لتحميل المزيد من الكتب والمراجع باللغة العربية

تابعونا على

صفحة موسوعة الهندسة الكهربية على الفيس بوك

Electrical Engineering Encyclopedia-Arabic

www.facebook.com/EEE.Arabic

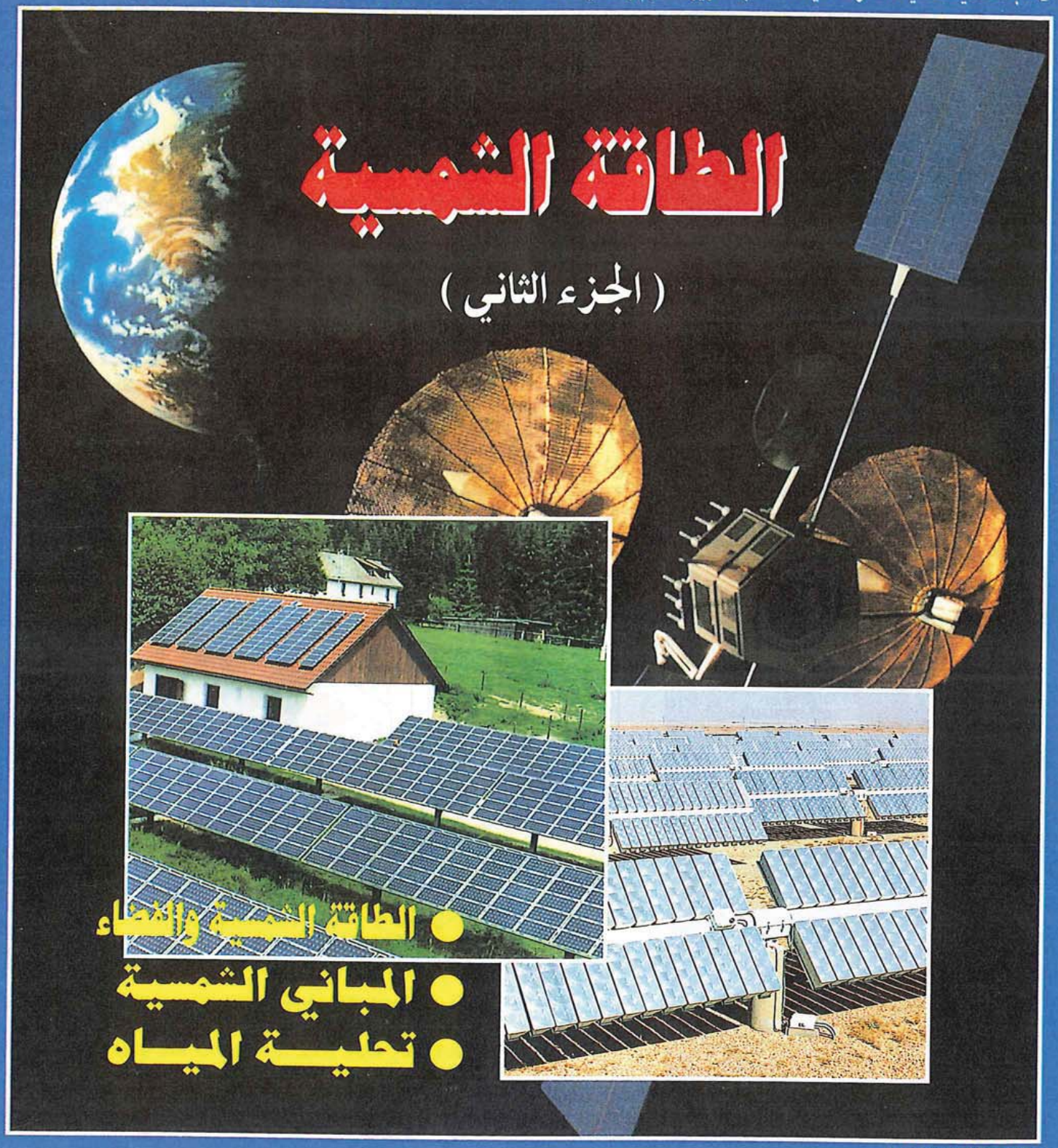
جروب موسوعة الهندسة الكهربية على الفيس بوك

EEE-Arabic

www.facebook.com/groups/EEE.Arabic

العلوم والتقنية

● مجلة علمية فصلية تصدرها مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية ● السنة التاسعة ● العدد الخامس والثلاثون ● رجب ١٤١٦هـ/ديسمبر ١٩٩٥م



الطاقة الشمسية

(الجزء الثاني)

● الطاقة الشمسية والفضاء
● المباني الشمسية
● تحلية المياه

ISSN 1017 3056

منهاج النشر

أعزاءنا القراء :

يسرنا أن نؤكد على أن المجلة تفتح أبوابها لمساهماتكم العلمية واستقبال مقالاتكم على أن تراعى الشروط التالية في أي مقال يرسل إلى المجلة :ـ

١ـ يكون المقال بلغة علمية سهلة بشرط أن لايفقد صفته العلمية بحيث يشتمل على مفاهيم علمية وتطبيقاتها .

٢ـ أن يكون ذا عنوان واضح ومشوق ويعطي مدلولاً على محتوى المقال .

٣ـ في حالة الاقتباس من أي مرجع سواء كان اقتباساً كلياً أو جزئياً أو أخذ فكرة يجب الإشارة إلى ذلك ، وتذكر المراجع لأي اقتباس في نهاية المقال .

٤ـ أن لايقل المقال عن أربع صفحات ولايزيد عن سبع صفحات طباعة .

٥ـ إذا كان المقال سبق أن نشر في مجلة أخرى أو أرسل إليها يجب ذكر ذلك مع ذكر اسم المجلة التي نشرته أو أرسل إليها .

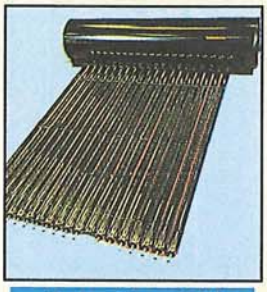
٦ـ إرفاق أصل الرسومات والصور والنماذج والأشكال المتعلقة بالمقال .

٧ـ المقالات التي لاتقبل النشر لاتعاد لكاتبها .

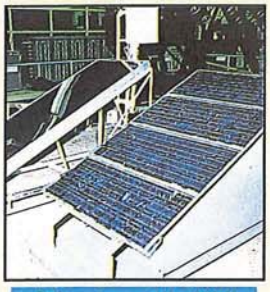
يمنح صاحب المقال المنشور مكافأة مالية تتراوح مابين ٣٠٠ إلى ٥٠٠ ريال .

محتويات العدد

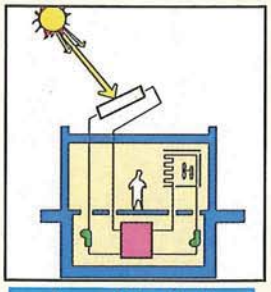
- محطة أبحاث القرية الشمسية ـــــ ٢
- الطاقة الشمسية والمباني ـــــ ٤
- تحلية المياه بالطاقة الشمسية ـــــ ٩
- النظم الكهروضوئية وتطبيقاتها ـــــ ١٤
- مصطلحات علمية ـــــ ١٧
- اقتصاديات الطاقة الشمسية ـــــ ١٨
- عالم في سطور ـــــ ٢١
- نظم الأنابيب الحرارية ـــــ ٢٢
- الطاقة الشمسية في الفضاء ـــــ ٢٧
- إنتاج واستخدام الهيدروجين ـــــ ٣٣
- الجديد في العلوم والتقنية ـــــ ٣٩
- كيف تعمل الأشياء ـــــ ٤٠
- مساحة للتفكير ـــــ ٤٣
- عرض كتاب ـــــ ٤٦
- من أجل فلذات أكبادنا ـــــ ٤٨
- كتب صدرت حديثاً ـــــ ٤٩
- بحوث علمية ـــــ ٥٠
- شريط المعلومات ـــــ ٥١
- مع القراء ـــــ ٥٢



الأنابيب الحرارية



النظم الكهروضوئية



المباني الشمسية

المراسلات

مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الإدارة العامة للتوعية العلمية والنشر

ص.ب ٦٠٨٦ ـ الرمز البريدي ١١٤٤٢ ـ الرياض

ترسل المقالات باسم رئيس التحرير ت : ٤٨٨٣٤٤٤ ـ ٤٨٨٣٥٥٥

journal of Science & Technology

King Abdulaziz City For Science & Technology

Gen. Direct. of Sc. Awa. & Publ. P.O. Box 6086

Riyadh 11442 Saudi Arabia

يمكن الاقتباس من المجلة بشرط ذكر اسمها مصدراً للمادة المقتبسة

الموضوعات المنشورة تعبر عن رأي كاتبها

العلوم والتقنية

المشرف العام

د. صالح عبد الرحمن العذل

نائب المشرف العام ورئيس التحرير

د. عبد الله أحمد الرشيد

هيئة التحرير

د. عبد الرحمن العبد العالي

د. خالد السليمان

د. إبراهيم المعتاز

د. محمد أمين أمجد

د. محمد فاروق أحمد

د. أشرف الخيري

* * *

كلمة التحرير

قراءنا الأعزاء

تتوالى الأيام ويتوالى معها صدور مجلة « العلوم والتقنية» ويزداد رسوخها ، والإقبال عليها من قبل قراء العربية في شتى بقاع العالم العربي ، ونحن إذ نحمد الله على أن وفقنا لتحقيق ولو جزء بسيط من رغبات القاريء العزيز لنسأله سبحانه وتعالى أن يمدنا بالعون والتوفيق لمواصلة مشوارنا وتحقيق ما نصبوا إليه .

قراءنا الأعزاء

يصدر هذا العدد حاملاً بين دفتيه الجزء الثاني من مواضيع الطاقة الشمسية ، آملين بذلك أن نكون قد أشبعنا رغبة القاريء حول موضوع يعد مصدراً أساساً من مصادر الطاقة التي يعول عليها في المستقبل القريب إن شاء الله لتغطية احتياجات البشرية من الطاقة ، وللتقليل من الاعتماد الكلي على مصادر الطاقة التقليدية ، وبعض آثارها السلبية في تلويث البيئة .

يشتمل هذا العدد على العديد من المواضيع ، تتمثل في الطاقة الشمسية والمباني ، وتحلية المياه بالطاقة الشمسية ، والنظم الكهروضوئية وتطبيقاتها ، واقتصاديات الطاقة الشمسية ، ونظم الأنابيب الحرارية ، والطاقة الشمسية في الفضاء ، وإنتاج واستخدام الهيدروجين ، إضافة إلى الأبواب الثابتة التي درجت المجلة على تضمينها في كل عدد .

وأخيراً لايسعنا إلا أن نشكر لكم حرصكم وتفانيكم في اقتناء المجلة والحصول عليها ، يشير إلى ذلك الكم المتواصل من رسائلكم التي ترد إلينا ، وهذا مما لاشك فيه يدفعنا إلى بذل المزيد من الجهد والعطاء ، والله من وراء القصد ، وهو الهادي إلى سواء السبيل ،،،

العلوم والتقنية

مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية
KING ABDULAZIZ CITY FOR SCIENCE AND TECHNOLOGY

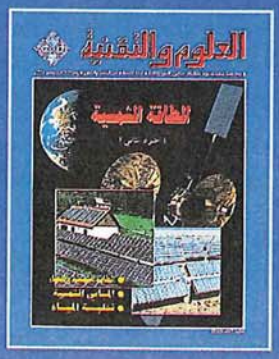
سكرتارية التحرير

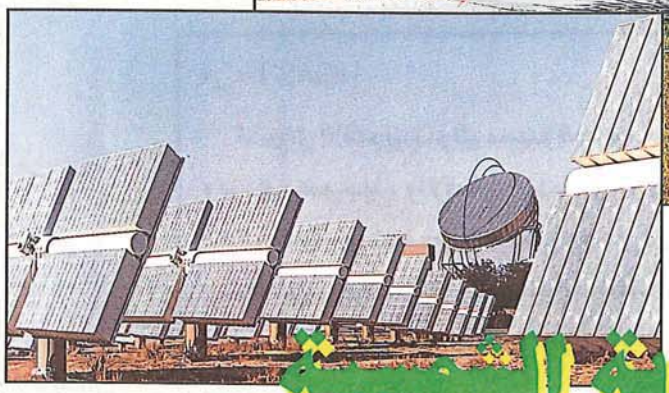
د. يوسف حسن يوسف
د. ناصر عبد الله الرشيد
أ. محمد ناصر الناصر
أ. عطية مزهر الزهراني

التصميم والإخراج

طارق يوسف
عبد السلام ريان

* * *





محطة أبحاث القرية الشمسية

مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية

تضمن النظام الأساس لمدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية (الصادر بالمرسوم الملكي رقم م/٨ وتاريخ ١٩/٤/١٤٠٦هـ) القيام بدعم وتشجيع البحث العلمي التطبيقي في المملكة ، كما ورد في المادة الثالثة من نظام المدينة ذكر أهمية توفير مستلزمات البحث العلمي من مختبرات ووسائل إتصالات ومصادر معلومات، ومن هذا المنطلق حققت المدينة العديد من الإنجازات منها إنشاء القرية الشمسية في العيينة ـ ٤٥كم إلى الشمال الغربي من مدينة الرياض ـ والتي يعود انشاؤها إلى عام ١٤٠٠هـ من خلال برنامج التعاون الفني بين المملكة العربية السعودية والولايات المتحدة الأمريكية في مجال الطاقة الشمسية .

أهداف المحطة

تتمثل الأهداف التي من أجلها تم إنشاء محطة أبحاث القرية الشمسية بالعيينة فيما يلي :ـ

١ ـ إجراء تجارب وتطبيقات علمية ذات علاقة بالطاقة الشمسية في المدن والمناطق النائية .

٢ ـ تطوير البحوث العلمية والتطبيقية في مجالات الطاقة الشمسية .

٣ ـ تدريب وزيادة الوعي العلمي للكوادر البشرية السعودية في مجال الطاقة الشمسية .

مراحل إنشاء المحطة

تم إنشاء محطة أبحاث القرية الشمسية من خلال ثلاث مراحل زمنية متتالية يمكن توضيحها كما يلي :

● المرحلة الأولى

استغرق العمل في هذه المرحلة في الفترة من ١٤٠١هـ إلى ١٤٠٦هـ وعُرف المشروع حينئذ باسم مشروع القرية الشمسية ، وتم في هذه المرحلة تأمين الكهرباء للقرى المجاورة له .

● المرحلة الثانية

عُرف المشروع في هذه المرحلة (١٤٠٦هـ ـ ١٤١٠هـ) باسم محطة أبحاث القرية الشمسية بعد أن جرى توسع المشروع الرئيس ، وتضمن مشاريع مختلفة تتعلق بقياسات وإختبارات نظم تطبيقية للطاقة الشمسية وخاصة في مجال الكهروضوئيات والحراريات الشمسية . وقد برز في هذه المرحلة بحوث تطبيقات الطاقة الشمسية تحت مظلة التعاون السعودي ـ الألماني حيث تم تنفيذ أحد التصاميم المقترحة في تشغيل المحركات الحرارية المتقدمة (الأطباق الشمسية) بقدرة ١٠٠ كيلووات . من جهة أخرى تم تصميم وإنشاء أكبر محطة لإنتاج الهيدروجين بالطاقة الشمسية في الشرق الأوسط والتي تعد كذلك من كبرى المحطات في العالم وقد ربطت هذه المحطة مع التجهيزات الهندسية السابقة في موقع القرية الشمسية . وقد كان من أهم النتائج في هذا المجال نقل تقنية طاقة الهيدروجين إلى المملكة على إعتبار أن الهيدروجين هو وسط مناسب لنقل وتخزين الطاقة الشمسية ، كما تقوم مختبرات القرية الشمسية بصورة مستمرة بتطوير أجهزة ومعدات مختلفة تعمل بالهيدروجين كخلايا وقود وآلات إحتراق حفزي وغيرها .

● المرحلة الثالثة

تم التوسع في محطة أبحاث القرية الشمسية خلال هذه

المرحلة (١٤١١هـ - ١٤١٥هـ) لتشمل نشاطات أخرى في الطاقة المتجددة من أهمها إنشاء مختبرات جديدة لتلائم متطلبات البحوث في هذا المجال مثل مسح مصادر الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، والتركيز على تطبيقات تلائم طبيعة المملكة كتطبيقات المناطق النائية وتحلية المياه. كما طُورت مختبرات عدة في مجال الكهروضوئيات والحراريات وخلايا الوقود، فضلاً عن البدء في تأسيس شبكة معلومات عن الطاقة لمساعدة الباحثين على الإطلاع على آخر مستجدات علوم التقنية في الطاقة المتجددة.

المختبرات الرئيسة للمحطة

تشتمل محطة أبحاث القرية الشمسية على العديد من المختبرات المتخصصة، والأنشطة المساندة يمكن حصرها في الآتي:

١ - مختبر تجريب المجمعات الحرارية والكهروضوئية: ويتضمن معدات وأجهزة قياس دقيقة تساعد على إختبار المجمعات الحرارية والكهروضوئية بهدف تعيين كفاءتها تحت الظروف المعملية. ويساعد هذا المختبر على تحديد المواصفات القياسية اللازمة لتصميم وتصنيع المجمعات الشمسية بكافة أنواعها وأشكالها.

٢ - مختبر التحكم الآلي والقيادة الكهربائية: ويتكون من لوحات كهربائية وإلكترونية توضح توزيع القدرة الكهروضوئية في الشبكة الكهربائية، والمراقبة، والتشغيل المستمر والمتقطع للمحطة الكهروضوئية بقدرة ٣٥٠ كيلووات.

٣ - محطة سدوس للطاقة الشمسية: وتقع على بعد ١٨ كيلو متر عن موقع القرية الشمسية وتتكون من مجمعات كهروضوئية (١١,٢ كيلو وات)، وغرف تحكم ومراقبة وتشغيل وبطاريات تخزين، وأجهزة تحلية متعلقة بوحدة التناضح العكسي، وخزانات مائية بالإضافة إلى أجهزة الحاسب الآلي وتخزين البيانات. هذا وتقدر كمية المياه الصالحة للشرب المنتجة من هذه المحطة حوالي ٦٠٠ لتر/ساعة من عمق يصل إلى ٥٦ متراً تقريباً. وتمثل هذه المنشأة مختبر تجريبي نموذجي لنظم ضخ وتحلية المياه المالحة بالطاقة الشمسية.

٤ - مختبرات إنتاج الهيدروجين: وتتضمن معدات وأجهزة خاصة بتقنية إنتاج الهيدروجين، وتحديد الخصائص الفيزيائية والكيميائية للهيدروجين المنتج بالطاقة الشمسية.

٥ - مختبر آلات الإحتراق الداخلي: ويستخدم في تعديل بعض المحركات لتتلاءم مع وقود الهيدروجين، ودراسة ومراقبة عمل هذه المحركات وقياس كفاءتها.

٦ - مختبر الإحتراق الحفزي: ويقوم بتصميم وتصنيع معدات وأجهزة تعمل على مبدأ الإحتراق الحفزي بإستخدام الهيدروجين، ومن أهم تطبيقات هذا المختبر، الإنارة، والطهي، والتبريد والتسخين وكذلك حرق ومعالجة نواتج المحركات الملوثة وغيرها.

٧ - مختبر خلايا الوقود: ويقوم بالأبحاث الأساس المتعلقة بتطوير وتصنيع خلايا الوقود التي تعمل بالهيدروجين من مواد متوفرة محلياً، وقد نجح المختبر حتى الآن في تطوير نماذج مختلفة من خلايا وقود تعمل بحامض فوسفور بقدرات كهربائية ١٠٠، ٢٥٠، ٥٠٠، ١٠٠٠ وات، كما يتضمن المختبر معدات وأجهزة خاصة كالأفران والمساحيق والمواد الكيميائية، وأجهزة قياس السماكة، ومجسات خاصة لكشف تسرب غاز الهيدروجين بالإضافة إلى بعض أجهزة التحكم والمراقبة لعمليات التشغيل العادية في المختبر.

٨ - مركز الحاسب الآلي: ويحتوي على أجهزة الحاسب الآلي اللازمة لإختبار المعدات الموجودة في القرية الشمسية، وتقديم الخدمات البيانية والرسومات وغيرها لكافة الباحثين، إضافة إلى صيانة كافة الحاسبات وتشغيلها وتحديثها.

٩ - الورش الهندسية: وتستخدم في تدريب الكوادر المحلية، وصيانة الأعطال المفاجئة، وتصنيع معدات وقطع خاصة بالمشاريع الجارية، كما تقدم خدمات فنية لبعض الأقسام والإدارات الأخرى في المدينة.

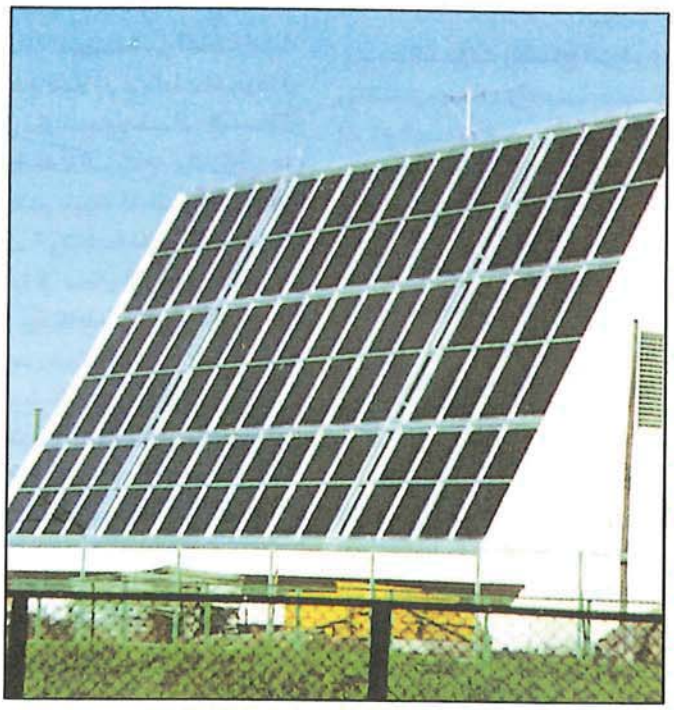
١٠ - المكتبة ومعلومات الطاقة: وتمثل قاعدة المعلومات الأساس التي رافقت - زمنياً - مراحل إنشاء وبناء مشروع القرية الشمسية، وقد كانت الحاجة ملحة لتطوير خدمات المكتبة. ولذا فقد طُورت حديثاً لتشمل أجهزة ووسائل عرض متميزة، وقواعد معلومات خاصة كالسجل الوطني لمشاريع الطاقة المتجددة، وبيانات الإشعاع الشمسي والرياح وغيرها. هذا وتقدم المكتبة خدماتها إلى كافة الباحثين من داخل وخارج المدينة من خلال رصد كافة الخدمات العلمية المطلوبة.

نظرة مستقبلية

نظراً لأهمية القرية الشمسية كأحد النماذج البحثية المتطورة في العلوم والتقنية في المملكة وفي المنطقة الإقليمية والعربية، وكمجمع متكامل لمختبرات معهد بحوث الطاقة بالإضافة إلى وجود بعض المختبرات الأخرى في المباني الجديدة لمدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية، فإن المرحلة المستقبلية ستتميز - بإذن الله - بتطوير أبحاث الطاقة عامة والطاقة المتجددة خاصة، وبناءاً على ذلك فقد تم تحديد عدد من الإتجاهات العلمية التي تساعد على تطوير القرية الشمسية من أهمها دراسة نظم الطاقة التقليدية وتأثيراتها الكهرومغناطيسية على الإنسان والبيئة، وتطبيقات النظم الحرارية والكهروضوئية للطاقة الشمسية، ومتابعة البحث والتطوير في تقنية نظم إنتاج الهيدروجين وإستخداماته العملية، وإيجاد الطرق والوسائل الجديدة في تخزين الطاقة بكافة أشكالها، وتطوير أداء المنزل الشمسي للإستفادة من الطاقة الشمسية، ومتابعة تجميع البيانات لمختلف مصادر الطاقة المتجددة وخاصة الطاقة الشمسية وطاقة الرياح وحرارة جوف الأرض، وتحليل وتوثيق المعلومات المرتبطة بشؤون الطاقة وإعداد وسائل العرض المناسبة، بالإضافة إلى تنظيم الزيارات العلمية في سبيل تطوير مفهوم الطاقة والتوعية الإجتماعية.

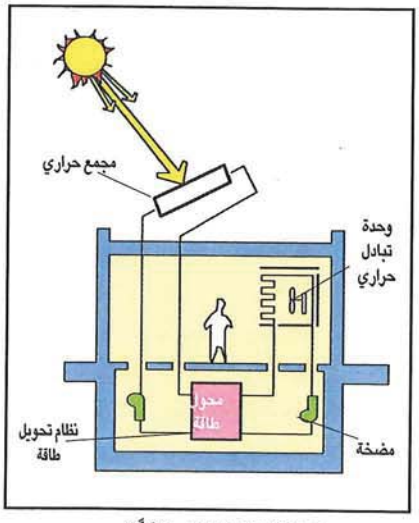
الطاقة الشمسية والمباني

م. أسامة عبد العزيز أركوبي

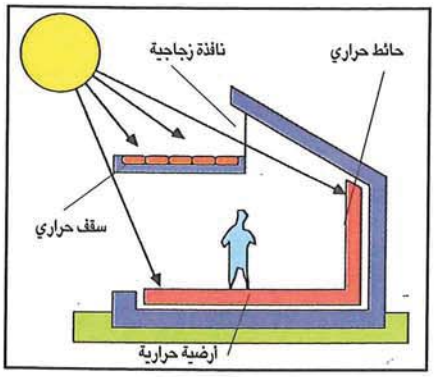


من المعلوم أن أشعة الشمس ذات تأثير قوي ومباشر على حياة الإنسان وبيئته العمرانية . ويختلف هذا التأثير بإختلاف الظروف الطبيعية لكل موقع على سطح الكرة الأرضية . ففي المناطق الحارة يكون لأشعة الشمس تأثيرها غير المرغوب فيه ، مثل الزيادة في درجة حرارة المناخ الخارجي ومن ثم في درجة حرارة الفراغات الداخلية للمباني ، وبالتالي يعد ذلك التأثير أحد الجوانب السلبية لأشعة الشمس التي يتحتم تجنبها أو التحكم فيها . أما النواحي الإيجابية لأشعة الشمس فإنها تتمثل في كونها طاقة إقتصادية يمكن أن تسخّر لخدمة جوانب مختلفة من متطلبات الانسان المعيشية مقارنة بالطاقة التقليدية المستعملة في التدفئة والتسخين ، إضافة الى الناحية الاقتصادية فإن المردود الكبير في حماية البيئة المحيطة من التلوث الذي تسببه طرق التدفئة والتسخين التقليدية يجعل من إستعمال الطاقة الشمسية وسيلة جيدة لتحقيق هذا الهدف ، لذلك اتجهت معظم الدول وخاصة الصناعية لإستخدامات الطاقة الشمسية لخدمة المجالات المختلفة من الحياة ، كما أن الدراسات والأبحاث تعطي مؤشرات جيدة على تطبيقاتها العملية في مجال العمارة .

اتخذ إستعمال الطاقة الشمسية في المباني نهجين تقنيين هما : النظام الفعّال (Active Solar Energy) ويعتمد على الإستفادة من الطاقة الشمسية بأسلوب منفصل عن التكوين المعماري والنظام الإنشائي للمبنى ، كما أنه يعتمد على تحويل الطاقة الشمسية إلى أنواع أخرى من الطاقة مثل الطاقة الكهربائية أو الطاقة الميكانيكية تهيئة لإستخدامها في المباني ، شكل (١) . أما النظام الآخر فيسمى بالنظام الشمسي السلبي (Passive Solar Energy) ، وهو نظام شمسي يتم فيه توظيف تقنية مبسطة تعتمد على الإنتقال الطبيعي للحرارة وإستخدام مصادر الفقد والإكتساب الحراري التي تتوفر في البيئة في تكامل مع العناصر المعمارية المكونة للمبنى من نوافذ وأسقف وحوائط وأرضيات ، وقد يقتضي النظام استخدام وسائل ميكانيكية بسيطة كمراوح التهوية والشفط وذلك من أجل رفع كفاءة النظام وتحسين أدائه ، شكل (٢) ، وفي كلا الحالتين الطبيعية والفعالة فان الطاقة المجمعة أو المخزنة تستخدم في التبريد والتدفئة والتشغيل والإضاءة .. وغيرها ولكن بنسب مختلفة .



● شكل(١) النظام الفعّال.



● شكل(٢) النظام السلبي .

النظام الشمسي الفعّال

يعتمد النظام الشمسي الفعال في عمله على تحويل الإشعاع الشمسي الحراري إلى الأنواع الأخرى من الطاقة قبل إستخدامها في المباني ، وينقسم النظام الفعال إلى قسمين حراري وكهروضوئي .

● النظام الحراري

يعتمد هذا النظام على إستخدام لواقط شمسية (Solar Collectors) لتجميع وتركيز الإشعاع الشمسي ، توضع هذه اللواقط فوق المبنى أو على الواجهات المعرضة لأشعة الشمس ، وقد تكون هذه اللواقط ثابتة أو متحركة حيث ترتبط اللواقط المتحركة بنظام ميكانيكي متابع لحركة الشمس (Solar Tracing) ، وقد يستخدم الهواء أو الماء أو أي موائع أخرى في عملية نقل الطاقة الحرارية لإستخدامها مباشرة في تسخين المياه والتدفئة ، كما

يمكن استخدام النظام الحراري في تبريد المباني بطريقة غير مباشرة عبر ربطها بنظم ميكانيكية مثل نظم التبريد بالإمتصاص الحراري ، والتبريد بالتجفيف، وغيرها .

● النظام الكهروضوئي

يعتمد هذا النظام على تحويل الإشعاع الشمسي مباشرة إلى تيار كهربائي بوساطة الخلايا الكهروضوئية في إمداد المنازل بالكهرباء ، ولضمان إستمرارية الإمداد عند الحاجة فإنه يتم تخزين الطاقة الكهربائية في نظم خاصة مصاحبة لوحدات الإنتاج .

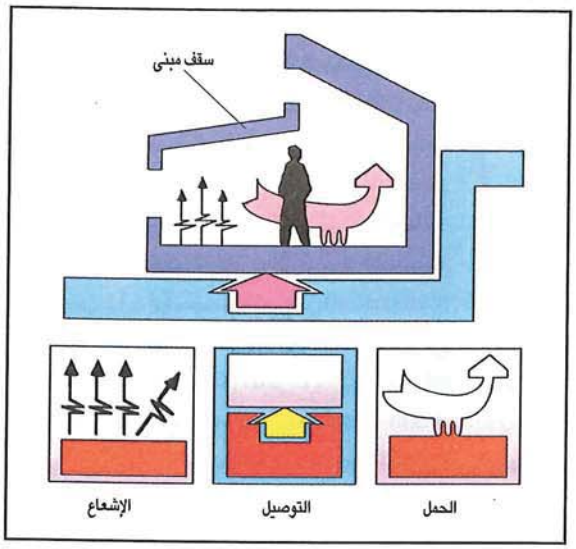
استخدمت الخلايا الكهروضوئية في بعض التصاميم الحديثة كعنصر معماري وإنشائي ضمن تركيبة المبنى ، حيث استفيد منها في توليد الطاقة الكهربائية إضافة لتحقيق الإنارة الطبيعية كزجاج شبه شفاف للنوافذ والفتحات أو في هيئة طوب زجاجي تبنى به الواجهات الخارجية للمباني . وفي بعض التصاميم استخدمت خصائص مجمعات الخلايا الكهروضوئية كمصدر مزدوج للطاقة الكهربائية والطاقة الحرارية في وقت واحد ، وذلك لأن هذه الخلايا تمتص معظم الإشعاع الشمسي وتحول جزء منه (في حدود ١٥٪ أو أقل) إلى طاقة كهربائية والباقي يطرد كطاقة حرارية يمكن استغلالها في التدفئة . ومما يجدر ذكره أن كفاءة هذا النظام تقل بإرتفاع درجة الحرارة حيث أن تصميم الخلايا الشمسية يتم ضمن منظومة التدفئة.

النظام الشمسي السلبي

تستخدم الطاقة الشمسية في النظام السلبي (الطبيعي)في تسخين المياه وتدفئة وتبريد المباني ، أي خفض ورفع درجة الحرارة الداخلية لها . ويعتمد النظام الشمسي السلبي على الأساسيات التالية :

● الإنتقال الطبيعي للحرارة

الإنتقال الطبيعي للحرارة هو عبارة عن تبادل حراري بين جسمين أحدهما ساخن (الذي يفقد الحرارة) وآخر أبرد (يكتسب الحرارة) إلى أن تصل إلى درجة الإتزان الحراري ، ويتم ذلك إما بالحمل (Convection) أوالتوصيل (Conduction) أوالإشعاع (Radiaton) ، شكل (٣) .



● شكل (٣) الانتقال الطبيعي للحرارة .

● الإكتساب أو الفقد الحراري

يتم استغلال الإشعاع الشمسي في حالة التدفئة وتسخين المياه إما بطريقة مباشرة بإكتساب الحرارة (Heat gain) عبر النوافذ والفتحات ، وإما غير مباشرة بوضع جسم ذو خصائص حرارية يقوم بإمتصاص الحرارة ثم إشعاعها للفراغ أو نقلها وتخزينها لإستخدامها عند الحاجة . كما يتم الإستفادة من مصادر الإنخفاض الحراري (Sources of Heat Sink) أو الفقد الحراري (Heat loss) الناتجة من تأثير حركة الشمس اليومية والفصلية والتي توفرها البيئة المناخية في تبريد الفراغات الداخلية ، ويختلف الفقد الحراري من بيئة إلى أخرى وذلك كما يلي :

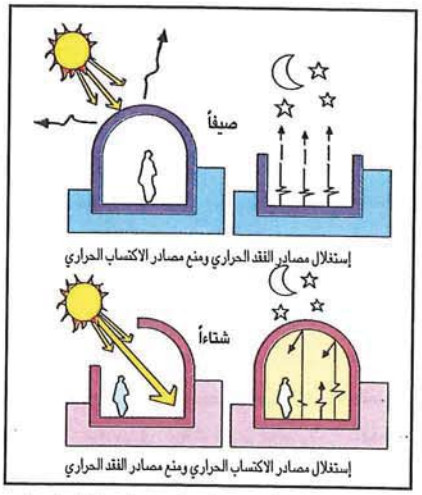
* **المناطق الحارة الجافة :** وتتميز بانخفاض شديد في نسبة بخار الماء في الهواء المحيط (Ambient Water Vapor) مما يساهم في المساهمة في تطبيق أساليب التبريد بالتبخير .

وتتميز المناطق الحارة الجافة أيضاً بارتفاع درجات الحرارة نهاراً وانخفاضها ليلا إلى درجات قد تصل إلى أقل من معدل الراحة الحرارية للجسم (Thermal Comfort) بسبب الفقدان الحراري بوساطة الحمل .

وقد تنخفض درجة الرطوبة ليلاً نتيجة للإشعاع غير المباشر الناتج عن وجود سماء صافية ليلاً (Night Sky) مما يمكّن الأجسام والأسطح المستوية من فقدان حرارتها لتصل إلى درجة الإتزان الحراري.

إضافة لذلك يحقق الإتصال المباشر وغير المباشر بتربة الأرض تحت السطحية مصدراً للتبادل الحراري بدرجة تسمح بإنتقال الحرارة من داخل المبنى إلى خارجه ، وهو ما يعرف ببرودة الأرض تحت السطحية (Earth Cooling) ، شكل (٤) .

* **المناطق الحارة الرطبة:** وتتميز بان المصادر السابقة للنظام السلبي لا تتحقق فيها فعالية عالية ، وذلك ناتج عن قلة التباين الحراري اليومي أو الفصلي ، لذلك فإن تحقيق الراحة الحرارية محددة باستخدام سريان الهواء الطبيعي للتخلص من الرطوبة العالية داخل الفراغ ومن على جسم الإنسان ، وفي تخفيف الحمل الحراري الواقع على المبنى .



● شكل(٤) استغلال مصادر الاكتساب والفقد الحراري.

● وسائل مساندة التبريد والتدفئة

تهدف هذه الوسائل إلى تحقيق الراحة الحرارية للساكن حسب الحاجة إليها . وحيث أن مصادر الإكتساب والفقد الحراري الطبيعي في معظمها غير منتظمة خلال العام ، فان فعالية النظم السلبية تعتمد على وجود وسائل مساندة حرارية تصمم مع المبنى ، وتحقق هذه الوسائل إستمرارية النظام وتحسين أدائه . وتتحدد هذه الوسائل في العناصر التالية :

*** عناصر التخزين (Storage Components) :** وتتكون من مواد ذات خصائص حرارية وطبيعية تمتاز بمعدل عالي لإمتصاص وتخزين الحرارة (أي مايعرف بالسعة الحرارية) . كما يجب أن تكون عناصر التخزين قادرة على توصيل الحرارة بزمن معقول (أى مايعرف بالإيصالية الحرارية للمادة) ، وقد تكون هذه المواد في شكل الطوب المحروق أو الطوب الأسمنتي أو الحجارة ، أو في شكل موائع كالماء وزيت البارافين .. الخ ، تعبأ هذه المواد في حاويات أو عبوات ثم توضع في مواجهة المصدر الحراري (مباشرة) أومجرى نظام التدفئة والتبريد (غير مباشر) .

*** عناصر التوزيع (Distribution Systems) :** وتقوم بمهام تحريك ونقل الحرارة من النظم السلبية الطبيعية إلى الفراغ المراد تبريده أو تدفئته . وتعتمد عناصر التوزيع على إستخدام الموائع والغازات في إيصال الحرارة ، وذلك عبر الإنتقال الطبيعي للحرارة بالتوصيل والحمل والإشعاع . وقد يستلزم الأمر إستعمال وسائل مساندة مثل المراوح والمضخات في عملية الإمداد . وتعتمد مادة التوزيع على نوع النظام الحراري الموظف في المبنى . فإذا كان هذا النظام نظاما سلبياً مباشرا مثل نظام التبريد بالتبخير المباشر ـ النوافير والمسطحات المائية ـ فإن المتطلب الوحيد لعنصر التوزيع هو التهوية الطبيعية ، أما إذا كان النظام السلبي الموظف نظام غير مباشر أو مشترك مثل نظام المثعب الحراري ـ مايعرف بالثرموسايفون (Thermosyphon System) ـ فإنه يتطلب وجود قنوات للإمداد محكمة العزل وبالقرب من المصدر الحراري لكي يؤدي وظيفته بفعالية.

