التقدم العلمي

AL-TAQADDUM AL-ʿILMĪ

مجلة علمية فصلية تصدر عن مؤسسة الكويت للتقدم العلمي

الطاقة المتجددة..

الثروة العربية المهدرة

المؤسسة تكرم الفائزين بجوائزها السنوية

العدد 88 يناير 2015 م - ربيع الأول 1436 هـ

January 2015 No.88

التقدم العلمي العدد 88 يناير 2015 م - ربيع الأول 1436 هـ

January 2015 No.88

❖ رئيس مجلس الإدارة

حضرة صاحب السمو أمير البلاد

الشيخ صباح الأحمد الجابر الصباح

حفظه الله ورعاه

مؤسسة الكويت للتقدم العلمي
Kuwait Foundation
for the Advancement of Sciences

أعضاء مجلس الإدارة

أ. د. فايزة محمد الخرافي
د. يوسف حمد الإبراهيم
أ. مصطفى جاسم الشمالي
أ. هاني عبد العزيز حسين
أ. أسامة محمد النصف
د. صلاح عبداللطيف العتيقي
أ. خالد خضير المشعان

المدير العام

د. عدنان أحمد شهاب الدين

التقدم العلمي
AL-TAQADDUM AL-ʿILMĪ

مجلة علمية ثقافية فصلية تصدر عن مؤسسة الكويت للتقدم العلمي

العدد 88 - ربيع الأول 1436 هـ - يناير 2015م

january 2015 No. 88

رئيس التحرير

د. سلام أحمد العبلاني

المحرر العلمي

د. عبدالله بدران

سكرتير التحرير

د. طارق البكري

المتابعة والتوزيع

مها صلاح الدين

الإخراج والتنضيد

خالد مصطفى عادل

رمزي فيصل الهريمي

سهام أحمد حسين

الطاقة المتجددة

يتزايد اهتمام مراكز الأبحاث يوماً بعد يوم بقضايا الطاقة المتجددة التي باتت تحظى باهتمام بالغ في كل أنحاء العالم؛ نظراً لمزاياها المتعددة من حيث الاستدامة والكلفة والمحافظة على البيئة، إضافة إلى ما تعانيه بعض الدول من التكلفة العالية للوقود الأحفوري، وأخطاره البيئية. مجلة التقدم العلمي تطرح في هذا العدد بعض الجوانب المتصلة بالطاقة المتجددة لا سيما ما يتعلق بالطاقة الشمسية واستخداماتها الواعدة على الصعيد العربي.

جميع المراسلات ترسل باسم رئيس تحرير مجلة التقدم العلمي

مؤسسة الكويت للتقدم العلمي

Correspondence : Editor-in-Chief
Kuwait Foundation for the Advancement of Sciences

ص. ب : 25263 **الرمز البريدي** 13113 **الصفاة-الكويت**

فاكس : (+965)22278161 **هاتف :** (+965)22278160

P.O.Box: 25263 - P.C.13113 Safat - Kuwait

Fax. (+965) 22278161 - Tel. (+965) 22278160

e-mail: magazine@kfas.org.kw

ما تتضمنه موضوعات المجلة يعبر عن وجهة نظر كتابها

ولا يمثل بالضرورة وجهة نظر المجلة، ويتحمل كاتب المقال جميع الحقوق الفكرية المترتبة للغير.

القراء الكرام ..

رغبة من مؤسسة الكويت للتقدم العلمي في معرفة التطلعات التي ينشدها قراء مجلة التقدم العلمي ومدى تلبية المجلة لاهتماماتهم المتنوعة، فقد صممت استبياناً خاصاً تضمن عدداً من البيانات والأسئلة الخاصة بذلك.

يرجى التفضل بزيارة الموقع الإلكتروني للمؤسسة

www.kfas.org

والاطلاع على الاستبيان المدرج فيه تحت عبارة (استبيان حول إصدارات المؤسسة).

مع خالص الشكر والتقدير.

الطاقة المتجددة... هل هي فعلاً بديلة؟

رئيس التحرير
د. سلام أحمد العبلاني

ينتج العالم كميات كبيرة من غاز ثاني أكسيد الكربون تنبعث إلى أعالي الغلاف الجوي للأرض، لتقبع هناك مئات السنين مما يزيد من دفء كوكبنا ويكوِّن ظاهرة الاحتباس الحراري المقلقة. ولا يوجد حل في الأفق لهذه المعضلة إلا بالاستعاضة عن تقنيات توليد الطاقة الحالية بتقنيات على قدر عال من الكفاءة ولا ينبعث منها غاز ثاني أكسيد الكربون، فيما يسمى بالطاقة البديلة أو المتجددة التي ليس لها عواقب بيئية وخيمة كتلك المستمدة من الوقود الأحفوري. فالطاقة المتجددة تشمل طاقة الرياح، والطاقة الشمسية، والطاقة الحرارية الأرضية، ومصادر الطاقة الكهرمائية. وذكر تقرير لشركات نفطية كبرى في العالم مثل «شل» و«بريتش بتروليوم» أنه بحلول عام 2050 يجب على العالم إنتاج ثلث طاقته من مصادر متجددة بسبب التغير المناخي العالمي والانفجار السكاني واستنفاد الوقود الأحفوري.

من منظور بيئي بحت، تبقى الطاقة الشمسية أفضل مصادر الطاقة المتجددة. ولعل من الجنون على مستوى الجنس البشري ألا يتم تسخيرها بشتى الطرق. وقد تطورت تكنولوجيا تصنيع الألواح الشمسية بحيث غدت شديدة القوة وتتمتع بعمر يتجاوز 25 سنة. لكن تبقى تكلفة التصنيع والصيانة مرتفعة قليلا مما يستدعي العمل على خفضها.

منذ آلاف السنين استطاع الإنسان الاستفادة من طاقة الرياح، فكان أول استخدام معروف للرياح في سنة 5000 قبل الميلاد عندما استخدم الفراعنة في مصر القديمة أشرعة لمراكبهم لتبحر في نهر النيل. واستخدم الفرس طواحين الهواء في سنة 900 بعد الميلاد من أجل ضخ المياه وطحن الحبوب، وكذلك فعل الصينيون في السنة الأولى بعد الميلاد. وفي العصر الحديث أخذ الناس يدركون أن الرياح من أهم مصادر الطاقة المتجددة الواعدة التي يمكن أن تحل وإن جزئياً محل الوقود الأحفوري؛ لأن تكلفة إنتاج طاقة الرياح تنخفض 15% كلما تضاعف عدد مولدات طاقة الرياح في العالم، وفي الوقت نفسه تضاعفت قدرات إنتاج الطاقة من الرياح ثلاث مرات بين عامي 1990 و2000. وعلى الرغم من انخفاض تكلفة طاقة الرياح وخلوها من التلوث فإن هناك عيوباً مشابهة للطاقة الشمسية، أهمها عدم توافر الكثافة لطاقة الرياح مما يعني بناء وحدات كثيرة ستحتل مساحات شاسعة من الأراضي حتى يمكن إنتاج كميات مفيدة من الطاقة الكهربائية. وهذا لا يعتبر حلاً مثالياً؛ لأن مولدات الطاقة من الرياح لا يمكن بناؤها بصورة عشوائية في أي مكان بسبب عدم تمتع معظم المواقع برياح ذات سرعات كافية لتوليد الطاقة الكهربائية.

ولتسليط الضوء على خيارات الطاقة المتجددة واقتصاداتها ومشروعاتها في الوطن العربي، لاسيما الطاقة الشمسية، تقدم مجلة التقدم العلمي ملفاً خاصاً بهذا الصدد، في خطوة صغيرة لنشر المعرفة حول هذا الموضوع الحيوي الذي يعني الدول المنتجة للوقود الأحفوري أكثر من غيرها، ولإثارة النقاش حول موضوع تركز عليه الأبحاث العلمية حالياً، وسبقنا إليه العالم المتقدم علمياً. لكن لا يزال في الوقت متسع للحاق بالركب بشرط البدء من حيث ما انتهى إليه الآخرون.

التقدم العلمي

العدد (88) يناير 2015

مؤسسة الكويت للتقدم العلمي تقيم الحفل السنوي لجوائزها

06

ملف العدد <<<

مستقبل الطاقة المتجددة في الكويت
د. أسامة عبدالله الصايغ
22

الخلايا الشمسية النانوية
د. محمد شريف الإسكندراني
30

استخدام الطاقة الشمسية في تحلية المياه
د. محمد علي درويش
ود. حسن كمال عبدالرحيم
39

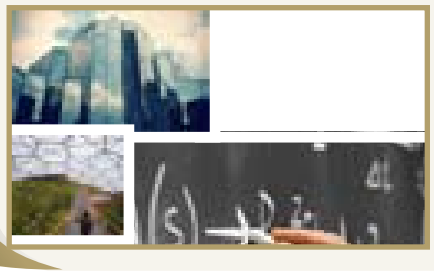
مصدر.. مدينة الطاقة المتجددة
م. محمد الحسن
48

عقد الأمم المتحدة لتوفير الطاقة المستدامة
د. عبدالله بدران
52

من مقالات العدد >>>

58 الرياضيات في حياتنا.. نظرية وتطبيق

د. أبو بكر خالد سعد الله



63 نحو نظرية فيزيائية موحدة

د. فخري حسن

70 حُجُبٌ على تخوم الكون

روبرت شيرر وسارة ويليام شيرر

ترجمة: حازم محمود فرج

76 مؤسسة الكويت للتقدم العلمي ودعم الاختراع والابتكار

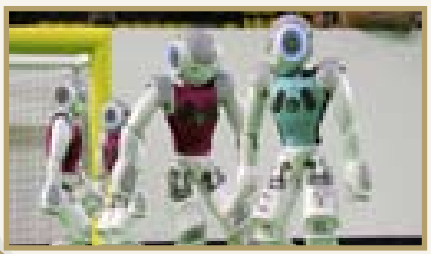
د. هيثم كبارة

84 تطوّر العناصر الإلكترونية

م. سلطان إبراهيم الخلف

90 بانوراما علمية لعام 2014

د. أحمد مغربي



برعاية وحضور صاحـــ

مؤسـسـة الكويـت للـتـقـدم العلمـــ

تحت رعاية وحضور حضرة صاحب السمو أمير البلاد الشيخ صباح الأحمد الجابر الصباح حفظه الله ورعاه أقيم في قصر بيان بتاريخ 22/10/ 2014 حفل مؤسسة الكويت للتقدم العلمي لتوزيع الجوائز وشهادات التقدير على الفائزين بجوائز المؤسسة لعام 2013. وشهد الحفل سمو ولي العهد الشيخ نواف الأحمد الجابر الصباح، ورئيس مجلس الأمة مرزوق الغانم، ورئيس مجلس الأمة السابق جاسم الخرافي، وكبار الشيوخ، وسمو الشيخ ناصر المحمد الصباح، وسمو رئيس مجلس الوزراء الشيخ جابر المبارك الحمد الصباح، والوزراء، وحشد كبير من المسؤولين والدبلوماسيين والأكاديميين والمعنيين بالموضوعات العلمية، فضلاً عن مجلس إدارة المؤسسة.

ـــــب السمو أمير البلاد

ـــي تقيم الحفل السنوي لجوائزها

برامج المؤسسة تركز على نشر الثقافة العلمية ودعم الأبحاث العلمية والموهوبين

بدأ الحفل بالنشيد الوطني وتلاوة آيات من الذكر الحكيم، ثم تمّ عرض فيلم قصير عن المؤسسة، بعدها ألقى المدير العام للمؤسسة الدكتور عدنان شهاب الدين كلمة قال فيها: «يتزامن احتفالنا هذا مع مناسبة تكريم عالمي غير مسبوق في تاريخ منظمة الأمم المتحدة، حيث توجت المنظمة صاحب السمو أمير البلاد (قائداً للعمل الإنساني) إلى جانب تسمية الكويت (مركزاً إنسانياً عالمياً)، وذلك تعبيراً عن إجماع دولي واعتراف عالمي ببصمات أيادي سموه البيضاء، وعطاءات شعب الكويت التي امتدت إلى العالم، وتقديراً لمبادرات الكويت».

وأضاف الدكتور شهاب الدين: «يطيب لي هنا أن أتقدم من صاحب السمو، بالنيابة عن أعضاء مجلس الإدارة وجميع العاملين في المؤسسة، بخالص التهاني على هذا التكريم العالمي، ففي الوقت الذي تشهد فيه المنطقة

سمو أمير البلاد يتوسط الفائزين بجوائز المؤسسة وأعضاء مجلس إدارتها

أجواء ملبدة وأوضاعاً مثقلة بنزاعات وحروب، يأتي تكريم سموكم والكويت عالمياً ثمرة لسلوك طريق الخير والعطاء الذي اختطته الكويت لنفسها منذ نشأتها لمساعدة الشعوب في أوقات المحن والملمات وإعادة الأمل اليها». وقال: «منذ انطلاقة احتفالات المؤسسة الخاصة بتكريم العلماء العرب والباحثين الكويتيين الفائزين بجوائزها السنوية؛ والمؤسسة تتطلع يا صاحب السمو إلى هذه المناسبة السنوية لتتشرف برعايتكم السامية وحضوركم الكريم لتكريم كوكبة جديدة من العلماء، الذين قدموا عطاءات غزيرة متميزة ومؤثرة في تطور العلم والمعرفة تساهم في تنمية وازدهار المجتمعات».

وذكر أن جوائز المؤسسة «استطاعت أن تتبوأ مكانة إقليمية وعالمية مرموقة، لما ثبت من موضوعية ونزاهة في منحها، ولما لها من أهمية في تشجيع العلماء العرب والكويتيين، وتحفيزهم لمزيد من العطاء العلمي، فباسم المؤسسة ومجلس إدارتها؛ أتقدم بخالص التهنئة إلى جميع الفائزين بجوائز المؤسسة لعام 2013، داعياً المولى عز وجل أن يكلل أعمالهم دائماً بالنجاح لخدمة أوطانهم والإنسانية».

سمو أمير البلاد يتوسط حضور الحفل في قصر بيان العامر

سمو أمير البلاد والمدير العام للمؤسسة يتوجهان لتكريم الفائزين

د.شهاب الدين: تكريم سمو الأمير عالمياً ثمرة لسلوك طريق الخير والعطاء الذي اختطته الكويت لنفسها منذ نشأتها

رؤية حكيمة

وتابع الدكتور شهاب الدين كلمته قائلاً: «لقد كان اهتمام الكويت المتواصل بالعلم نابعاً من رؤية قيادتها الحكيمة للآفاق التي يفتحها، كونه محركاً دافعاً نحو التقدم والرقي بالبشرية على مر العصور، وجسراً لبناء العلاقات وتوطيدها، وترسيخ التفاهمات، وباعتباره أحد أهم جوانب التراث الإنساني والعمل المشترك. ولقد أدركت الكويت منذ تأسيسها، كبلد صغير المساحة قليل السكان، أهمية الإسهامات التي يقدمها الأخذ بناصية العلم ونشر التعليم في بناء كوادر وطنية مؤهلة وخلاقة، تحمل على كاهلها مهمة بناء الوطن ورفعته، وقد كان للقطاع الخاص في الكويت دور تاريخي رائد في المساهمة في دعم العلم والتعليم والبحث العلمي، ولعل مؤسسة الكويت للتقدم العلمي من أهم الأمثلة على ذلك، إذ جاء إنشاؤها نتاج تلاقي رؤية سامية لأمير الكويت الراحل الشيخ جابر الأحمد الجابر الصباح، طيب الله ثراه، مع مبادرة من قيادات القطاع الخاص في الكويت، لتصبح إحدى ركائز العطاء العلمي والتنمية المعرفية كونها تحظى بدعم متواصل من صاحب السمو أمير البلاد رئيس مجلس إدارتها، وتحصل على تمويل مقدر ومشكور من شركات القطاع الخاص المساهمة من خلال نسبة قدرها حالياً 1% من صافي أرباحها السنوية، كجزء من مسؤوليتها المجتمعية».

سمو أمير البلاد يستمع إلى شرح من مدير مركز صباح الأحمد للموهبة والإبداع د. عمر البناي عن إنجازات المركز

درع تكريمية لسمو أمير البلاد من المؤسسة

سعي حثيث

وشدد على أن المؤسسة «تواصل اليوم بسعي حثيث تنفيذ برامجها في إطار خطتها الاستراتيجية الخمسية في عامها الثالث، مع الحرص على انتقاء نشاطاتها واستحداث مشروعات جديدة تعود بالمنفعة على جمهور المستفيدين منها».

وقال: «وللمحافظة على حسن الأداء وتطويره؛ اعتمدت المؤسسة ضبط نشاطاتها ومأسستها باستحداث دليل شامل للحوكمة، يغطي كل أوجه أعمالها من تخطيط وإشراف وتقييم، كما باشرت بإجراء تقييم دوري خارجي مستقل لأداء مراكزها التابعة وبرامجها المعتمدة من قبل جهات عالمية متخصصة محايدة».

وذكر أن برامج المؤسسة تركز على نشر الثقافة العلمية، ودعم البحوث العلمية، ودعم الموهوبين والمبدعين، مشيراً إلى أن المؤسسة توسعت في تنفيذ مجموعة من البرامج البحثية والتدريبية الموجهة خصيصاً لمساعدة شركات القطاع الخاص على بناء قدراتها التكنولوجية والابتكارية.

ولفت إلى أنه «مما يدعو إلى الارتياح أن تواكب برامج المؤسسة أهم وأحدث التوجهات العالمية وفقاً للأولويات الوطنية، فكما تعلمون على سبيل المثال فإنَّ جائزة نوبل للفيزياء منحت هذا العام لثلاثة علماء من

اعتمدت المؤسسة ضبط نشاطاتها ومأسستها باستحداث دليل شامل للحوكمة يغطي كل أوجه أعمالها من تخطيط وإشراف وتقييم

اليابان وأمريكا لاكتشافهم مصدراً جديداً للإضاءة أعلى كفاءة، تتيح تطبيقاته الواسعة الانتشار تحقيق وفر كبير في الطاقة، كأحد أهم تطبيقات الطاقة الخضراء أو المتجددة، التي هي أحد مجالات الأولوية المعتمدة في خطط المؤسسة، حيث تواصل المؤسسة تنفيذ عدد من المشروعات النموذجية للمساهمة في الترويج لاستخدام أنظمة الطاقة الشمسية لتوليد الكهرباء في المنازل والمجمعات، بهدف تقليص الأحمال على الشبكة الكهربائية، والحفاظ على الموارد النفطية، تحقيقاً لتوجيهات صاحب السمو بالتوسع في استخدامات الطاقة الشمسية في البلاد».

مشروعات جديدة

وأوضح أنَّ «من المشروعات التي ستبدأ المؤسسة بتنفيذها؛ المبادرة التي أطلقها صاحب السمو أمير البلاد باسم الكويت والمتمثلة في تخصيص جائزة (عبدالرحمن السميط) بمبلغ مليون دولار سنوياً لدعم أفضل البحوث والمشروعات التنموية في مجالات الصحة والغذاء والتعليم في إفريقيا، والتي لعلها تشكل حافزاً لتعزيز الجهود المبذولة عالمياً اليوم لمجابهة خطر انتشار وباء (إيبولا) الذي بات يهدد إفريقيا وربما العالم بأسره».

الثروة الحقيقية

وتوجه الدكتور شهاب الدين إلى صاحب السمو بالقول: «يا صاحب السمو، لعل أفضل ما أختتم به كلمتي هذه الإشارة إلى ما جاء ذكره في كلمة سامية لسموكم عن الأهمية البالغة التي توليها الكويت للعلم والبحث العلمي، ودورهما في حاضر الكويت ومستقبلها حينما قلتم – سموكم – إن (العلم والمعرفة هما أساس بناء الإنسان الكويتي الذي هو ثروة الوطن الحقيقية والتي لا تعادلها ثروة وعدته لمستقبل واعد بإذن الله تعالى)».

واختتم الدكتور شهاب الدين كلمته بالقول: «لا يسعني إلا أن أتقدم لسموكم بوافر الشكر وعظيم التقدير، لرعايتكم

توسعت المؤسسة في تنفيذ مجموعة من البرامج البحثية والتدريبية الموجهة خصيصاً لمساعدة شركات القطاع الخاص على بناء قدراتها التكنولوجية والابتكارية

وتشريفكم الكريمين لهذا الحفل، والشكر موصول لسمو ولي العهد، كما أشكر الحضور الكرام على تلبية الدعوة، وأكرر التهنئة للفائزين مشفوعة بالأماني الصادقة بأن يتواصل عطاؤهم ونجاحهم».

وبعد ذلك تم عرض فيلم تعريفي عن الفائزين بجوائز المؤسسة.

كلمة الفائزين

وألقى كلمة الفائزين بجوائز مؤسسة الكويت للتقدم العلمي الدكتور حبيب عماري، أعرب فيها بداية عن بالغ سعادته لتشرفه بإلقاء كلمة الفائزين في الحفل. ثم قال: «يسعدني أن أعبر كذلك باسم الفائزين وباسمي عن شعورنا العميق بالامتنان الفائق لهذا التكريم من الكويت بلد الكرم والأصالة ورعاية العلم والعلماء، وخير شاهد على هذه الرعاية هو تشريف صاحب السمو أمير البلاد برعاية وحضور حفل توزيع الجوائز التي تقدمها مؤسسة الكويت للتقدم العلمي ضمن برامجها الرائدة ليس للمتميزين من العلماء الكويتيين فقط وإنما لأبرز العلماء العرب أينما كانوا على مستوى العالم».

وأضاف: «لقد اكتسبت جائزة الكويت للتقدم العلمي في مجالات العلوم المختلفة مكانة رفيعة على مستوى الوطن العربي والعالم، مما جعلها تمثل إحدى أهم الجوائز العربية والعالمية للعلماء والباحثين العرب، واستمدت الجائزة هذه المكانة العالية والسمعة الرفيعة من حسن اختيار الموضوعات المتخصصة والمتجددة التي يتم الإعلان عنها كل عام، وكذلك لاستنادها إلى معايير عالية المستوى، إضافة إلى موضوعية ومصداقية نظام التحكيم. ولقد أصبحت الجائزة هدفاً يسعى إليه الباحثون والعلماء الكويتيون والعرب، ممن لهم رصيد متميز من الأبحاث والإنتاج العلمي، لينالوا به الشرف العظيم الذي تمثله هذه الجائزة».

د. عماري يلقي كلمة الفائزين

لقد أدركت الكويت مبكراً أهمية دور المعرفة العلمية والبحث العلمي في تقدم المجتمع فأنشأت ودعمت المؤسسات العلمية والبحثية ما جعلها تتبوأ مكانة عظيمة في قلوب وعقول العلماء العرب

وقال: «لقد أدركت الكويت مبكراً أهمية دور المعرفة العلمية والبحث العلمي في تقدم المجتمع، فأنشأت ودعمت المؤسسات العلمية والبحثية، ما جعلها تتبوأ مكانة عظيمة في قلوب وعقول العلماء العرب في كل مكان في العالم، ولعل الكثير منهم له صلات علمية بالمؤسسات العلمية الرصينة في الكويت؛ مثل جامعة الكويت، ومعهد الكويت للأبحاث العلمية، ومؤسسة الكويت للتقدم العلمي».

ومضى إلى القول: «إنه لشرف عظيم للعلماء العرب التعاون مع هذه المؤسسات في المجالات العلمية التي تعزز التنمية في الوطن العربي. ولا يسعني في هذه المناسبة التي شرفت بها إلا أن أرفع باسمي وباسم زملائي الفائزين بالجوائز أسمى مشاعر التهنئة لاختيار منظمة الأمم المتحدة صاحب السمو الأمير (قائداً للعمل الإنساني)، وتسمية الكويت (مركزاً إنسانياً عالمياً)، كما أرفع أصدق آيات الشكر والعرفان لسموه لشموله هذا الحفل برعايته السامية واهتمامه الكبير، وأتوجه أيضاً بالتقدير والشكر إلى القائمين على مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، وعلى رأسهم المدير العام وإلى العاملين في مكتب الجوائز، على ما شملونا به من حفاوة وتكريم، وكذلك أجد لزاماً علي أن أنوه بالتنظيم المميز لهذه الاحتفالية التكريمية».

وتم خلال الحفل تقديم هدية تذكارية إلى سمو أمير البلاد بمناسبة إطلاق الأمم المتحدة لقب (قائد للعمل الإنساني) على سموه، كما تفضل سموه بتوزيع الجوائز على الفائزين.

الفائزون بجوائز مؤسسة الكويت للتقدم العلمي لعام 2013

أنشئت الجائزة عام 1979، تماشياً مع أهداف مؤسسة الكويت للتقدم العلمي وتحقيقاً لأغراضها في دعم الأبحاث العلمية بمختلف فروعها، وتشجيعاً للعلماء والباحثين العرب، وتوزعت الجوائز على الشكل الآتي:

(1) الفائزون بجائزة الكويت:

أولاً: العلوم الأساسية – الرياضيات Mathematics:

فاز بالجائزة الأستاذ الدكتور حبيب عماري (تونسي الجنسية)، وهو من مواليد تونس عام 1969، وحاصل على درجة البكالوريوس في الهندسة عام 1992، وعلى درجة الماجستير في الرياضيات التطبيقية عام 1993، وعلى درجة الدكتوراه في الرياضيات التطبيقية عام 1995، وجميعها من المدرسة التطبيقية بفرنسا. يعمل الدكتور عماري حالياً مديراً للأبحاث من الدرجة الأولى في المدرسة العليا للأساتذة بقسم الرياضيات وتطبيقاتها التابع لمعهد الأبحاث الوطني في فرنسا.

ثانياً: العلوم التطبيقية – البيئة Environment:

فاز بالجائزة الأستاذ الدكتور نجيب نصار (مصري الجنسية)، وهو من مواليد مصر عام 1938، وحاصل على درجة البكالوريوس في العلوم الزراعية عام 1958 من جامعة القاهرة، وعلى درجة الماجستير في علم النبات عام 1965 من جامعة أسيوط، وعلى درجة الدكتوراه في علم النبات في عام 1972 من جامعة الإسكندرية بمصر. يعمل الدكتور نصار حالياً أستاذاً في قسم الوراثة وعلم التشكل في معهد العلوم البيولوجية بجامعة برازيليا في البرازيل.

ثالثاً: التراث العلمي العربي والإسلامي Arabic and Islamic Scientific Heritage:

فاز بالجائزة كل من (مناصفة):

● الأستاذ الدكتور عامر يس محمد النجار (مصري الجنسية)، وهو من مواليد القاهرة عام 1944، وحاصل على درجة البكالوريوس في الفلسفة عام 1968 من جامعة الإسكندرية، وعلى درجة الماجستير عام 1977، وعلى درجة الدكتوراه عام 1981، وكلتاهما في تخصص الفلسفة الإسلامية من جامعة القاهرة. ويعمل الدكتور النجار حالياً أستاذاً متفرغاً في قسم الفلسفة بكلية الآداب والعلوم الإنسانية في الإسماعيلية بجامعة قناة السويس.

● الدكتور لطف الله قاري (سعودي الجنسية)، وهو من مواليد المملكة العربية السعودية عام 1953، وحاصل على درجة البكالوريوس في الفيزياء عام 1978 من جامعة الملك فهد للبترول والمعادن بالظهران، وعلى الدبلوم العالي في الأرصاد الجوية عام 1980 من جامعة الملك عبدالعزيز بجدة، وعلى درجة الماجستير في الهندسة البيئية عام 1983 من جامعة وسط فلوريدا بالولايات المتحدة الأمريكية، ومن معهد البحوث والدراسات العربية بالقاهرة حصل على دبلوم في الدراسات العليا في علم المخطوطات وتحقيق التراث عام 2010، وعلى درجة الدكتوراه بذات المجال عام 2013. يعمل الدكتور قاري حالياً مستشاراً في شركة ابن رشد - سابك - ينبع في السعودية.

(2) الفائزون بجائزة الإنتاج العلمي:

تمنح جائزة الإنتاج العلمي لتكريم العلماء والباحثين من أبناء دولة الكويت الحاصلين على درجة الدكتوراه في مجالات المعرفة المختلفة، بهدف تشجيعهم على مزيد من البحث والدراسة. وجاء الفائزون لعام 2013 على الشكل الآتي:

في مجال العلوم الطبيعية والرياضية فاز مناصفة كل من:

● الدكتورة إيمان حمد ناصر الشماس، رئيسة قسم الرياضيات - كلية التربية الأساسية في الهيئة العامة للتعليم التطبيقي والتدريب.

● الدكتور علي يحيى بومجداد، من قسم الكيمياء - كلية العلوم في جامعة الكويت.

في مجال العلوم الهندسية:

فاز الدكتور أحمد محمد أحمد الكندري، من قسم تكنولوجيا الهندسة الكهربائية بكلية الدراسات التكنولوجية - الهيئة العامة للتعليم التطبيقي والتدريب.

في مجال العلوم الحياتية:

فاز الدكتور محمد صالح ناصر البحوه، مدير برنامج الإنتاج الزراعي في المناطق القاحلة - معهد الكويت للأبحاث العلمية.

في مجال العلوم الطبية:

فازت الدكتورة سعاد محمد الفضلي من مركز العلوم الطبية - كلية العلوم الطبية المساعدة - قسم علوم المختبرات الطبية بجامعة الكويت.

في مجال العلوم الاجتماعية والإنسانية:

فاز الأستاذ الدكتور علي عبد المحسن محمد تقي، من قسم الأصول والإدارة التربوية بكلية التربية الأساسية - الهيئة العامة للتعليم التطبيقي والتدريب.

في مجال العلوم الإدارية والاقتصادية:

فاز الأستاذ الدكتور عبد الله محمد موسى العبيدان، رئيس قسم التمويل والمنشآت المالية بكلية العلوم الإدارية - جامعة الكويت.

جوائز المؤسسة رائدة على مستوى الوطن العربي

أكد الفائزون بجوائز مؤسسة الكويت للتقدم العلمي أهمية هذه الجوائز على مستوى الوطن العربي، معتبرين أنها تمثل نوبل العربية، بل إنها من أبرز الجوائز العالمية، من حيث قيمتها المالية والمعنوية.

جاء ذلك خلال لقاءات متفرقة أجرتها مجلة (التقدم العلمي) مع الفائزين، رداً على مجموعة أسئلة وجهت إليهم، ونستعرض الأسئلة والإجابات في الصفحات الآتية:

د. لطف الله قاري الفائز (مناصفة) بجائزة التراث العلمي العربي والإسلامي:

الكويت راعية للمشروعات الخيرية والعلمية والثقافية منذ الخمسينيات

س/ كيف تنظرون إلى جائزة الكويت التي تقدمها المؤسسة سنوياً، وأهميتها ودورها عربياً وعالمياً؟

ج/ أبدأ حديثي بدولة الكويت؛ فمنذ بداية الخمسينيات، وقبل إعلان استقلالها بعشرة أعوام أو أكثر، كانت دولة الكويت ظاهرة فريدة مضيئة في سماء المنطقة. فمع أنها رسمياً وظاهرياً كانت تحت إمرة المعتمد أو السفير البريطاني، فإنها كانت منذ وقت مبكّر تتصرف كدولة مستقلة ذات سيادة.

ودون الدخول في تفاصيل علاقاتها السياسية، أود التركيز على دورها كراعية للمشروعات الخيرية والعلمية والثقافية بالمنطقة منذ بداية الخمسينيات. ففي تلك الفترة المبكّرة تكونت في دولة الكويت (هيئة الجنوب والخليج العربي) التي أنشأت وموّلت وقامت بتشغيل المدارس والمستشفيات والمرافق الصحية ومؤسسات الرعاية الاجتماعية في دول الخليج الحالية، واليمنين الشمالي والجنوبي قبل وحدتهما، حيث كانت هذه الدول مستعمرات بريطانية تعيش الفقر والجهل. ويجد الباحث في (مركز البحوث والدراسات الكويتية) حالياً عشرات الألوف من الوثائق التي تعطي المعلومات المفصلة حول تلك المشروعات الكويتية.

ومجلة (العربي) المعروفة، صدر العدد الأول منها سنة 1958، أي قبل إعلان الاستقلال بثلاث سنوات. ولعدة عقود من الزمن، كانت هذه المجلة مثل ناطحة سحاب مقارنة بالمجلات العربية الأخرى، التي كانت حولها مثل بيوت متواضعة صغيرة.

وفي تلك الفترة أيضاً بدأت سلسلة

(التراث العربي) بالصدور، وتتضمن أمهات التراث، وصدرت بتحقيق منهجي وطباعة جيدة. وأول عدد منها هو كتاب (الذخائر والتحف) للقاضي الرشيد بن الزبير، صدر سنة 1959، أي قبل الاستقلال بسنتين. وفي زيارتي الأخيرة للكويت أحضرت معي المطبوعتين كلتيهما، العدد الأول من مجلة (العربي) وكتاب (الذخائر والتحف)، على أمل أن تتاح لي فرصة الحديث عن أفضال الكويت منذ تلك الفترة المبكرة، لكن من دواعي الأسف أنه لم تتح الفرصة.

واستمرت الكويت في عطائها بعد الاستقلال، ويطول بنا الحديث عما أنجزته دولة العطاء والتقدم العلمي والثقافي والفكري والسياسي منذ استقلالها إلى الآن. لكن مؤسسة الكويت للتقدم العلمي وجائزة الكويت من أبرز وجوه التقدم العلمي، إذ إن الجائزة هي بحق (نوبل العرب) ذات السمعة العالمية. والفائزون بها ينظر إليهم على أنهم من ذوي المكانة المرموقة في المستوى الدولي.

تهميش وصعوبات

س/ ما الدور الذي تقوم به مثل هذه الجوائز في تحفيز العلماء والباحثين العرب على الإبداع والعطاء والتميز في مجالات تخصصاتهم؟

ج/ لا يخفى على القارئ أن الباحث العربي – وتحديداً العربي الذي لم يهاجر إلى الدول المتقدمة – يعيش التهميش والصعوبات المالية وعدم القدرة على البحث بسبب الصعوبات المعروفة لعدم توافر البيئة العلمية والبحثية والمراجع. وهنا يأتي دور الكويت المعطاء لتضيء له الطريق وتفتح له باب الأمل والتشجيع، ليمضي قدماً في إنتاج متميّز.

وهنا أودّ أن أصارحكم بأنني لا أحبذ أن تتساوى فرص المواطنين العرب الذين يعيشون داخل العالم العربي، وأوضاعهم المادية وبيئتهم العلمية معروفة، مع العلماء الذين يعيشون أقصى درجات الرفاهية من ناحية البحث في الدول الغربية المتقدمة.

مؤسسات مستقلة

س/ ما السبيل الأمثل لتحفيز بيئة الإبداع العلمي في الوطن العربي وتشجيع الباحثين والعلميين العرب على الإنتاج والعطاء في أوطانهم؟

ج/ هذا حديث يطول، لكن يمكن تحفيز بيئة الإبداع بتكوين مؤسسات ترعى هؤلاء العلماء. ويُفَضّل ألا تكون هذه المؤسسات تحت رحمة جهات بيروقراطية. ويمكن إنشاء مؤسسات مستقلة برعاية حكومة الكويت أو مجلس التعاون، على أن تكون لها استقلالية مادية وصلاحية لاتخاذ قرارات دون الرجوع إلى رقابة بيروقراطية.

ومن سبل تشجيع الباحثين والعلميين العرب على الإنتاج والعطاء في أوطانهم؛ عدم مساواتهم في التقدير والجوائز مع العلماء الذين يعيشون في الدول الغربية المتقدمة، للأسباب التي أوضحتها في إجابتي السابقة.

س/ما طبيعة ونوعية الأبحاث والكتب التي أنجزتموها ونلتم من خلالها جائزة الكويت في مجال التراث العلمي العربي؟

ج/ هناك العديد من الأبحاث والكتب هي:

(1) بحوث رائدة تم التطرق إلى موضوعاتها للمرة الأولى: معالجة تلوث الهواء في التراث العلمي العربي، الرسم الهندسي في التراث الإسلامي، المقياس في العمارة الإسلامية، السلامة الصناعية في تراثنا العلمي، الآلات الميكانيكية في تراثنا العلمي، القمباص والخرائط البحرية العربية، المؤلفات التراثية العلمية حول التلوث البيئي، نشأة النظارات الطبية بين الشرق والغرب، الكتب التراثية في الصناعات الكيميائية، مظاهر لعلم الأحياء الزمني Chronobiology من كتب التراث العلمي.

(2) اكتشاف ودراسة وتحقيق نصوص نادرة في التراث العلمي، كانت تعتبر مجهولة لدى الباحثين، أو مفقودة كما صرحوا بها في بحوثهم المحكّمة: الرسالة القدسية في عمل الشاذروان والفسقية، مقالة في مزاج دمشق، رسالة في تحقيق أمر الوباء والاحتراز منه وإصلاحه إذا وقع، مختصر (كيمياء الأطعمة) للكندي، مقالة أبي القاسم حول صناعة الخزف اللماع، كتاب (مراكش) لابن البيطار، زهر البساتين في علم المشاتين، رسائل فقهية حول البحر والملاحة، وزينة الكتبة للرازي.

(3) مراجعات منشورة لفهارس مشهورة معروفة لمخطوطات التراث العلمي، وكشف أخطاء عديدة بتلك الفهارس.

مشروعات مستقبلية

س/ ما المشروعات المستقبلية التي تعتزمون العمل فيها في مجال تخصصكم؟

ج/ من ناحية البحث فإنني سأعمل بإذن الله على إخراج المزيد من كتب التراث العلمي محققة تحقيقاً منهجياً، والمشاركة في المشروعات العلمية الكبرى التي تتبناها مؤسسات عربية وغير عربية. أما من ناحية العمل فأنا منذ بداية حياتي الوظيفية الممتدة نحو 40 عاماً أعمل في مجالات تقانية وصناعية، وحتى الآن. وآمل أن تتاح لي الفرصة للعمل لدى مؤسسة فيها أبحاث وإنتاج في التراث العلمي، أو متحف للآلات العلمية التراثية، لكي أضع خبرتي وملفاتي بين أيديهم. مع تقديم محاضرات ودورات متجددة مستمرة.

زيادة الإنتاج

س/ ما الذي يعنيه لكم حصولكم على هذه الجائزة القيمة؟

ج/ يعني الكثير والكثير، يعني مزيداً من الثقة بالنفس والرغبة في الإنتاج، لأن التقدير الذي حصلتُ عليه جعلني أشعر بأن ما أنجزته لقي استحسان لجان التقييم للجائزة. ويعني أن لي إنجازاً مشرّفاً أضعه في سيرتي الذاتية يعادل أضعاف شهادات الدكتوراه، ويعني ذكرى خالدة تتمثل في صوري مع سمو أمير دولة الكويت، وما ينبني على هذه التي ذكرتها بإذن الله تعالى هو مزيد من العطاء والإنجاز.

د. عامر النجار الفائز (مناصفة) بجائزة التراث العلمي العربي والإسلامي:

جوائز المؤسسة تستهدف تحقيق تطور علمي كبير

س/ كيف تنظرون الى جائزة الكويت التي تقدمها المؤسسة سنوياً، وأهميتها ودورها عربياً وعالمياً؟

جـ/ إنني أنظر إلى جائزة الكويت التي تقدمها المؤسسة سنوياً لأبرز العلماء في معظم مجالات العلم على أنها واحدة من أهم الجوائز العالمية، لأنها تستهدف تحقيق تطور علمي كبير، وتسعى إلى التقدم العلمي الحقيقي في منطقتنا العربية عن طريق تشجيع البحث العلمي، ولهذا فإن لهذه الجائزة أهمية بالغة في دعم البحث العلمي في المجتمعات العربية، بل وعلى المستوى العالمي.

نوبل العرب

س/ ما الدور الذي تؤديه هذه الجوائز في تحفيز العلماء والباحثين العرب على الإبداع والعطاء والتميز في مجالات تخصصاتهم؟

جـ/ لا شك أن لهذه الجوائز دوراً كبيراً في تحفيز العلماء والباحثين العرب على الإبداع والعطاء العلمي السخي، في مجالات تخصصاتهم المختلفة؛ ذلك أن الجوائز المالية الضخمة تشجع العلماء وتحفزهم إلى مزيد من العطاء العلمي، فكلما كان هناك تقدير مادي ومعنوي كبير أعطى العالم مزيداً من السخاء العلمي، وهذا ما تفعله جائزة مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، فالمؤسسة صاحبة واحدة من أرقى الجوائز العالمية، حتى أطلق عليها جائزة نوبل العرب.

تحفيز بيئة الإبداع

س/ ما السبيل الأمثل لتحفيز بيئة الإبداع العلمي في الوطن العربي وتشجيع الباحثين والعلميين العرب على الإنتاج والعطاء في أوطانهم؟

جـ/ يكون ذلك عن طريق ثلاثة أمور هي:

1 - نشر وبيان أهمية العلم في تقدم الأوطان، وبيان أن العلم هو مقياس تقدم الأمم في العصر الحديث.

2 - تقديم المنح للباحثين في العلوم الطبية والطبيعية والهندسية والحياتية وغيرها من العلوم.

3 - العمل على دعم مشروعات العلماء البحثية مادياً ومعنوياً.

الاهتمام بتاريخ العلوم

س/ ما طبيعة ونوعية الأبحاث والكتب التي أنجزتموها ونلتم من خلالها جائزة الكويت في مجال التراث العلمي؟

جـ/ منذ قرابة ربع قرن من الزمان وأنا مهتم بتاريخ العلوم عند العرب، وكنت أرى أن أمتنا العربية في حاجة إلى التقدم العلمي في الطب والرياضيات والكيمياء والعلوم التطبيقية المختلفة، ولهذا كان لا بد من معرفة جذور العلوم عند العرب، الذين حملوا يوماً ما مشاعل الحضارة الإنسانية في القرون الوسطى.

والحقيقة أن معرفة تاريخ العلوم عند العرب لها فائدة عظيمة؛ وهي الكشف عن الأشياء التي صنعت الحضارة العربية في عصورها الزاهرة، ولا ننسى أن الحضارات تتطور، فحيثما انتهى العرب بدأت أوروبا تطورها وتقدمها، وهذا هو سر اهتمامي بالتراث العربي، فقمت بتحقيق كتاب (عيون الأنباء في طبقات الأطباء) لابن أبي أصيبعة في ستة مجلدات، وتحقيق الأجزاء الخاصة بالطب والنبات والحيوان في كتاب (مسالك الأبصار في ممالك الأمصار) لابن فضل الله العمري، وقمت بعمل معجم علمي للنباتات الطبية، وما زلت أعيش التراث العلمي العربي باحثاً فيه، لعلي أُبرز يوماً ما جهود أجدادنا في خدمة العلم الإنساني، لأنني أستنشق تراب تراثنا العلمي بحب وشغف عظيمين.

موسوعة علمية

س/ ما المشروعات المستقبلية التي تعتزمون العمل فيها في مجال تخصصكم؟ وما الذي يعنيه لكم حصولكم على هذه الجائزة؟

جـ/ إنجاز موسوعة علمية كبيرة أُبرز من خلالها جهود علماء الطب العرب واكتشافاتهم الطبية. وحصولي على هذه الجائزة يعني بالنسبة لي الكثير، ما يعني أنني وأنا في السبعين من عمري وبعد قضاء نصف قرن بين المخطوطات والكتب القديمة، أجد تكريماً وتقديراً عظيمين من دولة الكويت الشقيقة، التي قدرت جهود خادم للعلم وهو شخصي الضعيف، فشكراً لله تعالى، ثم شكراً لرئيس مجلس إدارة مؤسسة الكويت للتقدم العلمي صاحب السمو أمير البلاد، وجزاه الله عن العلم والعلماء أعظم الجزاء. كما يعني حصولي على هذه الجائزة أن أقول للعلماء الصادقين استمروا في أبحاثكم وجهودكم العلمية، فإن تقدم الأمة العربية مرهون بتقدمكم العلمي.

د. نجيب نصار الفائز بجائزة العلوم التطبيقية في مجال البيئة:

سأخصص قيمة الجائزة لإنشاء صندوق دعم للطلبة باسم الكويت

س/ ما طبيعة ونوعية الأبحاث والكتب التي أنجزتموها، ونلتم من خلالها جائزة الكويت في مجال التراث العلمي؟

ج/ أبحاثي تركزت في الأربعين سنة الماضية على صيانة الموارد الوراثية لمحصول مهم يعتبر غذاء لسكان المناطق الاستوائية في إفريقيا وآسيا وأمريكا الجنوبية، وبعد صيانتها قمت باستغلالها في تحسين هذا الحصول من خلال تهجينات بين أنواعه. ومحصلة البرنامج أدت إلى توفير الغذاء لأكثر من 40 مليون شخص من غرب إفريقيا وشرقها.

تعبير قومي

س/ كيف تنظرون إلى جائزة الكويت التي تقدمها المؤسسة سنوياً وأهميتها ودورها عربياً وعالمياً؟

ج/ نظرتي لجائزة الكويت أنها التعبير القومي للضمير العربي الواعي الذي تقوده الكويت، وكانت وفية له على مدى القرن الماضي كله. و الحاصلون على الجائزة وجدوا فيها تقديراً لأبحاثهم ومنحتهم دفعة للأمام في وطنهم الأصلي، أو وطنهم الثاني. وقدمت الكويت للعالم كدولة رائدة في خدمة العروبة والعلم والإنسانية.

س/ما السبيل الأمثل لتحفيز بيئة الإبداع العلمي في الوطن العربي، وما مشروعاتكم المستقبلية؟

ج/ أفضل سبيل لتحفيز بيئة الإبداع العلمي هو فعلاً المثل الذي تضربه الكويت بإنشاء جائزة الإبداع العلمي. ولدي مشروع مستقبلي يتمثل في الاستفادة من قيمة الجائزة في إنشاء صندوق يمول طلبتي الباحثين في الدراسات العليا سيحمل اسم الكويت امتناناً لدورها . والخطوات العملية من أجل هذا الصندوق اتخذت فعلاً ولقيت تقديراً كبيراً من جامعة برازيليا والمجتمع العلمي البرازيلي.

س/ ما الذي يعنيه لكم حصولكم على هذه الجائزة؟

ج/ هي وسيلة فعالة لأضع موضع التنفيذ مشروعي المشار إليه آنفا وأحقق آمالي، وقد قدمتُ الكويت للمجتمع البرازيلي العلمي كرائد للعروبة والعلم، وفي كل مكان حيثما وجد الدارسون العرب.

د. عدنان شهاب الدين في مؤتمر صحافي: جوائز المؤسسة

أكد المدير العام لمؤسسة الكويت للتقدم العلمي الدكتور عدنان شهاب الدين أن الجوائز العلمية التي تقدمها المؤسسة تبوأت مكانة إقليمية وعالمية وساهمت في إبراز اسم الكويت وتميزها عالمياً.

وقال الدكتور شهاب الدين في مؤتمر صحافي عقدته المؤسسة للفائزين بجائزتي المؤسسة (الكويت والإنتاج العلمي) لعام 2013 عقب حفل الجوائز إن جوائز المؤسسة تبوأت تلك المكانة لموضوعيتها ونزاهتها وأهميتها في تشجيع العلماء العرب والكويتيين. وذكر أن هذه الجوائز توضح إنجازات العلماء المتميزين وتحفزهم على زيادة حصيلتهم العلمية، وصولاً إلى نتائج مفيدة للشعوب والحكومات «وهو نهج الدول المتقدمة»، مؤكداً سعي المؤسسة لتقديم الدعم للأبحاث العلمية واستحداث جوائز علمية للأبحاث الفائزة.

وأعلن تخصيص جائزة في عام 2015 للجهود الصحية في معالجة الأمراض التي يسببها فيروس (إيبولا)، وفي 2016 لأفضل برنامج غذائي، وعام 2017 لأفضل البحوث التنموية في مجال التعليم، إضافة إلى تخصيص جائزة لأفضل أطروحة دكتوراه في التربية بالوطن العربي باسم وزير التربية الكويتي السابق أنور النوري من قبل القائمين على مبرة أنور النوري وأسرته بإشراف مؤسسة الكويت التقدم العلمي. وأوضح أن اهتمام الكويت المتواصل بالعلم ينبع من رؤية قيادتها الحكيمة للآفاق التي يفتحها كونه محركاً دافعاً نحو التقدم والرقي بالبشرية على مر العصور، وجسراً لبناء العلاقات وتوطيدها

د. حبيب عماري الفائز بجائزة الكويت للعلوم الأساسية في مجال الرياضيات:

جائزة الكويت تحتل مكانة عربية مرموقة وسمعة رفيعة

س/ ما طبيعة ونوعية الأبحاث والكتب التي أنجزتموها ونلتم من خلالها جائزة الكويت في مجال الرياضيات؟

ج/ قدمت أبحاثاً عدة من أجل اكتشاف طرق جديدة للكشف عن الأمراض السرطانية، وهذه الطرق تدمج أموراً فيزيائية عديدة لتحسين التشخيص وتدقيقه، أما أبحاثي في مجال الرياضيات فهي أبحاث أساسية لكنّها قد تؤدي قريباً إلى تطوير معدات وأجهزة طبية تستخدم في المستشفيات المختصة.

سمعة رفيعة

س/كيف تنظرون الى جائزة الكويت وأهميتها ودورها عربياً وعالمياً؟ وما الذي يعنيه لكم حصولكم على هذه الجائزة؟

ج/ جائزة الكويت اكتسبت في مجال العلوم مكانة رفيعة على مستوى الوطن العربي والعالم، ما جعلها تمثل إحدى أهم الجوائز العالمية للباحثين العرب، واستمدّت الجائزة هذه السمعة الرفيعة من استنادها إلى معايير تعد من أرفع المعايير العالمية، وأصبح الحصول عليها شرفا عظيما يسعى له كل العلماء والباحثين العرب ممن لهم رصيد متميز من الأبحاث والإنتاج العلمي. وتعطي جائزة الكويت صورة مشرقة للعلم والعلماء في الوطن العربي، وتحثهم أينما كانوا على مزيد من العطاء والعمل. وحصولي على جائزة الكويت في مجال العلوم الأساسية والتشريف الذي حظيت به من قبل حضرة صاحب السمو أمير الكويت حفظه الله ورعاه هو أكبر شرف نلته، وهو حافز كبير لمزيد من الإشراق والتميز على الصعيد العالمي.

س/ ما السبيل الأمثل لتحفيز بيئة الإبداع العلمي في الوطن العربي، وتشجيع الباحثين والعلميين العرب على الإنتاج والعطاء في أوطانهم؟

ج/ تعد جائزة الكويت من أبرز السبل لتحفيز بيئة الإبداع والتميز العلمي في الوطن العربي، ونرى أيضاً من بين السبل الأخرى الممكنة، تأسيس أكاديمية عربية يشارك فيها أبرز الأدمغة العرب في مجالات العلوم والتكنولوجيا، وأقترح أن يكون مركزها الكويت، بلد الكرم والأصالة ورعاية العلم والعلماء، وتكون هذه الأكاديمية قادرة على دعم الباحثين الشبان مادياً ومعنوياً وتشجيع أبحاث رائدة وفريدة تخص الوطن العربي. فمثل هذه السبل قد تمكن الوطن العربي من المساهمة بصورة فعليّة في تقدم العلم والتكنولوجيا والمعرفة الإنسانية.

مشروعات مستقبلية

س/ ما المشروعات المستقبلية التي تعتزمون العمل فيها في مجال تخصصكم؟

ج/ أسعى حالياً إلى بناء نظرية للتحكم في استعمال جسيمات متناهية الصغر تستخدم لتحديد مرض السرطان وعلاجه بصورة حرارية.

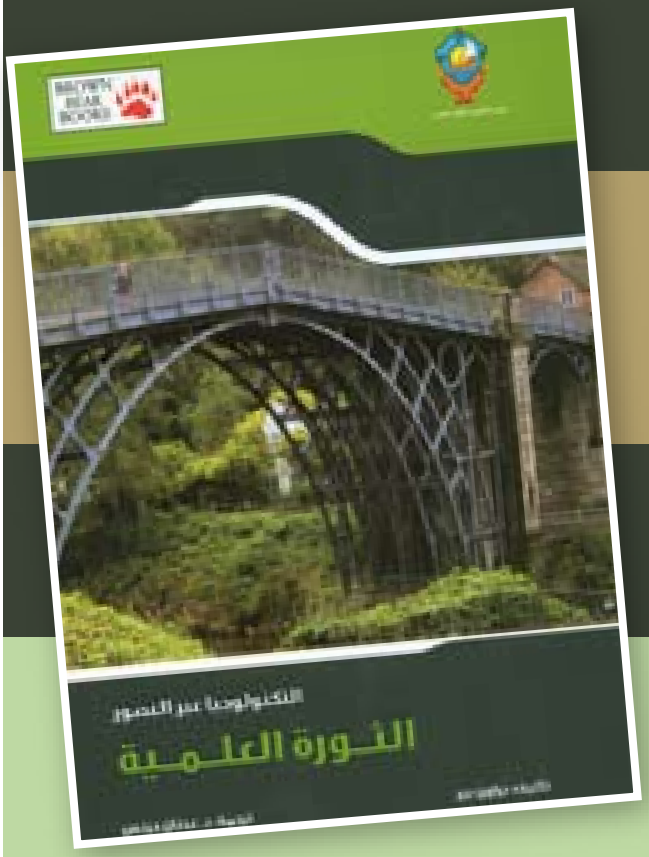
ـــــة تبوأت مكانة إقليمية وعالمية

وترسيخ التفاهمات، وباعتباره أحد أهم جوانب التراث الإنساني والعمل المشترك. وأكد شهاب الدين أن الكويت أدركت منذ تأسيسها أهمية المساهمات التي يقدمها الأخذ بناصية العلم ونشر التعليم في بناء كوادر وطنية مؤهلة وخلاقة، تحمل على كاهلها مهمة بناء الوطن ورفعته.

وبين أن للمؤسسة دوراً تاريخياً رائداً في المساهمة في دعم العلم والتعليم والبحث العلمي، وأصبحت إحدى ركائز العطاء العلمي والتنمية المعرفية، كونها تحظى بدعم متواصل من رئيس مجلس إدارتها سمو أمير البلاد الشيخ صباح الأحمد الجابر الصباح. وذكر أن المؤسسة ستبدأ بتنفيذها للمبادرة التي أطلقها سمو أمير البلاد باسم الكويت، والمتمثلة بتخصيص جائزة (عبدالرحمن السميط) بمبلغ مليون دولار سنوياً، لدعم أفضل البحوث والمشروعات التنموية في مجالات الصحة والغذاء والتعليم في إفريقيا، مؤكداً أنها ستشكل حافزاً لتعزيز الجهود المبذولة لمجابهة خطر انتشار وباء (إيبولا) الذي يهدد العالم بأسره.

من إصدارات المؤسسة

التكنولوجيا عبر العصور
الثورة العلمية



تأليف: براون بير

ترجمة: عدنان جرجس

المراجع العلمي: د. موسى المزيدي

يغطي الكتاب حقبة زمنية تمتد من عام 1625 إلى عام 1825، وهي حقبة شهدت تقدماً علمياً كبيراً أدى بدوره إلى ظهور اختراعات تكنولوجية هائلة للثورة الصناعية، ويقدم الكتاب مجموعة من الابتكارات العلمية التي حدثت تطوراتها في تلك الحقبة، مثل المقرابات والبندول، والمناطيد، والمحرك البخاري، والسكك الحديد، والكهرباء.. وغيرها من الاكتشافات والتطورات العلمية.

