استخدامات الطاقة الشمسية

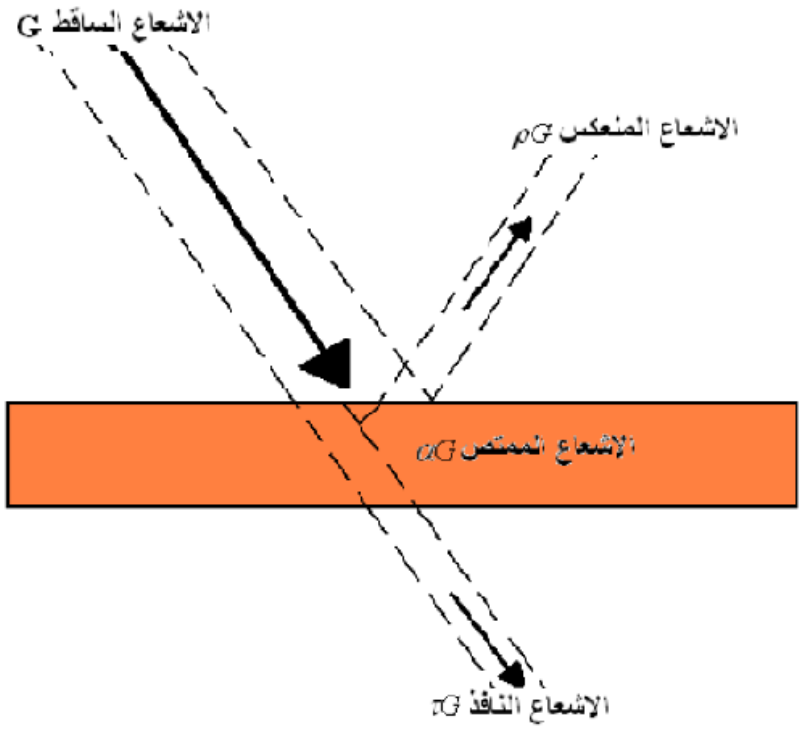
الحرارية

يتطلب الاستخدام الفعال للطاقة الشمسية ضرورة تحويلها من موجات كهرومغناطيسية إلى طاقة حرارية لاستخدامها في تلبية حاجات البشر ومن اجل تحقيق هذا الغرض يتطلب الأمر استعمال بعض الوسائل التي تقوم بتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية وتسمى هذه الأجهزة بالمجمعات الشمسية (Solar collectors). يمكن تصنيف المجمعات الشمسية إلى نوعين رئيسيين، النوع الأول هو المجمعات الشمسية المستوية (Flat solar collector) التي يتم بواسطتها الاستفادة من الإشعاع المباشر والمنتشر الساقط على المجمع ، ويمكن الاستفادة من هذه المجمعات في المنظومات التي لا تحتاج إلى درجات حرارة عالية كالتدفئة وتسخين المياه للأغراض المنزلية، تمتاز هذه المجمعات ببساطة تركيبها وسهولة تصنيعها وصيانتها فضلا عن الكلفة **القليلة** بالمقارنة مع الأنواع الأخرى .

أما النوع الثاني من المجمعات الشمسية هي المجمعات الشمسية المركزة (Concentrating collector) والتي تستخدم لتجهيز حرارة عالية إذ تتركز كثافة الفيض الشمسي بوساطة عاكس (Reflector) على مساحة صغيرة لتنتج كثافة فيض عالية وتحتاج هذه المجمعات إلى منظومات تعقب حركة الشمس، وتستخدم عادة في محطات توليد الطاقة الكهربائية والأفران الشمسية وغيرها من التطبيقات التي تحتاج إلى حرارة عالية.

الخواص الاشعاعية للمواد:

يعتمد عمل المجمعات الشمسية بشكل كبير على الصفات البصرية لمكوناتها مثل الغطاء الزجاجي وصفيحة الامتصاص ويتم اختيار هذه المواد تبعا لخواصها الاشعاعية ومدى استقرار هذه الخواص مع تغير الظروف الجوية بالاضافة الى الكلفة الاقتصادية للمواد المستخدمة في صناعة هذه المجمعات الشمسية.



شكل (١-٢) خواص الاشعاع

عند سقوط اشعاع على سطح بمعدل G يتم امتصاص جزء من الاشعاع الكلي من قبل السطح، وينعكس قسم اخر من السطح، وينفذ الباقي من خلال الجسم كما في الشكل (١-٢). واذا قمنا بعمل توازن حراري على السطح نحصل على :

$$\alpha G + \rho G + \tau G = G$$

ويتضح من هذه المعادلة ان مجموع الامتصاصية والانعكاسية والنفاذية يجب ان يساوي واحد كالاتي:

