حكايات علمية

٢٢

الشمس تدير الآلات

دكتور/ محمد على أحمد
أستاذ بكلية الزراعة - جامعة عين شمس

دار المعارف

الناشر : دار المعارف - ١١١٩ كورنيش النيل - القاهرة : ج . م . ع .

إعداد الماكيت . أماني والي

١ - يوم كسوف الشمس

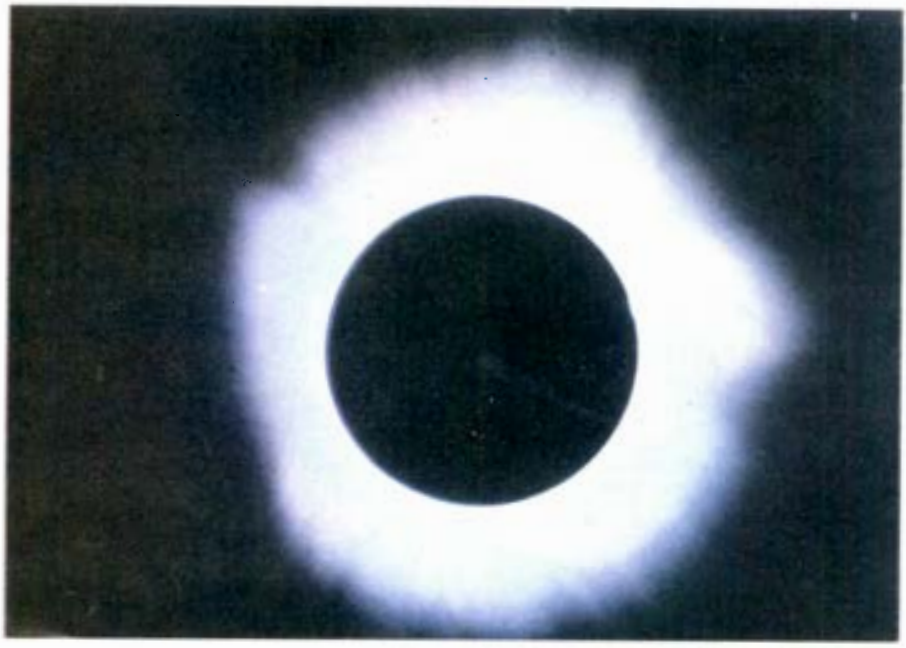
اجتمعت الأسرة حول جهاز التلفاز لمشاهدة ظاهرة كسوف الشمس التى شاهدها العالم كله خلال يوم الأربعاء ١٢ أغسطس ١٩٩٩، منبهرين بقدرة الله سبحانه وتعالى، ومتأملين إحدى آياته الكونية.

قال الأب: إن كسوف الشمس هو أحد الظواهر الطبيعية التى يعرفها الإنسان منذ بدأ التاريخ، وكان الإنسان البدائى يعتقد أن هناك وحشًا خرافيًا يلتهم قرص الشمس فى غفلة من الآلهة، لذا ابتدع طقوسًا خاصة لإخافة ذلك الوحش وطرده، مثل الرقص ودق الطبول، وكان يستمر ذلك حتى يترك الوحش الخرافى قرص الشمس، مصدر الضوء والحياة للإنسان ولجميع الكائنات الحية على الأرض.

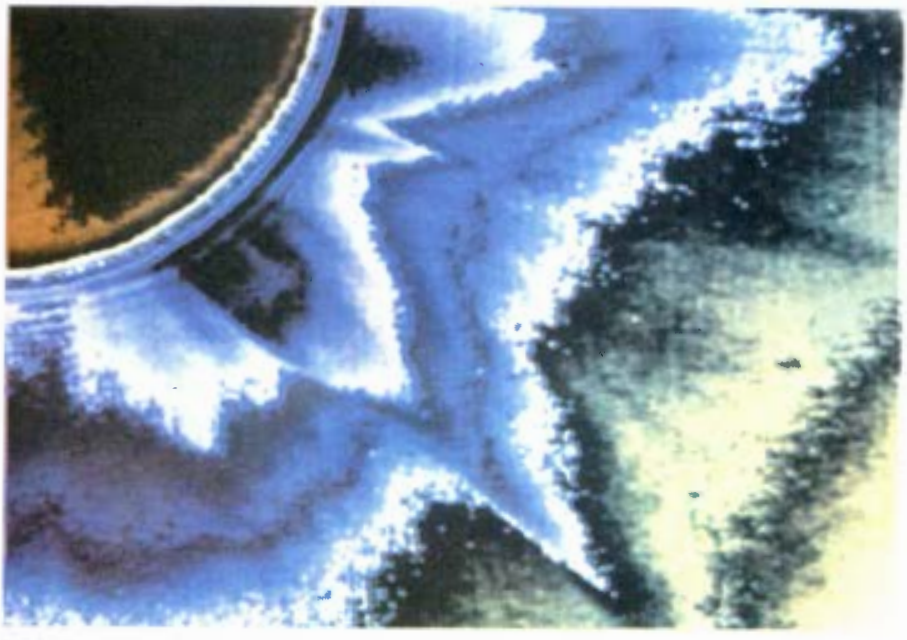
تابع الأبناء يوسف ومريم وسارة مع والديهما تتابع أحداث ظاهرة كسوف الشمس، ولاحظوا أن كثيرين من سكان العالم يتابعون ذلك مستخدمين نظارات خاصة تحجب الأشعة الضارة بشبكية العين.

سأل يوسف أباه: هل سجل الإنسان فى الحضارات القديمة ظاهرة كسوف الشمس؟ قال الأب: يعتبر قدماء المصريين أقدم شعوب الأرض رصدًا للشمس ولعديد من التغيرات الفلكية، ولقد سجلوا مشاهداتهم فى نصوص الأهرام، وفى العديد من برادياتهم، وكذلك فعل البابليون فى العراق، وشعب المايا فى المكسيك.

استكمل الأب حديثه قائلاً: ولقد سجل الفراعنة كسوفًا للشمس فى عصر الملك رمسيس الثانى سنة ١٢٠٠ قبل ميلاد السيد المسيح عليه السلام، ووصفوا الشعلات الملتهبة التى تأكل الشمس، وهى التى تعرف اليوم باسم الهالات الشمسية التى تحيط بقرص الشمس خلال الكسوف، وأطلقوا على ذلك اليوم (النهار المظلم).



كسوف شمسى كلى



الإكليل الشمسى كما يبدو من الفضاء .

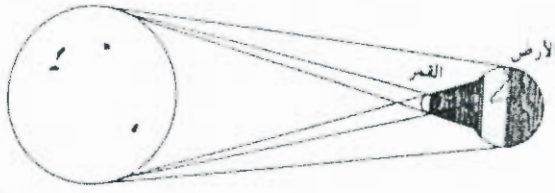
سألت مريم: هل شاهدت كسوفًا للشمس يا والدى قبل ذلك الكسوف؟ ابتسم الأب قائلاً: نعم يا صغيرتى.. فإن والدك رجل متقدم فى العمر، ولقد شاهدت كسوف الشمس الذى حدث فى نهار ١٥ فبراير سنة ١٩٦١، ولكن هناك كسوفًا آخر حدث يوم ١٧ إبريل سنة ١٩١٢، ويتنبأ العلماء بأن الكسوف القادم سيكون يوم ٣ سبتمبر سنة ٢٠٨١ إن شاء الله.

استكمل الجميع مشاهدة مراحل كسوف الشمس فى التلفاز، الذى ألغى برامجه المعتادة ليستضيف بعض العلماء المتخصصين لشرح هذه الظاهرة الكونية الفريدة، ثم ظهرت على شاشة التلفاز رسوم توضيحية للأرض والشمس والقمر، صاحبها شرح واف.

قال المذيع: يضىء النهار بضوء الشمس، ويعطى القمر نوره فى الليل لانعكاس أشعة الشمس على سطحه، فى الوقت الذى تكون فيه الشمس تشع بنورها فى النصف الآخر من الكرة الأرضية.

وقد تختفى أشعة الشمس وراء السحاب، إلا أن أشعتها تضىء الأرض بعد تشتتها. وإذا اعترض جسم كبير الحجم طريق أشعة الشمس إلى الأرض، فإنه قد يمنعها من الوصول، فيتلاشى الضوء، وهذا ما يعرف باسم كسوف الشمس، والذى يحدث عندما تقع الأرض والشمس والقمر على خط مستقيم.

استكمل المذيع حديثه قائلاً: إن وجود القمر بين الأرض والشمس على خط واحد يؤدى إلى حجب قرص الشمس، ويظهر ظل القمر على الأرض، حيث يعرف ذلك بالكسوف الكلى، ويبدو قرص الشمس كقرص أسود، بينما إذا حجب القمر جزءًا من قرص الشمس، عرف ذلك بالكسوف الجزئى.



الشمس وبها بقع شمسية (كلف شمسى)

رسم تخطيطى يوضح الكسوف الكلى للشمس .

وفى حالات أخرى، يكون القمر فى أقرب نقطة له من الشمس، وبذلك ينتهى مخروط ظله فى الفضاء، وتشاهد الشمس فى حالة كسوف حلقى، حيث تظهر كقرص أسود محاط بهالة مضيئة.