ويقدم الكتاب في صفحاته نصاً واضحاً، وصوراً معبرة، ورسوماً بيانية تشرح تاريخ التقدم التكنولوجي في القرنين السابع عشر والثامن عشر، زمن علماء التجريب، مع حواش جانبية تشرح صلة المفاهيم بالمنهاج الدراسي لمادة العلوم.

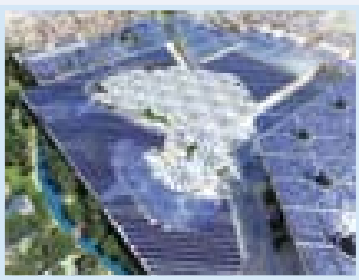
الطاقة المتجددة وضرورة التغيير

يوماً بعد يوم، يتبين للعالم ضرورة الاعتماد بصورة أكبر على كل أنواع الطاقة المتجددة، وبخاصة الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، التي باتت تشكل عنصراً حيوياً في المجتمعات؛ نظراً لما تقدمه من طاقة رخيصة نسبياً، ولدورها في حمايتها من الأخطار الصحية والبيئية التي تعتبر حاليا أبرز الأضرار التي يتعرض لها الإنسان في كل أنحاء المعمورة.

ويتطرق هذا العدد من مجلة التقدم العلمي إلى الطاقة المتجددة من نواح عدة، منها توجه الكويت نحو الطاقة المتجددة، والخلايا الشمسية النانوية التي باتت موضوعاً شديد الأهمية في الدراسات المعاصرة، واستخدام الطاقة الشمسية في عمليات تحلية المياه. ويشير ذلك إلى اهتمام دولة الكويت في هذا الجانب، نظراً لأن المنحى الدولي العام بات متجهاً إلى مثل هذه الدراسات، مستهدفاً تقليص الحاجة إلى مصادر الطاقة التقليدية التي تنضب بمرور الأيام، فيما تبقى استمرارية الطاقة المتجددة مضمونة على الدوام.

مستقبل استخدام الطاقة المتجددة في الكويت

الخلايا الشمسية النانوية



الطاقة الشمسية وتحلية المياه

مستقبل الطاقة المتجددة في الكويت

د. أسامة عبدالله الصايغ *

تحتل دولة الكويت مساحة قدرها 17.818 كيلومتر مربع، ووصل تعدادها السكاني (من الكويتيين وغير الكويتيين) في ديسمبر 2013 إلى 3.9 مليون نسمة حسب تقرير الهيئة العامة للمعلومات المدنية. ووصل معدل النمو السكاني للسنوات العشر الأخيرة إلى 4.7%. ومع صغر مساحتها، فإن الكويت تمتلك 8% من احتياطي النفط، و1% من احتياطي الغاز العالميين، وفقاً للتقرير الإحصائي السنوي لمنظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول (أوابك) لعام 2013.

وهذا ما يجعل الكويت تحتل المرتبة السادسة في احتياطي النفط بعد فنزويلا والسعودية وكندا وإيران والعراق، حسب تقارير منظمة البلدان المصدرة للبترول (أوبك). ويراوح إنتاج الكويت من النفط بين 2.7 و نحو ثلاثة ملايين برميل يومياً، ومتوسط إنتاج الغاز السنوي 15.5 مليار متر مكعب. ومع توافر النفط لعقود مقبلة، فإن الكويت تواجه تحدي زيادة الاستهلاك المحلي للوقود النفطي ومشتقاته والغاز، والذي يستحوذ تقريباً على 18% من الإنتاج النفطي والغازي، وما يستتبع ذلك من آثار سلبية على الاقتصاد والبيئة.

* مدير إدارة العلوم والتكنولوجيا في مركز أبحاث الطاقة والبناء، معهد الكويت للأبحاث العلمية، (الكويت).

في عام 2012 كان مجموع الاستهلاك المحلي في الكويت من الوقود النفطي والغازي، في قطاعات توليد الكهرباء وتحلية المياه والمواصلات والصناعة وقطاعات أخرى، ما يعادل 540 ألف برميل مكافئ نفط يومياً. يذهب 50% تقريباً من مجموع الاستهلاك إلى قطاع توليد الكهرباء وتحلية المياه، و29% للقطاع الصناعي (بما فيه القطاع النفطي)، و20% لقطاع المواصلات، و1% للقطاع السكني (وقود سائل وغازي).

وطبقاً لإحصاءات وزارة الكهرباء والماء لعام 2012، فقد كان الاستهلاك المحلي للطاقة الكهربائية 63 مليون ميغاواط ساعة. ودائماً يكون النصيب الأكبر للقطاع السكني من الطاقة الكهربائية بنسبة 60%، والصناعي 20%، والحكومي والتجاري 19%، والزراعي 1%.

وتعتبر أنظمة وتكييف الهواء المستهلكَ الأكبر للكهرباء في مواسم الحر، حيث تصل النسبة إلى 70%، طبقاً لمعهد الكويت للأبحاث العلمية. ووصلت انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون عام 2011 من محطات التوليد إلى 43 مليون طن.

ومع زيادة التعداد السكاني والنمو العمراني، فإن من المتوقع أن يصل الاستهلاك المحلي من الوقود إلى مليون برميل مكافئ نفط يومياً في عام 2030، وأن يصل نصيب قطاع الكهرباء والماء من هذا الاستهلاك المحلي من الوقود النفطي إلى نحو 500 ألف برميل نفط مكافئ يومياً، حسب دراسة حديثة لمعهد الكويت للأبحاث العلمية. وسيصل مجموع انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون لعام 2030 من محطات التوليد إلى 65 مليون طن.

انعكاس سلبي

وبحساب بسيط، فإنَّ نصيب كل فرد من العوائد النفطية في انخفاض، وهذا سينعكس سلباً على خطط تنمية البلاد والأجيال القادمة. وطبقاً للإحصاءات المذكورة آنفاً، يتبين أن النظام الاقتصادي المعتمد في معظمه على مبيعات النفط

مشروع مستقبلي لتزويد مطار الكويت بالطاقة الشمسية

دأبت مؤسسة الكويت للتقدم العلمي على دعم مشروعات الطاقة المتجددة وتوعية المجتمع بأهمية تركيب أنظمة الألواح الكهرضوئية لتوليد الكهرباء

ونمط الاستهلاك المحلي للطاقة، الذي يستقطع تقريباً 18% من الإنتاج النفطي والغازي، فإن هذا النظام غير مستدام، وسيكون له أثر سلبي مباشر على اقتصاد البلاد وتنميتها وبيئتها.

ولا يكمن التحدي الحقيقي على المدى المتوسط وحتى البعيد (في 50 سنة المقبلة) في نضوب النفط، وإنما في نظام اقتصادي يعتمد بشكل كبير على العوائد النفطية، والذي يكون محكوماً بالأسواق العالمية. فلا يمكن التعويل على ازدهار تلك الأسواق دائماً. فحال تلك الأسواق حال أي سوق معرض لدورات خمول وانهيار، إضافة إلى القيود في إنتاج النفط، سواء التقنية منها والمحكومة بالبنى التحتية للقدرة الإنتاجية، أوالقيود الدولية المحددة باتفاقيات الإنتاج مثل حصة الكويت المحددة في أوبك لإنتاج النفط. ويتوقع أن يصل التعداد السكاني لدولة الكويت إلى ستة ملايين نسمة بحلول 2030، وهذه الزيادة السكانية سيكون لها أثر كبير في زيادة الاستهلاك المحلي للطاقة، والذي بدوره سيخفض العوائد النفطية. وأحد الحلول التي يتوقع أن يكون لها أثر إيجابي على البيئة وقطاعي الطاقة والاقتصاد في الكويت هو الاستثمار وتبني تكنولوجيا الطاقة المتجددة.

الطاقة المتجددة

تعتبر الكويت الرائدة في المنطقة في مجال أبحاث الطاقة المتجددة، حيث عمل معهد الكويت للأبحاث العلمية

منذ سبعينيات القرن الماضي في أبحاث الطاقة المتجددة بما في ذلك تكنولوجيا الطاقة الشمسية الحرارية والكهرضوئية والتبريد والتسخين الشمسي. لكن العمل في تلك الأبحاث والمشروعات توقف في نهاية ثمانينيات القرن نفسه وذلك لأسباب الجدوى الاقتصادية لتدني أسعار النفط في ذلك الوقت.

إن ازدياد أسعار النفط في بداية الألفية الثانية، وازدياد المتطلبات البيئية في خفض انبعاث غازات الدفيئة الناتجة من حرق الوقود الأحفوري، وتطور تقنيات تكنولوجيا الطاقة المتجددة والتي انعكست بشكل كبير في انخفاض تكلفتها وزيادة كفاءتها، دفع البلدان إلى البحث في مصادر بديلة ونظيفة، ولم يقتصر هذا البحث على البلدان المستوردة للنفط، بل شمل كذلك الدول المصدرة.

وأعيد العمل بأبحاث الطاقة المتجددة في الكويت عام 2007 بمبادرة حكيمة من سمو أمير الكويت الشيخ صباح الأحمد الجابر الصباح، وبدعم كريم من مؤسسة الكويت للتقدم العلمي في تمويل أربعة مشروعات شملت دراسة جدوى تكنولوجيات الطاقة المتجددة لتوليد الكهرباء، وتطوير استراتيجية وخريطة طريق لتبني الطاقات المتجددة، وبناء مختبر لأبحاث تكنولوجيا الطاقة الشمسية الكهرضوئية، وتطوير نظام لتخزين الهدروجين باستخدام تكنولوجيا النانو.

مورد طبيعي متجدد

الطاقة المتجددة مورد الطاقة الطبيعي المتجدد في الفترة الزمنية لحياة الانسان وإن تم استخدامه أو استهلاكه. ومن الأمثلة على تلك الموارد، الأشعة الضوئية والحرارة الشمسية وحركة الرياح والمياه المخزونة في المرتفعات بفعل الأمطار والسيول وحرارة باطن الأرض وحركة المد والجزر في البحار والمحيطات والمواد الحيوية من النباتات والحيوانات. وتلك الموارد موجودة في مساحات شاسعة من الكرة الأرضية وليست في أمكنة محددة

الكويت تتبنى مشروعات رائدة في مجال الطاقة الشمسية

الكويت تواجه تحدي زيادة الاستهلاك المحلي للوقود والغاز بما يستحوذ على نحو 18% من الإنتاج وما يستتبعه من آثار سلبية على الاقتصاد والبيئة

كالمصدر الأحفوري أو النووي.

وتظهر (دراسة جدوى تكنولوجيات الطاقة المتجددة لتوليد الكهرباء) التي أجراها معهد الكويت للأبحاث العلمية عبر مسح مواقع مختلفة في الكويت لقياس مدى تركيز بعض مصادر الطاقة المتجددة، أن الطاقة الشمسية والرياح هما المصدران الأجدى بالاستغلال. وهذا لا يعني عدم جدوى مصادر أخرى يتوقع أن تكون مجدية اقتصادياً مع تطور التكنولوجيا في المستقبل. وبينت الدراسة أن المناطق الغربية والشمالية الغربية هي من أنسب المواقع لاستغلال الطاقة الشمسية الضوئية والحرارية وطاقة الرياح.

ويتم استغلال الطاقة الشمسية الضوئية بواسطة تكنولوجيا الألواح الكهرضوئية المعروفة بـ Photovoltaic (PV) والتي تحول طاقة ضوء الشمس إلى طاقة كهربائية بشكل مباشر. تشمل تكنولوجيا الألواح الكهرضوئية ثلاثة أنواع رئيسية هي السيليكون البلورية (Crystalline Silicon) والشرائح الرقيقة (Thin Film) والألواح الكهرضوئية المركزة (Concentrated PV).

والمزية الرئيسية لتكنولوجيا الألواح الكهرضوئية القدرة على استغلال الضوء المباشر والمشتت أو المنتشر بفعل الانعكاسات في الغلاف الجوي. وربما السلبية

ألواح حديثة لاستخدام الطاقة الشمسية في التبريد والتسخين

الرئيسية لهذه التكنولوجيا انخفاض كفاءتها بتحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربائية، إذ تراوح كفاءتها العملية (وليس المختبرية) بين 8 و20%. وبينت الدراسة أن المناطق الغربية والشمالية الغربية للكويت تستقبل طاقة شمسية ضوئية شاملة (ضوء مباشر ومنتشر) والمعروفة بـ Global Horizontal Irradiance (GHI) تراوح بين 2050 و2100 كيلوواط ساعة لكل متر مربع في السنة. وتلك الكمية من الطاقة الشمسية الضوئية مجدية بشكل واف لإنشاء محطات مركزية لتوليد الكهرباء.

وفي المناطق الشرقية (المناطق المدنية) والمناطق الساحلية راوحت الطاقة الشمسية الضوئية بين 1800 و1950 كيلوواط ساعة لكل متر مربع في السنة، وتلك مجدية لاستغلال الطاقة الشمسية عن طريق الألواح المركبة على سطوح المباني.

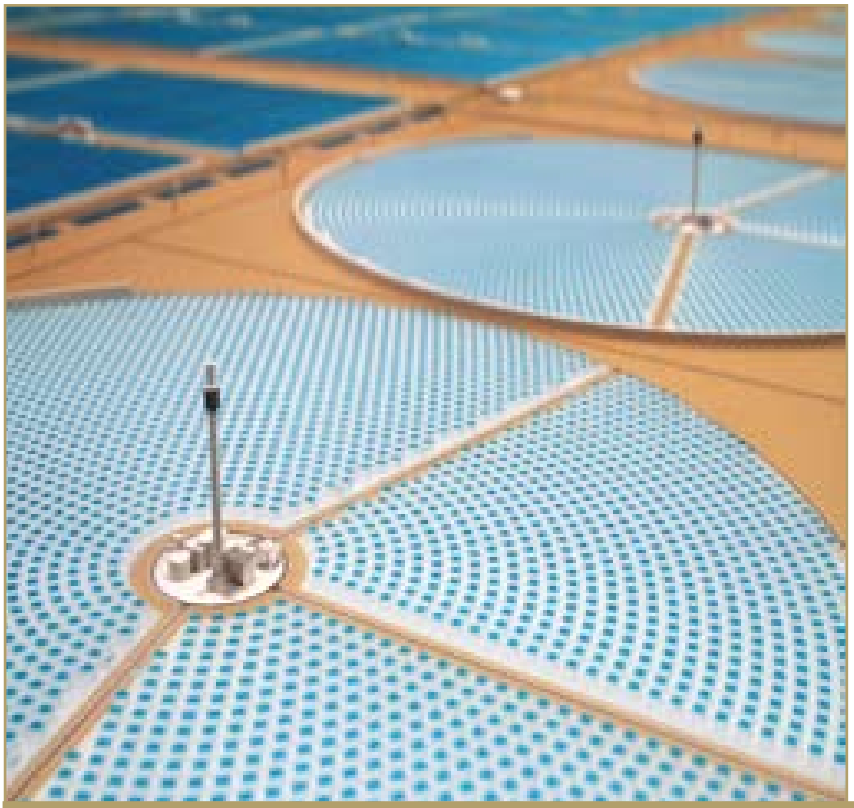
وإضافة إلى استغلال الطاقة الشمسية الضوئية، فإنه يمكن استغلال الطاقة الشمسية الحرارية عن طريق تكنولوجيا

الطاقة المتجددة مورد طبيعي متجدد لاينتهي على الرغم من استخدامه المستمر مثل الأشعة الضوئية والحرارة الشمسية وحركة الرياح والمياه المخزونة

المجمعات الشمسية الحرارية المعروفة بـ Concentrating Solar Power (CSP). حيث تستغل نظم هذه التكنولوجيا عن طريق مرايا عاكسة لتسخين مواد ناقلة للحرارة - مثل الزيوت - والتي تنتقل في أنابيب لتنقل الحرارة إلى خزان الماء الذي يتحول إلى بخار لتدوير تربين (عنفة) بخاري يدير مولداً كهربائياً. ويمكن لهذه التكنولوجيا خزن الحرارة ساعات عدة تبلغ نحو 15 ساعة لاستغلالها عند عدم توافر الأشعة الشمسية لاستمرار توليد الكهرباء. وتشمل هذه التكنولوجيا أنواعاً عدة مثل مجمعات المرايا المقعرة (ذات القطع المكافئ) (Parabolic Trough) والأبراج الشمسية (Solar Power Tower) والمرايا المستقيمة (Fresnel) والأطباق (Dish Stirling).

وهذه التكنولوجيا تعتمد بصورة كبيرة على أشعة الطاقة الشمسية المباشرة والمعروفة بـ (Direct Normal Irradiation) أو DNI وهي الأشعة غير المشتتة بفعل الغلاف الجوي. وبينت الدراسة نفسها أن المناطق الغربية والشمالية الغربية تستقبل تقريباً من أشعة الطاقة الشمسية المباشرة بين 1930 إلى 2040 كيلوواط ساعة لكل متر مربع في السنة، وتلك الكمية مجدية تقنياً لتشغيل تكنولوجيا الطاقة الشمسية الحرارية CSP. وتجدر الإشارة إلى أن تلك التكنولوجيا تستخدم على نطاق محطات توليد مركزية والتي تبدأ قدرتها التوليدية من 50 ميغاواط.

أما بالنسبة لطاقة الرياح في الكويت؛ فقد بينت الدراسة أنه في المناطق الغربية والشمالية الغربية يراوح متوسط سرعة الرياح بين 6 و7 أمتار في الثانية، وتلك السرعة قادرة على توليد طاقة كهربائية تراوح بين 200 و235 واط لكل متر مربع، وهذا يجعل الاستثمار في طاقة الرياح مجدياً في الكويت. بل إن التوافق الزمني لذروة استهلاك الطاقة وبخاصة الأحمال الكهربائية في فصل الصيف وتحديداً في فترة الظهيرة والعصر مع ذروة الإشعاع الشمسي وما يصاحبها من حرارة عالية وزيادة لسرعة الرياح في هذه الفترة، هذا التوافق يجعل تبني الطاقة المتجددة متطلباً ذا أهمية كمكمل وسد الحاجة إلى الطاقة في ساعات الذروة.



مشروع مجمع الشقايا للطاقات المتجددة الفريد من نوعه

اقتصاديات الطاقة المتجددة

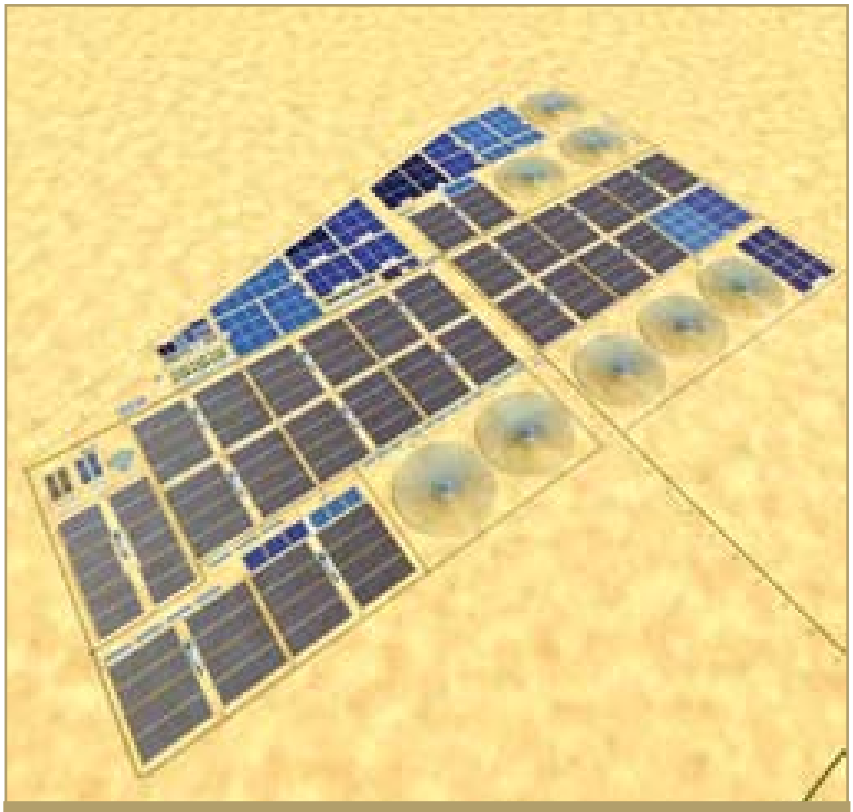
تستقبل الكويت على أراضيها كميات مجدية من الطاقة الشمسية والرياح (كما اتضح آنفاً) وهذا ما يجعلها مجدية عملياً وتقنياً لاستغلالها. ولكن الجانب الاقتصادي له الأثر الأكبر في اتخاذ القرارات والمضي قدماً في إنشاء محطات الطاقة المتجددة وتركيبها على المباني واستغلالها في القطاعات الصناعية. والعامل الاقتصادي الرئيسي في قياس جدوى الطاقة المتجددة هو مستوى التكلفة للطاقة.

إن الوحدة الحسابية للعامل هي التكلفة بالوحدة المالية (بالدولار الأمريكي أو العملة المحلية) لكل وحدة طاقة مولدة (عادة ما تكون كيلوواط ساعة أو ميغاواط ساعة). وبشكل عام، تتم عملية حساب العامل بأخذ مجموع الاستثمارات الأولية واللاحقة وتكلفة عمليات التشغيل والصيانة والوقود مقسومة على كمية الطاقة المولدة على مدى سنوات عمر المنشأة، آخذين بالاعتبار الفوائد المالية عبر السنوات. ويمكن مقارنة مستوى التكلفة للطاقة لنظم الطاقة المتجددة بالنظم التقليدية التي تستخدم الوقود الأحفوري أو النووي...إلخ. وتجدر الإشارة إلى أن قيم مستوى التكلفة للطاقة تختلف من مكان إلى آخر نظراً لمدى تركيز مصادر الطاقة المتجددة وتوافر البنى التحتية والخبرات العاملة ومدى نضوج السوق المحلية للتعامل مع تكنولوجيا الطاقة المتجددة والتشريعات والقوانين المساندة وعوامل أخرى.

نصيب الفرد من العوائد النفطية الكويتية في انخفاض وهذا سينعكس سلباً على خطط تنمية البلاد والأجيال القادمة طبقاً لإحصاءات مؤكدة

وأجرت الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (آيرينا) دراسة لمسح قيم مستوى التكلفة للطاقة لتكنولوجيات مختلفة من تكنولوجيا الألواح الكهرضوئية (PV) راوحت بين 0.25 و0.70 دولار أمريكي لكل كيلوواط ساعة. وبينت دراسة (آيرينا) أن مستوى التكلفة للطاقة لتكنولوجيا الألواح الكهرضوئية في انخفاض، ويتوقع أن يراوح في عام 2020 بين 0.11 و0.21 دولار أمريكي لكل كيلوواط ساعة بالنسبة للمحطات المركزية وبين 0.16 و0.32 دولار أمريكي لكل كيلوواط ساعة بالنسبة للتركيب في المباني.

أمّا بالنسبة لأنواع تكنولوجيا المجمعات الشمسية الحرارية (CSP) فيراوح مستوى تكلفة الطاقة بين 0.14 و0.36 دولار أمريكي لكل كيلوواط ساعة، حيث تعتمد التكلفة على نوع التكنولوجيا وسعة الخزان الحراري. أما تكنولوجيا طاقة الرياح، فيراوح مستوى تكلفة الطاقة بين 0.06 و0.19 دولار أمريكي لكل كيلوواط



صورة بانورامية لمشروع مجمع الشقايا للطاقات المتجددة

ساعة. وتعتمد التكلفة على موقع أبراج تربينات الرياح سواء بين البر وفي الماء (البحار والمحيطات)، إذ إن موقع الماء يرفع التكلفة بدواعي التركيب والصيانة.

وأعدت دراسات متفرقة لحساب مستوى تكلفة الطاقة المتجددة في الكويت معتمدة على فرضيات نظرية تعطي أرقاماً تقريبية. لكن المرحلة الأولى لمشروع مجمع الشقايا للطاقة المتجددة حسمت الأرقام الفعلية الأولية لمستوى التكلفة لتكنولوجيات الطاقة المتجددة. فمستوى التكلفة لكل كيلوواط ساعة لتكنولوجيا الألواح الكهرضوئية في مستوى المحطة المركزية هو 0.10 دولار أمريكي (29 فلساً)، و0.33 دولار أمريكي (97 فلساً) لتكنولوجيا المجمعات الشمسية الحرارية، و0.07 دولار أمريكي (21 فلساً) لتكنولوجيا طاقة الرياح. ويجدر التأكيد هنا أن الأرقام المذكورة آنفاً هي التكلفة الأولية، حيث يتوقع انخفاض التكلفة مع تطور الخبرات العاملة المحلية والسوق المحلية خاصة في الصناعات الخفية المساعدة وزيادة نشر

النظام الاقتصادي المعتمد في معظمه على مبيعات النفط غير مستدام وسيكون له أثر سلبي مباشر على اقتصاد البلاد

نظم الطاقة المتجددة في البلاد.

وتراوح تكلفة توليد كيلوواط ساعة للنظم التقليدية في الكويت التي تستخدام الوقود النفطي والغازي بين 0.065 – 0.075 دولار أمريكي (19 – 22 فلساً) اعتماداً على سعر السوق للوقود النفطي والغازي حسب إحصاءات وزارة الكهرباء والماء بدولة الكويت. وللعلم، فإن التكلفة الكلية لتوليد ونقل وتوزيع الكهرباء (حتى وصولها للمستهلك) في الكويت تراوح بين 0.136 – 0.146 دولار أمريكي (40 – 43 فلساً). وإذا ما قورنت تكلفة إنتاج الطاقة بين نظم الطاقة المتجددة في الكويت بالنظم التقليدية باستخدام الوقود النفطي والغازي، فإنه يتبين أن نظم الطاقة المتجددة منافسة ومقاربة للنظم التقليدية.

كما أنَّ هناك عوامل إيجابية أخرى اقتصادية واجتماعية يمكن أخذها في الاعتبار، مثل خفض الاستهلاك النفطي المحلي وزيادة عوائد مبيعات النفط والحفاظ على مخزون النفطي وخلق الفرص التجارية وفرص العمل في قطاع الطاقة المتجددة والتقليل من الانبعاثات الكربونية.

الحاضر والمستقبل

في افتتاحية مؤتمر الأمم المتحدة الثامن عشر للتغير المناخي في ديسمبر 2012، أعلن سمو أمير الكويت أن دولة الكويت ستنتج 15% من حاجاتها من الطاقة من مصادر الطاقة المتجددة. وجاءت كلمة سمو الأمير لتعكس النشاطات الحالية في نشر نظم الطاقة المتجددة في الكويت. إذ لم تعد مشروعات الطاقة المتجددة في الكويت مجرد خطط، وإنما أصبحت واقعاً ملموساً.

وتمثلت باكورة اهتمام وتوجه البلاد للطاقة المتجددة في مشروع مجمع الشقايا للطاقات المتجددة الفريد من نوعه، الذي يحتوي على تكنولوجيات مختلفة لتوليد الكهرباء من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح. يضم المجمع نظم تكنولوجيا تخزين الطاقة الحرارية تصل إلى 10 ساعات، حيث يمكن استغلالها عندما لا تتوافر أشعة الشمس وسرعة الرياح المناسبة. وسيتم بناء مجمع الشقايا على ثلاث مراحل، حيث بدأ العمل المستندي الرسمي للمرحلة الأولى في استجلاب

العروض واختيار المناسب منها. ويتوقع الانتهاء من المرحلة الأولى وتشغيلها خلال عام 2016 وبسعة 70 ميغاواط.

وتستهدف المرحلة جمع البيانات والمعلومات لعمل أنظمة الطاقة المتجددة في أدائها لتوليد الكهرباء في البيئة الكويتية وتدريب العمالة المحلية في إدارتها. وستتوافر هذه البيانات والمعلومات للقطاع الخاص الذي سيتبنى بناء المرحلتين الثانية والثالثة. ومن المتوقع الانتهاء من المرحلة الثالثة والأخيرة عام 2030 بسعة إجمالية قدرها 2000 ميغاواط لمجمع الشقايا.

ومتابعة لهذا التوجه لاستغلال الطاقة المتجددة، طور معهد الكويت للأبحاث العلمية برنامجاً بحثياً متكاملاً لأغراض البحث والتطوير في مجالات الطاقة المتجددة، فأنشأ عددا من المرافق والمختبرات شملت المختبر الوطني للخلايا الكهرضوئية، ومختبر خلايا الوقود (الوقود الهدروجيني)، ومرفق إدارة خليط الطاقات المتجددة (الشمسية والرياح والهدروجين وتخزين الطاقة). ويجري العمل على إنشاء مختبر للتبريد الشمسي. من جهتها، أنشأت جامعة الكويت مرافق تدعم البحث الأساسي في تكنولوجيا الشرائح الكهرضوئية، وعقدت اتفاقية بحثية مع أحد المعاهد الدولية المرموقة في هذا المجال.

دعم متواصل

كما دأبت مؤسسة الكويت للتقدم العلمي على دعم المشروعات ذات الصلة بالطاقة المتجددة، وتوعية المجتمع بأهمية تبني الطاقة المتجددة، بتركيب أنظمة الألواح الكهرضوئية لتوليد الكهرباء من الطاقة الشمسية في بعض الجمعيات التعاونية بسعة إجمالية قدرها 750 كيلوواط. وتسعى حالياً لتركيب الأنظمة نفسها في 150 بيتاً سكنيا بسعة إجمالية تراوح بين 1500 و3000 كيلوواط.

كما عملت وزارة الكهرباء والماء على تركيب نظم الألواح الكهرضوئية على سطوح مبناها الرئيسي وسطح المبنى الرئيسي لوزارة الأشغال العامة، بسعة توليدية إجمالية قدرها 1000 كيلوواط. وتسعى الوزارة إلى إنشاء محطة في العبدلي باستخدام مزيج من تكنولوجيا التربينات الغازية والطاقة الشمسية بسعة إجمالية قدرها 280 ميغاواط منها 60 ميغاواط مولدة من الطاقة الشمسية.

جامعة الكويت أنشأت مرافق بحثية متخصصة بالطاقة المتجددة

الحلول التي يتوقع أن يكون لها أثر إيجابي على البيئة وقطاعي الطاقة والاقتصاد في الكويت هي الاستثمار وتبني تكنولوجيا الطاقة المتجددة

وكخطوة أولى، بادرت وزارة التربية إلى تركيب ألواح كهرضوئية في مدرستين بمحافظة مبارك الكبير بسعة 100 كيلوواط، وستسعى لتطبيق هذه التجربة في مدارس الكويت الحكومية. كما طورت جامعة الكويت مختبراتها لإجراء الأبحاث الأساسية لتحسين كفاءة الألواح الكهرضوئية. وتسعى الهيئة العامة للتعليم التطبيقي والتدريب لتركيب نظم الألواح الكهرضوئية على سطوح بعض كلياتها بسعة قدرها 2000 كيلواط.

وفي القطاع النفطي، سعت مؤسسة البترول الكويتية إلى دراسة جدوى استغلال الطاقة المتجددة في القطاعات البترولية المختلفة، ابتداء من الحقول النفطية مروراً بالمصافي وانتهاء بالمباني. وقد انتهى معهد الكويت للأبحاث العلمية من المرحلة الأولى من الدراسة لمصلحة المؤسسة بإجراء مسح للقطاعات المختلفة التي يكون فيها استغلال الطاقة المتجددة مجديا تقنياً

ألواح شمسية لإضاءة بعض الشوارع في الكويت

واقتصادياً؛ إذ إنَّ الهدف الأساسي للدراسة هو توطين نظم الطاقة المتجددة في القطاع النفطي. وحديثاً، طرحت شركة نفط الكويت مناقصة لإنشاء محطة بتكنولوجيا الألواح الكهرضوئية بسعة خمسة ميغاواط في حقل أم قدير لتزويد عملياتها في المنطقة بالطاقة الكهربائية.

وفي مسعاها لتطوير ووضع المخطط الهيكلي لدولة الكويت، فقد اهتمت بلدية الكويت بتوصية معهد الكويت للأبحاث العلمية، بتخصيص مساحات في جنوبي الكويت وشماليها لمحطتين للطاقة المتجددة على غرار مجمع الشقايا (في الوفرة والعبدلي، بمساحة قدرها نحو 50 كم مربع لكل منهما)، أو تخصيص أراض إضافية في غرب البلاد. لم يتم التخصيص بشكل رسمي ولكن لاتزال الدراسات والأعمال التخطيطية قائمة.

وعلى المستوى الدولي، تعتبر الكويت من أوائل الدول الخليجية والعربية التي صادقت على إنشاء المنظمة الدولية للطاقة المتجددة (آيرينا). وقد صدر القانون رقم 110 لسنة 2013 بالموافقة على النظام الأساسي للوكالة الدولية للطاقة المتجددة الذي تم اعتماده في مدينة بون بتاريخ 26 يناير 2009 والموقع من دولة الكويت خلال المؤتمر التأسيسي للوكالة.

والكويت من الأعضاء الفاعلين في الوكالة، وذلك بتقديمها خبرات عملية في رصد ومسح مصادر الطاقة المتجددة وبخاصة الشمسية منها. كما شاركت الكويت في لجان فنية للوكالة لوضع معايير تركيب أنظمة تكنولوجيا الألواح الكهرضوئية لمنطقة الخليج العربي.

وحديثاً، تم اختيار الكويت عضواً في اللجنة الاستشارية للوكالة للدورة الثالثة لتقييم واختيار مقترحات المشروعات المتقدمة للاستفادة من القروض الميسرة من صندوق أبو ظبي للتنمية. ويعتبر المضي في إنشاء المرافق ونظم الطاقة المتجددة أحد جوانب نشاطات الكويت في هذا المجال.

معهد الكويت للأبحاث العلمية يعمل منذ سبعينيات القرن الماضي في أبحاث الطاقة المتجددة بما في ذلك تكنولوجيا الطاقة الشمسية الحرارية والكهرضوئية والتبريد والتسخين الشمسي

تعاون وطني

من جانب آخر، يتعاون معهد الكويت للأبحاث العلمية مع المؤسسات الوطنية مثل الشركة الوطنية لمشاريع التكنولوجيا وشركة إنترتك القابضة في تطوير برامج تدريبية للكوادر المحلية في تركيب وتشغيل وصيانة نظم وتكنولوجيات مختلفة للطاقة المتجددة. ويتضمن البرنامج التدريبي دورات تدريبية عملية مختلفة مصممة للمهندسين والفنيين في قطاعات الدولة العامة والخاصة. وستطرح الهيئة العامة للتعليم التطبيقي والتدريب قريباً برنامجاً أكاديمياً وتدريبياً في مجالات الطاقة المتجددة لتأسيس العمالة المحلية وتزويد السوق المحلي بالمهارات المطلوبة. وإذا كان حجم الطاقة المتجددة حالياً قليلاً جداً مقارنة بالطاقة التقليدية، فإن النشاطات الحالية في بناء نظم الطاقة المتجددة في مختلف القطاعات تعطي مؤشراً جلياً إلى نمو نصيب هذه الطاقة في حاجات البلد في المستقبل.

لكن هل سيصل إنتاج الطاقة المتجددة إلى 15% من حاجاتنا كما أعلن عنها سمو أمير البلاد؟. نعم، يمكن الوصول إلى هذا الإنتاج، حيث يجب العمل الآن بأسرع ما يمكن لتشريع إطار قانوني يدعم سياسة نشر وتبني نظم الطاقة المتجددة وينظم إنشاءها وتشغيلها ويبين دور القطاع العام والخاص في إدارتها. ■

الخلايا الشمسية النانوية

د. محمد شريف الإسكندراني *

لم تحظ أي تكنولوجيا سابقة أو مواكبة لتكنولوجيا النانو بقدر الاهتمام نفسه الذي حظيت به التكنولوجيا القائمة على علم النانو، وأدى هذا الاهتمام والدعم إلى احتلال تكنولوجيا النانو - بوصفها تكنولوجيا متعددة الوظائف - مقدمة قائمة التكنولوجيات المُستخدمة في كل المجالات التطبيقية، التي يتبوأ قمتها مجال الطاقة الجديدة والمتجددة. وقد ساهمت تكنولوجيا النانو في إيجاد عدد من الحلول التكنولوجية الجديدة والفريدة، لاسيما في مجال إنتاج الخلايا الشمسية، إذ إنها تعمل على رفع كفاءة استخدام الطاقة، وخفض تكلفة إنتاجها وتشغيلها لتلائم كل التطبيقات الحياتية والصناعية.

ويزداد الطلب العالمي على الطاقة بصورة كبيرة يوماً بعد آخر. وقد بلغ الاستهلاك العالمي للطاقة في عام 2008 **ما قيمته** 474 **إكساجول** Eaxjoule **(الإكسا** Exa **هي بادئة تعني ما قيمته مليار مليار أي** 10^{18}**، والجول** Joule **هو وحدة لقياس الطاقة).**

* مدير برنامج تكنولوجيا النانو والمواد المتقدمة في معهد الكويت للأبحاث العلمية، (الكويت).

ووفقاً للوكالة الدولية للطاقة فإنَّ من المتوقع أن يزداد النهم العالمي في الطلب على الطاقة ليصل إلى نحو 750 إكساجول في عام 2030. ويتم الاعتماد حالياً على الوقود الأحفوري Fossil Fuel لتغطية أكثر من 80% من حاجة العالم من الطاقة الأولية Primary Energy (يُطلق على المصادر الطبيعية للطاقة في هيئتها الطبيعية – مثل زيت النفط الخام، والفحم، والغاز الطبيعي، واليورانيوم، وأشعة الشمس، والرياح..– المصادر أو الموارد الأولية للطاقة، في حين يستخدم مُصطلح الطاقة الثانوية Secondary Energy للتعبير عن شكل المُنتج الذي يتم توجيهه إلى المُستخدم، مثل الكهرباء والبنزين وغيرهما. وأخيراً يُستخدم مصطلح الطاقة النافعة Useful Energy لصور الطاقة التي يتم الانتفاع بها في الأغراض المختلفة، مثل الإضاءة والتسخين والتدفئة).

وغني عن القول إن دخول كثير من الدول النامية مثل الصين والهند إلى مضمار الدول الصناعية الكبرى الأكثر استهلاكاً للطاقة، كان المحرك الرئيسي لهذه الزيادة الحادة في استهلاك الطاقة وما يترتب عليها من انبعاثات غازات الدفيئة، وعلى الأخص غاز ثاني أكسيد الكربون.

تباين عالمي

تتباين دول العالم في طلبها للطاقة تبايناً كبيراً، إذ يرتبط ذلك بنمط وطبيعة الحياة، وعدد السكان، والإرث الثقافي، والتقاليد الاجتماعية، واختلاف المستوى الاقتصادي. وتصدرت الدول العربية في منطقة الخليج العربي ومعها مملكة لكسمبورغ خلال الفترة ما بين عامي 2000 – 2010 قائمة دول العالم من حيث النصيب المتاح للفرد الواحد من الطاقة. ووفقاً لتقديرات الرابطة الدولية للطاقة International Energy Association، IEA لعام 2009؛ فإن مجموعة الدول الثماني الصناعية الكبرى إضافة إلى مجموعة الدول العشرين الأكثر نمواً في العالم – عدد دول العالم الأعضاء في هيئة الأمم المتحدة هو 191 دولة – تستهلك من الطاقة يومياً نحو

ساهمت تكنولوجيا النانو في إيجاد عدد من الحلول التكنولوجية الجديدة والفريدة لاسيما في مجال إنتاج الخلايا الشمسية

3.4 مليون برميل مكافئ من زيت النفط، في الوقت الذي لا تحتاج فيه بقية دول العالم إلى أكثر من 1.7 مليون برميل.

وإذا استعرضنا فئة الدول الأكثر طلباً على الطاقة، فسنجد أنها تنحصر في ست دول تمثل نحو 3% من دول العالم، وهي الولايات المتحدة الأمريكية والصين وروسيا والهند واليابان وألمانيا. وتستهلك هذه الدول نصف ما هو مُتاح للبشرية من الطاقة، وربما أكثر من ذلك.

وتستحوذ الولايات المتحدة الأمريكية على النصيب الأكبر من حصيلة الإنتاج العالمي من الطاقة، إذ تستهلك وحدها ما يزيد عن 21% من إجمالي الطاقة المُتاحة في العالم. ويأتي العملاق الصيني في المركز الثاني، مستحوذاً على نحو 15% من تلك الحصيلة. وإذا ما حاكت دول العالم النمط الاستهلاكي الأمريكي، فسيحتاج كوكب الأرض إلى أكثر من أربعة أضعاف الكميات المتاحة حالياً من الطاقة الأولية.

الخلايا الفوتوفولطية

الخلايا الفوتوفولطية التي يتم تصنيعها من مواد لأشباه الموصلات مثل السيليكون، هي أجهزة تقوم بتحويل فوتونات الأشعة الشمسية إلى تيار كهربائي مستمر تحويلاً مباشراً، حيث تستمر تلك الخلايا في أداء مهمتها تلك مادام المصدر الضوئي متوافراً، ومن دونه تتوقف عن عملها.

أجيال الخلايا الفوتوفولطية

ورجوعاً إلى تقنيات التصنيع وأنواع المواد المستخدمة في إنتاج الخلايا الفوتوفولطية، فإنه يمكن تصنيف تلك الخلايا إلى ثلاثة أجيال هي:

- الأول: الخلايا المصنعة من رقائق بلورات السيليكون الأحادية.
- الثاني: يقسم إلى أربعة أنواع فرعية وفقاً للبنية البلورية للمواد الداخلة في تصنيعها، وكذلك هوية ونوع تلك المواد التي تشمل الخلايا المصنعة من المواد الآتية:
  - السيليكون غير المتبلور.
  - السيليكون المتعدد البلورات.
  - تيلوريد الكادميوم.
  - سبيكة نحاس إنديوم الغاليوم.
- الثالث: هي الخلايا الأكثر حداثة، والتي يعول عليها العالم في الحصول على وحدات من الخلايا الشمسية العالية الكفاءة. وتنقسم خلايا هذا الجيل إلى عدة عائلات، نذكر منها:
  - الخلايا الشمسية النانوية البلورات.
  - الخلايا الضوئية الكهركيميائية.
  - الخلايا الشمسية البلمرية المصنعة من البلمرات.
  - الخلايا الشمسية الصبغية.
  - الخلايا الشمسية المؤلفة من قوالب البلمرات المطعمة ببلورات غير عضوية. ويرى بعض العلماء أن هذا النوع من الخلايا جدير بأن يتم تصنيفه ضمن الجيل الرابع للخلايا الشمسية.

الجيل الأول

ظاهرة تحويل الضوء إلى كهرباء بواسطة الخلايا الفوتوفولطية ليست جديدة، ويرجع تاريخ اكتشافها إلى العالم الفرنسي أدمون بيكريل في عام 1839. بيد أن تلك الخلايا لم تعرف طريقها إلى التطبيق الفعلي إلا بعد 100 سنة من هذا الاكتشاف الرائد، حين تمكن الباحثون في مختبرات بيل في عام 1954 من ابتكار خلايا فوتوفولطية قائمة على بلورات السيليكون.

صورة ملتقطة من ساتل (قمر صنعي) توضح التباين في درجة سطوع أضواء المدن ببلدان العالم المختلفة كدلالة على اختلاف معدلات استهلاك الطاقة

وعلى الرغم من أن تلك الخلية الأولى لم تتعد كفاءتها 4%؛ فإنها فتحت أبواب البحث والتطوير في مجال إنتاج خلايا مُصنعة من رقائق السيليكون، تكون أكثر كفاءة وفاعلية في تحويل الضوء إلى تيار كهربائي. وخلال السنوات التي تعاقبت بعد هذا التاريخ، تم تطوير تلك الخلايا ومضاعفة كفاءتها إلى ما يراوح بين أربعة وستة أضعاف، مقتربة بهذا مع الحد النظري (31%) لهذا النوع من الخلايا المعروف بخلايا الجيل الأول الأحادية الوصلات. غير أن الخلايا الفوتوفولطية من هذا النوع تكون عالية التكلفة، الأمر الذي يقيد من تطبيقاتها ونفاذها إلى الأسواق.

وترى بعض المدارس العلمية أن رقائق السيليكون ليست بالمادة المثالية التي يمكن الاعتماد عليها في إنتاج خلايا ذات كفاءة عالية، نظراً إلى افتقارها لكثير من الصفات والخواص التي يجب أن تتوافر في مواد أشباه الموصلات المستخدمة في إنتاج الخلايا الشمسية. فمثلاً، قيمة فجوة الحزمة Bandgap الخاصة بمادة السيليكون تجعل من امتصاصه للإشعاعات الكهرمغنطيسية عملية غير فعالة ولا تفي بالمتطلبات الخاصة بعمليتي امتصاص/تشتت الفوتونات المُتَطَلبة للحفاظ على ما يُعرف باسم الزخم الحركي البلوري Crystal Momentum.

دخول كثير من الدول النامية إلى مضمار الدول الصناعية الكبرى الأكثر استهلاكاً للطاقة كان عاملاً رئيسياً للزيادة الحادة في استهلاك الطاقة

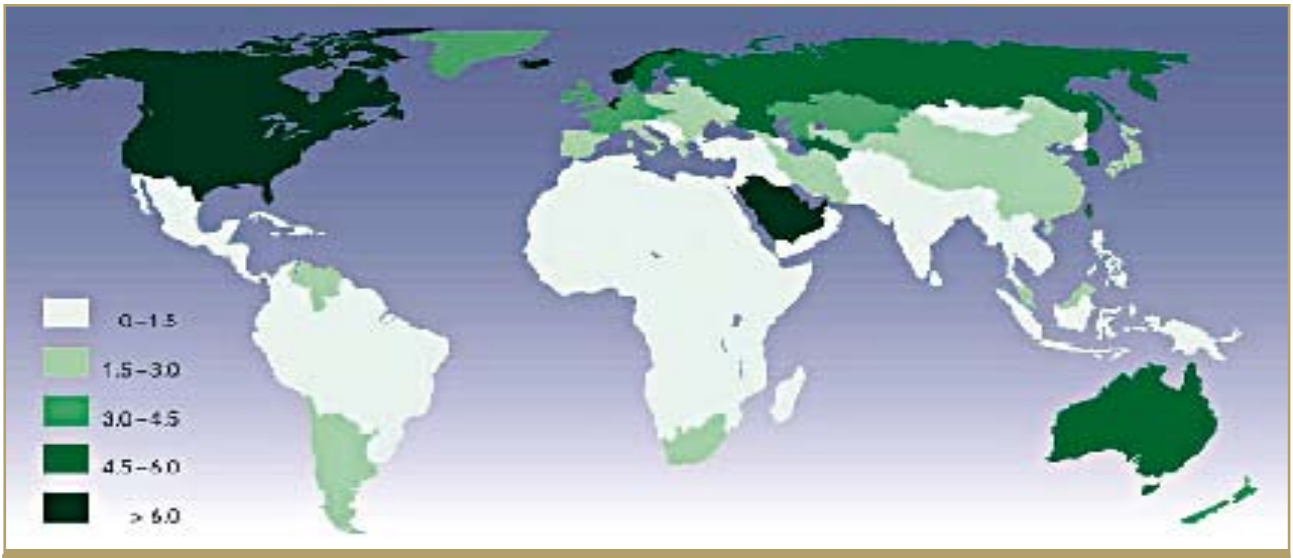
ونتيجة لهذا، ومن أجل أن تقوم رقاقة السيليكون بامتصاص واستيعاب 90% من الإشعاع الشمسي الوارد إليها، يجب ألا يقل سمك رقاقة السيليكون المستخدمة في صنع الخلايا الفوتوفولطية عن 125 ميكرومتراً (الميكرومتر وحدة لقياس الأطوال تساوي واحداً على ألف من المليمتر).

وبمقارنة قيمة هذا السمك بنظيره لمادة أخرى من مواد أشباه الموصلات وهي زرنخيد الغاليوم Gallium Arsenide (GaAs) التي لا تتطلب أكثر من 1 ميكرومتر؛ يتضح لنا افتقار السيليكون إلى حد بعيد للخواص الكهروضوئية المفترض توافرها في أشباه الموصلات المستخدمة في صناعة الخلايا الفوتوفولطية العالية الكفاءة.

سر المرتبة الأولى

وإذا كان الأمر هكذا؛ فما السر إذاً وراء احتلال السيليكون المرتبة الأولى في قائمة أشباه الموصلات الموظفة في إنتاج الخلايا الفوتوفولطية؟ علماً أن أكثر من 86% من الخلايا الشمسية الموجودة في الأسواق يتم تصنيعها من مادة السيليكون.

وللإجابة عن هذا السؤال تكفي الإشارة إلى أن السيليكون هو ثاني أكثر العناصر وفرة وانتشاراً في القشرة الأرضية، ما يجعل منه أرخص عناصر أشباه الموصلات وأقلها تكلفة. لكن الأمر ليس بهذه البساطة، ففي الوقت الذي كان فيه السيليكون ما يزال مجرد مادة ناشئة عن مواد أشباه الموصلات، تم ترشيحها وتجربتها في إنتاج أول خلية فوتوفولطية شبه موصلة، ولم تكن الصناعات الإلكترونية الحديثة التي نراها في عالمنا اليوم والمعتمدة في صناعتها على عنصر السيليكون قد نشأت أو تطورت. لذا، وبعد أن أضحى السيليكون هو العنصر الغالب والأكثر استخداماً في



خريطة تظهر تباين توزيعات نصيب الفرد الواحد من استهلاك الطاقة الأولية (مقدرة بوحدة طن من المكافئ النفطي) في القطاعات الإقليمية المختلفة، وذلك خلال عام 2009. ومن الشكل يمكن ملاحظة ارتفاع معدل استهلاك الطاقة في البلدان الأكثر إنتاجاً للسلع والخدمات والتي تتمتع بارتفاع في إجمالي الناتج المحلي، مثل الولايات المتحدة وكندا. ويلاحظ ارتفاع معدل هذا الاستهلاك في الدول المنتجة لزيت النفط، مثل الكويت وقطر والسعودية والإمارات

الصناعات الإلكترونية، فإنه فقد مزاياه الاقتصادية كعنصر رخيص، ما ترتب عليه ارتفاع أسعاره في الأسواق العالمية.

تساؤلات أساسية

ومن الطرح السابق نستطيع أن نسلط الضوء على ثلاثة تساؤلات أساسية وتحديات كبيرة، تضع الكثير من علامات الاستفهام والتعجب حول مصداقية الخلايا الفوتوفولطية في توليد الكهرباء ودخولها إلى ميدان التطبيقات الفعلية:

1 – كيف يمكن زيادة كفاءة الخلايا الشمسية ورفع أدائها كي ترتقي إلى مستوى المنافسة مع مصادر الطاقة الأخرى الموظفة في توليد الكهرباء؟

2 – كيف يمكن خفض التكلفة الصناعية الخاصة بإنتاج الخلايا الفوتوفولطية؟

3 – كيف يمكن أن تجمع وحدة الخلية الفوتوفولطية بين مزايا الكفاءة العالية في تحويل الطاقة والتكلفة الاقتصادية المناسبة؟

رفع كفاءة الخلايا الشمسية

في إطار ما سبق عرضه من تساؤلات، يفرض سؤال آخر نفسه وهو محور هذا المقال: هل يمكن

تتباين دول العالم في طلبها للطاقة تبايناً كبيراً ارتباطا بنمط وطبيعة الحياة وعدد السكان والإرث الثقافي والتقاليد والمستوى الاقتصادي

لتكنولوجيا النانو أن تفرض حلولاً حاسمة وفعالة تُستخدم في حل تلك الأمور التقنية والاقتصادية الصعبة المذكورة آنفاً؟

هذا ما سيتضح في هذا الجزء من المقال الذي يستعرض النهج والتقنيات الرائدة المطبقة لحل مستعصيات السؤالين الأول والثاني، مع تسليط الضوء على كيفية استخدام المواد ذات البنية النانوية كأداة فعالة قادرة على حل المعضلة التقنية الثالثة.

وسبق أن أشرنا إلى أن معظم وحدات الخلايا الفوتوفولطية المتوافرة في الأسواق على المستوى التجاري يتم تصنيعها إما من بلورات السيليكون الأحادية أو من السيليكون المتعدد البلورات. وعلى ضوء ما أشرنا إليه أيضاً، فإن الحد النظري الأقصى لكفاءة الخلايا الأحادية الوصلات المُصنعة من السيليكون هو 31%.

ويرجع السبب الرئيسي في قصور كفاءة الخلايا الفوتوفولطية من هذا النوع في تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربائية إلى انخفاض قدراتها على امتصاص نسبة عالية من فوتونات الطيف الشمسي، الواقعة تحت مستوى الطاقة الخاص بفجوة الحزمة – حيث لا تتجاوز نسبة الامتصاص تلك 20% – وهذا يعني فقدان كم هائل من تلك الفوتونات الضوئية وعدم الاستفادة في عملية تحويل الضوء إلى طاقة كهربائية. وعلى الجانب الآخر، فإن التعزيز الحراري لحاملات الشحنات – وهي الفجوات التي تتركها الإلكترونات المتحركة بحزام التكافؤ – المُتولدة عن امتصاص فوتونات الطاقة العليا وتشتتها يؤدي بالتبعية إلى إهدار ذلك الكم الهائل من تلك الفوتونات مما يؤدي إلى انخفاض قدرة الخلايا الشمسية في تحويل الطاقة.

وفي إطار ما تقدم وفي ضوء تدني كفاءة خلايا السيليكون الفوتوفولطية الأحادية الوصلات، فقد طرحت تكنولوجيا النانو نُهجا

متميزة وعدداً من المفاهيم الجديدة الرامية إلى زيادة الكفاءة الفعلية لتلك الخلايا كي تصل إلى مرتبة قريبة من الحد النظري المحسوب لكفاءة الخلية وهو 31%. وقادت التقنيات النانوية إلى طرح عدد من المُبادرات المُبتكرة تستهدف إلى إنتاج خلايا شمسية متطورة من السيليكون، تتمتع بقدرة أعلى من الخلايا التقليدية للجيل الأول فى تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربائية.

ولقد استفادت عمليات البحث والتطوير الجارية في مجال خلايا السيليكون الفوتوفولطية من الثروة المعرفية الهائلة الخاصة بقطاع إنتاج الدارات المتقدمة المصنوعة من السيليكون والتي تقطع كل يوم خطوات تكنولوجية واسعة.