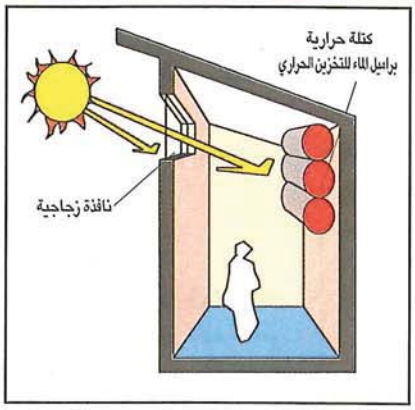
*** عناصر التحكم (Control Systems) :** والتي بدونها تفقد النظم السلبية الموظفة في المباني فعاليتها . فقد تفقد أو تكتسب المباني كمية كبيرة من الحرارة مما يزيد من أحمال التبريد أو التدفئة المطلوبة لتحقيق الراحة الحرارية ، لذلك فإن نظم التحكم تقلل بفعالية كبيرة هذه السلبيات ، وفي نفس الوقت تساعد على تحسين أداء النظم السلبية . بالإضافة إلى ذلك فان فعالية عناصر التحكم تزداد بالتوجيه السليم لواجهات وفتحات المباني (Orientation) ولا يتحقق ذلك إلا بدراسة المسار الطبيعي لأشعة الشمس حول المبنى وخلاله . وكذلك كتلة المبنى وشكله (Form of the building) من حيث نسبة المساحة السطحية المعرضة لأشعة الشمس إلى مساحة الفتحات . وهناك ثلاثة أساليب أساس لنظام التحكم ، هي كمايلي :

(أ) التحكم بالتظليل : وتهدف إلى منع أشعة الشمس من التأثير على الغلاف الخارجي للمبنى والنفاذ إلى الفراغات الداخلية . وينقسم تأثير أشعة الشمس على المبنى إلى قسمين رئيسيين :

ـ تدفق الحرارة الناتجة من أشعة الشمس الساقطة على عناصر المبنى كالحوائط والسقف إلى الفراغات الداخلية .

ـ نفاذ الشمس إلى الفراغ الداخلي عبر النوافذ والفتحات والمواد الشفافة كالزجاج والبلاستيك ، وهو يعد الأكثر تأثيراً على المبنى .

وهناك العديد من الوسائل التي تتيح عملية الوقاية من أشعة الشمس ، وهي تتحدد في نوعين هما التظليل الداخلي مثل الستائر الداخلية بأنواعها والتظليل الخارجي الذي ينقسم إلى تظليل ثابت وتظليل متحرك . وتعد المظلات الخارجية المتحركة أكثر فعالية من الثابتة خاصة عندما يكون المطلوب هو التظليل خلال الفترة الحارة مع السماح لأشعة الشمس بالنفاذ إلى الداخل خلال الفترة الباردة للمساعدة في التدفئة .



● شكل(٥) الاكتساب المباشر للتدفئة الشمسية.

(ب) التحكم بالعزل : ويستخدم من أجل الإحتفاظ بالحرارة الداخلية ومقاومة تسربها إلى الخارج ، أو مقاومة الحرارة الخارجية والتقليل من أثرها على الداخل . وتعتمد عناصر العزل على مواد تتميز بمعامل إيصالية حرارية منخفضة ، وهي التي ينتشر إستعمالها في المباني . وهناك اسلوبان للعزل هما العزل الثابت والعزل المتحرك ، ويصمم العزل الثابت ليبقى ثابتا ضمن عناصر المبنى بحيث يمنع الحرارة المختزنة داخل الأسطح من أن تفقد إلى الخارج ، أو أن يؤثر المناخ الخارجي على المناخ الداخلي أو المختزن .

أما العزل المتحرك فهو كما يدل اسمه يحرك إلى مكان الإستفادة منه بصورة يومية لأداء وظيفة محددة . حيث يستخدم في منع الإكتساب الحراري ـ الناتج عن الإشعاع الشمسي ـ من التأثير على نظام التبريد ، ومن أمثلة ذلك يتم عزل البرك السطحية المشتركة خلال النهار عن التأثير الإشعاعي مع السماح بعملية التبخير الحملي ، أما في المساء فيتم كشف العازل وتعريضها إلى السماء لتبدأ عملية الفقد الحراري بالإشعاع .

(ج) التحكم بالإنعكاس : ويستخدم في نظم التبريد السلبي الطبيعي لطرد الحرارة الخارجية بواسطة الإ شعاع ومنع انتقال تأثيرها نحو الداخل ، أما في نظم التدفئة فإن التحكم بالإنعكاس يستخدم في تركيز الإشعاع الشمسي على المجمعات الحرارية أو الحيز المراد تسخينه . وتعتمد عناصر النظام أساسا على خصائص السطح الخارجي ، حيث تمتاز مواده بمعامل

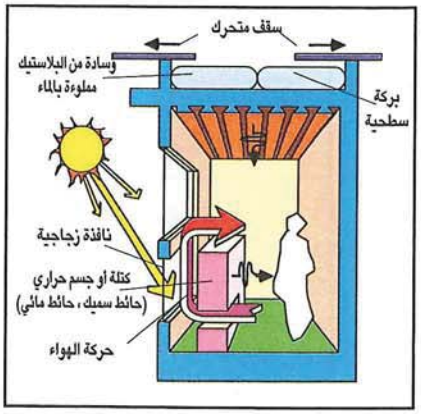
إمتصاص حراري منخفض . وتعد رقائق الألمونيوم من أهم هذه المواد ، لذلك فهي تستعمل في الحوائط والأسقف والأرضيات كحاجز لانتقال الحرارة بالإشعاع ، ولتحقيق فوائد كثيرة عن طريق التحكم بالإنعكاس يمكن إستخدام مواد بناء ذات خصائص لونية فاتحة مثل الرخام ، مع طلاء الأسطح المحيطة الأسمنتية وأحواض الزهور والحوائط والبروزات بالألوان الفاتحة والبيضاء .

● نظم التدفئة السلبية

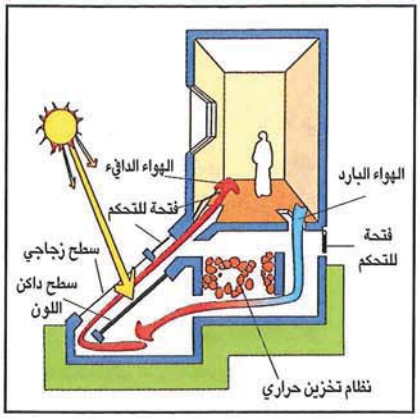
يتطلب إسلوب التصميم بالتدفئة السلبية وجود عناصر أولية يتم من خلالها تجميع الطاقة الشمسية بأساليب تصميمية ضمن المبنى ، ومن عيوبها عدم وجود وسائل مساندة للتدفئة مثل التخزين ، والتحكم ، والتوزيع ، وتنحصر الطرق والأساليب الطبيعية في التصميم الشمسي لغرض التدفئة في خمسة إتجاهات وأساليب هي :-

١- الإكتساب المباشر : يعد أسلوب الإكتساب المباشر ، شكل (٥) ، أبسط الأساليب السلبية ، وهو يتم عن طريق إدخال الشمس مباشرة إلى الحيز المعماري من خلال النوافذ والفتحات السقفية لينتشر الدفء في أرجاء المبنى .

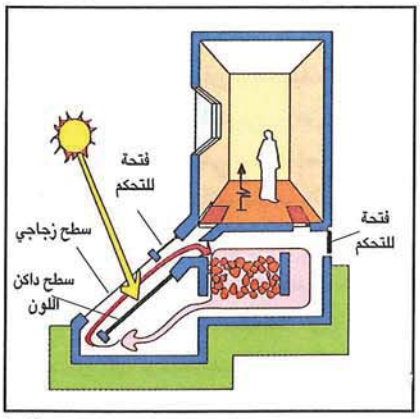
٢- الإكتساب غير المباشر : تعتمد الفكرة الأساس لهذا النظام على إنتقال الحرارة من أشعة الشمس إلى الكتلة ، ثم إلى الفراغ عن طريق وضع جسم لإكتساب الحرارة بين النوافذ التي تمر من خلالها أشعة



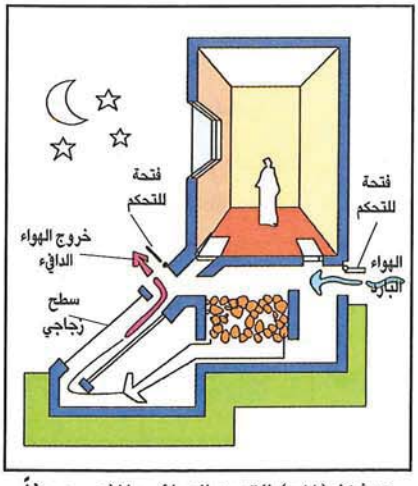
● شكل(٦) الاكتساب غير المباشر للتدفئة الشمسية .



● شكل(٧أ) التدفئة بالمثعب الحراري شتاءً .



● شكل(٧ب) تخزين الحرارة بالمثعب شتاءً .



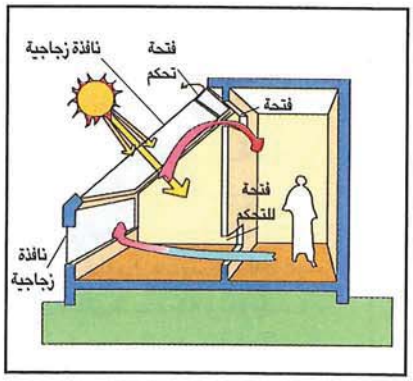
● شكل(٧ج) التبريد الهوائي بالمثعب صيفاً.

الشمس . يقوم الجسم في هذه الحالة بإختزان الحرارة ، ومن ثم تنتقل الحرارة خلاله بالتوصيل أولا ، ثم إلى الفراغ المحيط به بالإشعاع والحمل الحراري ثانياً . ومن أمثلة هذا الأسلوب ، الحائط السميك (Mass wall) والحائط المائي (water wall) وبرك السطح (Roof Pool) ، شكل (٦) .

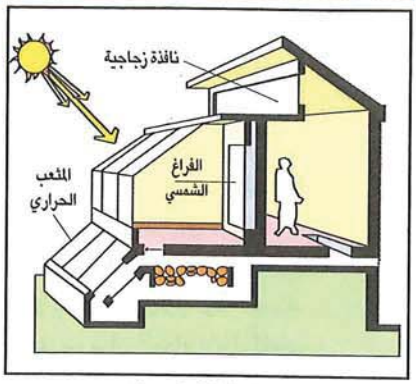
٣- الإكتساب المعزول : هو عبارة عن إسلوب غير مباشر ، معزول ومنفصل عن غلاف المبنى ، تصمم فيه التجهيزات الشمسية بمعزل عن البناء لتستخدم عند الحاجة للتدفئة أو التهوية ، يربط هذا الإسلوب بنظام للتحكم الحراري ، حيث يتم التحكم في انتقال الحرارة من الحيز نحو البناء بوسائل طبعية مثل وجود فتحات لإغلاق طريق سريان الهواء داخل المبنى حسب الطقس . ومن أبرز أمثلة هذا الأسلوب نظام المثعب الحراري (Thermosyphon System) والفراغ الشمسي (Sun Space) وتوضح الأشكال (٧أ) و (٧ب) و (٧ج) استخدام المثعب الحراري في التدفئة الشتوية ، وتخزين الحرارة شتاء ، والتبريد الهوائي صيفاً على التوالي . أما شكل (٨) فيوضح إسلوب الفراغ الشمسي كأحد أساليب الإكتساب المعزول للحرارة .

٤- النظام المركب : وهو النظام الذي يجمع بين إسلوبين أو أكثر من الأساليب الثلاثة المباشرة وغير المباشرة والمعزولة . لهذا يعد هذا النظام ، شكل (٩) ، الأكثر مرونة للإستفادة ما أمكن من كافة الوسائل المتاحة لتحقيق التلائم الطبيعي . إضافة إلى أنه يؤمن حرية الحركة في إختيار الحل المناسب لوظيفة الفراغ المعماري .

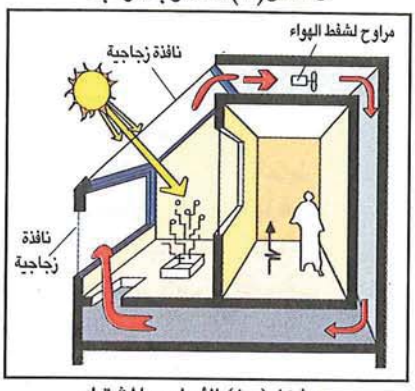
٥- النظام المشترك أو الهجين : تستخدم في النظام المشترك ، شكل (١٠) ، طريقة أو أكثر من الأساليب السلبية الأربع السابق ذكرها مع إشتراك عناصر ميكانيكية ذات استهلاك منخفض للطاقة مثل مراوح التهوية والشفط ، حيث تعمل هذه



● شكل(٨) الفراغ الشمسي للاكتساب المعزول للحرارة.



● شكل (٩) الأسلوب المركب .



● شكل (١٠) الأسلوب المشترك.

العناصر على الرفع من كفاءة وأداء النظام وتساهم في عملية انتشار وتوزيع الهواء داخل الفراغ .

● التبريد السلبي في المناطق الحارة الجافة

تختلف نظم التبريد السلبي حسب إختلاف الخصائص المناخية والجغرافية لكل منطقة ، وهنالك العديد من الأساليب والعناصر التصميمية المعمارية التراثية والحديثة التى تم توظيفها للإستفادة من مصادر التبريد ، يلخص الجدول (١) أنظمة التبريد السلبي الطبيعي حسب مصادر التبريد في المناطق الحارة الجافة والعناصر التصميمية التى تم توظيفها في عملية التبريد السلبي للوحدات السكنية ، والتي لا يتسع المجال هنا للتطرق لها بشكل مفصل .

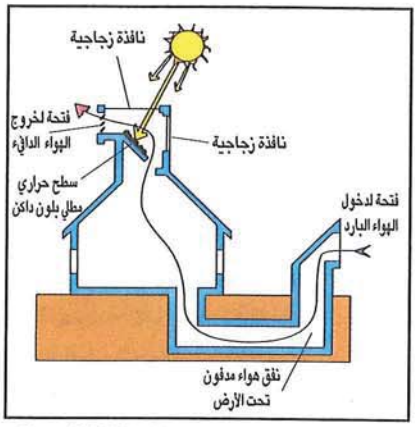
ومن أبرز الأمثلة الحديثة لتطبيق أساليب التبريد الطبيعي المشروع البحثي للمنزل الشمسي بجامعة الملك فيصل بالدمام، والذي قامت **مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية** بدعمه وتمويله ، حيث طُبِّق في تصميم المنزل نظام التبريد بالحمل والتبخير عبر الملقف إضافة إلى تطبيق إسلوب التسخين الشمسي للماء .

● التبريد السلبي في المناطق الحارة الرطبة

تعد وسائل التبريد السلبي المتاحة في المناطق الحارة غير مجدية ومحدودة الفوائد عند استخدامها في المناطق الحارة الرطبة ، ويرجع ذلك إلى أن التباين في درجات الحرارة اليومية أو الفصلية بسيط جدا ، لذلك فإن عملية تخزين برودة هواء الليل للنهار أو برودة الشتاء للصيف غير مجدية لتحقيق الراحة الحرارية ، عليه ليس هناك من وسيلة طبيعية لتحقيق الراحة الحرارية في هذا المناخ عدا إستخدام سريان الهواء الطبيعي لدفع الرطوبة من على جسم الإنسان أو تخفيف الحمل الحراري الواقع على المبنى ، ومن المعلوم أن عملية السريان الطبيعي تحدث إما عن طريق التباين في الضغط الناتج عن حركة الرياح أو بالتصعيد الحراري للهواء عندما يرتفع الهواء الحار إلى أعلى ويحل محله الهواء البارد . وفي هذا المجال يمكن الإستفادة من أشعة الشمس عبر توظيف المدخنة الشمسية (Solar Chimney) في عملية تحريك الهواء داخل الحيز الفراغي ، شكل (١١) ، إضافة إلى إستخدام الوسائل القسرية لدفع الهواء مثل مراوح التهوية والشفط .

● التجفيف الشمسي الطبيعي

يعد التجفيف الشمسي الطبيعي (Passive Solar Desicant Dehumidefier)



● شكل (١١) تحريك الهواء بالمدخنة الشمسية.

أحد الأنظمة التي تلائم المناخ الحار الرطب ، وتعتمد فكرة النظام على إمتصاص رطوبة الهواء من الحيز المعماري ليلا عن طريق استخدام مواد متبلورة قابلة لإمتصاص الماء مثل سلكا جلي (Silica gel) ، والزيولايت (Zeolite) .. إلخ ، حيث تعبأ مواد التجفيف في وسائد خفيفة توضع في الفراغ المباشر للسقف الجملوني للمبنى والذي يستعمل لوضع مواد العزل الحراري للتقليل من الإكتساب الحراري . ويتم بعد ذلك التخلص من الرطوبة المكتسبة بالتجفيف بتعريضها لأشعة الشمس . وتتطلب تقنية هذا النظام وجود عناصر للتحكم لمساندة الأداء حيث تتركز الأبحاث الحالية في الرفع من فعالية وأداء هذا النظام .

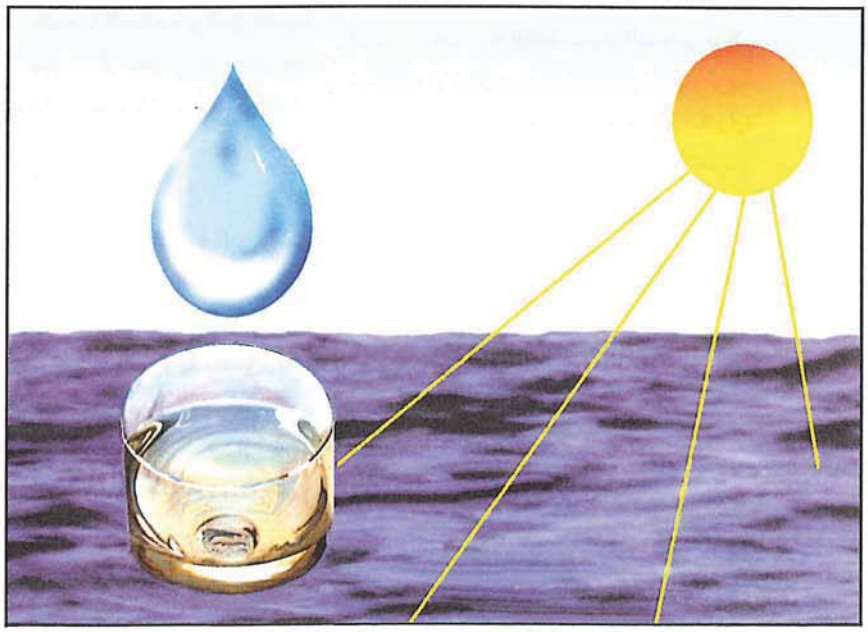
نظم التبريد	مصادر التبريد	الهدف	عناصر تصميمية وظفت
١ ـ التبريد بالتبخير	بخار الماء المحيط	تبريد المنشأة . تبريد الهواء المحيط .	الملقف ، المشربية ، القباب ، برك السطح ، النوافير ، الفناء .. الخ
٢ ـ التبريد بالحمل	الهواء المحيط	تبريد المنشأة . توفير الراحة الحرارية .	النافذة ، الملقف ، المشربية ، القباب ، الفناء ، الحوائط ، الأنابيب الحرارية .
٣ ـ التبريد بالإشعاع	الطبقات العليا من السماء	تبريد المنشأة .	النافذة ، الفناء ، برك السطح ، الحوائط السميكة
٤ ـ التبريد بالتوصيل	الأرض	تبريد المنشأة .	الأقبية ، السراديب ، الأنابيب الحرارية

● جدول (١) أنظمة التبريد السلبي الطبيعي في المناطق الحارة الجافة .

تحلية المياه بالطاقة الشمسية

د. إبراهيم صالح المعتاز

رغم أن استخدام الطاقة الشمسية لانتاج المياه العذبة كان معروفاً منذ زمن طويل إلا أن أول محطة لتقطير الماء بالطاقة الشمسية تم انشاؤها عام ١٨٧٢م في دولة شيلي بسعة ٥٠٠٠ جالون يومياً (٣٧م٣/يوم) ، كذلك شهد عام ١٩٥٠م أبحاثاً علمية مكثفة لإيجاد طرق ذات كفاءة عالية في تحلية المياه ، وتوالت عمليات البحث والتطوير لتأخذ خطوات متسارعة في السبعينات نتيجة لإرتفاع أسعار النفط وما صاحبها من البحث عن بدائل جديدة للطاقة النفطية .

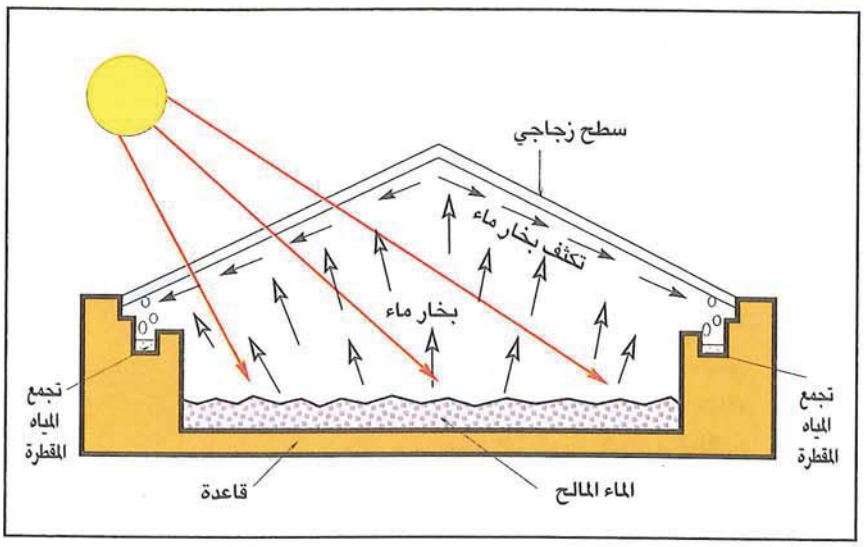


تعد كمية المياه المحلاة من جميع طرق التحلية المعتمدة على المصادر البديلة للطاقة ضئيلة جداً مقارنة بطرق التحلية الأخرى ، فعلى سبيل المثال - إذا استثنينا أضخم محطة لتحلية المياه بالطاقة الشمسية والموجودة في « أبو ظبى » بسعة ١٢٠م٣/يوم - لا تتجاوز سعة أغلب محطات تحلية المياه بالطاقة الشمسية ٣٠م٣/يوم ، ويمكن تقسيم طرق تحلية المياه بالطاقة الشمسية إلى مجموعتين رئيستين وفقا لطريقة استخدام الطاقة الشمسية إما بشكل مباشر أو بشكل غير مباشر . فطرق التحلية التى تستخدم الطاقة الشمسية مباشرة تسمى بطرق التحلية بالحرارة ، ويسمى هذا الإستخدام للطاقة الشمسية بالإستخدام الخامل . في حين أن استخدام الطاقة الشمسية بشكل غير مباشر يسمى بالإستخدام النشط ويتم خلاله تحويل الطاقة الحرارية للشمس إلى تيار كهربائي نشط يمكن أن يدير معدات التحلية المختلفة ، ويلاقي هذا النوع من الاستخدام إقبالا كبيراً في الفترة الراهنة نظرا للتقدم العلمي المتواصل في مجال أشباه الموصلات (Semiconductors) والتي أثبتت فعالية كبيرة لتوليد الطاقة الكهربائية من الطاقة الحرارية . وقد أمكن ربط أنظمة التحلية العاملة بالتناضح العكسي بأنظمة توليد الطاقة الكهربائية من الطاقة الحرارية الشمسية بشكل ناجح ، ولايختلف عمل محطة التحلية في هذه الحالة عنه في حالة تغذيته بالكهرباء المولدة من مصدر الطاقة التقليدي .

يتمثل أيسر وأبسط استخدام للطاقة الشمسية في المنطقة العربية في تحلية المياه نظرا للحاجة الماسة للمياه العذبة ونظراً لإنعدام وشح مصادرها الطبيعية وزيادة الطلب عليها ، وبسبب ارتفاع معدل مايصل هذه المنطقة من طاقة شمسية تصل بالمتوسط إلى ٣٠×١٠^١٥ كيلو وات ساعة ، أي مايزيد عن ستة أضعاف المخزون العالمي للبترول (ميجاوات ساعة = ٠,٠٨٦ طن من البترول = ٠,١١٢ برميل بترول) ، وفيما يلي عرض مبسط للطرق المتاحة لتحلية المياه باستخدام الطاقة الشمسية وفعالية كل طريقة مع مقارنة اقتصادية وفنية للطرق المستخدمة الأخرى .

التحلية الحرارية

التحلية الحرارية هي طريقة تستخدم فيها الطاقة الحرارية الشمسية مباشرة ، وهي تشمل التبخير متعدد التأثير بتبخير المياه المالحة . والتبخير الومضي والتبخير الومضي متعدد المراحل والتحلية بضغط البخار . وتعد المقطرات الشمسية (Solar Stills) من أسهل وأبسط طرق الحصول على المياه المحلاة مباشرة



● شكل (١) رسم مبسط للمقطرات الحرارية الشمسية.

باستخدام الطاقة الشمسية ، وتتألف المقطرات الحرارية عادة من قاعدة اسفلتية وأسقف زجاجية مائلة ، شكل (١) ، تمر المياه المالحة على قاعدة المقطر الحراري المرتفعة الحرارة لتتبخر وتتكثف على الأسطح الداخلية للغطاء الزجاجي المنفذ للأشعه الشمسية ، ومن ثم تجمع المياه المكثفة على جوانب الغطاء الزجاجي كمياه عذبة منتجة ، ويبلغ متوسط المياه المحلاة بالمقطرات الشمسية ٤ لترات لكل متر مربع من المقطر الحراري . ومن أهم العوامل المؤثرة على المقطرات الحرارية مايلي :

١ ـ عمق المياه المالحة في قاعدة المقطر : حيث أنه كلما زاد عمق المياه في قاعدة المقطر كلما قل معدل التقطير ليصل إلى حد ثابت عند عمق ٣٠سم تقريبا حيث إن زيادة عمق المياه من ٥سم إلى ١٨سم تسبب نقصا في معدل التقطير بنحو ٢٥٪ ، بينما يسبب زيادة عمق المياه من ١٨سم إلى ٣٠سم نقصا يعادل ٨٪ في كمية المياه المقطرة ، ويرجع سبب ذلك إلى أن المياه الضحلة لها سعة حرارية منخفضة تستجيب بسرعة لزيادة درجة الحرارة المؤثرة عليها بسبب الإشعاع الشمسي ، وزيادة درجة حرارة المياه تمثل بلا شك زيادة لكمية المياه المتبخرة .

٢ ـ تصميم المقطر والمواد المستخدمة : فمن نوعية التصاميم زاوية ميل الغطاء الزجاجي والمسافة بين الغطاء الزجاجي وسطح المياه في قاعدة المقطر .. كما وإن لنوعية الغطاء الزجاجي المستخدم أثراً في زيادة كمية الأشعة النافذة وتقليل كمية الأشعة المنعكسة أو المفقودة من داخل المقطر ، إضافة لذلك تؤثر جدران المقطر وقاعدته في ارتفاع درجة حرارة المياه في المقطر بشكل ملحوظ .

ومن عوامل التصميم الهامة التي يمكن التحكم فيها قيمة السعة الحرارية للماء وقيمة معامل الفقد الحراري حيث يمكن التحكم في قيمة السعة الحرارية بتقليل عمق الماء وتحسين بناء المقطر ، أما معامل الفقد الحراري فيمكن التحكم فيه بعدم تسرب البخار وتحسين العزل التحتي (الأرضي) لقاعدة المقطر .

٣ ـ عوامل خارجية : من العوامل الخارجية حرارة الهواء المحيط إذ تزيد كمية المياه المقطرة بزيادة درجة الحرارة الخارجية ، كما أن زيادة سرعة الرياح تؤثر عكسيا على كمية المياه المنتجة ، إضافة لذلك فإن شدة الطاقة الشمسية وطول مدة سطوع الشمس وغيرها من عوامل مناخية لها تأثير مباشر على معدل إنتاج المقطرات الحرارية ، وهذا يوضّح بجلاء أبرز عيوب المقطرات الحرارية حيث يكون اعتمادها المباشر على الظروف الخارجية المحيطة والتي قد يصعب التحكم فيها .

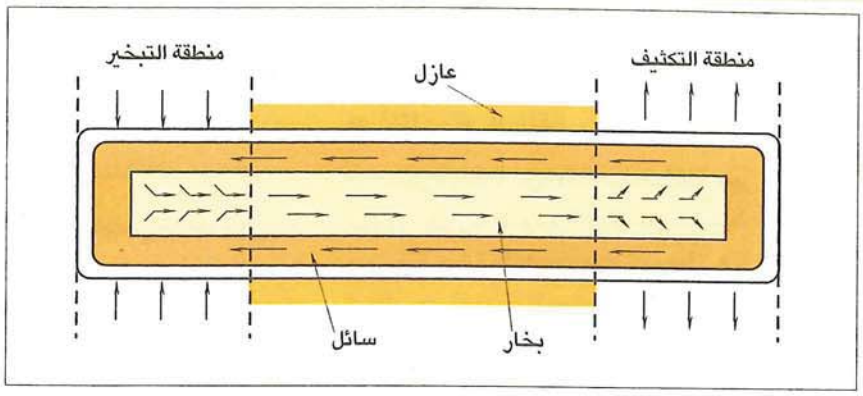
تعد المقطرات الحرارية منخفضة الأداء مقارنة بطرق التحلية الحرارية العادية ، فعلى سبيل المثال ينتج مقطر شمسي عند طاقة إشعاعية ٣ كيلووات ساعة حوالي ٢, لتر ماء في اليوم لكل متر مربع من المقطر مقارنة بـ ١,٤ إلى ٤,٦ لتر ماء بطرق التحلية الأخرى .

يساعد رفع درجة حرارة الماء وخفض درجة حرارة الغلاف الزجاجي في رفع نسبة الأداء بشكل كبير غير أن خفض درجة حرارة الغلاف الزجاجي قد يكون له تأثير على درجة حرارة الماء مما يحد من عملية زيادة نسبة كفاءة التشغيل ، لذا يلزم معرفة أقل درجة حرارة للغلاف الزجاجي التي يبدأ بعدها هذا التأثير أو الإكتفاء برفع درجة حرارة سطح الماء لزيادة الكفاءة .

ولمضاعفة الطاقة الشمسية وتركيزها لرفع كفاءة التقطير الشمسي يمكن استخدام ما يعرف بالأنابيب الحرارية حيث أنها ترفع معامل انتقال الحرارة بمقدار ألف ضعف لمعاملي الانتقال التقليدي (التوصيل والحمل) .

يتكون الانبوب الحراري ، شكل (٢) ، من تجويف مفرغ من الهواء ومغلق من الطرفين ومحتوي على كمية قليلة من سائل مضغوط يستخدم كوسيط لنقل الطاقة الشمسية من منطقة التبخير ـ عند تعرضه لأشعة الشمس ـ إلى منطقة التبريد حيث يتكثف ويطلق الحرارة الكامنة للتكثيف ثم يعود مرة أخرى إلى منطقة التبخير خلال تجويفات صغيرة تحت تأثير القوى الشعيرية (Capillaries) وهكذا يتبخر السائل الناقل للحرارة بفعل الطاقة الشمسية ويتكثف ويعطي حرارة عالية تفوق تلك التي حصل عليها عند تبخره .

وتنتقل الحرارة في الأنابيب الحرارية بشكل أفضل عند استخدام مائع له كثافة عالية وسرعة انتشار منخفضة في الحالة الغازية ، وبذا يعمل الأنبوب الحراري عند



● شكل (٢) مقطع في الأنبوب الحراري

درجة حرارة ثابتة ويحتاج إلى فارق يسير في الضغط بين منطقتي التبخير والتكثيف. ويبين الجدول (١) بعض خواص الأنابيب الحرارية.

يعد طول الأنبوب ومساحته من أهم العوامل المؤثرة في الأنابيب الحرارية وذلك عند حساب أعلى ارتفاع مسموح به للسائل خلال الشعيرة، ففي حالة استخدام الصوديوم مثلاً يجب أن يكون هذا الطول مساوياً لـ ٣٨,٥سم عند استخدام قطرمسامي قدره ٨٦ ميكروميتر.

إضافة لذلك تستخدم الطاقة الشمسية في تحلية المياه بطريقة التبخير الومضي وذلك بتسخين الماء أو أي سائل آخر وسيط ينقل الحرارة إلى المسخن لرفع درجة حرارة المياه المالحة قريباً من درجة الغليان، ثم بمرور هذه المياه على حجرات التبخير عند ضغوط منخفضة تدريجياً ينشأ بخار الماء فجأة لإنخفاض درجة الغليان كما هو معلوم في عمل طريقة التبخير الومضي والتي تحتاج إلى نحو ٤٠ كيلووات ساعة من الطاقة لتحلية متر مكعب من الماء العذب. وهذا ما يرفع من كفاءة إنتاج المياه بالطاقة الشمسية.

وعلى اعتبار أن الأحواض الشمسية المستخدمة لرفع درجة حرارة السائل الناقل للطاقة لها مردود حراري (كفاءة) بنحو ٦ - ١٢٪، فإن عملية التحلية بالتبخير الومضي تنتج حوالي ١٢ لترا في اليوم لكل متر مربع من الأحواض الشمسية.

التحلية غير المباشرة

تعتمد طرق التحلية في هذا النوع على إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية للتغلب على مشكلتين رئيسيتين هما ضعف كثافة الطاقة الشمسية (١كيلووات/م^2) وعدم استمرار سطوع الشمس في سائر ساعات النهار وفي سائر أيام السنة، وتعد عملية بناء مسطحات شمسية كبيرة المساحة امراً مكلفاً حتى ولو توفرت هذه المساحات، كما وأن تخزين الطاقة للحاجة إليها في غير أوقات ظهور الشمس قد يكون أمراً غير فعال إضافة إلى تكلفته واحتياجه للصيانة المستمرة، وهذا ما جعل عملية توليد الكهرباء مباشرة من الطاقة الشمسية أمراً مرغوباً فيه خاصة بعد ظهور الخلايا الكهروضوئية (Photovoltaic) وانتشار انتاجها وارتفاع مردودها.

تعد القرية الشمسية التابعة لمدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية الواقعة على بعد ٥٠ كم شمال غرب مدينة الرياض من أكبر المجمعات العالمية للطاقة الشمسية بنظام فارق الجهد الضوئي (Photovoltaic). اقيمت القرية عام ١٩٨١م لتوليد الكهرباء وامدادها لقرية سدوس والعيينة والجبيلة. بإستخدام ١٦٠ مصفوفة من الخلايا الضوئية تغطي مساحة ٥٣,٠٠٠م^2 لتنتج ٣٥٠ كيلووات من التيار المستمر (D.C). وتخزن الكهرباء ببطاريات حامضية رصاصية ذات سعة ١١٠٠ كيلووات ساعة أثناء الليل أو أثناء غياب الشمس الطويل بالسحب. تعد تلك الأنشطة وغيرها من منشآت التحلية إحدى ثمار التعاون في ميدان ابحاث الطاقة بين المملكة العربية السعودية ممثلة **بمدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية** ووزارة الطاقة الأمريكية، وقد رمز للبرنامج بإسم سولارس (Soleras)، وقد انتهت حالياً جميع برامج هذا التعاون العلمي. وهناك برنامج تعاوني آخر بين المملكة العربية السعودية وألمانيا لإنتاج الهيدروجين بالطاقة الشمسية يسمى هايسولار (Hysolar).

يمكن استخدام الطاقة الكهربائية المتولدة مباشرة في وحدات تحلية المياه العاملة بطريقة التحليل الكهربائي (الديلزة) أو في توليد البخار وتحريك الضاغطات الميكانيكية لتشغيل وحدات التحلية العاملة بضغط البخار أو بالتناضح العكسي أو الاستفادة من البخار مباشرة في عملية التبخير الومضي (MSF) أو الاستفادة بشكل غير مباشر من طريقة التجميد. وتعد جميع هذه الطرق في طور التجريب، وهناك بعض المحطات الصغيرة المختلفة مثل المحطة المنشأة في جدة عام ١٩٨١م لتحلية المياه بالتناضح العكسي (RO) والتي تعمل

درجة الحرارة (كلفن)	المائع	التدفق الحراري (وات /سم٢)	
		الإتجاه الأفقي	خلال السطح
٢٣٠ - ٤٠٠	ميثانول	٠,٤٥ (عند ٣٧٣ كلفن)	٧٥,٥ (عند ٣٧٣ كلفن)
٢٨٠ - ٥٠٠	ماء	٠,٦٧ (عند ٤٤٣ كلفن)	١٤٦ (عند ٤٤٣ كلفن)
٦٧٣ - ١٠٧٣	بوتاسيوم	٥,٦ (عند ١٠٢٣ كلفن)	١٨١ (عند ١٠٢٣ كلفن)
٧٧٣ - ١١٧٣	صوديوم	٩,٣ (عند ١١٢٣ كلفن)	٢٢٤ (عند ١١٢٣ كلفن)

● جدول (١) بعض خواص الأنابيب الحرارية.

بالطاقة الشمسية بطاقة انتاجية تقدر بنحو ٨٥٠ جالون يومياً بمعدل عمل ١٢ ساعة يومياً ، بجانب ذلك هناك محطة مماثلة في قطر وأخرى في البحر الأدرياتيكي (Adriatic) بطاقة انتاجية قدرها ٧,٩٢٦ جالون/يوم (٣٠م٣/يوم) ، وتبلغ مساحة المجمع الشمسي لهذه المحطة ١٨٠٠م٢ . بالإضافة إلى ذلك فهناك محطة من نفس النوع في المكسيك لتحلية المياه قليلة الملوحة (Brackish) تنتج ١,٥م٣/يوم مياه محلاة تعمل لمدة ثمان ساعات بطاقة كهربائية قدرها ٢,٥ كيلووات منتجة من الطاقة الشمسية .

قامت المملكة العربية السعودية ايضاً بإنشاء محطة لتحلية المياه بالطاقة الشمسية بطريقة التجميد في مدينة ينبع ضمن برنامج التعاون المشترك بين المملكة والولايات المتحدة الأمريكية (Soleras) ، ويبين الشكل (٣) مخططاً لمحطة تحلية المياه بالديلزة تعمل بالطاقة الشمسية . وقد أجريت تصاميم مختلفة على مثل هذه المحطات لإنتاج مياه محلاة بمعدل (١٥ – ١٥٠م٣/يوم) بتركيز ٥٠٠ جزء في المليون من الأملاح .

صممت محطة ينبع لتحلية المياه بالتجميد غير المباشر وفق أحدث الطرق ، وهي تعد منشأة أبحاث بغرض أجراء مجموعة مكثفة من اختبارات الأداء والتقييم، وتنتج المحطة ٢٠٠م٣ من المياه العذبة (٥٢,٨٣٤ جالون) يومياً تستمد ، الطاقة من ١٨ مجمعاً وحيد البؤرة مساحة كل منها ٧٠م٣ (٨٦١ قدم مربع) ، وتتكون من الوحدات الرئيسية التالية :

● نظام تجميع الطاقة

يوجد في الحقل الشمسي ثلاثة فروع ، في كل فرع ستة مجمعات شمسية ، تولد ٥٠٠ كيلووات ساعة في اليوم ، ويمر في هذه المستقبلات زيت ناقل للحرارة ، ترتفع درجة حرارته إلى ٣٨٩ درجة مئوية ، ليستخدم في نقل الطاقة من مناطق تجميعها.

