



جامعة قاصدي مرباح . ورقلة
كلية الرياضيات وعلوم المادة
قسم علوم المادة



مذكرة مقدمة لاستكمال متطلبات شهادة ماستر أكاديمي

فرع: الفيزياء

تخصص: فيزياء طاقوية وطاقات متجددة

من إعداد الطالبة: زنو زبيدة

بعنوان :

تطبيقات المركز الشمسي الصحن القطع المكافئ DISH في منطقة ورقلة

نوقشت وأجيزت علنا بتاريخ: 2021/ 06/ 16

أمام اللجنة المتكونة من السادة :

رئيسا .	أستاذ جامعة قاصدي مرباح . ورقلة	الأستاذ/ أ. محسن حسين
مشرفا ومؤظرا.	أستاذ جامعة قاصدي مرباح . ورقلة	الأستاذ/ أ. سوداني محمد البار
مناقشا.	أستاذ جامعة قاصدي مرباح . ورقلة	الأستاذ/ أ. الزين عبد الله

السنة الجامعية: 2021/2020

الإهداء

* إلهي لا تطيب لي الليل إلا بشكرك ولا تطيب لي النهار إلا بطاعتك ولا تطيب لي اللحظات إلا بذكرك، ولا تطيب لي الآخرة إلا بعفوك، ولا تطيب لي الجنة إلا برويتك.
* إلى من بلغ الرسالة وأدى الأمانة ونصح الأمة، إلى نبي الرحمة ونور العالمين عليه أزكى الصلاة والتسليم.

* أبيي يا نعمة أنعم الله بها علي يا وردة تعطر دريبي وتذهب الهم من قلبي وتدخل السعادة في عمري إليك يا أبيي الحبيب أهدي نتيجة جهدي أطل الله في عمرك يا عالي.

* أمي الحبيبة أنعم شيء فالوجود يا نبع الجنان أنعم التي منحها الله المواهب والعطايا أهدي لك ثمرة جهدي أمك الله بطول العمر يا رب العالمين.
* إخوتي الأعمى كل باسمه (ميمونة، زينب، حفيفة، عبد الفتاح، عبد الوهاب، رجا سندس) يا رفقة عمري وبسمة قلبي انتم لي بسمة الأمان. إليكم أحبتي أهدي رسالتي مع خالص حبي لكم.

* إلى أزواج إخوتي (حمرة وليد، مهاني عبد الوهاب، بهلول عمر) حفظكم الله ورعاكم.
* براعمي الصغار (محمد ياسر، منار السناء، آلاء الرحمان) أحبابة قلبي وفرحتي أنار الله طريقكم ووفقكم. أهدي إليكم فرحتي مع كل حبي لكم.

* إلى كل الأساتذة الضرام وخاصة (بوغابة محمد، حلاسة داوود) اللذان كانا السند لي أنار الله درجتهما وسدد خطاهما وإلى الأستاذ المشرف (سوداني محمد البار) حفظك الله ورعاكم. أهديكم نتيجة جهدي المتواضع مع فائق احتراماتي.
* إلى كل طالب طموح في العلم يحمل شعلة المستقبل المشرق.

* إلى كل من يحمله قلبي ونسائه قلبي.

* إلى كل هؤلاء جميعا أهدي هذا العمل المتواضع عرفانا وتقديرا ودينا.



شكر و عرفان

الحمد لله الذي يسر لنا سبل النجاح والتوفيق لإنجاز هذا العمل وأعانتنا على إتمام هذا الجهد المتواضع، فالشكر لله سبحانه وتعالى أولاً والصلوة على نبيه الكريم ﷺ عليه أفضل الصلوة وأزكى التسليم.

قال رسول الله ﷺ: "من علمني حرفاً ملكني عبداً"

ثم نتقدم بالشكر والاحترام والتقدير لأستاذي ومشرف مذكرتي الأستاذ الدكتور سوداني محمد البار الذي أرشدني وسانديني وعمل معي على إتمام مذكرتي.

وعرفانا منا بالجميل نتقدم بأسمى عبارات الشكر والتقدير والعرفان إلى من زرعوا التفاؤل في دربنا وأعطونا من حصيلة فكرهم وقدموا لنا للمساعدات والأفكار والمعلومات. كما يسرني أن أقدم شكري وتقديري إلى الأساتذة الفضلاء كل من الأستاذ محسن حسين رئيسا وإلى الأستاذ الزين عبد الله مناقشا، كما أقدم شكري للأستاذ غربي عبد الرزاق وكذلك الأستاذ بن منين جمال.

والشكر موصول كذلك لكل أساتذة قسم الفيزياء

كما نتقدم بياقة احترام وتقدير لكل من قدم لنا للمساعدة من قريبي من الأهل والأقارب والأصدقاء أو أعانني من بعيد ولو بكلمة طيبة في إنجاز هذا البحث.

فتحية شكر و عرفان إليكم جميعا وبارك الله في أيامكم وكتب الله لي ولكم التوفيق والرضا.

الطالبة زنو زبيدة



قائمة المحتويات

الصفحة	العنوان
III	الإهداء.....
V	شكر وعرافان.....
VI	ملخص الدراسة.....
VII	قائمة المحتويات.....
VIII	قائمة الجداول.....
IX	قائمة الأشكال البيانية.....
X	قائمة الرموز.....
2-1	مقدمة عامة.....
الفصل الأول: الطاقة الشمسية	
4	تمهيد.....
4	1-1 تعريف الطاقة المتجددة.....
4	1-1-1 أصناف الطاقة المتجددة.....
5	2-1 الطاقة الشمسية.....
6	1-2-1 الشمس.....
7	2-2-1 بنية الشمس.....
8	3-2-1 الاستطاعة الشمسية المستقبلية من طرف الأرض.....
8	3-1 الإشعاع الشمسي.....
10	1-3-1 طيف الإشعاع الشمسي.....
11	4-1 تقدير الإشعاع الشمسي.....
11	1-4-1 الإشعاع الشامل أو الكلي.....
12	2-4-1 الإشعاع المباشر.....
13	3-4-1 الإشعاع المنتشر.....
13	5-1 العوامل المؤثرة على شدة الإشعاع الشمسي.....
14	1-5-1 البعد بين الأرض والشمس.....
14	2-5-1 تأثير الغلاف الجوي.....
15	3-5-1 طول النهار (فترة التعرض الشمسي).....
16	4-5-1 انعكاس الأرض حول الشمس وحول نفسها.....

17	..... 5-5-1 الألبيدو (النورانية)
17	..... 6-1 الثابت الشمسي
18	..... 7-1 الزوايا الشمسية
18	..... 1-7-1 زاوية ميل الشمس (δ)
20	..... 2-7-1 الارتفاع الشمسي (h)
21	..... 3-7-1 زاوية سمت الشمسي (a)
21	..... 4-7-1 زاوية سمت الرأس (z)
22	..... 5-7-1 زاوية دائرة العرض (ϕ)
22	..... 6-7-1 زاوية خط الطول (l)
22	..... 7-7-1 زاوية الورود (السقوط) الشمسي (θ)
23	..... 8-7-1 زاوية الساعة الشمسية (w)
23	..... 9-7-1 التوقيت الشمسي T_{vs} والمحلي T_L
24	..... 10-7-1 تحديد توقيت شروق وغروب الشمس
24	..... 11-7-1 معادلة التصحيح الزمني ET
25	..... 8-1 الكتلة الهوائية الضوئية AM
25	..... 9-1 الإشعاع الشمسي في الجزائر
26	..... خلاصة الفصل
الفصل الثاني: الدراسة النظرية و التاريخية للمركبات الشمسية	
28	..... تمهيد
32-28	..... 1-2 تطور تاريخ محطات المركبات الشمسية
32	..... 2-2 تحويل الطاقة الشمسية
33	..... 1-2-2 الطاقة الشمسية الكهروضوئية
33	..... 2-2-2 الطاقة الشمسية الحرارية
33	..... 1-2-2-2 منخفضة الحرارة
34	..... 2-2-2-2 متوسطة الحرارة
34	..... 3-2-2-2 عالية الحرارة
34	..... 3-2 تكنولوجيا محطات المركبات الشمسية
36	..... 4-2 مجمعات الطاقة الشمسية
36	..... 1-4-2 المجمعات الشمسية الغير مركزة
37	..... 1-1-4-2 مجمعات شمسية ذات الألواح المستوية FPC

37	..... ETC 2-1-4-2 مجمعات الأنابيب المفرغة
37	..... CPC 3-1-4-2 مجمعات المركبة المكافئة
28	..... 2-4-2 المجمعات الشمسية المركزة
38	..... 5-2 أنواع المركزات الشمسية
38	..... " parabolic trough concentrators " 1-5-2 مركزات القطع الناقص
39	..... power Tower concentrators 2-5-2 مركزات برج القوي
39	..... Dish concentrators 3-5-2 مركزات الأطباق
40	..... Linear fresnel concentrators 4-5-2 عواكس فرينل المسطحة
40	..... 6-2 مبدأ عمل المركزات الشمسية
41	..... 7-2 آلية عمل المركز الشمسي
41	..... 8-2 مكونات المركز الشمسي
42	..... 9-2 المقارنة بين مختلف أنظمة التركيز الشمسي
43	..... Concentration Ratio 10-2 نسبة التركيز
44	..... 11-2 كفاءة محطات الطاقة الشمسية المركزة
45	..... 12-2 نظم الطاقة الشمسية
45	..... خلاصة الفصل
الفصل الثالث: الدراسة النظرية لمركز شمسي ذو قطع مكافئ مقعر	
47	..... تمهيد
47	..... 1-3 مبدأ الإنعكاس لسنيل ديكارت
47	..... 2-3 هندسة القطع المكافئ
48	..... 1-2-3 معادلة القطع المكافئ
49	..... 2-2-3 زاوية فتحة القطع المكافئ
49	..... 3-2-3 الإرتفاع h
49	..... 4-2-3 طول القطع المكافئ S
50	..... 5-2-3 مساحة القطع المكافئ
50	..... 6-2-3 نصف قطر القطع المكافئ
50	..... 3-3 مكونات المركز الشمسي المقعر
50	..... 1-3-3 العاكس
51	..... 2-3-3 السطح الماص
52	..... 1-2-3-3 أبعاد السطح الماص

52	.....(السطح الماص) 2-2-3-3 خصائص المستقبل
52	..... 4-3 التطبيقات الحرارية للصحن الشمسي
52	..... 1-4-3 محرك ستيرلينغ
53	..... 1-1-4-3 مبدأ دورة ستيرلينغ
54	..... 2-1-4-3 دورات ستيرلينغ
55	..... (a) دورة ستيرلينغ الحقيقية
56	..... (b) دورة ستيرلينغ المثالية
56	..... 2-4-3 تسخين المياه
56	..... 5-3 خصائص المركز الشمسي القطع المكافئ
57	..... 1-5-3 نسبة التركيز
58	..... 2-5-3 معادلة توازن الطاقة
59	..... 1-2-5-3 امتصاص الطاقة
59	..... 2-2-5-3 الطاقة الضوئية التي يمتصها السطح الماص
59	..... 3-5-3 الضياع في الطاقة الحرارية
59	..... 1-3-5-3 الضياع بالحمل الحراري
60	..... 2-3-5-3 الضياع بالإشعاع الحراري
60	..... 3-3-5-3 الضياع بالتوصيل الحراري
61	..... 6-3 الكفاءة الحرارية
62	..... 7-3 مميزات مجمعات طبق القطع المكافئ
63	..... 8-3 عيوب مجمعات طبق القطع المكافئ
63	..... خلاصة الفصل
الفصل الرابع: الجانب التجريبي	
65	..... تمهيد
65	..... 1-4 مكونات النموذج الأولي المستخدم
65	..... 1-1-4 العاكس
66	..... 2-1-4 السطح الماص
67	..... 3-1-4 الداعم
67	..... 4-1-4 نظام التتبع البدوي
67	..... 2-4 أجهزة القياس
67	..... 1-2-4 أجهزة قياس درجة الحرارة

69	2-2-4 أجهزة قياس الإشعاع الشمسي المباشر.....
69	3-4 الأدوات المستخدمة.....
70	4-4 الظروف التجريبية.....
70	5-4 طريقة تركيب الصحن الشمسي.....
71	6-4 نموذج مصغر للصحن الشمسي.....
71	7-4 وصف نموذج المركز الشمسي ذو القطع المكافئ من النوع المقعر.....
71	1-7-4 التجربة الأولى: قياس درجة الحرارة القصوى.....
71	1-1-7-4 وصف التجربة.....
72	2-1-7-4 تحليل ومناقشة وتفسير نتائج التجربة الأولى.....
74	2-7-4 التجربة الثانية: تسخين المائع (الماء).....
74	1-2-7-4 وصف التجربة.....
77	2-2-7-4 تحليل ومناقشة وتفسير نتائج التجربة الثانية.....
77	8-4 حساب المردود الحراري.....
78	خلاصة الفصل.....