تقانة الأغشية الرقيقة

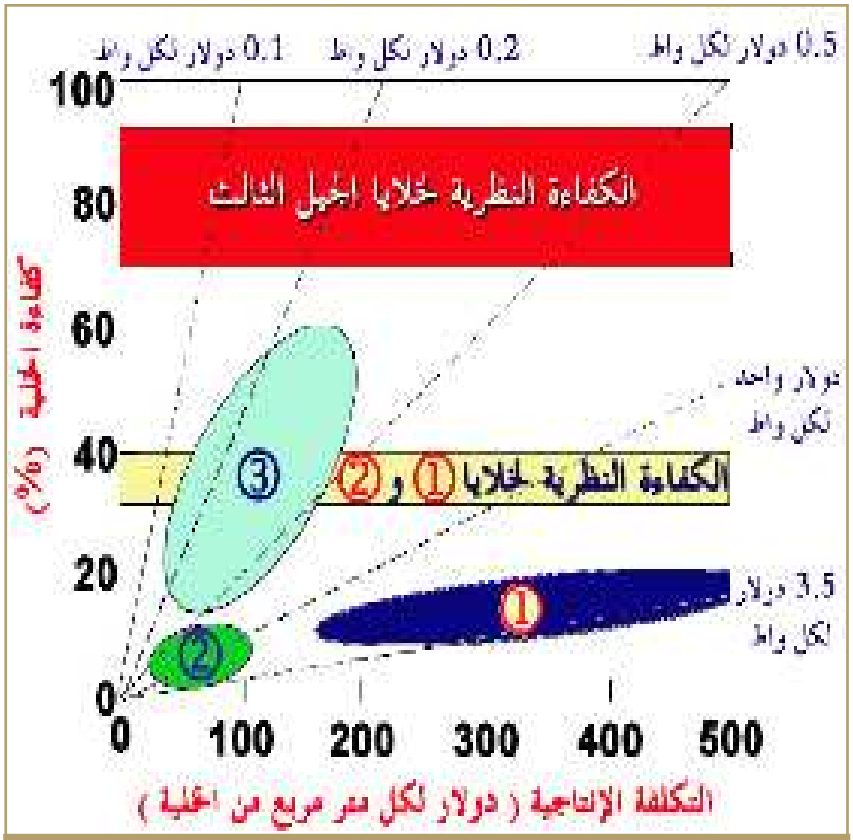
تبوأت الخلايا الفوتوفولطية المعتمدة على تقنية الأغشية الرقيقة Photovoltaics Thin-Films (TFPV) مكانة مرموقة في عالم الخلايا الشمسية، فقد أضحى انتشارها في الأسواق واسعاً وملحوظاً (تمثل نحو 5-8% من السوق العالمي للخلايا الفوتوفولطية)، وذلك لاعتبارها مفتاح الحل في فك شفرة خفض تكلفة إنتاج وتصنيع الخلايا الشمسية في المستقبل القريب أو المتوسط الأجل.

وتتفوق تلك الخلايا الشمسية المعروفة بخلايا الجيل الثاني على خلايا الجيل الأول بقدرتها على أن تُنتج بتكلفة منخفضة، وأن يتم ترسيبها على ركائز مصنوعة من مواد رخيصة مثل الزجاج، ورقائق الفلزات، والبلاستيك.

وعلى الرغم من مجمل هذه المزايا الاقتصادية التي تتحلى بها تلك الأغشية الرقيقة؛ فإن رقة سمكها تؤدي إلى انخفاض كفاءتها في تحويل الفوتونات إلى كهرباء، وذلك للأسباب الآتية:

- الخلايا الرقيقة السمك لا تكون قادرة على امتصاص فوتونات الطيف الشمسي.
- الخلايا الرقيقة التي تُصنع عادة من السيليكون الأمورفي – السيليكون غير المتبلور، أو من السيليكون المتعدد البلورات، تحتوي في بنيتها الهيكلية على نسبة عالية من مراكز مرتفعة الكثافة، الأمر الذي يعوق من امتصاصها للفوتونات الضوئية.

ومن ثم، فإن كفاءة الخلايا الفوتوفولطية التقليدية والمصنعة من الأغشية الرقيقة ربما لا تتعدى في معظم الأحيان 10%.



يوضح الشكل مقارنة بين فئات الأجيال الثلاثة الفوتوفولطية وفقاً لكفاءتها في تحويل طاقة الفوتونات الضوئية إلى تيار كهربائي مع بيان لتكلفتها الإنتاجية.

تصدرت دول الخليج العربية ومعها لكسمبورغ قائمة دول العالم من حيث النصيب المتاح للفرد الواحد من الطاقة

بيد أن تطبيقات تكنولوجيا النانو قادت في الآونة الأخيرة إلى إنتاج أجيال متقدمة من الأغشية الرقيقة المخلقة من مواد لسبائك جديدة ومركبات، مثل تيلوريد الكادميوم، مما أدى إلى طفرة حقيقية في عالم الخلايا الفوتوفولطية، وبزوغ نجم خلايا الجيل الثاني القائم على تكنولوجيا الأغشية الرقيقة النانوية السمك.

وقاد النهم البحثي في مجال تطوير صناعة الخلايا الشمسية للتوصل إلى إنتاج خلايا متغايرة الوصلات Heterojunction مؤلفة من أغشية مادتي التيلوريد الكادميوم مع كبريتيد الكادميوم، حيث وصلت كفاءة تلك الخلايا في تحويل الطاقة إلى نحو 16.5%.

ومع الإصرار والإرادة البحثية التي لاتنهزم ولا تلين، تم التوصل إلى أغشية متقدمة مصنوعة من مادة رائدة جديدة هي سبيكة نحاس إنديوم الغاليوم. وهذه المادة الجديدة التي تم دراسة خواصها وسلوكها على مدار 20 عاماً، أظهرت سبقاً غير متوقع في قدرتها

الفائقة على تحويل الطاقة، حيث بلغت كفاءتها نحو 20%. إضافة إلى ذلك، فقد أبدت خلايا المادة الجديدة - التي تعرف اختصاراً باسم CIGS - مقدرة واسعة على امتصاص نسبة كبيرة من فوتونات الطيف الشمسي الواقعة تحت مستوى الطاقة الخاص بفجوة الحزمة فاقت كل التوقعات، حيث وصلت تلك النسبة إلى أكثر من 90%، وذلك عند سمك يراوح بين 2 - 3 ميكرومترات.

لكن ومع ارتفاع التكلفة الإنتاجية لهذه المادة وعدم توافر مادة الإنديوم بكميات اقتصادية على المدى الطويل، إضافة إلى الأخطار البيئية المحتملة من جراء التعرض للهواء الجوي لفترة طويلة مما يستوجب التوصل إلى نظام تغليف وتغطية متقنة لتلك الخلايا، كل هذا أدى إلى غياب خلايا CIGS عن مرحلة التطبيق الفعلي.

ومما تقدم يتضح أنه على الرغم من أن مادة السيليكون ذات كفاءة قاصرة نسبياً في تحويل الطاقة، فإنها بسبب وفرتها في الطبيعة ما زالت تمثل الأمل في الحصول على الكهرباء من ضوء الشمس المباشر.

بين التكلفة والكفاءة

ولكي يتحقق هذا الهدف الذي يربط بين التكلفة والكفاءة، تجرى منذ فترة محاولات بحثية ضخمة يُنتظر أن تؤتي ثماراً وفيرة في تحسين كفاءة خلايا السيليكون الفوتوفولطية وزيادة قدراتها على امتصاص أشعة الطيف الشمسي، وذلك عن طريق إنتاج الجيل الثاني من تلك الخلايا القائمة على تكنولوجيا النانو لإنتاج أغشية رقيقة نانوية السمك من السيليكون غير المتبلور، وأيضاً السيليكون المتعدد البلورات.

وعلى الرغم من أن خلايا الجيل الثاني التي يتم تصنيعها من أغشية السيليكون غير المتبلور لم تحقق النجاح المُنتظر، حيث لم تزد كفاءتها عن 8% متدنية في ذلك عن خلايا الجيل الأول من السيليكون الأحادي البلورات، فإنها وجدت مكاناً في السوق العالمي للخلايا الشمسية، وفي تطبيقات خاصة معينة.

ولكن، مع إصرار العلماء المرتبط بالعلم والمقترن بالثقة، فقد تم حديثاً التوصل إلى تصميم يعتمد على الجمع بين أغشية السيليكون غير المتبلور والسيليكون المتعدد البلورات لتكوين طبقات متناوبة بين المادتين، تتراص فوق بعضها بعضا، مكونة ما يُعرف باسم المتجاورات. وكان لهذا الإنجاز الذي وصلت إليه كفاءة تلك الخلايا في تحويل الطاقة إلى نحو 15.5%، أكبر الأثر في إعادة النظر مرة أخرى في مادة السيليكون بوصفها الأكثر وفرة في كل مناطق العالم، وبخاصة في الدول العربية.

ومنذ ذلك الحين أخذت الخلايا الفوتوفولطية المتعددة الوصلات مكاناً مرموقاً في دنيا الخلايا الشمسية المتميزة والقائمة على تكنولوجيا النانو؛ لأنها تسمح باستيعاب نطاق أوسع من الأطوال الموجية بالطيف الشمسي.

تستحوذ الولايات المتحدة على النصيب الأكبر من حصيلة الإنتاج العالمي من الطاقة حيث تستهلك وحدها أكثر من 21% من إجمالي الطاقة المُتاحة في العالم

لكن الأمر مازال يحتاج إلى جهد أعظم ومشقة بحثية ممتعة، لأن كفاءة السيليكون غير المتبلور - يعيب المواد غير المتبلورة عدم اتزانها أمام التعرض الدائم للحرارة، والحث الميكانيكي وكذلك الضوء، لذا فإن ترتيب ذراتها الفريد ينهار فتتحول بذلك إلى مواد متبلورة تقليدية - تقل مع استمرار تعرضها للإشعاع الشمسي ليتدهور ثم يندثر بعد نحو ألف ساعة تشغيل مستمرة (نحو 40 يوماً).

ويرجع سبب ذلك إلى البنية الأمورفية لمادة السيليكون غير المتبلور إذ إن الاستثارة الضوئية الناجمة عن تعرضها الدائم للإشعاع الشمسي تتسبب في إحداث ما يُعرف باسم نقاط العيوب التي تعمل كبؤر أو مراكز غير إشعاعية في بنية مادة السيليكون غير المتبلور، وذلك وفقاً لما يُعرف بظاهرة أو تأثير استابلير - رونسكي.

وأضحى الجيل الثاني من الخلايا الفوتوفولطية المُخلقة من الأغشية الرقيقة القائمة على تقنيات تكنولوجيا النانو متاحاً في الأسواق، وهي تتمتع بمرونة عالية وقابلية للتشكل والثني والفرد على السطوح، إضافة إلى خفة أوزانها. ويمكن السير على تلك الخلايا المرنة دون أن تتلف. لكن يعيبها ارتفاع أسعارها وانخفاض كفاءتها في تحويل الطاقة والحصول منها على كهرباء.

الخلايا النانوية

أدى احتكار المواد النانوية لخصائص بصرية كهربائية وكيميائية فائقة وغير معتاد توافرها في المواد التقليدية الكبيرة الحبيبات؛ إلى زيادة كبير في فرص توظيفها في إنتاج جيل متقدم ومتميز من الخلايا الشمسية يُعرف باسم الجيل الثالث.

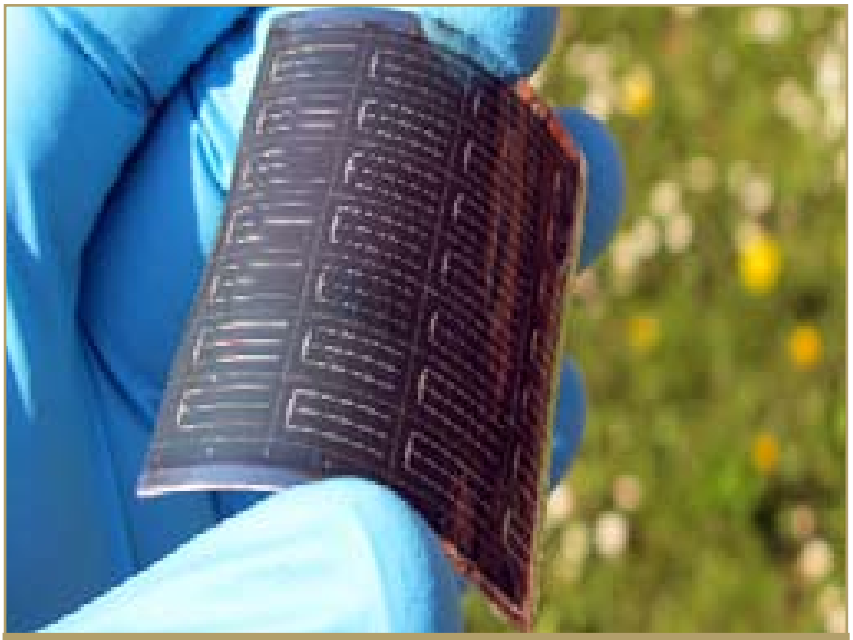
وفي الوقت الراهن، ومنذ أوائل العقد الماضي من القرن الحادي والعشرين -يعرف القرن الحالي بقرن تكنولوجيا النانو- تم تطبيق عدد من المواد النانوية في مجال تطوير الخلايا الفوتوفولطية، نذكر منها على سبيل المثال المتراكبات النانوية لأشباه الموصلات، والنقاط الكمومية - تُسمى أيضاً بالبلورات النانوية - والحبيبات النانوية، والأسلاك والأنابيب النانوية. وقد استخدمت هذه المواد النانوية الأبعاد بطرق مختلفة ترمي إلى محاولة التغلب على تكلفتها الإنتاجية العالية، وفي الوقت نفسه رفع فعاليتها وكفاءتها في تحويل الطاقة وإنتاج الكهرباء، في وظائف عدة وبأداء متباين يستهدف تعزيز الاستراتيجيات الخاصة بتحويل الطاقة.

الخلايا الشمسية الصبغية

تُعد الخلايا الشمسية الصبغية أحد أول وأهم أنواع الجيل الثالث من الخلايا الفوتوفولطية نظراً لتفردها بمزايا تقنية واقتصادية متعددة، ويُعتقد أنها ستكون البديل الموثوق به لخلايا الجيل الأول المصنوعة من رقائق السيليكون.

وتختلف تلك الخلايا في طريقة عملها عن الجيل الثاني من خلايا الأغشية الرقيقة في أنه يتم غمس حبيبات نانوية شفافة (غير معتمة) عالية المسامية من ثاني أكسيد التيتانيوم TiO_2 بمركب مادة عضوية - غالباً من تكون لمركب عضوي من مركبات عنصر الروثينيوم - فتترسب بذلك جزيئات الطلاء العضوي على السطوح الخارجية لحبيبات TiO_2 التي تُغمر داخل محلول إلكتروليتي يوضع في الخلية. ويتركب السطح العلوي من الخلية المواجه لأشعة الشمس من لوح زجاجي شفاف يُطلى وجهه السفلي بطبقة شفافة موصلة للكهرباء تعقبها حبيبات TiO_2. وتنتهي الخلية بغشاء رقيق من فلز البلاتينوم يليه لوح زجاجي شفاف مطلي بطبقة شفافة موصلة للكهرباء.

وتعتمد الخلايا الشمسية الصبغية في عملها على أسلوب يشبه عملية التمثيل الضوئي في الطحالب والنباتات، حيث تصدم فوتونات الأشعة الشمسية النافذة عبر اللوح الزجاجي بجزيئات مادة الصبغة العضوية المترسبة على حبيبات TiO_2 وتمتصها، ما يعمل على إثارة إلكترونات المدارات الخارجية لجزيئات مادة المركب العضوية واكتسابها الطاقة اللازمة للانفصال عن أنويتها، فتتحرر لتخترق حبيبات ثاني أكسيد التيتانيوم النانوية، ثم تنتقل إلى الطبقة العلوية الموصلة للكهرباء.



نموذج ياباني مبتكر لخلية CIGS الفوتوفولطية المرنة المنتجة بتقنية الأغشية الرقيقة

وكما ذكرنا فإن جزيئات مادة الصبغة العضوية الفاقدة لإلكترونها تقوم - بصورة سريعة - بتعويض هذه الإلكترونات المفقودة من مركب اليود - المحلول الإلكتروليتي الموجود بداخل الخلية - ما يؤدي إلى أكسدة هذا المركب وتحوله إلى يود ثلاثي التكافؤ، لتكتمل بذلك دائرة التوصيل الكهربائية للخلية من خلال تلك العملية الكهركيميائية.

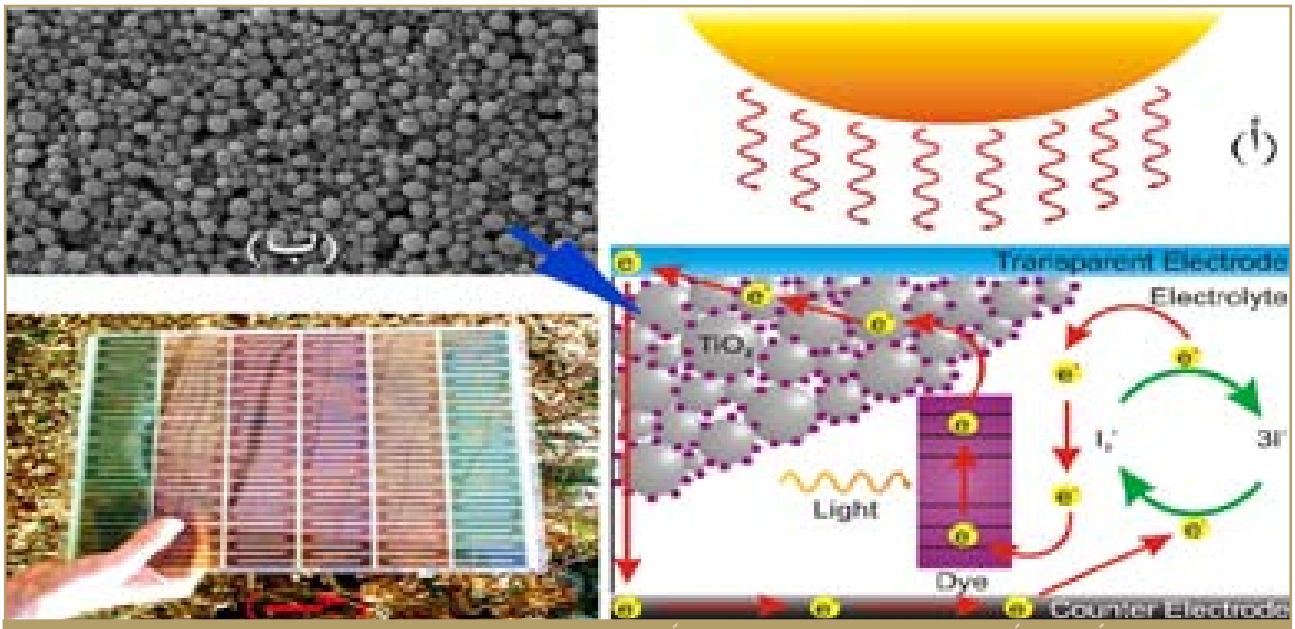
وتتفوق هذه الخلايا على غيرها في مزية مفادها أن مصدر الفوتونات لا ينبغي بالضرورة أن يكون الأشعة الشمسية المباشرة، فنظرية عمل تلك الخلايا تعتمد في التشغيل على أي مصدر من مصادر الإضاءة. وتبذل جهود نحو الاستعاضة عن المحلول الإلكتروليتي الموجود داخل الخلية بمادة صلبة مناسبة، وذلك من أجل تفادي تمدد السائل عند درجات الحرارة المنخفضة وتعرضه للتسرب خارج الخلية.

ثروة طبيعية كبيرة

تنعم أقطارنا العربية بثروات طبيعية كبيرة يصعب حصرها، وتمتاز بأعلى كمية من الإشعاع الشمسي، يميزها عن سائر أنحاء المعمورة. وإذا ما اطلعنا على خريطة تمثل تباين مناطق العالم المختلفة في كمية ما يصلها من إشعاع شمسي، سنجد أن ما يصل إلى المنطقة العربية من إشعاع الشمس الذهبي في السنة الواحدة يراوح بين 900 و 1400 كيلوواط ساعة للمتر المربع. وهذه الكمية تمثل أعلى كمية إشعاع شمسي يصل إلى الأرض.

يقول البروفيسور كينجي سوزوكي من معهد أبحاث المواد التابع لجامعة طوهوكو اليابانية أثناء زيارة عمل له لمعهد الكويت للأبحاث العلمية في مايو 2010 إن الكويت - بجانب امتلاكها لمخزون وافر من زيت النفط - تمتلك ثروتين طبيعيتين أخريين هما رمال الصحراء الشاسعة، وهذا الكم الهائل من فوتونات الإشعاع الشمسي الهابط إليها. والكويت حالها في ذلك حال دول منطقة الخليج العربي وباقي شقيقاتها العربيات التي تشترك في هذا الشأن.

وإذا ما تم انتخاب واستغلال مناطق الرمال النقية في صحراء الدول العربية في إنتاج مادة السيليكون النقي مع توظيف تكنولوجيا النانو لتخليق وإنتاج أغشية السيليكون الرقيقة، وكذلك مركبات السيليكون المختلفة التي تُظهر خواص فوتوفولطية متميزة مثل مركبات كربيد السيليكون، ونيتريد السيليكون، والسيليكون الأسفنجي ونقاط السيليكون الكمومية ودمجها لتكوين متراكبات من مصفوفات السيليكون - الجيل الثالث من الخلايا الشمسية - فسنتمكن من إنتاج وتصنيع خلايا شمسية عربية تستقبل الإشعاع الشمسي بشكل وافر.



يبين الشكل (أ) رسماً تخطيطياً لخلية من الخلايا الشمسية الصبغية مبيناً به المحلول الإلكتروليتي الذي انغمست به حبيبات من مادة ثاني أكسيد التيتانيوم TiO_2، حيث يوضح الشكل كيفية عمل ذلك النوع من الخلايا. ويعرض الشكل (ب) صورة مأخوذة بواسطة المجهر الماسح الإلكتروني لحبيبات ثاني أكسيد التيتانيوم التي تم تخليقها لتكون على هيئة كريات نانوية الأبعاد، تراوح أقطارها بين 4 و 10 نانومترات. ويبين الشكل (جـ) نموذجاً فعلياً لتلك الخلايا، تم تصنيعه بواسطة تقنية الطباعة النانوية باستخدام طريقة القلم المغموس عن طريق نفث جزيئات المادة وترسيبها على السطح.

إن كفاءة هذا النوع من الخلايا تضاعفت خلال الأعوام الماضية حتى وصلت في عام 2010 إلى نحو 11%. وحديثاً تم إنتاج خلايا مرنة من تلك الأنواع الصبغية بمساحة وصلت إلى 68.8 سم مربع وبكفاءة بلغت نسبتها 11.13%. وتم حديثاً إنتاج خلايا من هذا النوع تتمتع بمساحة هائلة بلغت نحو 7 أمتار مربعة وبكفاءة مضاعفة بلغت نحو 10%. وحفزت تلك النتائج الباهرة العديد من الشركات في ألمانيا واليابان والولايات المتحدة الأمريكية لإنتاج خلايا هذا النوع على المستوى الصناعي وتسويقها في أنحاء العالم المختلفة.

خلايا النقاط الكمومية

النقاط الكمومية Quantum Dots تُطلق على البلورات النانوية لمواد أشباه موصلات، مثل مركبات CdSe، CdS، CdTe، ZnS، PbS، وكذلك نستعير مسماها في تسمية الحبيبات النانوية للعناصر الفلزية الحرة، مثل الذهب والفضة والبلاتين والحديد، أو حبيبات السبائك الفلزية، مثل سبائك Copt3 - PtFe.

ويتم تحضير تلك الحبيبات أو النقاط الكمومية مختبريا على هيئة جُسيمات نانوية كُروية Nanoparticles Spherical ذات أبعاد ثلاثية (X - Y - Z) منتظمة أو شبه منتظمة، تراوح مقاييس أبعاد أقطارها بين 2 و10 نانومترات. وغني عن البيان أن تناهي صغر مقاييس أقطار تلك الحبيبات يُتيح لها أن تحصر داخل حيزها الحجمي الصغير عدداً من الذرات يراوح بين 10 و50 ذرة على الأكثر، لذا فهي تسلك سلوك الذرة الأحادية للمادة. وجذبت هذه المواد اهتمام الباحثين والعلماء منذ أن تعرفوا إلى خواصها البصرية غير المسبوقة. فقد وجدوا أنه بتعريضها لمصدر خارجي من الضوء فإن ذراتها تقوم بامتصاصه كي تطلقه في صورة ألوان مختلفة عند أطوال موجية معينة. ويعتمد هذا الضوء المنبعث اعتماداً كلياً على مقاييس أقطار هذه الحبيبات، هذا إلى جانب اعتماده على هوية ونسب العناصر الداخلة في تركيبها.

الخلايا الشمسية الصبغية أهم أنواع الجيل الثالث من الخلايا الفوتوفولطية لانفرادها بمزايا تقنية واقتصادية متعددة

تطبيقات فريدة

وللنقاط الكمومية تطبيقات فريدة، بعضها نلمسه حالياً، وكثير منها مازال في جعبة المستقبل. ومن أهم تطبيقاتها الحالية:

- تستخدم كواصمات فلورية Fluo- rescent Markers لتعيين أمكنة وجود الأورام والخلايا السرطانية في الجسم، مهما تدنت مقاييس أبعاد تلك الأورام وصغر حجمها.
- تُستخدم في صناعة الديودات الباعثة للضوء Light Emitting Diodes، LED مثل المصابيح الصغيرة الموجودة في الجانب السفلي من أجهزة التلفاز التي تظهر بلون أخضر عند تشغيل الجهاز، في حين تظل على لونها

إنجازات متتالية

تتوالى إنجازات العلماء والباحثين الرامية إلى إنتاج خلايا فوتوفولطية من المواد النانوية المتقدمة مثل الأسلاك والأنابيب النانوية.

وخلال الخمسة عشر عاماً الماضية تم تجريب عدد من تلك المواد في إنتاج خلايا فوتوفولطية، مثل الأسلاك النانوية لمركبات مؤلفة من زرنيخ الإنديوم/زرنيخ الغاليوم InAs/GaAs، وكذلك أنابيب الكربون النانوية، والأنابيب النانوية المخلقة من مركبات زرنيخات الإنديوم غاليوم InGaAs، وغير ذلك من مركبات لعناصر مواد أشباه الموصلات.

وتقوم المجلات العلمية المتخصصة بصورة شبه يومية بنشر عشرات الأبحاث الفريدة في هذا المضمار، حيث يصب العالم اهتمامه حالياً على النقاط الكمومية - البلورات النانوية- لعناصر أشباه الموصلات في إنتاج أجيال متقدمة من الخلايا الفوتوفولطية تصل كفاءتها في تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربائية إلى نحو 40.7% .

الأحمر عند غلق الجهاز ووضعه في حالة الاستعداد للتشغيل.

- تُستخدم في الإضاءة الذاتية لعلامات التحذير المرورية وكذلك في لوحات الإعلانات الموجودة في الطرق السريعة، حيث تمتص تلك الحبيبات الكمومية ضوء كشافات السيارات لتضيء بألوان مختلفة، بناء على أبعاد أقطار الحبيبات المستخدمة في ذلك، والتي عادة ما تكون متباينة في الأبعاد حتى ينبعث منها الضوء بألوان مختلفة وجذابة.
- تُستخدم في تطبيقات مشغلات أقراص الفيديو الرقمية، حيث تُصنع منها أشعة الليزر الأزرق المستخدم في قراءة بيانات تلك الأقراص.

وعززت هذه النقاط الكمومية بخواصها غير المسبوقة من آمال إنتاج خلايا شمسية تُعرف باسم خلايا النقاط الكمومية، وهي أحد أهم أنواع الجيل الثالث من الخلايا الشمسية. وكما ذكرنا سابقاً؛ فإن مفهوم خلايا المتراصات المؤلفة من عدة مواد قد ترسخ وتأكد كوسيلة لتحسين أداء الخلايا الفوتوفولطية ورفع كفاءتها. لذا، لم يكن غريباً على الإطلاق أن تحظى النقاط الكمومية لمادة السيليكون باهتمام وشغف غير عاديين، وذلك استناداً إلى خواصها الفريدة ومزاياها المتعددة في تحويل الطاقة بكفاءة عالية.

لكن ما هي المزايا التي تتفوق بها تلك النقاط الكمومية على غيرها من التركيبات البنائية للمادة؟ في الواقع لعل المزية الأولى هي تمتعها بما يُعرف بفجوة الحزمة الانضباطية Tunable Bandgap، وتعني أن الطول الموجي القادم من طيف الإشعاع الشمسي الذي يتم امتصاصه أو نثره يمكن أن يتم الهيمنة عليه والتحكم فيه وضبطه. فكما نعلم، فإنه كلما صغرت أحجام الحبيبات وتضاءلت مقاييس أبعادها زادت قدرتها وتعاظمت في امتصاص الأطوال الموجية القصيرة من الضوء، ومن ثم تضاعف مقدار الناتج الفولطي لها، وقل فاقد الفوتونات غير المُمتصة وهذا يعني زيادة في كفاءة الخلايا وقدرة أوسع في تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربائية.

وعلى الجانب الآخر، وبالنقيض من الجيل الأول من الخلايا الفوتوفولطية، فإن تدني فجوة الحزمة يقود إلى رفع قدرة الخلية على «الإمساك» بالفوتونات الضوئية والاستيلاء عليها، بما في ذلك تلك الفوتونات الواقعة على حافة اللون الأحمر من الطيف الشمسي، وهذا بلا شك يؤدي إلى زيادة في إنتاجية التيار الكهربائي. وتصل كفاءة تحويل الطاقة في الخلايا الفوتوفولطية المكونة من نقاط كمومية متساوية الأحجام إلى 63%. ونظرياً، فإنه يمكن تحقيق أعلى كفاءة تحويل للطاقة ومن دون فَقدٍ يُذكر، إذا ما تم توظيف متراكبة مؤلفة لعدد من النقاط الكمومية ذات مقاييس وأبعاد مختلفة ومتدرجة. ■

نوع الخلية	مساحة الخلية المُنتجة (سم^2)	الكفاءة القصوى في تحويل الطاقة (%)
GaAs	3.9	25.1
InP	4	21.9
GaInP/GaAs	4	30.3
GaInP/GaAs/Ge	29.93	28.7
Si	4	24.7
GaAs/GaSb	0.053	32.4

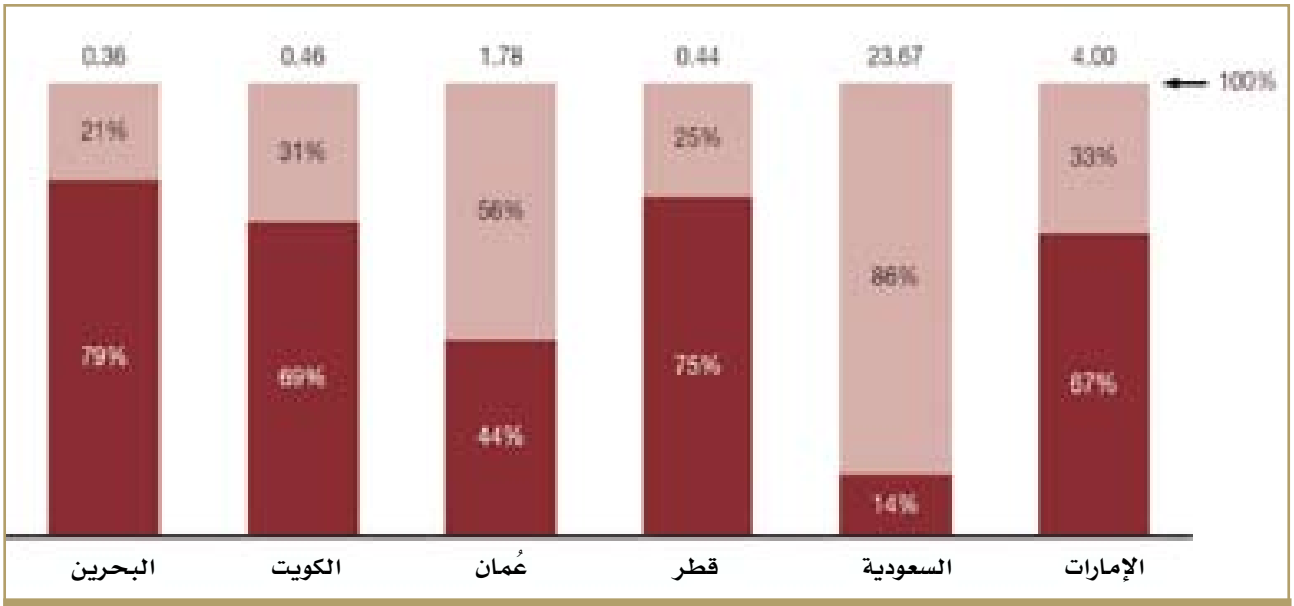
مقارنة بين نماذج من أنواع الجيل الثالث للخلايا الشمسية النانوية مع بيان لكفاءتها القياسية

استخدام الطاقة الشمسية في تحلية المياه

د. محمد علي درويش ود. حسن كمال عبدالرحيم *

تمثل ندرة مصادر المياه الطبيعية مشكلة حقيقية في دول الخليج العربي، حيث يزيد معدل استهلاك المياه فيها بأشواط عدة عن المياه المتاحة والمتجددة بطريقة طبيعية، إذ تبلغ نسبة المياه المستهلكة إلى المياه المتجددة 63 مرة في الكويت، و39 مرة في الإمارات، و12 مرة في قطر، و11 مرة في السعودية، و4.4 مرة في البحرين، ومرة واحده في عمان.

* باحثان في معهد قطر لبحوث البيئة والطاقة، (قطر).



النسبة المئوية من مياه التحلية إلى المياه الكلية المستعملة بدول الخليج

وتؤدي المياه العذبة الناتجة من تحلية ماء البحر دوراً رئيسياً في الوفاء بالمياه المطلوبة للبلديات (للإسكان والمرافق العامة) إذ تبلغ نسبتها 99% في قطر و96% في الكويت، كما تبلغ النسبة المئوية من مياه التحلية إلى مجموع المياه العذبة المستهلكة 79% في البحرين، و75% في قطر، و69% في الكويت، و67% في الإمارات، و44% في عمان و14% في السعودية.

ولا توجد أي منطقة في العالم تعتمد على مياه التحلية بهذه النسب المرتفعة. وتبلغ حصة دول الخليج في سعة محطات تحلية مياه البحر في العالم في مجموعها أكثر من 47% من السعة العالمية، وتشمل 18% في السعودية، و16.66% في الإمارات، و6.46% في الكويت، و1.38% في عمان و1.32% في البحرين، في حين تبلغ حصة الولايات المتحدة 8.17% وإسبانيا 7.64%. هذا، وتزيد الحاجة باطراد إلى مياه التحلية وإلى بناء محطات تحلية جديدة نتيجة الزيادة المستمرة في عدد السكان وارتفاع مستوى المعيشة في دول الخليج.

تكلفة التحلية

وما لا يعلمه معظم الأشخاص هو التكلفة الهائلة لتحلية المياه واستهلاكها لكميات كبيرة من الوقود النفطي (مثل النفط والغاز الطبيعي) الذي تمثل تكلفته حصة كبيرة من التكلفة الكلية لمياه التحلية.

توفر الطاقة الشمسية عند استخدامها لإنتاج مياه التحلية مصدر طاقة متجدداً ونظيفاً ومجانياً يقلل الاعتماد على الوقود النفطي

في الوقت نفسه، تعاني كل دول الخليج (باستثناء قطر) من أجل الحصول على الغاز الطبيعي الذي يستخدم في تشغيل محطات الطاقة وتحلية المياه المشتركة، كما أن الاستهلاك المرتفع للوقود النفطي بسبب تحلية مياه البحر يسبب انبعاث غازات الدفيئة، مثل ثاني أكسيد الكربون المسبب لتلوث الهواء وتغير المناخ. وتؤثر عملية التحلية سلباً على البيئة البحرية حيث يتم طرد محلول ملحي شديد الملوحة (مرة ونصف قدر ملوحة مياه الخليج) وعند درجات حرارة قد تزيد على 10 درجات مئوية عن درجة حرارة الخليج، كما أن هناك تقديرات تشير إلى زيادة ملوحة مياه الخليج ودرجة حرارته بنحو 2%.

وتوفر الطاقة الشمسية عند استخدامها لإنتاج مياه التحلية (وتسمى التحلية الشمسية) مصدر طاقة متجدداً ونظيفاً وآمناً ومجانياً يقلل الاعتماد على الوقود النفطي، ويحد من انبعاث غازات الدفيئة، ويوفر مصدراً مستداماً لإنتاج مياه التحلية.

وتقوم التحلية الشمسية على تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية أو طاقة كهربائية ودمجها في محطات التحلية العادية.

طرق التحلية

تستهلك عمليات تحلية مياه البحر إما طاقة حرارية أو طاقة ميكانيكية (وتسمى طاقة كهربائية أو طاقة الشغل) أو كلتيهما.

ويمكن تصنيف طرق التحلية بصورة عامة إلى التحلية بالتقطير أو التحلية بالأغشية.

1. التحلية بالتقطير

وتشمل الطرق الآتية:

1 - طريقة الغليان المتعدد التأثير (تعمل بالطاقة الحرارية).

2 - طريقة البخر الفجائي المتعدد المراحل (تعمل بالطاقة الحرارية).

3 - طريقة ضغط البخار حرارياً (تعمل بالطاقة الحرارية).

4 - طريقة ضغط البخار ميكانيكياً (تعمل بالطاقة الميكانيكية).

في التحلية بالتقطير يتم توليد بخار ماء نقي من ماء البحر ثم تكثيف هذا البخار ليعطي مياها عذبة نقية. ويتم توليد البخار من ماء البحر إما عن طريق الغليان (رفع درجة الحرارة حتى درجة الغليان، كما في طريقة الغليان المتعدد التأثير) أو البخر الفجائي كما في طريقة البخر الفجائي المتعدد المراحل.

وتشمل طرق التحلية بالتقطير طريقة انضغاط البخار حرارياً، وطريقة انضغاط البخار ميكانيكياً، والتي يتم فيها استخدام ضاغط يدار بمحرك كهربائي أو محرك ديزل أو تُربين غازي يقوم برفع ضغط البخار المتولد في التأثير الأخير ليدخل التأثير الأول كبخار تسخين.

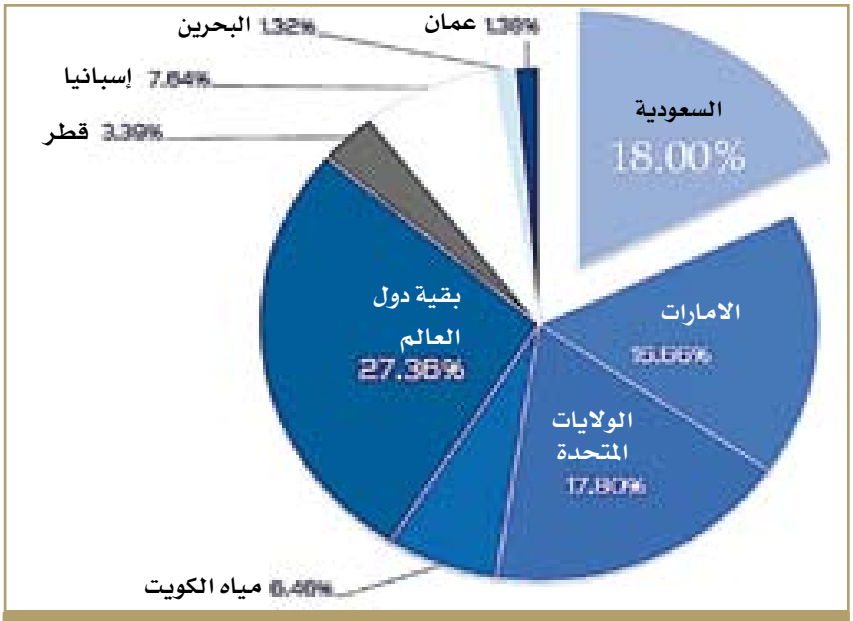
إن طرق التحلية بالتقطير التي تعمل بالطاقة الحرارية، تحتاج أيضاً إلى طاقة كهربائية لإدارة أجهزة التحكم والمضخات المسؤولة عن سريان الموائع المختلفة داخل المحطة.

2 - التحلية بالأغشية

أهم طرق التحلية بالأغشية هي:

1. طريقة التناضح العكسي.
2. طريقة الديلزة الكهربائية، وتسمى أيضا الفرز الغشائي الكهربائي.

في طريقة التناضح العكسي، يتم ضغط ماء البحر إلى غشاء شبه منفذ (أغشية التناضح العكسي شبه المنفذة تسمح فقط لجزيئات المياه بالنفاذ خلال الغشاء ولا تسمح لجزيئات الأملاح بالنفاذ). وهي أكثر طرق التحلية انتشاراً في العالم لقلة استهلاكها للطاقة وتنافس بقوة طريقة



حصة كل من دول الخليج في سعة محطات تحلية مياه البحر في العالم

ندرة مصادر المياه الطبيعية تمثل مشكلة حقيقية في دول الخليج العربي حيث يزيد معدل الاستهلاك فيها بأشواط متعددة على المياه المتاحة والمتجددة

البخر الفجائي المتعدد المراحل في تحلية مياه البحر في دول الخليج.

أما طريقة الديلزة الكهربائية فهي طريقة فصل كهربائي للأملاح من الماء، ويقتصر استخدامها على تحلية المياه الصليبية (قليلة الملوحة) لأن الطاقة الكهربائية المستهلكة تتناسب طردياً مع نسبة الأملاح الذائبة المراد إزالتها.

ولإعطاء فكرة مبسطة عن الطاقة المستهلكة في طرق التحلية المستخدمة حالياً، نشير إلى طريقة البخر الفجائي المتعدد المراحل مع استعادة جزء من سريان الماء الملحي (R-MSF). ويعمل هذا النظام عند درجة حرارة قصوى للماء الملحي في حدود 110 درجات مئوية، لذا يحتاج النظام لبخار تسخين S تصل درجة حرارة تشبعه إلى 117 درجة مئوية يتم تزويد مسخن الماء الملحي به. هذا ويتم تقييم أداء وحدات R-MSF بتعبير يسمى معامل الكسب ويساوي كمية الماء المقطر الناتج D مقسوماً على كمية بخار التسخين S، أي إن معامل الكسب = D/S. كما يتم تقييم الأداء بكمية الحرارة النوعية التي يفقدها بخار التسخين Q في مسخن الماء الملحي لإنتاج وحدة من الماء العذب D، أي إن الحرارة النوعية = Q/D. ويراوح مقدار معامل الكسب في وحدات التحلية بالبخر الفجائي العاملة في منطقة الخليج بين 6 و10، في حين تراوح قيمة الحرارة النوعية بين 250 و 300 كيلوجول/كغم من مياه التحلية العذبة.

وتستخدم أنظمة البخر الفجائي المتعدد المراحل طاقة كهربائية بواسطة المضخات تبلغ نحو 4 كيلوواط ساعة/متر مكعب من ماء التحلية.

ويمكن أن يتم تزويد بخار التسخين لوحدات البخر الفجائي المتعدد المراحل مباشرة من مولد بخاري (غلاية)، وعندها تكون قيمة حرارة الوقود النوعية (أي لكل

مجمع شمسي يسمى مجمع فرزنل الخطي يعكس أشعة الشمس على أنبوب امتصاص مرتفع تسري فيه مياه تغلي نتيجة الأشعة المركزة الساقطة عليه

متر مكعب من ماء التحلية) نحو 360 ميغاجول/متر مكعب، حيث تشمل كمية حرارة الوقود المستهلكة نتيجة تزويد بخار التسخين بالإضافة إلى كمية الحرارة المكافئة للطاقة الكهربائية المستخدمة في المضخات والتي تبلغ نحو 40 ميغاجول/متر مكعب. أما عندما يمكن تزويد البخار باستنزافه (بسحبه) من تربين بخاري عند ربط محطة التحلية بمحطة طاقة بخارية، فإن قيمة حرارة الوقود النوعية تنخفض إلى 200 ميغاجول/متر مكعب.

أما وحدات التقطير بالغليان المتعدد التأثير فهي أكثر كفاءة في استخدام الطاقة مقارنة بوحدات البخر الفجائي المتعدد المراحل. ويتم تقييم أداء تلك الوحدات أيضا بمعامل الكسب (D/S)، حيث يتم تزويد بخار التسخين S إلى التأثير الأول ويعود متكثفا إلى مصدر البخار، وD هي معدل إنتاج مياه التحلية العذبة. ويراوح معامل الكسب بين 6 و 12، ومقدار الحرارة النوعية المستهلكة بين 180 و300 ميغاجول/متر مكعب. لكن عندما يتم تشغيل وحدات التحلية بالغليان عند درجات حرارة منخفضة حيث درجة الحرارة

تستخدم أنظمة البخر الفجائي المتعدد المراحل طاقة كهربائية بواسطة المضخات تبلغ نحو 4 كيلوواط ساعة/متر مكعب من ماء التحلية

القصوى لماء البحر تبلغ 65 درجة مئوية، فبالتالي يمكن تخفيض درجة حرارة تشبع بخار التسخين إلى 70-100 درجة مئوية (أي أقل من ضغط بخار التسخين المزود لوحدات البخر الفجائي)، ومن ثم يكون بخار التسخين أقل قيمة وأقل إتاحية (Availability)، كما أن طاقة الضخ في وحدات الغليان المتعدد التأثير تبلغ نحو نصف طاقة الضخ المستخدمة في وحدات البخر الفجائي، أي نحو 2 كيلوواط ساعة/متر مكعب. وبذلك تبلغ الحرارة النوعية المستخدمة في هذه الطريقة نحو 320 ميغاجول/مترمكعب عندما تزود تلك الوحدات ببخار تسخين مباشرة من مولد بخاري، ونحو 150 ميغاجول/متر مكعب عندما تزود ببخار تسخين مستنزف من تربين بخاري.

أما في وحدات التحلية بانضغاط البخار حراريا، فإن معظم البخار الناتج في التأثير الأخير يتم ضغطه بواسطة ضاغط بخاري ليدخل التأثير الأول كبخار تسخين، ويتم تشغيل الضاغط البخاري بواسطة بخار محرك له ضغط مرتفع مقارنة بضغط البخار المستخدم بوحدات البخر الفجائي أو وحدات الغليان المتعدد التأثير العادية.

3 - التحلية الشمسية

هناك عدة طرق للتحلية بواسطة الطاقة الشمسية تشمل:

أ. تحويل الطاقة الشمسية إلى كهرباء

مجمع شمسي يستخدم القطع المكافئ ليعكس أشعة الشمس ويركزها على أنبوب ماص للحرارة على امتداد بؤرة القطع المكافئ فيسخن مائع التشغيل (زيت مركب) لينتقل الى مبادل حراري لتوليد البخار

تدير محطات التحلية، مثل استخدام الخلايا الشمسية لإنتاج كهرباء تقوم بتشغيل وحدات التحلية التي تدار بالطاقة الميكانيكية كالتناضح العكسي، أو التحلية بانضغاط البخار ميكانيكيا أو الديلزة الكهربائية.

ب. تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية تدير محطات التحلية مباشرة:

1 - الأحواض الشمسية

الحوض الشمسي عبارة عن حوض ضحل يملأ بماء البحر ويغطى بغطاء شفاف (زجاج أو بلاستيك)، وتنتقل أشعة الشمس خلال الغطاء ويمتصها الماء كطاقة حرارية. ولضمان الاستفادة القصوى من الطاقة الشمسية يتم طلاء الحوض من الداخل باللون الأسود لكي يمتص أكبر كمية من الحرارة، لكن سعة الإنتاج لمثل هذه الأحواض تكون منخفضة.

2 - المجمعات الشمسية من دون تركيز:

تستخدم مجمعات شمسية من دون تركيز

الحوض الشمسي حوض ضحل يملأ بماء البحر ويغطى بغطاء شفاف وتنتقل أشعة الشمس من خلال الغطاء ويمتصها الماء كطاقة حرارية

لأشعة الشمس، وهي تتلقى أشعة الشمس وتمتصها كطاقة حرارية وتنقلها إلى مائع (سائل) يسري خلال مجمع الطاقة الشمسية.

3 - المجمعات الشمسية مع التركيز:

تتمثل في مجمعات شمسية تقوم بعكس وتركيز أشعة الشمس على أنبوب ماص للحرارة ليغلي الماء المار في الأنبوب، كما في المجمع الشمسي المسمى (فرزنل الخطي)، أو مجمع (القطع المكافئ)، حيث يتم تسخين زيت يسري في الأنبوب الماص للحرارة، ثم يقوم بنقل حرارته إلى ماء في مبادل حراري لينتج بخاراً، ويتم تزويد هذا البخار لوحدات التحلية بالبخر الفجائي.

4 - تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية تدير محطات التحلية بطريقة غير مباشرة:

يمكن استخدام البخار الناتج من المجمعات الشمسية بالتركيز مثل مجمعات القطع المكافئ أو مجمعات فرزنل الخطية في إدارة محطة طاقة حرارية تنتج طاقة كهربائية، تقوم بدورها بتشغيل محطات التحلية التي تعمل بالطاقة الكهربائية مثل محطات التناضح العكسي.

5 - استخدام الطاقة الشمسية المحولة مباشرة لطاقة كهربائية

محطات التحلية بالتناضح العكسي هي الأكثر شيوعاً بالعالم لانخفاض استهلاكها

مجمع القطع المكافئ الأوروبي

من الطاقة مقارنة بوحدات التقطير، وقد ثبت إمكانية استعمال الخلايا الشمسية في إدارة وحدات التناضح العكسي من الناحية التقنية، أما بالنسبة للناحية الاقتصادية، فيقتصر استعمالها على الأمكنة النائية التي لديها مصدر ماء بحر أو ماء صليبي، وتكون تكلفة نقل الماء العذب إليها مرتفعة. ويساعد على استخدام الخلايا الشمسية الانخفاض المستمر في أسعارها.

وتصنع الخلايا الكهرضوئية (الخلايا الشمسية) من مادة أو مواد من أشباه الموصلات تحول ضوء الشمس مباشرة إلى تيار كهربائي مستمر. ومعظم الخلايا الشمسية مصنعة من بلورات السيليكون. وتنتج الخلية الشمسية تحت أشعة الشمس العالية أكثر من 30 ملي أمبير لكل سنتيمتر مربع من مساحتها. ويتم عادة ربط عدة خلايا معاً لإضافة قدرات توليد كهربائية.

الخلايا الشمسية والتخزين

يتم ترتيب مصفوفة الخلايا ليتم تشغيل جهاز ذي مواصفات محددة. والخلايا الشمسية هي القلب بالنسبة لأي منظومة خلايا شمسية، والتي تشمل بجانب الخلايا الشمسية هياكل التثبيت التي تحمل الخلايا وتقوم بتوجيهها في اتجاه أشعة الشمس، كما يمكن تثبيتها في جهاز تتبع لحركة الشمس إذا كان هناك مبرر للتكلفة الإضافية. وتشمل كذلك طرق تخزين الطاقة الكهربائية كالبطاريات لتشغيل الحمل خلال أوقات الغيوم، أو عدم سطوع الشمس. وقد يكون نظام التخزين مطلوباً وضرورياً لأنظمة الخلايا الشمسية لأن إنتاجها يعتمد على كثافة أشعة الشمس ودرجة الحرارة، وبالتالي يختلف الإنتاج وفق الوقت. لذا، فإن التيار المستمر الناتج من الخلايا قد يخزن في البطاريات، أو يوصل للشبكة أو الحمل. ويجب أن يراقب كل ذلك من أجل تشغيل سلس للنظام. ويطلق على عناصر التحكم في انتظام التيار الناتج «منظم الشحن».

تشكل المعالجة الأولية لمياه التغذية في نظام التناضح العكسي مرحلة أساسية لتجنب أو تقليل تلوث الأغشية مما يؤثر على أداء واعتمادية وحدات التحلية بالتناضح العكسي

ومدخلات الطاقة إلى نظام PV هي الإشعاع الشمسي الساقط، وهو قوة الإشعاع الضوئي على وحدة المساحة ويعبرعنها بالكيلوواط على المتر المربع. ويتكون الإشعاع الشمسي الساقط من إشعاع مباشر وإشعاع منتشر يسمى مجموعهما الإشعاع الكلي. وإذا تم تجميع الإشعاع الشمسي الساقط خلال فترة من الزمن (ساعة، يوم أو سنة)، فإنه يتم الحصول على كمية الطاقة الشمسية الساقطة على وحدة المساحة في تلك الفترة من الزمن. ويمكن الحصول على مزيد من طاقة الإشعاع الشمسي الساقط إذا كان سطح مصفوفة الخلايا مائلا بزاوية تساوي خط العرض.

وتحدد الاختبارات القياسية للخلايا الشمسية (عند إشعاع شمسي قدره 1000

واط/متر مربع، درجة حرارة الخلية الشمسية 25 درجة مئوية، كتلة الهواء 1.5) خصائص الإنتاج الكهربائي القياسي لتلك الخلايا. ويتم تحديد المواصفات القياسية عند نقطة إنتاج الطاقة القصوى من منحنى الجهد- التيار. ومن أجل ضمان مواصفات أداء الوحدات، يتم تغطية أو تغليف الخلايا جيدا بزجاج للحماية ضد التآكل والرطوبة والتلوث والعوامل الجوية.

وتعتمد كمية الطاقة المستهلكة في نظام التحلية بالتناضح العكسي أساساً على مستوى ملوحة مياه التغذية. وتشكل المعالجة الأولية لمياه التغذية في نظام التناضح العكسي مرحلة أساسية لتجنب أو تقليل تلوث الأغشية مما يؤثر على أداء واعتمادية وحدات التحلية بالتناضح العكسي. ومن المزايا الرئيسية لمحطات التحلية بالتناضح العكسي العمل عند درجة حرارة الغرفة وإمكانية بناء المحطة بصورة نمطية، مما يعطي مرونة عند الحاجة لزيادة الطاقة الإنتاجية عند قصر فترة البناء، وانخفاض الطاقة المستهلكة مقارنة بأنظمة التقطير الحرارية. وعادة ما تعمل مضخات محطة التحلية باستخدام التيار المتردد، وهذا يعني أن هناك حاجة إلى محول من التيار المستمر إلى التيار المتردد. كما قد تكون هناك حاجة إلى البطاريات للحفاظ على التشغيل المستمر للنظام، حتى عندما تكون الطاقة الشمسية غير كافية أو وجود تغيرات كبيرة في الطاقة الكهربائية المولدة من الخلايا الشمسية. لذلك، يتضمن النظام الكهرضوئي المتكامل بجانب الخلايا الشمسية، البطاريات، ووحدة تحكم، ومحول التيار إضافة إلى أنواع مختلفة للتحكم عند تغير الأحمال الكهربائية.

ويمكن أن تعتمد وحدات التناضح العكسي على الطاقة الناتجة من الخلايا الشمسية فقط أو إضافة طاقة من مصادر أخرى مثل تربينات الرياح، أو محركات الديزل، أو الربط بشبكة إمدادات الطاقة الكهربائية. ويمكن للخلايا الشمسية أن تكون ثابتة التوجه إلى الشمس أو يتغير اتجاهها لتتعامد مع أشعة الشمس طوال اليوم.

وعند استخدام طريقة التناضح العكسي لتحلية مياه البحر، فإن الماء الملحي المطرود يكون عند ضغط مرتفع، ويمكن استعادة طاقة هذا الماء بأجهزة استرجاع الطاقة مما يؤدي إلى خفض الطاقة المستهلكة في إنتاج المياه العذبة. ومن المواد الأكثر استخداماً في تصنيع الخلايا الكهرضوئية السيليكون الأحادي البلورات (42%)، والسيليكون المتعدد البلورات (45%)، ونحو 12% من مركبات كبريتيد الكادميوم (CdS)، وكبريتيد النحاس (Cu_2S)، وزرنيخ الغاليوم ($GaAs$). وعادة ما تجمع هذه الخلايا إلى وحدات لتنتج تياراً ثابت الجهد (تياراً مستمراً) عندما تتعرض للإشعاع الشمسي.