سألت سارة أمها: هل الشمس تحترق؟ وهل ستنتهى وتتلاشى يومًا ما؟.

قالت الأم: إن الشمس - يا ابنتى - نجم عملاق، وهى مركز مجموعتنا الشمسية. وتفوق كتلة الشمس كتلة جميع الكواكب السيارة التى تدور حولها، وتبلغ كتلة الشمس نحو ٣٣٣ مرة كتلة كوكبنا الأرضى.

والشمس عبارة عن كرة غازية مشتعلة، يبلغ قطرها ١٠٩ مرة قطر الأرض، وعلى الرغم من احتراق الشمس المستمر، فإن العلماء يقدرون استمرار اشتعالها إلى نحو ٤٥٠٠ مليون سنة قادمة إن شاء الله.

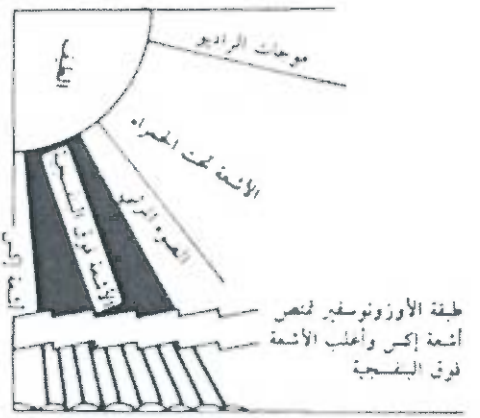
استكمل الأب حديث الأم قائلاً: ينبعث من الشمس حرارة عالية، وضوء شديد، حيث تبلغ كمية الطاقة التى تشعها الشمس فى الفضاء نحو ٣,٩ مليون مليون مليون مليون إرج، وتنتج هذه الطاقة الهائلة من اندماج ذرات الهيدروجين - وهو الغاز الذى ينتشر فى الكون كله، وكوكبنا الأرضى - حيث يتكون من كل أربع ذرات هيدروجين ذرة واحدة من الهليوم نتيجة لاندماج نووى داخل باطن الشمس.

قال يوسف: معنى ذلك يا والدى أن درجة حرارة الشمس بالغة الارتفاع، هل استطاع العلماء تقديرها؟

رد الأب على ابنه قائلاً: تصل درجة حرارة سطح الشمس حوالى ستة آلاف درجة مئوية، بينما تصل درجة حرارة باطنها نحو عشرين مليون درجة مئوية. وبالإضافة إلى ذلك يرتفع الضغط وتزداد كثافة باطن الشمس، الذى يعتبر مفاعلاً نوويا طبيعيا هائلاً.

وكانت الأم تتابع حديث الأب وشرحه للشمس، وما يصدر عنها من حرارة شديدة، فأضافت إلى تلك المعلومات مزيدًا منها قائلة: إن باطن الشمس ينتج

عنه إشعاعات كثيرة قاتلة، مثل أشعة جاما، وأشعة اكس، إلا أن هذه الأشعة تتحول خلال انتقالها من باطن الشمس إلى سطحها، وتصبح أشعة مرئية يمكن لعيوننا رؤيتها، وهى المصدر الأساسى للطاقة على الأرض.



رسم تخطيطى يوضح الإشعاع الشمسى، والموجات المختلفة المنبعثة من الشمس.

ويتم انتقال درجات الحرارة العالية من باطن الشمس إلى سطحها عن طريق دوامات الحمل، التى ينتج عنها انفجارات صوتية تسرى داخل الغلاف الجوى للشمس كموجات صوتية ذات طاقة ميكانيكية، ثم تتكسر هذه الموجات فى طبقة الإكليل الشمسى، وتتحول طاقتها الميكانيكية إلى طاقة حرارية بالغة الارتفاع، ترفع درجة حرارة الإكليل الشمسى إلى أكثر من مليون درجة مئوية، وبذلك يصبح الإكليل الشمسى مصدرًا للأشعة الضارة مثل أشعة اكس، والأشعة فوق البنفسجية.

سألت مريم: ولكن كيف حمى الله - سبحانه وتعالى - مخلوقاته على سطح الأرض من هذه الحرارة بالغة الارتفاع، وتلك الإشعاعات القاتلة الفتاكة التى تنبعث من الشمس؟

قال الأب: إن الشمس تبعد عن الأرض بحوالى ١٤٩ مليون كيلومتر، لذا لا يصل إلى الأرض سوى جزء ضئيل من حرارتها. وحيث إن الله رحيم بعباده،

فلقد خلق - سبحانه وتعالى - طبقة من الهواء المتأين تعرف باسم (الأيونوسفير)، ترتفع فوق سطح الأرض بنحو ١٠٠ كيلومتر، تقوم بامتصاص أشعة اكس الضارة، وكذلك طبقة الأوزون فى طبقات الجو العليا، التى تمتص الأشعة فوق البنفسجية، ولولا رحمة ربك لهلكت الحياة على الأرض.

قالت الأم مستكملة حديث الأب: إن الشمس تلعب دورًا هامًا فى مناخ كوكب الأرض، فحرارتها تبخر مياه البحار والمحيطات، وتسبب الرياح التى تحمل بخار الماء إلى اليابسة مكونة السحاب، ومن السحاب يتساقط المطر، وتهطل الثلوج، وكلما زادت معلوماتنا عن الشمس استطعنا التنبؤ بالطقس، وهذا ما حدث عندما أطلقت الولايات المتحدة قمرها الصناعى (معمل الفضاء Sky - Lab) الذى اكتشف عواصف واضطرابات على سطح الشمس، تؤثر على حالة جو ومناخ الأرض.

معمل الفضاء Sky – Lab الذى أطلقته الولايات المتحدة ويعمل بالطاقة الشمسية.

٢ - الشمس منبع الحياة

فى صباح اليوم التالى قام الأبناء يوسف ومريم وسارة على ضوء الشمس يغمر حجرتهم، فقال يوسف: حمدًا لله الذى أنعم علينا بالشمس، لقد أحسست أمس ببعض الخوف عندما اختفى قرص الشمس وحجب ضوءها.

قالت مريم: إن الإنسان قد عرف قيمة الشمس منذ بدء الخليقة، واتخذها إلهًا يتعبد إليها فى كثير من الحضارات القديمة. ولقد عرفها المصريون القدماء باسم الإله رع رب الآلهة، وعرفها الرومانيون القدماء باسم الإله ميترا، وقدسها شعب المايا فى أمريكا الوسطى.

استكملت سارة حديث أختها قائلة: لقد درست فى التاريخ أن الملك أمينوفيس الرابع أدخل دينًا جديدًا يتضمن عبادة الشمس، وقدس قرصها وأشعتها الذهبية. وغير هذا الفرعون اسمه إلى إخناتون، أى المفضل عند آتون إله الشمس نفسه المتمثل فى قرصه الذهبى.

وفتحت سارة كتاب التاريخ، وقالت: لقد قرأت نشيدًا للإله آتون منقوشًا على جدران مقبرة أحد الموظفين الملكيين بتل العمارنة، عبارة عن ترانيم طويلة تمجد الشمس، وتبين أهميتها للأرض ولجميع الكائنات الحية التى تعيش عليها.

يقول النشيد:

أيتها الشمس.. ما أجمل تلألؤ نورك فى السماء
أنت العريقة فى قدمك.. والخالدة خلود الحياة
عندما يرتفع قرصك فى الشرق.. يعم الجمال أرجاء الفضاء
أنت المتلألئة.. تطلين بعظمتك على الأرض
فتعانق أشعتك الأرض وما عليها من مخلوقات.. كنت السر فى وجودها.

الملك توت عنخ آمون وزوجته يتعبدان لإله الشمس (آمون)، الذى يبسط يديه بالخير.

وهنا دخلت الأم حجرة أولادها متعجبة من اجتماعهم المبكر فى هذا الصباح، وقالت: ماذا تفعلون يا أولاد.. لقد اعتقدت إنكم مازلتم نائمين. ضحك يوسف ومريم وسارة، وقالوا فى نفس واحد: لقد كنا نناقش أحداث الأمس، والتى مازالت تشغل عقولنا. فقالت الأم: هيا حتى نتناول معًا طعام الإفطار، واستكملوا مناقشاتكم معنا.

قالت سارة لوالدها: لقد قرأت يا والدى على إخوتى جزءًا من نشيد الشمس الذى كان يترنم به إخناتون خلال طقوس عبادة إله الشمس آتون، فهل عرف فراعنة مصر القدماء أهمية الشمس فى ذلك الوقت المبكر من تاريخ البشرية؟.

قال الأب: نعم ابنتى.. لقد عرفت عديد من شعوب الحضارات القديمة دور الشمس فى الحياة، بل واستغلوا أشعتها المضيئة الدافئة فى بعض المعابد والتماثيل ليظهروا لنا مدى براعتهم وقدراتهم العلمية.

تمثال الملك رمسيس الثانى وسط تماثيل الآلهة، وشعاع الشمس يغمر وجهه فى تمام الساعة السادسة وخمسة وعشرين دقيقة فى يوم ٢١ فبراير (يوم ميلاد الملك)، وفى الساعة الخامسة وخمس وخمسين دقيقة فى يوم ٢١ أكتوبر (يوم زواج الملك) من كل عام – معبد أبو سمبل.