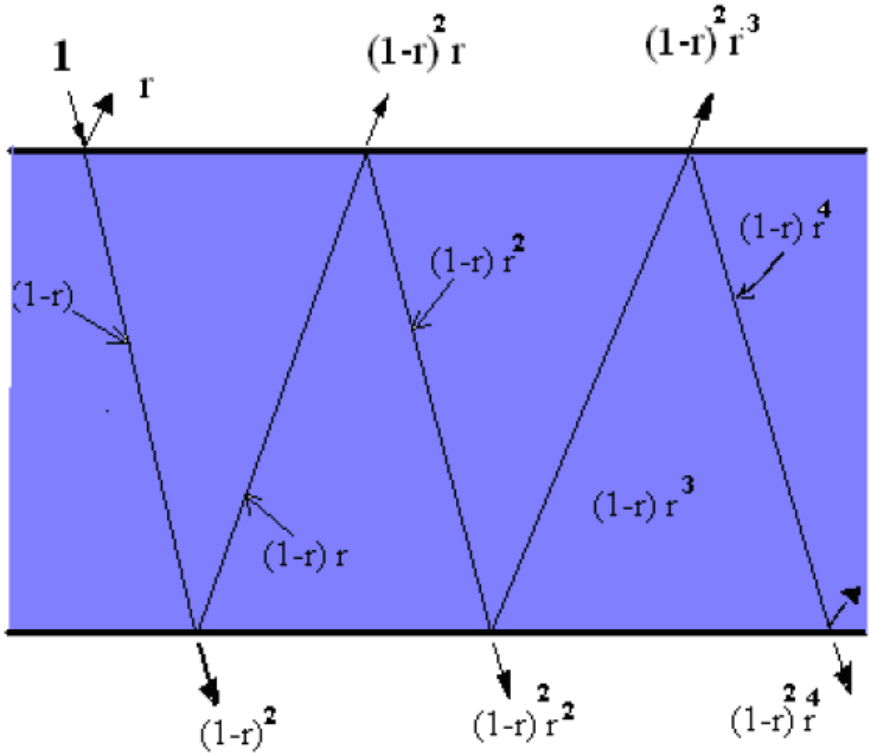
$$\alpha + \rho + \tau = 1$$

وعندما يكون السطح معتما فأنه لا ينقل ايا من الاشعة الساقطة. اي ان $\tau = 0$ وللجسم المعتم تصبح المعادلة السابقة كالاتي:

$$\alpha + \rho = 1$$

النفاذية و الانعكاسية الكلية لطبقة واحدة من الزجاج:

عند سقوط اشعة على طبقة من الزجاج كما في الشكل (٣-١) فان الزجاج سوف يتعرض الى سلسلة غير منتهية من الانعكاسات الداخلية، يتعرض الاشعاع الشمسي الى عملية استقطاب اثناء دخوله ويتحلل الى مركبتين هما المركبة العمودية والافقية ولو اخذنا المركبة العمودية فقط فأن جزءا من هذه المركبة سوف ينعكس على السطح الخارج (الجزء r) والباقي (الجزء 1-r) سوف ينفذ الى داخل الزجاج وعند وصول هذا الجزء الى السطح الداخلي للزجاج فان جزء من هذه المركبة سوف تنفذ الى الجانب الاخر من الزجاج (الجزء $(1-r)^2$) والجزء الاخر (الجزء $(1-r)r$) سوف ينعكس الى داخل الزجاج مرة اخرة وتستمر سلسلة الانعكاسات الداخلية مما يقلل كمية الاشعاع النافذ



الشكل (٣-١) الانعكاسات المتعددة خلال الاوساط المنفذة مثل الزجاج.

الاسطح الانتقائية:

الاسطح الانتقائية هي اسطح تتغير خواصها الاشعاعية بتغير طول موجة الاشعاع الساقط عليه او الصادر منه، في تطبيقات الطاقة الشمسية ينقسم الاشعاع الى قسمين: القسم الاول هو الاشعاع الشمسي وهو قصير الموجة ويتراوح طول الموجة فيه من $0.2\mu.m$ الى $2\mu.m$ والقسم الثاني هو الاشعاع الحراري طويل الموجة المنبعث من الصفيحة الماصة نتيجة ارتفاع درجة حرارتها ويتراوح طول موجتها بين $2\mu.m$ و $20\mu.m$ ويعتمد اداء المنظومات الشمسية بصورة عامة على نوعية المواد المستخدمة في صناعة هذه المنظومات ومدى ملائمتها للتطبيقات المختلفة بالاضافة الى الكلفة التصنيعية لهذه المواد وتقسم الاسطح الانتقائية الى نوعين هما:

1- الاسطح المنفذة الانتقائية:

هناك العديد من الاغطية الشفافة المستعملة في مختلف التطبيقات الشمسية، غير ان الزجاج اكثرها شيوعا ويسمح الزجاج لحوالي 80-90% من الاشعاع الشمسي بالنفاذ من خلاله، بينما يقوم بامتصاص الجزء الاخر وعكسه. ويفضل عند اختيار الغطاء المنفذ في التطبيقات الشمسية ان تكون له الخواص الاتية:

1. قيمة منخفضة لأمتصاصية الاشعاع الشمسي.
2. قيمة منخفضة لأنعكاسية الاشعاع الشمسي.
3. قيمة مرتفعة لانعكاسية الاشعاع الحراري الطويل الموجة المنبعث من الصفيحة الماصة نتيجة لارتفاع درجة حرارتها.

ومن اجل تحقيق هدف زيادة امتصاصية الصفيحة الماصة للاشعاع الشمسي وتقليل ابتعاثيته للاشعاع الحراري يتم طلاء اسطح الصفائح الماصة بطلاءات خاصة من اكاسيد معدنية وتعرف هذه الاسطح التي تمتلك هذه الخصائص بالاسطح الانتقائية (Selective surfaces) ومن اهم هذه المواد الشائعة الاستعمال في هذا المجال الكروم الاسود والنيكل الاسود واوكسيد الحديد اوكسيد النحاس

٣. الاسطح العاكسة:

تستخدم الاسطح العاكسة في المجمعات المركزة للحصول على درجات حرارة عالية بالمقارنة مع المجمعات المستوية وتعمل هذه الاسطح العاكسة على عكس الاشعة المباشرة الساقطة عليها وتركيزها في نقطة بؤرية او على طول خط بؤري.