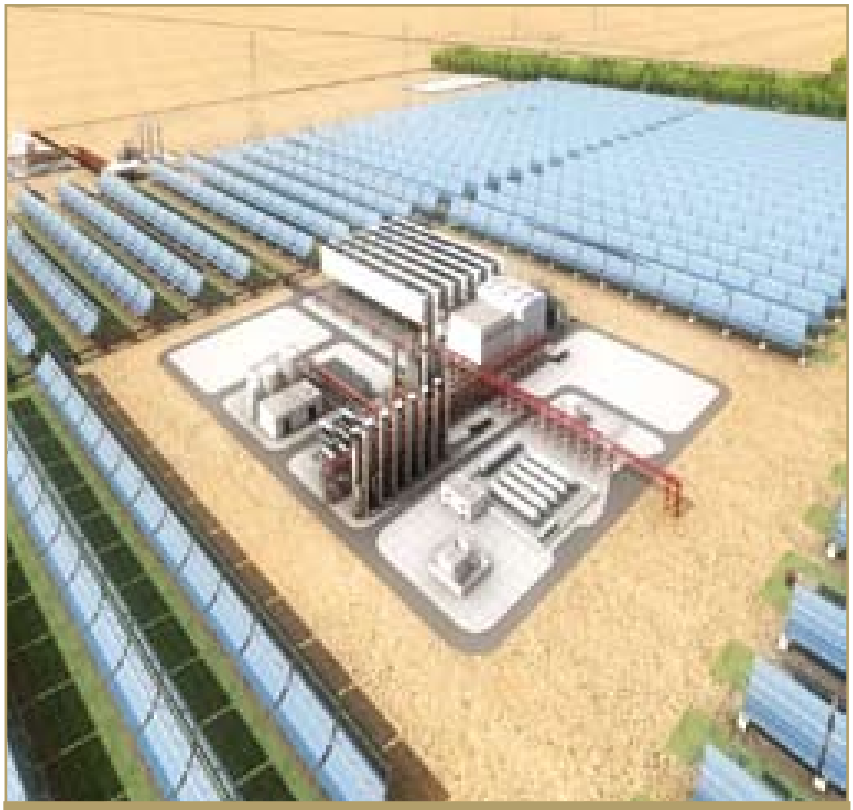
تطور صناعة الألواح الشمسية ينعكس إيجابياً على استخدامها في تحلية المياه

يمكن أن تعتمد وحدات التناضح العكسي على الطاقة الناتجة من الخلايا الشمسية فقط أو إضافة طاقة من مصادر أخرى

الطاقة المستخدمة في محطات تحلية المياه

يمكن أن تكون محطات التحلية قائمة بذاتها (مستقلة) أو تكون مرتبطة بمحطات توليد الطاقة، ومن ثمّ تدعى محطات التوليد المشتركة للطاقة وتحلية المياه (CPDP). ويتم في محطات تحلية المياه القائمة بذاتها استخدام مرجل بخاري لتوليد البخار اللازم لتشغيل محطات التحلية. ونادراً ما تستخدم هذه الطريقة في محطات التحلية ذات السعات الكبيرة لأن ذلك يمثل استخداماً سيئاً للطاقة الحرارية وهدراً كبيراً لها.

وتستهلك وحدة تحلية نمطية تعمل بنظام التقطير المتعدد المراحل (MSF) طاقة نوعية (Q/D) قدرها 270 ميغاجول/متر مكعب من المياه العذبة المنتجة. وعندما يتم تزويد وحدة التحلية ببخار مباشرة من مرجل بخاري ذي كفاءة حرارية مقدارها 90%،



مجمعات ألواح شمسية حديثة

تكون طاقة الوقود النوعية 300 (QF/D) ميغاجول/متر مكعب. وتبلغ الطاقة الكهربائية اللازمة لتشغيل المضخات المختلفة نحو 4 كيلوواط ساعة/متر مكعب.

وتقدر كمية الوقود المطلوبة لإنتاج تلك الطاقة الكهربائية (4 كيلوواط ساعة/متر مكعب) في محطة إنتاج كهرباء تعمل بكفاءة 36% بنحو 40 ميغاجول/متر مكعب. لذلك، فإن مجموع استهلاك الوقود للوفاء بالطاقة الحرارية والكهربائية المطلوبة لوحدات التقطير الفجائي المتعدد المراحل عند تزويدها ببخار مباشرة من مرجل بخاري هو 340 ميغاجول/متر مكعب.

وعند معرفة أن الطاقة الحرارية التي يولدها احتراق برميل من النفط تبلغ 6 غيغاجول، وافتراض سعر البرميل يعادل 100 دولار أمريكي، فإن تكلفة الوقود المستخدم لإنتاج متر مكعب من الماء العذب تعادل 5.6 دولار أمريكي/متر مكعب، وهذه تكلفة عالية جدا لإنتاج متر مكعب من الماء العذب.

وإذا تم استخدام الغاز الطبيعي الذي يعادل سعره 60% من سعر النفط، فإن تكلفة الوقود النوعية تظل مرتفعة عند 3.4 دولار أمريكي/متر مكعب.

وفي محطات إنتاج الطاقة والمياه البخارية المشتركة (CPDP) التي تعمل بواسطة الوقود، أو عن طريق الطاقة الشمسية، يتم توليد البخار عند درجة حرارة وضغط أعلى بكثير من تلك المطلوبة لوحدة التقطير المتعدد المراحل.

يزود البخار للتربينات البخارية (ST) ويسمح له بالتمدد وإنتاج عمل ميكانيكي يتحول إلى طاقة كهربائية بواسطة المولد الكهربائي، وذلك قبل أن يتم استنزافه (أو خروجه) جزئياً أو كلياً لتشغيل محطات التحلية، ويتم في هذه الحالة توزيع تكلفة إنتاج البخار بين محطتي الكهرباء والماء.

وفي محطة نمطية لإنتاج الكهرباء والماء، CPDP باستخدام تربينات بخارية، فإنه إذا تم السماح لكيلوغرام واحد من البخار (عند ظروف الاستنزاف لمحطة التحلية) بالتمدد في جزء من التربين عند ضغط منخفض حتى ضغط المكثف، سينتج نحو 490 كيلوجول من العمل الميكانيكي، ويعتبر هذا المقدار

محطات تحلية المياه القائمة بذاتها تستخدم مرجلاً بخارياً لتوليد البخار اللازم لتشغيل محطات التحلية مما يمثل استخداماً سيئاً للطاقة الحرارية

عملاً مفقوداً بالنسبة لمحطة الكهرباء نتيجة لاستنزافه واستخدامه في محطة إنتاج الماء. وفي محطة تقطير نمطية تعمل بمعامل كسب مقداره 8.5، فإن كيلوغراماً واحداً من البخار ينتج 8.5 كيلوغرام من الماء العذب، ويكون معدل العمل الميكانيكي المفقود من التربين لكل كيلوغرام من مياه التحلية هو 57.6 كيلوجول/كغم من مياه التحلية، ما يعادل 16 كيلوواط ساعة/متر مكعب، وعند إضافة مقدار الطاقة الكهربائية المستهلكة في عملية الضخ (4 كيلوواط ساعة/متر مكعب) يصبح مقدار العمل الميكانيكي المكافئ لإنتاج متر مكعب واحد من المياه باستخدام طريقة التقطير المتعدد المراحل نحو 20 كيلوواط ساعة/متر مكعب.

لإنتاج هذا المقدار من العمل من محطة توليد كهرباء ذات كفاءه 36% فإنها تحتاج إلى نحو 200 ميغاجول/متر مكعب، مقارنة بنحو 340 ميغاجول/متر مكعب في حالة توليد البخار مباشرة من الغلاية لمحطة التقطير، وهو ما يعادل خفضاً بمقدار 41% من طاقة الوقود المستخدم، وهذا ينطبق على المحطات التي تعمل بالوقود النفطي أو بالطاقة الشمسية. ومرة أخرى، فإن برميل الوقود الذي يولد 6 غيغاجول طاقة حرارية وسعره 100 دولار أمريكي، سيؤدي إلى جعل تكلفة الوقود المستخدم لإنتاج متر مكعب من

محطات التوليد بالطاقة الشمسية التي تستخدم مجمعات القطع المكافئ لتوليد البخار وتوريده لدورة رانكن الحرارية هي النوع الأكثر وثوقية والأوسع استخداماً

آفاق واعدة لتوسع استخدام الطاقة الشمسية في تحلية المياه بمنطقة الخليج العربي

الماء العذب في محطة إنتاج مشترك تعادل 3.3 دولار /متر مكعب، وهذه تكلفة عالية لإنتاج متر مكعب من الماء العذب. وإذا تم استخدام الغاز الطبيعي الذي يعادل سعره 60% من سعر النفط، فإن تكلفة الوقود النوعية تظل مرتفعة، وذلك عند 1.89 دولار/متر مكعب. وهذا الخفض في سعر الطاقة (مقارنة بطريقة توريد البخار من الغلاية لمحطة التحلية مباشرة) هو السبب الرئيسي في استخدام محطات الإنتاج المشترك لتوليد الطاقة وإنتاج الماء.

محطات توليد الطاقة الشمسية باستخدام مجمعات القطع المكافئ

تستخدم عدة أنواع من مجمعات الطاقة الشمسية لتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية على شكل بخار لتشغيل محطات الطاقة الشمسية (SPP). وهذه تشمل: مجمعات القطع المكافئ (PTC)، أو عدسات فرزنل الخطية (LFC) التي تركز أشعة الشمس على مستقبل خطي، وهناك أيضا المستقبلات المركزية (أبراج) وأطباق القطع المكافئ التي تقوم بتركيز الأشعة الشمسية على نقطة.

ومحطات التوليد بالطاقة الشمسية التي تستخدم مجمعات القطع المكافئ لتوليد البخار وتوريده لدورة رانكن الحرارية هي النوع الأكثر وثوقية والأوسع استخداماً. وتتكون مجمعات القطع المكافئ من مرايا لديها سطح منحن يعكس الإشعاع الشمسي المباشر الساقط عليها على أنابيب المستقبل المركبة على طول الخط البؤري للمجمع، ويتم المحافظة على أشعة الشمس متعامدة على المرايا ومُركزة على المستقبل على مدار اليوم. ■

الخلاصة

إن استخدام الخلايا الشمسية لتشغيل محطات تحلية المياه أمر مكلف جداً، ويجب أن يقتصر على المناطق النائية التي تفتقر إلى موارد المياه الصالحة للاستخدام، أو المناطق التي تكون تكلفة نقل المياه إليها مرتفعة جداً.

والتكلفة الرأسمالية للطاقة الشمسية المحولة لطاقة حرارية (على شكل بخار) الموردة مباشرة إلى محطات التحلية الحرارية هي أيضا مكلفة جدا.

إن استخدام محطات الطاقة الشمسية التي تعتمد على مجمعات القطع المكافئ لإنتاج بخار المياه ومن ثم إنتاج الطاقة الكهربائية باستخدام تربينات بخارية، وذلك لتشغيل محطات تحلية مياه البحر بنظام التناضح العكسي يستهلك الحد الأدنى من تكلفة رأس المال. واستخدام محطات الطاقة الشمسية التي تعتمد على مجمعات القطع المكافئ في الإنتاج المشترك (إنتاج الكهرباء وماء التحلية) واستخدام نظام تناضح عكسي يعتمد على الطاقة الكهربائية مع نظام تقطير يعتمد على الطاقة الحرارية يعتبر من الحلول الاقتصادية والعالية الكفاءة في الوقت نفسه.

مصدر..
مدينة الطاقة المتجددة

م. محمد الحسن *

على أطراف مدينة أبو ظبي عاصمة دولة الإمارات العربية المتحدة، وقرب مطارها الآخذ في التوسع والانتشار، تتربع مدينة (مصدر) الحديثة على مساحة واسعة لتصبح إحدى مدن المستقبل المعتمدة على الطاقة المتجددة، ولتبعث الأمل بإمكان العيش في مدن مستدامة ونظيفة بيئياً وخالية من التلوث والنفايات الضارة.

ولم تكن انطلاقة تلك المدينة الواعدة في عام 2006 بقرار من قيادة إمارة أبوظبي أمراً مستغرباً، بل جاءت نتيجة اهتمام متواصل بالشأن البيئي، ورؤية ثاقبة للتطورات الحاصلة في ميدان الطاقة المتجددة والتقنيات المستدامة، من خلال التعليم والبحث والتطوير والاستثمار والتسويق، وسعياً نحو تحقيق نقلة نوعية في المدن المستدامة، إضافة إلى كونها أحد أهداف (الرؤية الاقتصادية 2030 لإمارة أبو ظبي)، الرامية إلى تنويع مصادر الدخل وتعزيز القطاعات الاقتصادية القائمة على المعرفة في الإمارة.

* كاتب علمي (الكويت).

حقائق وأرقام عن (مصدر)

- المساحة الإجمالية: 700 هكتار مع مساحة طابقية تبلغ 3.7 مليون متر مربع.
- مساحات سكنية: 52%.
- مساحات تجارية: 38%.
- مساحات التجزئة: 2%.
- مساحات مجتمعية: 8%.
- العدد الإجمالي المتوقع للسكان: 40 ألف نسمة.
- العدد الإجمالي المتوقع للزائرين: 50 ألف زائر.
- الكثافة السكانية: 140 نسمة في الهكتار الواحد.
- تبعد 17 كيلومتراً عن قلب العاصمة أبوظبي.

معهد مصدر للعلوم والتكنولوجيا

ومنذ انطلاقتها تطمح (مصدر)، التي تعد إحدى شركات (مبادلة للتنمية)، ذراع الاستثمارات الاستراتيجية المملوكة بالكامل لحكومة أبوظبي، إلى أن تصبح منصة داعمة لجهود التنويع الاقتصادي في الإمارة. وهي ثلاث وحدات أعمال؛ (مصدر للاستثمار)، و(مصدر للطاقة النظيفة)، و(مدينة مصدر)، إضافة إلى (معهد مصدر)، الذي يعد جامعة مستقلة للدراسات العليا تركز على الأبحاث.

ويساعد هذا النهج الشامل في تعزيز مكانة (مصدر) في طليعة رواد قطاع الطاقة النظيفة العالمي، وضمان تحقيق أهدافها في تطوير تقنيات ونظم مبتكرة ومجدية تجاريّاً، حيث تركز كل واحدة من وحدات الأعمال هذه على عنصر أساسي في سلسلة القيمة، بما يتيح العمل على نطاق أوسع لمواجهة تحديات الاستدامة المستقبليّة.

الأكثر استدامة

وتعد (مدينة مصدر) أحد أكثر مجمعات التقنيات النظيفة استدامة في العالم، ومركزاً رائداً للمعرفة والأعمال والبحوث والتطوير. وهي تبعد 17 كيلومتراً عن قلب أبوظبي، ما يجعل شركات العاصمة على مقربة من مركز تطوير قطاع الطاقة المتجددة والتقنيات النظيفة، حيث تشكّل المدينة منطقة اقتصادية متكاملة تضمن لهذه الشركات النمو والابتكار.

تعد مدينة (مصدر) أحد أكثر مجمعات التقنيات النظيفة استدامة في العالم ومركزاً رائداً للمعرفة والأعمال والبحوث والتطوير

وتعتبر (مصدر) مدينة عربيّة عصريّة تنسجم مع بيئتها المحيطة بصورة تامة، وتضم المدينة مباني ذات كثافة سكانية عالية ومناطق مواتية للمشاة؛ وهي بذلك تعكس التزام الإمارة ببناء مستقبل مستدام، والترويج لاعتماد أفضل الممارسات في مجالات التخطيط والتصميم والتطوير والتشغيل.

إضافة إلى ذلك، تجسد المدينة نموذجاً رائداً للتنمية العمرانيّة المستدامة على مستوى المنطقة والعالم، إذ توفر أرقى مستويات الحياة مع بيئة عمل نموذجية بأقل بصمة بيئيّة ممكنة، إلى جانب تركيزها على المشروعات المجدية من الناحية التجاريّة.

وفي عام 2010، تم إشغال المجموعة الأولى من المباني المكتملة في (مدينة مصدر)، وانتقل (معهد مصدر للعلوم والتكنولوجيا) إلى حرمه الجامعي الدائم الذي لا يزال يشهد مزيداً من عمليات التطوير.

وتشتمل المرحلة الأولى على مضاعفة مساحة الحرم الجامعي للمعهد، واستكمال المقر الرئيسي للمدينة الذي يستضيف مقر الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (آيرينا)، إضافةً إلى مبنى (واحة الابتكار)، فضلاً عن العديد من المباني السكنية والتجارية ومنافذ التجزئة والمرافق المجتمعية. ومن المتوقع أن يصل عدد

الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (آيرينا)

يقع المقر الرئيسي للوكالة الدولية للطاقة المتجددة (آيرينا) في مدينة مصدر ضمن مجمّع عمراني فريد متعدد الاستخدامات يضم مساحات مكتبية وتجارية بمساحة إجمالية تصل إلى 32 ألف متر مربع. ويتمتع المبنى بتصميم مبتكر يوفر أعلى درجات الكفاءة والمرونة والاستدامة البيئية.

وتساهم الألواح الكهرضوئية المثبّتة في سطح المبنى في إنتاج أكثر من 340 ألف كيلوواط ساعة سنوياً. وباعتباره وجهة استراتيجية ومرموقة للأعمال، سيحتضن المبنى العديد من المستأجرين بدءاً من الشركات الناشئة والشركات الصغيرة والمتوسطة وصولاً إلى المكاتب الإقليمية للشركات الكبيرة.

سكان (مصدر) عند استكمال تطويرها إلى 40 ألف نسمة وتستوعب 50 ألف زائر.

بيئة عمرانية ممتازة

وتشكل المدينة بيئة عمرانية ممتازة تقدم لقاطنيها وزوارها ابتكارات تكنولوجيّة يتم تطويرها ضمن المدينة في المختبرات ومراكز الأبحاث، وتجريبها في مرافق الاختبار والتطبيق العملي، وتسويقها.

وتعتبر المدينة منصة مفتوحة للتكنولوجيا واستعراض التقنيات والمنتجات والمواد والنظم والسياسات الجديدة، وتوفر فرصة متميزة لتسويق الأدوات والتقنيات التي تمكّن أبوظبي والمدن العالميّة الأخرى من الارتقاء بمعايير الاستدامة فيها.

مصدر للطاقة النظيفة

تسعى وحدة (مصدر للطاقة النظيفة) إلى تنويع مصادر الطاقة في أبوظبي وتوسيع خبراتها في مجال مشروعات الطاقة المجدية تجارياً، وهي تستثمر في تطوير مشروعات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح على نطاق المرافق الخدمية

تعتبر (مصدر) مدينة عربيّة عصريّة تنسجم مع بيئتها المحيطة بصورة تامة وتضم مباني ذات كثافة سكانية عالية ومناطق مواتية للمشاة

وصولاً إلى تعزيز كفاءة الطاقة، ومشروعات التقاط الكربون وتخزينه. وتشارك في العديد من المشروعات الرائدة في العالم.

وتضم قائمة مشروعات (مصدر للطاقة النظيفة) في الإمارات: محطة الطاقة الشمسية المركزة (شمس 1) بقدرة 100 ميغاواط، ومحطة الألواح الكهرضوئية بقدرة 10 ميغاواط في (مدينة مصدر)، إضافة إلى الألواح الضوئية المركبة على سطوح مباني المدينة بطاقة قدرها 1 ميغاواط. وبلغت مراحل متقدمة في مخططات تشييد محطة كهرضوئية بطاقة 100 ميغاواط في مدينة العين، ومحطة لتوليد طاقة الرياح بقدرة 30 ميغاواط في جزيرة صير بني ياس، فضلاً عن مشروعات التقاط الكربون وتخزينه، بهدف تحقيق قيمة إضافية للاقتصاد الوطني والحد من الانبعاثات الكربونية الناجمة عن المصانع.

وتعمل (مصدر) أيضاً على تطبيق رؤيتها للطاقة النظيفة عبر العديد من مشروعاتها المنتشرة في جميع أنحاء المنطقة، بما في ذلك محطة توليد طاقة الرياح في جزر السيشل، ومشروعات الطاقة المتجددة في تونغا وأفغانستان والتي يجري تطويرها استجابة لمبادرة (الطاقة المستدامة للجميع) التي أطلقتها الأمم المتحدة؛ إضافة إلى إنجاز محطة للطاقة الكهرضوئية في موريتانيا بقدرة 15 ميغاواط.

وعلى المستوى الدولي، تستثمر (مصدر

انطلقت مدينة (مصدر) في دولة الإمارات العربية عام 2006 وهي تطمح لتكون منصة داعمة لجهود التنويع الاقتصادي في إمارة أبو ظبي

للطاقة النظيفة) في تطوير عدد من أضخم مشروعات الطاقة المتجددة على نطاق المرافق الخدمية في العالم منها مشروع (توريسول) المشترك مع شركة (سينير) بإسبانيا؛ ومحطة (مصفوفة لندن - المرحلة الأولى) لتوليد الطاقة من الرياح البحرية بقدرة 630 ميغاواط، وهي مشروع سيشكل عند انتهائه أكبر محطة لإنتاج الطاقة من الرياح البحرية في العالم.

معهد مصدر للعلوم والتكنولوجيا

يعد المعهد جامعة مستقلة للدراسات العليا تعنى بالأبحاث والبرامج وتركز على تطوير تقنيات الطاقة النظيفة والمستدامة. ويجسد المعهد رؤية الأب المؤسس لدولة الإمارات العربية المتحدة، المغفور له الشيخ زايد بن سلطان آل نهيان، والفلسفة التي تنطلق منها قيادة إمارة أبوظبي في التزامها الراسخ بالحفاظ على البيئة الطبيعية وحمايتها.

ومنذ تأسيسه عام 2007، ساهم المعهد في إرساء ركائز ثقافة البحث العلمي في الإمارات عبر العديد من المبادرات القيمة. ويواصل المعهد جهوده لإرساء البنية التحتية للنشاطات البحثية والتطويرية التي من شأنها أن تساهم مباشرة في تنمية القطاعات الاقتصادية المختلفة في إمارة أبوظبي بالاعتماد على تقنيات الطاقة النظيفة.

ويعمل المعهد الذي تأسس بالتعاون مع (معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا)، على دمج الجانب النظري مع التطبيق العملي لتعزيز ثقافة الابتكار ونشر روح الريادة وتخريج مفكرين ناقدين وقادة للمستقبل.

ويلتزم المعهد من خلال الهيئة التدريسية ذات المستوى العالمي وطلابه المتفوقين بتوفير حلول ناجعة للتحديات التي تواجه قطاع الطاقة النظيفة ولمشكلة التغير المناخي من خلال البحث والتحصيل العلمي. ويضم المعهد طلاباً من أكثر من 40 بلداً، الأمر الذي يساهم في إثراء الحياة الجامعية ضمنه عبر توليفة مميزة من الخلفيات الثقافية والاهتمامات والمواهب المتنوعة.

ويوفر (معهد مصدر) ثمانية برامج ماجستير وفقاً لنظام التعليم العالي الأمريكي، ويمنح طلابه فرصة لخوض تجربة تعليمية فريدة، مع التركيز على التميز الأكاديمي، والتعليم المتفوق، والبحث العلمي، والتحصيل الدراسي العالي.

ويشكل المعهد ركيزة أساسية للابتكار وتنمية رأس المال البشري وحجر أساس لجهود أبوظبي الرامية إلى تطوير اقتصاد قائم على المعرفة وإيجاد حلول عملية لمواجهة أصعب التحديات العالمية. ■

محطة (شمس 1) للطاقة الشمسية

- تعد من أكبر محطات الطاقة الشمسية المركزة في العالم.
- مساحة الأرض: 2،5 كيلومتر مربع.
- القدرة الفعلية: 100 ميغاواط.
- تؤدي إلى تفادي إطلاق 175 ألف طن من غاز ثاني أكسيد الكربون سنوياً.
- يضم الحقل الشمسي 768 مصفوفة من عاكسات القطع المكافئ لتجميع الطاقة الشمسية.
- انطلق العمل بالمشروع في يونيو 2010 في مدينة زايد على بعد 120 كيلومتراً من أبوظبي، وتم تدشينها في عام 2013.

عقد الأمم المتحدة لتوفير الطاقة المستدامة

د. عبدالله بدران *

قبيل إعلان الأمم المتحدة في ديسمبر عام 2012 قرارها الذي تبنته بالإجماع باعتماد السنوات العشر الواقعة بين عامي 2014 – 2024 (عقد الأمم المتحدة لتوفير الطاقة المستدامة للجميع)؛ أطلق الأمين العام للأمم المتحدة بان كي مون نداءه الموضح لذلك القرار حين قال: «لا يمكن أن تكون هناك تنمية مستدامة من دون طاقة مستدامة... وهناك اعتراف متزايد بين زعماء العالم بأن الحصول على الطاقة أمر بالغ الأهمية لتحقيق أهداف الأمم المتحدة الإنمائية للألفية، بما في ذلك التخفيض الكبير في الفقر المدقع والجوع بحلول عام 2015».

* المحرر العلمي للمجلة.

لم يكن إطلاق الأمم المتحدة لذلك العقد الأممي (عشر سنوات) أمراً عادياً أو مستغرباً؛ فالإحصاءات تظهر وجود مشكلات حادة في مجال استخدام الطاقة في أنحاء العالم، وتطورات سلبية حيال النقص الحاد في استخدامها في الدول النامية، وتشير إلى تلك العلاقة المثيرة للجدل بين الطاقة بأنواعها المتعددة وتغير المناخ.

وتشير هذه الإحصاءات الدولية إلى أن ثمة أكثر من مليار و400 مليون شخص لا يحصلون على الكهرباء في العالم، وأن هنالك مليار شخص آخرين يحصلون على الكهرباء بشكل متقطع، ونحو ثلاثة مليارات شخص يعتمدون على الكتلة الحيوية التقليدية مثل الخشب أو مخلفات النباتات لأغراض الطهو والتدفئة، ما يسبب لمعظمهم وفاة مبكرة، بسبب تلوث الهواء داخل البيوت، كما أن إمداد الطاقة وتحويلها واستخدامها هي المساهم المهيمن في تغير المناخ، بحيث تمثل نحو 60% من مجموع انبعاثات غازات الاحتباس الحراري العالمية.

الطاقة المستدامة للجميع

واستبقت الأمم المتحدة ذلك (العقد الأممي) بمبادرة (الطاقة المستدامة للجميع) التي أطلقها بان كي مون عام 2011، بأهداف عالمية ثلاثة هي: ضمان حصول الجميع على خدمات الطاقة الحديثة، ومضاعفة المعدل العالمي لتحسين كفاءة استخدام الطاقة، ومضاعفة كميتها المتجددة في مزيج الطاقة العالمي بحلول عام 2030.

وقال بان كي مون حين إطلاق المبادرة: «إن الطاقة للجميع في صميم جدول أعمال التنمية المستدامة في مرحلة ما بعد عام 2015. إنها الخيط الذهبي الذي يربط القضاء على الفقر والنمو الاقتصادي المعتدل والبيئة الصحية. وتم التعهد وتسليم التزامات بمليارات الدولارات. وانضم أكثر من ثمانين بلداً

الطاقة النظيفة تنقذ البشرية من الأضرار الناجمة عن التلوث

العالم يواجه مشكلات حادة في مجال استخدام الطاقة ويشهد تطورات سلبية حيال النقص الحاد فيها مع وجود علاقة جدل مثيرة بين الطاقة بأنواعها المتعددة وتغير المناخ

نامياً للمبادرة؛ من الهند إلى البرازيل، هناك عدد متزايد من الأفراد لديهم الضوء والطاقة ولم يكن لديهم أي شيء من قبل. ومن المنظمات غير الحكومية إلى بنوك التنمية متعددة الأطراف.. نحن نعمل معا من أجل هدف مشترك».

أما الرئيس التنفيذي لمبادرة الطاقة للجميع، كندة يومكيلا فقال حينذاك عن المبادرة الدولية: «نحن نعلم أن الطلب على الطاقة سيزيد بنسبة 60% أو أكثر خلال العقد ونصف العقد المقبل، وفي بعض المواقع حول العالم سيتضاعف الطلب على الطاقة. وإن تلبية الطلب على الطاقة وفي الوقت نفسه التعامل مع قضية انبعاثات غازات الدفيئة، سيكون تحدياً كبيراً».

وعن عقد الطاقة المستدامة للجميع (2014-2024) أوضح يومكيلا: «بالنسبة للمناطق الريفية فإن إزالة الغابات هي قضية كبيرة في الواقع، إنها سبب جزئي في التركيز خلال السنتين الأوليين من (عقد الطاقة المستدامة للجميع) على الطاقة وصحة النساء والأطفال، وجزء من هذا البعد هو أن نحو أربعة ملايين شخص يموتون كل عام بسبب تلوث الهواء المنزلي، من استخدام الحطب والفحم وروث البقر. ونعتقد أنه إذا كنا

الطاقة المستدامة في الوطن العربي

وفق تقرير أصدره (المنتدى العربي للبيئة والتنمية) العام الماضي فإن نحو 35 مليون عربي لا يحصلون على خدمات طاقة حديثة، وبشكل خاص الكهرباء. وقدرة التوليد المركبة للتوليد في الدول العربية الـ22 تبلغ 202 غيغاواط، وهي بذلك لا تتجاوز نسبة 4% من إجمالي قدرات التوليد المركبة على مستوى العالم، و كفاءة الري العربية هي في المستويات الدنيا عالميّاً إذ لا تزيد على 40%.

وازدادت انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرتبطة باحتراق الوقود في المنطقة العربية بنسبة 247% بين عامي 1990 و2010، ونجمَ ما يزيد على 95% من هذه الانبعاثات عن استخدام النفط والغاز.

وذكر التقرير أن أنظمة الطاقة الموجودة في الوطن العربي - التي تهيمن عليها أنواع الوقود الأحفوري كما في معظم دول العالم - هي أنظمة غير مُستدامة سواء من الناحية الاقتصادية أو البيئية أو الاجتماعية. وأن المنطقة العربية، بخلاف الكثير من مناطق العالم، تنعم بوفرة مصادر الطاقة النظيفة المتجدّدة، وفي مقدمتها الشمس والرياح. ومن شأن هذه المصادر المتجدّدة، بالتوازي مع اعتماد التقنيات النظيفة بيئيا وتحسين كفاءة الطاقة، أن تساهم في تنويع الطاقة وتعزيز استدامتها في المستقبل.

وإذا التزمت الدول العربية بسياسات واستثمارات ملائمة، فإن بإمكانها أن تكون عضواً فاعلاً في مجتمع الطاقة النظيفة العالمي، وبهذا يمكنها إيجاد المزيد من فرص العمل المجزية وتصدير الطاقة المتجددة، إضافة إلى النفط والغاز.

الطاقة الملوثة للبيئة عقبة أمام التنمية المستدامة

انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرتبطة باحتراق الوقود في المنطقة العربية ازدادت بنسبة 247% بين عامي 1990 و2010

نستطيع تقديم حلول الطبخ النظيفة فنحن لا ننقذ الأرواح فحسب، وإنما نساعد على الحد من إزالة الغابات».

مدخل الرفاهية

وتعليقاً على قرار الأمم المتحدة باختيار العقد المقبل (عقد الطاقة المستدامة) قال المدير التنفيذي لمركز البيئة والتنمية أوشيت دي زويسا: «إن الطاقة في العصر الحديث هي مدخل للرفاهية والازدهار، ولا يمكن اعتبارها ترفاً لجزء كبير من الإنسانية، لذا ينبغي اعتبار الحصول على الطاقة حقاً من حقوق الإنسان. وفي عالم تتمحور فيه الفرص غير العادلة للتنمية حول مجال الطاقة إلى حد ما، فإن الأمر يتطلب مواجهة فشل المفاوضات العالمية في التصدي للتغير المناخي التصدي للاستهلاك وفرص الإنتاج المستدام للجميع أساساً».

وأضاف دي زويسا، وهو أيضاً رئيس هيئة (حلول الاستدامة العالمية): إنه لايمكن أن تنجح المفاوضات عبر حرمان جزء من البشرية من حقها في الرفاهية والازدهار. فكل مجتمع وكل فرد يحتاج إلى فرصة عادلة للتقدم والازدهار في الحياة. لذا فإنَّ مبدأ (الطاقة للجميع) لا ينبغي أن يصبح عقبة أخرى أمام

استدامة المناخ، بل ينبغي أن تصبح هدفاً للتنمية المستدامة في جدول أعمال الأمم المتحدة لما بعد 2015.

وقال إن التاريخ أثبت أنَّ الطاقة القائمة على استخدام مصادر الكربون الملوثة شكلت عقبة رئيسية أمام التنمية المستدامة وتشكل تهديداً واضحاً للوجود البشري على الأرض من خلال التغير المتسارع للمناخ، لذا فإن مسؤولية القيادات المحلية والعالمية هي توفير الطاقة المستدامة للجميع، وهو هدف يمكن أن يصبح هدفاً واقعياً للتنمية المستدامة إذا تم تعديل استهلاكنا المرتفع للطاقة وأنماط الإنتاج بشكل جذري.

المناطق الريفية

أما مستشارة سياسات المناخ في منظمة السلام الأخضر الدولية كيسا كوزونن فقالت: إن المناطق الريفية تؤوي أكثر من 84% ممن يفتقرون إلى الطاقة، لذا لابد من حلول الطاقة

الكهرباء مورد نادر في عدد كبير من الدول النامية

أكثر من 1.4 مليار شخص في العالم لايحصلون على الكهرباء وهنالك مليار شخص آخرون يحصلون على الكهرباء بشكل متقطع

المستدامة وتحقيق الوصول إلى الطاقة اللامركزية، مثل طاقة الرياح، والطاقة الشمسية، والغاز الحيوي، والطاقة الكهرمائية الصغيرة، وهي طاقة مجدية من الناحية الاقتصادية أيضاً، لاسيما أن ذلك سيحمي المستخدمين من ارتفاع الأسعار المرتبط بالوقود الأحفوري. ودعت إلى الأخذ في الاعتبار أن كفاءة استخدام الطاقة وحلول الطاقة المتجددة، مثل طاقة الرياح والطاقة الشمسية، ستؤدي إلى توفير الموارد المائية للاستخدامات الأخرى. وذلك نتيجة لعدم استخدام المياه أو لاستخدام القليل منها، مقارنة بالاستهلاك الكبير للمياه عند استخدام الفحم ومحطات الطاقة النووية، على وجه الخصوص.

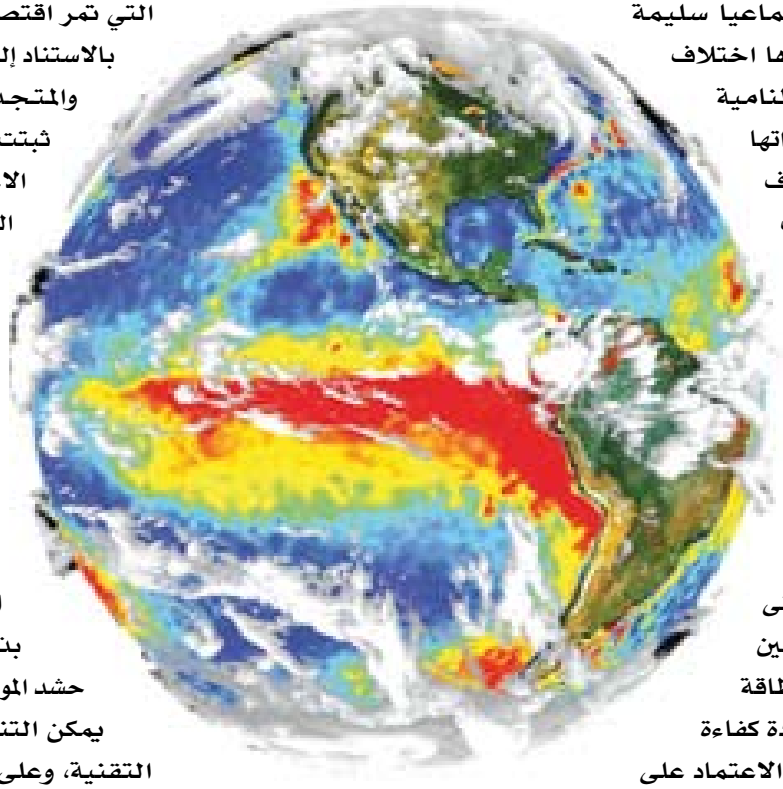
بنود عقد الطاقة المستدامة

وتؤكد بنود الطاقة المستدامة ضرورة زيادة حصة مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة في مزيج الطاقة العالمي، لأن ذلك يشكل مساهمة مهمة في توفير طرق حصول الجميع على خدمات الطاقة الحديثة المستدامة، وتسلم بأن نشاطات البلدان فيما يتعلق بالمسائل الأوسع نطاقاً المتصلة بالطاقة يتم ترتيب أولوياتها وفقا للتحديات التي يواجهها كل بلد، وتبعاً لقدراته والظروف التي يمر بها، بما في ذلك مزيج الطاقة المتوفر لديه.

وتشدد على أن تحسين كفاءة استخدام الطاقة وزيادة حصة الطاقة المتجددة والتكنولوجيات الأكثر نظافة التي تتسم بكفاءة استخدام الطاقة عناصر مهمة لتحقيق التنمية المستدامة، وتقر بأن حصة مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة حالياً من إمدادات الطاقة على الصعيد العالمي لا تزال منخفضة بسبب جملة عوامل، منها ارتفاع تكاليف التكنولوجيات المناسبة، وانعدام فرص الحصول عليها، وتدعو إلى اتخاذ إجراءات تجعل مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة مجدية من الناحية الاقتصادية، عن طريق تعزيز الدعم في مجالي البحث والتطوير والاضطلاع بمبادرات مناسبة على صعيد السياسات وضخ الاستثمارات الملائمة على الصعيدين الوطني والدولي من خلال عمل الحكومات بالتعاون مع الجهات المعنية، بما فيها القطاع الخاص.

وتهيب بنود العقد بالحكومات اتخاذ مزيد من الإجراءات لحشد الموارد المالية من أجل البلدان النامية والبلدان التي تمر اقتصادياتها بمرحلة انتقالية، ولنقل التكنولوجيا إليها بشروط متفق عليها، وبناء قدراتها ونشر التكنولوجيات السليمة بيئياً الجديدة والقائمة في تلك البلدان. وتشجع البنود الحكومات على بذل الجهود من أجل تهيئة بيئة مؤاتية وتطويرها على جميع المستويات لكفالة تعزيز مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة واستخدامها، وتشدد على ضرورة تحسين سبل الحصول، لأغراض التنمية المستدامة، على خدمات وموارد طاقة يمكن التعويل عليها وتحمل تكاليفها تكون مجدية اقتصادياً مقبولة اجتماعياً سليمة بيئياً، وتأخذ في اعتبارها اختلاف الأوضاع في البلدان النامية والبلدان التي تمر اقتصاداتها بمرحلة انتقالية واختلاف سياساتها الوطنية والحاجات الخاصة بها.

إمدادات الطاقة وتحويلها واستخدامها في مجالات متنوعة هي المساهم المهيمن في تغير المناخ بحيث تمثل نحو 60% من مجموع انبعاثات غازات الاحتباس الحراري العالمية

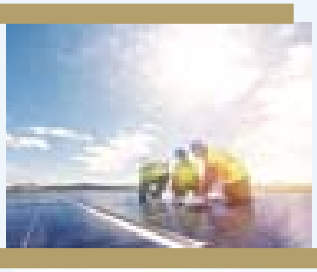


زيادة كفاءة استخدام الطاقة

وتدعو بنود العقد الأممي الحكومات والمنظمات الدولية والإقليمية المعنية والجهات المعنية الأخرى إلى الجمع، حسب الاقتضاء، بين زيادة استخدام موارد الطاقة الجديدة والمتجددة وزيادة كفاءة استخدام الطاقة وزيادة الاعتماد على التكنولوجيات المتطورة للطاقة، بما في ذلك تكنولوجيات الوقود الأحفوري الأنظف، والاستخدام المستدام لموارد الطاقة التقليدية التي يمكن أن تلبي الحاجات المتزايدة من خدمات الطاقة في الأجل الأطول، من أجل تحقيق التنمية المستدامة. وتهيب بالدول الأعضاء حشد الجهود لإيلاء الأولوية لحصول الجميع على خدمات الطاقة الحديثة المستدامة، حيث تساهم هذه الخدمات في القضاء على الفقر، وتحسين نوعية الحياة، والحد من انعدام المساواة، وإنقاذ الأرواح، وتحسين الصحة، والمساعدة على تلبية الحاجات الإنسانية الأساسية، والحد من الأخطار البيئية، بما في ذلك الأخطار المرتبطة بتغير المناخ، وتؤكد أن هذه الخدمات أساسية لتحقيق الإدماج الاجتماعي والمساواة بين الجنسين.

وتشجع الأمم المتحدة وفق ذلك العقد على وضع استراتيجيات مجدية موجهة نحو السوق يمكنها أن تؤدي إلى خفض تكاليف مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة بأسرع طريقة، وإلى زيادة قدرة هذه التكنولوجيات على المنافسة، بطرق عدة منها القيام، حسب الاقتضاء، باعتماد سياسات عامة في مجالات البحث والتطوير وتنمية الأسواق، وتدعو جميع مؤسسات التمويل والجهات المانحة الثنائية والمتعددة الأطراف المعنية ومؤسسات التمويل والمنظمات غير الحكومية الإقليمية إلى أن تواصل، حسب الاقتضاء، دعم الجهود الرامية إلى تطوير قطاع الطاقة في البلدان النامية والبلدان التي تمر اقتصاداتها بمرحلة انتقالية بالاستناد إلى مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة الملائمة للبيئة التي ثبتت جدواها، مع الأخذ بعين الاعتبار على نحو تام هيكل التنمية للاقتصادات المعتمدة على الطاقة في البلدان النامية، وأن تساعد على تحقيق معدلات الاستثمار اللازمة لتوسيع نطاق إمدادات الطاقة، بما في ذلك خارج المناطق الحضرية.

وتشجع بنود العقد الأمين العام على مواصلة بذل الجهود من أجل تعزيز حشد الموارد المالية بطريقة مستقرة يمكن التنبؤ بها، وتوفير المساعدة التقنية، وعلى تعزيز فعالية الأموال المتاحة حالياً على الصعيد الدولي، والاستفادة منها بشكل كامل في التنفيذ الفعال للمشروعات الوطنية والإقليمية ذات الأولوية العليا في مجال مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة، وتهيب به تشجيع استخدام الطاقة المتجددة والممارسات المستدامة المتصلة بها في جميع مرافق الأمم المتحدة في أنحاء العالم، في حدود الموارد المتاحة. ■

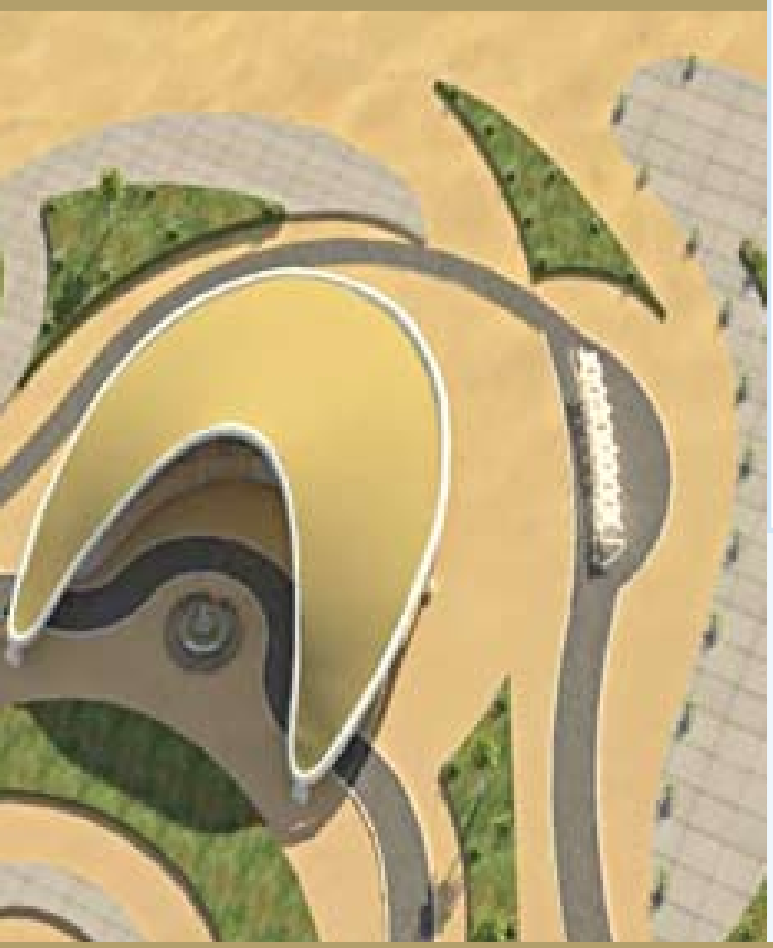


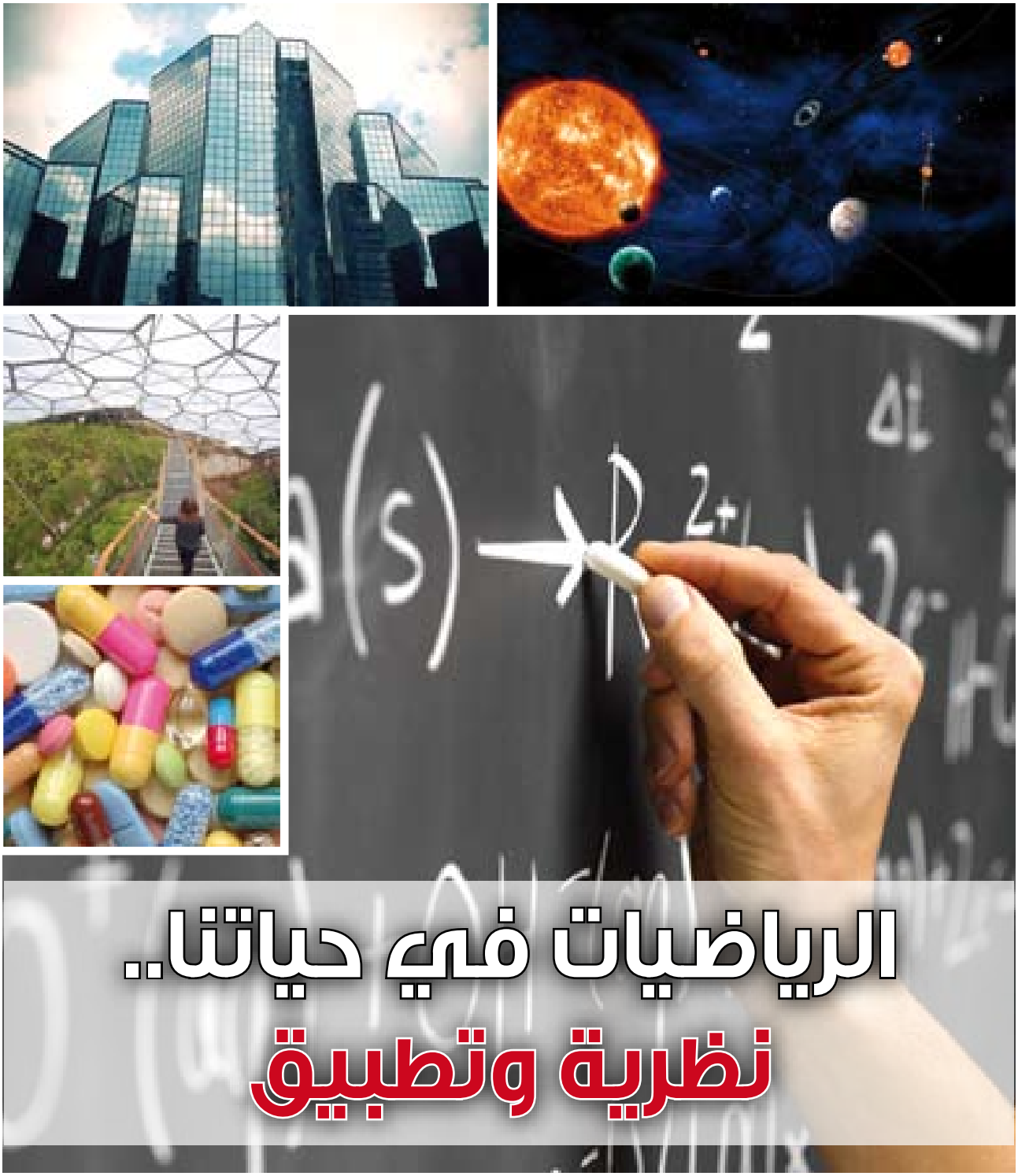
الطاقة المتجددة.. بديل واعد

أكد الملف أهمية الطاقة المتجددة لاسيما الطاقة الشمسية، ودورها الواعد في الاعتماد عليها في مجالات شتى؛ نظراً لديمومة هذا النوع من الطاقة الطبيعية، الخالية من الأخطار، والرخيصة نسبياً، والمتوافرة في أمكنة شتى، وخصوصاً في البلاد الصحراوية التي تتمتع بكميات كبيرة من أشعة الشمس، والتي يمكن أن يستفاد منها في تخزين طاقة هائلة تستخدم في ميادين متنوعة ، ولتكون رديفة للطاقة التقليدية ومكملة لها.

إن حاجتنا تزداد يوماً بعد يوم إلى الطاقة المتجددة التي تسمى بالطاقة النظيفة والطاقة الخضراء؛ لما تمنحه للأرض وللناس من سلامة واطمئنان نحو مستقبل خال من التلوث والدمار البيئي.

ومن هذا الملف نتبين الكثير من القضايا المهمة والملحة التي تتطلب من الجهات المعنية تكثيف الجهود لتحقيق أعلى مستوى من الأمن والسلامة والأمان.





الرياضيات في حياتنا..
نظرية وتطبيق

د. أبو بكر خالد سعد الله *

كثيراً ما نسمع أنَّ الرياضيات «جافة» وتفتقر إلى التطبيقات، وأن أهلها يكتفون بالبرهان على نظريات جلها عديم الفائدة، ويضعون مفاهيم لا علاقة لها بالواقع. وبالموازاة مع ذلك، لايشك هؤلاء في أن الفيزياء والكيمياء والبيولوجيا والمعلوماتية وعلم الفضاء والطب والصيدلة في تقدم دائم، وأنها اختصاصات ذات جدوى لا تضاهى. ذلك أن التقدم التقني والصحي يظهر لعامة الناس النجاح الباهر الذي حققته تلك الفروع العلمية المتميّزة، ويتساءل كثيرون باستغراب - حتى رجال الثقافة والفكر - عندما يتعلق الأمر بالرياضيات: هل مازال علماء الرياضيات يبحثون عن نظريات جديدة؟!

* قسم الرياضيات، المدرسة العليا للأساتذة، (الجزائر).

لاشكَّ أن الثقافة ذات الطابع الأدبي باتت الثقافة الجماهيرية الوحيدة في الساحة، إذ استطاعت أن تبسط نفوذها وتأثيرها على الأذهان، إلى حد أنها حجبت عن جل الناس الوجه الآخر للثقافة، لذا فإن علماء الرياضيات منزعجون أيما انزعاج من هذا الإقصاء بناء على مبررات واهية.

والواقع أن للرياضيات بعداً ثقافياً علمياً واضحاً في نظر أهلها: ألسنا نستخدم الأساس العشري في حساباتنا اليومية لأن لدينا عشر أصابع؟ ألسنا مضطرين إلى حل معادلات تفاضلية لتتبع مثلاً حركة كرة التنس وهي تقفز من مكان إلى آخر؟ على الرغم من أن ممارس هذه الرياضة لا يحل هذه المعادلات عندما يستقبل كرته أو يقذف بها إلى الخصم! إن الواقع يؤكد أن الرياضيات لم تشتهر بهذا الدور، بل اشتهرت بكونها المجال الذي ينجز ويصنع فيه البرهان والإثبات النظري لا غير.

علاقة وطيدة

إن علاقة الرياضيات ببعض مجالات الحياة وببعض التطبيقات التي لا يراها عامة الناس علاقة وطيدة، ويتغير الدور الذي تؤديه الرياضيات من وضعية إلى أخرى، فنحن نجدها أحياناً تكتفي بتوفير صيغ وعلاقات جاهزة للاستعمال، لا تتطلب جهداً كبيراً من المستخدم.

وفي حالات أخرى تساهم الرياضيات بشكل واسع في حل المسائل المطروحة، في كل فروع المعرفة، دون أن نشعر بذلك أحياناً، أي دون أن نعتبر أن التقدم الذي تسجله تلك المعارف مرتبط بمساهمة الرياضيات فيه. ولعل الكثيرين لا يعلمون أن بعض الخواص الفيزيائية تم اكتشافها عبر علاقات رياضية، وهو ما يثبت فعالية الرياضيات في العديد من المَواطن، بل إننا نجد ميكانيك الكم مثلاً يستند برمته إلى تصور رياضي دون إدراك حقيقي للقوانين الفيزيائية.

وفيما يأتي عيّنة بسيطة من الأمثلة تبيّن مدى تغلغل الرياضيات وأبحاثها الحديثة في موضوعات شتى، ربما لا ينتبه إليها القارئ غير المختص:

1 - في مجال الطاقة:

في عام 2014 توصل فريق من علماء الرياضيات في جامعة مدريد (إسبانيا) إلى وضع نموذج رياضي وخوارزمية تسمح باقتصاد الطاقة وتكاليف استهلاكها في المصانع وشركات الإنتاج، ويوضح هذا النموذج الكيفية التي ينبغي بها توزيع المهمات على مختلف الآلات والتجهيزات داخل المصنع دون أن يتأثر الإنتاج، مع تخفيض استهلاك الطاقة إلى أقصى حد ممكن.

2 - في مجال الطب والصحة:

أثبت فريق فرنسي منذ بضعة أشهر أنَّ أزمات داء الصرع التي تصيب بعض الناس تسير وفق قواعد دقيقة في الرياضيات، وأثبتت الرياضيات أنَّ هناك 16 نوعاً مختلفاً من داء الصرع. والغريب أنه تبيّن أن الإنسان ليس وحده المخلوق الذي يصاب بهذه الأزمات، إذ نجد من ضحاياها أيضاً الفئران والأسماك والذباب. وهذا التصنيف يقدم معلومات قيمة للطبيب المعالج، وكذا للباحثين في صناعة الأدوية لتحضير الأدوية المناسبة.

يعتبر علماء الرياضيات أزمة الصرع أشبه بوضع شخص يتنقل في بلد جبلي تغمره الوديان والمروج والشواطئ. وهناك منطقة خاصة في هذا البلد محرمة عليه ومحاطة بسور مرتفع، لذا فالمتجول لا يستطيع الولوج إليها على الرغم من أنها قطعة من ذلك البلد، هذه المنطقة تمثّل أزمة الصرع، ويجب أن تتوافر ظروف بالغة التعقيد ليتمكن الشخص من دخولها.