● نظام تخزين الطاقة

يتم نقل الحرارة بوساطة الزيت إلى صهريج من الأملاح عن طريق اكتساب الحرارة بالتبادل مع الزيت ليحفظها حتى يتم استخدامها عند الحاجة إليها بإستمرار. وتوجد الأملاح في صهريجين أحدهما ساخن (عالي درجة الحرارة) والآخر دافىء (عند درجة حرارة مرتفعة نسبياً) . ويستخدم الملح الساخن لتوليد البخار (Steam) الذي يمد المحرك البخاري بالطاقة ، وعند انخفاض درجة حرارة الملح الساخن يحفظ مع الملح الدافىء الذي يكتسب حرارة عالية بتبادله مع الزيت الناقل للطاقة الشمسية ثم يخزن بعد ذلك في صهاريج الأملاح الساخنة ، وفي أثناء الليل أو عند احتجاب الشمس مدة طويلة يقل مستوى الملح الدافىء ويلجأ إلى امداد الملح بطاقة إضافية عادية عن طريق حرق زيت الوقود لتستمر دورة تخزين الطاقة بالأملاح .

● نظام نقل الطاقة

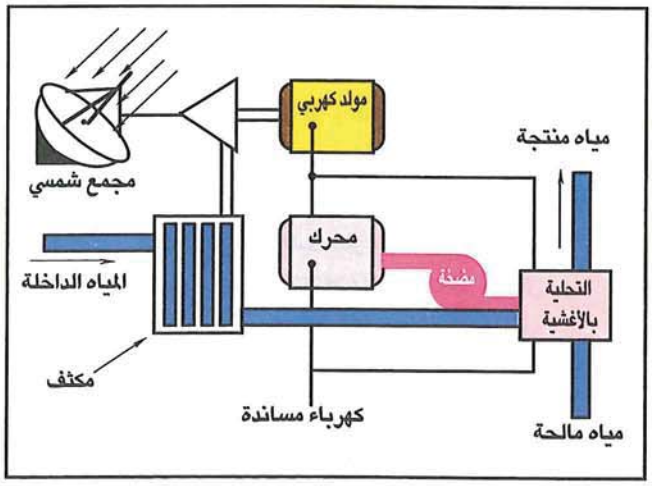
تنتقل الطاقة من الأملاح الساخنة عبر مبادلات حرارية لتوليد البخار عالي الضغط ودرجة الحرارة (Superheated) ويعمل هذا البخار على تحريك المحرك البخاري لإنتاج الضغوط اللازمة للتبريد .

● نظام التبريد

يستخدم النشادر الجاف في دورة مغلقة يتبخر فيها عند التقائه بماء البحر الذي يبرد نتيجة لهذا التبخير ثم يكمل النشادر دورته بالتحول إلى سائل عند ارتفاع ضغطه نتيجة لعمل المحركات البخارية ، وهكذا يستمر النشادر في دورة دائمة بين الحالة الغازية لتبريد مياه البحر الداخلة والحالة السائلة نتيجة لرفع ضغطه بشكل أساسي أو جزئي بالإمتصاص بالليثيوم بروماید والذي يعمل بدورة تبريد مصغرة تدور بإستخدام البخار المستهلك الخارج من المحركات البخارية . كما ويبرد النشادر (يكثف) بالتبادل الحراري مع المياه المثلجة الناتجة .

● نظام التحلية

يستمد النشادر (في دورة التبريد) الحرارة اللازمة للتبخير في مياه البحر والتي تبرد بذلك وتنخفض درجة حرارتها كلما استمر التقاؤها بالأنابيب الحاملة



● شكل (٣) مخطط لاستخدام الطاقة الشمسية لتحلية المياه بالديلزة.

الإشعاع الشمسي الكلي	٨ كيلو وات ساعة/م٢
طاقة المجمعات الشمسية	٢٣٤٢ كيلو وات ساعة
طاقة مسخن الأملاح (من حريق زيت الوقود)	٦١٩٦ كيلو وات ساعة
الطاقة المخزونة	٤٩٠٧ كيلو وات ساعة
الطاقة الحرارية المضافة للأملاح	١١,١٩٠ كيلو وات ساعة
الطاقة الحرارية لتوليد البخار	١٠,٨٣٩ كيلو وات ساعة
حالة السماء	صحو
كمية المياه المنتجة	١١٧ م٣/يوم
ساعات عمل المجمعات	٩,٧ ساعة
ساعات تشغيل التحلية	٢٢ ساعة
تركيز الأملاح	٥٠٠ جزء في المليون

● جدول (٢) أداء محطة تحلية مياه ينبع.

للنشادر ، ذلك أن النشادر لا يلتقي بالماء مباشرة بل تنتقل الحرارة خلال سطوح أنابيب المبادلات الحرارية ، ويتكون بهذا مستحلب ثلجي يحتوي على نسبة عالية من الثلج ، يضخ إلى صهاريج الغسيل لتطفو على سطحه قوالب الثلج وتترسب المياه عالية الملوحة في أسفل الصهريج ، يلي ذلك كشط القوالب الثلجية العائمة على السطح إلى صهاريج أخرى لتغسل بمياه عذبة لإزالة ما علق بها من أملاح متراكمة ، ثم تترك لتذوب مكونة المياه العذبة في تبادل حراري بسيط لتكثيف النشادر ، وتنخفض درجة حرارة المياه المالحة الداخلة .

مما يجدر ذكره أن أهم ما يميز هذه الطريقة من التحلية عدم الحاجة إلى المعالجة الكيميائية الأولية للمياه الداخلة والتي تعد من أكثر طرق التحلية الأخرى تكلفة ، إضافة لذلك لا ينشأ عن تلك الطريقة مشاكل تآكل وصدأ نظراً لإنخفاض درجة حرارة التشغيل . ويبين الجدول(٢) أداء عمل محطة تحلية مياه ينبع التي تعمل بنظام التبريد .

تعد تحلية المياه بالطاقة الشمسية بالطرق غير المباشرة (أي تحويل الطاقة إلى كهرباء) من أفضل الحلول لتوفير المياه العذبة للمناطق النائية شحيحة المياه وقليلة السكان ، بل أنها من الحلول المثلى لسائر التجمعات الصغيرة إذا ما توفرت المساحة اللازمة لبناء المجمعات الشمسية نظراً لقلة احتياجها للصيانة والمراقبة المستمرة ، ومن بين طرق التحلية المذكورة سابقاً تتفوق طريقة التناضح العكسي على الطرق الأخرى بما تمتاز به من بساطة وسهولة في التشغيل وارتفاع في الكفاءة وقلة في التكاليف ، ويوضح جدول (٣) مقارنة بين طرق التحلية العاملة بالطاقة الشمسية حسب انتاجها اليومي لكل م٢ من المجمع الشمسي وكذلك متطلبات كل طريقة من الطاقة ونسبة الأداء .

الطريقة	الإنتاج (لتر/م٢)	درجة الحرارة أو الطاقة اللازمة	نسبة الأداء كيلو وات / كيلو جرام	نوعية المياه المستخدمة
المقطر الشمسي	٤	٧٠م	٢,٤٤٣	ماء بحر
التبخير الومضي	١٢	٩٠ ـ ١٢٠م	١٩٣ ـ ٢٩٠	ماء بحر
التبخير متعدد التأثير	ـ	٧٠ ـ ١٢٠°م	١٥٥ ـ ٢٩٠	ماء بحر
ضغط البخار	٥٠	ساحبات بخارية أو ١٧ كيلو وات/م٣	٦١	ماء بحر
التناضح العكسي	١٠٠	١٢ كيلووات ساعة /م٣	٤٣	ماء بحر
التناضح العكسي	٧٥	٣ كيلو وات ساعة /م٣	١٢	ماء بتركيز ٥٠٠٠ جزء بالمليون
الديلزة	٣٠	٣ كيلو وات ساعة /م٣	١٢	ماء بتركيز ٥٠٠٠ جزء بالمليون
التجميد	ـ	٣ كيلو وات ساعة /م٣	٤٧	دورة امتصاص / تبريد

● جدول (٣) مقارنة بين طرق التحلية بالطاقة الشمسية .

إقتصاديات التحلية الشمسية

يمكن توفير المياه العذبة للمناطق الصغيرة النائية من خلال ثلاثة خيارات هي :

١ـ نقل المياه من أماكن توفرها بوساطة الأنابيب خلال شبكة إقليمية تغطي مدن وقرى كثيرة .

٢ـ نقل المياه بوساطة سيارات نقل (Tankers) أو غيرها ، وتخزينها .

٣ـ إقامة منشآت للتحلية تعمل بالطاقة الشمسية في تلك المنطقة .

تعد إقامة منشآت تحلية المياه بالطاقة الشمسية وحتى سعة ٧٠م^3/يوم أقل تكلفة من طرق نقل المياه لمنطقة تبعد ١٦ كيلومتر أو أكثر عن مكان توفير المياه، خاصة في المناطق النائية قليلة السكان . بل وعلاوة على هذا فإن طرق تحلية المياه بالمقطرات الشمسية تعد اقتصادية مقارنة بطرق التحلية الشائعة كالتبخير الومضي والتقطير متعدد التأثير والتناضح العكسي التي تستخدم الوقود العادي أو الكهرباء كما هو موضح في الجدول (٤) .

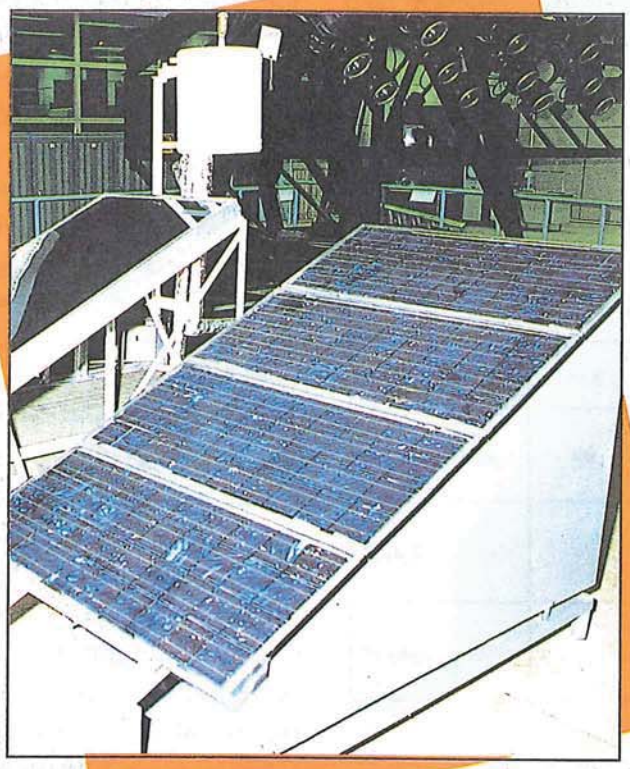
تعد طريقة التناضح العكسي العاملة بالطاقة الشمسية من أفضل طرق التحلية في المناطق النائية قليلة السكان . وحسب دراسة **للدكتور عبدالرحمن عبدالفتاح** (Desalination 60, 165, 1986) فإن محطة بسعة ١٠٠٠م^3/يوم في مثل ظروف وأسعار المملكة العربية السعودية الحالية تكلف حوالي ٢٢ مليون ريال كرأس مال لتنتج مياه بسعر ١٤ ريال/م٣ على اعتبار أن سعر الطاقة يقدر بـ ٣٧,٥ ريال/وات .

طريقة التحلية	التكاليف (ريال /م٣)		إستهلاك الطاقة (كيلو وات ساعة/م٣)
	سعة ١٠٠٠م٣/يوم	سعة ١٠٠٠٠م٣/يوم	
التناضح العكسي	١٠,٥	٨,٢	٨
التبخير الومضي	٩,٦	٧,٤	٧٠
المقطرات الشمسية	١٠,٧	٦,٩	٧٠

● جدول (٤) مقارنة بين تكاليف إنتاج المياه بالمقطرات الشمسية وبعض طرق التحلية الشائعة .

النظم الكهروضوئية وتطبيقاتها

د. محمد الصالح سميعي



النظم الكهروضوئية هي تجهيزات متكاملة تقوم بتحويل الطاقة الشمسية مباشرة إلى طاقة كهربائية . ويرجع أول استخدام للنظم الكهروضوئية إلى عام ١٩٥٠م في تزويد الأقمار الصناعية بالطاقة الكهربائية اللازمة لها . ومنذ ذلك الوقت بدأ استخدام النظم الكهروضوئية على نطاق أوسع حيث شمل العديد من التطبيقات الهامة والضرورية خاصة بعد الانخفاض المتواصل في تكلفة تصنيع هذه النظم، وزيادة كفاءتها .

مكونات النظم الكهروضوئية

تختلف مكونات النظم الكهروضوئية حسب نوع الأجهزة وطريقة تشغيلها ، وتتكون بصفة أساس من أربعة عناصر رئيسة هي : ـ

● المولد الكهروضوئي

يتكون المولد الكهروضوئي من مجمع كهروضوئي أو أكثر يتم توصيلها على التوالي لزيادة الجهد الكهربائي ، وعلى التوازي لزيادة التيار الكهربائي . وتركب المجمعات الكهروضوئية إما على زاوية ثابتة ـ النظام الكهروضوئي الثابت ـ أو تترك حرة الحركة ـ النظام المتحرك أو المتابع ـ لمتابعة حركة الشمس من الشروق إلى الغروب . ويتميز النظام الكهروضوئي المتحرك عن النظام الثابت بإمكانية زيادة إنتاجه من الطاقة الكهربائية الإجمالية بنسبة تصل إلى ٢٠٪ .

● وحدة التحكم والحماية

وحدة التحكم والحماية عبارة عن جهاز إلكتروني مدمج صغير الحجم نسبيًا يقوم بمهام كثيرة منها : ـ

* حماية المجمعات الكهروضوئية ضد الجهد الحثي العالي مثل الصواعق ، وتيار قصر الدائرة . كما يقوم الجهاز بتشغيل المجمعات عند أفضل قدرة لإطالة عمرها الاستهلاكي (٢٠ إلى ٣٠ سنة) .
* مراقبة شحن البطارية لحمايتها من الشحن الزائد ، والتفريغ المنخفض لإطالة عمرها الاستهلاكي (٧ إلى ١٢ سنة) .
* حماية الأحمال الكهربائية ضد الجهد والتيار العاليين ، وتشغيلها بشكل متواصل أو متقطع حسب برنامج التشغيل .

● جهاز تحويل الطاقة

يقوم جهاز تحويل الطاقة بتحويل الطاقة المستمرة ـ جهد وتيار مستمران ـ (Direct Current - DC) إلى طاقة متناوبة ـ جهد وتيار متناوبان ـ (Alternating Current - AC) حيث أن أغلب الأجهزة الكهربائية تعمل على الجهد المتناوب . ومما يجدر ذكره أن العديد من المصانع بدأت في زيادة منتجاتها من الأجهزة الكهربائية التي تعمل بوساطة الجهد المستمر فقط، ولذا لم يعد من الضروري ـ في هذه الحالة ـ تركيب جهاز تحويل الطاقة مما يقلل من تكلفة إنشاء النظم الكهروضوئية .

● بطاريات كهربائية

تستخدم البطاريات الكهربائية في تخزين الطاقة الكهربائية المنتجة من المجمعات الكهروضوئية في النهار ، وتغذية الأجهزة الكهربائية أثناء الليل أو عندما تحجب السحب أشعة الشمس من الوصول إلى المجمعات الكهروضوئية.

يتم اختيار البطاريات المناسبة للنظم الكهروضوئية طبقاً لمجموعة خواص منها درجة حرارة التشغيل (من ١٥ إلى ٥٠°م) ، والتفريغ الذاتي ، ونسبة عمق التفريغ (Depth of Discharge) التي تصل إلى ٨٠٪، وكفاءة الشحن ، والسعة (أمبير/ساعة) ، ومعدل إضافة الماء المقطر ، والقدرة على تحمل الصدمات أثناء النقل ، ومدى المقاومة للشحن الزائد ، والتكلفة ، والعمر الاستهلاكي .

أنواع النظم الكهروضوئية

تُقسم النظم الكهروضوئية إلى ثلاثة أنواع هي نظم مستقلة ، ونظم مشتركة ، ونظم مرتبطة مع الشبكة وفيما يلي تفصيل لكل نوع :-

● نظم مستقلة

تتميز النظم المستقلة بوجود مصدر وحيد لإنتاج الطاقة الكهربائية يتمثل في مولد كهروضوئي (مجمعات كهروضوئية) ، شكل (١) . وتحتاج النظم الكهروضوئية المستقلة إلى بطاريات لتخزين الطاقة لاستعمالها ليلاً أو في الأيام التي تغيب فيها الشمس.

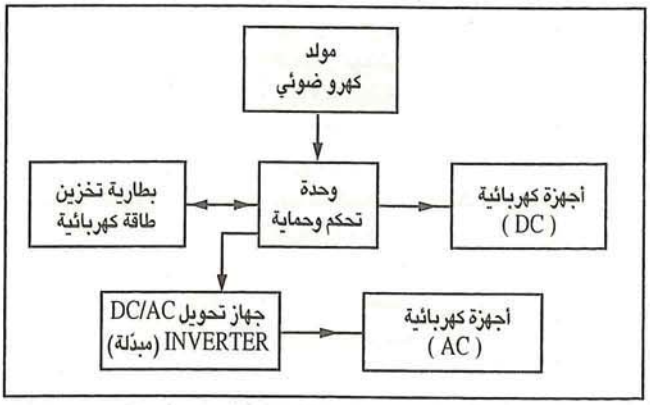
● نظم مشتركة

تتميز النظم المشتركة بوجود مصدرين أو أكثر من مصادر الطاقة المتجددة ، وتتكون بصفة أساس من مولدين أحدهما كهروضوئي يعمل بالطاقة الشمسية، والآخر كهربائي يعمل إما بطاقة الرياح أو بوقود ديزل ، شكل (٢) ، ويمكن الاستغناء الجزئي أو الكامل عن تركيب بطاريات لعدم الحاجة إلى تخزين الطاقة لوجود المولد الكهربائي الإضافي .

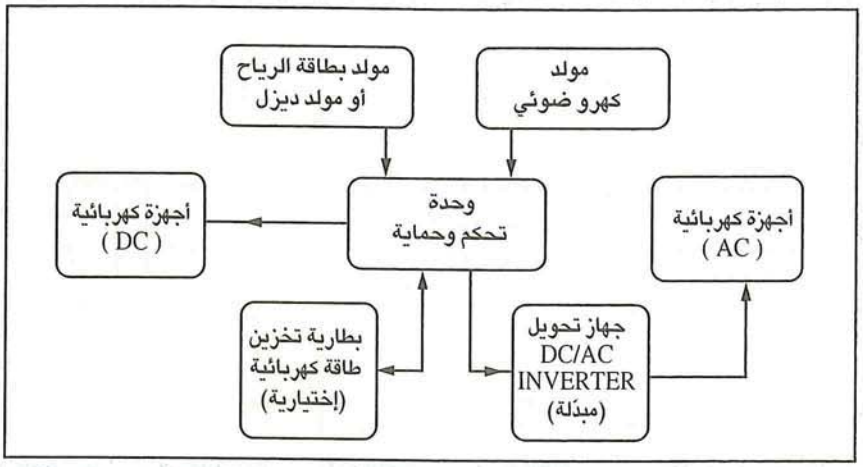
تستخدم النظم الكهروضوئية المستقلة والمشتركة للحصول على الطاقة الكهربائية اللازمة لبعض التطبيقات الصناعية ـ في المناطق النائية والبعيدة عن الشبكة الكهربائية ـ مثل تغذية أبراج الاتصالات والأجهزة الإرشادية والتحذيرية والإنارة وضخ المياه وري المزروعات .. وغيرها.

● نظم مرتبطة مع الشبكة

يتم في النظم المرتبطة مع الشبكة ربط المولد الكهروضوئي مع الشبكة الكهربائية ، شكل (٣)، من خلال جهاز (تحويل وتحكم وحماية) يقوم بتحويل الطاقة المستمرة إلى متناوبة ، وحماية المجمعات الكهروضوئية ، ومراقبة حالة الشبكة والأحمال الكهربائية . وتمتاز النظم الكهروضوئية المرتبطة مع الشبكة بإنتاج الكهرباء في نفس مكان الاستهلاك مما يؤدي إلى خفض الفاقد في نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية إضافة إلى إمكانية تخفيف جزء من أحمال الشبكة الكهربائية خاصة أثناء فترات الذروة حيث يمكن للمولد الكهروضوئي أن يزود الشبكة الكهربائية بالطاقة الزائدة عن استهلاك المبنى أو تخزينها في بطاريات لوقت الحاجة إليها .



● شكل (١) مخطط لنظام كهروضوئي مستقل



● شكل (٢) مخطط لنظام كهروضوئي مشترك.

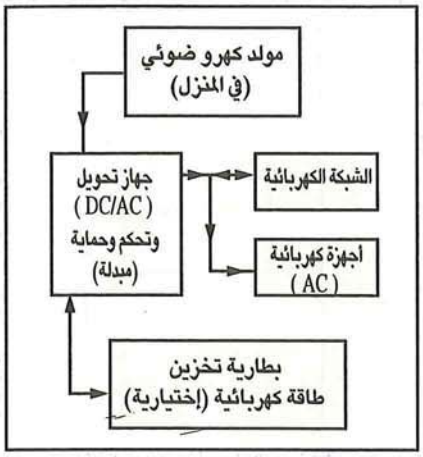
المصدر / السنة	١٩٩١م	١٩٩٢م	١٩٩٣م	١٩٩٤م
الولايات المتحدة الأمريكية	١٦,٣	١٧,٩	٢١,٠	٢٥,٦
اليابان	١٨,٧	١٨,٣	١٧,٠	١٩,٥
أوروبا	١٣,٠	١٦,٠	١٧,٠	٢١,٦
دول أخرى	٦,٠	٦,٠	٦,٠	٦,٠
المجموع	٥٤,٠	٥٨,٢	٦١,٠	٧٢,٧

● جدول (١) الإنتاج العالمي من المجمعات الكهروضوئية (ميجاوات ذروى/سنة) .

إنتاج المجمعات الكهروضوئية

يتزايد الإنتاج العالمي من المجمعات الكهروضوئية (ميجاوات ذروى) بزيادة تطبيقات الطاقة الكهروضوئية ، ويوضح الجدول (١) إنتاج المجمعات الكهروضوئية (١٩٩١م ـ ١٩٩٤م) في كل من الولايات المتحدة الأمريكية ، واليابان ، وأوروبا ، ودول أخرى . ويتضح من الجدول أن الإنتاج العالمي للمجمعات في زيادة مستمرة، وعلى سبيل المثال فقد ارتفع من ٦١ ميجاوات ذروى في عام ١٩٩٣م إلى ٧٢,٧ ميجاوت ذروى في عام ١٩٩٤م بزيادة قدرها ١١,٧ ميجاوات ذروى أي بنسبة ١٩,٢٪ .

وتستخدم المجمعات الكهروضوئية في تطبيقات مختلفة مثل النظم الكهروضوئية المستقلة والمشتركة والمرتبطة ، إضافة إلى العديد من المنتجات الاستهلاكية مثل



● شكل (٣) مخطط لنظام كهروضوئي مرتبط مع الشبكة الكهربائية.

الساعات والحاسبات الصغيرة والألعاب. ويوضح الجدول (٢) النسبة المئوية لمساهمة المجمعات الكهروضوئية المنتجة عالمياً (١٩٩١م) في تطبيقات مختلفة.

تجارب كهروضوئية دولية

تقوم بعض دول العالم بإجراء تجارب وتطبيقات كهروضوئية عديدة تهدف إلى التوسع في استغلال الكم الهائل من الطاقة الشمسية التي تصل - بقدرة الله - إلى سطح الأرض.

ويرجع ذلك التوسع إلى مجموعة عوامل رئيسة من أهمها الإسهام في ترشيد مصادر الطاقة التقليدية والمحافظة عليها وعدم الإفراط في استهلاكها، والحد من نسبة التلوث خاصة في محطات الكهرباء، والحد من الاستثمارات الضخمة اللازمة للتوسع في إنشاء المحطات الكهربائية وشبكة النقل والتوزيع، فضلاً عن تنمية المناطق النائية لتحسين مستوى الحياة فيها وذلك عن طريق تزويدها بحد أدنى من الطاقة الكهربائية اللازمة للإنارة، وتشغيل الأجهزة السمعية والبصرية، وضخ المياه، وتنقيتها وتحليتها ومعالجتها. ومن التجارب الدولية في هذا المجال مايلي :-

نوع التطبيق	المساهمة (٪)
محطات كهروضوئية	١٠
نظم مرتبطة مع الشبكة	١١
نظم لتطبيقات صناعية في مناطق نائية	٢٠
مساكن نائية	٣٤
منتجات استهلاكية	٢٥
المجموع	١٠٠

● جدول (٢) النسبة المئوية لمساهمة المجمعات الكهروضوئية في تطبيقات مختلفة.

● التجربة الألمانية

تهدف التجربة الألمانية إلى الحد من التلوث البيئي، والمساهمة في خفض الحمل الكهربائي في أوقات الذروة، ودراسة توزيع النظم الكهروضوئية على أماكن مختلفة من الشبكة الكهربائية.

بدأت التجربة عام ١٩٩٠م، وكانت عبارة عن مشروع مكون من ألف منزل يستخدم الكهرباء المنتجة بالطاقة الشمسية، ومرتبط مع الشبكة الكهربائية، ثم ارتفع هذا العدد حتى وصل إلى ٢٥٠٠ منزل في

نوع التطبيق	الكمية (وحدة/سنة)
نظام كهروضوئي مستقل (٢٥ إلى ٧٠ وات ذروى)	٦٢,٠٠٠
مضخة مياه عميقة (١٠ إلى ١٣٠ كيلوات ذروى)	٣١٥
مضخة مياه سطحية (٧متر)	١,٢٥٠
محطات ريفية (١ إلى ٢٥ كيلوات ذروى)	٤٨٦
مولد لأبراج البث التلفزيوني	٢٠٠
هاتف ريفي	٦٠,٠٠٠
كشاف متنقل (٦ إلى ١٠ وات ذروى)	٨,٩٠٠

● جدول (٣) التطبيقات الكهروضوئية القائمة في الهند حتى عام ١٩٩٤م.

م	اسم المشروع	الحجم (كيلووات)	الجهة المنفذة
١	القرية الشمسية (العيينة)	٣٥٠,٠	مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية
٢	إنارة نفق رقم ٨ - أبها	٤٨,٧٢	وزارة المواصلات
٣	إنارة نفق رقم ٩ - أبها	٥٨,٢٤	وزارة المواصلات
٤	إنارة علامات المرور على الطرق السريعة	٢٦,٢٥	وزارة المواصلات
٥	إنارة وتحذير معابر المشاه	,٦٠	وزارة المواصلات
٦	إنارة	٣,٠	مؤسسة الموانىء
٧	تحذير السيارات و إرشادها	٣,٤٨	وزارة المواصلات
٨	تحذير السيارات من الانحدار على الطرقات	١,٢	وزارة المواصلات
٩	عداد للسيارات - الدمام	,٠٩٠	وزارة المواصلات
١٠	عداد للسيارات - جدة	,٠٩٠	وزارة المواصلات
١١	إنتاج الهيدروجين	١,٠	مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية
١٢	إنتاج الهيدروجين	٢,٠	جامعة الملك عبد العزيز - جدة
١٣	حماية المعادن من التآكل	٧٢٠,٠	أرامكو - السعودية
١٤	حماية المعادن من التآكل	٣,٠	مؤسسة تحلية المياه المالحة
١٥	ضخ وتحلية المياه	١١,٠	مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية
١٦	إتصالات	٣٦,٠	أرامكو - السعودية
١٧	إتصالات هاتفية	٦,٠	الحرس الوطني
١٨	إتصالات هاتفية (٤٩ موقع)	١٥٨,٠	وزارة الداخلية
١٩	إتصالات هاتفية (٢٥ موقع)	٨٩,٧	وزارة الدفاع
٢٠	إتصالات هاتفية	١١,٥	متورولا - السعودية
٢١	إتصالات هاتفية - ألياف بصرية (٤٠٠موقع)	٥٠,٠	الهاتف السعودي - تحت الدراسة
٢٢	ميكرويف (٥ مواقع)	٢٩,٢	الهاتف السعودي
٢٣	ميكرويف (٥ مواقع)	١٤,٨	وزارة الإعلام
٢٤	ميكرويف (موقعان)	٤,٣	القوات الخاصة
٢٥	كهرباء الجنوبية (٣٠ موقع)	١٥,٠	كهرباء الجنوبية
٢٦	كهرباء الغربية (٢٠ موقع)	٤,٠	كهرباء الغربية

● جدول (٤) مشاريع النظم الكهروضوئية في المملكة العربية السعودية (١٩٨٠م - ١٩٩٥م).

عام ١٩٩٤م ، وتبلغ القدرة الإجمالية للطاقة المركبة لهذه المنازل ٤٤٠٠ كيلووات ذروى (١,٥ إلى ٥ كيلووات ذروى لكل منزل) تنتج ما يعادل ٣٥٢٠ ميجاوات ساعة/سنة ، بمعدل سنوي ٨٠٠ كيلووات ساعة/كيلووات ذروى . وتقوم شركات الكهرباء بشراء الطاقة الكهربائية الزائدة عن حاجة المشترك بأسعار مدعومة وتشجيعية.

● التجربة الهندية

بلغ إنتاج الهند من المجمعات الكهروضوئية ٤ ميجاوات ذروى ، عام ١٩٩٤م تمثل ٧٪ من الإنتاج الكهروضوئي العالمي . ويتوقع أن يرتفع الإنتاج إلى أكثر من ٧ ميجاوات ذروى في عام ١٩٩٦م ويوضح الجدول (٣) التطبيقات الكهروضوئية القائمة في الهند حتى عام ١٩٩٤م.

● تجربة دول غرب إفريقيا

قام الاتحاد الأوربي بتخصيص مبلغ ٤٠ مليون دولار لتركيب نظم كهروضوئية في دول ساحل غرب إفريقيا ـ بوركينا فاسو ، والرأس الأخضر ، وتشاد ، وجامبيا ، وغينيا بيساو ، ومالي ، وموريتانيا ، والنيجر ، والسنغال ـ حيث تم استغلال النظم الكهروضوئية في تشغيل ٣٣٠ مضخة مياه ، و٣٣٩ محطة كهروضوئية جماعية ، و٢٤٠ نظام كهروضوئي للإنارة المنزلية ، و٦٣ ثلاجة طبية ، و٣٦ نظام كهروضوئي .

النظم الكهروضوئية في المملكة

تعد المملكة والحمد لله من أغنى البلاد بالطاقة الشمسية ، ولذا فقد بدأت في إدخال وتطبيق وتطوير تقنية الطاقة الشمسية وتحويلها إلى طاقة كهربائية يمكن الاستفادة منها واستغلالها في تطبيقات عديدة . وقامت **مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية** مع جهات علمية أخرى وهيئات عديدة بتنفيذ عدة تجارب ومشروعات تتعلق بنظم الطاقة الكهروضوئية واستخداماتها في تطبيقات متوسطة وعالية القدرة . ويوضح الجدول (٤) قائمة بأهم مشاريع النظم الكهروضوئية في المملكة (١٩٨٠ ـ ١٩٩٥م) .

مصطلحات علمية (*)

● **ممصاص** **Absorber**

جزء من المجمع الشمسي يمتص الإشعاع الشمسي الساقط عليه ويحوله إلى طاقة حرارية ، ثم ينقلها إلى وسط انتقال حراري .

● **معامل الإمتصاص** **Absorptance**

نسبة الإشعاع الشمسي الذي يمتصه سطح ما إلى الإشعاع الشمسي الكلي الساقط عليه .

● **تبريد الإمتصاص** **Absorption Cooling**

آلية تبريد ذات وسط امتصاص خاص تستخدم في نظم التبريد بالطاقة الشمسية.

● **طبقة إنتقائية ماصة**

Absorptive Coating

طبقة من أكاسيد معدنية خاصة تضاف إلى الطبقة الماصة الرئيسة في المجمع الشمسي الحراري لزيادة معامل امتصاصها للإشعاع الشمسي الساقط عليه .

● **إشابة** **Doping**

آلية فيزيائية ـ كيميائية تتمثل في إدخال ذرات جديدة إلى أشباه الموصلات لزيادة كفاءتها ، وتستخدم في صناعة الخلايا الكهروضوئية والأدوات الإلكترونية الدقيقة .

● **معامل التعبئة** **Fill Factor (FF)**

نسبة الطاقة العظمى الناتجة من خلية كهروضوئية إلى الطاقة المتوفرة فيها ، وتتراوح قيمتها بين ٤, إلى ٨٥, طبقاً لجودة الخلية .

● **خلايا الوقود** **Fuel Cells**

أجهزة كهروكيميائية تقوم بتحويل طاقة التفاعلات الكيميائية إلى طاقة كهربائية ، وأهمها خلايا وقود الهيدروجين الحامضية ، والقلوية .

● **عازل** **Insulator**

وسط مادى لا تحدث من خلاله تبادلات حرارية أو كهربائية أو ضوئية .

● **وات ذروي** **Peak Watt**

وحدة قياس الطاقة الكهربائية المنتجة من مجمع كهروضوئي تحت ظروف قياسية .

● **محطة فضائية شمسية**

Satellite Solar Power Station

أقمار صناعية تدور حول الأرض في مدار معين ، وتقوم بالتقاط الإشعاع الشمسي وتحويله إلى موجات كهرومغناطيسية ، ثم إرسالها إلى سطح الأرض في شكل أمواج مترية ذات طاقة تصل إلى عشرات الميجاوات ، ويتم التقاطها بوساطة هوائي أرضي ذو تصميم هندسي خاص .

● **هندسة معمارية شمسية**

Solar Architecture

تصميم معماري مهيأ لتجميع وتخزين وتوزيع الطاقة الشمسية الساقطة على المبنى .

● **فرن شمسي** **Solar Furance**

جهاز لمعالجة المواد حرارياً بالطاقة الشمسية .

● **تدفئة شمسية** **Solar Heating**

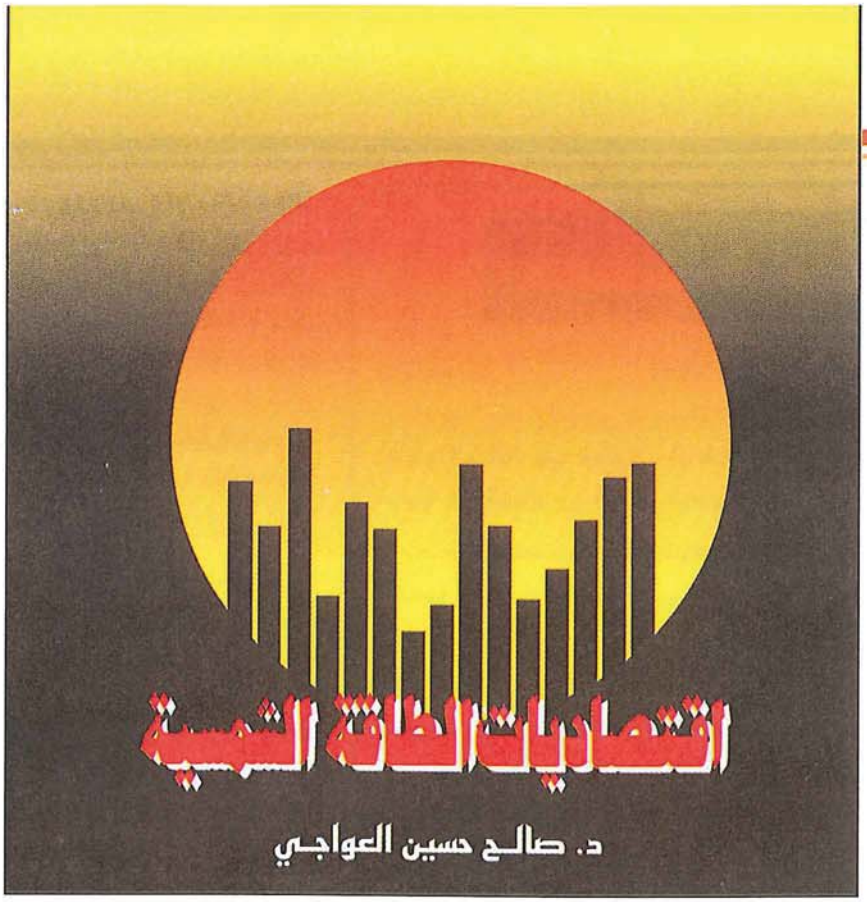
نظام مكون من مجمعات شمسية لتحويل جزء من الطاقة الشمسية الساقطة على مبنى ما إلى وسط تبادل حراري ، وتوزيعها مرة أخرى بوساطة نظام تدفئة تقليدي (نظام فعّال) .

● **خلية كهروضوئية فضائية**

Space Solar Cell

أداة لتحويل الإشعاع الشمسي مباشرة إلى طاقة كهربائية لاستخدامها في الرحلات الفضائية .

(*) المصدر : البنك الآلي السعودي للمصطلحات (باسم) مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية.



اقتصاديات الطاقة الشمسية

د. صالح حسين العواجي

ترتبط خطط التنمية والتطور في العالم ارتباطا وثيقا بالطاقة، ولذا يأتي تأمين مصادرها في مقدمة أولويات المجتمع الدولي، وقد زاد الاهتمام بها خلال العقدين الماضيين للبحث عن مصادر جديدة وبديلة لها، ويرجع ذلك بصفة أساس إلى ارتفاع معدل استهلاكها السنوي نتيجة التزايد المستمر في النمو السكاني والاقتصادي، كما أن أهم مصادرها الحالية النفط والغاز الطبيعي والفحم آيلة للنضوب، والحصول عليها يخضع أحياناً لاعتبارات سياسية واقتصادية، إضافة إلى تأثيراتها البيئية الناتجة عن استغلال بعضها.

وتعد الطاقة الشمسية من أهم البدائل الجديدة والمتاحة للطاقة التي تعلق عليها الكثير من الآمال لسد الاحتياج العالمي منها، وقد تم استغلالها منذ آلاف السنين في الإضاءة الطبيعية والتدفئة. تنتج الطاقة الشمسية عن التفاعلات النووية الاندماجية المستمرة في الشمس وتنتقل بوساطة الإشعاع إلى الأرض، حيث تبلغ ذروتها على سطح الأرض واحد كيلوات/م٢/ساعة، وعلى هذا فإن مقدار الطاقة الضوئية التي تصل إلى سطح الأرض من الشمس تبلغ حوالي $١,٠٢ \times ١٠^{١٧}$ وات، ويزيد هذا المقدار عشرة آلاف ضعف إجمالي الطاقة التي يستهلكها العالم سنوياً.

وعلى الرغم من هذا الكم الهائل من الطاقة الشمسية إلا أن هناك عوامل رئيسة تحول دون استغلالها في الوقت الحالي بصورة اقتصادية جيدة، ومن هذه العوامل قلة كثافة الطاقة الشمسية في بعض الأوقات وفي بعض المناطق على سطح الأرض، وتأثير الظواهر الجوية مثل الأمطار والثلوج والغيوم والرياح، والظواهر الجغرافية مثل اختلاف التضاريس وتغير خطوط الطول والعرض، والتغير في المناخ على مدار الفصول الأربعة، وبعض الصعوبات التقنية في معدات وأجهزة الطاقة الشمسية إلى جانب التكلفة العالية لإنشاء المحطات الشمسية.

وعلى الرغم من العوامل السابقة التي تقلل من فرص الاستغلال الاقتصادي للطاقة الشمسية في الوقت الحاضر إلا أنه أمكن استخدامها في إنتاج نوعين من الطاقة هما الطاقة الشمسية الكهروضوئية والطاقة الشمسية الحرارية.