قائمة الأشكال البيانية

الصفحة	عنوان الشكل	الرقم
الفصل الأول		
6	هيكل الشمس	1-1
7	بنية الشمس	2-1
9	التوازن الإشعاعي للغلاف الجوي	3-1
9	توزيع الإشعاع الشمسي في الغلاف الجوي وعلى سطح الأرض	4-1
10	توزيع طيف الإشعاع الشمسي	5-1
10	توزيع طيف الإشعاع الشمسي	6-1
11	أنواع الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض	7-1
12	صورة لجهاز مايكلسون لقياس الإشعاع الشمسي المباشر	8-1
14	أبعاد وموضع الشمس والأرض	9-1
14	تغيرات المسافة [أرض - شمس] خلال السنة بوحدة UA	10-1
15	تأثير الغلاف الغازي على التوزيع الطيفي للإشعاع الشمسي المباشر العمودي	11-1
16	التغير الفصلي لمدة النهار والليل	12-1
18	الثابت الشمسي خلال السنة	13-1
19	مدار الأرض حول الشمس	14-1
19	الزوايا الشمسية Ψ ، β و Z	15-1
20	تغيرات زاوية ميل الشمس (δ) خلال أيام السنة	16-1
21	الزوايا الشمسية Z ، a و h	17-1
22	زاويتي كل من السميت الرأسية Z والسميت a	18-1
22	الزوايا الشمسية δ ، φ ، ω و Z	19-1
23	تغيرات مسار الشمس بالنسبة لموقع ما خلال الفصول	20-1
25	السنة الهوائية الضوئية	21-1
26	شدة الإشعاع الشمسي المباشر اليومي في جويلية سنة 2001، (Kw/m^2) في الجزائر	22-1
الفصل الثاني		
28	فريسكو (1599-1600) في معرض أوفيزي، فلورنسا، أظهر جوليو باريجي أشعة أرشميدس المدمرة	1-2

29	الصندوق الحراري الخاص بهوراس دي سوسير في عام 1767	2-2
29	اختراع لمجمع شمسي للعالم الساند روباتاجليا	3-2
30	حوض قطع مكافئ لإدارة نظام ضخ في مصر	4-2
34	استخدام السطوح المستوية في التهوية والتدفئة	5-2
34	السخانات الشمسية	6-2
34	تكنولوجيا محطات المركبات الشمسية	7-2
35	أنواع محطات المركبات الشمسية طبقاً لنوع التكنولوجيا	8-2
37	مجمع حراري شمسي ذو لوح مسطح	9-2
38	تقنية القطع الناقص	10-2
39	صورة لمحطة شمسية تعتمد على تنمية برج قوي	11-2
39	تقنية الأطباق	12-2
40	تقنية فريزل المسطحة	13-2
40	بعض الأشكال والمقاطع الهندسية لنظم المركبات الشمسية ومسار الأشعة الواردة و المنعكسة	14-2
41	التركيز الهندسي ودرجة حرارة اشتعال مختلف المركبات الشمسية	15-2
42	بيان تغيرات المردود الحراري لأنظمة التجمع الشمسي	16-2
43	رسم كروكي لمجمع شمسي ذو حوض مكافئ	17-2
الفصل الثالث		
47	مبدأ انعكاس الضوء	1-3
48	هندسة القطع المكافئ	2-3
48	القطع المكافئ	3-3
49	أجزاء من القطع المكافئ لها بؤرة مشتركة F ونفس قطر الفتحة	4-3
50	المركز الشمسي ذو القطع المكافئ	5-3
51	عنصر تفاضلي لسطح على قطعة القطع المكافئ	6-3
52	صورة القطع الناقص	7-3
53	محرك ستيرلينغ	8-3
53	النظام الشمسي الطبقي المزود بمحرك ستيرلينغ	9-3
54	مبدأ عمل محرك ستيرلينغ	10-3
55	دورة ستيرلينغ الحقيقية	11-3
56	دورة ستيرلينغ المثالية في مخططي TS و PV	12-3
62	الكفاءة الحرارية لمكثف الأطباق	13-3

الفصل الرابع

65	صورة بشكل عام للعاكس.....	1-4
65	رسم تخطيطي تعريف العاكس.....	2-4
66	صورة مستقبل الإمتصاص.....	3-4
67	صورة نظام التتبع اليدوي الذي يحتوي على أسطوانة ومحور دوار.....	4-4
67	المقياس الحراري من النوع 1(PHYWE-M*AN).....	5-4
68	المقياس الحراري من النوع(OMEGA RDX4SD).....	6-4
68	المقياس الحراري من النوع2(PHYWE-M*AN).....	7-4
68	لواقط شمسية.....	8-4
69	جهاز قياس شدة الإشعاع الشمسي من النوعKipp&Zonen.....	9-4
69	جهاز قياس شدة الإشعاع الشمسي من النوع(Frederiksen4890.20).....	10-4
69	علبة القصدير.....	11-4
69	كأس بيشر مدرج.....	12-4
69	عملية تركيب الصحن الشمسي بالقطب الجامعي رقم 03.....	13-4
70	عملية تركيب الصحن الشمسي بالقطب الجامعي رقم 01.....	14-4
70	نموذج مصغر للصحن التقليدي.....	15-4
71	منحنى بياني يوضح تغيرات درجة الحرارة القصوى بدلالة التوقيت المحلي.....	16-4
72	منحنى بياني يمثل تغيرات شدة الإشعاع الشمسي بدلالة التوقيت المحلي.....	17-4
74	صورة توضيحية لعملية تسخين الماء أثناء التجربة.....	18-4
75	منحنى بياني يوضح تغيرات درجة حرارة الماء الماص (Tr) بدلالة التوقيت المحلي.....	19-4
75	منحنى بياني يمثل تغيرات شدة الإشعاع الشمسي بدلالة التوقيت المحلي.....	20-4
76	منحنى بياني يوضح تغيرات درجة حرارة الماء الماص (Tr) بدلالة التوقيت المحلي.....	21-4
77	منحنى بياني يمثل تغيرات درجة الحرارة المحيطة (Ta) بدلالة التوقيت المحلي.....	22-4
78	منحنى بياني يوضح كفاءة المجمع بدلالة التغير في درجة الحرارة.....	23-4

قائمة الجداول

رقم الصفحة	عنوان الجدول	الرقم
الفصل الأول		
6	الخصائص الرئيسية للشمس	1-1
12	قيم معامل الاضطراب وارتفاع الماء المكثف	2-1
13	قيم الثوابت A، B، C و	3-1
13	قيمة ثابت التجربة E	4-1
16	مدة الفصول في نصف الكرة الأرضية الشمالي	5-1
17	قيم الألبيدو (النورانية) حسب الأرضية	6-1
الفصل الرابع		
66	الخصائص الهندسية للعاكس	1-4
66	الخصائص الهندسية للمستقبل (الماضي)	2-4
72	نتائج التجربة 01 (درجة الحرارة القصوى)	3-4
73	نتائج التجربة 01 (شدة الإشعاع الشمسي)	4-4
74	نتائج التجربة 02 (درجة حرارة الماء Tr)	5-4
76	نتائج التجربة 02 (درجة حرارة الماء Tr)	6-4
76	نتائج التجربة 02 (درجة الحرارة المحيطة Ta)	7-4
77	نتائج تجريبية للكفاءة الحرارية	8-4

قائمة الرموز

الرمز	المقدار الفيزيائي	الوحدة في النظام الدولي
λ	طول الموجة	[m]
T	درجة الحرارة	[C°]
G_h	شدة الإشعاع الكلي	[W/m ²]
D_h	شدة الإشعاع المنتشر	[W/m ²]
I_h	شدة الإشعاع المباشر	[W/m ²]
N_j	رقم اليوم من السنة	[jour]
$D_{T,s}$	البعد بين الأرض والشمس	[UA]
E_0	الثابت الشمسي	[W/m ²]
I_0	شدة الإشعاع الشمسي	[W/m ²]
δ	زاوية ميل الشمس	[°]
h	الارتفاع الشمسي	[°]
φ	زاوية دائرة العرض	[°]
L	زاوية خط الطول	[°]
z	زاوية السميت الرأسي	[°]
a	زاوية السميت الشمسي	[°]
ω	زاوية الساعة الشمسية	[°]
T_{VS}	التوقيت الشمسي الحقيقي	[h]
TL	التوقيت المحلي	[h]
Et	التصحيح الزمني	/
$T_{S\ leve}$	التوقيت الشمسي للشروق	[h]
$T_{S\ couche}$	التوقيت الشمسي للغروب	[h]

[m]	البعد البؤري (المحرق)	f
[°]	زاوية فتحة (الحافة) القطع المكافئ	ψ
[m]	قطر فتحة القطع المكافئ	d
[m]	ارتفاع القطع المكافئ	h
[m ²]	سطح القطع المكافئ	A_x
[m]	نصف قطر القطع المكافئ	r_r
[m]	طول القطع المكافئ	s
[m ²]	مساحة فتحة العاكس	A_a
[m ²]	مساحة السطح العاكس	A_{ref}
[m ²]	مساحة السطح المستقبل	A_{abs}
[W]	الطاقة الممتصة من العاكس	Q_a
[W]	الضياع الحراري	Q_p
/	الكفاءة البصرية	η_{op}
[c°]	درجة حرارة السماء	T_{sk}
[c°]	درجة حرارة السطح الماص	T_r
[c°]	درجة الحرارة المحيطة	T_a
[W/m ² .K]	معامل الحمل الحراري	h_{cv}
[m/s]	سرعة الرياح	V
[W/m.K]	التوصيلة الحرارية للهواء	k
[m ² /s]	لزوجة الهواء	ν
/	عامل امتصاص الإنبعاثية	e
[W/m ² .K ⁴]	ثابت ستيفان بولتزمان	σ
[°]	زاوية الورود	θ_i

[°]	زاوية الانعكاس	θ_r
[J/kg.K]	السعة الحرارية	c_p
/	الناظم	N
[kg/s]	تدفق الماء	\dot{m}
/	معامل الانعكاس	ρ
[°]	زاوية الحافة	φ_r

الاختصارات

المعنى بالإنجليزية	المعنى بالعربية	الأختصار
Concentrating Solar power	مركزات الطاقة الشمسية	CSP
Parabolic Dish	الصحن القطع المكافئ	DP
Parabolic Trough Concentrators	مركزات القطع الناقص	PTCs
Flat plate collectors	مجمعات شمسية ذات الألواح المستوية	FPC
Empty tube collectors	مجمعات الأنابيب المفرغة	ETC
Collector parabolic compositant	مجمعات المركبة المكافئة	CPC



المقدمة العامة

المقدمة العامة

لقد خلق الله عز وجل الشمس والقمر كآيات دالة على كماله وعظمة قدرته، وجعل شعاع الشمس مصدرا للضياء على الأرض وجعل الشعاع المعكوس من سطح القمر نورا. يقول الله تعالى في كتابه الكريم: ﴿هو الذي جعل الشمس ضياء والقمر نورا وقدره منازل لتعلموا عدد السنين والحساب ما خلق الله ذلك إلا بالحق يفصل الآيات لقوم يعلمون﴾ (يونس، الآية(05))، فالشمس تجري في الفضاء الخارجي بحساب دقيق حيث يقول الله سبحانه وتعالى في سورة الرحمان: ﴿الشمس والقمر بحسبان﴾ الرحمان، الآية(05). أي أن مدار الأرض حول الشمس محدد وبشكل دقيق، وأي اختلاف في مسار الأرض سيؤدي إلى تغيرات مفاجئة في درجة حرارتها وبنيتها وغلافها الجوي، وقد تحدث كوارث إلى حد لا يمكن عندها بقاء الحياة، فقدرة الله تعالى وحدها جعلت الشمس الحارقة رحمة ودفنا ومصدرا للطاقة حيث تبلغ درجة حرارة مركزها حوالي $(4^\circ - 8^\circ) \times 10^6$ درجة مطلقة(كلفن) ثم تدرج درجة حرارتها في الإنخفاض حتى تصل عند السطح إلى 5762° مطلقة(كلفن).[1]

يبحث الإنسان دوما عن مصادر جديدة من الطاقات لتلبية احتياجاته في الحياة التي يعيشها، وتعتبر الطاقة عنصرا أساسيا في حياة البشرية، وتشتق الطاقة عادة من مصادر طبيعية وأخرى غير طبيعية وتنقسم إلى نوعين رئيسيين وهما الطاقة المتجددة والتي تعتمد على ظواهر طبيعية مستمرة وأخرى غير متجددة مصادرها نفوذة لكنها تشكلت مع مرور الزمن وتحت تأثير مجموعة من العوامل. وجميع هذه الطاقات تستلزم وجود آليات وتقنيات حديثة التطور خالصة لصالح الإنسان.

يواجه العالم اليوم أزمة اقتصادية مستمرة نتيجة لارتفاع أسعار الطاقة وزيادة الطلب، وذلك لارتباطها بالوقود الأحفوري أو التقليدي (النفط والغاز والفحم)، أضف إلى ذلك ما يتعرض له كوكبنا من تلوث بيئي نتيجة لانبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون والغازات الملوثة الأخرى، والتي أدت إلى ظاهرة الانحباس الحراري. في مقابل ذلك تتوفر الطاقات المتجددة والمستديمة في كافة بقاع العالم وهي طاقة نظيفة غير ملوثة للجو ومتجددة باستمرار.[2]

تستعمل الطاقة الشمسية في العديد من المجالات كتجفيف المحاصيل الزراعية وتدفئة المنازل وتسخين المياه وغيرها. حيث تكمن أهمية هذه الطاقة الشمسية في عملية الاستغلال الجيد لها وتحويلها إلى طاقة كهربائية أو حرارية إما بالتحويل الكهروضوئي أو بالتحويل الحراري، فالأول يتم بالتحويل المباشر لأشعة الشمس إلى كهرباء بواسطة الخلايا الشمسية، أما الثانية تتم بواسطة المجمعات الشمسية ومن بينها محطات الطاقة الشمسية المركزة.

ومن أجل التعرف على مدى امكانية استغلال الصحن القطع مكافئ في التطبيقات الحرارية في منطقتنا ورقلة والمساهمة في رفع المردود الحراري قمنا بهذه الدراسة النظرية والتجريبية

نظرا لأهمية الموضوع نتطرق في هذه الدراسة إلى ما يلي:

- ✓ الفصل الأول: عموميات حول الطاقة الشمسية، والإشعاع الشمسي والعوامل المؤثرة فيه، حيث تطرقنا إلى مختلف الزوايا الشمسية وكذلك معادلات شدة تقدير الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى سطح الأرض، وتحديد شدة الإشعاع الشمسي في الجزائر خاصة.
- ✓ الفصل الثاني: في هذا الفصل تحدثنا عن لمحة تاريخية وتطور المركبات الشمسية بالإضافة إلى الآلية المعتمدة في ذلك وإلى أهم انواعها ومكوناتها، وأهم المحطات طبقا لنوع التكنولوجيا.
- ✓ الفصل الثالث: قمنا بالدراسة النظرية بشكل مفصل حول نوع المركز الشمسي ذو القطع المكافئ المقعر وخصائصه الهندسية والضوئية، وأيضا أهم تطبيقاته،
- ✓ الفصل الرابع: تطرقنا إلى الدراسة التجريبية حول أهم تطبيقات المركز الشمسي من النوع المقعر.

وفي الأخير نتطرق إلى خاتمة عامة نذكر فيها بإختصار كل ماتناولناه إضافة إلى الجانب التجريبي واقتراح بعض الحلول الممكنة مستقبلا.

