهلها لاكتساب المقدرة العلمية والتقانية لكي تدعم صناعاتها المتبرعمة الممولة من خارج البلاد. يراجع هذا المقال بإيجاز الأسلوب الذي يتم به استثمار العلم والتقانة في اليابان وفي الدول المصنعة حديثًا من أجل تنمية صناعية وازدهار اقتصادي.

## مكانة العلم والمؤسسة العلمية في اليابان

ثمة عاملان حاسمان في تقدم اليابان السريع علميا وتقانيًا: دور الحكومة في تعزيز العلم والتقانة، والأداء الاستثنائي للقطاع الخاص في تبنيهما وتعزيزهما واستثمارهما.

لقد كان دور الحكومة مهمّا في تعزيز العلم والتقانة، والتخطيط لهما، وإدارتهما وتمويلهما، وهي الآن تدير شبكة واسعة من الوكالات التي تصوغ وتنفذ سياسات العلم والتقانة في اليابان. وتشمل الشبكة دوائر وزارية في الحكومة تخطط وتطور العلم والتقانة اليابانيين في كل قطاع إنتاجي، ووكالات تنفيذية مثل "وكالة العلم والتقانة" و "وزارة التربية والعلوم والثقافة"؛ وهيئات استشارية مثل "مجلس العلم والتقانة " و "مجلس العلوم " في وزارة التربية والعلوم والثقافة. وفي الشهر 4/ 1992 تبنت الحكومة قرارًا سُمي " الدليل العام لسياسة العلم والتقانة " ، أوصى بتطوير سياسة شاملة وإيجابية للعلم والتقانة، واضعا في الاعتبار الأهداف الثلاثة التالية: " التعايش المتجانس للبشر مع الأرض " و " التوسع في المخزون الفكري" و " بناء مجتمع جذاب يعيش الناس فيه بهناء وطمأنينة ". ولتحقيق هذه الأهداف، أشار الدليل العام إلى إجراءات لاعتماد الأولويات، مثل إشاعة الانسجام بين العلم والتقانة وبين الإنسان والمجتمع، وتعزيز تنمية الوارد البشرية للعلم والتقانة، وزيادة الاستثمار في البحث والتطوير، وتحسين مستوى بنيتهما التحتية، وتحفيز وإجراء بحوث خلاقة ومرنة، ونشر الفعاليات اليابانية العلمية والتقانية في العالم، ورفع شأن العلم والتقانة على الصعيد المحلي داخل اليابان.

تقوم الحكومة أيضا بتوجيه وتمويل البحث والتطوير. ويُلزم الدليل العام الحكومة بدعم أنشطة البحث والتطوير المبينة في (الجدول 1).

**الجدول 1**

**مجالات البحث والتطوير الواجب دعمها بحسب بنود دليل اليابان العام**

**العلم والتقانة الأساسيان والرائدان**

علوم المواد وتقاناتها
علوم الإلكترونيات/ المعلومات وتقاناتها
علوم الحياة والتقانة الحيوية
العلوم الأساسية المتقدمة وتقاناتها
علوم الفضاء وتقاناته
علوم المحيطات وتقاناتها
علوم الأرض وتقاناتها

**العلم والتقانة في خدمة التعايش بين البشر**

الحفاظ على البيئة الطبيعية بما فيها البيئة المحيطة بكوكب الأرض
تنمية واستخدام مصادر الطاقة
تنمية الموارد وإعادة استخدامها
الإنتاج المستمر للأغذية

**العلوم والتقانة الضروريان لإغناء الحياة والمجتمع**

الحفاظ على الصحة وتحسينها
تحسين بيئة العيش
تحسين الأسس الاجتماعية -الاقتصادية
تقوية إجراءات السلامة ومنع الكوارث

في عام 1991 بلغ استثمار اليابان في بحوث وتطوير العلوم الطبيعية 2.76% من الناتج القومي الإجمالي، وهي أعلى نسبة في العالم، وشمل إنفاقًا مجموعه 12.72 تريليون ين (94.4 بليون دولار أمريكي)، وهو مبلغ لم تتخطاه سوى الولايات المتحدة. وفي عام 1990، ساهمت الحكومة بنسبة 16.5% (1.99 تريليون ين) من تمويلات البحث والتطوير هذه، كما نفذت أعمال بحث وتطوير بقيمة 1.78 تريليون ين (انظو الجدول 2 ).

**الجدول 2**
**تمويل وتنفيذ البحث والتطوير لدى القطاع الحكومي الياباني**

| | 1980 | | 1990 | |
|---|---|---|---|---|
| | المجموع تريليون ين | نسبة المساهمة من المجموع الكلي% | المجموع تريليون ين | نسبة المساهمة من المجموع الكلي % |
| الإنفاق على ما نفذته الحكومة في مجال البحث والتطوير | 1.09 | 23.4 | 1.78 | 14.7 |
| التمويل الحكومي للبحث والتطوير | 1.21 | 25.8 | 1.99 | 16.5 |

وعلى الرغم من الإنفاق الاستثماري المدهش لليابان في بحوث وتطوير العلوم الطبيعية، فإن مساهمة الحكومة هي فقط نصف مساهمات حكومات الدول المتقدمة الرئيسية إذا قيست كنسبة مئوية من الناتج القومي الإجمالي، كما أنها لا تنمو بالقياس إلى إنفاق القطاع الخاص. وعلى العكس، فإنها تتناقص عاما بعد عام. وفي الحقيقة، فإن الإنفاق على البحث والتطوير في عديد من الشركات اليابانية يتجاوز الآن الإنفاق على الاستثمارات الكبرى في المصانع والتجهيزات. ومع ذلك، فإن مجموع إنفاق القطاع الحكومي على البحث والتطوير له أهميته، لأن 32.8% من هذا الإنفاق يؤول إلى البحث الأساسي مقارنة بنسبة 9.2% فقط ينفقها القطاع غير الحكومي على البحث والتطوير. وفوق هذا، فإن الدليل العام لليابان لعام 1992 يبرز الخطوط العريضة للتمويل الحكومي المتزايد للبحث الأساسي. وأخيرا، تظل الحكومة مصدر التمويل الرئيسي للبحث والتطوير الجامعي على الرغم من أن تمويل الصناعة لهما حاليًا هو 35% بعد أن كان 11.2% عام 1980، في حين تراجعت حصة الحكومة والجامعات في مجموع الإنفاق على البحث الأساسي من 64% عام 1980 إلى 55% في عام 1990.

ازداد إنفاق القطاع الخاص على البحث والتطوير (الجدول 3) بمقدار ثلاثة أمثال تقريبا في معظم القطاعات الصناعية خلال العقد الأخير، فزادت حصته إلى 80.6% من المجموع القومي لعام 1990، في حين ساهمت الجامعات بنسبة 11.6%، والمعاهد الحكومية بنسبة 7.8%. وقد غيّر هذا الاتجاه البنى التحتية للبحث في اليابان بحيث أصبحت المرافق والتجهيزات في الصناعة الخاصة أفضل بكثير مما هي عليه في القطاعين الآخرين. لقد تغير استثمار القطاع الخاص في البحث والتطوير أيضا، لأن ما يزيد على 71.8% من الإنفاق كله يصرف على التطوير، في حين يخصص 21.8% للبحوث التطبيقية و 6.4% فقط للبحوث الأساسية. ويبرز هذا كله ثلاث مشكلات تعترض البحوث الأساسية في اليابان. أولا، النسبة الضئيلة لإنفاق القطاع الخاص على البحوث الأساسية في إطار البحث والتطوير، وهي على الرغم من بلوغها نسبة 45% من مجموع البحوث الأساسية التي تجري في اليابان فإن الحكومة مازالت مضطرة لتحمل مسؤولية التمويل في مجالات عديدة. وثانيا، مازالت البحوث الأساسية في القطاع الخاص تتم بدوافع تختلف عنها في مخابر الحكومة أو الجامعات. وأخيرا، فإن المناخ العام للبحث الأساسي في اليابان مازال يعتبر أدنى من المناخ السائد في أوروباوالولايات المتحدة، فيما عدا مجالات محددة كالاتصالات والإلكترونيات.

كذلك فإن الحصيلة العلمية غير متوازنة بسبب عزوف الشركات عن نشر نتائج بحوثها الأساسية. وتتناقض هذه الحصيلة المتواضعة من المنشورات الأكاديمية تناقضًا كبيرًا مع طلبات اليابان لبراءات الاختراع التي شكلت 20% من مجموع الطلبات في الولايات المتحدة و 15% من الطلبات في أوروبا عام 1988.

يتأثر التعليم العالي في اليابان تأثرا كبيرا بالطلب المرتفع للقطاع الخاص على العاملين في العلم والتقانة

والبحث والتطوير. وعلى الرغم من وجود توسع مستمر في الطلب لدى جميع القطاعات، فإن زيادة أعداد العاملين في البحث والتطوير لدى القطاع الخاص هي الأكثر غرابة. ففي السنوات العشر الماضية زادت حصة العاملين في البحث والتطوير لدى الشركات الخاصة بنسبة 7%، في حين نقصت في مؤسسات البحث والجامعات بنسبة 2% و 5% على التوالي (الجدول 4). ويظهر تقصٍ قام به "مجلس العلوم" التابع لـ " وزارة التربية والعلوم والثقافة "، أن معظم مخابر البحث في الشركات الخاصة تخطط لزيادة عدد العاملين في البحث والتطوير بشكل يتناسب مع زيادة الناتج القومي الإجمالي. لكن مؤسسات البحث والجامعات ستواجه صعوبة جدية في الاقتداء بالشركات ما لم تقدم الحكومة لها دعما متزايدا بصورة مهمة.

**الجدول 3**
**إنفاق القطاع الخاص على البحث والتطوير بحسب نوع الصناعة في اليابان**

| | 1981 (تريليون ينْ) | 1990 (تريليون ينْ) |
|---|---|---|
| آلات كهربائية | 1.01 | 3.15 |
| تجهيزات النقل | 0.63 | 1.50 |
| كيميائيات | 0.62 | 1.42 |
| آلات عامة | 0.24 | 0.65 |
| أدوات دقيقة | 0.12 | 0.34 |
| حديد وفولاذ | 0.12 | 0.30 |
| خزفيات | 0.08 | 0.22 |
| سلع مُصنَّعة | 0.50 | 1.09 |
| سلع غير مُصنَّعة | 0.26 | 0.61 |
| المجموع | 3.58 | 9.28 |

تستخدم اليابان الآن 9.2 باحث لكل ألف موظف، وتتقدم في هذا المضمار على الولايات المتحدة منذ عام 1986. وبما أن اليابان تعاني أيضا الاتجاهَ العالي السائد والمتمثل في رفض العناصر الشابة للمهن العلمية والهندسية، فإن الطلب على العلميين والمهندسين يمتص العرض تماما.

وقد أخذت الحكومة ببذل جهودها للتوسع في تمويل البحث والتطوير استجابة "للدليل العام لسياسة العلم والتقانة " ولتقارير أخرى من مجالس ولجان عديدة في مختلف الوزارات والوكالات التي تنادي بأهمية البحوث الأساسية.

والعامل الرئيسي الثاني في استخدام اليابان الناجح للعلم والتقانة هو الإنجاز الذي حققته مؤسسات القطاع الخاص في تعزيزهما والاستفادة منهما. وقد تبنى القطاع الخاص الياباني طريقتين كانتا إلى حد ما مسؤولتين عن تشكيل التنمية القومية للعلم والتقانة. الأولى هي التأكيد الذي فرضه القطاع الخاص على حاجات السوق ومتطلبات الإنتاج في تحديد استراتيجية العلم والتقانة. وقد عززت هذه السياسة العلم والتقانة في نهاية المطاف على الرغم من أنها أضعفتهما في بداية الأمر. والطريقة الأخرى هي النظر إلى الابتكار التقاني على أساس أنه يتضمن عوامل خلاقة كثيرة، وليس مجرد التقانة الجديدة بحد ذاتها. وهذه النظرة الرفيعة المستوى للعملية الابتكارية أفادت البحث الأساسي، لأن المؤسسات الخاصة نوّعت استثماراتها في البحث والتطوير وسعت بها إلى تطبيقات أكثر تنوعا.

وهاتان الطريقتان اللتان تَعامل القطاع الخاص الياباني بهما مع العلم والتقانة أعطتا سمات أخرى غير عادية في البحث والتطوير. فعلى سبيل المثال: انهماك العاملين والمهندسين في البحث والتطوير طوال العملية الابتكارية، وإجراء البحث والتطوير في كل مرحلة من المراحل في حين تبقى الصناعة على صلة وثيقة تربط بين البحث العلمي والإنتاج، وقيام الشركات بتنويع خطوط إنتاجها على شكل "تجمعات تقانية " بدلا من توظيف أموالها بشكل مغاير يتم فيه دمج رؤوس الأموال؛ وأن تعمل الشركات أكثر بتقاناتها الذاتية الجديدة وليس من خلال مجالات أعمالها الأصلية. إن التكامل بين التقانات الجديدة قد بدأ يدفع المشروعات اليابانية نحو اعتماد تقاني متبادل مما وَلّد تخفيضًا ملموسًا في التنافس التقاني لتعزيز البحث والتطوير لدى القطاع الخاص. إضافة إلى ذلك، فقد برز اعتماد متبادل مشابه في مجال البحث والتطوير على

المستوى الدولي منذ عام 1985 بعدما وسعت الشركات اليابانية البحث والتطوير خارج حدودها وبدأت الشركات الأجنبية بزيادة استثمارات البحث والتطوير في اليابان، ولاسيما في صناعة السيارات وأشباه الموصلات.

**الجدول 4**

**عدد العاملين في البحث والتطوير بالعلوم الطبيعية في اليابان**

| | 1981 | | 1991 | |
|---|---|---|---|---|
| | عدد العاملين | الحصة% | عدد العاملين | الحصة% |
| شركات خاصة | 184 889 | 58.2 | 330 996 | 65.5 |
| مؤسسات بحث | 30 006 | 9.5 | 37 084 | 7.4 |
| جامعات | 102 592 | 32.3 | 136 815 | 27.1 |
| المجموع | 317 482 | 100.0 | 504 895 | 100.0 |

إن جميع هذه الملامح والاتجاهات للقطاعين الحكومي والخاص قد صاغت كل جانب من جوانب العلم في اليابان اليوم. ومنذ عهد قريب بدأت الحكومة اليابانية تبذل جهودا لتأسيس تجمعات علمية بحثية مثل " المركز الدولي لتقانة الموصلات الفائقة " وبرنامج ERATO، و (معهد الأجيال الجديدة من التقانات) ... إلخ. وقد تأكد أن هذه المنظمات مفيدة جدا في تقوية التعاون بين الجامعة والحكومة والصناعة، وكذلك التعاون الدولي.

## الاتجاهات الجديدة في اليابان

ظهر اتجاهان جديدان حديثًا كعاملين رئيسيين في العلم الياباني هما المنحى العالمي والاهتمام بالبيئة. وقد يستدعي هذان العاملان رفض المنهج القومي والتنافسي الذي اتخذته اليابان إزاء العلم، وفرض تحسين للبحوث الأساسية التي ترعاها الحكومة وتشرف عليها. أما الاتجاه الرئيسي الآخر للعلم في اليابان فهو الاستجابة إلى المشكلات البيئية الدولية عن طريق استثمار البحث العلمي في اكتشاف أسباب الاحترار العالمي والمطر الحامضي وتدمير طبقة الأوزون الجوية، وتدبير إجراءات وقاية منها.

## العلم ونموذج الدول المصنعة حديثًا

بالرغم من النجاح الاقتصادي المثير الذي حققته اليابان منذ الحرب العالمية الثانية وحتى الآن، فقد شهدت في بداية الثمانينات باعتبارها نموذجًا للدول النامية تحديًا من قبل دول مُصنّعة حديثًا في آسيا. فثلاث جمهوريات في شرق آسيا هي: جمهورية كوريا وسنغافورة وتايوان، وبدرجة أقل بكثير مقاطعة هونغ كونغ قدمت نموذجا حظي بنجاح اجتماعي واقتصادي سريع. يعتبر اللجوء إلى العلم لتحفيز نمو اقتصادي ناشط ملمحًا رئيسًا من ملامح هذه الدول. وقد أصبح هذا النموذج اليوم قدوة تحتذى في مجال استخدام العلم لإحراز التنمية، بل نموذجًا يحدو البلدان النامية الأقل نجاحا لمزيد من الأمل.

أصبح العلم حيويا بالنسبة للدول المُصنّعة حديثًا بعد تبنيها الصريح للمرتكزات الرئيسية لاستراتيجية فترة ما بعد الحرب في استخدام العلم والتقانة من أجل التنمية. وهذه الاستراتيجية تفرض على الحكومات وجوب تقديم سياسات كفيلة بإنشاء مقدرة وطنية في مجال العلم والتقانة وتطبيقها في الإنتاج الصناعي. وعلى الرغم من أن هذه السياسة مطبقة في معظم البلدان النامية منذ الستينات، فإن هذه الدول الثلاث هي الأنجح باستثناء هونغ كونغ لاعتمادها اعتمادا كاملا على المؤسسات الخاصة حتى 1980.

يعود سبب نجاح الدول المُصنّعة حديثا إلى تطبيقها المبدع لهذه الاستراتيجية. وقد يكون السبب الأكثر أهمية هو إقامة هذه الدول سياساتها العلمية والتقانية على عوامل مختلفة كمتطلبات السوق الدولية والتقانة الأجنبية والاستثمار الأجنبي؛ بمعنى آخر، لم تعمد إلى تطوير أعمى لإمكانيات العلم والتقانة الوطنية اعتقادًا منها بأن ذلك سيساهم بشكل آلي وفوري في النمو الاقتصادي. وفوق هذا، فإن الدول المُصنّعة حديثًا أقامت تكاملا وثيقا بين تعزيز العلم والتقانة والسياسات البراغماتية، وذلك لحل المشكلات الوطنية كالعجز التجاري والديون والبطالة. فمثلا، استجابت جمهورية كوريا عام 1980 للمعوقات النسبية في مجال التصنيع، بأن ألزمت الصناعة الخاصة بتأسيس مرافق بحث وتطوير أو تشكيل كونسورتيا لهذا الغرض.

كذلك عدّلت سنغافورة سياستها التي تعتمد على الهيئات الأجنبية في مجال التقانة الصناعية بعد أن تغيرت الظروف الدولية أواخر السبعينات، وبدأت بتعزيز البحث والتطوير المحليين أيضًا. إن هذا التكامل البراغماتي بين رسم السياسة العلمية والتقانية وسياسة التنمية يظل المَعْلَم الرئيسي للدول المصنِّعة حديثًا.

## العلم والتنمية المخططة

في البدء، إن مثل هذا الابتكار لسياسة العلم والتقانة، وهذا التكامل والبراغماتية، قد نشأ عن فعاليات وسياسات حكومية في هذه الدول. وقد أمكن للوكالات التنموية الرفيعة المستوى، التي أدارت اقتصاديات هذه الدول، أن تُؤمِّن هذه المهارات بيسر، لأنها تقبلت على الدوام العلم والتقانة كمكونات جوهرية في نماذج تطورها الرأسمالي. إن الوكالات التي سيطرت على اقتصاديات هذه الدول وخططت لها، تحكمت بيروقراطيا في مجتمعاتها، أو أدارت المؤسسات الصناعية العائدة للدولة ومجالسها التشريعية، كما هو الأمر مع " مجلس التخطيط الاقتصادي" في جمهورية كوريا" و "مجلس التخطيط والتنمية الاقتصاديين" في تايوان و " مجلس التنمية الاقتصادية " في سنغافورة، التي قامت في وقت واحد بتعزيز العلم وتحفيز اكتساب التقانة.

أنشأت حكومات هذه الدول أيضًا مؤسسات محددة لتعزيز وإدارة وتمويل العلم والتقانة. وقد تضمنت هذه " وزارة العلم والتقانة " في جمهورية كوريا، و "المجلس الوطني للعلم والتقانة " و " المجلس الوطني للعلم " في تايوان، و "امجلس الوطني للعلم والتقانة " في سنغافورة أو مجلس العلم. وقد رسخت هذه المؤسسات بنجاح الطاقة الوطنية في العلم والتقانة عن طريق تعزيز البحث والتعليم في الجامعة، وتكوين معاهد وطنية للبحث والتطوير مثل " المعهد المتقدم للعلم والتقانة في جمهورية كوريا"، أو مخابر البحث التابعة للمجلس الوطني للعلم في تايوان وإقامة بنى تحتية حديثة للعلم. وقد شجعت حكومات هذه الدول أيضا البحث والتطوير المحليين عبر تخطيط العلم وتعزيزه، وعبر توفير الحماية والمعونات للتجارة وتقديم تخفيضات ضريبية وعلاوات بحث وتطوير، وعبر تحسين مستوى التعليم، والتخطيط لتطوير الموارد البشرية، وتشجيع رأس المال والتقانة الأجنبيين، وباستصدار تشريع خاص.

وهذه السياسات التي استهدفت المشاركة مع القطاع الخاص في تعزيز العلم والتقانة أحرزت نجاحًا مشهودًا. وقد تضمن تعزيز العلم هذا لدى القطاع الخاص مظهرين متميزين. أولهما الاضطلاع بالبحث والتطوير الصناعي، والآخر تحسين المهارات العلمية لتسهيل استخدام العلم والتقانة المستمدين من الخارج. وقد نجحت حكومات هذه الدول نجاحًا فريدًا في تحفيز نشاط القطاع الخاص على كلتا جبهتي العلم والتقانة هاتين. ويُعزى نجاحها إلى إدارتها الذكية للسياق التنموي برمته، ولمرونتها الإدارية في تحريك سياسات العلم والتقانة التنموية لتلبية حاجات القطاع الخاص. هذا ما تجلى بوضوح عندما توصلت القطاعات الخاصة في هذه الدول إلى التقانة الأجنبية كنتيجة لإدارة استثمارات المرحلة الواحدة التي قامت بها وكالات حكومية مثل: " لجنة النظر في تشجيع رأس المال الأجنبي" في جمهورية كوريا أو " مركز التنمية والاستثمار الصناعيين" في تايوان. وكان هذا بينًا أيضًا عندما اجتذبت ترتيبات تشاركية مبتكرة تقانات جديدة لصناعيي هذه الدول، مثل "مناطق معالجة المنتجات التصديرية " و "مناطق التجارة الحرة".

ومع الزمن دمجت هذه الدول الثلاث العناصر الحكومية وغير الحكومية المكوّنة لسياستها العلمية والتقانية فارتبطت البنى التحتية الحكومية للعلم والتقانة بصناعات القطاع الخاص القائمة على العلم والتقانة عندما سمحت البنى التحتية المُحسَّنة لصناعات القطاع الخاص في هذه الدول بتغيير شروط اكتساب التقانات الأجنبية، وبالحصول على مشاركة أكبر في حصص التقانة ونشر التقانة المحسنة. هذه المقدرة المعززة للقطاع الخاص مكّنت سياسات الحكومة من الحصول على صناعات ذات قيمة مضافة أعلى. إن المقدرة العلمية والتقانية التي تنمو محليا في هذه الدول تسمح لها الآن بالابتكار، وإن تايوان وسنغافورة حاليا في

صدد المبادرة في دفع "عجلة الاكتشاف" التي توصلت إليها من قبل تقانات جمهورية كوريا في الإلكترونيات والشيبات المكروية.

وبنظرة متأنية إلى الوراء، نجد أن العلم قد ترسخ بنجاح في الدول المصنّعة حديثًا بفضل عدة عوامل، أهمها الربط الناجح الذي حققته سياسات التنمية الحكومية بين هذه البلدان واقتصادات العالم الأول، وضبط الاستثمار الأجنبي، وتسهيل التعاون بين الشركات المتعددة الجنسيات. وقد كوّن ذلك سياقًا تمكن القطاع الخاص فيه من تسخير التقانات المستوردة في التنمية الصناعية. وبمساعدة السياسات الحكومية والوكالات ذات الإدارات الناجحة، تمكنت مؤسسات القطاع الخاص أيضًا من تعميق وتجميع مقدرتها التقانية الخاصة بالصناعة المحلية، لتصبح هذه الصناعة في نهاية الأمر، مبتكرة علميًا وتقانيًا وتعتمد على مقدرتها في النمو الذاتي.

هنا يختلف اختلافًا حادًا تطبيق الدول المصنعة حديثًا وغير المصنّعة للعلم والتقانة في استراتيجياتهما التنموية. وحتى الآن فالدول النامية غير المصنّعة لم تدمج العلم والتقانة المحليين في إدارة العلم والتقانة المستوردين لتكوين مقدرة ذاتية النمو، على نحو يسمح لها بمحاكاة حركة التصنيع الأخيرة في الدول المصنّعة حديثًا. وبالتالي فهي تظل غير مهيأة لتنمية مستقبلية قائمة على أساس العلم. في هذه الأثناء أمكن لجمهورية كوريا، وهي أول دولة آسيوية حديثة التصنيع تبينت بجلاء أهمية العلم والتقانة الذاتي النمو، أن تضيق الفجوة مع اليابان. في حين لاتزال سنغافورة تفعل ذلك، أيضا بجلاء، وتمضي تايوان قدما في خطتها العشرية لتنمية العلم والتقانة (86-1995)، وحتى هونغ كونغ تقوم بعلاج ضعف النمو الذاتي في علمها وتقانتها.

## اتجاهات العلم الحالية

إن الاهتمام الحالي في سياسات الدول المصنّعة حديثًا هو استدامة نجاحها التنموي. ولهذا فإن تعزيز العلم والتقانة هو مَعْلَم مهم من معالم التعليم والبحث والتطوير الصناعي في هذه البلدان. ويتضح هذا في الإنفاق القومي المرتفع على البحث والتطوير في هذه الجمهوريات الثلاث، وفي نموه المستمر سواء كقيمة مطلقة أو كقيمة نسبية من الناتج القومي الإجمالي الآخذ بالتوسع (الجدول 5).

يتراوح الاستثمار الحكومي في البحث والتطوير تراوحا كبيرا بين هذه الدول الآسيوية في هذه الآونة. فنسب الاستثمار الحكومي في البحث والتطوير تبدو أعلى بكثير في تايوان وسنغافورة مقارنة بجمهورية كوريا التي انخفضت فيها النسبة إلى 16%، وهو مستوى الاستثمار الذي رأيناه في اليابان (الجدول 6). ومع ذلك، فإن نسبة حجم الاستثمار الحكومي في تايوان وسنغافورة آخذة بالتقلص أيضًا، في الآونة الأخيرة، وبالتزايد تزايدًا كبيرًا في القطاع الخاص.

**الجدول 5**

**الإنفاق على البحث والتطوير في الدول المصنّعة حديثًا معبرا عنه بالقيم الحقيقية وبالنسب المئوية من الناتج القومي الإجمالي (GNP) *:**

| | 1981 | | 1985 | | 1990 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | قيمة | % GNP | قيمة | % GNP | قيمة | % GNP |
| جمهورية كوريا (بملايين الدولارات الأمريكية) | 418 | 0.64 | 1298.0 | 1.48 | 4481 | 1.91 |
| تايوان (بملايين الدولارات التايوانية) | 16 414 | 0.93 | 28 702.0 | 0.98 | 71 500 | 1.65 |
| سنغافورة (بملايين الدولارات السنغافورية) | 81 | 0.3 | 241.3 | 0.6 | 572 | 1.10 |

* Gross National Product

الجدول 6
**الإنفاق الحكومي على البحث والتطوير في الدول المصنّعة حديثًا كنسبة مئوية من مجموع الإنفاق**

| | 1981(%) | 1985(%) | 1990(%) |
|---|---|---|---|
| جمهورية كوريا | 44 | 19 | 16 |
| تايوان | 53 | 60 | 46 |
| سنغافورة | 45 | 50 | 46 |

يمكن تفسير النسب المرتفعة للاستثمار الحكومي في تايوان وسنغافورة على أسس تاريخية. ففي أواسط الثمانينات، تم تبني سياسات للتوسع في أنشطة العلم والتقانة الحكومية بدلا من الاعتماد على مشروعات ومؤسسات القطاع الخاص. وعلى سبيل المثال، حدّدت تايوان عام 1979، في أول برنامج للتنمية العلمية والتقانية، ثمانية مشروعات علمية وتقانية رئيسية بهدف تسريع عجلة التنمية الاقتصادية، وزيادة الرفاهية الاجتماعية، وتقوية شؤون الدفاع وتعزيز التحديث والعصرنة في البلاد. وبدأت سنغافورة، في عام 1980، باستراتيجية جديدة لتأمين الدعم الحكومي للبحث والتطوير في مؤسسات البحث والجامعات والصناعة، وكذلك لتشجيع المؤسسات الصغيرة والمتوسطة في السعي إلى إنتاج ذي قيمة مضافة أكبر عن طريق البحث والتطوير.

وتوحي التجربة الكورية بأن الإنفاق الحكومي على البحث والتطوير في تايوان وسنغافورة سيستمر في التدني مستقبلا. ويعتمد البحث والتطوير الآن في الدول الأربع على القطاع الخاص الذي يهيمن عليهما، بصرف النظر عما إذا كان العلم والتقانة قد ارتقيا بفضل الدولة أم بالاعتماد على المشروعات الحرة في الماضي. وهذا الوضع قلص الفروق التاريخية بين تايوان وجمهورية كوريا من جانب، وسنغافورة وهونغ كونغ من جانب آخر.

إن اتجاه سيطرة القطاع الخاص هذا هو نتيجة سياسات حكومية وعوامل عززت باطراد البحث والتطوير في المشروعات والمؤسسات الكبيرة والمتوسطة والصغيرة، واستخدمت رحاب العلم لاجتذاب العلم والتقانة الأجنبيين، كما رفعت من شأن البحث والتطوير المحليين. لقد نجم هذا الاتجاه أيضًا عن معونات الحكومة المستمرة للبحث والتطوير. فمثلا تقدم حكومة تايوان المعونة للمكونات الأساسية ولتطوير الإنتاج، وتشارك في الارتقاء بالصناعات الخمس ذات الأولوية الرئيسية في الإلكترونيات الاستهلاكية والحواسيب والاتصالات والأتمتة والمواد المتطورة. وقد لقي هذا الاتجاه الدعم من حكومات الدول المُصنّعة حديثًا عن طريق تخفيف الضوابط التنظيمية في تعاملها مع المستثمرين الأجانب والأحكام المتعلقة بالأسهم الأجنبية، وتسهيل استيراد التقانة، وبصورة خاصة، تعديل أسلوبها الإداري. والآن تتحقق أهداف التخطيط عن طريق الحوافز لا عن طريق التحكم المباشر، وتنجز أهداف البحث عبر ترتيبات تشاركية تعاونية مع القطاع الخاص الذي يُشجَع على زيادة نفقات البحث والتطوير بهدف إيجاد أعداد من مكتسبي التقانة المتقدمة. وخلال هذا، تقوم الحكومة فقط بدور الإشراف على تحسين المصنوعات ذات القيمة المضافة، وتقديم التسهيلات لها.

يتضح هذا الدور الجديد للحكومة في برامج خاصة أعدت حديثًا للبحوث الأساسية، وفي تقديم منح للبحوث في الدول المصنعة حديثًا، والتي يعزز العديد منها التعاون في مجال التقانة المتقدمة. ففي عام 1992، أعلنت تايوان في منتصف خطتها السداسية (91-1996) عن مشروعات بحث وتطوير تستهدف تسريع جميع أوجه العلم والتقانة بالتعاون مع القطاع الخاص. وقد موّل "مجلس العلم والتقانة الوطنية" في سنغافورة 12 مشروعًا مشتركًا بين القطاعين الخاص والعام في البحث والتطوير، قيمتها 11 مليون دولار سنغافوري عام 1991، وهو ضعف المبلغ الممول في العام الفائت. كما افتتح "مركز التقانة المغنطيسية" التعاوني، عام 1992، لمدّ البحث والتطوير بمواد جديدة. إن هذه الأنشطة التعاونية التي تدعمها الوكالات الحكومية تقوم في رحاب العلم والتقانة في سنغافورة وتايوان وجمهورية كوريا. وقد نتج من هذه الإجراءات أن الجمهوريات الآسيوية تلك تقود الدول النامية الأخرى في التعاون البحثي بين الحكومة والجامعة والقطاع الخاص.

وهكذا، فحكومات البلدان المُصنّعة حديثًا لاتزال تتحمل مسؤولية رئيسية في تمويل إجراء البحث والتطوير، وبخاصة في المراحل الأولية لتعزيز التقانة المتقدمة وفي العلوم الأساسية. إن سنغافورة مثلا تموّل الآن ثمانية معاهد بحوث، كما تموّل البحث والتطوير في دوائر القطاع العام. وتتحمل الحكومات أيضًا مسؤوليات إدارية رئيسية. وهذا الدور مستمد جزئيا من القصور الذاتي للمؤسسات الأقدم في تهيئة العلم والتقانة للتنمية، وجزئيا من المؤسسات التي تمتلكها الدولة في جمهورية كوريا وتايوان وسنغافورة، والتي كانت أصلا وراء الإقبال على طلب العلم والتقانة والمطالبة بتوفير مرافق البحث والتطوير وتأمين القوى البشرية المدربة في مجال البحث والتطوير. ومن شأن كل هذا أن يكوّن الآن روابط متطورة لخدمة العلم والتقانة الجديدين بالاشتراك مع القطاع الخاص. إن نجاح جمهورية كوريا المبكر في هذه المشاركة التعاونية نموذج اقتدت به الجمهوريتان الأخريان. فقد أوجدت سنغافورة هيئات للقطاع العام ومعاهد بحث ما زالت تستخدم منذ عام 1988 لتعزيز البحث والتطوير في ميادين الأتمتة والتقانة الحيوية، ولتدريب باحثين في القطاع الخاص بموجب خطة للتبادل، منذ عام 1991.

لقد افتقر مردود البحث العلمي إلى التوازن في هذه الدول، بسبب استخدام العلم منذ البداية لأغراض التنمية التطبيقية. فمثلا، ثمة تباين كبير بين عدد براءات الاختراع ومنشورات البحث في الدول المُصنّعة حديثًا. فمن ناحية، لايزال التأكيد على البحث التطبيقي فيها جليا كما يدل التزايد في عدد البراءات الممنوحة. إذ منحت جمهورية كوريا 1808 براءات عام 1981 و 3972 براءة عام 1991؛ في حين منحت تايوان 6265 براءة عام 1981 و 10123 براءة عام 1991، فيما كانت هونغ كونغ تحظى بما يقارب 1000 براءة كل عام منذ 1985، بالرغم من أن معظم هذه البراءات قد منحت للأجانب. ومع أن الأجانب يسيطرون على ابتكار الاختراعات الجديدة في تايوان، فإن المحليين هم الذين يبتكرون التصاميم الجديدة والنماذج النفعية بشكل كبير. يتجلى نجاح هذه الدول في تطبيق العلم والتقانة من خلال البراءات الأمريكية الممنوحة لمواطنين تايوانيين وكوريين عام 1990 والتي وصلت إلى 807 و 236 وحصولها على المرتبتين الحادية عشرة والسادسة عشرة على التوالي. أما في مجال البحوث العلمية والتقانية المنشورة فإن "*فهرس المقتبسات العلمية*" يصنف هذه البلدان في آخر القائمة بل خلف الأمم النامية بمسافة كبيرة (الجدول 7).

**الجدول 7**

**البحوث العلمية والتقانية المنشورة في الدول المصنّعة حديثًا**

| | الترتيب العالمي | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **1988** | **1989** | **1990** | **1990** |
| تايوان | 2001 | 2302 | 2861 | 28 |
| جمهورية كوريا | 1227 | 1567 | 1780 | 33 |
| هونغ كونغ | 904 | 1081 | 1150 | 40 |
| سنغافورة | 653 | 739 | 843 | 44 |

إلا أن عدم التوازن التاريخي هذا آخذ بالتغيير الآن. فمثلا، ارتفع ترتيب المنشورات البحثية التايوانية في العلم والتقانة من المرتبة 37 إلى 28 بين عامي 1985و 1990. وقد تبوأت تايوان منزلة رفيعة أيضا في بحوث الهندسة، ووصل ترتيبها إلى 13 في العالم عام 1990، كما يأتي ترتيبها ثالثًا في بحوث الهندسة الإلكترونية والمعلوماتية وفي هندسة الاتصالات بعد الولايات المتحدة واليابان.

ازدادت أعداد العاملين في البحث والتطوير في هذه الدول بشكل كبير. فما بين العامين 1978 و 1988، تمكنت سنغافورة من زيادة نسبة الباحثين لديها من ثمانية إلى 27 لكل 10000 من القوى العاملة لديها. ووصلت هذه النسبة إلى 32 في عام 1991. كما ارتفعت النسبة في جمهورية كوريا من باحث واحد إلى 16.4 باحث لكل 10000 مستخدم خلال 25 عامًا واعتبارًا من عام 1965. ومع ذلك فهي تتخلف عن تايوان التي وصلت نسبة باحثيها إلى 22.6 لكل 10000 في عام 1990. وتدل إحصائيات حديثة العهد على أن التزايد في أعداد الباحثين آخذ بالتسارع.

الجدول 8
عدد الباحثين (علميين ومهندسين) في الدول المصنّعة حديثًا

| | 1981 | 1990 | 1991 |
|---|---|---|---|
| جمهورية كوريا | 20 718 | 70 503 | غير متوافر |
| تايوان | 19 604 | 46 060 | غير متوافر |
| سنغافورة | 2 741 | 4 329 | 5 019 |

أفضى الطلب المتزايد على الباحثين إلى زيادات مثيرة في أعداد طلبة التعليم العالي، وبخاصة في معاهد الدراسات العليا. فقد بلغت الزيادة في جمهورية كوريا عشرة أمثال منذ 1970. وقد ترافق ذلك مع تزايد سريع في الإنفاق على البحث والتطوير في مؤسسات التعليم العالي. وفي سنغافورة، زاد الإنفاق على البحث والتطوير في جامعتيها زيادة فعلية من 24.3 مليون دولار سنغافوري عام 1981 إلى 180.42 مليون دولار سنغافوري عام 1992، على الرغم من أن حصتهما في البحث والتطوير الوطنيين قد انخفضت خلال الفترة ذاتها. كذلك توسعت هونغ كونغ في المجال ذاته حيث يوجد الآن سبع مؤسسات للمرحلة الثالثة تدعم بحوثها من قبل "الجامعة الحكومية" و "لجنة المنح" التابعة للمعهد المتعدد التقنيات. إن أحدث جامعة في هونغ كونغ، وهي جامعة هونغ للعلوم والتقانة، قد أسست تحديدا لتعزيز البحث في العلوم والتقانة والهندسة. ونظرًا لأن هونغ كونغ لا تمتلك مخابر بحث وتطوير وطنية أو مشتركة رئيسية، فهي تسعى مع ذلك لأن تصبح ذات اقتصاد قائم على التقانة المتقدمة.

## اتجاهات إقليمية

وهكذا، فإن نموذج الدول الآسيوية المُصنّعة حديثا هو نموذج مهّم اليوم لكل ما يتعلق بجميع مناحي العلم. فمن ناحية أعطى هذا النموذج دورًا بارزًا للعلم والتقانة في التنمية. ومن ناحية أخرى سلط الضوء على أهمية السياسات الحكومية المرنة وإدارتها، ولكن الأهم من هذا وذاك هو أنه أكد لجميع الدول النامية أن العلم والتقانة أمران مصيريّان بالنسبة لمستقبلها.

إن الدول المصنّعة حديثًا تستمر في تعزيز قدراتها العلمية والتقانية الذاتية النمو، وفي الوقت نفسه تكتسب تقانات حديثة من الخارج لأجل التنمية الصناعية لديها، وما اختيار حكوماتها التعاون مع القطاع الخاص إلا لأجل تعزيز العلم والتقانة عبر جميع الأوجه التنظيمية المختلفة وصولا إلى المرحلة الحالية المسماة " الحكومة الصغيرة ". وقد أصبح بوسعها الآن بفضل علمها وتقانتها الذاتيي النمو أن تقوم بوثبة تقنية إلى المستقبل وذلك بمواءمة البحث والتطوير مع الأهداف الوطنية الجديدة، على نحو ما فعلت جمهورية كوريا عندما نقلت صناعتها الإلكترونية من صنع الشيبات المكروية إلى منتجات ذات قيمة مضافة. وفوق هذا وذاك، فإن هذه القدرة الذاتية النمو للعلم والتقانة توجه الآن نحو تلبية الأولويات الجديدة للبحث والتطوير التي تمليها مسائل بيئية تطرح نفسها في هذه الدول.

وعلى الرغم من هذا، تواجه الدول المُصنّعة حديثًا مشكلات معينة متعلقة بالعلم. وهي تعتزم رفع مستوياتها العامة في العلم والتقانة، لأنها لا تزال دون مستويات الولايات المتحدة وأوروبا، وبخاصة في مجال الابتكار التقاني. وحتى جمهوريتي كوريا وتايوان، وهما الأنجح بين هذه الدول الآسيوية، تواجهان مشكلات؛ وبالرغم من التحسن السريع الذي حققته المقدرة التقانية لهاتين الدولتين، فإن ما حققتاه يظل دون مستوى المعايير القياسية للولايات المتحدة واليابان (أي بنسبة 6 و 9.2 حسب فهرس عام 1987 على التوالي، مقارنة بـ 100 للولايات المتحدة و 99.5 لليابان). كذلك بالرغم من النجاح المتزايد لكل من جمهورية كوريا وتايوان في زيادة تصدير المنتجات المعززة تقانيًا، فإن مدفوعاتهما في مجال التقانة قد ازدادت بمعدل أسرع مما تسبب في ميزان مدفوعات تقاني سلبي سيضع على المحك نجاح العلم مستقبلا في دول آسيا المصنّعة حديثًا.

**سوكو أوكامورا**: رئيس جامعة دنكي بطوكيو، وكبير استشاريي رئيس جامعة الأمم المتحدة. وهو أستاذ فخري في جامعة طوكيو. إضافة إلى مسؤولياته الأكاديمية، فقد عمل الاستاذ أوكامورا نائبًا لرئيس لجنة السياسة العلمية والتقانية التابعة لـ " منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية" OECD، ورئيسًا لقسم العلوم في " اللجنة الوطنية اليابانية لليونسكو"، ورئيسًا لقسم الهندسة في "مجلس العلوم الياباني"، و " المجلس التنظيمي للإذاعة اليابانية " ومديرا عاما لـ " الجمعية

اليابانية لتعزيز العلم" . وللأستاذ أوكامورا مناصب في عديد من الجمعيات المهنية، كما أنه نال جوائز وطنية عديدة لقاء خدماته.

**ريك هنري** : محاضر أول في سياسة العلم والبيئة في جامعة گريفيث في بريزبين بأُستراليا. درس القانون والعلوم السياسية في جامعة ملبورن وجامعة لاتروب. وعمل زميلا أول في كل من الهند وجامعة لاتروب قبل أن ينضم إلى جامعة گريفيث في الشهر 1977/1. كما عمل مستشارا لليونسكو في عدد من المناسبات، أبرزها ما يرتبط بالمؤتمر الإقليمي الوزاري حول العلم والتقانة، CASTASIA II.

# أستراليا وشرق آسيا

ريك هنري

كان حافز تقدم العلم والتقانة في منطقة شرق آسيا هو النجاح التنموي المؤسس على العلم والتقانة الذي حققته اليابان. ويستفيد هذا التقدم الآن من النجاح الأحدث عهدا للبلدان الأربعة المُصنعة حديثا في آسيا: جمهورية كوريا وتايوان وسنغافورة وهونغ كونغ. لقد برهنت هذه البلدان على قيمة العلم والتقانة في التنمية الاقتصادية بأن زادت إنتاجيتها ونموها عبر إدارة ماهرة للعلم. وقد حاولت البلدان المجاورة لها، غير المُصنّعة حديثا، مثل إندونيسيا و تايلند وماليزيا والفلبين الاقتداء بالنجاح الاقتصادي للبلدان المُصنعة حديثاعن طريق محاكاة تقنيات إدارتها للعلم. ومن المحتمل جدا أن تنجز نموا في قطاع الصناعة مماثلا لنمو البلدان المُصنعة حديثا لأنها تمتلك بالفعل مؤسسات وبُنى تحتية علمية، وكذلك مقدرة علمية وتقانية تضاهي ما تمتلكه تلك البلدان.

**الجدول 1**
**الدعم الاتحادي الأسترالي للبرامج الرئيسية للعلم والابتكار**

| | 1991-90 دولار أسترالي (ملايين) | 1992-91 دولارأسترالي (ملايين) | تغير حقيقي |
|---|---|---|---|
| منظمة الكومنولث للبحوث العلمية والصناعية | 421.1 | 448.2 | +3% |
| منظمة العلوم والتقانة العسكرية | 227.2 | 221.1 | - 6% |
| وكالات بحوث وتطوير أخرى | 211.6 | 222.4 | + 0% |
| مجلس البحوث الأسترالي | 172.4 | 241.8 | +37% |
| برامج بحوث وتطوير أخرى في التعليم العالي | 815.0 | 840.0 | - 6% |
| مراكز البحوث التعاونية | - | 19.5 | غيرمتوفر |
| برامج بحوث وتطوير صناعية وحوافز | 360.4 | 361.7 | -3% |
| برامج بحوث وتطوير ريفية | 82.2 | 104.7 | +23% |
| الصحة الوطنية وMRC | 94.7 | 103.3 | + 6% |
| ميادين أخرى للبحوث والتطوير الصحيين | 11.6 | 18.7 | +56% |
| منح أخرى للبحوث والتطوير | 26.2 | 26.0 | - 4% |
| **المجموع** | **2422.0** | **2607.0** | **+ 4.3%** |

المصـــدر: *Science and Technology Budget Statement 1991-92,* Australian Government Publishing Service, Canberra 1991.

إن التوجه الأخير نحو محاكاة إدارة العلم في البلدان المُصنعة حديثا هو توجه منطقي. فبلدان هذه المنطقة تستمد العلم من المصادر نفسها، وتنشىء منظمات لتعزيز العلم يمكن مقارنتها بمنظمات البلدان المُصنعة، كما أن ملامح ومشكلات مشابهة قد ظهرت فيها أيضا. فمثلا، أُنشئت جامعات وخدمات علمية حكومية متماثلة أثناء العهد الاستعماري، وبعد الاستقلال توسعت بصورة مشابهة أو أعيد تشكيلها لتلبي حاجات التنمية إلى العلم والتقانة العامين. وقد انبثق عن هذا طابع إقليمي مشترك تقوم فيه وزارات الحكومة بتنسيق سياسة العلم، وإدارة وتمويل البحث في الجامعات والوكالات، وتعزيز وتوجيه بحوث القطاع الخاص، ودعم جميع مجالات البنى التحتية للعلم والتقانة، والإشراف عليها. وقد دفعت المشكلات التي واجهتها أنظمة الإدارة العلمية هذه بعض بلدان شرق آسيا إلى إحداث مؤسسات مشابهة لمؤسسات البلدان المُصنعة حديثا بغية تكوين ومهايأة واكتساب علوم وتقانات جديدة، أو بغية تشجيع البحث والتطوير في القطاع الخاص. وقد نتج من ذلك توجه إقليمي نحو تأسيس مقدرة علمية قوية في القطاع الخاص، تتمتع بملامح القيادة الحكومية ، كما هي الحال في اليابان.

ومن المنطقي أن تعمد البلدان النامية إلى محاكاة البلدان المُصنعة حديثا، إلا أنه من المفاجىء أن يتأثر العلم أيضا في بلدان متطورة مثل أستراليا ونيوزيلندا. ففي أستراليا، ثمة سياسات تطمح إلى تقليد نجاح الدول المُصنعة حديثا، ارتأت إدخال تعديلات على مؤسسات علمية راسخة، وتغيير دور العلم. ويعود هذا جزئيا إلى أن العلم في أستراليا يعكس أيضًا الطابع التنظيمي المشترك في المنطقة، والمتمثل في مركزية ومسؤولية الحكومات عن كل أوجه سياسات العلم والتقانة. ومع أن هناك هيئات خبيرة تقدم النصح للحكومة الأسترالية، مثل "المجلس الأسترالي للعلم والتقانة" و "الأكاديميات" أو مجالس القطاعات، فالحكومة هي التي تتحكم في سياسة العلم. وهي التي تهيمن على مُجمل البحوث أيضًا، لأنها تنفذ 60% من البحث والتطوير في وكالات رسمية مثل "منظمة الكومنولث للبحوث العلمية والصناعية" و "المنظمة الأسترالية للعلوم والتقانة النووية" و "المعهد الأسترالي لعلوم البحار" و "منظمة العلوم والتقانة العسكرية"، وكذلك في المحيطات.

وقد بدا تأثير البلدان المُصنعة حديثا عندما أعيد توجيه سياسة البحوث لصالح العلوم التطبيقية في القطاعات الصناعية والاستهلاكية. وتظهر المقارنات مع هذه البلدان أن البحث والتطوير في أستراليا غير ملائمين لاستدامة التنمية الاقتصادية أو لزيادة التنافسية الدولية؛ وأن مستوى البحث والتطوير لدى القطاع الصناعي الخاص في أستراليا لا يزال يعتبر بالغ التدني، على الرغم من الزيادة السريعة التي شهدها البحث والتطوير الوطنيان من 20% إلى 40% خلال عقد من السنين، وهو مستوى حفزته المقارنات المحبطة مع كوريا واليابان. وإضافة إلى هذا، فإن إعادة النظر الرسمية للعلم في أستراليا أوصت بتغييرات تنظيمية تعتمد تحديدا على تجربة الدول المصنعة حديثا. وما هو جدير بالملاحظة، تلك التغييرات التي حدثت عام 1987 لتحسين الروابط مع القطاعات الإنتاجية عن طريق تنظيم وإعادة توزيع دوائر البحث المتعددة في "منظمة الكومنولث للبحوث العلمية والصناعية" بموظفيها البالغ عددهم سبعة آلاف ضمن ستة معاهد رئيسية؛ وعن طريق استحداث "وزارة الصناعة والتقانة والتجارة" بدلا من وزارة العلم والتقانة، بغية تعزيز المهارات المرتبطة بالحاجات الاقتصادية وذلك بإعادة هيكلة المرحلة الثالثة من التعليم ودمج بحوث العلم والتقانة الجامعية مع الصناعة.

وعلى الرغم من الفروق بين أستراليا وبلدان شرق آسيا، كما يتضح من مقارنة النسبة المئوية من الناتج المحلي الإجمالي المنفق على البحث والتطوير (1.3% مقارنة بـ 0.2% أو 0.3%) ، فإن المَعْلَم الهام للعلم في المنطقة هو قوته المؤسساتية. إن هذا الطابع المؤسساتي هو ما يجعل الإنجازات العلمية للدول المُصنعة حديثًا تبدو وكأنها سهلة المنال جدا لبلدان أخرى، ويفسّر التوجهات الحكومية الإقليمية لتعزيز التعاون في مجالات البحوث بين القطاعين الخاص والعام، وصقل السياسات، وإصلاح البنى التحتية، وتنسيق العمليات للوصول إلى الحد الأقصى من المزايا التنافسية. إن الهدف المشترك هو إحراز النمو عن طريق تعزيز التقانة المتقدمة وتلبية متطلبات السوق واجتذاب الاستثمارات. ومهما تكن نتيجة التغييرات التنظيمية والسياسية الهادفة إلى محاكاة إنجازات الدول المصنعة حديثًا، فإنها تضمن بقاء العلم مركزيا بالنسبة لمستقبل المنطقة.

**الجدول 2**

**النمو في مستويات البحث والتطوير والبراءات الخارجية خلال الثمانينات - مقارنات بين أستراليا وبلدان منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية OECD**

| | الوسطي لتسعة عشر بلدا من بلدان منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية | | | أستراليا | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1981 أو العام الأقرب (وحدة ن م إ) | 1989 أو العام الأقرب (وحدة ن م إ) | وسطي النمو السنوي الفعلي % | 1981 أو العام الأقرب (وحدة ن م إ) | 1989 أو العام الأقرب (وحدة ن م إ)[1] | وسطي النمو السنوي الفعلي % |
| الإنفاق الإجمالي على البحث والتطوير | 1.55 | 1.87 | +5.7% | 1.00 | 1.23 | +6.7% |
| التمويل الحكومي للبحث والتطوير | 0.71 | 0.74 | +3.3% | 0.73 | 0.67 | +2.2% |
| تمويل الأعمال التجارية للبحث والتطوير | 0.78 | 1.05 | +8.0% | 0.24 | 0.52 | +15.2% |
| الإنفاق على البحث والتطوير في وكالات الحكومة والجامعات | 0.61 | 0.65 | +3.7% | 0.75 | 0.72 | +2.4% |
| الإنفاق على البحث والتطوير في مؤسسات الأعمال | 0.91 | 1.18 | +7.4% | 0.25 | 0.51 | +14.0% |
| طلبات براءات الاختراع الخارجية من قبل المقيمين[2] | 5.8 | 8.8 | +9.2% | 2.7 | 6.1 | +17.5% |

١- وحدة ن م إ : وحدة ناتج محلي إجمالي (Per unit GDP).

٢- نظرا لأن "بسط" النسبة هنا لم يعد يحتسب بوحدة العملة الوطنية، فإن قيم الناتج المحلي الإجمالي المستخدمة هي بملايين الدولارات الأمريكية وبالأسعار الثابتة لعام 1985.

المصدر: *Science and Technology Budget Statement 1991-92*, Australian Government Publishing Service, Canberra 1991.

## 2- منظومات العلم والتقانة

# المؤسسات

بيير پاپون -ريمي باريه

إن البحث العلمي وتطوير التقانة اثنان من مجالات الجهد البشري لم يتم لأي مجتمع أن يحتكرهما بمفرده. لقد تدبرت الصين والبلدان الإسلامية إضفاء صيغة منظمة ومتطورة نسبيا للفعالية العلمية قبل أن تكون هناك أية دولة أوروبية، ولهذه البلدان الفضل بحق في اكتشافات رئيسية في ميادين المغنطيسية والسمعيات والبصريات. إن الدور القيادي الذي يقوم به العلم والتقانة اليوم في مجتمعاتنا هو نتيجة مسيرة ارتقائية مديدة أفضت بالتدريج إلى "العلم الحديث" و المعرفة العلمية التقنية التي قامت التقانة على أساسها: إن العلوم وتطبيقاتها نتيجة للتاريخ.

تركت كل حضارة طابعها على صيغة من التنظيم الاجتماعي أتاحت للنشاط العلمي والتقاني أن يستمر بشكل وثيق الصلة تقريبًا مع تطور المجتمع المعني. وهكذا كان أن امتلكت كل مدينة كبيرة في العالم الإسلامي، وفي وقت مبكر، مرصدًا فلكيًا. إن مراصد بغداد والقاهرة وسمرقند قامت بدور رئيسي في تطوير علم الفلك منذ القرن التاسع وما بعده. ومثل هذا في الصين، حيث أقامت الدولة الامبراطورية خدمة شعبية ذات وظائف عديدة كان للعلم والتقانة فيها أهمية بارزة. وإلى حد ما اعتبر علم الفلك علمًا رسميًا، لأن الفلكيين في المجتمعات الزراعية استُخدموا في صنع الروزنامات؛ وينسحب القول نفسه على الرياضيات والفيزياء، وحتى على علم السوائل. ومن ثم سعت معظم المجتمعات في مرحلة مبكرة جدًا إلى توطيد إنتاج المعرفة العلمية والتقانية، وهي مسيرة نسميها اليوم البحث والتطوير التقانيين.

وعلى أية حال، فقد كان في أوروبا الغربية، وأثناء عصر النهضة، أن اكتسب العلم صيغة مؤسساتية راسخة، استطاع فيها أن يعلن استقلاله عن الفلسفه واللاهوت. وخلال قرون عديدة تالية، اقتصر عمل رجال العلم (لم يكن قد سُمِّي بعد "بحثا علميًا") على الأكاديميات أو كراسي الأستاذية في الجامعات والكليات. ومن الأرجح أن أول مؤسسة علمية حديثة كانت الأكاديمية Accademia dei Lincei، التي تأسست في روما عام 1609، والتي انتسب إليها غاليليو. وكانت أكاديميتا لندن وباريس العلميتان (تأسستا في 1660 و 1666 على التوالي) ابتكارين أساسيين حقيقيين:

كان هدفهما الاستناد إلى الرصد والتجريب بدلاً من الفكر الفلسفي الصرف. وقد أوجدتا أيضا علاقة جديدة بين العلم والسلطة السياسية، إذ إنهما جعلتا "البحث العلمي" من المهام الرسمية.

ومنذ ذلك الحين أخذ الاكتشاف العلمي يصير مؤسساتيًا رويدًا رويدًا. وفي أثناء القرن التاسع عشر، تغيرت الظروف تدريجيًا؛ فأصبح رجال العلم وإداريو الجامعات البعيدو النظر، وعدد لا بأس به من السياسيين النابهين، يدركون حقيقة أن إنتاج المعرفة العلمية في أوروبا لم يعد يسعه أن يوكل لأفراد منعزلين، ولو كانوا ألمعيين. لقد تطلب البحث العلمي موارد رئيسية: مخابر، تجهيزات معقدة، أساتذة، مساعدين، طلابًا وفرق بحث وتقنيين. وهكذا أنشئت معاهد البحث ضمن الجامعات، وفيما بعد صارت مؤسسات مستقلة. وكانت ألمانيا أول من أدرك الحاجة إلى إنشاء منظمة بحث جديدة لتلبية الأهداف المرجوة. وكانت نقطة التحول الحقيقية تأسيس (جمعية القيصر فيلهلم للبحث) عام 1911 (هي جمعية ماكس بلانك اليوم): فللمرة الأولى أنشأت دولة معهد بحث خارج نظام الجامعة.

وفي الوقت نفسه، كانت الصناعة تقيم مخابرها البحثية الخاصة التي أتاحت الاكتشافات العلمية التي صارت مصدر الاختراع التقني من الطراز الأول، وبخاصة في الكيمياء.

إن العلم والتقانة هما شيئان أساسيان من مقومات النشاط البشري في المجتمع الحديث. فتأمين دعم للبحث العلمي بغية استيلاد فهم جديد، وتشجيع الاختراع التقاني والاضطلاع ببرامج علمية أو تقانية على نطاق واسع، هي في هذه الأيام أجزاء لا تتجزأ من السياسة العامة، جنبا إلى جنب مع نظيراتها الصناعية والعسكرية وأيضا الاستراتيجية المشتركة. وأصبح ضروريًا أن يوجد عدد كبير من العاملين والمؤسسات وصناع القرار لوضع برامج للبحث، وللاستفادة من النتائج التي تقدمها المخابر الممولة بالمال العام، ولتشجيع الاختراع والاستراتيجية في البحث

الصناعي ولأجله، ولتلبية المتطلبات الاجتماعية، ولتنظيم برامج تعاونية دولية، وتدريب المتخصصين. وهذه كلها تشكل معًا نظامًا حقيقيًا للعلم والتقانة ذا مكونات دولية وقومية. إن السياسات القومية، في البحث والتقانة، وتلك التي للمجموعات الصناعية، مصممة ليس فقط لإبقاء النظام حيًا، بل وليرتقي ضمن المؤسسات الخاصة والعامة إلى تحديث الأهداف وجعل الخيارات والقوارات جزءاً ضروريًا من استراتيجية كامنة وراء طموحاتنا وأهدافنا الجماعية.

## الأهداف الرئيسية للبحث والتقانة

إن البحث العلمي، على غرار معظم الأعمال التي يتطلبها التطوير التقاني، يقتضي اليوم حشد مجموعة كبيرة من الاختصاصيين تضم عددًا من الدارسين الجامعيين والعلماء والمهندسين والتقنيين. لأن الهدف من أعمالهم متنوع جدًا، وكذلك الوظائف التي يشغلها المحترفون ذوو الصلة. وبخطوط عريضة، يمكن لهم أن ينقسموا إلى خمس منظومات على النحو التالي:

### *إنتاج المعرفة في العلم والتقانة الأساسيين*

وهذا هو الهدف الرئيسي للبحث الأساسي، وتنشر نتائجه كمقالات في المجلات العلمية (ويبلغ مجموع عددها في كل الفروع 75 000 عنوان في الدوريات المتخصصة)، أو تتلى في الاجتماعات والؤتمرات. وهذا النوع من النشاط يؤمن أيضًا الزاد المعلوماتي لقاعدة البيانات.

### *التدريب*

في معظم أنظمة الجامعات، ينهمك المعلمون أيضًا في أعمال بحثية. ويؤمن هذا بعض الضمانة للنوعية في التعليم العالي، إضافة إلى كونه ذا فائدة توجيهية للطلبة، ولاسيما أولئك القائمون بدراسات بعد التخرج. وينبغي أن نؤكد أنه في كثير من البلدان اليوم، يتم هذا التدريب من قبل علماء ومهندسي بحوث في مخابر القطاعين، الخاص والعام، على السواء.

### *إنتاج المعرفة والخبرة التقنية المطلوبتين للسياسة العامة*

إن قسمًا كبيرًا من عمل الحكومة يتكون من تحديد المعايير التقنية والأنظمة، وذلك بوساطة أنماط متعددة من الإجراءات التي يمكن أن توصف بأنها "الممارسة اليومية للخبرة العلمية والتقييم التقاني. "ويتضمن هذا لجانًا تراقب المنتجات الجديدة الكيميائية والصيدلانية، وتقيّم المخاطر الصناعية والتقانية، وتراقب نوعية الماء...الخ. وهذا العمل كله قائم على خبرة العلماء الذين ينصرف جل عملهم إلى المؤسسات العامة. إن البيئة والصحة العامة وصناعة الأغذية، كلها أمثلة عن قطاعات تقدم الخبرة التقنية وتؤدي دورًا متزايد الأهمية في مجتمعنا، وهو دور يتضمن التقويم والتشخيص وتقارير تحليل الأوضاع وأسئلة تقنية من جميع الأصناف (من مثل حالة البيئة، وسلامة المنشأة الصناعية، وغيرها).

### *الإسهام في برامج استراتيجية قومية*

غالبًا ما يكون للدول الحديثة أهداف "استراتيجية"، بالمعنى الواسع للكلمة، كجزء من منطق قوتها: إنها تتطلب أنظمة تسلح معقدة لا تعتمد على خبرة الأمم الأجنبية، وتحتاج إلى سواتل (أقمار صنعية) لتضمن سيطرتها على خطوط ووسائل اتصالاتها الخاصة، وتريد أن تمتلك مصادر طاقية مستقلة. ولتلبية هذه الأهداف يجب عليها وضع برامج واسعة النطاق للبحث والتطوير التقانيين ضمن منظماتها البحثية العامة الرئيسية، التي تغطي مجالات من نوع البحث النووي أو الفضائي. وفي المجتمعات الصناعية على الأقل، تنفذ هذه البرامج أيضًا داخل مخابر الهيئات الصناعية (في القطاعين الخاص و العام)، في ميادين مثل الإلكترونيات والملاحة الجوية. إن نتائج هذا العمل تظل عمومًا غير منشورة، وتشكل قاعدة المنافسة الدولية التي لا تتبع مبادىء السوق الحرة.

### *المشاركة في الابتكار الصناعي*

إن ما يسمى بمرحلة البحث والتطوير تتوج تيار الاختراع، وذلك قبل أول استعمال للبضائع أو الخدمات، أو تسويقها. وهذا يعني أن العلماء ومهندسي البحوث، وبخاصة في الهيئات الصناعية، يشتركون كلهم في مسيرة تتمخض عن نمو مسيرات ونتاجات جديدة يتعين تصنيعها وتسويقها. وإن شغل البحوث، الذي يطبق عمومًا على

الطبيعة، غالبًا ما يرضخ للقواعد الاقتصادية القائمة على تحفيز الاختراع المشترك. وعلى أي حال ينبغي ملاحظة أنه ليس كل اختراع نتيجةً لشغل البحوث. إن مكاتب التصاميم والهندسة، وأقسام صنع السلع، والصناعة الثقيلة والصناعات الخدمية هي أيضًا مصادر للاختراع (أنظمة برامج الحاسوب هي باطراد اختراعات بحد ذاتها، مثلا).

ويمكن للمرء أن يقول، قياسًا على البحث العلمي، إن براءة الاختراع هي النتاج الأساسي للنشاط التقاني. إنها، كالنشرة العلمية، ميزة معنوية غير ملموسة، لكنها ملك صاحبها وحده ولها قيمة في السوق، مما ليس لدى المنشورات العلمية. إن البراءة إقرار بالاختراع، على شاكلة عملياً صناعية أو نتاج جديد أو مادة جديدة. ففي الولايات المتحدة مُنحت عام 1990، وفي جميع ميادين التقانة، 85 000 براءة اختراع إلى مخترعين من كل قومية، و55 000 في أوروبا (براءات مسجلة مباشرة عبر قنوات أوروبية).

إن الاختراع التقاني ينضوي أيضًا في جملة البضائع الرأسمالية وعناصر من أنماط مختلفة تطورها شركة ما أو تستخدمها لأغراض الإنتاج. فمثلا، يمكن لشبكة تجميع في صناعة السيارات أن تستعمل حواسيب متنوعة للتحكم في الإنسالات (الربوتات) المستخدمة في عملية الصنع. وهكذا فإن الاختراع نتاج عمليات بالغة التنوع.

إن كل فعاليات العلم والتقانة هذه، التي يعود بعضها إلى قرون مضت كما رأينا، قد تجسدت في مفهوم ظهر تدريجيا في بداية الستينات، وهو البحث والتطوير. وإن العمل الذي قامت به منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية (OECD) في مضمار إحصائيات الإنفاق على البحث قد أدى دورًا رئيسيًا في اتفاق الخبراء على علم رموز عام صار يعرف، عبر السنوات الثلاثين الأخيرة، باسم **دليل فراسكاتي** *Frascati Manual*. وهذا الكتيب يعرف ثلاثة أصناف من العمل في البحث والتطوير.

يغطي البحث الأساسي أو القاعدي كل العلم التجريبي والنظري المضطلع به لاكتساب معرفة أساسية بالظواهر والأحداث الملحوظة، دون أن يكن لدى العلماء سلفًا أية تطلعات مستقبلية لعملهم. فثمة أسماء كبيرة في العلم، مثل <ألبرت أينشتاين> و <جاكس بلانك> و <فانتاكا رامان> و<جاك مونو> وكثيرين آخرين ممن عملوا ويعملون بهذه العقلية، ويمكن أن نعتبرهم حقًا "أساسيين". من ناحية أخرى، يتعلق البحث التطبيقي بالعمل الابتكاري، الذي هدفه اكتساب معرفة جديدة للتطبيق العملي (الصناعي، مثلا). فالعمل الذي أجراه <لويس باستور> في القرن التاسع عشر على التخمر أو مرض دودة القز، كان بحثًا تطبيقيًا، على الرغم من أن بعض الاكتشافات التي قام بها في هذا السياق كانت "أساسية" بطبيعتها. وتبقى ثمة منظومة ثالثة من العمل البحثي: التقدم التجريبي، وهذه تتضمن عملاً منهجيًا قائمًا على أساس المعرفة الموجودة التي يُحصل عليها عن طريق البحوث أو التجريب العملي، لكي تُصنع نتاجات جديدة أو تُطور عمليات صناعية جديدة. فقد أعطى اكتشاف البوليمرات، مثلاً، في مخابر البحث دفعة لصنع المواد اللدنة (البلاستيكية)، لكن الانتقال إلى الرحلة الصناعية كان ممكنًا فقط بعد استثمارات إضافية في العمل التنموي، تتطلب إقامة معامل رائدة للاختيار والصقل.

بوسعنا هكذا أن نرى كيف يترابط البحث الأساسي والبحث التطبيقي والتطوير ضمن مخططاتنا العلمية والتقانية (منظوماتنا الخمس). ولئن كانت الحدود بين البحث الأساسي والبحث التطبيقي غامضة في معظم المجالات، فإنه في معظم أنظمة العلم والتقانة القومية تقوم الشركات التجارية أساسًا، مع منظمات تقانية معينة تابعة للدولة (محطات طاقة نووية مدنية وعسكرية، أو معاهد بحث نفطية، مثلاً)، بتنفيذ العمل التنموي، المرتبط إما بهدف تشجيع الاختراع الصناعي أو ببرامج الدولة الاستراتيجية. وفي أغلب الأحيان يقرن البحث الأساسي بالتدريب، في حين أن البحث التطبيقي موجود بالتكرار نفسه في مؤسسات تنتج المعرفة والخبرة التقنية المطلوبتين للسياسة العامة، كتلك التي تنهمك في برامج تنموية أو استراتيجية، وبالطبع في مخابر البحث الصناعية.

ومثلما هو الأمر مع كل شكل من أشكال التصنيف، فإن *دليل فراسكاتي* معرّض للنقد. لأن بوسع المرء أن يسأل، لماذا نحتاج إلى علم تصنيف لفعاليات العلم والتقانة يوافق عليه الجميع؟ وعلى أي حال، ليس التصنيف مجرد هوس لدى الإحصائيين أو إداريي البحث والتقانة. إن الدافع إليه

يكمن في رغبة السلطات السياسية والإدارية ورؤساء الصناعة، في كل بلدان العالم، في امتلاك أرضية صلبة للقرارات الاستراتيجية.

إضافة إلى هذا، وبما أن فكرة التطوير تكون واضحة بدرجة أو بأخرى في مجال الأنشطة الصناعية، فمن الجدير بالملاحظة أنها تكون أكثر ضبابية بكثير عندما تطبق على الأمور العسكرية (مثل تطوير أسلحة جديدة). إن وزارات الدفاع في البلدان الصناعية الرئيسية (الولايات المتحدة، المملكة المتحدة، روسيا...إلخ) تصنف تحت هذا البند عملاً اختباريًا نسقيًا (للطائرات الحربية مثلا) يكون بصورة عامة باهظ التكلفة. فعلى المرء إذًا أن يكون حذرًا عندما يحلل استراتيجيات البحث والتطوير القومية، لأن هذا التحليل يتطلب أن يؤخذ بعين الاعتبار أن مفهوم التطوير قد توسع، في بعض البلدان، ليشمل عملاً معينًا لأغراض عسكرية.

وعلى غرار ذلك، ليس الفصل بين البحوث الأساسية والتطبيقية مقبولاً دائمًا، سواء من وجهة النظر العلمية أو الاقتصادية. هل البحث حول دور ثنائي أكسيد الكربون وغيره من المواد الكيميائية في "مفعول الدفيئة" (البيوت الزجاجية)، أساسي أم تطبيقي؟ لابد من الاعتراف بأن الأساسي والتطبيقي متداخلان أحيانًا بشكل يصعب فيه التمييز بينهما. وفي بعض البلدان المصنِّعة أو النامية، حيث يكون قطاع البحث العام واسعًا جدًا، نضطر إلى التمييز بين الإنفاق على البحث والتطوير العامين، المخصص للبحث الأساسي (أو القاعدي) وبين الإنفاق المخصص لبرامج بحثية ذات فائدة جماعية. وفي مجالات مثل الصحة العامة والبيئة والطاقة والاستشعار عن بعد والنقل، تقوم منظمات البحث العامة ببحوث أساسية وتطبيقية مرتبطة مباشرة بالمهمات الشعبية، بالمعنى الواسع للكلمة، مثل تعزيز صحة المواطنين، وفهم التطور البيئي، وغيرهما. وبما أن الكثير من أعمالها ذو أغراض محددة، يمكننا اعتبار أن بحوثها هادفة هي الأخرى، وتريد تلبية مطلب اجتماعي. وبالتعبير الأنكلوسكسوني عن البحث والتطوير، يشار إلى هذا النمط من البحث باعتباره "موجها بمهمة" وأنه بطريقة ما عمل بحثي هادف على خط التماس بين البحث الأساسي والتطبيقي. ويمكننا أن نضع في هذا الصنف قسمًا كبيرًا من العمل في العلوم الطبية الأحيائية (كالعمل على فيروس الإيدز مثلا، أو على الأمراض المدارية)، وفي مجالات البيئة وفي التحكم في الطاقة وفي العلوم الهندسية وفي البحث التقاني الأساسي في معالجة المعطيات والإنسالات...الخ. إن مثل هذا العمل يُنفذ في معاهد البحث والمجالس والوكالات في القطاع العام.

## أطراف النظام القومي للعلم والتقانة

إن المؤسسات العامة، ومخابر الشركات، والعلماء، ومهندسي البحوث، والتقنيين والموظفين الإداريين، هم جميعًا أطراف عمل في وضع أنظمتهم القومية للعلم والتقانة. ولئن كان كل بلد قد صاغ نظامه القومي للبحث والتطوير بحسب تاريخه الخاص وثقافته وعاداته، فإن من الممكن مع ذلك أن نشرح، إضافة إلى الصيغ المؤسساتية الخاصة بكل بلد، نظامًا عامًا للبحث والتطوير التقانيين مسلِّطين الضوء على الأنماط الرئيسية لكل طرف من هذه الأطراف، بحسب أدوارهم ووظائفهم داخل النظام.

### *الجامعات*

كانت الجامعات أول من أقام مخابر البحوث، على الأقل في أوروبا (مع أن المراصد الفلكية أقيمت منذ عهد مبكر جدًا، كما ذكرنا، في البلدان الإسلامية والصين). وإن ثمة دورين مختلفين لمخابر البحوث في مؤسسات التعليم العالي (الجامعات "الكلاسيكية"، معاهد التقانة المركبة ومدارس الهندسة المستقلة): إنها تعلم وتدرب العلميين والمهندسين من ناحية وتقوم ببحوث لاستنباط معرفة جديدة بالعلم والتقانة، من ناحية أخرى. إن الجامعة، بتقاليدها وأهدافها، هي المكان الذي يتم فيه تدريب الطواقم العلمية المحتاجة إلى المعرفة الأساسية، والتقنيات، والمناهج، وشبكات التواصل المهني المطلوبة للبحث الأكاديمي والصناعي. ويشدد النظام على اكتساب المعرفة، وتحضير أطروحة ما بعد التخرج والدفاع عنها من قبل العالِم الشاب. والجامعة هي أيضا أحد الأمكنة التي يتم فيها البحث الأساسي، أي حيث تنتج المعرفة العلمية القاعدية التي تهدف، في عدد متزايد الاتساع من الميادين، إلى بناء نماذج تنبؤية يمكن لبعضها أن يكون له مفعول كبير في الاختراعات التقانية مع ظهور النماذج الجديدة المثالية. وهذا القول

ينسحب اليوم، مثلاً، على مجالات التماس بين البيولوجيا الجزيئية والتقانة البيولوجية؛ وتلك كانت الحالة أيضًا في تطبيق فيزياء الكم على دراسة حالات المادة.

إن الخاصية الطاغية لنوع البحث الجامعي هي أنه محكوم بضرورة نشر ما يُحصل عليه من معلومات تكتسب بعد نشرها منزلة الملكية العامة.

تأخذ الجامعات ما بين 10%و 20% من مجموع النفقات المخصصة للبحث في البلدان الصناعية المتطورة. وهذه النسبة المئوية أعلى من ذلك في عدد كبير من الدول النامية، حيث يؤمن النظام الأكاديمي إطارًا لنظام البحث القومي. ويمول البحث الجامعي بصورة رئيسية عبر مخصصات سنوية في الميزانية على مستوى قومي وآخر إقليمي متزايد. وفي البلدان الصناعية، يأتي قسم متزايد من ميزانية البحث الجامعي من عقود صناعية وتمويل عام لمشروعات وبرامج تخصصه المنظمات أو الوكالات.

***منظمات البحث العامة***

وهي مؤسسات تقوم بأعمال البحث والتطوير لصالح الدولة، كجزء من المسؤوليات المتنوعة التي للسلطات العامة على جميع جوانب التدريب. وللبحث في هذه المنظمات أغراض محددة جيدا تتقابل مع مشروعات مبينة. إن مكانتها القانونية وكذلك دواعيها تختلف اختلافًا كبيرًا من بلد إلى آخر، بل وحتى داخل كل بلد. فالبلدان الناطقة بالإنكليزية تجنح إلى أن تصنف تحت بند"مخابر الحكومة" أو "البحث الإداري". وفي بلدان أخرى، تسمى "معاهد" و "مراكز"، وحتى "أكاديميات". ويمكن تمييز ثلاثة أنماط من المؤسسات بحسب أهدافها:

مؤسسات ذات توجه "عام" مهمتها دعم البحث الأساسي في جميع التخصصات التي يتضمنها البرنامج، بإنشاء مخابر أو معاهد لها ملاكاتها الخاصة. إن *المركز القومي للبحث العلمي* (CNRS) في فرنسا و *مؤسسة ماكس بلانك* (MPG) في ألمانيا، و *مجلس البحث الوطني* (CNR) في إيطاليا، وشبيهاتها في أمريكا اللاتينية (مثلا *the Conselho Nacional des Desenvolvimento Cientifico e Tecnologico* (CNPq) في البرازيل) وآسيا هي نماذج من مؤسسات وُجدت، في أوروبا على الأقل، للتعويض عن قصورات في البحث الجامعي. وإن أكاديميات العلوم في روسيا وبولونيا وهنغاريا والصين تقع أيضًا في هذا الصنف. ومن الجدير بالملاحظة أن الروابط بين هذه الأكاديميات والبحث الجامعي ضعيفة للغاية، بل وغير قائمة في بعض الحالات، في حين يكون لمنظمات بحث أخرى، مثل المركز الفرنسي المذكور، صلات وثيقة مع البحث الجامعي.

مؤسسات تقوم بإجراء بحوث مطلوبة للممارسة الإدارية والمسؤوليات التشريعية لدى الدولة في المجالات ذات الشأن، مثل الصحة العامة والبيئة، وكذلك لإدارة الغابات في الدولة والمناطق البحرية. وإن لمنظمات البحث العامة الوازية دورًا، بين أشياء أخرى، تقوم به باعتبارها ذات خبرة تقنية فيما يتعلق بالسلطات العامة، وبخاصة في اقتراح التشريعات. وبصورة عامة، تميل في ميدانها الخاص إلى تطوير بحث "موجه بمهمة"، وتؤمن سندًا للقطاعات المهنية التي ترتبط بها. وفي كثير من البلدان المتطورة أو النامية، أنشىء في العقدين الأخيرين عدد كبير من منظمات البحث العامة التي لها هذا النوع من المهمة، مثل الجالس أو المعاهد القومية للبحث الطبي أو الزراعي أو البحري أو البيئي.

ومنظمات تجري بحوثًا مطلوبة لممارسة مسؤوليات الدولة من حيث التسهيلات الواسعة النطاق والبنى التحتية للعلم والتقانة. وهذه هي منطقة أهداف الدولة الاستراتيجية التي ينجم عنها هندسة أنظمة تقانية معقدة. ومن جملة هذه الاستراتيجية ميادين مثل صناعة الطيران، والطاقة النووية، والاستشعار عن بعد، وأنظمة التسلح المتقدمة، وكذلك أنظمة وصناعات علمية ذات نطاق واسع مثل مسرِّعات الجسيمات، وتجهيزات الاندماج النووي، والسواتل الصنعية، والقطع البحرية لعلم المحيطات. وفي معظم الحالات تكون هذه مشروعات طويلة المدى قد تصل تكلفتها السنوية إلى مئات ملايين الدولارات (وحتى بلايين

الدولارات في مشروعات مسرعات الجسيمات). وغالبا ما تمضي المشروعات يدا بيد مع تطويرالقطاع الصناعي ذي العلاقة، مثل صناعات الطيران أو الإلكترونيات.

وتحدث برامج التطوير في مراكز مدنية أو عسكرية، من نوع المراكز القومية أو لجان الطاقة الذرية أو بحوث الطيران أو الاستشعار عن بعد.

إن عدد منظمات البحث العامة وحجمها يختلفان كثيرًا من بلد لآخر، نظرًا للفروق في المواقف تجاه مسؤوليات السلطات العامة، والمستويات المختلفة للإنفاق العسكري. أما العامل الآخر الذي يتراوح تراوحا كبيرا بين البلدان فهو النسبة المئوية للبحث المنجز مباشرة من قبل المنظمات العامة، والبحث الموكل بعقد إلى شركات صناعية.

***مؤسسات عامة لتمويل البحث***

إن هذا النوع من المؤسسات العاملة في البحث والتطوير التقانيين يختلف عن النوعين المذكورين آنفا في أنه لا يقوم بذاته بتنفيذ العمل البحثي وإنما يمول البحوث الجارية على أساس تعاقدي في منظمات البحث الصناعية أو الجامعية أو العامة. ويموّل البحث بمخصصات تحددها في الميزانية الوكالة المعنية كجزء من مهمتها المستمدة من السلطات العامة، وهي مهمة تتضمن نظريًا تنفيذ البحث. وإن واجب الوكالات بالتالي شبيه بواجب منظمة البحث العامة، باستثناء أنها تعهد به للتنفيذ بعقد فرعي، لأنها لا تملك مخابر. ومهما يكن، فلابد من الإشارة إلى أنها تقوم فعلاً بدور حيوي كمصممات ومنسقات وإداريات. وفي معظم الحالات يكون للوكالات منزلة مؤسسة عامة، مما يمنحها مجالا زمنيًا معتبرًا. ويمكن لمشروعاتها أن تشمل بحوثًا أساسية أو تطبيقية أو انتهائية، ولكن دون تنمية إلا فيما ندر (على الرغم من أن الطيران استثناء بارز). وهكذا فنحن نجد في هذا الصنف مؤسسة العلم القومية (NSF) في الولايات المتحدة، وما يماثلها *Deutsche Forschungsgemeinschaft* (DFG) في ألمانيا، و*الصندوق القومي للبحث العلمي* في سويسرا، ومؤسسة العلم القومية في الصين، ووكالات فضاء مثل *المركز القومي للدراسات الفضائية*(CNES) في فرنسا، ووكالات للدراسات البيئية ولتخزين الطاقة ولدعم سياسة التعاون العلمي...إلخ.

***مخابر البحث الصناعية***

يعتبر مخبر البحث الصناعي أحيانًا العامل المفتاح في الاقتصادات الصناعية المتطورة، وهو المكان الذي يتم فيه الابتكار التقاني من قبل العلماء ومهندسي البحوث في الجامعات والمعاهد الهندسية المتعددة التخصصات. وإن مفتاح فاعلية البحث العلمي يكمن في انسجامه مع الاستراتيجية الصناعية المشتركة، ونوعية تفاعله مع التسويق ودوائر الإنتاج، ومقدرته على اجتذاب مزيد من الاستثمارات لأجل التنمية والتصاميم والتسويق والإنتاج والتوزيع. إن التقانة التي تطبقها منشأة ما لغايات ابتكارية لا يكون زادها العلمي مقصورًا على ما يقدمه مخبرها البحثي، وإنما أحيانًا مقتصرًا على مدى واسع من المصادر الأخرى. وقد تشتمل هذه على الخبرة التي لدى علماء ومهندسين يُستخدمون خصيصا للعمل. كما تشتمل على لقاءات علمية ومهنية، وعلى تبادل المعلومات بصورة عامة مع الزبائن والمزودين والنافسين، وكذلك توجيه المنتجات التي تدشنها منظمات متنافسة.

إن كل هذه الوسائل الناقلة للمعلومات التقانية والعلمية ذات فعالية كبيرة في انتقال التقانة انتقالاً لا يتوقف، من الصعيد المحلي إلى العالمي. إلا أن هذا لا يعني أن التقانة لا مالك لها أو أنها ملكية عامة: ذلك أن طبيعة التقانة ذاتها - شخصيتها المضمرة جزئيا والمتعينة في شركة ما- تعني دومًا أن اندماجها الفعال في منتجات ومسيرات الشركة المتلقية (أو الناسخة) يستغرق بعض الوقت ويكلف مالاً. وفي النتيجة، غالبًا ما يعتبر البحث والتطوير الصناعيان أفضل الوسائل لاستيعاب الخبرة العلمية والتقانية ونشرها. ويتعين على الشركات في وقت واحد أن تحمي اكتشافاتها واختراعاتها بحقوق براءات الاختراع، وأن تشارك في برامج مشتركة مع مخابر البحث العامة، وبخاصة مع الجامعات.

لقد كانت الصناعة الكيميائية في أواخر القرن التاسع عشر أول من طور سياسة بحث صناعي دينامية. وخلال هذه الفترة أُنشئت في ألمانيا أول مخابر البحث

الصناعي، ثم تبعتها الولايات المتحدة. وحتى قبل الحرب العالمية الثانية كانت الشركات المتعددة الجنسيات قد بدأت بتطبيق اللامركزية في أشغالها البحثية بإقامة مراكز بحث خارج بلد المنشأ. أما التأميمات على صعيد الاقتصاد العالمي فقد عززت هذه الظاهرة منذ الستينات وما بعدها. وتوازى ذلك مع تكاثر التحالفات التقانية بين الشركات، على صورة تبادل الإجازات وإقامة شركات تابعة مشتركة بغية استثمار شكل معين من أشكال التقانة، والتعاون في مشروعات بحث وتطوير مشتركة.

أما في البلدان الأكثر تصنيعا، بلدان منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية، فان ما بين 60 و 75% من البحث والتطوير القوميين يُنفذ في المخابر الصناعية، ويُمول جزئيًا بعقود عامة (وبخاصة العسكرية منها)، في حين أنه في عدد معين من البلدان تقوم المراكز التقنية، أو التجمعات التي توحد شركات ذات أعمال واحدة، بإنجاز أشغال البحوث لكامل مجالات الحرفة. وهذه بصورة خاصة الحالة في القطاعات المرتبطة بصناعات عريقة مثل الهندسة الميكانيكية والنسيج والتعدين.

إن أهمية دور كل من هذه الأطراف في البحث والتطوير التابعين لأنظمة العلم والتقانة القومية، تعتمد اعتمادًا كبيرًا على التقاليد المؤسساتية في مختلف البلدان وأنظمتها السياسية والاقتصادية، وعلى الدور الذي تؤديه الصناعة في الاقتصاد القومي. ويمكننا أن نقدم ملحوظات قليلة عريضة حول الموضوع. فالبلدان ذات الخلفية الأنكلوسكسونية، والبلدان الأوروبية الصغيرة مثل سويسرا والنمسا وبلجيكا، أعطت أسبقية كبيرة للجامعات في أشغال البحث الأساسي. وقد احتفظت الجامعات باستقلال أعظم مما لدى الأنظمة الأخرى، ولذلك لديها المقدرة والإرادة على تحديد سياستها البحثية. ويصدق هذا بصورة خاصة على أرقى الجامعات الأمريكية والبريطانية. وفي البلدان المصنعة وعديد من البلدان النامية، تم تبني حل "مزجي". فالبحث الأساسي ينفذ في مخابر الجامعات وفي منظمات البحث العامة التي لها مخابرها الخاصة وملاكاتها. وفي بلدان أوروبا الشرقية، تقوم أكاديميات العلوم بمعظم البحث الأساسي، في حين يكون عمل البحوث الجامعية عمومًا صغيرًا جدًا على الصعيد الكمي.

وفي معظم البلدان المصنعة، وفي عدد محدود من البلدان النامية، أعطيت أسبقية رئيسية ضمن أنظمة العلم والتقانة القومية لمنظمات البحث العامة اللازمة لممارسة حقوق الامتياز التابعة للدولة بشأن المهمات الاستراتيجية في ميادين الدفاع والطاقة والنقل والاستشعار عن بعد. وبالطبع فإن الطاقة النووية، والبحث العسكري والجوي، هما المثالان الأبرز على قطاعات أقيمت فيها منظمات عامة من هذا الطراز، وترتبط بما يسمى سياسة برامج العلم والتقانة الرئيسية، المكرسة لإنشاء أنظمة تسلح جديدة (طائرات وقذائف)، ومفاعلات نووية، وسواتل مراقبة أرضية واتصالات استشعارية.

أما بالنسبة للبحث الصناعي، فهو ينمّى قبل كل شيء في شركات البلدان الأرقى تصنيعًا، وغالبًا في بلدان منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية OECD. وحقا فإن لعدد قليل جدًا من البلدان النامية شركات ذات موارد مالية تستثمرها في البحث والتطوير الصناعي، في حين تبلغ ميزانيات البحوث في الشركات المتعددة القوميات بلايين الدولارات.

### *مؤسسات سياسة العلم والتقانة*

إن البحث العلمي لم يتمكن من اكتساب منزلته الاجتماعية والسياسية المهمة والمحسودة، ومن ثم الحصول على الموارد المالية الحزايدة دومًا والمطلوبة لتطويره، إلا عندما أدركت الدولة الحديثة قيمته "العملياتية" (بما فيها من ثروة التطبيقات الممكنة)، وأقرت بأنه يستطيع أن يكون حليفًا موضوعيًا للقوة الاقتصادية والسياسية.

شهدت الحرب العالمية الثانية نقطة التحول الحقيقية في العلاقات بين العلم والتقانة والسلطة السياسية. وأصبح واضحا في ذلك الحين أن برامج البحث التطبيقي التي تحشد مئات العلماء قد مكنت من الحصول على أهداف تعتبر استراتيجية، بالمعنى العسكري للكلمة، بتطوير أنظمة تسلح جديدة (كالقنبلة الذرية أو الرادار) وتأمين الاستعاضة عن المواد المخام بمنتجات صناعية جديدة.

وبالنسبة لدولة حديثة، يمثل العلم والتقانة اليوم

مسألة ذات ثلاثة أصعدة. فهدف البحث هو إنتاج خبرة عملية جديدة( في العلوم الطبيعية والاجتماعية) كي نفهم العالم والمجتمع اللذين نعيش فيهما. وهذا يشكل بالتالي مسألة ثقافية. ومثلما لاحظنا، يشكل الاختراع التقاني قاعدة التطويرالصناعي، في حين يكون التنافس التقاني على المشروعات القومية العنصر الأساسي في أي سياسة للدولة. وهكذا يمثل العلم والتقانة اليوم مسائل اجتماعية واقتصادية أكثر بكثير مما كان يمثله قبل قرن. وأخيرًا فإن العلم والتقانة يستدعيان باطراد مسألة استراتيجية، بمعنى أن التحكم في الخبرة العملية للعلم والتقانة غالبًا ما يكون حيويًا في تزويد أمة ما أو مجموعة أمم بالوسائل اللازمة للاستقلال: المقدرة على التواصل وعلى تأمين المؤونة اللازمة من الطاقة ومن بعض المواد الخام المحورية. ومن هنا تأتي أهمية برامج البحث في أنظمة الطاقة (القوة النووية والاندماج النووي الحراري)، ومن الإلكترونيات المكروية (الصغرية) وتقانة العلومات، والاستشعار عن بعد، والفضاء وعلم المحيطات.

وبالطبع يمثل البحث العسكري بذاته مسألة استراتيجية تحشد لها موارد على نطاق واسع في الولايات المتحدة وفرنسا والملكة المتحدة وروسيا والصين، وكذلك في بعض الدول النامية.

يزداد الوعي في كل بلد مصنِّع تقريبا، وفي عدد متزايد من بلدان العالم الثالث، بالدور الذي يقوم به العلم والتقانة حاليًا في السياسة العامة، وقد قاد هذه البلدان إلى تطبيق سياسات عامة في العلم والتقانة. وبإعلان الأولويات، تهدف السياسات إلى تحديد أهداف التطوير في أعمال العلم والتقانة القومية، وإلى حشد تمويلات بحثية خاصة وعامة، وحفز الابتكار التقاني، واتخاذ قرار بشأن تخصيص الموارد البشرية والمالية. وتهدف السياسات أيضًا إلى تنفيذ برامج البحث القومية، مع اعتبار خاص لقطاعات تنشط فيها مسائل استراتيجية أو اجتماعية أو اقتصادية رئيسية. وهي تشجع أيضًا على برامج تعاون دولية.

وهكذا تقوم حكومة كل بلد بدور رئيسي في البحث والتطوير التقانيين. وعمومًا فهي تهتم بثلاثة مجالات رئيسية:

تحديد الأهداف الرئيسية للسياسة القومية في العلم والتقانة (الخيارات الرئيسية، الأولويات العليا) وللتوجهات والمشروعات والطرز العملياتية لمنظمات البحث العام، وبدرجة أقل للجامعات أحيانًا.

تحديد مستوى تمويل البحث العام وأيضًا طبيعة وحجم العقود الموقعة مع الشركات كجزء من المهمات العامة ذات البعد البحثي. وإن التمويل العام للبحوث في البلدان المتطورة يتراوح ما بين 20% و 65% من مجموع الإنفاق القومي على البحث والتطوير. وفي البلدان النامية، غالبًا ما يقتصر تمويل البحث القومي على المال العام.

تقرير العوامل التشريعية والمالية والخزينية لأجل بيئة التعهدات والوساطات التي سيكون لها تأثير كبير في الإرادة والمقدرة الجماعيتين في البحث والاختراع.

هذه المجالات الثلاثة تشكل مبدئيًا سياسة قومية للبحث والتطوير التقاني والاختراع.

وفي العلم والتقانة، تمارَس وظائف "الحكومة" على مستويات مختلفة في وقت واحد، وتمتد هذه باطراد من المستوى القومي التقليدي إلى مستوى المنطقة. وبهذه الطريقة، وفي بلد مثل ألمانيا، تقوم المنطقة بدور مهم جدًا في تمويل أعمال منظمات البحث العامة وتقديم الدعم للتقانة. والأمر نفسه صحيح في الولايات المتحدة حيث تؤمِّن كل ولاية على حدة دعما ماليًا مهمًا للتقانة. وفي فرنسا، ومنذ تطبيق قوانين عام 1982 في اللامركزية، تساهم السلطات الإقليمية ماليًا في عمليات البحث والتطوير، وفي الصين تقدِّم المقاطعات، وبعض السلطات البلدية مثل شانغهاي، دعمًا ماليًا مهما لمعاهد البحث التطبيقي ومشروعات التقانة.

وعلى الصعيد الأوروبي، تشغل سياسة البحث والتطوير في الجماعة الأوروبية موقعًا مرموقًا في هرمية صنع القرار المالي. وإن لها شخصية فوق/ قومية ذات ثقل متزايد في بعض القطاعات، وليس لها نظير في أي مكان آخر من العالم. ومن الجدير بالملاحظة أن لبعض الدوائر الوزارية في بلدان معينة ميزانيات محددة (تدعى عموما "صناديق الحوافز") مصممة بحيث تحفز إلى القيام ببحوث جديدة أو تستثير البحث الصناعي والابتكار.

إن دور الحكومة عمومًا هو دور "المنسق" في النظام القومي للبحث والتقانة، مما يعني أنها تقوم بالوظائف التالية:

التحليل الاستراتيجي والتنبؤات على الصعيد القومي، بمعنى تحليل المقدرات ونقاط الضعف الذاتية في نظام التطويرالبحثي والتقاني، من منطلق الأخطار والفرص، حاضرًا ومستقبلاً (المنافسة الدولية، المتطلبات الاجتماعية...إلخ).

تقويم العمل والعمليات في منظمات البحث العامة والجامعات ووكالات البحث.

متابعة التواصل بين النظام القومي للبحث والتقانة والقطاعات الصناعية والتربوية، وبين مجالات أخرى من تدخل الدولة (السياسة الخزانية والصناعية والاجتماعية...إلخ). وأخيرا مع المجتمع ككل (بخصوص مسائل أخلاقية مثلا).

وبما أن العلم والتقانة قد أصبحا تدريجيًا "مسألة الدولة" في كل بلد، فقد أديا إلى إقامة شبكة من المؤسسات والهيئات الحكومية تساعد على تبيان الأولويات وتطوير الاستراتيجيات واتخاذ القرارات الضرورية في تخصيص الموارد. وفي النتيجة، يوجد اليوم في معظم البلدان مكتب ذو مستوى وزاري هدفه العمومي هو تنمية وفرض وتنسيق سياسة قومية للعلم والتقانة. وعلى أي حال فإن للوزارة وضعًا بالغ التقلب في هرمية الحكومة.

في الولايات المتحدة يميل النظام الرئاسي إلى تركيز عدد من الوظائف التي تنسق الفعاليات الحيوية للسياسة القومية، داخل مجال الرئاسة. وإن الطبيعة الاستراتيجية لعديد من الخيارات في برامج العلم والتقانة هي بالضبط ما جعل الرئيس آيزنهاور يقيم (مكتب سياسة العلم والتقانة) في البيت الأبيض، ويتعزز دوره منذ ذلك الحين. وفي حين لا يدير هذا المكتب برامج، فهو يقوم بدور مكتب بحث اتحادي ذي وزن كبير حيث يتعين اتخاذ قرارات تتعلق بالخيارات والأولويات الاستراتيجية، القومية والدولية، للولايات المتحدة. وعمومًا فإن البلدان التي تعطي أولوية عليا لبرامج علمية وتقانية واسعة النطاق وتتضمن تخطيطًا مفصلاً للمشروعات الواجب تنفيذها، تعهد بمهمة تحديد سياسة إجمالية للبحث والتقانة إلى هيكل وزاري قوي (في الولايات المتحدة، وحتى 1992، كان 80% من الميزانية العامة للبحث والتطوير مكرسًا لبرامج مدنية وعسكرية رئيسية، وهي نسبة عالية كذلك في فرنسا والمملكة المتحدة وروسيا لكنها أدنى في ألمانيا واليابان).

وهكذا، فإن في ألمانيا وفرنسا وزارة للبحث والتقانة مسؤولة عن السياسة القومية (مع الجامعات، في حالة فرنسا). وللوكالة التقنية العلمية في اليابان دور مماثل، ولمديرها مرتبة وزارية. أما وزارة الصناعة والتجارة الخارجية فتقوم مع ذلك بدور محدد في ترقية تقانة جديدة، وبخاصة في الصناعة اليابانية. ومنذ 1992 كان وزير العلم في المملكة المتحدة عضوا في مجلس الوزراء، مع دائرة صغيرة تقوم بتنفيذ واجباته (مكتب العلم والتقانة) موضوعة تحت مسؤولية المستشار العلمي لرئيس الوزراء.

وفي روسيا فإن وزير البحث والتقانة مسؤول عن سياسة العلم والتقانة؛ وتقوم بالوظيفة نفسها في الصين لجنة الدولة للعلم والتقانة.

وفي كثير من البلدان تكون المسؤوليات الوزارية عن البحث والتقانة مرتبطة أو ملحقة بوزارة التربية (أو الجامعات) والعلم، في حين تفوّض أحيانًا وزارة دولة للبحث العلمي بجميع الأمور المتعلقة بسياسة العلم. وهذه هي الحالة في إيطاليا وإسبانيا والجزائر مثلاً. وفي بعض البلدان، مثل البرتغال، تُلحق وزارة البحث بدائرة التخطيط، وأحيانًا برئيس الوزراء مباشرة.

**بيير پاپون**: أستاذ الفيزياء في المدرسة العليا للفيزياء والكيمياء الصناعية في باريس، والمدير العام لمعهد البحث الفرنسي لاستثمار البحر (IFREMER). وهو رئيس مرصد العلوم والتقنيات (OST) ومدير عام سابق للمركز القومي للبحوث العلمية (CNRS).

**ريمي باريه** : مهندس مدني واقتصادي، وقد عمل مديرًا لمرصد العلوم والتقنيات (OST) منذ إنشائه عام 1990. كما عمل مديرًا لشركة استشارية اقتصادية، وعمل لوزارة البحث والتقانة في فرنسا، و في المعهد القومي للفنون والمهن.

# العلوم الأساسية والابتكار

كـــيث بـاڤـــيت

منذ عهد بعيد تم الإقرار بالفائدة الاقتصادية والاجتماعية للبحث الأساسي في تحديث المجتمعات. إلا أن الجدال يستمر حول ما إذا كان البحث الأساسي مفيدًا للبلد الذي يموله، وكيف ولماذا يكون.

في طرف أقصى، لدينا مدافعون عما يسمى "الطراز الخطي" يقولون إن الاكتشافات العلمية هي المصدر الرئيسي للتقانة، وما يتلوها من تغير اقتصادي واجتماعي. فالعلماء يكتشفون قوانين الطبيعة وينشرون النتائج، والمهندسون وشركات الأعمال يحولونها بعدئذ إلى مصنوعات مجسدة مفيدة. والأمثلة البارزة هي الكهرطيسية والكيمياء العضوية والانشطار النووي. ويتعين على الحكومات أن تؤمن دعمًا سخيًا للبحث الأساسي؛ لأن شركات الأعمال، إذا ما تركت وشأنها، ستستثمر أقل من الكمية القصوى، وذلك بسبب عدم تطلعها إلى المستقبل البعيد وعجزها عن استغلال الفوائد الكاملة للنتاج العلمي المنشور، والمتوافر بالتالي توافرًا حرًا.

وفي الطرف الأقصى الآخر، يُنظر إلى نتائج البحث الأساسي باعتبار معظمها عديم الفائدة، وذلك في أسوأ الحالات؛ وفي أحسنها، باعتبار هذه النتائج متوافرة لمن يرغب في استعمالها- أيًا كان، إذ إنها تصير "بضاعة مجانية" بمجرد انتشارها. إن معدل بلد ما من التغير التقاني وتوجه هذا التغير يصيران هكذا متأثرين تأثرًا أكثف بالشروط الاقتصادية والاجتماعية. وبذلك ينبغي أن نعتبر الإنفاق الذي تقدمه الحكومات القومية للبحث الأساسي صيغة من الاستهلاك البارز (الثقافي) وأن نقارنه بإنفاق الحكومة على الفنون والرياضة وأنشطة مماثلة. وتلك هي الحالة بصورة خاصة في بلدان نامية، حيث تكون نتائج البحث الأساسي العالي منشورة ومتوافرة مجانًا - في رأي هذه المجموعات نفسها - وحيث يكون البحث الأساسي المحلي ذا نوعية أدنى.

إن الجدالات المحمومة عمومًا بشأن هذين الخطين مضللة، وعقيمة غالبًا، لأنها تسرف في تبسيط الطبيعة المتعددة والمتنوعة للروابط القائمة بين البحث الأساسي والتطوير التقاني. وبصورة خاصة، فإن الأول ينفع الآخر عبر خلق ونقل المعرفة والمهارات والأدوات وشبكات الاحتكاكات الحرفية التي تشكل الكثير من القدرة على معالجة المشكلات المعقدة، إضافة إلى خلق ونقل المعلومات المكتوبة والجاهزة للتطبيق. ولهذا الأمر مضامين رئيسية تتعلق بالسياسة.

## البحث الأساسي والتقانة كأنظمة متفاعلة

غالبًا ما تكمن في الجدال الشائع النظرة القائلة بأن النتاجات الرئيسية للبحث الأساسي والتطوير التقاني هي صيغ متشابهة جدًا من المعرفة الممنهجة: البحث الأساسي في صيغة كتابات منشورة، والتطويرالتقاني في صيغة براءات اختراع، وبرامج أولية، وتعليمات تشغيل، ونظام لبرامج الحاسوب. وهي نظرة حظيت بوزن أكاديمي عبر نظريات التيار الثقافي الرئيسي في سوسيولوجيا العلم (مترون، 1942) واقتصاديات التقانة (آرو، 1962) كليهما.

إلا أن ثمة دراسات حديثة تُظهر أن البحث الأساسي والتطوير التقاني مختلفان من حيث الهدف والطبيعة معًا، على الرغم من أنهما يتفاعلان معًا بقوة. ففي سبيل الفهم والتنبؤ يميل العلم الأساسي غالبًا إلى التبسيط، بخلق شروط مخبرية "مثالية"، أي بافتراض أن "الأشياء الأخرى متساوية". ومن ناحية أخرى، يهتم التطوير التقاني أساسًا بصنع المنتجات، وبما تنجزه الأنظمة والعمليات خارج المخبر في عالم من التفاعلات والضغوط الاجتماعية والاقتصادية والتقانية المتعددة. وهذه النتاجات والعمليات والأنظمة غالبًا ما تكون أعقد من أن يتاح التنبؤ بإنجازاتها من خلال النظرية (كلاين، 1991). وهذا هو السبب في أن النشاط المسيطر في شركات الأعمال لا يتجه نحو البحث الأساسي، بل إلى أمور أكثر تكلفة بكثير، مثل التصميم والتطوير واختبار النماذج والمصنع الرائد، إلى جانب هندسة الإنتاج وضبط النوعية. وهذا هو أيضًا السبب في أن البحث الأساسي والتدريب قد أقيما في أنواع عديدة من التخصصات الهندسية كي يتم - تحديدًا - تدريب

متخصصين في حل المشكلات التقانية، بغية تكامل المعرفة المستقاة من أنواع عديدة من التخصصات مع تطوير واستعمال أنظمة تقانية معقدة، ولتعرّف المشكلات العملية التي يتطلب حلها مزيدًا من الفهم العلمي الأساسي (روزنبرگ ونلسون، 1992).

## التفاعل المباشر يتنوع كثيرا

لا شك أن التعميمات العريضة حول الانتقالات المباشرة للمعرفة المنهجة، من البحث الأساسي إلى التقانة عملية مضللة، نظرًا للفروق الكبيرة بينهما على الصعيدين العلمي والصناعي. وهذا ما تؤكده تحليلات وثائق البراءات الأمريكية التي تكشف مدى التغير في وتيرة الاستشهاد بالنشرات العلمية من صناعة لأخرى (نارين وأوليفاسترو، 1992). إن هذه الوتيرة أعلى ما تكون في الصناعات الكيميائية والغذائية (حيث تتركز الاقتباسات على البحث الأساسي في الكيمياء والبيولوجيا والطب السريري)، ويليها استخدام الآلات (تتوزع الاقتباسات توزعًا متساويًا إلى حد كبير على جميع ميادين البحث الصرف والتطبيقي)، والمنتجات الكهربائية والإلكترونية (تتركز الاقتباسات في البحث التطبيقي على الفيزياء والهندسة). ومن الجدير بالذكر أن قطاع النقل (بما فيه الطيران والسيارات) أقل الجميع اقتباسًا من البراءات في المجلات(متركزًا في الهندسة التطبيقية)، مما يدل على أن نتائج البحث العلمي الأساسي لا تسهم إسهامًا فعالا مباشرًا في تصميم واختبار وتشغيل أنظمة الآلات المعقدة التي تسود في هذه القطاعات.

## التفاعلات غير المباشرة أهم

وسيكون مضللاً الافتراض بأن اقتباسات البراءات تعكس كل - أو حتى معظم - إسهامات البحث الأساسي في التطوير التقاني. وترى دراسات سابقة أن هذا يأتي عبر نقل ماهو غير ممنهج (ضمني) من المعرفة والمهارات، المتجسدة في مقدرات الباحثين على حل المشكلات وفي أدواتهم وشبكات الاتصال غير الرسمية في معظمها، والتي يطورونها في سياق عملهم (گيبونز وجونستون، 1974- إرفين ومارتين، 1980). ويظهر مسح لآراء أكثر من 600 مدير بحث وتطوير صناعيين في الولايات المتحدة أن ثلاثة أرباع أهم إسهامات البحث الأكاديمي في التطوير التقاني كانت على شكل معرفة غير ممنهجة ونقل مهارة، وأن ربعا فقط كان على شكل معرفة ممنهجة (نلسون وليفن، 1986-نلسون، 1987). وغالبًا ما جاءت المعرفة المنهجة في تخصصات أكثر تطبيقية (علم الحاسوب وعلم المواد والتعدين)، وطبقت في صناعات قليلة نسبيًا. أما المهارات والمعرفة المفيدة غير المنهجة، من ناحية أخرى، فتأتي من تشكيلة واسعة من التخصصات ولها مفعول أكثر انتشارًا.