الطاقة الشمسية الكهروضوئية

تُنتج الطاقة الشمسية الكهروضوئية بالتحويل المباشر للطاقة الضوئية إلى كهرباء باستخدام الخلايا الكهروضوئية التي تتميز بعمر زمني طويل (أكثر من ٢٠ سنة)، وبتكاليف تشغيل وصيانة منخفضة، وتعمل دون حدوث حركة أو ضوضاء، فضلاً عن عدم تلوثها للبيئة. ونظراً للتكاليف العالية اللازمة لإنشاء المحطات الكهروضوئية يجرى الآن العديد من البحوث والدراسات التي تهدف بصفة أساس إلى خفض تلك التكلفة عن طريق تحسين كفاءة تحويل الخلايا والنظم الكهروضوئية وذلك بمعالجة تركيبها، وخفض تكلفة تصنيعها، واستخدام عناصر جديدة من أشباه الموصلات. وعلى الرغم من إدخال بعض التحسينات السابقة والتطوير للخلايا الكهروضوئية إلا أن كفاءة تحويلها للطاقة الضوئية إلى كهربائية لازالت محدودة ولم تتجاوز ٢٠٪ على النطاق التجاري.

يمكن الاستفادة من الطاقة الكهروضوئية في تطبيقات عديدة من أهمها تزويد المناطق النائية أو المناطق الجبلية بطاقة كهربائية ذات أحمال محدودة لإضاءة المساكن، وضخ المياه وتحلية وتنقية مياه الآبار ... وغيرها. وذلك بسبب أن تمديد شبكات الكهرباء العامة إلى المناطق النائية يكلف حالياً مبالغ طائلة، كما أن بناء محطات أو توفير مولدات خاصة لهذه المناطق تحتاج إلى تكاليف عالية عند تشغيلها وصيانتها.

● تكلفة الطاقة الكهروضوئية

تتوقف تكلفة إنتاج الطاقة الكهربائية من الطاقة الشمسية باستخدام النظم الكهروضوئية على عدة عوامل من أهمها تكاليف إنشاء المحطة، والعمر الافتراضي لها، وتكاليف التشغيل والصيانة، وتكاليف تخزين الطاقة الكهربائية المولدة، وقدرة المحطة، ونوع الخلايا المستخدمة، وأسس تصميم المحطة، إضافة إلى معدل إسقاط الإشعاع الشمسي، وظروف البيئة، والعائد المادي من رأس المال المستثمر.

المصـــــــدر	كفـــاءة التحويل (٪)		تكاليف الإنشاء (ريال/متر٢)		تكاليف التشغيل والصيانة (ريال/ كيلووات ساعة)	تكلفة إنتاج الطاقة الكهربائية (ريال/كيلووات)
	خلايا	نظام	خلايا	ملحقات		
خلايا سيليكون أحادية البلورة	١٥	١١,٥	١١٢٥,٠	١٨٧,٥	,٥٦	١,٠٥
خلايا سيليكون متعددة البلورات (١)	١٤,٢	١٠,٩	٩٧٥,٠	١٨٧,٥	,٥٦	١,٠١
خلايا سيليكون متعدد البلورات (٢)	١٥	١١,٥	٧٥٠,٠	١٨٧,٥	,٥٦	,٧٩
خلايا أفلام السيليكون الرقيقة	١٠	٧,٧	٥٦٢,٥	١٨٧,٥	,٥٦	,٤٩
محطة بسعة ١ ميجاوات (تتبُّع أحادي المحور)	١٠	٧,٧	٦٠٠,٠	١٨٧,٥	,٩٣	١,٠١
محطة بسعة ١٠ ميجاوات (تتبع أحادي المحور)	١٠	٧,٧	٢٢٥,٠	١٨٧,٥	,٩٣	,٥٦
محطة بسعة ١ ميجاوات (تتبع ثنائي المحور)	٢٠	١٥,٤	٩٣٧,٥	٣٧٥,٠	,٩٣	,٧٩
محطة بسعة ١٠ ميجاوات (تتبع ثنائي المحور)	٢٠	١٥,٤	٥٦٢,٥	٣٧٥,٠	,٩٣	,٦٠

● جدول (١) تكاليف إنتاج الطاقة الكهربائية من بعض الخلايا والنظم الكهروضوئية خلال عام ١٩٩٤م.

يبين الجدول (١) تكاليف النظم الكهروضوئية (الإنشاء والتشغيل والصيانة)، ومتوسط تكاليف إنتاج الطاقة الكهربائية المتوقع إنتاجها لأنواع مختلفة من الخلايا والمحطات الكهروضوئية خلال عام ١٩٩٤م على افتراض أن متوسط معدل الإسقاط الشمسي ١٨٠٠ كيلو وات ساعة/م٢ /سنة(٢,٠ كيلووات ساعة/م٢) . ويتضح من الجدول أن متوسط قيمة تكاليف إنتاج الطاقة الكهربائية من النظم الكهروضوئية يتراوح بين ٠,٤٩ إلى ١,٠٥ ريال /كيلووات ساعة.

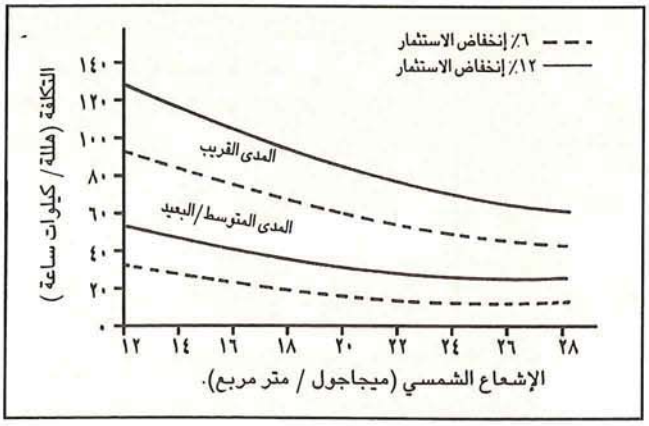
وعند مقارنة هذه التكلفة مع تكلفة إنتاج الطاقة من المصادر التقليدية الأخرى ـ التي تتراوح قيمتها بين ١, إلى٢, ريال /كيلووات ساعة ـ نجد أن تكلفة الطاقة الكهروضوئية لازالت عالية نسبياً إلى الآن ، إلا إنه مع تطور تقنية الخلايا والنظم الكهروضوئية ، وخفض الاستثمارات اللازمة لإقامة المحطات الشمسية سوف تنخفض تكلفة الطاقة الكهروضوئية الناتجة إلى الحد الذي قد يسمح باستغلالها اقتصادياً.

ويوضح الشكل(١) الانخفاض المتوقع في تكاليف إنتاج الطاقة الكهربائية من الأنظمة الشمسية الكهروضوئية حسب معدل انخفاض الاستثمار اللازم لإقامة هذه الأنظمة بمقدار ٦٪ ، و١٢٪ على كل من المدى القريب ، والمدى المتوسط البعيد . ويلاحظ من الشكل ـ بصفة عامة ـ تأثير نسبة انخفاض الاستثمار على التغيرات المتوقعة لأسعار الطاقة الكهروضوئية ووصولها إلى قيم تقارب تكاليف إنتاج الكهرباء من المصادر التقليدية .

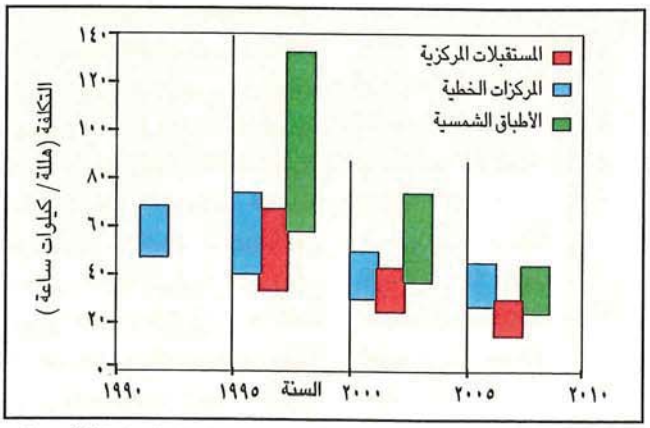
وعلى سبيل المثال فعند إشعاع شمسي قدرته ٢٠ ميجا جول/م٢، ومع انخفاض استثماري قدره ٦٪ ، شكل (١)، نجد أن تكلفة إنتاج الطاقة الكهربائية تنخفض من ٨٣ إلى ٦٠ هللة /كيلووات ساعة في المدى القريب ، ومن ٣٦ إلى ١٨ هللة/كيلووات ساعة في المدى المتوسط/ البعيد، وكمثال آخر ، عند إشعاع شمسي قدرته ٢٨ ميجا جول/م٢ تنخفض التكلفة من ٦٠ إلى ٤٣ هللة/ كيلووات ساعة في المدى القريب ، ومن ٢٣ إلى ١٣ هللة /كيلووات ساعة في المدى المتوسط/ البعيد .

الطاقة الشمسية الحرارية

يعد استغلال الطاقة الشمسية في صورتها الحرارية من أقدم تطبيقات مصادر الطاقة المتجددة وذلك لسهولة وبساطة الاستغلال المباشر لحرارة الشمس في عدد من التطبيقات التي قد تحتاج إلى كميات كبيرة من الطاقة الكهربائية مثل تسخين المياه ، وتدفئة البيوت المحمية للزراعة ، وتجفيف الحاصلات الزراعية . إلا أن استخدام الطاقة الشمسية الحرارية في توليد الكهرباء يعد من المجالات الحديثة التي لازالت في مرحلة البحث والتطوير . ونظراً لأهمية هذا المجال فقد بدأ تطويره بصورة جدية في بداية الثمانينات الميلادية من هذا القرن عن طريق إقامة مجموعة من محطات الطاقة الشمسية الحرارية في عدد من الدول الصناعية مثل الولايات المتحدة الأمريكية ، واليابان ، وبعض الدول



● شكل (١) تكلفة الكهرباء المنتجة حسب معدلات انخفاض الاستثمار(٦٪و١٢٪).



● شكل (٢) الإنخفاض المتوقع في تكاليف الكهرباء المنتجة بالحرارة الشمسية.

الأوربية . وقد أسفرت نتائج الدراسة والبحث عن إمكانية خفض تكاليف إنتاج الطاقة الكهربائية من محطات الطاقة الشمسية الحرارية الحديثة بنسبة عالية ـ قد تصل إلى ٨٠٪ ـ مقارنة بتكلفتها من المحطات السابقة التي أنشئت لغرض البحث والتطوير .

● تكلفة الطاقة الحرارية

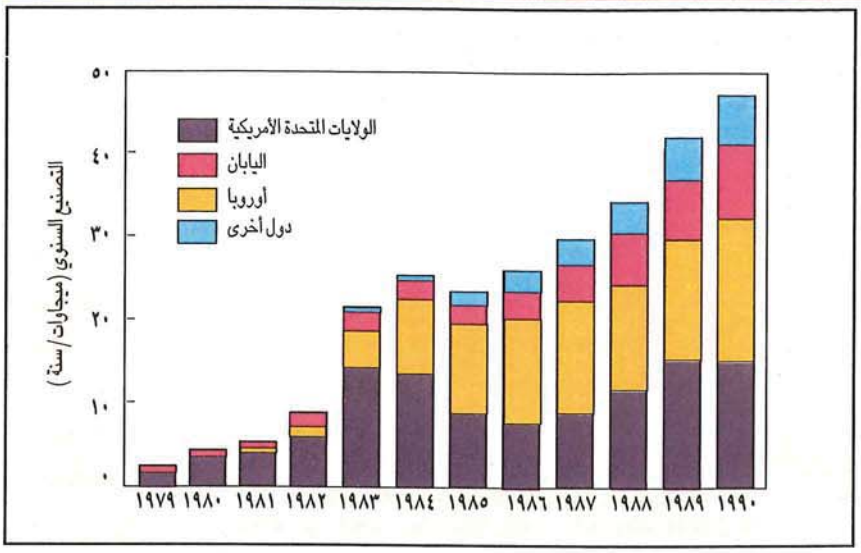
يوضح الشكل(٢) التكاليف الحالية والمتوقعة لإنتاج الطاقة الكهربائية من محطات الطاقة الشمسية الحرارية (١٩٩٥م ـ ٢٠١٠م) باستخدام ثلاثة نظم هي المركزات الخطية (Parbolic - Trough Systems) ، والمستقبلات المركزية (Central Receiver Systems) ، والأطباق الشمسية (Parabolic Dish Systems) ويتضح من الشكل (٢) ، أن تكلفة إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية الحرارية لازالت عالية نسبياً ـ من النظم الثلاثة ـ إذا ما قورنت بتكلفتها من مصادر الطاقة التقليدية الأخرى ، إلا أنه وبمشيئة الله يتوقع انخفاضها مع التقدم التقني في هذا المجال، وبناء محطات شمسية حرارية ذات قدرات عالية . وعلى سبيل المثال تتراوح تكلفة الكيلو وات ساعة من الطاقة الكهربائية المنتجة من الأطباق الشمسية بين ١٣٢ إلى ٦٠ هللة (١٩٩٥م ـ ٢٠٠٠م)، ويتوقع انخفاضها إلى قيمة تتراوح بين ٧٢ إلى ٣٥ هللة (٢٠٠٠م ـ ٢٠٠٥م) ، وبين ٤٢ إلى ٢٢,٥ هللة (٢٠٠٥م ـ ٢٠١٠م).

المردود الاقتصادي

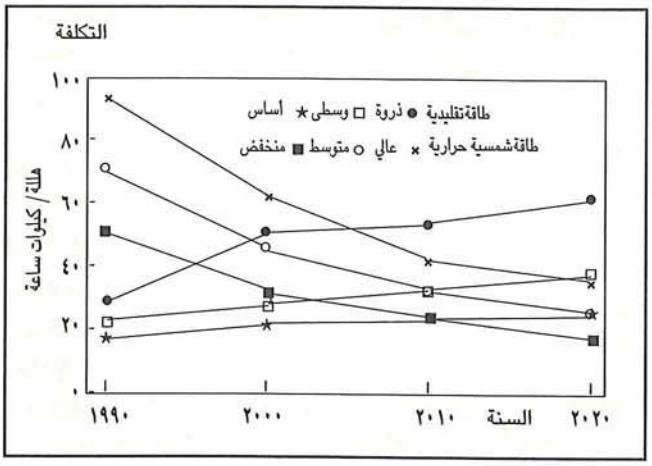
عند مقارنة تكلفة إنتاج الطاقة من مصادرها التقليدية المعروفة مع تكاليف إنتاجها من الطاقة الشمسية يتضح من الوهلة الأولى عدم جدوى استغلال الطاقة الشمسية حالياً قياساً على الزيادة في تكاليفها التأسيسية. أما إذا أضفنا عناصر أخرى غير التكلفة المباشرة لوحدة الطاقة من الطاقة التقليدية مثل تكاليف الحد من تأثيرها على البيئة والمجتمع التي تقدر بحوالي ٠,٠٨ ريال/كيلووات ساعة ـ وهي شبه معدومة في حالة استغلال الطاقة الشمسية إذ أن تأثيراتها على البيئة محدودة جداً ـ يصبح هناك تقارب في تكلفة إنتاج وحدة الطاقة سواء من الطاقة الشمسية أو التقليدية إضافة إلى أن هناك جوانب أخرى تُبرز المردود الاقتصادي للطاقة الشمسية منها ما يلي :ـ

١ـ بناء مصانع لإنتاج الخلايا الكهروضوئية ومعدات استغلال الطاقة الشمسية ، وما يترتب على ذلك من فتح مجالات جديدة لفرص العمل والاستثمار الاقتصادي في هذه الصناعة . ويوضح الشكل (٣) معدل النمو السنوي لصناعة الخلايا الكهروضوئية (١٩٧٩م ـ ١٩٩٠م) في كل من الولايات المتحدة الأمريكية ، واليابان ، وأوروبا ، ودولاً أخرى .

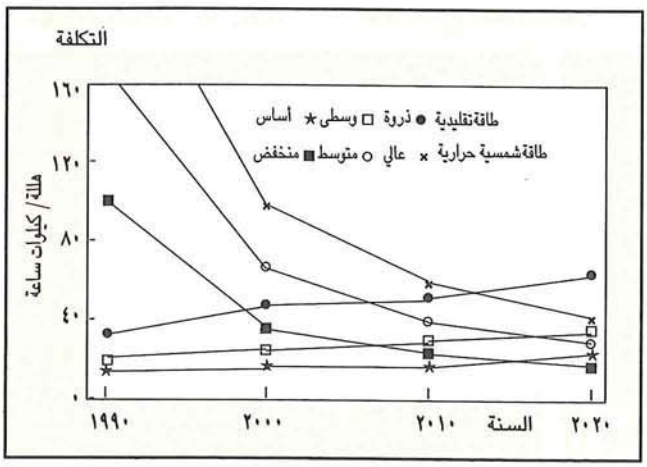
٢ـ توقع زيادة انخفاض تكاليف استغلال الطاقة الشمسية خلال العقد المقبل نتيجة للجهود المكثفة التي تبذل في مجال البحث والتطوير ، مع توقع زيادة تكاليف الطاقة الكهربائية من المصادر الأخرى . ويبين الشكلان (٤،٥) مقارنة بين تكلفة الطاقة الكهربائية المنتجة من الحرارة



● شكل (٣) النمو السنوي لصناعة الخلايا الكروضوئية.



● شكل (٤) مقارنة بين تكلفة الكهرباء المنتجة من الحرارة الشمسية والطاقة التقليدية .



● شكل (٥) مقارنة بين تكلفة الكهرباء المنتجة من الخلايا الشمسية والطاقة التقليدية .

الشمسية ، والخلايا الكهروضوئية مع مصادر الطاقة التقليدية (١٩٩٠م - ٢٠٢٠م) . ويتضح من الشكلين ارتفاع تكلفة إنتاج الطاقة الكهربائية من الطاقة الشمسية في الوقت الحالي مقارنة بأسعارها من الطاقة التقليدية، إلا أنه بحلول عام ٢٠١٠م إن شاء الله يتوقع انخفاض تكلفة الطاقة الكهروضوئية والحرارية مقارنة بتكلفتها من المصادر الأخرى ، بل وعلى العكس من ذلك فقد بدأت تكلفة الطاقة الكهربائية من المصادر التقليدية في الزيادة منذ عام ١٩٩٠م. ولذا قد يكون من المجدي اقتصاديا في عام ٢٠١٠م بناء محطات ذات قدرات عالية لتوليد الطاقة الكهربائية من الطاقة الشمسية ، وربطها مباشرة مع الشبكة العامة للكهرباء وذلك للمساهمة في تأمين استمرار التيار الكهربائي خاصة خلال فترة أحمال الذروة التي تتزامن بصفة أساس مع شدة الإشعاع الشمسي وارتفاع درجة الحرارة . كما أنه يتوقع أن يدخل هذا المصدر مجال المنافسة عام ٢٠٢٠م لبناء محطات كهربائية على نطاق واسع لتغطية الأحمال الكهربائية المتوسطة .

٣- تعد الطاقة الشمسية الخيار الأفضل لتوليد الكهرباء لبعض التطبيقات خصوصاً في المناطق النائية ذات الأحمال الصغيرة أو المناطق الجبلية التي يشكل نقل الوقود إليها - في حالة استغلال مصادر تقليدية - نسبة كبيرة من تكاليف التشغيل . وتوجد حالياً احتياجات كبيرة لمثل هذه التطبيقات سوف تُعزز من صناعة تجهيزات الطاقة الشمسية .

٤- عدم التقلبات المفاجئة في أسعار الطاقة الشمسية - قياساً على أسعار الطاقة من المصادر التقليدية الأخرى التي تخضع لاعتبارات سياسية واقتصاديات يصعب توقعها - يجعلها من المصادر الآمنة التي يمكن الاعتماد عليها بصورة جيدة .

٥- يؤدي التوسع في استغلال الطاقة الشمسية إلى ترشيد استهلاك مصادر الطاقة التقليدية (النفط والغاز الطبيعي) ، ويقلل من استنزافها في وقت قصير ، فضلاً عن استخدامها في صناعات استراتيجية أخرى ذات مردود اقتصادي كبير بدلاً من استهلاكها مباشرة كمصدر للطاقة .

عالم في سطور

أ. د. روبرت وليمسن
Robert Williamson

● **الإسم :** روبرت وليمسن

● **الجنسية :** بريطاني

● **تاريخ الميلاد :** ١٩٣٨م

● **مكان الميلاد :** كليفلاند ، أوهايو ، أمريكا.

● **المؤهلات العلمية**

* بكالوريوس العلوم (مرتبة الشرف) في الكيمياء ، الكلية الجامعية بلندن ، ١٩٥٩م .
* ماجستير الكيمياء الحيوية ، الكلية الجامعية بلندن ، ١٩٦٠م .
* دكتوراة الفلسفة في الكيمياء الحيوية ، الكلية الجامعية بلندن ، ١٩٦٣م .

● **الوظيفة الحالية :** أستاذ ورئيس قسم الكيمياء الحيوية وعلم الوراثة الجزيئية بكلية الطب ، مستشفى سانت ماري والكلية الإمبراطورية بلندن ، ونائب عميد كلية سانت ماري .

● **الأعمال التي شغلها**

* التدريس والبحث العلمي في جامعة جلاسجو بالمملكة المتحدة .
* العمل في قسم علم الأجنة في معهد كارنجي بواشنطن .
* أستاذ زائر في قسم أمراض النساء والولادة في جامعة كولمبيا بالولايات المتحدة.
* أستاذ زائر في كلية الطب بجامعة أوتيجو بنيوزيلندة .

● **الإنجازات العلمية**

* نشر أكثر من ٢٧٠ بحثاً في مجلات علمية عالمية .
* تأليف ستة كتب في الهندسة الوراثية.
* دراسات في تطبيق القواعد الأساس لعلم الوراثة الجزيئي للكشف عن آليات الأمراض الوراثية في الإنسان ، ومسبباتها، وابتكار الأساليب المتطورة لتشخيصها .
* اكتشاف إنحذاف إحدى المورثات كعامل مسبب لمرض فقر الدم البحري (الثالاسيميا) من النوع (أ) .
* تطوير علم الوراثة الجزيئي البشري بصورة عامة ، ووضع الأسس الكيموحيوية له.
* نشر الكثير من تقنيات علم الوراثة الجزيئي عن طريق منظمة الصحة العالمية .

● **عضوية الجمعيات المهنية**

* زمالة فخرية لمعهد بيتسون لأبحاث السرطان ، ١٩٧٦م .
* عضو منتدب بالمنظمة الأوروبية للأحياء الجزيئية (Molecular Biology) ، ١٩٧٨م.
* زمالة الكلية الملكية لإخصائي علم الأمراض ، ١٩٨١م .
* زمالة فخرية لقسم الكيمياء الحيوية ، الكلية الجامعية بلندن ، ١٩٨٥م .
* استشاري فخري في علم الأحياء الجزيئية بمنطقة بارك ساير بالمملكة المتحدة ، ١٩٨٥م .
* عضو فخري بالكلية الملكية لأطباء الباطنة وعضو لجنة خبراء الوراثة البشرية ، هيئة الصحة العالمية ، ١٩٨٦م.
* دكتوراة فخرية في الطب ، جامعة تركو، فنلندة ، ١٩٨٧م .
* عضو مؤسس لمنظمة المخزون الوراثي البشري ، ١٩٨٩م .
* زمالة وليام جولن ميلكز ، ١٩٨٩م .
* زمالة الكلية الملكية لأطباء الباطنة بأدنبرة، ١٩٩٠م .

● **الجوائز**

* جائزة ولكم لتطبيقات الكيمياء الحيوية في الطب ، ١٩٨٢م/١٩٩٨٣م .
* ميدالية جون بانشو ، ١٩٩١م .
* ميدالية إفيان ، ١٩٩١م .
* جائزة الملك فيصل العالمية للطب ١٤١٤هـ - ١٩٩٤م .

● **المصدر**

- الفائزون بجائزة الملك فيصل العالمية (١٤١٤هـ - ١٩٩٤م) .

الأنابيب الحرارية في نظم الطاقة الشمسية

د. سيد محمود حسنين
م. حمد الفارس

يعد الأنبوب الحراري ابتكاراً هندسياً متميزاً لمقدرته على نقل كمية كبيرة من الطاقة الحرارية خلال مقاطع صغيرة وبفارق قليل جداً في درجة الحرارة بين طرف الأنبوب ذو الطاقة العالية والطرف الثاني ذو الطاقة المنخفضة ، وهو في أبسط صوره عبارة عن أنبوب معدني مغلق الطرفين مفرغ من الهواء ومبطن من الداخل بشبكة معدنية مشبعة بمائع خاص قابل للتحول من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة عند درجة حرارة التشغيل .

يستفاد من تقنية الأنابيب الحرارية في عدة استخدامات من استخدامات الطاقة الشمسية مثل السخانات الشمسية المسطحة والسخانات ذات الأنابيب المفرغة ، وكوسائط لنقل الحرارة من بؤرة المجمعات الشمسية ذات التركيز البؤري ، وكذلك في نقل الحرارة من المجمعات الشمسية إلى الأنظمة الشمسية المختلفة .

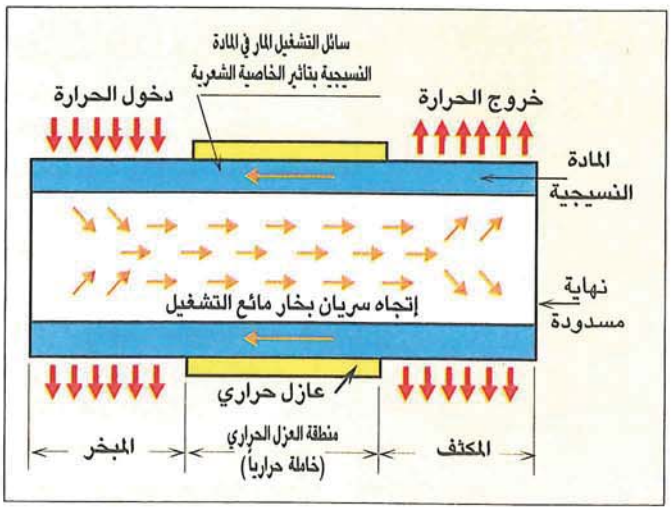
قبل الخوض في استخدام الأنابيب الحرارية في الأنظمة الشمسية سيتم التطرق للمعلومات المتعلقة بتركيبها وطريقة عملها وتطبيقاتها العامة وذلك لتكوين فكرة عامة عن هذه التقنية .

المبدأ الأساس للتشغيل

يتكون الأنبوب الحراري ، شكل (١) ، من أنبوب ذو مقطع دائري مبطن بشبكة معدنية ذات شكل هندسي محدد تغطي الجدار الداخلي للأنبوب ، وباستثناء هذه الشبكة يعد الأنبوب فارغاً من الداخل وذلك للسماح بانتقال مائع التشغيل بحرية بين النهاية التي يتم سحب الحرارة منها إلى النهاية الأخرى التي يتم دفع الحرارة إليها . تسمى النهاية التي يتم سحب الحرارة منها بالمبخر والنهاية الأخرى بالمكثف ، وهاتان النهايتان موصولتان بجزء من الأنبوب معزول حرارياً لمنع انتقال الحرارة من هذا الجزء من الأنبوب إلى الوسط المحيط به .

عندما يسخن المبخر تنتقل الحرارة عبر جدار الأنبوب إلى الشبكة المعدنية حيث يتم تبخير السائل الموجود فيها ومن ثم ينتقل البخار عبر الفراغ الداخلي إلى النهاية الأخرى (المكثف) ليتم تكثيفه ، وخلال عملية التكثيف يتم طرد الحرارة الكامنة للتبخير إلى الوسط المحيط بالمكثف ، أما البخار فيتكثف عند الشبكة المعدنية ثم ينتقل إلى المبخر تحت تأثير الفرق في الضغط داخل الشبكة المعدنية والذي ينتج عن الخاصية الشعرية بين المكثف والمبخر، وعلى هذا الأساس فإن انتقال الحرارة يتم عن طريق أربع مراحل هي :

- تبخير السائل في المبخر .
- انتقال البخار من المبخر إلى المكثف .
- تكثيف البخار في المكثف .
- انتقال السائل من المكثف إلى المبخر .



● شكل (١) رسم توضيحي لمكونات وطريقة عمل الأنبوب الحراري.

يتميز الأنبوب الحراري بكفاءة عالية في نقل الطاقة الحرارية لأنه يعتمد على مبدأ الطاقة الكامنة (Latent Heat) للمائع المستخدم والتي تبلغ أضعاف الطاقة اللازمة لرفع درجة المائع إلى درجة معينة ، فمثلاً تتساوي كمية الحرارة اللازمة لتحويل جرام واحد من الماء من سائل عند درجة حرارة ١٠٠°م إلى بخار عند درجة حرارة ١٠٠°م مع كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة ٥٤٠ جرام من الماء إلى درجة واحدة مئوية .

ويمكن ايضاح كفاءة الأنبوب الحراري بمقارنة الحرارة المنقولة بوساطة قضيب نحاسي بقطر سنتميتر واحد وطول ٥٠سم ، فعند وضع هذا القضيب بين وسطين يبلغ فرق درجة الحرارة بينهما ٢٠٠°م مثلاً فإن القضيب يستطيع نقل ١٣ وات من الطاقة الحرارية .

وفي حالة استخدام أنبوب حراري من الفولاذ وبداخله مادة الصوديوم كمائع وله نفس أبعاد القضيب النحاسي ويعمل عند نفس درجات الحرارة ، فان هذا الأنبوب يستطيع نقل ما مقداره ٢٠٠٠ وات من الطاقة الحرارية .

مكونات الأنبوب الحراري

يتكون الأنبوب الحراري من مائع التشغيل والنسيج المعدني والأنبوب الخارجي وذلك على النحو التالي :

● مائع التشغيل

يعد مائع التشغيل الوسيط الأساس لانتقال الحرارة داخل الأنبوب الحراري . وهناك أنواع عديدة من موائع التشغيل تختلف باختلاف درجة حرارة التشغيل والتي تبدأ من درجات التجمد الفائق (أقل من -٢٠٠°م) وحتى درجات ذوبان المعادن (أكثر من ١٥٠٠°م) . ويجب أن تتوفر في مائع التشغيل الخصائص التالية : -

١ - توتر سطحي ذو قيمة عالية وذلك حتى يمكن تشغيل الأنبوب الحراري في اتجاه معاكس لاتجاه الجاذبية الأرضية .

٢ - لزوجة منخفضة لتقليل مقاومة الشبكة المعدنية لمرور السائل .

٣ - طاقة عالية للتبخير (حرارة كامنة) لتقليل النقص في الضغط الشعري داخل الشبكة المعدنية .

٤ - درجة ترطيب وتبليل عالية لضمان ترطيب النسيج المعدني في كل الأوقات .

٥ - درجة توصيل عالية للحرارة لتقليل الفرق في درجات الحرارة في الاتجاه القطري للأنبوب.

٦ - ضغط بخاري أعلى من المتوسط لمنع حدوث غليان على السطح الداخلي للأنبوب لأن الضغط البخاري المنخفض يعني أن هناك انخفاض في كثافة البخار المتجه إلى الطرف الآخر (الطرف البارد) من الأنبوب.

٧ - عدم التأثير الكيميائي للمائع على مادة الأنبوب أو النسيج المعدني منعاً لتآكله.

٨ - ذو كثافة نوعية عالية من أجل استخدام أنابيب صغيرة الحجم .

٩ - رخيص الثمن وذلك خفضاً للتكلفة .

● النسيج المعدني

يصنع النسيج المعدني (Metallic wick) من مادة واحدة أو عدة مواد ، ويكون على هيئة شبكة فلزية أو نسيج مضلع من معادن الفولاذ أو النيكل أو النحاس أو الألومنيوم . ويمكن تصنيعه كذلك من اللباد الفلزي أو الرغوة الفلزية أو الفلزات الليفية أو المسحوق الفلزي المعالج ، ويوضح شكل (٢) أنواع مختلفة من النسيج المعدني المستخدمة . وتتلخص وظيفة النسيج المعدني في الأنابيب الحرارية فيما يلي :

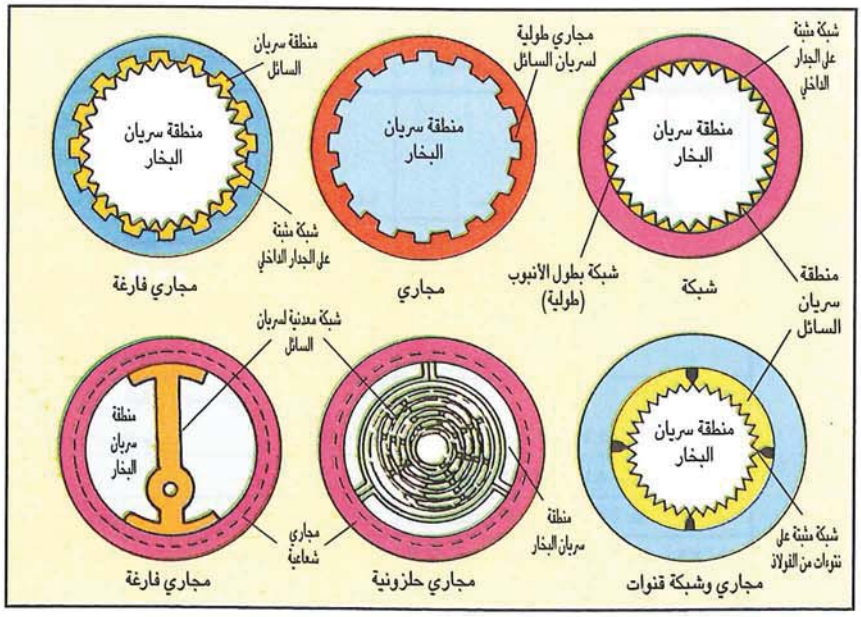
- توفير القنوات المناسبة لسريان السائل المتكثف من المكثف إلى المبخر.
- توفير توتر سطحي على سطح التداخل بين السائل و البخار لتوليد الضغط الشعري الذي يعمل على سحب السائل داخل النسيج .
- توفير وسط لانتقال الحرارة بين السطح الداخلي للأنبوب وسطح تداخل السائل والبخار .

● الأنبوب الخارجي

تنحصر المهمة الأساس للأنبوب الخارجي في عزل مائع التشغيل عن الوسط المحيط ، ويفضل أن يتميز الأنبوب الخارجي بما يلي : -

- معدل عال للمقاومة الميكانيكية إلى الوزن.
- سهولة التصنيع .
- توصيلية حرارية عالية .
- قابلية عالية للترطب والتبلل .
- رخص الثمن .

يعد النحاس من أفضل المعادن لتصنيع الأنبوب الخارجي نظراً لوفرته ولذا فانه يستخدم في التطبيقات العادية ، كذلك يستعمل الألومنيوم في الأنابيب الحرارية المستخدمة في الفضاء الخارجي وذلك لخفة وزنه ، ويمكن استخدام الفولاذ في تطبيقات درجات الحرارة العالية (عندما يكون مائع التشغيل من معدن منصهر كالصوديوم مثلاً).



● شكل (٢) مقاطع مختلفة لأنواع الأنسجة المعدنية.

هنـاك أنـواع متعـددة من الأنـابيب الخارجية المستخـدمة في الأنـابيب الحرارية ، وهي تختلف باختـلاف مائع التشغيل والمواد الداخلة في التصنيع ومجال التطبيق ويوضح جـدول (١) بعض الخصـائص التشغيليـة لنماذج من الأنـابيب الخارجيـة المستخدمـة وذلك حسب نوع مائع التشغيل المستخدم .

تصنيع الأنابيب الحرارية

تُصَّنع معظم الأنـابيب الحراريـة تحت ظروف قياسية بـاستخدام مضخات تفريغ وطرق لحام خاصـة ، كما أنه يمكن تصنيع أنابيب حرارية غير معقدة بالطريقة التالية :

ـ يؤخذ أنبـوب نحاسـي بقطـر ١,٢٧سـم (نصف بـوصة) وبطول متر واحـد ثم تُقفل إحدى نهايتيه باللحام .

ـ تُصنع الشبكـة المعدنية باستخـدام شبكة معدنيـة عيار ١٠٠ (100-Mesh) من سبيكة البرونز الفوسفـوري بعرض يساوي المحيط الداخلي للأنبوب النحاسي

ـ تُسخن الشبكة المعـدنية والأنبوب النحاسي داخل فـرن حتى تتكـون طبقـة رقيقـة من الأكسيـد عليها ، وذلـك بغرض تمكين مـائع التشغيل من تبليل (ترطيب) الشبكة المعدنية والسطح الداخلي للأنبوب .

ـ تُـدخل الشبكة المعدنيـة داخـل الأنبوب ثم يُلحم صمـام فـي النهايـة المفتوحـة مـن الأنبـوب .

ـ تُسكب كميـة من الماء داخل الأنبوب تكفي لملء خمس الأنبـوب ، ثم تـوضـع النهـايـة السفلى لـلأنبـوب على اللهب حتى يغلي الماء مـع الإبقـاء على الصـمام في الجهـة العليـا مفتوحـاً .

ـ بعد مرور بعـض الوقـت على بـدء الغليان يُقفل الصمام ويبعـد الأنبـوب عن اللهـب حتى يبرد .

ـ تُجـرَّب فاعليـة الأنبـوب بغمـس إحـدى نهايتيـه فـي ماء يغلي ويُحسـب الوقـت الذي تستغرقـه الحـرارة حتى تنتقـل إلى النهايـة الأخـرى .

تطبيقات الأنابيب الحرارية

ماتـزال الدراسـات المتعلقة بـاستخدام الأنـابيب الحراريـة في التطبيقـات المختلفـة الفضائية والأرضيـة مستمرة وذلك لتغطية مجالات حـراريـة واسعة لعمليـات انتقـال الحرارة . وبـوجـه عـام يمكن حصر هـذه التطبيقات في التالي :ـ

ـ عـزل جانب المصـدر الحراري عن الجانب المستفيد.

ـ تعديـل الاختلافات في درجـة الحـرارة في وسط معين .

ـ نقل الطاقة الحرارية .

ـ التحكم في درجة الحرارة .

ـ تحديد سريان الحرارة في اتجاه واحد.

ينحصر استخـدام الأنـابيب الحراريـة بـوجـه عـام في نطـاق ضيق نسبيـاً ـ حيث تستخـدم في تطبيقـات الطاقـة الشمسيـة ـ ولكنها وجدت مجالاً واسعاً للتطبيق في مجال المحافظة على الطاقة واستغـلال طاقة العوادم الضائعة . ومن أمثلـة ذلك تستخدم الأنابيب الحرارية في المبادلات الحرارية الغازية (غاز ـ غـاز) وذلك بـوضع المبخر في طـريق الغـاز السـاخن والمكثـف في طـريق الغـاز المراد تسخينه ، وفي مجال تكييف الهواء وكـذلك في التحـويـلات الصنـاعيـة المختلفـة كتجفيف الخشب والطلاء وزيادة صـلابة البلاستيك ، وفي أفـران النسيج والـزجـاج وكـذلك في العمليات الكيميائية .

● تطبيقات الطاقة الشمسية

يمكـن استخـدام الأنابيـب الحراريـة في مجال تطبيقـات الطاقـة الشمسيـة على النحو التالي :ـ

* **السخـانـات الشمسيـة :** وذلك لتـلافي القصور الذي ينجم عن استخـدام السخانات الشمسية التقليـدية والتي تكون فيهـا أنابيب الماء ملتصقة بالسطح الماص ، وفي هذه الحالة يمر الماء طبعياً أو قسرياً (باستخدام مضخة) ليحمل الحرارة من السطـح الماص إلى وعـاء التخزين . ويـؤخذ على السخـانات التقليـدية بعض العيوب التي تنحصر فيما يلي :ـ

ـ استهلاك المضخة للطاقة في حالة السريان القسري .