الفصل الأول

الطاقة الشمسية

تمهيد

الطاقات المتجددة ذات أهمية بالغة باعتبارها مصادر طبيعية دائمة وغير ناضبة، ولا ينتج عن استخدامها تلوث بيئي. فهنا نرى الطاقة الشمسية من أهم مصادر الطاقات المتجددة الأكثر انتشارا. والتي حاول الانسان منذ فترة بعيدة الاستفادة من هذه الطاقة المجانية واستغلالها بشكل جيد عوض الطاقة الأحفورية للنفط والغاز.

ولكن بقدر قليل ومحدود ومع التطور الكبير الذي وصل إليه الإنسان فتحت آفاقا عملية جديدة في ميدان استغلال الطاقة الشمسية، واستفادة الإنسان من طاقة الإشعاع الشمسي مباشرة في تطبيقات عديدة كتدفئة المنازل والطهي وتجفيف المحاصيل الزراعية وتسخين المياه والإضاءة، كما استخدمها في مجالات أخرى وردت في كتب العلوم التاريخية فقد أحرق أرخميدس الأسطول الحربي الروماني في حرب عام 212 ق.م عن طريق تركيز الإشعاع الشمسي على سفن الأعداء بواسطة المئات من الدروع المعدنية. [23]

من هنا نتطرق في هذا الفصل إلى معرفة الطاقة الشمسية واستخداماتها.

1-1 تعريف الطاقة المتجددة

الطاقات المتجددة هي الطاقات التي نحصل عليها من خلال تيارات الطاقة التي يتكرر وجودها في الطبيعة على نحو تلقائي ودوري، وهي بذلك على عكس الطاقات الغير متجددة الموجودة غالبا في مخزون جامد في الأرض والتي لا يمكن الإفادة منها إلا بعد تدخل الإنسان لإخراجها منه. تتمثل الطاقات المتجددة في الطاقة الشمسية، طاقة الرياح، طاقة المياه، طاقة الأمواج، طاقة الحرارة الجوفية وطاقة الكتلة الحيوية. وبغض النظر عن إمكان الحصول على طاقة كهربائية أو حرارية أو ميكانيكية من الطاقات المتجددة. [23]

1-1-1 أصناف الطاقة المتجددة

يمكن تصنيف الطاقة حسب مصدرها كالتالي:

- ✓ **الطاقة الشمسية:** ويمكن إستعمالها لعدة أغراض إما لإنتاج الكهرباء وإما لتسخين المياه أو التجفيف.
- ✓ **طاقة الرياح:** تعتمد على توليد الحركة الميكانيكية نتيجة تحريك الرياح لريش التوربينات.
- ✓ **طاقة الكتلة الحيوية:** تشمل الحصول على طاقة من حرق مخلفات الورق، وبعض مخلفات العضوية. وكذلك الحصول على الكحول أو البيوغاز من تخمير الحبوب والمواد النشوية.

- ✓ طاقة حرارة باطن الأرض: هي الحرارة المخزونة بين الصخور نتيجة الانتقال الحراري الطبيعي في المناطق البركانية والمناطق الغنية بأحواض الصخور البركانية، وأخيرا مناطق الجرانيت.
- ✓ الطاقة المائية: خاصة في السدود، الأنهار والوديان، ويتم ذلك بوضع توربينات لإنتاج الكهرباء، وتتوقف الطاقة المولدة على الارتفاع الموجودة بالأنهار وبارتفاع السد المقام عليه.
- ✓ طاقة المد والجزر: الناتجة عن قوى جذب الشمس والقمر للماء على الكرة الأرضية، حيث يتم إستغلال حركة البحر لتدوير العجلات المتصلة بماكينات تستخدم كما هو الحال بالنسبة للأنهار لطحن الحبوب.[19]

2-1 الطاقة الشمسية

تعتبر الطاقة الشمسية من أهم أنواع الطاقات الموجودة على سطح الأرض، والتي استغلها الإنسان منذ القدم وحاول الاستفادة منها، إلا أنه مع التقدم والتطور العلمي الذي وصل إليه الإنسان مع بداية القرن الحادي والعشرين فتحت آفاقا واسعة في مجال الطاقة الشمسية. وهي من أكبر مصادر الطاقات المتجددة في العالم، ومن الطاقات الدائمة التي لا تفتنى إلا عند فناء العالم ، كما أنها غير ملوثة للبيئة.

وتستقبل الأرض الطاقة الشمسية على هيئة إشعاعات كهرومغناطيسية، حيث يكون حوالي 47% منها مرئية، ونحو 45% منها أشعة تحت الحمراء، ونحو 8% منها أشعة فوق البنفسجية وتنبعث طاقة الشمس بمعدل ثابت تقريبا يقدر بنحو 1,35 كيلوواط/م²، ولا يصل من هذه الطاقة إلى الأرض إلا نحو 70%. [18]

تستقبل الطبقات العليا من الفضاء المحيط بالكرة الأرضية ما يساوي 174 بيتاواط من الطاقة الشمسية. ينعكس منها 30% ويمتص الباقي والبالغ 122 بيتاواط من قبل الغيوم والبحار والمحيطات ووسطح الأرض. [2]

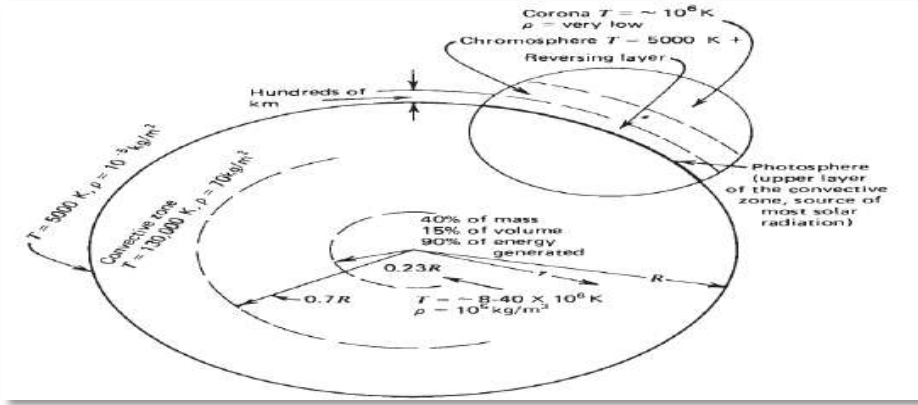
إن النجاح في استخدام الطاقة الشمسية يعتمد على العديد من العوامل المتكاملة، نذكر منها:

- الموقع الجغرافي (قوة الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة وسرعة الرياح)
- ملائمة النظام الشمسي مع حجم التطبيق
- نوعية المنتج (النظام الشمسي)
- التقنية المستخدمة في تصنيع المنتج (النظام الشمسي)
- جودة وكفاءة المكونات المستخدمة.[23]

1-2-1 الشمس

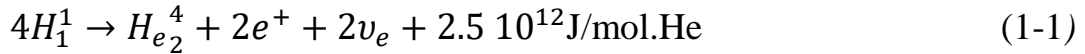
الشمس نجم صغير مكون من كرة غازية ساخنة جدا وتصل درجة حرارة سطحها إلى ما يقارب من ستة آلاف درجة مطلقا (كلفن). [3]

مكوناتها الرئيسية هي الهيدروجين (حوالي 75 %) والهيليوم (حوالي 25 %)، وكذلك كميات ضئيلة من العناصر الأخرى مثل الحديد والنيون والكربون. [4]



الشكل (1-1): هيكل الشمس. [12]

والتي تتم كتابتها بالشكل الآتي: [7]



حيث يشير e^+ إلى الإلكترون ν_e : النيترون.

تم تجميع الخصائص الرئيسية للشمس في الجدول التالي:

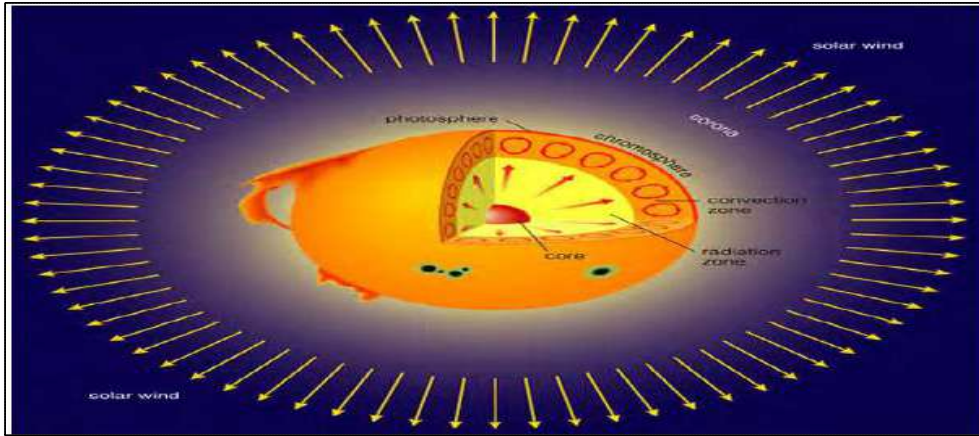
الجدول (1-1): الخصائص الرئيسية للشمس. [3، 4، 6، 12]

1392000	القطر (كم)
$2 \cdot 10^{30}$	الكتلة (كغ)
6.09×10^{12}	المساحة (كم ²)
1.41×10^{18}	الحجم (كم ³)
1408	متوسط الكثافة (كغ/م ³)

217	السرعة (كم/ثا)
2.5×10^{17}	المسافة من مركز درب التبانة (كم)
$\Phi=361022$	شدة تدفق الإشعاع الشمسي (كيلوواط ساعي/م ²)
$(8 \rightarrow 40) \times 10^6$	درجة حرارة مركز الشمس (كلفن)

2-2-1- بنية الشمس

تتكون الشمس من عدة طبقات متميزة عن بعضها البعض، وهي اللب (النواة) عبارة عن الطبقة الداخلية شديدة الحرارة والكثافة وتحتوي على 10% من كتلة الشمس، وفيها يتم توليد طاقة الاندماج النووي. تليها منطقة الإشعاع، حيث يتم نقل الطاقة من داخل البقع الشمسية إلى الطبقة الخارجية الباردة بواسطة الفوتونات، والميزات الأخرى لسطح الشمس هي مناطق صغيرة مظلمة تسمى المسام، والتي لها نفس حجم خلايا الحمل الحراري، بينما تسمى المناطق المظلمة الأكبر بالبقع الشمسية. تسمى الطبقة الخارجية لخلايا الحمل الحراري بالغلاف الضوئي. بحيث يوجد فوق الغلاف الضوئي ضوء الشمس المرئي الذي ينتشر بحرية في أنحاء الفضاء. الطبقة التالية تسمى طبقة الكروموسفير، وهي طبقة يبلغ سمكها الآلاف من الكيلومترات، وتتكون من غاز مضيء شفاف على الطبقة الضوئية. [6]



الشكل (2-1): بنية الشمس. [6]

1-2-2 الاستطاعة الشمسية المستقبلية من طرف الأرض

تعتبر الشمس جسم أسود نصف قطره $(r = R_s)$ ودرجة حرارته $(T = T_s)$ ، تشع الاستطاعة الشمسية لوحدة السطح في وحدة الزمن، تعطى بقانون Stephan Boltzmann [5]:

$$W_s = \sigma T_s^4 \quad (2-1)$$

حيث σ يمثل ثابت ستيفان بول تزمان $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{W/m}^2 \text{K}^4$

ومنه فإن الاستطاعة الكلية المنبعثة من سطح الشمس في الثانية الواحدة P_s

$$P_s = W_s (4\pi R_s^2) = \sigma T_s^4 4\pi R_s^2 \quad (3-1)$$

يستقبل سطح ما مساحته 1m^2 مثبت على الأرض، بحيث يكون عمودي على أشعة الشمس وبإهمال تأثيرات الغلاف الجوي الاستطاعة الشمسية W_T تعطى بالعلاقة التالية: [5]

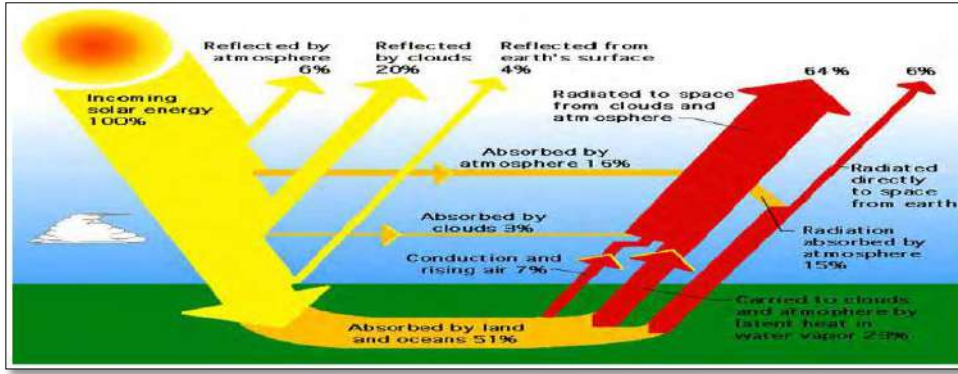
$$W_T = \frac{\sigma T_s^4 4\pi R_s^2}{4\pi D^2 T_s} = \frac{\sigma T_s^4 R_s^2}{D^2 T_s} \quad (\text{W/m}^2) \quad (4-1)$$

عندما تكون المسافة بين الأرض والشمس تقدر بـ $(D_{T_s} = 1.5 \times 10^8 \text{ Km})$ وعند الاعتدال الربيعي والخريفي تكون الاستطاعة المستقبلية على سطح الأرض خارج الغلاف الجوي لكل 1m^2 تدعى بالثابت الشمسي E_0 . [5]

1-4 الإشعاع الشمسي

شعاع الشمس، هو مجموعة من الأشعة الكهرومغناطيسية المرئية، التي يستطيع الإنسان أن ينظر إليها، وهذه الأشعة تمر من خلال الغلاف الجوي، فيمتص الغلاف الجوي جزءا ويترك لنا جزء يصل إلى الأرض. [6]