## مضامين على صعيد التحليل والسياسة

إن لهذه الخطى المتقدمة في فهمنا للروابط بين البحث الأساسي والتطوير التقاني مضامين رئيسية على صعيد التحليل والسياسة.

### *طبيعة فوائد البحث الأساسي*

إن الفائدة الاقتصادية الرئيسية للبحث الأساسي ليست، بخلاف الاعتقاد الشائع، في المعرفة القابلة للتطبيق المباشر في مضمار ضيق من القطاعات، بل هي في المعرفة الأساسية والمهارات البحثية، والأدوات والطرائق التي تعطي فوائد اقتصادية عبر قطاعات أوسع بكثير. وإن هذا ليفرض، من جملة ما يفرض، تحديًا للمحللين وصناع السياسة الذين يستمرون في الافتراض بأن "المحصول" الاقتصادي الرئيسي (أو الوحيد) للبحث الأساسي هو المعلومات التي تكون سهلة وزهيدة التكاليف في التطبيق، وليس الذخر المعلوماتي الذي لا يعوَّض، والذي يُكتسب في عملية تطوير تقاني معقد ومكلف (باڤيت، 1991).

إن لهذا مضامين رئيسية على صعيد سياسات البلدان النامية. إنه يُظهر بصورة خاصة أن نتائج البحث الأساسي ليست قابلة للتطبيق بحرية، وإنما يجب دمجها في أنظمة تقانية معقدة عبر إيجاد مقدرة وطنية لحل المشكلات وثيقة الصلة بالشبكات الحرفية الدولية. وهذا سيتطلب سياسات تنشىء مقدرات بحث جامعية - ربما في

التخصصات الهندسية الرئيسية – وتشجع التدريب الأجنبي لطلبة ما بعد التخرج، وتحسن النوعية، وتنضم إلى الشبكات الحرفية العالمية (وهذا أهم). وبما أن الفوائد الاقتصادية للبحث الأساسي تنجم بشكل رئيسي عبر التحركات والصلات الشخصية، فعلى الأرجح سيكون هذا البحث الأساسي مفيدًا اقتصاديًا إذا ما كان وثيق الصلة بالتعليم العالي والتدريب البحثي المتعلق به.

***هل يستفيد بلد المنشأ من استثماراته في البحث الأساسي؟***

في ضوء ما تقدم، يصعب إثبات التأكيد بأن البحث الأساسي لا يجلب فائدة إضافية للبلد الممول له والقائم به. إن شطرًا كبيرًا من الفوائد الاقتصادية والاجتماعية متجسد في المهندسين والعلماء المدربين، بمن فيهم بعض ممن له كفاءة بحثية مؤكدة. إن مثل هؤلاء الناس سيُستخدمون محليًا لدى شركات الأعمال وغيرها من الممارسين التقانيين، شرط أن يكون لهؤلاء حافز قوي لإثبات مقدراتهم على حل المشكلات. وتبرهن التجربة في البلدان المتطورة على أن هذا يتطلب سياسات منفتحة، وتشجيعًا للمنافسة الدولية ودعمًا لشركات الأعمال في تمويلها وإنجازها لفعالياتها المحسنة تقانيًا.

واذا اعتبرنا أن الشركات لا تستطيع جني جميع الفوائد الاقتصادية من تمويل فعاليات كهذه (على الأقل لأن العمال المدربين يمكنهم تغيير عملهم) فإن شيئًا من العون العام للشركات الخاصة يمكن تبريره اقتصاديًا. وبالتأكيد فإن هذه هي الحالة بالنسبة للبحث الأساسي والتدريب المرتبط به، حيث لا يمكن أن ننتظر من الشركات الإفرادية تمويل فعاليات ذات فائدة عامة للأعمال المحلية.

وأيًا كانت السياسة المحددة، فينبغي أن يكون الهدف العام خلق استطاعات تقانية لحل المشكلات في شركات الأعمال وفي أي مكان آخر يتطلبها (بل وپاڤيت، 1993). ومن دون هذه الاستطاعات سيذبل ويموت الطلب على البحث الأساسي، والتدريب اللازم له وإجراءات دارجة حاليًا مثل "رحاب العلم".

**كيث پاڤيت** : أستاذ < M.R. فيليبس > لدراسات سياسة العلم والتقانة في وحدة بحث سياسة العلم (SPRU) في جامعة سسيكس بالمملكة المتحدة. درس الهندسة والإدارة الصناعية والاقتصاد في كمبردج وهارڤرد، عمل بعد ذلك في منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية OECD بباريس. وخلال أعوامه العشرين في الوحدة SPRU، كتب عدة نشرات حول إدارة التقانة وسياسة العلم والتقانة. ويقدم پاڤيت النصح لعديد من الهيئات القومية والدولية حول السياسات اللازمة للتغيير التقني، وهو المحرر الأول (لسياسة البحث).

# المؤشرات: الهدف والحدود

ريمي باريه - پيير پاپون

إن مؤشرات العلم والتقانة وحدات كمية لقياس العوامل التي تحدد مكانة وديناميـة أنظمـة العلم والتـقـانة. وثمـة وسـائل متنوعة جدا للاستدلال على هذه المؤشرات: منها الرؤية القومية لدى صناع السياسة العلمية أو السلطات التشريعية، والتحليلات الاستراتيجية لصنع القرار من قبل مؤسسات البحث، وعمليات مسح لموضع العلم والتقانة، وتقييم البرامج...الخ. وهكذا فإن عددًا متزايدًا من قياديي العلم والتقانة يجدون أنفسهم أمام قرارات وخيارات لابد من أن تقوم على مؤشرات من هذا القبيل.

إن الحاجة إلى المؤشرات قد أدت إلى إجراء عمليات مسح سنوية في الستينات تتناول البحث العام والصناعي. وفي أوائل السبـعينات بدأت "مـؤسـسـة العلم القـومـيـة NSF" في الولايات المتـحـدة تنشـر سلسلة نصف سنوية من "*مـؤشـرات العلم والهندسـة*". وبموازاة هذا قامت منظمـة التـعاون الاقـتـصـادي والتنمية (OECD) بتحقيق الانسجام بين عمليات المسح التي تقوم بها وبين عمل إنتاج المؤشر على نطاق عالي لكي تصير مقارنتهما ممكنة، ولهذا السبب وضع *دليل فراسكاتي* الذي يحدد المفاهيم ويصوغ الرموز المنهجية لطرائق المسح.

وفي النصف الثـاني من الثـمـانينات، أصـبح الطلب على المؤشرات أكثر تنوعا، في الوقت ذاته الذي شهد إمكانية استغلال مصادر جديدة للمعلومات. وقد بدأت عمليات مسح متزايدة تهدف إلى الحـصـول على مـعطيات كمـيـة، كـجـزء من التـقـيـيم والعمل الموجهين توجهًا استراتيجيًا، وكجزء من إدارة برامج مـجتمعية. وفي النتيـجـة قام عـدد من البلدان بالارتقاء بنظامه الدائم لإنتاج المعطيات الكمية حول العلم والتقانة. ففي فرنسا مثلاً، أدى وجود هذا الهدف في الذهن إلى إنشاء " *مرصد العلوم والتقنيات* OST" عام 1990.

وكسمة من سمات السنوات القليلة الأخيرة نذكر أنه يمكن حاليًا الآن الاسـتـجابة لما تطلبه السلطات العـامـة والصناعة من مؤشرات - كانت موجودة منذ عدة سنين - استجابة تستند إلى إمكانية كبيرة في إنتاج المعطيات وتقديمها لطالبيها. ويعود هذا إلى الجهود الدولية الهادفة لإحداث انسجام إحصائي، ولتطوير طرائق جديدة لإنتـاج المؤشـرات (تصانيف الكتب)، وبصـورة أعم لتـحـسُّن الأدوات الإلكتـرونيـة المسـتـمـر في تخـزين المعطيـات والوصول إليها وتعميمها.

## المؤشرات المستعملة في هذا المقال

يوجد في الحقيقة مجموعة كاملة من المؤشرات الممكنة، لكن هناك مـؤشـرًا للعلم والتـقـانة يمكن أن يتـضـح بأي من المعايير التالية:

الشيء والبارامتر(الوسيط) قيد القياس: البشر (باحثون علميـون، أكـاديميـون، مـهندسـون، مـلاك دعم البـحـوث، مع مؤهلات عند الضـرورة من حيث العمر والجنس والتخصص العلمي...الخ)، الموارد المالية (التشغيل، التوظيف المالي الآتي من ميـزانيات الدولة أو المأخوذ بعـقـود خارجـيـة)، المعرفة المنهـجـة المرمـزة (منشـورات علمـيـة أو براءات اخـتـراع، مـؤهلات جـاهزة) والمعـرفـة "المجـسـدة" (أدوات، عناصـر، رأسمال على شكل بضائع عالية التقانة مشتراة أو مباعة، مستوردة أو مصدرة).

المجـال الذي يقـاس ضمنه البـارامـيـتـر المذكور: المؤسـسـة (مـخبـر، شركـة، مؤسـسـة عـامـة، جـامـعـة...إلخ). أو المكان (بلدة، إقليم، أمة، منطقة متعددة القوميات).

نوع العمل الذي قيد القياس: الفرع أو المجال العلمي، ميدان التخصص التقاني، قطاع أو شعبة صناعية، هدف أوسياسة عامة، نوع البحث (أساسي، ذي غاية، تطويري).

سلم القـيـاس: مكروي - (على مسـتـوى الهيـئة التي تتـخـذ القرار، أم الشركة أم المختبر أم الجامعة)، متوسط - (على مـسـتـوى الفـرع أم الميـدان أم القطـاع) أو واسع (على مستوى المنطقة).

نوع القياس: عامل كمي معتاد يقيس سعة (أو مستوى) ، أو عامل علاقة (فيض أو علاقة) بين كيانين.

إن المؤشرات المستعملة ضمن هذه النظرة للعالمية يجب أن تتيح إجراء مقارنة فيما بين الدول أو بين الأقاليم. ولذلك تبنينا مؤشرات تقيس أساسيًا سعات، في السلم المتوسط أو الواسع، متعلقة بالتخصصات العلمية والميادين التقانية والقطاعات الصناعية، على أصعدة قومية ومتعددة القوميات.

نقدم في هذا القسم ثلاثة أنماط من المؤشرات، وسوف نفحصها بإيجاز.

***موارد مكرسة للأنشطة العلمية والتقانية – الواردات***

يتم قياس الموارد على مستوى كل بلد بعمليات مسح قومية للإنفاق على البحث والتطوير، وبملاك العاملين العلميين. وبعدئذ تعاد معالجة نتائج هذه المسوحات وتنشر من قبل مختلف المؤسسات الدولية، وبخاصة اليونسكو ومنظمة التعاون الاقتصادي والتنمية ولجنة الجماعات الأوروبية. وتعتمد عدة جداول مقدمة هنا على معطيات نشرتها هذه المنظمات.

***قياس المنشورات العلمية – الصادرات***

تقاس الفعالية العلمية بإنتاجها للمنشورات العلمية (مسرد علمي). والمطبوعة هي حقًا إنتاج أساسي للعمل العلمي، كما رأينا، لكنها ليست الوحيدة؛ فالعلم يستولد أيضًا أشكالاً أخرى من "النتاج"، مثل التعليم العالي أو الخبرة التقنية. ويركز المؤشرُ بالتالي على مجال محدد واحد من البحث العلمي.

أحصيت المؤشرات باستعمال قاعدة المعطيات التي لـ " *فهرس المقتبسات العلمية* SCI" الذي أسسه "معهد المعلومات العلمية ISI" ومقره فيلادلفيا بالولايات المتحدة. وتنسب كل مطبوعة إلى بلد عنوان مخبر المؤلف. وإن كان للنشرة عدة مؤلفين من بلدان مختلفة (ثلاثة مثلا)، فينسب جزء من المنشورة إلى كل بلد (الثلث في هذا المثال)، ويعرف هذا بالحساب "المجزأ" إن المجلات العلمية البالغ عددها 3500، والتي فُهرست منشوراتها في قاعدة معطيات معهد المعلومات العلمية، مصنفة ضمن ثمانية تخصصات. وبالتالي يتكون سياق الفهرسة من تعداد أجزاء المنشورات في العام الواحد وللبلد الواحد وللتخصص الواحد. والمشكلة الأساسية هنا هي الحجم الصرف للمعطيات التي يجب معالجتها إذا ما أراد المرء تكوين رؤية عالمية: إن فهرس المقتبسات العلمية يصنف 000 600 نشرة في العام. ومن الممكن أيضا إنشاء مؤشرات للمفعولية (عدد المقتبسات المأخوذ من كل ورقة بحث في علاقته بالوسطي العالمي) ومؤشرات بلدان النشر الختزك (العدد النسبي للمنشورات الموقعة من قبل مؤلفين ينتمون إلى بلدان مختلفة).

***قياس الإنتاج التقاني ببراءات الاختراع – الصادرات***

يقاس النشاط التقاني بما ينتجه من براءات الاختراع (مسرد البراءات) الذي ينبىء بمستوى الابتكار والإبداع في التقانة لغايات صناعية.

لقد أحصيت المؤشرات على أساس براءات الاختراع الأوروبية (براءات ترتبط بالسوق الأوروبية وحدها) والأمريكية (براءات ترتبط بسوق الولايات المتحدة). ولأن هاتين السوقين هما الأوسع والأكثر انفتاحًا للمنافسة، يمكننا أن نعتبر أن القرارات المتخذة بشأن البراءات فيهما تمثل القدرة التقانية وابتكار الهيئات الصناعية على صعيد كوكبنا. وهنا أيضا، يجب أن تتيح المؤشرات رؤية عالمية، تتطلب معالجة جميع المعطيات في كل قاعدة معطيات، علما بأن 000 40 براءة اختراع تُمنح كل عام في أوروبا ونحو 000 80 في أمريكا. وقد استعملنا مرة أخرى العدّ المجزأ لحساب المخترعين، بحسب بلاد عنوانهم. ثم صنفت البراءات بعدئذ في ميادين تقانية قائمة على أساس "*تصنيف براءات الاختراع الدولي* IPC".

## حدود المؤشر

من الجوهري القيام بتقييم المؤشرات ومصداقيتها، وذلك من وجهتي نظر اثنتين؛ إحداهما هي صلاحية النماذج المفهومية التأسيسية، والأخرى تتصل بالعلاقة بين ما يستهدف المرء قياسه وما يقاس في الواقع: وهذا هو تقييم عدم الكفاءة التقنية لعملية إنتاج الإحصاءات من المعطيات الإفرادية إلى المؤشرات. فلننظر إلى هذين البعدين واحدًا بعد الآخر.

***تقييم المفاهيم***

يعتمد بناء المؤشرات على اختيار العامل الذي يشير علنًا أو ضمنيًا إلى النماذج المفهومية التأسيسية في نظام العلم والتقانة والمجتمع. وتحدث هذه الخيارات في كل مرحلة من عملية إنتاج المؤشر: فعلى صعيد تجميع المعطيات عن كل شركة أو مؤسسة بحث أو نشرة أو براءة اختراع، يتم اختيار المجالات التي نقرر أن نأخذها بالحسبان. وعلى صعيد الإحصاءات المنهجية، يتم الاختيار من منطلق التصنيف والمنظومات الجغرافية والموضوعات التي نستعملها. وأخيرا، وفي مرحلة بناء المؤشر، تتم الاختيارات لتقرير العلاقات ذات المعنى بين مختلف العوامل التي تتدخل في توصيف الوضع. وهذه الخيارات تقوم، صراحة أو ضمنيًا، على

فرضيات بشأن الطريقة التي "يعمل" بها نظام العلم والتقانة والمجتمع، ويعني ذلك قيامها على نموذج مفهومي.

والمشكلة هي أننا لا نملك دائمًا الفهم أو المعلومات اللذين نحتاج إليهما للقيام بهذه الاختيارات. وإن تفسير ظواهر انتشار التقانة، أو ظواهر صلات العلم بالتقانة، هو بالضبط سبب هذا النوع من الصعوبة. وهنا يستأثر العمل البحثي، في اقتصاديات التغير التقني وفي اقتصاديات الصناعة، وفي ابتكارات علم الاجتماع، وفي السياسة العلمية، باهتمامات أولئك الذين يجب عليهم بناء مؤشرات للعلم والتقانة.

وعلى العكس، يمكن للأفكار الصالحة أن تهمل بسبب الافتقار إلى أية وسائل لقياسها. وبهذه الطريقة، مثلاً، تكون إحدى المهمات الرئيسية أمام العلماء في أي بلد هي القيام بتقييم علمي وتأمين الخبرة التقنية للسلطات العامة، ولسوء الحظ لا توجد طريقة لقياس هذه الفعالية بصورة تقبل المقارنة دوليًا.

***التقييم التقني***

بالنسبة لمؤشرات الموارد، تنبع الصعوبات من تعريف ما هو النشاط البحثي ومن هو الباحث، وهذا يتبدل من بلد إلى آخر (كان التعريف فضفاضا جدًا في الاتحاد السوفييتي السابق). ولم تحل المشكلة إلا جزئيًا، بنشر منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية للكتيب " *دليل فراسكاتي*"، الذي يقدم تعاريف التعبير المطلوبة بقدر ما يمكن من الدقة. هذا من ناحية، ومن ناحية أخرى تنبع المشكلات من افتقاد معدلات صرف موثوقة في "تكافؤ القوة الشرائية" لدى بلدان عديدة، مما يعني عدم الثقة في عملية التحويل إلى عملة واحدة لدى إجراء مقارنة دولية. وثمة نقطة أخرى هي أن مؤشرات الموارد قلما تميِّز، إذا ميزت، بين تخصصات العلم والتقانة.

وبالنسبة لمؤشرات الإنتاج العلمي (النشرات)، يقوم التقييم على فحص كفاءة ما تمثله المجلات العلمية المستعملة في قاعدة المعطيات موضع الفحص، وهي في هذه الحالة "فهرس المقتبسات العلمية SCI". وعلى الرغم من الطبيعة "الموضوعية" في اختيار المجلات العلمية في هذه القاعدة المعلوماتية (وسمعتها مقيسة بوسطي المقتبسات في الفهرس الذي تتلقاه من المنشورات في كل مجلة)، فمن الواضح أن المجلات في البلدان المتطورة ممثلة بإسراف، وبخاصة تلك الصادرة في البلدان الناطقة بالإنكليزية، والذي يقاس هنا هو العلم "المهيمن"، وإن عمل البلدان المتطورة يُعتبر أفضل من عمل سواها.

أما بالنسبة لمؤشرات الإنتاج التقاني المقاس ببراءات الاختراع، فالتقييم لا يتعلق بقواعد المعطيات (إنها دقيقة وشاملة)، وإنما بالتفسير الممكن تقديمه للمؤشرات: فإذا تساوت جميع الأشياء الأخرى، يكون تسجيل البراءات أقل كثافة في بعض الشركات وبعض البلدان، وذلك بحسب استراتيجيتها وأسواقها. وإن مؤشر براءة الاختراع يمثل نشاط الشركات الراغبة في التصدير،وهي تستعمل الأفضلية التنافسية التي يمكن للابتكار أن يجلبها. وبكلمات أخرى فهو يعطي موثوقية أفضل لنشاط الشركات في البلدان المتطورة، وبخاصة لأنه يتفحص براءات منحت فقط في الولايات المتحدة وأوروبا.

من المهم أن نتذكر أن كل مؤشر يمثل وجهًا واحدا فقط من أوجه الحقيقة (وحتى جزئيًا أيضًا): فمؤشرات الوارد لا تذكر شيئًا عن النتائج، ومؤشرات النشر العلمي لا تذكر شيئًا عن العمل في التدريب أو الخبرة التقنية، ومؤشرات براءات الاختراع لا تذكر شيئا عن الميادين التقانية التي لا تُمنح فيها براءات الاختراع، ولا تذكر شيئًا عن استخدام البراءة لأجل الاختراع. ومن الواضح أن المؤشرات لا يكون لها معنى إلا عندما تُفحص معًا، إذ من الواضح أنه لا يمكن أن توجد وحدة قياس مفردة لنظام بهذا التعقيد.

وعلى الرغم من كل محدودياتها، يمكن أن نعتبر أن المؤشرات الدارجة تعطي مقاييس صحيحة لضخامة العوامل التي تقيسها وتمثيلا للحقيقة جديرًا بالاعتماد عليه، عندما ينظر إليها ككل.

# نظرة عالمية الشمول

ريمي باريه - پيير پاپون

## الموارد البشرية والمالية

بوسعنا تقديم نظرة عالمية الشمول على نشاط البحث والتطوير مبنية على أساس تقديراتنا للدعم المالي (الجدول 1). فيتبين عندئذ أن بلدان منطقة منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية (OECD) وحدها تنتج ما بين 80 -88% من البحث والتطوير العالميين، بحسب التفسير المعطى لهما في الاتحاد السوفييتي السابق. ويمكننا بالتالي أن نعلن أن أكثر من أربعة أخماس البحوث العلمية وجهود التطوير التقاني على الصعيد العالي تتم

**الجدول 1**

**الناتج المحلي الإجمالي (ن م إ)، الإنفاق المحلي الإجمالي على البحث والتطوير (إم إ ب ت) ونسبهما عبر مناطق مختلفة في العالم 1990**

| | ن م إ[1] | إ م إ ب ت [2/1] | إ م إ ب ت/ن م إ (%) |
|---|---|---|---|
| الجماعة الأوروبية[3] | 5 110 | 101.9 | 2.0 |
| أوروبا خارج الجماعة[4] | 571 | 12.3 | 2.2 |
| بلدان أوروبا الوسطى والشرقية[5] | 332 | 5.7 | 1.7 |
| إسرائيل | 45 | 0.8 | 1.7 |
| الاتحاد السوفييتي السابق[6] | 1 673 | 18.9/ 56.9 | 1.1/ 3.4 |
| الولايات المتحدة | 5 392 | 149.2 | 2.8 |
| كندا | 512 | 7.2 | 1.4 |
| أمريكا اللاتينية | 715 | 2.9 | 0.4 |
| أفريقيا الشمالية | 154 | 0.4 | 0.3 |
| الشرق الأوسط والأدنى[7] | 526 | 1.9 | 0.4 |
| أفريقيا المجاورة للصحراء | 257 | 0.7 | 0.3 |
| اليابان | 2 180 | 67.0 | 3.1 |
| البلدان المصنعة حديثًا[8] | 499 | 8.2 | 1.6 |
| الصين | 442 | 3.6 | 0.8 |
| الهند | 308 | 2.5 | 0.8 |
| بلدان أخرى في الشرق الأقصى | 277 | 0.5 | 0.2 |
| أستراليا/ نيوزيلندا | 340 | 3.9 | 1.2 |
| **المجموع العالمي** | **19 334** | **387.7/ 425.7** | **2.0/ 2.2** |

١- الوحدة المالية هي بليون (مليار) دولار أمريكي راهن محسوبة على تكافؤ القدرة الشرائية لبلدان OECD، أو على أساس معدل التبادل في البلدان الأخرى.

٢- يقيسُ الإنفاقُ المحلي الإجمالي على البحث والتطوير إنفاقَ جميع فعاليات البحث والتطوير على أرض الوطن، بجميع مصادر التمويل (بما فيها الآتية من الخارج).

٣- بلجيكا، الدنمارك، فرنسا، ألمانيا، اليونان، إيرلندا، إيطاليا، لوكسمبورغ، هولندا، البرتغال، إسبانيا، المملكة المتحدة.

٤- النمسا، فنلندا، أيسلندا، ليختنشتاين، النروج، السويد، سويسرا.

٥- بلدان أوروبا الوسطى والشرقية

٦- يشكل قياس (ن م إ) و (إم إ ب ت) في الاتحاد السوفييتي السابق مشكلة في انسجامه مع تعاريفه المقبولة على الصعيد الدولي: لقد اخترنا إعطاء تقدير عال، متواز مع الأرقام المنشورة عادة وهو قائم على تفسير واسع لفكرة البحث والتطوير، وتقدير منخفض - أقل بثلاث مرات من العالي - موازٍ لتعريف OECD. ولأننا لا نملك معدل تبادل لتكافؤ القوة الشرائية فقد استعملنا معدل التبادل لعام 1989 وطبقنا عليه معدل انخفاض الدولار بين 1989 و 1990.

٧- من تركيا إلى باكستان.

٨- جمهورية كوريا، ماليزيا، هونغ كونغ، سنغافورة، تايوان.

ملحوظة:

استعملت أرقام المنظمة OECD، لأقطار OECD، وأرقام اليونسكو للأقطار الأخرى، وبالنسبة لأقطار غائبة عن إحصاءات اليونسكو، فقد استخلصنا الأرقام استقرائيا من بلدان نمتلك معلومات عنها ومتشابهة فيما بينها على الصعيد الاقتصادي.

المصدر: OST, Based on OECD and UNESCO data(OST,1993)

في بلدان الغرب المتطورة واليابان (وهي على نحو عريض بلدان OECD) وهذا يدل على وضع يفتقر إلى المساواة افتقارًا شديدًا، ويبلغ في ذلك حدًا أسوأ مما في توزيع الناتج المحلي الإجمالي.

يعتبر الإنفاق المحلي على البحث والتطوير، مقارنًا بالناتج المحلي الإجمالي، مؤشرًا علي "معدل الجهد" البحثي. ففي عام 1990 كانت اليابان في المقدمة، مخصصة 3.1% من نتاجها المحلي الإجمالي للبحث والتطوير. وتبعتها الولايات المتحدة (2.8%)، ثم بلدان "رابطة التجارة الحرة الأوروبية LFTA" (2.2%)، ثم الجماعة الأوروبية (2%). والتقديرات أكثر صعوبة بالنسبة للاتحاد السوفييتي السابق: إذا أخذنا بالبيانات المقدمة تقليديا، والمعتمدة على تعريف البحث والتطوير الواسع، نحصل على معدل نسبي للإنفاق يتجاوز معدلات البلدان الأخرى كلها (4.3%)؛ وإذا أخذنا بتعريف أقرب إلى التعريفات المأخوذ بها عالميًا يصير معدل الجهد عندئذ متوسطًا بين المعدل في البلدان المتطورة والمعدل في البلدان النامية (1.1%).

أما في البلدان النامية فالإنفاق القومي على البحث والتطوير أدنى بصورة بارزة من 1% من ناتجها المحلي الإجمالي، فالصين مثلا على الرغم من تراثها العلمي المديد تخصص 0.7% من ناتجها المحلي للبحث والتطوير، بحسب الأرقام الرسمية. وفي أفقر البلدان، يخصص للعلم والتقانة نسبة

**الجدول 2**
**علماء ومهندسو البحث والتطوير ومعدلات السكان لمختلف مناطق العالم، 1990**

| | علماء ومهندسو البحث والتطوير (بالآلاف) | السكان (بالملايين) | علماء لكل ألف من السكان |
|---|---|---|---|
| الجماعة الأوروبية | 611.4 | 327.2 | 1.9 |
| أوروبا خارج الجماعة | 72.3 | 32.1 | 2.2 |
| أوروبا الوسطى والشرقية | 263.5 | 124.0 | 2.1 |
| إسرائيل | 20.1 | 4.6 | 4.4 |
| الاتحاد السوفييتي[1] | 465.7/1397.0 | 288.0 | 1.6/4.9 |
| الولايات المتحدة | 949.3 | 251.5 | 3.8 |
| كندا | 62.5 | 26.6 | 2.3 |
| أمريكا اللاتينية | 162.9 | 296.7 | 0.5 |
| أفريقيا الشمالية | 38.1 | 152.5 | 0.3 |
| الشرق الأوسط والأدنى | 19.0 | 301.6 | 0.1 |
| أفريقيا المجاورة للصحراء | 35.0 | 494.3 | 0.1 |
| اليابان | 582.8 | 123.5 | 4.7 |
| البلدان المصنعة حديثًا | 92.3 | 89.6 | 1.0 |
| الصين | 410.5 | 1135.0 | 0.4 |
| الهند | 119.0 | 853.4 | 0.1 |
| بلدان أخرى في الشرق الأقصى | 99.7 | 585.9 | 0.2 |
| أستراليا/ نيوزيلندا | 47.5 | 20.5 | 2.3 |
| **المجموع العالمي** | **4051.7/4983.0** | **5107.5** | **0.8/1.0** |

١- استعملنا للاتحاد السوفييتي السابق نسبة 1:3 في الأعداد المنشورة عن العلماء والمهندسين لكي يتم التوافق مع تعريفات المنظمة OECD.

ملحوظة: الأرقام المتعلقة ببلدان OECD هي المنشورة في OECD، والمتعلقة بالأخرى هي المنشورة من قبل اليونسكو.

المصدر: OST, based on OECD and UNESCO data (OST,1993)

صغيرة فقط، تتراوح بين 0.2% و 0.4%. ولكن الجدير بالملاحظة أن للبلدان المصنعة حديثًا في آسيا معدل مجهود أعلى مما في بعض بلدان منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية OECD.

إن تحليل موارد البحث والتطوير من منطلق العاملين في البحوث والمهندسين يعطي صورة شمولية مختلفة (الجدول 2). فعندما ينظر إلى بلدان المنظمة OECD في هذا الضوء نجد أنها تحصل على أكثر بقليل (58%) أو أقل بقليل (47%) من نصف

**الجدول 3**
**الإنتاج العلمي (المنشورات)[1] في مختلف مناطق العالم، 1991**

| | حصة العالم[2] 1991% | 1991[3] اساس 1983=100 |
|---|---|---|
| الجماعة الأوروبية[4] | 27.7 | 103 |
| أوروبا خارج الجماعة [4] | 4.4 | 98 |
| أوروبا الوسطى والشرقية[4] | 2.3 | 91 |
| إسرائيل | 1.0 | 89 |
| الاتحاد السوفييتي | 6.4 | 79 |
| الولايات المتحدة | 35.8 | 96 |
| كندا | 4.4 | 107 |
| أمريكا اللاتينية | 1.4 | 117 |
| أفريقيا الشمالية | 0.4 | 113 |
| الشرق الأوسط والأدنى[4] | 0.6 | 180 |
| أفريقيا المجاورة للصحراء | 0.9 | 96 |
| اليابان | 8.0 | 117 |
| دول آسيا المصنعة حديثًا [4] | 1.0 | 309 |
| الصين | 1.1 | 128 |
| الهند | 2.0 | 57 |
| بلدان أخرى في الشرق الأقصى | 0.1 | 67 |
| أستراليا/ نيوزيلندا | 2.7 | 92 |
| **المجموع العالمي** | **100.0** | **100** |

١- يقاس الإنتاج العلمي للبلد بتعداد المنشورات العلمية لعلماء توجد مخابرهم في ذلك البلد. والمؤشرات المقدمة هنا حسبت من قبل منظمة العلم والتقانة التي استعملت فهرس المقتبسات العلمية كقاعدة معطيات انتجها معهد المعلومات العلمية.

٢- المؤشر المستعمل هنا هو نسبة الحصة المئوية من المجموع العالمي لكل منطقة، وتشمل كل التخصصات.

٣- حصة عام 1991 مقسومة على حصة 1983، مضروبة بـ 100.

٤- انظر الجدول 1 من أجل التعاريف

المصدر: OST, based on *SCI* data (OST,1993)

المجموع العالمي، وذلك متوقف على حسبة الأرقام في الاتحاد السوفييتي السابق.

عندما تقارن الأرقام بعدد السكان نجد أنها تعطي فرقا بين البلدان المتطورة (بنسبة تساوي أو تفوق 1.9 بالألف، وتصل إلى 4.7 في اليابان) والبلدان النامية (بنسبة تتراوح بين 0.1 و 0.5 بالألف). ومرة أخرى يكون الوضع في الاتحاد السوفييتي السابق صعبًا على التحليل. فمعدله إما أن يكون الأعلى في العالم، أو في الوضع المتوسط، وذلك بحسب تقبلنا للتعريف الدولي أو الفضفاض لما يعنيه فعليًا نشاط البحث والتطوير.

## إنتاج العلم والتقانة في مختلف مناطق العالم

إن مؤشر المنشورات، كأداة لقياس نشاط العلم والتقانة، يعطينا على الأرجح رؤية- مشوهة بعض الشيء- عن الحقيقة الواقعية من حيث فقر تفسيره لنتائج البحث المنشور في مجلات علمية تصدر في بلدان أوروبا الشرقية أو العالم الثالث. وهكذا فإن *"فهرس المقتبسات العلمية"*، وهو الأداة الأولى لقاعدة مسرد الكتب عن توزيع الإنتاج العلمي الإجمالي العالمي، يتفحص عددًا صغيرا من المراجعات العلمية في الدول النامية بين 3500 مجلة علمية قيد التحليل. وفي البلدان ذات الجمهرة العلمية الكبيرة نسبيًا، مثل الأرجنتين والبرازيل والصين، لا يوجد سوى عدد ضئيل من المراجعات العلمية الممثلة في قاعدة المعطيات، على الرغم من أن مسوحات عديدة سلطت الضوء على كمية البحث المهمة المنفذة في البلدان النامية، في ميادين ذات أهمية خاصة بالنسبة لها، مثل علم التربة وعلم الزراعة المدارية.

وعلى غرار ذلك، فإن إجراءات منح البراءات في الولايات المتحدة وأوروبا ليست ميسرة للمبتكرين أو للشركات في بلدان العالم الثالث، إضافة إلى أنها عالية التكلفة. وبالتالي فإن حقلا كاملا من التقانة الملائمة للبلدان النامية يقع خارج مجال تحليلنا. والشيء نفسه يصدق على بلدان أوروبا الشرقية. فالمؤشرات المحسوسة لا تمثل إذًا تمثيلاً تامًا إنتاج العلم والتقانة في بلدان تقع خارج منطقة منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية. ومن الواضح أن ما يقاس هنا هو "التيار الرئيسي" لإنتاج العلم والتقانة، وهو

**الجدول 4**
**التخصص العلمي بحسب المنطقة، 1991[1]**

| | أوروبا | الاتحاد السوفييتي السابق | أمريكا الشمالية | أمريكا اللاتينية | البلدان الإسلامية[2] | أفريقيا المجاورة للصحراء | آسيا الصناعية[3] | بلدان أخرى في الشرق الأقصى | أستراليا/ نيوزيلندا |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| الطب السريري | 1.13 | 0.40 | 1.05 | 0.88 | 0.78 | 1.34 | 0.81 | 0.46 | 1.17 |
| البحث الطبي البيولوجي | 1.02 | 0.61 | 1.12 | 0.92 | 0.54 | 0.65 | 0.97 | 0.44 | 0.87 |
| البيولوجيا | 0.82 | 0.40 | 1.14 | 1.61 | 1.27 | 2.47 | 0.85 | 1.08 | 2.19 |
| الكيمياء | 1.00 | 2.08 | 0.70 | 0.84 | 1.70 | 0.59 | 1.42 | 1.80 | 0.60 |
| الفيزياء | 0.95 | 2.10 | 0.83 | 1.30 | 0.76 | 0.32 | 1.17 | 1.81 | 0.45 |
| علوم الأرض والفضاء | 0.86 | 1.25 | 1.16 | 1.31 | 1.07 | 1.53 | 0.41 | 1.10 | 1.47 |
| العلوم الهندسية | 0.77 | 1.17 | 1.04 | 0.60 | 1.74 | 0.56 | 1.56 | 1.51 | 0.69 |
| الرياضيات | 0.90 | 0.51 | 1.28 | 0.98 | 0.94 | 0.46 | 0.60 | 1.15 | 0.76 |
| **المجموع** | **1.00** | **1.00** | **1.00** | **1.00** | **1.00** | **1.00** | **1.00** | **1.00** | **1.00** |

١- المؤشر المقدم هنا هو فهرس التخصص في ثمانية تخصصات علمية: وهو معدل حصة البلد في النسبة المئوية العالمية للمنشورات في تخصص واحد مقابل الحصة المئوية العالمية للبلد في التخصصات كلها (إذا كان رقم الفهرس أعلى من الوحدة فهو يشير إلى قوة نسبية / تخصص للبلد، وإذا كان أقل من الوحدة فهو يشير إلى الضعف النسبي/ نقص التخصص).

٢- شمال أفريقيا والشرق الأدنى والأوسط.

٣- اليابان والدول المصنعة حديثًا.

المصدر: OST,based on *SCI* data (OST, 1993).

ليس أبدا كل العلم والتقانة على الرغم من كونه جزءًا مهمًا فيهما.

***المنشورات العلمية***

إن مؤشرات النشر، كدليل على الإنتاج العلمي العالمي، تؤكد الانطباع القوي جدا بما يوحي به فحص الإنفاق (الجدول 3) على البحث والتطوير من انعدام التساوي في إنتاج المعرفة. فنجد أن 40.2% من المنشورات العلمية ينتجها علماء من أمريكا الشمالية (معظمهم أمريكيون)، و 34.4% لعلماء أوروبيين (شرق وغرب أوروبا). وإن الـ 25.4% الباقية تتقاسمها اليابان (8%) والاتحاد السوفييتي السابق (4.6%) وبلدان مصنعة أخرى (3.7%) والدول المصنعة حديثًا (1%). ويبقى 5.6% للبلدان النامية في أفريقيا وأمريكا اللاتينية وآسيا.

وخلال ثماني سنوات، من 1983-1991، كانت اليابان هي منطقة النمو الرئيسية، وكذلك الدول المصنعة حديثًا والصين: فهذه البلدان مجتمعة حصلت على 7.4% من حصة العالم لعام 1983، وعلى 10.1% بعد ثماني سنوات، مما يمثل زيادة تبلغ الثلث. ويتبين أيضًا نمو مهم في الشرق الأوسط والأدنى، ولكن من نقطة بداية أدنى. ولشمال أفريقيا وأمريكا اللاتينية بعض المكتسبات أيضًا، على الرغم من بطء الانطلاقة. وبصرف النظر عن اليابان وكندا والجماعة الأوروبية، تشهد جميع الدول المصنعة تناقصًا في حصتها، كما هي الحال في الهند والاتحاد السوفييتي السابق.

إن التخصص، في أصقاع العالم، يتجلى من خلال الإنتاج العلمي (الجدول 4). فأوروبا قوية في الطب السريري وموقعها جيد في البحوث البيوطبية والكيمياء والفيزياء، لكنها تبدو ضعيفة في علوم الهندسة كما في البيولوجيا. أما التخصص في آسيا المصنّعة فمختلف تمامًا: ضعيف في علوم الحياة وعلوم الأرض والفضاء والرياضيات، ولكنه قوي في الفيزياء والكيمياء والهندسة. أما التخصص في أمريكا الشمالية فهو تقريبا العكس بالضبط. وعمومًا، فللبلدان النامية حصتها من التخصص في البيولوجيا وعلوم الأرض والفضاء، وموقع ضعيف في الطب السريري

**الجدول 5**
**حصة مختلف المناطق من براءات الاختراع العالمية الممنوحة في أوروبا والولايات المتحدة ، حصة 1991 و 1991 مع قاعدة 1981 أو 1986= 100**

| | براءات الاختراع الأوروبية [1،3] | | براءات الاختراع الأمريكية [2،3] | |
|---|---|---|---|---|
| | حصة العالم 1991(%) | 1991 (قاعدة 1986=100) | حصة العالم 1991(%) | 1991 (قاعدة 1981=100) |
| الجماعة الأوروبية | 42.6 | 92 | 20.1 | 90 |
| رابطة التجارة الحرة الأوروبية | 5.8 | 82 | 3.6 | 81 |
| أوروبا الوسطى والشرقية | 0.3 | 71 | 0.2 | 66 |
| إسرائيل | 0.4 | 122 | 0.4 | 124 |
| الاتحاد السوفييتي السابق | 0.1 | 51 | 0.2 | 102 |
| الولايات المتحدة الأمريكية | 24.7 | 93 | 45.6 | 95 |
| كندا | 0.6 | 62 | 2.4 | 113 |
| أمريكا اللاتينية | 0.1 | 139 | 0.2 | 102 |
| أفريقيا الشمالية | 0.0 | رقم تافه | 0.0 | رقم تافه |
| الشرق الأوسط والأدنى | 0.0 | رقم تافه | 0.0 | رقم تافه |
| أفريقيا المجاورة للصحراء | 0.1 | 67 | 0.1 | 89 |
| اليابان | 24.4 | 149 | 25.0 | 120 |
| البلدان المصنعة حديثًا | 0.5 | 246 | 1.5 | 338 |
| الصين | 0.1 | 119 | 0.1 | 765 |
| الهند | 0.0 | رقم تافه | 0.0 | رقم تافه |
| بلدان أخرى في الشرق الأقصى | 0.0 | رقم تافه | 0.0 | رقم تافه |
| أستراليا/ نيوزيلندا | 0.2 | 23 | 0.6 | 94 |
| **المجموع العالمي** | **100** | **100** | **100** | **100** |

١- قاعدة المعطيات في البراءات الأوروبية تسجل البراءات بعد تقديمها بثمانية عشر شهرًا، سواء مُنحت أو لم تمنح في ذلك التاريخ. ومن أجل التبسيط سنشير إليها باسم "براءات ممنوحة" لاسيما أنه من ناحية عملية لا تختلف الحصص العالمية للبلدان اختلافًا كبيرًا.

٢- براءات ممنوحة.

٣- يستعمل منح البراءات كمؤشر لإنتاج التقانة في بلد ما: وتنسب البراءة إلى بلد عنوان المخترع. وقد أحصيت المؤشرات بحسب البراءات الممنوحة في الولايات المتحدة (براءات أمريكية) وفي أوروبا، أو بتعبير أدق، عبر مكتب البراءات الأوروبية (براءات أوروبية)، مما يمكن من منح متزامن لبراءة الاختراع في عدة دول أوروبية.
بالنسبة للبراءات الأمريكية، ولأصحابها ذوي الجنسية الأمريكية (ذوي عنوان أمريكي)، فقد عددنا الشركات والمؤسسات وليس براءات الأفراد. وهذه هي وسيلة لتخفيف "المزية الوطنية" للأمريكيين في منح البراءات الأمريكية.
تقوم مؤشرات البراءات الأمريكية على أساس العمل الذي تقدمه مؤسسة CHI للبحوث عن قاعدة المعطيات لمكتب البراءات الأمريكية (USPTO)، أما مؤشرات البراءات الأوروبية فقد تم تعدادها باستعمال قاعدة المعطيات EPAT لسرد الكتب المأخوذة من قاعدة معطيات EPAT للبراءات الأوروبية المأخوذ من مكتب براءات الاختراع الفرنسي.
تم تعداد مؤشرات البراءات الأوروبية فقط من عام 1986 وما بعده، باعتباره العام الذي عممت فيه "القناة الأوروبية" لمنح البراءات، وصارت بالتالي ممثلة للنشاط التقاني.

المصدر: OST, from EPAT and CHI-Research-USPTO data(OST,1993)

والبحث البيوطبي.

### *براءات الاختراع الممنوحة*

يمكن تقييم إنتاج التقانة العالي، كمقاربة أولى على الأقل، باستعمال المؤشر الذي يمثل براءات الاختراع الممنوحة في نظامي الولايات المتحدة وأوروبا (الجدول 5). وإن ما يلفت الانتباه فورًا هو الغياب شبه الكلي لبلدان من خارج منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية OECD: فلهذه

**الجدول 6**
**فهرس المنشورات العلمية وإنتاج براءات الاختراع في ارتباطهما بالناتج المحلي الإجمالي، 1991**

| | الفهرس[1] بالنسبة للناتج المحلي الإجمالي في | | |
|---|---|---|---|
| | منشورات علمية | براءات اختراع أوروبية | براءات اختراع أمريكية |
| الجماعة الأوروبية[2] | 105 | 161 | 76 |
| رابطة التجارة الحرة الأوروبية[2] | 150 | 196 | 121 |
| أوروبا الوسطى والشرقية[2] | 131 | 17 | 13 |
| إسرائيل | 433 | 172 | 172 |
| الاتحاد السوفييتي السابق | 73 | 1 | 2 |
| الولايات المتحدة الأمريكية | 128 | 89 | 163 |
| كندا | 166 | 23 | 90 |
| أمريكا اللاتينية | 25 | 3 | 5 |
| أفريقيا الشمالية | 48 | رقم تافه | رقم تافه |
| الشرق الأوسط والأدنى[2] | 21 | رقم تافه | رقم تافه |
| أفريقيا المجاورة للصحراء | 66 | 8 | 10 |
| اليابان | 71 | 216 | 221 |
| بلدان آسيا المصنعة حديثًا[2] | 40 | 1 | 58 |
| الصين | 46 | 4 | 4 |
| الهند | 128 | رقم تافه | رقم تافه |
| بلدان أخرى في الشرق الأقصى | 9 | رقم تافه | رقم تافه |
| أستراليا/ نيوزيلندا | 151 | 11 | 34 |
| **المجموع العالمي** | **100** | **100** | **100** |

١- اعتبر الوسطي العالمي 100. إن فهرس إنتاج العلم والتقانة لبلد ما، في علاقته بالناتج المحلي الإجمالي، هو مقياس لقوته العلمية والتقانية القومية. إن القيمة الرقمية للنسبة ليست مهمة بحد ذاتها، وهذا هو السبب في أنها اعتبرت وظيفة لقاعدة الـ 100 كوسطي عالمي، وهذا ما يجعل المقارنات الدولية أسهل أيضًا.

٢- انظر الجدول 1 من أجل التعاريف.

المصدر: OST, based on EPAT and CHI-Research-USPTO data (OST, 1993)

نسبة 1.6% و 2.7% من البراءات الممنوحة في أوروبا والولايات المتحدة على التوالي. وكانت الولايات المتحدة مسؤولة عن ربع مجموع العالم من براءات الاختراع الممنوحة في أوروبا، وأكثر من نصف الممنوح منها في الولايات المتحدة نفسها. وهذا يشبه الوضع في أوروبا الغربية (الجماعة الأوروبية ورابطة التجارة الحرة الأوروبية) بربع البراءات الممنوحة في الولايات المتحدة، وتقريبا نصف الممنوح منها في أوروبا، في حين تمثل اليابان ربع المجموع العالمي في كل من هاتين المنظومتين. إن تمحيص هذه التطورات يسلط الضوء على ظاهرتين: قوة اليابان الصاعدة، وقوة بلدان آسيا المصنعة حديثًا.

### *إنتاج العلم والتقانة والناتج المحلي الإجمالي*

إن فهرس المنشورات العلمية بالنسبة للناتج المحلي الإجمالي يُظهر على العموم أن البلدان المصنعة هي أكثر "شدة علمية" من الأخرى (الجدول 6). فإسرائيل وبلدان رابطة التجارة الحرة الأوروبية وكندا وأستراليا ونيوزيلندا، لديها فهارس عالية بصورة ملحوظة، وتأتي وراءها قليلاً الولايات المتحدة ودول أوروبا الوسطى والشرقية والمجموعة الأوروبية. ويستحق فهرس الهند ذكراً خاصًا لكونه أعلى من المعدل بدرجة جيدة مثلما يستحق فهرس اليابان لكونه أدنى من المعدل بصورة ذات دلالة. وفي هذا الفهرس نجد أن أفريقيا وأمريكا اللاتينية والصين والدول المصنعة حديثًا هي

**الجدول 7**
**الإنفاق المحلي الإجمالي على البحث والتطوير(إ.م.إ.ب.ت) في المثلث، 1990-تقسيمات نسبية مئوية للتمويل والتطبيق.**

| | الجماعة الأوروبية (%) | الولايات المتحدة (%) | اليابان (%) | المجموع (%) |
|---|---|---|---|---|
| تمويل (إ.إ.ب.ت) | | | | |
| الدولة/ مدني | 36.2 | 18.5 | 25.4 | 25.6 |
| الدولة/ عسكري | 11.5 | 30.9 | 1.5 | 18.5 |
| الصناعة | 52.3 | 50.6 | 73.1 | 55.9 |
| المجموع | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| تطبيق (إ.إ.ب.ت) | | | | |
| الدولة | 18.9 | 14.1 | 11.6 | 15.1 |
| الجامعة | 16.3 | 16.0 | 17.6 | 16.4 |
| الصناعة | 64.8 | 69.9 | 70.8 | 68.5 |
| **المجموع** | **100.0** | **100.0** | **100.0** | **100.0** |

المصدر: OST, OECD data (OST, 1993)

أدنى من المعدل بنسبة 50%، مقتربة بذلك من اليابان والاتحاد السوفييتي السابق.

نلتفت الآن إلى إنتاج البراءات من حيث علاقته بالناتج المحلي الإجمالي (الجدول 6) حيث نجد أن اليابان قد توصلت إلى أفضل إنجاز على مستوى العالم في كل من براءات الجماعة الأوروبية وبراءات الولايات المتحدة، متفوقة بذلك على كل من الأمريكيين والأوروبيين في عقر دارهم. وفي منح البراءات الأمريكية تقترب البلدان المصنعة حديثًا من بلدان الجماعة الأوروبية، متجاوزة حتى الآن أستراليا ونيوزيلندا. وإن إجمالي إنجاز بلدان رابطة التجارة الحرة الأوروبية وإسرائيل يستحق الذكر.

## نظرة عالمية على العلم والتقانة

إذا أخذنا المعطيات العيانية المتوافرة عن النشاط العلمي العالي، تتضح حقيقة واحدة: أن الوحدات الجغرافية الثلاث التي تصنع "المثلث" (الولايات المتحدة الأمريكية واليابان والبلدان الاثني عشر في الجماعة الأوروبية)، تتركز فيها تقريبا ثلاثة أرباع المقدرة العالمية لإنتاج المعرفة العلمية التقانية. وهذا المثلث، الذي يمكن اعتبار بلدان رابطة التجارة الحرة الأوروبية معه، يمتلك إيقاعًا لتطوير العلم والتقانة يستوي فيه الجميع على الرغم من الاختلافات الرئيسية بين البلدان كل على حدة في الاستراتيجيات والإنفاق على البحث والتطوير. أما أوروبا الوسطى والشرقية، وبلدان الاتحاد السوفييتي السابق، التي تنعم بمقدرة علمية رفيعة، فتمضي الآن عبر عملية جذرية في إعادة التنظيم، تعرقلها خلفية اقتصادية غير مواتية على الإطلاق. إن هذه البلدان الاشتراكية سابقًا، ومعها البلدان النامية، تشكل مجموعة متنافرة ذات إسهام مهم في إنتاج المعرفة العلمية والتقانية، إلا أنها تواجه صعوبة كبيرة في مجاراة إيقاع معظم الأمم المصنعة.

## مقارنات بين الولايات المتحدة والجماعة الأوروبية واليابان

### *تمويل وتطبيق البحث والتطوير*

لئن كانت بلدان المثلث تنتمي إلى نظام اقتصاد السوق نفسه، إلا أن لديها على الرغم من ذلك تقاليد وممارسات واسعة الاختلاف فيما يتعلق بدور الدولة في التنمية الاقتصادية، ومن ثم في السياسة التقانية. وهذا هو السبب في أن النسبة المئوية للإنفاق الإجمالي على البحث والتقانة الممول من الدولة (لأغراض مدنية وعسكرية)، عام

**الجدول 8**
**مقارنة حصص القطاعات في المثلث من براءات الاختراع الأوروبية والأمريكية**

| | براءات أوروبية حصة العالم (%) | | براءات أمريكية حصة العالم (%) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1986 | 1991 | 1981 | 1986 | 1991 |
| الجماعة الأوروبية | 46.5 | 42.6 | 23.4 | 22.3 | 20.1 |
| الولايات المتحدة الأمريكية | 26.5 | 24.7 | 52.7 | 48.0 | 45.5 |
| اليابان | 16.3 | 24.4 | 14.3 | 20.8 | 25.0 |

المصدر: OST, EPAT bibliometry, CHI-Research data USPTO(OST, 1993)

1990، تتراوح بين 27% في اليابان وبحو 50% في الولايات المتحدة (معظمها بحث وتطوير عسكريان) وفي الجماعة الأوروبية (معظمها بحث وتطوير مدنيان) (الجدول 7). أي بتعبير آخر، إن 73 في المئة من هذا الإنفاق في اليابان تموله الشركات، وهذا يظهر الأهمية التي تعلقها الهيئات الصناعية اليابانية على استراتيجية البحث والتطوير. لقد ساعدت وزارة مثل MITI اليابان على تحديد سياستها العامة في مضماري المشروعات الخاصة ووكالات الدولة اليابانية معًا، وذلك في قطاعات اعتبرت ذات أولوية، مثل الإلكترونيات. إلا أن الفروق داخل المثلث أقل بروزًا إذا ما قارنا حصة (إ.م.إ.ب.ت) التي ينفذها القطاع المشترك (ولكن لا يمولها بالضرورة): إنها تتراوح بين 65% في الجماعة الأوروبية و 71% في اليابان، وتقف عند 70% في الولايات المتحدة.

وعلى هذا فإن دور الدولة في أوروبا هو الأكثر بروزًا في تنفيذ البحث والتطوير، عبر منظمات البحث العامة والجامعات، كما أن هناك تقليدًا تاريخيًا من تدخل الدولة (أقوى ما يكون في فرنسا) يلقي بكل ثقله في توجيه سياسات البحث القومية.

إن الجدير بالملاحظة أيضًا هو حقيقة أن بعض البلدان، مثل الولايات المتحدة والمملكة المتحدة وفرنسا ضمن المثلث، وكذلك روسيا والصين خارجه، قد أعطت درجة عالية من الأسبقية للبحث العسكري، وذلك لأسباب سياسية. ولقد دُشنت برامج تقانية رئيسية خلال الخمسينات في الولايات المتحدة (منطلقة إلى حد ما من مشروع مانهاتن لبناء القنبلة الذرية خلال الحرب العالمية الثانية) وفي الاتحاد السوفييتي السابق، ثم في المملكة المتحدة وفرنسا والصين، وكانت نتيجة للحاجة إلى إقامة سباق التسلح على قاعدة الاكتشاف العلمي والابتكار التقاني. وبخلاف البلدان الصناعية الرئيسية الأخرى لم تبذل اليابان وألمانيا جهودًا بحثية عسكرية على نطاق واسع، إذ ليس لديها حرية وصول فعالة إلى الأسلحة النووية. فليس من الغريب إذًا أن نلاحظ الاختلافات الرئيسية، ضمن المثلث، بين النسب المئوية لأموال البحث والتطوير المخصصة لبحوث ذات أهداف دفاعية: في 1990، خصص 63% من أموال البحث والتطوير في الولايات المتحدة للبحث العسكري، في حين كانت النسبة 24% في الجماعة الأوروبية (وصلت إلى 50% في المملكة المتحدة و34% في فرنسا)، و6% فقط في اليابان. وفي حين يتأكد أن بلدانًا مثل روسيا والصين تخصص موارد ضخمة للبحث العسكري، فإن الأرقام الدقيقة غير متوافرة. إن التوزع الجغرافي للمجهودات البحثية يتضح جيدا من خلال البحث والتطوير المخصصين لأغراض عسكرية. وهذا يزيد من حدة التباينات ضمن المثلث، وبين البلدان بصورة أعم. وبشكل إجمالي فإن المجهودات في البحث والتطوير العسكريين تتخذ شكل عقود عامة تنفذها هيئات صناعية منتمية بشكل رئيسي إلى قطاعين: الصناعات الإلكترونية والطيرانية.

### *تخصص البراءات وتطور القدرات التقانية*

إن نظرة إلى التطورات خلال الثمانينات تظهر التقدم الهائل لليابان في براءات الاختراع مقارنة بأوروبا والولايات

**الجدول 9**
**الحصة في البراءات الممنوحة بحسب الميدان التقاني**

| أوروبية | براءات أوروبية حصة العالم (%) | | | 1991 (قاعدة 1986= 100) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | الجماعة الأوروبية | الولايات المتحدة | اليابان | الجماعة الأوروبية | الولايات المتحدة | اليابان |
| إلكترونيات وسلع كهربائية | 30.4 | 27.7 | 36.7 | 75 | 93 | 155 |
| استعمال الآلات | 35.6 | 28.6 | 28.1 | 88 | 93 | 157 |
| كيماويات وصيدلانيات | 39.4 | 29.4 | 24.3 | 99 | 90 | 129 |
| عمليات صناعية | 47.4 | 23.7 | 18.4 | 98 | 94 | 130 |
| آليات وهندسة ميكانيكية | 55.5 | 17.9 | 16.9 | 98 | 96 | 146 |
| استهلاك منزلي وهندسة مدنية | 60.3 | 15.8 | 8.7 | 102 | 93 | 151 |
| **المجموع (في كل الميادين)** | **42.6** | **24.7** | **24.4** | **92** | **93** | **149** |

المصدر: OST,EPAT data (OST, 1993)

| أمريكية | براءات أمريكية حصة العالم (%) | | | 1991 (قاعدة 1986= 100) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | الجماعة الأوروبية | الولايات المتحدة | اليابان | الجماعة الأوروبية | الولايات المتحدة | اليابان |
| إلكترونيات وسلع كهربائية | 14.2 | 45.5 | 34.4 | 83 | 89 | 111 |
| استعمال الآلات | 16.1 | 45.8 | 30.4 | 86 | 99 | 115 |
| كيماويات وصيدلانيات | 24.8 | 48.1 | 19.9 | 103 | 94 | 122 |
| عمليات صناعية | 22.8 | 47.5 | 19.1 | 93 | 96 | 115 |
| آليات وهندسة ميكانيكية | 23.8 | 41.6 | 23.6 | 91 | 97 | 106 |
| استهلاك منزلي وهندسة مدنية | 20.3 | 47.6 | 12.4 | 93 | 94 | 120 |
| **المجموع (في كل الميادين)** | **20.1** | **45.5** | **25.0** | **90** | **95** | **126** |

المصدر: OST,CHI-Research-USPTO (OST, 1993)

المتحدة على السواء (الجدول 8). كما تظهر أن الجماعة الأوروبية والولايات المتحدة تخسران حصتيهما في نظامي البراءات الأوروبية والأمريكية على السواء.

يظهر تفحص قطاعات المثلث في كل ميدان تقاني (الجدول 9) أن اليابان تتزعم في أوروبا عملية الحصول على البراءات في الإلكترونيات والسلع الكهربائية، وتأتي ثانية، وباقتراب شديد من الجماعة الأوروبية، وتتعادل مع الولايات المتحدة في ميادين استعمال الآلات. ويكشف تحليل الاتجاهات خلال الثمانينات عن تخصص متزايد في اليابان في هذه الميادين كما يكشف أن الولايات المتحدة قوية ضمن أوروبا في استعمال الآلات والكيماويات والصيدلانيات وأن الجماعة الأوروبية ضمن أوروبا قوية في ميادين العمليات الصناعية، والآليات، والهندسة الميكانيكية، والبضائع الاستهلاكية، لكنها ضعيفة في الإلكترونيات والسلع الكهربائية.

تؤكد المواقع النسبية لنظام البراءات الأمريكية (الجدول 9) أن التخصص الياباني هو في الالكترونيات والسلع الكهربائية (أكثر من ثلث مجموع البراءات) واستعمال الآلات، وأن ضعف الجماعة الأوروبية في هذين الميدانين مؤكد أيضًا، على الرغم من أنها تتقدم على اليابان في الكيماويات والصيدلانيات والعمليات الصناعية.

**الجدول 10**
**حركية الطلبة دوليا من مختلف الأصقاع الجغرافية**

| | مجموع تعداد الطلبة (بالآلاف) | طلبة يقومون بالدراسة في الخارج (بالآلاف) | حجم الطلبة في الخارج معدل المغتربين[٢] (%) |
|---|---|---|---|
| الجماعة الأوروبية [١] | 8 484.0 | 181.3 | 2.1 |
| رابطة التجارة الحرة الأوروبية [١] | 863.0 | 34.2 | 4.0 |
| الاتحاد السوفييتي وأوروبا الوسطى والشرقية | 8 314.0 | 33.4 | 0.4 |
| الولايات المتحدة | 13 975.5 | 24.9 | 0.2 |
| كندا | 1 359.0 | 21.0 | 1.5 |
| أمريكا اللاتينية | 7 113.0 | 81.3 | 1.1 |
| شمال أفريقيا | 1 486.0 | 101.9 | 6.9 |
| الشرق الأوسط والأدنى [١] | 2 641.5 | 183.1 | 6.9 |
| أفريقيا المجاورة للصحراء | 691.0 | 99.2 | 14.4 |
| اليابان | 2 683.0 | 40.0 | 1.5 |
| البلدان المصنعة حديثًا [١] | 1 989.0 | 106.0 | 5.3 |
| الصين | 2 147.0 | 95.0 | 4.4 |
| الهند | 4 806.0 | 33.6 | 0.7 |
| بلدان أخرى في آسيا وأوقيانوسيا | 4 998.0 | 70.2 | 1.4 |
| غير محدد [٢] | | 63.0 | |
| **المجموع** | **61 550.0** | **1 168.0** | **1.9** |

١- انظر التعريف في الجدول 1.
٢- طلبة في بلد أجنبي غير معروفي الجنسية.

ملحوظة: نشرت اليونسكو الإحصاءات المتعلقة بالحركية الدولية للطلبة، والقائمة على أساس بيانات مستمدة من الدول الأعضاء. وبما أن التعاريف والطرائق في جمع البيانات تتنوع من بلد إلى آخر، فيتعين على المرء أن يعتبر الأرقام المعطاة هنا دلالية أكثر منها سليمة إحصائيا.

المصدر: OST, from UNESCO data (OST, 1993)

## حركية الطلبة دوليًا

في العالم كله، يدرس 1.2 مليون طالب في جامعات غير جامعات بلدانهم: أي إن حركية الطلبة الدولية ظاهرة ضخمة. وهذه الحركية تمكّن طلبة البلدان الأقل تقدمًا من الوصول إلى تسهيلات مناسبة في التعليم العالي، لكنها أيضًا تنطوي على خطر "هجرة العقول"؛ وهي، في كل الأحوال، تؤدي إلى تعزيز الروابط العلمية على مدى العالم وتنشر المعرفة العلمية بفعالية.

***مناطق الأصل: طلبة يغادرون بلادهم***

يوجد 61 مليون طالب في العالم، يدرس 2% منهم في بلد أجنبي (الجدول 10). وهذه الظاهرة أوضح ما تكون في المناطق الجغرافية التالية: الشرق الأوسط والأدنى وشمال أفريقيا وأفريقيا المجاورة للصحراء و الدول المصنعة حديثًا والصين. ولدى الجماعة الأوروبية ورابطة التجارة الحرة الأوروبية أعداد مهمة أيضًا من طلبتها في بلد أجنبي، لكنه في العادة بلد أوروبي آخر: فلدينا هنا ظاهرة الحركية داخل المنطقة. ومن منطلق حجم الطلبة المغادرين إلى الخارج (معدل المغتربين)، تأتي أولاً أفريقيا المجاورة للصحراء بنسبة 14%، يليها شمال أفريقيا والشرق الأوسط والأدنى، بنسب تقترب من 7%. وللصين والدول المصنعة حديثًا نسب تزيد كثيرًا على المعدل. أما الولايات المتحدة والاتحاد السوفييتي السابق وأوروبا الوسطى والشرقية فمعدلاتها هي الأدنى. ويمثل طلبة البلدان النامية 40% من المجموع العالمي، لكنهم

**الجدول 11**
**البلدان الاثنا عشر التي تستقبل معظم الطلبة الأجانب، 1990**

| | الطلبة الأجانب في البلد (بالآلاف) | نسبة الطلبة المتحركين دوليا(%) | نسبة الطلبة الأجانب لمجموع الطلبه في البلد (%) |
|---|---|---|---|
| الولايات المتحدة | 408 | 34.9 | 2.9 |
| فرنسا | 136 | 11.6 | 8.0 |
| ألمانيا[1] | 92 | 7.9 | 5.3 |
| المملكة المتحدة[2] | 71 | 6.1 | 6.0 |
| الاتحاد السوفييتي السابق | 67 | 5.7 | 1.3 |
| كندا[2] | 35 | 3.0 | 2.6 |
| بلجيكا[2] | 33 | 2.9 | 12.3 |
| أستراليا | 29 | 2.5 | 6.0 |
| اليابان[2] | 24 | 2.0 | 0.9 |
| سويسرا | 23 | 1.9 | 16.5 |
| إيطاليا | 21 | 1.8 | 1.5 |
| النمسا | 18 | 1.6 | 9.0 |
| **مجموع البلدان الاثني عشر الأولى** | **957** | **81.9** | |
| **المجموع العالمي** | **1 168** | **100.0** | **1.9** |

١-1988
٢-1989

المصدر: OST, from UNESCO data (OST, 1993)

يمثلون 70% ممن يدرسون في بلد أجنبي.

***مناطق التوجه: الطلبة الآتون من الخارج***

تعتبرالولايات المتحدة البلد الذي يستقبل أكبر عدد من الطلبة الأجانب إطلاقًا (الجدول 11): ما يزيد على 400 000، وهو أكثر من ثلث المجموع العالمي للطلبة المتحركين دوليًا، إلا أنهم يشكلون بنفسهم 2% فقط من ذلك الفيض. وإن البلدان التي تلي الولايات المتحدة بعلو نسبة استقبالها للطلبة هي فرنسا وألمانيا والمملكة المتحدة، بهذا الترتيب، فهذه البلدان الثلاثة تستقبل معًا ما يعادل 75% من عدد الطلبة الذين تستقبلهم الولايات المتحدة. ومباشرة بعد المملكة المتحدة يأتي الاتحاد السوفييتي السابق، وعدد الطلبة المستقبَلين فيه يتناقص.

ومن منطلق نسبة الطلبة الأجانب إلى مجموع عدد الطلبة في كل بلد، يتبين أن بلجيكا وسويسرا هما البلدان الأكثر انفتاحًا، تليهما النمسا وفرنسا. ونلاحظ هنا أن النسب منخفضة في اليابان، وكذلك في الاتحاد السوفييتي السابق.

## عالم من التباينات المدهشة وتحديات جديدة

لابد مرة أخرى من التأكيد بأن هذه المؤشرات الأخيرة ليست مرضية دومًا، على الرغم من أن استعمال المؤشرات الإجمالية العالمية ينبيء باختلال شديد في التوزع الجغرافي للعلم والتقانة. فهي تلقي ضوءا هزيلاً على سوء الانتشار "المحلي" لنتاج العلم والتقانة، وتفشل في إنصاف الإنجازات التي تكون من الطراز الأول في بعض البلدان. فليست القدرات العلمية والتقانية في بلد كالهند أو الصين أو البرازيل بأقل أهمية مما في بلدان المثلث، على الرغم من أنها

أقل عددًا بكثير. لقد شهدت الصين فترة من التنمية الباهرة للعلم والتقانة خلال الثمانينات، ولديها الآن معرفة شبه قيادية في الطاقة النووية وتقانة الطيران. ويصح هذا على الهند أيضًا، التي أقامت نظامًا قوميًا من العلم والتقانة مؤسسًا على شبكة من معاهد البحث القومية الواسعة النطاق، كما أنها تنمي بحثًا جامعيًا ذا نوعية رفيعة. أما البرازيل فقد بذلت جهودًا من الطراز الأول، خلال الستينات والسبعينات، لكن التضخم وثقل ديون البلاد الدولية أحبطا إنجازات كانت ذات مقاييس عالمية في بعض المجالات. وأخيرًا، ودونما ادعاء بالاستقصاء التام، لابد من ملاحظة أن عدة أقطار عربية في شمال أفريقيا (الجزائر، المغرب، تونس)، والشرق الأدنى (مصر، سوريا) قد تمكنت من إقامة وتطوير معاهد بحث تتكامل تمامًا مع الجماعة العلمية الدولية.

بعد هذا، يجب أن نشير إلى أن الوضع بالنسبة للبلدان الأفريقية، وتقريبًا كل بلدان أمريكا اللاتينية وبعض بلدان الشرق الأوسط وشطر كبير من آسيا، مقلق جدا. فلأن هذه البلدان تنتج جزءاً يسيرًا فقط من المعرفة العلمية، يكون وصولها إلى القدرة العالمية للعلم والتقانة محدودًا.

طوال عقود من الزمن، هيمنت على تطوير العلم والتقانة اعتبارات القوة السياسية والاقتصادية، على الرغم من أن هدف توسيع أفق المعرفة قد ظل الدافع الأساسي للبحث العلمي. وقد نهض كل نظام قومي للعلم والتقانة تقريبًا على الاعتبارات هذه وحشد إمكاناته بسببها. إلا أن بعض البلدان تتساءل عن التوازنات المسبقة ضمن السياسات القومية للبحث والتقانة. لقد ارتبطت مجالات عديدة من العلم والتقانة "بمطلب اجتماعي"، أي بالقضايا الاجتماعية والسياسية، كالصحة العامة، وتحسين البيئة وصونها، والتواصل ضمن المجتمع، والتنبؤ بالتغيرات المناخية ومفعولها الطويل الأمد، كي نذكر القليل فقط.

إن المسائل الاجتماعية التي تتعلق بمطلب اجتماعي مهم تتطلب معالجة علمية ملائمة، قادرة على تأمين أسس للتشخيص، وتسلط الضوء على الحلول الممكنة، وتساعد صانعي القوار على تطوير استراتيجياتهم؛ وسيتعين على أنظمة العلم والتقانة القومية الإقرار بأولويات جديدة، والحصول على الوارد المالية والبنيوية التي ستمكّن البحث من توثيق صلته بالمسائل الاجتماعية. وسوف يعني هذا أن الإنسانيات والعلوم الاجتماعية يجب أن تمتلك مكانة معززة في سياسات البحث. ويجب الإقرار بقيمة المسائل التي تتصدى لها، كقيمة قائمة بذاتها، مما يمكن من إطلاق برامج بحث تربط العلوم الاجتماعية بالطبيعية.

إن مشكلة الاستجابة للمطلب الاجتماعي حادة حدة خاصة في بلدان العالم الثالث. وبحسب الشروط التي تجد هذه البلدان نفسها فيها، سيكون من الصعب على أي نوع من الإقلاع في العلم والتقانة أن يحدث قبل عدة عقود. إن أولويتها هي دعم البحث العلمي والتقني الذي يساعد على إرساء قواعد التنمية الاجتماعية والاقتصادية، وفي حل المشكلات الأساسية التي تواجه جماهيرها (كالصحة والغذاء)، وكذلك في تدريب الإداريين والتقنيين القادرين على إشاعة التقنيات الأساسية والمناهج العلمية، وهي جوهرية لأي مجتمع حديث، عبر الكيان الاجتماعي.

إن أحد التحديات التي تواجه أنظمة العلم والتقانة في البلدان المتطورة هو إيجاد أنسب الوسائل للإسهام، عبر سياسات التعاون، في الإقلاع العلمي والتقني لشركائها في نصف الكرة الجنوبي.

وتحتاج أنظمة البحث والتطوير القومية في البلدان المصنعة إلى إعادة توجيه سياساتها التقانية لتأخذ بالحسبان اتفاقية نزع التسلح في الأسلحة الاستراتيجية، التي وقعها كل من الولايات المتحدة والاتحاد السوفييتي السابق (لاسيما اتفاقيتا **ستارت** START اللتان وقعتا عامي 1991، 1993). إن اتفاقيات كهذه ستؤدي إلى تباطؤ ملحوظ في سباق التسلح. وقد ظهر ذلك حتى الآن في توقف نمو ميزانيات البحث العسكري في البلدان المصنعة، حتى إن بعضها بدأ يهبط، وبخاصة في الولايات المتحدة. وإن الجدال ماض قدمًا منذ سنوات عديدة حول مفعول الإنفاق العسكري على البحث والتطوير في التنافس التقاني الصناعي، وبخاصة في دول المثلث. وهذا الجدال يمكن أن يؤدي إلى إعادة النظر في السياسة، ويمكن أحيانا أن توجه لطمات قوية، وسوف تشكل مسألة رئيسية لعديد من البلدان.

ودون شك، ستشاهد سنوات التسعينات بدايات تغيرات معمقة في أنظمة البحث والتقانة القومية، فالمسائل التي يجب التصدي لها تتطلب ليس فقط إعادة فحص للسياسات، وإنما تحويرات بنيوية أساسية.

## 3 - الشـــراكة في العـــلم

# التعاون بين الحكومات

ميشيل باتيس

إن المعرفة العلمية في أي تخصص هي النتيجة الكلية لإسهامات لا تُعد ولا تحصى، كبيرة وصغيرة، وتأتي عبر الزمن من قبل باحثين عديدين. وكان دائما تبادل الأفكار بين العلماء القوة الدافعة الرئيسية للتقدم العلمي، الذي هو في جوهره ذو طبيعة تراكمية. وكان المفكرون الكبار من بلدان البحر المتوسط والشرق الأوسط في واقع الحال يتجمعون في أمكنة مثل الاسكندرية في العهد الهليني، أو في بغداد عند ذروة الثقافة العربية. وبازدهار الفكر العلمي الحديث في أوروبا الغربية في القرن السابع عشر، بدأ تبادل كثيف للآراء والخبرات يحدث بين ألمع العقول من مختلف الأمم. ويزودنا الأب <مرسين >بمثال مدهش عن هذه الممارسة في باريس. إذ قام خلال عشرين عاما بدور صلة الوصل، عبر المراسلة والزيارات، بين أشخاص مثل <بويل> و<ديكارت> و<گاليليو> و<هويگنز> و<باسكال>و<توريشيللي>. وقد شجعت روح مماثلة <أولدنبرگ> في إنگلترا وقادته إلى إنشاء الجمعية الملكية عام 1660. وفي تلك الأيام حدث تبادل المعلومات بين أفراد العلماء فقط. وقد اتسع نطاق هذا النسق وحجمه خلال القرن الثامن عشر، مع التقدم السريع للعلم وانفصاله الواضح عن الفلسفة، لكنه ظل مثلما هو أساسا، ويستمر اليوم عبر انتشار المؤتمرات والملتقيات والاحتكاكات الشخصية.

## العلم والحكومات

مع ازدياد أهمية بعض أوجه العلم لأغراض صناعية أو عسكرية، توسع اهتمام الحكومات فيه – هذا الاهتمام الذي كان حتى حينئذ مقصورا على موضوعات مثل معرفة الوقت أو طرائق الملاحة. إن القرن التاسع عشر بثورته الصناعية، والقرن العشرين بتطويره الجبار للفيزياء النووية والمعلومات والبيولوجيا الجزيئية وميادين أخرى جديدة، قد شهدا الاستخدام الواسع للعلم في جميع أوجه الحياة الإنسانية عبر تنوع لانهائي للأدوات والسيرورات التقنية. إن الترابط التزايد بين العلم والتقانة، الذي أضحى مصدر القوة الاقتصادية والسياسية، قد فعل فعله الكبير في عرف التدفق الحر للمعلومات العلمية. إن منح براءات الاختراع أو التصنيف الذي توصي به المصالح القومية، مباشرة أو بشكل غير مباشر، يحول دون تبادل المعرفة في أصقاع كثيرة. وبصورة تتكرر أكثر مما تود الدوائر العلمية أن تعترف به، فإن كثيرا من العلماء في الدول المتطورة يصيرون أسرى تحديدات صناعية أو عسكرية لحريتهم في التواصل، مما يؤدي إلى تفتيت كبير أو قليل لأخلاقيات العلم التقليدية(باتيس، 1973).

يجب الإبقاء على هذا الوضع في البال كلما تفحصنا التعاون العلمي الدولي. وفي الوقت نفسه، وعلى أي حال، يظل تعاون كهذا – مع المشاركة العلمية التي تمضي معه – جوهريا للتقدم في معظم التخصصات العلمية؛ وليس بوسع الحكومات إلا أن تعترف بهذه الحاجة. ولعل أولى الروابط الرسمية بين بلدين للوصول إلى هدف علمي مشترك هي تلك التي أقيمت بين إنكلترا وفرنسا في نهاية القرن الثامن عشر لأجل القياسات الرياضياتية الجغرافية. وعلى صعيد دولي أوسع، قام أول مشروع حقيقي للتعاون العلمي عام 1824، عندما وافق فلكيون أوروبيون على إعداد "خريطة السماء الدولية". وقد بدأ تنظيم مؤتمرات كبرى في التخصصات الرئيسية بعد عام 1860، وفي عام 1875تأسست قرب باريس أول منظمة دائمة بين الحكومات لخدمة الأهداف العلمية، وهي "المكتب الدولي للأوزان والمقاييس". وفي الوقت نفسه، كان للتعاون في التخصصات الأساسية أن ينمو ويتطور على قاعدة صلبة وعلى نحو أكثر تنظيما مع الإنشاء المتطور لـ "الاتحادات الدولية". وبعد الحرب العالمية الأولى مباشرة، تأسس عام 1919 مجلس سمي فيما بعد "المجلس الدولي للاتحادات العلمية (ICSU)"، فقدم إطارا واتجاها عامين لهذه الاتحادات وآلية اتصال بين أكاديميات العلم القومية التي كانت تقام في عدد متزايد من البلدان (بيكر، 1982a).

لم تبرز الحكومات بشكل كبير في هذا المسار، ونتيجة لذلك اعتُبر المجلس الدولي للاتحادات العلمية، وكذلك اتحاداته العلمية، منظمات غيرحكومية. وفي الحقيقة فإن هذا البناء الدولي المركّب والمتطور جيدا، يستحسن وصفه بأنه شبه حكومي. وإن بعض الاتحادات، مثل اتحاد الفيزياء

الجغرافية أو الجيولوجيا، قائمة على -وحَوْلَ - وجود خدمات قومية عامة قوية. والأكاديميات القومية ليست مستقلة عن الحكومات التي تمولها. وفي الواقع فإن التمييز بين ما هو حكومي وغير حكومي في الميدان العلمي واضح وضوحا كبيرا في بعض البلدان ذات التراث الليبرالي العريق، لكن معناه ضئيل في معظم البلدان، وبخاصة العالم النامي. وكما أشرنا من قبل، فإن ربط العلم بالحكومة يتعلق مباشرة، وفي أي حال، بدور العلم كمصدر أولوي للتقانة. وفي الوقت نفسه، لابد من التأكيد بأن الاتحادات العلمية تدافع عن المعتقدات الأساسية للأخلاقيات العلمية وتحاول بقدر الإمكان تثبيت تقليد التبادل الحر والتداول الحر للعلماء بحد أدنى من التدخل السياسي.

## برامج دولية

ليس هدف التعاون الدولي فقط تبادل المعلومات الوجودة، إذ غالبا ما يكون له هدف أكثر طموحا، وهو اكتساب معرفة جديدة عبر برنامج بحث مشترك، حيث إن شركاء مختلفين يتفقون على تجميع مواردهم الفكرية والمالية والإجرائية. وهذا هو ما كان في خاطر<كوس> عندما أطلق أول مجهود منسق لدراسة مغنطيسية الأرض. وهذا التناول البحثي التعاوني أعطى مثالا حيا، عندما تم الإعداد في عام 1882 لـ "العام القطبي الدولي"، حينما وافق أحد عشر بلدا على القيام بدراسات متزامنة للظواهر القطبية من خلال مجموعة محطات مراقبة، وعلى التأكد من تنسيق جهودها عبر لجنة دولية (بيكر، 1982b). وطرح تنظيم عام قطبي دولي ثان بعد خمسين عاما. وعلى الرغم من أن الاستفادة من نتائجه تعرقلت نتيجة الحرب العالمية الثانية، فقد شهد مشاركة 44 بلدا. وواضح تماما أن عمليات واسعة النطاق كهذه، في هذه المناطق الصعبة، يمكن أن تنفذ فقط بالدعم الفعّال للحكومات المعنية. وقد غدت هذه الحقيقة أوضح عندما نظم عام قطبي ثالث فيما بين عامي 1957و 1958، وقد اتخذ الاسم الأنسب له وهو "العام الجيوفيزيائي الدولي" (IGY) وجرت فعالياته تحت قيادة المجلس الدولي للاتحادات العلمية.

وبجسامة المهمة - التي شاهدت أحداثا كبيرة من نوع الاستكشاف الكامل للمنطقة القطبية الجنوبية، أو إطلاق أول قمر صنعي، أو اكتشاف أحزمة حفان آلن >- أعطى العام الجيوفيزيائي الدولي بعدا جديدا بالكامل للتعاون العلمي الدولي. وقد أدى نجاحه إلى اتخاذ قرار بالاستمرار في كثير من عملياته، ومتابعتها بالانطلاق في عدة أنواع مماثلة من المشروعات، مثل العام الدولي "للشمس الهادئة" (1964-1965) للبحث الشمسي، أو "مشروع الغلاف الأعلى" (1962-1970) و "المشروع الدولي للديناميات الجغرافية" (1970-1980) للأرض الصلبة. وفي الوقت نفسه، قامت فعاليات "العام الجيوفيزيائي الدولي" بتعزيز كبير للبحث التعاوني في أحوال الجو، الذي عرف بداية مبكرة من منظور الأهمية العملية للمعلومات الطقسية، والذي أفضى إلى إنشاء المنظمة الدولية للأرصاد الجوية عام 1973. ومن عام1967 حتى 1970 مثلا، فإن "برنامج البحث الجوي العالي" قد تم بالمشاركة بين المجلس الدولي للاتحادات العلمية ومؤسسة بين الحكومات، التي أعيدت تسميتها فصارت "المنظمة العالمية للأرصاد الجوية" (WMO). ومع ازدياد القلق حول تغيرات محتملة في المناخ بفعل الدفيئة (البيوت الزجاجية)، فإن أنشطة تعاونية رئيسية كهذه مرتبطة بالجو اضطرت إلى أن تتوسع ضمن إطارات عمل من نوع "البرنامج العالي لبحوث المناخ" الذي ابتدأ عام 1980، أو عبر تعهدات مشتركة (ديفيس، 1990).

من المهم ملاحظة أن برامج البحث التي ذكرناها منذ قليل تتعامل كلها مع مجالات معينة من فيزياء الأرض. وعلى الرغم من أن المنظمة الدولية للأرصاد الجوية، التي تجمع معا جميع خدمات الأرصاد الجوية القومية، قد تزايد انخراطها في هذا النشاط، فغالبا ما اعتبرت هذه البرامج ذات صفة غير حكومية بسبب قيامها على عمل الاتحادات الدولية، وهو اعتبار مشوب بالغلط إلى حد ما. والحقيقة هي أن عددا محدودا من البلدان فقط استطاع أن يشارك بموارد بشرية ومالية كافية في هذه الدراسات الجيوفيزيائية المنسقة التي لم تفض إلى عمل ميداني في جميع أنحاء العالم. وبكلمات أخرى، كان معظم البلدان النامية متفرجة أكثر منها فاعلة في هذه الغامرات الكبيرة. وكان نجاح العام الجيوفيزيائي الدولي عاليا إلى درجة أن مجموعات أخرى

من العلماء تشجعت واقترحت برامج بحثية على مستوى العالم مكرسة للتخصصات التي يعملون فيها، على أساس أنها ستأتي بنتائج مهمة ومعلومات يحتاج إليها الجميع. وتلك كانت حالة علماء البيولوجيا الذين أقلقتهم بشكل خاص المشكلات المتعارمة، النابعة في كل أرجاء العالم من الزيادات المتوازية للسكان واستهلاك الموارد الطبيعية. وسرعان ما تمخض عن هذا القلق تنظيم البرنامج البيولوجي الدولي (IBP) تحت رعاية المجلس الدولي للاتحادات العلمية (ICSU). وقام البرنامج بعملياته من عام 1966 إلى 1972 وأنتج قدرا كبيرا من المعرفة الجديدة، فأسهم إسهاما مهما في الفكر الإيكولوجي الحديث. إلا أن علم البيولوجيا يدار بطرق مختلفة جدا عن الجيوفيزياء. بالتالي، وعلى الرغم من نجاحه الذي لا يرقى إليه الشك ، فقد عانى البرنامج البيولوجي الدولي عيبا واحدا على الأقل، عبّر عنه بوضوح مدير البرنامج العلمي النشيط حبارتون ورثنگتون> عندما لاحظ أنه في ظل البرنامج "تأكدت استحالة الحصول على مشاركة كاملة من البلدان النامية، التي كان لها أعظم فرصة للاستفادة من البحوث الإيكولوجية" (ورثنگتون، 1983). ولم ينجم هذا الوضع فقط عن ندرة الوسائل العلمية في هذه البلدان وإنما عن حقيقة كون العلم في العالم الثالث تحت عهدة الحكومات، وأن الحكومات في الوقت الحالي تريد أن تشارك عندما يُجرى عمل ميداني على أراضيها. وسرعان ما فهم بعض الناس، أوائل 1966، الحاجة إلى تأمين "متابعة وامتداد مناسبين " للبرنامج البيولوجي الدولي عبر الانخراط الباشر لوكالة تجمع ما بين الحكومات، مما جعل اليونسكو تنظم عام 1968 "الؤتمر الخاص بالاستعمال المتعقل والحفاظ على موارد المحيط الحيوي"، حيث أرسي حجر الأساس لـ"برنامج الإنسان والمحيط البيولوجي" (MAB) (بورلبير وباتيس، 1978).

## اليونسكو تدخل المسرح

لم يكن هذا بالطبع أول جهد سهم تبذله اليونسكو لتعزيز التعاون العلمي الدولي. ولم يكن بالإمكان التنبؤ في المناقشات الأولى التي دارت بين وزراء التربية في لندن أثناء الحرب العالية الثانية بأن العلوم ستكون ضمن التفويض الذي سيناط بالمنظمة. إلا أن أهمية الاكتشافات العلمية في الشؤون العامة، وبخاصة بعد هيروشيما، والحاجة إلى استعادة قنوات التواصل العلمي بين البلدان، هما اللتان استحثتا إدخال الحرف "S" إلى كلمة اليونسكو (UNESCO). وكان رمزيا أن أول مدير عام اختير لقيادة المنظمة هو العالم البيولوجي المعروف السير <جوليان هكسلي>. وقد كرست اليونسكو نفسها منذ البداية لاثنين من اهتمامات العلم الرئيسية: الأول هو دعم ودوام الصلات الوثيقة مع الجماعة العلمية الدولية، وبخاصة مع المجلس الدولي ICSU واتحاداته، والآخر هو تسهيل مشاركة البلدان النامية في تقدم المعرفة، ولاسيما مع تأسيس عدة "مكاتب علاقات علمية" في آسيا والشرق الأوسط وأمريكا اللاتينية. وسرعان ما أضيف إلى هاتين الغايتين غاية ثالثة، ولكن بطريقة غير معلن عنها، وهي حشد جهود العلماء عبر العالم نحو استكشاف حلول ممكنة لمشكلات معينة مهمة، دون نسيان أن المطلوب من منظمة بين الحكومات هو الاهتمام بتلك المسائل التي تجابه البلدان الأعضاء فيها.

كانت أول خطوة في هذا الاتجاه هي تكوين "الاتحاد الدولي للحفاظ على الطبيعة"(IUCN) عام 1948، بالاشتراك مع الحكومة الفرنسية – الذي هو الآن اتحاد الحفاظ الدولي. وفي الوقت نفسه تقريبا، إثر اقتراح من الهند، طُلب إلى اليونسكو استكشاف إمكانية إقامة معهد دولي للمنطقة الجافة (القاحلة)، يتعامل أساسًا مع تلك المناطق من العالم ذات الأمطار الشحيحة. وكان لهذا القرار نتائج رئيسية في تطوير عمل المنظمة العلمي. وقد توصل ملتقى الخبراء، الذي اجتمع لدراسة إمكان إنشاء المعهد المقترح، إلى أن مركزا واحدا سيكون بالضرورة نائيا عن معظم المناطق الجافة ومزعجا إداريا، وكان هذا رأيا حكيما فعلا. وبدلا من ذلك، اقترحوا إقامة لجنة استشارية دولية، عقدت أولى جلساتها في الجزائر عام 1951، مبتدرة بذلك برنامج المنطقة الجافة. وعقدت آخر جلسة في جودبور عام 1964، أصبح في نهايته "مشروعا رئيسيا" للمنظمة. ونتيجة لهذا المجهود المديد، نشرت مجموعة من 30 مجلدا عن حالة العلم، وأجريت دراسات في ترابط التخصصات في عدد من المواقع المحلية، ودرب مئات من الاختصاصيين، وأنشئت عدة مراكز بحث

قومية، إضافة إلى ذلك تأسست شبكة اتصالات على مستوى العالم. وكان لهذا البرنامج تأثير عميق في تطور تناول اليونسكو للتعاون العلمي الدولي. وقد أمكن بصورة خاصة أن نستمد الدروس التالية من تجربة السنوات الخمس عشرة هذه:

- إن برنامجا دوليا يتضمن أنماطا مختلفة جدا في طريقة إجراء البحوث وتبادل المعلومات والعون التقني والتدريب ...إلخ يمكن أن تقوده لجنة استشارية بسيطة مكونة من أفراد مختارين اختيارا حسنا.
- جميع البلدان ذات الشأن، سواء أكانت نامية أم متطورة، تظهر اهتماما كبيرا في حشد الموارد العلمية من سائر أنحاء العالم للإسهام في حل مشكلة عملية مشتركة ذات أبعاد عالمية أو إقليمية لها نطاق واسع.
- إن منظمة بين الحكومات ستكون مهيأة جدا لتطوير التعاون العلمي في برامج تركز على أمور اجتماعية-اقتصادية وتتطلب تناولا متعدد التخصصات، وتدعو إلى البحث الأساسي والتطبيقي معا والعلوم الطبيعية والاجتماعية معا.
- فوق حد معين، فإن برنامجا كهذا يدعو إلى التزام أوضح ودعم رسمي أكبر من قبل الحكومات بغية الحصول على نتائج حاسمة ودائمة على مستوى البلد.

## برامج بين الحكومات لها بُعد جغرافي

ينبغي أن نلاحظ هنا أن ظهور العديد من البلدان المستقلة حديثًا أوائل الستينات أدى إلى إقبال كبير على التنمية. وفجأة ظهر للعيان عدم كفاية فعاليات العون التقني المتواضعة التي نفذتها سابقًا وكالات الأمم المتحدة على الرغم من أنها اطّردت بإنشاء "برنامج الأمم المتحدة للتنمية" (UNDP). وهذا بدوره أدى إلى إعادة تقييم العلاقات بين العلم والتقانة والتنمية، ومعها طلب متزايد في العالم الثالث للمشاركة في المبادرات الدولية وللتزود ببعض الوسائل الأساسية للقيام بذلك. فإذا جمعنا هذا الضغط من البلدان النامية مع ظهور تسهيلات المواصلات والسفر السريعة ومع النجاح المحسوس لجهود "العام الجيوفيزيائي الدولي" و "برنامج المنطقة الجافة"، يمكن للمرء أن يفهم بسهولة الزيادة المؤثرة في التعاون العلمي الذي طبع هذه الفترة بطابعه.

يتطلب ميدان علم المحيطات تسهيلات إجرائية كبيرة، بما فيها أدوات البحث والاتصالات البعيدة المدى. وحتى الآن مارسته فقط فئة قليلة من الأمم مفعمة بالغيرة عليه، في حين كانت بلدان أخرى تهتم اهتمامًا متزايدًا باستغلال مواردها البحرية. وقد صارت اليونسكو الهيئة الطبيعية لتنسيق الفعاليات المتسعة، لأنها كانت تقوم بتطوير البحث في هذا الميدان من قبل. وكان الهدف الرئيسي الأول تنظيم "البعثة الدولية للمحيط الهندي" (1959-1965) التي شارك فيها أربعون سفينة من ثلاثة عشر بلدا (بيهرمان،1981). وقد اتّبع منهج إنشاء "لجنة بين الحكومات لعلم المحيطات" (IOC) ضمن إطار اليونسكو، حيث يمكن تمثيل جميع البلدان، ويمكن، أيضًا، للتعاون بين الحكومات ومع الجماعات العلمية أن يتواصل بارتياح. وقد منح نجاح البعثة زخمًا دائمًا للجنة بين الحكومات لعلم المحيطات، التي طوّرت منذ ذلك الحين برامج عالمية وإقليمية تتعلق بمختلف مجالات بحوث المحيطات وكذلك بالدعم التقني للبلدان النامية، مما زوّد علوم البحار بإطار تعاوني بين الحكومات من النوع الذي تقدمه المنظمة الدولية للأرصاد الجوية.

من ناحية أخرى، وفي حين أظهر برنامج المنطقة الجافة الدور المحوري للماء العذب في تنمية المناطق المعنية، فقد اتضح أن جميع أرجاء العالم تواجه في الحقيقة تزايد مشكلات المياه. من الطبيعي إذًا أن تَتْبَعَ هذا البرنامج الأولي المتوسط المدى دراسة تعاونية كبرى على مستوى العالم تتناول الماء: العقد الهيدرولوجي الدولي (IHD) (1965-1974). وكان هذا جهدًا منسقًا، ذا إطار زمني محدد، لفهم وتحليل دورة المياه في العالم، ولتقييم موارد المياه السطحية والجوفية، ولتأسيس قاعدة لإدارتها إدارة عاقلة (بالنسبة للكمية والنوعية معًا)، ولتدريب الاختصاصيين اللازمين، ولتعزيز مكانة علم المياه في جميع البلدان. وكان الطموح في مستوى طموح العام الجيوفيزيائي الدولي و لجنة بين الحكومات لعلم المحيطات. إلا أن المنهج كان مختلفًا. فآلية التنسيق كانت مجلسًا ترشح له بلدان

محدودة العدد لتشارك في أعماله على أساس دوري، ويتم انتخابها بوساطة المؤتمر العام لليونسكو، الذي يمثله أساسًا خبراء، والذي يقدم التوجيه والرصد لبرنامج بحث عام صمم بالإجماع. وهكذا شكّل المجلس كيانًا بين الحكومات يدير الدفّة، وكان أخف وطأة من لجنة كاملة الصلاحيات مثل لجنة بين الحكومات لعلم المحيطات، وأكثر تمثيلا للتنوع العالمي مما هي لجنة علمية بسيطة. ومع أن البلدان لم تشترك كلها في المجلس، فقد شاركت كلها في البرنامج عبر لجان قومية مشكلة خصيصًا لهذا الغرض وتمثلت فيها مختلف الوكالات والمؤسسات التي تتعامل مع المياه في كل بلد، والتي عملت لأجلها سكرتارية العَقْد الهيدرولوجي الدولي (اليونسكو، 1991).

وقد أثبتت آلية التنسيق هذه أنها على قدر من الاستقلال الذاتي والمرونة الكافيين للتمكين من نجاح "العقد الهيدرولوجي الدولي". وعبر هذا السياق، ظهر أن هناك رغبة في مزيد من التعاون الدائم في ميدان علم المياه، بحيث تقرر في نهاية العقد- بعد أن ظهر أن المنظمة الدولية للأرصاد الجوية لن تكون في موقع يمكنها من تحمل تبعة المشروع برمته - أن تستمر الفعاليات ضمن إطار اليونسكو على خطوط متوازية، وبأطوار متتابعة تُراجع كل أربع سنوات. وقد أفضى هذا إلى "البرنامج الهيدرولوجي الدولي " (IHP) الذي ما زال قائما في الوقت الحاضر، وله لجان قومية تعمل في 140 بلدًا.

على النحو نفسه، وُجد من المناسب استكشاف ما إذا كان ممكنًا تطبيق الصيغة نفسها على موضوعات عالمية أخرى عندما تتطلب الحاجة تعاونا بين الحكومات، كما في علم الإيكولوجيا مثلا أو علم الجيولوجيا أو علم الزلازل. لقد كان "برنامج الإنسان والمحيط الحيوي" (MAB)- الذي قدمنا موجزا عن نشأته فيما تقدم - أول اختبار لهذه البنية التنظيمية، واستعمل النموذج نفسه وهو مجلس تنسيق بين حكومات (حيث كان ممثلا فيه ثلاثون بلدًا مع منظمات أخرى حكومية وغير حكومية)، مع شبكة مماثلة من اللجان القومية، وأمانة مركزية في اليونسكو. إن الموضوع الذي يضطلع به برنامج الإنسان والمحيط الحيوي أكثر تشعبًا وتمركزه أقل وضوحًا مما هو في علم المياه، باعتباره يتعامل مع سلسلة بأكملها من التفاعلات بين الأنشطة البشرية ومختلف الأنظمة البيئية على كوكبنا، الطبيعية منها أو التي حوّرها الإنسان، وحيث يجب في الجوهر تتبع منهج متعدد التخصصات وموجّه لمشكلة معينة، فإن هذه البنية التنظيمية أثبتت أنها مناسبة على وجه الإجمال. فبعد مرور أكثر من عشرين عامًا، ما زالت تقوم بعملها، مع لجان قومية في نحو 110 بلدان، وشبكة على نطاق العالم تزيد على 300 صندوق احتياطي للمحيط الحيوي، موجودة في ثمانين بلدًا (باتيس،1980).

قبل "العقد الهيدرولوجي الدولي"، كان هذا العلم تخصصًا مهملاً إلى حد ما، وقبل "مشروع الإنسان والمحيط الحيوي" لم يكن ما يسمى بعلم الإيكولوجيا التطبيقي منظمًا بمعنى واسع، على المستوى القومي أو الدولي. وبالرغم من ذلك فإن البرنامج البيولوجي الدولي فتح الطريق على صعيد تأسيسي أكبر. لكن الجيولوجيا قدمت صورة مختلفة تمامًا، مع مسوحات جيولوجية جيدة التأسيس، ووكالات في معظم البلدان، واتحاد دولي جديد قوي. وعندما انبثقت فكرة إشاعة الانسجام في صورة كوكبنا عن تاريخ الأرض عبر "برنامج الترابط الجيولوجي الدولي" (IGCP)، فقد ارتؤي بالتالي أن صيغة العقد الهيدرولوجي، أو مشروع الإنسان والمحيط الحيوي، لن تكون ملائمة. وبدا أن الحاجة تدعو إلى مزيج من المشاركة القائمة بين العلماء والخدمات داخل الاتحاد الدولي للعلوم الجيولوجية (IUGS) من ناحية، ودعم التعاون بين الحكومات الذي تؤمنه اليونسكو، بحيث تقوم البلدان النامية بدور فعّال، من ناحية أخرى. وكانت النتيجة إقامة هيئة من الخبراء اشترك في تعيينها اليونسكو والاتحاد IUGS لتقود البرنامج بمساعدة تقنية من لجنة علمية. أعطى هذا المنهج، الذي ما زال قائمًا، درجة عالية من الرضا لبرنامج يحتفظ بشخصية تقنية رفيعة. وقد استقصي منهج مماثل لأجل علم الزلازل، لكن لم تثبت ملاءمته، وذلك، جزئيًا، لأن العمل بين الحكومات في هذا الميدان كان يتم على الصعيد الإقليمي أكثر منه على الصعيد العالمي. وعلى أي حال، يمكن لهذا أن ينشأ تدريجيًا مع الارتباط الإقليمي التزايد لشبكات المراصد الخاصة بعلم الزلازل.

يبدو واضحًا بصورة جيدة، من العرض التاريخي

السابق، أن التعاون الصادق بين الحكومات في العلم على مدار العالم – سواء منه المُدار على صعيد لاحكومي أو بمنظمة بين حكومات – يكون ملائمًا تمامًا، وبالتالي سهل التطوير نسبيا، عندما يتعامل مع تخصصات علمية ذات بعد "جغرافي". وعندها يكون واضحًا وضوحًا مماثلا أن ثمة حدًا لعدد الميادين التي يمكن تطبيقه فيها. ليس مفاجئًا بالتالي وجود انقطاع في ظهور برامج جديدة كهذا، منذ تدشين برنامج الترابط الجيولوجي الدولي عام 1973. فحينئذ كانت المحيطات والمياه العذبة وعلوم الأرض والأنظمة البيئية الأرضية مغطاة كلها بانخراط اليونسكو انخراطًا رئيسيًا فيها، في حين كان الجو والمناخ وبعض مجالات علم المياه مغطاة بانخراط المنظمة الدولية للأرصاد الجوية (WMO). وقد أضيفت أبعاد جديدة إلى الآليات القائمة بشكل أو بآخر، بوساطة أدوات جديدة مثل الأقمار الصنعية، أو اهتمامات جديدة مثل التغير البيئي العالمي. والآن يتم إنشاء "البرنامج الدولي للمحيط الحيوي والمحيط الجغرافي" بإشراف المجلس الدولي للاتحادات العلمية، ويمثل آخر تطور في هذه الاستمرارية من فعاليات البحوث المقارنة الواسعة النطاق، المرتبطة بكوكبنا، والتي لابد للحكومات من أن تقوم بدور كبير فيها.

## مراكز وبرامج دولية

عندما يتعلق الأمر بالتعاون العلمي في موضوعات "لاجغرافية"، حيث تكون السيادة القومية أو الخدمات الحكومية غيرمشمولة فيه مباشرة، فإن اليونسكو دأبت على تبني منهج لاحكومي صرف، كما هي الحال مثلا في بحوث الدماغ أو بحوث الخلية، حيث سهّلت إقامة المنظمة الدولية لبحوث الدماغ (IBRO) عام 1950، أو المنظمة الدولية لبحوث الخلية (ICRO) عام 1962، أو الاتحاد العالمي لجموعات الاستنبات (WFCC) عام 1970، التي أُريد لها أن تمتلك آليات عمل خفيفة ومرنة جدًا، وإدارة من قبل العلماء ذوي الشأن. وفي الحقيقة، لقد اقترنت المنظمة الدولية لبحوث الدماغ بالمجلس الدولي للاتحادات العلمية عام 1976، وكذلك فعلت المنظمة الدولية لبحوث الخلية عام 1985، وصار الاتحاد العالمي لجموعات الاستنبات جزءًا من الاتحاد الدولي للجمعيات الميكروبيولوجية. وعلى نحو مماثل، طورت اليونسكو برامج في المصادر المتجددة للطاقة أو في علم الميكروبيولوجيا والبيوتكنولوجيا (التقانة الحيوية)، وذلك عبر قنوات هي أساسًا لاحكومية. ولكن على العكس من ذلك، اتُّبع منهج صارم بين الحكومات، بدرجات متفاوتة من النجاح، في بعض الميادين حيث غابت الاعتبارات المحلية، كما في الفيزياء وعلم المعلومات. وإن أول مثال بارز هو "المركز الأوروبي للبحث النووي" (CERN) الذي يعود تاريخ إنشائه إلى عام 1954 عبر جهد اليونسكو التوسطي الحاسم، وهي حقيقة غطت عليها تمامًا الشهرة ذاتها التي حظيت بها هذه المنشأة الواسعة النطاق، التي صارت اليوم الأولى عالميًا في هذا الميدان. إن النجاح هنا مقترن مباشرة بعاملَين محددين: الإرادة المشتركة لدى مجموعة إقليمية من الدول المصنعة ذات المصالح المتشابهة والمواهب الموجودة في ميدان جديد (الفيزياء النووية)، وحقيقة عدم مقدرة أي من هذه الحكومات على أن تغطي بسهولة تكلفة بناء وتشغيل مسرّع عملاق. أيمكن أن يكرر هذا النجاح؟ لقد قامت محاولة لأجل ذلك في ميدان علم المعلومات الوليد المتنامي، حيث أنشىء "مركز روما الدولي للحساب" عام 1961 بعد فترة طويلة من الشكوك. وكان الطموح هنا يرمي إلى تزويد البلدان كلها بفرص تبادل مفتوح للمعرفة والوصول إلى تسهيلات حاسوبية كبيرة. لكن هذا الميدان كان في حالة تطور سريع جدًا، ومرتبطًا بمصالح أعمال خاصة ضخمة. وفي المآل لم تنضم إلا قلة من البلدان إلى المركز. إن الدرس المستخلص من "برنامج المنطقة الجافة"، بشأن صعوبة إقامة مركز دولي حيوي، لم يؤخذ بعين الاعتبار جيدا. وقد تحول مركز روما فيما بعد إلى "مكتب دولي للمعلوماتية" مستقل، وقد تم حله عام 1988. ويبقى صحيحًا أنه – عندما يكون للبلدان حوافز مشتركة قوية، ومقدرات علمية متجانسة تجانسًا كافيًا– يمكن لمراكز البحوث بين الحكومية ذات الطبيعة الإقليمية أن تكون ناجحة تمامًا. وتستكشف الجماعة الأوروبية حاليًا هذا المنهج في عدة ميادين علمية وتقنية.

على صعيد كوكبنا، وكمجهود لتسهيل تبادل المعلومات، بل وحتى كوسيلة تسمح للبلدان النامية بوصول أفضل إلى العلم والتقانة، حاولت اليونسكو تطوير التعاون

بين الحكومات في مجالات معينة حيث يتعين وجود تنظيم للفعاليات ذي بنية أمتن. وقد اعتبرت هذه هي الحال في مجال معقد وشاسع من المعلومات العلمية والتقنية، حيث أقيم نظام عالمي عام 1971 تحت تسمية "UNISIST". وبما أن التخصصات كلها محتاجة إلى التغطية، فلم يقتصر الجهد على الميدان العلمي، وتطور من ثم إلى "برنامج معلومات عام" (PGI). ولقد نُظم برنامج اليونسكو الحالي على نسق مشابه جدًا لخطوط نظام البرنامج الهيدرولوجي الدولي، وبرنامج الإنسان والمحيط الحيوي، على الرغم من أنه ذو طبيعة مختلفة تمامًا لأنه ليس مجهودًا بحثيًا متسقًا، ولكنه في الأساس وسيلة لتطوير التعاون وتحقيقه. وبروح مماثلة إلى حد ما، دشن عام 1985 "برنامج معلوماتي بين الحكومات" تركز على شبكات معلومات تقنية محلية، وعلى تدريب مهني وتنمية للبنى التحتية على صعيد قومي.

## قيمة ومحدوديات برامج بين الحكومات

هذه النبذة العامة الموجزة عن تطور التعاون العلمي بين الحكومات، والدور الكبير الذي اضطلعت به اليونسكو في ابتكار وسائل جديدة لتنظيمه، يُظهران الأهمية المتزايدة لإشراك الدول النامية في ما هو حتى الآن شبه محتكر من العالم الصناعي. وفي هذه المرحلة، يجدر بنا أن نتناول ملامح مشتركة بدرجة أو بأخرى، تسم البرامج بين الحكومات التي طوّرتها اليونسكو (وفي الحقيقة المنظمة الدولية للأرصاد الجوية أيضًا، والمجلس العلمي للاتحادات العلمية في بعض الحالات) وموضحين بذلك مزايا هذا التناول إضافة إلى بعض محدودياته:

- إنها برامج تتطلب تعاونًا دوليًا، على صعيد عالمي عادة، وذلك بفعل طبيعة الموضوع أو المشكلة المعالجة نفسها.
- إنها برامج تمتلك كل من الدول النامية والمصنعة مصلحة قوية للمشاركة فيها، لأنها تسهم في قيام فهم أفضل للظواهر الطبيعية أو معرفة أفضل للموارد الطبيعية واقتسام أفضل للمعلومات.
- إنها برامج منظمة أو منسقة، شكلتها الهيئات الدولية التي تحكمها، ويعتمد تنفيذها اعتمادًا رئيسيًا على فعاليات تقوم بها البلدان المشاركة، وعادة بتوجيه من مجالس قومية مخصصة لهذا الغرض تتمثل فيها وكالات حكومية وجامعات ومؤسسات بحثية.
- إنها برامج تمكّن من تنسيق الجهود ونقل المعرفة عبر أمانات عامة صغيرة مشكّلة داخل اليونسكو، ويمكن فيها للتعاون الإقليمي أو الثنائي أن يقوم بدور مهم عبر الاحتكاك المباشر بين اللجان القومية.
- إنها برامج لم تُعدّ لتكون ذات طبيعة أكاديمية بقدر ما هي موجهة لدراسة المشكلات، متضمنة طرق تناول ترابط التخصصات وأنشطة ميدانية ودعوة للتفاعل بين الباحثين وصانعي القرار لكي يأخذوا بعين الاعتبار الصياغة الصحيحة للإصدارات والاستغلال التطبيقي للنتائج.
- إنها برامج لا تقتصر على البحث وتبادل المعلومات، وإنما تتضمن عنصرًا تدريبيًا قويًا، يعتبر جوهريًا لبناء المقدرات القومية المطلوبة لمشاركة نشيطة في المجهود الدولي، وفي الوقت نفسه لتحقيق الأهداف القومية ذات الصلة.
- إنها برامج تنفذ بمشاركة نشيطة من وكالات أخرى للأمم المتحدة ومنظمات علمية معنية غير حكومية، مما يكون له تمثيل قانوني في الهيئة الحاكمة.