فعلى سبيل المثال بنى الملك إمنحوتب الثالث - أحد ملوك الأسرة الثامنة عشرة - تمثالين من الحجر الرملى بالقرب من مدينة طيبةيعرفا باسم تمثالا ممنون، يبلغ طول التمثال الواحد نحو عشرين مترًا، ولقد استغل المهندس المصرى القديم الحرارة الناتجة عن أشعة الشمس فى أحد بدائعهم العلمية الرائعة.

سألت مريم: وكيف كان ذلك يا والدى؟

قال الأب: لقد لاحظ العلماء أن هذين التمثالين يصدر عنهما نغمات موسيقية جميلة مع شروق الشمس فى صباح كل يوم، تحية إلى الإله المشرق باعث الحياة وسيد آلهة السماء أجمعين.

واحتار العلماء والباحثون فى سر مصدر هذه النغمات الموسيقية الساحرة التى تصدر عند شروق الشمس فقط، ثم تختفى بعد ذلك. وبعد طول بحث وتنقيب، اكتشف العلماء السر.

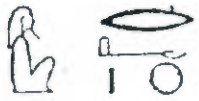
نظر الأبناء إلى والدهم منتظرين معرفة سر النغمات الموسيقية التى تنبعث من تمثالا ممنون، بينما راح الوالد يشرب رشفة من كوب الشاى الدافئ الذى أمامه على مائدة الإفطار.

نفد صبر يوسف سريعًا، وقال لوالده: هيا يا أبى قل لنا، ما هو سر انبعاث الموسيقى؟

قال الأب: لقد اكتشف العلماء حجرة صغيرة داخل كل تمثال، مقسمة إلى قسمين، بينهما ثقب صغير، بحيث يمتلئ القسم الأول بالهواء، والقسم الثانى بقطيرات ماء الندى التى تتجمع فيه قبل شروق الشمس.

تمثالا ممنون Memnon فى مدينة طيبة، بناهما
الملك امنحوتب الثالث (الأسرة ١٨).

وعند شروق الشمس يتمدد الهواء الموجود فى القسم الأول من الحجرة بتأثير حرارة أشعة الشمس، فيضغط ذلك الهواء المتمدد مندفعًا من خلال قطيرات الماء المتجمعة فى القسم الثانى من الحجرة. ويخرج ذلك الهواء المضغوط بعد ذلك من خلال ثقوب ذات أطوال مختلفة محدثًا أصواتا موسيقية جميلة ذات نغمات مختلفة كأنما هى فريق من عازفى المزمار تحية للإله رع المتمثل فى قرص الشمس الذى يشرق كل صباح .



الإله "رع"

تعجب الأبناء من ذكاء أجدادنا الفراعنة، وقدرتهم على استخدام أشعة الشمس فى ذلك العمل الفنى الجميل، وقالت سارة: وهل استطاع الإنسان أن يستفيد من الشمس فى حياته اليومية؟

قال الأب: نعم يا سارة.. فإن سكان أمريكا الجنوبية كانوا يضعون المرايا فوق قمم الجبال لتجميع أشعة الشمس واستخدامها فى إشعال النيران، ثم تستعمل نفس المرايا لعكس الضوء المنبعث من هذه النيران لإضاءة سفوح الجبال ليلاً حيث توجد منازلهم، وكذلك لتبادل الإشارات الضوئية عبر المسافات الطويلة.

كانت الأم تقف بالقرب من مائدة الإفطار، تستمع إلى حوار الأب مع أبنائه عن مدى استفادة البشر من أشعة الشمس، وهنا تذكرت شيئًا تضيفه إلى ذلك الحوار الدائر، وقالت: لقد قرأت أيضًا عن استعمال أشعة الشمس الحارقة فى الحروب التى كانت تدور بين بعض شعوب الحضارات القديمة، فلقد استعمل العالم الأغريقى القديم (أرشميدس) المرايا الحارقة للدفاع عن بلاده عام ٢١٢ قبل ميلاد السيد المسيح عليه السلام.

سأل يوسف: وكيف كان ذلك يا والدتى؟

قالت الأم: فى ذلك الوقت هاجم أسطول الرومان مدينة سيراكوز وكادوا يهزمون أهلها، فأمر (ارشميدس) بوضع مرايا عملاقة على أسوار المدينة لتركيز أشعة الشمس فى بؤرتها، ثم توجيهها إلى أشرعة سفن العدو التى احترقت عن آخرها، وهكذا اشتركت أشعة الشمس الحارقة لأول مرة فى الحرب.

استكمل الأب حديث الأم قائلاً: لقد فكرت البشرية منذ بداية عصر الحضارات القديمة فى كيفية استغلال الطاقة الكامنة فى أشعة الشمس، سواء طاقة حرارية أم ضوئية، وكان على رأس هؤلاء أجدادنا الفراعنة، وقدماء الإغريق. ثم جاء - بعد ذلك - علماء بارزون مثل جاليليو وليونارد دافينشى، تنبأوا بآلات وأجهزة تعمل بالطاقة الشمسية.

فعلى سبيل المثال، عرض العالم الفرنسى (موشو) فى معرض بباريس عام ١٨٧٨ أول آلة تحول الماء إلى بخار باستعمال الطاقة الشمسية، وكانت هذه

الآلـة عـبارة عـن غلايـة أسـطوانية الشـكل موضـوعة فـى بـؤرة مـرآة مخروطية الشكل، يصل قطرها إلى نحو خمسة أمتار.

ولقـد تم صناعة أول آلة بخارية تعمل بالطاقة الشمسية عام ١٨٧٥، وتكونت هذه الآلة من أسطوانة نحاسية مطلية باللون الأسود، تبلغ سعتها نحو مائة لتر مـاء، وتحيـط بهـا مـرآة معدنية مخروطية الشكل مساحتها عشرين مترًا مربعًا، تعكـس أشـعة الشـمس وتركـزها على سطح الغلاية. ولقد أمكن استخدام البخار المتولد من هذه الآلة البخارية فى تشغيل توربين بخارى.

وفى نفس العام استطاع العالم الفرنسى (أبيل) صناعة ماكينة طباعة تدار بالطاقة الشمسية، وبعد ذلك أمكن استغلال طاقة الشمس فى صهر الذهب، وتنقية بعض المعادن من شوائبها. ومع بداية القرن العشرين تم بناء مجمع للطاقة الشمسية فى ولاية ميسورى الأمريكية،استخدم فيه سائل الأمونيا كناقل للحرارة، كما أمكن استخدام الطاقة الشمسية فى تحلية مياه البحر والحصول على ماء عذب فى منطقة صحراء شيلى بطاقة قدرها ٢٤ ألف لتر ماء يوميًا.

٣ - عصر الطاقة الشمسية

دق جرس الباب دقات متواصلة، فهرول الأبناء لاستطلاع الخبر، ومعرفة من ذلك الطارق المتعجل، ثم هتفوا جميعًا فى سرور: جدو وتيته.. مرحبًا بكم.. مرحبًا بكم.

حضرت الأم على الفور للترحيب بوالديها، ثم حضر الوالد يسلم على والدى زوجته، وقال: مرحبًا بك يا دكتور عادل، وأهلاً وسهلاً بك يا دكتورة زينب.. لقد حضرتما فى الوقت المناسب للرد على تساؤلات أحفادكم عن الشمس والطاقة الشمسية، وهذا تخصصكما فى الجامعة.

ابتسم الضيفان، وقال الجد لأحفاده: هل أثار كسوف الشمس تساؤلاتكم عن طاقتها المتجددة؟ إن ذلك هو شغل العلماء الشاغل منذ أمد بعيد بعد أن استنفدت البشرية جزءًا كبيرًا من مخزونها من الفحم والبترول - وهى مصادر للطاقة غير المتجددة - وذلك نتيجة زيادة السكان المطردة.

سأل يوسف جده: ما هى مصادر الطاقة المتجددة؟

قال الجد: هناك مصادر كثيرة للطاقة المتجددة، مثل الطاقة الناتجة عن الشمس، وحركة الرياح، والطاقة المتولدة عن حركة المياه أثناء المد والجزر، والمياه المتساقطة من الشلالات، وغيرها. إلا أن الإنسان جهل قيمة هذه الطاقة وكان ضيق الأفق فى استخدامها.

استكملت الجدة حديث الجد، وقالت: إنَّ الشمس هى مصدر جميع الطاقات غير المتجددة على الأرض، فطاقة الفحم والبترول والغاز الطبيعى هى فى الأصل طاقة شمسية مخزنة تحت سطح الأرض نتيجة طَمر الغابات والحيوانات الأولية لملايين السنين. كما أن الشمس مصدر جميع الطاقات المتجددة، مثل طاقة الرياح وأمواج البحر، وباطن المحيطات، وغيرها من مصادر أخرى للطاقة.