يخضع الإشعاع الشمسي أثناء مروره الغلاف الجوي للامتصاص والتشتت. فنحو 30 بالمائة من الإشعاع الشمسي ينعكس فالفضاء. ونحو 20 بالمائة منه يمتص من جانب السحب والجزئيات في الهواء. وتعتمد كمية الإشعاع الشمسي التي تصل في النهاية إلى سطح الأرض على تركيز الجسيمات المحولة جوا والملوثات الغازية والمياه (بخار، سائل أو صلب). [6,7]



الشكل (1-3): التوازن الاشعاعي للغلاف الجوي.[6]

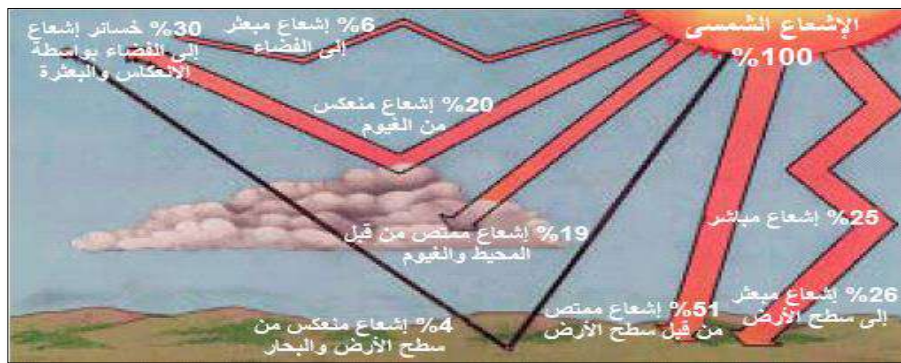
يبلغ متوسط كثافة الطاقة الشمسية المشعة خارج الغلاف الجوي للأرض مباشرة 1366 W/m^2 ، وهو ما يعرف على نطاق واسع باسم "الثابت الشمسي". لذلك فإن نصف قطر الأرض يساوي $10^7 \cdot (\pi/2)$. إذن فالقدرة الإجمالية للإشعاع الشمسي التي تصل إلى الأرض هي:[7]

$$1366 \times \frac{4}{\pi} \times 10^{14} \cong 1.73 \times 10^{17} \text{ W} \quad (5-1)$$

عدد الثواني في اليوم هو 86400، وفي المتوسط، عدد الأيام في العام هو 365.2422. وهكذا يكون إجمالي طاقة الإشعاع الشمسي التي تصل إلى الأرض كل عام:

$$1.73 \times 10^{17} \times 86400 \times 365.2422 \cong 5.46 \times 10^{24} \text{ J} \quad (6-1)$$

أو 4560000EJ/year [7]



الشكل (1-4): توزيع الإشعاع الشمسي في الغلاف الجوي وعلى سطح الأرض.[5]

1-4-1 طيف الإشعاع الشمسي

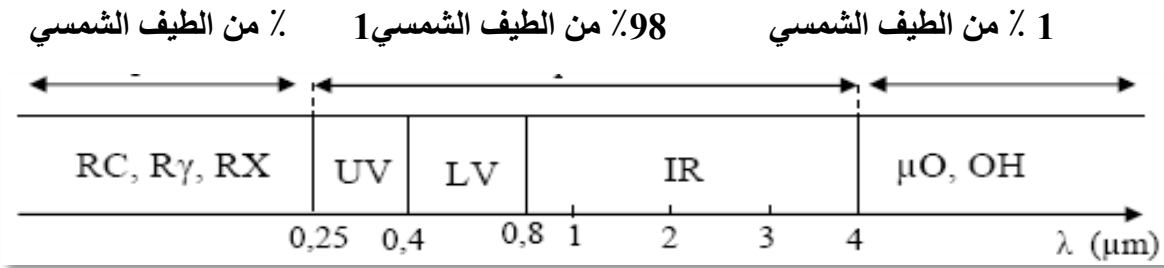
يمثل الثابت الشمسي كل الطاقة في الطيف الشمسي. فمن خلال مراقبة الإشعاع وجد أنه يتكون من مجموعة الموجات الكهرومغناطيسية، التي يتراوح طولها من 0,11 ميكرون إلى 4 ميكرون في الواقع، يحتوي الإشعاع الشمسي على أطوال موجية أطول، لكن كمية الطاقة فيه قليلة جدا ولا تتجاوز 1% من إجمالي طاقة الطيف الشمسي. [8]

* $\lambda \in [0.25, 0.4] \mu m$ المجال فوق بنفسجي ويمثل 7% من الطاقة الكلية المنبعثة من الشمس.

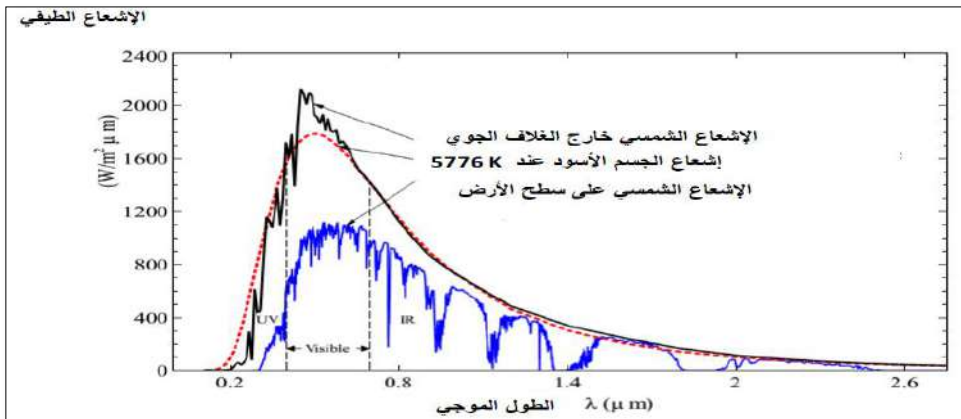
* $\lambda \in [0.4, 0.8] \mu m$ المجال المرئي ويمثل 47.5% من الطاقة الكلية المنبعثة من الشمس.

* $\lambda \in [0.4, 0.8] \mu m$ المجال تحت الأحمر ويمثل 45.5% من الطاقة الكلية المنبعثة من الشمس.

إن طيف الإشعاع الشمسي يحاكي إشعاع الجسم الأسود عند درجة الحرارة $T=5600K$ في مجال الطيف $\lambda \in [0.25 \mu m, 4 \mu m]$. [5]



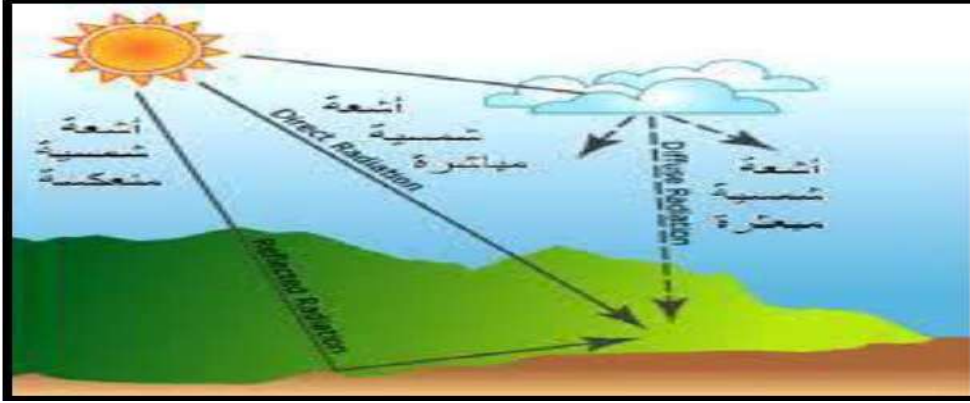
الشكل (1-5): توزيع طيف الإشعاع الشمسي. [5]



الشكل (1-6): التوزيع الطيفي للإشعاع الشمسي. [28]

5-1 تقدير الإشعاع الشمسي

توجد ثلاث أنواع من الإشعاع الشمسي وهي أشعة شمسية مباشرة وأشعة شمسية مبعثرة (مشتتة) وأشعة منعكسة كما هو مبين في الشكل الآتي:



الشكل (7-1): أنواع الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض. [9]

1-5-1 الإشعاع الشامل أو الكلي (G_h)

هو مجموع الشعاع المباشر والمنتشر الساقط على السطح، بغض النظر عن اتجاهه. [8]

والعلاقة التالية توضح ذلك: [5]

$$G_h = I_h \cdot \sin h + D_h \quad (7-1)$$

حيث:

I_h : الإشعاع المباشر.

D_h : الإشعاع المنتشر من السماء.

h : زاوية الارتفاع الشمسي.

ويحسب في حالة الإشعاع الناظمي ($i=0$) بالعلاقة: [16]

$$G_h = (1270 - 56 T) (\sin h) \frac{T+36}{33} \quad (8-1)$$

حيث T معامل الاضراب للغلاف الجوي وتعطي صيغته: [16]

$$T = 2.5 + 16\beta + 0.5 \ln(\omega) \quad (9-1)$$

حيث β معامل انغيشتروم و ω ارتفاع الماء المكثف وقيمتها تتغير حسب الحالة الجوية كما هو موضح بالجدول:

الجدول(1-2): قيم معامل الاضطراب وارتفاع الماء المكثف [16]

سواء صافية	سواء متوسطة	سواء مضطربة	
0.05	0.1	0.2	β
1cm	2cm	5cm	ω

2-5-1 الإشعاع المباشر

يعني أن الخط العمودي الخارج أو المنبعث من السطح يمر عبر مركز الشمس، ومن أجل تحقيق أقصى إستفادة من هذا الإشعاع، فإنه يحسن توجيه اللاقطات الشمسية طوال النهار. بحيث يكون سطحها دائما عموديا على الشمس، والجدير بالذكر أن عملية التوجيه هذه تتطلب تحرك اللاقط حول محورين، أحدهما يقوم بتتبع حركة الشمس من الشرق إلى الغرب، بينما يراعي الآخر حركة الشمس. فيأخذ بالإعتبار تغير زاوية إرتفاع الشمس. [8]



الشكل(1-8): صورة لجهاز مايكلسون لقياس الإشعاع الشمسي المباشر. [9]

وتعطى علاقة الإشعاع الشمسي المباشر: [9]

$$I_h = A. \exp \frac{-1}{B.\sin(h+c)} \quad (10-1)$$

حيث الجدول التالي يوضح قيم A، B و C التي تمثل ثوابت التجربة والتي تعتمد على طبيعة السماء، تاخذ القيم التالية:

الجدول(3-1): قيم الثوابت A، B و C.[16]

سواء صافية جدا.	C=1	B=6	A=1210
لظروف طبيعية من سواء صافية.	C=1.6	B=3.8	A=1230
سواء في حالة غبار وضباب	C=3	B=2.3	A=1260

3-5-1 الإشعاع المنتشر

يسقط جزء من الإشعاع المنتشر في الغلاف الجوي على سطح ما، وعندما تكون السماء ملبدة بالغيوم والضباب لا يخترقها الضوء المباشر، فإن كل الإشعاع المتاح في ذلك الوقت هو إشعاع منتشر، وفي أيام الصحو تكون كمية الإشعاع المنتشر قليلة حيث لا غيوم ولا عواصف ترابية أو رملية.[8]

وتعطى بالعلاقة التالية: [9]

$$D_h = E. (\text{Sin}_h)^{0.4} \quad (11-1)$$

والجدول (4-1) التالي يوضح قيمة ثابت التجربة E التي تعتمد على طبيعة السماء، والتي تاخذ القيم التالي:

الجدول(4-1): قيمة ثابت التجربة E.[16]

سواء صافية جدا.	$E = \frac{3}{4} \times 125$
لظروف طبيعية من سواء صافية.	E=125
لسواء في حالة غبار وضباب.	$E = \frac{4}{3} \times 125$

6-1 العوامل المؤثرة على شدة الإشعاع الشمسي

تؤثر عدة عوامل على قوة الإشعاع الشمسي نفسه من فترة لأخرى، وتختلف قوة الإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض من وقت إلى آخر تبعا لكمية إنتقال أشعة الشمس عبر الأوساط المختلفة وشكل الموجات الساقطة ونوعها وأشكال سطح الأرض التي تستقبل هذه الأشعة، كما يمكن أن نبين العوامل التي تؤثر في قوة الإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض. [10]

1-6-1 البعد بين الأرض والشمس

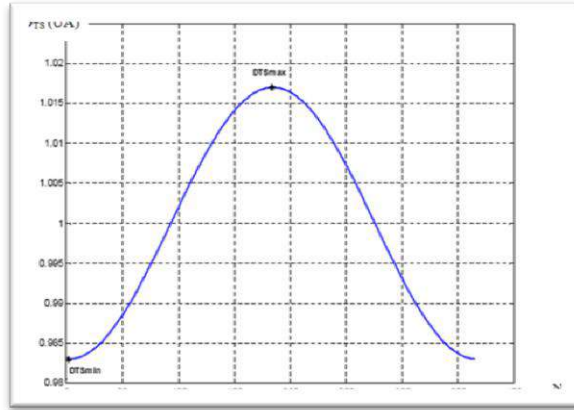
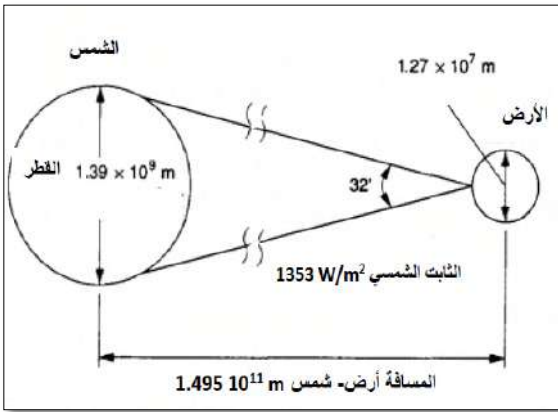
تتغير المسافة بين مركز الأرض والشمس حسب اليوم من السنة، لأن مسار دوران الأرض حول الشمس بيضاوي الشكل و علاقة المسافة D تعطى بالعلاقة التالية:

$$D_{T,S} = 1 - 0.017 \cos \left[\frac{360(Nj-2)}{365} \right] \quad (12-1)$$

Nj : رقم اليوم من السنة (1.....365)