تختلف خصائص الزجاج المستخدم في المجمعات الشمسية عن زجاج النوافذ، ففي زجاج المجمعات الشمسية يتم التخلص من معظم الشوائب لزيادة شفافية الزجاج وبالتالي زيادة كمية الاشعاع الشمسي النافذ الى الصفيحة الماصة وتقليل كمية الجزء الممتص او المنعكس،واضافة الى ما تقدم فانه يتم التخلص من الشوائب الحديدية في الزجاج وذلك من اجل زيادة مقاومة الزجاج للاجهادات الحرارية، وفي العادة تكون اغطية المجمعات الشمسية اكثر متانة من الزجاج العادي وذلك لمقاومة الصدمات والظواهر المناخية

تصنع الاسطح العاكسة من مواد تتمتع بخصائص عكس معظم الاشعاع الشمسي الساقط وتقليل كمية الاشعاع الممتص، هذا بالاضافة الى ضرورة ان تتوفر الخصائص الهندسية الملائمة في السطح العاكس التي تمكنه من تركيز الاشعة المنعكسة على نقطة بؤرية او على طول خط بؤري، ومن اهم السطوح العاكسة الشائعة الاستعمال هو الالمنيوم المصقول المطلي بطبقة رقيقة سمك $1\mu.m$ من الالمنيوم الانودي حيث يتميز بانخفاض كلفته مع ادائه الجيد ويعرف هذا النوع من الالمنيوم تجاريا باسم الزاك (Alzak)

وللحصول على قيم منخفضة لانعكاسية سطح الزجاج للأشعاع الشمسي يعالج السطح الخارجي للزجاج بطليه بغشاء رقيق غير عاكس للاشعاع.

وتعتبر مركبات الفلوريد من افضل المواد المستخدمة لصناعة الغشاء' حيث يتم غمس الزجاج في حوض مشبع من حامض السليسيك الفلوري.

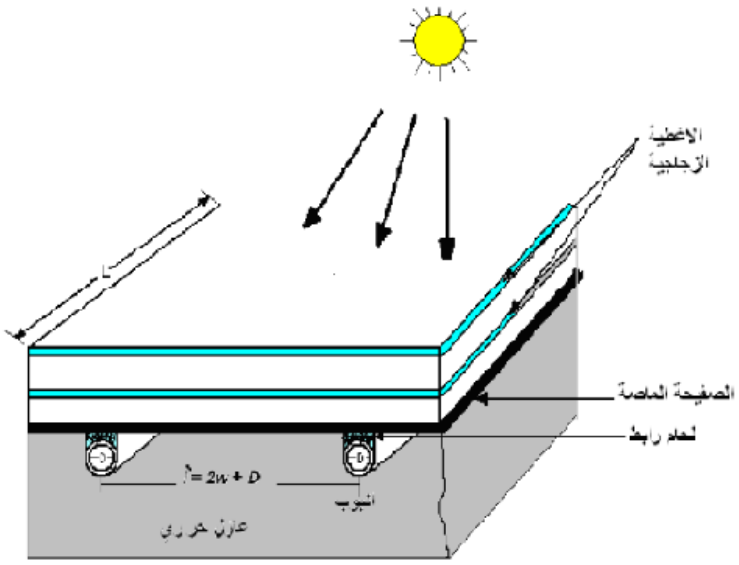
2. الاسطح الماصة الانتقائية:

الصفيحة الماصة هي العمود الفقري للمجمعات الشمسية ذلك انها تقوم بامتصاص ونقل الطاقة الى احد الموائع الذي يسخن بدوره وترتفع درجة حرارته. تتطلب صناعة الصفائح الماصة الملائمة لتطبيقات الطاقة الشمسية تحسين خصائص اسطحها الاشعاعية فيما يتعلق بامتصاص الاشعاع الشمسي وابتعاثه، فالاجسام الرمادية عادة تمتص موجات الاشعاع الشمسي وتبعث الاشعاع الحراري ومن المعلوم انه كلما زادت امتصاصية السطح زادت ابتعاثية السطح للاشعاع الحراري. سندرس نوعين المجمعات:

ا- المجمع الشمسي المستوى (Flat solar collector):

تعد المجمعات الشمسية المستوية اكثر الأنواع شيوعا وذلك لسهولة تصنيعها وانخفاض سعرها بالمقارنة مع المجمعات الأخرى الشكل (1) ، ويشيع استعمال هذا النوع من المجمعات في التطبيقات التي تحتاج إلى درجات حرارة **القليلة** نسبيا، أي لا تتعدى (90-100 °C) واستعمالات الطاقة على مثل هذه الدرجات المنخفضة كثيرة فتسخين المياه للاستخدام المنزلي لا يتعدى اكثر من (50-60 °C)، أما تدفئة البيوت فأنه يعني الاحتفاظ بدرجة حرارة الأجواء الداخلية على (20-25°C) ليس اكثر، ويتكون المجمع الشمسي المستوي من ثلاثة أجزاء رئيسية كما في الشكل (2)

الشكل (١) المجمعات الشمسية المستوية



شكل (2) مخطط لمجمع شمسي مستوي

1- اللوح الماص Absorber plate:

هو الجزء الفعال من المجمع الشمسي ويتكون من لوح معدني ملحوم إلى شبكة من الأنابيب التي يمر بها المائع والذي يكون عادة من الماء أو الهواء، ويصنع اللوح الماص وهذه الأنابيب عادة من معادن ذات موصلية حرارية عالية وكلفة اللوح الماص لها دور مهم في اختيار نوع اللوح، فيأتي النحاس في المرتبة الأولى من حيث قابلية توصيله الحراري ولكنه غالى الثمن، لذلك يصنع اللوح عادة من الألمنيوم أو الفولاذ المقاوم للصدأ

يطلى اللوح الماص عادة بطلاء أسود معتم لامتصاص اكبر كمية من الإشعاع الشمسي ويفضل إن يكون الطلاء انتقائيا؛ لزيادة كفاءة اللوح الماص إذ يمتص اغلب الأشعة الساقطة ويبعث نسبة قليلة من الإشعاعات الحرارية وفي اغلب الأحيان يكون الطلاء الانتقائي من اكاسيد