ـ الحاجـة إلى مساحـة كبيرة لوضـع وحدة التسخين ووحدة التخزين في حـالة السريان الطبيعي .

ـ إنعكاس اتجـاه السريـان في السخان ليلاً مما يعني فقد كميـات من الحرارة المكتسبة خلال النهار.

ـ تجمد الماء داخل السخان في الليالي الباردة الأمر الذي يعرض السخان إلى التلف .

مائع التشغيل	معدن الأنبوب الخارجي	مجال درجات الحرارة (°م)	التدفق الحراري في الاتجاه الطولي (وات / سم٢)	التدفق الحراري في الاتجاه القطري (وات / سم٢)
فريون	فـولاذ ، نيكـل ، نحـاس ، سبائك النحا س ، المنيوم ، سبائك المنيوم.	ـ٧٠ إلى ١٤٠	ـ	ـ
ميثانول	فـولاذ، نيكـل، نحـاس، سبائك النحاس .	ـ ٤٠ إلى ١٥٠	٠,٤٥ عند ١٠٠°م	٧٥,٥عند١٠٠°م
نشادر	فـولاذ، نيكـل ، ألمونيـوم ، سبائك ، الألمونيوم .	ـ ٦٠ إلى ٥٠	ـ	ـ
ماء	تيتانيوم ، نيكل ، نحاس، سبائك النحاس .	٧ إلى ٢٣٠	٠,٦٧عند ٢٠٠°م	١٤٦عند١٧٠°م
زئبق	فولاذ .	٨٠ إلى ٥٧٠	٢٥,١عند٢٦٠°م	١٨١ عند ٢٦٠°م
بوتاسيوم	فولاذ ، نيكل .	٤٠٠ إلى٨٠٠	٥,٦ عند ٧٥٠°م	١٨١ عند ٧٥٠°م
صوديوم	فولاذ ، نيكل .	٥٠٠ إلى٩٠٠	٩,٣ عند ٨٥٠°م	٢٢٤ عند ٧٦٠°م
ليثيوم	فولاذ .	١٣٠٠إلى١٦٠٠	ـ	١١٥ عند ١٥٠٠°م

● جـدول (١) بعض الخصائص التشغيلية النموذجية للأنابيب الحرارية .

ـ تآكل المواد المستخدمة في السخان والخزان وأنابيب التوصيل لملامستها للماء .

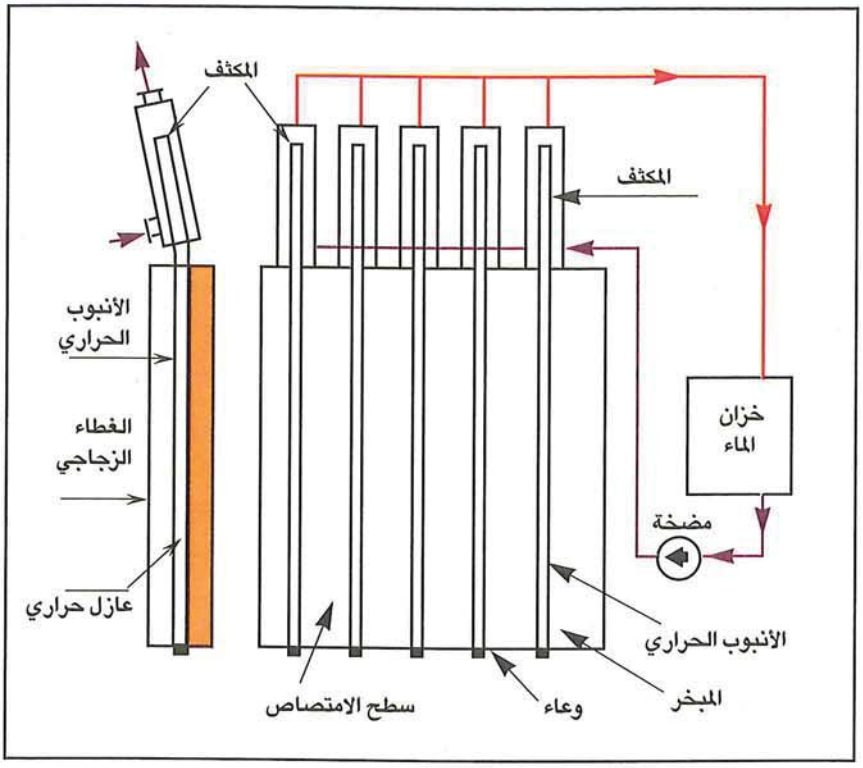
ـ الارتفاع العالي لدرجة حرارة السخان خلال أيام الصيف .

يمكن التغلب على معظم العيوب المذكورة باستخدام الأنابيب الحرارية في السخانات بدلاً عن أنابيب التسخين ، فمثلا يعمل الأنبوب الحراري كموحد لاتجاه سريان الحرارة باتجاه واحد فقط عند إمالته بزاوية بسيطة ، أي أنه يمكن تلافي مشكلة التبريد خلال الليل باستخدام هذه التقنية .

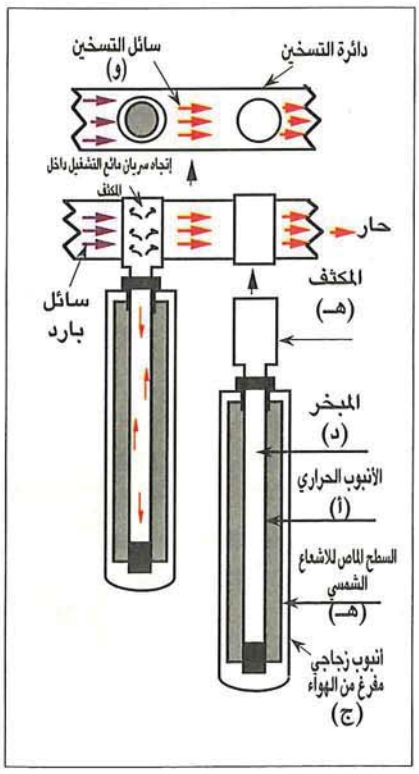
إضافة لذلك ، وبسبب أن الأنبوب الحراري يعتمد على الطاقة الحرارية الكامنة، فان معدل سريان الطاقة المنتقلة عبره يمكن التحكم فيها وذلك لأنها لن تزيد بأي حال من الأحوال عن الطاقة اللازمة لتحويل المائع الموجود في الأنبوب من الحالة الغازية (الطرف الحار) إلى الحالة السائلة (الطرف البارد) وذلك يعني أن انتقال الحرارة سيتوقف عندما تبلغ درجة حرارة المكثف لدرجة غليان المائع . وكمثال لذلك عند استخدام الفريون ١٣٠١ (درجة غليانه ٦٨° م) كمائع فان درجة حرارة المكثف لن تصل إلى ٦٨° م حتى لو بلغت درجة حرارة المبخر أضعاف تلك الدرجة من الحرارة ، وبذلك فان استخدام الأنابيب الحرارية في السخانات الشمسية سيلغي مشكلة التسخين الزائد التي تحدث للسخانات التقليدية خلال فصل الصيف .

تأتي السخانات الشمسية ذات الأنابيب الحرارية في نوعين، فهي إما من النوع المستوي التقليدي وأما من النوع ذي الأنابيب الزجاجية المفرغة . يوضح شكل (٣) سخان شمسي مستو يعمل بالأنابيب الحرارية ، وهو يحتوي على سطح امتصاص من الألمنيوم وبه أنبوب حراري من النحاس يبرد المكثف فيه بالماء المار في دائرة مغلقة بين المكثفات والخزان . ويعد سطح الامتصاص قلب السخان الشمسي ويقوم بتحويل الموجات الكهرومغناطيسية الصادرة من الشمس إلى حرارة ليتم انتقالها بوساطة الأنبوب الحراري من سطح الامتصاص إلى دائرة التسخين .

أما في السخان ذي الأنابيب الزجاجية المفرغة المبينة في الشكل (٤) فإن الأنبوب الحراري (أ) الملتصق بالسطح الماص (ب) يركب داخل أنابيب زجاجية (ج) مفرغة من الهواء (ضغط تفريغ = ١٠^-٥ ملي بارا) وذلك للحصول على درجة حرارة عالية من السخان في الأيام ذات درجة الحرارة المنخفضة (الأقل من الصفر) لأن الفقد الحراري بطريقة الحمل من السخان يقل بزيادة التفريغ في الأنابيب الزجاجية .



● شكل (٣) سخان شمسي مستو ذو أنابيب حرارية.



● شكل (٤) مبدأ عمل السخانات الشمسية ذات الأنابيب الزجاجية.

يقوم الأنبوب الحراري بنقل الحرارة بسرعة وكفاءة من السطح الماص عبر المبخر (د) ثم مائع التشغيل داخل الأنبوب الحراري (أ) ثم المكثف (هـ) إلى سائل التسخين (و) المار خارج جدران المكثف . يقوم سائل التسخين بنقل الحرارة من المكثف إلى خزان تجميع السائل الحار خلال دورة مغلقة ، أي أن سائل التسخين لا يمر مطلقاً بالسطح الماص للسخان كما هو الحال في السخانات التقليدية ، فاذا حدث مثلاً تلف في أحد أنابيب التسخين فإن دورة التسخين ستستمر .

* **الطباخات الشمسية :** وهي عبارة عن أوعية طهي داخل صندوق معرض لأشعة الشمس التي تعمل على رفع درجة حرارة الإناء إلى الدرجة المناسبة لنوع الطعام . تتعرض الطباخات الشمسية الى فقد الحرارة بوساطة الحمل والتوصيل ولكن

بوساطة استخدام الأنابيب الحرارية يمكن التغلب على مشكلة فقد الحرارة بوضع مبخر الأنبوب الحراري في أنبوب زجاجي مفرغ من الهواء (ضغط تفريغ إلى ١٠^-٥ مللي بار) ، ووصل المكثف بلوح معدني يحمل وعاء الطبخ . ويمكن ـ والحال هذه ـ وضع وحدة الطبخ داخل المنزل مما يسهل عملية الطبخ بدرجة كبيرة ويلغي كذلك مشكلة فقد الحرارة من وعاء الطبخ بتأثير الرياح.

* **الأحواض الشمسية:** وهي عبارة عن برك مياه ذات ملوحة متدرجة تزداد من السطح إلى القاع ، وتتراوح مساحتها بين عدة مئات إلى عشرات الآلاف من الأمتار المربعة ويصل عمقها إلى بضعة أمتار .

وتستخدم الأنابيب الحرارية في هذه البرك لنقل الحرارة من قاع البركة (درجة حرارة عالية) إلى السطح حيث تكون درجة الحرارة منخفضة وذلك بكفاءة عالية دون الحاجة إلى أنظمة الضخ المكلفة والمعقدة .

* **الخلايا الكهروضوئية :** وهي عبارة عن أداة الكترونية مصنوعة من أشباه موصلات تعمل على تحويل الطاقة الضوئية المنبعثة من الشمس إلى كهرباء . تعمل الأشعة الشمسية الساقطة على رفع درجة حرارة الخلايا الكهروضوئية مما يجعلها تفقد كفاءتها التشغيلية ، وعليه تهدف تقنية الأنابيب الحرارية إلى رفع كفاءة تشغيل الخلايا عن طريق تبريدها ، وقد أمكن بالفعل ربط منظومة الخلايا الكهروضوئية بوحدات أنابيب حرارية تعمل على خفض حرارة تلك الخلايا وبالتالي رفع كفاءتها إلى ٣٠٪ .

● تخزين الطاقة الشمسية

تستخدم الأنابيب الحرارية أيضاً في مجال تخزين الطاقة الشمسية بالاستعانة بمواد ذات خصائص فيزيائية خاصة (قابلة للتحول من حالة المادة الصلبة إلى الحالة السائلة عند درجة حرارة التشغيل باكتساب أو فقد كمية من الحرارة وتسمى بالحرارة الكامنة للانصهار) ، ويبين الشكل (٥) مخططاً لوحدة نقل وتخزين الطاقة الشمسية تحتوي على أنبوب حراري به زعانف معدنية ذات توصيلية حرارية عالية، ويقع هذا الأنبوب داخل حاوية معدنية لها نفس طول الأنبوب ومقسمة إلى ثلاثة أجزاء (فراغات) هي :ـ

* **المصدر الحراري (الحيز ـ أ):** وهو حيز مرور السائل المسخن في السخان الشمسي.

* **حيز التخزين (الحيز ـ ب):** وتوجد به الزعانف المعدنية والمادة القابلة للانصهار في الفراغ بين الزعانف .

* **حيز استهلاك الحرارة أو مرور سائل التسخين (الحيز ـ جـ):** ويستخدم لتسخين ماء المنزل أو للتدفئة.

وتتلخص طريقة التخزين فيما يلي : ـ

ـ مرور السائل الساخن في النهار قادماً من السخان الشمسي بالحيز(أ) .

ـ انتقال الحرارة عبر الأنبوب الحراري إلى الحيز (ب) والحيز (ج) فإذا كان الحيز (ج) بارداً (أي يمر به سائل التسخين أو التدفئة البارد) فإن معظم الحرارة المارة عبر الأنبوب الحراري ستنتقل إلى الحيز (ج) الذي سيعمل كمكثف . أما عندما لا يكون هناك حمل تدفئة أو تسخين فسترتفع درجة الحرارة في الحيز (ج)ومن ثم يتوقف عمله وبذلك يصبح الحيز (ب) هو المكثف فتنتقل الحرارة إلى الزعانف ومن ثم إلى المادة الصلبة لتتحول بدورها إلى الحالة السائلة .

ـ في أثناء الليل يتوقف المصدر الحراري في الحيز (أ) ويعمل الحيز (ب) كمبخر فتنتقل الحرارة من المادة المنصهرة بين الزعانف إلى الحيز (ج) عن طريق الأنبوب الحراري حيث يتم تسخين وسيط التسخين.

يساعد استخدام الأنابيب الحرارية في تخزين الطاقة الشمسية على تحسين تشغيل نظم الطاقة المستعملة ، ومن أهم الفوائد في هذا المجال مايلي :

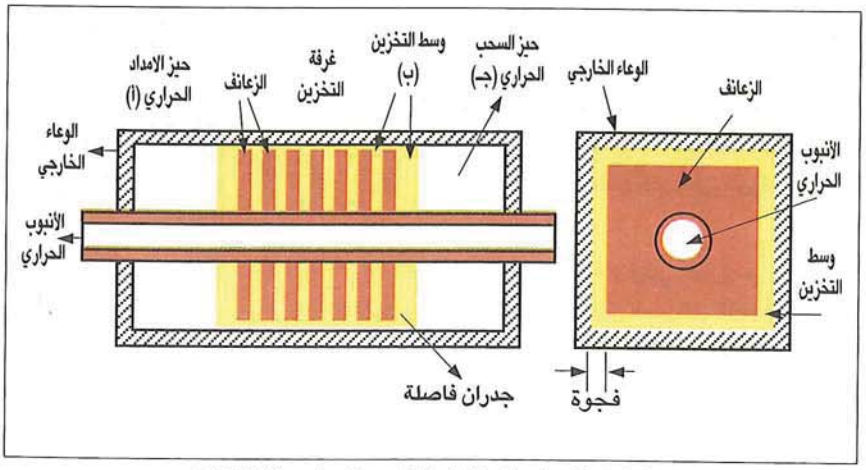
ـ عدم الحاجة إلى تركيب مبادلات حرارية بين المصدر الحراري (السخان الشمسي) ووسيط التخزين ، وبين وسيط التخزين ووسيط التدفئة والتسخين.

ـ المرونة في اختيار وسيط التخزين والتدفئة (الماء أو الهواء) لسهولة تغيير طول المكثف (الحيز ج) .

ـ الحصول على عملية انتقال حرارة من وسيط التخزين إلى وسيط نقل الحرارة عند درجات حرارة ثابتة .

ـ الإقلال من تسرب الحرارة إلى وسيط التخزين عند الحاجة إلى كميات كبيرة من الحرارة في حيز التسخين (الحيز ج) خلال النهار .

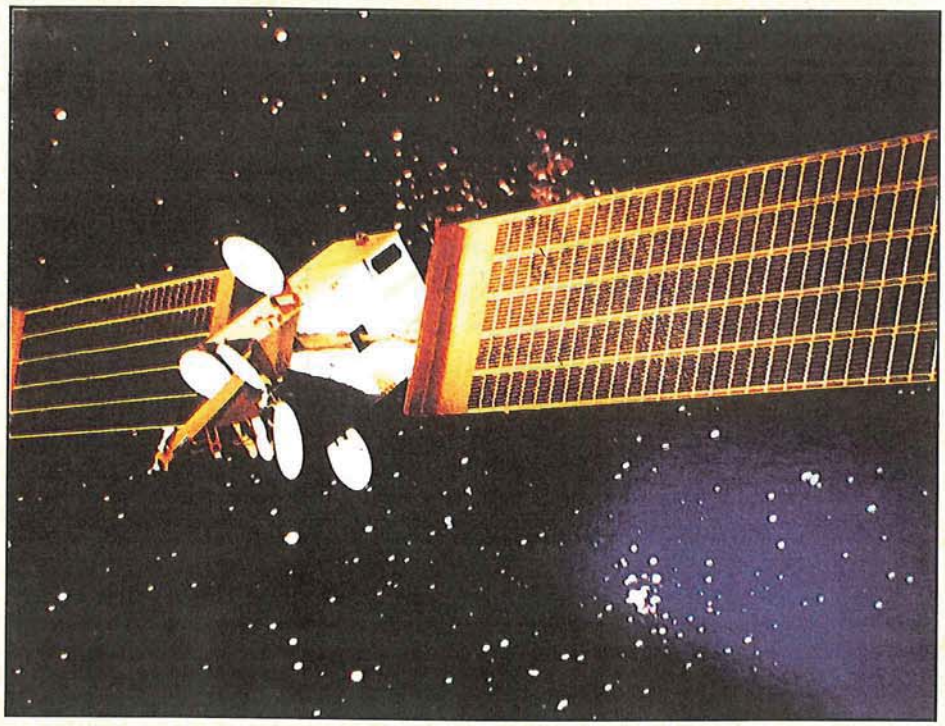
ـ يعمل الأنبوب الحراري كموحد لاتجاه سريان الحرارة عند تركيبه بزاوية ميل بسيطة بالنسبة للمستوى الأفقي .



● شكل (٥) نموذج لإستخدام الأنبوب الحراري في التخزين.

تطبيقات الطاقة الشمسية في الفضاء

د. أسامة أحمد العاني

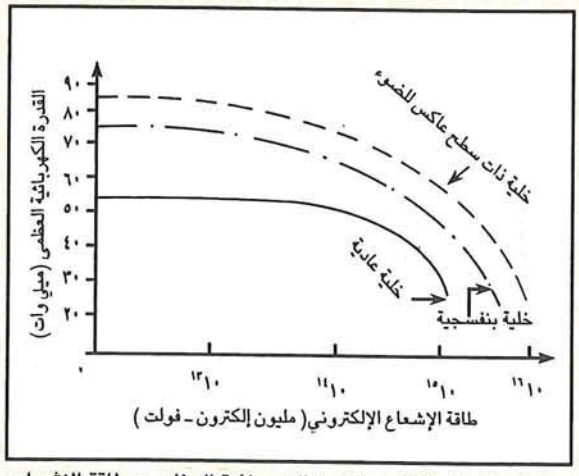


يرجع أول استخدام للطاقة الشمسية في الفضاء إلى ١٧ مارس عام ١٩٥٨م عندما أطلقت مركبة الفضاء الأمريكية فانجارد ـ١ (Vanguard-1) قمراً صناعياً يحمل على ظهره ـ لأول مرة ـ خلايا كهروضوئية للحصول على الطاقة اللازمة (٥ ميلي وات) لجهاز الإرسال . تلا ذلك قيام الاتحاد السوفيتي السابق في مايو من نفس العام بإطلاق قمراً صناعياً جديداً تعمل معظم داراته الكهربائية والإلكترونية بالخلايا الكهروضوئية . وبدءاً من عام ١٩٥٩م أصبحت معظم الرحلات الفضائية تعتمد على الخلايا الكهروضوئية كمصدر رئيس للطاقة . وتشير الإحصائيات أنه في خلال الثمانينات من هذا القرن تم إطلاق أكثر من ألفين قمراً صناعياً بقدرات كهربائية مستمدة من الخلايا الكهروضوئية وصل بعضها إلى ٢٠ كيلووات. وتفيد الدراسات الأولية أن النجاحات المستقبلية المتوقعة لبناء محطات طاقة شمسية فضائية قد تغير الكثير من مفاهيم الطاقة ومستقبلها حيث يتوقع لها إنتاج طاقة كهربائية تصل إلى آلاف الميجاوات . ومن ناحية أخرى رافق تطور الخلايا الكهروضوئية الفضائية طرقاً أخرى لتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية أهمها المحركات الحرارية ، والمولدات الكهروحرارية ، والمولدات الأيونية الحرارية التي تعمل حتى خلال فترات الظلام بمساعدة بطاريات كهروضوئية أو خلايا وقود .

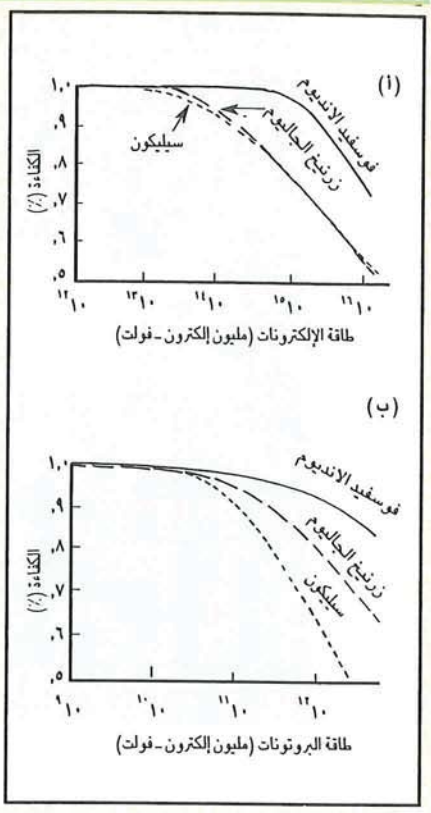
الخلايا الكهروضوئية الفضائية

تقوم مراكز الأبحاث بتطوير تقنية وتصنيع الخلايا الكهروضوئية في مجال التطبيقات الفضائية (علوم اتصالات ، وأرصاد جوية ، وفلك ..) للحصول على أعلى كفاءة وأفضل مقاومة تحمّل للخلايا ضد تأثير الأشعة الكونية ـ إشعاعات مختلفة عالية الطاقة تصل إلى عدة عشرات الميجا أو الجيجا الكترون فولت ـ التي تؤثر على بنية الخلايا الكهروضوئية، إضافة إلى أن التعرض المستمر لهذه الإشعاعات يؤدي إلى تشوهات بلورية داخل الخلايا مسبباً انخفاض فعاليتها وكفاءتها.

وقد تم إجراء عدة دراسات معملية لمعرفة تأثير الأشعة الكونية على القدرة الكهربائية لأنواع مختلفة من الخلايا الكهروضوئية . وعلى سبيل المثال يوضح الشكل (١) ، تغير القدرة الكهربائية العظمى (Pmax.) لثلاث خلايا كهروضوئية (خلية عادية بقدرة ٥٤ ميجاوات، وخلية بنفسجية بقدرة ٧٤ ميلي وات ـ عبارة عن خلية متجاوبة مع الأطوال الموجية القصيرة ـ ، وخلية عادية أضيف لها سطح عاكس للضوء لمقاومة تأثير الأشعة الكونية بقدرة ٨٣ ميلي وات) أثناء تعرضها لمستويات مختلفة من طاقة الإشعاع الكوني



●شكل (١) العلاقة بين القدرة الكهربائية العظمى وطاقة الإشعاع.



● شكل (٢) العلاقة بين كفاءة (٪) خلايا كهروضوئية وطاقة الإلكترونات والبروتونات.

الإلكتروني باستخدام تقنية رجم الخلية بجسيمات عالية الطاقة بمساعدة مسرعات الكترونية . ويلاحظ من الشكل أن قدرة الخلايا لاتنقص عند التعرض للأشعة الكونية العادية التي تتراوح شدتها بين 10^{9} إلى 10^{13} مليون الكترون فولت ، إلا أنه قد تتعرض لمستويات طاقة أعلى بسبب التأين الشديد للجسيمات الفضائية أو تأثيرات فلكية أخرى مثل الشهب والنيازك تؤدي إلى زيادة تأثير الإشعاع الكوني على الخلايا مسببة نقص كفاءتها بصورة ملحوظة خاصة عندما يفوق مستوى هذا الإشعاع 10^{14} مليون إلكترون فولت، ومثال ذلك عند طاقة إشعاع إلكتروني 10^{15} مليون إلكترون فولت نجد أن القدرة الكهربائية للخلية ذات السطح العاكس للضوء تنخفض من ٨٣ إلى ٥٨ ميلي وات ، وفي الخلية البنفسجية من ٧٤ إلى ٣١ ميلي وات، بينما تنخفض في الخلية العادية من ٥٤ إلى ٣١ ميلي وات . ولذا نجد أن الخلايا الكهروضوئية ذات السطح العاكس هي الأفضل والأعلى قدرة وكفاءة عند تعرضها للأشعة الكونية العادية أو الزائدة مقارنة بالخلايا البنفسجية والعادية.

ولزيادة التأكد من البيانات السابقة أجريت دراسة معملية أخرى تتعلق بتأثير اصطدام الجسيمات المشحونة السالبة والموجبة كل على حدة (الرجم الإلكتروني والبروتوني) باستخدام المسرعات المعروفة على كفاءة خلايا كهروضوئية مختلفة ، شكل (٢أ،ب) ، ويوضح الشكل أن جميع الخلايا تحتفظ بكفاءتها أثناء تعرضها للأشعة الكونية العادية ولكن بزيادة شدة الإشعاعات تقل كفاءة الخلايا بصفة عامة إلا أن خلايا فوسفيد الإنديوم تظل الأعلى كفاءة مقارنة بالخلايا الأخرى. فعلى سبيل المثال في شكل (٢أ)، وعند طاقة الكترونات مقدارها 10^{15} مليون الكترون فولت نجد أن كفاءة خلايا فوسفيد الأنديوم تقدر بحوالي ٩٨٪ ، بينما تقدر كفاءة كل من زرنيخ الجاليوم والسيليكون بحوالي ٧٨٪ من كفاءة هذه الخلايا قبل تعرضها لتأثير الطاقة . وفي الشكل (٢ب) ، وعند طاقة بروتونات مقدارها 10^{12} مليون الكترون فولت نجد أن كفاءة خلايا فوسفيد الإنديوم تقدر بحوالي ٩٤٪ ، بينما تقدر كفاءة كل من خليتي زرنيخ الجاليوم والسيليكون بحوالي ٨٢٪ و٦٤٪ على التوالي من كفاءتها الأساس .

وعلى نطاق أوسع تم إجراء تجارب فضائية مختلفة لدراسة تأثير الأشعة الكونية على كفاءة تشغيل أنواع مختلفة من خلايا كهروضوئية ذات بنى مختلفة وخصائص فيزيائية محددة . ويوضح الجدول (١) مقارنة بين النسبة المئوية لكفاءة أربعة أنواع مختلفة من خلايا كهروضوئية ـ تستخدم بكثرة في التطبيقات الفضائية ـ هي السيليكون ، وزرنيخ الجاليوم، وفوسفيد الإنديوم (١) و(٢) وذلك عند بداية ونهاية تشغيلها في الفضاء وتعرضها للأشعة الكونية (10^{9} ـ 10^{13} مليون الكترون فولت)لمدة عشر سنوات .

ويلاحظ من الجدول زيادة كفاءة خلايا فوسفيد الإنديوم(٢) الرقيقة (١٥٠ميكرون) ـ مقارنة بأنواع الخلايا الأخرى ـ في تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية سواء في بداية التشغيل (١٨٪) أو نهايته (١٦,٩٪) . ويرجع ذلك بصفة أساس إلى العلاقة المباشرة بين الطاقة الكهربائية المنتجة من هذه الخلايا وبين كتلة الخلايا وملحقاتها كما هو موضح في الجدول (٢) الذي يبين مقارنة بين الطاقة/الكتلة (وات/كيلو جرام) المنتجة في بداية التشغيل ونهايته لثلاث خلايا كهروضوئية هي السيليكون ، وفوسفيد الإنديوم بنوعيه (١) و (٢) . ويلاحظ من الجدول ارتفاع نسبة الطاقة / الكتلة لخلايا فوسفيد الإنديوم الرقيقة (٢) ـ مقارنة بالخلايا الأخرى ـ حيث تتراوح هذه النسبة بين ٦٩,٩ إلى ٦٠,٠٤ وات / كيلو جرام في بداية التشغيل ونهايته على التوالي، ولذا تعد خلايا فوسفيد الإنديوم هي أفضل أنواع الخلايا الكهروضوئية في التطبيقات الفضائية وذلك لقدرتها على مقاومة تأثير الأشعة الكونية العادية عند التعرض لها ، إلا أنه ينبغي السير قدماً في تطوير تقنية هذه الخلايا حتى تتحمل تأثير الأشعة الكونية ذات الطاقة العالية.

الخواص / نوع الخلية	المساحة (سم٢)	سمك الخلية (ميكرون)	جهد الخلية (فولت)	كثافة التيار (ميلي أمبير/سم٢)	الكفاءة (٪) خلال ١٠ سنوات	
					بداية التشغيل	نهاية التشغيل
السيليكون	١٢	١٨٠	,٥٤٣	٣٤,٧	١١,٠	٩,٢
زرنيخ الجاليوم	٨	٣٠٠	١,٠١	٢٨,٥	١٦,٥	١٢,٩
فوسفيد الإنديوم(١)	٤	٣٠٠	٠,٨٠	٣٢,٠	١٥,٠	١٤,١
فوسفيد الإنديوم(٢)	٨	١٥٠	٠,٨٥	٣٣,٥	١٨,٠	١٦,٩

● جدول (١) مقارنة كفاءة (٪) خلايا كهروضوئية مختلفة في بداية ونهاية تشغيلها في الفضاء.

الخليـــــة	مساحة المنطقة الفعالة (سم٢)		عدد الخلايا		كتلة الخلايا (كيلو جرام)		كتلة المجموعة (كيلو جرام)		الكتلة الإجمالية (كيلوجرام)		الطاقة / الكتلة (وات / كيلوجرام)	
	(أ)	(ب)	(أ)	(ب)	(أ)	(ب)	(أ)	(ب)	(أ)	(ب)	(أ)	(ب)
سيليكون	١٢,٢٩	١٢,٠٧	١٠٣٠٤	١٠٠٨٣	٨,٢٠	٨,٠٥	٢٤,٤٦	٢٤,٠١	٣٣,٢٨	٣٢,٦٧	٤٥,٧٨	٣٤,٩٦
فوسفيد الإنديوم (١)	٩,٣	٨,١٧	٢٣,٣٨٠	٢٠٤٤٨	١٣,٣٤	١١,٧١	١٨,٥١	١٦,٢٥	٣٣,٢٥	٢٩,١٩	٤٥,٨٢	٣٩,١٢
فوسفيد الإنديوم (٢)	٧,٨٤	٦,٤٨	٩٨٢٨	٨٥٨٠	٥,٦٢	٤,٩٠	١٥,٥٩	١٣,٦٠	٢١,٨٠	١٩,٠٣	٦٩,٩٠	٦٠,٠٤

● جدول (٢) مقارنة بين الطاقة / الكتلة الإجمالية لخلايا كهروضوئية فضائية .
(أ) بداية التشغيل (ب) نهاية التشغيل

تبرز ـ عادة ـ مشكلة رئيسة تتعلق بحجم الخلايا الكهروضوئية وكيفية نقلها وملحقاتها الميكانيكية والكهربائية إلى الفضاء عند استخدامها في الحصول على طاقة فضائية مرتفعة مثل القيام برحلات فضائية طويلة الأمد أو بناء منصات أو محطات فضائية . وقد تم التغلب نسبياً على هذه المشكلة عن طريق طي ولف وتخزين وحفظ الخلايا الكهروضوئية بأقل مساحة ممكنة في شكل أسطواني (كالسجادة الملفوفة) ذات مقطع دائري قطره ٢٠ سم لكل ١٥٠٠ وات ، وعند بدء المهمة الفضائية تفتح اللوحات الكهروضوئية بطريقة آلية ذاتية مدعمة بسطح ارتكازي رئيس، ومفاصل معدنية، ومرابط وموصلات حركية، وعناصر هيدروليكية وغيرها لتشكيل المساحة المطلوبة ، وعلى سبيل المثال يبلغ عدد الخلايا الكهروضوئية الداخلية في لوحتين كهروضوئيتين نموذجيتين بمساحة تتراوح بين ٧ إلى ٨ متر مربع حوالي ٣٤,٥٠٠ خلية مثبتة على مواد زجاجية بصورة محكمة ، كما أنها تغطى من أعلى بطبقة زجاجية خاصة لحمايتها أثناء التشغيل والتعرض المستمر للأشعة الكونية .

وحدة المجمع	التكلفة (ألف دولار)
خلايا كهروضوئية	٧٩
مواد وملحقات	٣٧
هيكل ومعدات	٩٥
اختبارات	٧٤
الإجمالي	٢٨٥

● جدول (٣) توزيع التكلفة الإجمالية لمجمع كهروضوئي .

● تكاليف النظم الفضائية

تتغير تكاليف نظم الخلايا الكهروضوئية الفضائية من نظام لآخر ، وتعتمد بصفة أساس على عدة عوامل أهمها القدرة المطلوبة ، والعمر المداري ، ومساحة وكتلة المجمع الكهروضوئي . وتقاس تكلفة القدرة الكهروضوئية المركبة عند إقامة المجمعات الكهروضوئية بالدولار/وات ، بينما تقاس تكلفة وحدة الطاقة المنتجة بالدولار / كيلووات ساعة . ويوضح جدول (٣) توزيع التكلفة الإجمالية لمجمع خلايا كهروضوئية ذات قدرة ١٠٠٠ وات ، وعمر مداري ٢٥ سنة ، ومساحة مجمع ٧,٥م٢ ، وكتلة ٣٠,٤ كجم .

ومما سبق نجد أن تكلفة وحدة القدرة بلغت ٢٨٥ دولار/وات في حين بلغت تكلفة وحدة الطاقة الكهروضوئية الفضائية ٣,٦١ دولار /كيلووات ساعة.

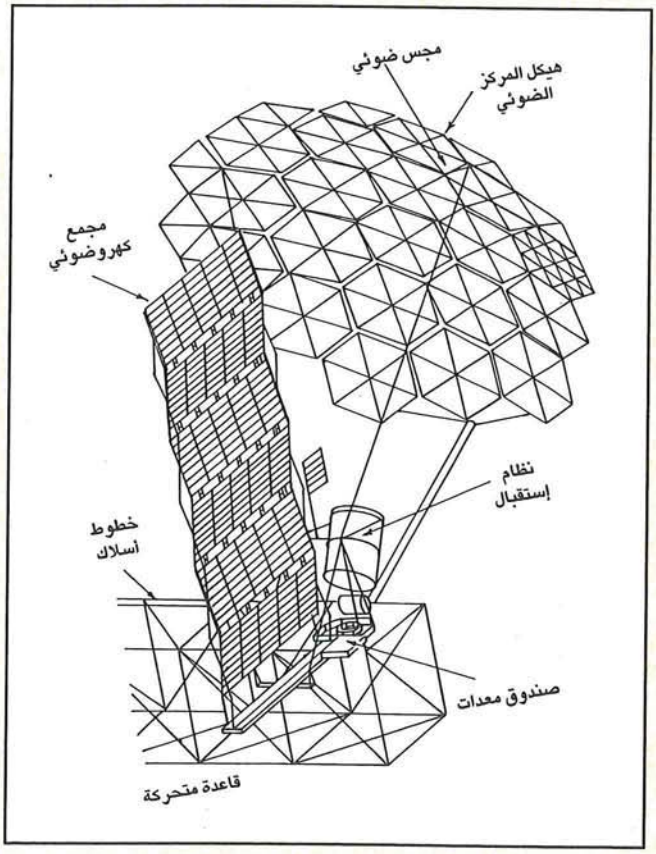
وعلى الرغم من أن تكلفة إنتاج الكيلووات/ساعة من الطاقة الكهروضوئية الفضائية لازالت مرتفعة إلا أن النجاحات الكبيرة التي حققها التطور في تقنية وتصنيع الخلايا الكهروضوئية على المستويين الأرضي والفضائي أدت إلى انخفاض تكلفة إنتاج وحدة الطاقة الكهروضوئية الفضائية من ١٠٠ دولار (نهاية الخمسينات) إلى أربعة دولارات تقريباً في الوقت الحاضر ، ولازال البحث والتطوير مستمراً .

نظم الطاقة الفضائية

يجب أن تتوفر في نظم الطاقة الشمسية الفضائية بعض العناصر الرئيسة ـ مقارنة بنظم الطاقة الشمسية الأرضية ـ أهمها عدم الحاجة إلى صيانة ، وقلة الوزن ، وآلية خاصة للربط والتشغيل ، ونظام تبريد خاص ، وعدم انخفاض كفاءة التشغيل أثناء التعرض للأشعة الكونية ، وتوجيه المجمع الشمسي مباشرة إلى الشمس . إضافة إلى ذلك يتوقف حجم نظم الطاقة الفضائية على زمن الرحلة الفضائية ، فعلى سبيل المثال عند القيام برحلة فضائية تستغرق أقل من يوم فإنها تحتاج إلى قدرة كهربائية تصميمية تصل إلى واحد كيلووات فقط على أن تكون مدعمة ببعض البطاريات الكهروكيميائية كوسط تخزين ، أما إذا كان زمن الرحلة يستغرق شهراً واحداً فإنها تحتاج إلى مائة كيلووات مع استخدام خلايا وقود كنظام أكثر ملائمة لتخزين الطاقة ، أما في الرحلات الفضائية التي تزيد عن شهرين مثل مهمة جوبيتر (Jupiter) فإنها تتطلب تزويداً مستمراً بالطاقة ، وفي مثل هذه الحالات يلعب وزن الوقود دوراً هاماً في تكاليف الرحلة ، ولذا يمكن استخدام مصادر احتياطية كالمولدات الكهروحرارية ـ النووية للحصول على التشغيل الأمثل لنظام الطاقة الشمسية الفضائية . أما في الرحلات الفضائية التي تحتاج إلى قدرة كهربائية كبيرة فإن الحل النووي قد يكون

البلد / نوع المهمة	أرضية	قمرية	كوكبية	شمسية	الإجمالي
إندونيسيا	٢	–	–	–	٢
استراليا	٢	–	–	–	٢
كندا	٨	–	–	–	٨
وكالة الفضاء الأوربية	١٠	–	–	–	١٠
فرنسا	٢٠	–	–	–	٢٠
ألمانيا	٤	–	–	٢	٦
انفلسات (شركة اتصالات)	٢١	–	–	–	٢١
اليابان	١٢	–	–	–	١٢
حلف الناتو	٤	–	–	–	٤
جمهورية الصين الشعبية	٧	–	–	–	٧
بريطانيا	٨	–	–	–	٨
الولايات المتحدة	٧٧٤	٣٦	١٣	٤	٨٢٨
الاتحاد السوفياتي (السابق)	١١٥١	٣٣	٢٧	–	١٢١١
هولندا	١	–	–	–	١
أسبانيا	١	–	–	–	١
إيطاليا	٥	–	–	–	٥
الهند	١	–	–	–	١
الإجمالي	٢٠٢١	٦٩	٤٠	٦	٢١٤٦

● جدول (٤) قائمة لبعض استخدامات نظم الطاقة الشمسية في الفضاء .