حيث المسافة تعطى بالوحدة الفلكية UA ($1UA = 1.5 \times 10^8$ km)

تبلغ أقل قيمة للمسافة يوم 2 جانفي ($D_{T,S} = 0.983$ UA)، بينما تبلغ اقصى قيمة للمسافة يوم 5 جويلية ($D_{T,S} = 1.017$ UA). [5]



الشكل (10-1): تغيرات المسافة [أرض - شمس] خلال السنة بوحدة UA. [5] الشكل (9-1): ابعاد وموضع الشمس والأرض. [5]

2-6-1 تأثير الغلاف الجوي

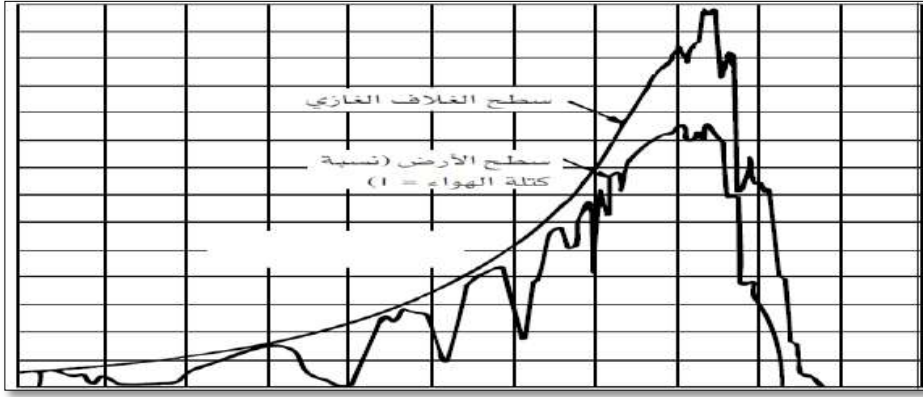
يفقد الإشعاع الشمسي عند دخوله الغلاف الجوي جزء كبير من طاقته بسبب انعكاس جزء منه على الغيوم، بينما الجزء الآخر يمتص بواسطة الهواء، الغازات والأتربة... [11]

وتتجسد تأثيرات مكونات الغلاف الغازي على الإشعاع الشمسي في جانبين أساسيين هما:

* امتصاص جزء من الإشعاع الشمسي، يمتص الأوزون O_3 معظم الأشعة فوق البنفسجية، بينما يمتص بخار الماء الجزء الآخر من الإشعاع الشمسي.

* بسبب عملية الانعكاس والانكسار، ينتشر جزء من الإشعاع الشمسي في اتجاهات مختلفة في الغلاف الجوي، ويصل جزء من الإشعاع المتناثر إلى الأرض، وينتقل الجزء الآخر إلى الفضاء في اتجاهات

مختلفة إلى الفضاء، أما ذلك الجزء من الإشعاع الشمسي الذي لا يتأثر بأي من عوامل الامتصاص والانتشار فإنه يصل إلى سطح الأرض دون تغيير في أطوال موجاته.[8]



الشكل(1-11): تأثير الغلاف الغازي على التوزيع الطيفي للإشعاع الشمسي المباشر العمودي.[8]

وفقا للمسافة التي تقطعها الأشعة الشمسية نجد اختلافا بشدة الإشعاع خلال الأجواء، تكون الشمس في فترة الظهيرة شبه عمودية على سطح الأرض وتكون المسافة التي يقطعها الإشعاع الشمسي قليلة، لذلك ستكون كمية الطاقة وشدة الإشعاع الشمسي المستلمة كبيرة مقارنة بالصباح الباكر أو قرب المغيب أي تكون المسافة التي يقطعها الإشعاع كبيرة و بذلك تكون كمية الطاقة المستلمة قليلة.[11]

1-6-3 طول النهار (فترة التعرض الشمسي)

تعتمد كمية الطاقة المستقبلية في اليوم الواحد على طول النهار، وتكون المعدلات اليومية للإشعاع الشمسي في قطبي الأرض أكبر خلال منتصف الصيف نتيجة لهذا العامل، والمعدل السنوي سيكون حوالي (2.5) مرة أكثر عند خط الاستواء مقارنة بقطبي الأرض، بما أن عدد ساعات سطوع الشمس نهارا يصل إلى (13) ساعة يوميا وبزاوية شمسية أعلى، فإن هذا يزيد من الطاقة التي يتلقاها الإشعاع مقارنة بحوالي (10) ساعات في الشتاء، وفي هذه الحالة تكون زاوية ارتفاع الشمس منخفضة مما يجعله ذا مكسب حراري قليل إضافة إلى قلة عدد ساعات التعرض الشمسي فيه. [11]

1-6-4 انعكاس الأرض حول الشمس وحول نفسها

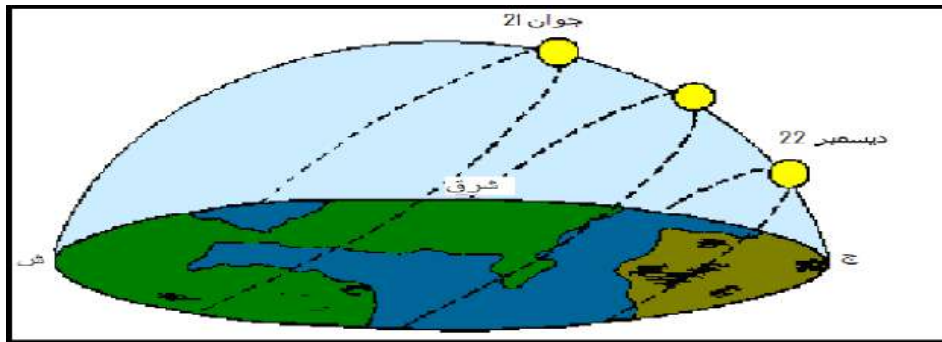
تتميز الأرض بظاهرة أربعة فصول ناتجة عن محور دورانها إهليلجي مائل بزاوية 23° و 26° ، وتدور الأرض بحركات دورانية يومية حول محورها وحركات دورانية حول الشمس، وتنعكس هذه الزاوية بالتوزيع الغير منتظم لدرجة الحرارة، لذلك يستمر الشتاء 3 أيام أقل في نصف الكرة الشمالي. يشير الجدول (1-5) إلى مدة الفصول في نصف الكرة الارضية الشمالي. [9]

الجدول (1-5): مدة الفصول في نصف الكرة الارضية الشمالي. [9]

المدة الحالية	الفصول في نصف الكرة الشمالي
92يوما و19ساعة	الربيع
93يوما و23ساعة	الصيف
89يوما و13ساعة	الخريف
89يوم	الشتاء

كما أن الأشعة الشمسية تسقط بزاوية عمودية عند مدار الجدي والسرطان عند خطوط العرض 23° و 26° من نصفي الكرة الارضية، بينما الجزء الباقي من الأرض فيبقى في ظلام تام، أي فوق خطي العرض 66° و 30° في القطبين يدوم الليل 6 أشهر. نسمي خطي العرض 66° و 30° بدائرة القطب الشمالي أو الجنوبي. [8]

الشكل التالي يوضح ذلك: [9]



الشكل (1-12): التغير الفصلي لمدة النهار والليل. [9]

5-6-1 الأبيدو(النورانية)

هو نسبة ما يضيع من مقدار الإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض بواسطة عملية الإنعكاس دون أن يحول أي جزء منها إلى طاقة حرارية. وتتراوح قيمته من 0 إلى 1 نلخصها في الجدول التالي: [5]

الجدول (6-1): قيم النورانية (الأبيدو) حسب الأرضية. [5]

السطح	الأبيدو
جسم أسود مثالي	0
البحر في الصيف	0.05
البحر في الشتاء	0.12
غابات	0.15
المراعي	0.22
أرضية إسمنتية	0.25
الحصى	0.25
شواطئ وصحاري	0.30
ثلوج جديدة	0.85

7-1 الثابت الشمسي

الثابت الشمسي هو تدفق الإشعاع الشمسي الذي يستقبله السطح لوحدة مرتبة بشكل عمودي على الأشعة الشمسية. وأن شدة دوران الأرض تجعل المسافة بين الأرض والشمس تتفاوت بنسبة 1.7% لوحدة فلكية واحدة، حيث تقابل الشمس زاوية 32'. ينتج عن هذا الإشعاع المنبعث من الشمس وعلاقتها المكانية بالأرض كثافة ثابتة تقريبا من الإشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي للأرض. [4، 12] سيكون لدينا بعد ذلك:

$$E_o = \sigma T_s^4 \left(\frac{R_s}{D_{ST}} \right)^2 \quad (13-1)$$

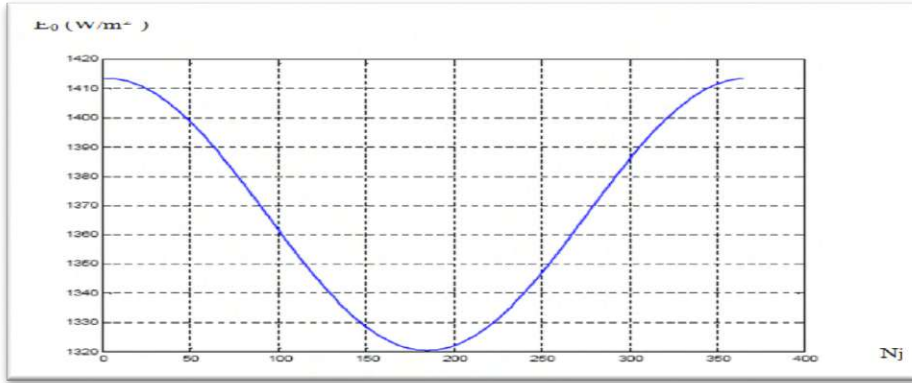
R_s : شعاع الشمس. D_{ST} : مسافة الارض والشمس. $\sigma=5,67.10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$.

تم قياس التدفق خارج الغلاف الجوي للأرض بالقيمة المتوسطة $E_o=1353 \text{ W/m}^2$. تختلف هذه القيمة خلال العام لأن المسافة من الأرض إلى الشمس تعطى بـ ($14.945.000\text{Km} \pm 1.7\%$).

يتم كتابة الثابت الشمسي خارج الغلاف الجوي ليوم ما، ولهذا من الضروري تطبيق تصحيح على الثابت الشمسي وفقا للتاريخ n من اليوم في السنة (محسوب من يناير) وفق للمعادلة التالية:

$$(E_0)_{\text{ext}} = 1353 (1 + 0.33 \cos 0.984 n)$$

حيث n يمثل التقويم السنوي (من 1 الى 365)، ومتوسط المسافة بينهما هو (1.495×10^{11}) م. [4، 12]



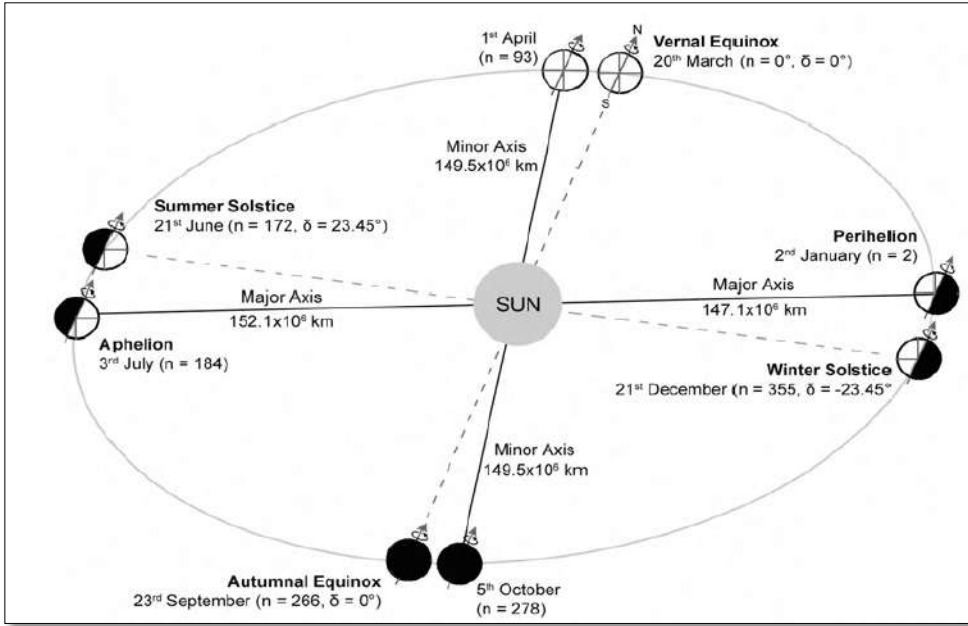
الشكل (1-13): الثابت الشمسي E_0 خلال السنة. [5]

8-1 الزوايا الشمسية

إن شدة تدفق الأشعة الشمسية الواصلة إلى نقطة من سطح الأرض في وقت ما يتعلق أساسا بموضع الشمس اللحظي بالنسبة للموقع، وهذا مرتبط بحركة دوران الأرض حول نفسها وحول الشمس، ويتم تحديده من خلال الزوايا الشمسية وكذا الزوايا التي تحدد الموقع بالنسبة للأرض: [5]

1-8-1 زاوية ميل الشمس (δ)

الزاوية بين مركز الشمس والمستوى الاستوائي عند الظهيرة تسمى بزاوية الانحراف أو بزاوية الميل (δ)، والتي تتراوح قيمتها من 23.45° في 21 يونيو إلى 0° في 21 سبتمبر ومن -23.45° في 21 ديسمبر إلى 0° في 21 مارس. يميل محور الدوران بمقدار زاوية 45.23° بالنسبة للمستوى المداري حول الشمس. ويشير اتجاه المحور دائما إلى النجم القطبي، وهو ما يفسر التغييرات الموسمية على مدار السنة. [9]



الشكل (1-14): مدار الأرض حول الشمس. [6]

في (21 يونيو) يحدث انقلاب صيفي، حيث يتجه محور الأرض مباشرة نحو الشمس، ومنه تكون زاوية الانحراف 23.45° ، في وقت الظهيرة الشمس فوق رأسك مباشرة في جميع النقاط على مدار السرطان. أي في (21 ديسمبر) يحدث انقلاب شتوي، بحيث يتجه محور الأرض بعيدا عن الشمس مباشرة، وبالتالي تكون زاوية الانحدار -23.45° ، الشمس فوق الرأس مباشرة عند الظهر الشمسي في جميع النقاط على مدار الجدي، في كل من الاعتدال الربيعي والخريفي (23 سبتمبر و21 مارس على التوالي) يكون محور الأرض عند 90° للخط الذي يربط بين مركزي الأرض والشمس، إذن فإن زاوية الانحراف هي 0° كما فالشكل السابق. [6]

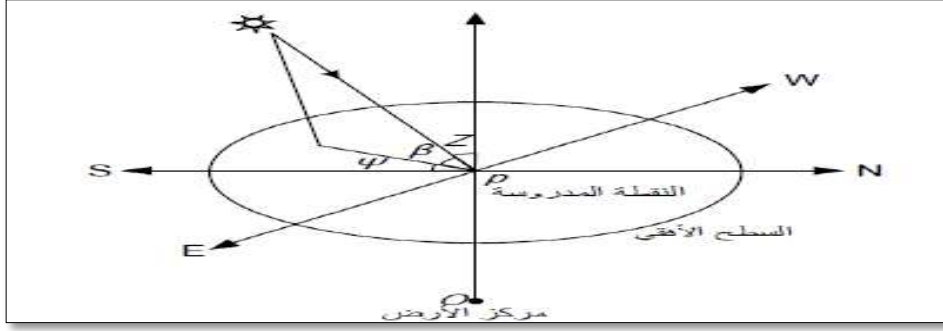
وتعطى بالعلاقة التالية: [6]

$$\delta = +23.45 \sin \left(\frac{N-80}{370} \times 360 \right) \quad (14-1)$$

او بالعلاقة: [5]

$$\delta = 23.45 \sin \left[\frac{360}{365} (Nj + 284) \right] \quad (15-1)$$

N : رقم اليوم في السنة ويأخذ القيم من 1 الى 365.