يجب أن نضيف أن هذا النوع من التعاون العلمي بين الحكومات يقوم على لامركزية كبيرة على مستوى البلد، وذلك عبر اللجان القومية، وأن الأموال المخصصة لما يلزمه من تنسيق وتحفيز مركزيين وإقليميين تتضاعف تضاعفًا كبيرًا عبر الإسهامات القومية والثنائية التي تتم على الصعيد التطبيقي. وبالمثل فإن عدد العلماء المنخرطين في أي برنامج مشابه يمكن أن يكون كبيرًا جدًا، إذا ما أخذنا بعين الاعتبار جميع الأنشطة على الصعيدين القومي والمحلي.

على العكس من ذلك، يمكن للآلية بين الحكومات في أنحاء العالم أن تمثل أخطارًا معينة، والرئيسي منها هو تبلور معين عبر الزمن لبعض المشروعات، مما يتضمن مخاطر الرتابة إذا لم تتم إعادة تقييم للهدف من وقت لآخر، وإذا لم يتم ضبط كاف لجودة فعاليات البحث. ويمكن أن يوجد أيضًا مفعول معين لعمليات المغربلة التي تقوم بها

## محميات المحيط الحيوي

كان الحفاظ على الحياة النباتية والحياة الحيوانية يتم في الماضي في حدائق وطنية كبرى أو أراض احتياطية بيولوجية صغيرة تتوضع في مناطق بدائية نسبيا لا أثر فيها للنشاط الاقتصادي البشري. إن الكثير من هذه المساحات المحمية، وبخاصة في البلدان النامية، مهددة بالاقتحام من قبل أناس يعيشون في منطقة مجاورة، ويبحثون عن أرض زراعية وأخشاب. ومن ناحية أخرى، فإن ثمة بقاعًا كثيرة غير مأهولة لا تصلح للحماية بأنماطها التقليدية، ولكنها تحتوي على عناصر مهمة من التنوع البيولوجي، بما فيه أقارب برية للمحاصيل المزروعة أو للحيوانات المدجّنة. وهذه المساحات، ومعها مناطق أوسع محيطة بالحدائق الوطنية أو المحميات البيولوجية، غالبا ما تكون مناسبة لإنشاء محميات للمحيط الحيوي – وهذه تشكل نوعًا جديدًا غير تقليدي من المساحات المحمية.

لقد دخل مفهوم حماية المحيط الحيوي في برنامج اليونسكو للبحث بين الحكومات، المسمى "الإنسان والمحيط الحيوي"، أوائل السبعينات، وقد ظل مرنا بحيث يسترعب التنوع اللامحدود لأوضاع تشمل العالم. وبصورة جوهرية فإن حماية المحيط الحيوي تؤدي ثلاث وظائف أساسية:

1- وظيفة حماية، تؤمن وقاية منظمة في الوقع لمصادر وأنواع وراثية ولأنظمة بيئية أنى وجدت، سواء الطبيعي منها أو شبه الطبيعي.

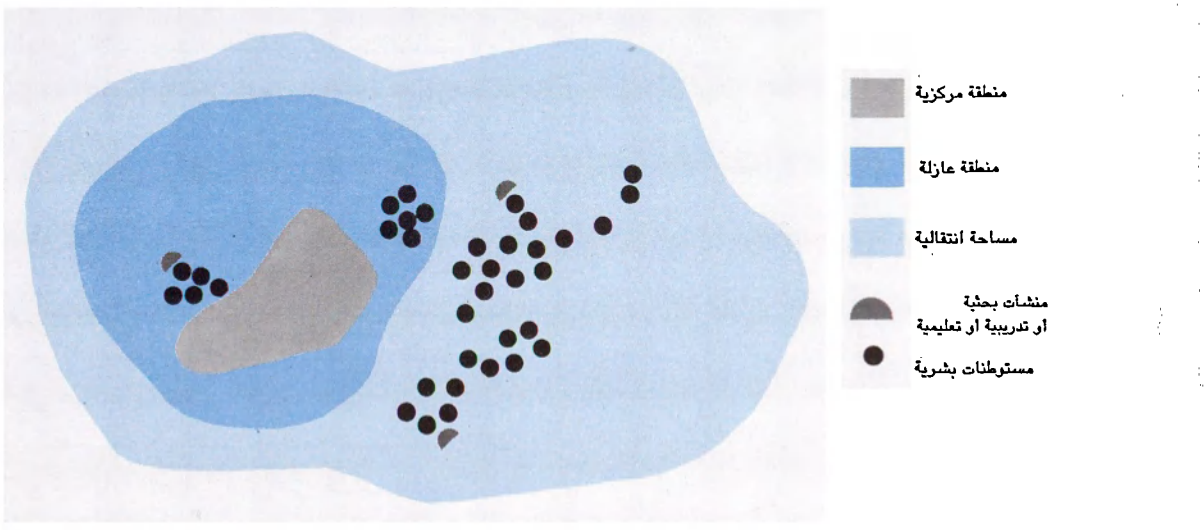
2- وظيفة تنموية، تحسّن أو تحافظ على ممارسات استعمال الأرض التي تسمح للسكان المحليين بالاستفادة التامة والمباشرة من إدارة محمية المحيط الحيوي.

3- وظيفة إجرائية، تؤمن البحث ومنشآت المراقبة والتدريب، وتضمن ارتباط محميات المحيط الحيوي داخل شبكة عالمية.

ومن الطبيعي أن يشكل إنجاز هذه الوظائف الثلاث معا وبصورة مرضية تحديًا لا بأس به ولا يتم مواجهته بنجاح إلا عبر آليات إدارية ملائمة. وهذا ما يعتمد بصورة خاصة على نظام مبتكر وشائع الاستعمال في تقسيم المناطق، يتضمن "منطقة مركزية" أو أكثر، محددة الاتساع وتحمي نظاما بيئيا بريا أو ساحليا ذا أهمية أو أرضا برية، وتكون محاطة "بمنطقة عازلة" مكرسة لعدد من الأنشطة التي تتضمن، بحسب الحالة السائدة، الاستعمال التقليدي للأرض، والسياحة والترويح، واستصلاح الأرض، والبحث والتعليم البيئيين.... إلخ، مما يتماشى مع أهداف الحماية للمنطقة المركزية. وأخيرا فإن الجهود تبذل في "مساحة انتقالية" خارجية، لتنمية ممارسات إدارة الوارد الممكنة بالتعاون مع السكان المحليين.

أما اليوم، فإن الشبكة العالمية التي تقوم اليونسكو بصيانتها تتكون من 311 محمية محيط حيوي، منتشرة في 81 بلدا، وتغطي مساحة كلية تصل إلى 170 مليون هكتار تقريبا. وهي تقدم مثالا طيبا للتعاون بين الحكومات من أجل حماية وإدارة أفضل لأنظمة بيئية وأراض برية، وللحفاظ على التنوع البيولوجي، ولتبادل المعلومات والعاملين، ولتنسيق البحث الإيكولوجي والمراقبة على المستويين المحلي والعالمي.

### مفهوم حماية المحيط الحيوي



لجان قومية قد تجنح إلى أن تحتكر احتكارًا مسرفًا مشاركة بلدها، يضاف إلى ذلك أن ممثلي بعض البلدان في الهيئة الحاكمة قد يكونون حاصلين على مؤهلات علمية غير وافية. إلا أن هذه الخاطر يمكن التغلب عليها مهما كانت واقعيتها. إذ يجب أن تفضل البرامج ذات الأمد المحدد، وإذا ما كانت مفتوحة النهاية فينبغي أن تخضع لتقييم نقدي دوري. وينبغي على الهيئة الحاكمة والأمانة العامة تشجيع البلدان والعلماء المحليين على المشاركة الكاملة. وبطبيعة الحال ينبغي تأمين دعم مناسب للبلدان النامية لتمكينها من أكبر مشاركة ممكنة. وفي هذا الجال، يمكن لبعض مشروعات بين الحكومات أن تميل للتحرك بأبطأ الانطلاقات، لكن هذا ثمن يجب دفعه عندما تكون المشاركة العالمية مطلوبة.

ليس محتملا أن تضعف الحركة التي جعلت الحكومات تهتم اهتمامًا ناشطًا بالتعاون العلمي، وهذا الشيء ظهر واضحا- مؤخرًا، وبعد مفاوضات مضنية - في توقيع اتفاقيات عالمية بشأن موضوعات مثل التغير المناخي والتنوع البيولوجي، حيث سيعتمد كثير من القرارات الواجب اتخاذها على التقييمات العلمية للوضع مهما بلغت صعوبته واضطرابه. إن مطالبة البلدان النامية بحصة عادلة من التوصل إلى المعرفة العلمية ستزيد حتمًا، لأن هذه المعرفة تشكل القاعدة التي سيتم بموجبها الكثير من نقل التقانة المرغوبة. وفي هذا السياق لا بد من صيانة العلم والتدفق الحر للمعلومات والعلماء، مهما كلف الأمر. وعلى اليونسكو والمجلس العالي للاتحادات العلمية أن يضمنا الاستمرار في الانتباه إلى هذا عندما ينظمان المبادرات الجديدة في البحث التعاوني، التي يجب تطويرها في المستقبل، والتي ستتضمن في معظم الحالات، وبصرف النظر عن التسميات، المشاركة المباشرة أو غير المباشرة للحكومات. فمنذ ابتدائها، وفيما هي تواجه تنوع الثقافات والشروط الطبيعية ومستويات التنمية في العالم، اضطرت اليونسكو إلى أن تسأل نفسها كيف سيمكنها الوصول إلى الإجماع الفكري المطلوب لإحراز أهدافها التي هي فكرية بصورة غالبة. وقد أظهرت التجربة أن التعاون العلمي ميدان مثمر، ومفتوح نسبيًا، حيث يمكن الوصول إلى الغايات العملية التي هي أهداف المنظمة. ومنذ عام 1947 دعا الفيلسوف الفرنسي <مارتيان> إلى تبين "فكر عملي مشترك" باعتباره المحور الأقوى لعمل المنظمة. وبعد نحو 50 سنة من التجربة، نجد واضحًا أن البرامج العلمية لليونسكو تستجيب بنجاح لهذا التحدي.

- **ميشيل باتيس**: مهندس وفيزيائي فرنسي، أمضى معظم حياته المهنية مع اليونسكو حيث طوّر برامج تتعلق بالبيئة والموارد الطبيعية. وكان منسق "المشروع الرئيسي للأراضي الجافة" وفيما بعد منظم "العقد الهيدرولوجي الدولي" و "مشروع الإنسان والمحيط الحيوي". وقد طوّر بصورة خاصة مفهوم احتياطات المحيط الحيوي، وتقاعد من المنظمة مديرا عاما مساعدا للعلوم. وهو حاليا رئيس الخطة الزرقاء للبحر المتوسط، ومستشار أعلى لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP) واليونسكو.

# نموذج علم المحيطات

أولـــــــف لاي

إن تعبير"الشراكة" جديد نسبيًا في مفردات التعاون الدولي. وهي تعني المساواة والتواصل من طرفين إلى درجة أعلى بكثير مما تعنيه تعبيرات استخدمت سابقا مثل "نقل التقانة" أو "العون التقني". وهذا التغير في المصطلح ليس مجانيًا. فخلال العقد الأخير تبين بوضوح مطّرد أن المشكلات التي واجهها العالم، من منطلق التدهور البيئي ونقص الغذاء ونمو السكان ومشكلات الحرب، إنما تؤثر فينا جميعًا. وإن الجهود المبذولة لحل المشكلات وبالتالي لتفادي اضطراب وصراع هائلين، تتطلب شراكة حقيقية في تعاون دولي.

وكان الشعور بالحاجة إلى الشراكة قويا بصفة خاصة في ميدان علوم البيئة. إن الأنظمة الطبيعية للمحيط الحيوي والمحيط المائي والمحيط الهوائي (الجو) كلها تحكمها السيرورات الأساسية نفسها عبر العالم، وبالتالي فإن للتعاون العلمي وتبادل المعلومات فائدة متبادلة.

إن التعاضد في التعاون العلمي عامل قوي في بناء القدرة العلمية عبر العالم. وإن تبادل المعطيات العلمية والمعلومات يتطلب مقاييس مقبولة عالميًا في النوعية، وهذه بدورها مرتبطة بمستوى تدريب الطواقم وتوافر استخدام الآلات. وبالتالي، فإن الإسهام في تعزيز المقدرة العملية لجميع البلدان أمر ذو اهتمام مشترك.

## الشراكة وعلم المحيطات الدولي

إن فكرة الشراكة في التعاون العلمي لدراسات المحيط هي أمر طبيعي، بل في الحقيقة ضروري. إن المحيط متلامس، ومياهه تتعارم، ومهما احتوت من أشياء حية (السمك مثلا) والمواد غير الحية (الملوّثات مثلا)، فهي تتحرك بحرية عبر الحواجز السياسية. إن تأثيرات الإسراف في استغلال المخزون السمكي أو تلويث البيئة البحرية في البقاع الساحلية لأحد البلدان، ستكون محسوسة في المناطق الساحلية للبلدان المجاورة، وهذا هو سبب جلي للصراع.

في بداية القرن العشرين تطورت مصائد الأسماك بالمحيط تطورا سريعا في المياه الأوروبية، وتبين معها أن التعاون الدولي ضروري لتأمين المعطيات العلمية الضرورية دعما لصناعة المصائد السمكية (رول،1983). وقد أدى هذا إلى تأسيس "المجلس الدولي لاستكشاف البحار" (ICES) عام 1902، ومنذ عام 1964 أقيم المجلس على أساس معاهدة رسمية. ففي وقت تأسيسه كانت الدول الأعضاء في المجلس ثمانية بلدان أوروبية، في حين تبلغ العضوية اليوم ثمانية عشر بلدا من أوروبا وشمال أمريكا. ومع أن الهدف الأهم للمجلس الدولي هو القيام بدراسات علمية دعما لمصائد الأسماك، فقد غدا المجلس فيما بعد المنظمة الرئيسية لدراسات علوم البحار في منطقة شمالي الأطلسي. وللمجلس الدولي لاستكشاف البحار اليوم دور حاسم في صياغة سياسات مصائد الأسماك للدول الأعضاء وفي إدارة مخزونات السمك المشتركة في المنطقة.

كان المجلس الدولي لاستكشاف البحار أول منظمة تظهر الشراكة الناجحة بين الأمم في دراسات وإدارة المحيط وموارده، وهو مثل احتذي به في عدد من الدراسات التعاونية المتعلقة بالمحيط، التي كان لها مفعول رئيسي في تطوير العلوم البحرية.

## نموذج الحملة الدولية للمحيط الهندي

كانت الحملات الشهيرة في القرن التاسع عشر والنصف الأول من القرن العشرين حملات قومية في معظم الأحوال (رول،1983)، وسرعان ما اتضح بعد الحرب العالمية الثانية أن رؤية شمولية للمتغيرات الحيوية في المحيطات، من نوع التراكيب والتطبُّقات الحالية، لا يمكن الحصول عليها بوساطة عملية تقوم بها سفينة مفردة. لقد دعت الحاجة إلى دراسات تعاونية مع عدة سفن وفرق من العلماء العاملين معا لدراسة هذه الظواهر دراسة مثمرة.

وكان النموذج الأشهر لدراسة المحيطات دراسة تعاونية هو "الحملة الدولية للمحيط الهندي" (IIOE)، التي استمرت من عام 1959 حتى عام 1965. وقد تم اتخاذ المبادرة لأجل الحملة من قبل "اللجنة العلمية لشؤون البحث المحيطي" (SCOR) التابعة لـ "المجلس الدولي للاتحادات العلمية" (ICSU). فمن بين الأحواض المحيطية الرئيسية في

العالم، إضافة إلى البحار القطبية، كان المحيط الهندي، بخصائصه الطبيعية والكيماوية والبيولوجية والجيولوجية، شبه مجهول، مثله مثل البحارالقطبية،وقد تطلبت الدراسات الشمولية له جهودا متضافرة من قبل الجماعة الدولية لعلماء المحيطات.

لقد تم تصور "الحملة الدولية للمحيط الهندي" (IIOE) وتخطيطها، وتنفيذها إلى حد بعيد، من قبل مؤسسات علم المحيطات الرئيسية في العالم، وهيمنت عليها البلدان الصناعية. وعلى أي حال، فمن بين الأربعين سفينة المشاركة، كانت ثمة مراكب للهند وباكستان وتايلند وإندونيسيا، كما شاركت ستة أقطار أخرى من المنطقة في الدراسات (بيهرمان، 1981). وبسبب هذا اتسع مفهوم الشراكة في الدراسات العلمية البحرية ليشمل البلدان النامية، وأوضحت ذلك فعاليات تمت في العناصر البيولوجية للحملة.

كان واضحًا منذ لحظة الانطلاق مدى الإرهاق وعدم جدوى عملية شحن مجموعة كبيرة من المادة (العينات) البيولوجية، وبخاصة العوالق المائية النباتية الحيوانية، إلى مؤسسات علمية حول العالم لتصنيفها وتعريفها. لذلك جاء الاقتراح بتأسيس مركز تصنيف في المنطقة، حيث يتعاون العلماء والتقنيون المحليون مع علماء العوالق المائية في العالم لأجل تصنيف وتعريف وإحصاء محتويات العينات البيولوجية التي تحصل عليها الحملة. وتأسس مركز الحملة في كيرالا بالهند عام 1963، فغدا منذ ذلك الحين شعبة من المعهد القومي لعلم المحيطات في گوا. أما المركز البيولوجي للمحيط الهندي، ومعه اللجنة الهندية القومية لبحوث علم المحيطات، التي تأسست لتنسيق البرنامج الهندي للحملة (قاسم، 1982)، فكانا نواتين مهمتين في تنمية الهند كقوة رئيسية في بحوث علم المحيطات. وعلى نحو مماثل، فإن تطور علم البحار في بلدان المنطقة، مثل باكستان وتايلند وإندونيسيا، قد حفزته إلى حد كبير الشراكة العلمية التي سهّلتها الحملة الدولية للمحيط الهندي.

## لجنة الحكومات لعلم المحيطات

وكان للحملة هذه أثر كبير في الترتيبات الؤسساتية الخاصة بعلم البحار الدولي. وخلال مرحلة التخطيط لها، سرعان ما اتضح أن الحملات الواسعة النطاق لعلم المحيطات تطلبت مشاركة الحكومات، وأن "اللجنة العلمية لشؤون البحث المحيطي"، وهي منظمة غيرحكومية، لم تكن مناسبة جيدًا لإدارة البرنامج. وبتوصية من الجماعة الدولية لعلوم البحار، القائمة على تخطيط وتنفيذ الحملة الدولية للمحيط الهندي، أسست اليونسكو "لجنة الحكومات لعلم المحيطات" (IOC) في الجلسة الحادية عشرة لؤتمرها العام سنة 1960، بهدف: "معرفة المزيد عن طبيعة وموارد المحيطات عبر أعمال منسقة لدولها الأعضاء" (النظام الأساسي للجنة الحكومات لعلم المحيطات، المادة 1).

أنيطت بلجنة الحكومات مسؤولية إدارة الحملة الدولية للمحيط الهندي بدءا من 1961، وبدأت اللجنة بعضوية أربعين دولة، ومعظمها دول صناعية، لكن العضوية اليوم تبلغ 123 وتُهيمن عليها عدديًا البلدان النامية.

وعلى غرار الحملة الدولية للمحيط الهندي، وبتنسيق مع لجنة الحكومات لعلم المحيطات، تم تنفيذ سلسلة من الدراسات التعاونية في مناطق مهمة من المحيطات، مثل المحيط الأطلسي المداري (1963-1964) و كوروشيو والمناطق المجاورة (1965-1977) في المحيط الهادي الغربي، والكاريبي والمناطق المجاورة (1967-1976). وقد أسهمت هذه الدراسات، إلى حد كبير، في تطور العلوم البحرية في العالم، وأدت إلى تشكيل اللجان الفرعية الحالية التابعة للجنة الحكومات لعلم المحيطات، ومثيلتيها في البحر الكاريبي وفي المحيط الهادي الغربي.

## الشراكة في التعاون بموجب مواثيق دولية

ثمة تعاون دولي بموجب مواثيق تنظم البيئة البحرية، وهو أحدث عهدًا بكثير من التعاون العلمي، وذلك – ببساطة – لأن التلوث البحري لم يكن مشكلة جدية حتى الخمسينات. وكانت أول اتفاقية دولية لضبط التلوث البحري هي "الميثاق الدولي لمنع تلوث البحر بالنفط " عام 1952، ومعها تعديلات في عامي 1962 و 1969. وكان هدف هذا الميثاق هو منع تلوث البحر بالنفط الذي تفرغه البواخر، وقد تبعته مواثيق عالمية، مثل "ميثاق لندن لتفريغ النفايات" (ميثاق منع التلوث

البحري بتفريغ النفايات والمواد الأخرى) عام 1972، ومواثيق إقليمية مثل "ميثاق أوسلو" عام 1972 حول تفريغ مواد ضارة من السفن والطائرات، و"ميثاق باريس" عام 1974 حول منع التلوث البحري من مصادرموجودة على اليابسة. وهناك الآن مواثيق عديدة، عالمية وإقليمية، لحماية البيئة البحرية وضبط استغلال الموارد البحرية، مما كان له تأثير كبير في حالة البيئة البحرية ومواردها.

## ميثاق الأمم المتحدة حول قانون البحار

ثمة تاريخ طويل من الشراكة بين الأمم في الدراسات العلمية للمحيطات وفي التعاون الدولي لأجل حماية البيئة البحرية والاستعمال العاقل لمواردها. وقد توّج هذا التاريخ بالمؤتمر الثالث للأمم المتحدة حول قانون البحار، واستمر المؤتمر من عام 1973 إلى عام 1982. ولعل المفاوضات المطوّلة كانت في مثل أهمية الميثاق الناجم عنها بشأن تنمية العلوم البحرية في العالم (لاي، 1990). وكانت البيئة البحرية ومواردها في مقدمة جدول الأعمال السياسي الدولي ووسائل الإعلام، حيث شاركت جميع المنظمات الدولية الكبرى المسؤولة عن شؤون المحيطات، وغدا عدد كبير من الدول النامية مدركًا الحاجة إلى تنمية المقدرات القومية في علم البحار.

وُقّع ميثاق قانون البحار (UNCLOS) عام 1982، وهو محاولة لتأسيس تنظيم يضبط بصورة شاملة شؤون المحيطات الدولية. ويشير ثلث فقرات الميثاق تقريبًا، وعددها 320، إلى العلوم البحرية، وثمة توصيات قوية بالتعاون العلمي. وهكذا فالمادة 244 تنص بين أشياء أخرى على ما يلي:

> ..." بصورة إفرادية وبالتعاون مع دول أخرى أو مع منظمات دولية قديرة، ستطوّر الدول بشكل فعّال تدفق المعطيات والمعلومات العلمية ونقل المعرفة الناجمة عن البحث العلمي البحري وبخاصة إلى الدول النامية، وكذلك تقوية المقدرات الذاتية للبحث العلمي البحري في الدول النامية عبر برامج لتأمين تعليم وتدريب مناسبين لطواقمها التقنية والعلمية".

هكذا كانت المناشدة التي أطلقها ميثاق قانون البحار (UNCLOS) لأجل الشراكة في تقوية مقدرات علم البحار لدى الدول النامية.

إن أحد الأجزاء الأبلغ أثرًا من ميثاق قانون البحار هو تأسيس "المنطقة الاقتصادية المقصورة"، وتعني أن للجزيرة أو الدولة البحرية شرعية قانونية كاملة في مساحة المحيط على مدى مئتي ميل بحري من الخط الساحلي. وبذلك أمكن لعديد من الدول الصغيرة أن تضاعف زيادتها للمساحة الواقعة في ظل تشريعها القومي، وتمكنت بالتالي من القوصل إلى موارد بحرية متاحة. وبالنسبة لعدة دول نامية ساحلية فقد شكل هذا في الحقيقة أكبر نقل للموارد الطبيعية في التاريخ (ليندين، 1990)، وهي حقيقة قلما ينتبه إليها أحد.

إن للدولة الساحلية الحق (المادة 246) في "...ضبط وتخويل وإجراء بحوث علمية بحرية في المنطقة الاقتصادية المقصورة وعلى جرفها القاري..." وبالتالي منح أو منع الموافقة على بحث تجريه دول أخرى أو منظمات دولية. ويتطلب قرار الدولة الساحلية بشأن منح الموافقة أو منعها القدرة القومية على تقييم مشروعات البحوث المقترحة، بمعنى أن حدًا أدنى من الطواقم العلمية المدربة يجب توافره في كل دولة ساحلية. وهكذا كانت هناك حاجة إلى توسع كبير في المنشآت الخاصة بالتدريب والتعليم.

## الشراكة واللجنة العاملة للتعليم التدريبي والعون المتبادل TEMA التابعة للجنة الحكومات لعلم المحيطات (IOC)

أوضحت تجربة الحملة الدولية للمحيط الهندي أن البحوث الدولية أو العالمية الحقيقية تعتمد على المشاركة الفعالة من قبل جميع الدول التي لها مصالح بحرية. وكان واضحًا وضوحًا مماثلا أن الاختلالات الشاسعة في مستوى تطور علم البحار كانت عائقًا رئيسيًا لمزيد من التقدم، وكانت ثمة حاجة إلى العون التقني ونقل التقانة كي يقوم مستوى من المساواة اللازمة للشراكة في العلم. ولتوكيد أهمية بناء القدرة، أسست لجنة الحكومات لعلم المحيطات عام 1972 لجنتها العاملة للتعليم التدريبي والعون المتبادل (TEMA).

وكانت أهم مهامها، كما تصفها الفقرة 3 من "المصطلحات المرجعية"، هي:

"...نقل التقانة والعون التقني إلى الدول النامية الأعضاء في مجالات علوم البحار لشؤون المحيطات، لكي تقيم مقدراتها القومية للمشاركة التامة في البحرث المحيطية التي تهمها، بما فيها برامج لجنة الحكومات لعلم المحيطات وللوصول إلى الاعتماد على الذات في العلوم البحرية ككل...".

وهكذا بدا واضحًا منذ البداية أن هدف "لجنة التعليم التدريبي والعون المتبادل" (TEMA) كان ذا شقين: تمكين الدول الأعضاء من المشاركة الكاملة في بحوث المحيطات، وتحقيق الاعتماد الذاتي في علوم البحار.

خلال السبعينات وضع برنامج التعليم التدريبي والعون المتبادل في مقدمة فعاليات لجنة الحكومات لعلم المحيطات: عقدت اللجنة TEMA اجتماعات في عدة أقاليم من العالم لأجل مناقشة الحاجات والسعي إلى حلول مع الدول الأعضاء النامية؛ ثم طوّرت ونفذت برامج منح تعليمية وبرامج تدريبية أخرى، وبذلت محاولات لتأسيس نظام تمويل دائم لشؤون التعليم التدريبي والعون المتبادل: برنامج التعاون الطوعي للجنة TEMA.

منذ تأسيس "اللجنة العاملة للتعليم التدريبي والعون المتبادل" طورت لجنة الحكومات لعلم المحيطات IOC بنشاط برامج تدريب وعون مشترك، ولكن بنظرة استرجاعية إلى الأمر نجد أن التوقعات فاقت معدل تطور البرنامج. كان أحد الأسباب ، لسوء الحظ ، تزامن تأسيس TEMA مع بداية الضائقة الاقتصادية العالمية؛ فصارت تمويلات أنشطة TEMA محدودة أكثر؛ لكن السبب الأهم كان التغير السريع الذي طرأ على الوعي بأهمية المحيطات، الذي استحثه المؤتمر الثالث للأمم المتحدة حول قانون البحار. ونجم عن هذا الوعي الجديد زيادة سريعة في عضوية اللجنة IOC، وطلبات متزايدة لبرامج اللجنة TEMA.

ولتلبية الحاجة إلى برامج التدريب والتعليم طورت لجنة الحكومات لعلم المحيطات " الخطة الشاملة لليونسكو ولجنة الحكومات لعلم المحيطات" من أجل "برنامج عون رئيسي لتعزيز قدرة الدول النامية في علوم البحار". وكان هدف الخطة هو مساعدة الدول:

"... لتحقيق أهدافها القومية في الشؤون البحرية، و للإسهام في مجمل الإدارة والحماية القوميتين للمحيطات عبر أعمال منسقة في برامج علمية إقليمية أو عالمية..."

إن الخطة الشاملة – التي هي خطة استراتيجية بإطار زمني يبلغ عشرين عامًا – قد تبنتها الجلسة الثانية عشرة لجمعية لجنة الحكومات لعلم المحيطات عام 1982. وقد أرشدت الخطة أنشطة لجنة التعليم التدريبي والعون المتبادل ذات العلاقة منذ تبنيها، وطورت لجنة الحكومات خططًا عملية ملموسة على أساس الخطة الشاملة.

وعلى الرغم من الجهود المؤثرة التي بذلتها الدول والمنظمات الدولية لبناء قدرة علوم البحار، فالفجوة في المقدرة العلمية والتقانية بين الأمم النامية والمتطورة قد اتسعت في الحقيقة خلال العقود الأخيرة (لاي، 1992). فما بين عامي 1970 و 1983 ازداد عدد علماء البحار في البلدان الصناعية من 4900 إلى 14400 أي بنسبة 294% ، في حين بلغت الزيادة في الدول النامية من 800 إلى 3600 (450%). ومع أن معدل النمو في الدول النامية مؤثر فعلا، تظل الحقيقة قائمة وهي أن عدد العلماء الجدد المنضمين إلى جماعات العلوم البحرية في الدول الصناعية هو أكثر من ثلاثة أمثاله في البلدان النامية. فضلا عن هذا، فخلال العقود الأخيرة تمت تنمية سريعة جدًا في الاستخدام المتطور لآلات علوم البحار، التي لا يتسنى لعلماء البلدان النامية الوصول إليها إلا قليلا. فللحصول على الفائدة الكاملة للمشاركة في علوم البحار، من الضروري بذل جهود متزايدة بقوة لبناء القدرة في البلدان النامية.

## الشراكة والمستقبل

إن المسائل المرئيسية التي ستواجه الإنسانية في المستقبل القريب هي ارتفاع حرارة (احترار) الكرة الأرضية الممكن الذي يسببه إطلاق غازات الدفيئة (بيت زجاجي لزراعة النباتات) في الجو، وشبح النقصان الهائل للغذاء في

عالمنا والناجم عن زيادة السكان وتضاؤل الموارد الطبيعية. ولمجاراة المشكلات، ولتصميم الحلول السياسية الضرورية، فإن أمم المجتمع الدولي في حاجة إلى أفضل نصيحة ممكنة من العلماء. وهذه النصيحة يجب الحصول عليها في محيط عام وعالي وكذلك في إطار إقليمي معين. وهذا يتطلب تعاونًا دوليًا يوجهه مفهوم الشراكة.

إن للعلوم البحرية دورًا مهمًا تقوم به في دراسات تغير المناخ في كوكبنا، جزئيا لأن أنظمة المحيطات تضبط إلى درجة كبيرة تطور السيرورات الجوية، وجزئيا لأن تأثيرات ممكنة لارتفاع حرارة الكرة الأرضية، مثل ارتفاع مستوى البحر، قد تكون لها عواقب اجتماعية واقتصادية مهمة لجميع أمم المجتمع الدولي. بالتالي، فإن الدول الأعضاء في المنظمات الدولية، بما فيها لجنة الحكومات لعلم المحيطات، منهمكة بنشاط في تنظيم دراسات علمية وتقييم عواقب التغير المناخي. وبصفتها راعيًا مشاركًا لبرنامج بحوث المناخ العالي، مع المنظمة الدولية للأرصاد الجوية والمجلس الدولي للاتحادات العلمية، فإن لجنة الحكومات لعلم المحيطات تشترك في مشروع بحث علمي رئيسي هو "تجربة الدوران العالي للمحيطات" (WOCE)، الذي يهدف إلى قياس وفهم الدوران الواسع النطاق لكتل المياه المحيطية والعوامل المتحكمة فيها، وعلاقة ذلك بنظام مناخ كوكبنا.

وإضافة إلى هذا، تتعاون لجنة الحكومات لعلم المحيطات مع المنظمة الدولية للأرصاد الجوية ومع برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP)، في اتخاذ خطوات لتأسيس "نظام مراقبة المحيطات العالي" (GOOS)، الذي سيضبط حالة بيئة المحيطات ويؤمن معطيات لأجل القرارات الإدارية ومواردها.

وترتبط بمسألة التغير المناخي مسألة المقدرة المستقبلية على تلبية الطلب العالي للطاقة. فإذا افترضنا نقصًا مخيفًا في النفط والغاز، فمن المعقول لجوء بعض البلدان اضطرارًا إلى استغلال محروقات أحفورية أخرى، مثل الفحم أو الزيت الحجري. وربما عزز هذا التغير في مصادر الطاقة مفعول الدفيئة وسرّع عواقبها الوخيمة. وفي هذا السياق، ينبغي ألا ندخر وسعًا لاستقصاء إمكانية حشد الطاقة الكبيرة الممكنة في المحيطات. وهذا يتضمن طاقة الأمواج والمدّ والجزر، وبصورة خاصة الطاقة الممكن استخلاصها من المنحدر الحراري العمودي في المحيط (تحويل الطاقة الحرارية للمحيط).

إن دور المحيطات في إنتاج الغذاء لكوكبنا موضوع مهم آخر للتعاون الدولي المسترشد بمفهوم الشراكة. إن منظمة الأغذية والزراعة (FAO) قدرت أن إنتاج العالم من الأغذية عام 1985 كان سيلبي، إذا وزع بالتساوي، متطلبات ستة بلايين من سكان العالم، أي: سكان العالم الآن تقريبًا. وتوجد تكهنات مختلفة عن عام الوصول إلى عدد ثابت لسكان العالم. والسيناريو الأرجح، بحسب تقديرات الأمم المتحدة، هو عشرة بلايين نسمة عام 2050، واصلا في المآل إلى استقرارية تقارب 11.6 بليون نسمة. وعلينا أن نستنتج من ذلك أن إنتاج الغذاء في العالم يجب أن يتضاعف عن مستواه عام 1985 في نحو خمسين أو ستين عامًا، وذلك للمحافظة على النسبة الحالية بين إنتاج الطعام وحجم السكان. ويستبعد جدًا الوصول إلى هذا الهدف بالزراعة التقليدية وحدها، وبالتالي يجب أن يبذل كل جهد لزيادة محصولنا من المحيطات.

يسهم إنتاج الغذاء من المحيطات حاليًا بنسبة 5-10% من مجموع الاستهلاك العالمي. وقد قدّر كالاند <عام 1970 أقصى مردود سنوي ثابت من مجموعات الأسماك التجارية في العالم بنحو مئة مليون طن. وتظهر إحصاءات مسمكية حديثة أن مستوى الصيد ثابت الآن نسبيًا عند نحو 90 مليون طن في السنة. إن الزراعة البحرية تنمو، لكن معدل النمو يقصّر كثيرًا عن الحاجة في ضوء تضاعف سكان العالم خلال القرن القادم. وعلينا بالتالي حشد استطاعتنا العلمية العالمية نحو مناهج مبتكرة تجل مسألة إنتاجية المحيطات لكي نزيد مقدرة المحيطات على إنتاج الغذاء.

– **أولف لاي**: أستاذ العلوم البيئية ومدير مركز دراسات البيئة والموارد في جامعة بيركن بالنرويج. وهو عالم إيكولوجيا بحرية (بيئة بحرية) له العديد من الأبحاث المنشورة عن حيوانات القيعان المحيطية وحيوانات العوالق المائية والإيكولوجيا السمكية. كان عالم محيطات وأستاذًا مساعدًا للبحوث في جامعة واشنطن بسياتل في الولايات المتحدة ما بين عامي 1962 و 1970 قبل عودته إلى بيركن. وعمل ما بين عامي 1987 و 1991 رئيسًا للجنة الحكومات لعلم المحيطات (IOC) التابعة لليونسكو.

# التعاون من أجل التنمية

محمد عبد السلام

إن مسوِّغات إسهامي في هذا التقرير عن العلم في العالم هي انخراطي خلال السنوات الثلاثين الأخيرة في تكوين وإدارة مؤسسات علمية تخدم حاجات البلدان النامية. لقد كنت باستمرار مقتنعا أن العلم تراث البشرية جمعاء، وأنه على الرغم من كون التطورات الكبرى في العلم قد حدثت في أوروبا والعالم الجديد في القرون الأخيرة هذه، فليس ثمة أسباب تحول دون إسهام البلدان الفقيرة في العالم في تقدم العلم أو الاستفادة من ثماره. وقد أدركت فيما قمت به قدر أهمية المشاركة والتضامن في جميع مراحل مجهوداتي. لقد ساعدني أناس ذوو مواهب عظيمة - علماء وإداريون وموظفون دوليون ومسؤولون حكوميون ورؤساء دول - على تكوين عدة مؤسسات علمية في تريستا المدينة الإيطالية التي أعيش فيها معظم الوقت، وعلى تطوير شبكة عالمية من الأفراد والمؤسسات الذين يشاركوننا مُثُلنا. وسوف أبيّن في هذا المقال قيمة الشراكة في المشروع العلمي على نحو ما عشتها.

لقد ازدهر العلم في عدة فترات من التاريخ البشري وفي عدة أجزاء من كوكبنا، أولاً في اليونان القديمة (بما فيها مصر وجنوب إيطاليا وتركيا وسوريا) وبعدئذ في الصين والهند وبلاد فارس والوطن العربي وتركيا وأفغانستان حتى 1100 بعد الميلاد، عندما بدأت أوروبا في الظهور على المشهد العلمي. وفقط بعد 1450 أخذت البلدان التي نسميها الآن العالم الثالث بالتراجع إزاء أوروبا.

في هذه الأيام تتحقق الإنجازات العلمية في العالم الغربي واليابان بصورة رئيسية. وقد صارت ممارسة العلم مكلفة، وبخاصة ما يسمى العلم الكبير، مثل دراسة البنية النهائية للمادة، وهي ما يجري دراسته بوساطة مسرّعات كبيرة للجسيمات مقامة في الولايات المتحدة وفي (المنظمة الأوروبية للبحث النووي CERN) في جنيف، أو دراسة الفضاء. وإن تكاليف مشروعات كهذه مرتفعة ارتفاعا لا تستطيع تحمله لوحدها مجموعة صغيرة من البلدان؛ فعليها أن تساهم في صندوق مشترك، وتجمّع جهود علمائها ومهاراتهم. وكذلك يمكن للتجهيزات في ميادين علمية أقل بروزا أن تكون مكلفة أيضًا. فمثلاً، يمكن لتجهيزات الضغط العالي، اللازمة لدراسات الحفز في الكيمياء، أن تساوي عدة ملايين من الدولارات، فضلا عن الحواسيب السريعة اللازمة للأرصاد الجوية والبحث المناخي. ولقد أُنجز تقدم مشهود في الغرب بسبب الوفرة الاقتصادية التي أعقبت تفوقه في التقانة والإنتاج والتنظيم الإداري، وبسبب الإرادة السياسية للحكومات التي تجلّت في دعمها إما (للعلم الكبير) بأسلوب تعاوني مع الأمم الأخرى، وإما للبحث العلمي المحلي في الجامعات أو المؤسسات المتخصصة. وينبغي أيضا ملاحظة أنه على الرغم من أن التقدم في العلم يمكن إحرازه عبر اختراقات يقوم بها أفراد عمالقة، فإن تقدمات في البحث العلمي يمكن أيضًا ردّها إلى التعاون الذي يقوم بين أفراد فريق من العلماء مكوّن من دستة (دزينة) أو حتى من مئات منهم.

إن العلم أيضا هو مسألة أعداد. فعدد العلماء المنخرطين في البحث العلمي قد ازداد زيادة كبيرة منذ نهاية الحرب العالمية الثانية. وبحسب إحصاءات اليونسكو، ففي عام 1990 كان لدى البلدان المصنعة 3600 عالم ومهندس منخرط في البحث العلمي، وفي البحث والتطوير، في كل مليون من السكان، وتأتي في المقدمة اليابان وإسرائيل بعدد 5500. ومن ناحية أخرى، يختلف المشهد الشامل للعلم في البلدان النامية اختلافا تاما من وجهة النظر الكمية. فككل، يمكن للعالم الثالث أن يجمع فقط نحو 200 عالم ومهندس في كل مليون من السكان. فالفجوة بين الشمال والجنوب مفزعة من وجهة النظر هذه، مثلما هي من الوجهة الاقتصادية ومستوى الحياة.

ففيما عدا البلدان الكبيرة مثل الهند والبرازيل والأرجنتين وقليل غيرها، ليس لدى أي بلد عدد من العلماء يكفي للوصول إلى "الكتلة الحاسمة"، وهي عدد الباحثين الذي لا يمكن لهؤلاء بأقل منه التوصل إلى نتائج مهمة على أساس استمراري من خلال عملهم الشترك، وتعاونهم مع زملاء داخل بلدهم أو خارجه.

وفي العهد الاستعماري، لم يكن لدى ما يعرف الآن بالعالم النامي، قاعدة علمية باستثناء أشخاص قليلين مرموقين، مثل < بوز> Bose ورحمن في الهند. وعندما غدت

معظم بلدان هذا العالم مستقلة في الستينات، تعين على هذه البلدان أن تنطلق من نقطة الصفر عمليا للبدء في التعليم العالي والبحث العلمي.

وفي تلك الأيام بالذات بدأتُ بالتمعن في حاضر العلم ومستقبله، في بلدي وفي البلدان النامية الأخرى. وإذ عدت إلى وطني باكستان بعد حصولي على الدكتوراه في الفيزياء النظرية من كمبردج، وبعد فترة بحوث في معهد برنستون للدراسات المتقدمة، بدأت بالتعليم في كلية لاهور الحكومية. وقد وجدتني في هذا الوقع معزولا عزلة بائسة. فلكوني آنذاك الفيزيائي النظري الوحيد في البلاد، لم يكن قريبًا مني من أتحدث إليه أو أناقشه أو أشاطره الأفكار. وكان المناخ الجامعي فاقدا لكل حافز. وبعد ثلاث سنوات أدركت أن مكوثي فترة أطول لن يكون له معنى؛ فقد يتدهور عملي ويضيع هباءً ما أنجزته في الفيزياء، ولن أكون مفيدا لبلادي. وقررت كارهًا، أن أعود إلى كامبردج لأنضم إلي العديد من الآسيويين والأمريكيين اللاتينيين الذين اختاروا قبلي الهجرة إلى مؤسسات بحوث شمالية أكثر تحفيزا. أبحرت عائدا إلى أوروبا، مصمما على اختراع شيء أقدمه لرجال ونساء البلدان النامية، الذين واجهتهم معضلة البقاء في وطنهم والوت وظيفيا أو الهجرة شمالا والعيش في جو من التنافس العلمي. ومنذ ذلك الحين، انقسم برنامج عملي إلى قسمين، أحدهما للبحوث والآخر للتفكير في طرق لمحاربة هجرة الأدمغة ومساعدة علماء الجنوب النامي على الكشف عن مواهبهم كافة. بعدئذ انتقلت من كامبردج إلى (إمبيريال كوليج) في لندن، حيث تأسس فيها قسم الفيزياء النظرية عام 1957.

وخلال هذه الفترة كلها حلمت بمكان يعمل فيه معا منظّرون من البلدان النامية والصناعية في بيئة بحثية حافزة وبجوار مكتبة جيدة لن يحتاج إليها ومع تسهيلات حاسوبية طيبة. وبدأ هذا الحلم بالتحقق عام 1960، عندما اقترحت تكوين (مركز دولي للفيزياء النظرية ICTP)، باعتباري ممثل حكومة باكستان في المؤتمر العام لوكالة الطاقة الذرية الدولية IAEA في فيينا. وكانت تلك خطوة أولى نحو حركة واسعة للشراكة بين المنظمات والحكومات والأفراد. وبعد إقامة المركز الدولي للفيزياء النظرية، وجهت جهودي نحو تكوين (أكاديمية العالم الثالث للعلوم TWAS) و (شبكة العالم الثالث للمنظمات العلمية TWNSO). كذلك ألهم نموذجُ المركز الدولي إقامةَ (المركز الدولي للهندسة الوراثية والتقانة الحيوية) الذي له مقران أحدهما في تريستا والآخر في دلهي، عام 1983.

## المركز الدولي للفيزياء النظرية في تريستا

بالنسبة لوكالة الطاقة الذرية الدولية، كان تكوين مركز على نحو ما تخيلت اقتراحا غريبا في تلك الأيام. وفي حين لقي الاقتراح دعما متحمسا من قبل الدول النامية، لقي لا مبالاة من البلدان الصناعية، باستثناء الاتحاد السوفييتي السابق والدنمارك وإيطاليا. وقد قام فيزيائيون بارزون بالدراسات التحضيرية، وبموجب توصياتهم عقدت حلقة نقاشية عالية في صيف عام 1962، داخل مبنى ملحق بقصر ميرامار في تريستا. وبرهنت الحلقة على كونها أرضية اختبارية ناجحة للمركز الجديد. وأخيرا، وبعد مناظرات عديدة بين هيئة حكام وكالة الطاقة الذرية والمؤتمر العام، أقيم المركز الدولي في مقر مؤقت في تريستا بإيطاليا، وبميزانية بلغت 000 300 دولار أمريكي من الحكومة الإيطالية و000 55 من وكالة الطاقة الذرية و 000 20 من اليونسكو.

لقد تلقينا عروضا لاستضافة المركز الدولي من عدة بلدان، لكن عرض الحكومة الإيطالية والسلطات المحلية في تريستا كان الأكثر جاذبية نسبيًا. فإضافة إلى الإسهام في تشغيل المركز، تضمن العرض تقديم بناية جديدة (صارت جاهزة عام 1968) وتزويد مكتبتها تزويدا أوليًا بالكتب والمجلات العلمية. كما زودتنا السلطات الإيطالية فيما بعد بدار للضيافة تتسع لئة شخص (1983) ومكنتنا من مضاعفة سعة المبنى الأول عام 1989. وفي جوار المبنى الرئيسي يجرى حاليًا إقامة مبنى ثالث سيتسع لجميع خدمات المركز، وهو ممول أيضا من الحكومة الإيطالية.

لقد انطلق المركز الدولي بسرعة كمركز متميز لبحوث متعددة التخصصات. وقد تم نشر نتائج بحوث باهرة في فيزياء الطاقة العالية وفي فيزياء *البلازما* (*مصل الدم*) خلال أول شهر من وجود المركز الجديد. وقد أغرى المركز فيزيائيين بارزين من الدول المتقدمة للعمل فيه حيث يتيح لهم فرصًا لمناقشة خبراتهم

مع زملاء من العالم الثالث، ويمكّنهم من مساعدة الذين يحتاجون إلى استشارتهم. وفي أيام الحرب الباردة تلك، عمل منظّرون من الاتحاد السوفييتي مع اختصاصيين من الولايات المتحدة وأوروبا الغربية طوال نحو عامين في فيزياء الاندماج والپلازما – وهو حقل مصنف [1] منذ عهد بعيد. لقد ترسخت سمعة المركز منذ نشأته.

وإن الشرط الضروري ليكون المركز مفيدا لعلماء العالم الثالث قد تحقق أيضا. فمنذ ولادة المركز، تمّ تطوير وسائل تساعد الفيزيائيين من العالم النامي على مقاومة إغراء الهجرة إلى مؤسسات جذابة في البلدان الصناعية، وعلى التدرّب في أعلى مستوى ممكن من حقول البحث التي لا تتوافر فرص تناولها في أوطانهم.

إن نظام الزمالة هو أولى هذه الوسائل. إن العضو الزميل للمركز هو فيزيائي أو رياضياتي ينتمي إلى بلد نام ويعيش فيه، وقد حقق نتائج مهمة في تخصصه العلمي. ولزميل المركز الدولي للفيزياء النظرية الحق بموجب تعيينه بزيارات دورية إلى المركز على مدى ست سنوات.

ومن حيث البدأ، يقوم الزملاء بثلاث زيارات من هذا النوع، لا تقل الواحدة منها عن ستة أسابيع ولا تزيد على ثلاثة أشهر؛ كذلك يمكن تمديد هذه التعيينات لتزيد على ست سنوات، لكن أسبابا تتعلق بالميزانية تفرض حدودا عملية على عدد التمديدات، لاسيما أن قائمة الطلبات كبيرة جدا. ويستفيد الزملاء لدى وجودهم في المركز من جميع التسهيلات التي يوفرها لهم مثل المكتبة والاتصالات العلمية والاحتكاك بالزملاء الآخرين، وما قد يحتاجون إليه من تسهيلات حاسوبية. ولا يقع عليهم أي التزام سوى التزامهم ببحوثهم. وهذه الإمكانية المضمونة لإنعاش المعرفة وجمع الأفكار التي سيتم نضجها وتطويرها من قبل الزميل المعني في مؤسسته الوطنية قد أثبتت أنها رادع فعال ضد هجرة الأدمغة. كما يمكن تعيين زملاء سابقين ذوي إنجازات مرموقة كزملاء شرف. وبوسع هؤلاء استعمال مبلغ محدد يوضع تحت تصرفهم خلال خمس سنوات من أجل زيارات قصيرة للمركز عندما تغطي مصادر أخرى نفقات سفرهم.

ومن أجل العلميين الناشئين أو الأقل خبرة علمية أقام المركز دورات تدريبية عالية المستوى – مبدئيا في فيزياءالنواة والمادة المكثفة – وترتيبات مشتركة التكاليف مع المؤسسات العلمية، معروفة باسم "**اتفاقية اتحادية**"federation scheme. وتعطى للمؤسسات "المتحدة" فرصة إيفاد علمييها الشبان إلى المركز الدولي لفترة تتراوح ما بين 40 و120يوما في العام، بحسب البعد الجغرافي للمؤسسة عن تريستا. وتستخدم هذه الزيارات للمشاركة في ورشات البحث أو في مقررات دراسية أو للقاء الخبراء أو لجمع المعلومات والبيانات (المعطيات) العلمية من مكتبة المركز أو لاستخدام التسهيلات الحاسوبية، عندما لا تكون هذه متوافرة في أوطانهم. ويتحمل المركز تكاليف إقامة هؤلاء العلميين، وبشكل عام تغطي مؤسساتهم الوطنية نفقات سفرهم.

وفوق ذلك، تؤمن هذه الترتيبات، التي تجدد سنويًا للمؤسسات المتحدة ضمان الاتصال المستمر بمركز أبحاث نشيط، وبالتالي توفر هذه الترتيبات لتلك المؤسسات فرصًا لترسيخ وتحسين مستويات أبحاثها. وبعض هذه المؤسسات (عشرون حاليًا) قد منح وضعًا خاصًا اعترافا بإنجازاته العلمية. وإن المراكز التي تعرف باسم " **المراكز المؤتلفة** " affiliated centres تمنح 20 000 دولار سنويًا لمدة خمسة أعوام لمساعدتها على تحسين إمكاناتها البحثية.

في عام 1970 تمت رسميًا مشاركة اليونسكو في إدارة المركز الدولي للفيزياء النظرية، عبر اتفاقية مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية. ومن خلال شراكة اليونسكو تمكن المركز الدولي من توسيع فضاء فعالياته إلى أبعد من المجالات التي فوض بها من قبل الوكالة الدولية للطاقة الذرية؛ تلك المجالات والتخصصات المطلّة عمومًا على الاستخدام السلمي للطاقة النووية. وهكذا أضيفت عبر السنين موضوعات جديدة إلى منهاج المركز الدولي. وفي العقد الأخير، نظّم المركز سنويًا ما بين 40 و 50 دورة رفيعة المستوى وورشات بحث ومؤتمرات حول موضوعات تتضمن **الفيزياء الأساسية**( فيزياء الطاقة العالية وفيزياء الجسيمات والنسبية وعلم الكون (الكوسمولوجيا) وفيزياء الكواكب)، وفيزياء المادة المكثفة (فيزياء الحالة الصلبة والفيزياء الذرية وفيزياء الجسيمات و**ميكانيك المواد** والميكانيك الإحصائي) والرياضيات والفيزياء والطاقة (فيزياء نووية و**فيزياء**

(١) تحفظ معلوماته بسرية تامة

**الانشطار والبلازما وفيزياء جبلّة الدم** والطاقة غير الاعتيادية) والفيزياء والبيئة [**الجيوفيزياء (فيزياء الأرض)** وعلم المناخ والأرصادالجوية وفيزياء المحيطات والجو والتصحر والتربة] وفيزياء الحالة الحية (فيزياء الأعصاب والفيزياء الأحيائية والطبية) والفيزياء التطبيقية (معالجات مكروية، اتصالات، ألياف ضوئية، ليزرات، موصلية (ناقلية) فائقة، وفيزياء الحوسبة) وتعليم الفيزياء. وتضم الدورات والورشات ما بين 60 إلى 80 مشاركًا من البلدان النامية، وتستمر أربعة أسابيع وسطيًا. وهي مصممة لتنقل هؤلاء المشاركين من المعارف الأساسية في الموضوع المطروح إلى قضايا ومسائل تتعلق بالحالة الراهنة للعلم، مع أنشطة عملية مصاحبة يقوم بها هؤلاء المشاركون بأنفسهم، في مخابر المعالجات المكروية والليزر والألياف الضوئية والموصلية الفائقة عند الحرارة العالية، أو باستخدام حاسوب صغير خاص بالمركز إضافة إلى الحواسيب الشخصية العديدة المتوافرة فيه.

وعمومًا فإن دورات وورشات المركز الدولي للفيزياء النظرية تلبي حاجات الباحثين النظريّين؛ أما بالنسبة للتجريبيين منهم فقد دشّن المركز برنامج تدريب على البحث في المخابر الإيطالية عام 1983. وفي البداية قامت "الدائرة الإيطالية للتعاون من أجل التنمية" بتمويل هذا البرنامج الذي يمكّن ما بين 70و80 باحثًا من العالم الثالث أن يقضوا كل عام ما بين عدة أشهر وسنة في المخابر الأكاديمية أو الصناعية القائمة في إيطاليا. إن "المعهد القومي الإيطالي للفيزياء النووية "(INFN) و"المجلس القومي للبحوث" (CNR) و "الإدارة القومية للطاقة والبيئة"(ENEA) تمنح زمالات إضافية في مخابرها وهناك 300 مخبر على استعداد لاستقبال الزملاء.

وينبغي على علماء العالم الثالث أن يحرزوا الثقة بالنفس، كما ينبغي تشجيعهم على إقامة جماعات علمية في بلدانهم ومناطقهم الجغرافية. ولهذه الغاية أقيم (مكتب الفعاليات الخارجية) عام 1985 ليؤمن المساعدة المالية والفكرية من أجل تنظيم الدورات والورشات والمؤتمرات وحلقات تعليم العلوم، وفي تنظيم زيارات العلماء للبلدان النامية نفسها. ويقدم كل عام نحو مئة منحة لهذا الغرض.

في السنوات العشر الأخيرة تمّ إلى حد كبير تدعيم الأبحاث في المركز الدولي للفيزياء النظرية. ويضم الآن العديد من الباحثين الكبار بعقود طويلة الأمد في كل من مجالات الطاقة العالية المكثفة وفيزياء البلازما والرياضيات. وقد أوكلت إليهم مهمة توجيه العلميين حملة الدكتوراه، ومشاركة زوارٍ للمركز في مساعدة علميين آخرين مثل الباحثين المشاركين. كما يقومون في التدريس في برامج حديثة العهد لدبلومات الدراسات العليا في الفيزياء والرياضيات.

يرحب المركز كل عام بأربعة آلاف علميّ من العالم الثالث ومن البلدان الصناعية، حيث يمكث علميّو العالم الثالث فترة تبلغ في المتوسط خمسة أسابيع، أما الآخرون فيمكثون نحو عشرة أيام. وكل عام يتم نشر ما ينوف عن 300 ورقة علمية يقدمها موظفو المركز وزواره. ومنذ عام 1964، بلغ العدد الكلي للعلميّين من الدول النامية الذين اشتركوا في قسم من فعاليات المركز المختلفة 35 000 من بين ما مجموعه 50 000 زائر. إن نجاح المركز وتأثيره في ظووف البحث في العالم الثالث عائدان إلى الشراكة الحميمة بين المنظمات الدولية (اليونسكو و الوكالة الدولية للطاقة الذرية) والحكومة الإيطالية (التي تؤمن 90% من الموارد المالية للمركز) ومنظمات أخرى مثل "الوكالة السويدية للتنمية الدولية"(SIDA) وسلطات تريستا المحلية والجماعة العلمية الدولية ككل.

وقد عقدت مؤخرا اتفاقية ثلاثية بين حكومة إيطاليا واليونسكو والوكالة الدولية للطاقة الذرية تخول لليونسكو الرقابة الإدارية على المركز وتنتظر هذه الاتفاقية أن تتم الموافقة عليها من قبل البرلمان الإيطالي.

وللأسف، ظل المركز بشكل جوهري مشروعًا منفردًا. فعلى حدّ علمنا لا يوجد حتى الآن مركز آخر يقوم على النطاق نفسه ويضاهي المركز الدولي للفيزياء النظرية، باستثناء واحد قيد الإنشاء في الولايات المتحدة الأمريكية.

## أكاديمية العالم الثالث للعلوم

يجب على علماء العالم الثالث توحيد جهودهم. فبغير هذه الوحدة لا يستطيع العلم في الدول النامية أن يؤكد

نفسه في عملية تعميم العلم والتقانة التي نشهدها الآن. لقد ناقشتُ عام 1981، وفي ذهني هذا الهدف، فكرة تكوين أكاديمية علوم للعالم الثالث مع زملائي في الأكاديمية البابوية. وبعد عامين (في الشهرين 7/8 1985) تأسست أكاديمية العالم الثالث للعلوم، ودشنها رسميا الأمين العام للأمم المتحدة خافيير بيريز دي كويلار.

إن الأهداف الرئيسية لأكاديمية العالم الثالث للعلوم هي الاعتراف بالبحوث العلمية المتميزة ودعمها، تلك البحوث التي ينجزها علميّون أفراد من العالم الثالث، وتوفير الظروف الملائمة للعلميين الواعدين في البلدان النامية لتقدم أبحاثهم وتعزيز الاتصالات العلمية بين القائمين على البحوث في البلدان النامية ومع الجماعة العلمية العالمية، وتشجيع البحث العلمي حول المشكلات الرئيسية في العالم الثالث.

وفي الوقت الحاضر تضمُّ الأكاديمية 311 عضوًا من 54 بلدًا ناميًا، بينهم تسعة حاصلين على جائزة نوبل وأصولُهم من العالم الثالث. إن الأكاديمية منظمة غير سياسية وغير ربحية. وقد صارت زميلا علميًا مشاركًا "للمجلس الدولي للاتحادات العلمية" (ICSU) عام 1984، ومنحت رتبة الرسمية N.O من قبل "مجلس الأمم المتحدة الاقتصادي والاجتماعي" (ECOSOC) عام 1985. ومنذ 1991 صارت اليونسكو مسؤولة عن الإشراف الإداري على الأكاديمية. إن ميزانية الأكاديمية تعادل عُشر ميزانية المركز الدولي للفيزياء النظرية، ومع ذلك فقد دشنت الأكاديمية بنجاح عدة برامج على هدي أهدافها. وهذه البرامج تتضمن:

- منح مكافآت (بقيمة عشرة آلاف دولار أمريكي) في البيولوجيا والكيمياء والرياضيات والفيزياء والعلوم الطبية لأفراد علميّين من البلدان النامية لهم إسهامات بارزة في تقدم كل من هذه الحقول.
- منح جوائز لعلماء شبان من البلدان النامية. وفي هذا المضمار تقدم الأكاديمية مساعدة مالية.
- تقديم منح بحوث، بحد أقصى قدره خمسة آلاف دولار أمريكي، للبحث في مجالات علمية واعدة ومشروعات قيد التنفيذ في العالم الثالث.
- تأمين قطع الغيار للمعدات والأجهزة العلمية للمخابر التي تحتاج إليها (لا يزيد أيها على خمسة آلاف دولار أمريكي).
- منح "زمالات جنوب/جنوب" تؤمن تغطية نفقات السفر لزيارة المؤسسات العلمية في العالم الثالث لفترة دنيا هي أربعة أسابيع، في حين تتحمل نفقات المعيشة الجهة المحلية. وقد قامت الحكومات والمنظمات العلمية في الدول التالية باتباع هذا البرنامج: وبما يزيد على 200 زيارة، الأرجنتين والبرازيل وتشيلي والصين وكولومبيا وغانا والهند وجمهورية إيران الإسلامية وكينيا وجمهورية كوريا الشعبية الديمقراطية ومدغشقر والمكسيك والفلبين وسوريا وفنزويلا وفيتنام وجزر الهند الغربية وزائير. فضلا عن ذلك، فقد دشنت أكاديمية العالم الثالث للعلوم والأكاديمية الصينية للعلوم برنامج زمالة لتدريب العلماء الشبان من بلدان العالم الثالث في المخابر الصينية لمدد تتراوح ما بين شهر وسنة. وتوصل "مجلس البحث العلمي"(CSIR) في الهند إلى ترتيب مماثل مع الأكاديمية، ويتضمن زمالة للدراسات العليا.
- دعم الاجتماعات الدولية في البلدان النامية على شكل منح سفر للمحاضرين القادمين من خارج البلد الذي ينعقد فيه الاجتماع و/أو المشاركين من المنطقة. وتدور هذه الاجتماعات حول الزراعة والكيمياء الحيوية والتقانة الحيوية والكيمياء والجيولوجيا والهندسة وعلم الطب.
- تنظيم برنامج محاضرات مشترك يدار بالتعاون مع المجلس الدولي للاتحادات العلمية واليونسكو ومجلس الكومنولث للعلم (CSC)، ويوفر هذا البرنامج لعلميي الدول النامية فرص مناقشة بحوثهم والتعاون مع زملاء بارزين من بلدان أخرى.
- تنظيم برنامج زمالة مشترك مع اليونسكو يمكّن العلماء من البلدان النامية من العمل في مخابر علم الأحياء الجزيئية كجزء من مشروع الجينوم البشري. إن هذه المخابر المستقبلة، المقامة في الدول المتقدمة، تؤمن للزملاء الزائرين تدريبًا عامًا في التقنيات التحليلية

للبيولوجيا الجزيئية، مع تشديد خاص على الطرائق الضرورية من أجل الترتيب التتابعي للجينوم البشري.

- إيصال الكتب والمجلات التي يتبرع بها أفراد ومؤسسات من العالم الصناعي إلى المكتبات العلمية في العالم الثالث.

تعقد الأكاديمية مؤتمرًا عامًا كل عامين، وقد استضافت المؤتمر الأخير حكومة دولة الكويت في تشرين الثاني/نوفمبر 1992. وإضافة إلى مناقشة أعمال الأكاديمية توفر المؤتمرات العامة فرصة لالتقاء الأعضاء وتفاعلهم، ولتقديم جوائز الأكاديمية وعقد حلقات واجتماعات مختصة بواحدة من القضايا العلمية التقانية المطروحة في منطقة انعقاد المؤتمر. وقد عقدت المؤتمرات العامة السابقة في تريستا عام 1985، والصين عام 1988، وفنزويلا عام 1990.

## شبكة المنظمات العلمية في العالم الثالث

تتعاون أكاديمية العالم الثالث للعلوم مع المكتب المركزي لشبكة المنظمات العلمية في العالم الثالث TWNSO وتستضيفها، وهي شبكة تضم 26 وزارة للعلوم والتقانة و 39 أكاديمية علمية و 42 مجلسًا علميًا و 20 منظمة أخرى من 69 بلدًا ناميًا. وقد أنشئت الشبكة TWNSO عام 1988 من أجل تحقيق الأهداف التالية:

- تشجيع تخصيص موارد مناسبة للعلم والتقانة من قبل حكومات الجنوب.
- تعزيز تكامل العلم والتقانة في خطط التنمية القومية لبلدان العالم الثالث.
- زيادة مساهمة الجنوب وانخراطه في مشروعات علمية عالمية وبرامج رائدة في العلم والتقانة.
- تعزيز تطوير البرامج التعاونية بين مؤسسات البحث في المجالات العلمية التقانية والبيئية التي لها أهمية حاسمة في تنمية الجنوب.
- اكتشاف وتشجيع الابتكارات العلمية والتقنية ذات الفائدة المؤكدة لتنمية الجنوب اقتصاديًا واجتماعيًا.

تمنح الشبكة جائزتين سنويتين في الزراعة والتقانة (1000 دولار أمريكي لكل منهما) إلى معاهد أو أفراد قدموا ابتكارات علمية وتقنية ساعدت على إيجاد حلول مهمة مستدامة لمشكلات العالم الثالث، وتؤمن دعمًا ماليًا لأعضائها من أجل منح جوائز سنوية لترقية الفهم العام للعلم. فضلا عن هذا، فالشبكة تطبع كتابًا سنويًا يقدم معلومات عن برامج أعضائها، وتعدّ الآن قائمة بالبحوث والمعاهد العلمية المتميزة. وقد أسست مكاتب إقليمية للشبكة في إفريقيا (لاغوس بنيجيريا) والمنطقة العربية (تونس) وأمريكا اللاتينية والكاريبي (المكسيك) وآسيا والمحيط الهادي (كوالالمبور بماليزيا). وثمة فرعان في المملكة المتحدة والولايات المتحدة يقومان بتأمين الاتصال بين الشبكة والمؤسسات العلمية في البلدان الصناعية.

## المركز الدولي للعلم والتقانة العليا

لقد قطع المركز الدولي للفيزياء النظرية شوطًا بعيدًا في تدريب الشباب في المجالات العلمية البحتة والتطبيقية، ومع ذلك توجب إيجاد نمط آخر من مؤسسات التدريب والبحث العلمي كي يزداد انخراط الدول النامية في التقدم التقاني. فالتقانة، وبخاصة تلك التي لها مضمون علمي رفيع المستوى، كما هي الحال في تقانات الاتصالات والليزر والصناعات الصيدلانية وصناعة الواد الجديدة، هي مصدر ثروة لتلك البلدان التي تتقنها. وبالطبع، يمكن لتدريب العلميين والمهندسين في هذه الميادين أن يتم في مؤسسات البلدان المتقدمة، لكن مجازفة "هجرة الأدمغة" في هذه الحالة ستكون قوية جدا بالنسبة للمتدربين بهذه الطريقة، وذلك بسبب عوامل الجذب المنبثقة عن الظروف الاقتصادية التي توفرها الصناعات المحلية.

لذلك فقد وضعتُ تصورًا لمكان يستطيع فيه علميّو العالم الثالث أن يتدربوا على البحث في مجالات تقع على الحدود المشتركة بين العلم البحت وبين البحث والتطوير الصناعيين في ظل منظمة تابعة للأمم المتحدة. وقدمت اقتراحي لإنشاء مركز جديد في تريستا إلى وزير الشؤون الخارجية الإيطالية في الشهر 2/ 1988. وبعد أربعة أشهر قدمت الحكومة الإيطالية التمويل اللازم للقيام بدراسة جدوى

المشروع، وقد تمت هذه الدراسة بإشراف "منظمة الأمم المتحدة للتنمية الصناعية" (UNIDO ) كوكالة منفذة، وبالتشاور مع علماء مرموقين من البلدان النامية وإيطاليا وبلدان صناعية أخرى (وكان من بين هؤلاء ثلاثة من الحاصلين على جائزة نوبل:<A.K. مولر> من سويسرا و<M.K. زيگبان> من السويد و <K. فون كليتزينگ> من ألمانيا). وقد وفرت الحكومة الإيطالية تمويلا لمشروعات البحوث الرائدة، متبعة في ذلك التوصيات التي صيغت أثناء دراسة الجدوى. وقد بدأت المرحلة الثانية عام 1990، وركزت البرامج على ثلاثة مجالات رئيسية: الكيمياء البحتة والتطبيقية، التقانة العالية والمواد والأدوات الجديدة، وعلوم وتقانات الأرض والبيئة والبحار.

لقد أنشئت ثلاثة معاهد دولية مقابل هذه المجالات، وهي حاليًا تشكل معًا "المركز الدولي للعلم والتقانة " (ICS). إن للمعهد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية مسالك بحثية في التفاعلية والجزيئات الكبرية (الماكروية). ويغطي المعهد الدولي للتقانة العالية والمواد الجديدة أربعة مسارات بحثية: علم الفوتونات، المواد المركبة، الموصلات الفائقة وأشباه الموصّلات. أما المركبة الثالثة للمركز الدولي ICS، وهو المعهد الدولي لعلم وتقانات الأرض والبيئة والبحار، فلديه مسالك بحثية تتعامل مع تغير المناخ العالي والتفاعلات الإيكولوجية والاستكشاف الجيوفيزيائي، ومع علوم وتقانات البحار وإدارة الأصقاع الساحلية.

وتُجرى البحوث في المركز ICS في مخابر مؤقتة مقامة إما في المركز الدولي للفيزياء النظرية في حرم جامعة تريستا وفي منطقة البحوث في تريستا. وفي 1991-1992 استقبلت المعاهد الثلاثة للمركز الدولي 66 متدربا في مخابرها، بما مجموعه 600 شخص في تلك الشهور. ونشرت نتائج البحوث في 63 ورقة بحث. وكان المركز نشيطًا جدًا كذلك في قطاع التدريب. ففي عام 1992، نظم 15 دورة وورشة بحث ومؤتمرًا لتدريب علميّ الدول النامية في مجالات تتعلق ببرامج الاتجاهات البحثية القائمة. إن مجموع من اشترك في هذه الفعاليات التدريبية يبلغ 958 علميًا، منهم 602 وفدوا من العالم الثالث. وقد عقدت أغلبية هذه الدورات والورشات في تريستا، لكن بعضها عقد في دول نامية. وهذه كانت الحالة بالنسبة لدورة عن الإيكولوجيا (التبيؤ) الرياضياتية (في أديس أبابا، أثيوبيا) عام 1922، واستضافت الأرجنتين ومصر والهند دورات حول الموصلية الفائقة والطاقة الشمسية والتركيبات العضوية على التوالي، عام 1993. وفوق هذا بين برامج المركز ICS المتعددة التخصصات ثمة دورات في إدارة الأبحاث والتجديد على أساس منتظم. وقد أقيمت إحداها في موسكو عام 1992. واستضافت الأرجنتين وهنغاريا دورتين مماثلتين 1993.

لقد أظهر المركز الدولي للعلم والتقانة العالية ICS مقدرته على الاستجابة لحاجات الدول النامية بطريقة بالغة الفعالية والمرونة، وذلك على الرغم من موارده المحدودة. ولقد حُكِّمت باستحسان نتائج مشروعات البحوث الارتيادية للمركز من قبل فريق تقييم تابع لمنظمة الأمم المتحدة للتنمية الصناعية. وهذا المركز جاهز الآن تمامًا للدخول في المرحلة التشغيلية حالما يتم تأمين تمويلها.

## خاتمة

عندما أعود بذاكرتي إلى الماضي عبر 33 سنة من النشاط أتبين حجم ونوعية الإرادة الخيرة والشراكة بصيغ متعددة اللتين أسهمتا في تجسيد أفكاري. فكموظف دولي مدني، أقر أولا بالعرفان لدور وأهمية اليونسكو والوكالة الدولية للطاقة الذرية في إقامة المركز الدولي للفيزياء النظرية في تريستا، ولمساعدتهما أكاديمية العالم الثالث للعلوم، كما أقر بالعرفان لدور وأهمية منظمة الأمم المتحدة للتنمية الصناعية (UNIDO) في تدشين المركز الدولي للعلم والتقانة العالية ICS. فإضافة إلى الناحية المالية، وفّرت هذه المنظمات إطارًا مكّن العلميين من سائر أنحاء العالم من المشاركة في برامج مؤسسات تريستا، كما أسهمت في تعزيز هذه البرامج.

وإضافة إلى هذه المنظمات الثلاث، فقد تلقت برامجنا الدعم بطريقة أو بأخرى من منظمات غيرها مثل برنامج الأمم المتحدة للتنمية (UNDP) و المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO) و برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP) و منظمة الصحة العالمية (WHO) والجماعة الاقتصادية الأوروبية.

وكانت إيطاليا شريكًا عظيمًا، فحكومتها تدعم 90%

من تشغيل المؤسسة في تريستا. وللسلطات المحلية أيضا إسهامات مهمة في هذا المضمار. وقد تعاونت الجامعات الإيطالية، وبخاصة جامعة تريستا بطرق عديدة مع كل من المركز الدولي للفيزياء النظرية، والمركز الدولي للعلم والتقانة العالية، وأكاديمية العالم الثالث للعلوم، مثلما فعلت أيضا هيئات علمية إيطالية مرموقة مثل: INFN وَ CNR وَ ENEA.

أما الشركاء الآخرون فهم الوكالة السويدية للتعاون البحثي (SAREC) و وكالة التنمية الدولية الكندية (CIDA)، وصندوق منظمة الأوبيك. وأخيرا وليس آخرًا، يجب أن أذكر الجماعة العلمية العالمية – من الجنوب ومن الشمال، من الشرق ومن الغرب – التي دعمت جهودنا على الدوام.

لقد استحث وجودنا في تريستا مبادرات أخرى هي اليوم حقائق. إحداها هي المدرسة الدولية للدراسات المتقدمة (ISAS)، وموقعها في جوار المركز الدولي للفيزياء النظرية، والأخرى هي مخبر الإشعاع الضوئي السِنكروتروني (SLRL) على بعد 13 كم الذي سيبدأ في العمل عام 1994.

لقد نُعتت تريستا بأنها "مدينة العلم". ومع ذلك فإن مؤسساتها العلمية لا تزال غير كافية لسدّ حاجات العالم الثالث. وهذا ما جعلني أنادي في المؤتمر العام الثالث لأكاديمية العالم الثالث للعلوم، الذي عقد في كاراكاس عام 1990، بفكرة تأسيس عدد من المراكز الدولية أو الإقليمية لأجل العلم والتقانة العالية والبيئة في البلدان النامية نفسها. وقد تلقت (شبكة المنظمات العلمية في العالم الثالث TWNSO) حتى الآن 33 اقتراحًا من 23 بلدًا ناميًا لترقية المراكز الموجودة إلى مستوى الامتياز، بحيث تستطيع العمل على أساس إقليمي. وقد قدم هذه المقترحات رؤساء وزارات أو وزراء العلم والتقانة. وستتم مراجعتها في مراحل متعددة، وستتخذ قرارات حول أهليتها من قبل لجنة وزارية. وتشارك منظمة الأمم المتحدة للتنمية الصناعية (UNIDO) مشاركة نشيطة في عملية التقويم هذه. وأعتقد أن ثمة فرصة عظيمة أخرى لشراكة تتجلى في جميع الأشكال التي نجحت في تريستا، وإني لآمل بإخلاص أن تقتنص الجماعة العالمية كعادتها، هذه الفرصة لتعزز التضامن بين الجنوب والشمال.

**محمد عبد السلام** : مؤسس ومدير المركز الدولي للفيزياء النظرية في تريستا، ورئيس كل من أكاديمية العالم الثالث للعلوم وشبكة المنظمات العلمية للعالم الثالث. درس في جامعة البنجاب في باكستان، وكلية القديس جون في كَمبردج. وكان أستاذًا في الكلية الحكومية بلاهور وجامعة البنجاب، وهو أستاذ في "الإمبريال كوليج" بلندن منذ 1957. ومن بين الجوائز الكثيرة التي نالها هناك جائزة نوبل للفيزياء عام 1979، التي نالها اعترافًا بإنجازاته في توحيد التفاعلات الكهرمغنطيسية والضعيفة، وميدالية كوبلي التي حازها عام 1990. وهو عضو في أكاديميات وجمعيات ضليعة في العلم في 24 من البلدان الصناعية والنامية ، وقد منح نيفًا وأربعين دكتوراه فخرية من 28 بلدًا. وهو مؤلف عدة كتب علمية وعديد من المقالات في فيزياء الجسيمات الأولية، وفي السياسات العلمية والتربوية للدول النامية.

## 4-التطورات العلمية الحديثة

# الرياضيات

إيان ستيوارت

مع اقتراب القرن العشرين من نهايته ، نجد أن البحث في مجال الرياضيات في حالة مرضية تمامًا، وذلك بعد أن حُلت مسائل مستعصية كثيرة وانبثقت عدة مجالات بحث جديدة. ولعل الجانب الأكثر تشجيعا هو أن العلاقة بين الرياضيات والعلوم التطبيقية تزداد قوة بصورة ملحوظة، وأن الأفكار يتم تبادلها في الاتجاهين. وتكمن أهمية الرياضيات ليس في تطبيقاتها على أي جانب من العلم وإنما في مقدرتها على "نقل التقانة" بين مختلف جوانب التطبيق. والتقانة المنقولة هي مفاهيم وتقنيات رياضياتية وليست أجهزة أو معدات، لكن المفعول قوي بالدرجة نفسها. ولأن المفاهيم الرياضياتية عامة، فالأفكار التي تتضح في مجال ما يمكن مباشرة أن تنقل إلى مجال آخر قد يبدو مختلفًا تمامًا. وستتضمن الأمثلة التي سنناقشها لاحقا تطورات جديدة في **نظرية العقدة** knot theory انبثقت عن الفيزياء الرياضياتية وطبقت في علم الأحياء الجزيئي (البيولوجيا الجزيئية)؛ ومسألة موسيقية أضاء حلها نظرية الأمواج، ومسألة في **الاستمثال** (إيجاد الحل الأمثل) optimization أفضت إلى أسئلة أساسية حول **قابلية الحوسبة** computability، ونوع جديد من الهندسة نشأ في الميكانيك الكلاسيكي وله الآن أهمية مركزية في فيزياء الكمّ.

وفي نهاية المطاف، تثبت الرياضيات قيمتها للبشرية عبر المردودات العملية، لكن أفكارا مهمة كثيرة لا تنبثق عن أي تطبيق محدد. إنها تأتي من الحاجات الكامنة في الرياضيات نفسها. فإذا لم تتم الإجابة عن الأسئلة الأساسية، تتكون فجوة في الفهم الرياضياتي سوف تسبب مصاعب عبر الموضوع برمته، عبر نظريته وتطبيقه على حد سواء. وهكذا فإن للمسائل المركزية في الرياضيات البحتة الأهمية نفسها التي هي للتطبيقات على المدى الطويل. والرياضيات تلتقط إلهامها حيث يمكنها العثور عليه.

توجد واقعيًا مئات من المجالات الرئيسية في الرياضيات، وكلها محط بحوث ناشطة، وآلاف من المجالات الفرعية المحددة تمامًا. ومن الممكن عرض إطلالة شاملة على مجموع البحث الرياضياتي الراهن؛ غير أني اخترت بدلا من ذلك ستة مجالات تمثل معا المدى والقوة والأصالة في رياضيات أواخر القرن العشرين، كما تشير إلى الطريق نحو رياضيات القرن الحادي والعشرين. ويمكنني في كل حالة أن أقدم نموذجا فقط عن البحوث الجارية حاليًا. والمجالات الموصوفة هي العقد، والطوبولوجيا المتدنية الأبعاد، والديناميك غير الخطي (الذي شاع تحت اسم **نظرية الشواش** Chaos Theory)، ومعادلات ديوفانتين وعلم الهندسة السمبلكتية (التماسكية)، والخوارزميات والتعقّد، وطيف مؤثر لابلاس.

## العقد والطبولوجيا المتدنية الأبعاد

إن الطبولوجيا هي دراسة خواص الأشكال التي لا تتغير تحت تأثير التشوهات المتصلة (المستمرة)، مثل خواص الترابط والعُقْدية ووجود أو عدم وجود "ثقوب". وخلال قرن على الأقل، حاول الطبولوجيون العثور على طرق فعالة لتمييز مختلف العقد، لكن الطرائق المتاحة الوحيدة اقتصرت حتى عهد قريب على تلك التي وجدت في العشرينات. وقد تم تطوير الموضوع في الثمانينات، باكتشاف مقاربة جديدة بالكامل – هي حدوديات جونز التي اخترعها الرياضياتي النيوزيلندي <V. جونز>[1]. إن تمييز العقد مسألة مهمة ومركزية، لأنها الحالة الأبسط والطبيعية أكثر، لمسألة عامة جدا تتمثل في تحديد الفرق بين الطرق المتعددة لطمر فضاء ما في آخر. والتطبيقات العملية لنظرية العقدة موجودة فعلا: إنها تتضمن مسائل متنوعة جدا مثل الرسوم التخطيطية لفايمان في فيزياء الكم، وقطع **الدنا** DNA بالإنزيمات. لكن الإغراء الحقيقي للعقد يكمن في رهافتها غير المتوقعة.

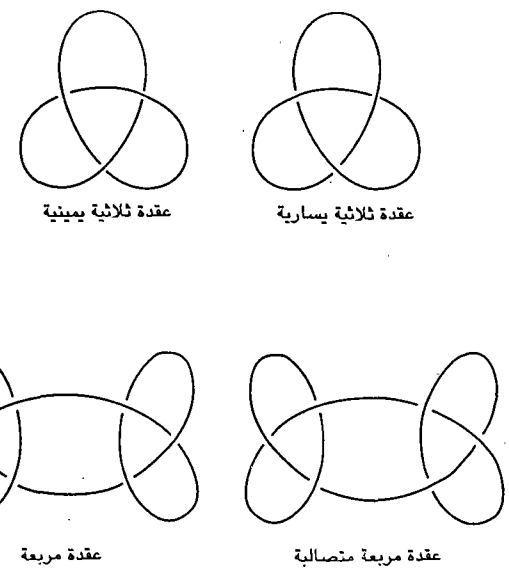
إن العقدة الرياضياتية هي عروة مغلقة في فضاء ثلاثي الأبعاد. ومن الناحية الطبولوجية، تكون عقدتان متكافئتين إذا أمكن بتشويه متصل (مستمر) تحويل إحداهما إلى الأخرى، بمدٍ وليّ الفضاء المحيط بهما. إنّ أي شكل يشوه فيصير دائرة لا يمثل عقدة، وكل شكل آخر هو عقدة أصلية. وهذه الحرية في تشويه العقد هي ما يجعلها رهيفة جدًا: فلكي نثبت أن عقدتين مختلفتان يجب أن يتم التحقق بطريقة ما من أنه لا يوجد تشويه متصل يحول إحدى العقدتين إلى الأخرى. والطرائق كلها تختزل إلى عملية

(١) University of California at Berkeley, USA.

إيجاد "**لامتغيرات**" *invariants*، وهي خصائص تبقى قائمة بعد تشوه متصل. وإن العقد التي تختلف في لامتغيراتها يجب أن تكون مختلفة طبولوجيا.

إن اللامتغير المحوري في الفترة الكلاسيكية (في العشرينات) قد اكتشفه <W.J. أليكزاندر>. وهذا اللامتغير يُقرن بأي عقدة عبارة جبرية: كثير حدوده *الأليكزاندري*. وإن العقد التي تختلف كثيرات حدودها لا يمكن لأي منها أن تُشَوَّه إلى الأخرى. فمثلا، إن كثير الحدود الأليكزاندري لعقدة ثلاثية هو $(t^2-t+1)$ ، أما كثير حدود عقدة ثمانية الشكل فهو $(t^2-3t+1)$. وبما أن كثيري الحدود مختلفان، فعقدتاهما مختلفتان. لكن لسوء الحظ ليس العكس صحيحا: فالعقد التي لها كثير حدود أليكزاندري واحد لا تكون بالضرورة متكافئة طوبولوجيا. إن للعقدة الثلاثية ولصورتها المرآتية كثير حدود أليكزاندري واحد. وإن للعقدة المربعة وللعقدة المربعة المتصالبة (الشكل1) كثير حدود أليكزاندري واحد: $(t^2-t+1)^2$، رغم أنهما مختلفتان - وقد تم البرهان على اختلافهما كلاسيكيا بطرائق أكثر تبحرا.

**الشكل 1**
**لامتغيرات عُقد knot invariants**




إن العقدة الثلاثية وصورتها المرآتية متميزتان طوبولوجيًا، لكن لهما كثير حدود أليكزاندري واحد. وإن كثير حدود جونز يميزهما دون صعوبة. وهذا صحيح أيضًا بالنسبة للعقدة المربعة والعقدة المربعة المتصالبة.

وفي عام 1984 أوجد جونز **لامتغير عقدة** knot invariants جديدا تماما، وهو أيضا كثير حدود. لقد كان يعمل حينذاك في حقل التحليل الرياضياتي ويدرس جبر فون نويمان، الذي يبرز في الفيزياء الرياضياتية، فلاحظ بعض الملامح البنيوية الغريبة، المشابهة لبحث كلاسيكي قام به <E. أرتان> على نظرية الضفائر - وهي العقد ذات الفتائل المتعددة. وقاده تتبُّعه للتشابهات إلى لامتغير عقدة غير متوقع وجديد بالكامل، وقوي بما يكفي للإجابة بسهولة عن مسائل أرهقت الطرائق الكلاسيكية إلى أقصى حد. فمثلا إن كثير حدود جونز لعقدة ثلاثية هو $(t + t^3 - t^4)$ في حين أن ذاك الذي لصورتها المرآتية يستحصل عليه باستبدال $t^{-1}$ بـ $t$ ، مما يعطي $(t^{-1} + t^{-3} + t^{-4})$ وهو واضح الاختلاف. وكذلك فإن كثير الحدود جونز للعقدة المربعة هو:

$$-t^3+t^2-t+3-t^{-1}+t^{-2}-t^{-3}$$

وهو مختلف بوضوح عن كثير حدود جونز للعقدة المربعة المتصالبة:

$$t^8-t^7+t^6-2t^5+2t^4+t^2$$

ومنذ ذلك الحين أدخل رياضياتيون آخرون تغييرات عديدة على طريقة جونز، مما أدى إلى عرض محيّر تمامًا للامتغيرات عقد جديدة.

على أي حال فقد تم إلى حد كبير توضيح هذه اللامتغيرات بأفكار من عدة مجالات في الفيزياء الرياضياتية. وكان جونز قد لاحظ مبكرا ارتباطا ناشزا بالميكانيك الإحصائي، وهو موضوع لا صلة له ظاهريا بالعقد. وقد نشأ عن محاولات الفيزيائيين فهم طبيعة الغازات والسوائل والجوامد. فالفيزياء الأكثر إثارة للاهتمام تتعامل مع تحولات الطور- أي تغيرات الحالة من جامد إلى سائل أو من سائل إلى غاز. والتحولات الطورية لا تحدث تدريجيًا وإنما فجأة، عند درجات حرارة معينة. وإن إحدى طرق معالجة هذه الظاهرة هي استعمال نماذج الحالة - وهي أنساق هندسية تسمى عناصرها "**مواقع**" *sites*. ففي 1971 ، وقبل أن يبدأ جونز بحثه في هذا المجال بوقت طويل، وجد<V.N.H. تمبرلي> و <H.E. ليب> ارتباطا بين نمطين مختلفين لنموذج قابل للحل تمامًا في الميكانيك الإحصائي،

سُمِّيا نماذج پوتس ونماذج جليدية. وإن تفسيرهما لهذا الارتباط استلزم **جبور** algebras فون نويمان مطابقة لتلك التي بحث فيها جونز من قبل، وأطلق على هذه الجبوز في الميكانيك الإحصائي اسم: جبور تمبرلي - ليب. ويمكن التفكير برسم تخطيطي لعقدة ما باعتباره نموذج حالة. ومواقعه هي تقاطعاته، والتفاعلات تحددها هندسة العقدة التي تضم التفاعلات. إن المصادفة الغريبة لجبور تمبرلي - ليب هي أنها تشير إلى أنه بوسعنا أن نأمل بتفسير كثيرات حدود جونز بعبارات ميكانيكية إحصائية. وقد قام بهذا <Y. أكوتسو>[٢] و <M. واداتي>[٣]. وفي العام نفسه وجد <L.كوفمان>[٤] تفسيرا ميكانيكيًا يعتمد على الميكانيك الإحصائي لكثير حدود جونز الأصلي، واستخدمه للجواب (إيجابيًا) عن مسألة عريقة حول نظرية عقدة كلاسيكية معروفة باسم **تخمين تيت** Tait conjecture. وقد رضخت تخمينات كلاسيكية كثيرة أخرى للامتغيرات الجديدة.

إن هذه الأفكار الجديدة مهمة في مجالات علمية أخرى، وأكثرها مدعاة للدهشة هو علم الأحياء الجزيئي. فقبل أربعة عقود اكتشف <جيمز واتسون> و<فرانسيس كريك> بنية الجزيء الدنوي[*]، العمود الفقاري الذي اختزنت عليه المعلومات الوراثية واستثمرت. ويشكل الدنا حلزونا مزدوجًا مثل حبل ذي طاقين ملتفين أحدهما حول الآخر؛ وعندما تنقسم خلية تتحول المعلومات الوراثية إلى الخليتين الجديدتين بفصم الطاقين كل على حدة، ونسخهما، وضم الخيوط الجديدة أزواجا إلى القديمة. إن أي شخص حاول فصل خيوط حبل طويل يعرف أنها تتشابك لحظة فصلها. إن على الكيمياء الحيوية الوراثية أن تنسل وتحل هذا الخيط المنشبك بسرعة وتكرار ودون أخطاء. إن سلسلة الحياة ذاتها تعتمد عليه، ولكن كيف؟

يعالج علماء الأحياء المشكلة باستعمال إنزيمات تقطع السلسلة الدنوية إلى أجزاء صغيرة صغرا كافيا لتفحصها بالتفصيل. إن شريحة من الدنا هي عقدة جزيئية معقدة، وبوسع هذه العقدة نفسها أن تبدو مختلفة جدا بعد أن يتشوه منظرها بثنيات وقلبات قليلة. وإلى عهد قريب، لم يكن لدى علماء الأحياء أي طريقة نظامية لتمييز هذه البنى المتشابكة، أو لاستنباط التفاعلات الكيميائية المرافقة. إن كثير الحدود الأليكزاندري، مثلا، غير فعال كفاية ولكن اللامتغيرات الجديدة لكثيرات حدود العقد أفضل بكثير، وإن طوبولوجيا العقد هي الآن موضوع عملي مهم في علم الأحياء الجزيئي.

إن العقد - بالتعريف - هي جوهريًا ثلاثية الأبعاد. لكن كثير حدود جونز وكل ما يتبعه يؤثر على صور عقد ثنائية الأبعاد. رسوم تخطيطية في المستوي، تقاطعات، تجاوزات. وإن عقدة ثلاثية الأبعاد فعلا لا ينبغي لها أن "تَعرف عن" أشياء كهذه. في عام 1988 تحدى السير <مايكل عطية>[٥] الرياضياتيين والفيزيائيين أن يجدوا مقاربة ثلاثية الأبعاد لكثير حدود جونز. وفي عام 1988 وجد الرياضياتي الفيزيائي <E. ويتن >[٦] هذا الارتباط بالذات، وسماه **النظرية الطوبولوجية للحقل الكمومي**. والنتيجة الرئيسية في هذا المضمار أن ثمة صيغة - أوحاها الميكانيك الإحصائي لكنها الآن ترتدي لباسًا كموميًا - هي بوضوح لامتغير طوبولوجي. وتكمن في هذه الوظيفة ثلة كاملة من اللامتغيرات الأخرى - بما فيها كثير حدود جونز وتعميماته. وتعمل الصيغة هذه مع العقدة نفسها، مطمورة في فضاء ثلاثي ومستقلة عن أي رسم تخطيطي أو تمثيل ثنائي البعد، وبذا فهي تردُّ على تحدي السير مايكل عطية.

فضلا عن ذلك، فإن مقاربة **ويتن** تحل مشكلة أخرى مربكة: كيف نعمم كثير حدود جونز على عقد ليست مرتبطة بفضاء ثلاثي عادي وإنما في **منطو** manifold ثلاثي الأبعاد كيفي (إن المنطوي هو "سطح" منحن متعدد الأبعاد). ويمكنك حتى أن تطرح العقد جانبا لتحصل على لامتغيرات طوبولوجية جديدة لمنطويات ثلاثية الأبعاد.

ولكن ما زال للعقد الزيد مما تقدمه. فمنذ عهد قريب تم اكتشاف لامتغير عقدة جديد، وهو ليس بكثير حدود وإنما عدد. تخيل أنك تعقد عقدة بقضيب مطاطي طويل، فكلما كانت العقدة أعقد، اضطررتَ لثني القضيب لعقدها، وبالتالي تتطلب الزيد من الطاقة المرنة. ولكن يبدو الآن أن مفهوم الطاقة الأكثر إثارة للاهتمام في العقد، ليس مرنا وإنما **كهرسكوني** electrostatic - كما اقترح <Sh. فوكوهارا>[٧] عام 1987. تخيل أن العقدة عبارة عن سلك مرن له طول ثابت، يستطيع عند اللزوم عبور ذاته وتزويد نفسه بشحنة

(*) نسبة إلى الدنا DNA (الحمض النووي الريبي المنقوص الاكسجين deoxy ribo nucleic acid). (التحرير)

(٢) Kanagawa University, Yokohama,Japan. (٣) University of Tokyo, Japan. (٤) University of Illinois at Chicago, USA.
(٥) University of Cambridge, UK. (٦) Institute for Advanced Study, Princeton, USA. (٧) Tsuda College, Kodaira, Japan.

كهرسكونية. ولأن الشحنات المتماثلة تتنافر، فستحاول العقد الحرة في حركتها أن تبقي الطيقان المتجاورة متباعدة قدر الإمكان. بمعنى أنها ستحاول تقليل شحنتها الكهرسكونية إلى الحد الأدنى. وقيمة الطاقة الدنيا هذه هي لامتغير ذو خواص مُرضية. فمثلا، أثبت <J. أوهارا>[٨] عام 1991، أن الطاقة الدنيا للعقدة تزداد حقا بازدياد تعقد العقدة: لا يوجد سوى عدد منته من العقد المختلفة طوبولوجيا ولها طاقة أقل من، أو تساوي، أي قيمة مختارة. وثمة مقياس عددي طبيعي للتعقد (للتراكب) بالنسبة للعقد، يتراوح بين العقد البسيطة عند نهاية الطاقة المتدنية صعودا نحو ما هو أعلى وأكثر تعقيدا.

ما العقد الأبسط، تبعا لهذا المقياس؟ إنها تماما ما قد تتوقعه، وذلك حسب ما أثبته مؤخرا <S. برايسون>[٩]، و <M. فريدمان>[١٠] و <Zh. هي>[١١] و <Sh. وانگ>[١٢]. إنها "دوائر مدوّرة" أي دوائر بالمعنى العادي وليس بالمعنى الطوبولوجي وحده. إن طاقة الدائرة المدوّرة هي 4، ولجميع العروات المغلقة الأخرى طاقة أعلى من هذه. وأي عروة تقل طاقتها عن $4 + 6\pi$ تكون طوبولوجيا **غير معقودة** unknotted. وبشكل أعم، فإن العقدة التي لها – تقاطعان c (في بعض الإسقاطات الثنائية البعد) تمتلك طاقة تساوي على الأقل $4 + 2\pi c$. (قد لايكون هذا هو الحد الأفضل الممكن؛ فأخفض طاقة معروفة من أجل أبسط العقد هي نحو 74.) إن عدد العقد المميزة طوبولوجيا والتي طاقتها تساوي E، هو على أبعد تقدير: $0.264\ (1.658)^E$.

## الديناميك اللاخطي ونظرية الشواش

لقد آمن ألبرت أينشتاين بأن الإله لا يلعب لعبة النَّرد فالعالَم محكوم بقوانين محددة وليس بعوامل الصدفة. إن المجال المعروف باسم **نظرية الشواش** Chaos Theory يوضح السؤال عبر مفارقة جديدة: إن القوانين الحددة قد تولد العشوائية ونتيجة لذلك فإن معتقداتنا المُبجّلة حول الحتمية والتنبؤ بالمستقبل والتراكب، بحاجة إلى إعادة نظر كلية. فمثلا، لماذا يمكن التنبؤ بالمد والجزر ولا يمكن التنبؤ بالطقس؟ إن المد والجزر تسببهما **الجاذبية التثاقلية** gravitational attraction للشمس والقمر، أما الطقس فتسببه حركة الجر تحت تأثير الحرارة المنبعثة من الشمس. وليس قانون التثاقل أسهل بشكل ملحوظ من قوانين ميكانيك السوائل، فلماذا يمكننا أن نتنبأ بالمد والجزر لسنوات قادمة، ونخطىء بالنسبة للطقس لأيام قليلة؟

إن مفتاح حل هذا اللغز هو فكرة جعلتها بساطتها الشديدة تمضي دون أن تُلاحظ دلالتها إلا منذ عشرين سنة. يعرف كل طباخ أنه يمكنك أن تمزج بياض البيض مزجا تاما بتدوير خفاقة بطريقة منتظمة ويمكن التنبؤ بها. إلا أنك إذا حاولت تتبع الجسيمات المفردة لبياض البيض، فستجد أنها تتصرف بطريقة غير منتظمة ولا يمكن التنبؤ بها. فالمزج سيرورة يمكن التنبؤ بها، ولها نتيجة لا يمكن التنبؤ بها.

لكي نفهم كم هو سهل نشوء المزج، يجب أن نعرض المفهوم العام **لنظام دينامي (ديناميكي)** dynamical system. إنه نظام يمكن أن يوجد في حالة ما $x$ ( التي قد تتضمن عدة متغيرات) في كل لحظة من الزمن $t$. وهناك نوعان من الأنظمة الدينامية: فإما أنظمة متصلة(مستمرة) بالنسبة للزمن، تحكمها معادلات تفاضلية من الشكل:

$$dx/dt = f(x)$$

أو أنظمة متقطعة بالنسبة للزمن، تحكمها **معادلات فَرْقية** difference equations

$$x_{t+1} = f(x_t)$$

إن $f$ هنا دالة محددة غير عشوائية. إن الأنظمة الدينامية حتمية، بمعنى أن الشروط الأولية تحتم وحدها كل سلوك مستقبلي. ويمكن رؤية هذا بسهولة في الأنظمة المتقطعة بالنسبة للزمن. فإذا أعطينا $x_0$، وهي حالة في زمن $t$ يساوي صفرا، نجد على الترالي أن:

$$x_1 = f(x_0)$$

$$x_2 = f(x_1) = f(f(x_0))$$

وبشكل عام:

$x_t = f^{(t)}(x_0) = f(\ldots f(f(x_0))$، حيث تمثل $t$ عدد مرات حدوث $f$.

هذه السيرورة معروفة بأنها تكرار الدالة $f$. أما

(٨) Tokyo Metropolitan University,Japan. (٩) NASA Ames,USA. (١٠، ١١) University of California at San Diego, USA.
(١٢) Princeton University, USA

الحالة المتصلة فهي أرهف، وتتطلب **مبرهنات وحدانية** uniqueness theorems من أجل حلول المعادلات التفاضلية.

كيف يمكن لقاعدة حتمية أن تؤدي إلى سلوك عشوائي؟ يحدث أحد أبسط الأمثلة عندما تكون الحالة $x$ عددًا عشريًا، وتكون الدالة $f$: "احذف كل شيء قبل النقطة العشرية واضرب بـ 10"، أي:

$$f(x) = 10\,(x-[x])$$

حيث ترمز $[x]$ للجزء الصحيح من العدد $x$. وهذا النظام يكشف عن عدة أنواع من الديناميك: بعضها نظامي وبعضها شواشي. فمثلا عندما تكون $x=10/3 = 3.3333...$، نطرح منها 3 لنحصل على $0.3333...$، ثم نضرب حاصل الطرح بـ 10 لنسترد $3.333...$ الأصلية. وهكذا فإن $f(10/3) =10/3$، وإن قيمة البدء الخاصة هذه هي حالة ثابتة من الديناميك. وبدلا من ذلك، إذا بدأنا بالكسر $40/33=1.212121...$، الذي تتناوب أرقامه ، فإن أول تطبيق للقاعدة يؤدي إلى $2.212121...$، ويرجعنا الثاني إلى $1.212121...$ ثانية. في هذه الحالة يكون الديناميك **دوريًا** periodic ودوره 2.

وللحصول على سلوك أكثر تعقيدا، ابدأ بالرقم $\pi=3.1415926532...$ الذي لا تتكرر أرقامه. فتكون حالات النظام المتعاقبة:

$$x_0 = 3.14159265...$$
$$x_1 = 1.41592653...$$
$$x_2 = 4.15926535...$$
$$x_3 = 1.59265358...$$
$$x_4 = 5.92653589...$$
$$x_5 = 9.26535897...$$

وهكذا...، فالأرقام العشرية تتحرك يسارا منزلة عشرية واحدة مع كل خطوة، حيث يُحذف الرقم الكائن في المقدمة. ولأن أرقام $\pi$ لا تقع أبدا في دورة تكررية، فكذلك الأمر بالنسبة للميكانيك. إنها ليست حالة **راسخة** steady ولا دورية.

فكِّر في تطبيق هذه القاعدة للتنبؤ بالأعداد المتتابعة التي تحدث. ولنفترض أننا انطلقنا من القيمة $\pi'$ بدلا من $\pi$ وهي مطابقة لـ $\pi$ حتى المنزلة العشرية المليون، ولكنها تختلف بعد ذلك بطريقة كيفية. إن العدد $\pi'$ هو تقريب جيد جدا للرقم $\pi$ وأقرب بكثير مما يمكن لأي قياس فيزيائي أن يحققه. ومن عدة تكرارات للقاعدة الدينامية $f$، تتطابق تقريبا مجموعتا التنبؤات. لكن الخطأ يتسلل إلى الأعداد باطراد وباتجاه اليسار في أرقامها. فبعد خطوة واحدة من الزمن لا يعود الخطأ في المنزلة المليون بل في المنزلة 999 999. وبعد خطوتين، يصير في 998 999. وبعد 999 999 تكررا، يظهر في أول منزلة عشرية، ويختلف التنبؤ مع $\pi'$ كقيمة انطلاق اختلافا كبيرا عن ما نحصل عليه بأخذ $\pi$ كقيمة انطلاق؛ فالقيمة التالية في هذه الحالة يمكنها أن تكون أي شيء. إنها تعتمد على ما هو الرقم العشري 1 000 001 الأول في $\pi'$. ومن هذه النقطة فصاعدا، تستقل استقلالا تاما التنبؤات القائمة على $\pi$ باعتبارها حالة ابتدائية، والتنبؤات القائمة على القيمة التقريبية $\pi'$ الصحيحة إلى حد كبير للغاية. وقد يبدو أن ليس ثمة مشكلة في تنبؤ يبدأ بالخطأ بعد مليون خطوة. ولكن إذا كنت تحاول التنبؤ بمن يفوز في سباق خيل، وإذا كانت كل خطوة في الحساب هي جزء من مليون من الثانية، فستفقد أثر حصانك قبل أن يغادر بوابة الانطلاق.

إن سبب هذا الانتفاء الفعلي للتنبؤية هو أن حالات النظام تتوسع باستمرار، لكنها تنطوي ثانية في الفضاء المحصور نفسه – الذي يمزجها تماما مثلما يمزج العجّن عجين الخبز. وأي نظام من هذا النوع سيظهر حالة *شواشية*– حالة تظهر عشوائية في نظام **حَتْمي** deterministic. إن المعادلات المتعلقة بالمد والجزر هي أنظمة دينامية لاشواشية؛ فالتنبؤ الطويل الأمد يعمل جيدا، لكن المعادلات المتعلقة بالطقس شواشية. إن الفرق بين نظام شواشي وآخر لاشواشي بسيط جدا. ففي الأنظمة الدينامية الكلاسيكية، لا تكبر الأخطاء في مراحل الابتداء بصورة سريعة جدا. أما في الأنظمة الشواشية فهي تكبر كبرًا **أُسّيا** exponentially. وعند نقطة ما في المستقبل، معتمدة على حجم الخطأ وزمن الخطوة في التنبؤ، يصير الخطأ أكبر من التنبؤ الحقيقي، ومنذ تلك اللحظة فصاعدا لن يكون

للتنبؤ الذي تقوم به أي صلة مفيدة بالسلوك الفعلي للنظام المعني.

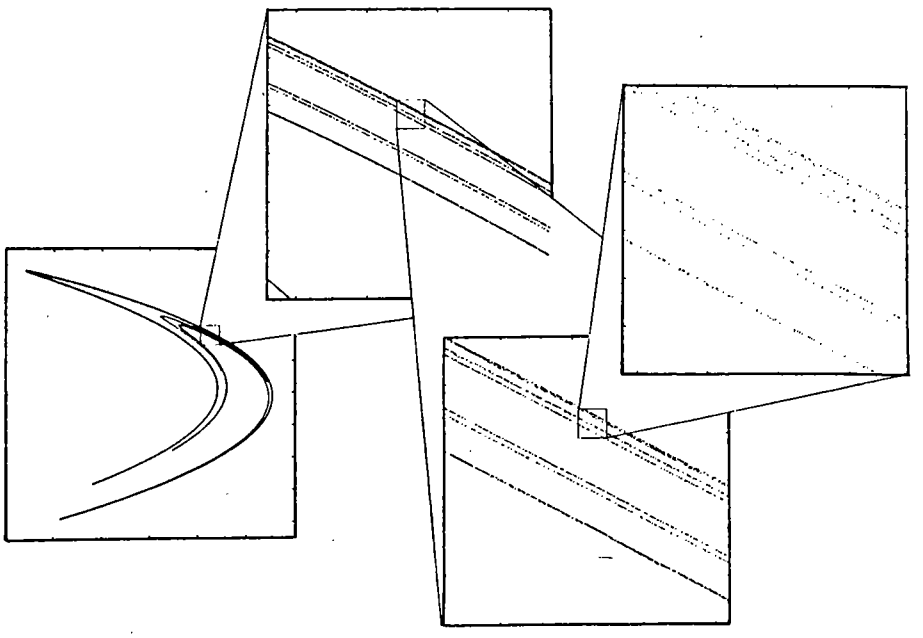
وعلى الرغم من أنه لا يمكن التنبؤ بالشواش، فإن فيه عناصر استقرار قوية، وذلك كما يمكن ملاحظته من خلال تمثيل الديناميك هندسيا. إن مجموعة الحالات تشكل فضاءً يسمى "**فضاء طور النظام**". وإذ تتغير نقطة ابتدائية في الزمن فهي تتحرك عبر فضاء الطور، راسمة منحنيا (زمن مستمر) أو تتابع نقاط (زمن متقطع) يسمى مدارا. وتمتلك أنظمة كثيرة **جاذبا** attractor أو عدة جواذب: كائنات هندسية في فضاء الطور تجنح نحوها مدارات جميع النقاط التي تبدأ قربها. وإن حالة مستقرة هي جاذب نقطي، وإن الجاذب المقابل لمدار دوري هو عروة أو دارة مغلقة. وتكون الجواذب الشواشية في العادة فركتليات(*) (كسرانيات). فمثلا، إن نظام **هينون** Henon

$$f(x) = f(x\ ,\ y) = (1 - ax^2 + y,\ b\ x)$$

حيث a و b ثابتان، له (بالنسبة لبعض قيم هذين الوسيطين، وخاصة: $a = 1.4,\ b = 0.3$) جاذب يشبه قطعا مكافئا **مشوشًا** fuzzy إلى حد ما. وتوحي **المحاكيات الحاسوبية** computer simulations أنه لدى تكبير الجاذب، فما يبدو وكأنه منحنيات فردية ينقسم على الدوام إلى طبقات (الشكل 2). و مؤخرًا تمّ تطور مهم في هذا المضمار وهو البرهان الذي قدمه <M. بينيدكس>[١٣] و <L. كارليسون>[١٤] على أن هذا هو ما يحدث فعلا – على الأقل، من أجل قيمة لـ b صغيرة كفاية ومجموعة قيم لـ a قياسها مغاير للصفر.