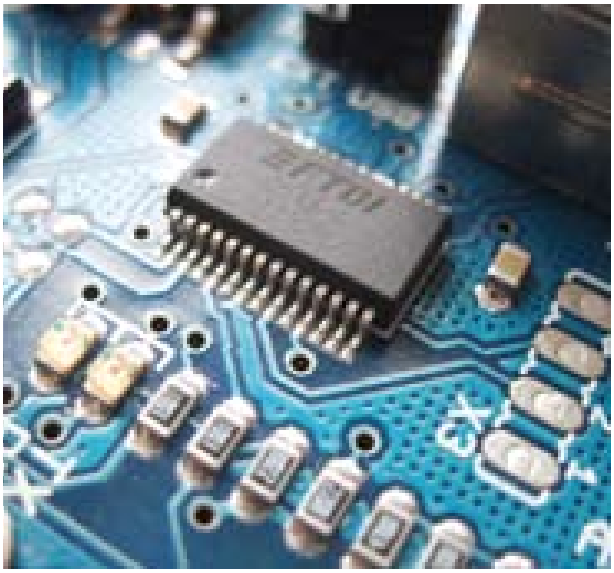
ودمج فريق من علماء الرياضيات بين نظرية علم الأعصاب والبحث الأساسي والسريري للتوصل إلى النموذج الرياضي الذي يصف وقائع ما يحدث عندما يتمكن الإنسان من اجتياز ذلك السور المرتفع (الذي يوافق بداية الأزمة) إلى اللحظة التي يتمكن فيها الشخص من الخروج من المنطقة المحرمة (نهاية الأزمة)، ذلك أن مسارات دخول مرحلة الأزمة والخروج منها تتبع قواعد رياضية معينة.

وقد اختبر الباحثون عملياً خوارزميتهم وتوقعاتهم باستخدام قواعد بيانات دولية، حيث تفحصوا عدة أزمات صرع تعرض لها العديد من المخلوقات، ومن ثمّ تبين لهم أن الأمر سيان في موضوع هذه الأزمة، سواء تعلق الأمر بذبابة أو بفأر أو بالبشر.

3 - في مجال التقانة والاتصالات:

عندما يرغب العلماء والمهندسون في استكشاف نقائص في بعض المسائل من خلال الإشارات التي ترسلها أجهزة تقنية موجودة على سطح الأرض أو في باطنها أو في الفضاء؛ فإنهم يحتاجون إلى رياضيات معمقة تبحث في ما يسمى بـ «المسائل العكسية»: انطلاقاً من معرفتنا بأن إدخال معلومات معينة تنبثق عنه نتيجة (س)، فما هي المعلومات التي ينبغي إدخالها إذا ما أردنا الحصول على نتيجة (ص)؟

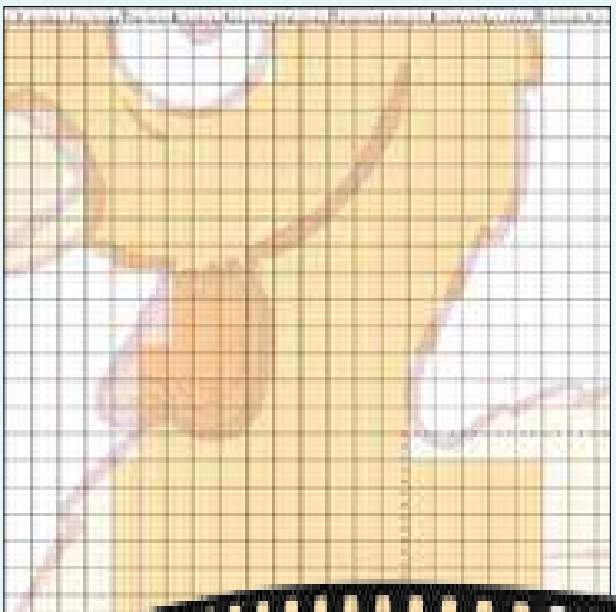
وعلى سبيل المثال؛ يلجأ علماء الزلازل إلى هذا الفرع من علم الرياضيات عندما يرغبون في الكشف عن المزايا الجيولوجية انطلاقاً من دراسة انتشار الأمواج المرسلة من مواقع الانفجارات الباطنية. وهناك أيضا نوع آخر من مسائل التحكم (مسائل التحكم الأفضل) مثل تحديد أفضل مسار لسيارة أو لجهاز متحرك خاضع لشروط معينة (كشرط تخفيض التكلفة أو تقليص مدة السير أو شرط الاختفاء عن الرادارات).



4 - في مجال التصوير:

باتت الصورة تؤدي دوراً يزداد أهمية يوماً بعد يوم، وأصبحت دقة الصورة من متطلبات العصر في جميع الميادين، بما فيها حقل الإعلام. ماذا يفعل مستقبِل الصورة عبر قمر صنعي مثلاً إذا كانت غير واضحة بسبب وجود بعض الغبار على عدسة المصور خلال التقاط الصورة، أو بسبب خلل في الإرسال؟ إنه يعالج الصورة بمساعدة حاسوبه المجهز ببرنامج معالج الصور، وما هي إلا لحظات حتى تصبح تلك الصورة واضحة لا شية فيها. كما أن استكشاف دقائق الأمور (مثل الحركة ومختلف المزايا) في صورة مأخوذة بآلة تصوير (عادية أو تحت الحمراء) يتطلب معالجة خاصة.

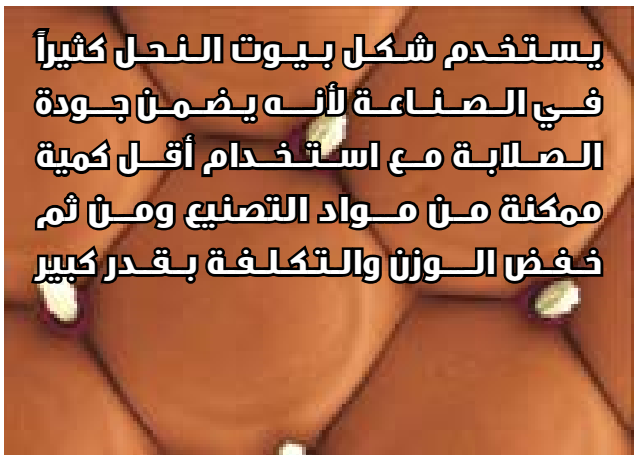
لقد أصبحت المعالجة الرقمية للصور مجالاً متقدماً شهد نجاحات كبيرة خلال السنوات السابقة، فهو يهتم بإرسال الصور لاسلكياً وبإعادة إخراج الصور والأفلام القديمة وتحليل الصور المأخوذة جواً أو عبر الأقمار الصنعية والصور الطبية، كما يهتم بالتعرف آلياً إلى الكتابة و الشوائب في المنتوجات الصناعية. وإن معالجة هذه المسائل تستند إلى دراسة نوع خاص من المعادلات التفاضلية الجزئية التي تشكل فرعاً قائماً بذاته في الرياضيات منذ عهد بعيد.



5 - في مجال التبليط:

كان علماء الرياضيات والفنانون وعلماء البلورات يتساءلون عن كيفية تغطية المستوى أو الفضاء بأشكال هندسية معينة (مثلثات، مستطيلات، مضلعات، دوائر..). وهذه المسألة لم ينته البحث فيها بعد، على الرغم من بساطتها الشكلية. وإذا ما أردت اختبار المحترفين فاطلب من أحدهم أن يعيد تبليط مطبخك الذي كان مبلطاً بمربعات عادية خضراء اللون - والإستعاضة عنها بمضلعات خماسية منتظمة زرقاء. إذا قال لك المحترف إنها عملية بسيطة فاعلم أنه لا يفقه ما يقول، ذلك أنه من المستحيل تبليط المطبخ بتلك الأشكال الخماسية دون ترك ثغرات خالية بين البلاط. وإذا طلبت منه أن يبلط المطبخ بنمطين من المعينات أضلاعها متساوية، لكن زواياها الحادة مختلفة (مثلا 36° و 72°)؛ فسيذهب ولن يعود إليك مرة أخرى.

إن حل مسألة تغطية المستوى بنفس الشكل الهندسي لم يعرف قفزة كبيرة إلا في نهاية القرن التاسع عشر، والسبب في ذلك أن أداة حله الرئيسية، وهي نظرية الزمر، لم تظهر إلا في تلك الفترة بأعمال إفريست غالوا حول حل المعادلات الجبرية.



يستخدم شكل بيوت النحل كثيراً في الصناعة لأنه يضمن جودة الصلابة مع استخدام أقل كمية ممكنة من مواد التصنيع ومن ثم خفض الوزن والتكلفة بقدر كبير

6 - في مجال البلورات:

هناك مسائل لا يتصور القارئ أن عالم الرياضيات يطرحها على نفسه، منها هذا السؤال: عندما نلاحظ الطبيعة فإننا ندرك أن الكثير من البنى الهندسية فيها تتميز بشكل بلوري: تأمّل في بيوت النحل، وفي أعين الذباب مثلاً؛ كيف نفسّر هذه الظاهرة؟

نعلم أن معظم البلورات على المستوى المجهري تتشكل من ذرات مرتبة وفق شبكة دورية، أي على شكل رسم يتكرّر كما هو وضع شبكة الصيادين. والغريب أن هذا النوع من الشبكات نجده حاضراً في كل مكان حولنا. فعلى سبيل المثال، نلاحظ أنه في بلورات الثلج تنتظم الذرات وفق مضلعات سداسية الشكل، وهو ما يعطي أشكالاً جميلة، انظر أيضاً إلى بيوت النحل، والصخور البازلتية والخلايا التي تتكون منها أعين الحشرات.

وفي هذا السياق تجرى أبحاث عدة حول هذا الموضوع لمحاولة تفسير هذه الظاهرة، وذلك بدراسة الخواص الهندسية لهذه الترتيبات التي تتبناها الذرات. ومن ثم يسعى علماء الرياضيات بصفة خاصة إلى فهم تشكل البلورات والتنظيم التلقائي للمادة على المستوى المجهري.

الشبكات السداسية ونظرية هالس

في عام 1999 تمكن الباحث الأمريكي توماس هالس من برهان نظرية تقدم معلومات مهمة عن الشبكات السداسية الشكل على سطح المستوي. وتوصل هالس إلى نتيجته الباهرة اعتماداً على أعمال توالت خلال عقود طويلة من قبل علماء الرياضيات من مختلف البلدان.

ولتوضيح شأن هذه النظرية نعود إلى موضوع التبليط، ولنتصور أننا نريد تبليط سطح ببلاطات متساوية، ما هو شكل البلاطة الذي يوفر لنا استخدام أقل وصلات ممكنة؟ وبلغة الرياضيات نعبر عن هذا السؤال بالقول: ما هو شكل البلاط الذي يمكّن من تغطية السطح شريطة أن يكون مجمل محيطات البلاط أصغريا؟

تنص نظرية هالس على أن الشبكة المكونة من مضلعات سداسية منتظمة هي الأفضل. ومن هنا ندرك سبب اختيار النحل بيوتا سداسية الشكل: هذا الشكل هو الذي يضمن استخدام أقل كمية ممكن من الشمع المكوِّن لتلك البيوت. ومن هذا المنظور يستخدم شكل بيوت النحل كثيراً في الصناعة لأنه يضمن جودة الصلابة مع استخدام أقل كمية ممكنة من مواد التصنيع، ومن ثم يخفض الوزن بقدر كبير وكذلك الكلفة وتزيد الصلابة.

والواقع أن نظرية هالس تقدم الخواص الهندسية لبعض الترتيبات، لكنها لا تشرح سبب تفضيل الذرات التموضع وفق شبكة دورية. فالمادة موضوع معقد، وهي تتكوّن من العديد من المركبات. وينبغي أن نتذكر أن كل ذرة تُخْضِع بقية الذرات إلى قوى معينة.

والملاحظ أن الذرة لا تريد أن تكون على مقربة من ذرات أخرى، بل تفضل أن تكون تلك الذرات على بعد مسافات معقولة، وعليه فالذرة تقوم على الدوام بإبعاد الذرات الأقرب، مع جذب الأباعد إليها، محدثة بذلك توازناً في المسافات. لكن لماذا ينتهي المطاف بالذرات إلى أن تكون على شبكة دورية ذات شكل بلوري؟ حتى الآن ما تزال بعض الجوانب غامضة في هذه المسألة، وعلماء الرياضيات منشغلون بها!

وفي سياق هذه الدراسات قام باحثون بريطانيون بنشر نتائج من هذا القبيل خلال عام 2013 تخص البعد الثالث (أي الفضاء بدلا من المستوي). لكن الفرضيات التي اشترطوها على القوى المؤثرة في الذرات ليست مقنعة لجميع المعنيين. ومن جهة أخرى تم أخيراً إثبات أن الدوامات التي تظهر في الموصلات الفائقة عند إخضاعها لحقل مغنطيسي قوي لها سلوكات شبيهة بسلوك الجسيمات المنفردة التي تتموضع مجدداً على شبكة سداسية الشكل في المستوي.

على كل حال فالرياضيات تسعى إلى وصف أنظمة عملية لا علاقة لها فيما بينها في ظاهرها لذا فهي تضطر إلى التنظير، فهذا الوصف يضعها في قالب موحد تَصْدُق نتائج دراسته على جميع تلك الأنظمة على الرغم من اختلافاتها.

أليست الرياضيات إبداعاً وفناً تارة، واكتشافاً ولغةً تارة أخرى، إنها في جميع الأحوال نظرية وتطبيق. ■

نحو نظرية فيزيائية موحدة

د. فخري حسن *

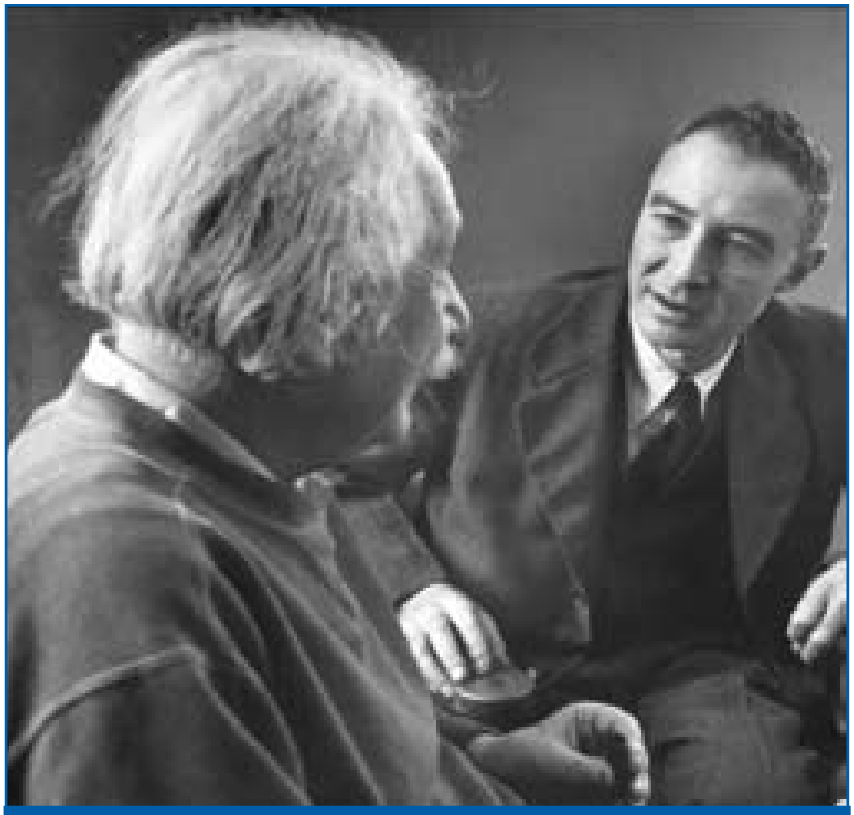
عُرفت بعض القوى الفيزيائية منذ القدم، لكنها لم تبحث بصورة علمية إلا في القرن السابع عشر عندما درس إسحق نيوتن (1643-1727) قوة الجاذبية، ووضع قوانينه الشهيرة التي عالجتها. كما عولجت الكهرباء والمغنطيسية في القرن الثامن عشر كعلمين مستقلين، واكتشف كل من أورستد (1778-1851) في الدنمارك وأمبير (1775-1836) في فرنسا تأثير التيار الكهربائي في بوصلة موجودة على مقربة منه عام 1820.

* أستاذ الفيزياء بجامعة الخليل، (فلسطين).

عُرفت بعض القوى الفيزيائية منذ القدم لكنها لم تبحث بصورة علمية إلا في القرن السابع عشر عندما درس إسحق نيوتن قوة الجاذبية

وبدأ العلماء بعد ذلك محاولاتهم لجمع علمي الكهرباء والمغنطيسية في علم واحد. وكان العالم الإنكليزي فارادي (1791-1867) يؤمن بوحدة قوانين الطبيعة، وحاول جاهداً جمعها في قانون واحد، لكنه لم يتمكن من تحقيق ذلك. كما اكتشف فارادي – تجريبياً – تأثير المجال المغنطيسي على شعاع من الضوء مما يؤكد العلاقة بينهما، واستطاع العالم الاسكتلندي ماكسويل (1831-1879) الذي كان قد تأثر بأفكار فارادي من توحيد علمي الكهرباء والمغنطيسية في علم واحد يعرف الآن بالكهرمغنطيسية. وتمكن من الحصول على أربع معادلات تعرف الآن باسمه يمكن استخدامها لدراسة المجالات الكهربائية والمغنطيسية. وبينت هذه المعادلات أن سرعة انتشار المجالات الكهربائية والمغنطيسية تساوي تماماً سرعة انتشار أمواج الضوء. وأكدت نظرية ماكسويل بذلك أن الضوء عبارة عن أمواج كهرمغنطيسية.

ويعتبر نجاح ماكسويل في توحيد قوتي الكهرباء والمغنطيسية في قوة واحدة وربطها بالضوء من أهم الإنجازات العلمية في القرن التاسع عشر، وهي خطوة أولى على طريق توحيد قوى الفيزياء في قوة واحدة، من خلال إيجاد نظرية واحدة يمكن استخدامها لدراسة كل شيء. ويفترض في مثل هذه النظرية أن تتمكن من تفسير كل ما يحدث في هذا الكون المترامي الأطراف من التفاعلات بين الأجسام الأولية البسيطة، وحتى نشوء وتطور الكون نفسه. فهل توجد مثل هذه النظرية وهل يتمكن العلماء من الوصول لمثل هذه النظرية المهمة الكاملة؟



مازالت أبحاث آينشتاين مرجعاً مهماً للباحثين في مجال الفيزياء

توحيد الجاذبية والكهرمغنطيسية

لم تظهر محاولات جديدة لتوحيد قوى الطبيعة إلا بعد ظهور نظرية ماكسويل بفترة طويلة. فقد حاول نوردستورم (1881-1923) من جامعة هلسنكي توحيد قوة الجاذبية والقوة الكهرمغنطيسية عام 1914، واستخدم في محاولته هذه خمسة أبعاد، ولم تجد هذه المحاولة الاهتمام الكافي بها، إذ إن فكرة البعد الخامس لم تكن مقبولة في ذلك الوقت، ولم يوضح نوردستورم سبب استخدامه للبعد الخامس ولا طبيعته الفيزيائية.

ويبدو أنه تأثر بالنظرية النسبية الخاصة التي استخدم فيها آينشتاين للمرة الأولى أربعة أبعاد: ثلاثة للفضاء، وآخر للزمن عام 1905. ويمكن فهم وإدراك سبب استخدام البعد الرابع (بعد الزمن)، إذ إننا بحاجة إلى ثلاثة إحداثيات لوصف موضع جسم ساكن في الفراغ، أما إذا أخذنا الحركة بعين الاعتبار فإننا بحاجة لبعد رابع، وهو بعد الزمن. وفي الحقيقة فإننا ندرك أهمية بعد الزمن لكننا لا نستطيع رسمه لأنه بعد تخيلي كما بينت معادلات النظرية النسبية، أما الفترات الزمنية؛ مثل الثانية واليوم وغيرهما، فهي من تعريفنا، وهي بالتالي حقيقية، أما البعد الخامس فلا يمكن فهم ولا تبرير سبب استخدامه. ويبدو أن هناك سبباً آخر لعدم الاهتمام الكافي بمحاولة نوردستورم، إذ شهدت الفيزياء تطورات مهمة في تلك الفترة أدت إلى ظهور أعمال إبداعية متميزة، فقد نشر آينشتين مبدأ التكافؤ في العام نفسه، وكان محور وأساس النظرية النسبية العامة التي نشرها آينشتاين بعد ذلك

ماكسويل

حققت ديناميكية اللون الكمية بعض النجاح ما شجع العلماء على القيام بمحاولات للجمع بينها والكهروضعيفة ليصبحا نظرية واحدة

كالوزا

بعامين. كما شهدت تلك الفترة أبحاثاً مهمة لبور ورذرفورد ولكثير من علماء الفيزياء.

كالوزا والأبعاد الخمسة

وجاءت المحاولة التالية لتوحيد قوى من الفيزياء عالم ألماني يدعى كالوزا (1899–1954)، تأثر بفكرة الأبعاد الخمسة، ووضع صيغة جديدة للنظرية النسبية العامة لآينشتين في خمسة أبعاد بدلاً من النظرية الأصلية في أربعة أبعاد. ونشر بحثاً بهذا الصدد بناء على توصية من آينشتين نفسه، إلا أنه لم يجد الاهتمام الكافي به، إذ شهدت بداية العشرينيات من القرن الماضي أعمالاً إبداعية مهمة ساهم فيها علماء كبار مثل دي برولي وشرودنغر وهايزنبرغ وديراك. وأدت هذه الأعمال إلى ظهور نظرية الكم التي تختلف عن النظرية الكلاسيكية التي استخدمها كالوزا في بحثه.

ثم تمكن العالم السويدي كلاين من التغلب على هذه المشكلة عام 1926 عندما زاوج بين بحث كالوزا ونظرية الكم، وكتب المعادلة في خمسة أبعاد، وبين أنه يمكن حل هذه المعادلة الموجية والحصول على معادلات النظرية النسبية العامة ومعادلات ماكسويل في أربعة أبعاد.

وحاول كلاين كذلك تفسير اختفاء البعد الخامس بالقول إنه بعد لولبي دوري يلتف حول نفسه في حلقات متتالية قطرها غاية في الصغر. واستخدم شحنة الإلكترون وقوة الجاذبية لحساب محيط ونصف قطر هذه الحلقات ووجد أن نصف قطرها يساوي نحو 10^{-35}متر (تعرف هذه المسافة الآن بطول بلانك)، وهكذا فإنَّ ما نسميه نقطة في فضائنا الرباعي هو في الحقيقة - بحسب هذا التصور - عبارة عن كرة صغيرة جدا نصف قطرها 10^{-35}متر.

وفقدت جميع هذه المحاولات لتوحيد قوتي الفيزياء أهميتها بعد ذلك بسنوات قليلة، إذ اكتشفت قوتان جديدتان هما القوة النووية والقوة الضعيفة، وأصبح عدد قوى الفيزياء المعروفة أربع قوى. وحاول آينشتين على مدى أكثر من 20 عاماً توحيد هذه القوى في نظرية واحدة، لكن جهوده لم تتكلل بالنجاح، وتوقفت أو تجمدت محاولات توحيد قوى الفيزياء، ولكن إلى حين.

مرحلة جديدة

بدأت مرحلة جديدة لتوحيد قوى الطبيعية في بداية ستينيات القرن الماضي بعد وفاة آينشتين بخمسة أعوام، عندما تمكن جلا شاو من توحيد القوتين الكهرمغنطيسية والضعيفة فيما يعرف الآن بالقوة الكهرضعيفة. وواجهت نظريته بعض الصعوبات وعلى الخصوص فشلها في استخدام جسيمات تفاعل بكتل مناسبة. وتمكن عبد السلام من باكستان وواينبرغ من الولايات المتحدة - كل على انفراد - من تطوير هذه النظرية عام 1967 للنظرية الكهرضعيفة الحالية.

واستخدمت هذه النظرية ثلاثة جسيمات للتفاعل الضعيف، سُمّيت بالبوزونات الوسيطة. وعلى الرغم من أنَّ الجسيمات المشحونة تؤدي دوراً معروفاً في النظرية فإن البوزون المتعادل (جسيم متعادل يعرف أحياناً بالتيار المتعادل) لم يكن متوقعاً. وقد بينت هذه النظرية ان التفاعلات الكهرمغنطيسية والتفاعلات الضعيفة لها طبيعة واحدة.

ولاقت النظرية الكهرضعيفة نجاحاً كبيراً عام 1973 عندما تم الكشف تجريبياً عن التيار المتعادل الذي تنبأت به النظرية. وتعزز نجاح النظرية بعد عقد من الزمن عندما تمكن روبيا وفاندر مير من إنتاج جسيمات التفاعل الضعيفة بنفس الكتل المحسوبة من النظرية في المختبر الأوروبي لفيزياء الجسيمات الأولية CERN قرب مدينة جنيف السويسرية.

وحصل العلماء جلا شاو وعبد السلام وواينبرغ على جائزة نوبل في الفيزياء عام 1979، كما حصل روبيا وفاندمير على الجائزة نفسها عام 1984. وهكذا فقد حققت محاولات توحيد قوى الفيزياء نجاحاً باهراً خلال ستينيات وسبعينيات القرن الماضي.

النموذج المعياري

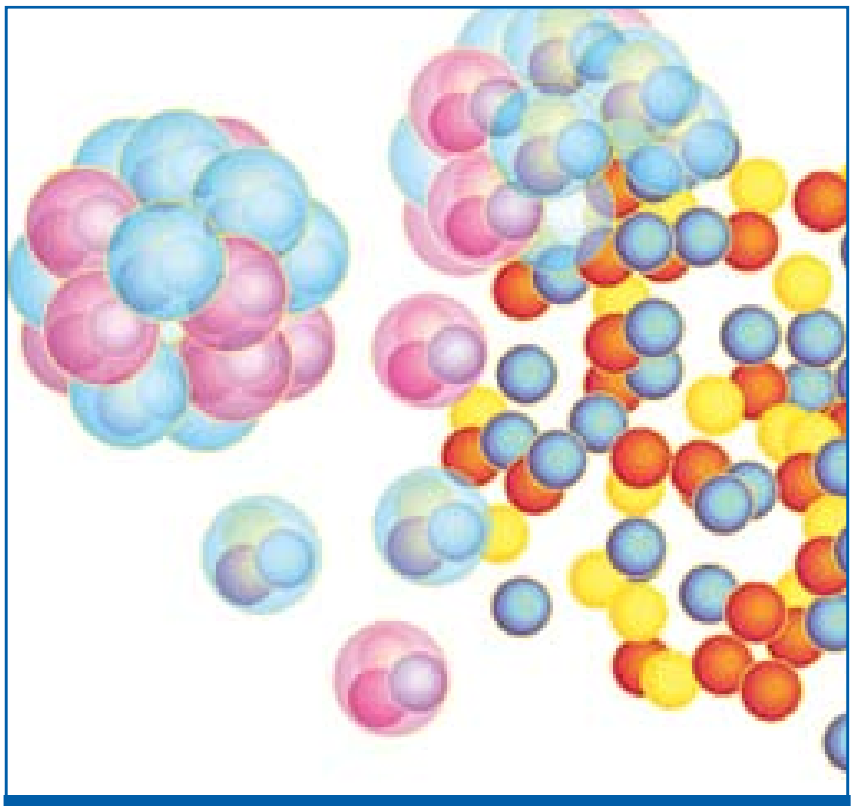
شهدت فترة الستينيات من القرن الماضي جهوداً حثيثة لوضع نظرية كمية تفسر القوة النووية، تعرف بنظرية ديناميكا اللون الكمية QCD، وتفترض هذه النظرية وجود جسيمات أولية حقيقية سميت بالكوارك Quark، حيث يوجد في الوقت الحاضر ستة جسيمات مختلفة منها. ويمكن لكل من هذه الجسيمات أن يوجد في إحدى ثلاث حالات مختلفة ميزت بالألوان الأحمر والأخضر والأزرق (يمكن تسميتها بشحنة اللون).

وفي الحقيقة فإن هذه الألوان لا علاقة لها باللون العادي، لكنها صفة مميزة للكوارك مثل صفة الشحنة الكهربائية، فهي إما سالبة أو موجبة.

وتتفاعل هذه الجسيمات مع بعضها من خلال جسيمات تفاعل تعرف بالغلون Gluons، وتفترض النظرية وجود ثمانية من هذه الجسيمات، التي يؤدي امتصاصها أو انطلاقها إلى تغيير الكوارك وتحوله إلى كوارك آخر. ويؤدي الغلون في هذه النظرية الدور الذي يؤديه الفوتون في النظرية الكهرمغنطيسية.

وحققت نظرية ديناميكية اللون الكمية بعض النجاح مما شجع العلماء على القيام بمحاولات للجمع بين هذه النظرية ونظرية الكهرضعيفة لتصبحا نظرية واحدة. وتعود المحاولة الأولى في هذا المجال لجورجي وجلا شاو حيث دمجا النظريتين فيما عرف بالنظرية الموحدة العظمى GUT.

وتفترض هذه النظرية وجود نوعين من الجسيمات الأولية الحقيقية التي تتجمع لتكون المادة الكونية هما اللبتونات Leptons (عائلة الإلكترون) والكواركات Quarks التي تدخل في تركيب كل من البروتون والنيوترون داخل نواة الذرة. ويوجد في الوقت الحاضر ستة أنواع مختلفة من كل منها، كما يوجد لكل منها جسيم مضاد أو ضديد Antiparticle. واستطاعت النظرية تجميع هذه الجسيمات في بوتقة واحدة حيث يمكن أن يحدث تحول فيما بينها.



تشبيه أولي لنظرية ديناميكا اللون الكمية

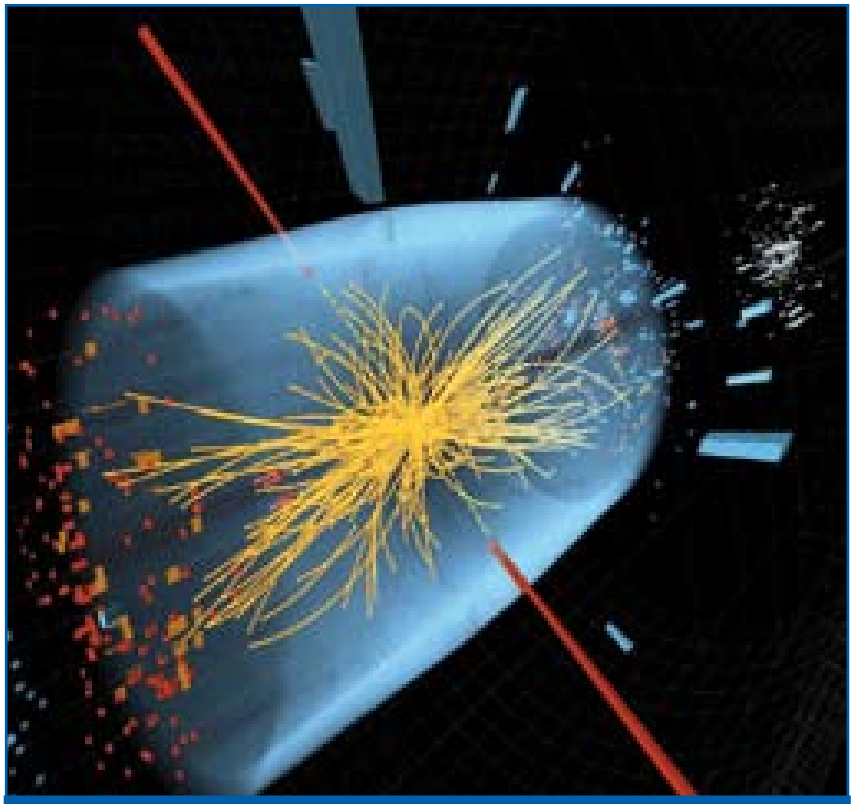
وحد النموذج العياري بين ثلاث من قوى الفيزياء هي القوة الكهرمغنطيسية والقوة الضعيفة والقوة النووية في بوتقة واحدة

واستخدمت النظرية لتحقيق ذلك 24 جسيماً من جسيمات التفاعل معظمها لم يكن معروفاً في ذلك الوقت.

وعلى الرغم من النجاح الذي حققته النظرية فإنها عانت بعض المشكلات، فلم تستطع تفسير الفرق الشاسع بين كتل الأجسام المستخدمة في التفاعل والذي يزيد في بعض الحالات عن عشرة ملايين ملايين مرة. كما تنبأت النظرية باضمحلال البروتون بفترة نصف عمر قدرتها بنحو 10^{31} عام (واحد وأمامه 31 صفراً). وصممت عدة تجارب ضخمة للكشف عن اضمحلال البروتون لكن النتائج كانت سلبية. وقد ظهرت عدة صيغ من هذه النظريات يطلق عليها الآن اسم النموذج العياري أو المعياري The Standard Model.

ومن المشكلات التي واجهت نظرية النموذج المعياري العدد الكبير من الجسيمات التي ظهرت فيها، لاسيما أن صفات هذه الجسيمات (مثل الكتلة والشحنة والسبين Spin وغير ذلك) لا يمكن حسابها من النظرية، وإنما تضبط باستخدام الدراسات والأبحاث التجريبية.

وهذا يختلف عن نظرية ماكسويل الكهرمغنطيسية، حيث استطاعت النظرية حساب سرعة الضوء بدقة كبيرة. كما أن النموذج العياري يعالج المادة المعروفة في الكون والتي تقدر بنحو 4% فقط من مادته، أما بقية المادة الكونية (96%) فهي



نظرية النموذج العياري أدت إلى الكشف عن بوزون هيغز

معتمة غير مشعة وغير معروفة بصورة يقينية حتى الآن.

ومع ذلك فقد ترسخت نظرية النموذج العياري قبل أكثر من عامين عندما تم الكشف عن بوزون هيغز (Higgs Boson) أو جسيم هيغز، وهو جسيم من جسيمات النموذج العياري قضى العلماء أكثر من نصف قرن في البحث عنه. وتم الكشف عن الجسيم في تجارب الطاقة العالية في مصادم الهادرون العملاق (LHC) قرب مدينة جنيف السويسرية في الرابع من يوليو 2012.

وتعود أهمية جسيم هيغز إلى أن تفاعل مجاله مع الجسيمات الأولية في النموذج العياري يحدد كتلها، كما افترض الفيزيائي البريطاني بيتر هيغز من جامعة أدنبرة عام 1964. وحصل بيتر هيغز وفرنسوا إنجلتر، من جامعة بروكسل الحرة، على جائزة نوبل في الفيزياء عام 2013 لمساهمتهما النظرية في اكتشاف ميكانيكية تحديد كتل الجسيمات الأولية في النموذج العياري.

تمتاز قوة الجاذبية بمداها الطويل مقارنة بالقوى الأخرى فهي المسؤولة عن توازن وتركيب الكون بالصورة التي نراها ونعرفها في الوقت الحاضر

وقد وحد النموذج العياري بين ثلاث من قوى الفيزياء هي: القوة الكهرمغنطيسية والقوة الضعيفة والقوة النووية في بوتقة واحدة. أما قوة الجاذبية، وهي أقدم القوى التي عرفها الإنسان وأضعفها، فقد بقيت خارج هذا النموذج . وقد جرت محاولات جادة خلال العقود الماضية لضم قوة الجاذبية للنموذج العياري.

تمرد قوة الجاذبية

تمتاز قوة الجاذبية Gravity بمداها الطويل مقارنة بالقوى الفيزيائية الأخرى. فقوة الجاذبية هي القوة المسؤولة عن توازن وتركيب الكون بالصورة التي نراها ونعرفها في الوقت الحاضر. وحاول العلماء منذ فترة طويلة ضم قوة الجاذبية لقوى الفيزياء الأخرى التي توحدت في النموذج العياري.

وواجهت العلماء مشكلة أساسية تتمثل في أن النموذج العياري يعالج الأجسام الأولية على صورة جسيمات نقطية لا تركيب داخليا لها، وليست ذات أبعاد. ومدى قوة الجاذبية طويل، ولا تعطي هذه القوة بالتالي أجوبة منطقية عندما تؤول المسافة إلى الصفر في حالة الأجسام النقطية، بل تعطي كميات لانهائية. وحاول العلماء حل هذه المشكلة من خلال تطوير نظرية الجاذبية التي وضعها آينشتين لنظرية جذب كمية للتغلب على مشكلة الكميات اللانهائية .

فرط الجاذبية

قامت النظرية النسبية العامة لآينشتين التي عممت نظرية جاذبية نيوتن على مبدأ التناظر. ويقول المبدأ إنه لا يمكن التمييز بين الظواهر الناتجة عن قوة الجاذبية وتلك التي تنتج عن الحركة المتسارعة. وتم تعميم هذا المبدأ لمبدأ فرط التناظر الذي يربط بين نوعين من الجسيمات الأولية، هما: الفيرمونات، نسبة إلى عالم الفيزياء النووية الإيطالي فيرمي، والبوزونات، نسبة للعالم الهندي السير بوز.

وتمثل الفيرمونات جسيمات مادية أولية مثل الإلكترون في حين تمثل البوزونات جسيمات التفاعل أو نقل القوة وهي غير مادية مثل الفوتون. ويوجد حسب هذا المبدأ لكل بوزون جسيم مادي (فيرمون) مناظر، والعكس أيضاً صحيح، إذ يوجد لكل جسيم مادي جسيم تفاعل (بوزون) مناظر.

ويعتبر الإلكترون أشهر الجسيمات المادية الأولية، وحسب هذا المبدأ يوجد جسيم

تفاعل مناظر له يعرف بـSelectron. أما الفوتون وهو جسيم تفاعل فإن نظيره المادي يعرف باسم Photino، وهكذا مع بقية الجسيمات الأولية الأخرى. ولا يوجد في الحقيقة حتى الآن أي دليل تجريبي على أنَّ هذا النوع من التناظر موجود في الطبيعة.

واستخدم العلماء مبدأ فرط التناظر لبناء نظرية جاذبية جديدة أعم وأشمل من نظرية الجاذبية التي وضعها آينشتين، وعرفت هذه النظرية باسم نظرية فرط الجاذبية Theory Super Gravity. وتمكن العلماء من بناء عدة صيغ من هذه النظريات في 11 بعداً كحد أقصى.

وظهرت أهمية استخدام هذا العدد من الأبعاد عندما بين الفيزيائي ويتين من جامعة برنستون أن النموذج العياري يستخدم على الأقل 11 بعداً. واستخدم العلماء فكرة كلاين عن الأبعاد اللولبية الملتفة على نفسها لتفسير عدم ظهور هذه الأبعاد على أرض الواقع. وتختلف نظرية فرط الجاذبية عن نظرية الجاذبية في عدد جسيمات التفاعل التي أصبح عددها 8 جسيمات بدلاً من جسيم واحد هو الغرافتون في النظرية القديمة.

نظرية الوتر

تعود فكرة استخدام الوتر أو الخيط String لتمثل الجسم الأولي إلى الفيزيائي الإيطالي فينيزيانو الذي استخدمه في محاولة منه لوضع نظرية لتركيب نواة الذرة عام 1968. وتفترض نظرية الوتر أن جميع الجسيمات الأولية في النموذج العياري ناتجة عن اهتزاز وتر صغير بأنماط مختلفة، ويماثل ذلك النغمات المختلفة لوتر الغيتار المشدود.

والوتر صغير جداً (نصف قطره نحو 10^{-35} م)، ذو بعد واحد، يخضع لشد Tension وليس له تركيب داخلي ويمكن معالجته بصورة كلاسيكية أو كمية. وتفترض النظرية أن الأجسام الأولية الموجودة ناتجة عن الحالات الكمية المختلفة لهذا الوتر المهتز.

يسعى العلماء لتطوير نظرية الجاذبية للتغلب على مشكلة الكميات اللانهائية

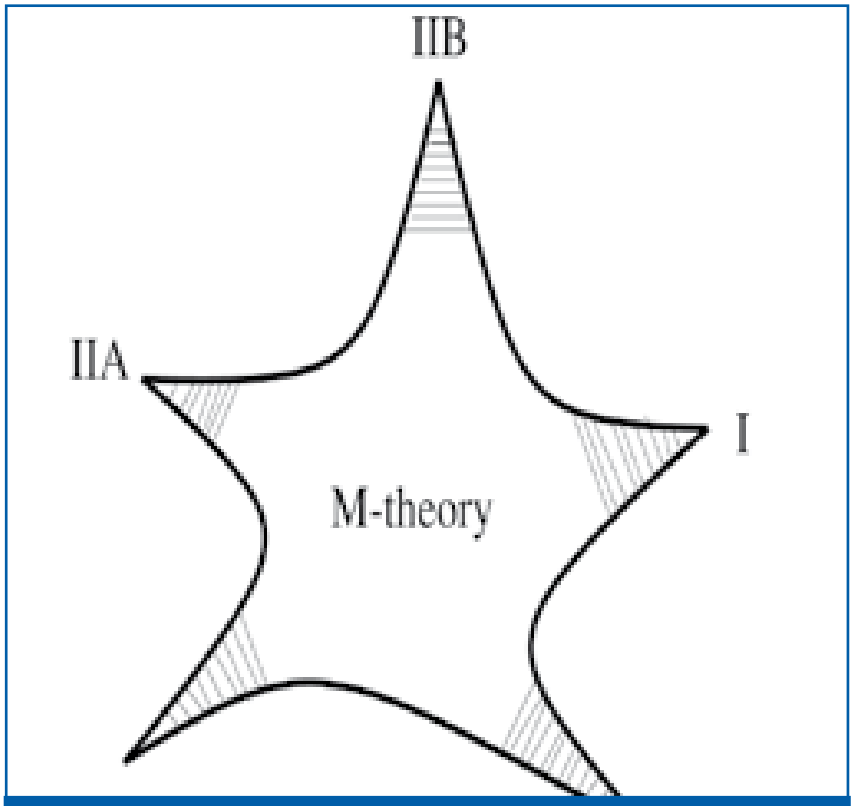
تمثل الفيرمونات جسيمات مادية أولية مثل الإلكترون في حين تمثل البوزونات جسيمات التفاعل أو نقل القوة وهي غير مادية مثل الفوتون

ويمكن تبسيط ذلك بالقول النظري إن الإلكترون - عند رصده عن بعد - يبدو لنا كنقطة، أما إذا استخدمنا مجهراً عملاقاً لرصده عن قرب فإن حقيقته تظهر على صورة خيط - أو وتر رفيع جداً مثل الشعرة - تهتز بنمط معين.

وكانت نظرية الوتر الأصلية في 26 بعداً، وعالجت البوزونات أو جسيمات التفاعل فقط دون التعرض للجسيمات المادية. ثم طورت النظرية لنظريات عدة في سبعينيات القرن الماضي تبعاً لحالة الوتر إذا ما كان مفتوحاً أو مغلقاً، ويمكن لبعض الأوتار المغلقة أن تتحول إلى أوتار مفتوحة وليس العكس. وتم معالجة جميع الجسيمات الأولية بواسطة هذه النظريات التي أصبحت في 10 أبعاد فقط، وواجهت هذه النظريات مشكلات كثيرة مثل الكميات اللانهائية وكذلك الجسيمات التي تسير بسرعة أكبر من سرعة الضوء التي تنبأت بها. وطور العلماء هذه النظرية لنظرية أعم وأشمل، وهي نظرية فرط الوتر.

نظرية فرط الوتر

حقق غرين من كلية ماري الملكية - لندن، وشوارتس من معهد كاليفورنيا للتقانة عام 1984 تقدماً مهماً في عملية توحيد قوى الفيزياء، عندما دمجا بين نظرية الوتر ونظرية فرط الجاذبية فيما يعرف الآن بنظرية فرط الوتر. ويمثل الجسم في



نظرية الغشاء التي تجمع كل النظريات الفيزيائية

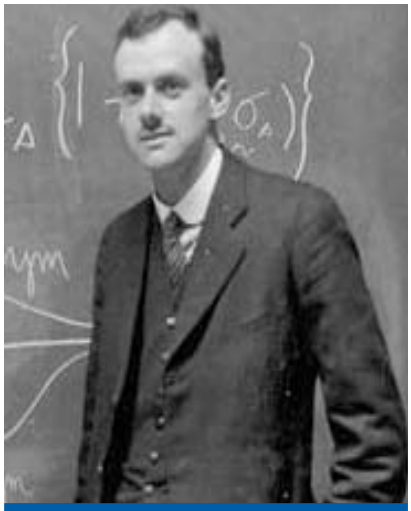
هذه النظرية بوتر صغير يهتز في عشرة أبعاد، وله خاصية معينة، مثل الشحنة، لكنها ليست شحنة كهربائية، تحدد هذه الخاصية الترددات، ومن ثم الأجسام التي قد تصدر عن الوتر الذي قد يكون مغلقاً أو مفتوحاً . وقد تمكنت النظرية من إنتاج جسيمات التفاعل والجسيمات المادية على حد سواء. وتخلصت النظرية من كثير من المشكلات التي واجهت النظرية السابقة مثل الكميات اللانهائية والجسيمات التي تسير بسرعة أكبر من سرعة الضوء.

وبدلاً من نظرية واحدة فقد ظهرت خمس نظريات لها الصورة العامة نفسها، لكنها تختلف في التفاصيل. والمشكلة الأساسية أن هذه نظريات عدة وليست نظرية واحدة ولا يمكن فحصها أو اختبارها من خلال التجارب العملية.

نظرية الغشاء

بدأت ثورة جديدة في عملية توحيد قوى الفيزياء منتصف تسعينيات القرن الماضي عندما اقترح ويتّن في مؤتمر عام 1995 أن النظريات الخمس الآنفة الذكر عبارة عن حالات وبخاصة في نظرية أعم وأشمل، سماها نظرية الغشاء M- Theory، وقد يعني الحرف M الغشاء Membrane أو جميع النظريات (mother of all theories) أو شيئاً آخر غير ذلك.

حققت نظرية الغشاء نجاحاً كبيراً وتغلبت على معظم العقبات التي اعترضت النظريات السابقة لكنها ما زالت في بداياتها وبحاجة لكثير من الدراسات



بول ديراك

والغشاء في هذه النظرية ذو بعدين، بدل البعد الواحد في حالة الوتر. ويهتز في فضاء ذي 11 بعداً. وحسب هذه النظرية فإن جسيمات الكون عبارة عن أغشية مختلفة الأبعاد. فإذا كان الجسيم نقطياً، كما هي الحال في النموذج العياري، فإنَّ الغشاء يكون من دون أبعاد، ويرمز له بـ(0-brane). أما إذا كان وتراً ببعد واحد فيرمز له بـ(1-brane)، وفي حالة الغشاء فيكون ببعدين ويرمز له بـ(2-brane) وهكذا إلى 10-brane. أما البعد الحادي عشر فهو بعد للزمان.

لقد كان الفيزيائي الإنجليزي المعروف بول ديراك أول من استخدم الغشاء لتمثيل الجسيم الأولي قبل ذلك بنحو ربع قرن. لقد افترض أنه يمكن تمثيل الإلكترون بغشاء أو فقاعة صغيرة، ويمكن لهذه الفقاعة المهتزة أن تعطي كلاً من الإلكترون والميون (وهو إلكترون كبير) على حد سواء.

وحققت نظرية الغشاء نجاحاً كبيراً وتغلبت على معظم العقبات التي اعترضت النظريات السابقة، لكن النظرية ما زالت في بداياتها وهي بحاجة إلى كثير من الدراسات والأبحاث لكي توحد قوى الفيزياء جميعاً في قوة واحدة، ويعتقد بعض الباحثين أن هذه النظرية يمكن أن تطور في المستقبل لتصبح نظرية كل شيء. ■

حُجُبٌ على تخوم الكون

روبرت شيرر وسارة ويليام شيرر *

ترجمة:
حازم محمود فرج **

عن مجلة Astronomy

هل سيتمكن علماء الفلك من رؤية حادثة الانفجار العظيم التي أنتجت الكون؟ سؤال لطالما راود الباحثين والأشخاص العاديين طوال ألوف السنين، فقد شغلت مسائل بداية الحياة والكون فكر العلماء والمفكرين ومعظم بني البشر. ويقول علماء الكون إنه لو تسنت لهم فرصة الحصول على لمحة عن الانفجار العظيم، الذي يعتقد أنه أتى بالكون إلى حيّز الوجود قبل نحو 14 مليار سنة، فإن ذلك قد ينهي جدلاً تاريخياً حول أصل الكون. لكن العوائق الفيزيائية التي تفرضها ذات الجسيمات التي نشأ عنها الكون تحول دون ذلك، كما لو أنها حُجُبٌ طبيعية تمنع محاولات العلم لرؤية لحظة بداية الكون والزمن.

واجه المستكشفون والعلماء على الدوام مثل هذه الحجب أو القيود، على الأرض وفي الكون. فقد مثلت المحيطات حاجزاً حال دون رؤية المستكشفين الأوروبيين العالمَ الجديد (القارة الأمريكية) طوال قرون كثيرة.

وتعكس خريطة العالم التاريخية مابا موندي Mappa Mundi وهي واحدة من خريطتين فقط متبقيتين من خرائط حقبة القرون الوسطى هذا الحاجز المعرفي. وتوجد هذه الخريطة حالياً في كاتدرائية ببلدة هيريفورد الصغيرة في غربي إنكلترا، وهي تظهر لنا «العالم المعروف» حينذاك كدائرة مسطحة تقع مدينة القدس في مركزها، وتنتشر أوروبا وآسيا وإفريقيا في أطرافها.

وتقدم هذه الخريطة قارات الأرض بصورة بعيدة عن الدقة، وتحيا فيها كائنات خيالية. لكن أغرب ما في الخريطة هو أنها تنتهي فجأة عند حافة الدائرة، دون وجود لأي شيء وراءها. لم تختلف نظرتنا إلى الكون كثيراً عن خريطة مابا موندي، فخريطة «الكون المعروف» الحالية تنتهي فجأة عند مسافة لا تزيد كثيراً عن 10 مليارات سنة ضوئية في جميع اتجاهات الرصد، وكأننا نوجد

* روبرت شيرر: عالم في الفلك بجامعة ولاية أوهايو الأمريكية. سارة ويليام شيرر: كاتبة علمية تكتب لمجلة Science.

** مترجم متخصص بالموضوعات الفلكية، (مصر).

في مركز ستارة كروية متوهجة لا يستطيع علماء الفلك حالياً رؤية ما بعدها. أمَّا علماء المستقبل فربما يتمكنون من استخدام جسيمات دون ذرية، غير معروفة، لاختراق هذه الستارة. لكنهم، بكل بساطة، سيصطدمون بحجب أخرى وراءها؛ حجب يكمن أصلها وسرها في صميم بداية الكون.

توسع نظرة العلماء

وفي سعيهم لتخطي عائقهم، غامر مستكشفو عصر النهضة بالإبحار وراء حدود خريطة مابا موندي، فاكتشفوا كروية الأرض. وفي الوقت ذاته، كان علماء الفلك يوسعون نظرتهم إلى الكون بنحو مماثل أيضاً.

وبدلاً من كون وثير من العصور الوسطى تتوسطه الأرض، فقد اكتشفوا أن الأرض هي التي تدور حول الشمس، التي اتضح لهم لاحقاً أنها مجرد نجم واحد من نجوم أخرى كثيرة.

في أوائل القرن الماضي وسّع علماء الفلك مدى مشاهدتهم للكون من ألوف السنين الضوئية إلى ملايين السنين

وحتى بدايات القرن العشرين، كان علماء فلك كثيرون يعتقدون أن نجوم مجرة درب التبانة تكوّن الكون كله، وهي نظرة استمرت حتى وقت متأخر من عشرينيات القرن الماضي، عندما قام إدوين هبل (1889 - 1953) عالم فلك أمريكي اكتشف في عام 1929 ظاهرة ابتعاد المجرات عنا وعن بعضها بسرعات تتناسب مع مسافاتها، وهو ما فُسّرَ بتوسع الكون وأطلق اسمه على منظار هبل الفضائي الشهير) بقياس المسافات إلى المجرات القريبة، ليتمكن الفلكيون بذلك من دفع ستارة جهلهم بعيداً، وليعرفوا أن مجرتنا إنما هي واحدة من مجرات أخرى كثيرة تفصل بينها ملايين السنين الضوئية. هكذا توسعت نظرة العلماء إلى الكون من قدر آلاف السنين الضوئية (المسافة إلى أبعد النجوم المرئية في مجرتنا) إلى قدر ملايين السنين الضوئية (المسافات إلى المجرات الأخرى).

غطاء كروي

تبدو هذه الستارة مثل غطاء كروي يبعد عنا أكثر من عشرة مليارات سنة ضوئية في جميع الاتجاهات. شاهد العلماء هذا الغطاء المتوهج للمرة الأولى في عقد الستينيات من القرن الماضي، عندما التقطوا إشعاعاً يملأ الكون كله، هو إشعاع الخلفية الكونية.

وأدى توسع الكون منذ الانفجار العظيم إلى انخفاض حرارة هذا الإشعاع من 3000 درجة كلفن إلى 2.7 درجة كلفن فقط حالياً.

وهذا الإشعاع هو أثر إحاثي كوني نتج من البروتونات والإلكترونات في الغطاء المتوهج عندما كان الكون ما يزال طفلاً، وكان ينتقل عبر الكون كله دون أن يعوقه شيء طوال عشرة مليارات سنة، ويصل إلى الأرض في النهاية.

اختلافات دقيقة

في أوائل عقد التسعينيات من القرن الماضي، سجل مسبار COBE (مستكشف إشعاع الخلفية الكونية) وجود اختلافات دقيقة في بنية هذا الإشعاع - المتجانس قبلاً - على صورة الغطاء الكروي. قدمت هذه الاختلافات أدلة مهمة لمعرفة آلية نشوء المجرات. وشهدت السنوات الماضية نشاطاً علمياً كبيراً حاول فيه العلماء رسم خريطة لذلك الحجاب الكوني المتوهج القديم.

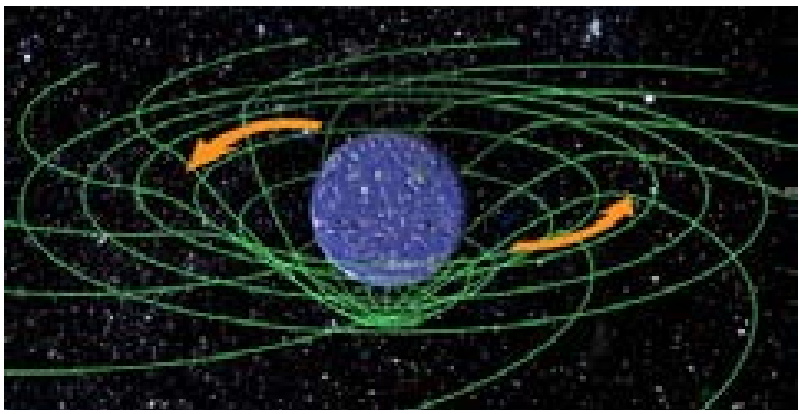
وللأسف، فإن تقاناتنا الحالية لاتستطيع اختراق هذا الحجاب؛ لأنه يحول دون نفاذ الإشعاع الكهرمغنطيسي الذي هو وسيلة العلماء الوحيدة لسبر الكون. بيد أن العلماء يعتقدون أنهم سيتمكنون من اختراق هذا الحاجز يوماً ما، والرؤية وراءه إلى مسافة أبعد عبر الزمن، مثلما تخطت الحضارة التي قدمت خريطة مابا موندي رؤيتها المحدودة إلى الأرض واجتازت حدود عالمها المعروف. ولفعل هذا، سيكون عليهم الإمساك بجسيم شبحي، دون ذري، يدعى جسيم النيوترينو Neutrino Particle.