الشكل (1-15): الزوايا الشمسية Ψ و β و z . [15]

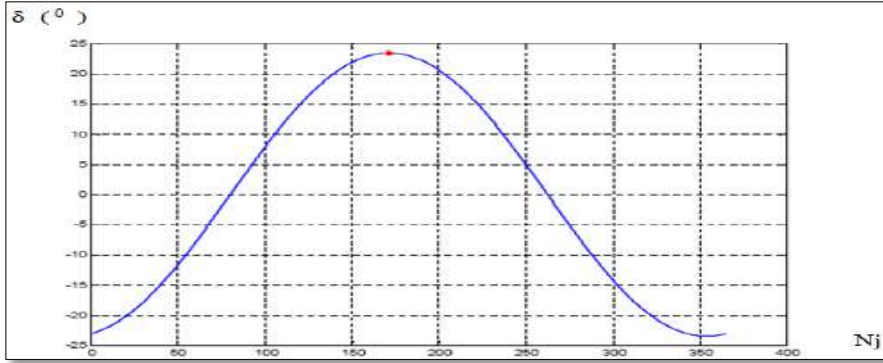
تمكن العلماء في عام 1971 من حساب زاوية الانحراف الشمسي بالوحدات الدائرية طبقا لصيغة

Spencer كالتالي:

$$\begin{aligned} \delta = & 0.006918 - 0.399912 \cos(\Gamma) + 0.070257 \sin(\Gamma) \\ & -0.006758 \cos(2\Gamma) + 0.000907 \sin(2\Gamma) \\ & -0.002697 \cos(3\Gamma) + 0.00148 \sin(3\Gamma) \end{aligned} \quad (16-1)$$

حيث (Γ) يطلق عليها زاوية اليوم، ويمكن حسابها بالوحدات الدائرية كالتالي:

$$\Gamma = \frac{2\pi(N-1)}{365} \quad (17-1)$$



الشكل (1-16): تغيرات زاوية ميل الشمس δ خلال أيام السنة. [5]

1- 8- 2 الارتفاع الشمسي h

تتناسب شدة الأشعة الشمسية المستلمة على سطح الأرض مع زاوية ارتفاع الشمس في السماء

طرديا، وعندما تكون زاوية ارتفاع الشمس حوالي 90° ، تكون الشمس متعامدة على سطح الأرض.

عموما زاوية ارتفاع الشمس هي التي تحدد طول المسافة التي سيقطعها الإشعاع الشمسي خلال الغلاف الجوي. [11]

ويتغير مجال قيمتها كما يلي: $h \in [-90^\circ, +90^\circ]$ [5]

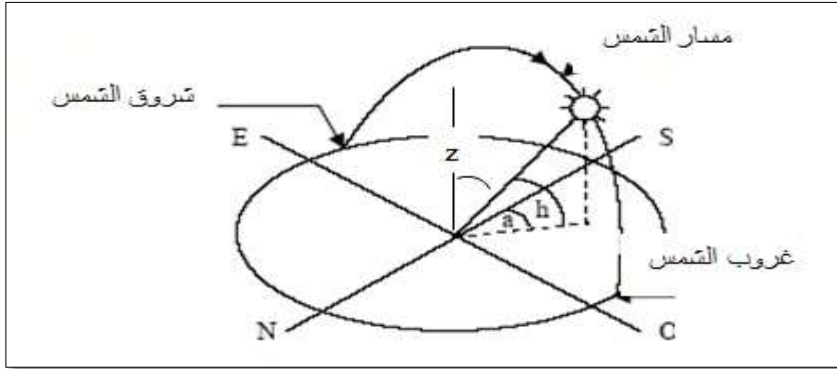
$$\sin(h) = \sin\varphi \cdot \sin\delta + \cos\varphi \cdot \cos\delta \cdot \cos\omega \quad (18-1)$$

$h=0$: عند شروق وغروب الشمس $h>0$: في النهار $h<0$: في الليل [10]

حيث:

ω : الزاوية الساعية الشمسية.

φ : زاوية دائرة العرض.



الشكل (1-17): الزوايا الشمسية (h, a, z). [11]

1- 8- 3 زاوية السميت الشمسي (a)

زاوية السميت الشمسي a ، هي زاوية شعاع الشمس المقاسة على المستوى الأفقي من اتجاه الجنوب الحقيقي (للنصف الشمالي من الكرة الأرضية)، أو من اتجاه الشمال الحقيقي (للنصف الجنوبي من الكرة الأرضية)؛ وتأخذ الزاوية الإشارة الموجبة إذا كانت في الاتجاه الغربي. و تتراوح قيمتها في المجال $(-180^\circ) \leq a \leq (+180^\circ)$. [13]

حيث:

$a=0$: مسقط الشعاع الشمسي منطبق على المحور جنوبا.

$a>0$: مسقط الشعاع الشمسي منحرف عن المحور جنوبا باتجاه الغرب.

$a<0$: مسقط الشعاع الشمسي منحرف عن المحور جنوبا باتجاه الشرق.

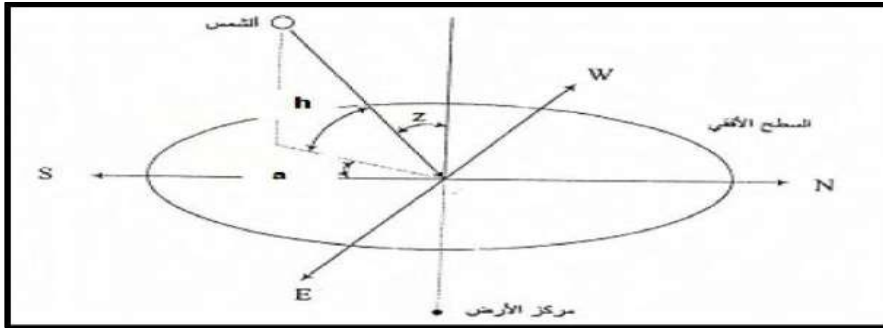
وتعطى بالعلاقة التالية: [5]

$$\sin(a) = \frac{\cos(\delta)\sin(\omega)}{\cos(\beta)} \quad (19-1)$$

1- 8- 4 زاوية سمت الرأس (z)

زاوية سمت الرأس هي الزاوية التي تقع بين الشعاع الشمسي وسمت الأرض (الخط الشاقولي المار بالموقع)، وبذلك فهي متممة زاوية الارتفاع الشمسي. [5]

$$z = \frac{\pi}{2} - h \quad (20-1)$$



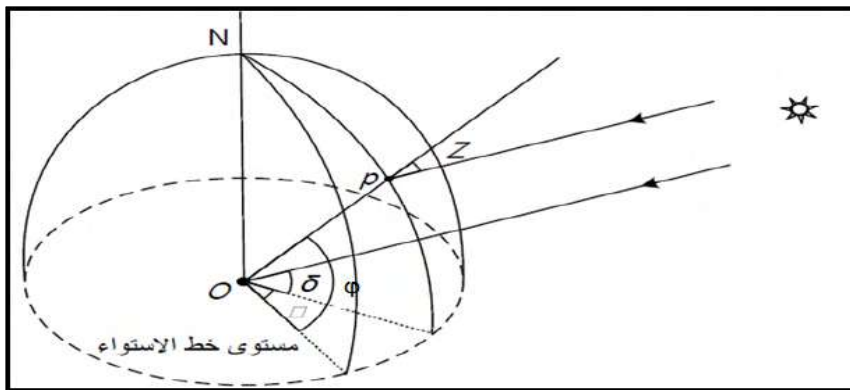
الشكل (1- 18): زاويتي كل من سمت الرأس Z والسمت a. [13]

1- 8- 5 زاوية دائرة العرض φ

قيمتها تتراوح في المجال $(-90^\circ) \leq \varphi \leq (+90^\circ)$ ، وهي الموضع الزاوي للمنطقة المدروسة بالنسبة إلى مستوي خط الاستواء. [14]

$\varphi < 0$: جنوب خط الاستواء

$\varphi > 0$: شمال خط الاستواء



الشكل (1- 19): الزوايا الشمسية δ، φ، ω و z. [15]

1- 8-6 زاوية خط الطول (L)

وهي الموضع الزاوي للمنطقة المدروسة بالنسبة إلى مستوي خط الطول الرئيسي غرينيتش وقيمتها تتراوح في المجال $(-180^\circ) \leq L \leq (+180^\circ)$. [14]

1- 8-7 زاوية الورود (السقوط) الشمسي (θ)

الزاوية بين الناظم لهذا السطح والشعاع الشمسي الوارد على السطح المدروس، وقيمتها تتراوح في المجال $(0^\circ) \leq \theta \leq (180^\circ)$ وتعطى بالمعادلة التالية: [5]

$$\cos(\theta) = \cos(\beta) \cos(\Psi) \sin(\gamma) + \sin(\beta) \cos(\gamma) \quad (21-1)$$

1- 8-8 زاوية الساعة الشمسية (ω)

من أهم الزوايا الشمسية عند حساب الإشعاع الشمسي، إن الزاوية التي يجب أن تدور الأرض فيها لتصبح نقطة بحث مباشرة تحت الشمس هي الزاوية المقاسة على مستوى خط الاستواء بين مسقط خط الطول ومسقط الخط الواصل بين مركزي الأرض والشمس.

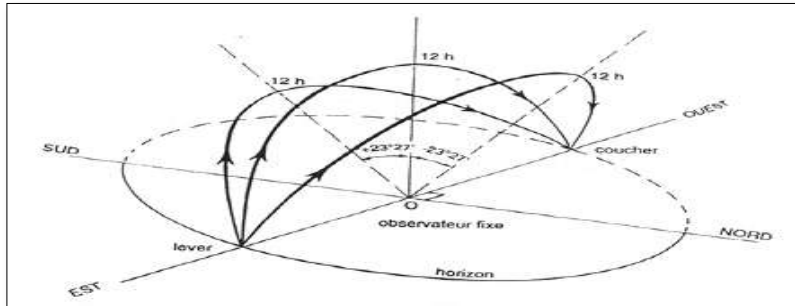
وكل ساعة قبل وبعد الزوال تكافئ 15° ، وتكون الزاوية ω موجبة مساء بعد الزوال وسالبة صباحا قبل الزوال لذا فإن الزاوية ω تتعلق فقط بالتوقيت الشمسي وتعطى بالعلاقة التالية: [5]

$$\omega = 15(Tvs - 12) \quad (22-1)$$

حيث: Tvs يمثل التوقيت الشمسي الحقيقي الذي يعتبر الزوال الشمسي ($\omega=0$) عند الساعة 12

وتتغير قيم هذه الزاوية في المجال الآتي: $(-180^\circ) \leq \omega \leq (+180^\circ)$.

$\omega=0$: عند الزوال الشمسي $\omega>0$: مساء بعد الزوال $\omega<0$: صباحا قبل الزوال.



الشكل (1-20): تغيرات مسار الشمس بالنسبة لموقع ما خلال الفصول [5]

9-8-1 التوقيت الشمسي T_{vs} والمحلي T_L

بالنظر إلى أن خط الطول الذي يمر عبر مدينة غرينتش ببريطانيا يساوي صفرا، فإن الوقت الفعلي في العالم هو الوقت العادي، وبالنسبة لهذا الخط المرجعي تم تقسيم العالم إلى مناطق زمنية مختلفة، ووفقا للتقسيم المعمول به فإن المسافة بين خطي الطول تساوي 4 دقائق، أو كل 15 درجة من خط الطول تساوي ساعة واحدة، ولكن بما أن الفرق بين المناطق الزمنية المختلفة هو مضاعف الساعة (الحد الأدنى للفرق المطبق بين منطقتين متجاورتين يساوي نصف ساعة)، فإن الوقت العادي الساري لا يعطي التوقيت المحلي للقيمة الحقيقية. فإذا كانت المنطقة تقع شرق خط الطول المار في غرينتش، تستعمل الإشارة السالبة (-)، أما إذا كانت المنطقة غرب غرينتش فتستعمل الإشارة الموجبة (+). [8]

بالإضافة هناك فارقا بين الوقت المعدل والوقت الشمسي. وذلك بسبب طبيعة دوران الأرض والشكل البيضاوي لمدار الأرض حول الشمس. فالأمر المتعارف عليه بالنسبة لنا أن طول اليوم يساوي 24 ساعة غير أن طول اليوم الشمسي يتغير قليلا عن ذلك. [8]

1- 8- 9 تحديد توقيت شروق وغروب الشمس

تتعدم زاوية الارتفاع الشمسي h عند الشروق والغروب (الأشعة الشمسية منطبقة على سطح الأرض). [5] وتعطى العلاقة كالتالي:

$$h = 0 \rightarrow \sin(h) = 0 \quad (23-1)$$

ونتحصل على قيمة زاوية الساعة الشمسية (ω) للشروق أو الغروب من خلال العبارة التالية:

$$\cos \omega = \tan L . \tan \delta \quad (24-1)$$

أي التوقيت الشمسي للشروق يحسب بالعلاقة:

$$T_{slever} = 12 - \frac{\omega}{15} \quad (25-1)$$

والتوقيت الشمسي للغروب:

$$T_{scoucher} = 12 + \frac{\omega}{15} \quad (26-1)$$

ومدة النهار لهذا اليوم تكون من الشكل:

$$\Delta t = T_{scoucher} - T_{slever} = 2\left(\frac{\omega}{15}\right) \quad (27-1)$$

Δt المدى النهاري: هو المدة بين الشروق والغروب.