تكون الجواذب مستقرة بمعنى أن للنقاط الابتدائية القريبة مدارات تقترب منها اقترابا غير محدد: ويحدث الشواش في التحرك على الجاذب؛ فالتحرك نحوه مستقر ولا يستكين، وتحدث أنماط مختلفة من الشواش مع جواذب مختلفة.

**الشكل 2**
**جاذب هينون**



(*) ج **فركتلي (كسراني)** fractal، وهي أشكال هندسية ذات بنية دقيقة على جميع السلالم scales.

(١٣، ١٤) Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.

ثمة تطبيقات عديدة. فالشواش الذي يسببه الحقل **التثاقلي** gravitational للمشتري يمكنه أن يقذف **بالكويكبات** asteroids خارج مداراتها نحو الأرض. أما الأوبئة المرضية، وجائحات الجراد، ونبض القلب غير المنتظم، فهي أمثلة واقعية على الشواش . وهذا بدوره واحد من مجالات النمو الرئيسية في بحوث الرياضيات الراهنة: نظرية الأنظمة الدينامية اللاخطية. (يكون نظام ما لاخطيًا إذا لم تكن الدالة $f$ عبارة خطية في إحداثيات الحالة $x$ ، كالعبارة $2x_1 + 5x_2 - x_3$ الخطية في الإحداثيات: $x_1, x_2, x_3$. فنظام هينون، مثلا، يتضمن حدًا لاخطيًا هو: $x^2$).

إن إحدى النواحي البارزة والرائعة للشواش هي أنه يولّد سلوكا معقدا جدا من قواعد بسيطة. فالدالة $f(x) = 10\,(x - [x])$ بسيطة جدا، لكن الأرقام المتتابعة لـ $\pi$ ، والتي تظهرعندما تُكرر $f$ مع $\pi$ كشرط ابتدائي، معقدة تعقيدا في غاية الغرابة. وليس للشواش نسق يمكن تبينه. وإن أشهر **أيقونة** icon للشواش هي مجموعة ماندلبروت- نسبة لمخترعها <B.ماندلبروت>[١٥] وهو واضع النظرية **الفركتلية (الكسرانية)** fractal- التي توضح هذه النقطة توضيحا أكثر إثارة. وهي تنتج من الدالة الأبسط بكثير:

$$f(z) = z^2 + c$$

حيث $z$ عدد عقدي و $c$ ثابت عقدي. فمن أجل كل قيمة من قيم $c$، ابدأ بقيمة $z = c$ ثم كرر $f$. فمجموعة ماندلبروت M هي مجموعة c بأكملها بحيث إن القيم تظل محدودة. وهي تبدو إلى حد ما مثل **مُولّد** cross من قطة وصبارة وشجرة في الشتاء (الشكل 3). إن لمجموعة ماندلبروت حدودا معقدة تعقيدا لانهائيا. فإن تنظر إلى مساحة صغيرة قرب الطرف وتكبرها، تشاهد بنى هندسية مطردة التعقيد والصغر - حلازين، قطرة منطرشة، أفراس بحر، أشجار، بلورات، زخارف شجرية، وهكذا. (انظر الشكل A، قسم اللون i.p) وهذا التعقيد الدقيق الضيق النطاق - جميل ولكن لا يمكن التنبؤ به، ولا يمكن حسابه كما سنرى في ما يلي - يستمر إلى الأبد. إن حدود مجموعة ماندلبروت هو فراكتلي (كسراني). ويقترن بكل فراكتلي عدد، هو **بُعد** dimension هاوسدورف - بيزيكوفيتش، وهو قياس لكيفية سلوكه مقدرًا على مقياس معين، ولدرجة خشونته. وقد برهن <M. شيشيكورا>[١٦] مؤخرا أن بُعد هاوسدورف - بيزيكوفيتش لحدود مجموعة ماندلبروت هو 2 بالضبط. ويعني هذا أن بعض مناطق الحدود **مكربشة** crinkled تقريبًا كمنحني حشوة تملأ الفضاء.

إن الصورة معقدة للغاية، لكن السيرورة التي تولد تلك الصورة بسيطة. يحاول العلم أن يستدل على قوانين الطبيعة من ملاحظة نتائجها، ومجموعة ماندلبروت توضح نقطة مهمة في هذا الصدد. وقد تبدو الملاحظات معقدة على الرغم من بساطة القوانين التي تحكمها. ويشجعنا هذا على أن ننشد البساطة ضمن بيانات معقدة ظاهريا. وفي هذا المضمار يوفر الشواش درسًا مهمًا للعلم كله.

**الشكل 3**

**مجموعة ماندلبروت**

Source: Peilgen H.O. and Saupe, D. (1988) *The Science of Fractal Images*, New York, Springer-Verlag: 195, Figure 4.16.

(١٥) IBM Thomas J. Watson Research Center, Yorktown Heights, USA.

(١٦) Tokyo Institute of Technology, Japan.

### الحائزون على مَداليات فيلدز عام 1990

لا توجد جائزة نوبل لعلماء الرياضيات ولكن ثمة مكافىء لها في المقام إن لم يكن في القيمة المالية، وهو معروف باسم "مدالية فيلدز" التي وقفها الرياضياتي الكندي <J.C. فيلدز>، والتي تمنح كل أربع سنوات بمناسبة انعقاد "المؤتمر الدولي للرياضياتيين" (ICM). وشبيهة بها جائزة للبحث في علم الحاسوب، معروفة باسم جائزة رولف نيڤانلينا، وتمنح أيضا إبان انعقاد المؤتمر ICM. وفي المؤتمر الأخير، الذي انعقد في طوكيو باليابان مُنحت أربع مداليات فيلدز وجائزة نيڤانلينا، وهذه هي أسماء الذين حصلوا عليها مع وصف وجيز لأعمالهم.

### مِداليات فيلدز

<V. **درينفلد**> من معهد خاركوف في روسيا لعمله في برنامج لانگلندز من أجل فهم **زُمر گالوا** Galois group في حقول محلية وشاملة وأحادية البعد، ولتصنيفه **للإنستانونات**(*) instantons، والزمر الكمومية - وهي تعميم مثير لزمر <لي> Lie الكلاسيكية، في إطار **جبور هوبف** Hopf algebras.

<V. **جونز**> من جامعة كاليفورنيا في بيركلي بالولايات المتحدة، تقديرا لبحوثه في **المبرهنة الدليلية** the index theorem لجبور فون نويمان، وعلاقتها بلامتغيرات جديدة للعقد(التي نوقشت في هذا الفصل) وصلتها بالميكانيك الإحصائي والزمر الكمومية.

<Sh. **موري**> من جامعة طوكيو في اليابان، لتصنيفه **متنوعات** varieties جبرية ثلاثية الأبعاد، وهي المكافئات الثلاثية الأبعاد للمنحنيات والسطوح التي تعرفها معادلات حدودية (كثيرات حدود).

<E. **ويتّن**> من معهد الدراسات المتقدمة في برنستون بالولايات المتحدة، لبحوثه في التناظر الفائق ونظرية مورس والمبرهنة الدليلية لمؤشر ديراك ومبرهنات الصلابة في نظرية الأوتار والتفسيرات الجوهرية للامتغيرات العقد من خلال نظرية الحقل الكمومي الطوبولوجي (وقد تم عرضها في هذا الفصل)، وبرهان أن الطاقة في نظرية آينشتاين في التثاقل موجبة.

### جائزة نيڤانلينا NEVANLINNA PRIZE

<A. **رازبوروڤ**>، اعترافًا باشتقاقه للحدود الدنيا **لتعقّد** complexity مختلف مسائل الحوسبة، اشتقاقًا يقوم على نماذج (**بُولية**) Boolean الدارة.

## معادلات ديوفانتينية DIOPHANTINE EQUATIONS

من أشهر المسائل الرياضياتية العصية الحل "**مبرهنة فِرما الأخيرة**"، التي طرحها عام 1650 المحامي والرياضياتي الهاوي <پيير دُ فِرما> de Fermat. وقد دونها على هامش نسخته من كتاب ديوفانتوس ***الحساب*** *Arithmetica* وبالرموز الحديثة، تؤكد هذه المبرهنة أن المعادلة (معادلة فِرما):

$$x^n + y^n = z^n$$

لا تقبل حلولا $x, y, z$ صحيحة مغايرة للصفر، وذلك عندما يكون $n$ (عددًا) صحيحًا أكبر أو يساوي 3. والمعادلات التي تحل بأعداد صحيحة تسمى **معادلات ديوفانتينية**. وعلى امتداد القرون تمكن عدد من الرياضياتيين من البرهان على حالات خاصة فقط من هذه المبرهنة. فقد برهن عليها فِرما نفسه من أجل $n=4$، و<أولر> Euler من أجل $n=3$، و<ديريكليه> Dirichlet و<لوجاندر> legendre من أجل $n=5$. وقد طور <E. كومّر> Kummer النظرية الجبرية **للمثاليات** ideals كي يوسع مدى القيم التي يمكن من أجلها إثبات هذه المبرهنة. فقد كان معروفًا أن هذه المبرهنة صحيحة من أجل: $n < 4\,000\,000$ ، وذلك بفضل استقصاء حديث العهد تم إنجازه بالاعتماد على الحاسوب من قبل <J. بوهلر>[١٧] و <R. كراندول>[١٨] و <T. مِتسانكيلا>[١٩] و<R. إرنقول>[٢٠].

إذا كان $(x, y, z)$ حلا لمعادلة فِرما، فكذلك يكون $(c\,x, c\,y, c\,z)$، حيث c عدد صحيح لا على التعيين. ولذا يسمى حلا **أوليًا** primitive كل حل $(x, y, z)$ لا يكون فيه لـ $x$ ، $y$ و $z$ عامل مشترك. وحتى عهد قريب، كنا نعلم أنه إذا كان ثمة استثناء في مبرهنة فِرما الأخيرة، من أجل $n \geq 3$ ، فسيكون لدينا عدد محدود فقط من الحلول الأولية من أجل ذلك الأسّ $n$. وقد أمكن التوصل إلى هذه النتيجة من خلال فتح جديد في نظرية معادلات ديوفانتين. لنكتب معادلة فِرما بالشكل:

$$X^n + Y^n = 1$$

حيث $X = x/z$ و $Y = y/z$ . فالحلول **النسبية** rational تقابل بالضبط الحلول الصحيحة لمعادلة فِرما. والآن فإن معادلة من الشكل $f(X, Y) = 0$ في متغيرين $X, Y$ يمكن اعتبارها

(*) أشباه جسيمات افتراضية توفر حلولا لمعادلات في الكروموديناميك الكمومي. (التحرير)

(١٧) Reed College, Portland, USA. (١٨) NeXT Computer Inc., Redwood City, USA. (١٩، ٢٠) University of Turku, Finland.

(٢١) Princeton University, USA.

تعرّف **منحنيًا عقديا** complex curve. وهذا ككائن حقيقي له بعدان، وبالتالي يُعرّف سطحًا. وهذا السطح يُكافىء طبولوجيًا **طارة** torus لها g ثقبًا، حيث g عدد يسمى **الجنس** genus. وفي عام 1922، لاحظ <L. موردیل> أن المعادلات $f(X,Y)=0$ التي من المعروف أن لها عددًا لانهائيًا من الحلول النسبية، هي فقط تلك التي تكون فيها الدالة $f$ من الجنس 0 أو 1. وقد نص على ما يُعرف **بمخمنة موردیل**: إذا كانت $f$ من الجنس 2 أو أكثر، كان عدد الحلول منتهيًا. وبما أن جنس معادلة فِرما هو $(n-2)(n-1)/2$، وهو أكبر من 1 من أجل $n \geq 3$، لذا فإن مخمنة موردیل تقتضي أن عدد الحلول الصحيحة لأي معادلة من معادلات فِرما، منته. وفي عام 1983، برهن <G. فالتينگز>[٢١] على صحة مخمنة موردیل، وهذا ما يعتبر أحد الأحداث الرياضياتية الرئيسية في هذا العصر. وبعدئذٍ برهن بعدئذٍ <R.D. هيث - براون>[٢٢] على أن مبرهنة فِرما الأخيرة هي تقريبًا صحيحة دائمًا: إن نسبة الأعداد الصحيحة $n$ التي من أجلها لا توجد حلول، تقترب من 100% مع تعاظم قيمة $n$.

وفي الشهر 1993/6 جاء الإعلان المذهل أنه تم البرهان بالكامل على مبرهنة فِرما الأخيرة من قبل <A.وايلز> Wiles من جامعة پرنستون. وهذا البرهان، الذي غطى - حسب تقارير مختلفة - ما بين 200 و 1000 صفحة، عالج المسألة انطلاقًا من وجهة النظر العامة التي انطلق منها فالتينگز. وفي الثمانينات قام <K.رايبت> بدراسة المنحنيات من الشكل $Y^2 = X(X-x^n)(Y-y^n)$، حيث $(x, y, z)$ هو حلّ مفروض لمعادلة فِرما، وذلك بالاعتماد على ما توصل إليه <P-J.سِرّ> Serre في هذا المجال. وهذا مثال على ما يدعى **منحنى ناقصي** *elliptic curve*، وهذا منحنٍ من الشكل $Y^2 = aX^3 + bX^2 + cX + d$. وهناك الكثير مما هو معروف عن حساب المنحنيات الناقصية. وباستخدامه هذه النظرية الفعالة، تمكن <رايبت> من إثبات أن مبرهنة فِرما الأخيرة ليست سوى نتيجة **لمخمنة ڤِيل -تانياما** Weil -Taniyama Conjecture التي تنص على أن أي منحن ناقصي معرّفٍ على مجموعة الأعداد النسبية، يمكن تمثيله وسيطيا بوساطة **دوال مقياسية** modular functions (تمامًا كالتمثيل الوسيطي للدائرة $X^2 + Y^2 = 1$ بالدالتين المثلثاتيتين: $X = \sin\theta$ و $Y = \cos\theta$). وقد برهن وايلز على حالة خاصة من مخمنة تانياما، من أجل منحنيات "شبه مستقرة"، وبيّن أن هذا يكفي للبرهان على مبرهنة فِرما الأخيرة. لكن مخمنة ڤِيل - تانياما ككل، مازالت مسألة مفتوحة (دون برهان). ويظل برهان وايلز بحاجة إلى تدقيق، لكن يبدو أن معظم الخبراء مقتنعون بصحة هذا البرهان.

من المعروف أنه من غير الممكن أن يكون مجموع مكعبي عددين مساويًا لمكعب عدد، لكن ألا يمكن ذلك من أجل ثلاثة مكعبات؟ إن هذا ممكن، فلدينا بالفعل: $3^3 + 4^3 + 5^3 = 6^3$. لقد خمن أولر أنه من أجل كل $n$، يمكن أن يكون مجموع $n$ من الأعداد المرفوعة إلى القوة $n$ مساويًا لعدد مرفوع إلى القوة $n$، ولكن يستحيل ذلك من أجل $n$-1. غير أن أولر كان مخطئا في تخمينه هذا. ففي عام 1966، وجد <J.L. لاندر>[٢٣] و <R.T. پاركين>[٢٤] أربعة أعداد إذا ما رُفعت إلى القوة الخامسة، فإن مجموعها يكون أيضًا من القوة الخامسة:

$$27^5 + 84^5 + 110^5 + 133^5 = 144^5$$

وفي عام 1988 وجد <N. إلكيز>[٢٥] أول مثال معاكس لمخمنة أولر من أجل القوة الرابعة:

$$2\,682\,440^4 + 15\,365\,639^4 + 187960^4 = 20\,615\,673^4$$

وقد أمكنه ذلك من خلال دراسة متأنية للسطح $x^4 + y^4 + z^4 = 1$. وباتباعه طريقة من أجل تشكيل حلول نسبية من حلول قديمة، استطاع البرهان على أن النقاط النسبية هي كثيفة على هذا السطح. وباختصار هناك عدد لانهائي من الحلول الصحيحة.

وبعد اكتشاف إلكيز لوجود حل، وجد <R. فراي>[٢٦] أصغر حلّ ممكن بوساطة الحاسوب.

$$95\,800^4 + 217\,519^4 + 414\,560^4 = 422\,481^4$$

ويظل العديد من الأسئلة حول المعادلات الديوفانتينية دون إجابة، لكن هناك الكثير من الأفكار الجديدة التي يمكن أن تقدم العون في هذا المضمار.

(٢٢) University of Oxford, UK. (٢٣) *Affiliation not known*. (٢٤) *Affiliation not known*. (٢٥) Harvard University, USA.
(٢٦) Thinking Machines Corporation, USA.

## هندسة سمبلكتية (تماسكية)

إن حركة المادة هي من أغنى مصادر المفاهيم الرياضياتية. ومن الممكن تتبع تسلسل مستمر لهذه المفاهيم يبدأ بمحاولات گاليليو وقوانين كپلر (المستقاة من التجربة)، ويمر بنيوتن ولاگرانج والتمثيلات الضوئية/ الميكانيكية الهاملتونية، ليصل إلى قسم كبير من مجرى التفكير الرياضياتي الراهن: المعادلات التفاضلية، **المنطويات** manifolds، **زُمر لي** Lie groups، نظرية القياس، الأشكال التربيعية، سلاسل فوريه والتحليل الدالّي، على سبيل المثال. لكن المفهوم، الذي قد يكون أبعد تأثيرًا من المفاهيم الرياضياتية الأخرى، قد استُلهم من التفسير الهندسي للصياغة الهاملتونية العامة للميكانيك، المعروفة باسم **الهندسة السمبلكتية(التماسكية)** symplectic geometry. وقد اتضحت أهمية هذه الهندسة، وذلك بشكل خاص بفضل جهود المدرستين الروسية والأمريكية على مدى العقود الثلاثة الأخيرة. لكن حركة أوسع مدى تزداد زخمًا الآن. وقد أرسى <V. آرنولد>[٢٧] قواعد ما يمكن تسميته: البيان العام (مانِفستو) للرياضيات السمبلكتية - رياضيات القرن الحادي والعشرين التطبيقية.

لقد صاغ <هِرمان ڤايل> Hermann Weyl مصطلح **السمبلكتية (التماسكية)** symplectic في كتابه "***الزمر الكلاسيكية***" *Classical Groups*، مشيرًا في أحد هوامش الكتاب إلى أن هذه الكلمة مستقاة من كلمة يونانية تعني **عقدي(مركب)** complex. ويدور كتاب ڤايل حول زمر الحركات الصلبة لمختلف الأنواع الأساسية للهندسة المتعددة الأبعاد. وفي الهندسة الإقليدية العادية، تشكل الحركات الصلبة **الزمرة المتعامدة** orthogonal group، لذا لم يكرس ڤايل في كتابه سوى حيّز صغير جدًا للزمرة السمبلكتية - وقد بدت نشازًا محيرًا وجد لغرض ما، لكن هذا الغرض لم يكن بيّنًا حينذاك؛ أما الآن فقد غدا معروفًا تمامًا : إنه **الديناميك** dynamics.

إن المفهوم الركزي في الهندسة الإقليدية العادية، هو المسافة. ولإدراك مفهوم المسافة جبريًا، نستخدم الجداء الداخلي (أو السلّمي) $x.y$ لمتجهين $x$ و $y$. فإذا كان $x = (x_1,x_2)$ و $y=(y_1,y_2)$ متجهين في المستوي، كان جداؤهما الداخلي:

$$x.y = x_1y_1 + x_2y_2$$

وتطبق صيغة مشابهة في الأبعاد العليا. ومن هذا الجداء الداخلي، يمكن في الهندسة الإقليدية الحصول على المفاهيم الأساسية جميعها. وبشكل خاص، تكون T حركة صلبة إذا وفقط إذا حافظت على الجداء الداخلي، بحيث يكون: $Tx.Ty = x.y$

إذا استبدلنا بالجداء الداخلي تعابير جبرية أخرى مشابهة، حصلنا على هندسات جديدة. فالهندسة السمبلكتية تقابل التعبير الجبري: $x_1y_2-y_1x_2$، الذي يمثل مساحة متوازي الأضلاع المشكل بالمتجهين x و y. وهنا تجدر ملاحظة إشارة الطرح (-) التي تترك بصماتها على كل الهندسة السمبلكتية. إن هذه الصيغة السمبلكتية تزود المستوي بنوع جديد من الهندسة، يكون طول كل متجه فيها معدومًا ويكون عموديًا على نفسه. وهناك مشابهات في الفضاءات بأي عدد زوجي من الأبعاد.

هل يمكن لهذه الهندسات الغريبة أن يكون لها شأن من الناحية العملية؟ بالتأكيد، فهي هندسات الميكانيك الكلاسيكي (التقليدي). ففي الصياغة الهاملتونية، يتم وصف النظم الميكانيكية بوساطة إحداثيات الموضع $q_1,q_2,...,q_n$، وإحداثيات الزخم (كمية الحركة) $p_1,p_2,...,p_n$، ودالة $H$ في هذه الإحداثيات (وتسمى هذه الدالة الآن **الهاملتوني** the Hamiltonian)، ويمكن اعتبارها ممثلة للطاقة الكلية للنظام المعني. وبهذه الرموز، تأخذ معادلات نيوتن الشكل الأنيق التالي:

$$dq_i/dt = \partial H/\partial p_i,$$

$$dp_i/dt = -\partial H/\partial q_i.$$

وعند حل معادلات هاملتون، من المفيد في أغلب الأحيان إجراء تغيير للإحداثيات. لكن إذا ما تم بطريقة ما إجراء تحويل لإحداثيات الموضع، وجب عندئذٍ إجراء تحويل متسق على **الزخوم** momenta المقابلة. وطبقًا لذلك، نجد أن مثل هذه التحويلات يجب أن تكون سمبلكتية مماثلة للحركات الإقليدية الصلبة. فالتغييرات الإحداثية الطبيعية في الديناميك هي سمبلكتية.وهذه نتيجة **للتخالفية** asymmetry

(٢٧) Moscow State Univversity, Russia

في المعادلات الهاملتونية، حيث $dq/dt$ هي $+\partial H/\partial p$، لكن $dp/dt$ هي $-\partial H/\partial q$. مرة أخرى، إنها إشارة الطرح.

أما بالنسبة للطبولوجيا السمبلكتية فيجب أن تكون أكثر مرونة، وأن نستعمل تحويلات تبدو"في جوار صغير" وكأنها حركات صلبة، وسوف نشير إلى هذه التحويلات بقولنا إنها **تحويلات سمبلكتية**. وفي المستوي، يمثل الشكل السمبلكتي مساحة، وبذا تكون الحركة السمبلكتية الصلبة هي تحويل خطي يحافظ على المساحة. وزيادة في المرونة،

## خلاف حول دور الحواسيب في الرياضيات

لقد اكتسبت الرياضيات أداة تجريبية قوية بما توفره الحواسيب من ذاكرات ضخمة وسرعة في الحساب وإمكانات جيدة للعرض التصويري للمعلومات. فبوسع الرياضياتيين الآن أن يجربوا بسهولة ويسر حالات خاصة من المسائل التي يطرحونها والاطلاع على الأجوبة التي تتوصل إليها حواسيبهم. ومن ثمّ يمكنهم التفكير في الأنماط التي تكشف عنها تجاربهم الحاسوبية، ومحاولة البرهان على أن هذه الأنماط تحدث بصورة عامة.

غير أن التجارب – حتى المستفيضة منها – يمكن أن تكون مضللة. فمثلا، تبين التجارب الحاسوبية أنه لغاية بضعة بلايين من الأعداد هناك أعداد أولية من الشكل $4k+1$ أقل مما يوجد منها من الشكل $4k+3$. وقد يبدو هذا دليلاً مفحمًا، لكن تم البرهان على أن الأعداد الأولية من الشكل الأول تلحق في نهاية الأمر بتلك التي من الشكل الثاني. وفي مبرهنة مبكرة في هذا الاتجاه تم إثبات أن الأعداد الأولية من الشكل $4k+1$ هي التي يكون لها قصب السبق بين الأعداد التي تسبق العدد $10^{10^{34}}$، وهو عدد هائل لدرجة أنه لا يمكن أبدًا إيجاده بتجربة مباشرة.

ليس ثمة شيء جديد بشكل أساسي حول إجراء تجارب في الرياضيات. فمثلا تحتوي دفاتر كارل گاوس على حسابات لا تحصى حاول من خلالها أن يحزر أجوبة بعض المسائل التي طرحها في نظرية الأعداد؛ كما أن أوراق نيوتن تحوي الكثير من الحسابات التجريبية. وما هو جديد في هذا المضمار هو الحواسيب، التي يمكنها إجراء عدد كبير من التجارب تتجاوز إمكانات العقل البشري من غير معين، وكذلك استعداد الرياضياتيين لأن يعربوا بصراحة أكثر عن انتفاعهم من التجارب التي يجرونها. فهم الآن ينشرون التجارب على الرغم من افتقارها لبراهين مضبوطة. وبالفعل فقد صدرت حديثًا مجلة تعنى **بالرياضيات التجريبية** experimental mathematics.

وحول الرياضيات التجريبية تختلف الآراء. فبعض الرياضياتيين، ومن بينهم <S. كرانتز> من جامعة واشنطن و<J. فرانكس> من جامعة نورثويسترن بالولايات المتحدة الأمريكية، يمقتون هذه المقاربة وقد أدانوها في كتاباتهم؛ وهم يعتقدون بأنها تشوه كمال الموضوع. كما أنهم ينبهون إلى أنها قد تكون مضللة: فمثلا تُظهر صور مجموعة ماندلبروت أن هذه المجموعة **غير مترابطة** disconnected في حين أنها هي في واقع الأمر مترابطة.

أما دعاة الرياضيات التجريبية، بمن فيهم ماندلبروت نفسه، فيحاجّون بأن معارضيها لم يمحصوا جيدًا في الأمر، ويعتقدون بأنه من المفيد جدًا للباحثين في الرياضيات – وبخاصة الجيل القادم منهم – أن يطّلعوا لا على البراهين المصقولة فحسب وإنما أيضًا على الدلائل التي قادت إليها. ويبيّن هؤلاء أن التجارب جميعها تتطلب تصميما وتفسيرًا متأنيين. فعندما قام ماندلبروت لأول مرة برسم مجموعته لاحظ بقعًا غاية في الصغر منفصلة عن بقية المجموعة. لكن أيّ شخص يستخدم الرسومات الحاسوبية يكتشف سريعًا بأنه قد تكون وراء حدود **ميز** resolution الصور ثمة بنية دقيقة غير مرئية. وفي واقع الأمر، خمّن ماندلبروت أن المجموعة مترابطة؛ وقد غدا ذلك مسألة معروفة جيدًا.

وفي نهاية الأمر استطاع <J. هَبرد> من جامعة ريتشموند بالولايات المتحدة و <A. دوادي> من جامعة پاري سود بفرنسا، تقديم برهان دقيق على أن مجموعة ماندلبروت هي فعلاً مترابطة وقد أوضح هَبرد بأنه كان للصور الحاسوبية دور مهم في إيجاد ذلك البرهان. فهذه الصور مثّلت المجموعة **بخطوط كفاف** contours متعددة الألوان. وكما تبين، فإن هذه الخطوط لا تحيط بتلك البقع الصغيرة جدا، مثلما يكون الحال لو أن هذه البقع هي في الواقع غير متصلة. وبدلاً من ذلك، فإنها تبدو معشعشة حول **فتائل** filaments دقيقة تمتد بين البقع والجسم الرئيسي لمجموعة ماندلبروت. وهذا الدليل التجربي لم يكن مضللاً على الإطلاق، بل على العكس فقد وجّه الأنظار إلى الحقيقة مباشرة.

إن حل هذا الخلاف حول دور الحواسيب في الرياضيات، أمر يسير نسبيًا. فإذا كنت تجري تجارب حاسوبية بشكل رديء، أو إذا كنت تتسرع في الحكم متناسيًا ما لا تظهره الصور الحاسوبية، عندئذٍ من المتوقع أن تتوصل إلى نتائج غير صحيحة. لكن التعامل مع مسائل كهذه يمثل جزءًا من أسلوب وخبرات القائم بالتجربة، أيا كان. ومعظم الرياضياتيين سعداء تماما باستخدام الحواسيب كأدوات لاقتراح مبرهنات جديرة بالاهتمام. وهم يقرون بأن التجارب ليست براهين، لكنهم مع ذلك يجدونها مفيدة. فهم لا يرفضون الحواسيب، وفي الوقت نفسه لا يأخذون على علاته كل ما تشير إليه هذه الحواسيب. ففي الرياضيات، كما هي الحال في سائر العلوم الأخرى، تمضي النظرية والتجربة معًا يدًا بيد.

نخفف شرط الخطية. لذا فإن أي تطبيق في المستوي يحافظ على المساحة، هو تطبيق سمبلكتي. ولكي تُشكل صورة ذهنية، اعتبر المستوي سائلا غير قابل للانضغاط وانظر إلى التطبيق السمبلكتي على أنه شيء يُحرك ويخلط السائل (هذه ليست مجرد صورة، إذ يمكن بلغة سمبلكتية إعادة صياغة ميكانيك السوائل بشكل مجدٍ).

إن الطبولوجيا التفاضلية هي دراسة التطبيقات **الناعمة** smooth لمنطو. وبالمثل، فإن الطبولوجيا السمبلكتية هي دراسة التطبيقات السمبلكتية لمنطو سمبلكتي. إن أولى مبرهنات الطبولوجيا السمبلكتية، قد تم وضعها قبل أن يُطرح هذا الوضوع بزمن طريل، وكانت المبرهنة الهندسية الأخيرة لـ <هنري پوانكاريه>. وقد نشأت هذه المبرهنة عن مسألة في الميكانيك السماوي. وتنص المبرهنة على أن كل تحويل يحافظ على المساحة (أي إنه سمبلكتي) لحلقة (منطقة تقع بين دائرتين)، ويحرك الدائرتين المحيطيتين في اتجاهين مختلفين ، له على الأقل نقطتان ثابتتان. إن مثل هذه المبرهنات حول النقاط الثابتة فعالة جدًا، وهذه المبرهنة-التي أثبتها <G. بيركوف> عام 1913- تقتضي وجود مدارات دورية في حركة ثلاثة أجسام تحت تأثير الثقالة (الجاذبية الأرضية).

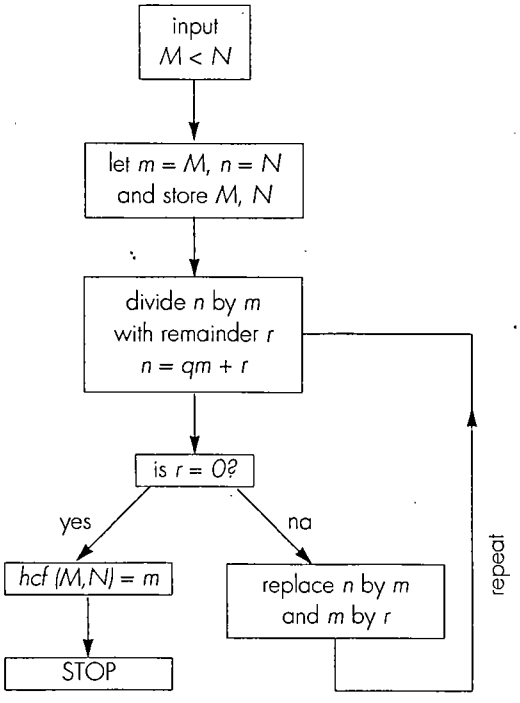
إذا لم يكن التحويل سمبلكتيًا، فلا حاجة إلى وجود نقاط ثابتة؛ وهكذا فإن للطبولوجيا السمبلكتية صفة مميزة خاصة بها. وثمة مسألة مهمة حول وجود مسارات دورية، تعرف باسم مخمنة واينشتاين وقد تم البرهان عليها من قبل <C. ڤيتربو>[٢٨] عام 1987. وهناك صيغ سمبلكتية لنظرية **العقدة** knot ، ولكثير من المسائل الخاصة بالعالم السمبلكتي.

إن التطبيقات المعهودة للهندسة السمبلكتية هي في الميكانيك والبصريات. ولعل أهم التطبيقات الجارية هي في ميكانيك الكم، حيث ألقت لغة الهندسة السمبلكتية قدرًا كبيرًا من الضوء على سيرورة **التكميم** quantization - أي الانتقال من نظام كلاسيكي إلى نظيره الكمومي.

## الخوارزميات والتعقد

لاحظ مرة عالِم الحاسوب <D.كنوث> أن الفارق الرئيسي بين الرياضيات وعلم الحاسوب هو أن الرياضياتيين لا تقلقهم تكلفة عمليات الحساب التي يجرونها. وهو لا يقصد هنا التكلفة المالية، وإنما حجم المجهود الحسابي اللازم لحل المسائل التي يطرحونها. وقد غدت مثل هذه المفاهيم دقيقة بفضل مجال جديد في الرياضيات طُرحت فيه بعض الأسئلة الرئيسية حول طبيعة **الحوسبة** computation. ويعرف هذا المجال باسم "**نظرية التعقد**" complexity theory (أو **نظرية التعقد الحسابية**، وذلك لتمييزها عن نظرية أخرى في العلوم تحمل الاسم نفسه، وتتناول انبثاق ترتيب في نُظم بالغة التعقيد).

**الشكل 4**
**خوارزمية إقليدية**




مخطط انسيابي لخوارزمية إقليدية من أجل إيجاد العامل المشترك الاعظم لعددين صحيحين m و n.

(٢٨) CNRS Paris, France.

إن كثيرًا من الإجراءات الرياضياتية العادية تزودنا بأجوبة نظرية (من حيث المبدأ) لكنها غير تطبيقية. فمثلا، يمكننا اختبار ما إذا كان عدد مفروض n هو أولي وذلك باختبار جميع قواسمه حتى $\sqrt{n}$. لكن هذا الاختبار غير عملي من أجل عدد مؤلف، مثلا، من خمسين رقمًا، إذ يتطلب ذلك إجراء $10^{25}$ عملية تقسيم. فباستخدام حاسوب فائق يمكنه إجراء بليونٍ من هذه العمليات في الثانية الواحدة- وهذا إلى حد ما، أسرع مما هو متوافر حاليًا- يستغرق الاختبار نحو 300 مليون سنة. (ويمكن لبعض التحسينات أن تخفض قليلا هذه الفترة الزمنية؛ فمثلا، إذا اقتصرنا في التقسيم على الأعداد الفردية والعدد 2 فقط، عندئذٍ تغدو الفترة الزمنية 150 مليون سنة. غير أن هذا التحسين لن يكون له شأن إذا ما أردنا اختبار عدد له 52 رقمًا، حيث يتطلب ذلك فترة زمنية تقدر بعشرة أضعاف الفترة اللازمة تبعًا لأي واحدة من الطريقتين). هذا ويمكن إجراء اختبار عملي بالكامل **لأوليّة** primality أعداد يبلغ عدد أرقامها ما بين 100 و 120 رقمًا، بطرائق نظرية عددية حاذقة، لا **بالتقسيم الاختباري** trial division.

ليس هدف الاهتمام بهذا المجال هو التوصل إلى حل مسألة رياضياتية معينة، وإنما هو السيرورة - أو الخوارزمية - المتبعة في هذا الحل. ويمكن تقريبًا القول إن **الخوارزمية** هي سلسلة الحسابات التي تضمن التوصل إلى حل. فالسيرورة، "جرب عشوائيًا ***عوامل*** *factors* حتى تجد واحدًا مناسبًا منها"، لا يمكن اعتبارها خوارزمية من أجل اختبار أولية عدد من الأعداد، لأنه يمكن أن تستمر عملية الاختبار إلى ما لانهاية من دون التوصل إلى نتيجة محددة. هذا وإن التعريف الدقيق لمفهوم "الخوارزمية" يتطلب تعريفا اختصاصيًا **لسيرورة** computational process؛ إلا أنه من أجل الأغراض الراهنة، يمكن أن ينظر إلى الخوارزمية على أنها برنامج حاسوبي.

تعتمد معظم الأسئلة الحسابية على المُدخلات - أي على أعداد أو مجموعة من البيانات أكثر تعقيدًا. وتعتمد خوارزمية الأولية على عملية إدخال البيانات المتعلقة بالعدد n في نظام الحاسوب. ونقيس حجم المدخلات بعدد الأرقام الثنائية (0 أو 1) المطلوبة لتحديد هذه المدخلات، التي تبلغ هنا $\log_2 n$ تقريبًا. وما يهمنا هو كيف يتغير زمن تنفيذ الخوارزمية - أي عدد الخطوات الحسابية - تبعًا لحجم المدخلات. وقد يبدو أن هذا يعتمد على النمط الدقيق للخطوة الحسابية - فمثلا، تستغرق عمليات الضرب وقتًا أطول من عمليات الجمع - غير أن التمييز الأساسي الرئيسي في هذا الشأن لا يتأثر باعتبارات كهذه. وليس زمن التنفيذ الدقيق هو المعني في هذا المضمار، وإنما الطريقة التي يتنامى فيها مع اتساع حجم المدخلات.

ما هي مرتبة الكِبر العامة لزمن التنفيذ المتعلق بخوارزمية غير عملية لتقسيم اختباري؟ إذا كان المُدخل عددًا مكونا من $n$ رقمًا ثنائيًا (**بِتَّة** bit)، فإن مرتبة الكبر هذه تكون $2^n$، وبذا يكون جذره التربيعي من المرتبة $2^{n/2}=(\sqrt{2})^n$. ويتنامى هذا العدد أسيًّا مع تزايد $n$، مما يجعل الخوارزمية غير عملية حتى عندما تكون قيمة $n$ معتدلة. وبالمقابل، فإن الخوارزمية الإقليدية النموذجية لإيجاد للقاسم المشترك الأعظم لعددين (الشكل 4) تتطلب زمن تنفيذ من المرتبة $16n$ لمدخلات من الأعداد التي لها $n$ رقمًا ثنائيًا. وهذا خطي في $n$، ولذا فإنه يتنامى ببطء أكبر بكثير؛ فمثلا، إن المدخلات التي لها مليون من الأرقام الثنائية، تتطلب 16 مليون عملية حساب، وتستغرق أقل من ثانية على حاسوبنا الفائق الافتراضي.

إن الخوارزميات التي يتغير زمن تنفيذ الواحدة منها كالعدد $n^2$، أو $n^3$، أو بشكل أعم كقوة محددة للعدد $n$، هي أيضًا خوارزميات "عملية". ومن أجل أغراض نظرية، فإن التمييز الحاسم هو بين الخوارزميات التي يكون زمن تنفيذها $Kn^a$ على الأكثر، حيث $K$ و $a$ ثابتان، وتلك التي يتجاوز زمن تنفيذها $Lb^n$، حيث $L$ و $b$ ثابتان. ويقال عن الأولى إنها تُنفّذ في ***زمن حدودياتي*** polynomial، أو إنها من الصنف (الصف) $P$؛ وعن الثانية، إنها تنفذ في ***زمن أسيّ*** *exponential time*. وتقع بين هذين الصنفين من الخوارزميات، خوارزميات زمن تنفيذها أقصر من الزمن الحدودياتي وأطول من الزمن الأسّي. هذا وإن أفضل الخوارزميات المعروفة لاختبار الأولية هي من النمط الأخير.

إن كُنْه نظرية التعقد الحسابية هو كيف تنمو أزمنة تنفيذ الخوارزميات مع حجم مدخلات البيانات، التي تفرض حدودًا على الفعّالية الممكنة للخوارزميات. والصعوبة المركزية هي أن تثبت أن حلّ بعض المسائل يؤدي لا محالة إلى خوارزميات غير فعّالة. والصعوبة الرئيسية هي أنه إذا كانت أفضل الخوارزميات من أجل حل مسألة معينة تُشغل في زمن أسي مثلا، فهذا لا يقتضي أن **كل** خوارزمية لحل المسألة نفسها تُشغل في زمن أسي. فقد تكون هناك خوارزمية فعّالة غير معروفة تُشغل بسرعة أكبر بكثير لحل تلك المسألة.

ومن الجدير بالذكر هنا مسألة البائع المتجول، التي ظهرت لأول مرة في الولايات المتحدة في الثلاثينات، إبّان بدايات **بحوث العمليات** operational research. لقد كان على بائع متجول أن يزور عددًا من المدن ويعود إلى المدينة التي انطلق منها. إذا أُعطينا المسافات بين هذه المدن، فما هو أقصر طريق يمكن لهذا البائع أن يسلكه؟ وكما هي الحال في اختبار الأوّلية، فإن المقاربة الواضحة لهذه المسألة والمتمثلة باختبار الإمكانيات جميعها، غير فعّالة لا محالة. فمن أجل n مدينة، يكون عدد الجولات $(n\text{-}1)!$(*)، وهذا العدد يتزايد بأسرع من التزايد الأسي.

هل توجد خوارزمية فعّالة لحل مسألة البائع المتجول؟ وبشكل خاص، هل هناك واحدة من الصنف $P$؟ لم يستطع أحد حتى الآن إيجاد هذه الخوارزمية. والبحث عن حل لهذا النوع من المسائل يتمركز حول صنف معين من المسائل تعرف اختصارًا بالمسائل $NP$(مسائل **الزمن الحدودياتي اللاتعييني** non-deterministic polynomial time). وبصورة تقريبية، يمكن القول إن لهذه المسائل إجراءً فعّالا للتحقق من صحة أي حل يمكن ادعاؤه. فمثلا، على الرغم من أنه قد يتطلب حل **لعبة القطع المخرّمة** jigsaw عدة أيام، فإن نظرة واحدة تكفي للتحقق من صحة حلها. ومسألة البائع المتجول هي من مسائل الصنف $NP$؛ لكن ثمة فجوة فكرية هائلة بين تحقق فعّال من صحة حل، وإنجاز عملية الحل بفاعلية. فكّر في لعبة القطع المخرّمة. في واقع الأمر، إن أضخم مسألة غير محلولة في المجال بأكمله هي ما إذا كانت مسائل الصنف $NP$ مختلفة عن مسائل الصنف $P$.

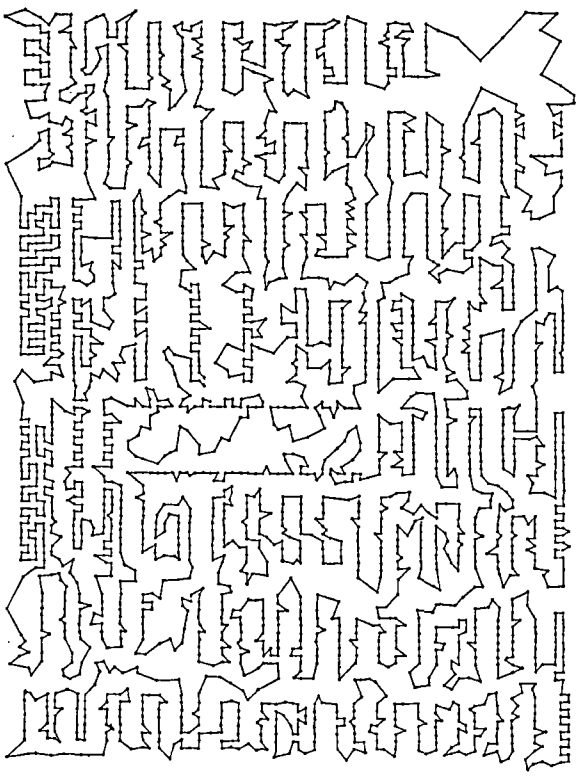
في عام 1971 وجد <S. كوك>[٢٩] ما بدا وكأنه أصعب مسألة من مسائل الصنف $NP$. لقد بيّن كوك أنه إذا كانت مسألة خاصة في المنطق الرياضياتي، معروفة بأنها من الصنف $NP$، وهي في واقع الأمر من الصنف $P$، عندئذٍ يجب أن ينطبق ذلك على كل مسألة أخرى من الصنف $NP$. وبعبارة أخرى، إذا كانت هذه المسألة المنطقية الواحدة من الصنف $P$، عندها يتساوى الصنفان، أي إن: $NP=P$. (وبصورة خاصة، ستكون هناك خوارزمية فعّالة من أجل حل مسألة البائع المتجول). ويقال عن مسائل كهذه إنها "**تامة** $NP$" $NP$-complete، بما فيها مسألة البائع المتجول. وسبب ذلك هو أنه يمكن تحويل أي واحدة من هذه المسائل إلى حالة خاصة من أي واحدة من الأخريات على نحو يتغير فيه زمن التنفيذ بطريقة **حدودياتية** polynomial. فإذا أمكن إثبات أن مسألة البائع المتجول صعبة حقًا (لا في $P$)، فإنه يمكن البرهان تلقائيًا على أن عددًا ضخمًا من المسائل الأخرى هو صعب أيضًا. لكن لا يعرف أحد حتى من أين يبدأ.

وكمسألة عملية، يمكن حلّ عدد كبير فعلا من مسائل البائع المتجول بطرائق خاصة. والرقم القياسي الحالي هو 3038 مدينة (الشكل 5). لكن أسئلة حول صنع **شيپات** chips الحاسوب (تحريك ليزر إلى عدة مواضع متتابعة لحفر ثقوب دقيقة) تكافىء مسألة البائع المتجول بين أكثر من مليون مدينة. ويكفي عمليًا أن نحصل على تقريبات جيدة من الحل الأفضل، بدلا من أن نحصل على أفضل حل **مضبوط** exact؛ وقد تم إيجاد خوارزميات تقريبية فعّالة لحل كثير من المسائل. ومع ذلك، ففي عام 1992 تمّ البرهان، من قبل <S. آرورا>[٣٠]، <M. سودان>[٣١]، <R. موتواني>[٣٢]، <C. لوند>[٣٣] و <M. سزيگيدي>[٣٤]، على أنه إذا كان $NP\neq P$، فثمة عتبة لحجم البيانات إذا تعديناها غدت التقريبات رديئة بالضرورة.

(*) $(n\text{-}1)!=(n\text{-}1)...2.1$ وهوعامليّ n-1 factorial. (التحرير)

(٢٩) University of Toronto, Canada. (٣٠) University of California at Berkeley, USA. (٣١) University of California at Berkeley, USA. (٣٢) Stanford University, USA. (٣٣، ٣٤) Bell Laboratories, USA.

الشكل 5



إن نظرية التعقد الحسابية مجال تطوره واعد. والسؤال الأساسي عما إذا كان $NP \neq P$ صعبًا جدًا؛ لكن ثمة مدى كبير لابتكار خوارزميات جديدة أسرع إنجازًا – مضبوطة أو تقريبية – من أجل حل المسائل العملية، وكذلك لابتكار تقنيات جديدة من أجل إيجاد زمن تنفيذ خوارزميات معروفة، وهكذا. كما أن هناك أيضًا توسيعات مهمة. ولقد تمكن <L. بلوم>[٣٥] و <M. شوب>[٣٦] و <S. سميل>[٣٧] من تطوير نظرية حوسبة على الأعداد الحقيقية **تُنمذج** models تقنيات التحليل العددي. وفي نظريتهم هذه، افترض أن الحسابات تجري بدقة لامتناهية. وإحدى نتائجها هو التحقق من مخمنة <R. بِنْروز>[٣٨] التي تنص على أن مجموعة ماندلبروت غير قابلة **للحوسبة** computation، بمعنى أنه لا توجد خوارزمية تستخدم أعدادًا حقيقية بدقة لامتناهية وتكون قادرة على تحديد ما إذا كان عدد مفروض ينتمي أو لا ينتمي إلى تلك المجموعة. ونظرية التعقد الحسابية تزودنا ببرهان بالغ الدقة على أن الشواش غير قابل للحوسبة.

## طيف مؤثر لابلاس

إن كل شيء في الكون يهتز. فاهتزازات الزمكان[*] تأتينا بالضوء من أقصى المجرات، واهتزازات الغلاف الجوي تحمل إلينا أصوات البلابل من حولنا. وإن نغمة كمان ستراديڤاريوس، واستقرار عجلة سيارة، يعتمدان على كيفية اهتزازهما. ولكل شيء مدى كامل من ترددات الاهتزاز الرنانة المميزة، تعرف **بأنماط الاهتزاز العادية** normal modes of vibration. رياضياتيًا يمكن وصف الاهتزازات الصغيرة **الاتساع** amplitude لأي وسط بمعادلة موجية. وقد استُنبط ذلك في أول الأمر في القرن الثامن عشر من قبل <L. أولر> في دراسته للآلات الموسيقية، لكن <J-L. لاگرانج> وسّعه ليشمل الموجات الصوتية، ثم تعاقبت بسرعة توسيعات أخرى. وغدت المعادلة الموجية الأهم على الأرجح بين معادلات الفيزياء الرياضياتية جميعها. وبصيغة رياضياتية تأخذ المعادلة الموجية الشكل:

$$\frac{d^2 f}{dt^2} = \Delta f$$

حيث يعرف مؤثر لابلاس $\Delta$ بالمعادلة:

$$\Delta f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial z^2}.$$

إن الترددات المميزة لشكل يهتز، تقابل **القيم الذاتية** eigenvalues $\lambda$ لمؤثر لابلاس، أي إنها حلول المعادلة

$$\Delta f + \lambda f = 0$$

وفي هذه المعادلة يُنظر إلى الحدود (التخوم) على أنها مثبتة، في حين تهتز بقية أجزاء الشكل، تمامًا كما هي الحال في طبل أو كمان.

(*) زمكان space-time نحت من زمان – مكان. (التحرير).

(٣٥) International Computer Science Institute, Berkeley, USA.

(٣٦) IBM Thomas J. Watson Research Center, Yorktown Heights, USA. (٣٧) University of California at Berkeley, USA. (٣٨) University of Oxford,UK.

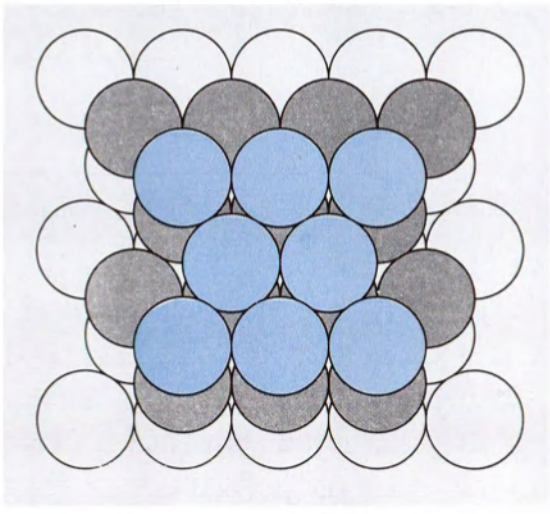
## مسألة كبلر مازالت مدار بحث

إن أحد أقدم الأمور المحيرة في الرياضيات مسألة سبقت "مبرهنة فِرما الأخيرة" بعدة عقود وتعرف بمسألة كبلر. وظلت هذه المسألة زهاء أربعة قرون من دون برهان إلى أن أعلن <Yi.Wu.هسيانگ>، من جامعة كاليفورنيا في بيركلي بالولايات المتحدة الأمريكية، عام 1991 بأنه وجد حلاً لها. ولكن صحة حلّه هي الآن موضع خلاف.

لقد اشتهر يوهان كبلر بقوانينه لحركة الكواكب؛ لكن كتابًا تم تأليفه كهدية رأس السنة لراعيه تضمن بعض تأملاته حول **نتفات الثلج** snowflakes. ما سبب كون هذه النتفات ذات تناظر سداسي؟ وقد قاده هذا السؤال إلى تبصرات لافتة للنظر في البنية البلورية، وذلك قبل ثلاثة قرون من شروع الفيزيائيين في تطوير النظرية الذرية للمادة؛ كما قاده إلى مسألة في الرياضيات حول **رصّ** packing كرات متماثلة في أصغر حيّز ممكن. وقد أدخل في اعتباره ثلاث رصّات خاصة عرفت من قبل علماء البلّورات باسم **الشبيكة المكعبة** cubic lattice، والشبيكة السداسية والشبيكة المكعبة **الممركزة الأوجه** face-centred (انظر الشكل في اليسار). ويؤكد كبلر بأن "الرصّ سيكون أشد ما يكون" في حالة الشبيكة المكعبة الممركزة الأوجه. ومسألة كبلر هي البرهان على ذلك من أجل أي رصّ ممكن، نظاميا كان أو عشوائيا، وليس فقط من أجل أنماط الرصّ الثلاثة المذكورة. إن كثافة الرصّ – أي نسبة الحيّز الذي تشغله الكرات – هي $\pi/\sqrt{18}$ ، أو نحو 74%.

لقد تمت صياغة برهان هسيانگ بلغة الهندسة الكروية الكلاسيكية والمتجهات والحسبان، واحتلت صياغته الأولى نحو مئة صفحة من الهندسة العويصة. وهذا البرهان لم ينشر بعد، لكنه متاح على نطاق واسع بالشكل السابق للطباعة. وقد انقضى عام قبل أن تظهر بعض الشكوك حوله. وكان كل من <H.J. كونوي>، من جامعة برنستون، و <Th. هيلس>، من جامعة شيكاغو، أول من أعلن عن تشككه على الملأ. وقد بيّنا أن برهان هسيانگ الأصلي يتضمن عدة أخطاء جلية، قام هسيانگ بتصويبها في الصيغة الجديدة لبرهانه الذي تم تبسيطه إلى حد كبير، غير أن كثيرًا من الرياضياتيين يضنون الآن بالوقت الطويل الذي تتطلبه محاولتهم فهم البرهان الجديد بعد أن عرفوا أن صيغته الأصلية كانت ممتلئة بالأخطاء. ومن بين أولئك الذين قاموا بالتحقق من صحة هذا البرهان <J. ريد>، من جامعة أوسلو بالنرويج، وهو مقتنع تمامًا بأن البرهان صحيح الآن. والنتيجة التي توصل إليها <D. مودِر>، من ميتر كوبوريشن في ماساتشوستس بالولايات المتحدة الأمريكية، هي التي حظيت بأفضل

*يُخمن على نطاق واسع أن طريقة الثلاث طبقات متتالية لشبيكة مكعبة ممركزة الأوجه، هي الطريقة الأنجع لرصّ كرات متماثلة في الفضاء.*



قبول في كل مكان، وتنص على أن أيّ رصّ لكرات هو على الأكثر 77.386%. وما زال مودر قلقًا حول ما يسميه "الادعاءات غير المدّعمة" في محاولة هسيانگ البرهان على مسألة كبلر. وهو على استعداد لقبول فكرة إمكانية تبرير تلك الادعاءات بشكل دقيق، لكنه يصر على أن البرهان الحالي يفتقر إلى ذلك. ومن ناحية ثانية، يعتقد هسيانگ أن الموضوع لا يعدو كونه موضوع انتظار إلى أن يلحق الحدس الهندسي لدى الآخرين بحدسه.

عندما تُعرض لأول مرة براهين طويلة ومعقدة لمسائل صعبة لم تحل بعد، يتطلب الأمر من الرياضياتيين فترة طويلة للتحقق من صحة هذه البراهين وفهم الأفكار الرئيسية الواردة فيها والتسليم بها. وكلما ازدادت أهمية البرهنة، كان رد فعل الجماعة الرياضياتية الأوليّ حول صحة البرهان عليها أكثر تشككًا. والصيغ الأولية للبراهين المعقدة تشتمل في معظم الحالات على أخطاء، بعضها قد يكون جسيمًا والبعض الآخر يمكن ترقيعه. أما فيما يتعلق بمسألة كبلر فما زال الحكم حول صحة البرهان عليها معلقًا. فالنواحي الاجتماعية المتعلقة ببرهان رياضياتي لا تقل تعقيدًا إلى حد ما عن المنطق المستخدم فيه.

يتعين التردد الأساسي لكمان violin بالتوتر في الوتر. لكن يمكنه أيضًا أن يولّد **النغمات التوافقية** harmonics للتردد الرئيسي – الاهتزازات التي تحدث أسرع بمرتين، أو ثلاث مرات، أو أربع مرات، ... وهنا يمكن وصف النمط بسهولة: إن الترددات الممكنة تَتبع سلسلة الأعداد الصحيحة 1 ، 2 ، 3 ،... لكن الأشكال الأكثر تعقيدًا تُنتج سلسلة أكثر تعقيدًا من الترددات. وقد برهن <H. ڤايل> على أنه إذا كان للأشكال أطراف ناعمة، فجميعها تهتز في متتالية من الترددات:

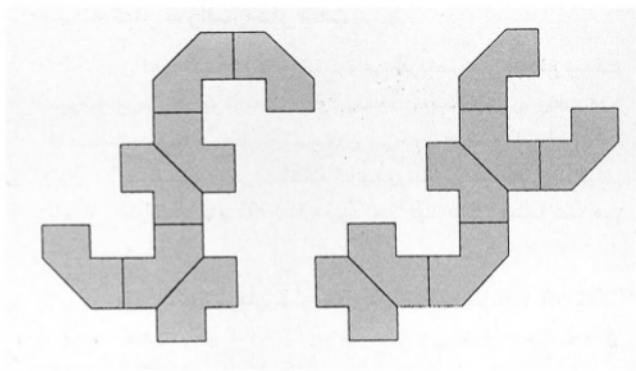
$$\lambda_1 \leq \lambda_2 \leq \lambda_3 \leq \ldots$$

وتسمى هذه المتتالية **طيف الشكل** the spectrum of the shape.

في عام 1966، تساءَل <M. كاك> عما إذا كان للأشكال المختلفة أطياف مختلفة بالضرورة. وقد عبّر عن ذلك بقوله:" هل يمكنك سماع شكل طبل؟" وقد بيّن أن مساحة ومحيط طبل – باعتباره شكلا ذا بعدين في المستوي – يحددهما طيف الطبل. (وكان ڤايل قد أثبت من قبل مبرهنة مفادها أن المساحة تتعين على هذا النحو – انظر أدناه). وبعد أكثر من ربع قرن، تمت الآن الإجابة عن سؤاله بالنفي، وذلك من قبل <C. گوردون>[٣٩] و <D. ويب>[٤٠] و<S. وولبرت>[٤١]. لقد صمموا طبلين مختلفين (الشكل 6) بطيفين متطابقين. ومنذ عام 1964، أخذت تُطرح أمثلة مشابهة في أبعاد أعلى وذلك إثر ابتكار <J. ميلنور>[٤٢] **لطارتين** tori مختلفتين لهما 16 بعدًا وطيفاهما متطابقان. وفي عام 1985 استنبط <T. سونادا>[٤٣] معيارًا عامًا من أجل أن يكون لشكلين طيف واحد. وبتطبيق هذا المعيار، أمكن لـ <P. بوزر>[٤٤] و <R. بروكس>[٤٥] و <R. تسي>[٤٦] إيجاد سطحين محدبين متميزين (جرسين) في فضاء ثلاثي الأبعاد، لهما طيف واحد. والطبلان في الشكل التوضيحي هما نسختان مسطحتان لأحد أمثلة هؤلاء.

إن من بين إنجازات <H. ڤايل> الباكرة إثبات أن طيف منطو(متنوعة) ما يحدد دائمًا "حجمَه" المتعدد الأبعاد. وقد تم ذلك بأن برهن على صيغة تصف الخواص **المقاربة** asymptotic للاهتزازات في الترددات العالية. وتحديدًا،

الشكل 6



ليكن $N(\lambda)$ عدد الترددات المُميِّزة الأقل من قيمة مفروضة $\lambda$. إن العدد $N(\lambda)$ هو مقارب للعدد $k\lambda^{n/2}$ ، حيث $n$ عدد أبعاد الشيء المهتز و $k$ ثابت يعتمد على حجم هذا الكائن. ويعني المصطلح **مقارب** asymptotic هنا أن نسبة الجواب الصحيح إلى الجواب الذي تعطيه صيغة ڤايل، تسعى إلى 1 عندما تسعى $\lambda$ إلى اللانهاية. لكن هذا لا يوفر سوى معلومات فجة جدًا. ولإدخال تحسين على صيغة ڤايل، علينا أن نعرف مدى كبر الخطأ الناجم. وانطلاقًا من اعتبارات فيزيائية، خمن <M. بيرّي>[٤٧] عام 1980 أن ما يجب أن يكون صحيحًا هو صيغة أدق من تلك التي أوجدها ڤايل، وأنه يجب ألا يقتصر انطباق هذه الصيغة على الأشكال الناعمة التي تصورها ڤايل، بل يجب أن يتعداها إلى الأشكال التي حدودها (تخومها) فِركتلية (كسرانية).

لنتذكر أن **الفِركتل** fractal هو شكل تفاصيل بنيته تتكرر على جميع مقاييس التكبير. إن كثيرًا من الأشياء يمكن نمذجتها بوساطة الفِركتلات بشكل أفضل مما لو اعتمد في ذلك على السطوح الناعمة؛ كما أن لاهتزازات الأشياء الفركتلية أهمية خاصة. وتشمل الأمثلة على ذلك اهتزازات مياه بحيرة حافتها غير منتظمة؛ وذبذبات زلزالية للكرة الأرضية كلها؛ والخواص الصوتية لقاعة للموسيقى ذات جدران غير منتظمة. والمثال النموذجي لفِركتل هو

(٣٩) Dartmouth College, USA. (٤٠) Universtiy of Maryland, USA. (٤١) Institute for Advanced Study, Princeton, USA. (٤٢)
(٤٣) Nagoya University, Japan. (٤٤) Ecole Polytechnique, Lausanne, Switzerland. (٤٥) University of Southern California, USA.
(٤٦) Affiliation not known. (٤٧) University of Bristol,UK.

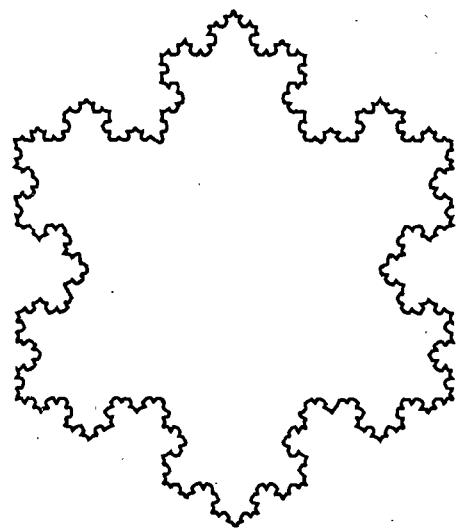
منحنى نُثْفَة ثلج (الشكل 7). ابدأ بمثلث متساوي الأضلاع وارسم على كل ضلع من أضلاعه مثلثًا متساوي الأضلاع طول ضلعه ثلث طول ضلع الأول. والآن كرر العملية إلى مالانهاية، مضيفًا في كل مرة مثلثات أصغر فأصغر. كيف يهتز طبل شكله كنتفة ثلج؟ بحسب بيرّي، إن الطبل سيهتز كما لو كانت حافته ناعمة إذا لم ننظر إلى تفصيل دقيق، وهو تلك الاهتزازات عالية التردد التي تنفذ إلى شقوق محيط الطبل الصغيرة جدًا. هنا، يجب أن تحدث اهتزازات أكثر، لأن للأشياء الفركتلية الكثير من الشقوق الأصغر فالأصغر. لذا فإن العدد $N(\lambda)$ يجب أن يكون أكبر. وقد عرض بيرّي حججًا مفادها أن الخطأ يجب أن يكون نحو $\lambda^{d/2}$ ، حيث $d$ عدد أبعاد **حدود** boundary نتفة الثلج.

ماذا نعني ببُعد الحدود عندما تكون هذه الحدود فِركتلا غير منتظم؟ وفقا لمخمنة بيرّي، ينبغي أن يكون هذا البعد هو بُعد الفِركتل، أو بُعد هاوسدورف – بيزيكوفيتش. وهذا المفهوم الأساسي في تحليل الفركتلات، يقيس سلوكها تحت تأثير تغيير في المقياس. وبشكل خاص، ليس البعد بالضرورة عددًا صحيحا، وذلك خلافًا لمفهومه المعتاد. ومن أجل نتفة الثلج فإن الثابت d يساوي نحو 1.2618. لذا ينبغي أن يكون الخطأ في صيغة قايل من مرتبة كبر $\lambda^{0.6309}$، مقارنة بـ $\lambda^{0.5}$ من أجل طبل حافته ناعمة.

إن النقطة الأولى التي تثار حول مخمنة بيرّي هي أن هذه المخمنة خاطئة. وهذا ما أثبته كل من <J.بروسار>[٤٨] و <R.كارمونا>[٤٩] في عام 1986. وقد يبدو ذلك نهاية القصة، إلا أن الحدس الفيزيائي وراء تلك المخمنة ما زال جذابًا جدا. وقد بين <M.لابيدوس>[٥٠] و <J.فليكنجه – بيلّي>[٥١] أنه يمكن تصحيح تلك المخمنة، إذا استعضنا عن بُعد هاوسدورف– بيزيكوفيتش ببعد مينكوفسكي الأقل شيوعًا.

إن أهمية الحدس الفيزيائي للاكتشاف الرياضياتي واضحة، وهذا التوسيع المهم لنتيجة قايل الكلاسيكية مثال ممتاز في هذا الصدد. لكنه يعلمنا دروسًا أخرى. أحدها هو الحاجة إلى دقة رياضياتية بالغة بالمعنى الصحيح، التي

الشكل 7



المصدر: Peilgen H.O., Jurgens, H. and Saupe, D. (1993) *Chaos and Fractals: New Frontiers of Science*, New York, Springer-Verlag: 99, Figure 2.29.

لولاها لما أمكن التحقق من أن التعريف الأكثر شيوعًا للبعد الفركتلي غير ملائم هنا. وثانيها هو أنه، في حين يُمكن للحدس أن يشير إلى أن بعض النتائج صحيحة إلا أنه لا يستطيع اقتراح المنهج الصحيح للتوصل إلى حل – الذي تطلّب هنا طرائق تحليلية كلاسيكية. وثالثها هو أن أفكارًا من الرياضيات البحتة مهملة نسبيًا– هنا صيغة مينكوفسكي للبعد– يمكن أن تعود إلى الحياة في تطبيقات جديدة.

إن الرياضيات تحتاج إلى العلوم الأخرى، وهذه تحتاج إلى الرياضيات.

**إيان ستيوارت**: أستاذ في معهد الرياضيات بجامعة ووريك (المملكة المتحدة) وكان أستاذًا زائرًا في ألمانيا ونيوزيلندا والولايات المتحدة الأمريكية. ألف عدة كتب في الرياضيات ويكتب عمود "التسلية بالرياضيات" في مجلة ساينتفيك أمريكان (*).
تتركز أبحاث ستيوارت حاليًا على تأثيرات التناظر على الديناميك، وتطبيقات ذلك على تَشكل الأنماط؛ وتحرك الحيوان؛ والشواش.

(٤٨) University of Grenoble, France. (٤٩) University of California, Irvine, USA. (٥٠) University of Georgia, Athens, USA. (٥١) University of Toulouse-1, France.
* انظر "مجلة العلوم"، الترجمة العربية لمجلة ساينتفيك أمريكان التي تصدر عن "مؤسسة الكويت للتقدم العلمي" منذ عام 1986. (التحرير)

# الفـــيزيـــــاء

فـــيليب .F شـــيـــو

قد يكون أوضح منظور للتقدم الحديث في الفيزياء هو ما توصلنا إليه عندما روجعت الإضافات المعرفية الجديدة التي تغطي مجالا واسعًا من المسافات المكانية، بدءًا من الكواركات -التي يظن أنها أصغر الجسيمات (حتى إنها قد تكون نقطية) كلها وأكثرها أساسية (عنصرية) - وانتهاءً بالكون بمجمله، ومرورًا بأشياء ذات حجم متزايد باطراد: كالنوى الذرية والذرات والبوامد والكواكب والمجرات.

فعلى الصعيد النظري، بُذل مجهود كبير لتوحيد مسارات المعرفة، سواء في سلم المسافات الصغيرة الذي تحدث فيه التفاعلات بين الجسيمات دون الذرية أو في مدى المسافات الهائلة الذي تتشكل فيه المجرات وتتصادم.

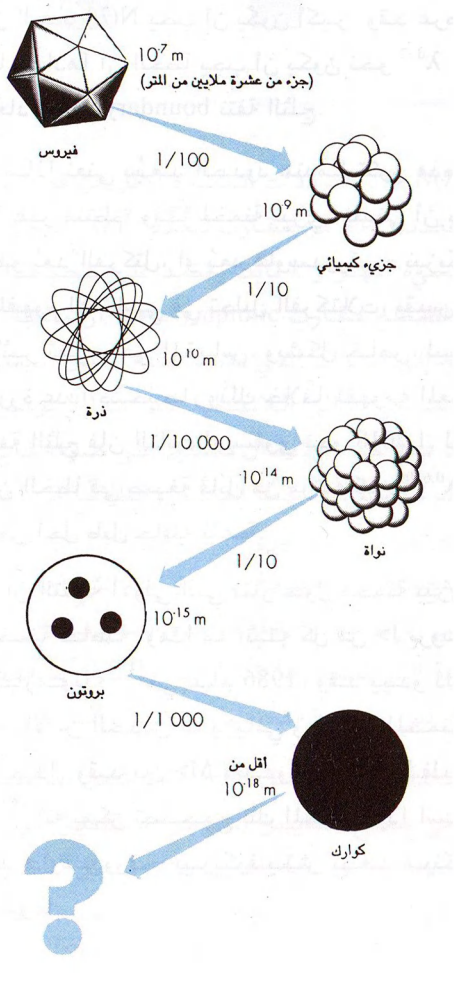
أما على الصعيد التجريبي فيوجد عتاد يتحسن باستمرار ويضم الليزرات والمجاهر ومصائد الذرات والمسرِّعات والمقرابات(التليسكوبات)، مما أتاح اختبار الطبيعة في مجالات حرارية لم يسبق لها مثيل (من واحد على تريليون إلى تريليونات الدرجات)، وفي أطوالها الموجية (أمواج راديوية طويلة من حافة المنظومة الشمسية إلى أشعة گاما ذات الأمواج البالغة القصر والآتية من مركز مجرتنا) وفي فتراتها الزمنية (تفكك الجسيمات Z التي تعيش $10^{-24}$ ثانية، لكن الموجات المكروية الكونية تستغرق 15 بليون عام كي تصل إلى الأرض).

## النموذج المعياري لفيزياء الجسيمات

ما الكوِّنات الأولية للمادة؟ كان بعض الإغريق الأوائل يعتقدون أن لبنات بناء الطبيعة هي «الذرات». وكان مفكرو العصور الوسطى يظنون أن المادة كلها مصنوعة من أربعة عناصر هي: النار والماء والهواء والتراب. وفي العصور الأقرب إلينا تم إحياء فكرة أن الذرات هي الوحدات الأساسية في بناء المادة، وذلك بعد اكتشاف المزيد والمزيد من العناصر الكيميائية. ففي القرن التاسع عشر اتضحت لهذه العناصر خصائص نوعية أدت إلى تصنيفها بشكل جدول دوري.

وبعدئذ، في عام 1911، برهن <إرنست رذرفورد> بالتجربة على أن الذرات نفسها ذات مكنونات أخرى، أي إنها تتألف من نواة ثقيلة في المركز محاطة بإلكترونات. وقد فعل ذلك بأن أطلق جسيمات ألفا على ورقة رقيقة من الذهب؛ فتبين له أن خصائص جسيمات ألفا المتبعثرة لا تتفسر إلا إذا كانت ذرات الذهب تنطوي على نواة ثقيلة. ثم اتضح فيما بعد أن النواة نفسها تتألف من نيوترونات وبروتونات. ولكن تبين اليوم أن لهذين الجسيمين، اللذين كانا يُظنان حتى الستينات أنهما أساسيان، مكونات تسمى كواركات.

**الشكل 1**




وخلال السنوات العشرين الاخيرة اخذت تتشكل نظرة شمولية في فيزياء الجسيمات، بما في ذلك توصيف القوى الفيزيائية المعروفة، وإجماع في الرأي حول ما يشكل جسيمًا أوليًا. وهذا الإطار النظري، واسمه **النموذج**

**المعياري** standard model، يفترض وجود أسرتين رئيسيتين من الجسيمات الأولية هما: الكواركات - وتأتي على ستة أنواع أو «نكهات»: **العلوي** up، **والسفلي** down، **والغريب** strange، **والمفتون** charm **والذروي** top **والقعري** bottom - واللبتونات التي تأتي هي الأخرى على ست نكهات: الإلكترون، والنيوترينو الإلكتروني، والميون، والنيوترينو الميوني، والتاو، والنيوترينو التاوي. ويقول النموذج المعياري بأن كل الجسيمات الأخرى مصنوعة من هذه الجسيمات الأكثر أساسية. ويمكن كشف اللبتونات ودراستها في المخبر (المختبر)؛ لكن الكواركات لا تظهر فرادى بتاتًا، بل فقط في مجموعات (حالات ترابط) من كواركين، تسمى ميزونات (كالبيونات والكاؤونات)، أو من ثلاثة كواركات(كالبروتون والنيوترون). وعمومًا، تنقسم الجسيمات إلى صنفين كبيرين: الفيوميونات، وهي جسيمات تمتلك سبينا نصف صحيح؛ والبوزونات، وهي التي تمتلك سبينًا صحيحًا (0،1،2،...الخ).

وثمة مقولة مهمة في النموذج المعياري هي أن جميع الجسيمات تتفاعل فيما بينها عبر أربع قوى أساسية يحمل كلا منها "**بوزونًا عياريًا**" gauge boson نوعيًا (تسمية متبقية من النظريات الأقدم). وهذه القوى هي:

- القوة الشديدة المحمولة على الگليونات، وهي تعمل داخل النواة فقط فتفيد في تماسك مكوناتها؛
- القوة الضعيفة المحمولة على الجسيمات $Z^0$و$W^+$و$W^-$، وهي تعمل أيضًا داخل الفواة وتُعتبر مسؤولة عن أنماط معينة من التفككات الإشعاعية؛
- القوة الكهرطيسية المحمولة على الفوتونات، وهي تربط ما بين الذرات في المركبات الكيميائية وتكون مسؤولة عن الظواهر الكهربائية والمغنطيسية والتفاعلات الكيميائية؛
- القوة الثقالية (الثقالة)، التي تجسدها جسيمات تسمى گرافيتونات، وهي أضعف القوى الأربع، لكنها هي القوة السائدة الفعالة على مسافات كبيرة وبين الأجرام الكونية.

وتوجد ضمن النموذج المعياري عدة نظريات نوعية تسمى **النظريات العيارية** gauge theories؛ وهي تنطوي على فكرة أن القوى محمولة على بوزونات عيارية. ومن هذه النظريات نظرية الإلكترودينامیك الكمومي ( QED)، وهي تتناول القوة الكهرطيسية، ولاسيما ضمن النطاق الذري، وقد أثبتت تجارب عديدة صلاحيتها. وهناك نظرية الكهرضعيفة التي تضم القوتين، الكهرطيسية والضعيفة، في إطار رياضياتي واحد. ولئن كان واضحًا أن لهاتين القوتين خصائص متخالفة جدًا في العصر الراهن إلا أن المعتقد أنهما كانتا في طفولة العالم الساخنة، وفي أثناء تبرده، وجهين مختلفين لقوة واحدة. والنظرية الثالثة هي الكرومودينامیك (الدينامیك اللوني) الكمومي (QCD) ويتناول القوة الشديدة. هذا وإن الجسيمات (الميزونات والباريونات على السواء) التي تتفاعل عبر القوة الشديدة تسمى هَدرونات. وفي نظرية الـ(QCD)، يقال إن الكواركات تمتلك شحنة خاصة تسمى اللونية (ومن هنا جاءت الصفة: لونية = كرومو). ويبقى أن نقول إن هناك نظرية أخرى، تسمى نظرية التوحيد الكبير (وهي تسمية خاطئة لأن هذه النظرية لا تأخذ الثقالة في الحسبان) وتحاول أن توحد القوتين الشديدة والكهرضعيفة معًا.

إن كل هذه النظريات يجب أن تُختبر بالتجارب. وبما أن تحري خصائص الجسيمات والبحث عن قوى جديدة يتمان من خلال تصادم جسيمات عالية الطاقة، فإن دراسة فيزياء الجسيمات غالبًا ما تسمى فيزياء الطاقة العالية. والواقع، إن المسرعات- التي تدفع حزم الجسيمات إلى سرعات قريبة جدًا من سرعة الضوء- يمكن أن تُقارن بمجاهر عملاقة تنير المادة في أصغر نطاق ممكن. زد على ذلك أن ارتفاع طاقة التسريع يحسّن "المقدرة الفاصلة" للمسرِّع، أي قدرته على سبر المادة في أدق تفاصيلها.

ولهذا السبب فإن كثيرًا من التسميات المستعملة في فيزياء الجسيمات مستمدة من الحاجة إلى تسريع جسيمات إلى طاقات عالية. فالإلكترون ڤلط (eV) مثلا، وهو الطاقة التي يكتسبها الإلكترون بعد أن يعبر فرق كمون كهربائي يساوي "ڤلط" واحدًا، قد صار الوحدة المعتمدة للتعبير عن كميات الطاقة. واليوم تُنتج المسرعات عمومًا حزمًا جسيمية لها طاقات تبلغ بلايين الڤلطات (أو جيگاإلكترون ڤلط: أو GeV) أو حتى تريليونات إلكترون ڤلط ($10^{12}$eV = TeV).

حتى إن كتل الجسيمات أصبحت تقاس بوحدات الطاقة؛ فيقال مثلا إن كتلة البروتون تساوي 0.938 $\frac{GeV}{c^2}$، حيث c سرعة الضوء في الخلاء.

## تجارب التصادم بروتون - بروتون مضاد

إن سبر المادة في سلالم مدى أصغر فأصغر يحتاج إلى طاقات أعلى فأعلى؛ وهذا يحتاج إلى "مجاهر" متزايدة باهظة الثمن. والآلات ذات الطاقة الأعلى هي مسرعات تتصادم فيها حزمتان من البروتونات تصادمًا جبهيًا. فالمصادم الفائق ذو الوصلية الفائقة (SSC) ، وهو قيد الإنشاء في تكساس قرب دالاس، سيضم حزمتين بروتونيتين تدوران في حلقتين متوازيتين، طول الواحدة 83 كيلومتر، وتتصادمان بعد تسريعهما، بطاقة كلية تبلغ 40 TeV، في مواقع عديدة معدَّة لاحتواء التفاعل بين الحزمتين. والموعد المقدر لإتمام هذا المشروع، البالغة كلفته 11 بليون دولار، هو نهاية السنوات الأولى من القرن القادم.

أما المصادم الضخم الآخر، المزمع إنشاؤه من هذا القبيل، فهو المصادم الهدروني الكبير (LHC) الذي سوف يستخدم النفق الأرضي الذي طوله 27 كيلومتر والذي يحتله الآن المسرع الإلكتروني - البوزتروني الكبير (**ليب** LEP) في مختبر المركز الأوروبي للبحوث النورية (**سيرن** CERN) قرب جنيف. وسيوفر هذا المسرّع، الذي لم يقرره بعد نهائيًا مجلس إدارة المركز سيرن، طاقة كلية - 16TeV - أقل بعض الشيء من نظيره الأمريكي؛ لكن للآلتين كلتيهما أهدافًا متشابهة، وهي دراسة المادة في نطاق المسافات الصغيرة جدًا - قد تصل إلى $10^{-18}$ متر - والبحث عن جسيمات جديدة، كبوزون **هيگز** Higgs الافتراضي.

وبانتظار ذلك مازال التيفاترون ، الوجود في مختبر فرميلاب قرب شيكاغو والذي طوله 7 كيلومتر، يعطي أكبر طاقة تصادم في المسرعات القائمة اليوم؛ ففيه تتصادم بروتونات مع بروتونات مضادة بطاقة كلية تبلغ 1.8 TeV. وإضافة إلى هذا التصادم الجبهي يعطي هذا التيفاترون حزمًا يمكن أن تُرجم بها أهداف ثابتة؛ وهي حزم قد تكون مؤلفة من بروتونات أو جسيمات ثانوية متنوعة كاليزونات أو النيوترينوهات.

قد يكون أهم أهداف فرميلاب الآن هو البحث عن الكوارك الذروي (*انظر الشكل B، القسم الملون، الصفحة ii*)، وهو، من أصل الكواركات الستة الواردة في النموذج المعياري، الكوارك الوحيد الذي لم يُلحظ بعد في تجارب فرميلاب. لكن التقارير الحديثة الصادرة عن مجموعة تعاونية تعمل في هذا المخبر تستبعد، بموجب ما أشار إليه المكشاف CDF، أن تكون كتلته أقل من 108 GeV، وهي قيمة قريبة من القيمة 103 GeV التي أشار إليها المكشاف DO. وكان كل من هذين المكشافين الضخمين (يستخدم كل منهما 400 فيزيائي وجهود عدة دول) قد سجل عددًا صغيرًا من الأحداث (اثنين في المكشاف CDF وواحد في المكشاف DO) الموجية بتشكل الكوارك الذروي، وهي أحداث ظهر فيها ميون أو إلكترون بطاقة عالية من جملة الجسيمات التي انبثقت عن التصادم بروتون - بروتون مضاد. لكن العاملين على هذا التيفاترون لا ينكرون أن مثل هذه الأحداث يمكن أن تُعزى إلى تفاعلات أخرى غير التفاعلات التي تعطي كواركًا ذرويا.

لقد قال مدير فرميلاب <جون بيبلز> بأنه لابد من كشف عشرة أحداث على الأقل، في كل مكشاف، كي يمكن الإعلان عن اكتشاف الكوارك الذروي بشكل واضح. وهذا قول يفصح عن الطبيعة الإحصائية للبحث عن الكوارك الذروي: فلئن كانت طاقة التيفاترون أكبر مما يكفي لاستيلاد كواركات ذات كتل تساوي 200 GeV أو أكثر، إلا أن احتمال حدوث ذلك ضئيل جدًا في أي تفاعل. فهناك إذًا حاجة إلى عدد كبير من هذه الأحداث؛ ومن المهم، في سبيل تنفيذ ذلك، توفير مزيد من غزارة حزمة الجسيمات التي تحمل الطاقة اللازمة لحدوث التفاعل الخلاق. ويُنتظر أن يعود التيفاترون إلى العمل، بغزارة أكبر وطاقة أعلى تبلغ 2 TeV ، بعد توقف مبرمج بين الشهرين 10/6 (1993).

## تجارب التصادم إلكترون - بوزترون

إن المصادم الفائق (SSC) ومصادم المركز سيرن (LHC) والتيفاترون تستخدم كلها حزمًا من البروتونات أو البروتونات المضادة، وهي أجسام مركّبة من كراركات. ولكن من الأفضل، في بعض أنواع التجارب، استخدام حزم من

الإلكترونات أو البوزترونات التي هي، في رأي النظريين، جسيمات نقطية حقًا. فالبوزون Z مثلا، وهو أحد حوامل القوة الضعيفة، كان قد اكتُشف أولا في تجارب التصادم بروتون - بروتون مضاد التي تمت في المركز سيرن في أوائل الثمانينات. ولكن دراسة هذا الجسيم أصبحت تجري منذئذ من خلال التصادم إلكترون - بوزترون حيث تتولد الجسيمات Z (بأعداد كبيرة إذا كانت طاقة التصادم كافية) من الكرة النارية المكروية التي تنشأ عن تفاني هذين الجسيمين وفي هذا التصادم العنيف.

والواقع، إن ملايين الجسيمات Z قد سُجِّلت في المكشافات الأربعة المبثوثة حول المسرع **ليب** LEP، وعددا آخر أصغر بكثير سُجِّل في مخبر ستانفورد (SLC) بفضل المسرع الخطي سلاك (SLAC) الموجود هناك، والذي يقدم، كما يفعل ليب، طاقة تصادم تبلغ 100 GeV. ولكن في حين أن LEP مسرع تخزيني تقليدي، يضم حزمة إلكترونات وحزمة بوزترونات تدوران ملايين المرات ضمن سلسلة حلقية من المغانط، فإن الجسيمات في المسرع SLC الخطي تتسابق نحو الأسفل ثلاثة كيلومترات على طول قناة تسريع خطي، ثم تساق (الإلكترونات بالاتجاه والبوزترونات بالاتجاه المعاكس) إلى فرعين قصيرين شكلهما نصف دائري، وتتصادم الحزمتان مرة واحدة في منطقة كل مكشاف، ولا تُستردان بعدئذ للاستخدام مرة ثانية.

### *خصائص البوزون Z*

إن تجارب المركز سلاك والمركز سيرن تستهدف رئيسيًا دراسة خصائص البوزون z وجوانب شتى من القوة الكهرضعيفة. تأمّلْ في خط بياني يمثل عدد حوادث التفاني المرصودة بدلالة طاقة التصادم، فترى فيه نتوءًا حول الطاقة 91 GeV التي تقابل إنتاجًا تجاوبيًا للبوزونات Z؛ وهذا يعني، على الرغم من أن Z لا يوجد عادة كجسيم حر، أن

### تجارب على الذرات المأسورة

إن صنفًا كاملا من التجارب الفيزيائية الذرية يتوقف على إمكانية أسر ودراسة أعداد قليلة من الذرات والجزيئات الكيميائية. وتُستعمل لهذا الغرض عادة مجموعة من الليزرات، تسمى أحيانًا "الدُّبس الضوئي"، تبطىء الذرات، ويستعان أحيانًا بحقول كهربائية أو مغنطيسية لتثبيتها جيدًا في أمكنتها. وتكون "درجة حرارة" هذه المجموعة الصغيرة من الذرات البطيئة منخفضة جدًا. فقد نجح، مثلا، <S. تسو> وزملاؤه في جامعة ستانفورد في تبريد مجموعة من ذرات الصوديوم ثم قذفوها عاليًا (باستخدام ليزر آخر) ضمن جوف يمكن أن يتم داخله فرز الذرات بحسب سرعتها. وبهذه الطريقة أمكن انتقاء حزمة ذرات لاحقة ذات سرعة (في منحى واحد) تبلغ 270 ميكرونًا في الثانية - أي ما يكافىء "سخونة ذات منحى واحد" تساوي 24 بيكوكلفن.

وقد تمت أيضًا قياسات جديدة لكتل ذرية بدقة أفضل من ذي قبل بعشرين مرة إلى ألف مرة، من قبل <D. بريتشارد> وفريقه في معهد ماساتشوستس التقاني (*انظر الشكل C ، القسم الملون، ص II*). كما قيست كتل الهيدروجين والدوتيريوم والأكسجين والنيون والأرگون بدقة تبلغ $10^{-10}$. وقد أجرى الباحثون قياساتهم باستخدام فخ بيننگ، وهو تركيب يتيح مقارنة حركة إيون ذي سرعة سكلوترونية في حقل مغنطيسي بحركة إيون مرجعي. وتتعين نسبة الكتلتين بنسبة التراترين (التراددين) السِّكلوترونيين. ثم تحوَّل هاتان النسبتان إلى سلّم يعتمد كتلةالكربون 12. وقد ذكر باحثو المعهد المذكور أنهم يأملون في "وزن" طاقات الترابط الكيميائي؛ لكن هذا يتطلب تحسين الدقة عشر مرات. ويعتقد بريتشارد أن هذه الدرجة من التحسين تتطلب تطوير تقنية تتيح لإيونين اثنين أن يحتلا فخ بيننگ في وقت معًا. وقد ذكر <R. ڤان ديك>، من جامعة واشنطن، أن قياسات فروق الكتل، بهذا الفخ بين الهليوم 3 والتريسيوم تعطي القيمة 18590.1 eV بارتياب قدره 1.7 eV. ويتيح هذا القياس اختبارًا منهجيًا لتجارب التفكك بيتا للتريسيوم، تلك التجارب التي تستكشف إمكانية وجود نيوترينو ذي كتلة غير معدومة.

هذا وقد أجريت نسخة من تجربة يونگ التداخلية المعروفة؛ ولكن استُعمل فيها، بدلا من الشقين، إيونان من الفضة في فخ ذري وظيفتهما بعثرة الموجات الضوئية للحصول على أهداب تداخل. وقد قام بهذه التجربة فريق <U. آيخمان> في المعهد الوطني للمعايير والتقانة في بولدر بكولورادو. وهنا استخدم هذا الفريق حزمة ليزرية واحدة، سواء لتبريد الإيونات (إلى رتبة المكروكلڤن)، الممسوكة بحقل كهربائي غير متجانس في فخ للذرات، وكمنبع ضوئي لتوليد التداخل. وبذلك أمكن الحصول على أهداب من أجل عدة مسافات (من رتبة بضعة ميكرونات) فاصلة بين الذرتين. ويمكن استخدام هذه الصورة الهدبية بدورها للتأكد من القياسات الحرارية أو لقياس المسافات بين الإيونات في تجارب فخاخ متنوعة.

الطبيعة قد تدبرت أمرها بحيث تتجلى الطاقة المتحررة بشكل جسيم Z في أثناء تفاني الإلكترون والبوزترون بطاقة تصادم تبلغ 91GeV. ومع أن الجسيم Z لا يعيش طويلا قبل أن يتفكك، يستطيع الفيزيائيون أن يتعلموا الكثير عنه، كأن يعلموا مثلا أن مركز النتوء على الخط البياني يتواد عند قيمة تساوي كتلة Z. ويعطي القياس الحالي، باستخدام المسرع LEP، لهذه الكتلة القيمة $91.187 \frac{GeV}{c^2}$ (بارتياب قدره $0.007 \frac{GeV}{c^2}$).

إن عرض النتوء مهم أيضًا. ذلك أن مبدأ هايزنبرك في الارتياب يفيد بأن عرض نتوء التجاوب Z متناسب عكسيًا مع فترة حياة Z، التي تتعلق بدورها بعدد إمكانيات التفكك التوافرة. وكلما كان عدد أنواع الجسيمات العنصرية، أو "أنسالها" أكبر (على الأقل في حال كون هذه الأنسال ذات كتل أقل من نصف كتلة Z) كانت فترة حياة Z أقصر وعرض النتوء أكبر. ولئن كان النموذج المعياري يتلاءم الآن مع ثلاثة أنسال - الإلكترون والميون والتاو - إلا أنه لا يستبعد صراحة إمكانية أنسال أخرى. وقد تبين بالحساب أن كل واحد من الأنسال يسهم في حوالي 160 MeV (مليون إلكترون قلط) في عرض Z، مما يعني أن القياس الدقيق لعرض Z من شأنه أن ينبىء عن عدد الأنسال المحتمل. وتوحي التجارب التي تمت في المركزسيرن وستانفورد، وحتى على التيفاترون، بأن عدد الجسيمات الأنسال، من Z، يساوي الثلاثة التي نعرفها. هذا وإن التأكد من هذه النتيجة ليس شيئًا مهمًا بالنسبة لفيزيائيي الجسيمات وحدهم، بل ولعلماء الكون الذين يسعون إلى معرفة أسباب حدوث ما حدث في بدايات نشأة هذا العالم.

إن من المفيد أن نذكر بهذه المناسبة أن مفعولي المد والجزر الناجمين عن القمر هما السبب الرئيسي للأخطاء التي تشوب تعيين كتلة البوزون Z. فقد وجد فيزيائيو الركز سيرن، بمساعدة العاملين في المسرع SLAC وجامعة لوزان، أن الجذب الثقالي للقمر يحرف مدار الجسيمات ضمن المسرع LEP بنحو مليمتر (خارج دائرة محيطها 27 كيلومتر)، مما يسبب تشويشًا في تقديرات كتلة Z بحدود 10MeV، وسوف تقاس في المستقبل طاقة الحزمة بدقة تأخذ في الحسبان تأثير القمر.

### *نظرية التوحيد الكبير*

ثمة تجارب أخرى تستخدم المسرع LEP لتفحص طبيعة نظرية التوحيد الكبير في فيزياء الجسيمات. وهي نظرية تتنبأ بأن القوى، الكهرطيسية والضعيفة والشديدة، لا بد أن تكون متقاربة في الشدة عند طاقات عالية جدًا ($10^{15}$eV) تضاهي تلك التي كانت سائدة في بدء نشأة الكون بعد الانفجار الأعظم مباشرة. أما في الطاقات الأخفض المتاحة في مسرعات الجسيمات، فإن الشدات النسبية للقوى يُعبَّر عنها بثلاثة "ثوابت اقتران". لكن الفيزيائيين استخلصوا، من نتائج المسرع LEP وبالاستقراء الخارجي، قيم هذه الثوابت ضمن المجال الطاقي الذي يحدث فيه التوحيد. أما إخفاق المنحنيات الثلاثة في التلاقي عند نقطة واحدة فقد رأى فيه بعض الفيزيائيين دليلا على مفعولات فيزيائية جديدة لم يأخذها بالحسبان النموذج المعياري.

### *نموذج "التناظر الفائق"*

يوجد تفسير لهذا السلوك نابع من نموذج "**التناظر الفائق**" supersymmetry وهو نظرية تعتمد على افتراض وجود علاقة تناظر بين الفرميونات والبوزونات. وهي تتنبأ مثلا بأن للبوزونات، كالفوتونات والگليونات مثلا، أندادا فرميونية (سلبتونات وسكواركات). وتهدف هذه النظرية، فيما تهدف، إلى توحيد كل القوى الفيزيائية، بما فيها الثقالة، في إطار واحد. وفي حين يؤمل من المسرعات الضخمة، مثل LEP أو التيفاترون، أن ترى أمثال هذه الأنداد الفائقة التناظر، فإن القيم التي يعطيها المسرع LEP، بالاستقراء الخارجي، لثوابت الاقتران تقدم على الأقل معلومات مباشرة عن التناظر الفائق.

إن مسرع ستانفورد يقدم الجسيمات Z بأعداد أقل بكثير مما يقدمه LEP، لكنه كانت لديه بعض القدرة على استقطاب حزمته الإلكترونية. والحزمة المستقطبة حزمة وجِّهت بعض إلكتروناتها بحيث تكون سبيناتها إما في اتجاه الحركة أو في عكسه. وعندئذ يقال عن الإلكترونات المستقطبة إنها يمينية أو يسارية. وتقول نظرية التناظر الفائق بأن القوة الكهرضعيفة تتحسس الاستقطاب، الأمر الذي يجب أن يؤدي إلى عدم تناظر بين اليمين واليسار في إنتاج البوزونات Z. وهذا اللاتناظر يعني، بتعبير أوضح، أن

معدل إنتاج Z بإلكترونات يمينية لابد أن يختلف عن معدل إنتاجها بإلكترونات يسارية؛ وقد لوحظ فعلا مثل هذا اللاتناظر في تجارب ستانفورد.

يمكن استخدام هذا اللاتناظر لقياس ما يسمى زاوية واينبرگ (أو، بالتدقيق، مربع جيبها)، نسبة إلى الفيزيائي حستيفن واينبرگ> الذي يعمل في جامعة تكساس، وهي عامل يعبر عن الأهمية النسبية للبوزونات Z والفوتونات في نظرية القوة الكهرضعيفة. وقد وجد فيزيائيو المسرع SLAC لهذا العامل قيمة، 0.2378، تضاهي في الدقة قياسات أجريت في تجارب تفاعل أخرى. لكن هذه الدقة سوف تتحسن مع استمرار العمل في ستانفورد وتزايد نسبة الإلكترونات المستقطبة (لقد تم حتى الآن بلوغ نسبة أكبر من 50%).

### *سبر بنية البروتون الداخلية*

إن التجارب التي أجريناها حتى الآن كانت تستخدم التفاعلين: بروتون – بروتون مضاد وإلكترون – بوزترون. لكن هناك صنفًا تفاعليًا مهمًا آخر هو ذاك الذي يحدث بين الإلكترونات (أو سواها من اللبتونات، كالميونات أو النيوترينوهات) وبين البروتونات. ولما كانت اللبتونات لا تحس بالقوة النووية الشديدة، فإنها ذات فائدة ممتازة في سبر بنية البروتون الداخلية؛ فهي قادرة على التوغل فيه لدرجة أن تتفاعل مع مكوناته فرادى، أي مع كواركاته، لا أن تتبعثر عنه ككل إجمالي. وقد تم إجراء تجربة من هذا القبيل في المركز سيرن على يدي ما سميّ "التعاونية السبينية اليونية". وكنتيجة مهمة لهذه التجربة، التي كانت تستخدم تبعثر ميونات مستقطبة عن دوتيرونات مستقطبة (الدوتيرونات هي نوى هيدروجين ثقيل وتتألف من بروتون واحد ونيوترون واحد)، اتضح أن نسبة صغيرة جدًا (12%) من سبين النكليون (البروتون أو النيوترون) تأتي من سبينات مكوناته الكواركات.

لكن هناك تجربة أخرى من هذا القبيل أُجريت في المسرع SLAC (التعاونية E142) على إلكترونات مستقطبة تتبعثر عن هدف ساكن مصنوع من ذرات هليوم 3 مستقطبة هي الأخرى، وقد أعطت نتيجة مختلفة جدًا، وهي بالتحديد، أن نسبة 60%، أو أكثر، من سبين النكليون تأتي من سبينات كواركاته. ويخطط اليوم كلا الفريقين، في المسرع SLAC والمركز سيرن، لمزيد من القياسات تحسم هذا الموضوع المهم.

لكن أعلى طاقة متوافرة اليوم لإجراء تجارب التبعثر اللبتوني – البروتوني هي تلك التي يقدمها المسرع الألماني (هيرا)، الهدروني الإلكتروني، في هامبورغ، الذي يحدث فيه تصادم بين إلكترونات طاقتها 30 GeV وبين بروتونات طاقتها 820 GeV (*انظر الشكل D، القسم الملون، الصفحة iii*). وسيكون في هذا المسرع عاملان (الطاقة الكلية في مركز الكتل والاندفاع المنقول) أكبر بعشر مرات على الأقل مما هو متوافر في المسرّعات الأخرى التي تعتمد تجاربها على أهداف ساكنة لدراسة التصادمات اللبتونية – الهدرونية. لكن القيم الأعلى للاندفاع المنقول تتيح للفيزيائيين سبر توزع المادة ضمن البروتون في مدى مسافات هي من الصغر بحيث تصل إلى $10^{-18}$ سم، أي أصغر بـ 10 000 مرة من قطر البروتون. وقد بدأت التجارب على المسرع هيرا منذ عام 1992، وما زال العاملون عليه يحاولون تحسين ظروف تشغيله إلى أفضل مستوى ممكن.

## الفيزياء النووية

المظنون أن اللبتونات والكواركات جسيمات نقطية؛ وأن البروتونات والنيوترونات مصنوعة من كواركات. أما التجمع الذي يلي النكليون في سياق الأجسام المركبة فهو النواة. ويمكن للمرء أحيانًا أن يدرس النواة من خلال رصد تفككات النشاط الإشعاعي التلقائي؛ لكن إثارة النواة إلى مستويات أعلى من ذلك، تستوجب طاقات تبلغ ملايين الإلكترون ڤلط وبلايينه. ولهذا السبب يلجأ الفيزيائيون النوويون، كما يفعل فيزيائيو الجسيمات، إلى استخدام المسرعات.

لقد نشأت في السنوات الأخيرة الماضية دراسة شكل جديد من أشكال المادة يتمثل في العناصر الثقيلة جدًا التي يزيد عددها الذري على 106. أما العناصر الثقيلة التي تسبقها مباشرة في الجدول الدوري فقد تم الحصول عليها برجم عناصر أخف منها بحزم من النيوترونات أو من جسيمات ألفا. لكن هذه الطريقة لم تنجح في صنع عناصر

أعلى من 106 لأن النوى الثقيلة جدًا ذات بنية قلقة بطبيعتها. وبدلا من ذلك اضطر العلميون الألمان العاملون في معهد البحث عن الإيونات الثقيلة، في دارمشتات، إلى اللجوء لتقنيات أقل عنفًا. ولئن كانوا قد استخدموا حزم إيونات مسرَّعة إلا أن طاقتها كانت متواضعة نسبيًا لدرجة أن تلتحم النواة الراجمة بالنواة المرجومة (وهما نواتان من وزن واحد تقريبًا) لتشكلا معًا نواة مركبة ثقيلة من النوع الذي يمكن استنتاج وجوده وخصائصه من كشف ما يصدر عنه بالتفكك من جسيمات متوالية، كجسيمات ألفا أو النوى الوليدة الأخف من أمّها. وقد كان من ثمار هذا العمل اكتشاف العناصر 107و 108و 109 التي اكتسبت مؤخرًا أسماءها الرسمية: نيلبوريوم، هيسيوم، مايتنيريوم، المستمدة من أسماء <نيلز بور>، ومقاطعة هيسين، وليز مايتنر على التوالي.

إن ظهور حزم إيونات ثقيلة، انتُزعت منها كل إلكتروناتها أو أكثرها، قد أتاح دراسة تشكيلة من الظواهر النووية. فقد اكتشف الباحثون الألمان في دارمشتات، مثلا، أول مثال على صدور جسيم بيتا (إلكترون) كان مرتبطًا بالنواة. والواقع أن النواة، في أثناء التفكك البيتاوي العادي، تتحول تلقائيًا إلى نواة أخرى عن طريق تحول أحد نيوتروناتها إلى بروتون؛ وهذه العملية مصحوبة بإصدار جسيمين اثنين، إلكترون ونيوترينو مضاد، ينطلقان من النواة المتفككة الأم. أما في تجارب المعهد الألماني فقد حدث شيء آخر: أصبح الإلكترون الصادر مرتبطًا بالنواة الابنة. وقد ظهرت أول نبوءة بهذه الظاهرة عام 1974 وتسمى اليوم التفكك البيتاوي لحالة الارتباط. وقد لاحظ هؤلاء العلميون الألمان هذا التفكك في ذرات من عنصر الديسبروزيوم مؤينة كليًا (66+) وتدور في حلقة تخزين. وعلى الرغم من أن هذا العنصر مستقر في حالته الطبيعية فإنه يتفكك، عندما يصبح عاريًا تمامًا (من إلكتروناته)، عن طريق التفكك البيتاوي لحالة الارتباط، إلى هوليوم (عدده الذري 67) على التأين (66+) "**بعمر نصف**" half- life يقدر بـ 47 يومًا، وهي فترة قيست من زمن تخزين إيونات الهوليوم الابن. ويقول العلميون في المعهد المذكور بأن التفكك البيتاوي لحالة الارتباط ضئيل الاحتمال في الذرات الحيادية، ولكنه قد يصبح الأسلوب السائد في الذرات العالية التأين، كما هي الحال في أحشاء البلازما النجمية في أثناء تشكل النوى، ودراسة هذه التفككات (المصحوبة جوهريًا بنيوترينوهات مضادة وحيدة الطاقة) يمكن أن تقود أيضًا إلى معرفة أدق بحدود كتلة النيوترينو المضاد.

### *قياس العامل S*

إن في تجارب الفيزياء النووية الحديثة مضامين تهم الفلكيين. فمعدل احتراق الهليوم في النجوم الضخمة، ولاسيما نسبة تفاعلين بهذا الصدد - اندماج ثلاث نوى هليوم لتشكيل نواة كربون -12، واندماج نواة هليوم مع نواة كربون -12 لتشكيل نواة أُكسجين -16 - يحدد التسلسل الذي تتشكل وفقه العناصر الثقيلة في أحشاء النجوم والجدول الزمني الذي تتبعه النجوم الضخمة في مسيرتها المحتومة نحو ظروف **المستعرات الفائقة** supernovae. فقد تم الآن قياس معدل إنتاج الأكسجين، الذي يسمى العامل S، في تجربتين منفصلتين (وكان معدل إنتاج الكربون قد قيس قبل ذلك) تمت إحداهما في جامعة ييل وتمت الأخرى بوساطة المسرع تريومف في فانكوفر بكولمبيا البريطانية. وفي كلتا التجربتين دُرس تفكك الأكسجين 16 إلى كربون وهليوم. وكان من الضروري أن يقاس هذا التفاعل المعاكس، لأن معدل اندماج الكربون والهليوم، في ظروف المختبر الأرضي على الأقل، كان أصغر من أن يتاح بالتجربة. وكانت نتيجتا التجوبتين متقاربتين ومتفقتين إلى حد كبير مع الحسابات النظرية.

وثمة شكل آخر غريب من أشكال المادة النوية يتمثل بالنوى التي عانت تشوها بالغًا في شكلها الهندسي، فتفلطحت أو امتطت أو راحت تُدوِّم، من جراء جسيمات صدمتها بطاقة عالية. وهذه النوى غالبًا ما تهدأ إثارتها تلقائيًا بإطلاق سلسلة فوتونات عالية الطاقة (أشعة گاما). وفي السنوات الأخيرة لاحظ فيزيائيون في عدد من المختبرات[1] أن تسلسل (أو عصابة) الأشعة الگاماوية الصادرة عن نوى مشوهة جدًا، من الديسبروزيوم -152 والتربيوم -151، ذو شبه مدهش بما لوحظ صدوره عن نوى (كنوى الزئبق) كتلها الذرية من رتبة 190. ويطلق على هذا التشابه الطريف، في الطيف الطاقي، اسم **التواؤم العصابي** band twinning. وفي رأي <ماري-آن ديليبلانك>[2] "لا

(١) بما فيها المختبرات التالية: Including the Lawrence Berkeley Laboratory, California, USA, Argonne National Laboratory near Chicago, USA, Daresbury Laboratory, UK, Chalk River, Canada and Oak Ridge National Laboratory, Tennessee, USA.

(٢) Lawrence Berkeley Laboratory, California, USA

يوجد، لأي من هذه الخواص، تفسير يُستمد من معلوماتنا الراهنة عن البنية النووية."

### نوى ذات هالات

تتكون نواة الليثيوم- 11 من تسع نكليونات محاطة، على مسافة منها، بنيوترونين يؤلفان حولها هالة ضعيفة الارتباط. وكان، قبل خمس سنوات، قد اشتُبه للمرة الأولى بوجود الهالة، وذلك من خلال تجارب تبعثر نووي أنبأت بأن احتمال التفاعل مع النواة من أجل Li- 11 أكبر بكثير مما كان متوقعًا؛ وهذا يوحي بأن حجم النواة أكبر من الطبيعي. وقد أجريت حديثًا تجربة تم فيها قياس فعلي لحجم الهالة في لحظة انفصالها. فبفضل الكلوترون الوطني ذي الموصلية (الناقلية) الفائقة، الموجود في جامعة ولاية ميتشيگان، تم إنتاج حزمة من Li- 11 المشع، وذلك بقذف إيونات من الأكسجين -18 على ورقة رقيقة من الليثيوم. ثم سيق هذا الليثيوم -11 ليتبعثر عن نوى هدف من الرصاص كان حقلها الكهربائي سببًا في انقسام نوى Li-11 انقسامًا لطيفًا إلىLi-9 ونيوترونين اثنين. ولكن إذا تبعثرت نوى Li-11 ، عن نوى خفيفة بدلا من نوى الرصاص الثقيلة، فإن تفتتها يحدث بفعل القوة النووية الشديدة.. ويوحي كلا نوعي التبعثر هذين بأن هالة النواة في Li-11 أوسع بخمس مرات من حجم النواة في Li-9 . ولما كانت الهالة ضربًا من "المادة النيوترونية" فإن تجارب ميتشيگان، وتجارب مختبرات أخرى تمت في فرنسا (ساكلي) واليابان (ريكين)، تأمل في دراسة التفاعلات فيما بين نيوترونات الهالة وفي البحث عن نوى أخرى ذات هالات.