2-الغطاء الزجاجي (Glass cover):

يغطى اللوح الماص بغطاء شفاف يفضل أن يكون مصنوعا من الزجاج إذ تترك مسافة من 2 إلى 5 سنتمترات بينه وبين اللوح الماص ويكون الزجاج المستخدم من النوع النقي الخالي من الألوان وعلى الرغم من إن اللوح الزجاجي يشكل عائقا أمام وصول كل الأشعة الشمسية إلى

وتختلف خصائص زجاج المجمعات الشمسية عن زجاج النوافذ، ففي أغطية المجمعات الشمسية يتم التخلص من معظم الشوائب لزيادة شفافية الزجاج وبالتالي زيادة كمية الأشعة النافذة إلى داخل المجمع، أما مساوئ الزجاج فهو سهولة الكسر، ويمكن استخدام اكثر من طبقة من الزجاج لتقليل الخسائر الحرارية.

3- الهيكل الخارجي للمجمع والمواد العازلة:

تركب أجزاء المجمع الشمسي داخل صندوق يصنع من الخشب أو الحديد المقاوم للصدأ حتى لا يتأثر بالظروف الجوية ويغلف المجمع الشمسي بطبقة من العازل لتقليل الخسائر الحرارية من جميع جوانبه عدا الجهة المعرضة للشمس ومن العوازل المستخدمة هي الألياف المعدنية والزجاجية و الصوف الصخري والعوازل الرغوية وغيرها.

إن المجمع الشمسي عبارة عن مبادل حراري قادر على استخدام الأشعة الشمسية لزيادة الطاقة الداخلية ودرجة الحرارة لمائع التشغيل. ويتكون في أبسط صوره من أنبوب معرض لأشعة الشمس. ويتم امتصاص جزء من الأشعة الشمسية من قبل الأنبوب، فترتفع درجة حرارة جداره، وإذا كان هنالك مائع عند درجة حرارة المحيط يمر من خلال الأنبوب ، فستنتقل الحرارة من الأنبوب إلى المائع لتزداد درجة حرارة المائع إلى أن تكون الحرارة المفقودة من الأنبوب إلى المحيط مساوية للحرارة الممتصة من أشعة الشمس. ولتطوير الأداء الحراري لمثل هذا النظام البسيط، يمكن إضافة زعانف إلى الأنبوب لتزداد المساحة المعرضة لأشعة الشمس ويمكن تقليل الفقد بالحرارة بوضع طبقة أو طبقتين من الزجاج بين الطاقة الشمسية القادمة والسطح الذي يقوم بامتصاصها. و إذا ما مر مائع مثل الماء خلال الأنابيب، فأن الطاقة النافعة المستلمة من قبل المائع تكون :

$$L = \dot{m} * c_p * (T_H - T_C) * N$$

حيث ان :

L = الطاقة اللازمة لتسخين كمية معينة من الماء بالشهر (Joule/month، جول / شهر)

$\dot{m}$ = كمية الماء الساخن المستهلك يوميا (Liter/day،لتر /يوم).

c_p = الحرارة النوعية للماء = 4180 J/kg.°C.

T_H = درجة حرارة الماء الساخن (°C).

T_C = درجة حرارة الماء البارد (°C).

N = عدد ايام الشهر.

ويمكن قياس كفاءة المجمع الشمسي بالمعادلة التالية:

$$\text{الكفاءة} = \frac{\text{كمية الحرارة الناتجة}}{\text{كمية الاشعاع الساقط}} \times 100\%$$

مثال (1):

احسب حمل التسخين الشهري اللازم لتسخين مياه لعائلة تتكون من 6 افراد على فرض ان معدل استهلاك الفرد الواحد 50 لتر ودرجة حرارة الماء المسحوب البارد = 10 °C ودرجة حرارة الماء الساخن المطلوبة = 60 °C.

الحل:

يحسب حمل التسخين الشهري من المعادلة

$$L = \dot{m} * c_p * (T_H - T_C) * N$$

$$\dot{m} = 6 * 50 \quad = 300 \text{ kg/day}$$

$$L = 300 * 4180 * (60 - 10) * 30 = 1881 \text{ MJ/month}$$

مثال2: ماهي مساحة المجمعات الشمسية اللازمة لتزويد منزل بالماء الحار لمدة يوم كامل اذا كانت الحرارة المطلوبة 6000 واط بالساعة، على افتراض ان كمية الاشعاع الشمسي الساقط كان 4960 واط في اليوم الواحد لكل متر مربع، وان كفاءة المجمعات الشمسية هي 50%؟

الحـــلّ :

كمية الحرارة = كمية الإشعاع X كفاءة المجمعات X المساحة

$$\frac{\text{6000 واط}}{\text{ساعة}} \text{ X } \frac{\text{24 ساعة}}{\text{يوم}} = \frac{\text{4960 واط}}{\text{م}^2 . \text{يوم}} \text{ X 0.5 X المساحة}$$

$$\therefore \text{المساحة} = \frac{24 \text{ X } 6000}{0.5 \text{ X } 4960} = 58 \text{ م}^2$$

مثال٣-احسب مساحة المجمعات الشمسية اللازمة لتسخين 80 غالون من الماء يومياً (1 غالون من الماء=4.5Kg عند درجة حرارة الغرفة)، من درجة 20°C الى 90°C في شهر كانون الثاني بافتراض ان متوسط الاشعاع الشمسي اليومي في هذا الشهر في يصل 500 watt/m^2 وأن كفاءة المجمعات الشمسية تصل إلى 50%، وان عدد ساعات سطوع الشمس هي 12h (الحرارة النوعية للماء= 4186J/Kg.c).