1- 8- 10 معادلة التصحيح الزمني Et

معادلة التصحيح الزمني تحدد بدقة إلى 30 ثانية خلال ساعات النهار بالدقائق [16]:

$$Et = 0.258 \cos x - 7.416 \sin x - 3.648 \cos 2x - 9.228 \sin 2x \quad (28-1)$$

حيث x مقدرة بالدرجات:

$$x = \frac{360(Nj-1)}{365.242} \quad (29-1)$$

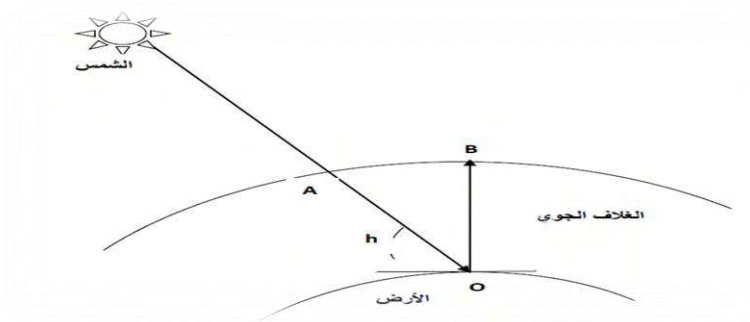
9-1 الكتلة الهوائية الضوئية AM

هي نسبة مسافة اختراق أشعة الشمس في الغلاف الجوي حتى وصولها إلى سطح الأرض إلى المسافة التي تخترقها أشعة الشمس عندما تكون الشمس متعامدة مع ذلك الوضع، مع مراعاة مستوى سطح البحر كما هو موضح في الشكل (21-1) عندما تكون الشمس متعامدة فإن الكتلة الهوائية الضوئية مساوية للواحد ، وتعطى بالعلاقة: [16]

$$AM = \frac{OA}{OB} = \frac{1}{\sin h} \quad (30-1)$$

فإذا كان الضغط P يختلف عن 1013 ملي بار والعلو يبلغ (z كم) نطلق اسم كتلة جوية أو "عدد هواء كتلة جوية" على العدد الحاصل (m) حينما تكون OA=1 في المعادلة التالية :

$$m = \frac{p}{1013} \frac{1}{\sin(h)} \exp\left(-\frac{z}{7.8}\right) \quad (31-1)$$

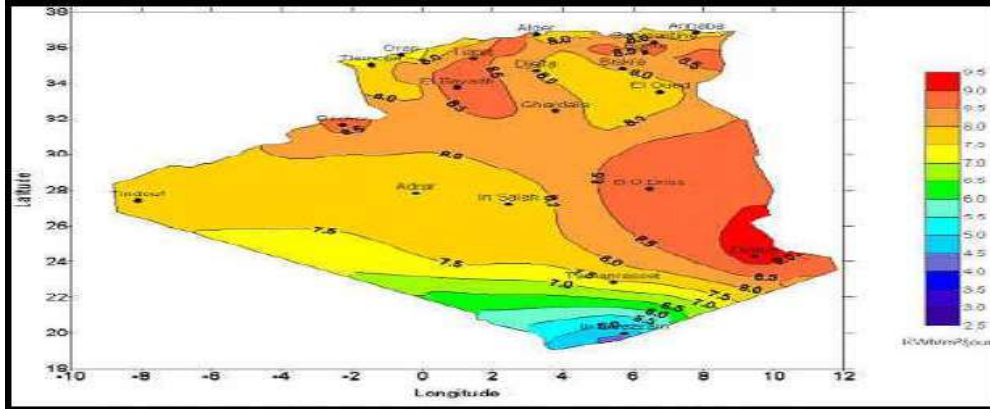


الشكل (21-1): الكتلة الهوائية الضوئية. [16]

10-1 الإشعاع الشمسي في الجزائر

تمتلك الجزائر مخزونا كبيرا من الطاقة الشمسية نظرا لطبيعة المناخ، فإن أقصى طاقة شمسية في أي نقطة في بلدنا هي حوالي 1KW/m^2 . متوسط الطاقة القصوى اليومية (السما صافية، يوليو) يتجاوز 6KW/m^2 ، والحد الأقصى من الطاقة السنوية في الجزائر حوالي 2500KW/m^2 . [17]

الخريطة التالية تمثل مناطق الطاقة المختلفة في الجزائر.



الشكل (1- 22): شدة الإشعاع الشمسي المباشر اليومي في جويلية سنة 2001، (KW/m^2) في الجزائر

[9]

11-1 خلاصة الفصل:

إن المسألة الأكثر إلحاحا وأهمية في مجال تطبيقات الطاقة الشمسية هي الإشعاع الشمسي، الذي يستقبله المجمع الشمسي على مستوى سطح الأرض. يستقبل المجمع الشمسي الثابت أقصى قدر من الطاقة عندما يتجه نحو الجنوب ويميل بزاوية تساوي تقريبا خط عرض المكان. ومن أجل تحسين نظام التجميع من الضروري الرجوع إلى تقنية تتبع الشمس عن طريق المركبات الشمسية. وهذا ما سنتناوله في الفصل القادم.

الفصل الثاني

الدراسة النظرية والتاريخية
للمركزات الشمسية

تمهيد

استخدام الطاقة الشمسية يتطلب المجمعات الشمسية، والتي تقوم بامتصاص الإشعاع الشمسي ونقل تلك الطاقة إلى السائل الذي يمر بالالتصاق معها، فمن الضروري تركيزها لإنتاج درجات حرارة قابلة للاستغلال كما يمكن استخدامها لإنتاج الكهرباء. قد يتركز الإشعاع على نقطة أو خط، حيث يتم نقل الطاقة الحرارية إلى مائع نقل الحرارة، ويتم تحديد شدة التركيز بواسطة عامل التركيز.

في هذا الفصل سندرس المجمعات الشمسية وتاريخها، ونتعرف على آلية تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية، أنواعها وخصائصها والتعرف على هندسة بناءها وأهم أشكالها، كما نتطرق إلى المقاييس التي تؤثر على مستوى تركيزها.

1-2 تطور تاريخ المركزات الشمسية

1. منذ سنة 200 قبل الميلاد، وصف عالم الرياضيات الفيزيائي المخترع اليوناني المهندس ارشميدس فكرة الألواح العاكسة لتركيز الشمس، والشكل (1) يوضح ذلك. [24]



الشكل (1-2): فريسكو (1599-1600) في معرض اوفيزي، فلورنسا، أظهر جوليو باريجي اشعة

ارشميدس المدمرة. [24]

2. في القرن الثاني قبل الميلاد (295 – 375) وصف عالم الرياضيات اليوناني ديوكليس

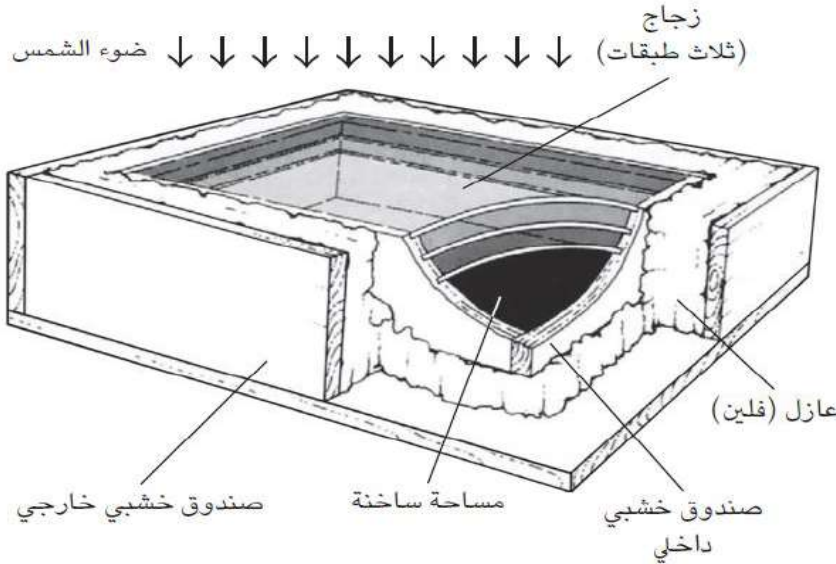
الخصائص البصرية لحوض صغير قطع مكافئ (PT) (Parabolic trough). [24]

3. في 468 قبل الميلاد – 376 قبل الميلاد، أوضح موزي، وهو فيلسوف وفيزيائي من أسرة تشو الخواص التصويرية للمرايا المقعرة. وقد توصل الى فهم كمي جيد في ذلك الوقت. وحتى اليوم عثر على ستة من مثل هذه المشعلات الشمسية في عدة مقابر تعود لأسرة تشو الغربية. وقد اكتشفت ايضا 16 اخرى تعود لأسرة تشو الشرقية (770 قبل الميلاد – 221 قبل الميلاد). [7]

4. في القرن الحادي عشر قبل الميلاد – 771 قبل الميلاد، وجدت إحدى أقدم حالات توثيق تطبيقات الطاقة الشمسية الحرارية في "قانون تشو" (تشو لي)، بحيث يستخدم صانع النار مشعلا شمسيا (مرآة شمسية) لإشعال نار باستخدام ضوء الشمس. [7]

5. في عام 1746، وصف العالم الفرنسي الكونت دي بوفون (عالم الطبيعيات والرياضيات والكواكب) خلال الفترة (1707 – 1788)، تم تطوير تصميم الهليوستات (هي أداة ذات مرآة تعكس الشمس في اتجاه واحد). [24]

6. في عام 1767، صمم العالم السويسري الفرنسي هوراس بنديكت دي سوسير أول فرن حراري شمسي يمكن استخدامه في الطهي. كما هو مبين في الشكل (2-2). [7]

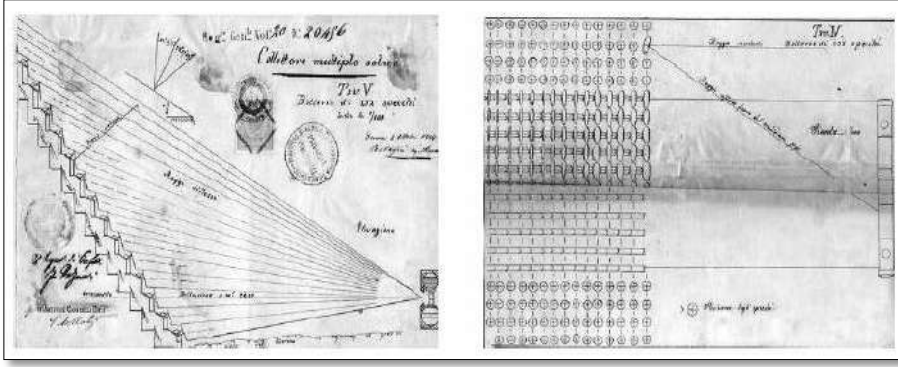


الشكل (2-2): الصندوق الحراري الخاص بهوراس دي سوسير في عام 1767. [7]

7. في عام 1866، أستخدم المخترع الفرنسي أوجستين موشوت (عالم الرياضيات والفيزياء 1825-1911) حوض القطع المكافئ لإنتاج البخار لأول ماكينة بخار بالشمس وفي عام 1878 أخترع نظام محرك بخار مدفوع بطبق (dish) والذي عرض بالمعرض العالمي بباريس. [24]

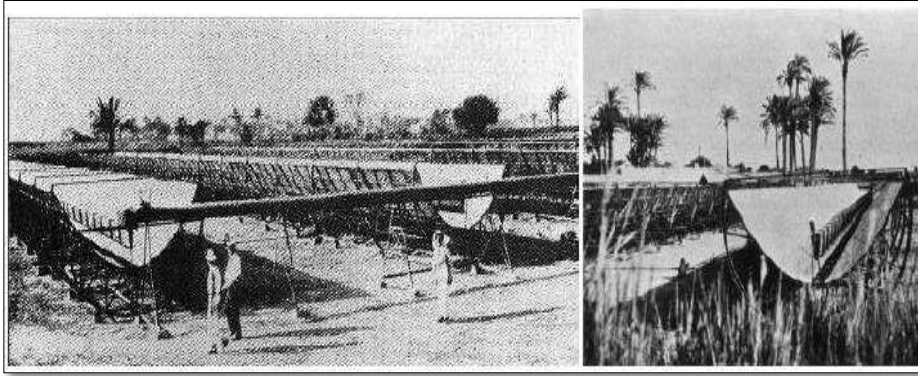
8. في عام 1880، أنشأ المهندس الميكانيكي العالم الأمريكي/ السويدي جون أركسون (1889-1803) أول مجمع حوض قطع مكافئ واستخدمت كمصدر لماكينة هواء ساخن. [24]

9. في عام 1886، سُجل أول اختراع لمجمع شمسي بمعرفة العالم الإيطالي الساندرو باتاجليا (1842- n.a) الشكل (3-2).