وقالت الجدة: لقد استطاع العلماء - مؤخرًا - الحصول على الطاقة من الفرق فى درجة الحرارة العالية للطبقة السطحية فى البحار والمحيطات، والحرارة المنخفضة لمياه الأعماق،خاصة فى المناطق الدافئة مثل البحر الأحمر، حيث تسطع الشمس لفترات طويلة، وهذا مصدر جديد للطاقة المتجددة يمكن استغلاله فى المدن الساحلية للإضاءة وتحلية مياه البحر للشرب وللزراعة.

أحضرت الأم أكواب الشاى الساخنة، وقطع الكعك للترحيب بوالديها، وهنا نسى الأبناء يوسف ومريم وسارة الشمس وطاقتها المتجددة، وذلك بعد ظهور قطع الكعك الشهية التى تجيد أمهم صناعتها.

ابتسم الأب وهو يأخذ نصيبه من الكعك وقال: يبدو أن الفرن الجديد ساعد على إنضاج الكعك بطريقة أفضل. فنظرت الجدة إلى الكعك الذى أمامها وقالت: إن ابنتى تجيد الطهى سواء كان الفرن جديدًا أم قديمًا.

ضحك الجميع، واستغل الجد هذه الملاحظة ليضيف إلى موضوع استهلاك الطاقة إيضاحًا جديدًا. قال الجد: لقد ازدادت حاجة البشرية إلى الطاقة وذلك ليس فقط بسبب زيادة السكان، ولكن أيضًا لزيادة الأخذ بأساليب التقنية الحديثة فى كل مكان، وهى أساليب تعتمد على استهلاك مزيد من الطاقة.

واستكمل الجد حديثه قائلاً: إن زيادة الطلب على مختلف أنواع الوقود سبب استهلاكًا هائلاً لمصادر الطاقة الطبيعية - مثل الفحم والبترول والغاز الطبيعى - حتى بدأت هذه المصادر غير المتجددة من الطاقة فى النضوب.

نظرت الأم إلى والدها وقالت: هل ذلك كله سوف يحدث نتيجة طهى الكعك فى الفرن الجديد. ابتسم الجد وقال: ليس ذلك بالضبط، ولكن زيادة رفاهية المجتمع صاحبه زيادة كبيرة فى استهلاك الطاقة، وربما يكون السبب هو تغيُّر أنماط الحياة فى المجتمع الجديد. ويجب ألّا ننسى أن انتقال المجتمع من مجتمع زراعى إلى مجتمع صناعى، وكذلك استخدام الآلات الزراعية الحديثة أدى إلى مزيد من استهلاك مصادر الطاقة غير المتجددة.

انتهى الأولاد من التهام الكعك، ثم جلسوا ينصتون إلى ذلك الحديث الشائق عن الطاقة المتجددة، وغير المتجددة المهددة بالفناء.

سأل يوسف جده: وهل هناك خوف من نفاد مصادر الطاقة التقليدية يا جدى بحكم إنها غير متجددة؟ قال الجد: نعم.. فإن العلماء يقدرون أن المخزون من مصادر الطاقة التقليدية - مثل الفحم والبترول والغاز الطبيعى - لن يبقى طويلاً تحت ظروف الاستهلاك المتزايد لها، وقد ينضب مواردهم فى نهاية القرن الجديد، الواحد والعشرين.

انزعجت مريم من ذلك، وقالت لجدها: يا إلهى.. هل معنى ذلك عدم وجود مصدر للطاقة يستفيد منها الإنسان.

قال الجد: لا تنزعجى يا مريم.. فإن هذه المشكلة تؤرق العلماء منذ بداية القرن العشرين، واستمرت أبحاثهم سنوات طويلة للبحث عن مصادر أخرى غير تقليدية للطاقة، واستأنسوا الطاقة النووية وحصلوا منها على طاقة هائلة استغلت فى توليد الكهرباء. ولكن هناك مشاكل لا حصر لها ناتجة عن محطات الطاقة النووية، مثل التلوث بالعناصر المشعة، وكلنا نتذكر حادث انفجار المفاعل النووى بمدينة تشرنوبيل بالاتحاد السوفيتى (روسيا)، الذى هدد شرق أوربا بالإشعاعات الضارة القاتلة.

ثم استكمل الجد حديثه قائلاً: ليس هذا فقط، بل أن هذه المفاعلات النووية تعمل بخامات من عناصر مشعة - مثل اليورانيوم والتوريوم - وهى عناصر قليلة الوجود فى الطبيعة، وسوف تستهلك هى الأخرى بعد فترة قصيرة نتيجة استهلاكها.

قالت سارة: وهكذا يا جدى سوف يستنفد الإنسان جميع مصادر الطاقة غير المتجددة، سواء بترول أم فحم أم غاز طبيعى.. حتى العناصر المشعة المستخدمة فى توليد الطاقة النووية سوف تستهلك هى الأخرى.. ما العمل إذًا؟ هل سيعود

الإنسان إلى بداية طريق الحضارة.. لا سيارات.. ولا طائرات.. ولا مصانع تعمل.. ولا كهرباء.. ولا طهى؟. فأكملت مريم حديث أختها فى أسى، وقالت: ولا كعك فى الفرن الجديد.

٤ - الشمس تولد الكهرباء

ارتدى الأبناء يوسف ومريم وسارة ملابسهم استعدادًا للذهاب مع والديهم إلى النادى، واستعد الجميع فيما عدا يوسف الذى ظل يبحث عن ساعته الجديدة التى أهداها إليه جده بمناسبة نجاحه.

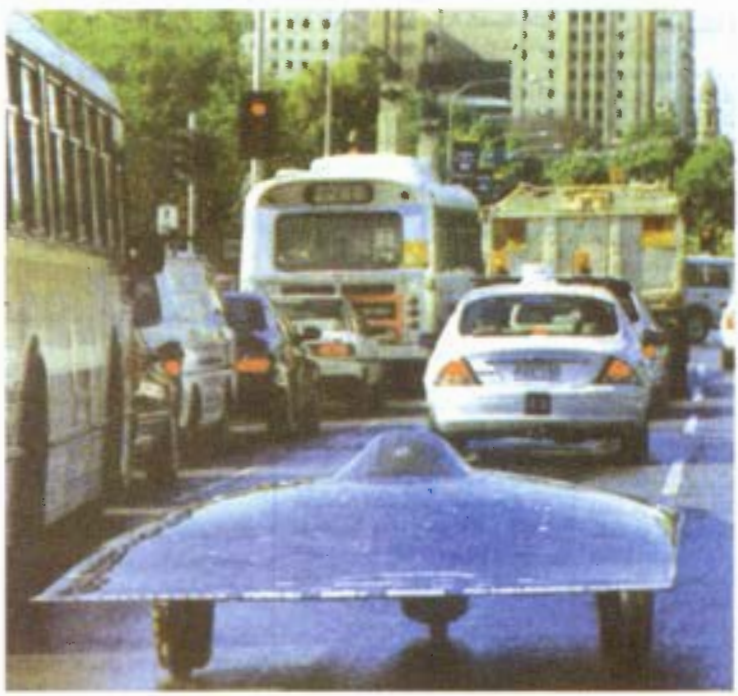
قال الأب: إنك تضيع الوقت يا يوسف، لماذا إصرارك على هذه الساعة بالذات ولديك غيرها؟، قال يوسف: إنها ساعة تعمل بالطاقة الشمسية يا والدى.. وها هى قد وجدتها.

استقلت الأسرة السيارة، متجهين إلى النادى. سألت مريم أخاها يوسف: هل تعمل ساعتك بالطاقة الشمسية خلال ساعات النهار فقط؟ وتقف عن العمل بعد الغروب؟.. تحير يوسف من سؤال أخته.. ولم يهتدى إلى إجابة مقنعة.

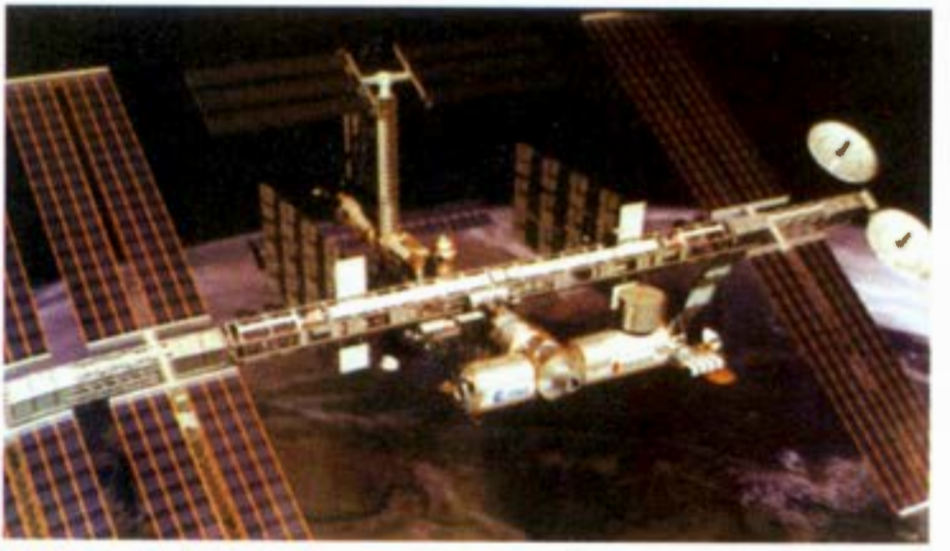
قالت سارة: هل تعلمون.. إن الآلة الحاسبة التى اشتراها لى والدى تعمل هى الأخرى بالطاقة الشمسية.. ولقد لاحظت وجود مستطيل من خلايا ضوئية بالقرب من شاشة الأرقام.. ولكن لا تعمل هذه الآلة إلا عند توفر ضوء كاف، فإذا ما انخفضت شدة الإضاءة.. بهت لون الأرقام على الشاشة وأصبحت غير واضحة.. وفى الظلام تقف الآلة تمامًا عن العمل .