الحل/

الطاقة اللازمة لتسخين الماء الى 90° =كتلة الماء* الحرارة النوعية * الفرق بين درجات الحرارة

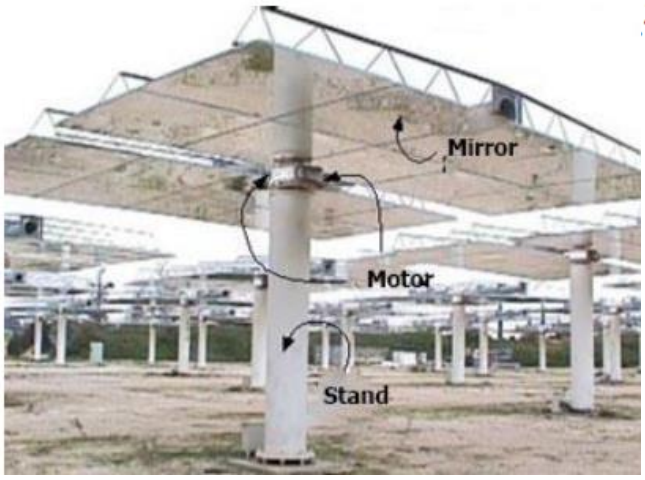
=(80*4.5)*4186*(90-20)≈106 MJ/d

والطاقة التي تستطيع المجمعات توفيرها لتسخين الماء =كمية الاشعاع* كفاءة المجمع*المساحة

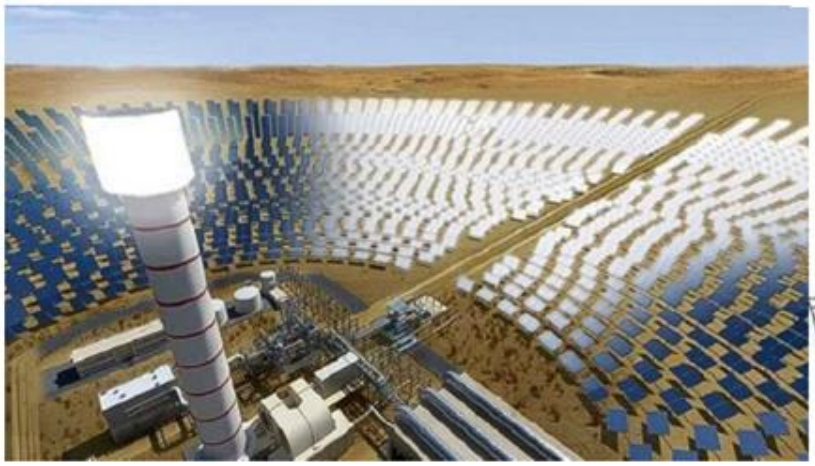
105487200=500*12*3600*0.5*A➔A=9.7 m^2

٢- البرج الشمسي

يعتبر البرج الشمسي من اهم التقنيات المستخدمة لاستغلال الطاقة الشمسية في انتاج الطاقة الكهربائية والحرارية. وهو عبارة عن منشأة تعمل على تجميع اشعة الشمس الساقطة على مرايا كثيرة منتشرة في مساحه واسعه . والتي تعكس اشعة الشمس على البرج الرئيسي. في هذا البرج يمكن تحويل اشعة الشمس المنعكسة الى انواع اخرى من الطاقة.



تحوي المرايا على محركات ذاتية الحركة مرتبطة بحساسات لتغير اتجاهها مع حركة قرص الشمس في السماء. ومن ثمَّ توجّه الاشعة نحو الغرفة الموجودة في البرج. يصل مجمل مساحة المرايا الى حوالى 3500 متر مربع.



يتم عكس تركيز الشعاع الشمسي على البرج الشمسي للوصول الى درجات حرارة عالية,وذلك بتسخين هواء مضغوط بواسطة الأشعة المركزة ليصل الى درجة حرارة حوالى 1400 درجة مئوية في منشأة خاصة معزولة عن المحيط الخارجي لتقليل تسرب الحرارة . من الحرارة يتولد ضغط على محركات طوربينية معينه لتدويرها والتي تقوم بتدوير مولّد كبير لتوليد الطاقة الكهربائية .

حساب كمية الطاقة العملية التي ينتجها البرج الشمسي

الطاقة الكلية المستخرجة لمساحة معينة A في وحدة الزمن t يمكن ان تعطى بالمعادلة التالية:

$$E_{total} = E * A * t$$

لكل m2

مثال/ برج للطاقة ينتج 3500 جول من الطاقة في الثانية الواحدة. احسب الطاقة التي ينتجها خلال ساعة من الزمن باستخدام مرايا تمتد على مساحة $1000\ m^2$، ثم احسب القدرة بالواط.

الحل/

$$E_{total} = 3500 * 3600 * 1000 = 12600000000\ Joule$$

اما القدرة الناتجة بالواط فهي:

$$P = \frac{E_{total}}{t} = \frac{12600000000}{3600} = 3500000\ Watt = 3500\ Kw$$

٣- المجففات الشمسية Solar dryer :

التجفيف هو عملية تخليص المواد المختلفة من كل السوائل الموجودة فيها او جزء منها للحصول على مواد جافة تحتوي على نسبة قليلة من الرطوبة او لا تحتوي عليها أبدا، ويعتبر التجفيف بشكل عام من أقدم استخدامات الطاقة الشمسية حيث استخدم الإنسان الشمس منذ اقدم العصور لتجفيف ملابسه، و تتكون المجففات الشمسية من ثلاثة أجزاء رئيسية كما في الشكل

1. وحدة التسخين:

وهي الوحدة المسؤولة عن تسخين الهواء وتتكون من مجمعات شمسية مخصصة لتسخين الهواء وتختلف في أشكالها من تصميم إلى آخر وقد تكون عبارة عن أنبوب أسطواني الشكل ذي قطر كبير يقوم بدور المجمع الشمسي ويصنع هذا الأنبوب من مواد بلاستيكية رخيصة الثمن ذات لون اسود لزيادة امتصاص الإشعاع الشمسي، يسخن الهواء المدفوع بواسطة المروحة أثناء مروره بالأنبوب وترتفع درجة حرارته بضع درجات بعدها يدخل هذا الهواء الى صندوق التجفيف.