أجسام كونية

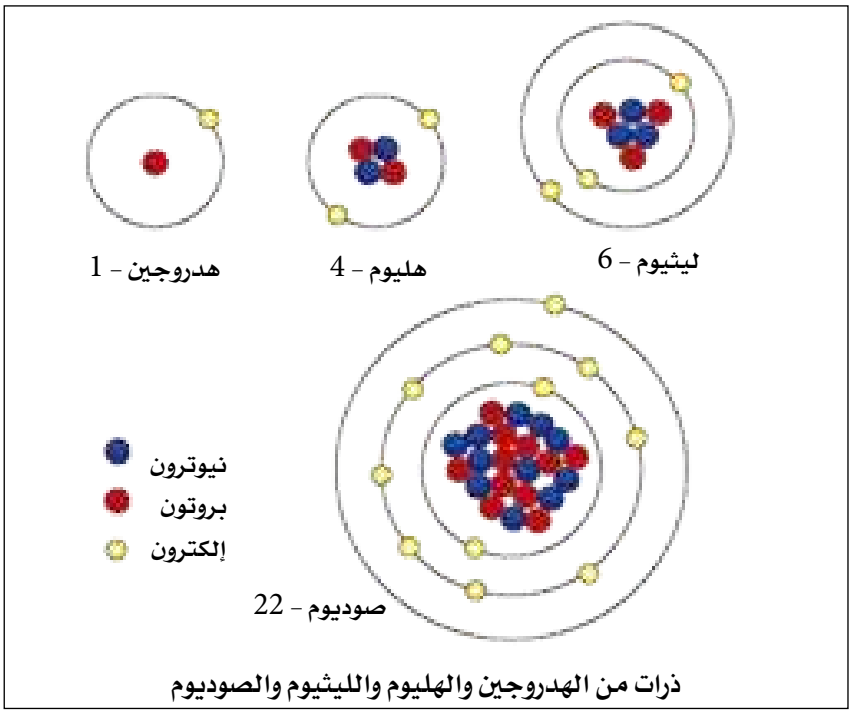
في القرن العشرين، لم تتوسع رؤيتنا إلى الكون ضمن بعد المسافة فقط، بل أيضاً في أنواع الإشعاع التي يستطيع العلماء التقاطها. ففي زمن سابق، لم يكن يستطيعون رؤية شيء إلا أشعة الضوء المرئي عبر مناظيرهم. وفي عقد الثلاثينيات عندما كان إدوين هبل يدفع حدود الكون المرئي بعيداً اكتشف مهندسو الراديو أجساماً كونية تبث موجات راديوية، مثلت نوعاً جديداً من أنواع الإشعاع الكهرمغنطيسي، و ولد بذلك علم الفلك الراديوي. وسرعان ما بدأ علماء الفلك ببناء مناظير جديدة لرؤية أجرام كونية بعيدة يمكنها العمل ضمن مجال الإشعاع الكهرمغنطيسي بأطواله الموجية المختلفة: الأشعة تحت الحمراء، والأشعة فوق البنفسجية، وأشعة X، وأشعة غاما.

اكتشف العلماء، أولاً، أبعد أجرام الكون التي أمكن رؤيتها - الكوازارات - التي هي مصادر بث راديوي شديدة القوة تستمد طاقتها من غاز يدوّم حول ثقب أسود Black Hole هو أحد أشكال نهايات النجوم، يتوقف تشكله على كتلة النجم الأصلية، له كتلة وكثافة وقوة ثقالة (جاذبية) هائلة تمسك المادة المجاورة له أو العابرة قربه وتجذبها إليه، بما في ذلك أنواع الإشعاع الكهرمغنطيسي). وبرؤية هذه الأجسام، يمكننا أن نعرف أحداثاً جرت في زمن ماض، هكذا يعلمنا (كوازار) يبعد عنا مسافة مليار سنة ضوئية، مثلاً، أن صورته التي نراها الآن قد بدأت رحلتها إلى الأرض قبل مليار سنة - بسبب محدودية سرعة الضوء (300 ألف كم/ث) وعظم المسافات الكونية التي يقطعها - أي في زمن كانت فيه الحياة على الأرض تبدأ رحلة تطورها التاريخية من كائنات وحيدة الخلية. وبالنظر إلى (كوازارات) أبعد مسافة؛ يستطيع علماء الفلك رؤية أجسام وأحداث أقدم وأقرب إلى لحظة بداية الكون والزمن. لكن حاجزاً يوجد هناك، يمنعهم من أن يرسلوا نظرهم عبر المسافات بعده وصولاً إلى اللحظة الأولى. إنه حجاب كثيف لم يستطع أي مرصد حالي النظر من خلاله، كما لم يستطع اختراقه أي نوع من أنواع الإشعاع الكهرمغنطيسي كلها.

تمنعنا ستارة متوهجة من الإشعاع من رؤية الكون عند مسافة تزيد عن 10 مليارات سنة ضوئية في جميع الاتجاهات



ظهر هذا الحاجز لأنَّ غازات الكون البدائي كانت أكثر حرارة وأكثر كثافة بكثير مما هي عليه اليوم. وهي غازات انتشرت مع توسع الكون وتمددت فيه، وصارت أقل كثافة وحرارة وأكبر عمراً. وإذا أخذنا كامل المادة الموجودة في الكون الآن ووزعناها بشكل متساو فيه، فسننتهي إلى كثافة كونية تبلغ عدة ذرات فقط في المتر المكعب الواحد. في طرفنا نحن من الحاجز، يستطيع الفلكيون التحديق خلال الفضاء لأنه فارغ تقريباً. لكن كثافة مادة الكون البدائي بلغت حداً حجب الضوء ومنعه من الانتقال فيه. وإذا استطعنا العودة بالزمن إلى حقبة كان الكون فيها بعمر مئات قليلة فقط من آلاف السنين بعد الانفجار العظيم، فسنرى أن حرارته كانت تبلغ حينها نحو 3000 درجة كلفن (2700° درجة مئوية تقريباً). وقد أدت هذه الحرارة الشديدة إلى تمزق ذرات الهدروجين إلى بروتونات وإلكترونات؛ وهذه الجسيمات قامت بامتصاص الضوء بدرجة أقوى حتى مما تفعله الذرات البسيطة. وهكذا حجب جدار الغاز الكثيف هذا - المكوّن من بروتونات وإلكترونات - الضوءَ كما يفعل جدار حجري. وفي مرحلة لاحقة من توسع الكون، أعاد الغاز الحار هذا إصدار الضوء بنحو متساو في الاتجاهات كلها، ليشكل ستارة متوهجة تمنع تماماً أي رؤية وراءها عبر الفضاء.



ذرات من الهدروجين والهليوم والليثيوم والصوديوم

معظم العناصر الكيميائية التي نعرفها حالياً تصنع في النجوم لكن مادة الكون البدائي كانت مكونة من عناصر بسيطة مثل الهدروجين والهليوم والليثيوم

جسيمات النيوترينو

إن جسيمات النيوترينو هي أشباح عالم الجسيمات دون الذرية؛ إذ يمكنها اختراق كل شيء تقريباً عبر المسافات كلها. تطلق شمسنا عدداً هائلاً من جسيمات النيوترينو؛ وتعبر المليارات منها جسدك في كل ثانية دون أن تشعر بها أو تلحظها.

وقد كافح العلماء منذ عقد الستينيات في القرن العشرين لرؤية جسيمات النيوترينو الشمسية. لكن اكتشافها كان على الدوام أمراً أقرب إلى المستحيلات، لأنها تعبر معظم أجهزة الكشف دون أن تلحظها. ومن أجل اكتشاف بعضها والإمساك به، قام الباحثون بدفن أجهزة رصد وتسجيل ضخمة مصنوعة من معادن نادرة، ومياه، أو سوائل تنظيف، في أعماق المناجم، والأنفاق، وتحت الطرق العامة. وسيكون العلماء محظوظين حقاً حتى بوجود أجهزة الكشف الضخمة هذه إذا استطاعوا التقاط جسيم واحد أو اثنين في اليوم من ملايين المليارات الكثيرة التي تخترق الأرض وتعبرها.

وإضافة إلى جسيمات النيوترينو الشمسية هذه، يمتلئ الفضاء أيضاً بسحب من جسيمات نيوترينو أخرى تبقت من حادثة الانفجار العظيم، وهي تنهمر على الأرض باستمرار. ولأنها قادرة على اختراق المادة بسهولة بالغة، فهي تستطيع اختراق ستارة الـ 3000 درجة كلفن الحاجبة للضوء العادي. وفي واقع الأمر، فإن جسيمات النيوترينو الكونية تصل إلى الأرض من مسافة بعيدة خلف الستارة الأولى

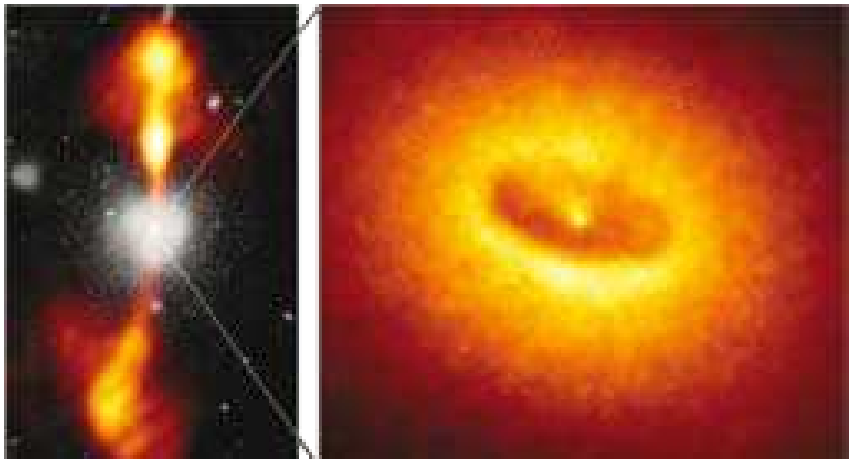
منظار النيوترينو

سيكون بوسع مقراب النيوترينو Neutrino Telescope كما نأمل كشف هذه الحقبة من تاريخ الكون كي يدرسها علماء الفلك. ولكن حتى لو عرف العلماء الكيفية التي يكتشفون بها جسيمات النيوترينو البدائية الأولى، فإنه لن يكون بوسعهم اجتياز الطريق كله بعدها والوصول إلى لحظة بدء الزمن.

إذ سيوقفهم هناك حاجز آخر ثالث من الإشعاع شديد البأس، بدرجة حرارة وكثافة هائلة جداً، وُجِدَ في زمن سَبَقَ تمايز البروتونات والنيوترونات. وهو حاجز لن يتمكن العلماء من عبوره حتى ولو كانت معهم طاقة جسيمات النيوترينو الاختراقية.

وهذا الحاجز يبدو أيضاً مثل كرة مركزها الأرض، لكنها أبعد مسافة وزمناً من الحاجز رقم 2.

إذا تمكن العلماء من رؤية جسيمات النيوترينو والغرافيتون فإن حاجزاً أخيراً في أعماق الزمن سيمنعهم من رؤية لحظة ولادة الكون

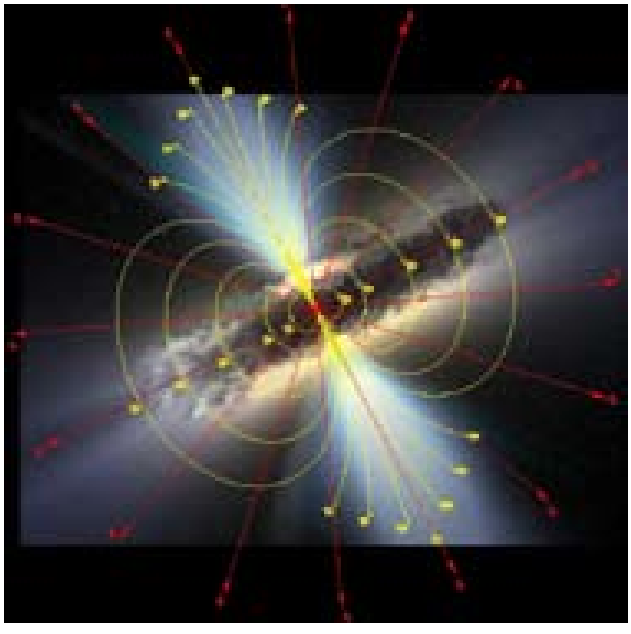


تلك. إن طاقة جسيمات النيوترينو الكونية تقل كثيراً عن طاقة جسيمات النيوترينو الشمسية (أقل من جزء من مليار من طاقة جسيم النيوترينو الشمسي) ولدرجة تجعل رصدها أمراً لا يمكن الدنو منه. وليس لدينا جهاز كشف يستطيع حتى مجرد الاقتراب من هذا الهدف. ولكن مثلما أن المقاريب الحالية كانت ستذهل غاليليو لو رآها، فربما يحقق علماء المستقبل ما يبدو مستحيلاً حالياً، ويتمكنون من بناء مقراب (تلسكوب) قوي بما يكفي لمشاهدة جسيمات النيوترينو الكونية المتبقية من حقبة الكون البدائي.

المقراب القوي

ترى أي مشهد كوني مختلف سيقدمه هذا المقراب؟ بدلاً من رؤية مجرات ونجوم، لا بد أنه سيرى كوناً ممتلئاً بغاز ناعم من الأيونات والإلكترونات. وبينما تصنع معظم العناصر الكيميائية التي نعرفها حالياً في النجوم، فإن مادة الكون البدائي كانت تتكون من عناصر بسيطة، مثل الهدروجين والهليوم والليثيوم، وهي مادة لا يمكن رؤيتها بسهولة، لأن حزماً من طاقة إشعاعية، تدعى بالفوتونات، كانت أكثر كثافة منها وحجبتها.

في وقت مبكر من تاريخ الكون، عندما كان بعمر عدة دقائق فقط، كانت حرارته تبلغ مليارات درجات الكلفن، وأدت إلى تحطيم ذرات مادته إلى عناصرها المكونة الرئيسية البروتونات والنيوترونات والإلكترونات. اندمجت هذه المكونات معاً لتصنع الهدروجين الثقيل من البروتونات والنيوترونات، ثم الهليوم من الهدروجين الثقيل، ثم الليثيوم في النهاية. وفي وقت أكثر قدماً، بقدر يقرب من ثانية واحدة بعد الانفجار العظيم، بلغت الحرارة حداً هائلاً قدره 10 مليارات درجة كلفن. قبل ذلك الوقت، كان ممكناً للبروتونات والنيوترونات أن تتبادل هوياتها من خلال تبادل جسيمات النيوترينو بينها. لكن بعد تلك الثانية الأولى توقفت التبادلات، وتركت بعدها بحراً من جسيمات النيوترينو التي فرضت حاجزاً ثانياً. يمنع هذا الحاجز العلماء من أن يعرفوا يقيناً أي شيء وراءه. لكنهم يعتقدون أن أموراً غريبة كثيرة حدثت في الجزء الأول من عشرة آلاف جزء من الثانية الأولى من عمر الكون. ولما كانت حرارة الكون حينها تفوق درجة تريليون كلفن، فقد كانت البروتونات والنيوترونات مفككة إلى جسيمات دون ذرية



تدعى بالكواركات quarks، وهي جسيمات حدد العلماء ستة أنواع منها تتحد مع بعضها بطرق مختلفة لتكوّن البروتونات والنيوترونات وجسيمات أخرى.

وبالدنو أكثر من لحظة الانفجار العظيم، سنرى قوى الطبيعة - مثل الكهرمغنطيسية والقوى التي تمسك بالبروتونات والنيوترونات معاً في نوى الذرات - وقد انبثقت وتطورت وفق آليات دقيقة وحرجة جداً. في الأزمنة السحيقة القدم تلك، كانت هذه القوى منتظمة في قوة واحدة مفردة، تمايزت لاحقاً إلى قوى منفصلة وتغيرت شدة قواها النسبية. في ذلك الزمن السحيق، ربما نشأت المادة ذاتها عن طاقة الانفجار العظيم وفق عملية لم يدركها العلم بنحو كامل بعد.

ومن أجل رؤية زمن بهذا القدم، يجب على العلماء اكتشاف جسيم يحظى بقدرة اختراق تفوق قدرة جسيمات النيوترينو. ومن المفارقة أن يرتبط هذا الجسيم الخارق القوة بأضعف قوى الكون: قوة الثقالة gravity force. ومع أن الثقالة (الجاذبية) قوية بما يكفي لتمسك بنا بثبات على الأرض، فإنها في واقع الأمر أضعف بكثير من القوى دون الذرية التي تمسك بقوام الذرات ونواها معاً.

ويعتقد الباحثون أن جسيماً كهذا موجود فعلاً. إنه الغرافيتون Graviton الذي يفترض العلماء أنه يبث قوة الثقالة بين أجزاء المادة. وعلى الرغم من عدم رؤية أي شخص للغرافيتون، فإن العلماء يعتقدون بوجوده لأن نظرية آينشتاين في النسبية العامة تتنبأ بأن الكتل المادية المتحركة

كافح العلماء لرؤية جسيمات النيوترينو الشمسية لكن اكتشافها كان على الدوام أمراً أقرب إلى المستحيلات لأنها تعبر معظم أجهزة الكشف دون أن تلحظها

يجب أن تطلق جسيمات الغرافيتون مثلما تطلق الشحنات المتحركة فوتونات الأشعة الكهرمغنطيسية. لكن كشف جسيمات الغرافيتون المتبقية من حقبة الكون البدائي هو أمر أكثر صعوبة بكثير من اكتشاف جسيمات النيوترينو. لذا يبدو واضحاً أن هذا العمل سيكون منوطاً بعلماء الفلك في المستقبل البعيد جداً، الذين سيكون بوسعهم إذا استطاعوا بناء جهاز كشف قوي بما يكفي لرؤية جسيمات الغرافيتون أن يقتربوا كثيراً من رؤية لحظة ولادة الكون ذاته.

لكن علماء الفلك في ذلك المستقبل البعيد جداً سيصطدمون بجدار آخر عند نقطة كان الكون فيها بعمر لا يتجاوز جزءا لا يذكر من الثانية الأولى من تاريخه؛ وكانت حرارته حينها تبلغ مئة مليون تريليون تريليون درجة كلفن. إن ظروف الحرارة والكثافة الخارقة التي كان فيها ذلك الكون الوليد حجبت حتى جسيمات الغرافيتون. وهذه حالٌ لا يعرف العلماء معها ماذا كان الكون الوليد يشبه خلف ذلك الحاجز، لأن أفضل أسلحتهم النظرية (النسبية العامة وميكانيك الكم) تسقط عاجزة أمام عتبة حرارة هائلة مثل هذه، ولا تقدم سوى تنبؤات هزيلة، من قبيل انهيار موجات الضوء إلى ثقوب سوداء ميكروية. لذا فإنه حتى لو نجح العلماء في رؤية جسيمات النيوترينو والغرافيتون، فسيمنعهم حاجز أخير في أعماق الزمن من رؤية لحظة ولادة الكون.

ختاماً

هل ستكون هذه الستارة هي الأخيرة فعلاً؟ أم سيتمكن العلماء في نهاية الأمر من التغلب على هذا الحاجز ورؤية ما وراءه؟ سيحتاجون عندها إلى إيجاد جسيم ما، له قدرة اختراق أعلى من كل ما سبقه من الجسيمات وأكثر مراوغة وتفلتاً حتى من جسيمات النيوترينو والغرافيتون.

لكن نظرياتنا الحالية ليس لديها شيء تقوله عن جسيم أكثر قدرة على الاختراق من جسيم الغرافيتون. وإذا كانت هذه النظريات صحيحة، فسيكون عندها هذا الحاجز هو الحجاب الأخير الذي سيمنع فعلاً علماء الفلك من أي رؤية إلى ما وراءه وصولاً إلى لحظة بداية الخلق. وستنتهي حدود خريطتنا للكون المعروف عندها فجأة كما انتهت حدود خريطة مابا موندي. ■

مؤسسة الكويت للتقدم العلمي ودعم الاختراع والابتكار

بقلم: د. هيثم كبارة *

تتطرق المقالة إلى موضوعين على جانب كبير من الأهمية أولهما: تعريف وشرح ماهية كل من الاختراع والابتكار، وثانيهما دور مؤسسة الكويت للتقدم العلمي في دعم الاختراع والابتكار في دولة الكويت. وما فتئ الكتاب والخبراء يحاولون تعريف وتحليل مفهومي الاختراع والابتكار. ومن أهم الأفكار التي يطرحونها بهذا الصدد هي ماهية الاختراع ، وما الفرق بينه وبين الابتكار؟

أخذ الابتكار عدة تعاريف عبر السنين، وكان كل تعريف يعكس مصطلحات ذلك الزمان ومفاهيمه، فقد عرفه شومبيتر بأنه التعرف إلى سلع جديدة، أو استنباط سلع أفضل مما هو متداول، وإيجاد أسواق جديدة، أو وسائل إنتاج وتوزيع أفضل، أو إيجاد مصادر جديدة لإنتاج السلع الحالية.

وفي اللغة وفقاً لقاموس ويبستر؛ يرمز الابتكار إلى كل عمل أو وسيلة جديدة يتم استخدامها في إنتاج شيء جديد، أو تغيير في الطرق المتبعة سابقاً، أو هو استنباط طريقة جديدة تختلف عما هو متعارف عليه، فيما يرى روجرز أنّ الابتكار هو أي فكرة وطريقة أو أمر جديد يقدمه أو يتبناه شخص ما، في حين يعرف بيتر دركر - الذي يعتبر فيلسوف الإدارة في القرن العشرين - الابتكار بأنه التغيير الذي يخلق بعداً جديداً في الأداء.

وهناك شبه إجماع في الأدبيات والأبحاث على أن المقصود بالاختراع هو تكوين شيء جديد أو إنتاج منتج جديد؛ كاختراع السيارة والحاسوب على سبيل المثال.

أمّا الابتكار فهو كل تحسين أو إضافة على الاختراع الأصلي، بحيث يصبح إمّا قابلاً للتطبيق العملي، أو يؤدي إلى تحسينه شكلاً ونوعاً، ما يسهل الاستفادة منه تجارياً وعملياً وعلى نطاق واسع. والمثال على ذلك الحاسوب الشخصي الذي طوره ستيف جوبز وسمح بوضع آلاف التطبيقات لتكون في متناول اليد على أجهزة ذكية محمولة.

* مستشار اقتصادي، (الكويت).

أيهما الأكثر أهمية؟

وقد يتبادر إلى الذهن السؤال الآتي: أيهما أكثر أهمية الاختراع أم الابتكار؟ ولا جدال في أن كليهما من الأهمية بمكان؛ إذ إنّ الاختراع في حد ذاته شيء عظيم، لكنه يبقى محدود الفائدة إذا لم يتم استخدامه في منتج معين، أو استنباط منتج جديد بكلفة أقل، أو بطريقة أبسط وبوقت أقصر. وهنا يأتي دور الابتكار الذي يؤدي ذلك كله.

ومن هنا أيضاً يمكن القول إن الاختراع شيء حيوي وبناء، لكنه من دون ابتكار يبقى بلا جدوى أو قليل الفائدة. كما أن الابتكار هو وليد الاختراع أو نتيجة له أي للاختراع. والاختراع يبقى كالمادة الخام ما لم يتم صقله بالابتكار. وهذا الأخير ما هو إلا انعكاس أو نتاج اختراع ما. إن الاختراع يأتي أولاً يليه الابتكار، وقد قيل: إذا كان الاختراع حصاة في البركة، فالابتكار هو التموج الذي تراه في الماء والذي يتحول إلى موجة تليها موجات.

الابتكار المتسارع

استطاع الصينيون بما لديهم من خبرات مكتسبة على مر العقود تحقيق ما يمكن تسميته بـ(الابتكار المتسارع)، ويقصد به إعادة هندسة عمليات البحث والتطوير والتنمية والابتكار لتقديم منتجات جديدة بوقت أسرع من السابق. وهذا ما يمكن أن نطلق عليه الوصفة، بل (الأعجوبة الصينية).

فقد استطاع النموذج الصيني إعادة هندسة الابتكار والتطوير بصورة متسارعة، مع تحقيقه لانخفاض الكلفة في الوقت نفسه. ولم يقتصر هذا الأمر على صناعة معينة، بل امتد ليشمل صناعة الأدوية، والتكنولوجيا المتطورة، والاتصالات والإلكترونيات.

وما يهمنا من هذا المثال هو كيفية الاستفادة منه في المنشآت الصناعية الكويتية، فلا غرو أننا يجب أن نفرق بادئ ذي بدء بين النظرية العامة في الابتكار وبين السياسات والخطط الذاتية. ونعني بذلك أن هناك نظريات عامة مسلماً بها، وأن هناك أيضاً ظروفاً وأوضاعاً خاصة ترتبط بكل منشأة على حدة. فإذا جاز التعميم في الحالة الأولى فلا يجوز في الثانية. ومن هنا يجب الحذر حتى لا نقع في شرك التعميم عندما ينبغي التخصيص، والعكس بالعكس.

يوجد شبه إجماع في الأدبيات والأبحاث على أن المقصود بالاختراع تكوين شيء جديد أو إنتاج منتج جديد أمّا الابتكار فهو كل تحسين أو إضافة على الاختراع الأصلي

خطة جاهزة

ونخلص من ذلك للقول بعدم وجود خطة جاهزة للتطبيق في كل المؤسسات، يتم بها تحقيق الابتكار المنشود. ولهذا يفترض دراسة أحوال كل منشأة على حدة للتعرف إلى خصائصها ومشكلاتها، ومن ثم استنباط الحلول المتعلقة بالمنشأة ذاتها وفق طبيعة ظروفها. وهناك كما أسلفنا مبادئ عامة وأرضية مشتركة يمكن الاستعانة بها عند وصف الحالات التي تعانيها المنشآت عموماً، ومن بين أهمها الموضوعات الآتية:

- من أولويات العملية الابتكارية وضع خطة استراتيجية يتم بها ربط الابتكار بالخطة.
- التنسيق بين كل إدارات المنشأة، وتجنيدها من أجل دعم كل الجهود لإنجاح المشروع الابتكاري.
- حتى يكون الابتكار ناجحاً؛ ينبغي وضع أهداف محددة، أو البحث عن حلول عملية أحياناً وعلمية في كثير من الأحيان لمجابهة المشكلات أو تحسين الأداء عموماً، إذ ليس المطلوب هو اختراع منتج جديد، في كل منشأة ترنو إلى التطوير والابتكار، إذ يكفي - كما قال شومبيتر - أن تعمل المنشأة، صغرت أم كبرت، على إيجاد أسواق جديدة وتوزيع أفضل، أو إيجاد مصادر جديدة للمواد الأولية حتى يمكن وصفها بالمنشأة المبتكرة والمنشأة الناجحة.

نجاح الابتكار

لكي ينجح الابتكار في تحقيق الهدف المنشود؛ لابد من توافر العوامل الآتية على سبيل المثال:

- أولاً: أن يكون الابتكار مقبولاً من الوجهة الفنية.
- ثانياً: أن يكون مقبولاً من الزبائن والمستهلكين. ولضمان ذلك ينبغي التعرف إلى رغباتهم وميولهم كي يلبي الابتكار هذه الرغبات والميول.
- ثالثاً: أن يساعد الابتكار على خفض تكاليف الإنتاج.
- رابعاً: أن يتم التعرف إلى مواقف الموردين.
- خامساً: قياس الأخطار المحتملة، ومنها المتعلقة بالبيئة والمجتمع.
- سادساً: أن تتوافر مصادر التمويل.

مركز صباح الأحمد للموهبة والإبداع

أنشأت المؤسسة بمبادرة سامية من سمو أمير البلاد الشيخ صباح الأحمد الجابر الصباح (مركز صباح الأحمد للموهبة والإبداع) في مايو 2010، وذلك لإيجاد المناخ المناسب للابتكار.

ومن أهداف المركز اكتشاف ورعاية المتميزين والموهوبين والمبدعين من أبناء دولة الكويت، وتقديم الدعم المعنوي والمادي لتنمية قدراتهم وصقل مواهبهم لمواصلة التقدم والابتكار، ومساعدة المبتكرين على تسجيل اختراعاتهم محلياً وعالمياً، ومساعدتهم على تصنيع المنتج التجريبي (Pilot product) خلال كل مراحل الإنتاج وحتى يرى إنتاجهم النور. ومن الأمثلة الناجحة على الابتكارات الكويتية التي تم صقلها وتجربة إنتاجها في مركز صباح الأحمد للموهبة والإبداع الاختراعات الآتية، على سبيل المثال لا الحصر:

- مكنسة مغنطيسية Magnetic sweeper: وظيفتها التقاط المواد الحديدية والمعدنية مثل المسامير والدبابيس، وهي من اختراع خالد الحسن.
- جهاز تشخيص من يعانون الاختناق التنفسي أثناء النوم:

امتداد الابتكار

لكن المسألة لا تنتهي هنا، بل ربما من هنا تبدأ، فالابتكار لا يقتصر على التطوير التقني بل يمتد ليشمل ما يأتي:

1- تسخير وسائل الدعم المادية واللوجستية، وذلك بتوفير الموارد المادية والبشرية، لتوفير المظلة الواقية التي تتيح للابتكار البيئة الصالحة للنمو والانطلاق.

2- ومن أهم ركائز هذه البيئة الصالحة أن توجد في الشركات أو الوحدات الإنتاجية قيادات وكوادر مؤهلة من مهندسين وفنيين ومتخصصين وإداريين من ذوي الكفاءة والخبرة.

نخلص من ذلك إلى القول إن الابتكار ليس عملاً سهلاً، لكنه في الوقت عينه ليس بعيد المنال إذا عرفت الشركة المعنية الكيفية التي تخطط بها وتضع القواعد وتمهد الأرضية المناسبة، والكيفية التي تحدد بها الهدف أو الأهداف المنشودة، إلى جانب توفير الدعم المالي كما أسلفنا، إذ من دون ذلك لن ينجح الابتكار.

مؤسسة الكويت للتقدم العلمي

ومن هنا يأتي دور مؤسسة الكويت للتقدم العلمي التي وضعت في صلب مهماتها عددا من الأمور منها: «تحفيز تطوير القدرات العلمية والتكنولوجية للقطاع الخاص والمشاركة في بناء اقتصاد المعرفة». و يهدف البرنامج الذي تديره المؤسسة إلى توفير الدعم المشترك للشركات الكويتية لتمكينها من إجراء نشاطات البحث والتطوير في منشآتها لبناء قدراتها في مجال العلوم والتكنولوجيا والابتكار.

وتؤمن المؤسسة كما ورد في استراتيجيتها الحالية (2012 - 2016) بأن من الواجب تشجيع القطاع الخاص على اتباع المنهج العلمي الذي من ركائزه الأساسية تطبيق التكنولوجيا والابتكار، ولتحقيق لذلك تشمل الخطة الجديدة أربعة محاور استراتيجية تعالج التنمية وحاجات الموارد البشرية ودعم منظومة العلوم والتكنولوجيا والإبداع ضمن المحاور الآتية:

دعم القطاع الخاص

تؤمن مؤسسة الكويت للتقدم العلمي بأن من أولى مهماتها دعم القطاع الخاص بكل منشآته الحيوية، من مصرفية وتجارية وصناعية وخدماتية؛ لأنّ ذلك سيؤدي إلى تحسين أدائها وتطوير منتجاتها، وربما تنوعها، ما يساهم في استحداث فرص عمل جديدة، وفتح أسواق واعدة، بما ينعكس إيجابا على الاقتصاد الوطني.

أما دور المؤسسة في دعم الصناعة الكويتية فيبدأ من تمويل الدورات التدريبية والإيفاد في بعثات تخصصية للمعاهد والجامعات العالمية، إلى المساهمة في تطوير المنشأة الصناعية إداريا وفنياً، ومساعدتها على الابتكار وتطوير المنتجات، ما يساهم في دعم التنافسية وتحسين موقع الكويت التنافسي في الخليج العربي.

ومهمته تشخيص وعلاج مرضى الاختناق التنفسي أثناء النوم، من اختراع الدكتور عبدالمحسن إبراهيم التركي.

- السرير الحراري ذو التنفس الاصطناعي: وهو فراش هوائي صحي للأطفال، يرتفع وينخفض بنظام الشهيق والزفير، ما يدفع إلى استرخاء الطفل مع وجود جهاز موسيقي صغير. وهو من اختراع سليمان الخطاف.

- مظلة السيارة المحمولة: وهي غطاء من البلاستيك أو النسيج لوقاية السيارة من أشعة الشمس. وهي من اختراع منصور المطيري.

- حقيبة السفر الذكية: حقيبة تجول إلكترونية من مزاياها الأمان وتحديد الوزن ذاتياً، حيث تتضمن قفلاً يمكن أن يبرمج إلكترونياً. وهي من اختراع قاسم القفاص.

- نظام منع اعتلال الكلية: جهاز يتم به امتصاص الصبغة المستخدمة في القسطرة قبل وصولها إلى الكبد، ما يجنب المريض التأثير السيىء على الكلية إذا تعرضت لهذه الصبغة. وهو من اختراع الدكتور إبراهيم الرشدان.

المحور الأول: المساهمة في تطوير ونشر وتعلم العلوم، ودعم الموهوبين والمتميزين والمساعدة على تطوير الثقافة العلمية والبيئة الموائمة في دولة الكويت. ويهدف هذا المحور الاستراتيجي إلى تعزيز ثقافة العلوم والتكنولوجيا في الكويت. ويندرج تحت هذا المحور البرامج الآتية:

1 - برنامج تعليم الرياضيات والعلوم.

2 - برنامج تحفيز مشاركة أفراد المجتمع في النشاطات العلمية والتكنولوجية.

3 - برنامج نشر الثقافة العلمية والتكنولوجية في المجتمع.

4 - برنامج دعم الطلبة الموهوبين والمتميزين في الرياضيات والعلوم.

المحور الثاني: دعم قدرات البحث العلمي في المؤسسات العلمية الوطنية، وتعزيز التعاون والتكامل فيما بينها، ويندرج تحت هذا المحور الاستراتيجي الثاني البرامج الآتية :

1 - برنامج منح البحوث.

2 - برنامج المياه والطاقة.

3 - برنامج البيئة.

المحور الثالث: دعم الإبداع في إطار منظومة متكاملة للعلم والتكنولوجيا. ويندرج تحت هذا المحور الاستراتيجي الثالث البرامج الآتية:

1 - برنامج دعم المخترعين.

2 - برنامج احتضان ودعم الاختراعات والابتكارات لاستثمارها تجارياً.

3 - برنامج حوكمة منظومة الإبداع في الكويت.

المحور الرابع: تحفيز تطوير القدرات العلمية والتكنولوجية للقطاع الخاص والمشاركة في بناء اقتصاد قائم على المعرفة. يعد هذا المحور نشاطاً جديداً للمؤسسة تم تصميمه لمساعدة القطاع الخاص. ويندرج تحت هذا المحور الاستراتيجي الرابع البرامج الآتية:

1 - برنامج مساعدة الشركات المساهمة على تطوير قدراتها العلمية والتكنولوجية والابتكارية وكذلك تطوير قدراتها الإدارية.

3 - برنامج الدعم المالي الجزئي (قسائم أبحاث)، لمساعدة الشركات المساهمة الصغيرة والمتوسطة الحجم على تنمية قدراتها في استيعاب العلوم والتكنولوجيا والابتكار والتطوير الإداري.

وهناك عدد من البرامج المشتركة، منها:

1 - برنامج التعاون العلمي الدولي.

2 - برنامج الجوائز.

3 - برنامج المبادرات والمشروعات الخاصة.

الإنسان.. الكائن غير المكتمل

د. محمود الذوادي *

من خلال البحث عن جوهر الطبيعة البشرية ومحاولة سبر ألغازها، ظهرت في عام 1940 نظرية تسمى (الإنسان الكائن غير المكتمل) l'être Inachevé . ولاقت هذه النظرية ردود فعل إيجابية لدى عدد من العلماء في ميادين علم الأحياء (البيولوجيا) وعلم الإنسان (الأنثروبولوجيا) والفلسفة. وتتمثل مقولة هذه النظرية في أن الإنسان هو كائن غير مكتمل بيولوجيا. ويعني هذا أن غرائز وأعضاء هذا الكائن البشري فاقدة للاعتماد على الذات عند ولادته، مقارنة بأجناس حية أخرى تكون قادرة على الحياة بالاعتماد على نفسها عند ولادتها دون التعلم أو العون الخارجي. وخلاصة القول تفيد بأن الإنسان عند الولادة لا يملك فطرياً مؤهلات محددة توجه سلوكاته المتعددة؛ إذ إنه يأتي للحياة من دون قدرة على الدفاع على الذات ومن دون قدرات خاصة أو غريزة باستثناء الرضاعة من ثدي أمه. ومن ثمّ، فهو يحتاج إلى سنوات عديدة من النمو والتعلم قبل أن يصبح معتمداً بالكامل على نفسه. وبعبارة أوضح؛ إن التنشئة الاجتماعية تعوّض ما لديه من ضعف بيولوجي خلقي.

ويرى عالم النفس والاجتماع الألماني أرنولد جهلن في كتابه (الإنسان.. طبيعته ومكانته في عالم 1940) أن هذا الإنسان كائن منفتح على العالم، أي إنه بطبيعته كائن ثقافي. ومن جهته، يؤكد أكبر علماء الحيوان كونراد لورنز أن قلة الغرائز عند الإنسان تجعل منه كائناً غير مكتمل.

وفي مقابل ذلك هناك من العلماء من يرى أن كثيراً من المهارات البشرية تبدو فطرية؛ لأنها تكون حاضرة لدى الأطفال عند الولادة. ويأتي تعلم لغة الأم بأصواتها وكلماتها في طليعة تلك المهارات، الأمر الذي

* أكاديمي متخصص في علم الاجتماع، (تونس).

يشير إلى أن ذلك لم يكن ليحصل لو كان مخ الطفل «غير مكتمل».

وبالعكس، فإن مهارة تعلم اللغة تدل على وجود نضج مبكر كبير في قسم اللغة من خريطة المخ البشري، فالطفل مجهز بترسانة وافية مختصة في تعلم اللغة، وهذا ما جعل عالم اللسانيات ستيفن بنكر لا يتردد عن الحديث حول «غريزة اللغة» عند الإنسان وحده.

وتبرهن بحوث علم النفس حول المقدرات المبكرة للرُّضع وصغار السن من الأطفال أن أدمغتهم تتمتع بمهارات ومؤهلات عالية المستوى تتجاوز اعتقادات معظم الناس. ومن ثمّ، فإن أدمغتهم تتصف بدرجة نمو ممتازة، تسمح لهم بالقيام بمجموعة من المسائل المعقدة. وكل ذلك يدل على أن الكائن البشري ليس في الواقع غير مكتمل على مستوى تركيبة مخه، كما تعتقد مقولة نظرية (الإنسان.. الكائن غير المكتمل).

تبرهن أبحاث علم النفس حول المقدرات المبكرة للرُّضع وصغار السن من الأطفال أن أدمغتهم تتمتع بمهارات ومؤهلات عالية المستوى تتجاوز اعتقادات معظم الناس

اللغة أم الثقافة

بعد تحليل الجوانب المختلفة لأطروحة تلك النظرية، يمكن القول إن ظاهرة الثقافة التي يتميز بها الإنسان ذات جذور بيولوجية. وكما رأينا؛ فإن البنية البيولوجية والعصبية المبكرة الراقية لدماغ الطفل تؤهله لتعلم اللغة منذ الولادة.

واللغة هي الأساس الأول لميلاد ظاهرة الثقافة أو ما نسميها الرموز الثقافية (اللغة والفكر والدين والمعرفة/العلم والقيم والأعراف الثقافية والأساطير والقوانين).

خمسة معالم

ولدعم نظريتنا المنادية بمركزية اللغة ومن ذلك الثقافة في هوية الإنسان؛ نقدّم ملاحظات فكرية وبحثية شخصية جديدة حول خمسة معالم ينفرد بها الجنس البشري عن غيره من الكائنات:

1 - يتصف النمو الجسمي (البيولوجي الفيزيولوجي) لأفراد الجنس البشري ببطء شديد مقارنة بسرعة النمو الجسدي الذي نجده عند بقية الحيوانات، مثلاً.

2 - يتمتع أفراد الجنس البشري بأمد حياة (سن) أطول من عمر معظم الحيوانات.

3 - ينفرد الجنس البشري بأداء دور السيادة/الخلافة في هذا العالم، من دون منافسة حقيقية له من الأجناس الأخرى.

4 - يتميّز الجنس البشري بطريقة فاصلة وحاسمة عن الأجناس الأخرى بمنظومة الرموز الثقافية المذكورة آنفاً.

5 - يتصف أفراد الجنس البشري بهوية مزدوجة مثل بقية الكائنات، فهي تتكوّن من الجانب الجسدي/البيولوجي الفيزيولوجي، من ناحية، والروح مصدر بث الحياة، من ناحية ثانية. ومن جهة ثالثة؛ يتميز الجنس البشري عن سواه بالجانب الرموزي الثقافي المشار إليه في المعلم السابق، الأمر الذي يجعل الإنسان في نهاية المطاف ثلاثي الأبعاد لا ثنائي الأبعاد كبقية الأجناس (جسد وروح). ومن ثم، فالبعد الثالث في الإنسان هو الأعز في هويته بالنسبة لمشروعية تأهله لمنصب السيادة على كل ما هو على وجه الأرض.

والسؤال البحثي والفكري المشروع بهذا الصدد هو: أولاً: هل من علاقة بين تلك المعالم الخمسة التي يتميّز بها الإنسان؟ وثانياً: هل الرموز الثقافية تؤثر تأثيراً حاسماً في المعالم الأربعة الأخرى؟

هناك علاقة مباشرة بين المعلمين 1 و2، إذ إن النمو الجسمي البطيء عند أفراد الجنس البشري يؤدي بالضرورة إلى حاجتهم إلى معدل سِنّ أطول يمكنهم من تحقيق مراحل النمو والنضج المختلفة والمتعددة المستويات. أما معالم الهوية المزدوجة من الهوية الثلاثية الأبعاد التي يتصف بها الإنسان فإنها أيضاً ذات علاقة مباشرة بالعنصر الجسدي (المعلم1) للإنسان، من جهة، والعنصر الرموزي الثقافي/البعد الثالث (المعلم 4)، من جهة أخرى.

4
مركزية اللغة والرموز الثقافية في هوية الإنسان

1 **جسم الإنسان بطيء النمو**

2 **طول عمر الإنسان**

3 **سيادة الإنسان في العالم**

5 **الإنسان مزدوج الطبيعة**

لذا، فإن اللغة هي أم الرموز الثقافية جميعاً، أي إنه لا يمكن وجود أي من عناصر الثقافة / الرموز الثقافية، مثل الفكر والدين والعلم..إلخ.. دون حضور اللغة البشرية في شكلها المنطوق على الأقل، ناهيك عن شكلها المكتوب الذي يتميز به الإنسان عن بقية الكائنات.

البنية البيولوجية والعصبية المبكرة الراقية لدماغ الطفل تؤهله لتعلم اللغة منذ الولادة واللغة هي الأساس الأول لميلاد ظاهرة الثقافة أو ما يعرف بالرموز الثقافية

وهكذا يصح القول: إن «الإنسان كائن ثقافي بالطبع»؛ أي إنه بفطرته البيولوجية والعصبية في تركيبة مخه منذ الولادة هو كائن ذو مهارة عالية في تعلم اللغة التي هي مريض الفرس بالنسبة لنشأة ظاهرة الثقافة ونموها وتطورها.

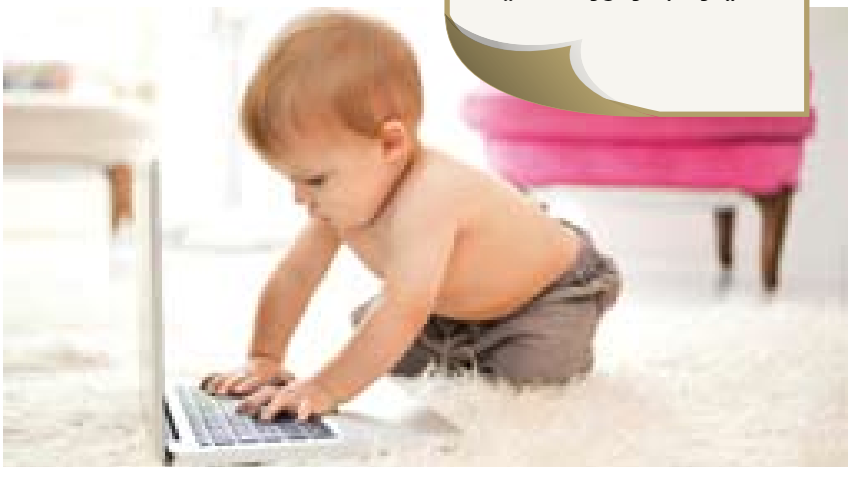
وبخصوص سيادة الجنس البشري على غيره من الكائنات، فإنها ذات علاقة قوية ومباشرة بالمعلمين 5 و4: الهوية المزدوجة والرموز الثقافية. والعنصر المشترك بين هذين المعلمين هو منظومة الرموز الثقافية. وهكذا يتجلى الدور المركزي والحاسم لهذه المنظومة في تمكين الإنسان وحده من السيادة/الخلافة في هذا العالم.

مقدرة مقولتنا على التفسير

إن منظومة الرموز الثقافية تسمح أيضاً بتفسير المعلمين 1 و2، فالنمو الجسمي البطيء عند الإنسان يمكن إرجاعه إلى أن عملية النمو الشاملة عنده تتمثل في جبهتين: الجبهة الجسمية وجبهة الرموز الثقافية، خلافاً للنمو الجسدي السريع عند الكائنات الأخرى بسبب فقدانها لمنظومة الرموز الثقافية بمعناها البشري الواسع والمعقد. وهذا يعني أن نمو الكائن البشري على مستويين يؤدي بالضرورة إلى بطء عملية النمو ككل عنده: أي على الجبهتين.

وبعبارة أخرى، فإن انصراف كل جهود عملية النمو عند الإنسان إلى جبهتين - لا جبهة واحدة - يعطل سرعة النمو على الجبهتين عند الإنسان: أي إلى بطء في النمو الجسدي وبطء في نمو منظومة الرموز الثقافية. ويلخص الشكل أعلاه مركزية منظومة الرموز الثقافية في ذات الإنسان، فيعطي بذلك مشروعية قوية لمقولة إن الإنسان كائن رموزي ثقافي بالطبع.

وهناك مشروعية فكرية ومنهجية لوصف هذا الإطار التحليلي للرموز الثقافية بأنه يمثل نظرية؛ لأن النظرية هي ذلك الإطار الفكري الذي يفسر عدداً من الظواهر المختلفة. وهذا ما تُبيّنه مقولة منظومة الرموز الثقافية عندنا. فالمعالم 1، 2، 3، و5 المميزة للإنسان في الشكل هي حصيلة لمركزية الرموز الثقافية في هوية الإنسان. ومن هنا تأتي مشروعية استعمال فكرة الرموز الثقافية أو البعد الثالث لبناء نظرية لفهم وتفسير طبيعة الإنسان وسلوكات الناس وشؤون مجتمعاتهم.



مفارقة غريبة

ومن المفارقات بهذا الصدد أن يصبح الإنسان «غير مكتمل الخلقة»، الكائن الوحيد الذي له السيادة – من دون منافسة – على كل الكائنات الأخرى، والتي يعتبرها هؤلاء العلماء «مكتملة الخلقة». ويتطلب فهم هذه المفارقة وقصور رؤية هؤلاء العلماء إبراز ثلاثة عوامل:

أ – اقتصار العلماء في حكمهم على اكتمال الخلقة من عدمها على العوامل البيولوجية الفيزيولوجية المادية الظاهرة التي تضمن للمخلوقات القدرة على الاعتماد القوي على الذات للبقاء المادي باستقلالية شبه كاملة على قيد الحياة بعد ولادتها.

ب – إغفالهم للاهتمام بمسألة اكتمال الخلقة في دماغ الأطفال جعلهم لا يكتشفون اكتمال دماغهم بما يؤهلهم لعملية تعلّم اللغة بعد الولادة مباشرة. ويوحي ذلك أنهم قاموا بتعميم حالة عدم اكتمال الخلقة – في أجسام صغار الأطفال لصالح قدرتهم الذاتية على البقاء أحياء – على وضع أمخاخ الأطفال أنفسهم. وهو ما يخالف ما ذهب إليه فريق العلماء الجدد الذين يؤكدون حالة اكتمال الخلقة الفطرية في مخ الطفل الوليد. ويتمثل دليلهم على ذلك في قدرة ذلك الطفل على الشروع في تعلم اللغة بعد الولادة وربما قبلها، علماً أن اللغة ظاهرة معقدة تحتاج إلى مخ رفيع مكتمل التركيبة ومستوى المهارات. وهكذا، فالقول الأكثر دقة بهذا الشأن هو أن خلقة أطفال بني البشر ليست غير مكتملة في كل شيء لدى المولود وإنما هي كاملة في بعض الأمور (المخ) ومفقودة في بعضها الآخر (الرجلان واليدان..).

جـ – بناء على ما سبق ذكره، فإنه يجوز إرجاع القصور فيما ورد في 1 و2 إلى الرؤية المعرفية الإيبستيمولوجية للعلوم الحديثة. فهذه الأخيرة تولي اهتمامها الأول للجوانب المادية الظاهرة و المحسوسة للظواهر التي ترغب في دراستها. فعلى سبيل المثال؛ تدرس علوم الطب المخ البشري باعتباره ليس أكثر من ظاهرة فيزيولوجية بيولوجية عصبية؛ أي يُدرس المخ وكأنه خال من منظومة الرموز الثقافية التي يتميز بها الإنسان عن بقية الكائنات. وهذا ناتج عن المنظور المعرفي المادي الذي يفحص من خلاله الباحثون والعلماء الظواهر التي يودون فهمها وتفسيرها. وبهذا الصدد، يُطلق على علوم الطب، مثلاً، مصطلح «العلوم الصحيحة»؛ أي العلوم الدقيقة في وصفها ومعرفتها لمنظومة الجسم البشري بيولوجيا وفيزيولوجيا وعصبياً. لكن كيف يجوز وصفها بـ«الصحيحة» بطريقة شمولية وهي تصمت صمتاً كاملاً في تشخيصها لمكونات المخ البشري عن ذكر أهم شيء يتميز به الإنسان عن غيره من الكائنات ويعطيه السيادة عليها، ألا وهي منظومة الرموز الثقافية التي تحضنها خريطة مخ الإنسان، هذا الكائن الفريد؟. ■

تطوّر العناصر الإلكترونية

م. سلطان إبراهيم الخلف *

علم الإلكترونيات من العلوم الحديثة التي لها دور كبير في خدمة تقدم البشرية، ولعل خير دليل على ذلك هو أنه أساس انبثاق عصر المعلوماتية الذي يتميز به عالمنا المعاصر. وما أجهزة الحاسوب المحمول والهواتف الذكية إلاّ أمثلة على ذلك، إذ يستطيع الفرد بواسطتها التواصل مع الآخرين بالصوت والصورة والرسائل الإلكترونية، والوصول إلى المعلومة المطلوبة ببساطة، ومتابعة الأحداث ومشاهدتها أولاً فأولاً عن طريق الإنترنت.

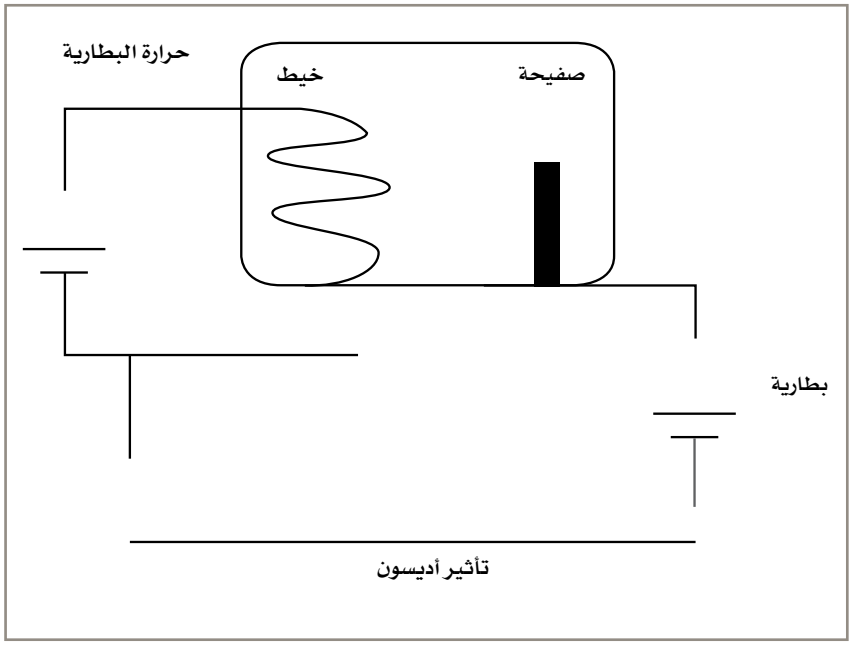
* محاضر في قسم تكنولوجيا الهندسة الإلكترونية، الهيئة العامة للتعليم التطبيقي والتدريب، (الكويت).

ويرجع علم الإلكترونيات إلى بداية القرن العشرين، إذ كانت الصمامات المفرغة تشكل عناصره الإلكترونية الأساسية التي كان لها مساهمة كبيرة في تقدم علم الاتصالات اللاسلكية في ذلك الوقت. لكن مع نهاية منتصف القرن العشرين، دخل علم الإلكترونيات مرحلة جديدة عندما ظهرت عناصر إلكترونية جديدة مصنوعة من أشباه الموصلات، وأخذت بالانتشار في الأسواق حيث بدأت تحل محل الصمامات المفرغة، وذلك لكونها أخف وزناً وأقل استهلاكاً للطاقة وأصغر حجماً وأطول عمراً، مع ما تتمتع به من كفاءة تشغيلية عالية. ولم تمض فترة طويلة على تلك العناصر المفردة حتى انتشرت صناعة الدارات المتكاملة التي تحوي أعداداً كبيرة من العناصر الإلكترونية والكهربائية المحشورة في رقاقة سليكونية، تقارب مساحتها ظفر الإصبع، حيث أصبحت عنصراً أساسياً في مختلف التطبيقات المعاصرة.

توماس أديسون

خلال الربع الأخير من القرن التاسع عشر وقبل استخدام المصباح الكهربائي اهتم المخترع الأمريكي الشهير توماس أديسون (1847 - 1931) بإجراء بعض التجارب على المصباح الكهربائي من أجل تحسين أدائه، وذلك بالتخلّص من الاسوداد المتخلف على السطح الداخلي لغلافه الزجاجي، كما حاول إيجاد فتيل طويل الأمد كبديل للفتيل الكربوني الذي يحترق بعد ساعات معدودة من توهجه إثر مرور التيار الكهربائي فيه.

لاحظ أديسون في إحدى تجاربه تلك تدفق تيار كهربائي بين الفتيل Filament والصفيحة المعدنية Plate التي ثبتها في أعلى المصباح من الداخل عندما أوصلهما ببطارية من الخارج، وسجل ملاحظته تلك، حيث عرفت فيما بعد باسم تأثير أديسون. وتردد علماء الفيزياء حينذاك في تقبل حدوث تدفق للتيار الكهربائي بين الصفيحة والفتيل داخل المصباح المفرغ قياساً على ما ثبت علمياً من أن الصوت لا ينتقل في الفراغ.