استمع الوالدان إلى حديث أبنائهم حول تشغيل بعض الآلات الصغيرة بواسطة الطاقة الشمسية، وقال الوالد موضحًا ما غمض عليهم من هذه التقنية: إن ساعة يوسف والآلة الحاسبة الخاصة بسارة، وغيرها من آلات وأجهزة صغيرة تعمل بالطاقة الشمسية، كلها تحتوى على خلايا إلكترونية تحول ضوء الشمس إلى تيار كهربى كاف لتشغيل مثل هذه الأجهزة.

اشتركت الأم فى الحديث، وقالت مستكملة حديث الوالد: ليس فقط الأجهزة الصغيرة، بل وأيضًا أجهزة وآلات كبيرة. فلقد قرأت فى الصحف أن بعض شركات التليفون فى أوربا تعتمد على الطاقة الشمسية فى تشغيل خطوطها التليفونية، كما أن هناك سيارات وطائرات تعمل بالطاقة الشمسية، بل وأقمار صناعية ذات أذرع طويلة تحمل خلايا ضوئية تحول ضوء الشمس إلى تيار كهربى وتعمل به، مثل القمر الصناعى المصرى (نايل سات) الذى يستقبل الإرسال التلفزيونى ويعيد إرساله مرة أخرى منذ ٣١ مايو سنة ١٩٩٨.

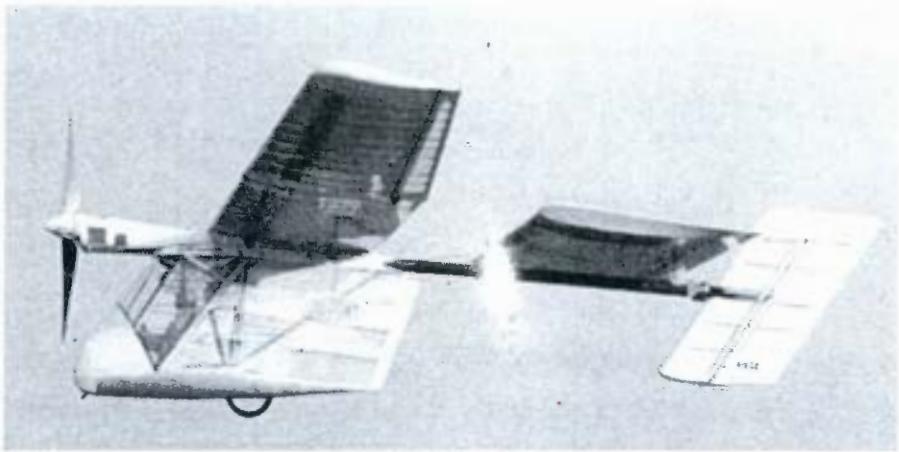


سيارة تسير بالطاقة الشمسية فى مدينة دارون باستراليا حيث اشتركت مجموعة من هذه السيارات فى سباق التحدى العالمى لسيارات الطاقة الشمسية فى استراليا عام ١٩٩٩.



صورة لأحدث وأضخم محطة فضائية يتم تركيبها حاليًا على ارتفاع ٢٥٠ ميلاً فوق سطح البحر! وستعمل هذه المحطة بشكل يشبه حاملة الطائرات ولكن لخدمة الرحلات الفضائية من وإلى كوكب الأرض!

تلسكوب الفضاء هابل، الذى يصور مختلف أنحاء الكون .



طائرة تعمل بالطاقة الشمسية .

سألت مريم: ولكن ماذا يحدث عندما يحل الظلام ويختفى ضوء الشمس الذى هو مصدر الطاقة لمثل هذه الأجهزة والآلات؟ هل تقف عن العمل؟

قال الأب: بعض الآلات الحاسبة تعمل مباشرة بضوء الشمس، فإذا غاب الضوء وقفت الآلة عن العمل. وفى مثل هذه الآلات يكون هناك - عادة - مصدران للطاقة، الأول هو ضوء الشمس - أو أى مصدر ضوئى آخر - والثانى بطارية صغيرة موضوعة داخل الآلة، تعمل عند غياب مصدر الضوء، أو عندما يكون ذلك المصدر غير كاف لتشغيل الآلة.

واستكمل الأب حديثه قائلاً: أما فى الآلات الكبيرة، فإنها تكون - عادة - مزودة بمسطح كبير من الخلايا الضوئية الإلكترونية، متصلة ببطارية شمسية خاصة تخزن الطاقة الكهربائية المتولدة، التى يمكن استخدامها بعد ذلك عند غياب الشمس وحلول الظلام، وهذا ما يحدث فى ساعة يوسف. أما فى القمر الصناعى فإنه موجود فى الفضاء الخارجى ويستقبل الضوء دائمًا.

استعمال الطاقة الشمسية فى الأغراض المنزلية المختلفة .

وصلت السيارة عند باب النادى، ودخلت الأسرة من البوابة الرئيسية. قال يوسف: انظر يا أبى، أليست هذه خلايا ضوئية موزعة على لوحة عملاقة؟ هل تحول هذه الخلايا الطاقة الموجودة فى ضوء الشمس إلى تيار كهربى أيضًا؟

قال الأب: نعم، إن النادى يستخدم تقنية تحويل ضوء الشمس إلى تيار كهربى لإضاءة المبانى وصالات الألعاب، وبذلك يوفر تكاليف التيار الكهربى.

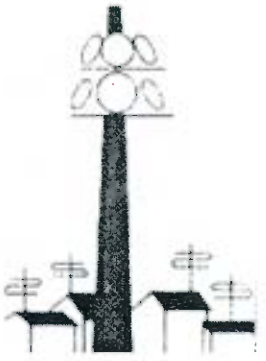
استكملت الأم حديث الأب قائلة: إن هذه التقنية مفيدة أيما إفادة فى المناطق النائية، والمدن الجديدة، حيث يمكنها الاستفادة من أشعة الشمس وتحويلها إلى تيار كهربى مباشرة عن طريق الخلايا الضوئية، كما يمكن استخدام بطاريات تشحن خلال النهار، وبذلك يتوفر التيار الكهربى على مدار النهار والليل.

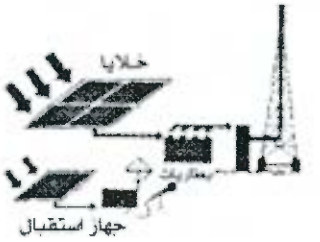
مستقبل ضوئى ضخم فى مواجهة سطوع الشمس. مزود بآلاف الخلايا الضوئية التى تحول الضوء إلى طاقة كهربية .

وأوضحت الأم الاستخدامات التطبيقية للتيار الكهربى المتولد عن طريق أشعة الشمس قائلة: إن هذا التيار الكهربى يمكن استخدامه فى إنارة اللوحات الضوئية، وفى إرسال واستقبال الراديو، وإنارة ممرات الطائرات ليلاً، والموانى، وإدارة مواتير الطلمبات لضخ الماء من الآبار. فعلى سبيل المثال يمكن استخدام لوحة ضوئية مساحتها ١٠ متر مربع لتوليد طاقة كهربية يمكنها ضخ ٢٢ متر مكعب ماء يوميًا من عمق عشرين مترًا.

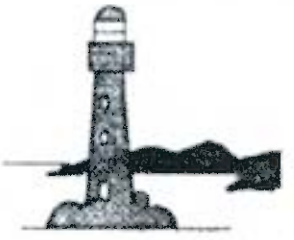
قالت سارة: إن استخدام نظام تحويل الطاقة الشمسية مباشرة إلى تيار كهربى مفيد للبشرية، ورخيص التكاليف، ويستخدم فى عديد من النواحى التطبيقية المفيدة، وليس فقط فى تشغيل ساعة رقمية أو آلة حاسبة.

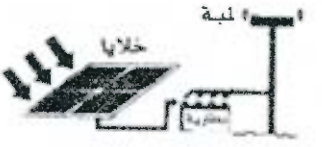
جلست الأسرة تحت أشعة الشمس الدافئة فى حديقة النادى، وجاء النادل بطلبات كل فرد ووضعه أمامه. قالت مريم لوالدها وهى تأخذ رشفة من كوب الكاكاو باللبن الساخن أمامها: هل تتولد الكهرباء من أشعة الشمس الضوئية فقط؟ أم يمكن تحويل الطاقة الحرارية أيضًا إلى تيار كهربى؟



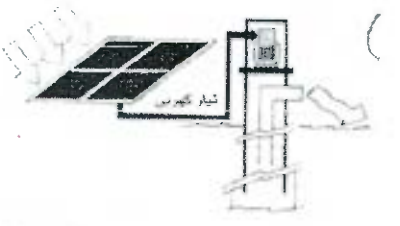


١- الاتصالات: إرسال واستقبال الراديو والتليفزيون .