2. صندوق التجفيف:

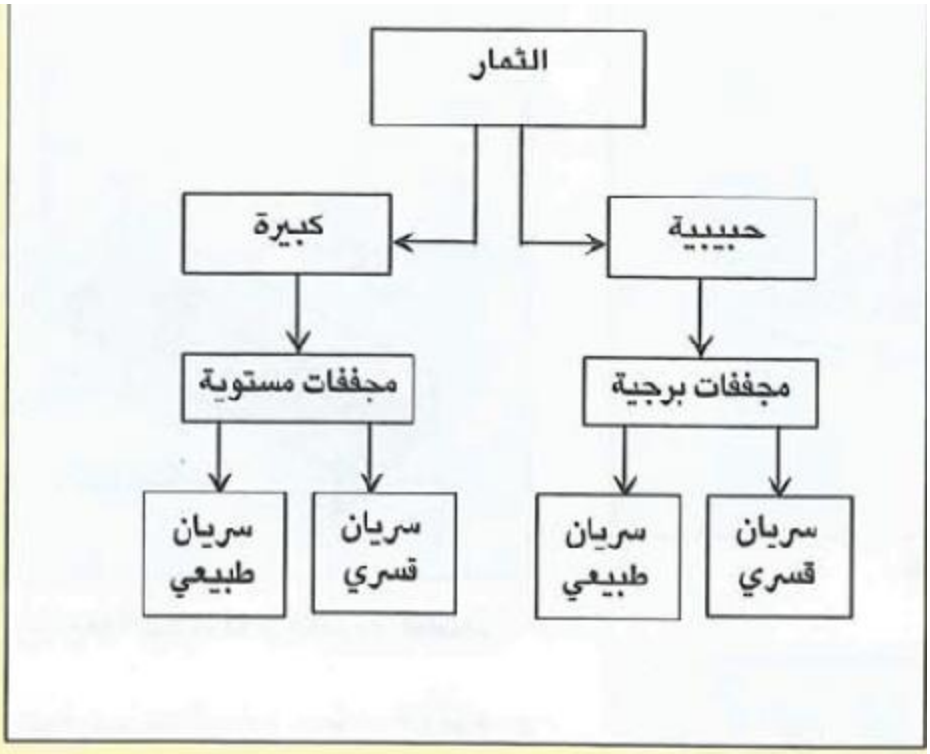
وهو عبارة عن صندوق توضع فيه المواد الزراعية او المواد المراد تجفيفها وتوجد على إشكال عدة تختلف حسب نوع المجفف ويلاحظ في الشكل المبين ان الجهة المواجهة للشمس صنعت من الزجاج لغرض زيادة الكسب الحراري الشمسي و تعجيل عملية التجفيف بفعل ظاهرة البيوت الزجاجية.

3. دافعات الهواء:

ويتم بواسطتها تحريك الهواء داخل المجفف ويتم تدويرها بواسطة محرك كهربائي وفي بعض الأحيان يستغني عن وحدة دافعات الهواء بتركيب قناة عمودية تشبه المدخنة في نهاية المجفف تكون مهمتها سحب الهواء المحمل بالرطوبة في المجفف ودفعه إلى الخارج، وذلك اعتماد على إن الهواء الحار يكون قليل الكثافة ويصعد إلى الأعلى و يلاحظ إن المجمعات الشمسية رخيصة الثمن نسبيا وفعالة، مما يساعد على انتشارها في المناطق الزراعية في مختلف أنحاء العالم، و نظرا لسهولتها التكنولوجية فأنها غالبا ما تصنع من المواد المحلية المتوفرة، كما يجب الانتباه إلى إن بعض المحاصيل الزراعية خاصة تتعرض إلى التلف عند زيادة نسبة الجفاف عن حدود معينة

انواع المجففات الشمسية

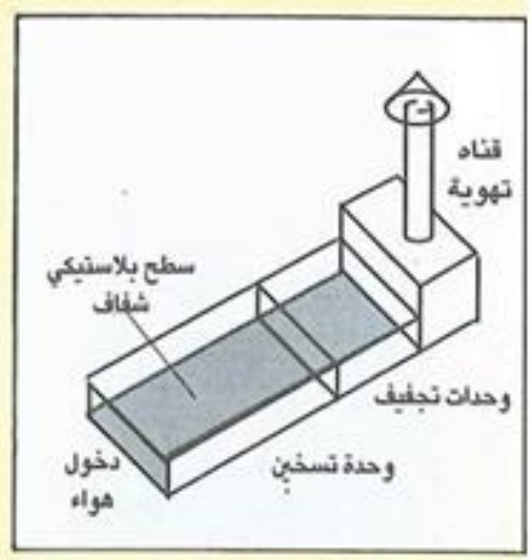
تختلف المجففات الشمسية تبعاً لتنوع المحاصيل الزراعية ، فهناك مجففات برجية لتجفيف المحاصيل ذات الثمار الحبيبية (الحبوب والبقول وماشابهها) ، وهناك مجففات مستوية لتجفيف المحاصيل ذات الحجم الكبير (الخضار والفاكهة والتمور) ، وكذلك تختلف المجففات الشمسية تبعاً لمصدر الطاقة اللازم لتحريك الهواء داخلها ، ففي المناطق النائية حيث لا يوجد مصدر كهربائي لتحريك تيار الهواء داخل المجفف يستعاض عن الكهرباء بتطبيق مبدأ السريان الطبيعي ، أما في حالة توفر مصدر كهربائي رخيص فيمكن استخدام مراوح تعمل على دفع الهواء بطريقة قسرية أي ما يسمى بالسريان القسري. ويوضح شكل (١) مخططاً لهذه المجففات حسب نوع المحصول أو الطاقة اللازمة لتحريك الهواء .