### بلازما الكواركات مع الكليونات

ربما كان أغرب شكل من أشكال المادة النووية، التي يبحث عنها رجال العلم في تجارب المسرعات، الشكل المسمى بلازما كواركية - گليونية، وهي حالة افتراضية يحدث فيها لمكنونات بروتونات النواة ونيوتروناتها، أي للكواركات والگليونات المحصورة ضمن النكليونات، أن تنبثق معًا في ظروف سخونة شديدة وضغط عالٍ ناجمين عن تصادمات عالية الطاقة. وفي أعلى الطاقات المستعملة حتى اليوم كان الكبريت (وزنه الذري 32) أثقل النوى المستخدمة وكانت الطاقة الأعلى تبلغ 1 GeV للنكليون الواحد. ولما كان ذلك غير كاف لصنع بلازما كواركية - گليونية راح الفيزيائيون النوويون يخططون لتجارب أكبر باستخدام نوى أثقل - تضمن، أكثر من النوى الخفيفة، احتمال حصول جسيمات بلازموية - وطاقات أعلى.

ففي مصادم المركز سيرن (الذي حدث فيه اكتشاف الجسيمات Z و W في أوائل الثمانينات) سوف تخضع للتسريع إيونات من الرصاص (في عام 1994 على الأرجح) حتى تبلغ 180 GeV للنكليون الواحد. ومن المنتظر، في مسرع الإيونات الثقيلة النسبوي الذي هو قيد الإنشاء في مختبر بروكهاڤن الوطني في نيويورك، أن يصبح (عام 1997) قادرا على إنتاج تفاعلات بين إيونات من الذهب تتصادم بطاقة كلية قد تبلغ 40 GeV. ومن شأن هذه التفاعلات أن تعطي، في تلك الشروط القصوى، قرابة 10 000 جسيم مشحون في الحدث الواحد، وهذا تضاعف أكبر من كل ما سيحدث في التصادمات النوعية النوي تنفيذها إذا انتهى صنع المصادم الأمريكي الفائق الموصلية (SSC).

## الفيزياء الذرية والجزيئية

في ترتيب الحجوم المتزايدة، تأتي الذرات ثم الجزيئات بعد الكواركات والبروتونات والنوى.وقد كان للمزايا العديدة التي يتمتع بها طيف الإشعاع الليزري، من تنوع وقابلية للتوليف وطاقة عالية وضيق خطوطه، أثر كبير في تقدم دراسة الذرات والجزيئات. وقد كان لاستخدام حزم من الذرات الحيادية شأن مهم أيضًا في هذا الصدد. فاستخدام حزم الذرات، مثلا، في تقنيات كانت تُستخدم عادة للحزم الضوئية أصبح أمرًا شائعًا. كما أن الحقول الكهربائية القوية، المتوافرة في الإشعاع الليزري الشديد، وظهور الآلات الميكانيكية البالغة الدقة قد سهلا تطوير تشكيلة من شواطر الحزم الذرية والعدسات والمرايا وأجهزة قياس التداخل الضوئي. وعلى سبيل المثال نذكر أن الحزم الليزرية، التي تُساق عبر وسط عازل كهربائيًا وبانعكاس داخلي كلي، سوف تُبدي حقلا متلاشيًا، أي حقلا ضوئيًا يتضاءل أُسّيًا في الخلاء الخارجي المجاور للوسط مباشرة.

وقد تم استخدام هذا الضوء للحصول على انعكاس ذرات حيادية. ويرى <M.سيگيل >و<J. مليڤيك>[٣] إمكانية خزن ذرات باردة، أو حتى إنتاج حزم ذرية مترابطة، إذا أمكن استخدام هذا التصميم أو سواه من التصميمات المرآتية في صنع جوف لاحتواء أمواج ذرية مستقرة أو سائرة.

### *عمليات التداخل الذري*

لقد استُخدمت التقنيات الضوئية في حزم الذرات [٤](أو ما يسمى البصريات الذرية) للبرهان على تداخل الذرات. والتداخل ظاهرة تدعو إلى تفريع أمواج (ضوئية ليزرية مثلا) ومن ثم إعادة انضمامها، مما يؤدي إلى صورة ذات تداخل بنّاء وتداخل هدام. وفي السابق كانت الإلكترونات والنيوترونات – وهي تمتلك، بموجب ميكانيك الكمّ، سمات موجية – هي التي تساق إلى أجهزة التداخل.

أما اليوم فقد امتدت هذه العملية إلى الذرات. فقد نجح <E.D. بريتشارد>[٥] في صنع حزمة ضيقة جدا من ذرات الصوديوم تواكبها موجة، من نوع أمواج دوبروي (أمواج دوبروي المادية)، طولها 0.16 أنگستروم (m $10^{-10}$=1Å، حيث ترمز Å للأنگستروم و m للمتر)، وجعلها تمر عبر ثلاث مجموعات من شبكات الانعراج، وظيفة اثنتين منها صنع صورة تداخلية، ووظيفة الثالثة فحص هذه الصورة.

وفي تجربة ثالثة صنع <O. كارنال>و< J. مليڤيك>[٦] حزمة من ذرات الهليوم، ذات موجة دوبروية طولها 0.56– 1.03 أنگستروم، أرسلاها عبر منظومة شقوق تولِّد صورة تداخلية تتشكل في مستو كاشف على مسافة 64 سم. وسوف تتيح عمليات التداخل الذري بعض الدراسات الجديدة لميكانيك الكم، وقد تفيد في اختبار نظرية النسبية العامة. وقد يمكن إجراء قياسات دوران بالغة الحساسية –

### جوائز نوبل

في عام 1991 نال <P – G. **دوجين**>، من كوليج دوفرانس (كلية فرنسا) في باريس، جائزة نوبل في الفيزياء على اكتشافه أن "الطرائق المطوَّرة لدرسة ظاهرة الانتظام في الجمل البسيطة يمكن تعميمها على أشكال من المادة أكثر تعقيدا، لا سيما على البلورات السائلة والبوليمرات". إن دوجين معروف على نطاق واسع لدى الفيزيائيين بقدرته على التوضيح والدقة في دراسة الجمل الفيزيائية المعقدة وعلى جهوده في استنباط الروابط المتبادلة بين ميادين متباينة.

إن إنجازات دوجين تنطوي خصوصا على ما يلي. لقد كان دوجين فعالا في نقل فيزياء البوليمرات إلى صعيد الرياضيات المتقدمة. فمن ذلك، مثلا، أنه استنبط وسطاء (بارميترات) لا أبعاد لها وتضم بعض خصائص البوليمرات – كطول البوليمر ووزنه الجزيئي ونصف قطر تدويمه – التي تطيع قوانين تدريجية؛ ونعني بذلك العوامل التي تميز انضباط البوليمر وسلوكه في مجال واسع من الظروف التجريبية، كدرجة الحرارة وتركيز البوليمر.

لقد صاغ نظرية نصف مفهوم "**التسلق**" reptation، أي حركة البوليمرات (عبر الوسط المحيط بها) على طول منحى محورها الطولاني. والواقع إن أعمال دوجين قد وضعت ما يعتقده بعض العلميين أساسًا لفهم لزوجة البوليمر ولدونته في المستوى الجزيئي.

وقد كان رائدا في دراسة البوليمرات عند السطوح البينية، وهو موضوع ذو تطبيقات عملية في ميادين شتى، مثل كبح الاضطرابات، والتشحيم، واستخلاص الزيوت، وعلم المناعة، ومعالجة النفايات.

أما جائزة نوبل لعام 1992 فقد نالها <**جورج شارباك**> على إسهاماته الكثيرة في الأدوات المستخدمة في تجارب على المسرّعات العالية الطاقة. فقد شهدت العقود الزمنية الأخيرة اكتشاف عدة جسيمات جديدة بفضل استخدام المكشافات التي ابتدعها شارباك أو أدخل عليها تحسينات كبيرة. فاختراعه لحجرة الأسلاك التناسبية مثلا – وهي نوع من تعميم مبدأ عداد گايگر – في الستينات أتاح للجسيمات الناجمة عن التصادمات العالية الطاقة أن تنهي مساراتها، التي قد تبلغ عدة أمتار أو أكثر، ضمن الحجرة. كما أتاح قياسات مكانية بارتياب أقل من مليمتر واحد. هذا إضافة إلى أن سرعة إجراء القياس، وعودة الحجرة إلى حالتها الأولية وجاهزيتها لقياس جديد، قد ازدادت حتى بلغت عدة آلاف في الثانية.

إن خصائص مكشاف شارباك هذا – مَيْزه ( مقدرته الفاصلة) المكاني وسرعة التكرار العالية – كانت مهمة في دراسة التفاعلات النادرة أو في نشوء جسيمات غريبة قصيرة الأجل . وغالبًا ما تستلزم هذه التجارب استعمال حزم جديدة وفرز عدد كبير من الأحداث التي تقع ضمن فترة زمنية صغيرة. والحقيقة ، إن أعمال شارباك قد ساعدت على تمهيد الطريق إلى المزيد من دمج الحواسيب في عملية اكتساب البيانات (المعطيات) وقد قضى شارباك، وهو مواطن فرنسي، قسمًا كبيرًا من حياته العملية في الركز سيرن: مخبر الجسيمات الأولية في جنيف.

(٣) University of Konslanz, Germany (٤) في: University of Konstanz and University of Braunschweig, Germany. (٥) Massachussetts Institute of Technology, USA (٦) Massachussetts Institute of Technology and Stanford University, USA, and University of

مع تطبيقات ممكنة في منظومات الإرشاد العطالية. ويعتقد <S. تشو>[٧] أنه يمكن إجراء قياسات موضعية لشدة الثقالة بدقة تبلغ $10^{-10}$، أو حتى $10^{-12}$.

لاشك أن الفيزيائيين الذريين يتمنون دراسة الذرات المضادة. لكنهم يعلمون أن الخطوة الأولى في صنع الهيدروجين المضاد، وهي صنع البوزترونات المضادة والبروتونات المضادة، عملية من الصعوبة بمكان؛ ما بالك بالصعوبة الأشد التي سيواجهونها في صنع ذرة مضادة مستقرة؟ إن <G. گابريلز>[٨] يستخدم حلقة البروتونات المضادة المنخفضة الطاقة (المعروفة باسم **لير** LEAR) في المركز سيرن، إضافة إلى مصيدته الذرية الكهراكدية ، لإبطاء (وخزن) البروتونات المضادة بطاقة ضئيلة تهبط إلى نحو 0.3meV . أما جمعها مع البوزترونات المضادة (ربما في منظومة ذات مصيدة مزدوجة) فمشروع لن يتحقق قبل مضي سنتين. وفي فرميلاب يأمل <C. منگر>، من فريق المسرع SLAC، في اقتناص ذرات الهيدروجين القليلة جدا والتي يُظن أنها يمكن أن تتشكل عندما تسقط حزمة من البروتونات المضادة على هدف من الهيدروجين وتولِّد أزواجًا إلكترونية – بوزترونية؛ وعندئذ قد يتاح مصادفةً أن يرتبط أحد البوزترونات بواحد من البروتونات المضادة الواردة على الهدف. وثمة طريقة مباشرة تستدعي تصادم حزمة بروتونات مضادة مع حزمة بوزترونات مضادة؛ ولكن گابريلز يعتقد أن ذلك يحدث، فيما بين الجسيمات المرتدة بعضها عن بعض، باحتمال أكبر مما بين الجسيمات المتصادمة. ويتوقع رجال العلم أن الهيدروجين المضاد سيكون مفيدًا في دراسة الثقالة وميكانيك الكم.

### *دراسة الشحنات الكهربائية*

يُفترض عادة أن شحنة البروتون المضاد تساوي بالضبط شحنة البروتون (لكنهما مختلفان في الإشارة)، فهل هذا صحيح؟ لقد دُرست الشحنة الكهربائية للبروتونات المضادة، وللبوزترونات أيضًا، باستعمال بيانات (معطيات) تجارب التواتر (التردد، الذبذبة) السِّكلوتروني (التي ترصد سلوك الجسيمات في حقل مغنطيسي) من خلال مقارنة البروتونات بالبروتونات المضادة والإلكترونات بالبوزترونات؛ وكذلك باستعمال بيانات القياسات الطيفية للحالات ذات الأجل الحياتي القصير والتي تحوي ذرات من المادة المضادة، مثل البوزترونيوم والذرات ذات البروتون المضاد. ومن ذلك كله حَسَب <R.هيوز>[٩] و <I.B. دوتش>[١٠] شحنتي البوزترون والإلكترون فوجداهما متساويتين بدقة قريبة من $10^{-8}$ ، في حين أن الدقة في تساوي شحنتي البروتون المضاد والإلكترون تبلغ نحو $10^{-5}$. ومن شأن دقة هذه الحسابات أن تتحسن إذا استطاع الباحثون دراسة الهيدروجين المضاد.

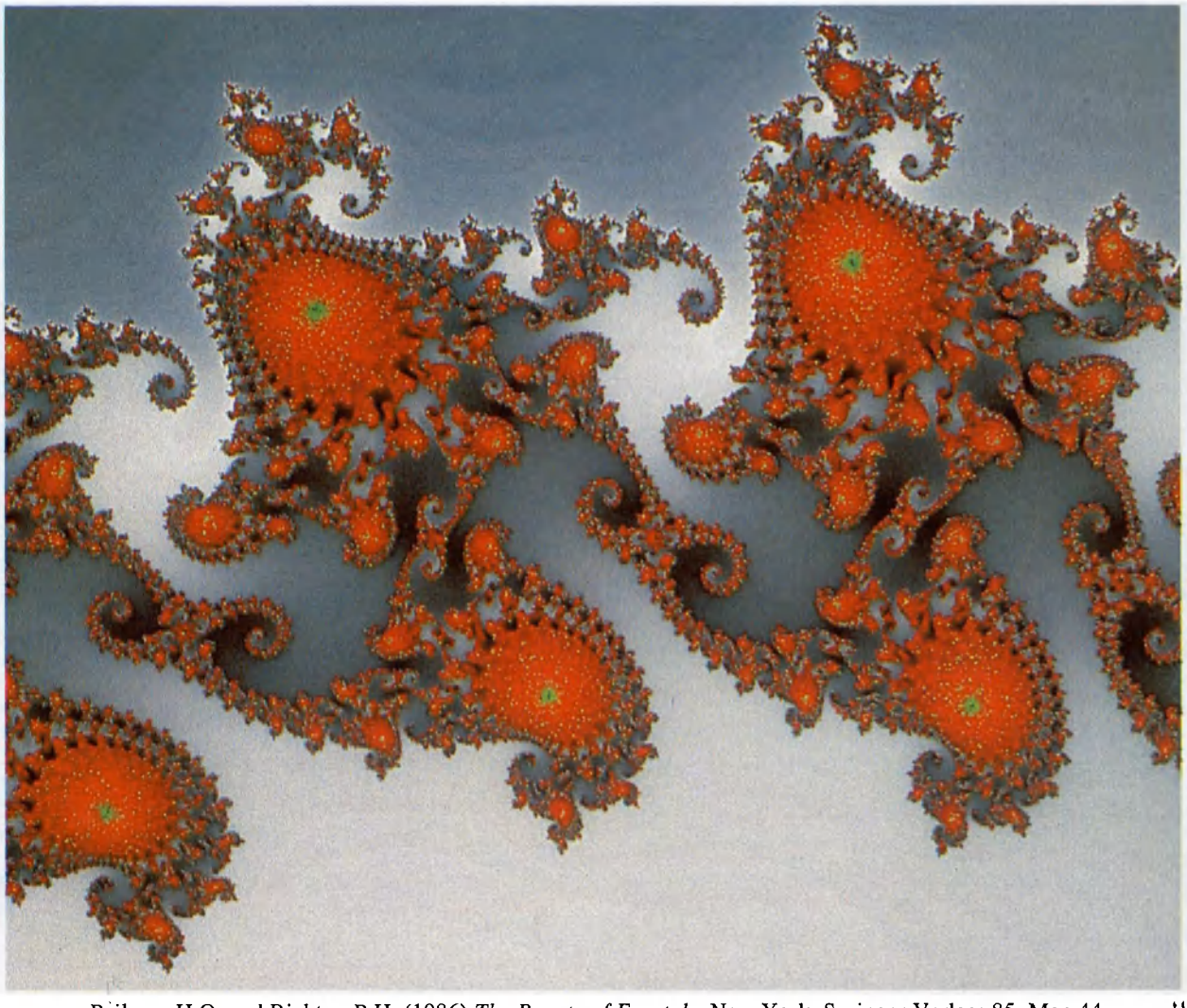
هل يصح أن نقول، حتى لو كانت الذرات حيادية تمامًا، بأن مركز الشحنة الوجبة فيها منطبق على مركز الشحنة السالبة، أم أن للذرات **عزوم مُزوج (قطباني) كهربائي** electric dipole moments؟ إن باستطاعة الباحثين عن عزوم كهربائية غير معدومة من هذا القبيل أن يختبروا التناظر الفائق، أي النظرية التي تلحّ، في سبيل توحيد القوة الكهرضعيفة مع القوة الشديدة في قوة واحدة، على افتراض تناظر بين الفرميونات والبوزونات، وهذا النموذج يتنبأ بوجود عزم مزوج كهربائي غير معدوم من رتبة ($10^{-27}$ سم × شحنة الإلكترون). أو، بتعبير آخر، أن مركز الشحنة الموجبة مفصول عن مركز الشحنة السالبة، في بعض الذرات، بمسافة قصيرة جدا، أقل من $10^{-27}$ (لكل وحدة شحنة إلكترونية). وعندما يتم تنفيذ جدول التجارب بالدقة المطلوبة لهذا النوع من القياسات – وهي مازالت تفتقر إلى مرتبة عشرية كاملة – فإن ذلك سوف يتمم التجارب الهادفة لدراسة التناظر الفائق.

## فيزياء المادة المكثفة

تهدف فيزياء المادة إلى معرفة خصائص المادة في أطوارها الثلاثة: الصلبة والسائلة والغازية الكثيفة. والمادة في هذا الميدان ليست مصنوعة من كواركات أو بروتونات أو ذرات، مفصولة فيما بينها، بل من ملايين الذرات أو الجزيئات ($10^{24}$ في كل سم$^3$). وفي هذا المستوى طائفة من الخصائص لا تنطبق على أفراد الذرات ولكنها ذات أهمية أساسية في دراسة الجوامد. وإن استكشاف هذه الخصائص يقود إلى رؤية الفيزياء من زاوية جديدة وإلى صنع أدوات تقانية جديدة.

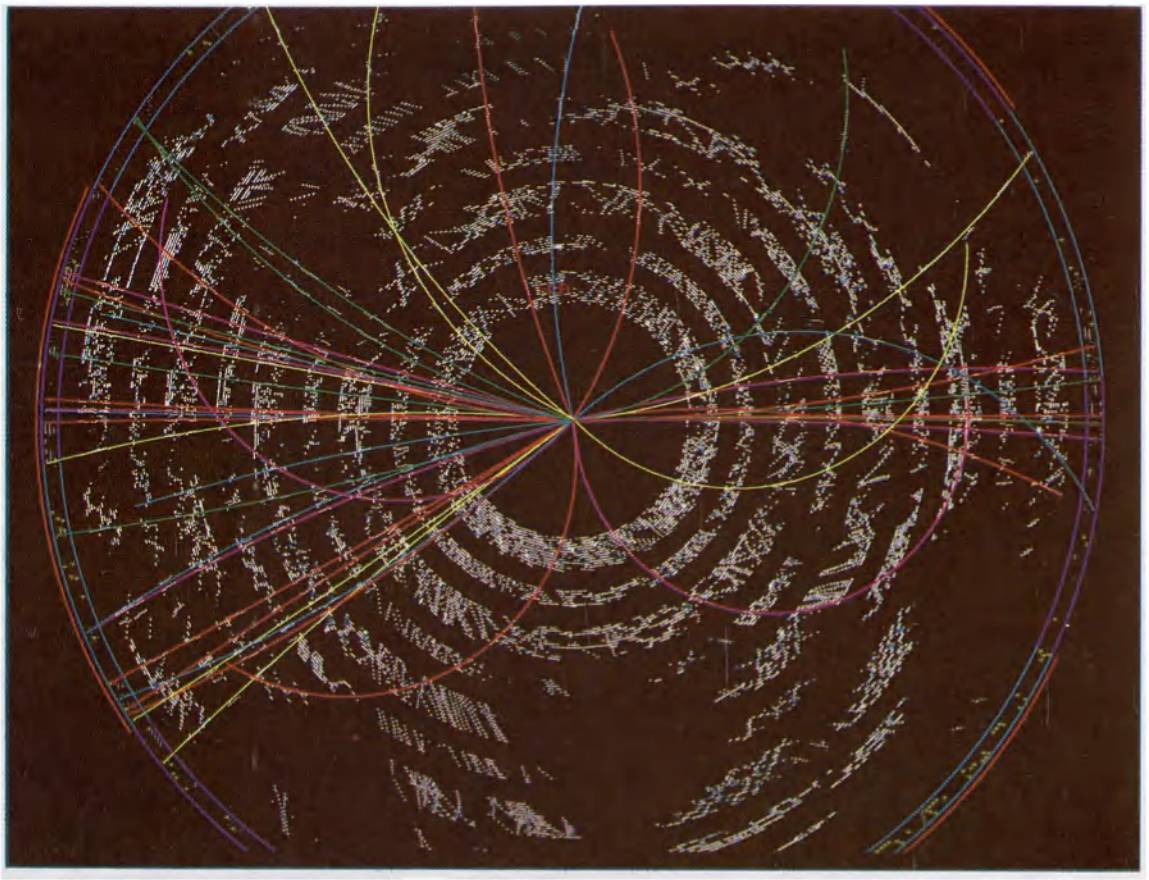
(٧) Stanford University, California, USA (٨) Harvard University, USA
(٩) Los Alamos National Laboratory, New Mexico, USA (١٠) University of Aarhus, Denmark

شكل A
البنية الناعمة لحدود مجموعة مندلبروت



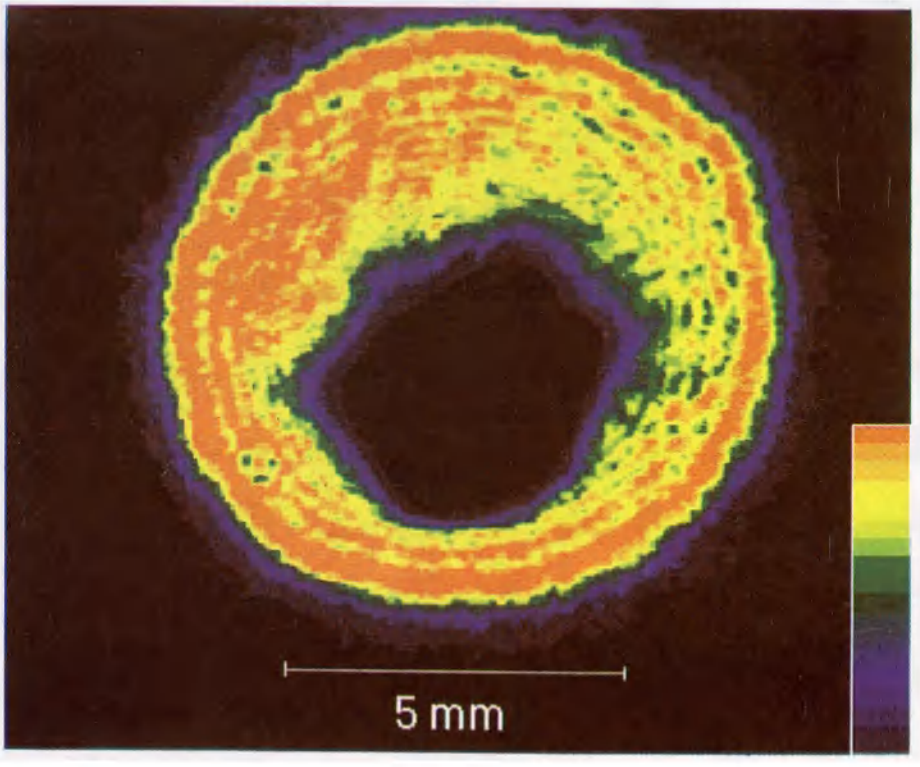
المصدر: Peilgen, H.O. and Richter, P.H. (1986) *The Beauty of Fractals*, New York, Springer Verlag: 85, Map 44.

**شكل B**
**تصادم بروتون مع بروتون مضاد**



في هذه الصورة الحاسوبية يمثل كل مسار ملون جسيمًا أوليًا مختلفًا صادرًا عن تصادم بروتون مع بروتون مضاد في مسرع مخبر فرميلاب. ويهتم الفيزيائيون في هذا المخبر بالبحث عن الكوارك الذروي، ذي الأجل الزائل ،الذي يتيح فهمًا أفضل لبنية المادة.

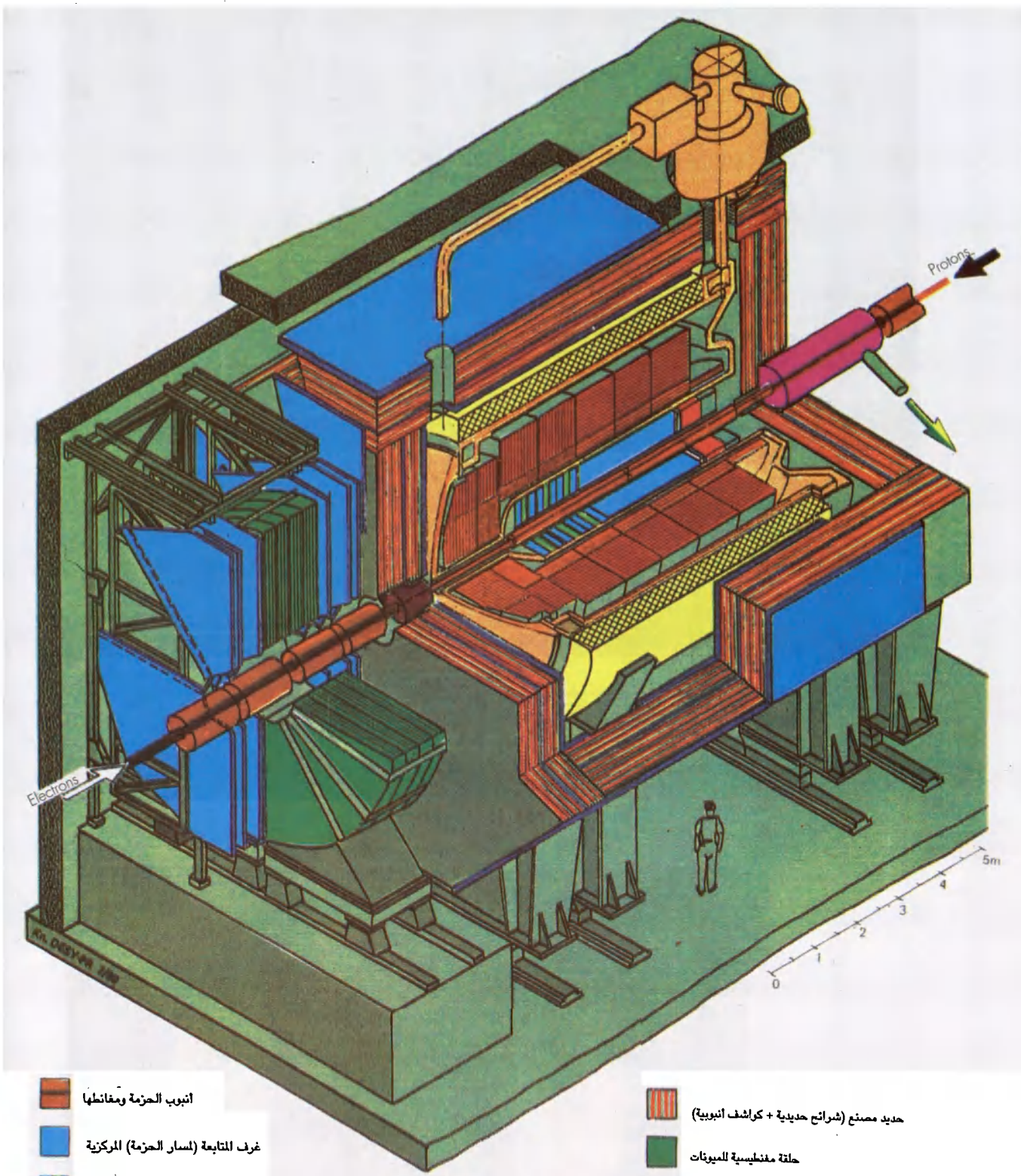
**شكل C**
**كثافة الذرة**




ظل الذرات المحبوسة في فخ مغنطيسي - ضوئي (في معهد ماساتشوستس التقاني). إن كثافة الذرات - نحو $10^{12}$ في السم المكعب - كبيرة لدرجة أن الضوء الليزري لا يمكنه اختراقها.

شكل D

المكشاف الموجود مع حلقة التسريع هدرون – إلكترون (هيرا): مقطع شاقولي على طول الحزمة




أنبوب الحزمة ومغانطها

غرف المتابعة (لمسار الحزمة) المركزية

غرف المتابعة نحو الأمام وإشعاعات التحول

مسعر كهرطيسي (رصاص)

مسعر هدروني (فولاذ لا يصدأ)

وشيعة فائقة الموصلية (1.2 تسلا)

مغنطيس معدّل

تبريد بالهليوم

غرف الميونات

حديد مصنع (شرائح حديدية + كواشف أنبوبية)

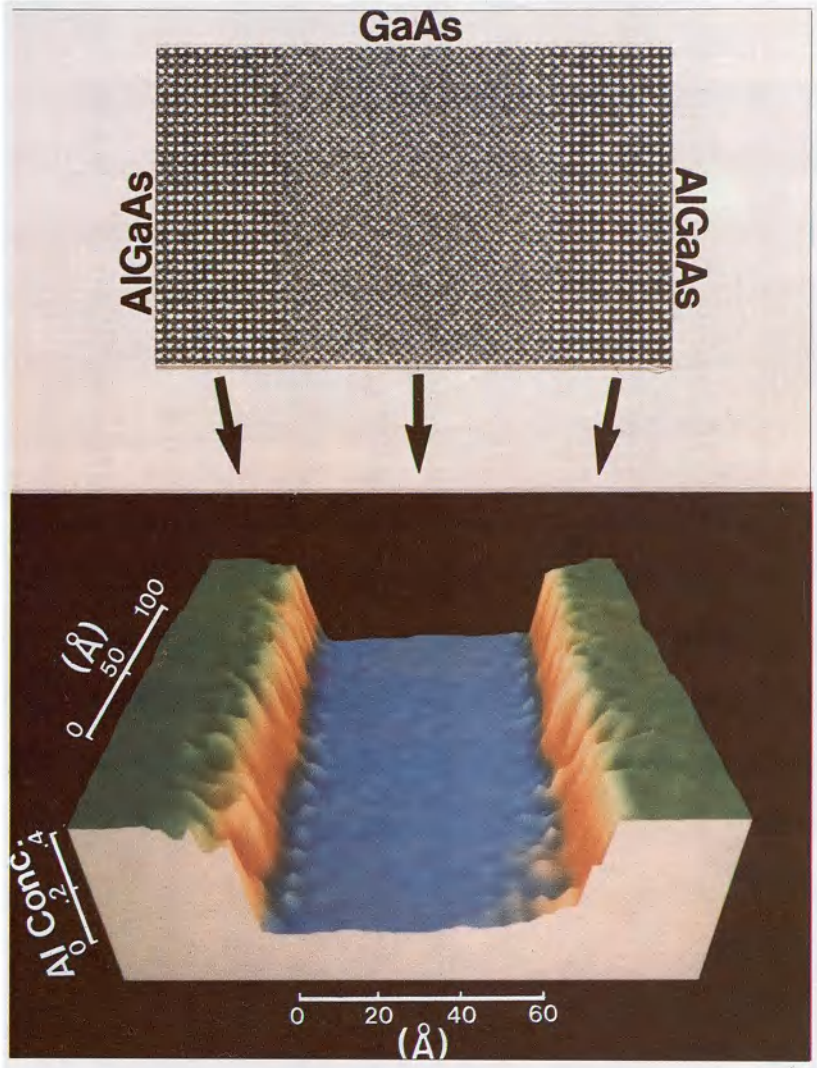
حلقة مغنطيسية للميونات

مسعر كهرطيسي ساخن

مسعر كهرحراري (Cu, Si)

درع مادي

مبرّد بالأرغون السائل




**شكل E**
**جدار كمومي**

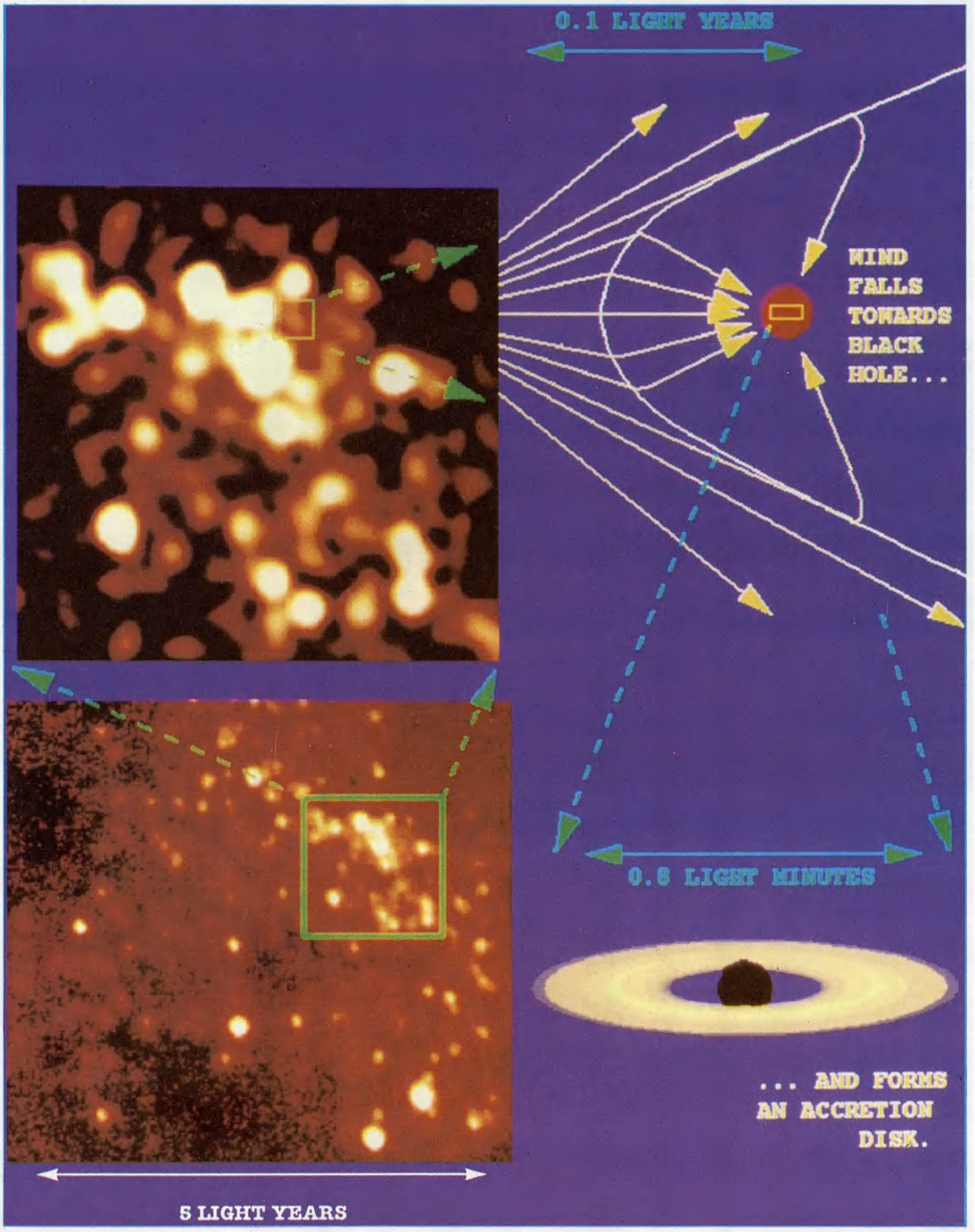
في الأعلى: المِيْز الذري في صورة بنية جدارية كمومية تتألف من طبقتين من AlGaAs وطبقة من GaAs بينهما.
وفي الأسفل: رسم ثلاثي الأبعاد يبين كيف يهبط تركيز الألمنيوم ضمن طبقة ذرية أو طبقتين.

**شكل F**
**صورة بالأشعة السينية للقمر كما سجلها الساتل الألماني روزات في الشهر 6 / 1990.**

المصدر: Rosat

شكل G

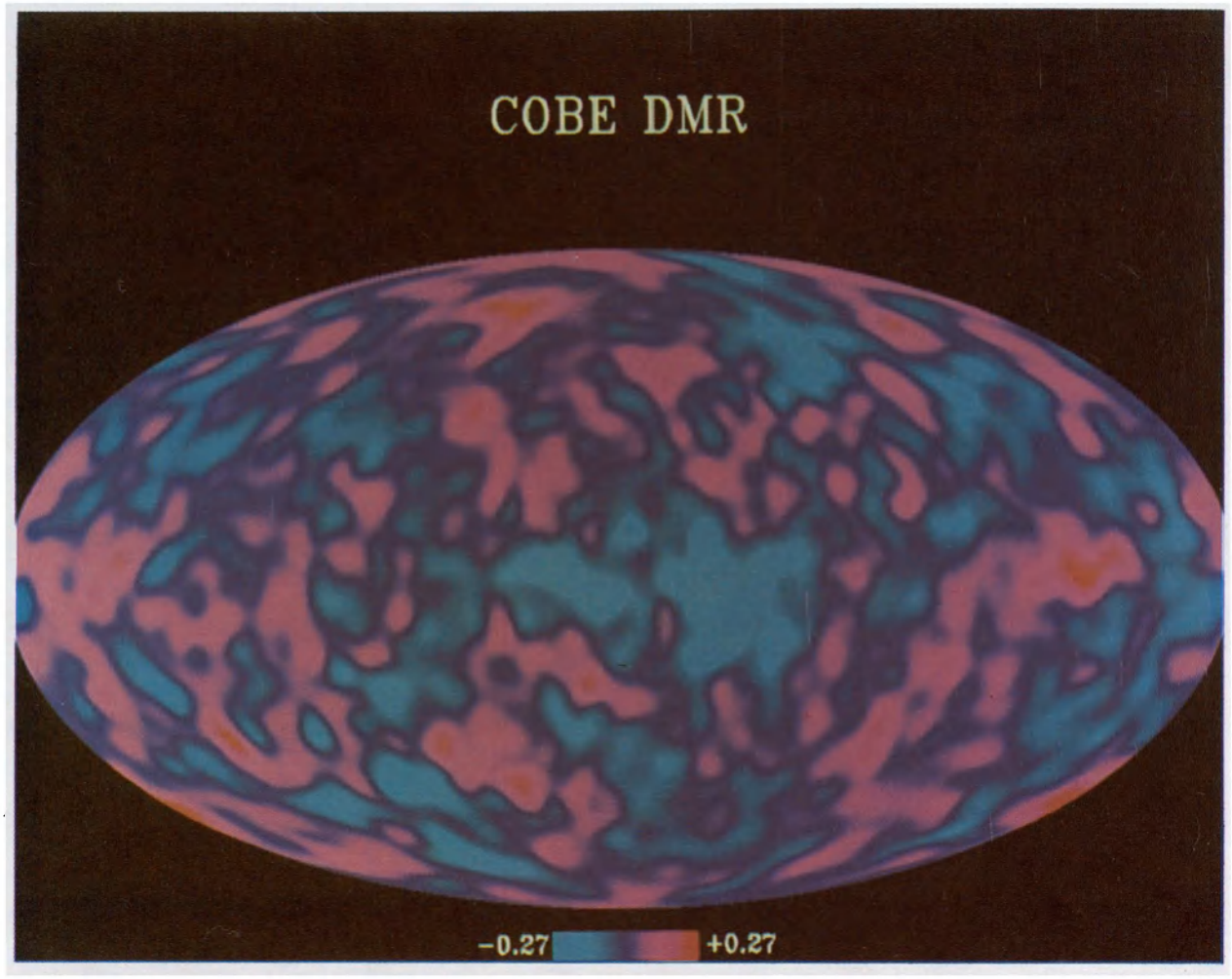
صورة بالأشعة تحت الحمراء للمنطقة التي تقع ضمن خمس سنوات ضوئية في مجرتنا




صورة بالأشعة تحت الحمراء للمنطقة التي تقع ضمن خمس سنوات ضوئية في مجرتنا أخذها المقراب الموجود في كيت بيك. في مركز هذا التجمع النجمي الكثيف يوجد الجرم المرشح ثقبًا أسود ضخمًا *SgrA. وفي الزاوية العلوية اليسرى صورة مكبرة لمنطقة داخلية تقع على مسافة 1.5 سنة ضوئية من الصورة السفلية. هنا يمكن أن نرى بوضوح (للمرة الأولى) منبعًا نقطيًا ضعيفًا (ولكنه حقيقي) لأشعة تحت حمراء في موقع *SgrA (إن مكان *SgrA – الذي عُرف من الخرائط الراديوية – يقع ضمن المربع الأخضر الصغير في تلك الصورة العلوية اليسرى). إن سطوع هذا المنبع النقطي يتفق مع نبوءة النموذج القائل بأن *SgrA ثقب أسود ذو مليون كتلة شمسية. وفي هذا النموذج تلتقط الجاذبية التثاقلية لهذا الثقب الرياح النجمية الشديدة المحلّية (*انظر الزاوية العلوية اليمنى*). وقبل أن تصل هذه الرياح إلى الثقب بقليل يجبرها اندفاعها الزاوي على تشكيل قرص رقيق (*انظر الزاوية السفلية اليمنى*) يتألق بضوء تحت أحمر (ناجم عن الاحتكاك) ويكون على الأرجح مائلا على خط نظرنا إليه (*انظر الصورة*). وإن الاحتكاك بين جسيمات الغاز يجعل هذا الغاز يمر ببطء عبر القرص ويسقط بعد عدة دورات في الثقب الأسود.

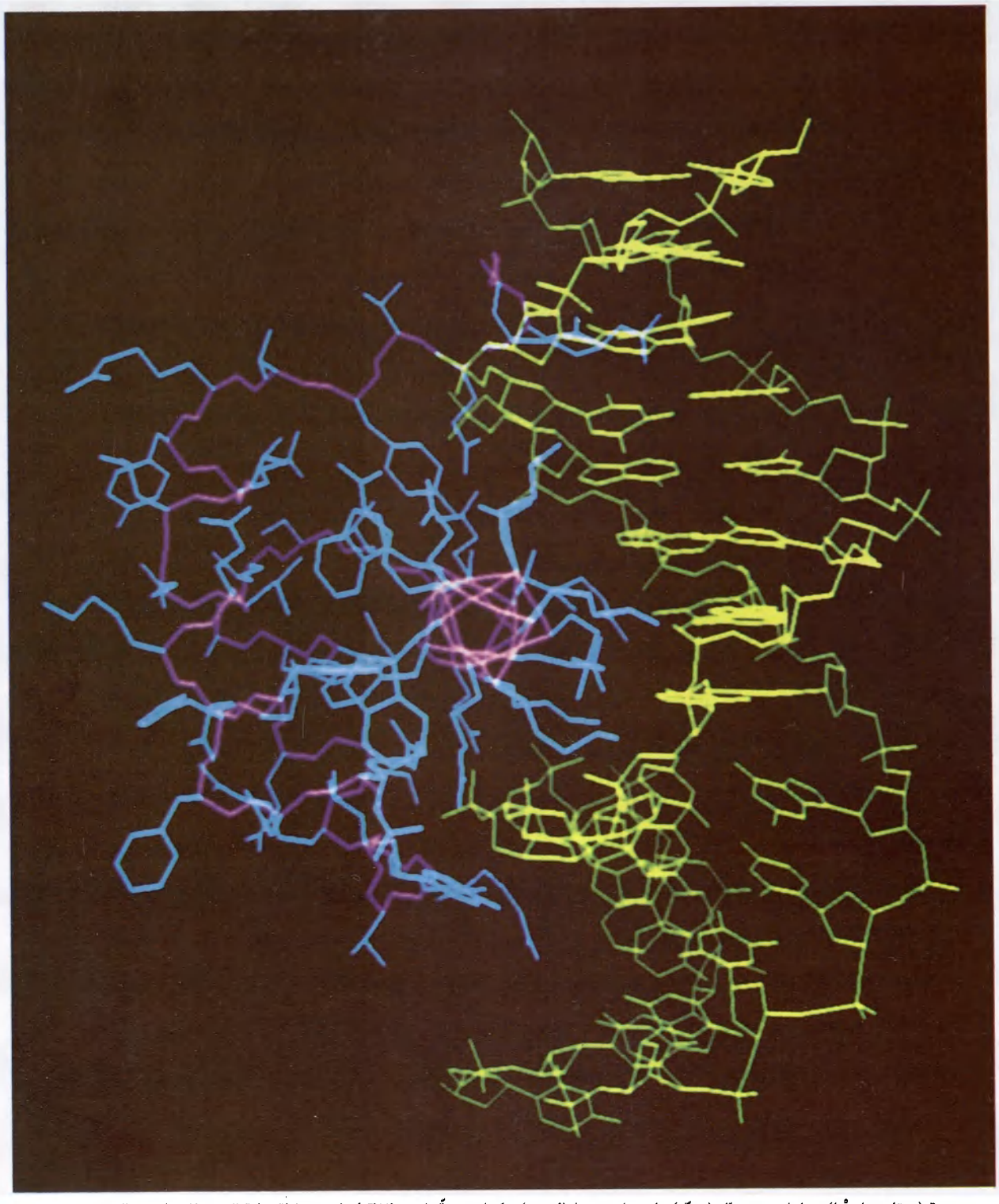
**شكل H**

**صورة أخذها الساتل كوب (مستكشف الخلفية الكونية) لتوزع شدة الخلفية الإشعاعية المكروية الكونية**




يكشف المقياس التفاضلي للإشعاع المكروي، المحمول على متن الساتل كوب، تفاوتات طفيفة في درجة حرارة الكون بين شتى مناطق السماء. تشير المساحات الحمراء والزرقاء إلى مناطق أسخن قليلا أو أبرد قليلا (على التوالي) من وسطي السخونة الإجمالي.

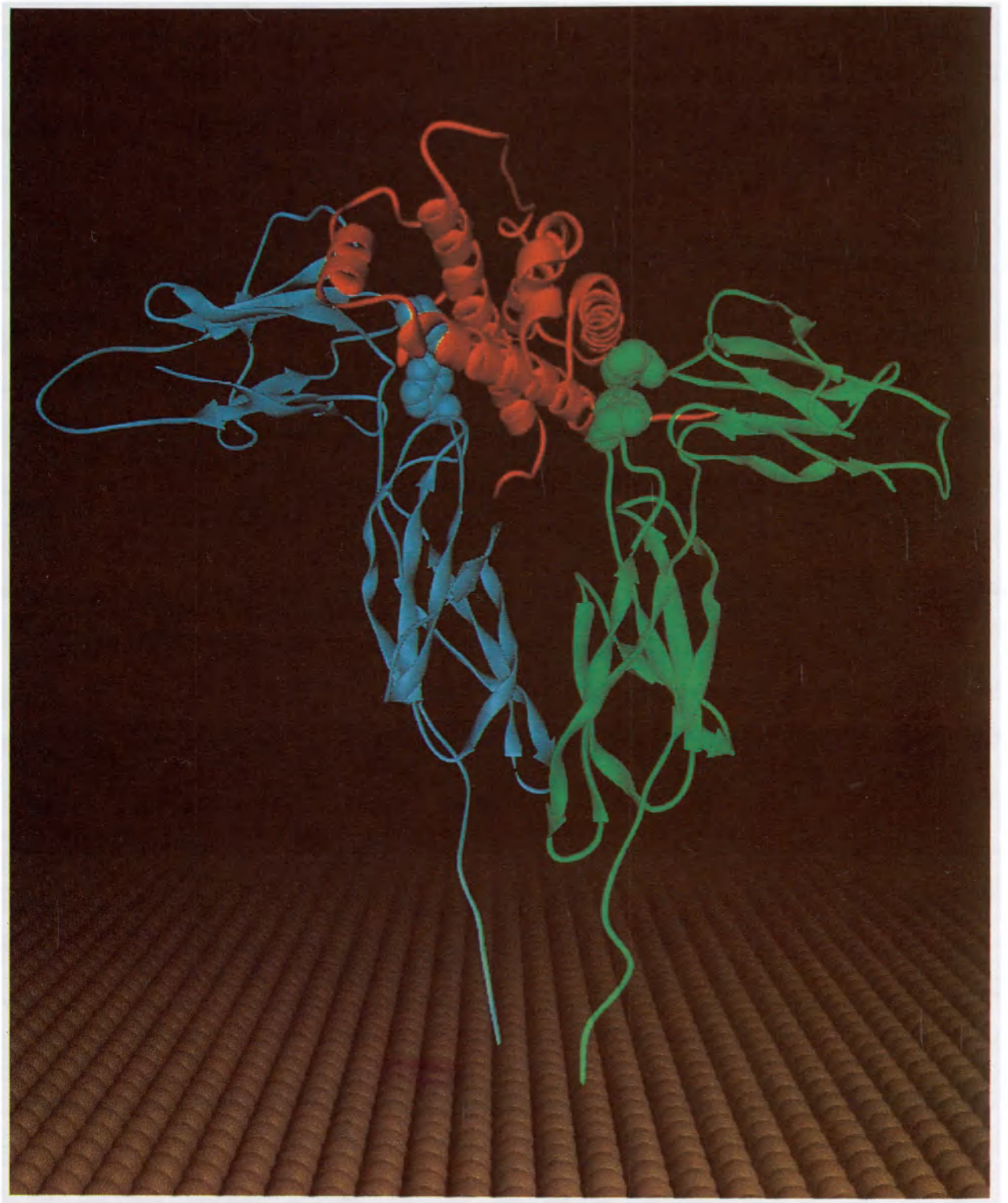
**شكل I**
**بنية ثلاثية الأبعاد لمحوّل دنوي (DNA)**



يد بروتينية (زرقاء وماجنْتا) تتفاعل مع محوّل (مبدّل) على حلزون دنا (أصفر) ، كما تم تمثّلها في ثلاثة أبعاد بوساطة تقانة الرنين المغنطيسي النووي.

المصدر : Gehring, W.J. and Wuthrich, K. Structural and functional analysis of homeodomain-DNA interactions, *Structure*, 25 April 1993: v.

**شكل J**
**ربط مُستقبل المربوطة**



جزيء منفرد من هرمون النمو البشري (أحمر) مرتبط بجزيئين من مستقبله (أزرق وأخضر)، كما تم تمثّله في ثلاثة أبعاد بوساطة تقانة انحراف الأشعة السينية. وقد تم عرض طرف واحد من كل جزيء مستقبل ملتصقًا بغشاء خلية.

المصدر: Kossiakoff, A.A., Ultsch, M. and de Vos, A.M. Human growth hormone-receptor complex, *Structure*, 25 April 1993:xvii.

وفي الواقع، إننا نملك اليوم عددًا من التقانات البارزة، كالحواسيب والليزرات والاتصالات عن بعد، التي تتعلق بنشوء مواد جديدة ذات خصائص جديدة، منها مثلا الموصلات (النواقل) الفائقة. والموصلية الفائقة ظاهرة تتمثل بأن بعض المواد تنعدم مقاومتها الكهربائية تمامًا عندما تُبَّرد إلى ما دون درجة حرارة معينة، تسمى درجة الانتقال الحرجة؛ وقد تقود هذه الظاهرة إلى أدوات أسرع أداءً وأفضل مردودًا طاقيًا. ولما كانت فوائد الموصلية الفائقة تكاد تعادل تكاليف تبريد المواد، فمن المستحسن اكتشاف مواد مركبة تظل فائقة الموصلية في أعلى درجة حرارة ممكنة. ومركبات أكسيد النحاس التي تحوي الزئبق، والتي طورها العاملون في المختبر السويسري ETH في زيورخ، هي أفضل ما نملك اليوم من مواد ذات درجة انتقال حرجة (133 كلڤن).

إن التقزيم المتزايد في حجم الأدوات الكهربائية هو عامل حاسم آخر في تحسين أداء هذه الأدوات (السرعة، استهلاك الطاقة، استطاعة التخزين... الخ). وقد يؤدي هذا الطريق قريبًا إلى صنع مكونات منفصلة تكاد تبلغ في حجمها، أو في أدائها على الأقل، ما تبلغه الذرات فرادى. وهذه "الذرات المصطنعة" بيد الإنسان هي منظومات صفرية الأبعاد جوهريًا - تتضمن عادة بنى نانومترية شبه موصلة مصممة لهذا الغرض بالذات- يمكن لوجود الإلكترونات الإفرادية، أو لحركتها فيها، أن تكتسيا أهمية كبيرة. وكمثال بارز في هذا الصدد نذكر **"الشذرة الكمومية"** quantum dot وهي بنية شبه نقطية تشكل "بئرًا كمومية" (تؤسر فيها، بين طبقتين شبه موصلتين خارجيتين، إلكترونات تنتمي لطبقة شبه موصلة رقيقة جدا) وتُعطي شكل جذع صغير وقصير جدا على ركيزة محفورة فيها، بعمق صغير جدا، مناطق مختارة حول الجذع، أو شكل منطقة شبه نقطية معزولة ضمن شطيرة (صندويشة) شبه موصلة، وقد حُفر لهذه المنطقة حجم صغير في المادة بوساطة حقول كهربائية سائدة بين أقطاب كهربائية. (*انظر الشكل E، القسم الملون، صفحة IV*). ففي هذه المنظومات، كما في الذرات، يفرض ميكانيك الكم على الجسيمات المحصورة في فراغ صغير (نحو 10 نانومتر للإلكترونات في أشباه الموصلات) أن تمتلك قيمًا متقطعة من الطاقة.

***أدوات الإلكترون الفرد***

إذا كانت الشذرات الكمومية ذرات مصطنعة، فإن الشبكة المستوية المؤلفة من ملايين الشذرات يمكن أن تكون بنية بلورية مصطنعة. وقد صنع العلميون شبكات من هذا القبيل، ولكنهم لم يتمكنوا بعدُ من ضبط التوزع المنتظم البلوري ولا من وضع عدد من المساري الكهربائية كاف لدراسة **البنية العصابية الطاقية** energy band structure لهذه المنظومة بالشكل الذي يجري تنفيذه على البلورات الطبيعية. هذا، وإضافة إلى مفعولات الحصر المكاني، هناك مفعولات كمومية الشحنة التي يمكن أن تؤثر في سلوك الشذرات. وهذا يعني أن الشذرات يمكن أن تُصنع لاستقبال إلكترون واحد أو بضعة إلكترونات فقط، وبالإمكان رصد مجيئها وذهابها؛ فعندما يُسلَّط التوتر الكهربائي تستطيع الإلكترونات الجديدة أن تتغلب على قوة التنافر الكولونية الناجمة عن الإلكترونات الموجودة سلفًا في الشذرة. وهذا الاعتماد على الإلكترونات الفردية قد يتيح صنع تشكيلة من الأدوات الجديدة.

والواقع إن أدوات الإلكترون - الفرد يمكن أن تتيح ذات يوم للدارات المدمجة المتكاملة أن تمتلك ما لا يقل عن 10 بلايين من العناصر الإلكترونية في السنتيمتر الربع الواحد، وهي كثافة أكبر بألف مرة مما كان يؤمل تحقيقه في الدارات المدمجة التقليدية. وفي التطوير الذي حصل منذ أواسط الثمانينات أصبحت هذه الأدوات تتألف من مسريين كهربائيين (بعرض 30 نانومتر عادة) مفصولين بطبقة عازلة سمكها 1 نانومتر يمكن للإلكترونات أن تخترقها بمفعول النفق (الكمومي). وفي السنين الأخيرة صنع الباحثون تراكيب ذات ملحمين تشترك بمسرى في المنتصف وتسمى ترانزستورات الإلكترون الفرد، لأن تيارها، كما في الترانزستورات التقليدية، يمكن التحكم فيه بتعديل شحنة السطح عند مسرى المنتصف، مما يجعله عنصرًا مثاليًا في صنع الدارة المدمجة. لكن تشغيل أدوات الإلكترون الفرد لا بد أن يتم في درجة حرارة تساوي 4 كلڤن أو أقل، وذلك لتخفيف المفعولات الحرارية التي تشوش حركات الإلكترونات الأفراد في الجسم الصلب.

### *الخواص الضوئية لأشباه الموصلات*

إن الخواص الضوئية لأشباه الموصلات مهمة أيضًا على صعيد حواسيب المستقبل وشبكات الاتصالات، التي ستكون على الأرجح مزيجًا هجينًا من الإلكترونيات - تكويد(ترميز) المعلومات إلكترونيًا - والفوتونيات - تكويد المعلومات فوتونيًا. وللسِليكون [*] من هذه الزاوية، وبالرغم من مزاياه في عدد لا يُحصى من الدارات الإلكترونية، مساوىء ناجمة عن أنه نادرًا ما يكون منبع ضوء. فاختيار عناصر العمودين الثالث والخامس، مثل GaAs، في أشباه الموصلات يعود إلى أن الطاقة المتحررة من اتحاد الإلكترونات مع الثقوب (إن الثقب هو مجرد خلو الموضع من الإلكترونات) يمكن أن تتخذ شكل فوتون صادر؛ وهي عملية يمكن استغلالها في الأدوات الفوتوإلكترونية. أما في السِليكون فتظهر طاقة الاتحاد بشكل حراري عادة. وقد نجح <L. كَنهام >وباحثون آخرون [١٢] في الحصول على ضوء (من كل الألوان) من خيوط من السِليكون صنعت بغمسها في حوض حامضي يُنخرب كقرص العسل. ويفترض العلميون أن الضوء يمكن أن يصدر بمفعول كموسي؛ أي إن الصغر البالغ لشعيرات السِليكون (بضعة نانومترات في بعض الحالات) يغير "بنية العصابة"، أي ترتيب المستويات الطاقية المباحة في المادة.

### *خصائص الإصدار الضوئي*

هذا وإن خصائص الإصدار الضوئي، لأشباه موصلات أخرى، تُستعمل أيضًا لأغراض تطبيقية مختارة. فالمواد التي يدخل فيها عناصر من العمودين، الثالث والخامس في الجدول الدوري (مثلGaAs)، تنتج الضوء بسهولة ولكن في مجال تحت الأحمر خصوصًا. وللحصول على أمواج أقصر، في المجال المرئي، درس الباحثون مواد (مثل ZnSe) تضم عناصر من العمودين: الثاني والسادس؛ فطاقات الفجوات العصابية في هذه المركّبات تزيد عادة على 2 eV. لكن صعوبات **التطعيم (الإشابة)** doping وصعوبات تحقيق تلاؤم جيد بين المادة المصدرة للضوء (العمودان IIوVI) ومادة الركيزة (العمودان IIIوV) قد عاقت تقدم هذه الوسائل. لكن تقنيات **الاستبلار** [**] epitaxy الجديدة غيرت هذا الوضع بعض الشيء. فالليزرات التي تستخدم، مثلا، عناصر العمود الثاني أو العمود السادس قد أصبحت تعمل باستطاعة تصل إلى 700 ميگاواط وفي درجة حرارة الغرفة وبمردود زمني (نسبة الفترات الزمنية التي يصدر في أثنائها الضوء الليزري) يصل إلى 40%. كما أن الصمامات المصدرة للضوء، والمصنوعة من عناصر العمودين الثاني والسادس، أصبحت تشع أمواجًا قصيرة يصل طولها إلى 490 نانومتر. ولكن قبل أن تُستخدم هذه الليزرات، الزرقاء أو الخضراء، على الصعيد التجاري، يجب التغلب على عدة صعوبات تقنية منها، في صدد ما نحن فيه، الحماوة المفرطة وضعف مردود تحويل الطاقة إلى ضوء.

### *"الفجوة المحظورة"*

لقد طور <E. يابلونوفيتش> وزملاؤه [١٣] "شبه موصل" من أجل الأمواج الضوئية، أي مادة لا يمكن أن تصدر عنها فوتونات ذات أطوال موجية معينة. أي إنهم استطاعوا في الواقع توليد فجوة عصابية فوتونية تشبه العصابات الطاقية المحظورة على الإلكترونات في أشباه الموصلات. فقد حفروا ثلاث مجموعات من الثقوب في السطح العلوي من لوح عازل كهربائيًا، فصنعوا بذلك بنية شبكية متصالبة. وكان النظريون قد تنبؤوا بأن هذا النمط الهندسي النخروبي من شأنه أن يقود إلى عدم صدور ضوء ذي أطوال موجية معينة. وقد اكتشف يابلونوفيتش فعلا، عندما أرسل أمواجًا مكروية ضمن إحدى العينات، "الفجوة المحظورة" التي كانوا يبحثون عنها، أي إنهم اكتشفوا غياب عصابة تواترية ضوئية عن الضوء الذي يخترق المادة. كما اكتشفوا أن حفر الثقوب بشكل هندسي معين يمكن أن يُفضي إلى استثارة إصدار عصابات أمواج ضوئية؛ وهذا من شأنه أن يجعل هذه "البلورات الفوتونية" مفيدة في عدة ميادين من البحوث العلمية، كالفيزياء الذرية والمكروإلكترونيات.

وكتطبيق حديث لهذه الفكرة نذكر الهوائي الذي أقيم على بلورة فوتونية صنعت من قبل العلميين في معهد ماساتشوستس التقاني (MIT)، وكذلك من قبل يابلونوفيتش الذي بنى مجموعة كاملة من هوائيات البلورة الفوتونية تستطيع إيصال الإشعاع المكروي إلى أدوات ذات دارات مدمجة متكاملة. وهذه التشكيلات تتيح لأدوات الدارات

(١٢) Royal Signals and Radar Establishment, UK (١٣) Universtiy of California at los Angeles, USA

(*) Silicon سِليكون (سِليسيوم) (**) الاستبلار تقنية تتيح توضيع طبقات رقيقة جدا، من ذرات مختلفة، بعضها فوق بعض لتحقيق التلاؤم البلوري.

المدمجة أن تستقبل أمواجًا مكروية أو، على العكس، أن تحول التيار الكهربائي إلى إشارات مكروية. هذا في حين أن التشكيلات المستخدمة عادة لهذا الغرض، من هوائيات وركيزات شبه موصلة، لم تكن تبث في الجو سوى بضع في المئة من استطاعتها الكلية، ويضيع الباقي في شبه الموصل. أما الهوائي المتصل ببلورة فوتونية فهو ذو مردود أكبر بكثير لأنه بالإمكان التحكم في عرض العصابة المحظورة بحسب المجال الموجي المكروي المستهدف.

## المنظومة الشمسية

إن القرابات (التليسكوبات) القوية والسواتل (الأقمار الصنعية) التي وصلت إلى الكواكب كلها (باستثناء بلوتو) أعطت في السنين الأخيرة معلومات كثيرة عن المنظومة الشمسية. حتى إن الحواسيب أصبحت تساعد في هذه التحريات. فقد أثبتت، مثلا، دراسة الحاكيات الحاسوبية لتطور المنظومة الشمسية في أثناء ملايين السنين، وجود سلوك **شواشي** chaotic . فبسبب التأثيرات المتبادلة فيما بين الكواكب يصعب التنبؤ الموثوق بالمسارات الكوكبية على المدى البعيد، حتى وإن كانت الحسابات تعتمد قوانين الحركة والتحريك. فلقد أجرى <G. سوسمان> و <J. ويسدوم>[١٤] أدق ما أمكز تنفيذه حتى الآن من حسابات تتناول حركات الكواكب على المستقبل البعيد – في غضون مئة مليون عام – وتبين لهما أنه من غير المستطاع التنبؤ بيقين بمواقع الكواكب بعد قرابة أربعة ملايين عام فقط. وتؤكد هذه الحسابات الجديدة، التي اقتضت من الحاسوب زمنًا طويلا، الدراسات الأبكر(1989)، ولكن الأقل تفصيلا، التي أجراها <J. لاسكار>[١٥] وأسفرت عن سلوك شواشي يشوب المنظومة الشمسية.

## "مشكلة النُيوترينوهات(*) الشمسية"

إن الشمس تحتل مركز المنظومة الشمسية. وفي مركز الشمس تتولد عن تفاعلات الاندماج النووي جسيمات شبحية، تسمى نيوترينوهات، تحترق الشمس فيرد قسم منها على الأرض حيث يمكن اكتشافها بطريقة غير مباشرة. ويتنبأ النموذج المعتمد للمنظومة الشمسية، وهو النموذج الذي يضم أحدث نظرية في تفاعلات الاندماج ضمن الشمس، بأن مكشاف النيوترينوهات (هومستيك)، الذي وضعه منذ 20 عامًا <R. ديڤيس> ليرصد النيوترينوهات التي تصل إلى منجم ذهب في داكوتا الجنوبية، لابد أن يلحظ وسطيًا 1.8 نيوترينو شمسي في اليوم. لكن تبين لديڤيس بالرصد أن هذا الوسطي كان أقل من ذلك بكثير. وقد تناول "مشكلة النيوترينوهات الشمسية" هذه، في السنوات الأخيرة، فريقان آخران فتسجل لديهما أيضًا نتائج محيرة. كان أحد الفريقين يرصد، على مدى ثلاث سنوات في اليابان وبالمكشاف كاميوكند II، هذه النيوترينوهات فحصل على وسطي يساوي نصف ما كان متوقعًا بحسب النموذج المعتمد، أي نتيجة قريبة من نتيجة ديڤيس في الفترة الزمنية نفسها. وبخلاف المكشافين: كاميوكند وهومستيك، اللذين لايشعران إلا بالنيوترينوهات العالية الطاقة نسبيًا والتي تصاحب الاضمحلال البيتاوي للبورون في الشمس، هناك التجربة النموڤيتية – الأمريكية گاليوم (SAGE) في جبال القوقاز لرصد النيوترينوهات الأقل طاقة والآتية من تفاعلات الاندماج الأغزر في الشمس: بروتون – بروتون. ومما زاد الأمور غموضًا أن هذه التجربة لم ترصد عمليًا أي نيوترينو على الرغم من انتظار دام خمسة شهور. ويرى بعض النظريين، كتفسير ممكن لهذه النتائج، أن النيوترينوهات الشمسية يمكن أن تتخذ "جيئة وذهابًا" شكلا من أشكال النيوترينوهات الثلاثة (الإلكتروني والميوني والتاوي) وهي في طريقها إلى الأرض فتتجنب الكشف.

وهناك مكشاف رابع، گاليكس، سجل نيوترينوهات بمعدل 83 وحدة نيوترينوية شمسية (SNU) ، وتساوي هذه الوحدة $10^{-36}$ نيوترينو مأسور في الذرة الواحدة في الثانية. وقد اكتشف هذا التعاون بين عدة دول، نيوترينوهات شمسية في مستودع يحوي 000 50 لتر من كلوريد الگاليوم وموضوع في نفق گران ساسو تحت جبال أبروزي في إيطاليا. وهذه النيوترينوهات، الآتي معظمها من اندماج بروتونين في الشمس ولكن أيضًا من تفكك (اضمحلال) البيريليوم والبورون في الشمس، تسافر إلى الأرض فتدخل في المكشاف حيث تحوّل نواة الگاليوم -71 إلى نواة جرمانيوم -71 وهو عنصر مشع يُستخرج من المستودع كل

(١٤) Massachussetts Institute of Technology, USA
(١٥) Bureau des Longitudes, Paris, France
(*) جمع: نيوترينو neutrino

ثلاثة أشهر ويراقب مراقبة جيدة في وعاء منفصل. ويمكن مقارنة المعدل المقيس، SNU 83، بالتقديرات النظرية التي تقع بين 124 و 132 و حدة نيوترينوية شمسية. وبموجب التقدير 132 SNU يجب أن يأتي 74 SNU من اندماج بروتونين (طاقة منخفضة نسبيًا)، و 34 SNU من تفكك البيريليوم 7، و 14 SNU من تفكك البورون 8 ، و 10 SNU من النتروجين 13 والأكسجين 15. وتبدو نتائج المكشاف گاليكس أقرب بكثير إلى التقديرات النظرية من نتائج المكشافين كاميوكند وداكوتا الجنوبية الحساسين فقط إزاء النيوترينوهات ذات الطاقة الأعلى. لكن نتائج گاليكس تختلف اختلافًا صارخًا عن نتائج الفريق التعاوني السوفييتي – الأمريكي.

### *ما زالت الزُهرة ناشطة بركانيًا*

إن الصور التي أخذتها السفينة الفضائية ماجلان، والتي أتاحت رسم أول خريطة إجمالية للزهرة، ثاني كواكب المنظومة الشمسية، تبين أنها مازالت ناشطة بركانيًا. **فاللابة** lava، التي تغطي من نصفها الشمالي مساحة تضاهي مساحة أستراليا، لا تحوي أي فوهة نيزكية؛ وهذا يدل على أن عمر هذه اللابة ليس أكثر من عشرة ملايين سنة. وتبدو معظم فوهات مسقط النيازك حديثة العهد نسبيًا؛ أما الفوهات الأقدم فربما كانت قد امتلأت بسيول من اللابة المنصهرة. وتدل دراسات أخرى على أن الزهرة لا تحوي سلاسل جبلية كالتي توجد في قيعان المحيطات الأرضية. كما أن الصور الرادارية التي أخذتها السفينة الفضائية ماجلان تدحض فكرة أن السلاسل الجبلية، الموجودة في منطقة أوڤدا ريجيو من الزهرة، قد تشكلت بفعل انتشار القشرة.

ويبدو أن السفينة الفضائية گاليليو قد لحظت بروقًا على سطح الزهرة عندما مرت بالقرب منها. وبسبب صفات جو الزهرة الكثيف فإن معظم المختصين بالكواكب لم يروا قط أن الزهرة مرشحة قوية لتكون منبع بروق. لكن اكتشاف السفينة گاليليو لستة انبثاقات طاقية كهربائية تشبه البرق دفع المختصين إلى البحث عن تفسير لها. وأول ما يخطر بالبال أن تكون من أصل بركاني، لا سيما من جسيمات تحتك بعضًا ببعض في اندفاعات صخور حارة نحو السطح. وقد عُرف عن مثل هذه النوافير البركانية أنها تسبب البرق على الأرض. والواقع، إن المركبة الفضائية ماجلان قد كشفت ملامح رماد بركاني (ولا تزال تبحث عنها) على الزهرة، على الرغم من الاعتقاد بأن البراكين الناشطة نادرة على الزهرة.

### *المشتري وما بعده*

لقد صُممت السفينة الفضائية يوليسيس، أولى المركبات التي زارت المشتري (في الشهر 2/ 1992) بعد بعثة ڤويجر في السبعينات، لتمر تحت قطب الشمس الجنوبي في صيف عام 1994. وفي أثناء مرورها قرب المشتري قدَّمت كمية وافرة من المعلومات حول ما يحيط به. فقد تبين أن غلافه المغنطيسي متضخم إلى أكبر مما كان عليه في أيام بعثات ڤويجر؛ وتأكد أن هذا الغلاف يحوي إيونات الكبريت والأكسجين المتولدة بمعظمها عن براكين قمره إيو (بمعدل طن واحد تقريبًا في الثانية)؛ وعُثر على قليل من الغبار قرب المشتري. كان البركان الرئيسي لوكي، على القمر إيو، خامدًا آنئذ. وقد سبرت هذه السفينة الحقل المغنطيسي للمشتري، أقوى الحقول في المنظومة الشمسية، فتبين أن كرته المغنطيسية مفلطحة أكثر مما كان متوقعًا. ويعزو A> بالو >، أحد علماء البعثة، ذلك جزئيًا إلى وجود تيار كهربائي هائل، شدته قرابة بليون أمبير، يسري في إيو توروس، وهو سماط من إيونات الكبريت والأكسجين، يأتي من إيو.

وفي مكان واقع بعد مدار الكوكب بلوتو بكثير، عند حافة المنظومة الشمسية، توجد **الغازة الشمسية** heliopause حيث تتلاقى جسيمات الريح الشمسية المنبعثة من الشمس مع ما يتجه نحوها من الجسيمات الجوالة بين النجوم. وقد اكتُشف مؤخرًا إشارات راديوية، بوساطة سفينتي الفضاء ڤويجر، قادمة من الغازة الشمسية. وقد فسر علماء البعثة ذلك **بتوقد** flare شمسي شديد اندلع في الشهر5/ 1991 وكان سببًا في دفعة جسيمات ريح شمسية تفاعلت مع الغازة الشمسية تفاعلا أطلق هبات راديوية هائلة ( باستطاعة تزيد على $10^{13}$ واط، وهي أقوى منبع راديوي في المنظومة الشمسية) اكتشفها ڤويجر في الشهر7/ 1992. وهذه الإشارات الراديوية المنخفضة التواتر، على الرغم من عظم استطاعتها، لا يمكن كشفها في داخل المنظومة

الشمسية. لكن ڤويجر 1، على مسافة 52 وحدة فلكية (الوحدة الفلكية هي المسافة بين الأرض والشمس ويرمز لها بـ AU)، وڤويجر 2، على مسافة 40 وحدة فلكية، كانتا في موضع جيد لإجراء القياس. ومن توقيت الإشارات أمكن تقدير أن البعد عن الغازة الشمسية يقع بين 80 و 130 وحدة فلكية.

## النجوم والمجرات

إن رؤية ما هو خارج منظومتنا الشمسية، من نجوم ومجرات، يتطلب مقرابات قوية. ففي مجال الضوء المرئي قام المقراب الفضائي الساتل هابْل بأرصاد مرموقة على الرغم من الزيغ القليل الذي يشوب محرقه (بؤرته)، وهي مسألة يمكن أن تتم معالجتها قريبا بوضع أدوات ضوئية تصحيحية. وفي الوقت نفسه يقترب موعد إنجاز عدة مقرابات أرضية ذات كفاءة عالية. فالمقراب كيك، المنصوب في قمة ماوناكيا في هاواي، فيه 36 قطعة مرآتية مسدسة الشكل ويبلغ قطر صحنه المستقبل 10 أمتار وهو أضخم مقراب في العالم يستخدم الضوء تحت الأحمر ويلتقط استطاعة تعادل أربعة أضعاف ما يستقبله مقراب هيل ذي المئتي بوصة. أما المقراب الضخم جدا، الجاري بناؤه في قمة سيرو بارانيل في شيلي ومن قِبل المرصد الأوروبي الجنوبي، فسيكون أضخم من ذلك؛ لأنه سوف يتألف من أربعة مقرابات قطر فتحة الواحد منها 8.2 متر وسوف يُنصب أولها في عام 1995؛ وهذا التركيب، الذي يكافىء مقرابًا قطر فتحته 16 مترًا، سيكون أضخم بكثير من المقراب كيك ذي الأمتار العشرة والمقراب هيل ذي الأمتار الستة.

إن العامل الآخر في تحسين الأرصاد الفلكية هو تزايد استخدام التقانة الرقمية. وفي رأي <L. سمار>[١٦] سيكون علم الفلك أول علم رقمي بتمامه، وستقوم أدوات الاقتران، التي تحول الضوء الوارد إلى إشارات كهربائية، بأداء يفوق كثيرًا كل وسائل الرصد؛ وهي عالية الكفاءة (تسجل 80% من الفوتونات الواردة بدلا من 2% في أفلام التصوير) وتتخذ بياناتها شكلا يمكن معالجته فوريًا بالحاسوب. وهذا مما يسهل المشروعات الطموحة، نصف المؤتمتة، كمشروع جامعة شيكاغو الهادف إلى تنظيم جدول، في خلال خمس سنوات، بمواقع مليون مجرة ومئة ألف كوازار.

### *الرؤية وراء نطاق المرئي*

لقد تقدمت فيزياء النجوم أيضًا بخطى كبيرة في جدولة الأجرام السماوية بأطوال موجية كهرطيسية غير مرئية. فالسواتل (الأقمار الصنعية) التي تستغل الأشعة السينية، كالسفينة الألمانية روزات والأخرى اليابانية جنگا، وتلك التي تستغل الأشعة الگاماوية، كالمرصد الگاماوي الأمريكي، والآخر يوكوه الياباني الذي يرصد الشمس، والسواتل التي تستغل الأشعة فوق البنفسجية، مثل أسترو والمستكشف فوق البنفسجي البعيد، قد أسهمت كلها في اكتشاف عدة أجرام سماوية واضطرت الفلكيين إلى الأخذ في الحسبان عدة ظواهر جديدة. فقد أخذ الساتل روزات، مثلا، صورًا لمناطق سماوية أنأى من ذي قبل، أي لأحداث وقعت قبل زمن أطول، مما لم يمكن تصويره قط بأشعة سينية أخرى حتى الآن. ( *انظر الشكل F، القسم الملون، ص:IV*). وتدل هذه الصور على كثافة عظيمة، توحي بتجمعات لكوازارات بانزياحات طيفية نحو الأحمر تقع بين واحد واثنين. وقد قضى روزات معظم وقته في مسح كل أمواج السماء السينية.

لقد مسح الساتل روزات أيضًا الخلفية السينية الكونية التي اكتشفت عام 1971 والتي قد يتألف معظمها من إشعاعات قادمة من كوازارات متفاصلة. وقد رصد علماء الساتل روزات منطقة نائية من السماء مختارة بشكل جيد فعثروا على 39 منبعًا سينيًا؛ ولدى الاستمرار في هذه الدراسات إلى مداها بالمقراب الضوئي تبين أن 24 منها منابع كوازارية. وهكذا استنتج المختصون أن 30% على الأقل (وربما كلها تقريبًا) من الخلفية السينية (في المجال الطاقي 1 كيلو إلكترون ڤلط على الأقل) صادر عن كوازارات.

### *عنف في المجال الگاماوي*

وفي المجال الطاقي الأعلى، في مجال الإشعاع الگاماوي، يبدو الكون أعنف بكثير. ففي أثناء أسبوع واحد فقط صدر عن الكوازار 3C279، مثلا، قرابة $10^{54}$ أرْغ

(١٦) University of Illinois, USA

محمولة على أشعة گاماوية، وهذا يضاهي الطاقة التي تصدر عن شمسنا لو فنيت كل جسيماتها متحولة إلى إشعاع. وعلى الرغم من أن العلميين لم يعرفوا بعد طبيعة الآلة التي تصنع هذه الذخيرة الهائلة من الفوتونات الگاماوية، يمكن لهذه المنابع، أن تحصى وأن تدرس بالمقراب **گرو** GRO (الذي يستغل مفعول كمتون الگاماوي) الذي أُطلق عام 1991. وقد اكتشف هذا المقراب حتى الآن، إضافة إلى 3C279، ثلاثة كوازارات جديدة تُصدر أشعة گاماوية (بشكل غير متصل) بمعدل $10^{48}$ أرغ في الثانية: الاثنان الأولان – كراب وڤيلا – يصدران نفثتين گاماويتين في الدورة الواحدة ، والثالث – سرسينيوس – يصدر نفثة واحدة.

ومن جملة نتائج أرصاد المقراب گرو أكثر من 600 نفاث گاماوي، وهي أجرام غامضة تنفث إشعاعات گاماوية عالية الطاقة وقصيرة الأمد؛ وهي موزعة توزعًا سويًا في نواحي السماء، مما يستبعد بما يشبه اليقين فكرة أن تكون موجودة في مستوى مجرتنا. ولهذا التناحي تفسيران رئيسيان يفضيان إلى مسألتين بخصوصهما: إذا كانت النفاثات موجودة في الهالة المجرية، فهذا يعني أن هذه الهالة أضخم مما كان يُظن سابقًا؛ أي إن نصف قطرها يزيد على 150 000 سنة ضوئية. وإذا كانت النفاثات تقع خارج المجرات فكيف تسنى لهذا العدد من الإشعاعات الگاماوية أن يقطع كل هذه السافة.

وأخيرا راقب المقراب گرو الإشعاع الناجم عن التفاني الإلكتروني – البوزتروني والآتي من مركز مجرتنا ووجد، بخلاف القياسات السابقة بمكشافات أقل حساسية، أن الإشعاع يبدو غير متغير بمرور الزمن.

### *المجالان فوق البنفسجي وتحت الأحمر*

إن المجال فوق البنفسجي الأقصى ذو أطوال موجية (بين 5 و 100 نانومتر) لا يمكن رؤيته عبر الجو الأرضي بمقرابات مقامة على الأرض. ولهذا السبب يمكن القول بأن مكشافات هذا الإشعاع، على متن الساتل روزات، قد فتحت نافذة واسعة أمام علم الفلك. وقد أفاد العلميون البريطانيون، المكلفون بمسح ما سجله الساتل روزات من هذا الإشعاع، بوجود أكثر من 700 منبع، في حين لم يكن معروفًا قبل ذلك سوى 12 منها. وبنتيجة ذلك أُعيد النظر في التقدير السابق لكثافة الهيدروجين في منطقة المنظومة الشمسية؛ فقد كان المظنون أن هذا الهيدروجين من شأنه أن يحول دون وصول هذا الإشعاع، الآتي معظمه من نجوم ساخنة، إلى الأرض.

بما أن غازات ما بين النجوم، ومعظمها من الهيدروجين والهليوم، تمتص الإشعاع فوق البنفسجي الأقصى، فقد بدا شيئًا مفاجئًا أن تستطيع المقرابات المختصة بكشف هذا الإشعاع، والمحمولة على الساتل روزات وسواه، أن ترى ما رأته على هذه المسافات الكبيرة. وفي هذه الحال تستفيد قياسات هذا الإشعاع من واقع أن منظومتنا الشمسية تقبع ضمن فقاعة خالية، جزئيًا على الأقل، من مادة بين نجمية، ربما بفعل مستعرات فائقة قديمة. وهذا يتيح للمقرابات أن ترى أجرامًا (معظمها أقزام بيضاء ساخنة) تقع على بعد مئات السنين الضوئية، وفي بعض الاتجاهات تكون الظروف جيدة لدرجة أن تتيح رؤية مجرات أبعد من ذلك.

أما الأمواج الراديوية فقد أتاحت للفلكيين العثور على ملامح كواكب تدور حول نباضات. فقد أورد <A. فولز كزان>[١٧] و <D. فريل> [١٨] مايثبت وجود كوكبين، وربما ثلاثة، حول النباض PSR1257+12. وللكوكبين الأوضح مداران باتساع مدار عطارد حول الشمس؛ في حين أن مدار الثالث، إن وُجد، ذو اتساع يضاهي اتساع مدار الأرض. ويأتي دعم هذه الفرضية بشكل التأخير الزمني المقيس بين مواقيت وصول الموجات الراديوية إلينا من النباض PSR1257+12.

أما في الأمواج تحت الحمراء فتستهدف الدراسات الجديدة معرفة ما إذا كان يوجد ثقب أسود في مركز مجرتنا، لاسيما وقد تم اكتشاف منبع من هذا القبيل في موقع جرم رُمز له بـ *SgrA. وتعزز دراسة إشعاعه تحت الأحمر الفكرة المستقاة سابقًا، من قياسات أجريت على إشعاعات هذا الجرم، الراديوية والسينية والگاماوية، بأن ثقبًا ٥٠ يقبع في قلب مجرتنا، درب التبانة. فقد عرض <L. كلوز>[١٩] صورًا لهذا القلب في الطولين الموجيين 1.6

(١٧) Cornell University, New York, USA (١٨) National Radio Astronomy Observatory, New Mexico, USA
(١٩) University of Arizona, USA

و 2.2 ميكرون مستخدمًا مقراب كيت بيك الذي قطر فتحته 2.3 متر( *انظر الشكل G، القسم الملون، الصفحة V*). وقد كان لهذه الأرصاد، التي استُعملت فيها للمرة الأولى تقنيات متكيفة مع تحت الأحمر، **مَيْز** resolution يكفي لتبيان أن منبع تحت الأحمرلا يتجاوز قطره 0.006 سنة ضوئية. كما أن <J. هالر>، فلكي أريزونا، عرض دراسات مستقلة، بالإشعاع تحت الأحمر، لسرعات بعض النجوم بدلالة أبعادها عن الجرم *Sgr A، فتبين أن السرعة تزداد من الصفر تقريبًا، على بعد 1.4 سنة ضوئية عن *Sgr A، إلى نحو 100 كيلومتر في الثانية على بعد 0.7 سنة ضوئية عنه. وهذا النمط، إضافة إلى ما تم تحديده حول وجوب وجود كتلة تساوي 100 ضعف كتلة كل النجوم المرصودة وذلك ضمن مسافة قدرها 0.7 سنة ضوئية، يوحي للفلكي هالر بوجود ثقب أسود قرب *Sgr A كتلته تساوي 900 000 كتلة شمسية.

***هل الثقوب السوداء موجودة ؟***

يعتقد عدة فلكيين أن الثقوب السوداء الفائقة الضخامة موجودة، لكن مجرد التزايد المذهل في سطوع النجوم بدلالة تزايد قربها من مركز بعض المجرات غير كاف لإقناعهم بوجودها. فالبرهان الحاسم، في رأي <A. دريسلر>[٢٠] ، على وجود الثقوب السوداء يجب أن يأتي من دراسات طيفية لحركة النجوم في جوار الثقب الأسود. والميز العالي الضروري لذلك يمكن أن يأتي مع مرصد حديث على غرار مرصد هابل الفضائي أو مع المرقابين الضوئيين الجديدين اللذين يُبنيان على قمة موناكيا وفي شيلي. واستنادا إلى دراسات تمهيدية لحركات النجوم يبدو أن المجرات الأكثر احتمالا في احتواء ثقوب سوداء فائقة الكتل هي **أندروميدا** Andromeda والمجرتان الساتلتان حولها: NGC3115 و M32 (حيث تزيد كتلة الثقب الأسود المرشح ضمن كل منهما على أكثر من مليار كتلة شمسية). وقد يكون من الأسهل، على المدى الطويل، ترصُّد ثقوب سوداء في مجرات أكثر شفافية نسبيًا، كتلك التي يمكن لفقدان اندفاعاتها الطاقية، التي تصاحب المجرات النشيطة، أن تسهّل مهمة رؤية حركات النجوم قرب مركز المجرة. أما بخصوص ثقبنا الأسود المفترض في مركز مجرتنا، فإن دراسة منطقتها المركزية تعوقها صعوبة في الرؤية من نوع آخر، هي بالتحديد وجود الغبار. ومع ذلك نملك من القياسات غير المباشرة، لحركات النجوم في تلك المنطقة، ما يتفق مع فكرة وجود ثقب أسود فيها.

## علم الكون (الكوسمولوجيا)

يختص هذا العلم بدراسة أصل هذا العالم الكوني وتطوره وبنيته الإجمالية؛ وله، كالفيزياء الجسيمية، "نموذج معياري"، أي نظرية معتمدة مفادها أن العالم انبثق خلقًا في "انفجار أعظم"، انفجار طرأ على المكان (الفضاء) نفسه وراح الكون يتوسع منذئذ ويبرُد. وكان من شأن التفاوتات الضعيفة في توزع المادة على شتى مناطقه أن قادت فيما بعد إلى تشكل النجوم والمجرات وجماعات المجرات.

إن السمة الأشمل التي يمكن دراستها، في هذا العالم، هي الخلفية الإشعاعية المكروية الكونية، أي الطاقة الإشعاعية التي تغمر أجرام هذ العالم والمتبقية من مخلفات الانفجار الأعظم. وقد كان يُظن لفترة طويلة أن الخلفية المكروية لابد أن تكون ذات شدة متفاوتة قليلا بحسب نوع الاختلالات المادية التي سببت تشكل المجرات. لكن القياسات التي أجريت كانت تبدو، لعدة سنوات، مشيرة إلى أن الخلفية المكروية الكونية ملساء. فإذا كان ذلك صحيحًا فعلا، لابد من الإجابة عن السؤال التالي: أين كانت "البذور" التي نشأت منها المجرات؟

وأخيرًا، اكتشف الساتل **كوب** COBE، الذي تحرى الخلفية الإشعاعية الكونية، هذه البذور الأولية بدقة من رتبة واحد في 100 000. وكانت النظريات السائدة في علم الكون، كنموذج الانفجار الأعظم الانتفاخي (الذي يقول بأن الكون قد مرَّ، في طفولته المبكرة، بفترة من التضخم المتفاقم قبل أن يستقر على سرعة التوسع الحالية)، تتنبأ بأن قياسات الخلفية المكروية لابد أن تكشف عن تفاوتات ضئيلة في سخونة الكون من منطقة لأخرى من السماء، وهذه التفاوتات – مساحات صغيرة من السماء ذات سخونات تقل أو تزيد على سخونات المناطق المحيطة بها – تُعبِّر عن مناطق من الكون الوليد ذات كثافة مادية أكبر أو أصغر بقليل. وسيكون لهذا التوزع المادي شأن في تطور الكون. ويُعتقد أن هذه المساحات المرصودة ذات الكثافة الأعلى قد ولّدت،

(٢٠) Carnegie Institution, USA

على الرغم من صغرها، مركزًا ثقاليًا كافيًا لجذب المادة المحيطة به. ومن المفروض أن يؤدي ذلك، بعد بلايين السنين، إلى التجمعات المجرية التي نراها اليوم.

إن التفاوتات التي اكتشفها العلميون القائمون على الساتل كوب ( *انظر الشكل H، القسم الملون، ص VI*) تبلغ تغيرات حرارية طفيفة تحوم حول 2.73 كلفن بفروق لا تزيد على 30 مكروكلفن. وقد أشار <G. سموت> [٢١] رئيس الفريق الذي درس نتائج الراديو المكروي التفاضلي – وهو أحد الأجهزة الرئيسية الثلاثة على متن الساتل كوب – أن هذه النتائج تستند إلى تحليل حاسوبي دقيق لبيانات استغرق جمعها عامًا كاملا. وقد كان على هذا التحليل أن يطرح بعناية الإصدارات المكروية المنافسة الآتية من الأجرام المجاورة، كالأرض ومجرة درب التبانة، وأن يأخذ في الحسبان مفعول حركة الأرض (وحركة مجرتنا) في الفضاء، وهي حركة تسبب انزياحًا طيفيًا ناجمًا عن قطبي الأرض المغنطيسيين وذا أثر على القياسات المحرارية عبر السماء.

هذا ويؤكد <E. رايت> [٢٢] أن النتائج الجديدة تدعم بعض النماذج الكونية كتلك التي تقول بوجود مادة مظلمة، وتنفي نماذج أخرى، كتلك التي تقول بوجود "نسيج" زمكاني [*] ذي تجعدات. فمن دون المادة المظلمة، مثلا، كان يجب على التفاوتات الحرارية (أو ما يكافئها من الكثافة المادية) أن تكون أكبر مما هي الآن.

ربما كانت الأمواج **التثاقلية** ravitational، إبان التوسع الانتفاخي في بداية العالم، عاملا مهمًا أيضا في تنظيم المادة، وقد تفسر جزئيًا (وربما إلى حد كبير) **اللاتناحي** anisotropyالمقيس في الخلفية المكروية الكونية. ويرى <L. كراوس>و <M. وايت> [٢٣] أن الأمواج التثاقلية الطويلة (التي يبلغ طولها الموجي قطر الكون المرئي نفسه) يمكن أن تؤدي إلى لاتناح رباعي الأقطاب في هذه الخلفية بقيمة تضاهي تلك التي قاسها الساتل كوب فعلا. والواقع أن تنبؤ نموذج المادة المظلمة الباردة بخصوص حجم رباعي الأقطاب، وبالاستناد إلى التفاوتات الكثافية وحدها، يعطي قيمة صغيرة جدا، مما دعا كراوس إلى الإلحاح على معقولية إن بعض اللاتناحي الرباعي الأقطاب لا بد أن يعزى إلى الخلفية الموجية التثاقلية. وفي المستقبل قد تستطيع القياسات الأكثر حساسية للخلفية الإشعاعية المكروية، وبالتضافر مع تجارب الفيزياء الجسيمية الباحثة عن جسيمات التناظر الفائق، أن تفضل التأثير النسبي للأمواج التثاقلية في الخلفية المكروية عن تأثير التفاوتات الكثافية المادية.

**فيليب** F. **شو**: كاتب العلم الرئيسي في المعهد الأمريكي للفيزياء. وهو أيضًا محرر (أنباء الفيزياء)، وهو كتاب سنوي، و(نشرة أنباء الفيزياء)، وهي خلاصة لمواد إخبارية عن الفيزياء توزع بالبريد الإلكتروني.

درس الدكتور**شو** الفيزياء في جامعة إيلينوي. ومنح دكتوراه من جامعة ولاية ميتشيگان لبحثه في فيزياء جسيمات الطاقة العالية في (مخبر مسرع فيرمي القومي). كما عمل أيضا في مخبر بروكهيفن القومي.

(٢١) Lawrence Berkeley Laboratory, California, USA (٢٢) University of California at Los Angeles, USA
(٢٣) Yale University, USA
(*) نحت من زمان – مكان space-time

# الكيميـــاء

مـــايكل فـــريمانـتل

كان تقدم المعرفة في ميدان الكيمياء خلال السنوات العشرين الأخيرة من بين التقدمات الأسرع في العلوم الأساسية، ومع ذلك فقد يثبت أنه مجرد بشير بمعدل تطوره في أوائل القرن الحادي والعشرين. والعامل الأساسي في هذا المجهود البحثي المتبرعم هو التطبيق الواسع الانتشار للاكتشافات في الكيمياء، كمواد ومسارات تستخدم في مجالات لا عدّ لها من النشاط البشري - من أسلوب "**الطهو الفاخر**" *haute cuisine* إلى الصناعات التقانية الراقية. وبالمعدل الحالي، فإن من المتوقع كل عام نشر نحو خمسمئة ألف بحث في الكيمياء، ومنح نحو مئة ألف براءة اختراع في ميدان الكيمياء.

ولكي نقدم مسحا محكما يمثل كل التطورات في الكيمياء خلال السنوات الثلاث الماضية أو نحوها، فقد تعين اختيار الموضوعات من كمية كبيرة من المعلومات بموجب عدة معايير. وأول هذه المعايير هو راهنية الموضوع التي تعقب نشاطا بحثيا مركزا في مجال ما. وثمة بعض الإجماع بين الجماعة الدولية للكيميائيين على أن ما يسمى "البقع الساخنة" في الكيمياء يمكن تبيّنها عن طريق العدد المتزايد من المقالات المنشورة المتعلقة بهذه الموضوعات. هذه البقع الساخنة موجودة في كل فرع رئيسي من فروع الكيمياء: الفيزيائي، اللاعضوي، العضوي، التحليلي والمتعلق بالجزيئات الكبيرة. والتالي، إن الموضوعات المبرزة في هذا المسح هي تلك التي ما فتئت تكوّن موضوعا لنشاط بحثي مركز. وقد تلقى بعضها (مثل الكلوروفلوروكربونات CFCs و الموصلات الفائقة والفلّورينات) تغطية وافية في الصحافة الشعبية حول العالم.

إن طبيعة ترابط المباحث لبعض هذه الموضوعات أحد أسباب الاختيار. فالكيمياء على النطاق الذري والموصلات الفائقة الجديدة، مثلا، تهم كلا من الكيميائي والفيزيائي. وإن الكلوروفلوروكربونات CFCs وبدائلها محط اهتمام كبير، ليس فقط في الكيمياء البحتة والتطبيقية وإنما أيضا في مختلف فروع علم البيئة. وثمة مثال آخر عن ترابط الموضوعات يأتي ذكره في هذا المسح، هو الإلكترونيات الجزيئية. وهذا الميدان العلمي يعانق الكيمياء والفيزياء والبيولوجيا والإلكترونيات وتقانة المعلومات.

وثالث اعتبار في اختيار الموضوعات هو فائدتها الممكنة للإنسانية. والأمثلة البارزة على هذا هي التطورات الأخيرة في التوليف اللاتناظري، وتحديدا تطوير العقاقير غير المتناظرة (**كيرال** chiral). ولو كان لعلماء أوائل الستينات معرفة بالتوليف اللاتناظري والتقنيات المقترنة به، مما هو متاح الآن، لما وقعت على الإطلاق كوارث من نوع مأساة عقار **الثاليدومايد** thalidomide المشوّه للأجنة. أما الفلّورينات ذات القدرات الضخمة في عدد من الميادين- بما فيها الطب - فمثال آخر عن تطور في الكيمياء سيفيد البشرية.

## الكيمياء على النطاق الذري

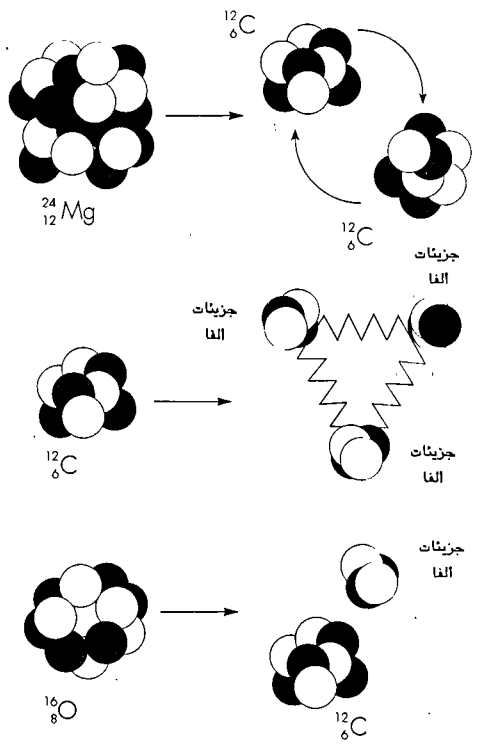
إن إمكانية استغلال الذرات الإفرادية وبناء تراكيب كيميائية ذرة فذرة، إلى جانب إثارتها لاهتمام الكيميائيين، قد استقطبت انتباه علماء المادة وعلماء المعادن والمهندسين الإلكترونيين، الذين يستشفون العديد من التطبيقات الممكنة التي يرجح أن تطور الكثير من التقانات العالية. فمثلا، في ميدان الدراسة المعروفة بالتقانة النانونية (*)، يمكن لاستخدام الجسيمات المفردة كأدوات إلكترونية أن يفضي إلى تطوير جيل جديد من **المكروشيبات** microchip. بل إن بعض الباحثين قدم اقتراحا مفاده أن المستقبل سيجعل من الممكن حقا تخزين جميع محتويات مكتبة الكونغرس الأمريكية في قرص سليكوني واحد قطره 30 سنتيمتر. وثمة احتمال تطبيقي آخر هو إنتاج حاسوب الجيب بذاكرة تعادل ذاكرة واحد من الحواسيب الفائقة هذه الأيام. ويقدم علماء التقانة النانونية ترسيمات لتطوير أجهزة إحساس على نطاق ذري يمكن زرعها داخل الجسم البشري بغية رصد تركيزات مكونات الدم. وإن تطوير أدوات تتحرك مع جريان الدم وتزيح انسدادات الشرايين أو تصلح تلف الدماغ أمر متنبأ به أيضا. ولأن تصنيع هذه الأدوات يفترض معرفة مسبقة بترتيب الجسيمات واستقرارها في نويات الذرات، فقد توجه مجهود بحثي مكثف في السنوات الأخيرة نحو فهم النوى الذرية.

تضم نواة الذرة جسيمات هي بروتونات ونيوترونات، وتعرف جماعيا باسم "نيوكليونات": جزيئات النواة. وفي جامعات بيرمنغهام وأوكسفورد ويورك بالمملكة المتحدة،

(*) تقانة نانونية nanotechnology.

درس العلماء ترتيب النيوكليونات داخل النواة باستخدام "تسهيل التركيب النووي NSF" الذي يولد حزما من النوى تتسارع نحو دريئة. وتدفع الصدمات العالية الطاقة الناتجة من ذلك بالنواة إلى أن تتشظى. وإن دراسة ما ينجم عن هذه الصدمات العالية الطاقة في تحللات، باستخدام مكاشيف سليكون صلبة، كشفت عن أن النيوكليونات مرتبة على شكل عناقيد. فمثلا، ذرة الأكسجين التي فيها 16 نيوكليون (ومن هنا الرمز( $^{16}O$) شطرت إلى جسيم ألفا يتكون من أربعة نيوكليونات ونواة كربون من 12 نيوكليون ($^{12}C$) . وقد دخلت ذرة مغنيسيوم ($^{24}Mg$) في انشطار تناظري لتشكل نواتي $^{12}C$ (الشكل1). وإن عناقيد النيوكليونات هذه، التي سميت "جزيئات نووية" لها عمر يقارب $10^{-20}$ ثانية. ·

**الشكل 1**
**- عناقيد النيوكليونات -**




يمكن أن يوجد المغنيسيوم (في الأعلى) كجزيء نووي له نواتا كربون تدوران إحداهما حول الأخرى. يمكن للكربون ( في الوسط) والأكسجين (في الأسفل) أن يكون لهما أيضا تركيب معقد..

المصدر: *New Scientist*, 6 April 1991: 21

في العقود الأخيرة، انشغلت فئات بحثية (في مخبر لورنس بيركلي بكاليفورنيا في الولايات المتحدة، ومخبر بحوث الأيون الثقيل في دارمشتات بألمانيا، ومخبر التفاعلات النووية في دوبنا قرب موسكو بروسيا) بالعمل على توليفات لعناصر يورانيوم محوّل والتي يفوق عددها الذري عدد اليورانيوم الذري، ورقمها الذري هو 93 أو أكثر. واستخدمت هذه الفئات سايكلوترونات ومسرعات مستقيمة لرمي عنصر ما إما بالنيوترونات أو بنوى عناصر أخرى. إن عناصر جديدة تتشكل عندما تتوغل النيوترونات أو النوى الضاربة داخل نواة الدريئة. والعناصر ذات الأعداد الذرية 93 (نبتونيوم) إلى 100 (فيرميوم) تم توليفها كلها في الأربعينات وأوائل الخمسينات. ومنذ فترة قريبة، صنعت عناصر 101 (مندليفيوم) إلى 109 (تسميته المؤقتة: أنيلينيوم)، بمعدل ذرة كل مرة. وقد تم توليف العناصر 108، مثلا، برمي الحديد -58 (رقمه الذري 26) على الرصاص-208 (رقمه الذري 82) لتشكيل العنصر 108 (المعروف باسم أنيلوكتيوم، ورمزه Uno):

$$^{208}_{82}Pb + ^{58}_{26}Fe \rightarrow ^{265}_{108}Uno + ^{1}_{0}neutron$$

إن عناصر اليورانيوم المحوّل هذه غير ثابتة وتصير أصعب في التوليف، إذ تزداد أرقامها الذرية. ولم يصنع حتى الآن إلا ثلاث ذرات من العنصر 109(أنيلينيوم)، وكل منها عاشت فقط 3.4 من ألف جزء من الثانية. بالتالي، فإن تحديد عنصر جديد يعتبر إحدى المشكلات الرئيسية في هذا النوع من البحث. وقد تمكن <گلين سيبورگ>، الذي فاز بجائزة نوبل للكيمياء عام 1951، وفريقه في مخبر لورنس بيركلي من توليف عشرة عناصر يورانيوم محوّلة، ويعتبر تحسين حساسية المكاشيف إحدى الدفعات القوية للعمل الحالي.

وقد حدثت تقدمات سريعة أيضا عبر السنوات الأخيرة في تطوير واستخدام أدوات مثل المجهر النفقي الماسح (STM)، الذي يمكّن العلماء من فحص طربوغرافيا السطح في مادة ما بمقياس ذري. يستخدم المجهر النفقي الماسح مجسًا إلكترونيًا مكونًا من معدن الذهب أو التنغستين. إن رأس المجس سميك بمقدار ذرات قليلة فقط،

ويوضع على بعد ذرات قليلة من السطح. وهذا الدنو اللصيق للمجس يهيىء لانبعاث إلكترون ثانوي من سطح العيّنة، ويمكن كشفه وعرضه كصورة على شاشة شعاعية ذات قطب سالب (كاثود). وحين يتحرك المجس على العينة، تدخل التقاطيع السطحية لهذه الأخيرة في مجال الرؤية على الشاشة.

وبشكل مبدئي، تم استخدام المجهر النفقي الماسح في دور سلبي لإنتاج صور للذرات على سطح عينة ما. ومنذ وقت أحدث، استخدم أيضا في دور إيجابي لتطوير أدوات إلكترونية ذرية القياس. ويمكن أن تخلق تراكيب جديدة على سطح عينة ما عبر معالجة دقيقة للذرات والجزيئات برأس المجهر. وأول مثال عن دور إيجابي لهذا المجهر النفقي الماسح أبلغ عنه عام 1987 عندما نقل <بيكر> وزملاؤه[1] ذرة جرمانيوم مفردة من رأس مجس المجهر النفقي الماسح إلى سطح جرمانيوم برفع الجهد الأقصى إلى أربعة فولط بطريقة فجائية.

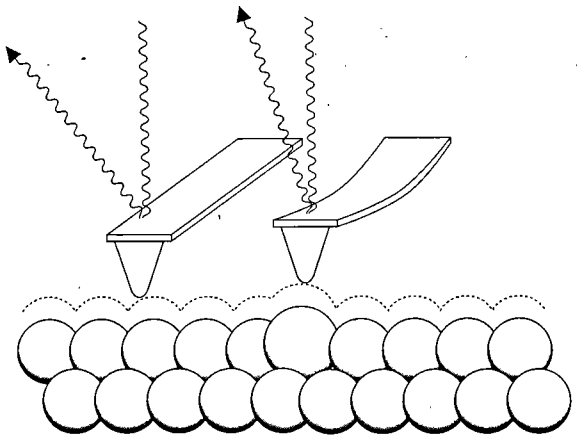
ومنذ وقت أحدث أيضا، أفاد <ويتمان> ومساعدوه[2] عن معالجة الذرات والجزيئات الممتصة من سطوح عند درجة حرارة الغرفة العادية باستخدام حقل كهربائي أنتجه رأس المجهر النفقي الماسح. وإن المثال على استغلال كهذا هو إشارة انتشار توجّهي لذرات السيزيوم التي تمتصها سطوح شبه موصلات مثل زرنيخيد الغاليوم (Ga As).

كما استخدم المجهر النفقي الماسح العالمان < إن-وهان ليو> و<فيدون آفوريس>[3] في المعالجة المضبوطة لذرات السليكون الحزومة بقوة أو لعناقيد الذرات عند مقياس جزء من بليون من المتر ($10^{-9}$m) لتصنيع أنماط جديدة من الأدوات الإلكترونية.

وثمة استخدام آخر يدعى "STM"، وهو تركيب مفتاح كهربائي ذري. وفي أداة كهذه يثبت رأس من التنغستين في المجهر على بعد 0.5 من جزء من المليون من المتر فوق سطح من معدن النيكل. وتحتوي فجوة النيكل على ذرة مفردة من غاز الزينون الخامل. وبضبط نبض الجهد الكهربائي

الشكل 2

مجهر القوة الذرية



مجهر القوة الذرية يحس ملامح السطح عبر انحراف رأس المجس على حزمة كابولية. هنا يستخدم الضوء المنعكس من الكابول لقياس هذا الانحراف.