٢- تشغيل العلامات الإرشادية، والإشارات الضوئية.



٣- ضخ الماء من الآبار فى المناطق النائية .

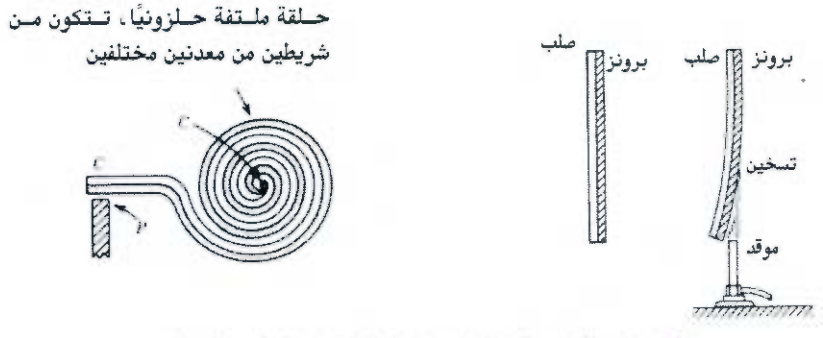
٤- إنارة المدن الجديدة .

شكل يوضح بعض النواحى التطبيقية للاستفادة من تقنية تحويل أشعة الشمس إلى تيار كهربى .

قال الأب: هناك أجهزة بسيطة تقوم بتحويل الطاقة الحرارية لأشعة الشمس إلى تيار كهربى، حيث تعتمد هذه الأجهزة على ما يسمى بالمزدوجات الحرارية.

سأل يوسف: وما هى المزدوجات الحرارية يا أبى؟

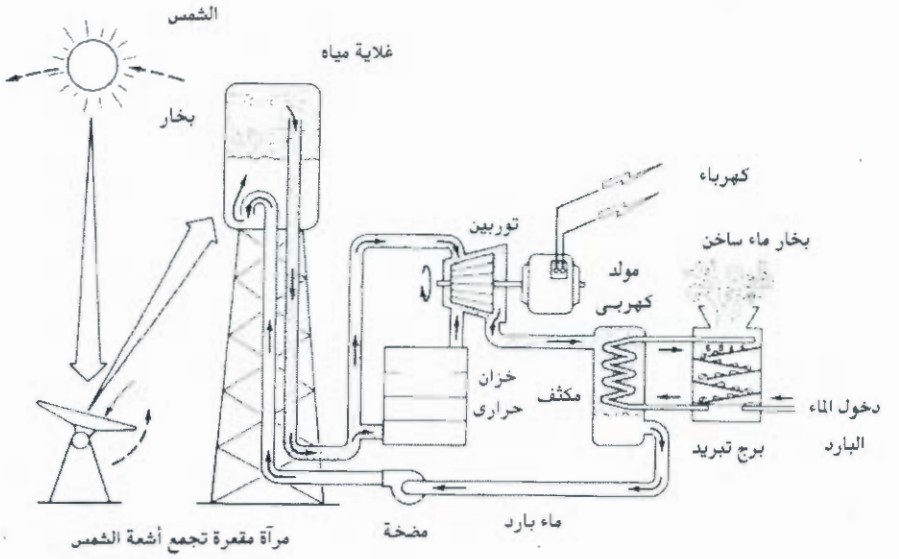
رد الأب: هى عبارة عن قطعتين من معدنين مختلفين، مثل الزنك والانتيمون، أو الصلب والبرونز، على صورة شريطين ملتصقين ببعضهما البعض، قد يكونان على شكل مستقيم، أو يلتفان على هيئة قوس، أو شكل حلزونى. وعند تسخين الطرفين المتجاورين الملتحمين تتحرر إلكترونات من أحد المعدنين إلى الآخر، ويسرى تيار كهربى. وتستخدم هذه التقنية فى توليد الكهرباء فى الأماكن النائية بغرض الإضاءة والطهى وضخ الماء.



شكل يوضح المزدوج الحرارى من معدنى الحديد الصلب والبرونز .

قالت سارة: إن توليد الكهرباء بطريقة المزدوجات الحرارية يعطى طاقة كهربية محدودة يا والدى، فهل هناك تقنية أخرى تستخدم الطاقة الحرارية لأشعة الشمس فى توليد طاقة كهربية عظيمة القدرة، تكفى لتشغيل ماكينات عملاقة، أو إنارة مدينة كاملة؟.

قال الأب: نعم يا سارة، هناك تقنية متقدمة تعتمد على استعمال مرآة مقعرة كبيرة، تركز أشعة الشمس فى بُؤرة تقع عند سخان مياه عملاق، تغلى فيه الماء فيندفع البخار فى ماسورة إلى توربين كبير الحجم يدور بسرعة بفعل اندفاع البخار الساخن.



ويتصل ذلك التوربين العملاق بمولد كهربى يعطى تيارًا كهربيا يستخدم فى عديد من الأغراض الصناعية. ويتم تكثيف بخار الماء الساخن إلى ماء بارد، يدفع بواسطة مضخة مرة أخرى إلى سخان المياه الواقع فى بؤرة المرآة المجمعة لأشعة الشمس، والتى تتحرك مع حركة قرص الشمس لتجميع أشعتها ذات الطاقة الحرارية العالية.

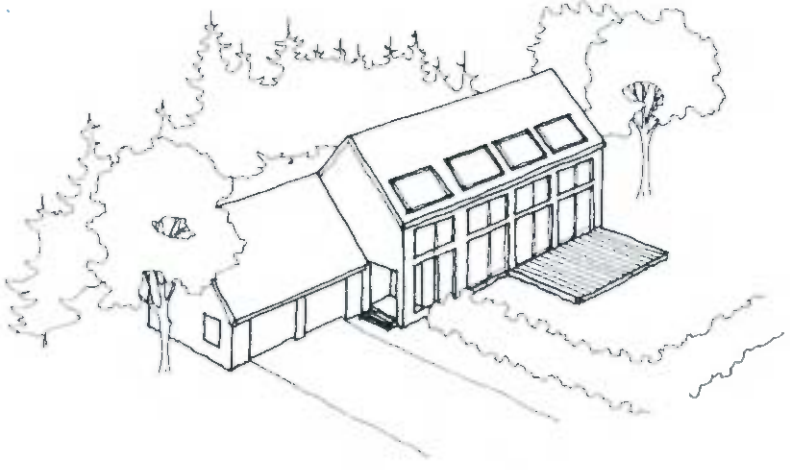
٥ - بلاد الشمس الباردة

استأذن يوسف والديه فى الذهاب إلى حمام السباحة بالصالة المغطاة، بينما بقيت سارة ومريم مع والديهما فى حديقة النادى.

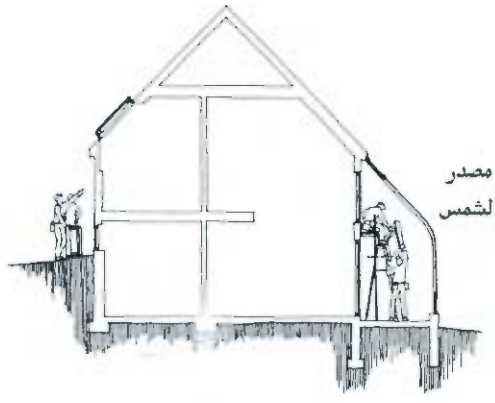
قالت سارة لوالدها: إن الجلوس تحت أشعة الشمس الدافئة تسعدنا يا والدى، رغمًا عن برودة الجو. فما بال البلاد الأوربية الباردة، التى لا ترى الشمس ولا تحس بدفئها؟

ابتسم الأب وقال لابنته: إنهم يحسدوننا على دفء شمسنا المشرقة، وسمائنا الصافية، وهم يسعون دائمًا للاستفادة من الساعات القليلة التى تظهر فيها الشمس لتدفئة منازلهم دون تكلفة، خاصة بعد ارتفاع سعر البترول فى السنوات الأخيرة.

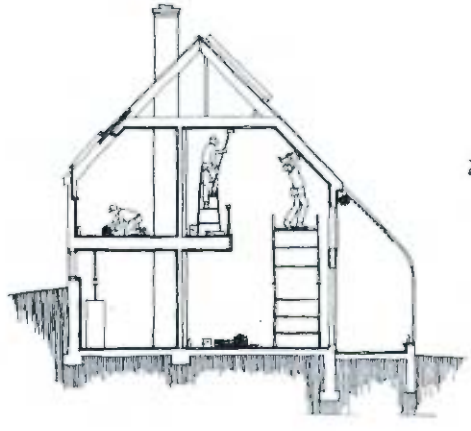
واستكمل الأب حديثه قائلاً: لقد راعى الأوربيون - وغيرهم من الدول ذات الجو البارد - تصميم منازلهم بحيث تكون الوجهة الشرقية منها مصنوعة من الزجاج الشفاف، الذى يسمح لأشعة الشمس بالنفاذ منها لتدفئة المنزل طول ساعات النهار، وجزء من الليل.