الفيزيائي تومسون

أثارت ظاهرة تأثير أديسون اهتمام الفيزيائي الإنجليزي ج.ج تومسون (1856-1940)، وحاول اكتشاف طبيعة التيار الكهربائي المتدفق داخل المصباح بين الفتيل الكربوني المتوهج والصفيحة المعدنية.

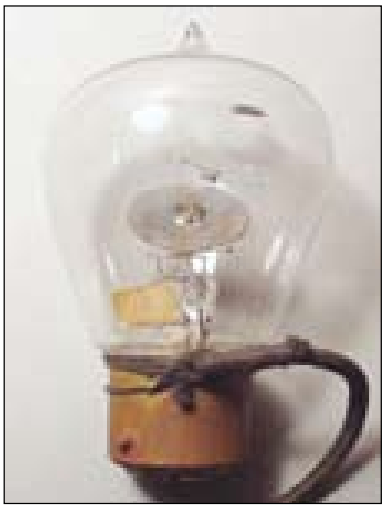
وأجرى تجاربه في عام 1897 على أنبوب أشعة الكاثود، وهو عبارة عن أنبوب زجاجي مفرّغ من الهواء، يحتوي أحد طرفيه من الداخل على فتيل ينبعث منه التيار الكهربائي، كما في مصباح أديسون، وينتهي طرفه الآخر على شكل كروي لاستقبال التيار الذي يتوهج عند ارتطامه به. وخلص في تجاربه إلى أن هذا الشعاع المنبعث من الفتيل هو تيار كهربائي يمكن التحكم في اتجاه انحرافه عن طريق التأثير عليه بالمجال الكهربائي أو المغنطيسي، وأنه يحتوي على جسيمات متناهية الصغر، أطلق عليها اسم كريات تحمل شحنة سالبة، حجم الواحدة منها أصغر من حجم ذرة الهدروجين، وسرعتها داخل الأنبوب تصل إلى 20 ألف ميل/ثانية، بل أضاف إلى اكتشافه هذا فرضية وجود شحنات موجبة للذرة مقابل الشحنات السالبة للكريات، لكنه واجه معارضة من العلماء الذين رفضوا وجود جسيمات أصغر من الذرة لاعتقادهم أن الذرة هي أصغر جزء في المادة، ومع ذلك فقد ثبت فيما بعد أن هذه الكريات ما هي إلاّ إلكترونات، ليصبح بذلك تومسون أول من اكتشف الإلكترون وفسّر طبيعة التيار الكهربائي.

أنبوب أشعة الكاثود المستخدم في تجارب تومسون

الفيزيائي فلمنغ

وكما حازت ظاهرة تأثير أديسون اهتمام تومسون؛ فقد لفتت انتباه الفيزيائي الإنكليزي أمبروز فلمنغ (1849-1945) أثناء عمله مستشاراً علمياً للمخترع ورائد اتصالات الراديو الإيطالي ماركوني، عندما طلب منه تصميم أداة بديلة للمكشاف التلغرافي coherer الذي كان سبباً في إخفاق تجربته في استقبال الإشارة التلغرافية المرسلة عبر المحيط الهادي من مدينة بولدو البريطانية إلى مدينة نوفا سكوتشا الكندية عام 1901.

وقام فلمنغ بإدخال إشارة ترددية AC على مصباح أديسون بين الصفيحة والفتيل، ولاحظ مرور تيار مستمر DC في الدارة. وبعد سلسلة من التعديلات على مصباح أديسون سجل براءة اختراع لأداته عام 1904، وأطلق عليها اسم صمام فلمنغ. وبذلك نجح فلمنغ في اختراع أداة تقوم بمهمة تقويم التيار الترددي في دارة الاستقبال، ما ساعد على سماع الإشارة اللاسلكية للبث التلغرافي من خلال سماعة الأذن. ويثني مؤرخو الاتصالات اللاسلكية على صمام فلمنغ لأهمية دوره في تقدّم التلغراف اللاسلكي والهاتف، كما أنه يعتبر أساس ظهور صمام (ترايود) فيما بعد.



صمام فلمنغ (1904)

ترايود لي دي فورست
1908

تكبير الإشارة اللاسلكية

بعد اختراع فلمنغ لصمامه الذي استخدم كأداة كاشفة لموجات التلغراف اللاسلكية؛ ظهرت الحاجة إلى أداة إلكترونية تعمل كمكبّر للإشارة اللاسلكية التي تتضاءل قوتها قبل وصولها إلى محطات الاستقبال البعيدة. وكانت فكرة تكبير الإشارة تراود المهندس الأمريكي لي دي فورست (1873-1961)، حيث تمكن بالاعتماد على نظرية عمل صمام فلمنغ من اختراع صمامه Audion الذي أطلق عليه فيما بعد اسم Triode. وهو شبيه بصمام فلمنغ من حيث وجود قطب الكاثود (الفتيل) والأنود (الصفيحة المعدنية)، لكنه أضاف شبكة بينهما تمرر من خلالها الإشارة المترددة الضعيفة فتحدث تغييراً في قوة التيار المتردد المتدفق بين الأنود والكاثود، وبذلك تتحقق عملية التكبير، وساعده ذلك على اختراعه لجهاز الراديو.

ويعتبر صمام فلمنغ وترايود لي دي فورست حجري الأساس في انبثاق عصر الإلكترونيات الأول، الذي امتد نحو نصف قرن، وظهر خلاله البث الإذاعي والتلفازي وخدمة المكالمات البعيدة والأجهزة المختلفة وجهاز الحاسوب الرقمي ENIAC الذي تم تركيبه في جامعة بنسلفانيا عام 1946، وجهاز الرادار الذي أدى دوراً كبيراً في الحرب العالمية الثانية.

ويعد دي فورست أحد الآباء المؤسسين لعلم الإلكترونيات، لكن لا يمكن إنكار فضل أديسون الذي حرّك فضول العلماء والمهندسين الأوائل، ومهد الطريق أمام اكتشافهم لعالم الإلكترونيات. وتجدر الإشارة إلى أن فلمنغ رفع دعوى قضائية على دي فورست حيث اتهمه بالسطو على اختراعه للصمّام؛ لكن المحكمة العليا في الولايات المتحدة أصدرت عام 1943 حكمها لمصلحة دي فورست.

مفاجأة كبرى

لم يكن هناك أدنى شك خلال النصف الأول من القرن العشرين في أن الصمامات المفرغة ستظل حجر الأساس في عالم الإلكترونيات، وكان من المستبعد أن يكون لها بديل بعد أن تربعت على عرش عالم الإلكترونيات. لكن هذا الاعتقاد لم يدم طويلاً؛ فقد حدثت مفاجأة كبرى في عام 1947 عندما تمكن الفيزيائيون الأمريكيون الثلاثة العاملون في مختبرات بل وهم وليم شوكلي ووالتر براتين وجون باردين من اختراع ترانزستور نوع Point Contact (التماس النقطي) من رقاقة (جرمانيوم)، وهي مادة شبه موصّلة تتألف من طبقة عليا موجبة وطبقة سفلى سالبة.

وترتكز فكرة عمل الترانزستور على أن التيار الذي يتدفق بين الباعث Emitter والقاعدة Base عبر الرقاقة، يؤدي إلى تدفق تيار أعلى منه عبر طرف المجمّع Collector والقاعدة. ومنح الثلاثة جائزة نوبل في الفيزياء على اختراعهم لهذا الترانزستور عام 1956، على الرغم من أن قدرته على التكبير كانت متواضعة جداً، كما أنه يصعب تصنيعه حيث المسافة بين نقطتي التماس Slit على سطح البلورة بين طرفي الباعث والمجمّع تبلغ سمك حد الشفرة، وهي مسافة يصعب تحقيقها من

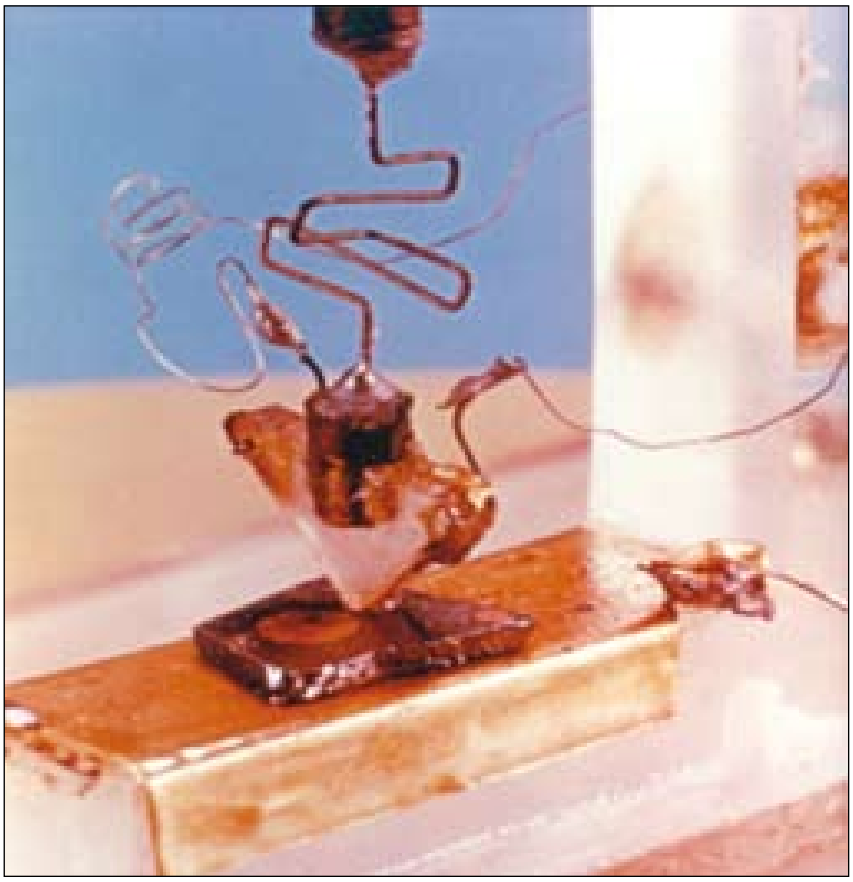
الناحية العملية. ومع ذلك؛ فقد كان لاختراع الترانزستور ذي التماس النقطي أثر كبير في تشجيع الباحثين نحو التوجه إلى عالم أشباه الموصّلات ودراسة إمكانية كونها عناصر بديلة للصمامات المفرغة.

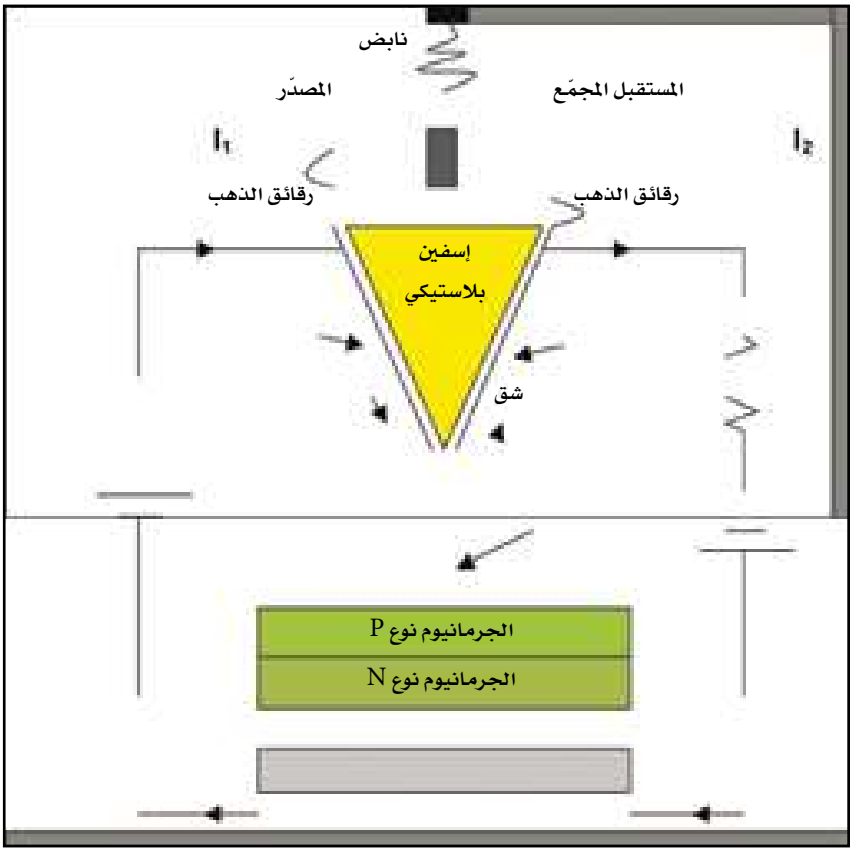
ترانزستور ساندويتش

بدأ وليم شوكلي في عام 1948 بالتفكير في تصميم ترانزستور ساندويتش، أو الوصلة، يعمل بكفاءة أعلى من ترانزستور التماس النقطي، وعمل مع كل من مورغان سباركس وجوردن تيل، ونجح في اختراعه لترانزستور ثنائي القطبية BJT نوع NPN الذي تظهر فيه القاعدة محشورة بين منطقتي الباعث والمجمّع، حيث فاق ترانزستور، التماس النقطي من حيث سهولة التصنيع وقدرة التكبير وانخفاض مستوى التشويش، وأصبح الأساس في تصنيع العناصر الإلكترونية من المادة شبه الموصلة.

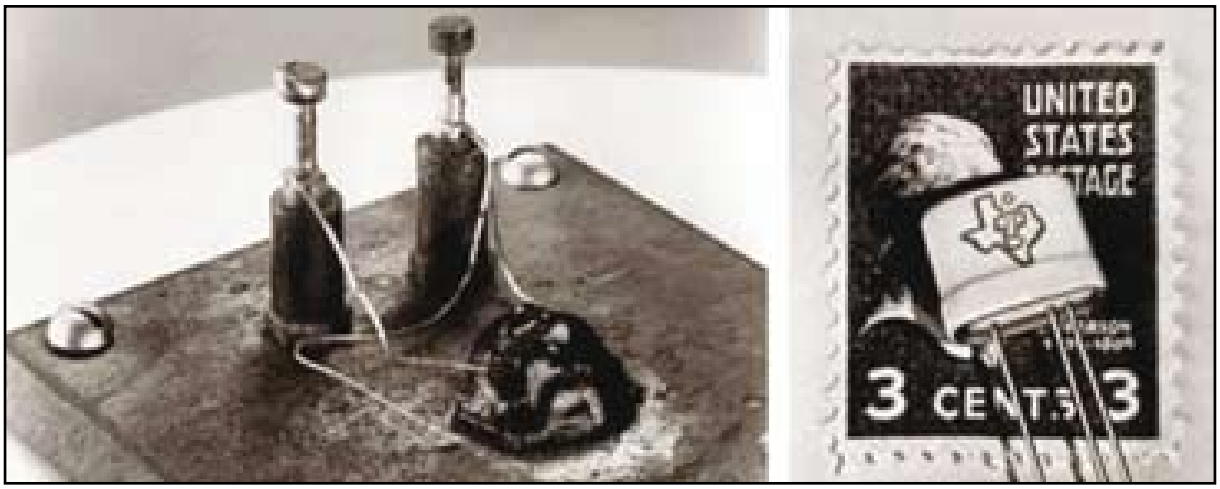
وتقوم نظرية عمل ترانزستور ثنائي القطبية على فكرة أن مرور تيار ضعيف في القاعدة يؤدي إلى مرور تيار مناظر وعال في المجمّع. وأعلنت مختبرات بل في مؤتمر صحفي في يوليو1951 عن الترانزستور الجديد من مادة الجرمانيوم.

وفي سبتمبر من العام نفسه أقامت ندوة حضرها نحو 300 من العلماء والمهندسين وتمت إحاطتهم بنظرية عمل الترانزستور، كما تم تقديم رخص صناعة الترانزستور مقابل رسم مقداره 25 ألف دولار. ومن بين الشركات التي حصلت على رخصة التصنيع IBM وGE وT.I. لكن نظراً لتردي أداء عمل الترانزستور عند ارتفاع درجة حرارته قامت شركة T.I في عام 1954 بجهود جوردن تيل بعد أن انضم إلى الشركة بتصنيع ترانزستور سيليكوني بديل يتميز بكفاءة وأداء عاليين. وفي العام نفسه قامت الشركة بتصنيع أول راديو جيب يعمل بالترانزستور، وكان جهازاً فريداً من نوعه ونال إعجاب الناس في ذلك الوقت نظراً لصغر حجمه وخفة وزنه، مقارنة بأجهزة الراديو الكبيرة والثقيلة التي تعمل بالصمامات المفرغة، والتي يصعب حملها والاستماع إليها خارج المنزل.





أول ترانزستور تماس نقطي من مختبرات بل (1947)

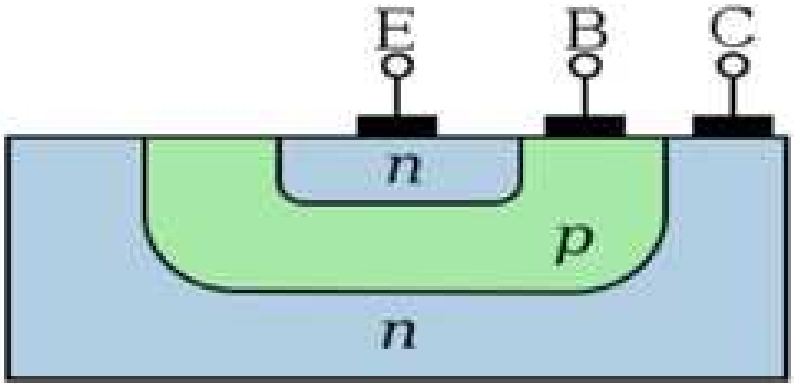


أول ترانزستور ثنائي القطبية (NPN) من مختبرات بل مع أجزاء تركيبه

وادي السيليكون

في عام 1956 افتتح شوكلي مختبره لأشباه الموصلات، وكان أول مختبر يفتتح في بالو آلتو بكاليفورنيا، التي أصبحت فيما بعد تضم العديد من الشركات المصنعة للعناصر شبه الموصلة وشركات صناعة الحاسوب، والتي عرفت فيما بعد بوادي السيليكون الشهير.

ويمكن اعتبار اختراع ترانزستور ثنائي القطبية محطة فارقة في ازدهار صناعة عناصر أشباه الموصلات الإلكترونية، وعلى سبيل المثال لا الحصر كترانزستور تأثير المجال FET وMOSFET والصمامات (الدايود) المشعة للضوء LEDs بمختلف ألوانه والمجسّات Sensors والليزر والخلية الشمسية المصدر الأساسي في تزويد السواتل (الأقمار الصنعية) بالطاقة



الكهربائية، والتي من دونها يستحيل التواصل مع الساتل وهو يدور حول الأرض لسنوات عدة.

ومع انتشار صناعة عناصر أشباه الموصّلات الإلكترونية بدأ نجم الصمامات المفرغة بالأفول مع بداية الستينيات من القرن الماضي، وتبع ذلك ظهور أجهزة الراديو والتلفاز وأجهزة القياس وغيرها من الأجهزة الإلكترونية التي تعتمد على عناصر المادة شبه الموصلة، لكن بقيت بعض التطبيقات المحدودة التي لا تستغني عن استخدام الترايود إلى وقتنا الحاضر كتطبيقات القدرة العالية في البث الإذاعي.

رهاب الأعداد

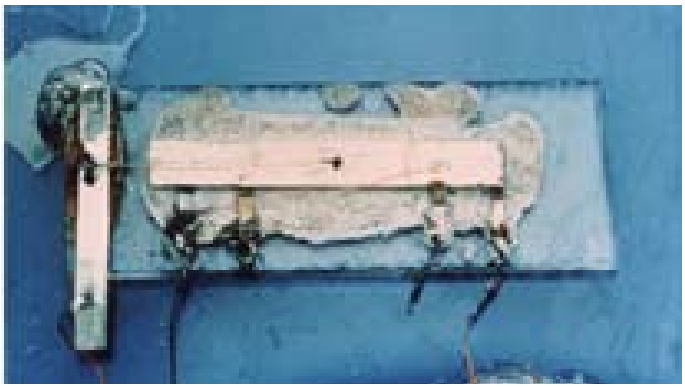
بقيت مشكلة تزايد كثافة العناصر الإلكترونية التي يتم تجميعها بطريقة اللحام على اللوح المطبوع PCB تؤرق المهندسين، وسميت هذه الحالة برهاب الأعداد Tyranny of Numbers. وكان حل هذه المشكلة يراود كلاً من جاك كيلبي وروبرت نويس، وكان الحل يقوم على فكرة تصنيع دارة كاملة بمختلف عناصرها من ترانزستورات وصمامات ومقاومات ومكثفات شبه موصلة، ضمن رقاقة سيليكونية واحدة.

واستطاع جاك كيلبي في الثاني من يونيو 1959 تسجيل براءة اختراعه لأول دارة متكاملة، وهي عبارة عن مذبذب إزاحة الطور Phase Shift Oscillator. وأعقبه روبرت نويس في 30 يونيو نفسه بتسجيل براءة اختراعه لدارة منطقية قلابة Flip-Flops مستخدماً طريقة الطباعة الحجرية الضوئية Photolithography.

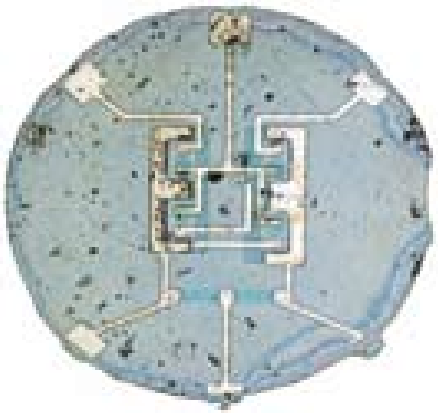
واعترفت المحكمة العليا الأمريكية ببراءة اختراع روبرت نويس في السادس من ديسمبر 1969، وذلك بفضل تفوقه على جاك كيلبي في تقنية توصيل المكونات بعضها ببعض باستخدام تقنية ترسيب المعدن Metallization، التي تعتبر أكثر عملية وسهولة في عملية الإنتاج من طريقة كيلبي الذي استخدم دبابيس وخيوطاً معدنية معلقة للتوصيل بين المكونات. لكن مع ذلك فقد منح الاثنان لقب مخترعين مشاركين Co-inventors للدارة المتكاملة، وحازا جائزة نوبل في عام 2000. وبدأ إنتاج الدارات المتكاملة من نوع البوابات المنطقية في عام 1961.

مشروع أبولو

وشجّع في تقدم صناعة الدارات المتكاملة مشروع أبولو (1961) الذي تبناه الرئيس



دارة جاك كيلبي المتكاملة (1959)



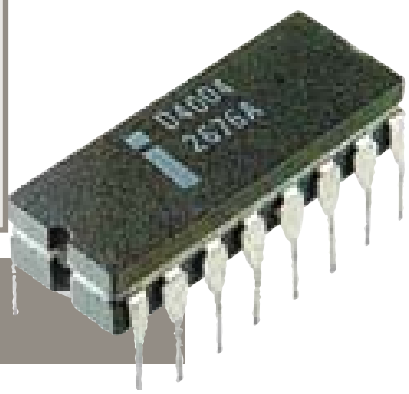
دارة روبرت نويس المتكاملة (1959)

الأمريكي جون كينيدي لمواجهة تفوق الاتحاد السوفييتي السابق في علم الفضاء، وكان المشروع يهدف إلى إطلاق مركبة فضائية تحط بروادها على سطح القمر قبل نهاية العقد. وفي تلك الفترة ظلت الحكومة الأمريكية من أكثر الزبائن شراء للدارات المتكاملة، كما كان هناك طلب كبير عليها من قبل شركة ICBM المصنعة للصواريخ الحاملة للرؤوس النووية.

وفي عام 1968 أسس روبرت نويس مع صديقه جوردن مور صاحب القانون الشهير (قانون مور) شركة Intel التي اشتهرت فيما بعد وحتى يومنا هذا بإنتاج معالجات Intel. وكان 4004 - 4bit CPU Intel أول معالج على مستوى العالم تصنعه الشركة وتطرحه في الأسواق في عام 1971، وكان تردده 740KHz، ويحتوي على 2300 ترانزستور مع ملحقاته. وكان يعمل بنفس القدرة الحسابية لأول حاسوب إلكتروني ENIAC في جامعة بنسلفانيا في نهاية الأربعينيات من القرن الماضي، حيث كان يشغل قاعة كبيرة، ويحتوي على نحو 18500 صمام مفرغ، عدا عشرات الآلاف من المرحلات والمقاومات والمكثفات. وكان يستهلك 150 كيلو واط، وهي قدرة كافية لتشغيل قاطرة قطار.

وفي عام 2010 بلغ عدد الترانزستورات MOSFET في Intel (core) نحو نصف مليار ترانزستور، ما يدل على تقدم تكنولوجيا صناعة الدارات المتكاملة ذات الكثافة العالية جداً.

مع انتشار صناعة عناصر شبه الموصّلات الإلكترونية بدأ نجم الصمامات المفرغة بالأفول مع بداية الستينيات من القرن الماضي وتبع ذلك ظهور أجهزة الراديو والتلفاز والقياس



أول معالج على مستوى العالم
أنتجته شركة فيرجايلد (1971)

قانون مور

لا تزال زيادة كثافة ترانزستورات MOSFET مستمرة في رقاقة المعالج حسب قانون مور الذي ينص على أن عدد الترانزستورات في الرقاقة يزداد بمقدار الضعف كل سنتين. وعملية زيادة الكثافة تلك تتطلب تصغير حجم الترانزستور، لكن عندما تقترب أبعاد الترانزستور إلى أقل من 22 نانو متر في الرقاقة، ومن أجل استمرار قانون مور فإنه لا بد من اعتماد الطباعة الحجرية النانوية كبديل لتكنولوجيا الطباعة الحجرية الضوئية المستخدمة حالياً في تصنيع الدارات المتكاملة، إذ إن تقنيات الطباعة الحجرية الضوئية غير قادرة على تحقيق مثل تلك الأبعاد.

وتوصلت بعض الأبحاث الحديثة إلى تصنيع ترانزستور CNTFET ذي أبعاد أقل من 22 نانومتر باستخدام شبه موصّل أنبوب نانو كربوني Carbon Nano Tube أو CNT حيث يبلغ قطره عدة نانومترات، كقنال بين المصدر Source والمصرف Drain، بديلة للقناة السيليكونية لترانزستور MOSFET الحالي، كما نجحت في تصنيع أسلاك شبه موصلات نانوية، وهو إنجاز يبشر بمستقبل واعد في بناء الدارة المتكاملة باستخدام التقانة النانوية. وسيأتي اليوم الذي تنتشر فيه الدارات المتكاملة بتقنية الطباعة الحجرية النانوية، حيث المليارات من الترانزستورات في الرقاقة الواحدة. لكن يبقى السؤال الملح وهو: إلى أي حد يمكن أن ينتهي حينذاك حجم الترانزستور وفقاً لهذه التقنية؟ ■

بانوراما علمية لعام 2014

د. أحمد مغربي *

بين قفزة الإنسالة (فيلاي) على مذنّب ناءٍ في المنظومة الشمسيّة، وشفاء مشلول عبر زرع خلايا عصبية في حبله الشوكي، ترتسم صورة للتسارع المستمر في تقدّم مغامرة العقل البشري في العلم. وهذا التسارع العلمي يبدّل أحوال العالم يومياً، سواء لمن يشارك

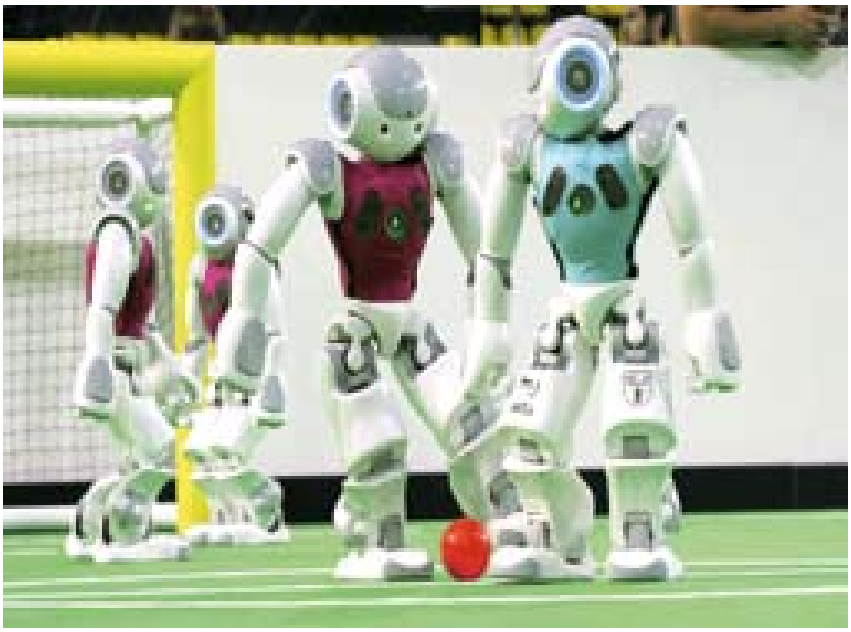
التقنيات البصرية الإعلامية

شكّل عام 2014 حجراً أبيض في مسار التقانات البصرية الإعلاميّة، مع بروز ظاهرة التلفازات المقوّسة. ولعل البداية الأقوى جاءت من شاشتين. إذ أطلقت شركة (سامسونغ إلكترونيكس) Samsung العالميّة، تلفازاً رقمياً له شاشة مقوّسة تتمتع بتقانات (الوضوح العالي الفائق) Ultra High Definition TV، واختصاراً (يو آتش دي) UHD. وبالتزامن معها، قدّمت شركة (آل جي) LG رؤيتها للتلفزة المنزليّة عبر شاشة بانورامية منحنية وفائقة الوضوح بقياس 77 بوصة.

إنه عام التلفاز المقوّس.

وطرحت (فيليبس) تلفازاً يتّسم بما هو أكثر وضوحاً من... (الوضوح العالي الفائق)، بل يفوقه

كأس كرة القدم والإنسالة



رسمياً، دخلت الإنسالة (الإنسان الآلي) سجل كأس العالم لكرة القدم بداية من مونديال البرازيل في يونيو 2014، للمرة الأولى تاريخياً. إذ حرّك كرة انطلاق مباراة الافتتاح بين البرازيل وكرواتيا في 12 يونيو على استاد آرينا كورنيثس في سان باولو، شخص معوق كليّاً، لكنه يرتدي هيكلاً إنسالياً مؤتمتاً. ويتحكّم المعوق في هيكل الإنسالة عبر التفكير وحده، بمعنى أن الإنسالة- الهيكل تتحرّك بموجب أوامر تأتيه من دماغ الجسد البشري المُعوّق. ويطلق على ذلك النوع من الهياكل اسم (إكزوسكلتون) Exoskeleton.

- في معرض (إنوروبو) innorobo الأوروبي بمدينة ليون، قدّمت فرنسا إنسالات اجتماعيّة تصادق البشر وتحاكيهم، كالإنسالة الفرنسية الشهيرة (آي كوب)، ويدا مؤتمتة لمساعدة اليد البشرية المشلولة أو الضعيفة، وإنسالة إعلانية تستخدم الصوت والإشارة واللوح الذكي في الإعلانات، وإنسالة تنهض بمهام

* محرر صفحة علوم وتكنولوجيا في صحيفة الحياة، (لبنان).

في صنع العلوم والتقنيّات أو من يكتفي منها بالمشاهدة والاستهلاك. إنه عالم يبدّله العلم (بالطبع ليس وحده من يفعل ذلك، لكنه قوة أساسيّة في التغيير المعاصر)، فتصير أحواله في اللحظة التاليّة كأنها بعيدة بمسافات الضوء عن اللحظة التي سبقتها. وتسلط المقالة الضوء على أهم الإنجازات العلمية في عام 2014.

بأربعة أضعاف! وحمل التلفاز اسم (4 كيه آلترا كلير آلترا هاي ديفينشن) 4K Ultra Clear Ultra High Definition. وتقدّم تقنيّات الصورة في ذلك الجهاز دعماً لنحو مليار لون!

وأدخلت شركة (إل جي إلكترونيكس) LG Electronics شاشات الحاسوب إلى تقنيّة التقوّس. إذ سجّلت شاشة (34 يو سي 97) حضورها بوصفها أول شاشة حاسوب مقوّسة. وتعمل بتقنيّة (آي بي إس) IPS. ويصل حجمها إلى 34 بوصة، مع تقوّس مقداره 21:9. وظهرت شاشة (34 يو سي 97) في (معرض برلين للإلكترونيّات).

الاستقبال في المكاتب، وتتلقى الطلبات من دون كلّل أو ملل.

- أجريت مسابقة كأس العالم للإنسالة بكرة القدم (روبوكاب- 2014) في البرازيل، بالتزامن مع كأس الفيفا. وللمرة الأولى، ظهرت إنسالة تتولى دور معلّق رياضي.

- طوّر مهندسون من كلية الهندسة والعلوم التطبيقية في جامعة هارفرد الأمركيّة ومعهد ويس للهندسة البيولوجية، أوّل إنسالة ليّنة soft robot تتحرّك من دون مقود. وأثبتوا أنّ تلك الآلة التي تسير على أربعة أطراف قادرة على الوقوف بانتصاب، بل حتى الفرار من مصمّميها. وكذلك تستطيع أن تمشي على الثلج وداخل النار، وأن تدهسها سيارة من دون أن تصاب بضرر. وتثير تلك الإنسالات آمالاً بأن تصبح ذات يوم أداة للبحث والإنقاذ عقب الكوارث.

اندماج عملاق

في مستهل عام 2014، حدث اندماج عملاق بين شبكة (فايسبوك) للتواصل الاجتماعي، وشركة (واتس آب) للاتصال المتعددة الوسائط عبر الإنترنت. بدا الاندماج شبيهاً بتلاقي موجتين عاتيتين لصنع (تسونامي) اجتاح منذ اللحظة الأولى عوالم شبكات التواصل الاجتماعي على الإنترنت، والتراسل الفردي عبر الهاتف الذكيّ، والاقتصاد الرقمي (بالأحرى التقليدي المندمج بالرقمي) المعاصر. وبلغت قيمة صفقة شراء (واتس آب) من قِبَل (فايسبوك)، نحو19 مليار دولار. ويعتبر (فايسبوك) نموذجاً ذرويّاً لشبكات التواصل الاجتماعي، إذ يأسر في شبكته نحو 1.2 مليار شخص، فيما استقطب تطبيق (واتس آب) 450 مليون شخص خلال السنوات الخمس الماضية، وهو يضيف مليون مستخدم جديد يوميّاً.

أوّل هاتف بشاشة ثلاثيّة الأبعاد

استهلّت شركة (أمازون. كوم) عصراً تكنولوجياً مفتوحاً على المستقبل، عبر هاتف ذكي له شاشة تقدّم مشهديات ثلاثية الأبعاد، وهي تصل إلى الأعين مباشرة من دون وساطة نظارات خاصة.

وحمل الهاتف الثلاثي الأبعاد اسم (فاير فون) Fire Phone. ويبلغ حجم شاشته 4.7 بوصة، ومن المتوقع ألا يزيد سعر (فاير فون) عن 300 دولار في الأسواق العالمية.

هواتف ذكية مذهلة

■ ابتكرت (سامسونغ) أول جهاز جيب يربط بالهاتف، فيصبح منصة للألعاب الإلكترونيّة. واستطاع مهندس الاتصالات اللبناني دافيد خوري قيادة فريق لصنع رقاقة تشفير توضع في الهاتف، فتحميه من الاختراق. تحمل الرقاقة اسم (سيكوموبي) Secumobi.

■ وصنعت شركات ألمانية وأمريكيّة رقاقات تحمي هواتف الأفراد، ما فتح فصلاً جديداً في الصراع بين سلطات الدول ومؤسّساتها الأمنيّة من جهة، وحرية الأفراد وحقهم في حماية خصوصيّتهم الشخصيّة.

■ وبالتركيز على الأناقة والخفّة، قدّمت شركة (سوني) الهاتف (إكسبيريا زد 2) Xperia Z2.

■ فرشاة أسنان ذكيّة من أورال بي Oral B تربط بالهاتف الذكي، لإظهار عملية تنظيف الأسنان.

■ ليس هاتفاً، لكن خفة (آي باد إير) iPad Air وقوّته ظلّلتا خيال جمهور واسع.

■ بشاشة تجمع اللوح والهاتف الذكي (وسعر اقتصادي مغر)، حضر هاتف (أل جي برو2) LG Pro 2.

■ آلة (فاب ميكر) Fab maker أعطت الأفراد قدرة على ممارسة الطباعة المُجسّمة بالأبعاد الثلاثيّة D3 Printing.

■ تعد شركة (سكيوسمارت) Secusmart الأمريكيّة بأن تعطي الشريحة المُشفّرة حماية لمكالمات الهواتف الذكية.

■ عرضت (سامسونغ) تطبيق (زالاندو) Zalondo، الذي يمكّن من تجربة الملابس افتراضياً على الشاشة مباشرة.

■ تتيح محاذاة تلفازات (آي بي إس) IPS (من شركة إيه أو سي AOC)

التمتع برؤية واضحة، إذا صمدت أمام قوة الصوت المجسّم فيها.

■ بات من المستطاع التحدّث مع اللوح الذكي (سلايت 6) Slate 6، لأنه الـ(تابلت) الوحيد الذي يشغّل صوتيّاً.

■ هل رأيت ريشة الرسم (نوماد براش) Nomad Brush؟ إنها قلم إلكتروني، لكنه يمثّل محاكاة رقميّة كثيفة لتقاليد الرسم التقليدي. إذ يرسم على الشاشات التي تعمل باللمس كما لو كان رساماً يمسك بريشة وطبق الألوان، كي يرسم على قماشة لوحة.

■ أطلقت شركة (كيه أم إس) KMS البريطانيّة ساعة يد للأطفال، لكنها أيضاً هاتف يتضمن زراً يطلب 5 أرقام دفعة واحدة.

■ صنعت شركة (مايكروسوفت) العملاقة جهاز (وايرليس ديسبلاي أدابتور) Wireless Display Adaptor يربط لاسلكيّاً بين التلفاز والأجهزة المحمولة.

■ ابتكرت شركة (وو ويي) Woo Wee الكنديّة (ميني- روبوت) لكنه نادلٌ أيضاً، ويندرج ضمن فئة الإنسالة الاجتماعية.

■ أطلقت شركة (زد تي إي) ZTE الأمريكيّة جهاز عرض ضوئي (بروجكتور) شخصي بحجم كف اليد.

■ هاتف بل ربما جاسوس أيضاً. إذ يلتقط هاتف (فلير) FLIR صوراً تعتمد على الحرارة المنبعثة من الأجساد، حتى لو كانت خلف الأبواب والجدران!

■ أطلقت (كانون) نوعين متطوّرين من كاميرا الـ(ويب) هما (في بي- إس 905 إف) VB-S905F و(في بي- إس805 إف) VB-S805D. وتستند الكاميرتان

إلى تقنيّة العدسة المتطوّرة التي تتمتع بزاوية تصوير واسعة، إضافة إلى مجموعة من البرامج والتطبيقات المتّخصّصة بعوالم التصوير الرقميّ وفنيّاته. وتتضمّنان أيضاً 6 وظائف تتصل بتحليل مكوّنات الصورة، ما يعطيهما قدرات واسعة على التقاط أشرطة الفيديو وتشفيرها ونقلها عبر الإنترنت.

■ قدّمت شركة (فوجيتسو) Fujitsu تقنيّة في المسح الضوئي سمّتها (سكان سناب) Scan Snap، تمكّن صنّاع برامج الحاسوب المتعلقّة بعمليّة المسح الضوئي، من صنع تطبيقات متنوّعة عن تلك العمليّة.

■ أطلقت شركة (أكتيفيو) Actifio تقنيّة رقميّة تمكّن الشركات من تخزين نسخ مصنوعة بأسلوب المحاكاة الافتراضية، في مخزن رقمي على الإنترنت. وسمّت الشركة منتجها المبتكر (أكتيفيو سكاي).

■ أعلنت شركة (ديل) العالميّة أنها توصّلت إلى تقنيّة تتصل بالتعامل مع المعلومات المخزّنة في الحاسوب، وحقّقت 5 ملايين عملية في الثانية، ما يزيد سرعة التطبيقات بـ99%، مع خفض التكلفة بنحو 71%.

■ شقّ نوع مبتكر من صور الأفراد طريقه تحت اسم (دروني) Dronie، ويأتي الاسم من مزج كلمتي (سيلفي) Selfie و(درون) Drone (طائرة من دون طيّار يمكن التحكّم فيها من بُعد). تلتقط (دروني) بواسطة هواتف ذكيّة تثبّت في طائرات صغيرة من نوع (درون) التي يمكن التحكّم في مسارها عبر موجات الـ(واي فاي)اللاسلكية. وبسرعة، ظهر موقع متخصّص لتجميع صور (دروني)، يحمل اسم (فيميو) Vimeo.

■ ماسحة FORMULA DR-F120 من صنع شركة (كانون) Canon، تتميّز بحجمها الصغير وتعطي صوراً ضوئية ملوّنة، وتُخزّن الصور رقميّاً في ذاكرتها.

■ تعاونت شركتا (آتش تي سي) HTC و(غوغل) لصنع أول حاسوب - لوح من نوع (نكسوس) Nexus يعمل بنظام (آندرويد).

■ قدّمت شركة (إيه أو سي) AOC شاشة رقميّة متحرّكة يمكن ربطها سلكيّاً ولاسلكيّاً بأجهزة الهواتف والحواسيب المحمولة والألواح الذكية.

■ أطلقت سامسونغ رقاقة إلكترونيّة تعتبر الأولى في كونها مخصّصة للهواتف الذكيّة المتقدّمة. تحمل الرقاقة اسم (نيوكلون) NUCLUN، وتتميّز بأنها تحوي ثمانية أنوية إلكترونيّة، ما يعني أنها تملك ثماني مناطق لمعالجة المعلومات والبيانات، أو بالأحرى ثمانية عقول تعمل معا.

■ دشّنت شركة (إريكسون) العالميّة أول مركز دولي لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات يعمل بتقنية الحوسبة السحابية Cloud Computing في (لينكوبينغ) بمملكة السويد. وجاءت تلك الخطوة عقب إعلان الشركة عن تشييد ثلاثة مراكز دولية جديدة لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات، حيث سيوجد اثنان منها في السويد، والثالث في مقاطعة كيبيك بكندا.

■ وليس غريباً أن يختتم عام 2014 بنصب أضخم شاشة تلفاز فائقة الوضوح في ميدان (تايم سكوير) الشهير بنيويورك. يبلغ طولها 100.5 متر، وارتفاعها 23.74 متر (يساوي 8 طوابق)، وصنعها الفرع الإلكتروني لشركة ميتسوبيشي اليابانيّة الشهيرة.

علوم وتكنولوجيا

■ في عام 2014 دخلت المؤسسة الأوروبيّة للعلوم European Science Foundation عامها الأربعين، مؤشّرة على تلك المناسبة باستضافة المؤتمر السنوي الثالث للبيولوجيا المُرَكّبَة صنعيّاً Synthetic Biology، التي تختصر باسم سين بيو Syn Bio. يتمحور عمل سين بيو حاضراً على الجراثيم، وخصوصاً الفيروسات، بمعنى صنع فيروسات عبر تركيبها بصورة صنعيّة.

■ في سنتها الثانية، رفعت جوائز (بريك ثرو) Break Through العلميّة عدد فئاتها إلى 12، تضمّنت الرياضيّات للمرّة الأولى، مع الإشارة إلى أن (بريك ثرو) تتفوق على نوبل بعدد فئاتها ومنحها ثلاثة ملايين دولار لكل فائز بها.

■ ابتكر علماء من معهد ماساتشوستس للتقانة طريقة لصنع مواد صلبة معقّدة تستطيع تجديد نفسها بنفسها، سمّيت مواد مبرمجة تبني نفسها بذاتها Programmable Materials that Build Themselves. ووُصف الانجاز بأنه يندرج ضمن ثورة الطباعة الرباعية الأبعاد!

واكتشف فريق من معهد ماساتشوستس للتقانة شارك في كتابة الدراسة، أن حرير العنكبوت له طريقة خاصّة للانتقال من ميزة الطراوة إلى الصلابة، ما يضمن استمراره في أداء وظيفته بالشكل المناسب. ويرجع ذلك إلى تفاعل الخيوط مع مستويات متنوّعة من الإجهاد، بحسب شدّة كل مستوى!

■ استطاع باحثون في جامعة برنستون الأمريكيّة تحويل أشعة الضوء إلى بلورات، بمعنى أن يصبح الضوء مادة صلبة. إذ ذهبوا بعيداً في عبور الحاجز بين نوعين متباينين، هما الضوء والمادة الصلبة، عبر تحويل أشعة الشمس إلى بلورات صلبة. وجاءت جهودهم في سياق تطوير مواد غير مألوفة، خصوصاً صنع مواد لها مواصفات الموصلات الفائقة (هايبر كوندكترز) Hyperconducters، تعمل في ظروف عادية كتلك التي يمارس فيها الناس عيشهم اليومي. وتشتهر الموصلات الفائقة بأنها مواد توصل تيارا من الإلكترونات بسرعة هائلة، لكنها تتطلّب درجات حرارة منخفضة تماماً كي تعمل على أكمل وجه. وقبيل ختام العام، استضافت مدينة نيويورك المؤتمر الأول تاريخيّاً عن الصناعات الحيوية (بيوفابريكات) Biofabricate. وهي تتركز على استخدام كائنات مركّبة صنعيّاً لصنع مواد غير حيّة كالنسيج والمعادن وحتى مواد البناء.

طب

■ حدث اختراق علمي يفتح باب الأمل بالشفاء أمام ملايين المعوقين، بفضل تنبّه فريق بريطاني- بولندي إلى قدرة القسم الأمامي من عصب الشمّ، وهو موجود في الأنف مباشرة، على تجديد نفسه بصورة طبيعية. ثم عمدوا إلى تنمية تلك الخلايا القادرة على التجدّد في أطباق المختبر إلى أن وصلت إلى حجم 8 مليمترات. ثم أُخِذَت الخلايا وزُرِعَت في القسم المقطوع من الحبل الشوكي لسائق بلغاري عانى الإعاقة منذ عام 2010، إثر إصابته بطعنة سكين في الظهر أدت إلى قطع في الحبل الشوكي. وسرعان ما وصلت الخلايا المستزرعة ما كان منقطعاً، ورجع التواصل العصبي بين الأرجل المشلولة والحبل الشوكي ومراكز المشي في الدماغ. وتمكّن السائق من المشي مجدداً.

■ استُهِلّ عام 2014 بوفاة المريض الأول الذي زرع له قلب صنعي يعمل بصورة مستقلّة كليّاً، على يد مؤسّسة كارمات Carmat الفرنسيّة الميّالة للتكتم على مشروعها. ومن المعلومات القليلة عن ذلك القلب الصنعي أنه يتألف من مئات من الرقاقات الإلكترونيّة المتطوّرة التي تدير قلباً مصنوعاً من ألياف صنعية ذات مواصفات مشابهة للنسيج البيولوجي. وبفضل هذه الألياف، يعمل القلب الصنعي الفرنسي كأنه قلب بيولوجي كليّاً، إذ تعمل صمّاماته وغرفه الأربع (بطينان وأذينان) بطريقة مطابقة لما يحصل في قلوب البشر.

■ لا أقل من كلمة معجزة في وصف الإنجاز العلمي الضخم الذي حقّقه الفريق الأمريكي الذي قاده الدكتور رودريك بتيجرو، بتمويل من مؤسسة المعهد الوطني (الأمريكي) للصحة، بشفاء 4 مرضى من الشلّل الناجم عن إصابة الحبل الشوكي عبر زرع رقاقات إلكترونيّة في القسم المتبقي من الحبل الشوكي.

■ اكتشف فريق علمي في المعهد الوطني (الأمريكي) لتعاطي المخدرات أن تعاطي الماريجوانا (حشيشة الكيف) يؤدي إلى إفساد

فضاء

■ بعد اللقاء الأسطوري بين المركبة الأوروبيّة روزيتا ومذنّب 67/بي شيريميوف- غيراسيمنسكي 67P/Churyumov–Gerasimenko ، انطلقت الإنسالة فيلاي وهي مخصّصة لأبحاث جيولوجيا الفضاء، من بطن تلك المركبة، ثم حطّت على سطح المذنب بهدف غرس مجسّات علميّة تصل إلى أعماقه وتتعرف إلى تركيبته التي ترجع إلى 4.3 مليار سنة، وتشكّل أرشيفاً عن تكوّن النظام الشمسي. واعتبر الاتحاد الأوروبي ذلك الإنجاز الفضائي دليلاً على قوته كقطب عالمي، وشبهها مسؤولوه بما مثّله الهبوط على القمر (1969) من دليل على قوة أمريكا كقطب دولي.

■ بعد رحلة استمرّت 36 عاماً، حقّقت مَركَبَة الفضاء (فُوياجَر1) Voyager 1 إنجازاً هائلاً باختراقها حدود المَنظومَة الشَمْسية ووصولها إلى فَضاءُ النجوم، للمرّة الأولى في تاريخ البشر، بعد أن قطعت نحو 12 مليار ميل (19.3 مليار كيلومتر).

■ أول رصد لموجات من زمن الانفجار العظيم.

بعد سنتين من تلمّس جزيئات بوزون هيغز، وهي الجسيم الأوليّ الذي صنعت منه مادة الكون، رصد علماء الفلك آثاراً تدلّ على موجات الجاذبية كما كانته في اللحظة الأولى من فجر الكون عند الانفجار العظيم، وهو الانفجار الذي يفترض أنه حدث قبل نحو 13.8 مليار سنة، وكان بداية تشكّل الكون.

■ أشارت تجربة علميّة أجريت بأسلوب المحاكاة الافتراضيّة Virtual Simulation للحاسوب، عن تشكّل مجرّة درب التبّانة التي ينتمي إليها نظامنا الشمسي، إلى أنّه يجب أن يكون هناك عدد من المجرّات الصغيرة حول درب التبّانَة يفوق العدّد الذي رصده العلماء حتى الآن. وأرجع العلماء غياب تلك المجرّات إلى تشتت المادة المعتمة Dark Mater في عمليات تشكّل النجوم عقب الانفجار العظيم.

■ دخلت الشمس في دورة جديدة من انقلاب حقلها المغنطيسي في مطلع 2014. ويحدث الانقلاب المغنطيسي للشمس عند نقطة الذروّة من دورة الشمس، عندما تنتهي نصف تلك الدورة. ويتوقّع أن يكون للانقلاب آثار إيجابيّة على مناخ الأرض، بمعنى المساهمة في تخفيض حرارة غلافها الجوي.

مراكز المتعة في دماغ الإنسان، على عكس ما يعتقده معظم متعاطي الحشيشة!

■ توصّل فريق علمي أسترالي من جامعة كوينزلاند للتكنولوجيا إلى إدخال تعديل جيني على الموز يؤدّي إلى زيادة محتوياته من فيتامين أ، مع الإشارة إلى أن نقص ذلك الفيتامين يتسبّب في فقدان النظر لدى آلاف الأطفال سنويّاً.

■ سجّلت أمريكا سبقاً علميّاً تمثّل في أن دواء (زد ماب) ZMapp (صنعته شركة مابّ Mapp الأمريكيّة للأدوية في مقرها بسان دييغو في ولاية كاليفورنيا) كان أول العقاقير لعلاج فيروس إيبولا. وسرعان ما تلاه عقار (تي كي آم- إيبولا) TKM- Ebola، وصنعته شركة تيكميرا الكنديّة بتمويل من البنتاغون الأمريكي! وثمة إنجاز آخر حقّقته تلك العقاقير يتمثّل في سابقة استعمال أدوية تجريبيّة في مكافحة موجة وبائيّة. هل يمثّل الأمر إنجازاً أم أن له وجها آخر، ربما يظهر بعد سنوات.

■ اكتشف باحثون أمريكيّون أن أنواعاً من الخلايا العصبيّة القويّة في مُكوّن في الدماغ يسمّى الغدّة اللوزيّة Amygdala تتحكّم في مدى انخراط الحيوان في السلوكات الاجتماعيّة، بل ربما شكّلت مفتاحاً لفهم مرض التوحّد Autism عند البشر.

متفرقات

■ صاغت مجموعة من العلماء المرموقين، نداء عالميّاً يستهدف وضع حدّ للتجارب التي تعمل على صنع فيروسات صنعيّة لها قدرات أقوى من نظيراتها الطبيعية، ما يجعلها أشد قدرة على الانتشار في صفوف الكائنات الحيّة، ومنها الإنسان.

■ سجّلت هولندا سبقاً بافتتاحها الحديقة الأولى للجراثيم. استضافت أمستردام تلك الحديقة التي سمّيت الحديقة التفاعليّة للجراثيم Interactive Zoo for Microbes. ولدت فكرة حديقة الجراثيم والفيروسات والطفيليات في رأس هيغ باليان، مدير حديقة آرتيس للحيوانات بأمستردام. وبعد 12 سنة من العمل وإنفاق 10 ملايين يورو، ظهرت الحديقة الأولى من نوعها.

■ بعد 111 سنة من إحراز أول ثنائي متزوّج لجائزة نوبل، نال الزوجان النرويجيّان ماي- بريت وإدفار موسير جائزة نوبل للطب (كلاهما من جامعة النرويج للعلوم والتكنولوجيا في مدينة ترونديهايم)، مناصفة مع الأمريكي- البريطاني جون أوكييف، وهو يدير مركزاً متخصّصاً بالعلاقة بين الأعصاب والسلوك في كلية لندن الجامعيّة. وتركّزت أبحاث العلماء الثلاثة على الدماغ، خصوصاً الخلايا التي تمكّن المخ من تحديد المكان الذي يوجد صاحبه فيه، بمعنى أنها تشكّل ما يشبه نظام تحديد المواقع العالمية (جي بي أس) GPS، في الدماغ.

■ ذكرت دراسات أكاديميّة أمريكيّة وكنديّة حديثة أن نظام الحروف المتّصلة في الكتابة اليدويّة بمنحنياتها الجميلة المنمّقة، باتت قاب قوسين أو أدنى من الزوال. فبموجب تعديلات على النظام التعليمي في قارة أمريكا الشماليّة، استمر معظم الأطفال الأمريكيين في تعلّم الكتابة اليدويّة للكلمات بالحروف المتّصلة، حتى خريف 2014. وبعدها، ووفق قرارت من 45 ولاية أمريكيّة ومجموعة من المقاطعات الكنديّة، لن يعود تعليم الكتابة بخط اليد أمراً ملزماً في المدارس.

■ أشارت تقديرات لمؤسسة الاستشارات البحثية (آي دي سي IDC) إلى أنه بحلول عام 2020 سيبلغ حجم التعاملات التجارية عبر شبكة الإنترنت نحو 450 مليار معاملة يوميّاً.