المصدر: *Chemistry & Industry*, 21 September 1992:687.

(القلطية)، يمكن نقل ذرة الزينون من سطح النيكل إلى رأس التنغستين وإعادتها. ويمكن تعرّف حالة المفتاح (وضعية ذرة الزينون) بقياس الموصلية عبر الفجوة.

ثمة تقنية متعلقة بما تقدم، تستخدم مجهرالقوة الذرية (AFM) لإنتاج صور لذرات على سطح صلب بجعل رأس معدني يحتك ويحركه جيئة وذهابا (الشكل 2). وقد استخدم هذه التقنية <روبرت باريت>[4] لخزن كميات من الشحنة في عازل رقيق ثلاثي الطبقة من نيتريد أكسيد السليكون يمكنها السماح بتخزين عشرة بلايين بتة من المعلومات - ما يعادل 31 000 صفحة ونيِّفا - على سنتيمتر مربع واحد من واسطة تسجيل.

## كيمياء فيمْتُو ثانية FEMTOSECOND

في السنوات الأخيرة أثير كثير من الاهتمام بأبحاث ديناميات التفاعلات الكيميائية العنصرية والمسارات الكيميائية التصويرية الأولية باستخدام تقنيات متنوعة من

(١) AT&T Bell Laboratories, New Jersey, USA (٢) National Institute of Standards and Technology, USA
(٣) IBM, Yorktown Heights, NY, USA (٤) Stanford University, California, USA

الليزر المتطور والحزم الجزيئية. وعبر العقود الأربعة الأخيرة، صار ممكنا كشف مركبات وسيطة كيميائية أقصر فأقصر عمرا. في البداية قيست هذه التفاعلات بمقياس زمني هو جزء من ألف من الثانية ($10^{-3}$s)، وبالتدريج تم التوصل إلى القدرة على القيام بقياسات تعتمد جزءا من بليون من الثانية ($10^{-9}$s)، و بسبب التطورات في الليزرات والآلات السينكروترونية أمكن توصيف المركبات الوسيطة التي تبلغ أعمارها جزءا من تريليون من الثانية ($10^{-12}$s).

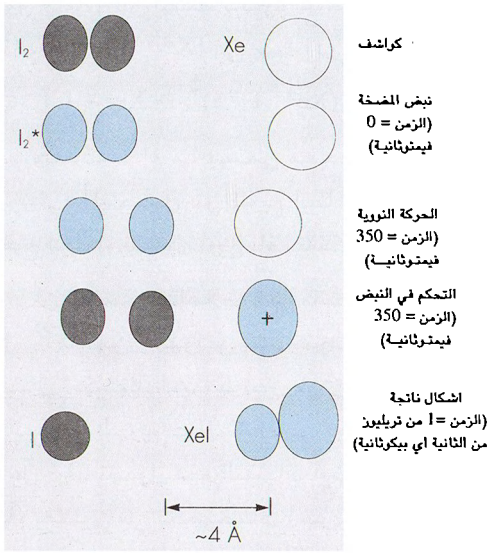
في يونيو/حزيران 1991 نشر <أحمد زويل> وزملاؤه[٥] تجارب مكنتهم من أخذ "لقطات" على مقياس زمني هو فيمتوثانية أي جزء من كوادريليون من الثانية[*] للحالات الانتقالية التي تحدث أثناء التفاعلات الكيميائية. وفي هذه التقنية، يبتدر تفاعل كيميائي بتعريض جزيئات إفرادية من مصدر حزمة جزيئات إلى نبض تفعيلي صادر عن ليزر. إن المركبات الوسيطة المفعّلة في هذا التفاعل يمكن تقصيها على شاشة طيفية باستخدام مصدر نبض إلكتروني كمجس، ويكشف نسق انحراف الإلكترون الناجم باستخدام **صفيفات** array من الصمامات الثنائية الخطية. وقد استخدمت هذه التقنية لدراسة التفاعل بين يوديد الهيدروجين(HI) وثنائي أكسيد الكربون ($CO_2$). في البداية، كسرت الرابطة بين اليود والهيدروجين باستخدام نبض الضخ. وقد وجد أن الهيدروجين المتحرر بهذه العملية يهاجم ثنائي أكسيد الكربون، ويلتصق به لبضع مئات من الفيمتوثانية. وبعدئذ يزيح الهيدروجين واحدة من ذرات الأكسجين من $CO_2$، وبعد نحو خمسة بيكو ثانية (بيكو ثانية = جزء من تريليون من الثانية) بعد بدء التفاعل ظهر نوع حر من الهيدروكسيد (OH).

يمكن أن نأخذ أيضا في الاعتبار، من دراسة ديناميات التفاعلات العنصرية، حركة الذرات والجزيئات في عموم التفاعلات الكيميائية العنصرية. والتفاعل التالي مثال على ذلك:

$$A + BC \rightarrow [A^{\cdots}B^{\cdots}C]^{\ddagger} \rightarrow AB + {}^{\cdot}C$$

والنواتج ABو C تتشكل من عناصر التفاعل A و BC بعد عبورها الحالة الانتقالية $[A..\ B..\ C]^{\ddagger}$ في زمن

**الشكل 3**
**استخدام نبضات الفيمتوثانية**




إن ضخة ليزرمدتها فيمتُوثانية واحدة يمكنها أن تُرقّي جزيء يود $I_2$ إلى حالة مثارة ($I_2$*) برابطة بين ذرتي الأيودين طولها 2.5 أنغستروم (الأنغستروم = $10^{-10}$متر). وبعد 350 فيمتوثانية يزداد طول الرابطة إلى 4.5 أنغستروم. وبعدها تُسلط نبضة تحكم فينشأ عن ذلك الناتج XeI.

المصدر: *Chemical & Engineering News*, 6 January1992:7 adapted from *Nature*. Reprinted with permission from *Nature*,355 (2 January 1992) © Macmillan Magazines Ltd.

متناه في الصغر في بعض التفاعلات. إن ديناميات مثل هذه التفاعلات يمكن أن تدرس حاليا بسبب توافر طرائق مثل مطيافية الحالات الانتقالية و**الكيمياء الضوئية لسطوح متراصفة** surface aligned photochemistry(SAP) . وينمو ميدان الكيمياء الضوئية لسطوح متراصفة بسرعة، وفيه تُحمّل البلورات الإفرادية في تفريغ بالغ العلو، وتتغلف بأقل من رقاقة واحدة من المادة المتفاعلة. وبعدئذ تُشعّ المادة التفاعلة بليزر كي ينبعث منها تفاعل كيميائي ضوئي. ويعتقد أن تفاعلات الكيمياء الضوئية (SAP) مشابهة لكيمياء ما قبل الحياة (التفاعلات الكيميائية التي أدت إلى نشوء الحياة على الأرض)، ونضوب الأوزون في الجو الأعلى و**تنميش شبه موصلات** etching of semi-conductors.

يمكن استخدام نبضات فيمتوثانية في التأثير في مجرى التفاعل أثناء تشكل الحالة الانتقالية وانفراطها.

(٥) California Institute of Technology, Pasadena, USA

(*) فيمتوثانية femtosecond = $10^{-15}$s ثانية، والكوادريليون يساوي ألف تريليون.

وباستخدام نبضتي ليزر متعاقبتين مترابطتين، يمكن لتفاعل جزيئات اليود ($I_2$) مع ذرات زينون (Xe)، الذي ينتج يوديد الزينون (XeI)، أن يُضبط بإثارة عناصر التفاعل عبر الحالة الانتقالية $[Xe^{+\cdots} I^{-\cdots} I]^{\ddagger}$ في مسار ذي خطوتين (الشكل 3).

$$Xe + I\text{-}I \rightarrow (Xe^{+\cdots} I^{-\cdots} I)^{\ddagger} \rightarrow XeI + I$$

وباستخدام ما يسمى مفعول المفتاح (التبديل) الكهربائي، المتحصل عن تنويع إبطاء الوقت بين النبضات، يستطيع العلماء تشغيل أو إيقاف تشكل الناتج XeI.

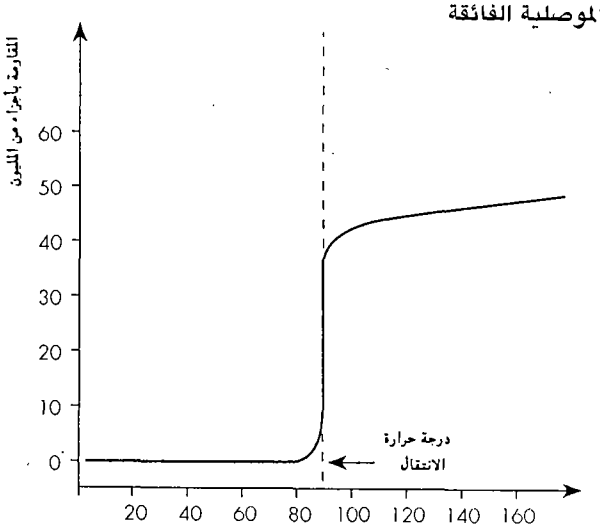
إن دراسة التفاعلات الكيميائية التي تستخدم تجارب تحليل $10^{-15}$ من الثواني قد تنجلي عن تطور ثوري في احتمال تمكينها الكيميائيين من رصد تحركات الذرات الإفرادية في الجزيئات المركبة وهي تعيد ترتيب نفسها أثناء التفاعل. وقد تتحول هذه التقنيات أيضا فتصير أدوات قوية لعلماء يعملون في تخصصات أخرى، فعلماء البيولوجيا سيتمكنون من استخدامها لدراسة أنماط الفعل لدى الإنزيمات والهرمونات، وعلماء السطوح سيستقصون بها حركة الذرات أثناء الحفز المتغاير الخواص- وهذا مسار واسع الاستخدام في صنع الكيماويات الشائعة الاستخدام مثل حمض الكبريت والنشادر.

## مواد جديدة فائقة الموصلية (الناقلية)

أثار اكتشاف الوصلات (النواقل) الفائقة عند درجات الحرارة العالية عام 1986 حماس الجماعة العلمية - بين الكيميائيين والفيزيائيين على السواء - وفي الصحافة العالمية، وتراوحت الاقتراحات بشأن استخداماتها المستقبلية الممكنة؛ من إنتاج شيبات حاسوبية فائقة الوصلية إلى قطارات بلا عجلات.

والوصلات الفائقة مواد توصل الكهرباء من دون مقاومة كهربائية. بالتالي يمكن للتيارات الكهربائية أن تسري خلالها من دون فقد للطاقة. وهذا يعني أن التيار المعروف بالتيار الفائق يمكن أن يسري بلا انقطاع حول حلقة من مادة فائقة الوصلية ما دامت هذه المادة تحت درجة حرارة الوصلية الفائقة - درجة الحرارة التي تحتها تكون المادة فائقة التوصيل (الشكل 4).

الشكل 4
الموصلية الفائقة




عندما يُبرّد موصل فائق، تهبط مقاومته الكهربائية إلى الصفر عند درجة حرارة الانتقال.

المصدر: *Impact of science on society* (1989), 154:134

قبل عام 1986 كانت أعلى درجة حرارة انتقال هي 23.3 K، وتم التوصل إليها بإشابة سبيكة معدنية من النيوبيوم والجرمانيوم. وبعدئذ، في يناير/كانون الثاني 1986، وجد <جورج بدنورز> و <الكسندر مويلر>[٦] أن مادة الخزف المحتوية على عناصر اللانثانوم والباريوم والنحاس والأكسجين توصل التيارات بلا مقاومة عند الدرجة 35 K ، وهذا اختراق مكّن صاحبيه من الفوز بجائزة نوبل للفيزياء عام 1987. وفي العام التالي، وجدت مادة خزفية أخرى تحتوي على الإتريوم والباريوم والنحاس ($YBa_2Cu_3O_7$) ، معروفة باسم الموصل الفائق 1 - 2 - 3 ، وقد تبين أنها فائقة الوصلية عند الدرجة 94 K ، وهي درجة حرارة أعلى من نقطة غليان النتروجين السائل (77 K ). وقبل هذا الاكتشاف كان ضروريا إيجاد الهيليوم السائل، وهو أغلى بكثير من النتروجين السائل، لتبريد الإشابات إلى ما تحت درجات حرارة الانتقال.

تعرف الموصلات الفائقة، المحتوية على النحاس والأكسجين باسم الموصلات الكوبراتية (النحاسية)، ولها

(٦) IBM Research Laboratory, Ruschlikon, Switzerland

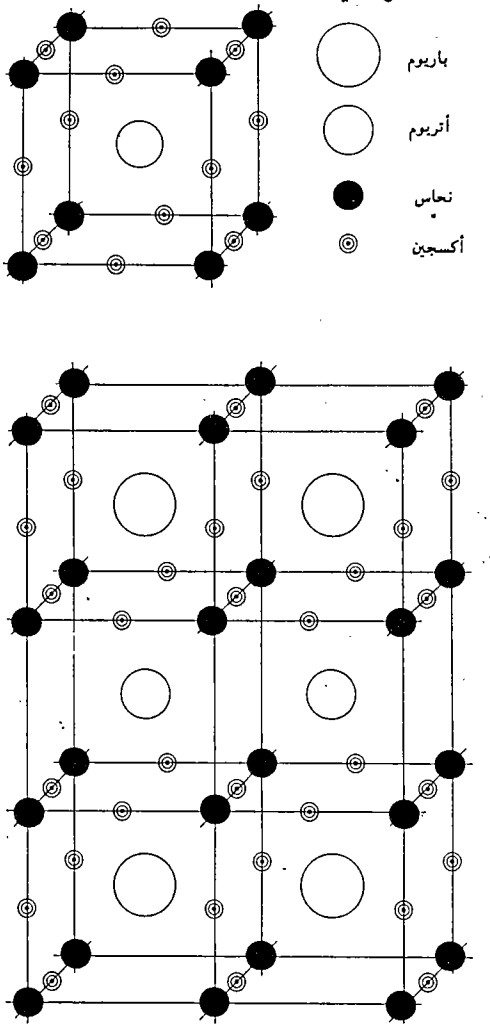
صيغ عامة مثل $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ و $Nd_{2-x}Ce_xCuO_4$ و $La_{2-x}M_xCuO_4$ حيث M معدن مثل السترونتيوم أو الباريوم. ولهذه المواد تراكيب (الشكل 5) تحتوي على مستويات $Cu\ O_2$ وهي مستويات يحدث بطولها التوصيل الفائق، وبين هذه المستويات طبقات رقيقة من المعدن أو الأكسجين المعدني، وهذه تدعم $Cu\ O_2$ وتعمل كمخزونات للشحنة.

منذ عام 1987 بدأت الضجة التي سببتها تلك الاكتشافات بالانحسار إلى حد ما، على الرغم من استمرار فيض البحوث ومقالات المراجعة وتقارير الأخبار حول الموضوع بلا انحسار. وكانت إحدى المشكلات الرئيسية أن الموصلات الخزفية الفائقة المدروسة هشة وغير مرنة، وبالتالي غير ملائمة للاستخدام كأسلاك يمكن أن تفتل لتصير لفائف. كذلك فإن كثافة تيارها الحرجة – كمية التيار الكهربائي التي يمكن أن تحملها – محدودة. ومنذ عهد أقرب، أعلن بعض المخابر عن تركيب ناجح لسلك مرن فائق التوصيل وعن أول محرك يستخدم لفائف فائقة التوصيل لدرجات الحرارة العالية تنتج مردود قدرة قابلا للاستخدام. وتصنع اللفائف من موصل فائق يكون العنصر الأساسي فيه هو معدن البيزموث، وتعمل عند درجة حرارة النتروجين السائل.

تستخدم أدوات التداخل الكمي الفائقة التوصيل والعالية الحرارة (SQUIDs) لكشف التغييرات البسيطة في الحقول المغنطيسية وفي التيارات الكهربائية، وهي الآن متوافرة تجاريا، مثلما هو صف من مرشحات **أغشية (رقاقات)** films فائقة التوصيل وعالية الحرارة، وأدوات غشائية ثخينة تتضمن الدروع واللفائف المنشطة.

استمر البحث في الركب $YBa_2Cu_3O_7$ الحاضر أبدا، بغزارة عبر السنوات الحالية، وبحسب أحد التقارير فقد أمكن أن تزاد كثافة التيار الحرجة لهذه المادة. وقد قام لفيف آخر من الباحثين في المخبر القومي للوس ألاموس في الولايات المتحدة، بإيداع المركب $YBa_2Cu_3O_7$ كأغشية رقيقة بتقنية معروفة باسم "رشرشة"، و تتضمن قذف المادة بجزيئات غازية مؤينة داخل حجرة مفرّغة. وقد فحص الغشاء باستخدام المجهر النفقي الماسح ومجهر القوة الذرية.

**شكل 5**
**مواد فائقة الموصلية**




إن لمادة البيروفسكايت تركيبا مكعبا(في الأعلى) ذا ذرة معدنية كبيرة، مثل ذرة الأتريوم في مركز المكعب، وأيضًا ذرات معدنية صغيرة، مثل ذرات النحاس، على زوايا المكعب. وتحتوي حواف المكعب على ذرات أكسجين. إن للموصلات الفائقة 1-2-3 تراكيب بيروفسكايتية (في الأسفل). على أي حال، فذرات الأكسجين غائبة عن الحواف الرأسية (الشاقولية) حول ذرات الأتريوم، وأيضًا عن بعض الحواف الأفقية حول ذرات الباريوم.

المصدر: *Impact of science on society* (1989), 154: 140.

وقد استمر البحث عن موصل فائق عنصره الأساسي أكسيد النحاس، وعن أنواع أخرى من الموصلات. وكان أحد التطورات هو اكتشاف موصلات فائقة تحت درجة 40 K في مركب كلي الطبقات من السترونتيوم والنيوديميوم والنحاس

والأكسجين. واكتشفت أيضا عائلة جديدة من الموصلات الفائقة المتضمنة عنصر الغاليوم. ولهذه صيغة عامة هي $LnSr_2Cu_2GaO_7$، حيث Ln تمثل الأتريوم أو أيا من عناصر الانثانيدات الأربعة عشر. ولوحظت الموصلية الفائقة عند درجة 30 K و 73 K في هذه المواد. وقد درس <بيتر إدواردز> و <رو شي ليو>[٧]، بالتعاون مع مركز البحوث المتعددة التخصصات لأجل الموصلية الفائقة، الموصلات الفائقة القائمة على عنصر الثاليوم، وذات الصيغة التقليدية $Tl_2Ca_2Ba_2Cu_3O_{10}$. وإن لهذا درجات حرارة انتقالية تصل إلى 128 K، وهي أعلى ما وصلنا إلى اكتشافه حتى الآن (أواخر 1992). ويتنبأ بعض العلماء الآن بأن مزيدا من التجارب على هذه المواد سيرفع درجات الحرارة الانتقالية إلى الدرجة 180 K، وربما إلى أعلى من ذلك.

في عام 1983 تبين أن بعض الأملاح العضوية المحتوية على الكبريت تتصف بالموصلية الفائقة عند درجة حرارة 10.4 K. ولهذه الموصلات الفائقة العضوية تراكيب «سندويشية» تتألف من طبقات موصلة من الجزيئات العضوية المسطحة التي تفصلها طبقات عازلة من الأيونات غير العضوية. وإن المركب ذا الصيغة $K\text{-}(ET)_2Cu[N(CN)_2]Cl$، حيث ET تمثل المكون العضوي bis (ethylene-dithiolo)-tetrathiafulvalene، له درجة حرارة نقل هي 12.8 K، وهي الأعلى حاليا (1992) مما سجل لأملاح من هذا النوع.

في عام 1991 بين <آرثر F. هيبرد> و <روبرت C. هادون> و<وزملاؤهما>[٨] أن الفلّرين المغمس بالبوتاسيوم $K_3C_{60}$ يقوم بالتوصيل الفائق عند الدرجة 18 K وبعد شهور قليلة رفعت درجة حرارة التوصيل القياسية للفلّرينات إلى 33 K من قبل لفيف من العلماء قادهم <كوتسومي تانيگاكي>[٩] واستخدموا المركّب $Cs_2RbC_{60}$. ومنذ ذلك الحين يزداد الرقم القياسي بمقدار 10 K أخرى (انظر ما يلي).

إن توليف الموصلات الفائقة عند درجات حرارة انتقالية مطردة الارتفاع هو انعكاس للجهد الذي يبذله العلماء في هذا الميدان لتطوير مواد يمكن أن تقوم بتوصيل فائق عند درجة حرارة الغرفة. وتعِد التطبيقات التقنية لهذه الموصلات بأن تكون مجزية اقتصاديا بصورة هائلة. يتسبب، حاليا، توصيل الكهرباء عبر خطوط التزويد في خسائر كهربائية مهمة سببها مقاومة الكابلات التقليدية. أما كابلات الموصلات الفائقة ذات الحرارة العالية فسوف تلغي خسارة الطاقة هذه بالكامل تقريبا، لأنها لا تبدي أي مقاومة للتيار الكهربائي. وهذه المواد موصلات جيدة للحرارة أيضا، وبالتالي فاستخدامها ممكن في صنع الحواسيب المصغرة لأنها ستمنع تراكم الحرارة الزائدة، وتلك مشكلة تحول في الوقت الحاضر دون تصغير شيبات الحاسوب.

إن مواد التوصيل الفائق المتوافرة هي قيد الاستخدام الآن كلفائف للكهرطيسيات القوية وفي الحركات الطولانية التي تعزز خفة الاندفاع. وفي الحقيقة، استخدمت هذه المواد في اليابان لإنشاء قطار نمطي يطفو على حقل مغنطيسي.

## الفلّرينات FULLERENES

لم يحظ أي موضوع في الكيمياء بالاهتمام الذي حظيت به الفلّرينات خلال السنوات الثلاث الأخيرة. فخلال عام 1992 نشر العلماء نحو سبعمائة ورقة بحث عنها - بمعدل ورقة بحث كل ثلاث عشرة ساعة.

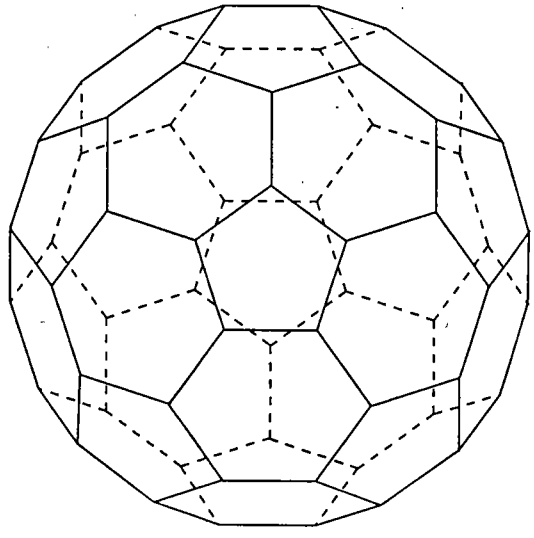
إن لجزيء الفلّرين عددا شفعيا من ذرات الكربون المرتبة في تشكيلة تصنع أقفاصا مغلقة جوفاء. وقد لوحظت هذه الجزيئات أول مرة عام 1984 عندما اكتشف أن الغرافيت (الكربون الأسود الطري) المحول إلى بخار يحتوي على عناقيد كبيرة مصنوعة من أعداد شفعية من ذرات الكربون، تتراوح ما بين الأربعين والمئة. إن أشهرها - المسمى بكمينسترفلرين- صيغته $C_{60}$، وتعرّفه كعنقود ثابت بصورة خاصة في بخار الكربون الذي أنتج بتشعيع الغرافيت بالليزر تم من قبل <رتشارد E. سميلي>[١٠] و <هاري F. كروتو>[١١] والعاملين معهما. وقد عثر على ذرات الجزيء الكربونية، البالغ عددها ستين، مرتبة كشبكة جيوديسية - تشبه كرة قدم. وقد أعطي $C_{60}$ اسم المهندس المعماري والمخترع الأمريكي <رتشارد بكمنستر فُلّر>، الذي تحبس قبته الجيوديسية (التي اكتملت لأول مرة عام 1947) حجما أكبر مع كمية معينة من المادة أكثر مما لأي بنية بديلة (الشكل 6)، وقد اعتبرت الابتكار البنيوي الأهم في القرن العشرين.

(٧) University of Birmingham, UK (٨) AT & T Bell Laboratories, New Jersey, USA (٩) NEC Corporation, Japan
(١٠) Rice University, Houston, Texas, USA (١١) University of Sussex, UK

وعلى الرغم من أن تعرّف بكمينسترفلّرين قد تم منذ عدة سنوات، فقد أعد في كميات مرئية صالحة للاستخدام عام 1990 فقط. وهذا التطور أدى إلى نشر عدد خرافي من البحوث حول $C_{60}$ والجزيئات ذات العلاقة، مثل $C_{70}$ ، الذي له شكل يشبه كرة الرُّكبي. ومن بين هذه التقارير دراسات عن التركيب البلوري بالأشعة السينية لأكسيد أوزميوم الرباعي ($OsO_4$) المشتق من $C_{60}$، واستخدام المجهر النفقي الماسح (انظر ما سبق) لدراسة النمو الطبقي المرتب لـ $C_{60}$ على زرنيخيد الغاليوم، واستخدام مجهرالقوة الذرية(AFM- انظر ما سبق) وانعطاف الأشعة السينية لدراسة طبوغرافيا أغشية $C_{60}$ على مادة متفاعلة من فلوريد الكالسيوم.

يعتبر $C_{60}$ أبسط الفلّرينات. وجميع ذراته الكربونية الستين تندرج في مواقع متكافئة، وبالتالي فإن لطَيْف رنينها المغنطيسي النووي (NMR) قمة واحدة. أما $C_{70}$ فله خمس قمم، و $C_{76}$ له 19 قمة. وقد أعلن <سوميو إيجيما>[١٢] عن إعداد نمط جديد من مركب الفلّرين عام 1991 يتكون من أنبوب صغير غرافيتي له شكل الإبرة وطول أبعاده نانومتر ($10^{-9}$ متر) ، وسرعان ما أطلقت عليه تسمية "أنبوب بكي".

**الشكل 6**
**بكمينسترفلّرين**



المصدر: *Chemistry International* (1987),9(6): 212.

وهذه "الأنيبيبات" تصاغ من صحائف ملفوفة من ذرات الكربون في صفوف سداسية، وتستخدم كقوالب لسحب أسلاك معدنية لكل منها قطر يعادل بضعة أجزاء من بليون جزء من المتر (نانومتر). وإن توليف هذه الأنيبيبات في مقادير تحسب بالغرام أنجزه <W.T. إيبيسين > و <M.P. أجايان>[١٣] باستخدام التقنية المتبعة في الإطلاق القوسي لبناء الفلّرين في جو من الهيليوم. أما <روبرت L. ويتين>وزملاؤه [١٤]و<فرانسوا ديدريش >[١٥] فقد أفادوا عن اندماج $C_{60}$ و $C_{70}$ في أبخرة حارة كثيفة لتشكيل فلّرينات ثابتة أرقى. وتم تعرُّف جزيئات كبيرة مثل $C_{120}$ و $C_{140}$ و $C_{240}$ – التي هي مضاعفات $C_{60}$و $C_{70}$ – في الطيوف الكتلية لهذه الأبخرة. وباستخدام تقنيات مطيافية تقليدية، تمكنت فئة علماء من معهد التقانة في كمبردج بماساشوستس (MIT)من تعرّف الجزيئين $C_{60}$ و $C_{70}$ في عينات من المركبات القابلة للتكثيف والهباب المتجمع في لهب ناتج من حرق فحمات هيدروجينية. هذا وقد تم تعرُّف $C_{60}$ وفلّرينات أرقى من قبل ثلاثة علماء أستراليين هم <K.S.L. يانگ>و <أنتوني فاسالو> وحمايكل A. ولسون >أثناء تشعيع فحم بني بالليزر. وإن الكميات المرئية من هذه الفلّرينات أعدت من فحم الكوك، وتم التأكد من هويتها باستخدام كتلة مقياس طيفي من أيون السايكلوترون. إضافة إلى هذا، فإن عددا من الفلّرينات الأرقى – بما فيها $C_{76}$ و$C_{84}$ و $C_{90}$ و $C_{94}$ – قد تم عزله وتوصيفه توصيفا جزئيا.

وقد أفاد كل من <بيتر R. بزيك >و <سيميون J. تسيبورسكي>[١٦] و<روبرت هيتيتش>[١٧] بأن كلا من الفلّرين $C_{60}$ و $C_{70}$ يحدث طبيعيا في عينة من الشنگيت، وهي صخرة نادرة غنية بالكربون وجدت قرب بلدة شنگا في روسيا. ولا يعرف أصل الصخرة على وجه اليقين، إنما يعتقد أن عمرها أكثر من ستمئة مليون سنة. ومهما يكن، فثمة دليل فيزيائي فلكي يفترض أن الكربون في تشكله الفلّريني قد لا يكون مقصورا على كوكب الأرض، إن كثيرا من السمات الغامضة في الطيوف تحت الحمراء المنبثقة عن المادة الموجودة بين الكواكب – يعتقد أنها تصدر عن قوام غني بالكربون – تتكافأ تكافؤا حسنا مع حسبة الطيف الاهتزازي لـ $C_{60}H_{60}$، وهي الهيدريد المشبع لـ $C_{60}$.

(١٢) NEC Corporation, Fundamental Research Labs., Japan (١٣) NEC Corporation, Fundamental Research Labs., Japan
(١٤) University of California, Los Angeles, USA (١٥) Federal Technical Institute, Zurich, Switzerland
(١٦) Arizona State University, USA (١٧) Oak Ridge National Laboratory, Tennessee, USA

إن الفلّرينات هي الشكل الثالث للكربون النقي الذي أمكن تعرّفه، والشكلان الآخران هما الغرافيت والألماس، اللذان شاع استخدامهما منذ قرون. والفلرينات غير فعالة ، لأن جميع التكافؤات على كل واحدة من ذرات C فيها مكتفية بذاتها، وإن أشكالها الكروية أو شبه الكروية لا تقدم مواقع تفاعلية نافرة للجزيئات المهاجمة. وإن جزيء $C_{60}$ سيتفكك فقط عند درجة حرارة 3000 K .

قد يكون أحد الاستخدامات الكامنة للفلرينات هو استخدامها كداعمات شديدة التبعثر للعناصر المعدنية الحافزة في التفاعلات. وقد وجد أنه يمكن اتصال المعادن مباشرة بإطار كربوني عندما يتفاعل $C_{60}$ مع الروثينيوم المعدني العضوي والكواشف البلاتينية. إن إعداد فلرينات تحتوي على لانثانوم بتبخير الليزر لقضيب من مزيج من اللانثانوم الغرافيتي المؤكسد يحمّى إلى 1200 درجة مئوية في تيار من غاز الأرغون، قد تم إنجازه أيضا. وقد أعلن <R.N.C. راو >وفريق الكيميائيين العاملين معه [١٨] عن تطور مماثل آخر هو تحضير فلرين يحتوي على ذرة معدنية انتقالية مفردة (مثل ذرة الحديد) داخل قفصه الكربوني وذلك بتبخير الغرافيت في جو المركب $Fe(CO)_5$.

**الجدول 1**
**استخدامات ممكنة للفلرين $C_{60}$ والجزيئات ذات الصلة:**

| | |
|---|---|
| حافزات | يمكن استخدام مواد فلرينية كداعمات للحافزات المعدنية الشديدة التبعثر. |
| موصلات فائقة | يمكن استخدام $C_{60}$ معالج بمعادن قلوية مثل البوتاسيوم والروبيديوم في نقل الكهرباء بلا مقاومة. |
| محددات بصرية | يمكن استخدام الفلرينات كمحددات بصرية لحماية أجهزة الحس البصرية من الضوء الشديد. |
| الألماس الصناعي | يمكن سحق $C_{60}$ تحت ضغط عال عند درجة حرارة الغرفة إلى جسم صلب أقسى من الألماس. |
| معالجة السرطان | يمكن إلصاق أجسام مضادة للخلايا الورمية بجزيئات الفلرين التي توجه عندئذ نحو الورم. |
| أنظمة توصيل العقار المقيسة على القد | يمكن إدخال عقاقير في جوف أقفاص الفلرين ثم تطلق داخل الجسم. |
| بطاريات جزيئية | يمكن إنتاج هذه البطاريات الجزيئية باقتناص ذرات متنوعة داخل أقفاص الفلرين. |
| شيبّات الحاسوب | تستخدم أنيبيبات الجزء من المليار مصنوعة من كربون فائق الرقة كألياف تحل محل أسلاك النحاس التي تصل ما بين شيبّات الحاسوب، وتعطي معالجات برامج ذات سرعة كبيرة. |
| وقود الصواريخ | بما أن $C_{60}$ قادر على تحمل أقصى الضغوط، لذا يمكن استخدامه في وقود الصواريخ. |
| ألياف فائقة | الياف الكربون المستخدمة هذه الأيام قوية جدا. أما ألياف الأنابيب النانومترية الفلرينية فستكون أكثر قوة. |
| تشحيم | ستكون جزيئات الفلرين المحاطة بذرات الفلورين ثابتة للغاية كيميائيا وفيزيائيا على السواء. إنها صالحة كمزلّقات صلاحية مثالية. |

وهناك استخدام آخر ممكن للفلرين كان بيّنا عندما اكتشف <آرت هيبرد> وزملاؤه [١٩] أن الأغشية الرقيقة من قوام مخمر بأنواع من المعادن القلوية (البوتاسيوم، مثلا) توصل الكهرباء عندما تعزل عن الهواء. وقد كشف العمل اللاحق أنه عندما يخمر $C_{60}$ بكمية قليلة من ذرات البوتاسيوم، يصبح فائق الموصلية (انظر ماسبق) عند درجة حرارة 18 K. كما كشفت دراسات موجهة لتوضيح تركيبه البلوري أن النماذج النقية من فلّريد المعدن القلوي ($K_3C_{60}$) تتكون من شعرية مكعبة مركزية الوجه من $C_{60}$ مع ذرات بوتاسيوم تحتل جميع الشقوق الثمانيّة السطوح والرباعية السطوح. وحتى في وقت أقرب، فقد تبين أن $C_{60}$ المخمر بالسيزيوم والروبيديوم يقوم بالتوصيل الفائق عند الدرجة 33 K. ومعروف حاليا أن الموصلية الفائقة للفلّريد ذي المعدن القلوي يمكن تحسينها برفع درجة حرارة توصيلها من

(١٨) Indian Institute of Science, .Bangalore, India (١٩) AT & T Bell Laboratories, New Jersey, USA

10 K إلى 42 K وذلك بإضافة الثاليوم إلى $C_{60}$ المخمر بالروبيديوم و البوتاسيوم. وقد لاحظ <سيكين> وزملاؤه[٢٠] زيادة أخرى في درجة حرارة التوصيل إلى 57 K. وقد أثبت الباحثون أيضا أن $C_{60}$ المخمر بالمركب العضوي "تتراكيس (داي ميثايل أمينو) إيثين" (TDAE) عالي النفاذ جزيئيا وعضويا عند الدرجة 16.1 K.

تمت مفاعلة $C_{60}$ مع الزيليلين – وهو مركب متصل بالبنزين – وذلك في المذيب التولويني لتكوين مركب بني لا يقبل الانحلال. وباستخدام المطيافية NMR والتحليل الحراري النوعي ومعطيات التحليل العناصري، أظهر الباحثان <دگلاس A. لوي> و<روجر A. آسينك>[٢١] أن هذا الناتج قد يكوّن بوليرا إسهاميا مع $C_{60}$ والزيليلين بنسبة 3.4 :1.

اكتشفت أيضا بعض الخصائص البصرية غير العادية لبكمينستر فلرين التي أمكنها أن تبرهن على فائدتها الكامنة. وقد أظهر البحث أن جزيئات $C_{60}$ المثارة ضوئيا تمتص الضوء أفضل مما تفعل في حالتها الأصلية. ويمكن أن يستفاد من خاصية $C_{60}$ هذه في وضع تحديد لإنجاز أجهزة الحس البصرية التي تحتاج إلى محددات بصرية تحميها من مستويات ضوء تصيبها بتلف عندما تستخدم مع مصادر وضاءة مثل الليزرات وآلات اللحام بالقوس الكهربائي.

إن جزيئات بكمينسترفلوين بهندستها العالية التناسق الشبيهة بكرة القدم، ثابتة فيزيائيا إلى أقصى حد. وعلى الرغم من هذا، أفاد فريق باحثين في گرونوبل بفرنسا أنهم تمكنوا من سحق $C_{60}$ إلى ألماس عند درجة حرارة الغرفة باستخدام ضغوط عالية. وكان ثمة إيحاءات بأن هذا الاكتشاف قد يؤدي إلى طريقة لإنتاج الألماس الصناعي.

## الكلوروفلوروكربونات (CFCs) وبدائلها

استخدمت الكلوروفلوروكربونات (CFCs)، والمركبات المتصلة بها والمحتوية على الكلورين والبرومين، بكثافة في العقود الأخيرة كمبردات وداسرات الهباء الجوي وأدوات نفخ المرغوة ومذيبات تنظيفية وفي أمور أخرى. وحتى السبعينات اعتبرت هذه المركبات ودودة بيئيا ومرغوبة للغاية من وجهة نظر هندسية، لأنها كانت غير سامة وغير التهابية وغير طيارة وغير حاتّة وثابتة جدا. فمثلا، مركب CFC-12 (داي كلورو فلورو ميثان، معروف أيضا باسم فريون -12) كان يعتبر في الأصل مبردا عجيبا. ليس مفاجأة إذًا أن وصل إنتاج العالم من المركبات CFCs في السبعينات إلى نحو مليون طن سنويا.

طرحت الأسئلة المتعلقة بانقشاع طبقة الأوزون الجوية لأول مرة في السبعينات، وفي عام 1974 قرنت هذه الظاهرة لأول مرة بمركبات CFCs. وعندما عرف العلماء أن الجذريات الكلورية قادرة كوسائط تفاعلية على تفكيك طبقة الأوزون الجوية، افترضوا أن المصدر النشوئي الرئيسي للكلورين في طبقات الجو العليا، الذي هو CFCs، يمكن أن يكون مسؤولا عن انقشاع طبقة الأوزون واستنزافها. وخمنوا أنه إذا استمر معدل إنتاج CFCs بلا تغيير، فسيتجمع نصف مليون طن من الكلور في طبقات الجو العليا كل عام. وتنبأوا بأن هذا يمكن أن يضاعف المعدل الطبيعي لتفكك الأوزون، ونتيجة لذلك ستستنزف طبقة الأوزون في الجو الأعلى بنسبة 7 – 13%.

تنتج جذريات الكلور (Cl•) من التحلل الضوئي للمركبات CFCs في طبقات الجو الدنيا. والتفاعلات التالية نمطية لكل من CFC-11 و CFC-12 على التوالي:

$$CCl_3F + h\nu \rightarrow CCl_2F\bullet + Cl\bullet$$
$$CCl_2F_2 + h\nu \rightarrow CClF_2\bullet + Cl\bullet$$

وعندئذ تدمر جذريات Cl• الأوزون تدميرا حفزيا في جميع الارتفاعات وفي سلسلة من السيرورات تتضمن أكسيد الكلور الأحادي (ClO•):

$$Cl\bullet + O_3 \rightarrow ClO\bullet + O_2$$
$$ClO\bullet + O\bullet \rightarrow Cl\bullet + O_2$$

يقدر العلماء أن جذرية كلور واحدة يمكن أن تتفاعل مع ما يصل إلى مئة جزيء من الأوزون. إضافة إلى هذا، فهم يتنبأون بأن المركبات CFCs يمكن – بسبب ثباتها– أن تبقى في طبقات الجو العليا إلى ما يقارب مئة عام.

(٢٠) National Research Institute for Metals, Tsukuba, Japan
(٢١) Sandia National Laboratories, New Mexico, USA

ثمة مجموعة من المركبات المتضمنة عنصر البرومين المرتبطة بالمركبات CFCs والمعروفة باسم هالونات ($CF_2BrCl$ و $C_2F_4Br_2$) قد استخدمت على نطاق واسع في مخمدات الحرائق، وهي أكثر تدميرية. إنها تطلق جذريات برومين (Br•) التي تشكل أكسيد البرومين الأحادي ($BrO_7$) في تفاعلات شبيهة بالتفاعلات السابقة. إن تركيز الهالونات في طبقات الجو العليا آخذ بالازدياد بمعدل يزيد على 5% في العام.

إن مجموع تركز الكلور اليوم في طبقات الجو العليا هو تقريبا ثلاثة أجزاء في البليون (أجزاء من $10^9$ من جزيئات الهواء) مقارنة بـ 0.6 جزء في البليون قبل قرن، وبجزأين في البليون أواخر السبعينات. وفي طبقات الجو العليا، يكون الكلور موجودا بصورة رئيسية في شكل CFCs ونواتجها الجانبية الكيميائية الضوئية، مثل أكسيد الكلور الأحادي. ويوجد البرومين بنسبة 0.02 في البليون أيضا في شكل هالونات وأكاسيد أحادية.

إن المركبات CFCs هي أيضا غازات فعالة في الدفيئات (البيوت الزجاجية أو البلاستيكية لزراعة النباتات) وتسهم فيما بين 15 و 20% من الغطاء الحراري حول الأرض. إن المفعول الاحتراري للدفيئة من جزيء واحد من CFC-11 أو CFC-12 يكافىء مفعول عشرة آلاف جزيء من ثنائي أكسيدالكربون ($CO_2$):

خلال العقدين الماضيين أصبحت المجتمعات واعية وعيًا مطّردا لأشكال عديدة من التلوث العالمي الذي يتمخض عن ظاهرات مثل استنزاف الأوزون والاحترار الذي تسببه الدفيئات والمطر الحمضي والضبخان الكيميائي، وهذا بدوره سيجعل الحياة على الأرض في خطر.

واعتمادا على تراكم الأدلة العلمية، بدأت الوكالات القومية والدولية تتبين في أواسط السبعينات أن CFCs يمكن أن تكون بين العوامل الرئيسية المسهمة في التلوث الكوكبي. ففي عام 1976 أعلنت وكالة حماية البيئة (EPA) في الولايات المتحدة عن عزمها منع الاستخدام غير الجوهري للمركبات CFCs كدافعات لهباء الجو(الايروسول)، لكن إنتاج CFCs العالمي في عام 1984 فاق مستويات ما قبل الحظر وزاد على مليون طن سنويا.

## جوائز نوبل

في عام 1992 فاز <رودولف A. ماركوس> بجائزة نوبل للكيمياء ، وهو أستاذ للكيمياء في معهد كاليفورنيا للتقانة عن< آرثرA. نويس>. وقد منحت له الجائزة لإسهاماته في نظرية تفاعلات نقل الإلكترون في الأنظمة الكيميائية. وتساعد نظريته على شرح مدى واسع من الظواهر، بما فيها تثبيت طاقة الضوء من قبل النباتات الخضراء والسطوع الكيميائي والتوليف والتحليل الكهربائيين والتآكل والبوليمر الموصل كهربائيا والإنتاج الكيميائي الضوئي للوقود.

أما الكيميائي الفيزيائي <رتشارد إرنست> (من المدرسة العليا للتقانة في زيورخ) فقد منح جائزة نوبل للكيمياء عام ١٩٩١ عن بحثه في الرنين المغنطيسي. إن مطيافية الرنين المغنطيسي النووي (NMR) مستخدمة بصورة رتيبة في أقسام الكيمياء حول العالم لتحليل بنى المواد. وقد زاد إرنست إلى حد كبير حساسية التقنية وكان له السبق في اختراع نسخة ثنائية الأبعاد، مما مكن من تطبيقه على جزيئات أكبر بكثير من ذي قبل. كذلك أدت اكتشافات إرنست إلى خطة جديدة بالكامل للحصول على صور طبية للجسم البشري بالرنين المغنطيسي. ويمكن لهذه التقنية أن تكتشف الأورام وأن تتجاوز جيدا باسحات الأشعة السينية في تشخيص السرطان.

وللحيلولة دون أي مفعول كارثي ممكن على الوسط الأحيائي، بسبب مزيد من استنزاف طبقة الأوزون في الجو الأعلى، وقعت أربع وعشرون دولة بروتوكول مونتريال في 16 سبتمبر/ أيلول1987 تحت رعاية برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP). ومتطلبات البروتوكول الرئيسية الثلاثة هي:

- إن مستويات استهلاك CFCs-11 و 12- و 113- و 114- و 115- لعام 1986 يجب أن لا يتم تجاوزها بعد منتصف عام 1989.
- يجب أن تخفض مستويات الإنتاج لعام 1986 بنسبة 20% بدءا من أول يوليو/ تموز 1993، ثم يضاف تخفيض آخر بنسبة 30% بعد الأول من يوليو/ تموز 1998، مما يجعل مجموع التخفيضات 50%.
- تجميد مستويات عام 1986 من استهلاك الهالونات بحلول عام 1994.

**الجدول 2**
**إمكانات استنزاف الأوزون (ODPs) وإمكانات الاحترار الكوكبي (GWPs) من المركبات CFCs و HCFCs و HFCs**

| المركب | الصيغة | ODP (relative to CFC-11=1.0) | GWP (relative to CFC-11=1.0) |
|---|---|---|---|
| CFC-11 | $CCl_3F$ | 1.00 | 1.00 |
| CFC-12 | $CCl_2F_2$ | 1.00 | 2.8-3.4 |
| CFC-113 | $CCl_2FCClF_2$ | 0.80 | 1.4 |
| CFC-114 | $CClF_2CClF_2$ | 1.00 | 3.7-4.1 |
| CFC-115 | $CClF_2CF_3$ | 0.60 | 7.5-7.6 |
| HCFC-22 | $CHClF_2$ | 0.05 | 0.34-0.37 |
| HCFC-123 | $CHCl_2CF_3$ | 0.02 | 0.017-0.020 |
| HCFC-124 | $CHClFCF_3$ | 0.02 | 0.092-0.10 |
| HCFC-141b | $CH_3CCl_2F$ | 0.10 | 0.087-0.097 |
| HCFC-142b | $CH_3CClF_2$ | 0.06 | 0.34-0.39 |
| HFC-125 | $CHF_2CF_3$ | 0 | 0.51-0.65 |
| HFC-134a | $CH_2FCF_3$ | 0 | 0.25-0.29 |
| HFC-152a | $CH_3CHF$ | 0 | 0.026-0.033 |

وقد وافقت أمم أخرى على البروتوكول في مؤتمرات دولية حول الأوزون عقدت في لندن خلال مارس / آذار 1989، وقد حضرها ممثلون من 123 بلدا، وفي هلسنكي خلال مايو / أيار 1989. وفي 1990 أدخلت في البرتوكول مواد انتقالية صنعت كبدائل للمركبات CFCs هي الهيدروكلوروفلوروكربونات (HCFCs). ومع إنقاص إنتاج CFCs والمركبات ذات الصلة إنقاصا مؤثرا خلال العقد القادم أو نحوه، يقوم منتجو هذه المادة (CFC) باستثمار كثيف في تطوير واختبار بدائل لها تكون صديقة بيئيا وأيضا تقانات بديلة تلبي حاجات المجتمع. ومهما يكن، فمن المعترف به في حالات عديدة – في التبريد ومعدات التكييف مثلا – أنه ببساطة يمكن القيام بتخفيضات كبيرة في الأبخرة، خصوصا في المدى القصير، باستعادة CFCs وتدويرها أثناء الخدمة.

تنهمك عدة شركات في تطوير أجهزة كربون منشطة لاستعادة CFCs المستخدمة كعوامل نفخ في عمليات صنع رغوة البلاستيك. هذه الأجهزة مكلفة، ولكن يمكنها أن تستعيد 40% من عوامل النفخ. وتبعا لبعض الصناعيين، فمن المحتمل أن تتسبب المحافظة على CFCs، واستغلال نواتج وتقانات بديلة، في تخفيض الطلب على CFCs إلى نسبة 60%. وسيترك هذا 40% من السوق الحالي مفتوحا لاستقبال بدائل للمركبات CFCs – وهي كمية تعادل خمسمئة ألف طن سنويا.

ومما يدعو إلى السخرية المريرة أن العامل نفسه الذي جعل CFCs بهذه الأهمية، وهو الاستقرار، يجعلها الآن تهديدا للبيئة. ويمكن الوصول إلى استقرار جوي مخفض بوجود الهيدروجين في الجزيء الذي يسمح بحل المركب بوساطة جذريات الهيدروكسيل (•OH). إن مركبات الميثان والإيثان المهدرجة جزئيا – وكلها تحتوي على الهيدروجين – قد طوّرت، وتصنع الآن على نطاق واسع. وهي HCFCs، لكنها مازالت تسهم في استنزاف الأوزون، وإن يكن بدرجة أقل من CFCs (الجدول 2). ويُخصص الآن كثير من البحث والتطوير الصناعيين لإيجاد مسالك جديدة لمركبات مواتية للأوزون مثل الهيدروفلوروكربونات (CFCs) التي لا تتضمن الكلور أو البرومين. إن مقدرة المركبات CFC أو HCFC على تدمير الأوزون تعتمد على كمية الكلور التي تحتويها وأيضا على عمره في الجو. إن إمكانات استنزاف الأوزون (ODPs) تقيس ما تسهم فيه مختلف مركبات CFCs وبدائلها الممكنة نحو تفكيك عناصر الأوزون المتناسبة مع CFC-11 الذي يعطي قيمة 1.0. إن إمكانات الاحترار الكوكبي (GWPs) قد حسبت بنماذج من الحاسوب وهي أيضا متناسبة مع CFC-11، المعطى قيمة 1.0 لأجل هذه الخاصية أيضا. وتظهر في الجدول 2 بعض القيم التي اقتبست من تقارير حديثة العهد.

أنشيء برنامج اختبار سُمّية الفلوروكربون البديل (PAFT) في يناير/ كانون الثاني 1988 لتقييم سلامة البدائل المناسبة للمركب CFC. إن نتائج دراسات الحدة وشبه الحدة وشبه المزمنة إضافة إلى اختبارات أنبوب الاختبار للتأثيرالطفري والتشوهي على المركبات HCFC-123 و HFC-134a و HCFC-141b قد دلت على أن صور السُمّية لهذه المركبات الثلاثة مشابهة جدًا للمركبين CFCs-11 و CFCs-12 في كثير من النواحي. وإن تجارب تحليل التأثير السرطاني المزمن التي أجريت على هذه المنتجات، والتي

استغرقت عامين، لا تزال مستمرة وينتظر نشرها في المستقبل القريب. وينتظر أن تنشر تقارير نتائج الدراسات على المركبين HCFC-124 و HFC-125 ما بين عامي 1995-94.

لقد أعيد النظر في برتوكول مونتريال لعام 1987 وتعديلاته اللاحقة أثناء اجتماع عقده وزراء البيئة في العالم في كوبنهاغن بالدانمرك خلال نوفمبر/ تشرين الثاني 1992، وفرضت تخفيضات أخرى على إنتاج واستخدام CFCs والمركبات ذات الصلة مقارنة بمستويات عام 1986 (الجدول 3).

**الجدول 3**
**المواعيد الأخيرة لبروتوكول مونتريال المعدل، المفروضة في كوبنهاغن في نوفمبر1992**

| المركبات | الاستخدامات | التخفيض الأول السنة | % | سنة النفاد |
|---|---|---|---|---|
| CFCs | الايروسول، التبريد تكييف الهواء، التنظيف، الرغويات | 1994 | 75 | 1996 |
| HCFCs | بدائل لـ CFCs | 1996 | الذروة | 2030 |
| هالونات | مخمدات الحرائق | | | 1994 |
| $CCl_4$ | مذيبات | 1995 | 85 | 1996 |
| $CH_3CHCl_3$ | مذيبات | 1994 | 50 | 1996 |
| $CH_3Br$ | مبخرات مطهرة | 1995 | الذروة | غيرمحدد |

كذلك مدد اجتماع كوبنهاغن التقييدات على HCFCs التي أدخلت على بروتوكول مونتريال عام 1990 كمقررات انتقالية: فابتداء من عام 1996 سيتحدد استخدامها بمستويات عام 1989، زائدا 3.1%. وبعد ذلك سينخفض استخدام HCFCs باطراد: 35% بحلول عام 2004و 65% بحلول عام 2010 و 90% بحلول عام 2015 و 99.5% بحلول عام 2020 و 100%بحلول عام 2030.

إن بروميد الميثيل $CH_3Br$، المستخدم كمطهر بالبخار لقتل الحشرات في التربة ومحاصيل الثمار المخزونة، قد أضيف إلى البروتوكول في كوبنهاغن. وفي عام 1995 سيجمد الإنتاج عند مستويات عام 1991، وسينظر في أمر التخفيضات في مرحلة لاحقة.

## التوليف العضوي

إن الطبيعة العريضة لفرع الكيمياء، المشار إليه عموما باسم التوليف العضوي، قد تجلت في ما يناهز 600 ورقة قدمت إلى المؤتمر الدولي التاسع حول التوليف العضوي الذي عقد في مونتريال بكندا في يوليو/ تموز 1992، حيث قدمت عروض لتوليفات تمت على مدى متنوع من المركبات العضوية - بما فيها أحماض أمينية ومشتقات كربوهيدراتية ومضادات حيوية ومركبات متعددة العطور واسترات وسيليلوز ومركبات عضوية معدنية ومركبات مضادة للفيروسات وفيتامينات وعوامل مضادة للورم وكحولات. إن مقدار البحث المكرس بصفة خاصة لتصميم وتطوير جزيئات كيماوية جديدة لعلاج أو شفاء أو منع الأمراض البشرية والحيوانية يعتبر هائلا. وكان هذا واضحا ليس فقط في مؤتمر مونتريال بل وأيضا في ما يناهز أربعمئة ورقة في هذا الفرع عن "الكيمياء والكيمياء الحيوية للمركبات العضوية الناشطة بيولوجيا" في المؤتمر الثالث والثلاثين الذي عقد في بودابست في أغسطس/ آب 1991.

من بين التقارير المقدمة عن المركبات التي ولفت حديثا ولها قيمة علاجية، تلك المتعلقة بالمركبين سسبانيمايد A و مانزانماين A، وهما قلويان يمتلكان تركيبا مبتكرا وفعالية ضد الورم، وعقار مضاد للربو يدعى MK- 679 أو Verlukast، ومركبات تحتوي على مجموعة الغوانيدين، وأيضا تقارير عن تبين وتنقية وآلية الفعل وتوليف مستقبلات تخديرية، ودراسات عن الأنسولين ومستقبل الأنسولين، وتطوير مضاد للتخثر من مادة الببتايد يمكن استخدامه سريريا لعلاج الجلطة ومنع تشكلها.

وقد ركز قسم كبير من البحث الحديث العهد على التوليف غير المتناظر، وبخاصة توليف عقاقير متناظرة معروفة أيضا باسم عقاقير كيرال chiral. تحدث التناظرية عندما يكون جزيء ما غير متناظر ويمكن بالتالي أن يوجد في شكلين كل منهما صورة مرآتية للآخر. وإن اثنين من هذه

المتناظرات متماثلان فيزيائيا وكيميائيا، إلا أنهما يظهران خصائص بصرية مختلفة.

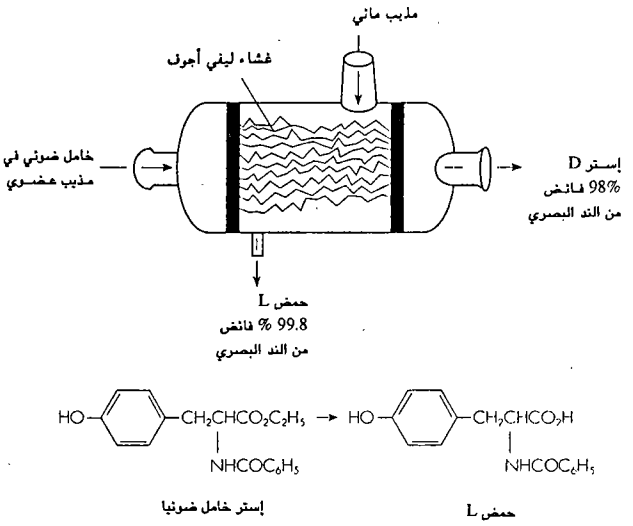
إن واحدة من ذرات الكربون في معظم جزيئات الأحماض الأمينية تكون غير متناظرة. إذاً فهذه الأحماض الأمينية تناظرية وناشطة بصريا، مثلما هي الكربوهيدرات من نوع الغلوكوز وسكريات أحادية أخرى. وللتناظرية أهمية حاسمة في الأنظمة البيولوجية، فالإنزيمات ومعظم المركبات التي تتأثر بها ناشطة بصريا، وانتقائية التناظر البصري. فمثلا تستطيع الحيوانات أن تستقلِب، والخمائر أن تخمّر، واحدا فقط من الندين البصريين لسكر الغلوكوز.

إن التوليف غير التناظري أو الانتقائي التناظري البصري للمركبات الناشطة بيولوجيا، وبخاصة العقاقير الطبية، قد استرعى بالتالي كثيرا من الاهتمام في أقسام الكيمياء خلال السنوات الأخيرة. ولسوء الحظ فإن الطرائق التقليدية في التوليف العضوي للمركبات الناشطة بصريا تتمخض عن خلائط راسيمية (عديمة الفاعلية الضوئية) أو خلائط ذات مقادير متساوية من الأشكال المتعاكسة بصريا.

وقد لخص تقرير بحثي حديث العهد الطرائق السائدة والممكنة في إنتاج عقاقير تناظرية (كيرال) لأجل أمراض تصيب الجهاز القلبي الوعائي والجهاز البولي التناسلي والجهاز العصبي المركزي والجهاز التنفسي. وقد وصفت أيضا طرائق لأجل إنتاج مجسم ومحدد لعقاقير ومسكنات مضادة للالتهابات وعقاقير مضادة للسرطان ومضادات حيوية ومضادات عدوى ومضادات فيروسية (هرمونات) وأدوية مضادة للرشح والسعال والهستامين.

إن إحدى طرائق إنتاج عقاقير تناظرية كهذه تستخدم إنزيمات انتقائية التناظر البصري ومجمدة الحركة في مفاعلات ذات **غشاء** membrane ليفي مفرغ، وذلك لحل الخلائط عديمة الفاعلية الضوئية (الشكل 7). وعندما يسيل محلول من خليط راسيمي داخل مذيب عضوي عبر مفاعل فإن الإنزيم يحلل واحدًا من الندين البصريين. وينجرف الند البصري المحلل مائيا بعيدا في طوره المائي، تاركا وراءه الند المرغوب في المذيب العضوي.

**الشكل 7**
**مفاعلات الأغشية الليفية الجوفاء تحل الخلائط عديمة الفاعلية الضوئية باستمرار**

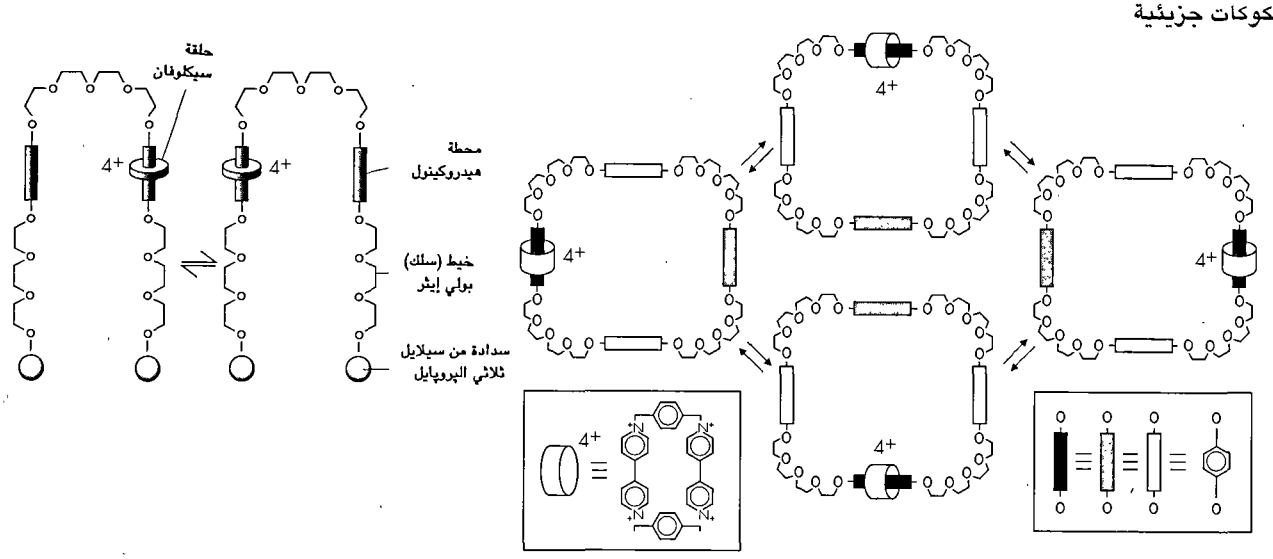



المصدر: Sepracor, in *Chemical & Engineering* News, 28 September 1992:56

وقد استنبط الكيميائيون أيضا تقنيات، بكميات وفيرة وفيض من الند البصري، لأجل إعداد **الكينات** alkenes بديلة تبشر بإنتاج تجاري لعقاقير ندية بصريا ومبيدات آفات وفيرومونات (مركبات كيميائية تفرزها الحيوانات وتؤثر عموما في سلوك حيوانات أخرى من النوع نفسه) ومركبات عطرية وباعثة للنكهة.

إن توليف الجزيئات المتضاعفة ذاتيا قد بعث أيضا على الكثير من الإثارة والاهتمام مؤخرا. وقد أظهرت التجارب أن التضاعف الذاتي اللاإنزيمي قد يكون ممكنا في مدى واسع من الأنظمة الكيماوية التوليفية، وهي تقدم دلائل عن كيفية تفاعل الفيزياء والكيمياء في أنظمة الارتقاء ما قبل الحياة التي وجدت قبل نحو 4 بلايين سنة. وقد يكون هذا العمل خطوة نحو التكوين التوليفي للأنظمة الحية البدائية. وإن نمو الاهتمام بالتضاعف الجزيئي ينبع من عمل أبكر على البنية الحلزونية المزدوجة للدنا DNA، وعلى آليات تضاعف الحمض النووي. وقد أخذ البحث في كيمياء ما قبل

**الشكل 8**
**مكوكات جزيئية**




مكوكات جزيئية: (يسارًا) مع نظام (2) روتاكسين، تتحرك الحلقة أمام – وراء بين محطتين على السلك. و(في اليمين) مع نظام (2) كاتينين، تتحرك الحلقة حول الدائرة من محطة إلى محطة مثل مجموعة قطار جزيئي.

المصدر: (left) Bradley, D. How to make a molecular shuttle, *New Scientist*, 27 July 1991:20; (right) Stoddart, F. Making molecules to order, Scheme 6, *Chemistry in Britain*, August 1991:717.

الحياة يركز الآن على الدور المحتمل للبوليميرات التضاعفية الأبسط التي ربما كانت أسلافا للأحماض النووية.

قد يكون التجمع والتضاعف الذاتيين السرَّيْن اللذين يجب على الكيميائيين التوليفيين أن يتعلموهما من الطبيعة، كي يتمكنوا من تركيب أدوات إلكترونية جزيئية. وإن استيلاد معمار جزيئي فائق وآلات معمارية فائقة يمكنهما تأدية مهمات إلكترونية وميكانيكية شتى، سيعتمد على فهم واستخدام ظاهرة التمييز الجزيئي. ويتضمن هذا التفاعل العفويّ بين الجزيئات الضيفة والضيفة، الذي يفضي إلى التنظيم والتجمع الذاتيين للبنى الجزيئية الفائقة. إن المجهود البحثي في كيمياء الجزيئات الفائقة مركّز وكثيف، وحقا فقد أفردت بعض مجالس البحث القومية هذا المجال لوحده باعتباره مستحقا لاهتمام ودعم خاصين.

بإنجاز بارز في التوليف العضوي، صمم <فريزر ستودارت> والعاملون معه[٢٢] مكوكا جزيئيا ذاتي التجمع، يتكون من جزيء له شكل الحلقة يحيط بسلك جزيئي يشبه إلى حد ما خرزة ويتنقّل بين محطتين على السلك. ويمكن لهذا العمل أن يكون أول خطوة نحو معالجة المعلومات على نطاق جزيئي – والهدف في المآل هو توليف حواسيب يمكن التحكم فيها وعلى نطاق جزيئي ويمكن أن تتلقى المعلومات وتخزنها وتنقلها.

تتكون الخرزة في المكوك الجزيئي من حلقة سيكلوفان مشحونة، ومصنوعة من فضلتين من بيبيريدينيوم (الشكل 8) وتتحرك بين محطتي هيدروكينول متناظرتي الموقعين على طول سلك من عديد الإثير. ويدعى التركيب (2) روتاكسين، ويحضّر بالتجمع الذاتي للمكونين الجزيئيين – السلك والخرزة. وفي مسار ذاتي التجمع، يصنع ناتج معقد بخطوة واحدة، في حين يتطلب التوليف العادي عدة خطوات.

باستخدام مطيافية NMR، تم التأكد من أن الحلقة السيكلوفانية تتحرك مكوكيا بين المحطتين تحركا يبلغ عدة مئات في الثانية عند درجة حرارة الغرفة، وأن المكوك يحتاج إلى نحو 13 كيلو جول (وحدة طاقة) من الوزن الجزيئي

(٢٢) University of Sheffield, UK

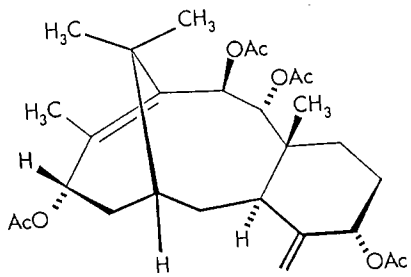
لقد كُرّس قدر كبير من النشاط البحثي في السنوات الأخيرة من أجل تركيب عقاقير مضادة للسرطان من نوع **التاكسول** taxol. وقد أظهرت التجارب السريرية لهذا العقار الطبيعي نتائج واعدة في أنواع من السرطانات تشمل السرطان المبيضي والصدري والرئوي. إلا أن اختبار الدواء، الذي رعاه المعهد القومي للسرطان في الولايات المتحدة، قد تباطأ بسبب نقص التاكسول، مما حفز الكيميائيين وغيرهم من العملاء إلى تركيز نشاطهم البحثي المتزايد على العقار.

وحاليًا لا يمكن الحصول على التاكسول إلا باستخلاصه من لحاء شجرة الطقسوس الصنوبرية، المتوافرة في مناطق المحيط الهادي من الولايات المتحدة، التي هي أيضا موطن البوم المبقّع الذي يحدق به الخطر. وتبذل الجهود الآن لتلبية الطلب المتزايد على العقار بالقيام بتركيبات كلية وجزئية واستخلاص الورق وزراعة النسج واستنباتها.

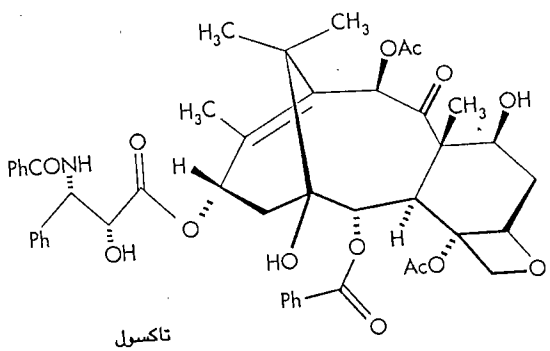
تقع التاكسينات، وهي معقدة تركيبيا وناشطة حيويا، في نسقين عريضين يمكن تعريفهما تعريفا عاما: التاكسوسين والتاكسول (انظر الشكل في اليسار). وتتميز التاكسولات بسمة البديل الهيدروكسيل (-OH) مقارنة بالتاكسوسينات.

طورت نسخة معدلة موزونة من تاكسول شبه مصنع مخبريا ومبرأة كاختراع بوساطة <روبرت A.هولتون> وزملائه في جامعة ولاية فلوريدا. ويبدأ المسار الكيميائي بمركب يتشكل منه التاكسول هو 10- دي اسيتايل بكاتين III (DAB III - 10) الذي يوجد في إبر وأفنان (أغصان) شجرة الطقسوس - وكلاهما موردان يمكن تجديدهما. وقد خطط أن يسوّق المنتج بوساطة هذا المسار تجاريًا في عام 1993. وفي عام 1994، تخطط الشركة المنتجة للتاكسول بهذه الطريقة لأن تحصل على المركب 10-DAB III وحتى على التاكسول مباشرة باستخلاصه من نباتات مزروعة نامية من أصول منتخبة وراثيا.

**تاكسول: عقار مضاد للسرطان يحدث طبيعيا**




تاكسوسين




تاكسول

المصدر: *Chemistry International* (1993), 15 (1): 9

الغرامي للقيام بهذا - وهي طاقة أقل بكثير من الطاقة المطلوبة في معظم التفاعلات الكيميائية.

ثمة نوع آخر من المكوك الجزيئي وسم باسم مجموعة قطار جزيئي تنطلق حول خط الدائرة. ويتكون هذا النظام من حلقتين متداخلتين، ويعرف باسم (2) كاتينين. تنطلق حلقة واحدة، تقابل الخرزة، حول الحلقة الأخرى التي لها أربع محطات من الكوينول المائي.

إن أحد الأهداف الرئيسية للكيمياء اليوم هو تشكيل وتطوير جزيئات ناشطة وأنظمة جزيئية يمكن أن تقوم بعملها إلكترونيا، في التبديل والمنطق وتخزين المعلومات. والمكوك الجزيئي هو مثال عن نظام تحويل جزيئي ذي إمكانات للتطبيق في الإلكترونيات.

**مايكل فريمانتل** : مسؤول المعلومات في الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية (IUPAC) في أوكسفورد. ويحرر مجلة IUPAC *أنباء الكيمياء الدولية*، كما أنه مسؤول عن برنامج عضوية مؤسسة IUPAC.
عمل الدكتور فريمانتل محاضرا في الكيمياء الفيزيائية لدى "بوليتكنيك ساوث بانك" في لندن، وأستاذا مشاركا للكيمياء الفيزيائية في الجامعة الأردنية بعمان. كما عمل لدى اليونسكو مستشار تحرير في التربية العلمية، وله ثمانية كتب في العلوم عنوان أحدها *"الكيمياء تعمل"*.

# البيولوجيا

بيتر نيومارك

لعل السمة الأكثر إثارة في البحوث البيولوجية الحديثة هي الطريقة التي يمكن بها لدراسات تجري في مجال ما أن تصل إلى نتائج تهم مجالا آخر. فمثلا، غالبا ما يطّرد اكتشاف مادة ما بسبب نشاطها في نظام ما ثم يُكتشف أنها تقوم بنشاط مختلف في نظام آخر مختلف بالكامل. وقد يكون هذا بسبب تعرّف المزيد من مكونات الخلايا والأنسجة، وبالتالي تضاؤل فرص العثور على مكون جديد بالكامل. أو ربما يعكس حقيقة أن التطور مسار تكيفي أكثر بكثير من أن يكون ثوريا. ومهما يكن السبب فالنتيجة هي أن الأقسام المستقلة التقليدية في دراسة علم البيولوجيا قد تفككت إلى نطاق أوسع. على أن الشيء الذي لم يتغير هو تكرار اختراع تقنيات جديدة أو تسريع التقنيات القديمة التي تستحث سيرورة الاكتشاف.

إن الوضوعات الخمسة التي يناقشها هذا الفصل أحرزت كلها تقدما سريعا بسبب التطورات التقنية، لكن إدخالها هنا قائم على اعتبارات أخرى. إن تراكيب البروتين تمثل تخما بين علوم الفيزياء والكيمياء والبيولوجيا: الفيزياء تقدم التقنيات الحاسمة، والكيمياء تشرح كيف تبقى التراكيب في أشكالها الثلاثية الأبعاد، وتوضح الوظيفة البيولوجية للبروتين. وإن دراسة تحويل الطاقة الإشاري ليست فقط مجالا بحثيا ذا نشاط كبير، وإنما أيضا مفتاح لفهم كيفية تمكن العوامل الخارجية من التحكم في أحداث داخلية في الخلية، بما فيها درجة فاعلية الجينات في نواة الخلية. ويدين إدخال الموضوعين التاليين في الدراسة إلى القدرة التزايدة إلى أبعد حد لتقنيات معالجة الجينات. إن "إسقاط" الجين تقنية جديدة تبرهن على قوتها الهائلة في فهم وظيفة الجين وفي خلق نماذج من المرض الوراثي البشري التي تجرب فيها علاجات ممكنة، بما فيها العلاج بالجينات. أما "إضافات" الجينات فهي أقل حداثة لكثير لكنها، في حالة النباتات، على وشك الوصول إلى مرحلة كونها ثمينة تجاريًا. وأخيرا فقد كرست فسحة صغيرة لمجال علم المناعة الذي كشف مؤخرا عن عديد من أسراره المصونة، ملقيًا ضوءًا وافرًا على واحدة من أهم فعاليات نظام المناعة – تعرُّف الكريات اللمفاوية خلايا مصابةً **بممرض (معلال)** pathogen.

## تراكيب

إن تعرّفَ التركيب الثلاثي الأبعاد للبروتينات وجزيئات كبيرة أخرى هو مطلب ملح، كما أنه مهم جدا علميا. فبغير التركيب الثلاثي الأبعاد سيضيع كثير من التخمين والمحاجة في محاولة فهم طراز فعل بروتين ما. ومع هذا التركيب، يمكن الاستغناء عن كثير من التخمين، وغالبا عن المحاجة كلها. فمنذ عام 1957، عندما أُنجز أول تركيب ثلاثي الأبعاد للبروتين، وحتى 1989، تم وصف نحو 500 تركيب. وكان ذلك هو الاندفاع الكبير في تنمية التقانات الكيميائية والفيزيائية والحاسوبية، التي تعزز تعرّف تركيب البروتين بشكل دقيق، بحيث تم وصف 500 تركيب جديد في السنوات الثلاث الأخيرة. ويقدر العلماء أن هذا العدد سيزيد ليصل إلى عشرين ألفا عند منعطف القرن. والمعرفة مهمة في كثير من المجالات: فمثلا، هي معينة على فهم تنظيم عمل الجينات، وفعل الإنزيمات، وطريقة تسليم الهرمونات رسائل للخلايا، وشغل نظام المناعة، وفي تصميم العقار الذي تتزايد أهمية المعرفة فيه.

تقليديا، كانت طريقة حل التركيب الثلاثي الأبعاد لبروتين ما هي طريقة الرسم البلوري بالأشعة السينية–مزيج من تقانات عليا ودنيا. وأول متطلب، وهو الأكثر إحباطًا في العادة، هو إنتاج بلورة جيدة النوعية من البروتين. وحيثما تم تقدم كبير في طرائق إنتاج كميات كبيرة من البروتين الصافي، وهو ضروري قبل أن نقدم على عملية البلورة، فإن إيجاد الشروط الصحيحة لتشكل البلورات مازال إلى حد كبير مسألة محاولة وخطأ. وغالبا ما تمضي شهور أو حتى سنوات قبل الحصول على بلور وافر الجودة لأجل المرحلة التالية، التي تطلق الأشعة السينية فيها على البلور عبر اتجاهات متنوعة. إن نسق الحيود في الأشعة السينية

العابرة للبلور هو ما يمكّننا من استخلاص الترتيب الثلاثي الأبعاد لذرات جزيء البروتين. وليست هذه عملية سهلة على الإطلاق، لكن التطورات التي حدثت في سيرورات التقانة والحاسوب سرعت كثيرا من هذه العملية.

وقد تم حديثًا تسريع معدل حل تراكيب البروتين بإدخال حديث العهد لشكل متطور من الرنين المغنطيسي النووي، كبديل لرسم البلور بالأشعة السينية بغية حل التراكيب. وهذه التقنية الجديدة مازالت عسيرة فنيا لكن كونها تستخدم في محلول من البروتين فهي تتجنب مشكلات الحصول على البلورات. من ناحية أخرى، وبعكس تصوير البلور بالأشعة السينية، يمكن فقط للرنين المغنطيسي النووي أن يستعمل مع بروتينات صغيرة نسبيا. ولقد كان ثمة تساؤل عن درجة تشابه تراكيب البروتينات في المحلول وفي البلورات، إلا أن عددا من المقارنات المباشرة أظهر أنها أساسيا متماثلة.

ثمة مجال في البحوث البيولوجية استفاد استفادة بالغة مما أحرز من تقدم في حسم أمر التركيب، وهو تنظيم عمل الجينات. ولقد عرف عبر سنوات عديدة أن البروتينات هي "الأيدي" التي تشغل "المفاتيح" التي تقوم بتشغيل الجينات وتوقيفها. والمفاتيح قطع صغيرة من الحمض النووي "**الدنا** DNA" لصيقة بالجينات التي تشغلها. وإن كلا من تسلسل النيوكليوتيدات في الدنا وتسلسل الحموض الأمينية لليد البروتينية التي تشغله معروفان في عديد من الحالات. لكن هذه المعلومة ذات البعد الواحد قليلة الفائدة نوعا ما في فهم دقيق لكيفية فتح وإغلاق المفتاح، لأن الآلية تتضمن تفاعلا ثلاثي الأبعاد بين الحلزون المزدوج للدنا والبروتين المتلفلف. إن التراكيب الثلاثية الأبعاد لعدة مجمعات من البروتين والدنا قد تم تحليلها الآن، مما سمح بفهم تفصيلي لكيفية تفاعلها بحيث تشغل المفاتيح. (انظر الشكل 1، قسم اللون .p.vii). وعلى أي حال فهذه مجرد بداية لأن معظم هذه التراكيب مقتصرة على "أصابع" اليد البروتينية "ونتوء" المفتاح. وسيتم، في المستقبل، تصور التراكيب بأكملها.

ثمة تفاعلات أساسية أخرى بين البروتينات والدنا ، ومهم جدا أن نفهمها، لا سيما أنها الآن ينظر إليها في ثلاثة أبعاد. فمثلا تتطلب كل من العمليتين المعقدتين لاستنساخ الدنا وتضاعفه عدة بروتينات وإنزيمات (خمائر)، وهذه تشكل عديدا من المركّبات أثناء تحرك الآليات. وقد تم مؤخرا تعرّف تراكيب ثلاثية الأبعاد لبعض المكوّنات الإفرادية. فمثلا، تم الكشف عن واحدة من وحدات عديدة لإنزيم، له وجود مركزي في تضاعف الدنا البكتيري، وهي بروتين له

## جوائز نوبل

جوائز نوبل هي الأغلى والأرفع بين كثير من المحاولات السنوية للاعتراف بالإنجازات العظمى في العلم والطب ومكافأتها. وعيبها هو أنه لا يمكن لأكثر من ثلاثة أشخاص أن يتقاسموا جائزة نوبل واحدة كل عام، على الرغم من حقيقة أن إنجازات عظيمة غالبا ما تعتمد على عديد من الإسهامات الفردية. إلا أنها مع ذلك تساعد على زيادة الرؤية الشعبية للمشروع العلمي ولمكانته، على الرغم من قصر أمد ذلك. ولذا نورد هنا بعض هؤلاء الذين كوفئت إسهاماتهم في علوم الحياة، دون أن ننسى أن ثمة أفرادا آخرين على درجة عالية يستحقون أن يكللوا بجائزة نوبل.

تقاسم فيزيائيان ألمانيان جائزة نوبل لعام 1991 في الفيزيولوجيا أو الطب لتطويرهما تقنية جديدة لدراسة سيولة الأيونات التي تشكل أساس كثير من السيرورات البيولوجية. إن الأيونات تخترق الأغشية البيولوجية بوساطة بروتينات الغشاء التي تشكل مسام تنفتح وتنغلق. وعندما قرر <إروين نيهير> و<برت ساكمان>أن يحاولا قياس سيولة الأيونات عبر قناة مفردة، ظل الفيزيولوجيون قادرين فقط على النظر إلى حشود من القنوات. ومنذ تطويرهم الناجح لـ "إحكام الرقعة"، الذي لحمت فيه بإحكام رقعة ضيقة من غشاء بنهاية أنبيب دقيق متصل بأجهزة قياس إلكترونية، فقد صار قياس سيولة الأيونات عبر قنوات مفردة سهلا نسبيا.

إن الأهمية الكبيرة لاكتشاف الكينيزات – الإنزيمات التي تضيف مجموعة فوسفات إلى إنزيمات أخرى وبالتالي تنشطها– قد اعترف بها عبر منح جائزة نوبل في الفيزيولوجيا أو الطب لعام 1992 إلى عالمي الكيمياء الحيوية الأمريكيين <إدوين كربس> و<إدموند فيشر>. لقد تبيّنا "كينيزا" منهمكا في فعل عضلي، ومنذئذ اكتشفت سنات من الكينيزات المنخرطة في أنواع هائلة من السيرورات الاستقلابية.

شكل الكعكة. وإن لفتحة الكعكة هذه الحجم المناسب لاستقبال الحلزون المزدوج للدنا ويتطابق هذا مع فكرة، مستمدة من تجارب الكيمياء الحيوية، هي أن الإنزيم يقوم بفعل ملزمة زاحفة على الدنا.

### *استنساخ الرنا RNA والإيدز AIDS*

هناك إنزيم آخر مدروس بوفرة يتفاعل مع الأحماض النووية هو إنزيم **الاستنساخ العكسي** reverse transcriptase. هذا الإنزيم ينتج الدنا من قالب "**رنا** " RNA، في حين أن الوضع في عملية الاستنساخ العادية هو أن ينتج "رنا مرسلا" من "قالب دنا" . لقد درس الاستنساخ العكسي دراسة مستفيضة؛ حيث تكمن فيه الطريقة التي يحشر فيها فيروس نقص المناعة البشرية (HIV) نفسه ضمن الخلايا البشرية. ولأن جينوم (المجموعة الجينية) فيروس نقص المناعة (HIV) مصنوع من "الرنا" فلا يمكن إدخاله مباشرة في "الدنا" البشري، وإنما يجب أولا أن يتحول إلى صيغة "الدنا" المكافىء. وبما أن إنزيم الاستنساخ العكسي الذي يقوم بهذه المهمة خاص بالفيروس HIV وليس بالإنسان، لذلك فهو هدف مثالي للأدوية المضادة للإيدز (AIDS). وفي الحقيقة فإن دواء AZT، وهو العقار الأصلي للإيدز، مثبط لإنزيم الاستنساخ العكسي مثله مثل أغلبية العقاقير المكنة الأخرى المضادة للإيدز.

ليس مفاجئا بالتالي أن يصدر جهد مفعم بالعزم لشرح وتوضيح التركيب الثلاثي الأبعاد لإنزيم الاستنساخ العكسي. وبعد عدة محاولات فاشلة للحصول على بلورات كافية الجودة، تم معرفة التركيب أخيرا عام 1992 على أيدي <توم ستيتز> وزملائه[1]. وكان التركيب كشفا لكل من هؤلاء الذين كان انشغالهم الرئيسي في كيفية عمل الإنزيم-وهو يقوم ببناء دنا على قالب رنا وبتفكيك قالب الرنا الأولي- ولهؤلاء الذين اهتمامهم الرئيسي منصب على إنتاج عقاقير أفضل ضد الإيدز. فمع فهم دقيق للتفاعلات الثلاثية الأبعاد، المتضمنة في وظائف إنزيم الاستنساخ العكسي، يجب، نظريا، أن يكون ممكنا تصميم وتوليف عقاقير توقف هذه الوظائف بطريقة بالغة الفاعلية. وإذا أمكن وضع النظرية موضع التطبيق، فالنتيجة يجب أن تكون عقاقير أكثر فاعلية وتحدث مضاعفات أقل من الدواء AZT، مثلا.

لقد تركز اهتمام شديد مماثل في التركيب الخاص ببروتينات HIV أخرى. أحدها بصورة خاصة هو بروتياز HIV، وهو إنزيم يستخدمه الفيروس لإنتاج بعض مركباته من مكونات أكبر. وإن الحجم الناجح بالنسبة لتركيب بروتياز HIV الثلاثي الأبعاد بوساطة شرائح بلورية ترسمها الأشعة السينية قد تبعته محاولات مضنية لاستخدام هذه المعلومات في تصميم عقاقير توقف فعل هذا الإنزيم. ويقدر أنه يوجد الآن 100 تركيب ثلاثي الأبعاد لمركبات أدوية ممكنة ضد إنزيم البروتياز، على الرغم من أن الكثير منها لم ير النور بعد لأنها اكتشفت داخل الشركات الصيدلانية التي أخفتها، على الأقل حينا من الوقت، عن منافساتها. ولهذا كله، لم تظهر أدوية واعدة حقا حتى الآن.

### *مستقبلات الخلية*

ثمة مجال آخر للإنجاز الحديث العهد في دراسات التركيب يتعلق بالمستقبلات في الأغشية السطحية للخلايا والتي تقوم بدور مُحِسات للمترابطات الكيميائية في البيئة. ففي حالة الكائنات الوحيدة الخلية يمكن أن تكون المترابطات مثلا غذاء تسبح نحوه الكائنات. وفي حالة الكائنات المتعددة الخلايا، تكون هذه المترابطات عموما هرمونات أو عوامل نمو تنتقل في مجرى الدم أو سوائل الجسم الأخرى إلى الخلايا أو الأعضاء المستهدفة. ومرة أخرى فإن علماء الصيدلة مهتمون بهذه التراكيب لأنها دريئات ممتازة للأدوية. ولكن ثمة أيضا قدر كبير من الاهتمام الأساسي بفهم طرق التفاعل بين المستقبلات (وهي بروتينات في العادة) ومترابطاتها (وبعضها بروتينات أيضا) وكيف تؤدي هذه الطرق إلى تغيرات كيماوية حيوية وسلوكية في الخلايا التي تحمل المستقبلات. أما ما يجري ضمن الخلايا، من تغيرات تعقب سياق تحويل الطاقة الإشاري هذا، فقد تم توثيقها توثيقا واسعا، أما كيفية انطلاقها في أول موقع فلن تفهم

(١) Yale University, USA.

بغير معلومات عن التركيب من النوع الذي بدأ يظهر الآن.

يوجد عائق كبير أمام حسم معرفة التركيب الثلاثي الأبعاد للمستقبلات، وهو أن حالتها الطبيعية ينبغي أن تكون منغمسة في غشاء له محتوى دهني عال. وإنه لمن الصعب جدا استخلاصها سليمة من هذه الأغشية ووضعها في محلول سواء لأجل دراستها بالرنين النووي المغنطيسي أو لأجل أغراض البلورة. ولحسن الحظ فإن الأجزاء التي تصل الترابطات بعضها ببعض ليست داخل الغشاء وإنما تبرز من سطحه الخارجي، وهذه الأجزاء تتصرف وكأنها بروتينات قابلة للذوبان. وقد اكتشفت تراكيب الأجزاء هذه في مستقبلَين خلال عام 1992. أحدهما هو مستقبل الحمض الأميني "أسبارتيت" على سطح بكتيريا معينة: ونتيجة ارتباط الأسبارتيت هي أن تتحرك البكتيريا نحو مصدر الأسبارتيت. وقد حل هذا التركيب <سونگ-هو كيم >وزملاؤه(٢). أما الآخر فهو مستقبل هرمون النمو البشري الذي توصل إليه فريق عمل بقيادة < توني كوسياكوف> (٣). وفي كلتا الحالتين، تم الحصول على التراكيب من المستقبل، كل على مترابطه الخاص ومرتبط به. وهذا ما أعطى أول معلومة راسخة عن نوع التغيرات التي تحدث في تركيب المستقبل كنتيجة لارتباط الترابط.

ثمة نتيجة مهمة من هذه الدراسات وهي الصورة الواضحة الأولى لكيف يمكن لجزيء مفرد من مترابط أن يرتبط بجزيئين من مستقبله (انظر الشكل J، قسم اللون P.viii). ومن الواضح أن هناك سطحين مختلفين لمترابط هرمون النمو البشري مشتركان في العملية، ومما يثير الدهشة أن الفرق قليل الوضوح جدا بين الموقعين اللذين يرتبطان بهما على جزيئي المستقبل. وعلى الرغم من أن أزواج جزيئات المستقبل تقترن اقترانا ضعيفا في غياب الهرمون، فإن مزاوجتها تتعزز بقوة في حضوره. وهذه المزاوجة مسؤولة عن نقل إشارة الهرمون إلى جوف الخلية. وثمة احتمال قوي جدا بأن ينتج من هذا تغيرات في تركيب تلك الأجزاء من جزيئي المستقبل التي تقع ضمن الغشاء أو على السطح الداخلي للخلية، وهذا هو الأهم. ولكننا سنضطر إلى الانتظار والترقب لأسباب شرحناها آنفا، لأن التركيب الذي تم تبينه هو فقط ذلك القسم من المستقبِل الواقع خارج الخلية.

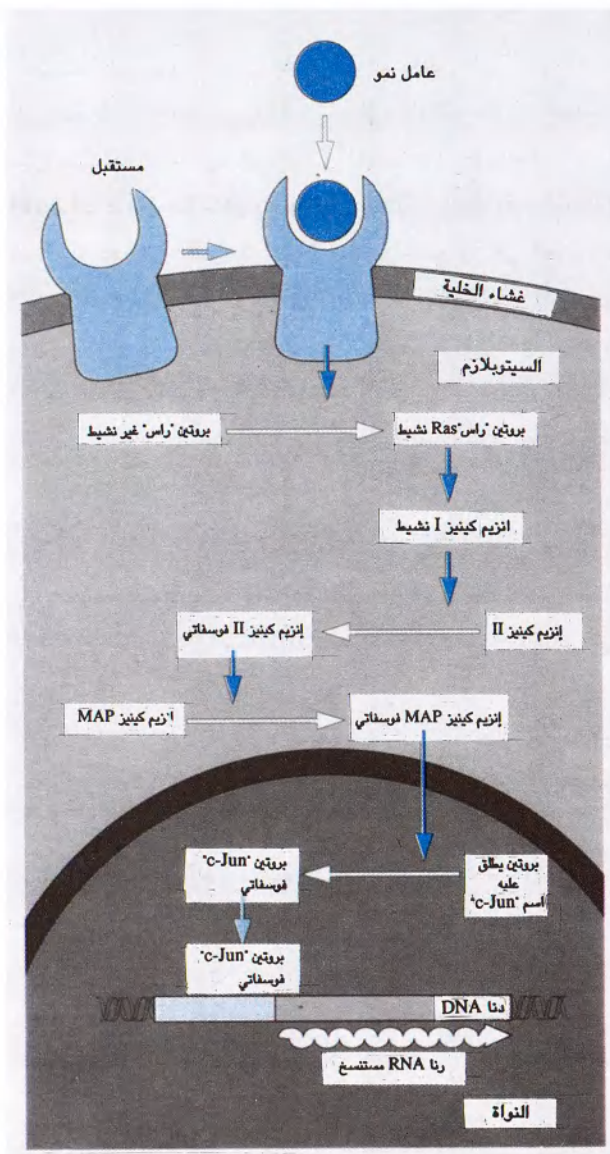
## إشارات

مهما تكن الأنماط الدقيقة للتغيرات التركيبية الحاصلة في جزء المستقبلات الواقع داخل الخلية والناجم عن اتحاد المترابط بجزء المستقبلات الواقع خارج الخلية، فإن النتيجة المباشرة هي إطلاق الأحداث داخل الخلية. هذه الأحداث معروفة ككل بأنها النقل الإشاري، وقد ازدادت معرفتنا بها من الناحيتين الاطرادية والمفهومية في السنوات القليلة الماضية. وإن الاهتمام الشديد مؤخرا بالنقل الإشاري مدين بالكثير إلى حقيقة أن قطع النقل في أي خطوة يمكن أن يسهم في تكوين أورام خبيثة. وإن الدليل على تكرار اقتران السرطان بطفرات في الجينات التي تكوّد البروتينات الداخلة في عملية النقل الإشاري مستمر في التعاظم. ومن المحتمل أن تكون الطفرات ضرورية في عديد من الجينات.

ثمة مفهوم طاغ هو أن كثيرا من الأحداث في النقل الإشاري تتضمن إضافة مجموعات من الفوسفات إلى البروتينات أو إزاحتها، تغيرات تنشّط أو تحبط وظائف البروتينات. وهذا المفهوم قديم، ولطالما كان هناك دليل على وجود وظيفة إنزيمات الكينيز التي تضيف الفوسفات إلى البروتينات أثناء النقل الإشاري. وحقا، ففي كثير من الحالات نجد أن أجزاء المستقبلات الموجودة داخل الخلايا نفسها لها نشاط إنزيمي كينيزي يتم تشغيله عندما يتصل المترابط بجزء المستقبِل الموجود خارج الخلية. ومنذ عهد أقرب، تم تعرّف العديد من إنزيمات الفوسفاتيز التي تزيح الفوسفات من البروتينات.

(٢) University of California, Berkeley. (٣) Genentech, California, USA.

**الشكل 1**
**سلسلة من إنزيمات الكينيز**




يمكن لارتباط عامل النمو بمستقبله على سطح غشاء الخلية أن يطلق سلسلة من الأحداث داخل سيتوبلازما الخلية تتضمن تتابع عمليات فسفرة بإنزيمات الكينيز تبلغ ذروتها في النسخ الجيني بنواة الخلية.
تمثل مجموعة فوسفات.

ثمة سبيلان بحثيان آخران مرتبطان بالموضوع كانا كاشفين بدرجة عالية. فأولا، اكتسبت مؤخرا معرفة وفيرة عن نوع البروتين الذي يصل الجزء الداخلي من المستقبلات المنشّطة بالبروتينات الأخرى كجزء من سيرورة النقل الإشاري. وبوسع هذه البروتينات الوصلية أن تتنوع تنوعا كبيرا في عدة مجالات، لكن جميعها تتصف بملمح واحد هو وجود ما صار معروفا بأنه منطقة SH2 التي هي جوهرية للوصل. فالمستقبلات المتصلة بشركائها بوساطة بروتينات تحوي SH2 هي على الدوام تلك التي جزؤها الموجود داخل الخلية له وظيفة كينيزية، والشركاء واحد من فصيلة من الإنزيمات التي وظيفتها تمرير الإشارة نحو نقاط النهاية.

كشفَ السبيل البحثي الآخر عن سلسلة كاملة من إنزيمات الفسفرة التي تصل مؤقتا المترابط بسطح الخلية عند نقطة النهاية لصيغ عديدة من تمرير الإشارة، أي تشغيل أو توقيف عمل الجين في نسخ الرنا. ويحوي أحد الأمثلة الموصوفة جيدا نسبيا سلسلة من ثلاثة إنزيمات كينيز توجّه الحركة عندما يرتبط عامل نمو بمستقبله على سطح الخلية (الشكل 1). والمستقبل نفسه هو كينيز، والحصيلة المبكرة لتنشيطه هي في المقابل تنشيط بروتين يعرف باسم « **راس** » Ras. ويبدو أن هذا البروتين ضروري ليثير الكينيز الأول في السلسلة ليفسفر وينشّط الكينيز الثاني والذي آنئذ يفعل الشيء نفسه للكينيز الثالث أو ما يعرف باسم "كينيز MAP". وفي النهاية يقوم كينيز MAP بفسفرة بروتين يسمى c–Jun والذي هو جزء من مجمّع يرتبط بجينات معينة ويشغّلها. أحد المساهمين الرئيسيين في هذا المجال من البحوث هو البروفسور <إدوين كربس>[٤] الذي منح جائزة نوبل في عام 1992 لهذا الإسهام الرائد في دراسة فسفرة البروتين. هناك برهان متعاظم على هذه العملية لسلاسل مشابهة جدًا في خلايا من كائنات حية أخرى تتراوح ما بين الخميرة والثدييات. ومن المؤكد حاليا أن هذا النوع من الآلية قد حفظ في مراحل التطور وتأقلم ليقوم بوظيفته في نقل أصناف كثيرة من الإشارات الى أصناف كثيرة تعادلها من نقاط النهاية.

## إسقاط الجينات

تقليديا، جاء شطر كبير من الفهم البيولوجي من دراسة الكائنات الطافرة. وهي التي نجمت إما عن الطفرات

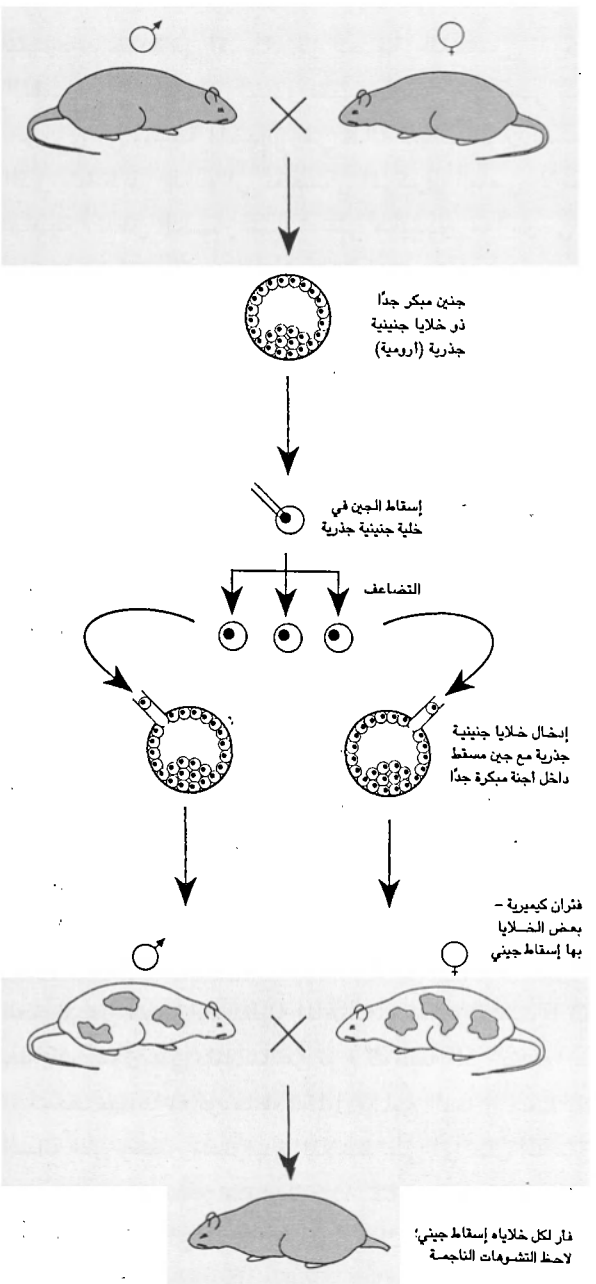
(٤) Washington University, Seattle, USA.

التصادفية التي حدثت تلقائيا- بمعنى، دون تدخل بشري - أو بوجود عوامل مطفرة. وعلى أي حال فقد طوّرت مؤخرا تقنيات تزيح بصورة جوهرية عنصر الصدفة وتسمح للمرء بإحداث طفرة في أي جين مختار. وتم استكشاف هذه التقنيات في كائنات بسيطة، لكن "الضربة القاضية" للجينات، كما تسمى عادة، أو إسقاط الجينات، ممكنة الآن في حيوانات التجارب المعروفة وفي النباتات. والتقنية المقياسية (الشكل 2) التي تبلورت الآن بالنسبة للفئران كان أول إنجازاتها إسقاط الجين في خلية أخذت من جنين فأر في مراحله المبكرة، ثم بوضع الخلية ذات الجين المسقط في جنين مبكر آخر لفأر آخر ينشأ عنه فأر كيميري (ذو نسيجين مختلفين وراثيا) كامل النمو. وفي فأر كهذا، ستفتقر كثير من الخلايا إلى الجين، بما فيها بعض الخلايا التناسلية (إما الحيوانات المنوية وإما البويضات، بحسب جنس الفأر). ولا يحتمل أن يكون لهذا أي تأثيرات جدية في الفأر نفسه، لكن بتربية الفأر الكيميري يمكن الحصول على نسل حيث تنتفي نسختا الجين كلتاهما من جميع أنسجته. وهذه الفئران ستوضح وتظهر التأثيرات الكاملة لإسقاط الجينات.

إن لتقانة إسقاط الجينات استعمالين رئيسيين. أحدهما تصميم نماذج حيوانية فيها أمراض بشرية سببتها طفرة جينية موروثة. والآخرهو محاولة تحديد وظيفة الجين.

إن مثالا حديث العهد عن محاولة لتحديد وظيفة الجين بالإسقاط سيوضح سبب حاجتنا إلى هذه التقنية، وأي نوع من المعلومات نحصل عليه. فالدراسات على *ذبابة الفاكهة* (*الدروسوفيلا*) تعرّفت عددا من الجينات المنخرطة في تحديد الطبيعة الشديدة التفصيص لجسم الذبابة. ويسمى أحد هذه الجينات "عديم الجناح"، لأن الذباب ينمو بلا أجنحة في حال غيابه. وعندما تم، لاحقا، تعرّف جين شبيه بجين "عديم الجناح" في الفئران، وذلك على أساس التشابهات في تسلسل الدنا DNA، كان السؤال: ماذا كان ما يدعى جين *Wnt-1* يفعل في الفئران؟ وجاءت الدلائل الأولى من الدراسة لمعرفة أي من أنسجة الفأر يتم فيها تشغيل الجين وأي مرحلة يتم فيها ذلك، كان الجواب القاطع هو أنها تنشط فقط في مناطق محددة من الجهاز العصبي المركزي النامي. ولكن، لسوء الحظ، أعطى ذلك دلائل قليلة عن الوظيفة الفعلية لبروتين *Wnt-1* الذي ينتجه الجين.

**الشكل 2**
**تصوير منهجي لطريقة إنتاج الحيوانات بالإسقاط الجيني**



جاء أثر آخر أقوى دلالة عندما حلل الدكتور <آندي مكماهون> وزملاؤه[٥] تطور الجهاز العصبي المركزي في الفئران الإسقاطية التي ليس لديها الجين *Wnt-1*. والنتيجة هي أن النسل الجنيني المفتقر إلى جيني *Wnt-1* تكون لديه تشوهات حادة في أقسام من الجهاز العصبي المركزي النامي، وإن البالغين تبدو عليهم أعراض توحي بخلل جوهري في وظيفة المخيخ. وفي حالة غياب الجين السوي، الذي ينشط في الجهاز العصبي المركزي النامي، لا تكون جميع مناطق الجهاز شاذة، على مايبدو، مما يوحي بأن جينات أخرى يمكن في بعض المناطق أن تحل محل *Wnt-1* المفقود. وأحيانا تحبط الجهود لتعيين وظيفة الجين، إما لأن الجين المفقود مهم إلى درجة أن الكائنات تموت وهي أجنّة من دونه مما يصعّب دراسة وظيفة الجين بالتفصيل أو، كما شرحنا قبل قليل، لأن جينات أخرى تكون متوافرة وتتسلم وظيفة الجين المفقود. أحد الأسباب هو أن أجهزة داعمة عديدة قد تطورت بدقة للحماية ضد فقدان جين جوهري. وقد تدعّم هذا ببراهين من تجارب أجريت على جين يكوّد أحد البروتينات المهمة والتي يخمد نشاطها أو حتى تحذف من الخلية. النتيجة المنتظرة هي أن الخلية لن تكون قادرة على البقاء في حين أن النتيجة الفعلية، في بعض الحالات، هي أن الخلية لا تعاني مشكلة، أو تعاني القليل منها. ولأنه من غير المعقول أن لا يكون للبروتين وظيفة في الخلية، فالتفسير الأرجح هو أن بروتينا آخر يقوم بالوظيفة.

ساد الاعتقاد ذات يوم بأن إسقاط الجينات يقع وراء مدى الإمكانيات التجريبية، وقد غدا التقنية القياسية في الفئران في السنوات القليلة الماضية. وسيكون أسلوبا قويا جدا للحصول على دليل ما عن نوع الوظيفة التي يؤديها جين اكتشف ببساطة بوساطة تحليل تتابع الدنا - كما باتت الحالة الآن وبصورة ستزايدة. لنلاحظ على أي حال أنه مازال غير قادر على تأمين معلومات دقيقة عن وظيفة الجينات. وهكذا فحقيقة أن الفئران المفتقرة إلى الجين *Wnt-1* لديها نشوزات فطرية في الجهاز العصبي المركزي، لا تفعل بذاتها شيئا أكثر من تضييق هذه الإمكانيات. ويوحي دليل آخر بأن البروتين هو نوع من الجزيء الإشاري الذي تفرزه خلايا تقوم بإنتاجه ثم يعطى إلى خلايا أخرى. لكن تجارب إسقاط الجينات لا تستطيع أن تختبر بسهولة هذه الافتراضات.

إلا أن قيمتها تكون أدق عندما تستعمل تقنية إسقاط الجينات لإنتاج نموذج مرضي في الحيوان، مما يسمح باختبار أشكال ممكنة من العلاج. فمثلا، ما إن تم تعرّف الجين الطافر في أشخاص ذوي تليّف متكيس، حتى أصبح ممكنا إسقاط الجين المكافىء لدى الفئران. ولهذه الحيوانات الكثير من الملامح،وليس كلها، التي لدى المرضى الشبان ذوي التليف المتكيس: انسداد أجهزتهم المعوية و تغييرات مرضية في الجهاز التنفسي ويختزل عمرهم إلى حد كبير. ومثال آخر عن إنتاج نموذج حيواني لمرض بشري عن طريق إسقاط الجين يأتينا من إيقاف تنشيط الجين الخاص بإنزيم يسمى "گلوكوسربروسيديز". والعاهات في هذا الجين تسبب لدى البشر مرض "گوتشر"، وهو الأكثر انتشارا من بين فئة من الأمراض، حيث تتجمع مواد معينة في الليسوسومات- تُحلِّل هذه المواد بوساطة الإنزيمات في الحالات الطبيعية. والأطفال الأشد إصابة، الذين ورثوا جينات الگلوكوسربروسيديز المشوهة، يموتون بسبب مرض عصبي بعد ولادتهم بوقت قصير، ونجد في الفئران التي عطلت فيها جينات الگلوكوسربروسيديز عددا من الأعرض تتوافق مع الاختلال الوظيفي للجهاز العصبي، وهي تموت خلال يوم واحد من ولادتها.

إن أكثر الأشكال جذرية في المعالجة التجريبية الممكن اختبارها في حيوانات ذات جين معلول هو العلاج الجيني، حيث تزوّد الحيوانات بنسخة من الجين الساقط يقوم بوظيفته قياما كاملا. وعموما، فالهدف هو وضع هذه النسخة من الجين داخل الخلايا أو النسيج الأخطر تأثرا بسبب غيابه - مثلا، العضلة في حالة الحثل العضلي، أو الخلايا الطلائية في حالة التليّف المتكيّس. وحديثا جدا، أظهر الدكتور <كريستوفر هيگنز>[٦] وزملاؤه في أكسفورد وأمكنة أخرى في المملكة المتحدة، أن العلاج الجيني سيشفي على الأقل بعض أعراض الفئران ذوات الأمراض الشبيهة بالتليف المتكيس عن طريق تقنية إسقاط الجين. وقد تم العلاج

(٥) Roche Institute of Molecular Biology, Nutley, New Jersey, USA.
(٦) Institute of Molecular Medicine, Oxford University, UK.