● شكل (٣) نظام طاقة كهروضوئي فضائي مدعم بنظام حراري مساند.

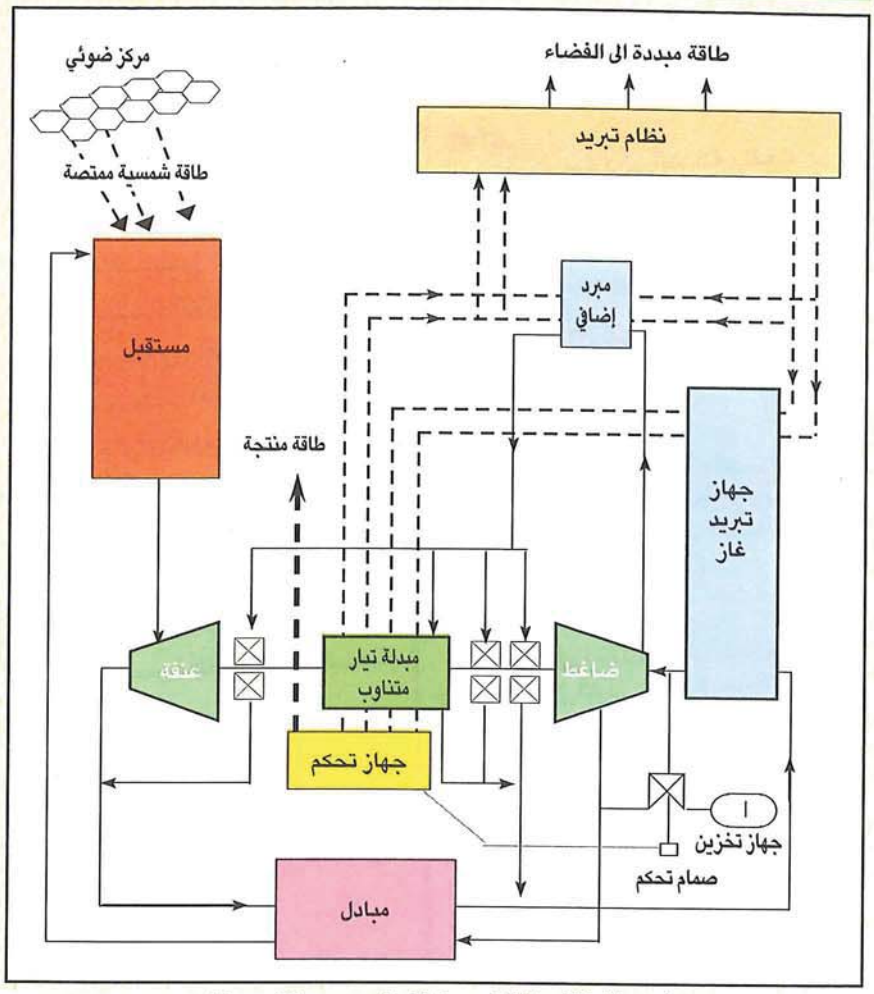
الأفضل والأكثر جدوى مقارنة مع نظم الخلايا الكهروضوئية الفضائية ويتوقف ذلك على نوع التطبيق الفضائي (رحلة فضائية استكشافية، إجراء تجارب ، توليد طاقة ...) .

ويبين الجدول (٤) إحصاءً عاماً لأهم المهمات المدارية التي استخدمت نظم الطاقة الشمسية الفضائية المختلفة - إحصائيات عام ١٩٧٧م ، في حين يوضح الشكل (٣) مثالاً نموذجياً لنظام طاقة كهروضوئية فضائية مزوداً بنظام حراري مساند، ويبين الشكل (٤) مخططاً متكاملاً لنظام طاقة كهروضوئية مع جهاز تبريد خاص .

المحطات الشمسية الفضائية

قادت النجاحات الأولية التي تحققت مؤخراً في تطوير نظم الطاقة الشمسية الكهروضوئية الأرضية والفضائية إلى تبني مشروع جديد يهدف إلى إقامة محطات أقمار صناعية للطاقة الشمسية (Satellite Solar Power Station-SSPS) ، شكل (٥) للاستفادة منها في تأمين الطاقة الكهربائية الأرضية خاصة في فترات الذروة. وقد توقع علماء الطاقة أن بناء مثل هذه المحطات العملاقة في الفضاء سيكون حلاً مناسباً لمشكلة الطاقة العالمية خاصة في نهاية القرن القادم ، حيث أن مثل هذه المحطات ستعمل ليلاً ونهاراً دون الحاجة إلى متطلبات تخزينية معقدة .

وقد ظهرت فكرة محطات الطاقة الشمسية الفضائية بصورة حديثة من خلال إحدى ندوات التنمية والبيئة في مدينة ريودي جانيرو في يونيه ١٩٩٢م ، حيث تبين من خلال عدد من الدراسات التحليلية والاقتصادية والاجتماعية والبيئية التي نشرت حول موضوع إقامة محطات شمسية - فضائية لتزويد الأرض بالطاقة الكهربائية إمكانية إقامة هذه المحطات من حيث المبدأ إلا أنها تحتاج إلى مزيد من البحث والتطوير خلال العقود القليلة القادمة. وقد ورد حديثاً في إحدى الدراسات النظرية المتعلقة بالموضوع تصميم كامل لنظام محطة فضائية للطاقة الشمسية يتم فيها تحويل الطاقة الشمسية (الإشعاع الكهرومغناطيسي) إلى أمواج كهرومغناطيسية ذات أطوال موجية محددة في رتبة الأمتار

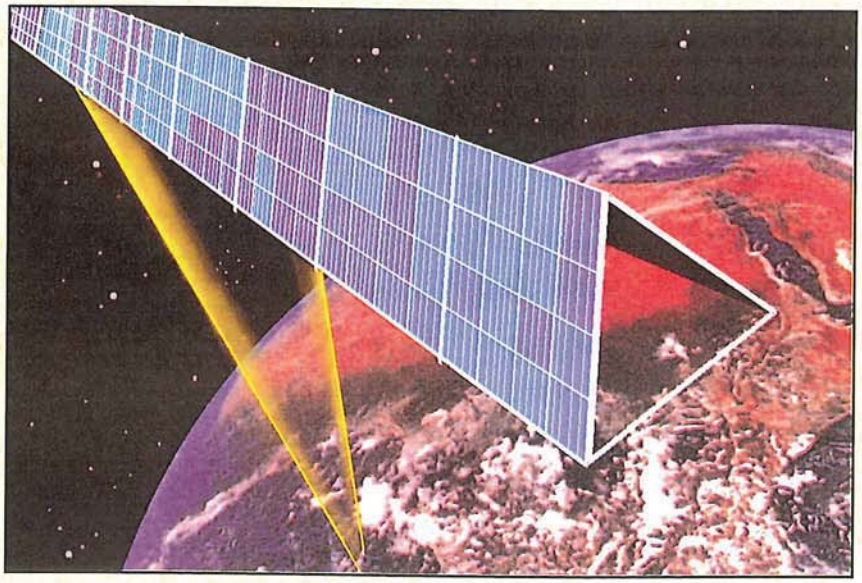


● شكل (٤) نظام طاقة شمسية فضائي مع جهاز تبريد خاص.

(الأمواج المترية ـ Microwaves) بوساطة مرسل الكتروني مزود بهوائي قطره كيلومتر واحد ويقع القمر الصناعي العملاق أو المحطة الفضائية في مدار ملائم قريب من سطح الأرض لبث هذه الأمواج إلى السطح حيث يتم استقبالها بوساطة هوائي قطره ٧ كيلو متر . وقد حسبت ـ نظرياً ـ القدرة المنتجة بهذه الطريقة في حدود عشرة آلاف ميجاوات (تيار متناوب لمدة ٢٤ ساعة متواصلة يومياً) دون حدوث انقطاع لأي أسباب جوية ، هذا وتصل كفاءة التحويل النظرية لمثل هذه المحطات في الوقت الحاضر إلى ٣١٪ ومن المتوقع أن تصل إلى ٦٩٪، وقد عرفت هذه التقنية باسم النقل الكهروفضائي (نقل الكهرباء من الفضاء إلى سطح الأرض).

أشارت دراسة نظرية أخرى صادرة عن وكالة الفضاء الأمريكية ناسا (NASA) أن بناء محطة فضائية للطاقة يحتاج إلى مجمع كهروضوئي ضخم تصل مساحته إلى ١٩,٢×٣,٨٥ كيلومتر مربع يقع في الفضاء على ارتفاع ٣٦ كيلو متر وتحت درجة حرارة تشغيلية ١٢٥°م ، وسوف يقوم هذا المجمع بإرسال طاقة إلى محطة الاستقبال الأرضية بصورة دائمة وغير متقطعة وتزيد كفاءة هذا المجمع بمقدار عشر مرات عن كفاءة مجمع كهروضوئي أرضي مماثل له في الحجم ، هذا ويتطلب بناء هذه المحطة أعمال إنشائية كبيرة يتراوح وزنها بين ٥ إلى ١٠ آلاف طن مع افتراض عمر تشغيلي حوالي ٣٠ عاماً .

وعلى الرغم من وضوح الفكرة الأساس لمحطات تحويل الطاقة الشمسية في الفضاء إلا أنه ما تزال هناك أموراً عديدة وصعوبات تقنية تحتاج إلى مزيد من البحث والتطوير أهمها تطوير نظام نقل القدرة بالطريقة الهوائية (Wireless Power Transmission- WPT) ، ورفع كفاءة الأجهزة المتعلقة بمولدات الأمواج المترية (Microwaves Generators -MWG) وذلك بهدف الحصول على تيار كهربائي



●شكل (٥) محطة طاقة شمسية فضائية بقدرة (١٠ميجاوات).

مستمر (DC) ويستفاد من ذلك في إمكانية الحصول على الكهرباء في كافة بقاع الأرض دون حاجة إلى تمديد خطوط نقل القدرة للأمواج المترية ، وبالفعل قامت شركة رايثون (Rithon) الأمريكية بتطوير نظام كهربائي لاسلكي في طائرة عمودية عام ١٩٦٤م يعتمد على تقنية نقل الطاقة هوائياً . كما قامت وكالة الفضاء الأمريكية ناسا(NASA) بتركيب هوائي خاص في مدينة جولد ستون - كليفورنيا وتركيب معدات وأجهزة إرسال حزم الأمواج المترية بتردد ٢,٤٥ جيجا هرتز (تعادل قدرة ٣٠ كيلووات)، وقد انتقلت هذه الأمواج لمسافة قدرها ١,٦ كيلومتراً، وقد تم تحويل طاقة هذه الأمواج مباشرة إلى تيار مستمر بكفاءة تصل إلى ٨٢٪.

وفي عام ١٩٨٧م قامت وزارة الاتصالات الكندية باختبار صغير ومحدود على طائرة مرتفعة جداً ، حيث تم تزويدها بالكهرباء عن بعد بوساطة تقنية الأمواج المترية .

من جهة أخرى بدأ العمل في بحث وتطوير تقنية محطات الطاقة الشمسية الفضائية في بداية الثمانينات من خلال برنامج مكثف تقوم به وزارة الطاقة الأمريكية بالتعاون مع وكالة الفضاء الأمريكية ناسا يتم من خلاله التركيز على دراسة الأمواج المترية والليزرية على اعتبارها تمثل جزءاً من طيف الإشعاع الكهرومغناطيسي الرئيس . وقد لزم لذلك الأمر التفكير جدياً في إنشاء نظام محطة فضائية بقدرة ٥ ميجاوات (٥ آلاف كيلووات) حيث يتم نقل الطاقة الناتجة عنها عبر الفراغ الجوي إلى سطح الأرض من خلال شبكة متقدمة تعتمد على مبدأ النقل الكهروفضائي .

وبالإضافة إلى ماسبق فقد قامت دول أخرى في أوربا واتحاد الدول المستقلة (روسيا الاتحادية) بمتابعة الموضوع وخاصة في حقل التطبيقات الممكنة لتقنية نقل الطاقة هوائياً (WPT) . وقد مثّل هذه الدول هيئات رسمية كوكالة الفضاء الأوربية وأكاديمية العلوم الروسية وغيرها . ومن آخر المستجدات في هذا الموضوع قيام معهد الطيران والعلوم الفضائية في اليابان بتطوير مولد أمواج مترية بقدرة ٩٠٠ وات ، حيث تم تبادل هذه القدرة بنجاح مع قمر صناعي تم إطلاقه سابقاً ، ومع ذلك لا تتوقع اليابان تشغيل ما يسمى بالمحطات الشمسية الفضائية الضخمة قبل عام ٢٠٤٠م.

وعلى الرغم من التقدم العلمي الأولي في مجال محطات الطاقة الشمسية الفضائية إلا أن هناك صعوبات تقنية ترتبط بآلية تشغيل هذه المحطات أهمها :-

* طبيعة الغلاف الجوي ومدى تأثيره على نقل الأمواج المترية .
* صعوبة تكلفة نقل أجزاء الأمواج المترية ومعدات المحطة الفضائية إلى المدار .
* صعوبة التنسيق المستمر بين القيادتين الأرضية والفضائية .
* صعوبة أعمال التشغيل والصيانة في المدار .
* شروط الأمن والسلامة للتجهيزات والطاقم الفضائي .

وسيساعد بمشيئة الله حل الصعوبات السابقة على إعداد الإجراءات اللازمة لزيادة فعالية العمل خارج المنصات وخارج المركبة الفضائية الأم ، وإنجاز الأعمال الإنشائية المطلوبة بكل حذر في المدار مما سيؤدي بدوره إلى تشغيل المحطة الشمسية الفضائية في صورتها المثلى .

حقائق عن الشمس

● الموقع :

أحد نجوم مجرة درب التبانة وتقع ع بعد ٣٣ ألف سنة ضوئية من مركز المجرة

● الكتلة :

١×١٠^٢٦ طن (٣٣٠ ألف مرة من كتلة الأرض

● المسافة من الأرض :

١٥٠ مليون كلم .

● درجة الحرارة :

تبلغ درجة حرارتها ١٥ مليون در مئوية في القلب و ٦ آلاف درجة مئوية السطح (تأتي الحرارة بسبب التفاعـ الإندماجية لغاز الهيدروجين) .

● أشكال الطاقة :

موجات كهرومغناطيسية تخترق ا الكوني لتصل إلى الأرض على شكل حرارة و

● التطبيقات الحرارية :

الأطباق المقعرة ، المركزات الط والأسطح المتصة للحرارة لتس - بكفاءة قصوى ٣٥٪ - في سخانات الطباخات الشمسية ، مجففات المحـ والأطعمة ، كهرباء بوساطة المحـ الحرارية المتصلة بالمولدات الكهربائية

● التطبيقات الضوئية :

الخلايا الكهروضوئية - كفاءة ٢٠٪ - تستخدم في الإنارة ، الإتص اللاسلكية ، ضخ المياه ، تحلية العلامات المرورية والإرشادية ، المركبات الفض

● ميزات الطاقة الشمسية :

عدم النضوب - بمشيئة الله وانعدام التلوث ، وسهولة صيانة الأجهزة المستخدمة، وقلة الضوضاء

● المشكلات الحالية :

التكلفة العالية ، ولكن من الم تنخفض ابتداءاً من عام ٢٠١٠ ا متناول اليد إن شاء الله تعالى .

● الطاقة الشمسية بالمملكة

تملك المملكة معدل إشعاع ش (٧٥, كيلوات/م٢) ، و بها أك عالمي لمادة السيليكون الذي يس صناعة الخلايا الكهروضوئية مساحة المملكة كاف لمد العا ١,٥مرة من احتياجه من الط معدلات عام ١٩٩٥) .

إنتاج واستخدامات طاقة الهيدروجين

م. يسن الصاعدي / م. مساعد القرني
م. عبد الله البعيز

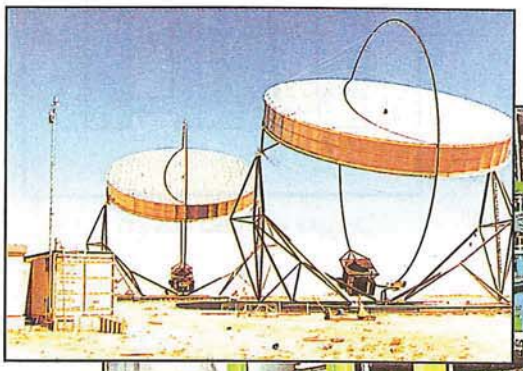
تشكل مصادر الطاقة التقليدية المستخدمة في الوقت الحاضر ـــ النفط والغاز الطبيعي والفحم والأخشاب وغيرها ـــ نسبة كبيرة من إجمالي الطاقة المستهلكة عالمياً. وحيث أن تلك المصادر آيلة إلى النضوب فضلاً عن أن لها بعض الآثار السلبية على البيئة فقد اتجهت الأنظار إلى البحث عن مصادر بديلة للطاقة من ضمنها الطاقة الذرية بشقيها الانشطاري والاندماجي، وتشكل الطاقة النووية الانشطارية في الوقت الحالي نسبة تبلغ ١٧٪ من إجمالي إنتاج الطاقة الكهربائية في العالم ، أما الطاقة الاندماجية فمازالت في مرحلة البحث . ونظراً لوجود بعض السلبيات المصاحبة لإنتاج الطاقة النووية خاصة الانشطارية فقد اتجه العلماء إلى إنتاج الطاقة الجديدة والمتجددة ، وتعد الطاقة الشمسية من أهم المصادر ، بل هي الأساس لكل أنواع الطاقة الجديدة والمتجددة . ورغم أن الطاقة الشمسية طاقة هائلة جداً إلا أن المستغل منها حالياً يشكل نسبة ضئيلة ، عليه تتجه الجهود إلى تحسين استغلال تلك الطاقة خاصة أثناء ذروة الإشعاع الشمسي ، ويعد إنتاج الهيدروجين بالطاقة الشمسية ثم استخدامه فيما بعد ، كطاقة نظيفة ، أهم تلك الجهود التي يركز عليها العلماء في الوقت الحاضر .

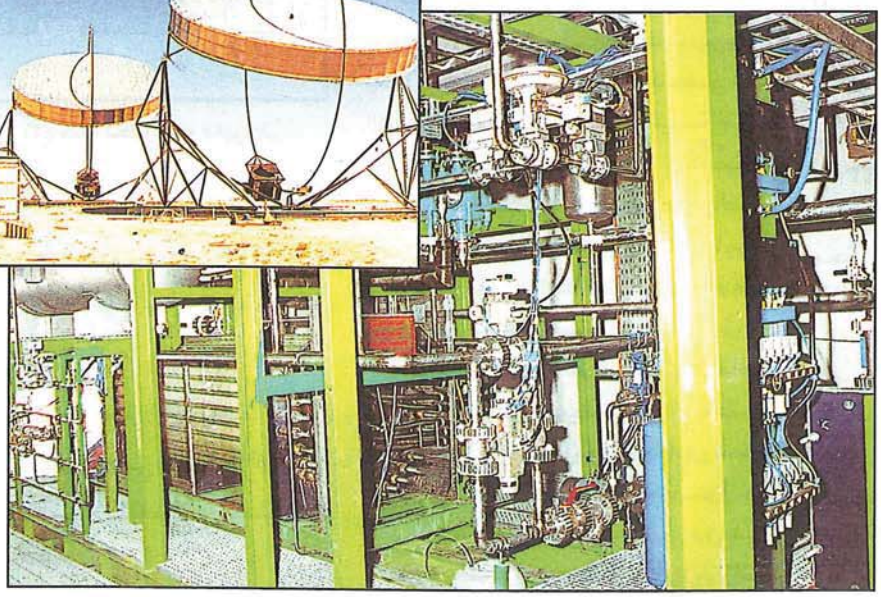
إنتاج الهيدروجين

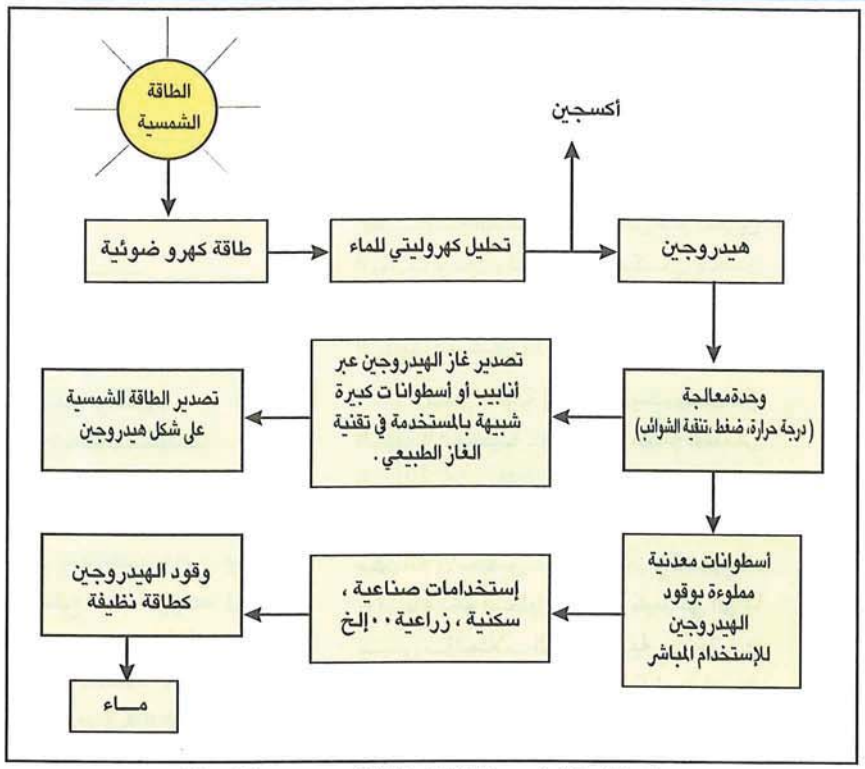
يعد الهيدروجين أخف العناصر التي تم اكتشافها في هذا الكون الذي أبدعه الخالق جل وعلا ، وقد اقترح عدد كبير من الخبراء والباحثين منذ عقود أن يكون الهيدروجين وقود المستقبل ، وذلك لأن احتراقه لايتسبب في الغالب في أي ملوثات بيئية ، ولكون المحتوى الحراري لاحتراقه يقارب ثلاثة أمثال المحتوى الحراري لنفس الكتلة من الوقود النفطي ، بل إن كاتب القصص العلمية المعروف (جول فرن) قد توقع قبل أكثر من قرن اشتقاق الهيدروجين من الماء وتوقع كذلك اتخاذه وقوداً للمستقبل بدل الفحم والأنواع الأخرى للوقود الأحفوري .

ازدادت أهمية الهيدروجين كوقود للمستقبل بازدياد الاهتمام بالطاقة الشمسية في الربع الأخير من هذا القرن ، ونبع الاهتمام بالهيدروجين في هذا المجال كونه يحل حلاً فعالاً مشكلة نقل وتخزين الطاقة الشمسية ، وتتمثل الصورة العملية لهذا الحل في استخراج الهيدوجين من الماء عن طريق التحليل الكهربي الناتج من الطاقة الشمسية ، ومن ثم تخزين الهيدروجين ونقله من مكان لآخر لاستخدامه عند الحاجة في مختلف التطبيقات ، شكل (١) .

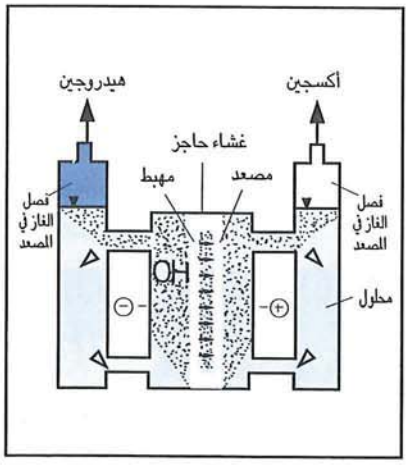
ترتكز تقنية إنتاج الهيدروجين من الطاقة الشمسية على تحويل أشعة الشمس إلى طاقة كهربائية باستخدام نظم الخلايا الكهروضوئية ومن ثم تحليل الماء إلى مكوناته الأساس ـ هيدروجين وأكسجين ـ بواسطة نظم التحليل الكهروكيميائي أي ما يسمى بالمحللات الكهروليتية ، وتحتوي المحللات الكهروليتية بشكل عام على سلسلة من الخلايا الكهروكيميائية وتحتوي كل خلية منها على قطبين مسطحين مصنوعين من معادن معينة مثل النيكل ، يسمى القطب السالب منها بالمهبط (Cathode) ، أما القطب الموجب فيسمى بالمصعد (Anode) ، يفصل القطبين غشاء موصل يتميز بخصائص كيميائية محددة مثل عدم تأثره بالوسط المحيط سواء إن كان حمضياً أو قلوياً إضافة لذلك ، يوجد







● شكل (١) مخطط مبسط لتقنية طاقة الهيدروجين في المستقبل.



● شكل (٢) خلية تحليل الماء الكهربائي.

الماء في كل خلية كسائل تحليل. ويضاف للماء عادة مادة قلوية مثل هيدروكسيد البوتاسيوم (KOH) لزيادة كفاءة التحليل الكيميائي.

يوضح الشكل (٢) كيفية عمل المحلل الكهروليتي لتحليل الماء حيث تتضمن العملية التفاعلات الكيميائية التالية :-

التفاعل في المهبط :

$$2H_2O + 2e^- \longrightarrow H_2 + 2OH^-$$

التفاعل في المصعد :

$$2OH^- \longrightarrow \frac{1}{2} O_2 + H_2O + 2e^-$$

التفاعل النهائي :

$$H_2O \longrightarrow H_2 + \frac{1}{2} O_2$$

يلاحظ بأنه لدى مرور تيار كهربائي مستمر في خلية المحلل فإن الهيدروجين - يحمل الشحنات الموجبة - يتجمع عند القطب السالب (المهبط) لخلية المحلل الكهربائية، في حين يتجمع الأكسجين - يحمل الشحنات السالبة - عند القطب الموجب (المصعد) وذلك على شكل فقاعات غازية، ويفصل الغشاء الحاجز بين غاز الهيدروجين والأكسجين. ويتم فصل كل غاز عن المحلول الناتج في الغرفة الخاصة بفصل الغازات، ثم يعود سائل المحلول ثانية إلى خلية المحلل لإعادة الدورة مرة أخرى وهكذا، وبعد الحصول على الهيدروجين يتم تخزينه إما على شكل سائل مضغوط أو على شكل غاز في خزانات أو اسطوانات تحت ضغوط مختلفة حسب نوع الاستخدام أو التطبيق.

إنتاج الهيدروجين بالمملكة

على الرغم من أن المملكة تمتلك إمكانيات هائلة من الطاقة النفطية إلا أن ذلك لم يمنعها من البحث عن مصادر بديلة للطاقة خاصة وأنها تقع في منطقة جغرافية غنية بالطاقة الشمسية. وتعد المملكة رائدة في مجال تقنية الطاقة الشمسية حيث توجد القرية الشمسية بالعيينة قرب مدينة الرياض، وهي تابعة **لمدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية**، وتُعد من أشهر المجمعات الكهروضوئية المعروفة دولياً. وتبلغ الطاقة الإنتاجية لهذا المجمع ٣٥٠ كيلوات، وقد تم ربط هذا المجمع مع محطة إنتاج الهيدروجين التجريبية الواقعة في القرية.

تهدف المحطة التجريبية لإنتاج الهيدروجين - بالقرية الشمسية - إلى تجريب جميع خطوات إنتاجه بالطاقة الشمسية وطرق استخدامه حتى يتم التحقق من صحة التصميم وجودة أداء الأجهزة وستساعد - إن شاء الله - نتائج التشغيل المستمرة في المحطة في تحسين تصاميم مكونات المحطة في المستقبل لإنتاج الهيدروجين وتصنيع أجهزة ومعدات خاصة للاستخدامات المنزلية والصناعية وغيرها.

تمثل المحطة التجريبية لإنتاج الهيدروجين في العيينة نموذجاً لإنشاء محطة ذات قدرات عالية (أكثر من ٣٥٠كيلوات) لإنتاج الهيدروجين، حيث يمكن للخبرات الفنية المدربة تصميم محطات أكبر لأغراض إنتاج الطاقة في المناطق النائية، أو تصميم محطة مركزية كبيرة مكونة من مجموعة من المحطات الصغيرة الموزعة تقارب قدرة كل منها قدرة المحطة التجريبية الحالية. كما تمثل المحطة إحدى أوجه التعاون بين دولتين تسعيان على إيجاد السبل الكفيلة للاستفادة من الطاقة الشمسية، تلك الدولتين هما المملكة العربية السعودية وألمانيا الاتحادية.

تعمل الدولتان تحت مظلة اللجنة السعودية الألمانية المشتركة للتعاون الفني والاقتصادي من خلال برنامج هايسولار (Hysolar) ـ أخِذ من كلمتي Hydrogen و Solar ـ للاستفادة من الطاقة الكهروضوئية (قدرة ٣٥٠ كيلوات) في إنتاج الهيدروجين بالمحطة التجريبية بالقرية الشمسية .

● برنامج هايسولار

يهدف برنامج هايسولار الذي يتم تنفيذه من خلال التعاون بين المملكة وألمانيا إلى التالي :

ـ تحديد المتطلبات العلمية والفنية الأساسية والضرورية لإنتاج الهيدروجين بالطاقة الشمسية والاستفادة منه في المستقبل .

ـ اختيار وتقويم التقنيات المتوفرة ، والتي قد تصمم في المستقبل لغرض إنتاج الهيدروجين بالطاقة الشمسية .

ـ وضع أسس لتعاون طويل الأجل في مجال أبحاث الهيدروجين المنتج بالطاقة الشمسية بين المملكة العربية السعودية وجمهورية ألمانيا .

يتكون البرنامج ـ بدأت المرحلة الأولى منه عام ١٩٨٦م ـ من ستة برامج فرعية تتعلق بإنتاج وتخزين واستخدام الهيدروجين المنتج، هي كما يلي :

١ـ تصميم وإنشاء وتشغيل محطة تجريبية لإنتاج الهيدروجين بالطاقة الشمسية بقدرة ٣٥٠ كيلووات من الطاقة الكهروضوئية على أن تكون في موقع القرية الشمسية بالعيينة .

٢ـ القيام بالاختبارات والأبحاث على أنظمة لإنتاج الهيدروجين بقدرة إجمالية تبلغ ١٠ كيلو وات من الطاقة الكهروضوئية (محطة تجريبية) . على أن تكون في مختبرات مؤسسة أبحاث الفضاء الألمانية في مدينة شتوتجارت.

٣ـ القيام بالاختبارات والأبحاث على نظام لإنتاج الهيدروجين بالطاقة الشمسية بقدرة ٢ كيلووات (محطة بحثية) . وذلك في موقع جامعة الملك عبد العزيز بجده .

٤ـ القيام بأبحاث أساس متعلقة بالهيدروجين المنتج بالطاقة الشمسية تقوم به بعض الجامعات السعودية بالاشتراك مع جامعة شتوتجارت الألمانية .

٥ـ دراسة أنظمة إنتاج واستخدام الهيدروجين المنتج بالطاقة الشمسية .

٦ـ القيام بدورات تدريبية ، وتبادل العلماء والفنيين بين الجانبين .

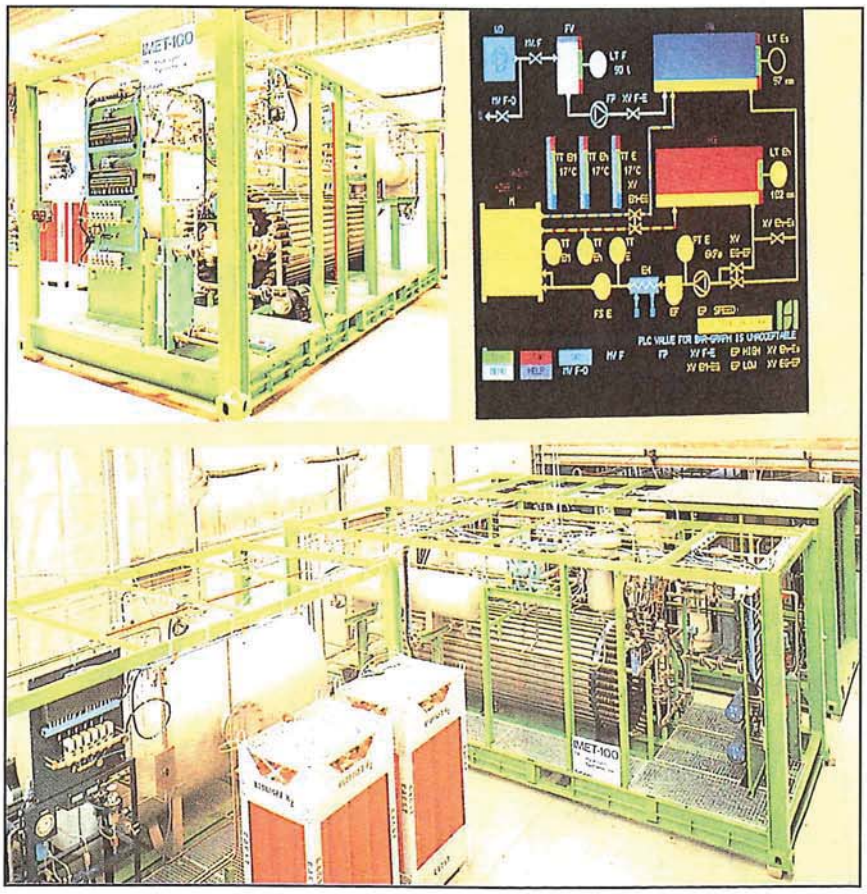
البند	المواصفات
الطراز (TMET 100)	محلل ماء قلوي يستخدم الطاقة الكهروضوئية
تصميم الخلية	ـ غشاء رقيق خالٍ من الإسبستوس يعمل عند درجة حرارة ١٠٠أم ـ لاتوجد مسافة بين الأقطاب .
عدد الخلايا	٨٠خلية موصلة على التوالي يمكن زيادتها عند اللزوم.
جهد التشغيل	٣٠٠ فولت تيار مستمر (D.C)
الضغط	٨ وحدات ضغط جوي
معدل الإنتاج	٤١م٣ / ساعة
الإنتاج السنوي	١٧٠,٠٠٠م٣
العمر التقديري	٢٠ سنة

● جدول (١) مواصفات المحلل المائي الكهربائي بالمحطة التجريبية

● محطة إنتاج الهيدروجين

تشتمل المحطة على المجمعات الكهروضوئية والمحلل الكهربائي وأجهزة تحكم .

تقوم المجمعات الكهروضوئية بتزويد المحلل الكهربائي بالتيار الكهربائي المستمر (Direct current-DC) . ويعمل المحلل الكهربائي وفق الظروف الشمسية المتغيرة وذلك بغرض رفع الكفاءة الكلية ، وخفض أعمال التشغيل والصيانة ، وإمكان العمل في الظروف الشمسية المتغيرة ، وتحضير



● شكل (٣) المحطة التجريبية لإنتاج الهيدروجين.

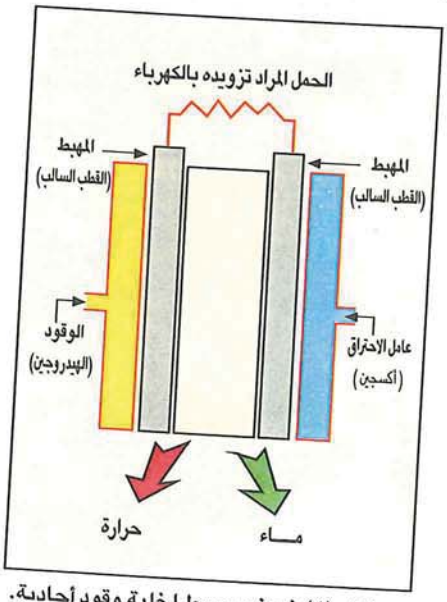
الهيدروجين بطريقة تجعله جاهزاً للاستعمال .

ويوضح جدول (١) مواصفات المحلل المائي الكهربائي المستخدم في المحطة التجريبية ، كما يوضح شكل (٣) المحلل المائي الكهربائي ، ويحتوي المحلل المائي الكهربائي على ثلاث حاويات ، تحوي الأولى منها الأجهزة المساعدة (لوحات التوزيع والتحكم وأجهزة ومعالجة الماء ، بينما تحوي الثانية المحلل وأجهزة فصل وتجفيف الهيدروجين ، أما الحاوية الثالثة فتحوي أجهزة معالجة الغاز وتخزينه وتعبئته .

استخدامات الهيدروجين

يستخدم الهيدروجين بصفة أساس كوقود نظيف حيث لا ينتج عن استخدامه (حرقه) أي ملوثات بيئية بل إن الناتج الأساس لحرقه هو الماء .

يستفاد من طاقة الهيدروجين في تطبيقات عديدة مثل المحركات بأنواعها وتوليد الكهرباء والاحتراق الحفزي وغيرها من التطبيقات الخاصة باستغلال الطاقة ، ويمكن استعراض بعض تلك التطبيقات من خلال ما ساهمت به **مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية** في إطار البرنامج السعودي الألماني المشترك لإنتاج واستخدام الهيدروجين من الطاقة الشمسية (هايسولار - Hysolor) .



● شكل (٤) نموذج مبسط لخلية وقود أحادية.

● خلايا الوقود

تعد خلايا الوقود من أكفأ وسائل توليد الكهرباء وأقلها ضجيجاً وإحداثاً للتلوث لعدم احتوائها على أجزاء ميكانيكية متحركة ، ولكون أن الناتج الوحيد من تشغيلها هو الماء ، وقد تصل الكفاءة الإنتاجية الإجمالية لخلايا الوقود إلى ٨٥٪ ، كما أنها تحتاج إلى أقل قدر من تكاليف الصيانة والتشغيل .

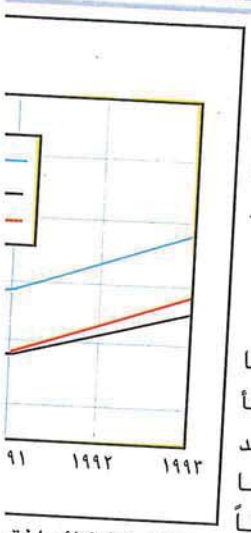
تعمل خلايا الوقود بمبدأ احتراق الهيدروجين في وجود عامل تحليل قلوي أو حمضي لتوليد طاقة كهربائية وذلك وفقاً للمعادلة التالية :

جزيء هيدروجين + نصف جزيء أكسجين ⟵ ماء + طاقة حرارية + طاقة كهربائية.

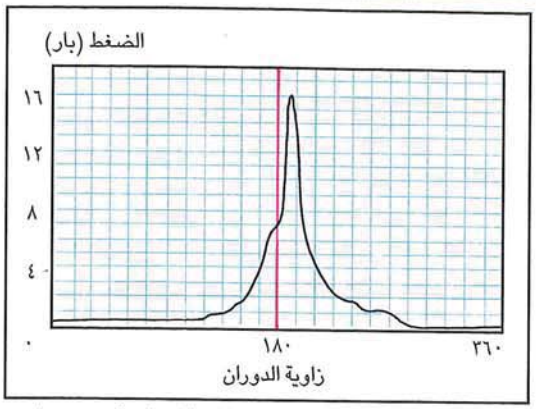
ويوضح شكل (٤) الفكرة الأساس لخلية وقود يستخدم فيها حامض الفسفو كسائل تحليل .