طاقة

■ الأرجح أنها الاختراق الأبرز في تقنيّات الطاقة في 2014، خصوصاً الطاقة المتجددة المستدامة؛ إنها خلطة من الزجاج وتكنولوجيا النانو والكربون والكوانتوم والشمس، بل حتى الليل والقمر! تلك الخلطة هي إنجاز ضخم حققه علماء الولايات المتحدة: ذرّات تتغيّر تركيبتها بفضل امتزاجها مع أنابيب النانوكربون، فتختزن طاقة الشمس. وعند الحاجة، وبحثّ من كميّة ضئيلة تماماً من الطاقة، تُخرج تلك الذرّات مخزوناتها الكبرية من الطاقة، وتنقلب ثانية إلى شكلها الأصلي. وتتكرّر الدورة ثانية، ربما إلى ما لا نهاية! صنعت تلك الذرّات ذات التركيب الحربائي في ربيع 2014، بفضل جهود مشتركة بين علماء معهد ماساتشوستس للتقانة وجامعة هارفرد.

■ خطت شركة (شيميزو) Shimizu، وهي شركة معمارية وهندسية يابانية، الخطوة الأولى في مشروعها لحل أزمة المناخ على الأرض، انطلاقاً من القمر! إذ يقتضي ذلك الحل بناء حزام من الألواح الشمسيّة للكهرباء بطول 400 كيلومتر، يجري بسطها في منطقة خطّ الاستواء في القمر (طوله 11000 كيلومتر). ثم تحوّل كهرباء الألواح إلى الأرض على شكل موجات ميكروية (ميكروويف) تصل إلى محطات استقبال تتولى تحويلها ثانيّة إلى كهرباء.

■ وجد فريق من الباحثين وسيلة لتبريد الإلكترونات حتّى 228 درجة مئوية تحت الصفر، من دون الحاجة إلى وسائل خارجيّة، بل ضمن شروط غرفة عادية. ومن المحتمل أن يؤدّي ذلك التطوّر إلى تمكين الأجهزة الإلكترونيّة من العمل مع استهلاك كميّات قليلة تماماً من الطاقة.

في عوالم المعلوماتية والاتصالات، الأرجح أن عام 2014 كان عاماً لتكريس الأجهزة التي تسمّى (التقانات القابلة للارتداء) Wearable Technologies.

وتشمل أثواباً تحتوي على مجسّات وأسواراً تحتوي على هواتف وحواسيب، ونظارة تحتوي على كاميرا فيديو.

تتصدر تلك الأدوات أجْهِزَة القياس الذاتيّة، التي تعمل على قياس ضغط الدم ومعدل ضربات القلب وإيقاع خطوات المشي، بوصفها مؤشّرات حَيويّة للجسد. ومع تلك الأجْهِزَة المتحرّكة بيانات شخصيّة عمن يرتديها.

سجّلت (التقانات القابلة للارتداء) حضورها بالتنافس الضخم بين الساعتين الذكيّتين (آي ووتش) iWatch من شركة (آبل)، و(غير) Gear من (سامسونغ)، وكلتاهما تعتمد على الاتصال المستمر بشبكات التواصل الاجتماعي. وتضمّ قائمة (التقانا ت القابلة للارتداء) كاميرا HX-A100 من (بناسونيك) تعلّق على الأذن، والهاتف الذكي، الذي صنعته شركة (كاسيو) Casio STB 1000 ويستطيع أيضاً قياس النبض والضغط والحرارة والتعرّق، وسوار (فت بت) Fitbit وهو شريط ذكي يطوّق المعصم، فيحفظ خط سير حامله، و يتراسل مع الهاتف الذكي، ويرصد مؤشّرات الأداء الجسدي كالنبض والحرارة ودرجة التعرّق ومستوى حرق السعرات الحرارية وغيرها.

وأعلن فريق بحثي عالمي التوصّل إلى نقل رسالة عبر الإنترنت بواسطة موجات الدماغ.

وتتميّز تلك التجربة التي قادتها جامعة (هارفرد) الأمريكيّة، بأنها جرت بواسطة أساليب غير مؤذية، بمعنى أنَّ المشاركين الذين توزّعوا بين فرنسا وإسبانيا والهند، ارتدوا خوذات فيها مجسّات ترصد موجات أدمغتهم، من دون إدخال أي سلك في الجمجمة. واعتبرت تلك التجربة الأولى في انتقال موجات دماغ الإنسان عبر الألياف الضوئية للإنترنت.

الأمن الغذائي العربي تحت المجهر التحديات والتوقعات

م. محمد البسام *

على الرغم مما تمتلكه الدول العربية من خيرات وفيرة من حيث الأراضي الزراعية والمياه والقوى البشرية، وما تتميز به من موقع جغرافي يساهم في تنويع نشاطاتها الزراعية ومشروعاتها الخاصة بالثروة الحيوانية والسمكية، فإنَّ الإفادة من كل الإمكانات وتسخير كل الثروات لخدمة الأمن الغذائي العربي لم يكن بالصورة المنشودة حتى الآن، ولم يلب الطموحات. ويؤكد ذلك الأرقام التي تنشرها منظمات وهيئات إقليمية وعربية ودولية، تظهر الأخطار الكبيرة التي يتعرض لها الأمن الغذائي العربي، والمستقبل الضبابي الذي ينتظره، والتحديات الصعبة التي ستواجهها المجتمعات العربية في مجال الثروات الزراعية والحيوانية والسمكية والمائية إن لم تتخذ الإجراءات الضرورية العاجلة.

ومن أحدث الإحصاءات في هذا الشأن ما جاء في تقرير (الأمن الغذائي.. التحديات والتوقعات) الذي أصدره (المنتدى العربي للبيئة والتنمية)، ونشره في مؤتمره الذي عقده في الأردن في نوفمبر الماضي -كانت مؤسسة الكويت للتقدم العلمي أحد الرعاة الرئيسيين له- ضمن تقاريره السنوية التي تستهدف ترسيخ الاعتماد على العلم في السياسات البيئية واتخاذ القرارات لتنمية الوطن العربي.

وتضمن التقرير ستة فصول تطرق الدكتور عبدالكريم صادق في أولها إلى (وضع الأمن الغذائي والموارد الزراعية)، وناقش الدكتور محمود الصلح في الثاني (دور العلم والتكنولوجيا في تعزيز الأمن الغذائي)، وبحث الفصل الثالث

* كاتب علمي، (الكويت)

الذي أعده كل من كامل شديد وأحمد مزيد وذيب عويس و مارتن فان جينكل في (مساهمة الزراعة البعلية وصغار المزارعين في الاكتفاء الغذائي)، في حين جاء الفصل الرابع الذي أعده كل من نديم خوري وفيديل بيرينغيرو بعنوان (تطوير سلاسل الغذاء)، وتطرق الدكتور أيمن أبو حديد في الفصل الخامس إلى (أثر تغير المناخ على الأمن الغذائي)، فيما تطرق الفصل السادس والأخير الذي أعده الدكتور شادي حمادة إلى (الثروة الحيوانية والأمن الغذائي).

واحتوى التقرير على ثلاثة ملحقات أعد الدكتور حافظ غانم أولها بعنوان (تقلب أسعار الغذاء وتداعياته على الأمن الغذائي العربي)، وتطرق الدكتور طارق الزدجالي في الثاني إلى (تنمية الثروة السمكية في الوطن العربي)، في حين ناقش الدكتور وليد الزباري في الثالث موضوع (تجارة المياه الافتراضية كأداة للسياسات تسهم في تحقيق الأمن الغذائي في بلدان مجلس التعاون لدول الخليج العربية).

وشارك في إنجاز التقرير الذي أشرف على تحريره الدكتور صادق والدكتور الصلح، إضافة إلى الأمين العام للمنتدى العربي للبيئة والتنمية نجيب صعب مجموعة من الخبراء ينتمون إلى مختلف مناطق الوطن العربي، وجاء ثمرة عمل جماعي تعاوني، تم تحقيقه بالاشتراك مع منظمات وهيئات إقليمية ودولية وجامعات ومراكز أبحاث، وساهم فيه أكثر من 200 باحث واختصاصي.

الاكتفاء الغذائي الذاتي

تواجه البلدان العربية في مسعاها إلى تعزيز الاكتفاء الذاتي الغذائي تحديات جدية ناتجة عن مجموعة من العوامل المقيِّدة، تشمل الجفاف، ومحدودية الأراضي للزراعة، وندرة الموارد المائية، وتداعيات تغير المناخ. وساهمت السياسات غير الملائمة والاستثمار الضئيل في العلوم والتكنولوجيا والتنمية الزراعية في تدهور الموارد الزراعية، إلى جانب الاستخدام غير الكفء لها وإنتاجيتها المتدنية. ويمثّل النمو السكاني، والطلب المتزايد على الغذاء، وتدهور الموارد الطبيعية، وتحويل الأراضي الزراعية إلى الاستخدام الحضري، تحديات إضافية أمام تحسين مستوى الأمن الغذائي

تواجه المنطقة العربية معضلة تعكسها حصة الفرد السنوية من المياه البالغة أقل من 850 متراً مكعباً مقارنة بالمتوسط العالمي البالغ ستة آلاف

في المنطقة العربية. ويبرز العجز الغذائي من خلال نسبة الاكتفاء الذاتي البالغة نحو 46% للحبوب، و37% للسكر، و54% للدهون والزيوت، أي إن العجز يصل إلى نحو نصف الحاجة من المواد الغذائية الأساسية.

ويذكر الملخص التنفيذي للتقرير أنَّ الغذاء والماء يرتبطان في شكل غير قابل للفكاك؛ فالمنطقة العربية تواجه معضلة ندرة المياه، التي تعكسها الحصة السنوية للفرد من الموارد المتجددة والبالغة أقل من 850 متراً مكعباً، مقارنة بالمتوسط العالمي الذي يفوق 6000 متر مكعّب. ويخفي هذا المتوسط الإقليمي المستويات المتفاوتة في شكل كبير بين البلدان، التي تُصنَّف 13 منها في فئة الندرة الشديدة للمياه، بحصة سنوية للفرد تقل عن 500 متر مكعّب. والوضع مقلق جداً في ستة من هذه البلدان، حيث تبلغ المياه المتجددة المتوافرة 100 متر مكعّب سنوياً للفرد.

هدر المياه

ويبرز هدر المياه في المنطقة العربية من خلال استخدام نحو 85% من إجمالي السحوبات المائية لأغراض القطاع الزراعي، المتسم بتدني كفاءة الري وإنتاجية المحاصيل. وتتعرض الموارد المائية النادرة، بما فيها المياه الجوفية غير المتجددة، إلى ضغوط هائلة، كما يتبيّن من المعدلات العالية للسحوبات المائية لأغراض زراعية، بمتوسط يساوي 630% من إجمالي المياه المتجددة في بلدان مجلس التعاون الخليجي، ويصل إلى 2460% في الكويت.

وترى منظمة الأغذية والزراعة (الفاو) أن البلدان تكون في وضع حرج إذا استخدمت أكثر من 40% من مواردها المائية المتجددة للزراعة، ويمكن اعتبارها تعاني إجهاداً مائياً إذا استخرجت أكثر من 20% من هذه الموارد. ووفق هذا التعريف، يمكن تصنيف 19 بلداً عربياً في حال من الإجهاد المائي، لأن معدلات السحب الحالية من مواردها المائية المتجددة لأغراض زراعية تفوق بأشواط الحدود المقبولة.

ويمكن تحسين وضع الأمن الغذائي في البلدان العربية من خلال الإنتاج المحلي، في ضوء الأراضي الزراعية المحدودة، والموارد المائية التي تعاني الاستنزاف والتراجع، ناهيك عن افتقار القدرة الحيوية للموارد الزراعية، مهمة صعبة.

لكن ثمة إمكانات جديرة بالاعتبار متوافرة على صعيد تحسين نسبة الاكتفاء الذاتي الغذائي، من خلال تبني السياسات السليمة والتقنيات الزراعية المحسَّنة، وخلق سلسلة متكاملة للقيمة الغذائية تستطيع ضمان

الأمن الغذائي استناداً إلى أسس توافر الغذاء وسهولة مناله واستخدامه واستقراره.

ويتطلب تحسين ذلك الجانب من الأمن الغذائي المتعلق بالاكتفاء الذاتي مقاربة إقليمية متكاملة وشاملة للجميع، تقرّ بالعلاقة المتلازمة بين الغذاء والماء والطاقة، ونموذجاً جديداً للاستدامة الزراعية يعتمد على اعتبارات اقتصادية واجتماعية وبيئية.

خيارات ضرورية

ومن ضمن هذا الإطار، يمكن تحديد عدد من الخيارات لتحسين نسبة الاكتفاء الذاتي الغذائي، خصوصاً من خلال الاستخدام الفاعل للموارد الزراعية المتوافرة، إضافة إلى موارد الثروتين الحيوانية والسمكية. وتشمل هذه الخيارات ما يأتي:

- تحسين كفاءة الري: ويُعتبَر إنتاج مزيد من المحاصيل الزراعية بمياه أقل خياراً أهمية كبرى في تعزيز الأمن الغذائي للبلدان التي تعاني ندرة في المياه. وهو يعتمد على اختيار النوع الصحيح من القنوات لنقل المياه إلى الحقول، واعتماد وسائل أكثر فاعلية للري مثل الرش أو التنقيط، والزراعة في مساكب عريضة مرتفعة، ومستوى التنظيم والانضباط لدى المزارعين، ويقل متوسط كفاءة الري في 19 بلداً عربياً عن 46%، ويُقدَّر أن رفع هذا الرقم إلى 70% كفيل بتوفير 50 مليار متر مكعب من المياه سنوياً. وفيما يُقدَّر أن الري المطلوب لكل طن من الحبوب يبلغ 1500 متر مكعب، يمكن للكمية الموفرة من المياه أن تكفي لإنتاج أكثر من 30 مليون طن من الحبوب، أو

تحتاج البلدان العربية في مسعاها إلى تحقيق الأمن الغذائي عن طريق تشجيع الإنتاج المحلي للغذاء إلى تبني سياسات جدية والعمل على تنفيذها من دون تأخير

45% من واردات الحبوب بقيمة 11.25 مليار دولار وفق أسعار عام 2011.

- تعزيز إنتاجية المحاصيل: إن إنتاجية الحبوب في المنطقة العربية متدنية إجمالاً، خصوصاً بالنسبة إلى الحبوب الرئيسية، إذ تبلغ نحو 1133 كيلوغراماً للهكتار في خمسة من البلدان الرئيسية في إنتاج الحبوب وهي الجزائر والمغرب والعراق والسودان وسوريا، مقارنة بمتوسط عالمي يبلغ نحو 3619 كيلوغراماً للهكتار.

- تحسين إنتاجية المياه: إضافة إلى زيادة كفاءة الري، يمكن رفع إنتاجية المياه على أي من الصعيدين الاقتصادي أو العملي، من خلال تخصيص المياه لمحاصيل أعلى قيمة أو إنتاج محاصيل أكثر في مقابل كمية المياه نفسها. ويعتمد انتقاء خيار من الاثنين على الأهمية التي توليها البلاد لقيمة المحاصيل أو كميتها في السياق السياسي والاقتصادي والاجتماعي والبيئي الأوسع.

ويمكن تعزيز إنتاجية المياه بمزيج من العوامل التي تشمل الممارسات الزراعية المحسّنة، مثل أساليب الري الحديثة، والتصريف المحسّن، والزراعة الحمائية أو الزراعة من دون حراثة، والبذور المحسّنة المتوافرة، والاستخدام الأمثل

خطوات عملية

تحتاج البلدان العربية في مسعاها إلى تحقيق الأمن الغذائي، عن طريق تشجيع الإنتاج المحلي للغذاء، إلى تبني سياسات والعمل على تنفيذها من دون تأخير. ومن التوصيات التي يطرحها هذا التقرير للنقاش:

أ - تمتين التعاون الإقليمي بين البلدان العربية، استناداً إلى الميزات النسبية في الموارد الزراعية ورأس المال القابل للاستثمار، بالترافق مع التنسيق والمواءمة بين الاستراتيجيات والبرامج الزراعية.

ب - القيام بالإجراءات الضرورية لعكس الوضع المتدهور للموارد الزراعية والحفاظ على تنوعها الحيوي، بهدف إعادة توليد خدماتها ومساهمتها في الأمن الغذائي.

ج - النظر في تطبيق الخيارات المتوافرة لتعزيز الأمن الغذائي وتحسين مستويات الاكتفاء الذاتي، بما في ذلك، على سبيل المثال لا الحصر، تعزيز إنتاجية المحاصيل والمياه، وزيادة كفاءة استخدام المياه، وتقليص خسائر ما بعد الحصاد وخسائر أخرى، وتعزيز استخدام مياه الصرف المعالجة في الري.

د - تخصيص استثمارات إضافية للبحث العلمي الزراعي وبرامج التطوير، عن طريق دعمها بموارد مالية مناسبة، إلى جانب تنمية القدرة البشرية والمؤسسية الموجهة إلي البحث عن

للأسمدة، والتقنيات المبتكرة لحماية المحاصيل، وخدمات الإرشاد الفاعلة.

- استخدام مياه الصرف المعالَجة: لا تزال مياه الصرف غير مستغلة إلى حد كبير في الاستخدام الزراعي عبر البلدان العربية. فالكمية المعالجة سنوياً من مياه الصرف البلدي تساوي نحو 48% فقط من نحو 14.310 مليون متر مكعب سنوياً، فيما الكمية الباقية تُرمى من دون معالجة. ولا تتجاوز كمية مياه الصرف المعالجة المستخدمة في الري الزراعي 9% من الإجمالي في بلدان مثل مصر والأردن والمغرب وتونس، فيما بلدان مجلس التعاون الخليجي تستخدم نحو 37% من مياه الصرف المعالجة في الزراعة.

- تقليص خسائر ما بعد الحصاد: تُعزى الأسباب الرئيسية لهذه الخسائر إلى وسائل غير مناسبة مستخدمة في حصاد المحاصيل ومعالجتها ونقلها وتخزينها، إلى جانب خدمات لوجستية غير فاعلة على صعيد سلسلة إمدادات الواردات. ويُقدَّر أن الخسائر السنوية للحبوب في البلدان العربية بلغت نحو 6.6 مليون طن في 2012. كذلك تصل خسائر القمح المستورد في بعض البلدان العربية إلى نحو 3.3 مليون طن بسبب خدمات لوجستية غير فاعلة على صعيد الاستيراد. وتبلغ القيمة الإجمالية لخسائر ما بعد الحصاد للحبوب وخسائر واردات القمح إلى نحو 3.7 مليار دولار وفق أسعار 2011، ما يمثل 40% من القمح المنتج في البلدان العربية كلها في حساب القيمة. وهذا يساوي قيمة نحو أربعة أشهر من واردات القمح.

19 بلداً عربياً في حال من الإجهاد المائي لأن معدلات السحب الحالية من مواردها المائية المتجددة لأغراض زراعية تفوق بأشواط الحدود المقبولة

- التعاون الإقليمي: يُعتبر التعاون بين البلدان العربية على أساس الميزات النسبية في الموارد الزراعية والمالية خياراً أساسياً لتعزيز الأمن الغذائي على المستوى الإقليمي.

ويتطلب التعاون ليكون فاعلاً مقاربة تستند إلى مواءمة الاستراتيجيات والسياسات الزراعية الوطنية، وزيادة الاستثمار في العلوم والتقنية والتنمية الزراعية، وتنظيمات وتدابير وحوافز تفضي إلى استخدام فاعل للموارد، وحفظاً للقدرة الحيوية المنتجة للموارد البرية والمائية التي تشكل حجر الزاوية للإنتاج الزراعي على المستويات الوطنية والإقليمية الفرعية والإقليمية.

- تطوير الثروتين الحيوانية والسمكية: تملك البلدان العربية موارد جديرة بالاعتبار على صعيد الثروتين الحيوانية والسمكية. وهي شبه مكتفية ذاتياً علي مستوى الأسماك، لكن نحو 25% من الطلب على اللحوم يُلبى عن طريق الواردات. ويُتوقع أن تزيد هذه النسبة في المستقبل بسبب زيادات السكان والثروة والتحضّر. وتوفر الثروات السمكية في البلدان العربية إمكانات كبيرة، ليس لتلبية الطلب المحلي فحسب بل كذلك للتصدير. وقد بلغت صادرات الأسماك 912.460 طناً بقيمة نحو ثلاثة مليارات دولار عام 2013. لكن يمكن زيادة هذه الصادرات، ويتطلب إطلاق العنان لإمكانات قطاع الثروة السمكية معالجة المشكلات والاختناقات المختلفة التي تواجه تطويره. وتُعتبر الحوكمة المشتركة لمخزونات الثروة السمكية في البلدان العربية حاسمة أيضاً، فالحدود العابرة للبحار تتأثر بسلامة تجمعات مائية كاملة، ولا تقل الأسماك كمصدر للبروتين الغذائي أهمية عن اللحوم. ويجب التشجيع على استهلاك الأسماك للحد من الاستهلاك المفرط للحوم لأسباب اقتصادية وصحية، وكذلك التفكير في تأثير إنتاج الثروة الحيوانية على الموارد المائية النادرة والبيئة.

ويمكن لمفهوم المياه الافتراضية أن يكون أداة مهمة للتعاون في الأمن الغذائي بين المناطق وفق قربها الجغرافي والميزة النسبية في الموارد الزراعية. وهذا قد يعني مثلاً توسيع التعاون بين البلدان العربية والإفريقية، حيث يمكن تعويض محدودية الأراضي وندرة المياه في البلدان العربية بالاستفادة من الميزات النسبية للبلدان الإفريقية على صعيد الموارد الطبيعية والزراعية. ■

مدخلات أكثر إنتاجية وأكثر حماية للبيئة، بهدف تعزيز إنتاجية الزراعة المطرية والمروية.

هـ - تخصيص الاستثمارات المطلوبة لتطوير قطاعي الثروتين الحيوانية والسمكية في شكل مستدام، مع توجه إلى زيادة الإنتاج لتلبية الطلب المحلي وتعزيز إمكانات التصدير.

و - إطلاق حملة توعية لتغيير أنماط الاستهلاك، خصوصاً بالاعتماد على سلع ذات قيمة غذائية مماثلة لكنها ذات استخدام أقل كثافة للمياه.

ز - تبني مقاربة متكاملة للأمن الغذائي، تشمل عناصر سلسلة القيمة الغذائية كلها، وتتضمن الحصاد والنقل والتخزين والتسويق، لجعل الغذاء متوافراً وسهل المنال وقابلاً للاستخدام بنوعية جيدة وفي الوقت والمكان المناسبين.

ح - تطوير استجابات تواكب تهديد تغير المناخ للأمن الغذائي في المنطقة، من خلال استراتيجيات تكيُّف تستند إلى نماذج ذات صلة وموثوقة للتنبؤ المناخي، مع تبني ممارسات زراعية وإدارة مائية محسَّنة، والزراعة الحمائية، وتنويع المحاصيل، واختيار المحاصيل والأصناف الأكثر ملاءمة للظروف المتوقعة، من بين تدابير أخرى للتكيُّف مع تغير المناخ والتخفيف من تداعياته.

الطباعة الثلاثية الأبعاد.. في الأرض والفضاء

منذ أن أطلق المخترع الألماني يوهان غوتنبرغ في منتصف القرن الخامس عشر الميلادي طابعته المتواضعة في بلده الأم ، شهدت صناعة الطباعة تطورات كبيرة كان آخرها الطباعة الثلاثية الأبعاد التي أخذت تطبيقاتها المتنوعة تنتشر في أنحاء العالم لتفتح آفاقا جديدة في مختلف المجالات.

وإذا كان هنالك جدل تاريخي في زمن بدء الطباعة الحقيقية ، ونسبتها إلى الكوريين أو الصينيين أو غيرهم من أبناء الحضارات ، فإن تاريخ الطباعة الثلاثية الأبعاد يمكن العودة به إلى أواخر ثمانينيات القرن العشرين، عندما اخترعت شركات ناشئة وهيئات أكاديمية لدى جامعة تكساس، في أوستن خصوصا، آلات قادرة على بناء نماذج ثلاثية الأبعاد لتصاميم رقمية في غضون دقائق. وعلى مدى عقود، حقّقت تلك الآلات ومثيلاتها، التي ناهزت تكلفة الواحدة منها في البداية 175 000 دولار، شهرة واسعة بسبب مقدرتها على مساعدة المخترعين والمهندسين على إنتاج نماذجهم الأوّلية بسرعة وبتكلفة منخفضتين نسبيا.

م/ أحمد العيسى *

ومنذئذ، اتَّخذت الطباعةُ الثلاثية الأبعاد مسارَين اثنين. في الأول، يستطيع الهواة وأصحاب الشركات الناشئة إعداد نماذج بلاستيكية باستعمال آلات تساوي تكلفتها 2000 دولار أو أقل من ذلك. وهذه الآلات تمكّن مستعمليها من ابتكار أشياء جديدة، فهي تقانة أظهرت وجه الشبه بين الطباعة الثلاثية الأبعاد والحواسيب الشخصية. وفي الطرف الآخر، تطوِّر شركات كبرى أساليبَ متقدِّمة صناعيةَ المستوى، لإنتاج قطع غيار للطائرات والأجهزة الطبيّة. إلا أن تكاليف الآلات اللازمة لإنجاز تلك الأعمال تزيد على 30 000 دولار، إضافة إلى ضرورة وجود طابعات ليزرية إلى جانبها تصل تكلفتها إلى مليون دولار وتُستعمل لصنع منتَجات معدنية عالية الجودة. وفي هذه الطابعات يمكن أن تُستعمل بوليمرات أو معادن أو مواد أخرى على شكل سوائل أو مساحيق. وتُحضَّر نماذج الأشياء التي ستُصنع على صورة ملفّات رقمية في البداية تمكّن المصمِّمين من إدخال تعديلات على تصاميمهم قبل البدء بعملية البناء، من دون أن يكون لذلك تأثير يُذكر في التكلفة.

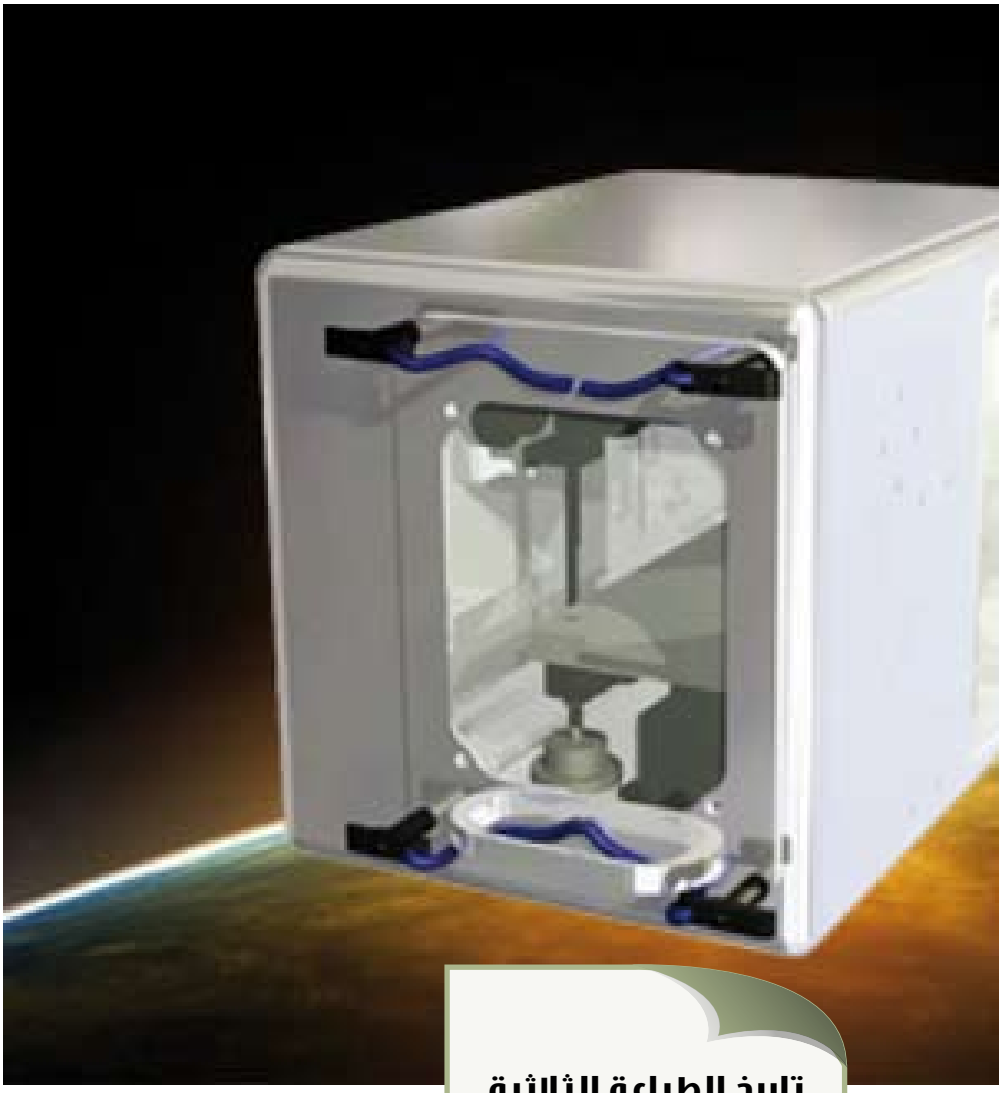
طباعة عبر الفضاء

ويبدو أن أخبار الطباعة الثلاثية الأبعاد ستحتل مكانة مرموقة في أخبار المستجدات في العلوم والتقانة يوما بعد يوم ، ولعل أحدثها ما أعلنت عنه وكالة الفضاء الأمريكية (ناسا) من نجاح خبراء يعملون في المحطة الفضائية الدولية في تحويل إرشادات أرسلت إليهم عبر البريد الإلكتروني إلى مفتاح للبراغي عبر استخدام طابعتهم الثلاثية الأبعاد. وتعتبر تلك الحادثة الأولى من نوعها التي يتم فيها إرسال أدوات عبر البريد الإلكتروني إلى الفضاء.

وقد استجابت (ناسا) لطلب تقدم به باري ويلمور قائد المحطة الفضائية الدولية لتصميم مفتاح مسنن يستخدم في ربط البراغي ذات الرأس المجوف.

وكان ويلمور قد ثبت طابعة ثلاثية الأبعاد في متن المحطة الدولية في 17 نوفمبر الماضي.

* كاتب علمي، (الكويت)



تاريخ الطباعة الثلاثية الأبعاد يعود إلى أواخر ثمانينيات القرن العشرين في الولايات المتحدة الأمريكية واتّخذ مسارين أحدهما للهواة والآخر للمحترفين

وفي 25 من الشهر نفسه نجح في تصميم أول أداة تنتجها الطابعة، وهي قطعة غيار في الطابعة نفسها.

من جانبه، قال مايك تشين، مؤسس الشركة صاحبة الطابعة الثلاثية الأبعاد «سمعنا باري ويلمور قائد المحطة عبر الراديو يقول إنه بحاجة إلى تلك الأداة، لذا صممنا له واحدة من خلال برامج التصميم بمساعدة الحاسوب وأرسلناها إليه أسرع من أي صاروخ يمكنه توصيل تلك الأداة" . وأضاف تشين "يمثل هذا المفتاح نهاية أول تجربة لدينا، وهي سلسلة من 21 تصميما مطبوعا لأولى الأدوات التي قمنا بتصميمها خارج محيط الأرض على الإطلاق».

وفي السابق عندما كان رواد الفضاء يطلبون أداة معينة من الأدوات التي يحتاجون إليها، كان من الممكن لهم أن ينتظروا لشهور عدة إلى أن يجري إرسالها إليهم في رحلات الإمدادات القادمة ، فيما تقول (ناسا) إن هذه التقنية الجديدة ستساعد رواد الفضاء على الاعتماد على أنفسهم بشكل أكبر مستقبلا في المهام التي ستستغرق وقتا طويلا في الفضاء.

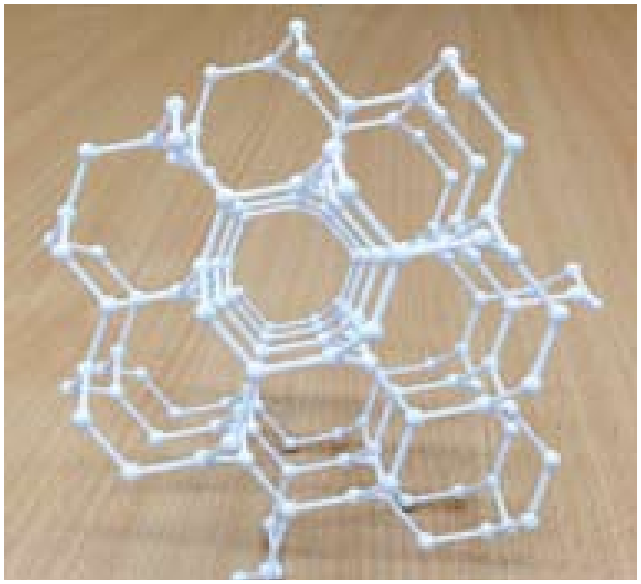
ويبدو أن الطباعة الثلاثية الأبعاد فتحت الباب واسعاً أمام عصر الطباعة الرباعية الأبعاد؛ إذ ابتكر علماء من معهد ماساتشوستس للتقانة في الولايات المتحدة طريقة لصنع مواد صلبة معقّدة تستطيع تجديد نفسها بنفسها، سمّيت مواد مبرمجة تبني نفسها بذاتها Programmable Materials that Build Themselves. ووُصف الإنجاز بأنه يندرج ضمن ذلك النوع من الطباعة الواعدة.

من أحدث تطبيقات الطباعة الثلاثية الأبعاد قلم وزنه 200 غرام يستخدم نوعا من البلاستيك المرن لصنع نماذج متنوعة ثلاثية الأبعاد

صناعة الأجسام الصلبة

تستهدف الطباعة الثلاثية الأبعاد صنع أجسام صلبة ثلاثية الأبعاد من نموذج رقمي ، وذلك عبر إضافة إلى مادة معينة توضع فيها طبقات متوالية من المادة بأشكال مختلفة. وتختلف تلك الطباعة عن تقنيات التشغيل الميكانيكي الشائعة التي تعتمد على إزالة المادة بعمليات القطع والحفر والنحت والثقب .

ومعظم الطابعات الموجودة في الأسواق تستخدم طريقة التصنيع التي يتم فيها وضع تلك الطبقات فوق بعضها، كما ذكرنا آنفا، حتى يتم تشكيل المنتج النهائي المطلوب. و هذا يبدأ ببرنامج يعالج ملفات ذات نطاق معين ، بحيث يتم تقسيم التصميم إلى طبقات، و يتم تحويل الصور الثلاثية الأبعاد إلى قالب رقمي يتكون من عدة طبقات رقيقة أفقية. ويمكن لبعض الطابعات استخدام مادتين



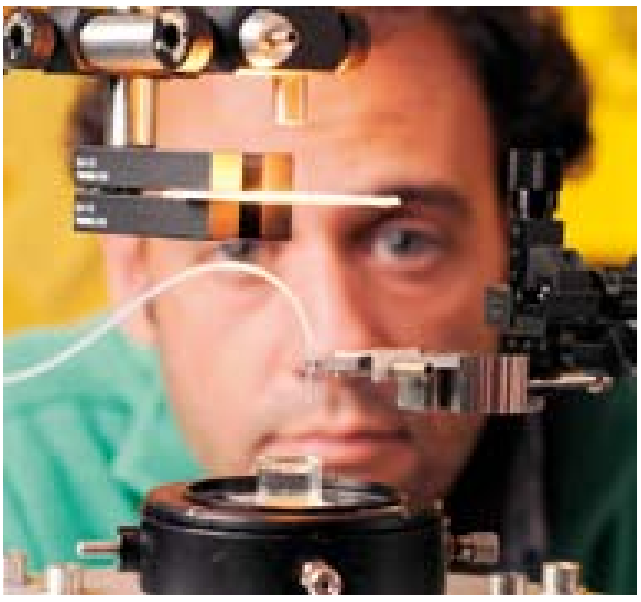
مختلفتين في الطباعة، الأولى تستخدم في طباعة الشكل و الأخرى عبارة عن مادة داعمة يمكن التخلص منها، و وظيفتها هي الفصل بين الأجزاء المختلفة للشكل المطبوع، مما يتيح المجال لطباعة جهاز بكامله مرة واحدة دون الحاجة إلى طباعة أجزاء مختلفة، و من ثم تركيبها. وهذه العملية تدعى التشكيل من الترسيب المنصهر. ويتم تغذية الطابعة بنوع خاص من البلاستيك يمر بالرأس القاذف للطابعة الذي يعمل بدوره بصورة آلية بحيث يشغل و يوقف تدفق المادة الأولية بنفسه فيما ينجز هو بنفسه عددا من الحركات المنتظمة الخاصة. وفي بعض الطابعات يقذف الرأس القاذف مادة لاصقة ، تقوم بدورها بلصق حبيبات صغيرة كالبودرة و تجمعها حتى تشكل المجسم على شكل طبقات عدة.

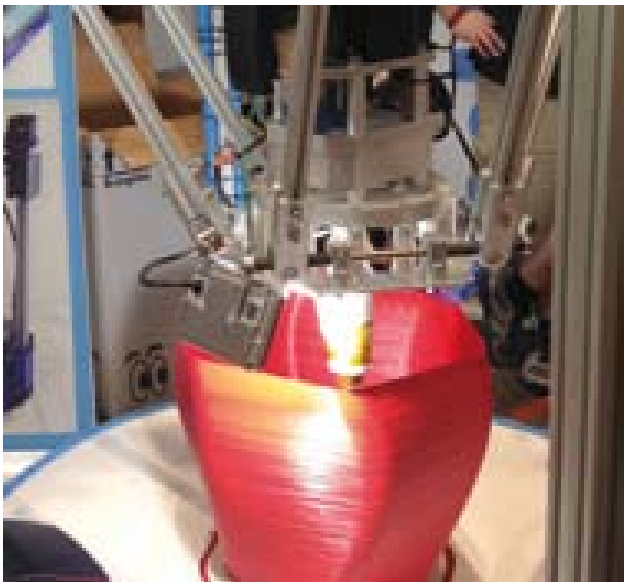
وحديثا ، طرح قلم أطلق عليه اسم دودلر 3 (Doodler) يستخدم نوعا من البلاستيك المرن لصنع نماذج ثلاثية الأبعاد، وهو يعتبر تطويرا لتطبيقات الطباعة الثلاثية الأبعاد. ويزن القلم نحو 200 غرام ويعمل بطاقة كهربائية لا تتخطى 240 فلط، ويولد طاقة حرارية حتى 270 درجة تذيب المادة البلاستيكية التي تنساب بعد ذلك من سنه لتستخدم في صنع النماذج الثلاثية الأبعاد. وقدم صناع القلم مجموعة من النماذج المصنوعة باستخدام الجهاز، مؤكدين أنه يستخدم في مجالات متعددة بداية من الرسم وصناعة الحلي وأدوات الزينة إلى صناعة نماذج الأعمال الخاصة بالمشروعات الكبرى.

تطبيقات متميزة

وشهدت تطبيقات الطباعة الثلاثية الأبعاد امتدادا كبيرا وتوسعا مستمرا ، حتى صارت حاليا تستخدم في مجالات الطب والفضاء والبناء وصناعة السيارات والطائرات وألعاب الأطفال والأزياء والتغذية. وساهم في ذلك رخص ثمنها ، وإمكان طباعة أجزاء عدة للمنتج نفسه في مناطق مختلفة من الدولة نفسها ، أو في مدن عالمية عدة ، ثم تجميع المنتج في مكان نهائي.

فعلى سبيل المثال ربما يصبح بناء أنسجة





الجسم الحية بالطباعة الثلاثية الأبعاد تجارة رائجة جديدة، لكن تكوين عضو بشري لزراعة الأعضاء ما زال بعيد المنال. ومنذ بداية هذه التقانة ، تمكن بعض العلماء من بناء قطع صغيرة من الكبد البشري، فيما استطاع علماء آخرون بناء نماذج متميزة من الأطراف الصناعية. وثمة نحو 80 فريقا علميا يسعون إلى محاولة لطباعة أنسجة الجلد، والغضاريف، والشرايين، والكبد، والرئة، والقلب. ونجح بعضهم في عام 2012 في زراعة الفك السفلى في فم مريضة تبلغ من العمر 83 عاما، عبر طباعة فك صناعي من مسحوق التيتانيوم عن طريق طابعة ثلاثية الأبعاد. فيما استطاع فريق من جامعة برينستون الأمريكية طباعة أذن حيوية إلكترونية باستخدام «أحبار» مشكلة من السيليكون والخلايا الغضروفية، حيث يعمل سلك معدني ملتف على إرسال واستقبال النبضات الكهربائية التي يمكنها محاكاة العصب السمعي مثل ما تفعله قوقعة الأذن المزروعة.

ونجح العلماء في زرع الأجزاء المسطحة والأنبوبية من الجسم البشري، كخلايا الجلد والغضاريف والعضلات، كما نجحوا في زرع جزء من المثانة، ومجرى البول، وأنابيب الشرايين، لكن تبقى زراعة الأعضاء كاملة أمرا صعبا، وهو التحدي المقبل؛ حيث تحتاج إلى طباعة هيكل العضو وزرع خلايا العضو في داخله، وربما تستخدم الأوراق البيولوجية مع مادة سائلة هلامية تنمو بداخلها الخلايا المزروعة،

تطبيقات واعدة في المجال الطبي لبناء أنسجة الجلد والغضاريف والشرايين والكبد والرئة والقلب والأطراف الصناعية

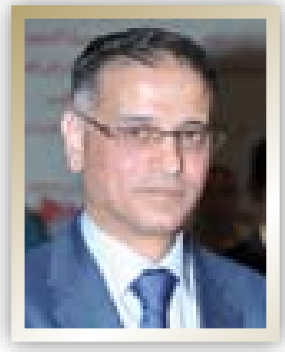
ليتم تشكل العضو المطلوب. وتقوم عدة شركات بتطوير طابعات ثلاثية الأبعاد لطباعة خلايا الجلد مباشرة على سطح الجلد المحروق.

واستطاعت إحدى الشركات استخدام مزيج من المواد السائلة والصلبة لبناء مبنى كامل من طابقين كاملين مع الدرج والنوافذ والأبواب والأعمدة والجدران والأرضيات والقباب والتجاويف ، وذلك باستخدام الطباعة الثلاثية الأبعاد ، وهو ما يشي بثورة مقبلة في عالم البناء.

وتمكنت إحدى الشركات العاملة في مجال الطباعة الثلاثية الأبعاد من رقمنة عدد كبير من التماثيل النادرة، للبدء في طباعتها مرة أخرى، وتوفير نسخ كثيرة منها. وقد نجحت الشركة في مسعاها ، فتمكنت من استحداث نسخ طبق الأصل من عدد من التماثيل الشهيرة في الولايات المتحدة ، منها تمثال السياسي الأمريكي توماس جيفرسون ليصبح أكبر تمثال مطبوع بتقنية الأبعاد الثلاثة. وثمة طابعات أخرى طورت طباعة التماثيل البشرية بأحجام تماثل القياسات الطبيعية للإنسان، بحيث يمكنك طباعة نسخة طبق الأصل منك في الحجم الطبيعي لتكون ذكرى لأولادك وعائلتك بعد مماتك.

وحديثا أيضا أعلنت شركة أدوبي سيستمز الأمريكية عن تحديث جديد جاني لمشتركي حزمتها الإبداعية السحابية، يضيف إلى تطبيقها الشهير لمعالجة الصور (فوتوشوب) إمكانية الطباعة مباشرة إلى طابعة ثلاثية الأبعاد متوافقة. وهو ما يعني تقديم وظائف جديدة تتيح للمستخدمين تشذيب تصاميمهم ومراجعتها ومعالجتها، ثم إخراجها مباشرة إلى طابعة ثلاثية الأبعاد، سواء بدأ المستخدم تصميمه من الصفر أو استورد تصميما آخر إلى داخل البرنامج.

وفي خطوة تهدف للتجديد ورفع معدلات توزيعها الآخذة في التراجع الحاد خلال السنوات الأخيرة، تعتزم مجموعة كبيرة من الصحف الألمانية طباعة نسخها باستخدام تقنية العرض الثلاثية الأبعاد، التي تتيح لها تقديم صور بمواصفات وجودة تختلف عن ما هو موجود في صورها المطبوعة بالطرق التقليدية. ■



د. طارق البكري

الطاقة المتجددة ثروة لا تنضب

معظم الأشياء تسير قدماً نحو النضوب والنفاد مع الاستخدام المتكرر، غير أن (الطاقة المتجددة) التي تعرف أيضاً بالطاقة البديلة أو المستدامة، وأحياناً بالطاقة الخضراء والطاقة النظيفة.. طاقة قابلة للحياة على الدوام بلا انقطاع. وهي أيضاً طاقة نظيفة لا تنضب، وهذه كلها عناوين لشيء واحد يختلف تماماً عن وسائط الطاقة التقليدية التي يستخدمها الناس منذ سنوات طويلة، مثل الغاز والنفط السائل أو المسيل، أو أي وسيلة أخرى لتوليد الطاقة المستخرجة من الطبيعة ويؤدي استخدامها إلى أضرار بيئية جسيمة، وهي طاقة ربما شارفت على النضوب، فيما الطاقة النظيفة الخالية من الأضرار تقف مترقبة دورها الكبير المنتظر، عندما تبدأ فعلياً بالتوسع في أداء دورها المطلوب، مع تراجع إنتاج الطاقة التقليدية. وحتى مع بقاء قوة الذهب الأسود على حالها، فإن الطاقة المتجددة النظيفة هي المطلوبة بإلحاح للحفاظ على بيئة صحية وخالية من الأمراض.

المصطلح العلمي

يقول الباحثون إن مصطلح (الطاقة المتجددة) يستخدم علمياً للدلالة على بعض مصادر الطاقة التي تساهم في الاستغناء عن الوقود الأحفوري تدريجياً، أو تساعد على الحد من الحاجة إليه. وهو يشير إلى مصادر طاقة غير تقليدية ذات ضرر بيئي بسيط.

كما أنها تستعمل كمرادف لمصطلح الطاقة المتجددة المستمدة من الموارد الطبيعية التي تتجدد؛ أي الّتي لا تنضب. وهي تختلف جوهرياً عن الوقود الأحفوري من بترول وفحم وغاز طبيعي، أو الوقود النووي الّذي يستخدم في المفاعلات النووية.

ولا تنشأ عن الطّاقة المتجددة عادةً مخلّفات كثاني أكسيد الكربون أو غازات ضارة أو تعمل على زيادة غازات الاحتباس الحراري، كما يحدث عند احتراق الوقود الأحفوري، أو المخلفات الذرية الضّارة النّاتجة من مفاعلات الطاقة النوويّة.

من مصادر الطاقة المتجددة

تنتج الطّاقة المتجددة من مصادر كثيرة منها؛ الرياح والمياه والشمس وحركة الأمواج والمد والجزر، أو من طاقة حرارية أرضية، وكذلك من المحاصيل الزراعية والأشجار المنتجة للزيوت.

الشمس والطاقة

وفقاً للوكالة الدولية للطاقة فإن أشعة الشمس التي تصل باستمرار إلى سطح الأرض تبلغ أكثر من 120 ألف تيراواط. وهذا يعادل ما تنتجه 100 مليون محطة كبيرة للطاقة النووية. وتفوق كمية أشعة الشمس هذه حاجة العالم من الطاقة بـ7700 مرة، وهذه الحاجة تصل كما قدرت عام 2006 إلى 136 ألف تيراواط في الساعة. وتتوافر الظروف الملائمة لإنتاج الطاقة الشمسية في العديد من البلدان الإفريقية والصحراوية بشكل خاص، نظراً لسطوع الشمس بقوة مددا طويلة في العام.

طاقة الريح

تستخدم طاقة الريح وحركاتها لتوليد طاقة كهربائية باستخدام تربينات (عنفات)، وتعتبر طاقة آمنة جداً ورخيصة الكلفة. وتكنولوجيا استخدام الرياح لتوليد الطاقة الكهربائية هي أسرع مصادر توليد الكهرباء الجديدة نمواً على الصعيد العالمي. ويتم إنتاج الطاقة من الرياح بواسطة تربينات ذات ثلاث أذرع تديرها الرياح، توضع على قمة أبراج طويلة وتعمل كما تعمل المراوح، ولكن بطريقة عكسية، فبدلاً من استخدام الكهرباء لإنتاج الرياح كما تفعل المراوح، تقوم هذه التربينات باستعمال الرياح لإنتاج الطاقة.

القوى الكهرمائية

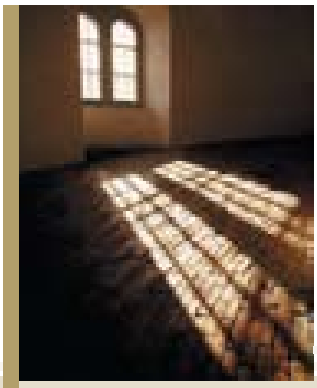
أكثر إنتاج للطّاقة المتجددة يُنتج في محطات الطاقة الكهرمائية بواسطة السّدود الضخمة، وتستخدم الطّرق التي تعتمد على الرياح والطّاقة الشمسيّة طرقا على نطاق واسع في البلدان المتقدّمة وبعض البلدان النّامية؛ لكن وسائل إنتاج الكهرباء باستخدام مصادر الطّاقة المتجددة أصبحت مألوفة في الآونة الأخيرة، وهناك بلدان عديدة وضعت خططاً لزيادة نسبة إنتاجها من الطّاقة المتجددة بحيث تغطي حاجاتها من الطّاقة بنسبة 20% من استهلاكها عام 2020.

من خصائص الطاقة النظيفة

- رخيصة ونظيفة ولا تلوث البيئة، وتحافظ على الصحة العامة ومتوافرة بسهولة.
- تتلاءم مع واقع تنمية المناطق النائية والريفية وحاجاتها.
- لا تحدث أي ضوضاء ولا تترك مخلفات ضارة، وتحقق تطوراً بيئياً واجتماعياً وصناعياً وزراعياً.

استخدامات مختلفة

- تسخين المياه لأغراض الاستحمام والغسل والتنظيف، باستخدام المجمعات الشمسية دون تحويلها إلى أي شكل آخر من أشكال الطاقة. وهي من أرخص وأنظف أنواع الطاقة على الإطلاق.
- يُعد تسخين المياه بالطاقة الشمسية مستخدماً المسطح الماص الشمسي تقنية متقدمة اقتصادياً، وانتشرت بصورة واسعة في معظم أنحاء العالم.
- تسخين المياه بالطاقة الشمسية لا يمثل بنداً أساسياً في ميزانية الدول. لكن الشمس يمكن أن تلبي حاجات العالم من الطاقة.



حضارة مستدامة بمصادر طاقة متجددة

بدأت الحضارة الإنسانية من جدول نهر صغير وأرض خصبة للزراعة بجواره. ثم بدأت الثورة الصناعية، وتقدمت صناعة محرك الاحتراق الداخلي (Internal Combustion Engine)، ثم جرى تحلية مياه البحر وزراعة الصحراء وتكييف الهواء وإقامة المدن العصرية وفق أحدث طراز معماري وأرقى وسائل الرفاهية خلال أقل من قرن من الزمان.

فمدن مثل الكويت والرياض والدمام والدوحة والمنامة وأبو ظبي ودبي ومسقط أمثلة لحضارة حديثة تعتمد بصورة مطلقة على مصادر طاقة قريبة ورخيصة لتشغيل آلة هذه الحضارة، فمتى نفد مصدر الطاقة المحرك لهذه الحضارة توقف قلبها النابض وأصبحت مادة لكتب التاريخ.

من هنا تظهر أهمية التفكير باستدامة الحضارة من خلال البحث عن مصادر لا تنضب للطاقة أو تنويعها على أقل تقدير. ومن هذا المنطلق وإيماناً منه بهذا المفهوم الاستراتيجي لأمن الطاقة، أعلن سمو أمير الكويت الشيخ صباح الأحمد الجابر الصباح في مؤتمر الأمم المتحدة للتغير المناخي في 4 ديسمبر 2012 بالدوحة أن دولة الكويت تستهدف الوصول إلى 15% من حاجتها من الطاقة في عام 2030 من مصادر الطاقة المتجددة.

تعد مبادرة الشقايا للطاقة المتجددة المشروع الرائد على مستوى الكويت والمنطقة لنقل وتوطين واستخدام مصادر الطاقة الشمسية وطاقة الرياح على نطاق واسع وصولاً إلى النسبة المستهدفة باستراتيجية الكويت للطاقة المتجددة لعام 2030.

إن ما يعادل 5% من مساحة الكويت فقط يمكن أن يوفر حاجة الكويت من الطاقة بنسبة 100%، ومن هذا المنطلق تم اختيار صحراء الشقايا - غربي الكويت - كأفضل موقع لإقامة مجمع الشقايا للطاقات المتجددة. وقد بادر معهد الكويت للأبحاث العلمية بإجراء دراسات الجدوى الفنية بتوجيهات كريمة من سمو أمير البلاد ودعم مباشر من مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، وتم إنجازها عام 2010.

وأعقب ذلك إنجاز المخطط الهيكلي للموقع على مساحة قدرها 100 كيلومتر مربع لاستيعاب أكثر من ألفي ميغاواط كقدرة مركبة منها 45% طاقة شمسية حرارية و35% طاقة شمسية كهرضوئية و20% طاقة رياح.

وتعد هذه المبادرة اللبنة الأولى لتوفير مصادر طاقة مستدامة، كداعم أساسي لأمن الطاقة على المدى البعيد، والمساهمة في حل المشكلات الحالية فيما يتعلق بتوفير الطاقة اللازمة، خصوصاً في أوقات الذروة أثناء فصل الصيف القائظ.

وبالتوازي مع هذا الخط الذي يركز على تنويع مصادر الإنتاج، هناك خط موازٍ لا يقل أهمية ان لم يكن الأهم في حل مشكلات توفير الطاقة، وهو ما يسمى بكفاءة الطاقة وتوفير استخداماتها عند آخر نقطة لها لدى المستهلك.

فما بين الإنتاج والاستهلاك يكمن الحل الأمثل لمعادلة الطاقة، ليس في الكويت فحسب؛ بل في دول مجلس التعاون الخليجي قاطبة.

إن صناعة الطاقة المتجددة - إذا أحسن توطينها بالشكل الصحيح - ستخلق اقتصاداً موازياً لاقتصاد النفط، يساهم في تنويع مصادر الدخل للبلاد ويحرك عجلة الصناعات الخفيفة والمتوسطة، ويخلق فرص عمل غير تقليدية، تساهم في تخفيف العبء المتصاعد على عاتق الدولة والمتمثل بالطابور الطويل من منتظري فرص العمل في القطاع الحكومي.

د. سالم الحجرف
المدير التنفيذي لمركز أبحاث الطاقة والبناء
معهد الكويت للأبحاث العلمية

1848 888
www.tsclk.org.kw
tsckuwait
@SciCenterKw
SciCenterKw

المركز العلمي
THE SCIENTIFIC CENTER
KUWAIT الكويت
Founded in 2000 by أنشئ سنة 2000
مؤسسة الكويت للتقدم العلمي
Kuwait Foundation for the Advancement of Sciences

الأكواريوم - IMAX - قاعة الإستكشاف

مركز الشيخ جابر الأحمد للطب النووي والتصوير الجزيئي
أحد مشروعات مؤسسة الكويت للتقدم العلمي
Sheikh Jaber Al Ahmad Al Sabah Nuclear Imaging