بإدخال نسخة من الجين البشري، مركب خصيصا في رغامى (القصبة الهوائية) الفئران بهدف دمج الجين بخلايا الرئات والممرات التنفسية. وتم الحصول على دليل بأن الجين قد اندمج ويقوم بوظيفته. والأهم من هذا، تمت استعادة الحالة السوية للنقل الكلوري غير السوي في الخلايا الطلائية للفئران. وبما أن هذه الشذوذات أو الحالات غير السوية مشابهة جدا لتلك التي تتسبب بشكل رئيسي في الموت المبكر لمرضى التليف المتكيّس، فثمة تفاؤل كبير أن هذا النوع من العلاج الجيني يمكن أيضا أن يساعد في حالة التليّف المتكيّس. وقد ووفق على اختبارات كهذه، ويتم العمل بها الآن. لكن أولى المحاولات التجريبية المكثفة في العلاج الجيني لمرض يصيب الأطفال، تضمنت حالات قليلة تعاني نقص إنزيم الأدينوزين دامیناز. وإن نقص الإنزيم القاتل هذا، وإن يكن نادرا، هو نتيجة خلل وراثي في جين الأدينوزين دامیناز. والعاقبة الرئيسية هي أن نظام المناعة في هؤلاء الرضى يكون مقصرا تقصيرا شديدا. وتجري الآن محاولات لاختبار ما إذا كان وضع نسخة فعالة من الجينات في خلايا الدم الجارية للمرضى سوف ينتج كميات كافية من الإنزيم لاستعادة نظام مناعة فعال بصورة معقولة.

### *خرائط الجينات*

إن المتطلب المسبق الواضح لأي شكل من أشكال العلاج الجيني هو توافر الجين. ومع ذلك ففي كثير من الأمراض التي تنجم كليا أو جزئيا عن خلل أو تغيرات وراثية يكون السبب أنه لم يتم عزل الجين أو الجينات المسؤولة. وحتى عندما لا يوجد تفكير في العلاج الجيني، وإنما هي ببساطة حالة رغبة في اكتشاف سبب مرض وراثي، وإن التناول الأكثر مباشرة هو تعرف الجين أو الجينات العليلة. وهذه حاجة من بين حاجات أخرى أدت إلى الخطة العظيمة الطموح لتحليل ومعرفة تسلسل الجينوم البشري، والعثور بالتالي على الجينات كلها، على الرغم من أنها تشكل قسما صغيرا فقط من مجموع الدنا DNA.

ثمة خطة مكملة، وأقل تطلبا بكثير، هي "رسم خريطة" الجينوم البشري بأكمله. وإن خريطة جينية كاملة ستسهل نسبيا مسألة تعرّف الجينات المقترنة بالأمراض، لأنها تؤمن سلسلة من الواسمات المرجعية التي تقود بدقة ألبحثَ عن جين مجهول. وتحتاج الواسمات إلى أن تكون في ترتيب محدد متساير مع الكروموزومات التي يمثل الدنا DNA الخاص بها جينوم الإنسان بأكمله، ومن الضروري وجود مسافة معينة بين كل زوج من الواسمات. وكلما قصرت المسافة بين الواسمات الثنائية ازدادت دقة واختصار أمد البحث عن الجين واصطياده.

إنّ تعرّف سلسلة جديدة وقوية من الواسمات عام 1989 زاد إلى حد كبير من جودة الخرائط الجينية، مثل خريطة عام 1992 المحتوية على 800 واسمة في الجينوم البشري التي أعدها <جين وايزنباخ> ومساعدوه [٧]. وعلى الرغم من هذا، فالمسافة بين هذه الواسمات تعادل ما بين 5 و 10 ملايين قاعدة من قواعد الدنا، مما يجعل تعرّف جين مفرد مهمة جسيمة. وعلى أي حال، فالخرائط التي بين واسماتها مسافة تتراوح ما بين 1-2 مليون قاعدة على وشك الانطلاق الآن. وعندما تتوافر تلك الواسمات ستصبح مهمة تحليل الأمراض البشرية التي تتحكم فيها عدة جينات مختلفة، مثل البول السكري ومرض ضغط الدم، على قدر أكبر من السهولة.

## إضافة الجينات إلى النباتات

يعتبر عمل الخرائط ومعالجتها مسعى ناشطا بين علماء وراثة النبات تماما مثلما هو بين هؤلاء الذين يدرسون وراثة البشر والثدييات الأخرى. وأهم شكل للاستغلال في النبات هو "إضافة" الجينات، وتلك تقنية أقدم وأبسط من "إسقاط" الجينات. فحيث تتطلب إزاحة الجين تهديفا دقيقا عليه - ما يعادل عموما العثور على إبرة في كومة قش- تكون إضافة جين زائد أقل تطلبا بكثير لأن دقة التهديف غير لازمة عند إضافة جين زائد إلى كروموزومات نبات (أو حيوان). وقد استعملت هذه التقنية لاستكشاف وظيفة الجين ولخلق متغايرات "مفيدة". ومما لاشك فيه أن استعمالها

(٧) Genethon, Paris, France.

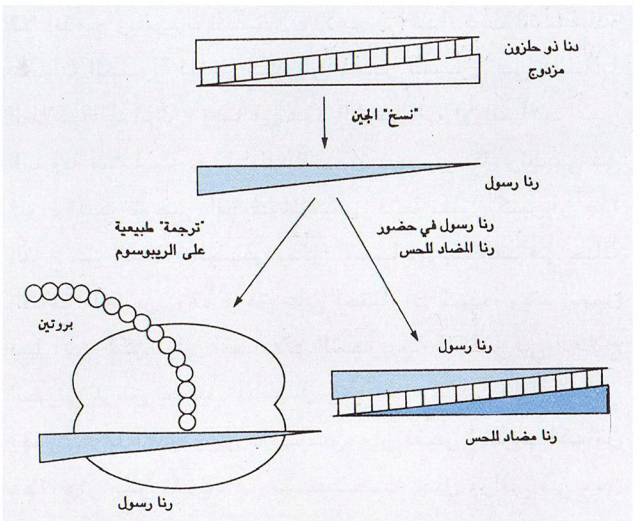
البالغ الأهمية في السنوات القليلة الأخيرة قد عمل على تغيير النباتات لفائدة شركات التقانة الحيوية ومربي النبات، والبشر أحيانا.

لعل النبتة الأكثر تقدما من ناحية تجارية ولها جين زائد هي الطماطم (البندورة). والطماطم الناضجة ناعمة وسهلة التلف.وبالتالي، إذا تعين نقلها بعيدا، فغالبا ما تقطف خضراء ومتينة. ومع أنها تنضج وتحمر بعد القطف، فجودتها الثمرية ونكهتها لا تعادلان ما للطماطم التي نضجت على شجرتها. وترتبط بهذا مشكلة أن الطماطم الناضجة لا تستغرق وقتا طويلا كي تتجاوز حدود النضج وتصير غير مستساغة- بمعنى، أنها لا تمتلك حياة طويلة على الرف.

وعلى هذا يقوم علماء التقانة الحيوية (بيوتكنولوجيو النبات) بالبحث عن طرق لتغيير شجيرات الطماطم بحيث تنضج ثمارها قبل وقت أطول من وقت قطافها، وحين تنضج تستمرّ وقتا أطول قبل أن تصير غير مستساغة المذاق. وكان هدفهم هو فهم الإنزيمات المنخرطة في عملية النضج، ومن ثم تأمين الشجيرات بجينات إضافية تعدل سيرورات النضج. وقد تمت عدة تناولات لهذا الأمر، وإن أكثرها تقدما ينبغي أن يؤدي إلى الطماطم "الطعمة" أو ما يسمى في الولايات المتحدة "Flavr-Savr"، خلال 1993.

وأحد الإنزيمات المشتركة في إنضاج الطماطم هو "بوليگالاكتورونيز". ومثل أي إنزيم أو بروتين، يتم بناء البوليگالاكتورونيز بحسب تعليمات ينقلها الرنا المرسال (الرسول) من الجين إلى "الريبوسوم".
ونظريا على الأقل، يمكن لهذه السيرورة أن تمنع بوساطة اختطاف الرنا المرسال؛ وعلميا فإن أفضل اختطاف للرنا المرسال هو جعله يقترن برنا مكمل أو "مضاد للمعنى" (الشكل 3). وظيفيا، فالنتيجة مكافئة "لإسقاط" الجين، على الرغم من أن المفعول ليس مطلقا. وقد تعلّم علماء التقانة الحيوية النباتية كيفية توليف الجينات التي ستنتج الرنا المضاد للمعنى وكيفية جعله يقوم بوظيفته في النباتات. وتحتوي شجيرات الطماطم "الطعمة" على جين إضافي لأجل

**الشكل 3**
**تحوير وظيفة الجين**




الطريقة التي بها يمنع الرنا المضاد للمعنى وظيفة الجين؛ والرنا الرسول الذي يحمل تعليمات من الجين إلى موقع توليف البروتين في الخلية يختطفه الرنا المضاد للمعنى.

رنا RNA مضاد للمعنى يزاوج مع رنا البوليگالاكتورونيز، فيمنع بذلك إنتاج الإنزيم. وكمحصلة، يمكن ترك الطماطم لتنضج لفترة أطول على شجيرتها، ولتتحسن نكهتها- بحسب ما تقول شركة التقانة الحيوية الأمريكية التي طورت هذه الشجيرات.

## العلاج الجيني والأخلاق البيولوجية

تسعى كل الإجراءات السريرية الجديدة الجذرية إلى إثارة مسائل أخلاقية، لكن العلاج الجيني أثار أكثر من معظمها. يعود هذا، جزئيا، إلى كونه مختلفا جدا عن الإجراءات الأخرى. لكن العامل الإضافي هو أن أهداف العلاج الجيني لا يمكن أن تنفصم بالكامل عن علم تحسين النسل، الذي هو دراسة التحسين الممكن للجنس البشري بتشجيع التناسل بين من يفترض فيهم امتلاكهم للجينات المرغوبة. فعلى أيدي بعض دعاة علم تحسين النسل (اليوجينيا) ، صار هذا يعني قمع أو إفناء هؤلاء الذين يفترض فيهم امتلاكهم لجينات أقل مرغوبية.

إن أفضل شيء لكي نتفحص أخلاقيات العلاج الجيني، كما تفهم الآن، هو أن نميز بين العلاج الجيني للخلية البدنية والعلاج الجيني لبزرة التكوين. الفرق الكبير هو أن الأول مهتم فقط بمحاولة تصحيح العاهة في فرد يعاني مرضا جينيا، في حين يفعل العلاج الجيني لبزرة التكوين فعله ليس فقط في فرد من الأفراد وإنما في نسله أيضا.

تقتصر المحاولات حتى الآن على العلاج الجيني البدني. وثمة إجماع على أن هذا مقبول أخلاقيا بصورة عامة. وقد أجريت الاختبارات التجريبية الأولى على مرضى في حالة خطرة، ومرضهم يهدد حياتهم بحيث لا يوجد علاج فعال آخر. هذا بحد ذاته يجعل القرار الأخلاقي سهلا نسبيا. وعلى أي حال، فمن المحتمل أن يتسع استعمال علاج الجينات البدني في أمراض أقل تهديدا. وعلى الرغم من هذا فلن يكون هدف العلاج أكثر من تحسين طول العمر وتحسين جودة حياة المريض، مثلما هو الأمر مع أي شكل آخر من أشكال العلاج. بالتالي، ما دام الإجراء سليما وليس له تأثيرات جانبية خطرة، فلن تكون هناك اعتراضات أخلاقية جدية عليه. أحيانا يثار اعتراض عندما يتم إدخال جين مقاوم للمضاد الحيوي لأسباب تقنية، في الوقت نفسه لإدخال جين للعلاج. وحين تستعمل هذه التقنية فإن هناك فرصة لإسهامها في انتشار مقاومة المضاد الحيوي عموما. وهذا بوضوح موضوع أخلاقي. ولكن، وفي ضوء العديد من الطرق المعينة التي تنتشر فيها مقاومة المضاد الحيوي، فهذا الأمر ثانوي، وسيزاح حالما يمكن لهذه التقانة أن تستبدل.

تصير الأمور الأخلاقية، مع العلاج الجيني لبزرة التكوين، أكثر إشكالا بكثير. إن الهدف الطبي لعلاج البزرة أقل تعاملا مع علاج المرض الجيني في فرد ما منه مع منع حدوث المرض بتصحيح العاهات الجينية أو التغلب عليها في الحيوانات المنوية أو البويضات أو الأجنة. ونظريا، يمتلك هذا أفضلية إضافية في أن العاهات لن تنقل إلى أجيال المستقبل. لكن ذلك يثير أيضا مشكلات أخلاقية خطيرة.

تبرز المشكلات بالضبط لأن العلاج الجيني لبزرة التكوين لايؤثر فقط في الفرد وإنما في أجيال المستقبل، وبصورة لا يمكن عكسها أساسا. وإحدى المشكلات الأخلاقية هي ما إذا كان لدينا أي "حق" في تغيير البنية الجينية لأجيال المستقبل. والثانية هي أن على العلاج الجيني للبزرة أن يعمل بغير الموافقة المطلعة للمريض على ما سيجري، وهذا يخرق واحدا من المفاهيم الأساسية للممارسة الطبية. صحيح إن الموافقة المطلعة للوالدين يمكن أن تعوض عن موافقة المريض في حالة كونه طفلا، ولكن مع العلاج الجيني للبزرة يجب اتخاذ القرار قبل البداية، أو بعد وقت يسير منها، وبالطبع فسيسري هذا ليس فقط على أنجاله وإنما على الخلف كله.

لو أن بوسع المرء أن يضمن أن علاج البزرة لن تكون له آثار جانبية خفية وطويلة الأمد، أو عواقب أخرى غير مرغوبة، لكان هناك قدر أقل بكثير من المسائل الأخلاقية في تطبيقه على أمراض يمكن أن تصير خطرة. إن التأثيرات الجانبية إمكانية مؤكدة، في حين يتكون العلاج الجيني من إضافة جين "صالح" لكي يتم تطويق المشكلة، لأن سيرورة إضافة الجين يشوبها الخلل، مع إمكان محتم للتأثيرات الجانبية الطويلة الأمد. وعلى أي حال، فعندما تتوافر التقنيات الموثوقة للاستعاضة عن الجين العليل بنسخة "صالحة"، ستنقص الأخطار الممكنة نقصانا كبيرا.

وسوف تنشأ مشكلة أخلاقية أكثر أساسية عن أي محاولة لاستعمال العلاج البزري لتزويد البشر بخصائص "مرغوبة" وليس لمنع المرض. فمثلا، قد يرغب والدان قصيرا القامة في إضافة جين زائد إلى هرمون النمو في بزرة التكوين لديهما، بحيث يكون أطفالهما وأحفادهما ذوي طول أكثر. أو، إذا تم تعرّف جين الذكاء ذات يوم، فقد يتسع الطلب على ضم نسخة إضافية منه إلى البزرة. ومن المفهوم أن يرغب معظم الآباء في أن يكون أطفالهم ونسلهم في المستقبل "أسوياء" على الأقل، وربما فوق الوسط في بعض النواحي، لكن الكثيرين سيحاجون بأن تعريف "سويّ" تعسّفي، وأن التنوع مهم جدا بالنسبة للجنس البشري. وفوق هذا فإن الطول، وأكثر منه الذكاء، هما النتيجة المركبة لعوامل جينية وبيئية، مما يزيد جدا صعوبة المرؤية المسبقة لنتيجة المعالجة الجينية لبزرة التكوين. إن أخلاقيات محاولة تغيير البنية الجينية الطبيعية للجنس البشري لأسباب غير منع الأمراض الخطرة هي أخلاقيات خلافية جدا.

(٨) University of Nottingham, UK.

ثمة دريئة ثانية ناجحة للرنا المضاد للمعنى في الطماطم، وهو الرنا المرسال الخاص بإنزيم داخل في توليف الإيثيلين الذي يقوم بدور مهم في سياق النضج الطبيعي. وقد أظهر مخبرحدون كريرسون>[٨] أن هذا المنهج يؤخر النضج تأخيرا كبيرا. وقد استعمل بنجاح منهج آخر لكف إنتاج الإيثيلين، وهو أن يضاف إلى الطماطم جين بكتيري يكوّد الإنزيم الذي يدمر واحدا من المركبات الوسيطة في توليفة الإيثيلين في النباتات. وتكون الطماطم المنتجة من هذه النباتات أصلب من الطماطم العادية لمدة ستة أسابيع إضافية على الأقل.

قد يبدو تحسين نكهة الطماطم في المخازن الكبرى إنجازا تافها نسبيا بالنسبة لهندسة النبات الجينية. ولكن مسيرة الطماطم المتينة ستجر مسيرات في النباتات الأخرى. إن مقاومة الحشرات والفيروسات والميكروبات التي تسبب أمراضا، هي خواص مرغوبة بازدياد عموما، وعلماء التقانة الحيوية يحاولون هندستها داخل النباتات بوساطة تقنية إضافة الجينات. وأحد الأهداف هو إضافة جين من البكتيريا (*باسيلوس ثورينجيينسس*) إلى النباتات بحيث يمكن لهذه أن تنتج مركبا بكتيريا معروفا منذ عهد بعيد بكونه ساما للحشرات. وفي الحقيقة فإن سم الباسيلوس نفسه يستخدم استخداما واسعا كقاتل حشرات في الحاصيل من قبل. لكن هذا لن يغدو ضروريا إذا أنتجت نباتات المحاصيل نفسها المادة السمية بكمية كافية فعالة. وقد يكون هذا صعب المنال، لكن تعديلا بسيطا في الجين البكتيري قد اكتشف مؤخرا، لحسن الحظ، وبوسعه أن يسبب زيادة كبيرة في كمية المادة السمية التي تنتجها النباتات الحاملة لهذا الجين. وقد اختبرت نباتات تحتوي على المادة السمية البكتيرية في الحقول، فظهرت بوضوح مقاومتها المنشودة لتغذية الحشرات. ومن المرجح أن يكون القطن أول محصول يطوح تجاريا وتكون مقاومته للحشرات في بنائه الوراثي.

في مجال زيادة مقدرة النباتات على مقاومة الإصابات الفيروسية، فإن أكثر الجينات المضافة ارتيادا من قبل العلماء تتضمن تزويد النباتات بجين من الفيروس نفسه. وبسبب هذا تكون النباتات نفسها التي تنتج بروتين الغلاف الفيروسي هي أقل تهيؤا للإصابة من قبل الفيروس. وقد استكشفت هذه التقنية في شجيرات التبغ التي تصير مقاومة لفيروس التبغ الفسيفسائي، وتبين مؤخرا نجاحها الواسع، مثلا، في استنبات شجيرات البابايا بمقاومة زائدة لفيروس بقع البابايا الحلقية.

ثمة نوع آخر من الجين المضاف، وهو يعدّل النباتات بحيث تصير مقاومة لعديد من أنواع المرضات الميكروبية. وفي هذه الحالة فالفكرة هي العثور أولا على جينات النباتات المهيأة بطبيعتها للدفاع عن النباتات ضد وجود العوامل المرضة، ومن ثم إضافة نسخ أخرى معدلة من هذه الجينات إلى النبتة. وقد يؤمن التعديل، مثلا، إنتاجا مستمرا للبروتين القائم بالحماية، وليس فقط حينما تتعرض النبتة للهجوم، أو قد يؤمن ازديادا أكبر بكثير من المعتاد لكمية البروتين القائم بالحماية، الذي ينتج استجابة للهجوم. وهذا النوع من التقنية يتم إجراؤه الآن فقط في المخابر ويمضي إلى التجارب الميدانية.

حتى الآن كانت الطماطم والتبغ والبطاطا هي النباتات التي ارتيدت فيها تقنيات الجين الإضافي أكثر من غيرها. على أن دريئات أخرى أهم قد جاءت من نباتات الحبوب الرئيسية في العالم مثل الرز والقمح والذرة. وقد تعثّر النجاح في هذه النباتات لأن التقنيات التي طورت لإضافة الجينات إلى نباتات أخرى لم تنجح جيدا مع نباتات المحاصيل هذه، وتعين بالتالي تطوير تقنيات أخرى. وفي أنجح الطرائق حتى الآن، تدخل الجينات مباشرة إلى النسيج الجنيني لنبتة المحصول، إما بإطلاق مقذوفات دقيقة تحتوي على الدنا(DNA) داخل الخلايا الجنينية، أو "بصدم" البروتوبلاستات كهربائيا أو اسموذيا بحيث تصبح نفوذة لجزيئات الدنا. وفي كلتا الحالتين يندمج الجين الجديد ببعض الخلايا، والنباتات المجدَّدة من هذه الخلايا سوف تحمل الجين الجديد. وقد أُخضع الرز لهذا النمط من التقنية عام 1988، والذرة عام 1990، والقمح عام 1992. وما إن تحل التقنيات في محلها المطلوب، حتى يمكن بسرعة اختبار

(٩) CIBA-GEIGY Agricultural Biotechnology Research Unit, North Carolina, USA.

إضافة الجينات الكامنة الفائدة إلى هذه النباتات. وقد نشر <مايكل كوزيل> وزملاؤه[٩] دليلا على أن إضافة جين من البكتيريا *باسيلوس ثورينجيينسس* إلى الذرة تزود النباتات بمقاومة زائدة لثاقب الذرة الأوروبي الذي يأكلها، وهو حشرة وبائية رئيسية في أمريكا الشمالية وأوروبا.

زرعت نباتات قليلة فقط، نسبيا، خارج المخبر. ويعود هذا جزئيا إلى الخشية من احتمال أن يؤدي التخاصب (التلقيح) الخلطي إلى انتقال الجينات المضافة إلى نباتات برية ذات صلة لصيقة، وهي قد لا تكون محل ترحيب هناك لعدد من الأسباب، لذلك اتخذت إجراءات وتنظيمات في معظم البلدان للتأكد من أن لا تزرع النباتات ذوات الجينات المضافة خارج المخبر إلى أن يتم اختبارها بعناية في المخبر، وأن لا يسمح بالزراعة إلى حين استكمال تجارب محدودة النطاق وإجازتها. أما السبب الثاني للتأخير فهو ضرورة التأكد من أن إضافة الجين إلى نبتة ما لن تكون لها مضاعفات مؤذية على النبتة نفسها: وهكذا فلن تكون ثمة قيمة كبيرة لو أن شجيرات الرز، التي جعلت عالية المقاومة للممرضات، أعطت نصف الإنتاج المعتاد من الرز فقط. مع ذلك فقد قدر أن ما يزيد على 400 اختبار حقلي لنباتات معدلة جينيا قد تمت في 1992، معظمها في أمريكا الشمالية وأوروبا والصين، وأنه لن يمضي وقت طويل قبل أن يتم تداول واستعمال هذه النباتات عموما.

وسوف تتبعها اختبارات عديدة أخرى ما دامت الهندسة الوراثية تستعمل لتعديل التركيبة الكيميائية للنباتات كيما تزداد قيمتها بطريقة أو بأخرى. فمثلا، يستعمل نشاء النبات في الصناعات الغذائية والكيميائية معا، وتؤثر في قيمتها كل من نوعية وكمية النشاء المستخلص من النباتات. وقد تم الآن عزل عدد من الجينات المسؤولة عن الإنزيمات التي تقوم بدور في البناء الحيوي للنشاء، وتم البدء بإنتاج نباتات تكون الجينات فيها إما مكفوفة أو معدلة، أو نباتات أضيفت إليها إما جينات من نباتات أخرى أو بكتيريا. وبدىء في تجارب موازية لتنويع تركيبة زيت بذور النباتات. وفي حالة واحدة استعملت طويقة الرنا المضاد للمعنى لإحداث زيادة مثيرة في محتوى ملح الحمض الدهني ستياريك في زيت بذرة اللفت. وفي إجراءات أخرى لإضافة الجين تفتح الطريق إلى المستقبل، تم تحويل نباتات إلى "معامل" لإنتاج مركبات ليست من أصل نباتي ومفيدة طبيا أو صناعيا. وهكذا فالنباتات المزودة بجينين بكتيريين لازمين لإنتاج شكل من أشكال المادة البوليميرية الطبيعية (وهذه مفيدة تجاريا كبلاستيك قابل للتفكيك بيولوجيا) يمكنها بذاتها أن تنتج كميات ضئيلة من بوليميرات مماثلة. والنباتات المحتوية على جينات مستمدة من خلايا الجهاز الناعي للثدييات، تستطيع أن تصنع أجساما مضادة.

ينبغي أن نذكر أنه إذا كان مربو النباتات قد أمضوا عهدا طويلا في عمل "تحسين" التركيبة الوراثية لنباتاتهم المفضلة، فإن تبنيهم لتقنيات الهندسة الوراثية قد أدى إلى معارضة كبيرة لأسباب متنوعة.

تعلقت المخاوف الأولى بسلامة الإجراءات، لاسيما أن الجينات المضافة إلى أحد الأنواع هي في أغلب الحالات مأخوذة من نوع آخر. وأدى هذا الخوف إلى تطوير إجراءات سلامة ما لبثت أن تراخت قليلا لأن كثيرا من المخاوف الأولى قد تبين أنها بلا أساس إلى حد كبير.

ومؤخرا صارت المخاوف متعلقة بمشكلات ظنية أكثر من كونها مشكلات حقيقية ترتبط بالإجراءات ونتائجها. إن حالة الطماطم"الطعمة"، التي ذكرناها آنفا، ستوضح هذا الأمر. وبما أنه من المرجح أن يرحب المستهلكون بطماطم ألذ مذاقا، ما دام السعر ليس أعلى من سعر الطماطم العادية، فلماذا تقوم معركة حول مقبولية هذه النباتات في الولايات المتحدة؟ ويبدو أن المشكلة هي أن الانشغال الصادق بالاستعمالات الأكثر تطرفا للهندسة الوراثية، قد أدى إلى اهتمام شعبي ذي معلومات سلبية حول الغذاء المهندس وراثيا. إن صانعي ودكاكين الأغذية يتعرضون للضغط من المجموعات المستهلكة كي يمنعوا، أو أن يميزوا هذه الأطعمة بورقة بيانات على الأقل، وعلى الأغلب سيتجاهلون الحقائق بدلا من المجازفة بخسارة الشغل. أما المحاجة الأكثر حذلقة ضد الطماطم "الطعمة" فهي أن الطماطم مازالت تحتوي على

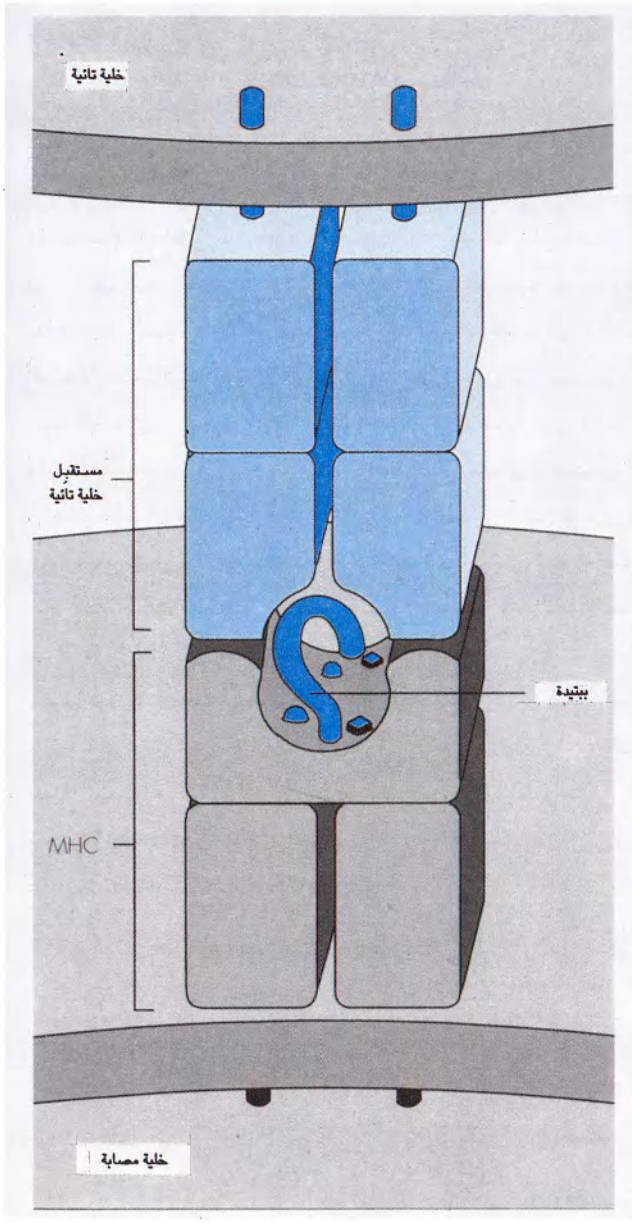
الجين الواسم المستعمل في دمج الجين الذي يؤثر في النضج، وأن الجين الواسم يمكن أن ينتشر إلى أنواع أخرى ويمكن أيضا أن ينقص فاعلية المضاد الحيوي البشري. وحتى لو أمكن تلافي هذه الاحتمالات، فمن غير المحتمل أن تهدأ بسهولة المعارضة اللاعقلانية نوعا ما للأغذية المهندسة جينيا.

## معالجة الأنتيجينات (مولدات المضاد)

إن الأجسام المضادة هي نتاج حيوي من الجهاز المناعي، لأنها تتبين الواد الغريبة في الجسم وتمضي قدما نحو إزالتها، فهي بهذا مسؤولة جزئيا عن وضع حد لأفعال المُمرضات. إنها فعالة في ظروف عديدة، إلا أنها ضئيلة الفائدة عندما يتعلق الأمر بتصفية الخلايا التي أصابتها المُمرضات. ولهذا السبب يستولد نظام المناعة خلايا يمكنها أن تتبين وتقتل جميع الخلايا المصابة. ويتضمن سياق التبين تفاعلا للجزيئات على سطوح الخلايا المناعية والخلايا المصابة. وحديثا، تعلمنا الكثير جدا عن هذا التفاعل والأحداث التي تجعله ممكنا.

تسمى الخلايا المناعية التي تشارك في هذه العملية "**خلايا تائية** "T cells (لأنها مشتقة من الثيموس)، والجزيئات التي على سطحها، المنخرطة بقوة في تعرّف الخلايا المصابة، تسمى مستقبلات الخلية التائية. وإن ما تتعرفه هو نثرات من بروتينات المُمرضات (الشكل 4). وتبزغ هذه النثرات- ببتيدات مكونة من نحو عشرة أحماض أمينية – من على سطح الخلايا المصابة الراسية على سطح معقد التوافق النسيجي الرئيسي أو بروتينات الـ MHC (الاسم الكامل لهذه البروتينات يشير إلى اكتشافها باعتبارها البروتينات التي تحتاج إلى أن تكون جيدة التوافق بين الأفراد اذا ما أريد عدم رفض ترقيع [نقل]الأعضاء أو الأنسجة).

**الشكل 4**
**تعرُّف الببتيدة**




رسم توضيحي دقيق يبين التفاعل بين مستقبل خلية تائية على سطح خلية تائية وبين ببتيدة ترسو في موقع على جزيء معقد التوافق النسيجي الرئيسي MHC، على سطح خلية مصابة بُممرض.

(١٠) Max Planck Institute, Germany. (١١) Harvard University, USA.

تمكّن، حديثا، <هانز- جورج رامنسي> وزملاؤه[١٠] من الحصول على معرفة حجم وهوية الببتيدات الراسية في المركّب مع الـ MHC، وذلك بوساطة تحليل بالغ الحساسية للببتيدات التي يمكن إطلاقها كيميائيا من جزيئات الـ MHC العالية النقاوة. وقد أظهر هذا النوع من المعلومات أن بعض الأحماض الأمينية تتشابه في جميع الببتيدات، مما يشير إلى انخراطها في إرساء الببتيدات في مركب الـ MHC، حيث الأخرى أشد تنوعا. وجاء تقدم كبير آخر في الفهم عندما قام علماء يقودهم الدكتوران <باميلا بيوركمان> و <دون وايلي>[١١] بإنتاج أول تراكيب واضحة ثلاثية الأبعاد لمركبات الـ MHC، والببتيد، مظهرين أن الببتيدات القصيرة تدخل بأناقة وإتقان داخل ثلمة على سطح جزيء الـ MHC. وأن هذه الثلمة هي التي "تواجه" مستقبِل الخلية التائية، وتسمح بالاحتكاك المباشر بين المستقبل والببتيد والـ MHC، وهو احتكار مركزي بالنسبة لسياق التعرف.

كيف يمكن لنثرات ببتيد المُمرض الموجود داخل الخلية أن توجد على السطح في مركب مع الـ MHC؟ لقد استدعى هذا السؤال كثيرا من البحث وفهما متناميا،ولكنه مازال ناقصا، لعديد من السيرورات ذات العلاقة. وإن أهم اكتشاف هو أن ثمة مسلكين مختلفين تصل الببتيدات عبرهما إلى السطح – يتناظران مع وجود نمطين مختلفين من جزيئات الـ MHC – معروفين بـ : الصنف I والصنف II. وسبب هذه القسمة متعلق بمكانين رئيسيين داخل الخلية حيث توجد في العادة بروتينات من المُمرضات.

إن هذه البروتينات موجودة في سيتوبلازما الخلية حيث تتناثر فتصير ببتيدات، وبخاصة في حالة الفيروسات التي تستعمل آلية الخلية المصابة نفسها لصنع المزيد من البروتينات الفيروسية. ويُنقل بعض هذه الببتيدات إلى داخل الشبكة الإندوبلازمية للخلية حيث تشكل مركبا مع جزيئات الصنف I من الـ MHC المستعدة والمنتظرة. وما إن يتشكل المركب حتى ينتقل إلى خارج الخلية. إن بعض المُمرضات الأخرى، بما فيها تلك التي تسبب البرص والسل، إما أن تتضاعف أو تتفكك داخل حويصلات الخلية. وفي كلتا الحالتين تتناثر بعض بروتيناتها إلى ببتيدات في هذه الحويصلات حيث تلتقطها جزيئات الصنف II من الـ MHC العابرة للحويصلات في طريقها إلى سطح الخلية.

تعتبر الطريقة التي يتعرف بها مستقبِلُ الخلية التائية مركبَ ببتيد-MHC معين عالية التخصص، لأن المستقبِل يأتي في أشكال مختلفة وعديدة جدا، ولا تتنشط من الخلايا التائية إلا تلك التي تمتلك بالضبط الشكل الصحيح لتبين المركب الخاص. إلا أن هناك شكلا مختلفا جدا من أشكال التفاعل بين مستقبِل خلية تائية وجزيء من الصنف IIمن الـ MHC وجزيء من المرض تم اكتشافه مؤخرا. وفي هذه الحالة ينخرط في التفاعل بروتين المرض بكامله وليس نثرة ببتيد. ويتفاعل البروتين مع سطح المستقبل وجزيئات الـ MHC ولا ينحشر في ثلمة الـ MHC. وأفضل ما هو معروف عن هذا النمط من البروتين هو الجوهر السّمّي في بكتيريا المكورات العنقودية التي تسبب متلازمة الصدمة السمية. وهذه البروتينات معروفة بأنها أنتيجينات فائقة لأنها تنشّط عددا كبيرا من الخلايا التائية، بعكس نثرات الببتيد. وبالنسبة إلى وظيفتها فإنها تختلف جدا نتيجة نمطي التنشيط : ففي حين تنشّط الببتيدات خلايا تائية لتدمير الخلايا المصابة، فإن تنشيط الخلايا التائية بوساطة الأنتيجينات الفائقة يكون جزءا من آلية تتمكن فيها المرضات المنتجة لها من تأخير التدمير أو تفاديه. وهكذا فالخلايا التائية، التي نشّطتها الأنتيجينات الفائقة، قد تنتج مركبات تقمع الاستجابة المناعية للممرضات وقد تصير أكثر تحسسا للإصابة بهذه المرضات.

لقد تفتحت مسارات بحث كثيرة في تضمين علاجي ممكن لنظام المناعة بفضل نمو معرفتنا بالسيرورات التي يتضمنها تعرف الخليةِ التائية البروتيناتِ والببتيدات المرضةَ وتنشيطها. لكن سيمضي وقت قبل أن يصير معروفا ما إذا كانت ستنبثق أي صيغ عملية للعلاج.

## احتمالات حسنة

أمكننا في هذا المقال أن نسلط الضوء فقط على بعض مجالات النمو الأكثر إثارة في العلوم البيولوجية خلال السنوات الثلاث الماضية. ولم تناقش هنا مجالات أخرى لها

أهمية كبيرة، ولكن يمكن أن تنطلق بنمو سريع. أحد هذه المجالات هو البيولوجيا العصبية. وفي الحقيقة ليس ثمة نقص في العمل الوصفي الذي يعيّن القائمة المتعاظمة دائما من الجزيئات ومستقبلاتها المنخرطة في سيرورة نقل الرسائل بين الخلايا العصبية. وتوجد الآن علامات على أن الكثير من هذه المعلومات يمكن أن تستعمل استعمالا مثمرا في فهم ترتيب الدورات العصبية والقاعدة العصبية للتعلم والذاكرة. وفوق هذا، فيمكن استعمالها في تصميم أدوية أكثر حذلقة لعلاج الأمراض العقلية مما هو متوافر الآن. وإن علم بيولوجيا التكوين موشك أيضا على دخول مرحلة نمو تفسيرية. وبعض هذه المبادىء الأساسية المشمولة في بواكير مراحل النمو، مثل تحديد خطة الجسم الأساسية، قد استقصيت استقصاء مستفيضا في كائنات بسيطة مثل ذبابة الفاكهة. وإذ يتضح بسرعة متزايدة أن الكثير من هذه المبادىء تنطبق أيضا على الفقاريات، فالمعلومات من أي نظام ما تساعد المعلومات عن الأنظمة الأخرى، وإن دراسة النمو هي على وشك الانفجار.

**بيتر نيو مارك** : هو محرر (**البيولوجيا الحالية** *Current Biology*) والمدير الإداري لشركة البيولوجيا الحالية المحدودة. عمل خلال ستة عشر عاما في هيئة تحرير مجلة *Nature* بصفته محرر البيولوجيا – وبعدها عمل نائبا لرئيس التحرير.

تلقى نيومارك تدريب الإجازة الجامعية الأولى والدراسات العليا في جامعة أكسفورد وأمضى عدة سنوات عالم بحث لما بعد الدكتوراه في الكلية الطبية لمشفى القديس بارثولوميو في لندن.

# ملحق : جداول إحصائية

### ملحوظة إيضاحية

يشار إلى الملحوظات المتعلقة ببيانات معينة بعلامة حاشية هي † مقابل أسماء البلد أو المنطقة ذات العلاقة. والنصوص التي تقابلها موجودة في نهاية الجدول الخاص بها.

وهناك أيضا ملحوظات عامة عن كل جدول تأتي قبل ملحوظات البلد.

والرموز الآتية مستعملة أيضا عبر الجداول:

| | |
|---|---|
| – | المقدار صفر |
| 0 أو 0.0 | المقدار أقل من نصف الوحدة المستعملة |
| ... | بيانات غير متوافرة |
| □ | الصنف لا يصلح هنا |
| * | بيانات مؤقتة أو تقريبية |
| ./. | بيانات متضمنة في صنف آخر في مكان آخر |
| → | الرقم إلى اليمين مباشرة يتضمن بيانات للعمود (الأعمدة) التي يظهر فيه (فيها) هذا الرمز |

# إحصاءات عن العلم والتقانة

يقدم هذا الملحق بيانات مختارة عن العلم والتقانة، مأخوذة من (الحولية الإحصائية)، 1992 لليونسكو، وهو نتيجة مجهود عالمي لجمع البيانات قامت به المنظمة في ميدان العلم والتقانة . وقد أخذ معظم البيانات من الاستبيانات الإحصائية السنوية عن قوة العمل والإنفاق على البحث والتطوير التجريبي ، التي أرسلت إلى الدول الأعضاء في اليونسكو خلال السنوات الماضية، وأكملت أو استكملت ببيانات من عمليات مسح سابقة ومن تقارير وإصدارات رسمية.

## تعاريف

يمكن تعريف التعابير المستعملة في هذا الملحق كما يلي:

***نوع طاقم العمل***

**علماء ومهندسون:** أشخاص يعملون بموجب هذه الأهليات، بمعنى أنهم، أشخاص ذوو تدريب علمي أو تقاني (عادة، إتمام المستوى الثالث من التعليم) في أي ميدان علم كما هو معرّف أدناه، وقائمون على عمل احترافي في فعاليات البحث والتطوير، وإداريون وطواقم أخرى رفيعة المستوى يديرون تنفيذ فعاليات البحث والتطوير.

**تقنيون:** أشخاص يعملون بموجب هذه الأهلية في فعاليات البحث والتطوير، ممن تلقوا تدريبا مهنيا أو تقنيا في أي من فروع المعرفة أو التقانة من مستوى محدد (عادة، ثلاث سنوات على الأقل، بعد المرحلة الأولى من المستوى التعليمي الثاني).

***طواقم عمل مساعدة:*** هؤلاء الذين يقترن عملهم مباشرة بإنجاز فعاليات البحث والتطوير، بمعنى، طواقم الكتبة والأمناء والإداريين، والعمال المهرة وأشباه المهرة وغير المهرة في مختلف الحرف، وجميع طواقم المساعدين الآخرين، باستثناء طواقم الأمن والخفارة والصيانة العاملين في فعاليات عامة لإدارة الممتلكات والتجهيزات.

وينبغي ملاحظة أن الطواقم كلها عموما ينظر في أمر ضمها إلى الأصناف المناسبة بغض النظر عن مكانة المواطنة أو بلد الأصل.

***قوة العمل العلمية والتقنية***

يتم الحصول على مؤشر لمجموع القوة العددية للموارد البشرية المؤهلة إما من المخزون الكلي أو من المجموع الكلي لعدد الأشخاص الفاعلين اقتصاديا، الذين يمتلكون المؤهلات الضرورية لأن يكونوا علماء أو مهندسين أو تقنيين.

***المخزون الكلي للقوة العاملة المؤهلة (م.ك)***

عدد الأشخاص بحسب ماوصف أعلاه، بصرف النظر عن الفعالية الاقتصادية، العمر، الجنس، الجنسية، أو خصائص أخرى، الموجودين على الأرض الأهلية لبلد ما في تاريخ إسنادي معطى.

***كمية القوة البشرية الفاعلة اقتصاديا (ف.إ)***

تتضمن هذه الفئة كل الأشخاص من الجنسين، كما بينا أعلاه، العاملين في، أو الباحثين عن العمل في، أي من فروع الاقتصاد في تاريخ إسنادي معطى.

***طواقم العمل المياوم أو الساعيّ في البحث والتطوير، والمكافىء المياوم***

كل البيانات المتعلقة بالطواقم، ولاسيما العلماء والمهندسون، تحسب بموجب المكافىء المياوم (م م FTE#)، وهو وحدة قياس تمثل شخصا يعمل عملا **مياوما** *full - time* خلال فترة معطاة، وتستعمل هذه الوحدة لتحويل الأرقام المتعلقة بعدد العمال **الساعيّين** *part - time* إلى العدد المكافىء من العمال المياومين.

***البحث والتطوير التجريبي (R&D) ، (ب و ت)***

عموما، تعرف عبارة {البحث والتطوير (R&D)} بأنها أي فعالية خلاقة منهجية يقام بها لزيادة مخزون المعرفة، بما فيها معرفة الإنسان، والثقافة، والمجتمع، واستعمال هذه المعرفة لابتداع تطبيقات جديدة. وتتضمن البحث الأساسي (وهو العمل التطبيقي أو النظري الذي يقام به بغير غاية عملية مباشرة مقصودة)، والبحث التطبيقي في

ميادين مثل الزراعة، الطب، الكيمياء الصناعية...الخ. (وهو البحث الموجه بصورة رئيسية نحو هدف أو غرض خاصّين عمليين)، وشغل تنموي تجريبي يؤدي إلى أدوات ونتاجات ومسارات جديدة.

***ميدان الدراسة***

ميادين الدراسة العريضة في العلم والتقانة، المستعملة في هذه الجداول، هي التالية:
العلوم الطبيعية، الهندسة والتقانة، العلوم الطبية، العلوم الزراعية، العلوم الاجتماعية والإنسانية، وميادين أخرى.

***الإنفاق على البحث والتطوير***

مجموع الإنفاق المحلي على فعاليات البحث والتطوير يشير إلى كل إنفاق يصرف لهذا الغرض خلال سنة إسنادية في مؤسسات ومنشآت أقيمت على أرض وطنية، وكذلك منشآت مقامة في الخارج.

يتألف مجموع الإنفاق على البحث والتطوير من (الإنفاق الجاري)، بما فيه النفقات غير المباشرة والإنفاق من رأس المال. والإنفاق الجاري ضمن المؤسسة يقسم بدوره إلى تكاليف شغل وتكاليف جارية أخرى.

***مصدر التمويلات***

تم تعريف المصادر المالية التالية للإنفاق المحلي على فعاليات البحث والتطوير:

**تمويلات حكومية:** تتضمن التمويلات التي تؤمنها الدولة المركزية (أو الاتحادية) أو السلطات المحلية.

**تمويلات المشروعات الإنتاجية والتمويلات الخاصة:** هي تمويلات مخصصة لفعاليات البحث والتطوير من قبل مؤسسات مصنفة في القطاع الإنتاجي، وكل المبالغ المتسلمة من (صندوق التقدم الاقتصادي والتقني) وتمويلات أخرى مماثلة.

**تمويلات أجنبية:** تمويلات متلقاة من الخارج لأجل فعاليات البحث والتطوير القومية.

**تمويلات أخرى:** تمويلات لا يمكن تصنيفها تحت أي من التقسيمات السالفة.

## الجداول

يقدم الجدول 1 بيانات عن العلماء والمهندسين القائمين بأعمال بحث وتطوير، موزعة بحسب ميدان الدراسة، أي ميدان علم تأهيلهم، وبحسب قيامهم بالعمل مياومة أو ساعيًا. إن مكافئهم المياوم معطى أيضا، وكذلك تقدم بيانات منفصلة عن النساء حيثما أمكن.

يتعلق الجدول 2 باتجاهات حديثة في مجموع الطواقم وأنواعها الثلاثة - العلماء والمهندسين، والتقنيين، والمساعدين - القائمة بالبحث والتطوير.

الجدول 3 مكرس للقوة البشرية العلمية والتقنية. وهو يعرض إمكان القوة البشرية في العلم والتقانة، وهم أولئك الذين حازوا المؤهلات اللازمة ليصيروا علماء أو مهندسين أو تقنيين، وأيضا العلماء والمهندسون والتقنيون العاملون في البحث والتطوير وعلاقتهم بمجموع السكان، وقدمت أيضا العلاقة بين العلماء والمهندسين المحتملين وأولئك المنخرطين في البحث والتطوير، كما يعطى معدل المساعدة للعلماء والمهندسين، بمعنى عدد التقنيين بالنسبة لكل عالم أو مهندس منهمك في البحث والتطوير.

يمكن مشاهدة بنية تمويل البحث والتطوير في الجدول 4، الذي يقدم توزع الإنفاق الكلي (أو بالمقابل، الإنفاق الجاري) على أربعة أصناف من مصادر التمويل. ومرة أخرى، فالبيانات معروضة بالعملات القومية، وبنسب مئوية عندما تعتبر المعلومات كاملة إلى درجة كافية بحيث تمكن القارىء من المقارنة بين الأقطار في الجهود المبذولة من مختلف الداعمين الماليين لفعاليات البحث والتطوير.

ويقدم الجدول 5 الأرقام المطلقة وتوزيع النسبة المئوية للإنفاق الجاري بحسب نوع فعالية البحث والتطوير- البحث الأساسي، البحث التطبيقي، أو التطوير التجريبي - وبالتالي يكشف عن الأهمية النسبية من منطلق الموارد المالية المكرسة لكل نوع من أنواع فعالية كهذه.

ويقدم الجدول 6 بيانات عن الإنفاق الكلي والجاري، المكرس لفعاليات البحث والتطوير. ويعطي أيضا العلاقة بين الإنفاق الجاري والكلي، على هيئة نسب مئوية، مشيرا بذلك إلى أي تنويعات في بنية الإنفاق على البحث والتطوير.

تهتم المؤشرات المعطاة في الجدول 7 بالموارد المالية للبحث والتطوير، وتظهر ارتباط الإنفاق عليهما بمجموع السكان وبعدد العلماء والمهندسين المنشغلين في البحث والتطوير، ثم تعطى النسبة المئوية لهذه الموارد إزاء الناتج القومي الإجمالي(GNP).

ويقدم الجدول 8 معدلات صرف العملة خلال سنوات منتقاة حديثة، ويسمح باستعمال البيانات المالية، المعطاة بالعملات القومية في الجداول 4 و 5 و 6 و 7 ، استعمالا مقارنا.

أما القراء الذين يبتغون إحصاءات إضافية عن العلم والتقانة فحري بهم أن يراجعوا *الكتاب السنوي الإحصائي* الذي تنشره اليونسكو. والعاملون في البحوث، المهتمون بالحصول على تفاصيل إضافية أو توضيح يتعلق ببلدان معينة، بخصوص التعريفات القومية والتغطية والحدوديات في البيانات التي قدمتها جداول الملحق، يمكن أن يوجهوا استفساراتهم إلى شعبة الإحصاءات في اليونسكو، وعنوانها: Division of Statistics, UNESCO, 7 place de Fontenoy, 75352 Paris 07 - SP.

الجدول 1
عدد العلماء والمهندسين القائمين على البحث و التطوير التجريبي بحسب ميدان الدراسة

| البلد/ الإقليم | السنة | الجنس | نوع البيانات | المجموع | ميادين الدراسة | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | العلوم الطبيعية | الهندسة والتقانة | العلوم الطبية | العلوم الزراعية | العلوم الاجتماعية والإنسانيات | ميادين أخرى |
| **إفريقيا** | | | | | | | | | | |
| بوروندي † | 1989 | MF | FT+PT | 170 | 49 | 15 | 3 | 75 | 22 | 6 |
| الكونغو † | 1984 | MF | FT+PT | 862 | 145 | 68 | 50 | 285 | 245 | 69 |
| مصر † | 1982 | MF | FT | 9 950 | 1 605 | 2 605 | 2 050 | 3 143 | 547 | — |
| | | MF | PT | 29 967 | 8 152 | 3 735 | 6 390 | 2 782 | 8 908 | — |
| | | MF | FTE | 19 939 | 4 322 | 3 850 | 4 180 | 4 070 | 3 517 | — |
| | | F | FT+PT | 11 503 | 3 075 | 1 189 | 3 109 | 1 186 | 2 944 | — |
| الجماهيرية العربية الليبية | 1980 | MF | FTE | 1 100 | 230 | 198 | 130 | 221 | 321 | — |
| موريشيوس | 1989 | MF | FT | 178 | 9 | 38 | 8 | 99 | 24 | — |
| | | MF | PT | 43 | 10 | 14 | 7 | 2 | 10 | — |
| | | MF | FTE | 193 | 12 | 43 | 11 | 100 | 27 | — |
| | | F | FTE | 33 | — | 6 | 4 | 17 | 6 | — |
| سيشل † | 1981 | MF | FT | 2 | 2 | — | — | — | — | — |
| | | MF | PT | — | — | — | — | — | — | — |
| | | MF | FTE | 2 | 2 | — | — | — | — | — |
| | | F | FTE | — | — | — | — | — | — | — |
| **أمريكا الشمالية** | | | | | | | | | | |
| كوستاريكا | 1988 | MF | FT+PT | 1 528 | 451 | 110 | 250 | 378 | 339 | — |
| غواتيمالا † | 1988 | MF | FTE | 858 | 103 | 111 | 189 | 249 | 206 | — |
| المكسيك | 1984 | MF | FTE | 16 679 | 3 786 | 2 690 | 3 866 | 2 385 | 3 952 | — |
| | | F | FTE | 4319 | 980 | 697 | 1001 | 618 | 1 023 | — |
| نيكاراغوا | 1987 | MF | FT+PT | 725 | 200 | 87 | 78 | 228 | 132 | — |
| **أمريكا الجنوبية** | | | | | | | | | | |
| الأرجنتين | 1988 | MF | FT | 7 019 | 3 003 | 1 143 | 937 | 838 | 1 014 | 82 |
| | | MF | PT | 16 369 | 5 292 | 2 195 | 2 078 | 2 401 | 4 034 | 371 |
| | | MF | FTE | 11 088 | 4 543 | 1 689 | 1 407 | 1 487 | 1 793 | 169 |
| | | F | FTE | 4 789 | 1 796 | 411 | 666 | 457 | 1 339 | 129 |
| البرازيل † | 1985 | MF | FTE | 52 863 | 11 768 | 7 765 | 6 107 | 7 607 | 11 007 | 8 609 |
| تشيلي | 1984 | MF | FT | 466 | 123 | 218 | 31 | 66 | 24 | 4 |
| | | MF | PT | 3 844 | 988 | 838 | 1 061 | 155 | 758 | 44 |
| | | MF | FTE | 1 587 | 485 | 474 | 284 | 110 | 220 | 14 |
| كولومبيا † | 1982 | MF | FT | 831 | 288 | 49 | 21 | 334 | 139 | — |
| | | MF | PT | 3 938 | 1 238 | 544 | 1 088 | 358 | 710 | — |
| | | MF | FTE | 1 083 | 341 | 150 | 299 | 98 | 195 | — |
| غويانا † | 1982 | MF | FT | ooo | 43 | 22 | ooo | 21 | 3 | — |
| | | MF | PT | — | — | — | — | — | — | — |
| | | MF | FTE | ooo | 43 | 22 | ooo | 21 | 3 | — |
| أوروغواي | 1987 | MF | FT | 752 | 90 | 132 | 189 | 172 | 126 | 43 |
| | | MF | PT | 1 341 | 161 | 234 | 336 | 307 | 225 | 78 |
| | | MF | FT+PT | 2 093 | 251 | 366 | 525 | 479 | 351 | 121 |
| | | F | FT+PT | 720 | 86 | 126 | 181 | 165 | 121 | 41 |
| فنزويلا † | 1983 | MF | FT+PT | 4 568 | 1 457 | 727 | 558 | 874 | 802 | 150 |
| | | MF | FTE | 2 175 | 786 | 300 | 204 | 437 | 388 | 60 |
| | | F | FT+PT | 1 479 | 438 | 134 | 302 | 171 | 375 | 59 |
| **آسيا** | | | | | | | | | | |
| الهند † | 1988 | MF | FTE | *119 027 | 20 599 | 32 068 | 1 494 | 16 306 | 1212 | *47 348 |
| | | F | FTE | 5 552 | 1 832 | 1 526 | 247 | 1 089 | 199 | 659 |
| إندونيسيا | 1983 | MF | FT+PT | 18 533 | 5 317 | 3 285 | 1 615 | 4 083 | 4 233 | — |
| إسرائيل | 1984 | MF | FT | 14 173 | 5 900 | 5 000 | 500 | 500 | 2 200 | — |
| | | MF | PT | 25 576 | 4 300 | 7 300 | 4 300 | 1 200 | 8 500 | — |
| | | MF | FTE | 20 100 | 6 900 | 6 900 | 1 200 | 400 | 4 300 | — |
| | | F | FT+PT | 10 400 | 3 300 | 800 | 1 300 | 300 | 4 600 | — |
| اليابان † | 1981 | MF | FT | 379 405 | 80 442 | 142 316 | 64 408 | 26 598 | 41 316 | 24 325 |
| | | F | FT | 22 475 | 2 277 | 775 | 7 850 | 904 | 4 108 | 6 561 |
| الأردن † | 1982 | MF | FT+PT | 1 241 | 310 | 340 | 118 | 92 | 381 | — |

**الجدول 1 تتمة**
**عدد العلماء والمهندسين القائمين على البحث والتطوير التجريبي بحسب ميدان الدراسة**

| البلد/ الإقليم | السنة | الجنس | نوع البيانات | المجموع | ميادين الدراسة | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | العلوم الطبيعية | الهندسة والتقانة | العلوم الطبية | العلوم الزراعية | العلوم الاجتماعية والإنسانيات | ميادين أخرى |
| **آسـيـا – تتمة** | | | | | | | | | | |
| جمهورية كوريا † | 1983 | MF | FT | 30 309 | 4 706 | 16 371 | 3 964 | 3 589 | — | 1 679 |
| | | MF | PT | 1 808 | 171 | 1 373 | 101 | 130 | — | 33 |
| باكستان † | 1982 | MF | FT | ooo | — | 929 | 821 | 2 149 | — | 606 |
| | | MF | PT | ooo | 1211 | 730 | — | 729 | — | — |
| | | MF | FTE | 5 397 | 406 | 1 172 | 821 | 2 392 | — | 606 |
| | | F | FTE | 418 | 152 | 114 | 80 | 56 | — | 16 |
| الفيلبين | 1984 | MF | FT+PT | 4 830 | 576 | 1 419 | 421 | 1 272 | 1 011 | 131 |
| | | F | FT+PT | 2 319 | 322 | 480 | 344 | 471 | 630 | 72 |
| قطر † | 1986 | MF | FT+PT | 229 | 160 | 53 | 2 | 5 | — | 9 |
| | | F | FT+PT | 58 | 57 | — | 1 | — | — | — |
| سنغافورة † | 1987 | MF | FT+PT | 3 361 | 863 | 2 007 | 436 | 55 | — | — |
| سري لانكا | 1985 | MF | FT | 2 526 | 1 503 | 229 | 195 | — | 599 | — |
| | | MF | PT | 794 | 169 | 191 | 40 | — | 394 | — |
| | | MF | FTE | 2 790 | 1 560 | 293 | 208 | — | 729 | — |
| | | F | FTE | 667 | 416 | 27 | 74 | — | 150 | — |
| تايلند | 1987 | MF | FT+PT | 8 498 | 1 669 | 1 176 | 1 570 | 1 849 | 2 229 | — |
| تركيا † | 1983 | MF | FTE | 7 309 | 891 | 1 040 | 1 350 | 1 590 | 531 | 1 907 |
| **أوروبـا** | | | | | | | | | | |
| النمسا † | 1985 | MF | FTE | 4 591 | 1 500 | 739 | 590 | 282 | 1 480 | — |
| بلغاريا | 1987 | MF | FTE | 50 585 | 5 162 | 11 861 | 4 653 | 2 551 | 5 919 | 20 439 |
| | | F | FTE | 22 268 | 2 185 | 3 463 | 2 163 | 720 | 2 906 | 10 831 |
| فنلندا | 1983 | MF | FTE | 10 951 | 2 291 | 5 211 | 890 | 572 | 1 947 | 40 |
| ألمانيا | | | | | | | | | | |
| ألمانيا الديمقراطية سابقا† | 1989 | MF | FTE | 127 449 | 15 480 | 88 542 | 9 232 | 8 376 | 5 819 | → |
| هنغاريا † | 1987 | MF | FT+PT | 38 232 | 3 983 | 18 155 | 3 735 | 2 935 | 9 130 | 294 |
| | | F | FT+PT | 11 122 | 1 207 | 3 498 | 1 426 | 779 | 4 055 | 157 |
| مالطا † | 1987 | MF | FTE | 34 | 3 | 7 | 10 | — | 14 | — |
| النروج | 1985 | MF | FTE | 9 692 | 1 833 | 4 421 | 945 | 456 | 1 797 | 240 |
| بولندا † | 1989 | MF | FT | 15 700 | 3 700 | 6 500 | 1 700 | 1 300 | 2 300 | 200 |
| | | MF | PT | 50 600 | 13 900 | 13 500 | 8 800 | 5 300 | 7 500 | 1 600 |
| | | MF | FTE | 32 500 | 8 300 | 11 000 | 4 600 | 3 100 | 4 800 | 700 |
| البرتغال † | 1980 | MF | FT | 1 790 | 529 | 246 | 123 | 307 | 300 | 285 |
| | | MF | PT | 2 023 | 561 | 410 | 304 | 162 | 293 | 293 |
| | | MF | FTE | 2 663 | 808 | 416 | 251 | 383 | 430 | 375 |
| يوغسلافيا السابقة† | 1980 | MF | FT+PT | 27 135 | 4 988 | 8 357 | 2 982 | 3 098 | 5 014 | 2 696 |
| **أوقيانوسيا** | | | | | | | | | | |
| أستراليا † | 1986 | MF | FTE | 33 768 | 7 625 | 4 498 | 3 049 | 3 720 | 6 683 | 8 193 |
| بولينيزيا الفرنسية † | 1983 | MF | FT | 17 | 8 | 1 | 7 | — | 1 | — |
| | | MF | PT | — | — | — | — | — | — | — |
| | | MF | FTE | 17 | 8 | 1 | 7 | — | 1 | — |
| كاليدونيا الجديدة † | 1985 | MF | FT | 77 | 48 | 8 | 3 | 14 | 3 | 1 |
| | | MF | PT | 2 | — | 2 | — | — | — | — |
| | | MF | FTE | 77 | 48 | 8 | 3 | 14 | 3 | 1 |
| تونغـا | 1981 | MF | FT | 9 | — | — | — | 9 | — | — |
| | | MF | PT | 2 | — | — | — | 2 | — | — |

**الجدول 1**

**ملحوظات عامة:**

م = FT = مياوم

س = PT = مساعي

م + س = FT + PT = مياوم زائد مساعي

FTE = المكافىء مياومة

— المقدار صفر

* بيانات مؤقتة أو تقديرية

ooo بيانات غير متاحة

→ الرقم إلى اليمين مباشرة يتضمن بيانات للعمودالذي يظهر فيه هذا الرمز

**† ملحوظات البلدان**

**إفريقيا:**

**بوروندي** : لا تتضمن بيانات عن القطاع المنتج.

**الكونغو** : لا تتضمن البحث والتطوير العسكريين والدفاعيين.

**مصر** : لا تتضمن البحث والتطوير العسكريين والدفاعيين.

**سيشل** : لا تتضمن البحث والتطوير العسكريين والدفاعيين.

**أمريكا الشمالية:**

**غواتيمالا** : لا تتضمن بيانات عن القطاع المنتج (البحث والتطوير غير المدمجين).

**أمريكا الجنوبية:**

**البرازيل** : لا تتضمن بيانات عن العلماء والمهندسين المشتغلين في قطاعات إنتاجية خاصة أو عن البحث والتطوير العسكريين والدفاعيين.

**كولومبيا** : لا تتضمن بيانات عن القطاع الإنتاجي (البحث والتطوير غير المدمجين).

**غويانا** : لا تتضمن البحث والتطوير العسكريين والدفاعيين. استبعدت البيانات المتعلقة بقطاع الخدمات العامة وبالعلوم الطبية في قطاع التعليم العالي.

**فنزويلا**: لا تتضمن البحث والتطوير العسكريين والدفاعيين.

**آسيا:**

**الهند** : يحتوي العدد الكلي للعلماء والمهندسين في العمود الأخير على 22100 (تقدير عام 1982) من طواقم العمل في قطاع التعليم العالي.

**اليابان** : تتعلق البيانات فقط بالعاملين النظاميين في البحوث. لا تتضمن العلوم الاجتماعية والإنسانيات في القطاع الإنتاجي (البحث والتطوير المدمجين).

**الأردن** : لا تتضمن البحث والتطوير العسكريين والدفاعيين.

**جمهورية كوريا** : لا تتضمن البحث والتطوير العسكريين والدفاعيين ولا العلوم الاجتماعية والإنسانيات.

**باكستان** : تتعلق البيانات بفعاليات البحث والتطوير المتركزة بشكل رئيسي في مؤسسات البحث الممولة حكوميا فقط، استبعدت العلوم الاجتماعية والإنسانيات في قطاعات التعليم العالي والخدمة العامة، لا تتضمن البحث والتطوير العسكريين والدفاعيين.

**قطر** : لا تتضمن العلوم الاجتماعية والإنسانيات في قطاع التعليم العالي.

**سنغافورة** : لا تتضمن البحث والتطوير في العلوم الاجتماعية والإنسانيات.

**تركيا** : لا تتضمن بيانات عن القطاع الإنتاجي. كما استبعدت العلوم الاجتماعية والإنسانيات في قطاع الخدمات العام.

**أوروبا :**

**النمسا** : لا تتضمن بيانات عن القطاع الإنتاجي (البحث والتطوير المدمجين).

**ألمانيا** : جمهورية ألمانيا الديمقراطية سابقا: البيانات في عمود العلوم الاجتماعية والإنسانيات تشير فقط إلى علم الاقتصاد وعلوم الحاسوب.

**هنغاريا** : لا تتضمن العلماء والمهندسين في إدارة البحث والتطوير. تتضمن فقط ذلك الجزء من البحث والتطوير العسكريين، المنفذ في المؤسسات المدنية.

**مالطا** : البيانات تتعلق بقطاع التعليم العالي فقط.

**بولندا** : لا تتضمن بيانات عن القطاع الإنتاجي (البحث والتطوير المدمجين) ولا عن البحث والتطوير العسكريين والدفاعيين.

**البرتغال** : تشير البيانات في العمود الأخير إلى العلماء والمهندسين العاملين في القطاع الإنتاجي (البحث والتطوير المدمجان)، الذي لا يعرف فيه التوزع بحسب ميدان الدراسة.

**يوغسلافيا السابقة** : لا تتضمن البحث والتطوير الدفاعيين والعسكريين.

**أوقيانوسيا :**

**أستراليا** : تشير البيانات في العمود الأخير إلى العلماء والمهندسين العاملين في القطاع الإنتاجي (البحث والتطوير المدمجين)، الذي لا يعرف فيه التوزع بحسب ميدان الدراسة.

**بولينيزيا الفرنسية** : تتعلق البيانات بمعهد بحث واحد فقط.

**كاليدونيا الجديدة**: تشير البيانات إلى ستة فقط من أصل أحد عشر معهدا للبحث.

**تونغا** : تتعلق البيانات بمعهد بحث واحد.

**الجدول 2**
**طواقم العمل المنهمكة في البحث والتطوير التجريبي: بيانات مختارة من السنوات الأخيرة**

| البلد/الإقليم | السنة | طواقم منهمكة في البحث والتطوير (R&D) | | | طواقم مساعدة |
|---|---|---|---|---|---|
| | | مجموع (المكافىء المياوم) | علماء ومهندسون | تقنيون | |
| **إفريقيا** | | | | | |
| بوروندي †# | 1984 | 515 | 114 | 90 | 311 |
| | 1989 | 814 | 170 | 168 | 476 |
| ساحل العاج † | 1973 | ooo | 368 | ooo | ooo |
| | 1974 | 877 | 463 | 92 | 322 |
| | 1975 | ooo | 502 | ooo | ooo |
| مصر † | 1978 | ooo | 18 350 | 5 254 | ooo |
| | 1982 | 46 796 | 19 939 | 6 678 | 20 179 |
| | 1986 | 51 183 | 20 893 | 7 532 | 22 758 |
| الغابون †# | 1985 | ooo | 188 | ooo | ooo |
| | 1986 | ooo | 211 | ooo | ooo |
| | 1987 | ooo | 199 | ooo | ooo |
| غانا | 1974 | 8 906 | 3 704 | 5 202 | → |
| | 1975 | 9 351 | 3 889 | 5 462 | → |
| | 1976 | 9 819 | 4 084 | 5 735 | → |
| مدغشقر †# | 1987 | 1 673 | 205 | 688 | 780 |
| | 1988 | 1 714 | 228 | 724 | 762 |
| | 1989 | 1 837 | 269 | 956 | 612 |
| موريشيوس | 1980 | 1 069 | 152 | 108 | 809 |
| | 1985 | 1 113 | 267 | 191 | 655 |
| | 1989 | 1 021 | 193 | 172 | 656 |
| النيجر † | 1974 | ooo | 53 | ooo | ooo |
| | 1975 | ooo | 79 | ooo | ooo |
| | 1976 | 94 | 93 | 1 | — |
| نيجيريا † | 1985 | 13 924 | 1 422 | 6 565 | 5 937 |
| | 1986 | 12 845 | 1 499 | 6 005 | 5 341 |
| | 1987 | 12 880 | 1 138 | 6 042 | 5 500 |
| رواندا | 1983 | 149 | 64 | 55 | 30 |
| | 1984 | 164 | 69 | 60 | 35 |
| | 1985 | *183 | 71 | *67 | *45 |
| السنغال # | 1971 | ooo | 416 | ooo | ooo |
| | 1972 | ooo | 609 | 516 | ooo |
| | 1976 | ooo | 522 | ooo | ooo |
| سيشل † | 1980 | 3 | 2 | 1 | — |
| | 1981 | 3 | 2 | 1 | — |
| | 1983 | 33 | 18 | 6 | 9 |
| السودان # | 1971 | 6 378 | 1 299 | 222 | 4 857 |
| | 1974 | 16 598 | 3 324 | 1 798 | 11 476 |
| | 1978 | 22 675 | 4 345 | 3 271 | 15 059 |
| زامبيا | 1970 | ooo | *75 | *210 | ooo |
| | 1973 | 1 060 | 260 | 800 | → |
| **أمريكا الشمالية** | | | | | |
| كندا † | 1980 | 63 190 | 29 320 | 17 460 | 16 410 |
| | 1985 | 76 985 | 37 853 | 21 497 | 17 635 |
| | 1988 | 109 330 | 61 130 | 27 080 | 21 120 |
| كوبا † | 1980 | 21 521 | 5 637 | 6 556 | 9 328 |
| | 1985 | 34 150 | 10 305 | 9 238 | 14 607 |
| | 1989 | 32 614 | 12 052 | 8 830 | 11 732 |

الجدول 2 تتمة
طواقم العمل المنهمكة في البحث والتطوير التجريبي: بيانات مختارة من السنوات الأخيرة

| البلد/الإقليم | السنة | طواقم منهمكة في البحث والتطوير (R&D) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | مجموع (المكافىء المياوم) | علماء ومهندسون | تقنيون | طواقم مساعدة |
| **أمريكا الشمالية - تتمة** | | | | | |
| السلفادور†# | 1980 | ooo | 533 | 1 547 | ooo |
| | 1981 | ooo | 564 | 1 971 | ooo |
| غواتيمالا | 1970 | ooo | *230 | *134 | ooo |
| | 1972 | ooo | *267 | *255 | ooo |
| | 1974 | ooo | 310 | 439 | ooo |
| جامايكا † | 1984 | 100 | 23 | 21 | 56 |
| | 1985 | 121 | 21 | 31 | 69 |
| | 1986 | 104 | 18 | 15 | 71 |
| المكسيك † | 1971 | *13 525 | *4 064 | *7 181 | *2 280 |
| | 1974 | ooo | 8 446 | ooo | ooo |
| | 1984 | 68 972 | 16 679 | 29 467 | 22 826 |
| نيكاراغوا # | 1985 | 1 803 | 650 | 212 | 941 |
| | 1987 | 2 005 | 725 | 302 | 978 |
| سينت لوسيا | 1982 | ooo | 40 | 103 | ooo |
| | 1983 | ooo | 46 | 81 | ooo |
| | 1984 | ooo | 53 | 86 | ooo |
| ترينيداد | 1982 | 588 | 174 | 182 | 232 |
| وتوباغو | 1983 | 625 | 187 | 205 | 233 |
| | 1984 | 806 | 275 | 254 | 277 |
| جزر تركس | 1975 | 3 | 3 | — | — |
| وكايكوس | 1976 | 2 | 2 | — | — |
| | 1984 | — | — | — | — |
| الولايات المتحدة | 1980 | ooo | 658 700 | ooo | ooo |
| | 1985 | ooo | 849 200 | ooo | ooo |
| | 1988 | ooo | *949 200 | ooo | ooo |
| **أمريكا الجنوبية** | | | | | |
| الأرجنتين | 1980 | ooo | *9 500 | *13 300 | ooo |
| | 1985 | *28 900 | *10 800 | *7 100 | *11 000 |
| | 1988 | 22 855 | 11 088 | 6 241 | 5 526 |
| البرازيل †# | 1983 | ooo | 38 713 | ooo | ooo |
| | 1984 | ooo | 47 870 | ooo | ooo |
| | 1985 | ooo | 52 863 | ooo | ooo |
| تشيلي †# | 1981 | ooo | 3 469 | ooo | ooo |
| | 1985 | ooo | 4 907 | ooo | ooo |
| | 1988 | ooo | 5 323 | ooo | ooo |
| إكوادور | 1970 | ooo | 595 | 508 | ooo |
| | 1973 | ooo | 544 | 217 | ooo |
| غوايانا † | 1980 | 720 | 94 | 250 | 376 |
| | 1982 | 623 | 89 | 178 | 356 |
| بيرو †# | 1970 | ooo | 1 925 | ooo | ooo |
| | 1975 | ooo | 3 750 | ooo | ooo |
| | 1980 | ooo | 9 171 | 5 218 | ooo |
| فنزويلا †# | 1973 | 5 198 | 2 809 | 783 | 1 606 |
| | 1980 | ooo | 3 673 | ooo | ooo |
| | 1983 | 10 687 | 4 568 | 2 692 | 3 427 |

الجدول 2 تتمة
طواقم العمل المنهمكة في البحث والتطوير التجريبي: بيانات مختارة من السنوات الأخيرة

| البلد/الإقليم | السنة | طواقم منهمكة في البحث والتطوير (R&D) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | مجموع (المكافىء المياوم) | علماء ومهندسون | تقنيون | طواقم مساعدة |
| **آسيا** | | | | | |
| بروناي | 1982 | 104 | 23 | 81 | — |
| دار السلام†# | 1983 | 188 | 21 | 70 | 97 |
| | 1984 | 243 | 20 | 116 | 107 |
| قبرص† | 1982 | 125 | 47 | 78 | → |
| | 1983 | 129 | 49 | 80 | → |
| | 1984 | 131 | 51 | 80 | → |
| الهند† | 1984 | *244 049 | *100 136 | 72 233 | 71 680 |
| | 1986 | *262 797 | *107 409 | 70 233 | 79 093 |
| | 1988 | *289 716 | *119 027 | 80 956 | 86 398 |
| إندونيسيا # | 1985 | ooo | 21 160 | 3 888 | ooo |
| | 1987 | ooo | 30 486 | ooo | ooo |
| | 1988 | ooo | 32 038 | ooo | ooo |
| جمهورية إيران الإسلامية | 1970 | 6 432 | 3 007 | 482 | 2 943 |
| | 1972 | 9 865 | 4 896 | 857 | 4 112 |
| | 1985 | ooo | 3 194 | 1 854 | ooo |
| العراق† | 1972 | 248 | 170 | 78 | → |
| | 1973 | 316 | 205 | 111 | → |
| | 1974 | 365 | 240 | 125 | → |
| إسرائيل † | 1974 | ooo | 12 200 | ooo | ooo |
| | 1978 | ooo | 14 722 | ooo | ooo |
| | 1984 | ooo | 14 173 | ooo | ooo |
| اليابان† | 1980 | 601 192 | 441 186 | 86 970 | 73 036 |
| | 1985 | 730 432 | 548 249 | 99 280 | 82 903 |
| | 1989 | 830 855 | 636 817 | 105 430 | 88 608 |
| الأردن† | 1975 | ooo | 235 | 213 | ooo |
| | 1985 | ooo | 400 | 29 | ooo |
| | 1989 | 463 | 422 | 41 | ooo |
| جمهورية كوريا †# | 1980 | 30 473 | 18 434 | 7 417 | 4 622 |
| | 1985 | 73 516 | 41 473 | 24 152 | 7 891 |
| | 1988 | 104 737 | 56 545 | 35 720 | 12 472 |
| الكويت† | 1982 | 1 864 | 1 013 | 443 | 408 |
| | 1983 | 2 064 | 1 157 | 470 | 437 |
| | 1984 | 2 539 | 1 511 | 561 | 467 |
| لبنان† | 1978 | 160 | 160 | — | — |
| | 1979 | 175 | 170 | 5 | → |
| | 1980 | 206 | 180 | 6 | 20 |
| باكستان† | 1981 | 22 922 | 5 144 | 6 476 | 11 302 |
| | 1982 | 24 723 | 5 397 | 7 138 | 12 188 |
| | 1988 | 28 990 | 6 641 | 9 286 | 13 063 |
| الفيلبين # | 1982 | 17 992 | 7 884 | 3 500 | 6 608 |
| | 1983 | 9 949 | 4 394 | 1 867 | 3 688 |
| | 1984 | 10 185 | 4 830 | 1 855 | 3 500 |
| سنغافورة †# | 1981 | 2 741 | 1 193 | 807 | 741 |
| | 1984 | 4 886 | 2 401 | 1 359 | 1 126 |
| | 1987 | 5 876 | 3 361 | 1 526 | 989 |

الجدول 2 تتمة

طواقم العمل المنهمكة في البحث والتطوير التجريبي: بيانات مختارة من السنوات الأخيرة

| البلد/الإقليم | السنة | طواقم منهمكة في البحث والتطوير (R&D) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | مجموع (المكافىء المياوم) | علماء ومهندسون | تقنيون | طواقم مساعدة |
| **آسيا - تتمة** | | | | | |
| سري لانكا | 1983 | ooo | 1 939 | *480 | ooo |
| | 1984 | ooo | 2 619 | 592 | ooo |
| | 1985 | ooo | 2 790 | 693 | ooo |
| تركيا | 1984 | 27 007 | 9 914 | 6 284 | 10 809 |
| | 1985 | 29 241 | 11 276 | 7 367 | 10 598 |
| فيتنام † | 1976 | 24 560 | 11 230 | 13 330 | → |
| | 1978 | 25 050 | 13 050 | 6 040 | 5 960 |
| | 1985 | ooo | 20 000 | ooo | ooo |
| **أوروبا** | | | | | |
| النمسا | 1975 | 15 392 | 5 387 | 4 944 | 5 061 |
| | 1981 | 18 599 | 6 712 | 6 145 | 5 742 |
| | 1984 | 20 161 | 7 609 | 6 817 | 5 735 |
| بلجيكا | 1975 | 30 131 | 13 883 | 6 570 | 9 677 |
| | 1986 | 36 203 | 15 705 | 20 498 | → |
| | 1988 | 36 770 | 16 646 | 20 124 | → |
| بلغاريا † | 1980 | 72 335 | 38 706 | 10 483 | 23 146 |
| | 1985 | 90 308 | 48 008 | 13 099 | 29 201 |
| | 1987 | 96 471 | 50 585 | 11662 | 34 224 |
| تشيكوسلوفاكيا | 1980 | 171 789 | 53 659 | 60 552 | 57 578 |
| | 1985 | 180 439 | 61 046 | 47 337 | 72 056 |
| | 1989 | 185 492 | 65 475 | 42 876 | 77 141 |
| الدنمارك | 1981 | 16 476 | 6 785 | 9 691 | → |
| | 1985 | 19 914 | 8 567 | 11 347 | → |
| | 1989 | 25 448 | 10 662 | 14 786 | → |
| فنلندا | 1981 | 18 004 | 9 722 | 8 282 | → |
| | 1985 | *23 551 | ooo | ooo | ooo |
| | 1989 | *28 925 | ooo | ooo | ooo |
| فرنسا | 1980 | 236 200 | 74 900 | 161 300 | → |
| | 1985 | 273 000 | 102 300 | 170 700 | → |
| | 1988 | 283 099 | 115 163 | 167 936 | → |
| ألمانيا | | | | | |
| (جمهورية ألمانيا الديمقراطية | 1980 | 191 429 | 120 473 | 70 956 | → |
| سابقا) † | 1985 | 191 262 | 122 292 | 68 970 | → |
| | 1989 | 195 073 | 127 449 | 67 624 | → |
| جمهورية ألمانيا الاتحادية † | 1981 | 359 419 | 124 678 | 103 214 | 131 527 |
| | 1985 | 398 328 | 143 627 | 118 080 | 136 621 |
| | 1987 | 419 206 | 165 614 | 122 458 | 131 133 |
| اليونان † | 1979 | 4 308 | 2 634 | 984 | 690 |
| | 1983 | 4 873 | 2 441 | 1 067 | 1 365 |
| هنغاريا † | 1980 | 62 866 | 25 589 | 23 707 | 13 570 |
| | 1985 | 48 745 | 22 479 | 17 869 | 8 397 |
| | 1989 | 42 276 | 20 431 | 14 113 | 7 732 |
| إيسلندا | 1981 | 744 | 398 | 346 | → |
| | 1985 | 818 | 512 | 306 | → |
| | 1989 | 1 177 | 773 | 404 | → |

الجدول 2 تتمة
طواقم العمل المنهمكة في البحث والتطوير التجريبي: بيانات مختارة من السنوات الأخيرة

| البلد/الإقليم | السنة | طواقم منهمكة في البحث والتطوير (R&D) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | مجموع (المكافىء المياوم) | علماء ومهندسون | تقنيون | طواقم مساعدة |
| **أوروبا - تتمة** | | | | | |
| إيرلندا | 1981 | 5 474 | 2 635 | 1 408 | 1 431 |
| | 1985 | 6 264 | 3 741 | 1 340 | 1 183 |
| | 1988 | 8 590 | 6 351 | 1 291 | 948 |
| إيطاليا | 1980 | 95 803 | 46 999 | 27 605 | 21 199 |
| | 1985 | 117 887 | 63 759 | 33 058 | 21 070 |
| | 1988 | 135 665 | 74 833 | 38 287 | 22 545 |
| مالطا † | 1983 | 46 | 34 | 5 | 7 |
| | 1985 | 46 | 34 | 5 | 7 |
| | 1988 | 46 | 34 | 5 | 7 |
| هولندا † | 1980 | 53 560 | 26 430 | 27 130 | → |
| | 1985 | 61 400 | 33 620 | 27 780 | → |
| | 1988 | 64 420 | 37 520 | 26 900 | → |
| النروج † | 1980 | 15 005 | 7 427 | 7 578 | → |
| | 1985 | 18 781 | 9 692 | 9 089 | → |
| | 1989 | *20 700 | *12 100 | *8 600 | → |
| بولندا † | 1980 | 240 000 | 93 000 | 57 000 | 90 000 |
| | 1985 | 181 000 | 57 000 | 54 000 | 70 000 |
| | 1989 | ooo | 32 500 | ooo | ooo |
| البرتغال | 1980 | 7 711 | 2 663 | 2 867 | 2 181 |
| | 1984 | 9 267 | 3 475 | 3 095 | 2 733 |
| | 1988 | 10 883 | 5 004 | 3 571 | 2 308 |
| رومانيا | 1987 | 167 049 | 58 647 | 42 195 | 66 207 |
| | 1988 | 167 711 | 58 879 | 42 362 | 66 470 |
| | 1989 | 169 964 | 59 670 | 42 931 | 67 363 |
| إسبانيا † | 1980 | 30 905 | 13 732 | 4 710 | 12 463 |
| | 1985 | 40 653 | 21 455 | 7 024 | 12 174 |
| | 1988 | 54 337 | 31 170 | 9 914 | 13 253 |
| السويد † | 1981 | 42 214 | 17 696 | 24 518 | → |
| | 1985 | 49 599 | 21 899 | 27 700 | → |
| | 1987 | 51 811 | 22 725 | 29 086 | → |
| سويسرا | 1977 | *36 920 | *16 000 | *20 920 | → |
| | 1979 | 37 945 | 16 410 | 15 840 | 5 695 |
| | 1986 | 45 200 | 14 910 | 10 710 | 19 580 |
| المملكة المتحدة † | 1972 | 258 746 | 77 086 | 80 220 | 101 440 |
| | 1975 | 259 100 | 79 300 | 75 800 | 104 000 |
| | 1978 | 261 400 | 86 500 | 76 600 | 98 300 |
| يوغسلافيا السابقة † | 1980 | 53 699 | 22 951 | 13 431 | 17 317 |
| | 1985 | 68 591 | 30 564 | 16 363 | 21 664 |
| | 1989 | 78 704 | 34 770 | 18 780 | 25 154 |
| **أوقيانوسيا** | | | | | |
| ساموا الأمريكية † | 1970 | 14 | 2 | 12 | → |
| | 1971 | 15 | 3 | 2 | 10 |
| أستراليا | 1981 | 45 211 | 24 486 | 12 284 | 8 441 |
| | 1985 | 53 258 | 30 406 | 14 848 | 8 544 |
| | 1988 | 64 820 | 38 568 | 16 535 | 9 717 |

## الجدول 2 تتمة
## طواقم العمل المنهمكة في البحث والتطوير التجريبي: بيانات مختارة من السنوات الأخيرة

| البلد/الإقليم | السنة | طواقم منهمكة في البحث والتطوير (R&D) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | مجموع (المكافىء المياوم) | علماء ومهندسون | تقنيون | طواقم مساعدة |
| **أوقيانوسيا – تتمة** | | | | | |
| فيجي †# | 1984 | 140 | 28 | 82 | 30 |
| | 1985 | 146 | 30 | 86 | 30 |
| | 1986 | 156 | 36 | 90 | 30 |
| بولينيزيا الفرنسية † | 1980 | 101 | 19 | 13 | 69 |
| | 1982 | 101 | 21 | 14 | 66 |
| | 1983 | 97 | 17 | 16 | 64 |
| غوام † | 1979 | 52 | 21 | 19 | 12 |
| | 1985 | *46 | 19 | *11 | *16 |
| | 1989 | *52 | *21 | *11 | *20 |
| كيريباتي | 1980 | 3 | 2 | 1 | — |
| | 1981 | 3 | 2 | 1 | — |
| كاليدونيا الجديدة † | 1983 | 17 | 7 | 5 | 5 |
| | 1984 | 82 | 12 | 33 | 37 |
| | 1985 | 334 | 77 | 71 | 186 |
| نيوزيلندا † | 1973 | ooo | *2 950 | ooo | ooo |
| | 1975 | 8 003 | 3 659 | 3 164 | 1 180 |
| | 1979 | 8 080 | ooo | ooo | ooo |
| جزر المحيط الهادي | 1973 | 66 | 23 | 24 | 19 |
| | 1978 | 22 | 5 | 11 | 6 |
| | 1979 | 23 | 4 | 11 | 8 |
| بابوا غينيا الجديدة | 1971 | ooo | *110 | ooo | ooo |
| | 1972 | ooo | *115 | ooo | ooo |
| | 1973 | ooo | 131 | ooo | ooo |
| ساموا† | 1976 | 254 | 135 | 82 | 37 |
| | 1977 | 266 | 140 | 87 | 39 |
| | 1978 | 280 | 140 | 92 | 48 |
| تونغا # | 1979 | ooo | 9 | 1 | ooo |
| | 1980 | ooo | 10 | 4 | ooo |
| | 1981 | ooo | 11 | 4 | ooo |
| فانواتو | 1973 | 29 | 2 | 1 | 26 |
| | 1974 | 39 | 4 | 1 | 34 |
| | 1975 | 39 | 3 | 1 | 35 |
| **الاتحاد السوفييتي سابقا** | | | | | |
| الاتحاد السوفييتي سابقا † | 1980 | ooo | 1 373 300 | ooo | ooo |
| | 1985 | ooo | 1 491 300 | ooo | ooo |
| | 1990 | ooo | 1 694 400 | ooo | ooo |
| روسيا البيضاء † | 1980 | ooo | 38 130 | ooo | ooo |
| | 1985 | ooo | 42 500 | ooo | ooo |
| | 1988 | ooo | 44 100 | ooo | ooo |
| أوكرانيا † | 1980 | ooo | 195 782 | ooo | ooo |
| | 1985 | ooo | 210 300 | ooo | ooo |
| | 1989 | ooo | 348 600 | ooo | ooo |

## الجدول 2

**ملحوظات عامة:**

البيانات معبر عنها بمكافىء مياوم (م م FTE=) إلا البلدان التي لها الرمز #

| | |
|---|---|
| # | يشير إلى عدد طواقم البحث والتطوير المياومين + الساعيين |
| — | المقدار صفر |
| ooo | بيانات غير متاحة |
| * | بيانات مؤقتة أو تقديرية |
| ‹- | الرقم إلى اليمين مباشرة يتضمن بيانات للعمود/ الأعمدة التي يظهر فيه / فيها هذا الرمز |

† **ملحوظات البلدان:**

**إفريقيا:**

**بوروندي** : لا تتضمن بيانات عن القطاع الإنتاجي.

**ساحل العاج** : بيانات عن العلماء والمهندسين تشير فقط إلى المياومة.

**مصر** : لا تتضمن البحث والتطوير العسكريين والدفاعيين.

**الغابون** : لا تتضمن بيانات عن القطاع الإنتاجي.

**مدغشقر** : لا تتضمن بيانات عن قطاع التعليم العالي.

**النيجر**: البيانات متعلقة بقطاع التعليم العالي فقط.

**نيجيريا** : تتعلق البيانات بـ 23 فقط من أصل 26 معهد بحث قوميًا تابعًا للوزارة الاتحادية للعلم والتقانة.

**سيشل** : لا تتضمن البحث والتطوير العسكريين والدفاعيين.

**أمريكا الشمالية:**

**كندا** : بسبب تغيرات منهجية، لا يمكن مقارنة بيانات 1986 بالسنوات السابقة. لا تتضمن العلوم الاجتماعية والإنسانيات في القطاع الإنتاجي (البحث والتطوير المدمجين).

**كوبا** : لا تتضمن البحث والتطوير العسكريين والدفاعيين.

**السلفادور**: تشير البيانات إلى العلماء والمهندسين والتقنيين المشتغلين في مشروعات عامة.

**جامايكا** : البيانات تخص مجلس البحث العلمي فقط.

**المكسيك** : بيانات 1971 و 1974 تشير إلى طواقم المياومين + الساعيين.

**الولايات المتحدة** : لا تتضمن بيانات عن الحقوق والإنسانيات والتربية.

**أمريكا الجنوبية** :

**البرازيل** : لا تتضمن البحث والتطوير العسكريين والدفاعيين. لا تتضمن العلماء والمهندسين المنهمكين في مشروعات إنتاجية خاصة.

**تشيلي** : لا تتضمن البحث والتطوير العسكريين والدفاعيين.

**غويانا** : لا تتضمن البحث والتطوير العسكريين والدفاعيين. استبعدت أيضا البيانات عن قطاع الخدمات العامة وعن العلوم الطبية في قطاع التعليم العالي.

**بيرو** : البيانات تتضمن أيضا الخدمات العلمية والتقانية.

**فنزويلا** : لا تتضمن البحث والتطوير العسكريين والدفاعيين.

**آسيا** :

**بروناي دار السلام** : تشير البيانات إلى معهدي بحث فقط.

**قبرص** : لا تتضمن بيانات عن القطاع الإنتاجي.

**الهند** : لا تتضمن بيانات تخص التقنيين والطواقم المساعدة في قطاع التعليم العالي. عدد العلماء والمهندسين في قطاع التعليم العالي في 1984 ، 1986 ، 1988 هو 22100 (تقديرات 1982). في 1986 و 1988 يتضمن عمود المجموع على التوالي 6062 و 3335 شخصا لا يُعرف صنف طاقمهم.

**العراق** : البيانات تخص مؤسسة البحث العلمي فقط. في 1974 كان هناك 1862 شخصا (منهم 1486 عالما ومهندسا) يعملون في دوائر الدولة المهتمة بالفعاليات العلمية.

**إسرائيل** : تشير البيانات إلى علماء ومهندسين مياومين في القطاع المدني فقط، ولا تتضمن العلوم الاجتماعية والإنسانيات.

**اليابان** : تشير البيانات إلى طواقم مياومة. لا تتضمن بيانات عن العلوم الاجتماعية والإنسانيات في القطاع الإنتاجي (ب.ت. المدمجين).

**الأردن** : لا تتضمن البحث والتطوير العسكريين والدفاعيين.

**جمهورية كوريا** : لا تتضمن ب.ت. العسكريين والدفاعيين ولا العلوم الاجتماعية والإنسانيات.

**الكويت** : تشير البيانات إلى الفعاليات العلمية والتقانية.

**لبنان** : بيانات جزئية تشير إلى كلية العلوم في الجامعة اللبنانية فقط.

**باكستان** : لا تتضمن ب.ت العسكريين والدفاعيين. البيانات تخص فعاليات ب.ت المتركزة بصورة رئيسية في مؤسسات البحث الممولة حكوميا. استبعدت العلوم الاجتماعية والإنسانيات في قطاعي التعليم العالي والخدمات العامة.

**سنغافورة** : لا تتضمن العلوم الاجتماعية والإنسانيات.

**فيتنام** : بيانات عامي 1976 و 1978 لا تتضمن التقنيين والطواقم المساعدة في قطاع التعليم العالي. استبعد قطاع الخدمات العامة سنة 1985.

**أوروبا** :

**بلغاريا** : لا تتضمن البيانات التقنيين والطواقم المساعدة في التعليم العالي.

**تشيكوسلوفاكيا** : بسبب تغيرات منهجية لا يمكن المقارنة الدقيقة للبيانات منذ 1981 بالسنوات الماضية. إن العلماء والمهندسين العاملين في إدارة ب.ت قد ضموا إلى الطواقم المساعدة، وفقط الجزء المنفذ في المؤسسات المدنية من ب.ت العسكريين موجود هنا.

**ألمانيا** :

**جمهورية ألمانيا الديمقراطية سابقا** : استبعد البحث والتطوير في العلوم الاجتماعية والإنسانيات لعامي 1985 و 1989، باستثناء علم الاقتصاد وعلوم الحاسوب.

**جمهورية ألمانيا الاتحادية** : لا تتضمن العلوم الاجتماعية والإنسانيات في القطاع الإنتاجي.

**اليونان** : البيانات تخص فعاليات الحكومة فقط.

**هنغاريا** : بسبب تغيرات منهجية، لا يمكن مقارنة البيانات منذ 1981 بالسنين السالفة. لا تتضمن الطواقم العاملة في إدارة ب.ت، يدخل العمال

المهرة ضمن التقنيين وليس الطواقم المساعدة. وهذه الأخيرة تتضمن طواقم الأمن والصيانة والتصليح. يشتمل فقط على ذلك الجزء من ب.ت العسكريين المنفذ في مؤسسات مدنية.

**مالطا** : البيانات تخص قطاع التعليم العالي فقط.

**هولندا** : بسبب تغيرات منهجية، لا يمكن المقارنة الدقيقة للبيانات منذ 1981 بالسنوات السابقة. لا تتضمن العلوم الاجتماعية والإنسانيات في القطاع الإنتاجي (ب.ت. المدمجان).

**النروج** : لا تتضمن بيانات 1980 المشروعات الخاصة في القطاع الإنتاجي.

**بولندا** : بسبب تغيرات منهجية، لايمكن مقارنة البيانات منذ 1985 بالسنوات السابقة. لا تتضمن ب.ت العسكريين والدفاعيين لعام 1985 ، لا تتضمن البيانات التقنيين والطواقم المساعدة في قطاع التعليم العالي. ولعام 1989، استبعدت البيانات التي تخص القطاع الإنتاجي (ب.ت. المدمجين).

**إسبانيا** : بسبب تغيرات منهجية، لا يمكن مقارنة البيانات منذ 1984 بالسنوات السابقة. لا تتضمن المنظمات الخاصة اللاربحية. البيانات لا تتضمن التقنين والطواقم المساعدة في قطاع التعليم العالي.

**السويد** : لا تتضمن العلوم الاجتماعية والإنسانيات في قطاعي الإنتاج والخدمات العامة.

**المملكة المتحدة** : لا تتضمن بيانات عن قطاع التعليم العالي.

**يوغسلافيا السابقة** : لا تتضمن ب.ت. العسكريين والدفاعيين.

### أوقيانوسيا

**ساموا الأمريكية** : تخص البيانات معهد بحوث واحدا فقط.

**فيجي** : تخص البيانات معهد بحوث واحدا فقط.

**بولينيزيا الفرنسية** : تخص البيانات الطواقم المياومة في معهد بحوث واحد فقط.

**غوام** : تخص البيانات قطاع التعليم العالي فقط.

**كاليدونيا الجديدة** : تشير البيانات إلى العدد التالي من معاهد البحث: اثنين عام 1983 ، ثلاثة عام 1984 ، ستة عام 1985.

**نيوزيلندا** : بيانات 1975 لا تتضمن الطواقم المساعدة في قطاع التعليم العالي.

**ساموا** : البيانات عن العلماء والمهندسين تشير فقط إلى المياومين.

**تونغا** : تخص البيانات معهد بحوث واحدا فقط.

### الاتحاد السوفييتي السابق :

**الاتحاد السوفييتي السابق** : تشير البيانات إلى كل من يحملون درجة علمية عليا أو لقبا علميا، بصرف النظر عن طبيعة عملهم، وإلى من يقومون بعمل بحثي في المؤسسات العلمية، وإلى ملاك التعليم العلمي في مؤسسات التعليم العالي، وتتضمن أيضا أشخاصا يقومون بعمل علمي في المشروعات الصناعية.

**روسيا البيضاء** : انظر الملحوظة عن الاتحاد السوفييتي السابق.

**أوكرانيا** : انظر الملحوظة عن الاتحاد السوفييتي السابق.

**الجدول 3**
**مؤشرات مختارة للقوى البشرية العلمية والتقنية والطواقم المنهمكة في البحث والتطوير التجريبي**

| البلد/الإقليم | السنة | نوع البيانات | القوة البشرية المؤهلة: العلماء والمهندسون المحتملون في المليون من السكان | القوة البشرية المؤهلة: تقنيون محتملون في المليون من السكان | طواقم عاملة في ب ت: علماء ومهندسون في المليون من السكان | طواقم عاملة في ب ت: تقنيون في المليون من السكان | طواقم عاملة في ب ت: عدد التقنيين بالنسبة للعالم أو المهندس | ع & م في ب. ت. نسبة % من الإمكان ع & م |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **إفريقيا** | | | | | | | | |
| بنين | 1989 | EA | 299 | ooo | 177 | 54 | 0.3 | 59.2 |
| بوروندي | 1989 | □ | ooo | ooo | 32 | 32 | 1.0 | ooo |
| جمهورية إفريقيا الوسطى | 1984 | □ | ooo | ooo | 76 | 149 | 2.0 | ooo |
| الكونغو | 1984 | □ | ooo | ooo | 458 | 783 | 1.7 | ooo |
| مصر | 1986 | □ | ooo | ooo | 439 | 158 | 0.4 | ooo |
| الغابون | 1987 | □ | ooo | ooo | 192 | 17 | 0.1 | ooo |
| غينيا | 1984 | □ | ooo | ooo | 263 | 125 | 0.5 | ooo |
| كينيا | 1982 | EA | 906 | 989 | ooo | ooo | ooo | ooo |
| الجماهيرية العربية الليبية | 1980 | EA | 14 373 | 2 964 | 361 | 493 | 1.4 | 2.5 |
| مدغشقر | 1989 | □ | ooo | ooo | 23 | 82 | 3.6 | ooo |
| موريشيوس † | 1989 | ST | 7 662 | 10 825 | 180 | 160 | 0.9 | 2.3 |
| نيجيريا † | 1987 | ST | 281 | 1 014 | 14 | 61 | 4.5 | 5.0 |
| رواندا | 1985 | □ | ooo | ooo | 12 | *11 | *0.9 | ooo |
| السنغال | 1981 | □ | ooo | ooo | 342 | 468 | 1.4 | ooo |
| سيشل | 1983 | □ | ooo | ooo | 281 | 94 | 0.3 | ooo |
| **أمريكا الشمالية** | | | | | | | | |
| كندا† | 1988 | EA | 63 440 | 119 752 | 2 347 | 1 040 | 0.4 | 3.7 |
| كوستاريكا † | 1988 | EA | 21 029 | ooo | 534 | ooo | ooo | 2.5 |
| كوبا † | 1989 | ST | 14 233 | ooo | 1 146 | 839 | 0.7 | 8.0 |
| السلفادور | 1989 | □ | ooo | ooo | 27 | 316 | 11.5 | ooo |
| غواتيمالا † | 1990 | □ | 2 967 | ooo | 99 | 106 | 1.1 | 3.3 |
| هايتي | 1982 | EA | 2 538 | 3 224 | ooo | ooo | ooo | ooo |
| جمايكا | 1986 | □ | ooo | ooo | 8 | 6 | 0.8 | ooo |
| المكسيك | 1984 | □ | ooo | ooo | 215 | 379 | 1.8 | ooo |
| نيكاراغوا | 1987 | □ | ooo | ooo | 207 | 86 | 0.4 | ooo |
| سينت لوسيا | 1984 | □ | ooo | ooo | 396 | 642 | 1.6 | ooo |
| ترينيداد وتوباغو | 1984 | □ | ooo | ooo | 237 | 219 | 0.9 | ooo |
| الولايات المتحدة | 1988 | EA | 21 576 | ooo | *3 874 | ooo | ooo | *18.0 |
| **أمريكا الجنوبية** | | | | | | | | |
| الأرجنتين | 1988 | EA | 22 044 | 7 771 | *352 | *198 | *0.6 | *1.6 |
| البرازيل † | 1985 | ST | 11 231 | ooo | 390 | ooo | ooo | 3.5 |
| تشيلي | 1988 | □ | ooo | ooo | 363 | 231 | 0.6 | ooo |
| كولومبيا | 1982 | □ | ooo | ooo | 39 | 36 | 0.9 | ooo |
| غويانا † | 1982 | EA | 1 990 | 443 | 115 | 230 | 2.0 | 5.8 |
| باراغواي | 1981 | □ | ooo | ooo | 248 | → | ooo | ooo |
| بيرو | 1981 | ST | 16 465 | 9 348 | 274 | ooo | ooo | 1.7 |
| أوروغواي † | 1987 | ST | *19166 | ooo | 686 | ooo | ooo | 3.6 |
| فنزويلا † | 1983 | EA | 21 820 | ooo | 279 | 165 | 0.6 | 1.3 |
| **آسيا** | | | | | | | | |
| البحرين | 1981 | ST | 30 359 | 32 811 | ooo | ooo | ooo | ooo |

الجدول 3 تتمة
مؤشرات مختارة للقوى البشرية العلمية والتقنية والطواقم المنهمكة في البحث والتطوير التجريبي

| البلد/الإقليم | السنة | نوع البيانات | القوة البشرية المؤهلة: العلماء والمهندسون المحتملون في المليون من السكان | القوة البشرية المؤهلة: تقنيون محتملون في المليون من السكان | طواقم عاملة في ب. ت: علماء ومهندسون في المليون من السكان | طواقم عاملة في ب. ت: تقنيون في المليون من السكان | طواقم عاملة في ب. ت: عدد التقنيين بالنسبة للعالم أو المهندس | ع & م في ب. ت. نسبة % من الإمكان ع & م |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| آسيا - تتمة | | | | | | | | |
| بروناي | | | | | | | | |
| دار السلام † | 1984 | EA | 11 531 | 22 401 | 93 | 540 | 5.8 | 0.9 |
| الصين | 1988 | EA | 8 157 | → | ooo | ooo | ooo | ooo |
| قبرص † | 1987 | EA | *34 200 | *28 931 | 77 | 121 | 1.6 | 0.2 |
| هونغ كونغ | 1986 | EA | 32 617 | 21 487 | ooo | ooo | ooo | ooo |
| الهند † | 1990 | EA | 2 897 | 749 | *145 | *99 | *0.7 | 5.0 |
| إندونيسيا † | 1988 | ST | 1 280 | 11 026 | 181 | ooo | ooo | 14.1 |
| جمهورية إيران الإسلامية † | 1985 | ST | 6 992 | 4 056 | 67 | 39 | 0.6 | 1.0 |
| إسرائيل | 1984 | EA | 41 992 | 42 058 | 4 836 | 1 035 | 0.2 | 11.5 |
| اليابان | 1989 | EA | 71 223 | 40 695 | 5 183 | 858 | 0.2 | 7.8 |
| الأردن | 1986 | EA | 8 564 | ooo | 119 | 8 | 0.1 | 1.4 |
| جمهورية كوريا | 1988 | EA | *2 428 | *49 790 | 1 343 | 849 | 0.6 | 55.3 |
| الكويت † | 1985 | ST | 35 115 | 41 269 | 925 | 344 | 0.4 | 2.6 |
| لبنان | 1980 | □ | ooo | ooo | 67 | 2 | 0.0 | ooo |
| ماليزيا † | 1988 | ST | 1 792 | ooo | 327 | 69 | 0.2 | 18.2 |
| نيبال | 1980 | EA | 247 | *494 | 22 | 5 | 0.2 | 9.1 |
| باكستان † | 1990 | EA | 2 340 | 1 713 | 58 | 81 | 1.4 | 2.5 |
| الفيلبين † | 1984 | ST | 36 649 | ooo | 90 | 35 | 0.4 | 0.2 |
| قطر † | 1986 | EA | 23 781 | 13 208 | 746 | 199 | 0.3 | 3.1 |
| سنغافورة † | 1987 | EA | 15 849 | 10 737 | 1 283 | 583 | 0.5 | 8.1 |
| سري لانكا | 1985 | EA | 1 337 | ooo | 173 | 43 | 0.2 | 13.0 |
| تايلند | 1987 | □ | ooo | ooo | 104 | 52 | 0.5 | ooo |
| تركيا † | 1985 | ST | 15 932 | 18 678 | 224 | 146 | 0.7 | 1.4 |
| فيتنام | 1985 | | ooo | ooo | 334 | ooo | ooo | ooo |
| أوروبا | | | | | | | | |
| النمسا † | 1984 | EA | 17 781 | 3 768 | 1 007 | 903 | 0.9 | 5.7 |
| بلجيكا | 1988 | □ | ooo | ooo | 1 691 | 2 045 | 1.2 | ooo |
| بلغاريا † | 1987 | EA | 36 101 | 77 039 | 5 641 | 1 301 | 0.2 | 15.6 |
| تشيكوسلوفاكيا † | 1989 | EA | 35 443 | ooo | 4 195 | 2 747 | 0.7 | 11.8 |
| الدنمارك † | 1989 | ST | 22 740 | 62 304 | 2 074 | 2 877 | 1.4 | 9.1 |
| فنلندا † | 1989 | ST | 55 416 | 49 315 | 2 283 | 1 993 | 0.9 | 4.1 |
| فرنسا † | | | | | | | | |
| ألمانيا الديمقراطية سابقا † | 1989 | EA | 38 270 | 66 913 | 7 819 | 4 149 | 0.5 | 20.4 |
| جمهورية ألمانيا الاتحادية | 1987 | EA | 45 571 | 32 466 | 2 713 | 2 006 | 0.7 | 6.0 |
| اليونان † | 1986 | ST | 33 905 | 16 049 | 54 | 49 | 0.9 | 0.2 |
| هنغاريا † | 1988 | EA | 45 786 | → | 1 936 | 1 337 | 0.7 | 4.2 |
| إيسلندا † | 1989 | □ | ooo | ooo | 3 080 | 1 610 | 0.5 | 4.3 |
| إيرلندا † | 1988 | EA | 40 618 | 201 252 | 1 737 | 353 | 0.2 | ooo |
| إيطاليا † | 1988 | EA | 20 784 | 62 381 | 1 310 | 670 | 0.5 | 6.3 |
| مالطا | 1988 | □ | ooo | ooo | 97 | 14 | 0.1 | ooo |
| هولندا † | 1988 | EA | 67 129 | → | 2 543 | 1 823 | 0.7 | 3.8 |
| النروج † | 1989 | ST | 28 915 | ooo | *2 882 | *2 048 | *0.7 | 10.0 |
| بولندا † | 1988 | EA | 38 658 | 131 513 | 854 | ooo | ooo | 2.2 |

## الجدول 3 تتمة
## مؤشرات مختارة للقوى البشرية العلمية والتقنية والطواقم المنهمكة في البحث والتطوير التجريبي

| البلد/الإقليم | السنة | نوع البيانات | القوة البشرية المؤهلة: العلماء والمهندسون المحتملون في المليون من السكان | القوة البشرية المؤهلة: تقنيون محتملون في المليون من السكان | طواقم عاملة في ب. ت: علماء ومهندسون في المليون من السكان | طواقم عاملة في ب. ت: تقنيون في المليون من السكان | عدد التقنيين بالنسبة للعالم أو المهندس | ع & م في ب. ت. نسبة % من الإمكان ع & م |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **أوروبا – تتمة** | | | | | | | | |
| البرتغال | 1988 | □ | ooo | ooo | 488 | 348 | 0.7 | ooo |
| رومانيا | 1989 | □ | ooo | ooo | 2 582 | 1 858 | 0.7 | ooo |
| سان مارينو | 1989 | EA | 22 783 | 80 565 | — | — | — | — |
| إسبانيا | 1988 | EA | 39 602 | → | 799 | 254 | 0.3 | 2.0 |
| السويد † | 1987 | □ | ooo | ooo | 2 712 | 3 472 | 1.3 | ooo |
| سويسرا † | 1986 | EA | 55 081 | ooo | 2 299 | 1 652 | 0.7 | 4.2 |
| يوغسلافيا السابقة † | 1989 | EA | 23 995 | 18 418 | 1 471 | 795 | 0.5 | 6.1 |
| **أوقيانوسيا** | | | | | | | | |
| أستراليا † | 1988 | EA | 32 638 | 19 864 | 2 115 | 1 004 | 0.5 | 6.5 |
| فيجي | 1986 | □ | ooo | ooo | 50 | 126 | 2.5 | ooo |
| بولينيزيا الفرنسية | 1983 | □ | ooo | ooo | 104 | 98 | 0.9 | ooo |
| غوام | 1989 | □ | ooo | ooo | *179 | 94 | *0.5 | ooo |
| كيريباتي | 1980 | □ | ooo | ooo | 34 | 17 | 0.5 | ooo |
| كاليدونيا الجديدة | 1985 | □ | ooo | ooo | 507 | 467 | 0.9 | ooo |
| تونغا | 1981 | □ | ooo | ooo | 113 | 41 | 0.4 | ooo |
| **الاتحاد السوفييتي السابق** | | | | | | | | |
| الاتحاد السوفييتي السابق † | 1990 | EA | 55 275 | 71 756 | 5 871 | ooo | ooo | 10.6 |
| روسيا البيضاء † | 1988 | EA | 58 000 | 73 000 | 4 345 | ooo | ooo | 7.5 |
| أوكرانيا † | 1989 | EA | 56 850 | 74 976 | 6 736 | ooo | ooo | 11.8 |

## الجدول 3

**ملحوظات عامة :**

البيانات عن طواقم العاملين في ب.ت (البحث والتطوير) هي بمكافىء مياوم- full time equivalen

EA : قوة بشرية مؤهلة وفاعلة اقتصاديا

ST : مخزون القوة البشرية المؤهلة

ع - م = S&E علماء ومهندسون

— المقدار صفر

0 أو 0.0 المقدار أقل من نصف الوحدة المستعملة

ooo بيانات غير متاحة

□ الصنف غير قابل للتطبيق هنا

* بيانات مؤقتة أو تقديرية

→ الرقم إلى اليمين مباشرة يتضمن بيانات للعمود/الأعمدة التي يظهر فيه / فيها هذا الرمز

† **ملحوظات عن البلدان:**

**إفريقيا:**

**موريشيوس** : بيانات القوة البشرية المؤهلة تخص عام 1983.

**نيجيريا** : بيانات القوة البشرية المؤهلة تخص عام 1980.

**أمريكا الشمالية :**

**كندا** : بيانات القوة البشرية المؤهلة تخص عام 1986.

**كوستاريكا** : بيانات القوة البشرية المؤهلة تخص عام 1980.

**كوبا** : بيانات القوة البشرية المؤهلة تخص عام 1981.

**غواتيمالا** : بيانات طواقم العاملين في ب.ت تخص عام 1988.

**أمريكا الجنوبية :**

**البرازيل** : بيانات القوة البشرية المؤهلة تخص عام 1980.

**غويانا** : بيانات القوة البشرية المؤهلة تخص عام 1980.

**أوروغواي** : بيانات القوة البشرية المؤهلة تخص عام 1985.

**فنزويلا** : بيانات القوة البشرية المؤهلة تخص عام 1988.

**آسيا :**

**بروناي دار السلام** : بيانات القوة البشرية المؤهلة تخص عام 1981.

**قبرص** : بيانات طواقم العاملين في ب.ت (البحث والتطوير) تخص عام 1984. عدد التقنيين العاملين في ب.ت يتضمن الطواقم المساعدة.