● شكل (١) تصنيف المجففات حسب المحصول وطرق سريان الهواء.

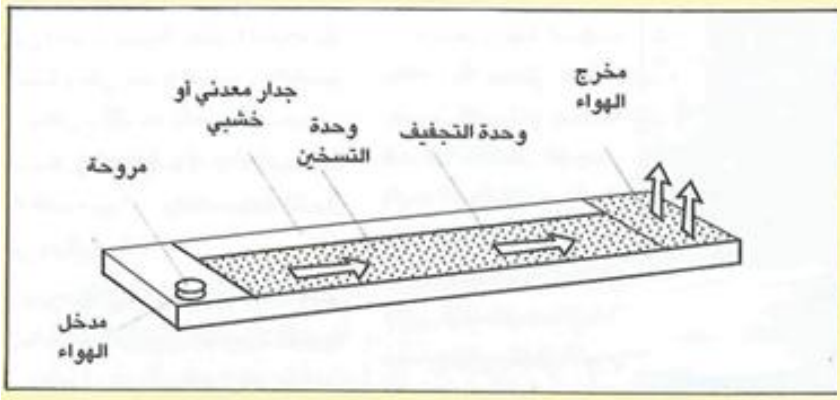
● مجففات الخضار والفاكهة

يستخدم في هذا النوع من المجففات وحدات تجفيف مستويه (سطحيه) توضع فيها محاصيل الثمار الكبيرة (التمر ، الخضار ... إلخ) حيث يمرر عليها هواء ساخن صادر من وحدة التسخين إما عن طريق السريان الطبيعي وإما عن طريق مروحة كهربائية . يوضح الشكل (٢) مجفف للخضار والفاكهة ، حيث يدخل الهواء إلى وحدة التسخين ويمر خلال وحدة التجفيف التي يوضع بها المحصول المراد تجفيفه ، ثم إلى الخارج من خلال قناة التهوية حاملاً معه بخار الماء ليتم بذلك تجفيف المحصول .

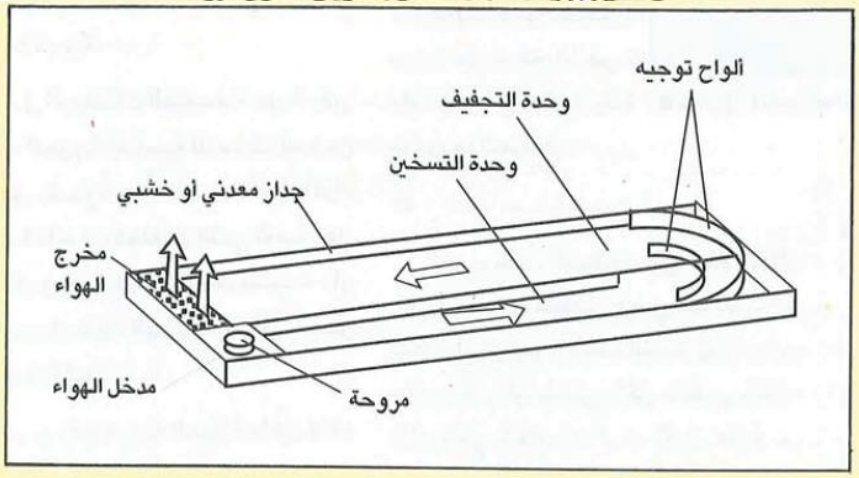


● شكل (٢) وحدة تجفيف تعمل بالسريان الطبيعي.

ويوضح الشكل (٣) وحدة تجفيف مستوية يندفع فيها الهواء بوساطة مروحة كهربائية (وحدة تجفيف قسري) ماراً بوحدة التسخين ثم إلى وحدة التجفيف وأخيراً إلى الخارج من خلال أنبوب التهوية ، يوضح الشكل (٤) نوعاً آخر من وحدة التجفيف القسري لمحاصيل الخضار والفاكهة ، وتختلف هذه الوحدة عن الوحدة المذكورة في شكل (٣) بأن الهواء يُضخ من المروحة ويمر خلال وحدة التسخين ثم إلى وحدة التجفيف عن طريق الواح توجيه ثم يخرج الهواء المشبع برطوبة المحصول إلى الخارج .