بدأت الأبحاث الخاصة بخلايا الوقو **بمدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية** بداية عام ١٩٩١م ، وتم آنذاك اختيار خلا الوقود ذات الحمض الفوسفوري من الأنواع الأخرى لأسباب كثيرة من أهم مايلي :

- انتشار تقنيتها عالمياً بشكل يمكّن المقارنة والتحليل الصحيح أثناء الدراس والتصميم .
- توسط درجات حرارة تشغيلها ، (١٠٠-٢٠٠م).
- توفر أغلب المكونات والخبرات الأس لتصنيعها واختبارها في المملكة .



● شكل (٥) نتائج اختب



● شكل (٦) منحنى الضغط لمحرك بالمدينة يعمل بالهيدروجين.

سكانياً وجغرافياً .

- محطات الإمداد الكهربائي الإحتياطي في المصانع والفنادق والمستشفيات وغيرها.

- المحطات الرئيسة لتوليد الكهرباء (على المدى البعيد) .

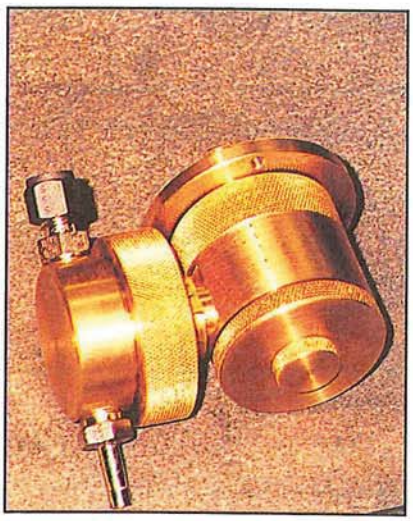
● آلات الإحتراق الداخلي

تستخدم آلات الإحتراق الداخلي ذات الدورة الحرارية المغلقة في شتى التطبيقات منذ مايزيد على قرن من الزمن ، ويمكن تلخيص مبدأ أدائها في أنها تحول طاقة الوقود الكيميائية إلى طاقة حركية تستغل مباشرة في تسيير الكثير من وسائط النقل المختلفة كالسيارات والقاطرات والسفن والطائرات ، بالإضافة إلى محطات توليد القدرة الكهربائية ذات الحجم الصغير والمتوسط .

بدأت المحاولات الجادة لاستخدام الهيدروجين كوقود لآلات الإحتراق الداخلي في الأربعينيات من القرن الميلادي الحالي ، وتم تحويل عدد من السيارات في ألمانيا وبريطانيا في ذلك الوقت من الوقود النفطي إلى الهيدروجين بنسبة نجاح مشجعة ، وبعد الحرب العالمية الثانية تباطأت الخطوات العملية في هذا المسار ، ولم يستأنف البحث العلمي والتطبيق التجريبي لتشغيل السيارات (آلات الإحتراق الداخلي) إلا منذ بداية الثمانينيات ، وكان هذا مصاحباً في الغالب للتوجهات الجديدة لتوليد الهيدروجين بالطاقة الشمسية واستخدامه كوقود .

شُرع في جهود تشغيل آلات الإحتراق الداخلي بالهيدروجين في المدينة مع بداية عام ١٩٩٠م ، وشكلت هذه المهمة في بدايتها تحدياً تقنياً واجهة الباحثون بالمدينة بعزيمة تكللت بالنجاح ولله الحمد ودون مساعدة خارجية ، ولزم لنجاح هذا التعديل ابتكار عدد من حواقن الوقود ومنظمات السريان المختلفة . وبعد تحسينات عديدة واختبارات مكثفة على هذه الحواقن والمنظمات تم اختيار أفضلها لتشغيل آلة احتراق داخلي بقدرة ٨ حصان ، وأخرى بقدرة ١١ حصان ، وكان نظام الإمداد بالهيدروجين مصمماً بطريقة تؤدي إلى الحقن المباشر للوقود (الهيدروجين) في غرفة الإحتراق ، وتقلل هذه الطريقة إلى حد كبير الظواهر السلبية لاحتراق الهيدروجين في آلات الإحتراق الداخلي ، ولعل من أهم الظواهر التي تم تفادي حدوثها إلى حد كبير ظاهرة الاحتراق الارتدادي (Flash Back Combustion) وظاهرة الخبط (Knocking) ، ويوضح الشكل (٦) خلو منحنى الإحتراق من أي من هذه الظواهر السلبية، وذلك في دورة احتراق واحدة سجلت عشوائياً خلال تشغيل إحدى الآلات التي تم تعديلها .

توضح الصورة رقم (١) أحد نماذج منظمات سريان الهيدروجين التي تم تصميمها وتصنيعها في المدينة ، بينما توضح الصورة رقم (٢) إحدى آلات الاحتراق الداخلي التي

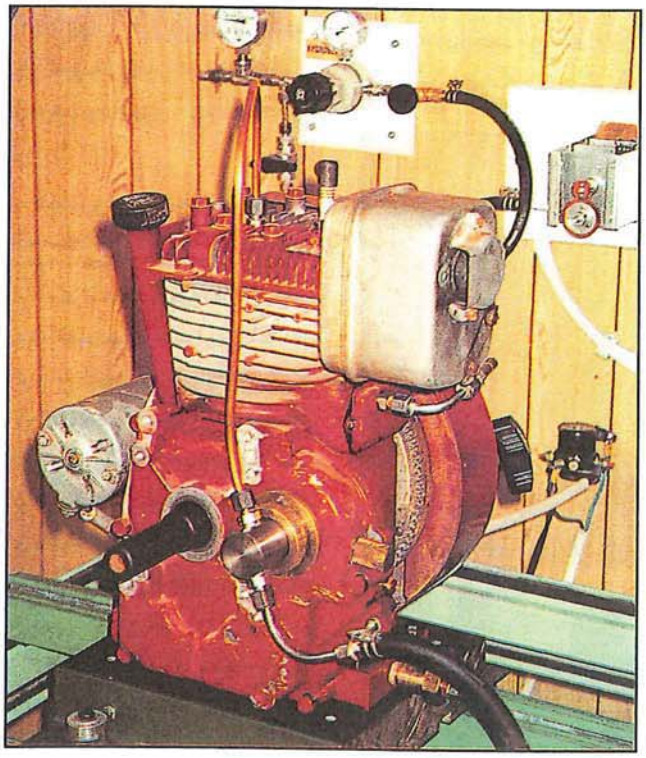


●صورة (١) أحد منظمات سريان الهيدروجين.

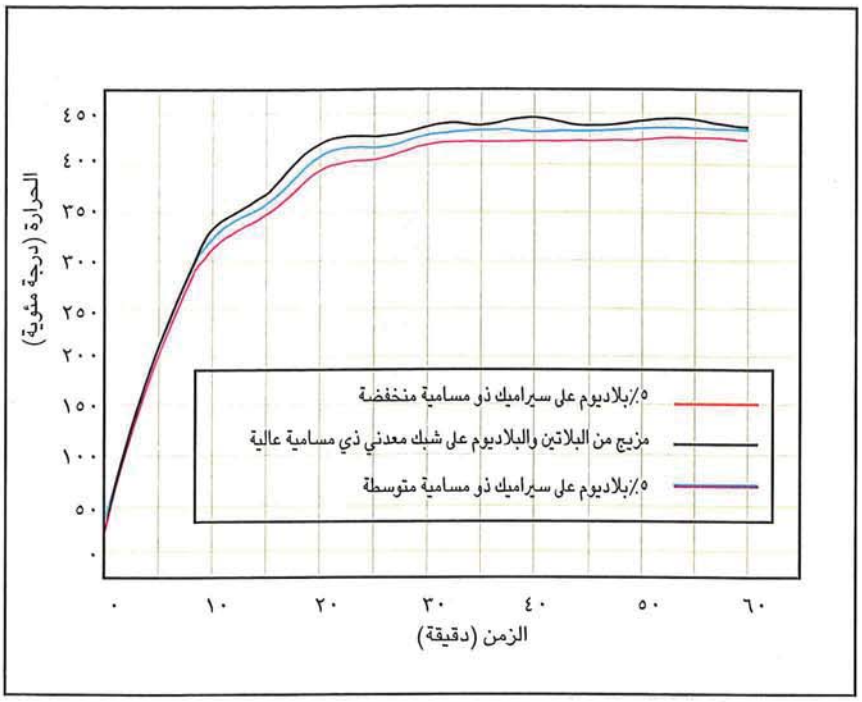
تم تعديلها واختبارها بنجاح ، حيث تبرز بوضوح مكونات نظام الإمداد بالهيدروجين وحقنه مباشرة في غرفة احتراق المحرك .

● تطبيقات الإحتراق الحفزي

يمثل الإحتراق الحفزي أحد أفضل الطرق وأكثرها أماناً للإستفادة من الهيدروجين خاصة في التطبيقات المنزلية ، ويحدث الإحتراق الحفزي - في الغالب - على



● صورة (٢) محرك احتراق داخلي بالمدينة يعمل بالهيدروجين .



● شكل (٧) نتائج المقارنة لبعض المواد المحفزة (١٠٠لتر٣ /ساعة عند ضغط٠,٢ بار.

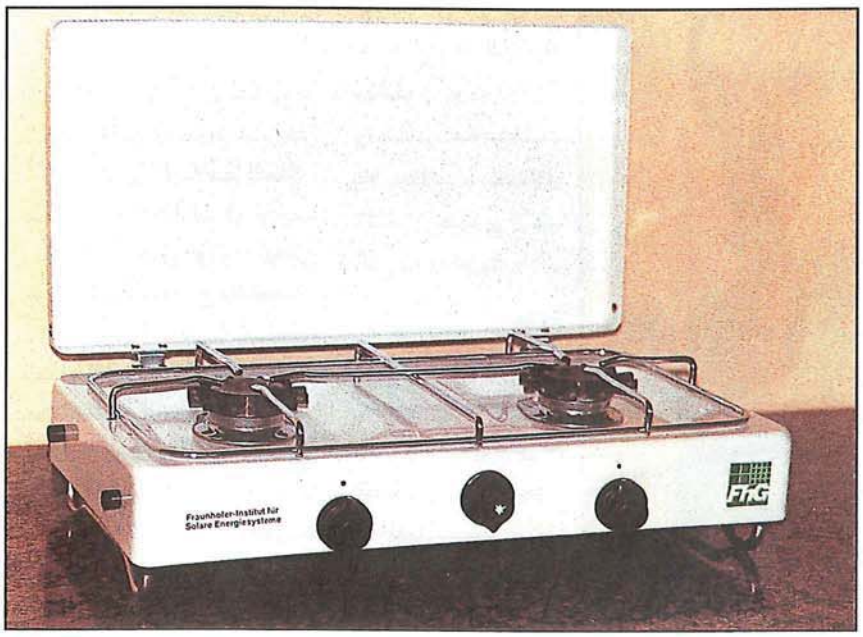
هيئة تفاعل كيميائي متوسط الحرارة دون وجود لهب أو حاجة إلى وسيلة إشعال ، ويتم هذا بفضل استخدام إحدى المواد المحفزة كعامل يساعد على تفاعل الهيدروجين مع الهواء عند درجات حرارة تتراوح بين ١٠٠ إلى ٨٠٠°م ، ويحدث ذلك بمجرد مرور الهيدروجين على هذه المادة المحفزة في وجود الهواء ، وذلك حسب التفاعل التالي :

جزيء هيدروجين + نصف جزيء أكسجين $\xrightarrow{\text{مادة محفزة}}$ حرارة + جزيء ماء.

من أهم المواد المحفزة التي يتم استخدامها لتوليد الحرارة بتفاعل الهيدروجين مع الهواء عناصر البلاتين والبلاديوم ، وتستخدم كذلك أكاسيد بعض المواد كالنحاس و لكن بكفاءة أداء أقل ، ولكي تكون المادة المحفزة في شكل مثالي للإستخدام ، فإنه يتم ترسيبها على سطح إحدى المواد الحاملة من خلال مسامات بنسب تتراوح بين ٣٪ إلى ٨٪ من وزن المادة الحاملة التي تكون غالباً من السيراميك ذو المسامات وذلك لضمان الحصول على أكبر مساحة ممكنة لترسيب المادة المحفزة والإستفادة منها .

يتم التفاعل دون لهب ، وعند درجات حرارة متوسطة تزيد وتنقص تبعاً لزيادة ونقصان ضغط الهيدروجين ومعدل سريانه ، وعندما تكون المادة الحاملة ملاصقة لحاقن الهيدروجين فإن امتزاج الهيدروجين مع الهواء يكون داخل مسامات المادة الحاملة ، وبهذا تنتفي إمكانية حصول الإحتراق خارج نطاق هذه المادة ، وهذا بدوره يعني الأمان الكامل أثناء التفاعل ، والقضاء على وجود ظاهرة الإحتراق الإرتدادي التي يشتهر بها الهيدروجين أكثر من غيره ، ويضاف إلى هذه الميزة أن وجود المادة المحفزة يقضي على أي احتمال لتسرب الهيدروجين وتراكمه بشكل يسبب الإنفجارات والحرائق غير المتوقعة .

ساهمت مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية مساهمة جيدة في مجال الأبحاث التطبيقية للإحتراق الحفزي للهيدروجين ، وقد تم في هذا الشأن اختبار عدد من الوسائل المنزلية التي تستخدم طريقة الإحتراق الحفزي ، ولعل من أهم هذه الوسائل الطباخات ، والثلاجات الإمتصاصية . كما قام الباحثون في المدينة بتصميم عدد آخر من هذه الوسائل أهمها المولدات الكهروحرارية ، وهي أجهزة تولد الكهرباء مباشرة عند تزويدها بالحرارة الناتجة من الإحتراق الحفزي ، وقد جرى في هذا الخصوص اختبار وتصنيف وتقويم عدد من المواد المحفزة لاختيار أنسبها وأفضلها أداءً ، ويوضح شكل (٧) نتائج المقارنة لبعض عينات هذه المواد .



● طباخ يعمل بالإحتراق الحفزي للهيدروجين.

مع المزيد من فوائد حليب الأم

ليس هناك خلاف في أن الرضاعة الطبيعية لها فوائد عديدة . فهي بجانب أنها تقوى الرابطة الحميمة بين الطفل وأمه فإنها تساعد على انتقال مجموعة من الأجسام المضادة للأمراض إلى الطفل فتحميه من الأمراض لحين استكمال جهازه المناعى ، بجانب ذلك يتفق علماء الأحياء الدقيقة على أن فوائد الرضاعة الطبيعية تتعدى ماذكر سابقاً ولكنها لم تكتشف بعد .

أخيراً أعلنت مجموعة من علماء الأحياء التجريبية في مؤتمر عُقد بولاية اتلانتا بالولايات المتحدة الأمريكية أن لبن الأم يزود الطفل ليس فقط بالأجسام المضادة ولكن بمجموعة من المواد المقاومة للتلوث (Infection - Fighting Agents) ومن ذلك مثلاً أحماض الشبكية (Retinoic Acids) إحدى مشتقات فيتامين (أ) التي اتضح أن لها أثراً في حماية الأطفال من فيروس القوباء (Herpes Virus) . ففي دراسة قام بها **شارلس اسحق** (Charles E. Isaacs) ومجموعته في معهد نيويورك للعلوم الأساس تم تعريض مجموعتين من الخلايا إلى فيروس القوباء . ثم معاملة إحدى المجموعتين بأحماض الشبكية من نوع (Beta Carotene Retinoic Acid) أو أي من مشتقات فيتامين (أ) المستخلصة من لبن الأم أما المجموعة الثانية فكانت عينة عيارية لم يجر معاملتها . وقد أظهرت نتائج التجربة الكفاءة العالية لأحماض الشبكية في الحد من نمو الفيروس ، فمثلا بعد مضى ٤٨ ساعة وصل معدل نمو الفيروس في المجموعة غير المعاملة بالأحماض الشبكية إلى ١٠ آلاف ضعف نموه في المجموعة المعاملة بتلك الأحماض . ويشير اسحق إلى أن أحماض الشبكية لم تقتل الفيروس ولكنها أبطأت معدل تكاثره ، وفي هذه الحالة فإنها ساعدت الجهاز المناعى في القيام بعمله ،فعلى سبيل المثال فإن وجود تلك الأحماض في الجسم سوف يهيء الفرصة لجهاز المناعة لمقاومة ٥٠ فيروس بدلاً من مقاومة ١٠٠ ألف فيروس فيما لو ترك المجال لتكاثر تلك الفيروسات .

وفي دراسة أخرى لكشف ما أوجده الله جلت قدرته من فوائد لحليب الأم قام **أولى هيرنل** (Olle Hernel) بجامعة أوميا (Omea) بالسويد بدراسة أثر الجليكوبروتين كابا ـ كاسين (Glyco Protein Kappa - Casein) ـ إحدى البروتينات الموجودة في حليب الأم ـ على مكافحة بكتيريا هيلوكوباتر بايلوري (Helico Bater Pylori) المسببة لقرحة المعدة في الأطفال والكبار على السواء .

وقد أظهرت الدراسة أن خلايا المعدة المعاملة بالبروتين المذكور لم تنمُ فيها تلك البكتيريا ، ويعتقد **بولونردال** (Bo Lonaerdal) من جامعة كاليفورنيا ديفس وأحد الباحثين المشاركين في التجربة المذكورة أن لبن الأم ربما أدى أيضاً إلى غسل معدة الطفل من تلك البكتيريا وبذلك تمت حمايته من القرحة ، ويضيف **لونردال** أنه رغم أن حليب الأبقار يحتوى على كمية أعلى من بروتين الكابا كاسين الموجود في حليب الأم إلا أنهما مختلفان في التركيب ، وأن نوع البروتين الموجود في حليب الأم له تلك الخاصية في مكافحة البكتيريا .

يحتوى لبن الأم كذلك على كميات كبيرة من جزىء هام في مكافحة الإلتهابات يسمى انترليوكين ـ ١٠ (Interleukin - 10) ، ففي دراسة أولية قام بها **روبيرتو قاروفالو** (Roberto Garofalo) ومجموعته بجامعة تكساس يرى أن تناول حليب الأم للأطفال الصغار ذو أهمية بالغة في تزويد الجسم بكمية كافية من انترليوكين ـ ١٠ لمكافحة أي التهابات ـ خاصة التهاب المعدة ـ إذ أن جسمه الصغير قد لا يملك الكمية الكافية منه في هذا العمر ، ومما يؤكد هذا الإعتقاد أن لبأ (أول حليب) الأم يحتوى على كمية كبيرة من انترليوكين ـ ١٠ .

وهكذا تتضح عناية الخالق عز وجل ولطفه على عباده فيما وضع من أسرار في لبن الأم هيأ لنا أن نعرف بعضها عن طريق وسائل العلم الحديث وسيتكشف لنا المزيد من فوائد هذا السائل العجيب في مقبل الأيام إن شاء الله .

● المصدر :

Science News, April 1995, Vol. 147, P. 231 .

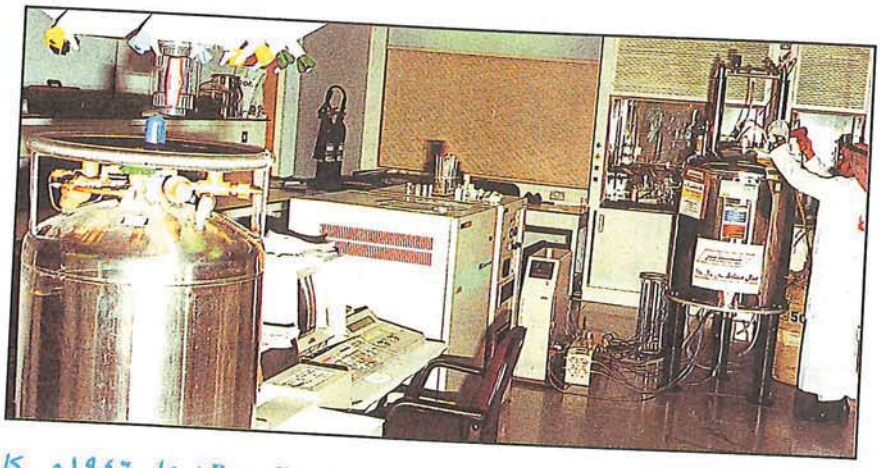
كيف تعمل الأشياء

الطنين النووي المغناطيسي

Nuclear Magnetic Resonance

(NMR)

د. عدلي فضل العطار



تمكن الفيزيائيان بارسيل وبلوخ(Purcell and Bloch) عام ١٩٤٦م - كل على انفراد - من إكتشاف ظاهرة الطنين (الرنين) النووي المغناطيسي وأنتج أول جهاز لاحداث هذا الطنين وقياس طيفه عام ١٩٥٣م ؛ ومنذ ذلك الوقت تستخدم هذه الظاهرة للتعرف على بنية المركبات المختلفة بما فيها العضوية حيث يمكن من خلالها التعرف على البنية فائقة الدقة (Hyperfine Structure) لهذه المركبات .

مبدأ عمل الجهاز

يعمل الجهاز على مبدأ البَرْم (Spin) النووي حيث أن كمية الحركة الكلية للنواة - الزخم - تتكون من محصلة زخم البروتونات والنيوترونات التي تكونها ويطلق على الزخم الكلي للنواة - تجاوزا - البرم الكلي للنواة ، ويتخذ هذا البرم أعدادا صحيحة أو نصف صحيحة (مقيسة بوحدات بلانك) تبعا للعددالكتلي للنواة . فإذا كان العدد الكتلي فرديا يكون البرم الكلي لها مساويا $\frac{١}{٢}$ ، أو $\frac{٣}{٢}$ ، أو $\frac{٥}{٢}$ ، .... أما إذا كان هذا العدد زوجياً فيكون البرم الكلي للنواة مساويا صفر أو ١ ، أو ٢ ، أو ٣ ، .... أي عددا صحيحا . ويرتبط البرم الكلي للنواة بعزم مغناطيسي كلي لها يعتمد على قيمة البرم . ويتفاعل العزم المغناطيسي للنواة مع المجالات المغناطيسية الخارجية . وتتحرك الإلكترونات في الذرة حركتين احداهما دورانية حول مركز النواة بزخم زاوي يتخذ قيماً صحيحة بوحدات ثابت بلانك ، والأخرى ذاتية لكل الكترون حول محور معين ، ويتخذ مسقط البرم الذاتي للالكترون على هذا المحور $\pm \frac{١}{٢}$ مقيسا بنفس الوحدات . ويتحدد مستوى الطاقة للذرة ككل من طاقات الكتروناتها ، ويمكن أن يتغير مقدار هذه الطاقة لذرة معينة عند

إنتقال أي من
آخر ، أو عند
البرم بسبب و
الإنقلاب .

وعند وض
مغناطيسي ش
الدقة لوض
لتفاعل المجا
فيحدث إض
الذرية مم
الإلكترونية
وعندما يتخ
المؤثر على ا
ينقلب برم ا
العكس ، و
هذه الظروف

ف

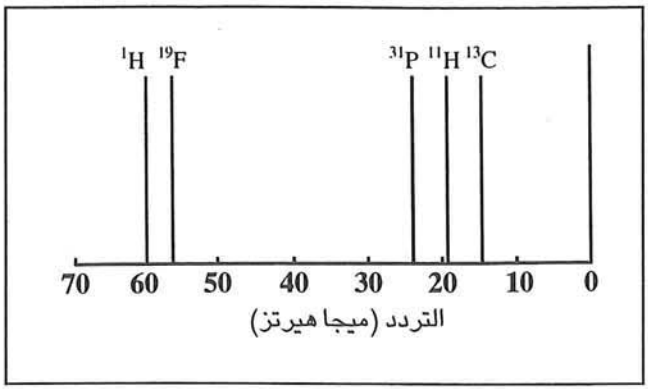
تق
على التأثر
وترددات
الدقة لل
الأطياف
الإلكترون
الناتج
الإستدلا

تخت
المولدة
المؤثرة .
طيف الب
أكثر أن
العض
المركبا
ول

مغناطيسي لمادة ما يجب أن تمتص هذه المادة طاقة معينة حتى تقلب (Flip) برم النواة (البروتون) ، ويمتص البروتون الموجود في المستوى ذي الطاقة المنخفضة طاقة إضافية ليقفز إلى مستوى طاقي أعلى ، وتسمى عملية الإمتصاص هذه عند الظروف المعينة الطنين المغناطيسي ، ويمكننا القول بأن كل نواة تطن عند تردد محدد ، ويوضح الشكل (١) ترددات الطنين لنوى نموذجية .

تطبيقات الجهاز

يستخدم جهاز الطنين النووي المغناطيسي (NMR) بصفة عامة في معرفة الصيغ البنائية للمركبات العضوية في العديد من المجالات مثل الكيمياء العضوية والحيوية ، وفي دراسة ومعرفة تركيب المواد الفعَّالة في الأعشاب الطبية ، وفي تحضير الأدوية مخبرياً والتأكد من مطابقة الأدوية المحضرة صناعياً مع المنتجه طبيعياً ، وذلك بمقارنة التركيبات والبنى الدقيقة الموجودة في كلا النوعين . كما يستخدم الجهاز لإكتشاف بعض الأمراض السرطانية في الدماغ .



● شكل (١) ترددات رنين لنوى نموذجية .

أجزاء الجهاز

يتألف جهاز الطنين النووي المغناطيسي ، شكل (٢) ، من عدة أجزاء أهمها :

● مغناطيس

يعد المغناطيس (Magnet) المكون الأساس لجهاز (NMR) ، حيث تتوقف كفاءة الجهاز ودقته في فصل الأطياف على شدة المجال المغناطيسي ، فكلما زادت شدته زادت دقته في فصل أطياف العينة ليعطى تفسيراً أفضل للنتائج . ويوجد نوعان من المغناطيس هما : ـ

النوع الأول : وهو إما دائم (Permanent) أو كهربائي (Electromagnet) وكلاهما بشدة مجال ٦٠ ميجاهرتز ، أو ١٠٠ ميجاهرتز .

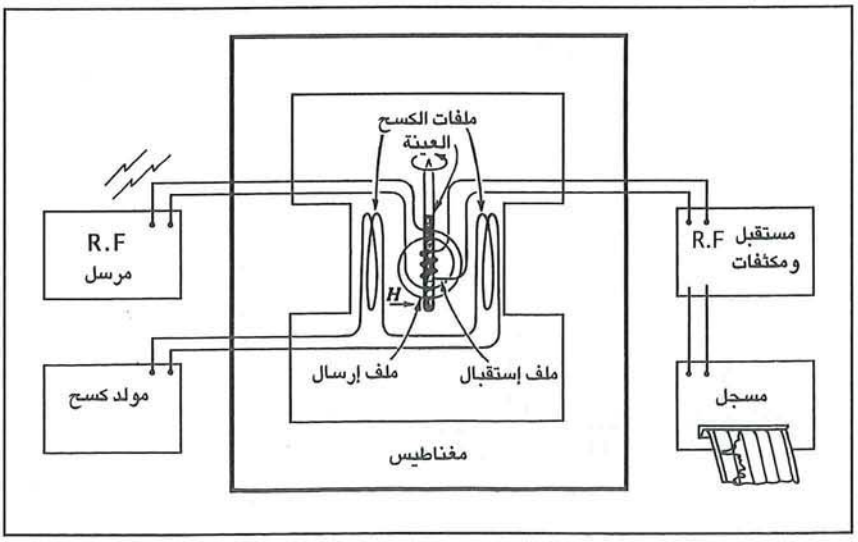
النوع الثاني : ويتميز بأنه فائق التوصيل بترددات عالية تتراوح بين ٢٠٠ إلى ٨٠٠ ميجاهرتز .

● مولد الطاقة الكهرومغناطيسية

يقوم مولد (مرسل) الطاقة الكهرومغناطيسية (Radio Frequency Transmitter - RFT) ببث موجات كهرومغناطيسية ذات ترددات معينة ويمكن التحكم في ترددها وسعتها عند اللزوم عن طريق ملف فلزي يوضع في حاوية العينة الموضوعة بين قطبي المغناطيس بحيث يكون عمودياً على اتجاه المجال المغناطيسي ، ومن ثم تخضع العينة لمجال مغناطيسي دوَّار ـــ نتيجة لدوران حاوية العينة بين قطبي المغناطيس ـ مما يؤدي إلى تغير البرم النووي وحدوث إنتقال بين مستوى الطاقة مؤدياً إلى حدوث طنين ، وبالتالي نحصل على الطيف المطلوب .

● مستقبل راديوي ومكشاف الطيف

يُثبت مستقبل التردد الراديوي (Radio Frequency Receiver - RFR) بالملف المحيط بالعينة وذلك لاستقبال موجات



● شكل (٢) مخطط مطياف (NMR) .

المجـــال المغناطيـــسي ، حيث يعمـل مكاف الطيـــف (Spectrum Detector) المتصـــل بـــالمستقبل على إستقبـــال الإشـــارات المغناطيسية الواردة إلى المسجل .

● مسجل

يقـــوم المسجل (Recorder) بتسجيل طيف العينـة الخاضعـة للفحص في صـورة قمم (Peaks) عنـد قيم معينـة لشدة المجـال المغنـــاطيسي . وهـــو يتألف مـن مضخم للنبضـات ومكـونـات إضـــافيـة لـزيـادة حساسية القياس ودقته .

● حاوية العينة

حـاويـــة العينـة (Sample Container) عبـارة عن أنبـوب زجـاجي بقطـر خـارجي مقـداره ٠,٥ سم بإرتفـــاع حـوالي ١٥سم ، وتـــدار هـــذه الحاويـــة بتيـــار من الهواء المضغـوط في حـركة دورانيـة لجعل المجـال المغناطيسي يتوسط أبعاد العينة .

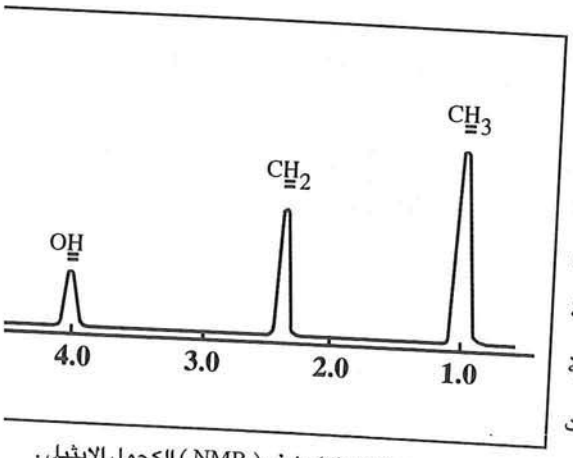
كيفية عمل الجهاز

تـــــذاب العينة المراد دراستها بالمذيب المناســـب مثل رابـــع كلوريـد الكربـــون ، (CCl_4) ، أو مذيبـات خاصـة تحتوي على نظير الهيدروجين ـــ الديتريـوم (^2H) ـ مثل الماء الثقيـل (D_2O) ، والأسيتـــــــــون $(CD_3)_2CO$ ثم تـوضـع في أنبـــوبـة التحليل الخاصة بجهـــاز (NMR) ، ويجـــب أن لا يزيد ارتفاع محلـول العينة في الأنبـوبة عـن ٣ إلى ٤سم . ثم تثبت على مـــاسك العينـة ـ بعد تغطيتـها ـ بـين قطبـــي المغنـاطيـس ، ويـــدار الماسك بـوسـاطـة مـولـد هـوائي وبسرعة تقارب ثلاثين دورة في الثانية .

وتـــوضـع العينـــة المحتـــويـــة على الهيـدروجين في مجال مغناطيسي ذي شـدة ثـابتة . ثم يتم تغيير تـردد المولد الـذي يثير مجالاً مغنـاطيسيـاً عمـــوديـاً على المجـال المغنـاطيسي الـدائم . وعند وصـول المجـال المغنـاطيسي المتردد للشدة الـلازمة لإحـداث طنين لعـدد من البروتـونـات المتـواجـدة في المادة المدروسة فإنها تنقلب من حالـة طاقة منخفضة إلى حـالة طـاقة مـرتفعة محدثـة خطوطا طيفية .

تختلف الطاقة الـلازمة لإحداث طنين في بروتـونات الجزىء الواحـد تبعاً لنـوع هذه البروتـــــونـــات . ويعطي كـل نـــوع من البروتونـات في الجزىء الواحـد خطاً طيفيـاً يميزه عن الأنـواع الأخرى . ويمكن تسجيل هـذه الخطوط لتعطي طيف الطنين النـووي المغنـــاطيسي ، ومن أمثلـــة ذلك في دراســـة طيـــف إمتصـــاص الكحـــول الإيثـيـلـي (الايثـــانـــول) ، شكـل (٣) ، لـــوحظ أن امتصاص المجمـوعة الميثيليـة (CH_3) يتم عند حـوالي ١ دلتا ومجمـوعة (CH_2) عند أكثـر من ٢ دلتا ، أمـا بـروتـون مجموعـة الهيـــدروكسيـــد فيمتص عنـد ٤ دلتا . حيث دلتـــا (δ) هي نسبـــة الإنـــزيـــاح الكيميائي لبروتونات العينـــة المدروســـة مقارنة بمادة قياسية ذات بـــروتـــونـــات متكـافئـة وخـــاملـة كيميـائياً مثـل ربـــاعي ميثيـــل ســـيلا[illegible] [$(CH_3)_4Si$, Tetramethylsilan - TMS] إ[illegible] قيمة التردد الخاص بالجهـــاز . وتقـــا[illegible] دلتـــا بوحـــدات جزء من المليون (PPM) لأن الإنـزيـاح عن المادة القيـاسيـة يقـا[illegible] بـــالهيرتـــز ، بينما يقـــاس التردد الخا[illegible] بالجهاز بالميجا هيرتز (10^6 هيرتز) .

ويقع طيف امتصـــاص البروتـونـــ[illegible] المرتبطة بـذرة مجاورة لرابطـة غير مش[illegible] أيٍ كان نـوعها (مـركب عطري أو أوليف[illegible] ذو رابطة ثنائية ، أومـركب ذو رابطة ثا[illegible] مثل الاستيلين) بين ٢ إلى ٩ دلتـــا . سبيل المثـال يتراوح امتصاص بـروتو[illegible] مشتقات البنـزين بين ٦ إلى ٩ دلتا علم[illegible] بروتونات البنزين الستة تمتص بين ٣ دلتا . ويعتمد هـذا الفارق في الإمتصا[illegible] المجمـوعـة البديلـة التي تقع على الحلقـة ، كانت المجمـوعة مـانحة للإ لكترونـا[illegible] الإمتصاص عنـد قيمة ـ دلتـا ـ أقل ، [illegible] أن وجود المجمـوعة السـاحبة لـلإلكت[illegible] يـزيد إمتصـاص البروتونـات العطر[illegible] قيمة ـ دلتا ـ أعلى كما أن تعدد هذه ا[illegible] له نفس الأثر على قوة الإزاحة .



● شكل (٣) طيف (NMR) الكحول الإيثيلي .

مساحة للتفكير

مسابقة العدد

« الحجرة الوسطى »

محمد وأحمد وناصر يسكنون في نفس الدور في أحد الفنادق في مدينة الدمام ، حجرة أحد الرجال الثلاثة في الوسط بين حجرة الرجلين الآخرين بحيث تكون إحدى الحجر على يسار الحجر المذكورة والأخرى على يمينها .

الحجرة اليسرى	الحجرة الوسطى	الحجرة اليمنى

فإذا كانت لديك المعلومات التالية :

١ ـ كل رجل من الرجال الثلاثة يملك سيارة واحدة إما أمريكية الصنع أو يابانية الصنع ، وكل رجل من الرجال الثلاثة يلبس نوع واحد من الثياب إما ثوب مصنوع من القطن أو ثوب مصنوع من الصوف ، وكل رجل من الرجال الثلاثة يأكل نوع واحد من اللحم إما لحم أغنام أو لحم جمال .

٢ ـ محمد يسكن بجانب الرجل الذي يأكل لحم جمال .

٣ ـ أحمد يسكن بجانب الرجل الذي يملك سيارة أمريكية .

٤ ـ ناصر يسكن بجانب الرجل الذي يلبس ثوب قطن .

٥ ـ من يأكل لحم أغنام لا يلبس ثوب قطن

٦ ـ واحد ممن يملك سيارة يابانية الصنع على الأقل يأكل لحم غنم .

٧ ـ واحد ممن يلبس ثوب صوف على الأقل يسكن بجانب من يملك سيارة أمريكية الصنع .

٨ ـ لا يشترك اثنان من الرجال الثلاثة في صفتين متشابهتين مثل أكل لحم الغنم ، ولبس ثوب صوف وامتلاك سيارة أمريكية الصنع .... الخ

من مِن الأشخاص الثلاثة يسكن في الحجرة الوسطى ؟

أعزاءنا القراء

إذا استطعتم معرفة الإجابة على مسابقة « **الحجرة الوسطى** » فأرسلوا إجابتكم على عنوان المجلة مع التقيد بما يأتي:

١ـ ترفق طريقة الحل مع الإجابة .

٢ـ تكتب الإجابة وطريقة الحل بشكل واضح ومقروء .

٣ـ يوضع عنوان المرسل كاملاً .

٤ـ آخر موعد لاستلام الحل هو ١٠/١٠/١٤١٦هـ .

سوف يتم السحب على الإجابات الصحيحة التي تحتوي على طريقة الحل ، وسيمنح ثلاثة من أصحاب الإجابة الصحيحة جوائز قيمة ، كما سيتم نشر أسمائهم مع الحل في العدد المقبل إن شاء الله .

حل مسابقة العدد الرابع والثلاث

الحرف (ذ)

لمعرفة الرقم الذي يمثله الحرف (ذ) نضع الإحتمالات التالية :

أ × ب ج = ذ ذ ذ

أ × ب ج = ذ × ١١١

أ × ب ج = ذ × ٣ × ٣٧

لذلك فإن قيمة ب ج هي إما : ـ ٣٧ في حالة العدد الفردي أو ٧٤ (٣٧ × ٢
وعلى ذلك إذا كانت قيمة ب ج هي ٣٧ ، فإن أ = ٣ ذ ، أما إذا كانت قيمة ب
مما سبق فإن هناك ستة إحتمالات بقيمة كل من أ ، ب ، ج ، ذ ، و هذه الإ

الإحتمالات	أ	ذ	ب ج
(١)	٣	١	٣٧
(٢)	٦	٢	٣٧
(٣)	٩	٣	٣٧
(٤)	٣	٢	٧٤
(٥)	٦	٤	٧٤
(٦)	٩	٦	٧٤

وبما أن كل حرف يمثل رقماً معيناً يختلف عن رقم أي حرف آخ
(٣) ، (٥) لايمكن قبولها .

نقوم بعملية الضرب الحقيقية في كل من الإحتمالات (٢) ، (٤) ، (٦) لنحصل على قيمة الحروف د ، ش ، س وذلك على النحو التالي :

الإحتمال(٢)	الإحتمال(٤)	الإحتمال(٦)
٣ ٧ ×	٧ ٤ ×	٧ ٤ ×
٦	٣	٩
٤ ٢	١ ٢	٣ ٦
١ ٨	٢ ١	٦ ٣
٢ ٢ ٢	٢ ٢ ٢	٦ ٦ ٦

وكما هو واضح في عمليات الضرب الثلاث فان الإحتمال (٢) هو المقبول حيث أن كل حرف من الحروف أخذ رقماً يختلف عن الباقي ، وبالتالي فان الحرف (ذ) يمثل الرقم (٢) .