**الهند** : بيانات القوة البشرية المؤهلة تخص عام 1988.

**إندونيسيا** : بيانات القوة البشرية المؤهلة تخص عام 1980.

**جمهورية إيران الإسلامية** : بيانات القوة البشرية المؤهلة تخص عام 1982.

**اليابان** : بيانات القوة البشرية المؤهلة تخص عام 1987.

**جمهورية كوريا** : بيانات القوة البشرية المؤهلة تخص عام 1981.

**الكويت** : بيانات طواقم العاملين في ب.ت تخص عام 1984.

**ماليزيا** : بيانات القوة البشرية المؤهلة تخص عام 1982.

**باكستان** : بيانات طواقم العاملين في ب.ت تخص عام 1988.

**الفيلبين** : بيانات القوة البشرية المؤهلة تخص عام 1980.

**قطر** : بيانات القوة البشرية المؤهلة تخص عام 1983.

**سنغافورة** : بيانات القوة البشرية المؤهلة تخص عام 1980.

**تركيا** : بيانات القوة البشرية المؤهلة تخص عام 1980.

**أوروبا :**

**النمسا** : بيانات القوة البشرية المؤهلة تخص عام 1981.

**بلغاريا** : بيانات القوة البشرية المؤهلة تخص عام 1986.

**تشيكوسلوفاكيا** : بيانات القوة البشرية المؤهلة تخص عام 1980.

**الدنمارك** : عدد التقنيين العاملين في ب.ت يتضمن الطواقم المساعدة.

**فنلندا** : عدد التقنين العاملين في ب.ت يتضمن الطواقم المساعدة.

**فرنسا** : عدد التقنين العاملين في ب.ت يتضمن الطواقم المساعدة.

**المانيا :**

**جمهورية المانيا الديمقراطية سابقا** : بيانات القوة البشرية المؤهلة تخص عام 1988. عدد التقنين العاملين في ب.ت يتضمن الطواقم المساعدة.

**اليونان** : بيانات القوة البشرية المؤهلة تخص عام 1981.

**هنغاريا** : بيانات القوة البشرية المؤهلة تخص عام 1984. عدد التقنين العاملين في ب.ت يتضمن العمال المهرة.

**إيسلندا** : عدد التقنين العاملين في ب.ت يتضمن الطواقم المساعدة.

**إيرلندا** : بيانات القوة البشرية المؤهلة تخص عام 1981.

**إيطاليا** : بيانات القوة البشرية المؤهلة تخص عام 1981.

**هولندا** : بيانات القوة البشرية المؤهلة تخص عام 1985. عدد التقنين العاملين في ب.ت يتضمن الطواقم المساعدة.

**النروج** : بيانات القوة البشرية المؤهلة تخص عام 1987. عدد التقنين العاملين في ب.ت يتضمن الطواقم المساعدة.

**بولندا** : بيانات القوة البشرية المؤهلة تخص عام 1984.

**السويد** : عدد التقنين العاملين في ب.ت يتضمن الطواقم المساعدة.

**سويسرا** : بيانات القوة البشرية المؤهلة تخص عام 1980.

**يوغسلافيا السابقة** : بيانات القوة البشرية المؤهلة تخص عام 1988.

**أوقيانوسيا :**

**استراليا** : بيانات القوة البشرية المؤهلة تخص عام 1988.

**الاتحاد السوفييتي السابق :**

**الاتحاد السوفييتي السابق** : بيانات القوة البشرية المؤهلة تخص عام 1987.

**روسيا البيضاء** : بيانات القوة البشرية المؤهلة تخص عام 1986.

**أوكرانيا** : بيانات القوة البشرية المؤهلة تخص عام 1986.

## الجدول 4
## الإنفاق الكلي على إنجاز البحث والتطوير التجريبي بحسب مصدر التمويلات

| البلد/الإقليم | سنة الإسناد | العملة | | كل مصادر التمويلات (بالآلاف) | مصدر التمويلات: تمويلات حكومية (بالآلاف) | مصدر التمويلات: تمويلات من مشروعات إنتاجية وتمويلات خاصة (بالآلاف) | مصدر التمويلات: تمويلات أجنبية (بالآلاف) | مصدر التمويلات: تمويلات أخرى (بالآلاف) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **إفريقيا** | | | | | | | | |
| بوروندي † | 1989 | فرنك | | 536 187 | 211 064 | — | 325 123 | — |
| | | | % | 100 | 39.4 | — | 60.0 | — |
| جمهورية إفريقيا الوسطى † | 1984 | فرنك إفريقيا الوسطى | | 680 791 | 406 684 | 144 515 | 75 592 | 54 000 |
| | | | % | 100 | 59.7 | 21.2 | 11.1 | 7.9 |
| الكونغو † | 1984 | فرنك إفريقيا الوسطى | | 25 530 | 17 575 | 6 500 | 1 455 | — |
| | | | % | 100 | 68.8 | 25.5 | 5.7 | — |
| موريشيوس | 1989 | روبيه | | 54 300 | 19 000 | 1 300 | — | 34 000 |
| | | | % | 100 | 35.0 | 2.4 | — | 62.6 |
| نيجيريا † | 1987 | نيرا | | ooo | 86 270 | ooo | ooo | ooo |
| رواندا † | 1984 | فرنك | | 235 540 | 189 040 | — | 46 500 | — |
| | | | % | 100 | 80.3 | — | 19.7 | — |
| سيشل † | 1983 | روبيه | | 12 854 | 6 274 | — | 6 580 | — |
| | | | % | 100 | 48.8 | — | 51.2 | — |
| **أمريكا الشمالية** | | | | | | | | |
| كنـدا † | 1989 | دولار | | *8 568 000 | * 3 170 000 | *3 583 000 | *907 000 | *908 000 |
| | | | % | 100 | *37.0 | *41.8 | *10.6 | *10.6 |
| كوستاريكا | 1986 | كولون | | 612 000 | 562 000 | ./. | 50 000 | — |
| | | | % | 100 | 91.8 | ./. | 8.2 | — |
| كوبـا † | 1985 | بيزو | | 182 478 | 176 791 | — | 5 687 | — |
| | | | % | 100 | 96.9 | — | 3.1 | — |
| السلفادور † | 1989 | كولون | | ooo | 290 881 | — | ooo | — |
| غواتيمالا † | 1988 | غوتزال | | 31 859 | 11 692 | 170 | 5 430 | 14 567 |
| | | | % | 100 | 36.7 | 0.5 | 17.0 | 45.7 |
| المكسيك † | 1989 | بيزو | | 1 050283 | 997 720 | 52 563 | → | → |
| | | | % | 100 | 95.0 | 5.0 | → | → |
| نيكاراغوا † | 1987 | قرطبه | | *988 970 | *799 470 | — | *189 500 | — |
| | | | % | 100 | *80.8 | — | *19.2 | — |
| باناما | 1986 | بالبوا | | 173 | 173 | — | — | — |
| | | | % | 100 | 100.0 | — | — | — |
| ترينيداد وتوباغو | 1984 | دولار | | 143 257 | 131 005 | 6 276 | 4 090 | 1 886 |
| | | | % | 100 | 91.4 | 4.4 | 2.9 | 1.3 |

## الجدول 4 تتمة
## الإنفاق الكلي على إنجاز البحث والتطوير التجريبي بحسب مصدر التمويلات

| البلد/الإقليم | سنة الإسناد | العملة | | كل مصادر التمويلات (بالآلاف) | مصدر التمويلات: تمويلات حكومية (بالآلاف) | مصدر التمويلات: تمويلات من مشروعات إنتاجية وتمويلات خاصة (بالآلاف) | مصدر التمويلات: تمويلات أجنبية (بالآلاف) | مصدر التمويلات: تمويلات أخرى (بالآلاف) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| أمريكا الشمالية -تتمة | | | | | | | | |
| الولايات المتحدة † | 1988 | دولار | | 135 231 000 | 62 136 000 | 67 855 000 | — | 5 240 000 |
| | | | % | 100 | 45.9 | 50.2 | — | 3.9 |
| **أمريكا الجنوبية** | | | | | | | | |
| الأرجنتين | 1988 | أوسترال | | 3 466 700 | 2 946 700 | 277 300 | 69 300 | 173 400 |
| | | | % | 100 | 85.0 | 8.0 | 2.0 | 5.0 |
| البرازيل | 1982 | كروزيرو | | *305 500 000 | *204 300 000 | *60 500 000 | 16 100 000 | 24 600 000 |
| | | | % | 100 | *66.9 | *19.8 | *5.3 | *8.1 |
| تشيلي † | 1988 | بيزو | | 23 161 300 | 16 308 900 | 4 218 200 | 757 500 | 1 876 700 |
| | | | % | 100 | 70.4 | 18.2 | 3.3 | 8.1 |
| بيرو † | 1984 | سُل | | 159 024 000 | 76 289 000 | 43 255 000 | 33 367 000 | 6 113 000 |
| | | | % | 100 | 48.0 | 27.2 | 21.0 | 3.8 |
| **آسيا** | | | | | | | | |
| قبرص † | 1984 | جنيه | | 1 173 | 1 159 | — | 14 | — |
| | | | % | 100 | 98.8 | — | 1.2 | — |
| الهند | 1988 | روبيه | | 34 718 100 | 31 080 240 | 3 637 860 | ./. | ./. |
| | | | % | 100 | 89.5 | 10.5 | ./. | ./. |
| إسرائيل † | 1983 | شيكل | | 56 300 | 35 934 | 12 223 | ./. | 8 143 |
| | | | % | 100 | 63.8 | 21.7 | ./. | 14.5 |
| اليابان † | 1988 | ين | | 10 627 572 | 2 117 781 | 8 501 469 | 8 323 | — |
| | | | % | 100 | 19.9 | 80.0 | 0.1 | — |
| جمهورية كوريا † | 1988 | وُن | | 2 347 000 | 416 000 | 1 922 000 | — | 9 000 |
| | | | % | 100 | 17.7 | 81.9 | — | 0.4 |
| الكويت † | 1984 | دينار | | 71 163 | 24 437 | 45 736 | — | 990 |
| | | | % | 100 | 34.3 | 64.3 | — | 1.4 |
| باكستان † | 1987 | روبيه | | 5 582 081 | 5 582 081 | — | — | — |
| | | | % | 100 | 100.0 | — | — | — |
| الفيلبين † | 1984 | بيزو | | 612 750 | 373 290 | 144 860 | 79 740 | 14 860 |
| | | | % | 100 | 60.9 | 23.6 | 13.0 | 2.4 |
| قطر | 1986 | ريال | | 6 650 | 6 650 | — | — | — |
| | | | % | 100 | 100.0 | — | — | — |
| سنغافورة † | 1987 | دولار | | ooo | 145 448 | 223 389 | ooo | 5 907 |
| سري لانكا | 1984 | روبيه | | 256 799 | 214 960 | → | 41 839 | — |
| | | | % | 100 | 83.7 | → | 16.3 | — |

## الجدول 4 تتمة
## الإنفاق الكلي على إنجاز البحث والتطوير التجريبي بحسب مصدر التمويلات

| البلد/الإقليم | سنة الإسناد | العملة | | كل مصادر التمويلات (بالآلاف) | مصدر التمويلات: تمويلات حكومية (بالآلاف) | مصدر التمويلات: تمويلات من مشروعات إنتاجية وتمويلات خاصة (بالآلاف) | مصدر التمويلات: تمويلات أجنبية (بالآلاف) | مصدر التمويلات: تمويلات أخرى (بالآلاف) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| آسيا - تتمة | | | | | | | | |
| تايلند | 1987 | بهت | | 2 664 380 | 1 825 780 | 259 450 | 387 550 | 191 600 |
| | | | % | 100 | 68.5 | 9.7 | 14.5 | 7.2 |
| أوروبا | | | | | | | | |
| النمسا | 1990 | شلن | | *24 281 600 | *11 293 400 | *12 361 200 | *561 500 | *65 500 |
| | | | % | 100 | *46.5 | *50.9 | *2.3 | *0.3 |
| بلجيكا | 1988 | فرنك | | 91 265 100 | 24 377 200 | 65 327 800 | 931 000 | 629 100 |
| | | | % | 100 | 26.7 | 71.6 | 1.0 | 0.7 |
| بلغاريا | 1989 | لِف | | 1 042 400 | 433 600 | 608 800 | — | — |
| | | | % | 100 | 41.6 | 58.4 | — | — |
| تشيكوسلوفاكيا † | 1987 | كورونا | | 24 684 000 | 9 505 000 | 15 179 000 | — | — |
| | | | % | 100 | 38.5 | 61.5 | — | — |
| الدنمارك | 1989 | كرونا | | 11 892 000 | 5 408 000 | 5 573 000 | 368 000 | 543 000 |
| | | | % | 100 | 45.5 | 46.9 | 3.1 | 4.6 |
| فنلندا † | 1989 | ماركا | | 7 207 800 | 1 800 800 | 5 322 300 | 58 400 | 26 300 |
| | | | % | 25.0 | 73.8 | 0.8 | 0.4 | |
| فرنسا | 1987 | فرنك | | 121 364 000 | 63 021 000 | 50 785 000 | 7 171 000 | 387 000 |
| | | | % | 100 | 51.9 | 41.8 | 5.9 | 0.3 |
| ألمانيا † | | | | | | | | |
| ألمانيا الديمقراطية سابقا † | 1989 | مارك ألمانيا الديمقراطية | | 11 880 000 | 3 204 000 | 8 676 000 | — | ./. |
| | | | % | 100 | 27.0 | 73.0 | — | ./. |
| جمهورية ألمانيا الاتحادية † | 1987 | مارك ألماني | | 57 241 000 | 19 861 000 | 36 404 000 | 738 000 | 238 000 |
| | | | % | 100 | 34.7 | 63.6 | 1.3 | 0.4 |
| اليونان | 1986 | دراخما | | 18 331 000 | 13 646 000 | 4 248 000 | 437 000 | — |
| | | | % | 100 | 74.4 | 23.2 | 2.4 | — |
| هنغاريا † | 1989 | فورينت | | 33 441 000 | 8 477 000 | 24 252 000 | 226 000 | 486 000 |
| | | | % | 100 | 25.3 | 72.5 | 0.7 | 1.5 |
| إيسلندا | 1989 | كرونا | | 3 123 000 | 2 186 100 | 718 290 | 93 690 | 124 920 |
| | | | % | 100 | 70.0 | 23.0 | 3.0 | 4.0 |
| إيرلندا | 1988 | جنيه | | 185 800 | 85 600 | 100 200 | → | → |
| | | | % | 100 | 46.1 | 53.9 | → | → |
| إيطاليا † | 1988 | ليرة | | 13 281 284 | 6 883 493 | 5 834 146 | 563 645 | — |
| | | | % | 100 | 51.8 | 43.9 | 4.2 | — |

## الجدول 4 تتمة
## الإنفاق الكلي على إنجاز البحث والتطوير التجريبي بحسب مصدر التمويلات

| البلد/الإقليم | سنة الإسناد | العملة | | كل مصادر التمويلات (بالآلاف) | مصدر التمويلات: تمويلات حكومية (بالآلاف) | مصدر التمويلات: تمويلات من مشروعات إنتاجية وتمويلات خاصة (بالآلاف) | مصدر التمويلات: تمويلات أجنبية (بالآلاف) | مصدر التمويلات: تمويلات أخرى (بالآلاف) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **أوروبا - تتمة** | | | | | | | | |
| مالطا † | 1988 | ليرة | | 10 | 10 | — | — | — |
| | | | % | 100 | 100.0 | — | — | — |
| هولندا † | 1988 | گيلدر | | 10 163 000 | 4 328 000 | 5 431 000 | 232 000 | 172 000 |
| | | | % | 100 | 42.6 | 53.4 | 2.3 | 1.7 |
| النروج | 1989 | كراون | | *12 000 000 | *5 800 000 | *5 700 000 | *200 000 | *300 000 |
| | | | % | 100 | *48.3 | *47.5 | *1.7 | *2.5 |
| البرتغال | 1988 | أسكودو | | 29 910 800 | 19 006 000 | 8 185 300 | 795 900 | 1 923 600 |
| | | | % | 100 | 63.5 | 27.4 | 2.7 | 6.4 |
| رومانيا | 1989 | لِڤ | | 20 866 000 | 1 100 000 | 19 766 000 | — | — |
| | | | % | 100 | 5.3 | 94.7 | — | — |
| إسبانيا | 1988 | بيزتا | | 287 688 658 | 140 444 476 | 136 714 972 | 7 267 720 | 3 261 490 |
| | | | % | 100 | 48.4 | 47.5 | 2.5 | 1.1 |
| السويد † | 1987 | كرونا | | 30 554 000 | 11 297 000 | 18 662 000 | 481 000 | 114 000 |
| | | | % | 100 | 37.0 | 61.1 | 1.6 | 0.4 |
| سويسرا | 1986 | فرنك | | ooo | 1 481 000 | 5 534 000 | ooo | ooo |
| المملكة المتحدة † | 1989 | جنيه استرليني | | 11 531 700 | 4 213 800 | 5 809 400 | 1 138 400 | 370 200 |
| | | | % | 100 | 36.5 | 50.4 | 9.9 | 3.2 |
| يوغسلافيا السابقة † | 1989 | دينار | | 2 152 032 | 772 324 | 1 153 094 | 76 073 | 150 541 |
| | | | % | 100 | 35.9 | 53.6 | 3.5 | 7.0 |
| **أوقيانوسيا** | | | | | | | | |
| أستراليا | 1988 | دولار | | 4 187 100 | 2 314 700 | 1 722 200 | 56 400 | 93 900 |
| | | | % | 100 | 55.3 | 41.1 | 1.4 | 2.2 |
| فيجي † | 1986 | دولار | | 3 800 | 2 800 | — | 1 000 | — |
| | | | % | 100 | 73.7 | — | 26.3 | — |
| بولينيزيا الفرنسية | 1983 | فرنك | | 324 720 | 269 950 | 3 820 | — | 50 950 |
| | | | % | 100 | 83.1 | 1.2 | — | 15.7 |
| غوام † | 1989 | دولار أمريكي | | ooo | *1 706 | ooo | ooo | *220 |
| كاليدونيا الجديدة † | 1983 | فرنك | | 83 000 | 61 500 | 21 500 | — | — |
| | | | % | 100 | 74.1 | 25.9 | — | — |
| تونغا † | 1980 | بانغا | | 426 | 106 | — | 320 | — |
| | | | % | 100 | 24.9 | — | 75.1 | — |

**الجدول 4**

**ملحوظات عامة :**

| | |
|---|---|
| — | المقدار صفر |
| ooo | بيانات غير متاحة |
| * | بيانات مؤقتة أو تقديرية |
| ./. | بيانات متضمنة في مكان آخر من صنف آخر |
| → | الرقم إلى اليمين مباشرة يتضمن بيانات للعمود/ الأعمدة التي يظهر فيه/فيها هذا الرمز |

**† ملحوظات البلدان :**

**إفريقيا :**

**بوروندي :** لا تتضمن بيانات عن القطاع الإنتاجي ولا عن تكاليف الشغل في وزارة الصحة العامة.

**جمهورية إفريقيا الوسطى :** لا تتضمن بيانات عن قطاع الخدمات العامة.

**الكونغو :** لا تتضمن ب.ت العسكريين والدفاعيين.

**موريشيوس :** تشير البيانات إلى الإنفاق الجاري فقط.

**نيجيريا :** تخص البيانات 23 فقط من 26 معهد بحث قوميا في الوزارة الاتحادية للعلم والتقانة.

**رواندا :** لا تتضمن بيانات عن قطاع الإنتاج.

**سيشل :** لا تتضمن ب.ت العسكريين والدفاعيين.

**أمريكا الشمالية :**

**كندا :** لا تتضمن بيانات عن العلوم الاجتماعية والإنسانيات في القطاع الإنتاجي (ب.ت المدمجين).

**كوبا :** لا تتضمن ب.ت العسكريين والدفاعيين.

**السلفادور :** لا تتضمن بيانات عن قطاع التعليم العالي.

**غواتيمالا :** تشير البيانات إلى القطاع الإنتاجي (ب.ت المدمجين) وقطاع التعليم العالي فقط.

**المكسيك :** الأرقام بالملايين.

**نيكاراغوا :** تشير البيانات إلى الإنفاق الجاري فقط. لا تتضمن ب.ت العسكريين والدفاعيين.

**الولايات المتحدة :** تشير البيانات إلى الإنفاق الجاري فقط. لا تتضمن بيانات عن الحقوق والإنسانيات والتربية.

**أمريكا الجنوبية :**

**تشيلي :** لا تتضمن ب.ت العسكريين والدفاعيين.

**بيرو :** تشير البيانات إلى مخصصات العلم والتقانة من الميزانية.

**آسيا :**

**قبرص :** لا تتضمن بيانات عن القطاع الإنتاجي.

**إسرائيل :** لا تتضمن بيانات عن الإنسانيات والحقوق الممولة من ميزانيات الجامعات الجارية.

**اليابان :** الأرقام بالملايين. لا تتضمن بيانات عن العلوم الاجتماعية والإنسانيات في القطاع الإنتاجي (ب.ت المدمجين).

**جمهورية كوريا :** بالملايين. لا تتضمن ب.ت العسكريين والدفاعيين ولا العلوم الاجتماعية والإنسانيات.

**الكويت :** تشير البيانات إلى فعاليات علمية وتقانية (STA).

**باكستان :** البيانات تخص فعاليات ب.ت المتركزة أساسا في مؤسسات بحث ممولة حكوميا فقط. استبعدت العلوم الاجتماعية والإنسانيات في قطاعي التعليم العالي والخدمات العامة. لا تتضمن ب.ت العسكريين والدفاعيين.

**الفيلبين :** لا تتضمن 000 670 بيزو لا يعرف لها توزع بحسب مصدر التمويل.

**سنغافورة :** لا تتضمن العلوم الاجتماعية والإنسانيات.

**أوروبا :**

**بلجيكا :** لا تتضمن بيانات عن الجماعات والأقاليم.

**تشيكوسلوفاكيا :** المتضمن فقط الجزء المنفذ في مؤسسات مدنية من ب.ت العسكريين.

**فنلندا :** لا تتضمن 1680 مليون ماركا في قطاع التعليم العالي التي لا يعرف لها توزع بحسب مصدر التمويل.

**ألمانيا : ألمانيا الديمقراطية سابقا :** البيانات تشير إلى الإنفاق الجاري على العلم والتقانة.

**جمهورية ألمانيا الاتحادية :** بسبب تغيرات منهجية ، لا يمكن مقارنة البيانات بالسنوات السابقة. لا تتضمن بيانات عن العلوم الاجتماعية والإنسانيات في القطاع الإنتاجي.

**هنغاريا :** تتضمن فقط ذلك الجزء من ب.ت العسكريين المنفذ في مؤسسات مدنية.

**إيطاليا :** الأرقام بالملايين.

**مالطا :** البيانات تخص قطاع التعليم العالي فقط.

**هولندا :** لا تتضمن بيانات عن العلوم الاجتماعية والإنسانيات في القطاع الإنتاجي (ب.ت المدمجين).

**السويد :** لا تتضمن بيانات عن العلوم الاجتماعية والإنسانيات في قطاعي الإنتاج والخدمات العامة.

**المملكة المتحدة :** لا تتضمن تمويلات ب.ت المنجزين في الخارج.

**يوغسلافيا السابقة :** الأرقام بالملايين، لا تتضمن ب.ت العسكريين والدفاعيين.

**أوقيانوسيا :**

**فيجي :** البيانات تخص معهد بحوث واحدا فقط.

**بولينيزيا الفرنسية :** البيانات تخص معهد بحوث واحدا فقط.

**غوام :** البيانات تشير إلى الإنفاق الجاري على قطاع التعليم العالي فقط.

**كاليدونيا الجديدة :** البيانات تخص معهدي بحث فقط.

**تونغا :** البيانات تخص معهد بحوث واحدا فقط.

## الجدول 5
## الإنفاق الجاري على البحث والتطوير التجريبي بحسب نوع فعالية البحث والتطوير

| البلد/الإقليم | سنة الإسناد | العملة | | كل أنواع فعاليات ب.ت (بالآلاف) | الإنفاق الجاري بحسب نوع فعالية ب. ت البحث الأساسي (بالآلاف) | البحث التطبيقي (بالآلاف) | التطوير التجريبي (بالآلاف) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **إفريقيا** | | | | | | | |
| بوروندي † | 1989 | فرنك | | 536 187 | 42 883 | 493 304 | → |
| | | | % | 100 | 8.0 | 92.0 | → |
| سيشل† | 1983 | روبيه | | 6 083 | — | 5 400 | 683 |
| | | | % | 100 | — | 88.8 | 11.2 |
| **أمريكا الشمالية** | | | | | | | |
| كوبا † | 1985 | بيزو | | 182 478 | 29 197 | 140 508 | 12 773 |
| | | | % | 100 | 16.0 | 77.0 | 7.0 |
| المكسيك † | 1989 | بيزو | | 1 050 283 | 216 319 | 475 408 | 358 556 |
| | | | % | 100 | 20.6 | 45.3 | 34.1 |
| الولايات المتحدة † | 1988 | دولار | | 135 231 000 | 18 460 000 | 30 897 000 | 85 874 000 |
| | | | % | 100 | 13.7 | 22.8 | 63.5 |
| **أمريكا الجنوبية** | | | | | | | |
| الأرجنتين | 1988 | أوسترال | | 2 724 800 | 940 100 | 1 618 500 | 166 200 |
| | | | % | 100 | 34.5 | 59.4 | 6.1 |
| **آسيا** | | | | | | | |
| اليابان † | 1988 | ين | | 9 759 566 | 1 347 078 | 2 361 349 | 6 051 139 |
| | | | % | 100 | 13.8 | 24.2 | 62.0 |
| الأردن † | 1986 | دينار | | 5 587 | 1 388 | 2 701 | 1 498 |
| | | | % | 100 | 24.8 | 48.3 | 26.8 |
| جمهورية كوريا † | 1981 | ڤن | | 293 131 000 | 70 367 000 | 84 283 000 | 138 481 000 |
| | | | % | 100 | 24.0 | 28.8 | 47.2 |
| الفيلبين † | 1984 | بيزو | | 612 740 | 88 950 | 322 770 | 201 020 |
| | | | % | 100 | 14.5 | 52.7 | 32.8 |
| سنغافورة † | 1984 | دولار | | 144 700 | 4 900 | 37 900 | 101 900 |
| | | | % | 100 | 3.4 | 26.2 | 70.4 |
| سري لانكا | 1984 | روبيه | | 174 335 | 17 685 | 128 535 | 28 115 |
| | | | % | 100 | 10.1 | 73.7 | 16.1 |
| **أوروبا** | | | | | | | |
| النمسا † | 1985 | شلنغ | | 13 468 647 | 2 938 181 | 6 411 946 | 4 118 520 |
| | | | % | 100 | 21.8 | 47.6 | 30.6 |
| بلغاريا | 1989 | لِڤ | | 932 900 | 132 700 | 800 200 | → |
| | | | % | 100 | 14.2 | 85.8 | → |
| تشيكوسلوفاكيا † | 1989 | كورونا | | 22 100 000 | 1 402 000 | 20 698 000 | → |
| | | | | 100 | 6.3 | 93.7 | → |

## الجدول 5 تتمة
## الإنفاق الجاري على البحث والتطوير التجريبي بحسب نوع فعالية البحث والتطوير

| البلد/الإقليم | سنة الإسناد | العملة | | كل أنواع فعاليات ب.ت (بالآلاف) | الإنفاق الجاري بحسب نوع فعالية ب. ت: البحث الأساسي (بالآلاف) | البحث التطبيقي (بالآلاف) | التطوير التجريبي (بالآلاف) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **أوروبا – تتمة** | | | | | | | |
| الدنمارك † | 1989 | كراون | | 4 872 000 | 2 068 000 | 1 994 000 | 810 000 |
| | | | % | 100 | 42.4 | 40.9 | 16.6 |
| **ألمانيا†** | | | | | | | |
| جمهورية ألمانيا الاتحادية † | 1987 | مارك ألماني | | 49 578 000 | 9 576 000 | 40 002 000 | → |
| | | | % | 100 | 19.3 | 80.7 | → |
| هنغاريا † | 1989 | فورينت | | 20 993 000 | 3 555 000 | 7 906 000 | 9 532 000 |
| | | | % | 100 | 16.9 | 37.7 | 45.4 |
| إيرلندا | 1986 | جنيه | | 143 252 | 21 206 | 61 093 | 60 953 |
| | | | % | 100 | 14.8 | 42.6 | 42.6 |
| إيطاليا † | 1988 | ليرة | | 13 281 284 | 2 374 191 | 5 864 928 | 5 042 165 |
| | | | % | 100 | 17.9 | 44.1 | 38.0 |
| مالطا † | 1983 | ليرة | | 10 | — | 10 | — |
| | | | % | 100 | — | 100.0 | — |
| هولندا † | 1989 | جيلدر | | 6 025 000 | 872 000 | 1 775 000 | 3 378 000 |
| | | | % | 100 | 14.5 | 29.4 | 56.1 |
| النروج | 1987 | كراون | | 9 104 400 | 1 251 500 | 3 259 800 | 4 593 100 |
| | | | % | 100 | 13.7 | 35.8 | 50.5 |
| بولندا † | 1985 | زُلتي | | 83 801 000 | 13 857 900 | 27 826 500 | 42 116 600 |
| | | | % | 100 | 16.5 | 33.2 | 50.3 |
| البرتغال † | 1986 | إسكودو | | 19 867 700 | 3 734 600 | 7 777 600 | 8 355 500 |
| | | | % | 100 | 18.8 | 39.1 | 42.1 |
| إسبانيا † | 1988 | بيزيتا | | 224 435 577 | 39 946 760 | 92 875 676 | 91 613 141 |
| | | | % | 100 | 17.8 | 41.4 | 40.8 |
| السويد † | 1981 | كرونا | | 12 240 000 | 3 016 000 | 2 131 000 | 7 093 000 |
| | | | % | 100 | 24.6 | 17.4 | 58.0 |
| سويسرا † | 1986 | فرنك | | 7 015 000 | 2 850 000 | → | 4 165 000 |
| | | | % | 100 | 40.6 | → | 59.4 |
| المملكة المتحدة † | 1989 | جنيه استرليني | | 6 762 400 | 323 400 | 1 877 500 | 4 561 500 |
| | | | % | 100 | 4.8 | 27.8 | 67.4 |
| يوغسلافيا السابقة † | 1989 | دينار | | 1 336 951 | 329 149 | 547 063 | 460 739 |
| | | | % | 100 | 24.6 | 40.9 | 34.5 |

## الجدول 5 تتمة
## الإنفاق الجاري على البحث والتطوير التجريبي بحسب نوع فعالية البحث والتطوير

الإنفاق الجاري بحسب نوع فعالية ب. ت

| البلد/الإقليم | سنة الإسناد | العملة | | كل أنواع فعاليات ب.ت (بالآلاف) | البحث الأساسي (بالآلاف) | البحث التطبيقي (بالآلاف) | التطوير التجريبي (بالآلاف) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **أوقيانوسيا** | | | | | | | |
| أستراليا † | 1988 | دولار | | 4 187 200 | 1 149 800 | 1 671 900 | 1 365 500 |
| | | % | 100 | 27.5 | 39.9 | 32.6 | |
| بولينيزيا الفرنسية † | 1983 | فرنك | | 324 720 | — | 324 720 | — |
| | | % | 100 | — | 100.0 | — | |
| غوام † | 1989 | دولار أمريكي | | *1 926 | *1 356 | *570 | — |
| | | % | 100 | *70.4 | *29.6 | — | |
| كاليدونيا الجديدة † | 1983 | فرنك | | 83 000 | 1 500 | — | 81 500 |
| | | % | 100 | 1.8 | — | 98.2 | |
| تونغا † | 1980 | بانغا | | 279 | — | 279 | — |
| | | % | 100 | — | 100.0 | — | |

**الجدول 5**
**ملحوظات عامة :**

— المقدار صفر
* بيانات مؤقتة أو تقديرية
→ الرقم إلى اليمين مباشرة يتضمن بيانات للعمود/ الأعمدة التي يظهر فيه/فيها هذا الرمز

**† ملحوظات البلدان :**

**إفريقيا :**
**بوروندي :** البيانات تخص الإنفاق الكلي بحسب نوع فعالية ب.ت في قطاعي التعليم العالي والخدمات العامة فقط ولا تتضمن تكاليف العمل في وزارة
الصحة العامة.
**سيشل :** لا تتضمن ب.ت العسكريين والدفاعيين.

**أمريكا الشمالية :**
**كوبا :** تشير المعطيات إلى مجموع الإنفاق بحسب نوع فعالية ب.ت. لا تتضمن ب.ت العسكريين والدفاعيين.
**المكسيك :** الأرقام بالملايين. البيانات تشير إلى مجموع الإنفاق بحسب نوع فعالية ب.ت.
**الولايات المتحدة :** لا تتضمن بيانات عن الحقوق والإنسانيات والتربية.

**آسيا:**
**اليابان :** الأرقام بالملايين، البيانات تشير إلى مجموع الإنفاق بحسب نوع فعاليات ب.ت المنجزة في معاهد العلوم الطبيعية والهندسة ، بحسب نوع فعالية ب.ت.
**الأردن :** تشير البيانات إلى مجموع الإنفاق بحسب نوع فعالية ب.ت. لا تتضمن ب.ت العسكريين والدفاعيين.
**جمهورية كوريا :** تشير البيانات إلى مجموع الإنفاق بحسب نوع فعالية ب.ت. لا تتضمن ب.ت العسكريين والدفاعيين ولا العلوم الاجتماعية والإنسانيات.
**الفيلبين :** البيانات تخص مجموع الإنفاق بحسب نوع نشاط ب.ت. لا تتضمن 670 000 بيزو غير معروفة التوزع بحسب نوع فعالية البحث والتطوير.
**سنغافورة :** البيانات تخص مجموع الإنفاق بحسب نوع فعالية ب.ت في قطاعي الإنتاج والخدمات العامة فقط ولا تتضمن العلوم الاجتماعية والإنسانيات.

**أوروبا :**
**النمسا :** لا تتضمن 000 418 429 شلن تصرفها المشافي الإقليمية ولا يعرف توزعها بحسب نوع فعالية ب.ت.
**تشيكوسلوفاكيا :** تتضمن فقط الجزء في ب.ت العسكريين، الذي ينفذ في مؤسسات مدنية.
**الدنمارك :** لا تتضمن بيانات عن القطاع الإنتاجي.
**جمهورية المانيا الاتحادية :** لا تتضمن الجزء ذا العلاقة في 644 مليون مارك الماني الذي يخلو من توزيع معروف بين الإنفاق الجاري والرأسمالي. لا تتضمن العلوم الاجتماعية والإنسانيات في القطاع الإنتاجي.
**هنغاريا :** لا يتضمن المجموع في العمود الأول 8417 مليون فورينت لا يتوافر لها توزع بحسب فعالية ب.ت. أدرج فقط ذلك الجزء من ب.ت العسكريين المنفذ في المؤسسات المدنية.
**إيطاليا :** الأرقام بالملايين، تشير البيانات إلى مجموع الإنفاق بحسب نوع فعالية ب.ت.
**مالطا :** تشير البيانات إلى قطاع التعليم العالي فقط.
**هولندا :** تشير البيانات إلى مجموع الإنفاق بحسب نوع فعالية ب.ت. في القطاع الإنتاجي (ب.ت المدمجين) فقط، لا تتضمن العلوم الاجتماعية والإنسانيات.
**بولندا :** لا تتضمن ب.ت العسكريين والدفاعيين.
**البرتغال :** تشير البيانات إلى مجموع الإنفاق بحسب نوع فعالية ب.ت.
**إسبانيا :** لا تتضمن الجزء ذا الصلة من 000 589 267 2 بيزيتا لا يعرف توزعها بين الإنفاق الجاري والرأسمالي.
**السويد :** لا تتضمن العلوم الاجتماعية والإنسانيات في قطاعي الإنتاج والخدمات العامة.
**سويسرا :** تشير البيانات إلى مجموع الإنفاق بحسب نوع فعالية ب.ت.
**المملكة المتحدة :** تشير البيانات فقط إلى القطاع الإنتاجي (ب.ت المدمجين وبعض ب.ت غير المدمجين). لا تتضمن تمويلات ب.ت المنجزين في الخارج.
**يوغسلافيا السابقة :** الأرقام بالملايين. لا تتضمن ب.ت العسكريين والدفاعيين.

**أوقيانوسيا :**
**أستراليا :** البيانات تخص مجموع الإنفاق بحسب نوع فعالية ب.ت.
**بولينيزيا الفرنسية :** البيانات تخص مجموع الإنفاق بحسب نوع فعالية ب.ت في معهد بحوث واحد.
**غوام :** تشير البيانات إلى قطاع التعليم العالي فقط.
**كاليدونيا الجديدة :** تشير البيانات إلى مجموع الإنفاق بحسب نوع فعالية ب.ت في معهدي بحوث.
**تونغا :** تشير البيانات إلى معهد بحوث واحد فقط.

## الجدول 6
## الإنفاق على البحث والتطوير التجريبي : بيانات مختارة من السنوات الأخيرة

| البلد/ الإقليم | سنة الإسناد | العملة | المجموع (بالآلاف) | الإنفاق على ب. ت الإنفاق الجاري الكمية (بالآلاف) | % من المجموع |
|---|---|---|---|---|---|
| **إفريقيا** | | | | | |
| الجزائر † | 1971 | دينار | 77 500 | 67 500 | 87.1 |
| | 1972 | | 78 000 | 68 000 | 87.2 |
| بوروندي † | 1989 | فرنك | 173 197 | ooo | ooo |
| | 1989 | | 536 187 | ooo | ooo |
| مصر † | 1976 | جنيه | 33 440 | 26 686 | 79.8 |
| | 1982 | | 40 378 | 34 242 | 84.8 |
| الغابون † | 1984 | فرنك | 415 000 | 265 000 | 63.9 |
| | 1985 | | 424 000 | 274 000 | 64.6 |
| | 1986 | | 380 000 | 250 000 | 65.8 |
| مدغشقر | 1986 | فرنك | 7 046 815 | 603 815 | 8.6 |
| | 1987 | | 6 478 136 | 962 638 | 14.9 |
| | 1988 | | 14 371 515 | 993 515 | 6.9 |
| موريشيوس | 1980 | روبيه | 36 500 | 29 700 | 81.4 |
| | 1985 | | 26 000 | 17 700 | 68.1 |
| | 1989 | | 104 300 | 54 300 | 52.1 |
| النيجر † | 1974 | فرنك | 40 140 | 40 140 | 100.0 |
| | 1975 | | 92 794 | 92 794 | 100.0 |
| | 1976 | | 141 703 | 141 703 | 100.0 |
| نيجيريا † | 1985 | نيرا | 82 952 | 72 941 | 87.9 |
| | 1986 | | 80 319 | 69 965 | 87.1 |
| | 1987 | | 86 270 | 69 615 | 80.7 |
| رواندا | 1983 | فرنك | 283 920 | 96 400 | 34.0 |
| | 1984 | | 260 750 | 92 760 | 35.6 |
| | 1985 | | 918 560 | 99 280 | 10.8 |
| سيشل † | 1973 | روبيه | 402 | 290 | 72.1 |
| | 1981 | | 1 037 | 337 | 32.5 |
| | 1983 | | 12 854 | 6 083 | 47.3 |
| السودان | 1972 | جنيه | 2 291 | ooo | ooo |
| | 1973 | | 3 012 | 2 444 | 81.1 |
| | 1978 | | 5 115 | 4 294 | 83.9 |
| زامبيا | 1970 | كواتشا | ooo | *1 980 | ooo |
| | 1972 | | 6 261 | 4 726 | 75.5 |

**الجدول 6 تتمة**
**الإنفاق على البحث والتطوير التجريبي : بيانات مختارة من السنوات الأخيرة**

| البلد/ الإقليم | سنة الإسناد | العملة | الإنفاق على ب. ت المجموع (بالآلاف) | الإنفاق الجاري الكميه (بالآلاف) | الإنفاق الجاري % من المجموع |
|---|---|---|---|---|---|
| **أمريكا الشمالية** | | | | | |
| كندا† | 1980 | دولار | 3 491 000 | ooo | ooo |
| | 1985 | | 6 709 000 | ooo | ooo |
| | 1989 | | *8 568 000 | ooo | ooo |
| كوستاريكا | 1983 | كولون | 300 000 | ooo | ooo |
| | 1985 | | 693 000 | ooo | ooo |
| | 1986 | | 612 000 | ooo | ooo |
| كوبا † | 1980 | بيزو | 95 889 | 76 796 | 80.1 |
| | 1985 | | 182 478 | 138 294 | 75.8 |
| | 1989 | | 222 000 | 158 691 | 71.5 |
| السلفادور † | 1986 | كولون | 226 275 | ooo | ooo |
| | 1987 | | 258 125 | ooo | ooo |
| | 1989 | | 290 881 | 195 964 | 67.4 |
| غواتيمالا | 1974 | كُوتزال | *5 139 | *3 721 | *72.4 |
| | 1978 | | 13 526 | ooo | ooo |
| | 1983 | | 44 797 | ooo | ooo |
| جامايكا † | 1984 | دولار | 5 033 | 3 390 | 67.4 |
| | 1985 | | 3 605 | 3 297 | 91.5 |
| | 1986 | | 4 016 | 3 886 | 96.8 |
| المكسيك † | 1985 | بيزو | 194 842 | ooo | ooo |
| | 1988 | | 875 236 | ooo | ooo |
| | 1989 | | 1 050 283 | ooo | ooo |
| باناما | 1974 | بالبُوا | 2 908 | 2 707 | 93.1 |
| | 1975 | | 3 296 | ooo | ooo |
| سينت لوسيا | 1982 | دولار كاريبي شرقي | 15 137 | ooo | ooo |
| | 1983 | | 13 157 | ooo | ooo |
| | 1984 | | 12 150 | ooo | ooo |
| ترينيداد وتوباغو † | 1970 | دولار | 5 171 | 4 371 | 84.5 |
| | 1984 | | 143 257 | 109 921 | 76.7 |
| جزر تيركس وكايكوس | 1973 | دولار أمريكي | 51 | ooo | ooo |
| | 1974 | | 8 | ooo | ooo |
| | 1984 | | — | — | — |
| الولايات المتحدة † | 1980 | دولار | 63 810 000 | 62 214 000 | 97.5 |
| | 1985 | | 116 796 000 | 113 745 000 | 97.5 |
| | 1988 | | 139 255 000 | 135 231 000 | 97.1 |

**الجدول 6 تتمة**
**الإنفاق على البحث والتطوير التجريبي : بيانات مختارة من السنوات الأخيرة**

| البلد/ الإقليم | سنة الإسناد | العملة | الإنفاق على ب. ت المجموع (بالآلاف) | الإنفاق الجاري الكمية (بالآلاف) | الإنفاق الجاري % من المجموع |
|---|---|---|---|---|---|
| **أمريكا الجنوبية** | | | | | |
| الأرجنتين† | 1978 | بيزو | 195 278 | 136 550 | 69.9 |
| | 1980 | | 1 480 800 | 1 006 900 | 68.0 |
| | 1981 | | 2 321 932 | ooo | ooo |
| البرازيل † | 1983 | كروزيرو | 673 919 | ooo | ooo |
| | 1984 | | 1 482 604 | ooo | ooo |
| | 1985 | | 5 390 540 | ooo | ooo |
| تشيلي † | 1983 | بيزو | 7 104 314 | ooo | ooo |
| | 1985 | | 11 403 365 | ooo | ooo |
| | 1988 | | 22 205 438 | ooo | ooo |
| الإكوادور | 1970 | سوكر | 90 515 | ooo | ooo |
| | 1973 | | 142 310 | ooo | ooo |
| غويّانا † | 1980 | دولار | 824 | ooo | ooo |
| | 1982 | | 2 800 | ooo | ooo |
| بيرو | 1981 | سُلْ | 29 508 000 | ooo | ooo |
| | 1983 | | 83 742 000 | ooo | ooo |
| | 1984 | | 159 024 000 | ooo | ooo |
| أوروغواي | 1971 | بيزو | *1 673 | *1 401 | *83.7 |
| | 1972 | | 1 858 | ooo | ooo |
| فنزويلا † | 1980 | بوليفار | 851 280 | ooo | ooo |
| | 1985 | | 1 411 720 | ooo | ooo |
| | 1986 | | 1 294 930 | ooo | ooo |
| **آسيا** | | | | | |
| بروناي دار السلام † | 1980 | دولار | 4 300 | 2 900 | 67.4 |
| | 1983 | | 7 560 | 4 560 | 60.3 |
| | 1984 | | 10 880 | 8 220 | 75.6 |
| قبرص † | 1982 | جنيه | 937 | ooo | ooo |
| | 1983 | | 1 044 | ooo | ooo |
| | 1984 | | 1 159 | ooo | ooo |
| الهند † | 1980 | روبيه | 7 605 20 | | |
| | 1985 | | 20 687 800 | 15 585 950 | 76.2 |
| | 1988 | | 34 718 100 | 29 318 170 | 84.4 |
| إندونيسيا † | 1984 | روبيه | 279 000 000 | 217 980 000 | 78.1 |
| | 1985 | | 242 120 000 | 203 488 000 | 84.0 |
| | 1988 | | 259 283 000 | 194 638 000 | 75.1 |

**الجدول 6 تتمة**
**الإنفاق على البحث والتطويرالتجريبي : بيانات مختارة من السنوات الأخيرة**

| البلد/ الإقليم | سنة الإسناد | العملة | المجموع (بالآلاف) | الإنفاق على ب. ت الإنفاق الجاري الكفية (بالآلاف) | % من المجموع |
|---|---|---|---|---|---|
| **آسيا - تتمة** | | | | | |
| جمهورية إيران الإسلامية† | 1972 | ريال | 3 531 807 | 2 246 789 | 63.6 |
| | 1984 | | 21 527 000 | 11 584 000 | 53.8 |
| | 1985 | | 22 010 713 | 12 546 398 | 57.0 |
| العراق † | 1972 | دينار | 2 361 | 1 794 | 76.0 |
| | 1973 | | 2 310 | 1 791 | 77.5 |
| | 1974 | | 3 471 | 2 743 | 79.0 |
| إسرائيل † | 1981 | شيكل | 7 485 | ooo | ooo |
| | 1982 | | 19 217 | ooo | ooo |
| | 1983 | | 56 300 | ooo | ooo |
| اليابان † | 1980 | ين | 5 246 248 | 4 312 249 | 82.2 |
| | 1985 | | 8 890 299 | 7 304 291 | 82.2 |
| | 1988 | | 10 627 572 | 8 943 096 | 84.2 |
| الأردن † | 1985 | دينار | *5 501 | ooo | ooo |
| | 1988 | | *5 592 | ooo | ooo |
| | 1989 | | *5 583 | ooo | ooo |
| جمهورية كوريا † | 1980 | وُن | 211 727 | 162 594 | 76.8 |
| | 1985 | | 1 155 156 | 642 259 | 55.6 |
| | 1988 | | 2 347 000 | 1 422 000 | 60.6 |
| الكويت † | 1982 | دينار | 43 746 | 40 500 | 92.6 |
| | 1983 | | 67 250 | 60 616 | 90.1 |
| | 1984 | | 71 163 | 63 061 | 88.6 |
| لبنان † | 1978 | ليرة | ooo | 9 400 | ooo |
| | 1979 | | ooo | 11 500 | ooo |
| | 1980 | | 22 000 | ooo | ooo |
| ماليزيا † | 1988 | رينغت | 87 100 | ooo | ooo |
| | 1989 | | 97 200 | ooo | ooo |
| باكستان † | 1984 | روبيه | 3 834 287 | 2 293 617 | 59.8 |
| | 1985 | | 4 200 325 | 2 788 753 | 66.4 |
| | 1987 | | 5 582 081 | | |
| الفيلبين † | 1980 | بيزو | 623 000 | 474 030 | 76.1 |
| | 1983 | | 514 590 | 439 680 | 85.4 |
| | 1984 | | 613 410 | 514 800 | 83.9 |
| قطر | 1984 | ريال | 13 910 | 8 300 | 59.7 |
| | 1985 | | 7 120 | 6 520 | 91.6 |
| | 1986 | | 6 650 | 6 650 | 100.0 |

الجدول 6 تتمة
الإنفاق على البحث والتطوير التجريبي : بيانات مختارة من السنوات الأخيرة

| البلد/ الإقليم | سنة الإسناد | العملة | المجموع (بالآلاف) | الإنفاق على ب. ت. الإنفاق الجاري الكمية (بالآلاف) | % من المجموع |
|---|---|---|---|---|---|
| آسيا - تتمة | | | | | |
| سنغافورة † | 1981 | دولار | 81 900 | 59 350 | 71.5 |
| | 1984 | | 214 300 | 160 000 | 74.7 |
| | 1987 | | 374 700 | 223 700 | 59.7 |
| سري لانكا † | 1975 | روبيه | 45 097 | 32 662 | 72.4 |
| | 1983 | | 217 608 | 148 971 | 68.5 |
| | 1984 | | 256 799 | 174 335 | 67.9 |
| تايلند | 1983 | بَهْت | 2 126 000 | ooo | ooo |
| | 1985 | | 3 473 000 | ooo | ooo |
| | 1987 | | 2 664 380 | 2 120 700 | 79.6 |
| تركيا | 1984 | ليرة | 128 885 000 | ooo | ooo |
| | 1985 | | 192 465 000 | 143 315 000 | 74.5 |
| فيتنام † | 1983 | دونغ | 331 000 | ooo | ooo |
| | 1984 | | 516 000 | ooo | ooo |
| | 1985 | | 498 000 | ooo | ooo |
| أوروبا | | | | | |
| النمسا | 1981 | شلنغ | 12 331 026 | 10 201 527 | 82.7 |
| | 1985 | | 17 182 272 | 13 898 065 | 80.9 |
| | 1990 | | *24 281 600 | ooo | ooo |
| بلجيكا † | 1985 | فرنك | 79 831 700 | ooo | ooo |
| | 1987 | | 87 788 600 | ooo | ooo |
| | 1988 | | 91 265 100 | ooo | ooo |
| بلغاريا | 1980 | لِڤ | 470 800 | 407 800 | 86.6 |
| | 1985 | | 812 300 | 716 500 | 88.2 |
| | 1989 | | 1 042 400 | 932 900 | 89.5 |
| تشيكوسلوفاكيا † | 1980 | كورونا | 18 302 000 | 15 979 000 | 87.3 |
| | 1985 | | 21 298 000 | 18 477 000 | 86.8 |
| | 1989 | | 24 721 000 | 22 100 000 | 89.4 |
| الدنمارك | 1981 | كراون | 4 484 000 | 4 038 000 | 90.1 |
| | 1985 | | 7 692 000 | 6 513 000 | 84.7 |
| | 1989 | | 11 892 000 | 10 517 000 | 88.4 |
| فنلندا † | 1981 | ماركا | 2 595 000 | 2 310 000 | 89.0 |
| | 1985 | | *5 214 000 | ooo | ooo |
| | 1989 | | *8 887 800 | 6 114 400 | 84.8 |

الجدول 6 تتمة
الإنفاق على البحث والتطوير التجريبي : بيانات مختارة من السنوات الأخيرة

| البلد/ الإقليم | سنة الإسناد | العملة | الإنفاق على ب. ت المجموع (بالآلاف) | الإنفاق الجاري الكمية (بالآلاف) | % من المجموع |
|---|---|---|---|---|---|
| أوروبا -تتمة | | | | | |
| فرنسا | 1981 | فرنك | 62 472 000 | 56 858 000 | 91.0 |
| | 1985 | | 105 917 000 | 95 152 000 | 89.8 |
| | 1988 | | 130 631 000 | 117 729 000 | 89.4 |
| ألمانيا† | | | | | |
| جمهورية ألمانيا الديمقراطية | 1987 | مارك | ooo | 11 476 000 | ooo |
| سابقا † | 1988 | | ooo | 11 892 000 | ooo |
| | 1989 | | ooo | 11 880 000 | ooo |
| جمهورية ألمانيا الاتحادية † | 1979 | مارك ألماني | 32 869 000 | 82 523 000 | 88.4 |
| | 1985 | | 49 519 000 | 43 096 000 | 87.6 |
| | 1987 | | 57 240 000 | 49 578 000 | 87.6 |
| اليونان † | 1981 | دراخما | 4 039 000 | ooo | ooo |
| | 1982 | | 5 019 000 | ooo | ooo |
| | 1983 | | 6 067 000 | ooo | ooo |
| هنغاريا † | 1980 | فورينت | 21 258 000 | 18 211 000 | 85.7 |
| | 1985 | | 24 077 000 | 20 767 000 | 86.3 |
| | 1989 | | 33 441 000 | 29 410 000 | 87.9 |
| إيسلندا | 1981 | كرونا | 160 000 | ooo | ooo |
| | 1985 | | 845 000 | ooo | ooo |
| | 1989 | | 3 123 000 | ooo | ooo |
| إيرلندا | 1981 | جنيه | 83 332 | 73 003 | 87.6 |
| | 1985 | | 146 702 | 125 335 | 85.4 |
| | 1988 | | 185 800 | ooo | ooo |
| إيطاليا † | 1980 | ليرة | 2 897 274 | 2 442 501 | 84.3 |
| | 1985 | | 9 132 902 | 7 373 662 | 80.7 |
| | 1988 | | 13 281 284 | 11 423 405 | 86.0 |
| مالطا † | 1983 | ليرة | 10 | 9 | 90.0 |
| | 1985 | | 10 | 9 | 90.0 |
| | 1988 | | 10 | 9 | 90.0 |
| هولندا † | 1980 | جيلدر | 6 348 000 | 5 731 000 | 90.3 |
| | 1985 | | 8 748 000 | 7 801 000 | 89.2 |
| | 1989 | | 10 283 000 | 9 105 000 | 88.5 |
| النروج | 1980 | كراون | 3 629 800 | 3 307 200 | 91.1 |
| | 1985 | | 8 109 900 | 7 276 700 | 89.7 |
| | 1989 | | *12 000 000 | *10 700 000 | *89.2 |

## الجدول 6 تتمة
## الإنفاق على البحث والتطوير التجريبي : بيانات مختارة من السنوات الأخيرة

| البلد/ الإقليم | سنة الإسناد | العملة | الإنفاق على ب. ت المجموع (بالآلاف) | الإنفاق الجاري الكمية (بالآلاف) | الإنفاق الجاري % من المجموع |
|---|---|---|---|---|---|
| **أوروبا -تتمة** | | | | | |
| بولندا† | 1980 | زُلْتي | 42 400 000 | 37 400 000 | 88.2 |
| | 1985 | | 100 396 900 | 83 801 000 | 83.5 |
| | 1987 | | 257 321 000 | 220 704 300 | 85.8 |
| البرتغال | 1980 | إسكودو | 4 118 500 | 3 160 600 | 76.7 |
| | 1984 | | 11 307 600 | 9 328 800 | 82.5 |
| | 1988 | | 29 910 800 | 23 520 300 | 78.6 |
| رومانيا | 1987 | لِڤ | 19 848 000 | 17 468 000 | 88.0 |
| | 1988 | | 20 415 000 | 18 010 000 | 88.2 |
| | 1989 | | 20 866 000 | 18 449 000 | 88.4 |
| إسبانيا† | 1980 | بيزيتا | 61 110 462 | 52 316 874 | 85.6 |
| | 1985 | | 155 340 938 | 126 450 000 | 81.4 |
| | 1988 | | 287 688 658 | 224 435 577 | 78.6 |
| السويد† | 1981 | كرونا | 13 320 000 | 12 240 000 | 91.9 |
| | 1985 | | 24 989 000 | 22 365 000 | 89.5 |
| | 1991 | | 36 410 000 | ooo | ooo |
| سويسرا | 1977 | فرنك | *3 430 000 | *3 110 000 | *90.7 |
| | 1980 | | ooo | 3 611 100 | ooo |
| | 1983 | | ooo | 4 643 000 | ooo |
| المملكة المتحدة† | 1981 | جنيه استرليني | 5 921 200 | ooo | ooo |
| | 1985 | | 7 919 200 | ooo | ooo |
| | 1989 | | 11 531 700 | ooo | ooo |
| يوغسلافيا السابقة † | 1980 | دينار | 14 105 | ooo | ooo |
| | 1985 | | 94 688 | ooo | ooo |
| | 1989 | | 2 152 032 | 1 336 950 | 62.1 |
| **أوقيانوسيا** | | | | | |
| ساموا الأمريكية † | 1970 | دولار أمريكي | 100 | 80 | 80.0 |
| | 1971 | | 120 | 100 | 83.3 |
| أستراليا | 1981 | دولار | 1 561 800 | 1 365 800 | 87.5 |
| | 1985 | | 2 747 400 | 2 422 700 | 88.2 |
| | 1988 | | 4 187 100 | 3 596 900 | 85.9 |
| فيجي † | 1984 | دولار | 2 260 | 2 000 | 88.5 |
| | 1985 | | 2 750 | 2 250 | 81.8 |
| | 1986 | | 3 800 | 3 000 | 78.9 |

الجدول 6 تتمة
الإنفاق على البحث والتطوير التجريبي : بيانات مختارة من السنوات الأخيرة

| البلد/ الإقليم | سنة الإسناد | العملة | الإنفاق على ب. ت المجموع (بالآلاف) | الإنفاق الجاري الكمية (بالآلاف) | الإنفاق الجاري % من المجموع |
|---|---|---|---|---|---|
| **أوقيانوسيا -تتمة** | | | | | |
| بولينيزيا الفرنسية † | 1980 | فرنك | 236 990 | 230 970 | 97.5 |
| | 1982 | | 304 320 | 301 650 | 99.1 |
| | 1983 | | 324 720 | 308 440 | 95.0 |
| غوام † | 1984 | دولار أمريكي | 431 | ooo | ooo |
| | 1985 | | 418 | ooo | ooo |
| | 1986 | | 502 | ooo | ooo |
| كاليدونيا الجديدة † | 1983 | فرنك | 184 224 | 154 924 | 84.1 |
| | 1984 | | 484 741 | 456 485 | 94.2 |
| | 1985 | | 800 820 | 707 547 | 88.4 |
| نيوزيلندا † | 1975 | دولار | *99 776 | *91 449 | *91.7 |
| | 1977 | | 117 322 | 110 936 | 94.6 |
| | 1979 | | 175 373 | 157 768 | 90.0 |
| جزر الباسيفيك | 1978 | دولار أمريكي | 185 | 185 | 100.0 |
| | 1979 | | 185 | 185 | 100.0 |
| ساموا | 1976 | تالا | 1 385 | 380 | 27.4 |
| | 1977 | | 2 341 | 341 | 14.6 |
| | 1978 | | 2 500 | 500 | 20.0 |
| تونغا | 1978 | يانغا | 240 | 226 | 94.2 |
| | 1979 | | 475 | 256 | 53.9 |
| | 1980 | | 426 | 279 | 65.5 |
| فانواتو | 1973 | فرنك | 13 119 | 13 119 | 100.0 |
| | 1974 | | 20 925 | 20 925 | 100.0 |
| | 1975 | | 21 603 | 21 603 | 100.0 |
| **الاتحاد السوفييتي السابق** | | | | | |
| الاتحاد السوفييتي السابق † | 1980 | روبل | 21 300 000 | ooo | ooo |
| | 1985 | | 28 600 000 | ooo | ooo |
| | 1988 | | 37 800 000 | ooo | ooo |

**الجدول 6**

**ملحوظات عامة:**

— المقدار صفر

ooo بيانات غير متاحة

* بيانات مؤقتة أو تقديرية

† **ملحوظات البلدان:**

**إفريقيا:**

**الجزائر** : البيانات تخص قطاع التعليم العالي فقط.

**بوروندي** : لا تتضمن بيانات عن القطاع الإنتاجي. استبعدت أيضا تكاليف العمل في وزارة الصحة العامة.

**مصر** : لا تتضمن ب.ت العسكريين والدفاعيين.

**الغابون** : لا تتضمن بيانات عن القطاع الإنتاجي.

**النيجر** : البيانات تخص قطاع التعليم العالي فقط.

**نيجيريا** : تخص البيانات فقط 23 من 26 معهد بحوث قوميا في الوزارة الاتحادية للعلم والتقانة.

**سيشل** : لا تتضمن ب.ت العسكريين والدفاعيين.

**أمريكا الشمالية :**

**كندا** : لا تتضمن العلوم الاجتماعية والإنسانيات في القطاع الإنتاجي (ب.ت المدمجين).

**كوبا** : لا تتضمن ب.ت العسكريين والدفاعيين. بيانات 1989 تشير إلى تمويلات الحكومة فقط.

**السلفادور**: تخص البيانات فعاليات ب.ت المنجزين في المشروعات العامة ولا تتضمن قطاع التعليم العالي أو التمويلات الأجنبية.

**جامايكا** : البيانات تخص مجلس البحث العلمي فقط.

**المكسيك** : الأرقام بالملايين.

**ترينيداد وتوباغو** : بيانات 1970 لا تتضمن الحقوق والتربية والفنون.

**الولايات المتحدة** : لا تتضمن بيانات عن الحقوق والإنسانيات والتربية. مجموع الإنفاق لا يتضمن الإنفاق الرأسمالي في القطاع الإنتاجي. استبعدت أيضا بيانات الإنفاق الرأسمالي لعام 1980 على ب.ت في المنظمات الخاصة اللاربحية.

**أمريكا الجنوبية :**

**الأرجنتين** : الأرقام بالملايين.

**البرازيل** : الأرقام بالملايين. لا تتضمن المشروعات الإنتاجية الخاصة.

**تشيلي** : لا تتضمن ب.ت العسكريين والدفاعيين.

**غويانا** : لا تتضمن ب.ت العسكريين والدفاعيين. استبعدت أيضا بيانات قطاع الخدمات العامة والعلوم الطبية في قطاع التعليم العالي.

**بيرو** : تشير البيانات إلى مخصصات الميزانية للعلم والتقانة.

**فنزويلا** : تشير البيانات إلى تمويلات الحكومة فقط ولا تتضمن ب.ت العسكريين والدفاعيين.

**آسيا :**

**بروناي دار السلام** : تخص البيانات معهدي بحوث فقط.

**قبرص** : لا تتضمن البيانات القطاع الإنتاجي وتشير إلى تمويلات الحكومة فقط.

**الهند** : عام 1985، يتضمن مجموع الإنفاق 000 370 24 روبيه في قطاع التعليم العالي لا يتوافر لها توزع بين الإنفاق الجاري والرأسمالي. وهذا الرقم استبعد من حسبان النسبة المئوية.

**إندونيسيا** : تشير البيانات فقط إلى إنفاق الحكومة في قطاع الخدمات العام.

**جمهورية إيران الإسلامية** : تشير البيانات إلى إنفاق الحكومة فقط.

**العراق** : بيانات جزئية. في عام 1974 بلغ الإنفاق على ب.ت في دوائر الحكومة المعنية فقط بالفعاليات العلمية 000 409 7 دينار، منها 000 909 4 دينار إنفاق جار.

**إسرائيل** : لا تتضمن بيانات عن الإنسانيات والحقوق الممولة من قبل الميزانيات الجارية للجامعات.

**اليابان** : الأرقام بالملايين. لا تتضمن بيانات عن العلوم الاجتماعية والإنسانيات في القطاع الإنتاجي (ب.ت المدمجين).

**الأردن** : لا تتضمن ب.ت العسكريين والدفاعيين.

**جمهورية كوريا** : الأرقام بالملايين. لا تتضمن ب.ت العسكريين والدفاعيين. بيانات عام 1980 تستبعد الحقوق والإنسانيات والتربية ، أما بيانات 1985و 1988 فلا تتضمن العلوم الاجتماعية والإنسانيات.

**الكويت** : تشير البيانات إلى فعاليات علمية وتقانية (STA).

**لبنان** : بيانات جزئية تشير إلى كلية العلوم في الجامعة اللبنانية فقط.

**ماليزيا** : البيانات تخص الإنفاق الحكومي فقط.

**باكستان** : تشير البيانات إلى فعاليات ب.ت المتركزة بصورة رئيسية في مؤسسات بحثية تموّلها الحكومة. لا تتضمن العلوم الاجتماعية والإنسانيات في قطاعي التعليم العالي والخدمات العامة. لا تتضمن ب.ت العسكريين والدفاعيين.

**الفيلبين** : لا تتضمن المنظمات الخاصة اللاربحية في عام 1980.

**سنغافورة** : في عام 1987 ، لا تتضمن التمويلات الأجنبية ولا العلوم الاجتماعية والإنسانيات.

**سري لانكا** : لعام 1975 لا تتضمن البيانات الإنفاق الرأسمالي في قطاع التعليم العالي.

**فيتنام** : تشير البيانات إلى الإنفاق الحكومي فقط.

**أوروبا :**

**بلجيكا** : لا تتضمن الجماعات والأقاليم.

**تشيكوسلوفاكيا** : تتضمن فقط الجزء من ب.ت العسكريين ، المنفذ في مؤسسات مدنية.

**فنلندا** : لعام 1989 ، يتضمن مجموع الإنفاق 1680 مليون ماركا في قطاع التعليم العالي لا يتوافر لها توزع بين الإنفاق الجاري والرأسمالي، استبعد هذا الرقم من حسبان النسبة المئوية.

**ألمانيا :**

**جمهورية ألمانيا الديمقراطية سابقا** : تشير البيانات إلى الإنفاق على العلم والتقانة.

**جمهورية ألمانيا الاتحادية** : الأعوام 1979 ، 1985 ، 1987 يتضمن مجموع الإنفاق على التوالي 350 و 615 و 644 مليون مارك ألماني لا يتوافر لها توزع بين الإنفاق الجاري والرأسمالي. استبعدت هذه الأرقام من حسابات النسبة المئوية. لا تتضمن العلوم الاجتماعية والإنسانيات في القطاع الإنتاجي.

**اليونان** : البيانات تخص فعاليات الحكومة فقط.

**هنغاريا** : بسبب تغيرات منهجية ، لا تقارن البيانات منذ عام 1981 بالسنين السابقة. تتضمن فقط الجزء المنفذ في المؤسسات المدنية من ب.ت العسكريين.

**إيطاليا** : الأرقام بالملايين.

**مالطا** : البيانات تخص قطاع التعليم العالي فقط.

**هولندا** : لا تتضمن العلوم الاجتماعية والإنسانيات في القطاع الإنتاجي (ب.ت المدمجين).

**بولندا** : لا تتضمن ب.ت العسكريين والدفاعيين.

**إسبانيا** : لعام 1988 ، يتضمن مجموع الإنفاق 000 589 267 2 بيزيتا (تخصصها المنظمات الخاصة اللاربحية) لا يتوافر لها توزع بين الإنفاق الجاري والرأسمالي ، هذا الرقم استبعد من حسبان النسبة المئوية.

**السويد** : لا تتضمن العلوم الاجتماعية والإنسانيات في قطاعي الإنتاج والخدمات العامة.

**المملكة المتحدة** : لا تتضمن تمويلات ب.ت المنجزين في الخارج. بيانات عامي1981 و 1985 تستبعد العلوم الاجتماعية والإنسانيات.

**يوغسلافيا السابقة** : الأرقام بالملايين. لا تتضمن ب.ت العسكريين والدفاعيين.

### أوقيانوسيا :

**ساموا الأمريكية** : البيانات تخص معهد بحوث واحدا فقط.

**فيجي** : البيانات تخص معهد بحوث واحدا فقط.

**بولينيزيا الفرنسية** : البيانات تخص معهد بحوث واحدا فقط.

**غوام** : البيانات تخص قطاع التعليم العالي فقط.

**كاليدونيا الجديدة** : البيانات تشير إلى العدد التالي من معاهد البحوث : ثلاثة في عام 1983 ، أربعة في عام 1984 ، ستة في عام 1985.

**نيوزيلندا**: في عام 1977 مجموع الإنفاق يستبعد الإنفاق الرأسمالي على الأبنية.

**تونغا** : البيانات تخص معهد بحوث واحدا فقط.

### الاتحاد السوفييتي السابق :

**الاتحاد السوفييتي السابق** : "الإنفاق على العلم" من الميزانية القومية ومصادر أخرى.

## الجدول 7
## مؤشرات مختارة للإنفاق على البحث والتطوير التجريبي

| البلد/ الإقليم | السنة | العملة | نسبة مئوية من الناتج القومي الإجمالي(ن ق إ) | الإنفـــاق على ب. ت لكل فرد (بالعملة القومية) | الوسطي السنوي للعالم أو المهندس في ب.ت (بالعملة القومية) |
|---|---|---|---|---|---|
| **إفريقيـــا** | | | | | |
| بنين | 1989 | فرنك | 0.7 | 745.3 | 4 216 200 |
| بوروندي | 1989 | فرنك | 0.3 | 101.0 | 3 154 000 |
| جمهورية إفريقيا الوسطى | 1984 | فرنك | 0.2 | 264.4 | 3 473 400 |
| الكونغو | 1984 | فرنك | 0.0 | 13.6 | 29 600 |
| مصر | 1982 | جنيه | 0.2 | 0.9 | ooo |
| الغابون | 1986 | فرنك | 0.0 | 380.0 | 1 900 |
| الجماهيرية العربية الليبية | 1980 | دينار | 0.2 | 7.5 | 20 800 |
| مدغشقر | 1988 | فرنك | 0.4 | 1 276.3 | *53 425 700 |
| موريشيوس | 1989 | روبيه | 0.3 | 97.3 | 540 400 |
| نيجيريا | 1987 | نيرا | 0.1 | 0.9 | 64 500 |
| رواندا | 1985 | فرنك | 0.5 | 150.5 | 12 937 500 |
| سيشل | 1983 | روبيه | 1.3 | 200.8 | 714 100 |
| **أمريكا الشمالية** | | | | | |
| كندا | 1989 | دولار | *1.4 | *326.0 | *140 200 |
| كوستاريكا | 1986 | كولون | 0.3 | 225.5 | ooo |
| كوبا | 1989 | بيزو | 0.8 | 21.1 | 18 400 |
| السلفادور | 1989 | كولون | 0.9 | 56.3 | 2 048 500 |
| غواتيمالا | 1988 | كوتزال | 0.2 | 3.7 | 37 100 |
| جمايكا | 1986 | دولار | 0.0 | 1.7 | 223 100 |
| المكسيك | 1989 | بيزو | 0.2 | 12 107.6 | ooo |
| نيكاراغوا | 1987 | قرطبه | 0.0 | 282.5 | 1 364 100 |
| باناما | 1986 | بالبوا | 0.0 | 0.1 | ooo |
| سينت لوسيا | 1984 | دولار | 2.9 | 90.7 | 229 200 |
| ترينيداد وتوباغو | 1984 | دولار | 0.8 | 123.5 | 520 900 |
| الولايات المتحدة | 1988 | دولار | 2.9 | 568.4 | *146 700 |
| **أمريكا الجنوبية** | | | | | |
| الأرجنتين | 1988 | أسترال | 0.4 | 110.0 | 312 700 |
| البرازيل | 1985 | كروزيرو | 0.4 | 39 763.8 | 101 971 900 |
| تشيلي | 1988 | بيزو | 0.5 | 1 757.6 | 4 838 800 |
| كولومبيا | 1982 | بيزو | 0.1 | 98.0 | 2 543 200 |
| غويّانا | 1982 | دولار | 0.2 | 3.6 | 31 500 |
| بيرو | 1984 | سنْ | 0.2 | 8 373.7 | ooo |
| فنزويلا | 1985 | بوليڤار | 0.3 | 81.5 | ooo |
| **آسيا** | | | | | |
| بروناي دار السلام | 1984 | دولار | 0.1 | 50.6 | 544 000 |
| قبرص | 1984 | جنيه | 0.1 | 1.8 | 23 000 |
| الهند | 1988 | روبيه | 0.9 | 42.4 | *291 700 |
| إندونيسيا | 1988 | روبيه | 0.2 | 1 461.0 | 8 093 000 |
| جمهورية إيران الإسلامية | 1985 | ريال | ooo | 462.2 | 6 891 300 |
| إسرائيل | 1985 | شيكل | 3.1 | 215.2 | *45 300 |

## الجدول 7 تتمة
## مؤشرات مختارة للإنفاق على البحث والتطوير التجريبي

| البلد/ الإقليم | السنة | العملة | نسبة مئوية من الناتج القومي الإجمالي(ن ق إ) | الإنفـــاق على ب. ت لكل فرد (بالعملة القومية) | الوسطي السنوي للعالم أو المهندس في ب.ت (بالعملة القومية) |
|---|---|---|---|---|---|
| **آسـيا -تتمة** | | | | | |
| اليابان | 1988 | ين | 2.8 | 86 901.8 | 17 284 700 |
| الأردن | 1986 | دينار | 0.3 | 1.6 | 13 400 |
| جمهورية كوريا | 1988 | وُن | 1.9 | 55 756.2 | 41 506 800 |
| الكويت | 1984 | دينار | 0.9 | 43.6 | 47 100 |
| لبنان | 1980 | ليرة | ooo | 8.2 | 122 200 |
| ماليزيا | 1989 | رينغت | 0.1 | 5.6 | *17 600 |
| باكستان | 1987 | روبيه | 1.0 | 50.6 | *840 500 |
| الفيلبين | 1984 | بيزو | 0.1 | 11.4 | 127 000 |
| قطر | 1986 | ريال | 0.0 | 21.7 | 29 000 |
| سنغافورة | 1987 | دولار | 0.9 | 143.1 | 111 500 |
| سري لانكا | 1984 | روبيه | 0.2 | 16.2 | *92 000 |
| تايلند | 1987 | بَهت | 0.2 | 50.0 | 481 000 |
| تركيا | 1985 | ليرة | 0.7 | 3 822.9 | 17 068 600 |
| فيتنام | 1985 | دونغ | ooo | 8.3 | 24 900 |
| **أوروبا** | | | | | |
| النمسا | 1985 | شلنغ | 1.3 | 2 273.4 | *2 258 200 |
| بلجيكا | 1988 | فرنك | 1.7 | 9 273.0 | 5 482 700 |
| بلغاريا | 1989 | لِف | 2.7 | 115.9 | ooo |
| تشيكوسلوفاكيا | 1989 | كورونا | 3.3 | 1 583.9 | 377 600 |
| الدنمارك | 1989 | كراون | 1.6 | 2 316.6 | 1 115 400 |
| فنلندا | 1989 | ماركا | *1.8 | *1 793.3 | *785 300 |
| فرنسا | 1988 | فرنك | 2.3 | 2 348.8 | 1 134 300 |
| ألمانيا | | | | | |
| جمهورية ألمانيا الديمقراطية سابقا | 1989 | مارك | 4.3 | 728.8 | 93 200 |
| جمهورية ألمانيا الاتحادية | 1987 | مارك | 2.9 | 937.6 | 345 600 |
| اليونان | 1986 | دراخما | 0.3 | 1 841.2 | ooo |
| هنغاريا | 1989 | فورينت | 2.0 | 3 168.3 | 1 636 800 |
| إيرلندا | 1986 | جنيه | 1.1 | 50.8 | 29 300 |
| إيطاليا | 1988 | ليرة | 1.1 | 232 414.8 | 177 479 000 |
| مالطا | 1988 | ليرة | 0.0 | 0.0 | 300 |
| هولندا | 1989 | جلدر | 2.2 | 692.5 | ooo |
| النروج | 1989 | كراون | *2.0 | * 2 857.8 | *991 700 |
| بولندا | 1989 | زُلتي | 1.2 | 32 222.0 | 37 752 700 |
| البرتغال | 1988 | اسكودو | 0.5 | 2 917.0 | 5 977 400 |
| رومانيا | 1989 | لِف | 2.6 | 902.9 | 349 700 |
| إسبانيا | 1988 | بيزيتا | 0.7 | 7 376.1 | 9 229 700 |
| السويد | 1991 | كرونا | 2.8 | 4 308.3 | ooo |
| سويسرا | 1989 | فرنك | 1.8 | 834.2 | 582 700 · |
| المملكة المتحدة | 1989 | جنيه استرليني | 2.3 | 201.9 | ooo |
| يوغسلافيا السابقة | 1988 | دينار | 1.4 | 91 060.5 | 61 893 400 |
| **أوقيانوسيا** | | | | | |
| أستراليا | 1988 | دولار | 1.3 | 255.2 | 108 600 |

## الجدول 7 تتمة
## مؤشرات مختارة للإنفاق على البحث والتطوير التجريبي

| البلد/ الإقليم | السنة | العملة | الإنفاق على ب. ت: نسبة مئوية من الناتج القومي الإجمالي(ن ق إ) | الإنفاق على ب. ت: لكل فرد (بالعملة القومية) | الإنفاق على ب. ت: الوسطي السنوي للعالم أو المهندس في ب.ت (بالعملة القومية) |
|---|---|---|---|---|---|
| **أوقيانوسيا – تتمة** | | | | | |
| فيجي | 1986 | دولار | 0.3 | 5.3 | 105 600 |
| بولينيزيا الفرنسية | 1983 | فرنك | 0.2 | 1 980.0 | 19 101 200 |
| غوام | 1989 | دولار أمريكي | | *16.5 | *91 714 |
| كاليدونيا الجديدة | 1985 | فرنك | 0.6 | 5 268.6 | 10 400 300 |
| تونغا | 1980 | بانغا | 0.9 | 4.4 | *38 700 |
| **الاتحاد السوفييتي السابق** | | | | | |
| الاتحاد السوفييتي السابق | 1988 | روبل | 6.5 | 133.5 | 24 800 |

## الجدول 7
## ملحوظات عامة :

في غياب معدلات تبادل البحث والتطوير (ب.ت) ، فالبيانات المقدمة بالعملات القومية يمكن أن تقارن، بلدا ببلد، باستعمال معدلات التبادل الرسمية بين العملات القومية والدولار الأمريكي، المعطاة في الجدول 8. وبالطبع ينبغي أن يكون مفهوما أن معدلات التبادل هذه لا تعكس دائما الفعاليات الحقيقية للبحث والتطوير. وبالنسبة لجمهورية ألمانيا الديمقراطية سابقا والاتحاد السوفييتي سابقا، فإن الأرقام في العمود الأول تشير إلى الإنفاق كنسبة مئوية من الناتج المادي الصافي ، وبالنسبة لكوبا فالرقم محسوب كنسبة مئوية من الناتج الاجتماعي الشامل.

ooo بيانات غير متاحة

* بيانات مؤقتة أو تقديرية

## الجدول 8
## أسـعار صرف العملات

العملة القومية المعادلة لدولار الولايات المتحدة

| البلد / الإقليم | العملة القومية | 1980 | 1982 | 1984 | 1986 | 1988 | 1989 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **إفريقيا** | | | | | | | |
| الجزائر | دينار | 3.838 | 4.592 | 4.983 | 4.702 | 5.915 | 7.609 |
| أنغولا | كوانسا | 29.918 | 29.918 | 29.918 | 29.918 | 29.918 | 29.918 |
| بنين | فرنك | 211.28 | 328.61 | 436.96 | 346.3 | 297.85 | 319.01 |
| بوتسوانا | بولا | 0.777 | 1.030 | 1.298 | 1.879 | 1.829 | 2.015 |
| بوركينا فاسو | فرنك | 211.28 | 328.61 | 436.96 | 346.3 | 297.85 | 319.01 |
| بوروندي | فرنك | 90.00 | 90.00 | 119.709 | 114.171 | 140.395 | 158.667 |
| الكاميرون | فرنك | 211.28 | 328.61 | 436.96 | 346.3 | 297.85 | 319.01 |
| الرأس الأخضر | إسكودا | 40.175 | 58.293 | 84.878 | 80.145 | 72.068 | 77.978 |
| جمهورية إفريقيا الوسطى | فرنك | 211.28 | 328.61 | 436.96 | 346.3 | 297.85 | 319.01 |
| تشاد | فرنك | 211.28 | 328.61 | 436.96 | 346.3 | 297.85 | 319.01 |
| جزر القمر | فرنك | 211.28 | 328.61 | 436.96 | 346.3 | 297.85 | 319.01 |
| الكونغو | فرنك | 211.28 | 328.61 | 436.96 | 346.3 | 297.85 | 319.01 |
| ساحل العاج | فرنك | 211.28 | 328.61 | 436.96 | 346.3 | 297.85 | 319.01 |
| جيبوتي | فرنك | 177.721 | 177.721 | 177.721 | 177.721 | 177.721 | 177.721 |
| مصر | جنيه | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.852 |
| غينيا الاستوائية † | فرنك | 110.63 | 219.72 | 321.52 | 346.3 | 297.85 | 319.01 |
| إثيوبيا | بِرّ | 2.07 | 2.07 | 2.07 | 2.07 | 2.07 | 2.07 |
| الغابون | فرنك | 211.28 | 328.61 | 436.96 | 346.3 | 297.85 | 319.01 |
| غامبيا | دالاسي | 1.721 | 2.29 | 3.584 | 6.938 | 6.709 | 7.585 |
| غانا | سيدي | 2.75 | 2.75 | 35.986 | 89.204 | 202.346 | 270.00 |
| غينيا | سيلي | 18.969 | 22.366 | 24.09 | 333.453 | 474.396 | 591.646 |
| غينيا – بيساو | بيزو | 33.81 | 38.87 | 105.29 | 203.95 | 1 111.06 | 1 811.42 |
| كينيا | شلنغ | 7.42 | 10.922 | 14.414 | 16.226 | 17.747 | 20.573 |
| ليسوتو | مالوتي | 0.779 | 1.086 | 1.475 | 2.285 | 2.273 | 2.623 |
| ليبيريا | دولار | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| الجماهيرية العربية الليبية | دينار | 0.296 | 0.296 | 0.296 | 0.315 | 0.286 | 0.299 |
| مدغشقر | فرنك | 211.28 | 349.74 | 576.64 | 676.34 | 1 407.11 | 1 603.44 |
| ملاوي | كواتشا | 0.812 | 1.056 | 1.413 | 1.861 | 2.561 | 2.76 |
| مالي | فرنك | 211.28 | 328.61 | 436.96 | 346.3 | 297.85 | 319.01 |
| موريتانيا | إوكويا | 45.914 | 51.769 | 63.803 | 74.375 | 75.261. | 83.051 |
| موريشيوس | روبيه | 7.684 | 10.873 | 13.80 | 13.466 | 13.438 | 15.25 |
| المغرب | درهم | 3.937 | 6.023 | 8.811 | 9.104 | 8.209 | 8.488 |
| موزامبيق | مَتكال | 32.40 | 37.77 | 42.44 | 40.43 | 524.64 | 744.92 |
| النيجر | فرنك | 211.28 | 328.61 | 436.96 | 346.3 | 297.85 | 319.01 |
| نيجيريا | نيرا | 0.547 | 0.674 | 0.767 | 1.755 | 4.537 | 7.365 |
| رواندا | فرنك | 92.84 | 92.84 | 100.172 | 87.64 | 76.445 | 79.977 |
| ساو تدمي وبرنسيب | دُبرا | 34.771 | 40.999 | 44.159 | 83.589 | 86.343 | 124.672 |
| السنغال | فرنك | 211.28 | 328.61 | 436.96 | 346.3 | 297.85 | 319.01 |
| سيشل | روبيه | 6.392 | 6.553 | 7.059 | 6.177 | 5.384 | 5.646 |
| سيراليون | ليون | 1.05 | 1.239 | 2.51 | 16.092 | 32.514 | 59.813 |
| الصومال | شلنغ | 6.295 | 10.75 | 20.019 | 72.00 | 170.453 | 490.675 |
| إفريقيا الجنوبية | راند | 0.779 | 1.086 | 1.475 | 2.285 | 2.273 | 2.623 |
| السودان | جنيه | 0.500 | 0.952 | 1.30 | 2.50 | 4.50 | 4.50 |
| سوازيلاند | يولانجيني | 0.779 | 1.085 | 1.475 | 2.285 | 2.273 | 2.623 |
| توغو | فرنك | 211.28 | 328.61 | 436.96 | 346.3 | 297.85 | 319.01 |

## الجدول 8 تتمة
## أسـعار صرف العملات

العملة القومية المعادلة لدولار الولايات المتحدة

| البلد / الإقليم | العملة القومية | 1980 | 1982 | 1984 | 1986 | 1988 | 1989 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **إفريقيا - تتمة** | | | | | | | |
| تونس | دينار | 0.405 | 0.591 | 0.777 | 0.794 | 0.858 | 0.949 |
| أوغندا | شلنغ | 0.07 | 0.94 | 3.60 | 14.00 | 106.14 | 223.09 |
| جمهورية تنزانيا المتحدة | شلنغ | 8.197 | 9.283 | 15.292 | 32.698 | 99.292 | 143.377 |
| زائير | زائير | 2.80 | 5.75 | 36.13 | 59.63 | 187.07 | 381.45 |
| زامبيا | كواتشا | 0.789 | 0.929 | 1.813 | 7.788 | 8.266 | 13.814 |
| زيمبابوي | دولار | 0.643 | 0.759 | 1.258 | 1.667 | 1.806 | 2.119 |
| **أمريكا الشمالية** | | | | | | | |
| أنتيغوا وبابرودا | دولار | 2.70 | 2.70 | 2.70 | 2.70 | 2.70 | 2.70 |
| البهاماس | دولار | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| باربادوس | دولار | 2.011 | 2.011 | 2.011 | 2.011 | 2.011 | 2.011 |
| بيليز | دولار | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 |
| برمودا | دولار | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| كندا | دولار | 1.169 | 1.234 | 1.295 | 1.39 | 1.231 | 1.184 |
| كوستاريكا | كولون | 8.57 | 37.407 | 44.533 | 55.986 | 75.805 | 81.504 |
| كوبا | بيزو | 0.71 | 0.85 | 0.90 | 0.793 | 0.776 | 0.791 |
| دومينيكا | دولار كاريبي | 2.7 | 2.7 | 2.70 | 2.70 | 2.70 | 2.70 |
| جمهورية الدومينيكان | بيزو | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 2.904 | 6.113 | 6.34 |
| السلفادور | كولون | 2.50 | 2.50 | 2.50 | 4.852 | 5.00 | 5.00 |
| غرينادا | دولار كاريبي | 2.70 | 2.70 | 2.70 | 2.70 | 2.70 | 2.70 |
| غواتيمالا | كُوتزال | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.875 | 2.62 | 2.816 |
| فيجي | غودره | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 |
| هندوراس | لمبيرا | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 |
| جامايكا | دولار | 1.781 | 1.781 | 3.943 | 5.478 | 5.489 | 5.745 |
| المكسيك | بيزو | 22.95 | 56.4 | 167.83 | 611.77 | 2 273.11 | 2 461.47 |
| مونتسرات | دولار كاريبي | 2.70 | 2.70 | 2.70 | 2.70 | 2.70 | 2.70 |
| جزر أنتيل الهولندية | جيلدر | 1.80 | 1.80 | 1.80 | 1.80 | 1.80 | 1.793 |
| نيكاراغوا | قرطبه | ooo | ooo | ooo | ooo | ooo | ooo |
| باناما | بالبوا | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| سينت كيتس ونيفيس | دولار كاريبي | 2.70 | 2.70 | 2.70 | 2.70 | 2.70 | 2.70 |
| سينت لوسيا | دولار كاريبي | 2.70 | 2.70 | 2.70 | 2.70 | 2.70 | 2.70 |
| سينت فنسنت وغرينادينز | دولار كاريبي | 2.70 | 2.70 | 2.70 | 2.70 | 2.70 | 2.70 |
| ترينيداد وتوباغو | دولار | 2.40 | 2.40 | 2.40 | 3.60 | 3.844 | 4.25 |
| الولايات المتحدة | دولار | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| **أمريكا الجنوبية** | | | | | | | |
| الأرجنتين † | أوسترال | 184.00 | 2592.0 | 0.068 | 0.943 | 8.753 | 423.340 |
| بوليفيا † | بوليفيانو | 24.52 | 64.07 | 3 135.91 | 1.922 | 2.350 | 2.692 |
| البرازيل | كروزيرو | 0.053 | 0.180 | 1.848 | 13.654 | 263.00 | 2 833.92 |
| تشيلي | بيزو | 39.00 | 50.909 | 98.656 | 193.016 | 245.048 | 267.155 |
| كولومبيا | بيزو | 47.28 | 64.085 | 100.817 | 194.261 | 299.174 | 382.568 |
| إكوادور | سوكر | 25.00 | 30.03 | 62.54 | 122.78 | 301.61 | 526.35 |
| غويّانا | دولار | 2.55 | 3.00 | 3.832 | 4.272 | 10.0 | 27.159 |
| باراغواي | غواراني | 126.00 | 126.00 | 201.00 | 339.17 | 550.00 | 1 056.22 |
| بيرو | إنتي | 0.289 | 0.698 | 3.467 | 13.948 | 128.83 | 2 666.19 |
| سورينام | جيلدر | 1.785 | 1.785 | 1.785 | 1.785 | 1.785 | 1.785 |

## الجدول 8 تتمة
## أسـعار صرف العملات

العملة القومية المعادلة لدولار الولايات المتحدة

| البلد / الإقليم | العملة القومية | 1980 | 1982 | 1984 | 1986 | 1988 | 1989 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **أمريكا الجنوبية – تتمة** | | | | | | | |
| أوروغواي | بيزو | 9.10 | 13.91 | 56.12 | 151.99 | 359.44 | 605.51 |
| فنزويلا | بوليڤار | 4.293 | 4.293 | 7.018 | 8.083 | 14.5 | 34.681 |
| **اسيا** | | | | | | | |
| أفغانستان | أفغاني | 44.129 | 50.6 | 50.60 | 50.60 | 50.60 | 50.60 |
| البحرين | دينار | 0.377 | 0.376 | 0.376 | 0.376 | 0.376 | 0.376 |
| بنغلادش | تاكا | 15.454 | 22.118 | 25.345 | 30.407 | 31.733 | 32.27 |
| بوتان | إنغُلترم | 7.863 | 9.455 | 11.363 | 12.611 | 13.917 | 16.226 |
| بروناي دار السلام | دولار | 2.151 | 2.149 | 2.141 | 2.22 | 2.013 | 1.951 |
| الصين | يُوان | 1.498 | 1.893 | 2.32 | 3.453 | 3.722 | 3.765 |
| قبرص | جنيه | 0.353 | 0.475 | 0.588 | .0518 | 0.467 | 0.494 |
| هونغ كونغ | دولار | 4.976 | 6.07 | 7.818 | 7.803 | 7.806 | 7.807 |
| الهند | روبيه | 7.863 | 9.455 | 11.363 | 12.611 | 13.917 | 16.226 |
| إندونيسيا | روبيه | 626.99 | 661.42 | 1 025.94 | 1 282.56 | 1 685.7 | 1 770.06 |
| جمهورية إيران الإسلامية | ريال | 70.615 | 83.603 | 90.297 | 78.76 | 68.683 | 72.015 |
| العراق | دينار | 0.295 | 0.299 | 0.311 | 0.311 | 0.311 | 0.311 |
| إسرائيل † | شيكل | 0.005 | 0.024 | 0.293 | 1.488 | 1.599 | 1.916 |
| اليابان | ين | 226.74 | 249.08 | 237.52 | 168.52 | 128.15 | 137.96 |
| الأردن | دينار | 0.298 | 0.353 | 0.384 | 0.35 | 0.374 | 0.575 |
| جمهورية كوريا | وُن | 607.43 | 731.08 | 805.98 | 881.45 | 731.47 | 671.46 |
| الكويت | دينار | 0.27 | 0.288 | 0.296 | 0.291 | 0.279 | 0.294 |
| جمهورية لاو الشعبية الديمقراطية | كيپ | 10.128 | 35.00 | 35.00 | 95.00 | 392.012 | 583.015 |
| لبنان | ليرة | 3.44 | 4.74 | 6.51 | 38.37 | 409.23 | 496.69 |
| ماكاو | باتاكا | 5.095 | 6.226 | 8.045 | 8.357 | 8.05 | 8.05 |
| ماليزيا | رينغت | 2.177 | 2.335 | 2.344 | 2.581 | 2.619 | 2.709 |
| مالديف | روبيه | 7.55 | 7.174 | 7.05 | 7.151 | 8.785 | 9.041 |
| منغوليا † | توغريك | 2.85 | 3.27 | 3.79 | 3.18 | 2.95 | 2.99 |
| ميانمار | كيات | 6.599 | 7.79 | 8.386 | 7.33 | 6.395 | 6.705 |
| نيبال | روبيه | 12.00 | 13.244 | 16.459 | 21.23 | 23.289 | 27.189 |
| عُمان | ريال | 0.345 | 0.345 | 0.345 | 0.382 | 0.385 | 0.385 |
| باكستان | روبيه | 9.90 | 11.848 | 14.046 | 16.648 | 18.003 | 20.542 |
| الفيلبين | بيزو | 7.511 | 8.54 | 16.699 | 20.386 | 21.095 | 21.737 |
| قطر | ريال | 3.657 | 3.64 | 3.64 | 3.64 | 3.64 | 3.64 |
| العربية السعودية | ريال | 3.327 | 3.428 | 3.524 | 3.703 | 3.745 | 3.745 |
| سنغافورة | دولار | 2.141 | 2.14 | 2.133 | 2.177 | 2.012 | 1.95 |
| سري لانكا | روبيه | 16.534 | 20.812 | 25.438 | 28.017 | 31.807 | 36.047 |
| الجمهورية العربية السورية | ليرة | 3.925 | 3.925 | 3.925 | 3.925 | 11.225 | 11.225 |
| تايلند | بَهْت | 20.476 | 23.00 | 23.639 | 26.299 | 25.294 | 25.702 |
| تركيا | ليرة | 76.04 | 162.55 | 366.68 | 674.51 | 1 422.35 | 2 121.68 |
| الإمارات العربية المتحدة | درهم | 3.707 | 3.671 | 3.671 | 3.671 | 3.671 | 3.671 |
| فيتنام | دونغ | 0.21 | 0.94 | 1.03 | 18.00 | 480.00 | 3 532.78 |
| اليمن الديمقراطية سابقًا | دينار | 0.345 | 0.345 | 0.345 | 0.345 | 0.345 | 0.345 |
| اليمن الجمهورية العربية اليمنية سابقًا | ريال | 4.563 | 4.563 | 5.353 | 9.639 | 9.772 | 9.76 |
| **اوروبا** | | | | | | | |
| ألبانيا § | يكْ | 7.00 | 7.00 | 7.00 | 7.00 | 6.00 | 6.40 |

## الجدول 8 تتمـة
## أسـعار صرف العملات

العملة القومية المعادلة لدولار الولايات المتحدة

| البلد / الإقليم | العملة القومية | 1980 | 1982 | 1984 | 1986 | 1988 | 1989 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **أوروبا -تتمة** | | | | | | | |
| النمسا | شلنغ | 12.938 | 17.059 | 20.009 | 15.267 | 12.348 | 13.231 |
| بلجيكا | فرنك | 29.242 | 45.691 | 57.783 | 44.672 | 36.768 | 39.404 |
| بلغاريا † | لِف | 0.85 | 0.85 | 0.98 | 0.94 | 0.83 | 0.84 |
| تشيكوسلوفاكيا | كورونا | 14.27 | 13.71 | 16.61 | 14.99 | 14.36 | 15.05 |
| الدنمارك | كراون | 5.636 | 8.332 | 10.357 | 8.091 | 6.732 | 7.31 |
| فنلندا | ماركا | 3.73 | 4.82 | 6.01 | 5.07 | 4.183 | 4.291 |
| فرنسا | فرنك | 4.226 | 6.572 | 8.739 | 6.926 | 5.957 | 6.380 |
| ألمانيا | | | | | | | |
| جمهورية ألمانيا الديمقراطية | | | | | | | |
| سابقًا§ | مارك | 1.95 | 2.50 | 3.05 | 2.00 | 1.87 | 1.79 |
| جمهورية ألمانيا الاتحادية | مارك ألماني | 1.818 | 2.427 | 2.846 | 2.171 | 1.756 | 1.880 |
| اليونان | دراخما | 42.617 | 66.803 | 112.717 | 139.981 | 141.861 | 162.417 |
| هنغاريا | فورينت | 32.532 | 36.631 | 48.042 | 45.832 | 50.413 | 5.066 |
| إيسلندا | كرونا | 4.798 | 12.352 | 31.694 | 41.104 | 43.014 | 57.042 |
| إيرلندا | جنيه | 0.487 | 0.705 | 0.923 | 0.743 | 0.656 | 0.706 |
| إيطاليا | ليرة | 856.45 | 1 352.51 | 1 756.96 | 1 490.81 | 1 301.63 | 1 372.09 |
| ليختنشتاين | فرنك سويسري | 1.676 | 2.03 | 23.50 | 1.799 | 1.463 | 1.636 |
| لوكسمبورغ | فرنك | 29.242 | 45.691 | 57.784 | 44.672 | 36.768 | 39.404 |
| مالطا | ليرة | 0.345 | 0.412 | 0.461 | 0.393 | 0.331 | 0.348 |
| موناكو | فرنك فرنسي | 4.226 | 6.572 | 8.739 | 6.926 | 5.957 | 6.380 |
| هولندا | جيلدر | 1.988 | 2.67 | 3.209 | 2.45 | 1.977 | 2.121 |
| النروج | كراون | 4.939 | 6.454 | 8.161 | 7.395 | 6.517 | 6.905 |
| بولندا | زُلْتي | 44.2 | 84.8 | 113.20 | 175.30 | 430.50 | 1 439.20 |
| البرتغال | إسكودا | 50.062 | 79.473 | 146.39 | 149.587 | 143.954 | 157.458 |
| رومانيا | لِف | 60.35 | 50.292 | 71.348 | 54.159 | 47.867 | 50.029 |
| سان مارينو | ليرة | 856.45 | 1 352.51 | 1 756.96 | 1 490.81 | 1 301.63 | 1 372.09 |
| إسبانيا | بيزيتا | 71.702 | 109.859 | 160.761 | 140.048 | 116.487 | 118.378 |
| السويد | كرونا | 4.230 | 6.283 | 8.272 | 7.124 | 6.127 | 6.447 |
| سويسرا | فرنك | 1.676 | 2.03 | 2.35 | 1.799 | 1.463 | 1.636 |
| المملكة المتحدة | جنيه استرليني | 0.43 | 0.573 | 0.752 | 0.682 | 0.562 | 0.611 |
| يوغسلافيا السابقة † | دينار | 0.003 | 0.005 | 0.015 | 0.038 | 0.252 | 2.876 |
| **أوقيانوسيا** | | | | | | | |
| أستراليا | دولار | 0.878 | 0.986 | 1.14 | 1.496 | 1.28 | 1.265 |
| فيجي | دولار | 0.818 | 0.932 | 1.083 | 1.133 | 1.43 | 1.483 |
| بولينيزيا الفرنسية | فرنك | 76.829 | 119.49 | 158.902 | 125.935 | 108.31 | 116.003 |
| كاليدونيا الجديدة | فرنك | 76.829 | 119.49 | 158.902 | 125.935 | 108.31 | 116.003 |
| نيوزيلندا | دولار | 1.027 | 1.333 | 1.764 | 1.913 | 1.526 | 1.672 |
| بابواغينيا الجديدة | كينا | 0.671 | 0.738 | 0.899 | 0.971 | 0.867 | 0.859 |
| ساموا | تالا | 0.919 | 1.207 | 1.862 | 2.236 | 2.08 | 2.27 |
| جزر سليمان | دولار | 0.830 | 0.971 | 1.274 | 1.742 | 2.083 | 2.293 |
| تونغا | بانغا | 0.878 | 0.986 | 1.14 | 1.496 | 1.28 | 1.264 |
| فانواتو | فاتو | 68.292 | 96.208 | 99.233 | 106.076 | 104.426 | 116.042 |
| **الاتحاد السوفييتي السابق** | | | | | | | |
| الاتحاد السوفييتي سابقًا | روبل | 0.66 | 0.73 | 0.85 | 0.684 | 0.612 | 0.633 |
| روسيا البيضاء | روبل | 0.66 | 0.73 | 0.85 | 0.684 | 0.612 | 0.633 |
| أوكرانيا | روبل | 0.66 | 0.73 | 0.85 | 0.684 | 0.612 | 0.633 |

**الجدول 8**

**ملحوظات عامة :**

يعتبرهذا الجدول لائحة بأسعار الصرف تخص أرقام الإنفاق أو المخصصات المعبر عنها بالعملات القومية التي تظهر في الجداول 4 و 5 و6 و 7. وأسعار الصرف معطاة بحسب عدد وحدات العملة القومية المتناظرة مع دولار الولايات المتحدة.

بالنسبة لمعظم البلدان ، فصندوق النقد الدولي هو الذي قدم البيانات ، التي تشير إلى متوسط أسعار الصرف السنوية.

بالنسبة لبقية البلدان (المشار إليها بالرمز §) فقد استخلصت أسعار الصرف من النشرة الشهرية لإحصاءات الأمم المتحدة.

ooo بيانات غير متاحة

**إفريقيا :**

**غينيا الاستوائية** : قبل عام 1986 ، تشير العملة القومية إلى بيبكويلي.

**أمريكا الجنوبية:**

**الأرجنتين** : قبل 1984 ، أسعار الصرف معبر عنها بالأوسترلات في مليون دولار الولايات المتحدة.

**بوليفيا** : قبل 1986، أسعار الصرف معبر عنها بالبوليفيانوات في مليون دولار الولايات المتحدة.

**آسيا :**

**منغوليا** : قبل 1986 ، تشير البيانات إلى أسعار صرف غير تجارية مطبقة في السياحة وإلى استقطاعات من خارج منطقة الروبل ، وقد أخذت من (النشرة الشهرية للإحصاءات) التي تصدرها الأمم المتحدة.

**أوروبا :**

**بلغاريا** : قبل 1986، تشير البيانات إلى أسعار صرف غير تجارية مطبقة في السياحة وإلى استقطاعات من خارج منطقة الروبل، وقد أخذت من (النشرة الشهرية للإحصاءات) التي تصدرها الأمم المتحدة.

إن تقرير العلم العالمي الذي تعده اليونسكو كل عامين ، يستعرض الحالة الراهنة للعلم حول العالم من وجهة نظر تنظيمية وجوهرية.

هذا العدد الحالي مكون من أربعة أجزاء رئيسية. أولها مجموعة مقالات تشكل معا مراجعة تزودنا بالمعرفة وتحث الذهن فيما يتعلق بحالة العلم والتقانة في شتى أقاليم العالم. ويصف الجزء الثاني كيف ينظَّم البحث والتطوير، من يقوم بهما؟ وأين؟ وبأي وسائل؟ فيما يناقش الجزء الثالث الشراكة والتعاون الدوليين، في حين يحمل الرابع إطلالات على التطورات الأخيرة في العلوم الأساسية. ويختتم التقرير بملحق من جداول إحصائية عن الفعالية العلمية والقوة البشرية القوميتين والإقليميتين.

إن تقرير العلم في العالم موثق وممتع في قراءته في آن معا. إن النص مكتوب بأقلام مؤلفين مميزين في ميادين اختصاصهم، وهو مفعم بالحقائق الواقعية، والأرقام، والمناقشة عن حالة العلم الراهنة. وباعتباره مصدرا للمعلومات، فهذا العمل دليل لجميع ذوي الاهتمام بحالة العلم والتقانة حول الكرة الأرضية، سواء كانوا صناع قرار، أو ممارسين للعلم، أو مراقبين أو مشاركين ناشطين.

منظمة الأمم المتحدة
للتربية والعلوم والثقافة