منزل ذو وجهة شرقية زجاجية



١ – البناء الأساسى



٢ – العزل الحرارى
وتوصيلات المياه الساخنة

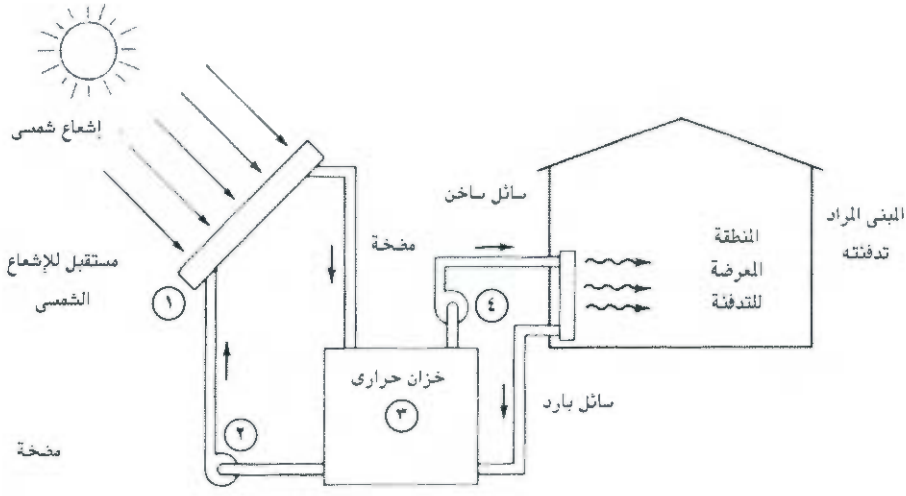
٣ – استكمال البناء

مراحل بناء منزل يعتمد على أشعة الشمس فى تدفئته .

نماذج لمنازل مصممة بحيث تستفيد من الطاقة الشمسية فى التدفئة وتوليد الكهرباء اللازمة لجميع الاحتياجات المنزلية .

سألت مريم: ولكن ما هو الأساس العلمى الذى يعتمد عليه فى تدفئة المبانى باستعمال أشعة الشمس يا والدى؟.

قال الوالد: إن ذلك يعتمد على استعمال مستقبلات للطاقة الشمسية، تحتوى على سائل يمتص الطاقة الحرارية لأشعة الشمس فترتفع حرارته، ثم يتحرك هذا السائل الساخن داخل أنابيب عن طريق مضخة تقوم بدفعه من المستقبل الشمسى إلى خزان حرارى يقوم بتخزين ذلك السائل الساخن. وبعد ذلك يتم توزيع السائل الساخن إلى الأماكن المراد تدفئتها، ثم يعود السائل بعد أن يفقد حرارته مرة أخرى إلى المستقبل الشمسى لكى يسخن مرة أخرى.



استكملت الأم حديث الأب قائلة: إن الطريقة التى شرحها لكم والدكما تعتمد على مضخات تدفع سائل تم رفع درجة حرارته عن طريق أشعة الشمس المباشرة، ثم يمر بعد ذلك إلى أماكن بعيدة تمامًا عن أشعة الشمس لتدفئتها، وهذا يختلف عن الأسلوب الأول فى حالة المنازل ذات الوجهات الشرقية المصنوعة من الزجاج، حيث يتم تدفئة الحجرات مباشرة عند تعرضها لأشعة الشمس.

عـاد يوسـف من حمام السباحة سعيدًا، فقالت له أخته سارة: كيف تستحم فى ذلك الجو البارد؟ هل تحملت برودة ماء حمام السباحة.

تعجب يوسف من سؤال أخته، وقال لها: من قال لك أن ماء حمام السباحة بارد، إنه دافئ جدًا، والسر فى ذلك يرجع إلى الطاقة الشمسية.

سـألت سارة والدها: وهل تستخدم أشعة الشمس أيضًا فى تسخين ماء حمام السباحة يا والدى؟.

قـال الأب: نعـم يـا ابنـتى، فـ د شـرحت لـك والدتك شيئًا عن مستقبلات الطاقـة الشمسـية الـتى تقـوم بتسخين سائل ما يستعمل فى تدفئة المبانى، فإذا كـان هـذا السـائل مـاء، حصـلنا عـلى مـاء سـاخن صـالح للاستعمالات المنزلية المختلفة مثل الطهى، وكذلك للاستحمام.

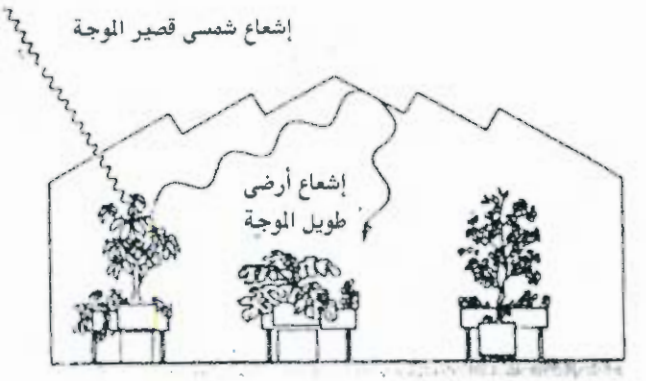
طهى الطعام باستعمال السخان الشمسى .

واستكمل الأب حديثه قائلاً: ويمكن استخدام محول حرارى، يعمل على تحويل حرارة الشمس إلى طاقة كهربية تستخدم فى تسخين الماء المعبأ داخل خزانات، وبذلك نحصل على ماء ساخن طول اليوم.

قالت مريم: إن استخدام أشعة الشمس فى التدفئة، والحصول على ماء ساخن شىء عظيم يا والدى، ولكن هل توجد استخدامات أخرى مفيدة من تحويل الطاقة الشمسية إلى حرارة؟

قال الأب: هناك استخدامات عديدة لا حصر لها، خاصة إذا علمت أنه يمكن الحصول على درجة حرارة تصل إلى نحو ٥٠ درجة مئوية باستعمال الطاقة الشمسية.

ويستطرد الأب قائلاً: إن زراعة الأنواع المختلفة من الخضراوات والفاكهة، والزهور داخل الصوبات الزراعية الزجاجية أو البلاستيكية فى الفصول الباردة من السنة يسمح بإنتاج جيد لها، كما يمكن استخدام الحرارة الشمسية فى تجفيف كثير من أنواع الخضراوات والفاكهة، وكذلك فى تقطير مياه البحر المالحة للحصول على ماء عذب صالح للشرب.



الزراعة داخل الصوبات الزجاجية فى الفصول الباردة .

٦ - مستقبل الطاقة الشمسية

بدأت الشمس فى المغيب والأسرة مازالت فى النادى، ونظر يوسف إلى ساعته، وقال: هل ممكن أن أذهب إلى ملعب الكرة يا والدى، إن لى موعدًا مع زملائى الآن.

قالت مريم: هل مازالت ساعتك تعمل يا يوسف رغمًا عن غياب ضوء الشمس؟ ابتسم يوسف لأخته قائلاً : نعم.. مازالت تعمل بانتظام، وأيضًا سوف يضاء ملعب الكرة بالطاقة الشمسية، التى تم تخزينها فى بطاريات شمسية خاصة تم شحنها خلال فترة سطوع الشمس.

تأملت سارة فى حديث أخويها، والشرح الوافى لأبويها، ولجدها الدكتور عادل، وجدتها الدكتورة زينب، والذى تضمن الطاقة الشمسية وفوائدها الجمة للبشرية منذ أن خلق الله - سبحانه وتعالى - الأرض ومن عليها، إلى أن تقوم الساعة.

سألت سارة والدها: هل تكفى الطاقة الشمسية يا والدى لتلبية احتياجات البشر فى مختلف نواحى الحياة؟

قال الأب: إن الطاقة الشمسية طاقة مستمرة ومتجددة، وهى ضخمة للغاية، ونظيفة بيئيا، حيث لا ينتج عن استخدامها غازات ملوثة، ولا نواتج ثانوية ضارة بالبيئة. ولا يتخلف من وراء هذه الطاقة أية مخلفات خطيرة مثل تلك النفايات المشعة التى تتخلف عن استعمال الطاقة النووية.

ولا تستقبل الأرض سوى جزء واحد من ألفى مليون جزء من الطاقة الكلية التى تشعها الشمس فى الفضاء، ويرجع ذلك إلى صغر حجم الأرض، وبعدها الكبير عن الشمس.

واستكمل الأب حديثه قائلاً: وعلى الرغم من ضآلة كمية الطاقة الشمسية الساقطة على الأرض بالنسبة إلى ما تشعه الشمس، فإن كمية الطاقة المتولدة من

مربع طول ضلعه ٦٠٠ كيلومتر يكفى لإمداد البشرية بما تحتاجه من طاقة فى مختلف نواحى الحياة.

قالت مريم: لقد لاحظت يا والدى أن جزءًا كبيرًا من الوقود والكهرباء يستخدم فى الطهى وتدفئة المنازل وإنارتها، وتسخين المياه للأغراض المنزلية اليومية، بينما تسطع الشمس خارج منازلنا بالمجان.