الفائزون في مسابقة العدد الرابع الثلاثون

تلقت المجلة العديد من الرسائل التي تحمل حل مسابقة العدد الرابع والثلاثون « **الحرف ذ** » وقد تم إستبعاد جميع الحلول التي لم تتقيد بشروط المسابقة ، وكذلك الرسائل التي وصلت متأخرة عن الموعد المحدد . وبعد فرز الحلول وإجراء القرعة على الحلول الصحيحة فاز كل من الآتية أسماؤهم : ـ

١ ـ فاضل محمد أحمد الحاجي ـ الرياض

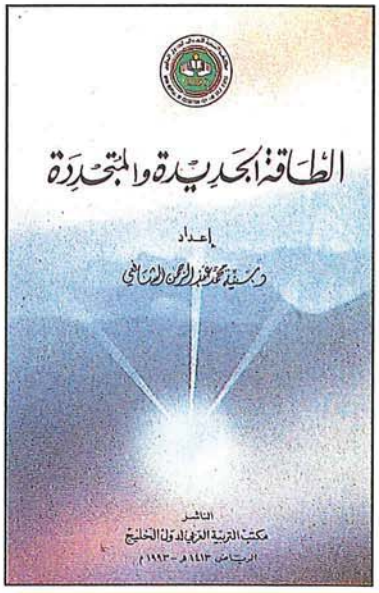
٢ ـ عبد الإله محمد سعيد الجشي ـ الدمام

٣ ـ عبد الله يحيى الضرغام ـ الرياض

ويسعدنا أن نقدم للفائزين هدية قيمة ، سيتم إرسالها لهم على عناوينهم ، كما نتمنى لمن لم يحالفهم الحظ ، حظاً وافراً في مسابقات الأعداد المقبلة .

الطاقة الجديدة والمتجددة

عرض : د . خالد محمد السليمان



لا تخفى على القارىء الكريم أهمية توفر مصادر الطاقة لإستمرار تطور الحضارة الإنسانية بشكل عام وحضارة اليوم بشكل خاص ، فقد أصبحت حضارة اليوم وممارسات الإنسان اليومية تعتمد بشكل أساس على صورة أو أخرى من صور الطاقة ، والتي بدونها لا يمكن لحضارة اليوم أن تستمر بالنسق والنهج الذي ألفناه . ويزيد من أهمية موضوع الطاقة بالنسبة للقارىء العربي أن الدول العربية تمتلك مصدراً جيداً من مصادر الطاقة المختلفة ، سواء المتجددة أو غير المتجددة ، مما يعني أهمية إلمام المواطن العربي بجوانب وقضايا هذا الموضوع الحيوي للعالم أجمع . ومن هذا المنطلق جاء كتاب الدكتورة **سنية الشافعي** « الطاقة الجديدة والمتجددة » لسد هذه الثغرة ، فهو حسب تعبير مدير عام **مكتب التربية العربي لدول الخليج** ، الناشر للكتاب - ١٤١٣هـ / ١٩٩٣م، كتاب علمي ثقافي تربوي يهدف إلى تذليل المفاهيم العلمية ويوفر للناشئة مرجعاً مهماً في مجال الطاقة .

جاء الكتاب في ١١٢ صفحة من الحجم المتوسط تحوي ثلاثة فصول أساس بالإضافة إلى اختبار ذاتي لمعلومات القارىء حول مفاهيم الطاقة المختلفة مصحوبة بالإجابات النموذجية . يُعني الفصل الأول بمفهوم الطاقة وأنواعها ، بدءاً بقانون بقاء الطاقة الذي تعرِّفه الكاتبة بأن « الطاقة يمكن أن تنتقل من حالة إلى أخرى ، ولكن دون تخليق أو فناء » ، وأن التعريف الفيزيائي للطاقة هو « أنها القدرة على بذل شغل ، فلو فرضنا أننا نتحدث عن قدرة شخص على حمل أو رفع معين ، فإن هذه القدرة تحدد طاقته ، وتزداد طاقة هذا الشخص بازدياد الوزن الذي يستطيع حمله » أو بصورة عامة « الطاقة هي الكمية الفيزيائية التي تظهر كحرارة أو كحركة ميكانيكية ، أو في ربط المادة بعضها ببعض ، سواء على مستوى الجزىء ، أو الذرة أو النواة » . أما من حيث أنواع الطاقة فإن الكاتبة تصنفها إلى خمسة أنواع هي الطاقة الميكانيكية ، والطاقة الحرارية ، والطاقة الكيميائية ، والطاقة الكهربائية والطاقة الضوئية . فالطاقة الميكانيكية هي الناتجة عن انتقال جسم من مكان إلى آخر ، ويصاحب هذا الإنتقال اختلاف في طاقة الوضع ، ومن أمثلة هذه الطاقة حركة الرياح ، والمد والجزر . كما تعد الطاقة الصوتية نوعاً من أنواع الطاقة الميكانيكية . أما النوع الثاني من أنواع الطاقة فهو الطاقة الحرارية التي تعد من الصور الأساس للطاقة التي يمكن أن تتحول كل صور الطاقة إليها ، فعند تشغيل الآلات تكون الخطوة الأولى هي حرق الوقود للحصول على طاقة حرارية تحول بعد ذلك إلى طاقة ميكانيكية أو نوع آخر من أنواع الطاقة . ولاتتوفر الطاقة الحرارية بصورة مباشرة في الطبيعة إلا في مصادر الحرارة الجوفية . أما الطاقة الكيميائية فتتواجد في مختلف مصادر الوقود من فحم وبترول وغاز ، وهي الطاقة التي تربط ذرات الجزىء الواحد بعضها ببعض في المركبات الكيميائية ، ويتم تحويلها إلى طاقة حرارية عن طريق حرق المركب الكيميائي أي إحداث تفاعل كيميائي بين المركب الكيميائي والأكسجين ، أما النوع الرابع من أنواع الطاقة فهو الطاقة الكهربائية ، ولا يوجد مصدر طبيعي للطاقة الكهربائية لأن المواد جميعها سواء كانت عناصر أو مركبات متعادلة كهربائياً والشحنات المختلفة تميل تلقائياً للتجاذب وفقاً لقانون التجاذب والتنافر .

أما الطاقة الضوئية فتنتشر من الشمس خلال الفضاء الواسع وفي جميع الإتجاهات ، حيث يبلغ إجمالي الطاقة التي تشعها الشمس سنوياً $١٠^{٣٤}$ جول ، لا يصل الأرض منها إلا قدر بسيط يبلغ $١٠^{٢٥}$ جول .

يُعني الفصل الثاني بمصادر الطاقة ، وتصنفها المؤلفة إلى نوعين ، أولهما المصادر الطبيعية المحدودة والمتجددة ، وثانيهما المصادر الإنتاجية الصناعية . تشمل المصادر الطبيعية المحدودة كلاً من الوقود الأحفوري والوقود النووي . وتعرِّف المؤلفة طاقة الوقود الأحفوري بأنها الطاقة الكيميائية الكامنة في البترول والغاز الطبيعي والفحم الحجري المخزون في باطن الأرض ، والتي هي أصلاً طاقة شمسية قامت النباتات الخضراء بتثبيتها بوساطة عملية البناء الضوئي منذ ملايين السنين . وتقدر الكاتبة إحتياطي الفحم

الحجري القابل للإستثمار بحوالي ٦٦٠ بليون طن وأن ذلك يكفي الإستهلاك العالمي لمدة ٢٧٠ سنة قادمة بالمعدل الحالي للإستهلاك، حيث يساهم الفحم حالياً بحوالي ٢٤٪ من استهلاك الطاقة في العالم. أما البترول فإنه يساهم بحوالي ٣٩٪ من استهلاك الطاقة في العالم، وأن منطقة الشرق الأوسط تحتوي على ٥٦٪ من احتياطي بترول العالم، في حين يساهم الغاز الطبيعي بنسبة ٢٠٪ تقريباً من استهلاك العالم من الطاقة. أما النوع الثاني من المصادر الطبيعية المحدودة، وهو الوقود النووي، فقد ذكرت المؤلفة أنه ناتج عن قوة الربط النووي التي تعادل الفرق بين كتلة النواة ومجموع كتل النويدات الحرة المكونة لتلك النواة.

تصنف الكاتبة المصادر الطبيعية الدائمة والمتجددة للطاقة إلى كل من الطاقة الشمسية، وطاقة الرياح، وطاقة المياه، والطاقة الحرارية الأرضية، وطاقة البناء الضوئي. فالشمس عبارة عن فرن ذري يحول المادة إلى طاقة، حيث تحول في كل ثانية ٥٨٧ مليون طن من الهيدروجين إلى ٥٨٣ مليون طناً من الهليوم وينتج عن هذا الدمج طاقة هائلة، وتستقبل الأرض بصورة مستمرة حوالي ١,٧ × ١٠^١٧ وات يومياً من أشعة الشمس. ويمكن الإستفادة من هذه الطاقة إما عن طريق التحويل الحراري أو التحويل الكهروضوئي. ففي التحويل الحراري تُمتص أشعة الشمس بوساطة أجسام داكنة وتُحوَّل إلى طاقة حرارية. أما التحويل الكهروضوئي فيعتمد على تحويل أشعة الشمس مباشرة إلى تيار كهربائي من خلال استغلال الفوتونات الشمسية لتحرير بعض الإلكترونات في الخلية الكهروضوئية ومن ثم توليد تيار كهربائي مستمر. أما طاقة الرياح فتعتمد على استغلال القوة الدافعة للرياح وتحويلها إلى طاقة ميكانيكية عن طريق طواحين الهواء لإستخدامها مباشرة كطاقة ميكانيكية أو تحويلها إلى طاقة كهربائية، في حين يُقصد بطاقة المياه تحويل القوة الدافعة للمياه في مساقطها إلى طاقة ميكانيكية عبر توربينات ومن ثم تحويل هذه الطاقة الميكانيكية إلى تيار كهربائي باستخدام المولدات الكهربائية. وتذكر المؤلفة أن إنشاء أول محطة لتوليد الكهرباء باستخدام طاقة المياه الساقطة من السدود كان في عام ١٨٨٢م بقدرة كهربائية مقدارها ٢٠٠ كيلووات وذلك في ولاية ويسكونسن الأمريكية، وأن نسبة مساهمتها في إجمالي الطاقة المولدة يصل إلى ٢٥٪ في أوربا، و١٥٪ في اليابان، وحوالي ١٠٪ في الولايات المتحدة الأمريكية. أما النوع الرابع من المصادر الطبيعية المتجددة فهو الطاقة الحرارية الأرضية التي تنتج بسبب أن الجزء الداخلي من الأرض لايزال في صورة كتلة سائلة عالية الحرارة يمكن استغلالها كطاقة حرارية وتحويلها إلى طاقة ميكانيكية ومن ثم طاقة كهربائية. وتذكر المؤلفة أن الحقول الحرارية الأرضية تنقسم إلى ثلاثة أقسام هي حقول البخار الجاف، وحقول المياه الساخنة، وحقول الصخور الحارة.

أما المصادر الإنتاجية الصناعية للطاقة فقد ذكرت المؤلفة أربعاً منها هي الطاقة الذرية، وطاقة وقود الهيدروجين، وطاقة الليزر، وطاقة المخلفات الحيوية. فالطاقة النووية هي تلك الناتجة أما عن انشطار النواة أو اندماجها مع نواة أخرى. وتضيف الكاتبة أن طاقة الإنشطار النووي هي الناتجة عن انشطار أنوية معادن ثقيلة مثل اليورانيوم بوساطة نيوترون ما يؤدي إلى اندفاع وتحرر طاقة هائلة. أما طاقة الاندماج النووي فتنتج عن اندماج أنوية خفيفة مثل الديتوريوم والتريتيوم لتكوين نواة أكبر وتوليد طاقة حرارية تسمى طاقة الاندماج النووي. أما النوع الثاني من المصادر الصناعية فهو طاقة الهيدروجين الناتجة عن حرق الهيدروجين الذي يتميز بعدم ترك مخلفات حرق بالإضافة إلى سهولة نقله وتخزينه. وتذكر المؤلفة أن العالم يستهلك حالياً ما يزيد على ٣٥٠ بليون متر مكعب من الهيدروجين سنوياً.

كما تطرقت المؤلفة إلى تفصيل المبادىء العلمية الأساس لكلٍ من طاقة الليزر وطاقة المخلفات (أو الكتل) الحيوية ودورها في العالم اليوم.

تتحدث المؤلفة في الفصل الثالث عما أسمته بالمشكلات الناجمة عن الطاقة لاسيما التلوث البيئي، فتذكر أن الفضلات الناتجة عن استخدام الطاقة إما أن تكون غازية وهي في معظمها أكاسيد كثاني أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين، أو سائله كتسربات الوقود السائل في مواقع الإنتاج والنقل والتصنيع أو فضلات الماء الملوث في محطات توليد الطاقة أو المصانع، أو فضلات صلبة كالغبار والرماد والهباب الناتج عن احتراق الوقود الأحفوري، أو فضلات حرارية بشكل طاقة حرارية تتسرب عبر عمليات إنتاج الطاقة، أو فضلات مشعة ناتجة عن المفاعلات النووية. كما تعزو المؤلفة التلوث الناجم عن الطاقة إلى عدة عوامل منها إطراد زيادة النمو البشري والكثافة السكانية، وزيادة الثروة، حيث ذكرت المؤلفة أن الدراسات والإحصاءات دلت على أن تركيز الملوثات في البيئة يتناسب تناسباً طردياً مع كل من التركيز السكاني والسلع التي يستهلكها الفرد وتعتمد في أساسها على الطاقة.

إن الكتاب بصورة عامة إضافة جيدة للمكتبة العربية لاسيما في موضوع حيوي كالطاقة، والذي تندر فيه المراجع العربية العامة أو المتخصصة، ولقد حاولت الكاتبة بالفعل تبسيط المبادىء العلمية الأساس للطاقة، إلا أنه إتسم بعدم الدقة العلمية في عدة مواضع لاشك سيلحظها المتخصصون في هذا المجال، إضافة إلى عدم اعتماد الكاتبة على مراجع حديثة. كما أن الأشكال التوضيحية كان بالإمكان إخراجها بصورة أفضل، ولكن وعلى الرغم من ذلك فإنها لن تؤثر في تحقيق الأهداف المنشودة من الكتاب.

من أجل فلذات أكبادنا

التوتر السطحي للسوائل

فلذات أكبادنا الأعزاء ، لا بد أن بعضكم لاحظ أن هناك بعض الحشرات التي تستطيع الوقوف على سطح الماء في البرك والمستنقعات الراكدة فهل تساءلتم عن السبب الذي يجعلها تطفو فوق سطح الماء ولا تغوص فيه . لا شك أن لوزنها الخفيف دوراً في ذلك ، إلا أن هناك سبباً رئيساً وهاماً أدى إلى ذلك ، ألا وهو ما يسمى بالتوتر السطحي للسوائل . حيث يتكون على السطح الخارجي للمياه الراكدة غلاف غير مرئي يحول دون غوص الأشياء الخفيفة التي تقع فوقه . وسوف نتحقق من وجود هذه الظاهرة في التجربة التالية :

الأدوات :

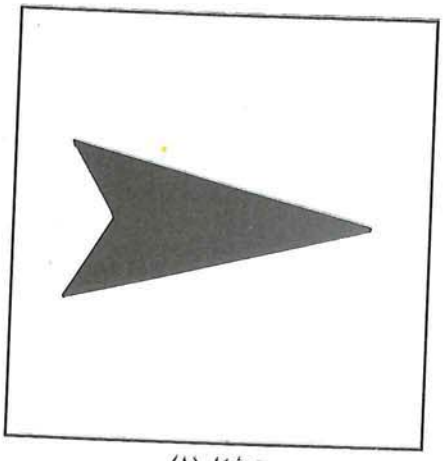
- قطعة من الورق المقوى
- إناء مناسب
- سائل تنظيف

خطوات العمل :

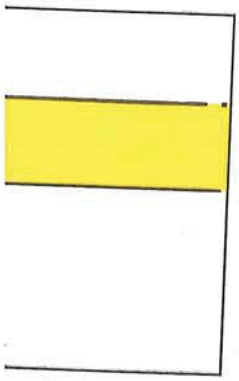
- قص قطعة الورق المقوى على شكل زورق ، شكل (١) .
- اسكب كمية مناسبة من الماء في الإناء واتركه حتى يركد .
- ضع الزورق الورقي برفق فوق سطح الماء ، شكل (٢) .
- ضع قطرة من سائل التنظيف على أصبعك واسقطها برفق على سطح الماء خلف الزورق مباشرة ، شكل(٣) .

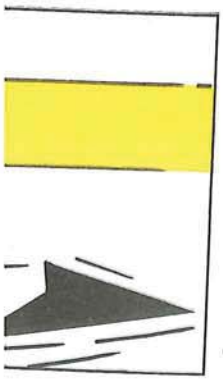
المشاهدة :

- نشاهد أنه بعد



● شكل (١) .





كتب صدرت حديثا

Advances In Solar Energy

صدر باللغة الإنجليزية المجلد التاسع من كتاب تطورات علمية في الطاقة الشمسية (Advances In Solar Energy) ، عام ١٩٩٤م ، وهو إصدار سنوي يعنى بالبحوث والتطوير في هذا المجال ، ويصدر عن الجمعية الأمريكية للطاقة الشمسية ، وتقوم بتحريره نخبة من العلماء برئاسة **كارل بوير** (Karl W. Boer) من جامعة ديلاوير بالولايات المتحدة الأمريكية .

جاء الكتاب في ٤٧٦ صفحة من الحجم المتوسط محتوياً على مقدمة وثمانية أبواب وقائمة بالمراجع الأجنبية وفهرس الكلمات .

تتناول أبواب الكتاب التي قام بتأليفها نخبة من العلماء البارزين عالمياً في مجال الطاقة : المنزل الشمسي المكتفي ذاتياً بالطاقة في فريبرج (Freiburg) بألمانيا ، ونظم طاقة الرياح المرتبطة بالشبكة الكهربائية الرئيسة ، وعوامل الاستخدام الأمثل للطاقة ، وتكلفة نظم الطاقة الكهروضوئية للاستخدامات المنزلية ، واستخدام الكهرباء : أسس جديدة في تقنيات الطاقة الشمسية ، وإقتصاديات الطاقة الشمسية ، وتطورات تقنية النوافذ لتوفير الطاقة من عام ١٩٧٣م حتى عام ١٩٩٣م ، والبوليمرات الحيوية : تقويم هندسي واقتصادي لصناعة ناشئة .

إدارة صيانة شبكات الطرق

صدرت الطبعة الأولى من هذا الكتاب عام ١٤١٥هـ ـ ١٩٩٥م عن دار اللواء للنشر والتوزيع بالرياض ، وهو من تأليف **الدكتور / صالح بن حمود السويلمي** الذي يعمل بأمانة مدينة الرياض .

يقع الكتاب في ٣٦٨ صفحة من الحجم المتوسط، ويتألف من مقدمة ، وأربعة عشر فصلاً ، وثلاثة ملاحق .

تتناول فصول الكتاب بالترتيب : الإدارة ودورها في تحديد الأهداف واتخاذ القرارات ، وإدارة المؤسسات والمشاريع الهندسية ، وإدارة التشغيل ، وأنظمة إدارة صيانة شبكات الطرق ، وتقويم أداء الطرق الإنشائي ، وتقويم أداء الطرق الوظيفي ، وتقويم أداء الطرق من ناحية السلامة ، وتحديد الأولويات ، وتصميم إضافة الطبقة الأسفلتية ، والأطر العامة لنظم إدارة صيانة الطرق ، وإدارة معدات صيانة الطرق ، وسلامة المرور في مناطق العمل ، وإدارة صيانة الجسور ، والتقنية الحديثة وإدارة صيانة الطرق . واشتملت الملاحق الثلاثة بالترتيب على تعاريف ، واختصارات ، وأسماء هيئات مهنية وعلمية ذات علاقة بالموضوع .

منظمات البيئة

صدرت الطبعة الأولى من هذا الكتاب عام ١٩٩٥م عن الدار العربية للنشر والتوزيع بالقاهرة ، وهو من تأليف **الدكتور / أحمد عبد الوهاب عبد الجواد** ، جامعة الزقازيق ، جمهورية مصر العربية .

جاء الكتاب في ٢٧٢ صفحة من الحجم الصغير ، ويشتمل على تقديم ، ونبذة عن المؤلف ، ومقدمة الناشر، ومقدمة عن منظمات البيئة ، وعشرة أبواب تتناول بالترتيب الموضوعات التالية : منظمات الهواء ، ومنظمات المياه العذبة ، ومنظمات البيئة من ثاني أكسيد الكربون ، ومنظمات البيئة من الأشعة فوق البنفسجية ، ومنظمات البيئة من الحيوانات الضعيفة والمريضة ، ومنظمات البيئة من القمامة ، ومنظمات البيئة من براز وبول الإنسان وروث المواشي والحيوانات والدواجن ، ومنظمات البيئة من المركبات العطرية والبترولية والعضوية النيتروجينية والنترات والنيتريت ومن مياه المجاري والمبيدات ، ومنظمات البيئة من الآفات ، ومنظمات البيئة من الإنسان .

بحوث علمية

محطة ضخ وتحلية المياه الجوفية المالحة بالطاقة الشمسية بسدوس

قام معهد بحوث الطاقة بمدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية - في أوائل عام ١٤١٤هـ - بالتعاون مع مختبرات الطاقة المتجددة بالولايات المتحدة الأمريكية بتصميم وتنفيذ أول محطة في المملكة العربية السعودية لضخ وتحلية المياه الجوفية المالحة ، وقد اختيرت الطاقة الشمسية لتوفير الطاقة الضرورية اللازمة لتشغيل المحطة لعدة عوامل أهمها وفرة الإشعاع الشمسي في المملكة بمعدلات عالية على مدار السنة ، وبُعد الشبكة الكهربائية الرئيسة عن المحطة وما يتبع ذلك من تكاليف عالية لإيصال التيار الكهربائي إليها ، فضلاً عن التفوق النوعي للخدمات التي توفرها الطاقة الشمسية في المناطق النائية مقارنة بمحركات الديزل. وقد روعي في تصميم المحطة استخدام معدات وتجهيزات تقنية متوفرة في السوق المحلية لإطالة العمر الافتراضي للمحطة لفترة تتراوح بين ٢٥ إلى ٣٠ سنة .

● أهداف المشروع

تتمثل أهداف المشروع بصفة أساس في تأمين المياه الصالحة للشرب في المناطق النائية وذلك للمساهمة في زيادة نوعية الخدمات الضرورية للمواطنين، إضافة إلى إجراء دراسات هامة تتعلق بالجدوى الفنية والاقتصادية للنظم الكهروضوئية لتطبيقات مشابهة ، والحجم والتصميم الأمثل للنظم الكهروضوئية لهذا التطبيق ، والأداء العام للمحطة وإمكانية تعميمها على مواقع أخرى.

● مراحل المشروع

تمثلت أهم مراحل المشروع فيما يلي :

* قيام الباحثين في معهد بحوث الطاقة بالمدينة بزيارات ميدانية إلى أكثر من ٢٥ موقعاً للتعرف عن كثب على أفضل مواصفات لمواقع الآبار حيث يشترط فيها توفر مساحة كافية لتركيب التجهيزات الكهروضوئية، وعدم وجود موانع تحجب أشعة الشمس مثل المباني المرتفعة أو أشجار النخيل العالية .

* تحليل عينات مياه الآبار لمعرفة نوعية الأملاح وتركيزها واختيار طريقة المعالجة المناسبة لها ، والتأكد من خلوها من المواد الضارة بالصحة ، لاستبعاد مجموعة الآبار غير الصالحة أحيائياً.

* التأكد
الآبار تكف
الضخ والت
المجاورة م

* الاختي
الكهروضو
في منطق
الشمسية

* الانتها
التشغيل ا
عام ٩٩٤

● مكون

يتكو
بصفة أ
مجمعا
الشمسي
مياه ، و
قياس و
والمتغيرا

● النت

تمثا
ومحلاة
تمثل ٠
التحلي
لقرابة
وتتم م
بالتعا
والبيئي
مواصا
المعتم
للمواه

و
يبعث
في المذ
لأغر
هنا
حجم
الميا
وتجر
بالت
الكلي

الكركم وسرطان القولون

أظهرت دراسة حديثه أن إضافة الكركم (CURCUMIN) ـ أحد التوابل ـ للطعام زيادة على أنه يكسب الطعام اللون الأصفر المعروف والنكهة فإنه يوقف انتشار سرطان القولون .

لاحظ **باندارو ريدي** (Bandaru S.Reddy) عالم التغذية بالمؤسسة الأمريكية للصحة في نيويورك أن المناطق التي يستخدم فيها الكركم كأحد التوابل في الغذاء ـ خاصة في آسيا لتلوين الكري (Curry) ـ تسجل دائماً حالات نادرة لسرطان القولون بين السكان . إضافة لذلك يذكر **روبرت مكالب** (Robert McCaleb) رئيس مؤسسة أبحاث الأعشاب بكلورادو، إن الكركم اكتسب منذ القدم ـ خاصة في الهند ـ مكانة خاصة بين الناس كعلاج لآلام المفاصل والأورام . وبسبب أن الأسبرين وغيره من مضادات الالتهابات غير الاستيرودية (Non Steroidal Anti-Inflammetry Drugs - NAID)

قد اتضح أثرها في مقاومة سرطان القولون في بعض حيوانات التجارب. فإن بعض التجارب تتجه الآن إلى تكوين علاقة مباشرة بين استعمال تلك المضادات وانخفاض حالات السرطان في الإنسان ، ومن ضمن هذه التجارب قام **ريدي** بدراسة أثر الكركم ـ كأحد مضادات الالتهابات غير الاستيرودية ـ على تطور سرطان القولون .

تتلخص التجربة التي قام بها **ريدي** ومجموعته بتعريض ٦٦ فأراً لسرطانات قولون قوية ، بعدها أخضع ٣٠ فأراً منها إلى نظام غذائي يحتوي على الكركم بمعدل ألفي جزء من مليون بينما أخضعت بقية الفئران (٣٦ فأراً) إلى نفس النظام دون إضافة الكركم . وبعد عام من استمرار التجربة بلغت نسبة الإصابة بالسرطان للفئران التي لم تتناول الكركم ٨١٪ مقارنة بـ ٤٧٪ للفئران التي تناولت الكركم . كما أن أحجام الأورام السرطانية كانت صغيرة بالنسبة للفئران التي تناولت الكركم ، بالإضافة لذلك انتشر ٣٨٪ من الأورام السرطانية في الفئران التي لم تتناول الكركم بمعدل الضعف مقارنة بأورام نظيراتها التي تناولته .

وقد أظهرت دراسة **ريدي** أن الكركم قد أدى إلى تناقص كمية الهرمونات التي لها علاقة بالالتهابات في كل من الأورام وسرطان القولون. وعليه يرى ريدي أن الكركم يلعب دوراً هاماً في آلية مضادات الالتهابات . ويضيف **ريدي** أن الكركم يختلف عن مضادات الالتهابات غير الاستيرودية الأخرى في أنه ليس له آثار جانبية عندما يتم أخذه بنفس الجرعة التي تؤخذ بها تلك المضادات .

المصدر : Science News, Feb. 1995,Vol.147, P72.

أسبرين لايضر بالمعدة

يبدو أن الباحثين في طريقهم لإيجاد وسيلة تمنع الأسبرين من التسبب في آلام المعدة والأمعاء عند بعض الأشخاص دون التأثير على مفعوله كعقار ضد الالتهابات وتجلط الدم .

يذكر **لينارد ليشتنبرغر** (Lenard Lichtenberger) أخصائي علم وظائف الأعضاء بكلية طب هيوستن في ولاية تكساس الأمريكية أن الأسبرين مثله مثل عقاقير الالتهاب غير الاستيرودية الأخرى له آثار جانبية تتمثل في إحداث تهيجات بالمعدة والأمعاء بسبب أثره الحامضي. ويستدرك **ليشتنبرغر**، أن الأثر الحامضي للأسبرين يمكن التغلب عليه سواء كان عن طريق تغليفه أو تحييد (Buffering) تأثيره ولكن ذلك يقلل من فعاليته العلاجية.

وتشير دراسة أجراها **ليشتنبرغر** أن الأسبرين يؤثر على الغشاء المخاطي ـ عبارة عن غلاف لزج ـ الذي يحمي القناة الهضمية من التقرح ، لأن الأسبرين يتفاعل مع اللبيدات الفسفورية (Phosph-lipids) الموجودة في الغشاء المخاطي فيجعله أقل مقاومة لأثر الأحماض والماء .

وللتغلب على هذا الأثر قامت مجموعة **ليشتنبرغر** بخلط الأسبرين مع اللبيدات الفسفورية المستخلصة من المعدة ، ثم قاموا بدراسة تأثيره على فئران التجارب ، فأظهرت التجربة أن الأسبرين المركب مع اللبيدات الفوسفورية أقل تأثيراً ـ وبدرجة عالية ـ في إحداث تقرحات في المعدة ، وذو كفاءة أعلى في علاج الالتهابات مقارنة بالأسبرين العادي . إضافة لذلك فإن عقاقير الالتهابات غير الاستيرودية الأخرى (NAID) يمكن خلطها باللبيدات الفسفورية لتحدث نفس الأثر الذي أحدثه الأسبرين المركب، ويضيف **ليشتنبرغر** أن الأسبرين المركب يذوب في الدهون أكثر من الأسبرين العادي، ولذلك فإنه يصل أسرع إلى الغشاء المخاطي ولايحدث به ضرر.

وحيث أن اللبيدات الفسفورية المستخلصة من الأمعاء باهظة الثمن فإن **ليشتنبرغر** ومجموعته أستبدلوها بلبيدات فسفورية مستخلصة من فول الصويا ووجدوا أنها تصلح لتصنيع الأسبرين المركب وبتكلفة أقل .

لاشك أن انجازاً كهذا يستحق الإشادة ، ولكن يبقى سؤال هام يتمثل في أثر الأسبرين المركب على تجلط صفائح الدم ، حيث أن الأسبرين يستخدم كعلاج لتجلط الدم، وهذا ما سوف تجيب عليه نتائج تجارب **ليشتنبرغر** ومجموعته في القريب العاجل إن شاء الله .

المصدر : Science News, Vol. 147 , Feb. 1995 , P. 109.

الإنذار المبكر لتسربات الزيت

تشكل مسألة الإكتشاف المتأخر لتسربات الزيت مشكلة في كيفية التغلب على الآثار الناجمة عنها، إذ أنه عند رؤية البقع الزيتية يكون التسرب قد فعل فعله بإحداث اضرار بالغة بالبيئة التي تسرب فيها وما حولها . وللتغلب على هذه المشكلة قامت مجموعة علماء برئاسة **كريس براون** (Chris W. Brown) عالم الكيمياء بجامعة رود ايلند بالولايات المتحدة الأمريكية بتطوير جهاز حساس يمكنه الإستشعارعن بعد وبطريقة مبكرة لأي تسرب نفطي حتى ولوكان ضئيلاً . يستخدم هذا الجهاز طرف دقيق من ألياف بصرية مصنوعة من هاليدات الفضة (Silver Halides) بالإضافة إلى مصدر للضوء وجهاز لقياسه .

عند ظهور التسرب يتلامس الزيت مع سطح الألياف الموجودة في الجهاز الذي يقوم برصد مصدره بوساطة حاسب آلي متصل بجهاز تحليل كيميائي يحدد نوع الزيت المتسرب عن طريق مقارنتها بصفات زيوت محددة سلفاً في الجهاز .

يمكن وضع الجهاز عن بعد للإكتشاف المبكر لتسربات الزيت في محطات الطاقة الكهربائية ، وناقلات النفط ، ومصافي البترول ، والأنهار ومصادر المياه الجوفية .

المصدر
Science News, Feb. 1995, Vol. 147, P112.

مع القراء

أعزاءنا القراء

أهلا ومرحباً بكم مع هذا العدد الجديد من مجلتكم التي نحرص دائماً على أن
مورداً للعلم ، وأن تخرج إليكم ومن أجلكم أنيقة وافية . مؤكدين للجميع أن كل ال
مهما عظمت ومهم نال مقدميها من نصب لايساوي شيئاً أمام تلك المشاعر النبيل
تمدنا بالمزيد من الدعم والمزيد من الصبر والمزيد من الرضا لتكون المحصلة الذ
الاستمرار في بذل المزيد من العطاء.

*** الأخ / سيراج سعيد ـ وادي الدواسر**

المقال الذي بعثت به بعنوان (المفاعلات الذرية الهائلة وطاقات الإشعاع) لاتنطبق عليه شروط النشر ، مقدرين لك اجتهادك ومشاركتك ، وشكراً لك .

*** الأخت / قادرية سعاد ـ الجزائر**

نقدر لك اهتمامك بالمجلة ، ويسعدنا تواصلك معها ، وقد اطلعنا على المقال المرفق برسالتك بعنوان "الطاقة الشمسية" ووجدنا أنه لايتفق مع منهاج النشر الذي حددته المجلة ، مع أطيب التمنيات لك بالتوفيق.

*** الأخ / بوجبير العياشي ـ الجزائر**

أولاً : يا أخانا الكريم كنا نتمنى منك أن تكتب رسالتك باللغة العربية بدلاً من الإنجليزية لأنك عربي تخاطب عرباً ، ثانياً : مجلة العلوم والتقنية مجلة علمية فصلية تصدر كل ثلاثة أشهر بواقع أربعة أعداد في السنة ويتم توزيعها على جميع المدارس المتوسطة والثانوية بنين وبنات داخل المملكة ، بالإضافة إلى جميع الجامعات السعودية ومراكز الأبحاث كذلك يتم إرسالها إلى جميع الجامعات ومراكز الأبحاث والهيئات العلمية في جميع أرجاء الوطن العربي ، وهي لاتباع بالخارج ، وشكراً لك .

*** الأخ / مشير نور الدين ـ الجزائر**

تأكد أننا نسعد جداً بخدمة جميع شباب الأمة العربية ، وثق أننا لن ننس أحداً وسنعمل بإذن الله وعونه على تحقيق جميع طلبات الأخوة القراء وخاصة خارج المملكة ، أما اقتراحك بأن تقدم مواضيع نعر
كل الجامعات والمعاهد في المشرق ال
فلا نرى أن ذلك يدخل ضمن اختص
المجلة ، ولايتفق وأسلوبها وسيـ
ومنهاجها، أخيراً نشكرك على
المفعمة بالثناء والتقدير ، وتقبل
تحياتنا .

*** الأخت / فاطمة علي الجاهل ـ الق**

لايوجد اشتراك رسمي في المجا
تاريخه ، نرجو تزويدنا بعنوانك لإ
يتوفر من أعداد المجلة إليك، ولك تح

*** الأخ / فالح بن مفلح الحربي ـ الر**

نقدر لك مشاعرك الطيبة تجا
أما كيفية صدور المجلة ، فهي
تصدر كل ثلاثة أشهر بواقع أربعة
السنة فقط ، ولايوجد اشتراك رس
تاريخه ، أي أننا نحاول دائم
إمكاناتنا توفيرها لكل الحري
اقتنائها أمثالك، مع تمنياتنا لك بالت

*** الأخ / بن دكن محمد ـ الجزائر**

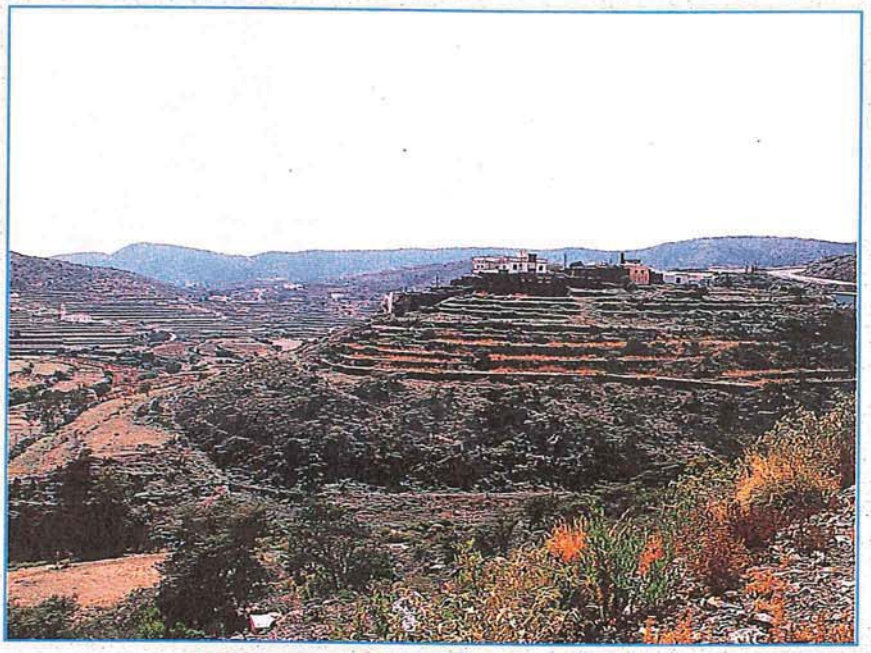
نحن بدورنا نحييك من أرض
ونحيي جميع إخواننا الكرا
الجزائر، وفي جميع أرجاء الوطن
الكبير. أما ما نقدمه لك ولغيرك
فليس إلا أقل القليل وأبسط أنواع ا

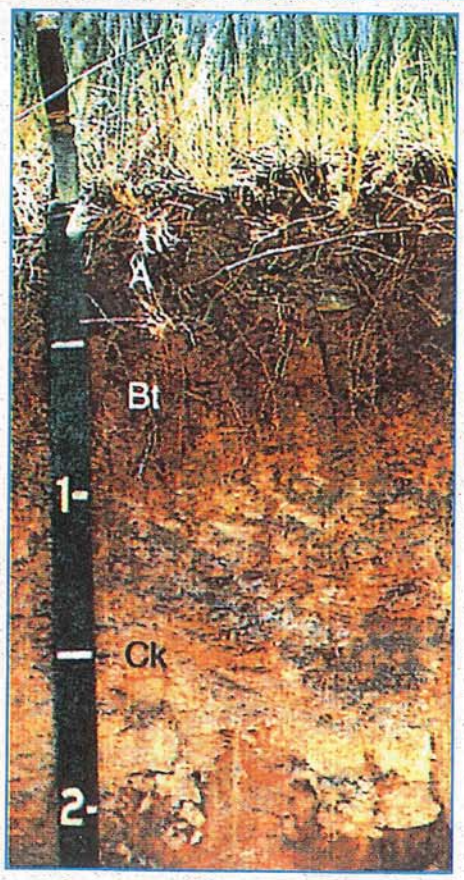
*** الأخ / عارف محمد عوض ـ سور**

كما ذكرت يا أخانا ، الكمال ل
ونحن هنا في مجلة العلوم والتق
بك وبكل أشقائنا في سوريا الح
مدينة الملك عبد العزيز للعلوم وا

في
العدد المقبل

الأراضي الزراعية





وكيل التوزيع : الشركة السعودية للتوزيع
Saudi Distribution Co.
ص.ب ٥٥٢٠٢ الرياض ١١٥٣٤
هاتف ٤٧٧٩٤٤٤

مطابع الشرق الأوسط ٤٠٢٧٦٣٣

النظم الكهروضوئية (ص ١٤)