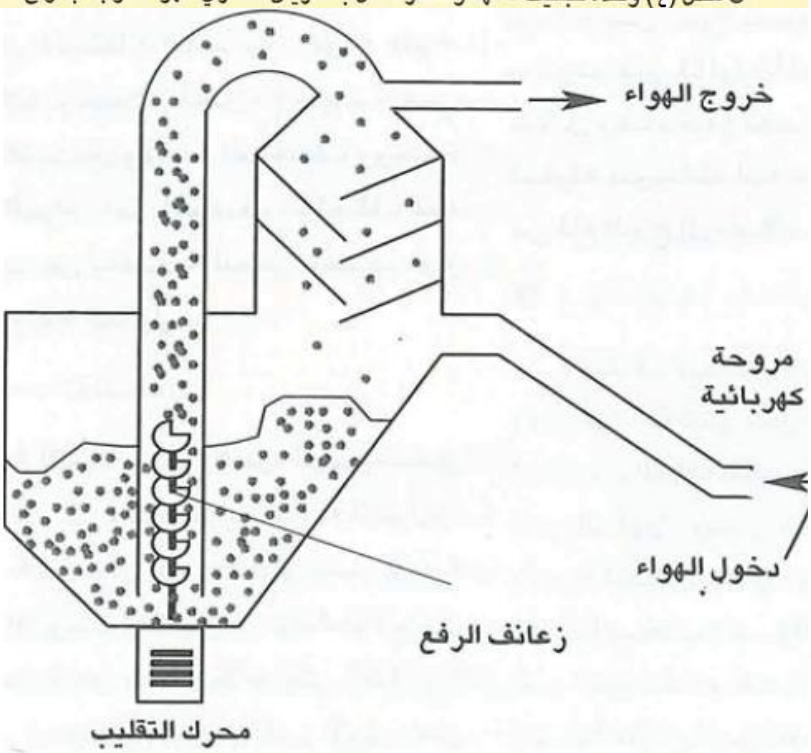
● شكل (٣) وحدة تجفيف تعمل بالسريان القسرى للهواء.



● شكل (٤) وحدة تجفيف فاكهة وخضر تعمل بالسريان القسري للهواء الموجه بألواح.

● مجففات الحبوب والبقول

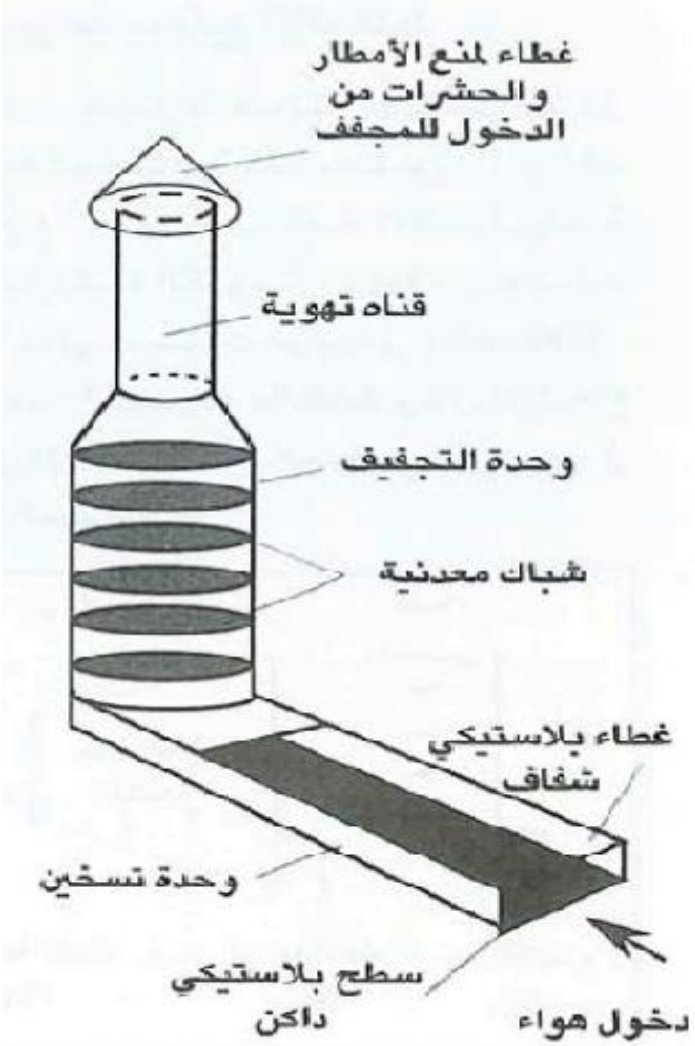
تستخدم في هذه المجففات وحدات التجفيف البرجية حيث تنثر محاصيل الحبوب والبقول داخل البرج الذي يحتوي إما على صفوف من شباك معدنية ترص فوق بعضها البعض في وضع أفقي أو صفوف من صفائح معدنية مائلة وذلك حسب مصدر طاقة تحريك الهواء ، يوضح شكل (٥) مجفف برجي يعتمد على السريان القسرى للهواء ، حيث تعمل مروحة كهربائية على سحب



● شكل (5) وحدة تجفيف حبوب تعمل بالسريان القسري للهواء.

داخل وحدة التجفيف التي تحوي صفائح مائلة مليئة بالمحصول. وتزود الوحدة بمحرك يعمل على تقليب المحصول أثناء مرور الهواء وذلك عن طريق زعانف ترفع الثمار من قاع البرج إلى أعلاه لتنزل على الصفائح المائلة فتنزلق واحدة بعد الأخرى تحت تأثير الوزن ، ويخرج الهواء إلى الخارج محملاً ببخار الماء ومن ثم تتواصل العملية حتى يصل المحصول إلى درجة الرطوبة المطلوبة .

ومن جانب اخر يوضح شكل (٦) مجفف حبوب برجي يعتمد على السريان الطبيعي للهواء حيث يدخل الهواء داخل وحدة التسخين التي ترفع من درجة حرارته فيتمدد وبالتالي تنخفض كثافته فيصعد إلى وحدة التجفيف ماراً بالشباك المعدنية التي تحوي المحصول واحدة تلو الاخرى ، وأثناء سيره يعمل على تبخر الماء الموجود في المحصول ليخرج بخار الماء إلى الخارج من خلال قناة التهوية .



شكل (٦) وحدة تجفيف تعمل بالسريان الطبيعي