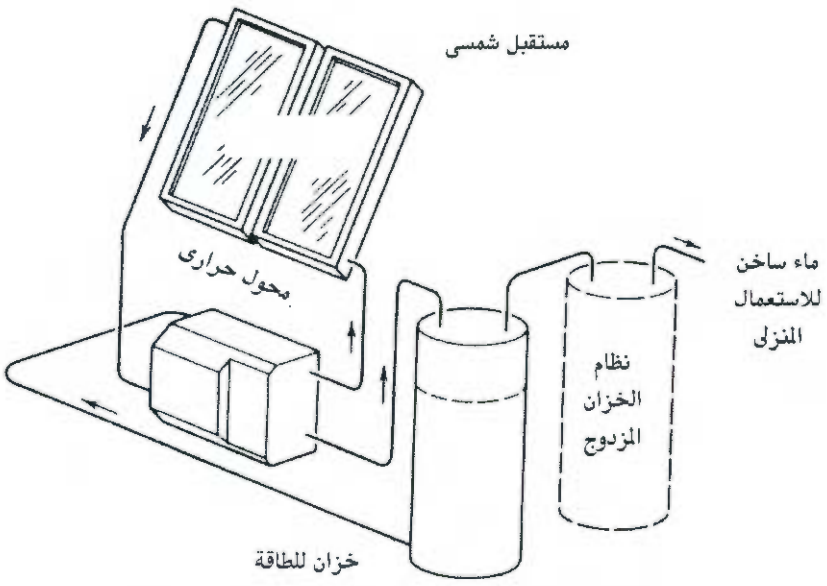
ابتسم الأب لملاحظة ابنته، وقال: إنك على صواب يا ابنتى، ويجب على البشرية ترشيد استهلاكها من الطاقة غير المتجددة، والاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة، مثل الطاقة الشمسية.

ولقد أدى الحظر الذى قامت به الدول العربية على إنتاجها من البترول خلال حرب أكتوبر المجيدة (سنة ١٩٧٣) إلى ارتفاع سعره فى الأسواق العالمية، هذا مما جعل الدول الأوربية - خاصة الدول الصناعية - تبحث عن مصادر جديدة للطاقة.

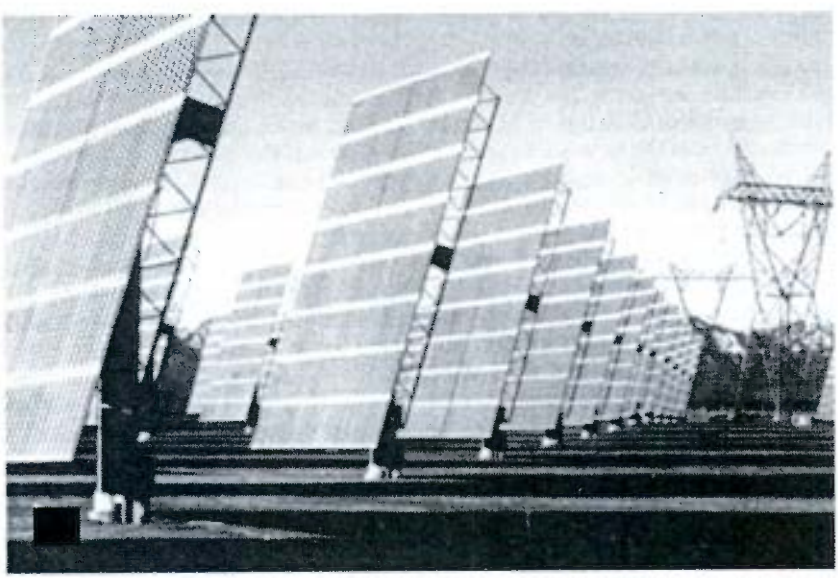
ومنذ ذلك الحين أخذت الطاقة الشمسية وضعها اللائق بين المصادر الجديدة والمتجددة للطاقة، وزادت الأبحاث المهتمة بها وبتطوير سبل الاستفادة منها، كما أنشأت الجمعية الدولية للطاقة الشمسية International Solar (ISES) Energy Society التى تضم عديدا من دول العالم المتقدم المهتم بالطاقة الشمسية.

سألت سارة: وكيف يمكن لنا يا والدى أن ندخل القرن الواحد والعشرين ونحن معتمدين على الطاقة الشمسية النظيفة الآمنة غير المكلفة.

قال الأب: إن بلادنا تتمتع بشمس ساطعة لفترات طويلة من النهار، وبذلك يمكن إقامة محطات ضخمة فى الصحارى المصرية بالقرب من المدن والمناطق الصناعية، تحتوى على مستقبلات لأشعة الشمس تعمل على تسخين الماء، ومن خلال توربينات عملاقة يمكن توليد الكهرباء. وأيضًا يمكن الحصول على الكهرباء من خلال الخلايا الضوئية مباشرة.



استخدام محول حرارى لتوليد كهرباء تستعمل فى تسخين الماء .



مستقبلات شمسية عملاقة مزودة بملايين الخلايا الضوئية التى تحول ضوء الشمس إلى طاقة كهربية.

قالت مريم: وماذا تفعل الدول الأخرى يا والدى، ذات الجو الغائم، والشمس الباردة، والتى لا يمكنها التمتع - مثلنا - بأشعة الشمس الدافئة.

فكر الأب قليلاً، ثم قال: لقد قرأت بحثًا فى إحدى المجلات العلمية المعروفة عن إمكان إرسال قمر صناعى يلتقط أشعة الشمس من الفضاء الخارجى الذى يشع بضوء الشمس طول الوقت، ثم يقوم بدوره بإرسالها مرة أخرى إلى الأرض عن طريق الموجات الدقيقة (الميكرو ويف).

واستكمل الأب حديثه قائلاً: ولقد حضرت مؤتمرًا علميا يناقش استخدام الطاقة الشمسية فيما يفيد البشرية، كمشروع عملاق للقرن الواحد والعشرين، حيث يخطط العلماء لإرسال محطات مدارية خاصة فى الفضاء الخارجى، على ارتفاع نحو ٣٠ ألف كيلومتر من سطح الأرض، تحمل خلايا ضوئية، وبطاريات شمسية، تحول ضوء الشمس إلى كهرباء وتخزنها، ثم ترسلها مرة أخرى إلى محطات أرضية خاصة على صورة موجات دقيقة، يتم تحويلها إلى تيار كهربى عادى، ثم توزعه على المصانع والمنازل.

نماذج لعديد من الأقمار الصناعية المختلفة، تعمل كلها بالطاقة الشمسية.

ويتميز الإشعاع الشمسى فى الفضاء بأنه دائم ومستمر، فلا تعاقب ليل ولا نهار، وأيضًا يزداد الإشعاع الشمسى فى الفضاء الخارجى نحو ست مرات عن ذلك الإشعاع الذى يصل إلى سطح الأرض.

قالت الأم: إن القرن الجديد هو قرن الطاقة الشمسية، تلك الطاقة النظيفة المتجددة، التى لا تكلف البشرية سوى التقاطها ثم الاستفادة منها.

مراجع عربية

١ - إبراهيم محمد عثمان القرضاوى (١٩٨١) - أجهزة الطاقة الشمسية - منشأة المعارف - الإسكندرية.

٢ - أحمد مدحت إسلام (١٩٨٨) - الطاقة ومصادرها المختلفة - مركز الأهرام للترجمة والنشر - القاهرة.

٣ - جماعة من الخبراء والمفكرين الفرنسيين (١٩٨٤) - الطاقة: مصادرها وقضاياها - ترجمة ميشيل فرج - الفكر المعاصر - السودان.

٤ - جورج وهبه العفى (١٩٨٥) - عصر الطاقة الشمسية - اقرأ - دار المعارف الطبعة الثانية.

٥ - محمد محمود عمار (١٩٨٩) - الطاقة: مصادرها واقتصادياتها - مكتبة النهضة المصرية - الطبعة الثانية.

٦ - نور الدين عبد الله الربيعى (١٩٨٣) - الآفاق العلمية لاستثمار الطاقة الشمسية - السلسلة العلمية (٢١) - منشورات وزارة الثقافة والإعلام - العراق.

مراجع أجنبية

1- Harris, N.C.; C.E. Miller and I.E. Thomas (1985). Solar Energy Systems Design. John Wiley & Sons, New York.

2- Magal, B.S. (1990). Solar Power Engineering. Tata Mc Graw-Hill Publishing Company Limited – New York.

3- Rai, G.D. (1984) Solar Energy Utilisation–Khanna Publisher, Nai Sarak.

4- Schwolsky, R. and J.I. Williams (1982). The Builder's Guide to Solar Construction – Mc Graw-Hill Book Company – New York.

5- Stine, W.B. and R.W. Harrigan (1985). Solar Energy Fundamentals and Design – A Wiley – Interscience Publication, John Wiley & Sons, New York.

6- Sukhatme, S.P. (1984). Solar Energy. Tata Mc – Graw Hill Publishing Company Limited – New Delhi.

رقم الإيداع	٢٠٠٠/١١٤٤٦
الترقيم الدولى	ISBN 977-02-6030-4

٧/٢٠٠٠/٢٤

طبع بمطابع دار المعارف (ج . م . ع .)