الشكل(2-3): اختراع لمجمع شمسي للعالم الساندر و باتاجليا.[24]

10. في عام 1913، نجح العالم الأمريكي فرانك شومان(1862-1918) في بناء حوض قطع مكافئ لإدارة نظام ضخ في مصر بمنطقة المعادي، الشكل(2-4)، وقد استخدم عدد 5 احواض قطع مكافئ طول كل حوض 60 متر، لتركيز أشعة الشمس خطيا مع نظام تتبع شمسي، ثم تركز الأشعة على غلاية تكفي إنتاج بخار لضخ حوالي 23000 لتر مياه في الدقيقة، (قدرة 55 HP).[24]



الشكل(2-4): حوض قطع مكافئ لإدارة نظام ضخ في مصر.[24]

11. في عام 1929، تم بناء أول نظام محطة حرارية شمسية بطبق مرايات بواسطة العالم الامريكي دكتور روبرت هوتشنج جودارد (1882-1954).[24]

12. في عام 1968، تم تشغيل أول محطة شمسية مركزية بايطاليا.[24]

13. في عام 1977، بدأت وزارة الطاقة في الولايات المتحدة الأمريكية والوزارة الاتحادية الألمانية في تمويل الأبحاث والتطوير في أنظمة الطاقة الشمسية الحرارية.[32]

14. في عام 1979، في (Coolidge/Arizona) نُشئت أول محطة حديثة للطاقة الشمسية الحرارية ذات تركيز خطي وقدرت استطاعتها بـ 150 KWe.[32]

15. في عام 1981، شاركت 9 دول أعضاء في وكالة الطاقة الدولية في مشروع بناء المحطة الشمسية باستطاعة 500KW.[32]

16. في عام 1983، كانت الولادة الحقيقية لمحطات المركزات الشمسية (CSP)، حيث وضعت سياسة لإنشاء 9 أحواض قطع مكافئ منفصلة بقدرة إجمالية 354 ميغاوات، لهذه المحطات أكثر من 2000000 متر مربع مساحة مرايات. [24]

* كما تم تشغيل أول ماكينة حرارية بتمويل خاص في أريزونا، تحتوي على مجمعات حوض قطع مكافئ بمساحة 5580 متر مربع، لإنتاج تسخين حراري بدرجات حرارة أعلى من 260°C لشركة أعمال نحاس. [24]

17. في عام 1995، أكتشفت المرآة الأصلية التي كان يعلوها الصدا، ويعمل نسخة من هذا المشعل وصبها في البرونز ثم صقله. يمكنها أن تشعل النار في قطعة من القش باستخدام ضوء الشمس وذلك في بضع ثوان. [7]

18. منذ عام 2006 شهد العالم إنتاج الطاقة الشمسية المركزة نموا كبيرا في إسبانيا وأمريكا لتحويل أشعة الشمس إلى طاقة كهربائية مع مراعاة أن تكون السماء صافية والضوء قوي. وتتوافر هذه الظروف الطبيعية في: جنوب غرب أمريكا، المكسيك، شمال أفريقيا، الشرق الأوسط، وسط آسيا، جنوب أفريقيا، أستراليا، جنوب أوروبا، وأجزاء من الصين والهند. [24]

* في فبراير 2006، في كاليفورنيا عام 1996 تم إصدار Nevada Solar One of a بطاقة 10 ميغاوات. [32]

19. في عام 2008، قدرت السعة المركبة بحوالي 431 ميغاوات، منها 420 ميغاوات من الطاقة الشمسية. [32]

20. في عام 2010، في الولايات المتحدة الأمريكية تم تكليف 64 ميغاوات من الطاقة في مدينة بولدر بنيفادا. وتشغيل Andasol I Aldeire بالقرب من غرناطة في إسبانيا بقدرة 50 ميغاوات. [32]

21. في عام 2011، بدأت مصر بتشغيل محطة مركزات الطاقة الشمسية بنسبة تصنيع محلي تبلغ نحو 40% تماثل النسبة المحققة في نظيرتها بموقع حاسي رمل في الجزائر. [24]

22. في عام 2014، تم التشغيل التجاري لأكبر محطة في العالم للطاقة الحرارية الشمسية بقدرة 392MW_e كاليفورنيا – أمريكا. [24]

حيث بلغ إنتاج محطات الطاقة الشمسية الديناميكية الحرارية 8490 جيجاوات ساعة خلال هذا العام، أي 0.04 % من إنتاج الكهرباء في العالم. الدول المنتجة الرئيسية هي إسبانيا: 5.455 جيجاوات ساعة والولايات المتحدة: 2.688 جيجاوات ساعة. [32]

23. في عام 2016، في جميع أنحاء العالم، هناك مشاريع أخرى قيد التنفيذ:

❖ في جنوب إفريقيا، هناك ثلاث محطات للطاقة قيد التشغيل، بوكبورت بقدرة 50 ميغاوات، خي سولار وان وأيضا بقدرة 50 ميغاوات وكاكسو سولار وان بقدرة 100 ميغاوات، والرابعة قيد الإنشاء

"XinaSolar One" بقدرة 100 ميغاوات والعديد من الشركات الأخرى في التطور: حديقة كاثو الشمسية بقدرة 100 ميغاوات، إيلانجا 1 بقدرة 100 ميغاوات وبرج شمسي ب100 ميغاوات.

❖ في الجزائر برنامج الطاقة المتجددة يقدر بـ 22000 ميغاوات، حيث تم تخطيط 12000 ميغاوات للاحتياجات المحلية و10000 ميغاوات للتصدير. يتكون المشروع من إنشاء 13.575 ميغاوات في الخلايا الكهروضوئية بقدرة 2000 ميغاوات.[32]

❖ الطاقة الشمسية الحرارية (CSP)، 5010 قدرتها ميغاوات في توربين الرياح، (1000 ميغاواط) في الكتلة الحيوية، (400 ميغاوات) في التوليد المشترك هو (15 ميغاوات) في الطاقة الحرارية الأرضية الاستثمار المخطط هو إلى 60 مليار دولار.[32]

24. بحلول عام 2020، الطاقة (AIE) للطاقة الشمسية الديناميكية الحرارية المركزة توفر هذه السعة المثبتة التي من الممكن أن تصل إلى 148 جيجاوات. [32]

❖ المخطط المغربي للطاقة الشمسية ، المغرب (2000 ميغاواط).

❖ مشروع ديزيرتيك هو مشروع يهدف إلى إنتاج جزء كبير من الكهرباء لدول شمال أفريقيا والشرق الأوسط.

25. البرج الشمسي لمدينة بوغيزول الجديدة بالجزائر (3 إلى 7 ميغاوات).[32]

26. مشاريع محطات الطاقة الحرارية الشمسية في الجزائر (بإجمالي 1350 ميغاواط) في إطار البرنامج الجزائري لتنمية الطاقات الجديدة والطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة.[32]

2-2 تحويل الطاقة الشمسية:

يمكن تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية وطاقة حرارية من خلال آليتين: التحويل الكهروضوئي والتحويل الحراري، يشير التحويل الكهروضوئي إلى التحويل المباشر لأشعة الشمس إلى طاقة كهربائية من خلال الخلايا الشمسية (خلايا كهروضوئية)، ومن المعلوم وجود بعض المواد التي تقوم بعملية التحويل الكهروضوئي تدعى أشباه الموصلات كالسيليكون والجرمانيوم وغيرها. وقد نال العالم اينشتاين جائزة نوبل في عام 1921م لاستطاعته تفسير هذه الظاهرة.[23]

أفضل استخدام محقق لهذه التقنية هو تطبيقات الوحدة الشمسية، أي بدون مركبات أو عدسات ضوئية على أسطح المباني، لذا يمكن تثبيتها ليستفاد منه في إنتاج الكهرباء وتقدر عادة كفاءتها بحوالي 20% أما الباقي فيمكن الإستفادة منه في توفير الحرارة للتدفئة وتسخين المياه. كما تستخدم الخلايا الشمسية في تشغيل نظام الإتصالات المختلفة وفي إنارة الطرق والمنشآت وفي ضخ المياه وغيرها.[23]

يعتمد التحويل الحراري للطاقة الشمسية على التحويل الإشعاعي إلى طاقة حرارية عن طريق المجمعات (الأطباق) الشمسية والمواد الحرارية. فعند تعرض جسم أسود اللون ومعزول إلى الإشعاع الشمسي فإنه يمتص الإشعاع وترتفع درجة حرارته. يستفاد من هذه الحرارة في التدفئة، التبريد، تسخين المياه وتوليد الكهرباء وغيرها. ومن بين التطبيقات الأكثر انتشارا في مجال التحويل الحراري للطاقة الشمسية هي السخانات الشمسية. من حيث الأهمية، يلي بعدها المجففات الشمسية التي يكثر استخدامها في تجفيف بعض المحاصيل الزراعية كالتنمور وغيرها، بالإضافة يمكن الاستفادة من الطاقة الحرارية في الطهي، حيث أن هناك أبحاث تجري في هذا المجال لإنتاج معدات الطهي التي تعمل داخل المنزل تحت أشعة الشمس. [23]

كما تعتبر الطاقة الشمسية من المجالات والتخصصات العلمية الحديثة، التي يعود تاريخ الاهتمام بها كمصدر للطاقة في بداية الثلاثينات، حيث تركز التفكير في ذلك الوقت على إيجاد مواد وأجهزة قادرة على تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية، وتم اكتشاف مادة تسمى السليسيوم التي تتأثر مقاومتها الكهربائية بمجرد تعرضها للضوء وقد كان هذا الاكتشاف صدفة حيث أن أساس البحث كان لإيجاد مادة مقاومتها الكهربائية عالية لغرض تمديد كابلات للاتصالات في قاع المحيط الأطلسي. [23]

1-2-2 الطاقة الشمسية الكهروضوئية

هي عملية تحويل الإشعاع الضوئي أو الشمسي مباشرة إلى طاقة كهربائية وذلك عن طريق الخلايا الشمسية، هناك بعض المواد التي تخضع لعملية تحويل كهروضوئي تسمى بأشباه الموصلات، مثل السيليكون والجرمانيوم...إلخ. اكتشف بعض علماء الفيزياء في أواخر القرن التاسع عشر هذه الظاهرة، حيث عرفوا أن الضوء يستطيع تحرير الإلكترونات من بعض المعادن، كما وجدوا أن الضوء الأزرق له قدرة أكبر من الضوء الأصفر على تحرير الإلكترونات. [46]

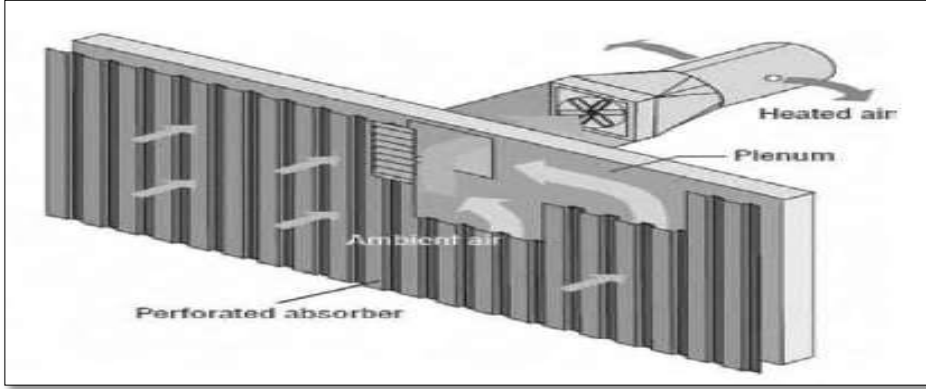
2-2-2 الطاقة الشمسية الحرارية

تعرف الطاقة الشمسية على أنها عملية استغلال لإنتاج الطاقة الحرارية، تستخدم هذه الطاقة المركبات أو المجمعات الشمسية الحرارية لهذا الغرض. [2]

تتنوع الشمسية الحرارية إلى ثلاثة أنواع: منخفضة الحرارة، مركبات متوسطة الحرارة وعالية الحرارة ولكل نوع من الأنواع الثلاثة استخدامات معينة. [2]

1) منخفضة الحرارة: يستخدم هذا النوع من المركبات سطوح مستوية لإنتاج حرارة بحدود حرارة جسم الإنسان، هذه المركبات تستعمل في أحواض السباحة، التبريد، التدفئة والتهوية، بالإضافة إلى إزالة

المواد الصلبة والعالقة في مياه المجاري الثقيلة، ومن أهم استخداماتها إنتاج الملح من مياه البحار. التركيب المبين في الشكل (5-2) يوضح هذا الاستخدام: [2]



الشكل (5-2): استخدام السطوح المستوية في التهوية والتدفئة. [2]

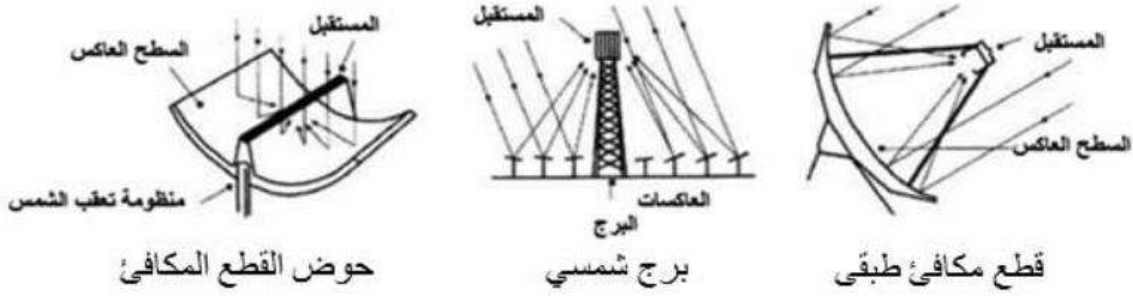
(2) متوسطة الحرارة: هي أيضا تستخدم السطوح المستوية، وتنتج مياه حارة للاستخدامات المنزلية والتجارية كالتجفيف، الطبخ والتقطير. وقد استخدمت طريقة تسخين المياه عن طريق استغلال الطاقة الشمسية الحرارية منذ القدم وطورت هذه التقنية حديثا. حيث يوضح الشكل (6-2) نموذج من المسخنات الشمسية المستخدمة وفكرة تطبيقها. [2]



الشكل (6-2): المسخنات الشمسية. [7]

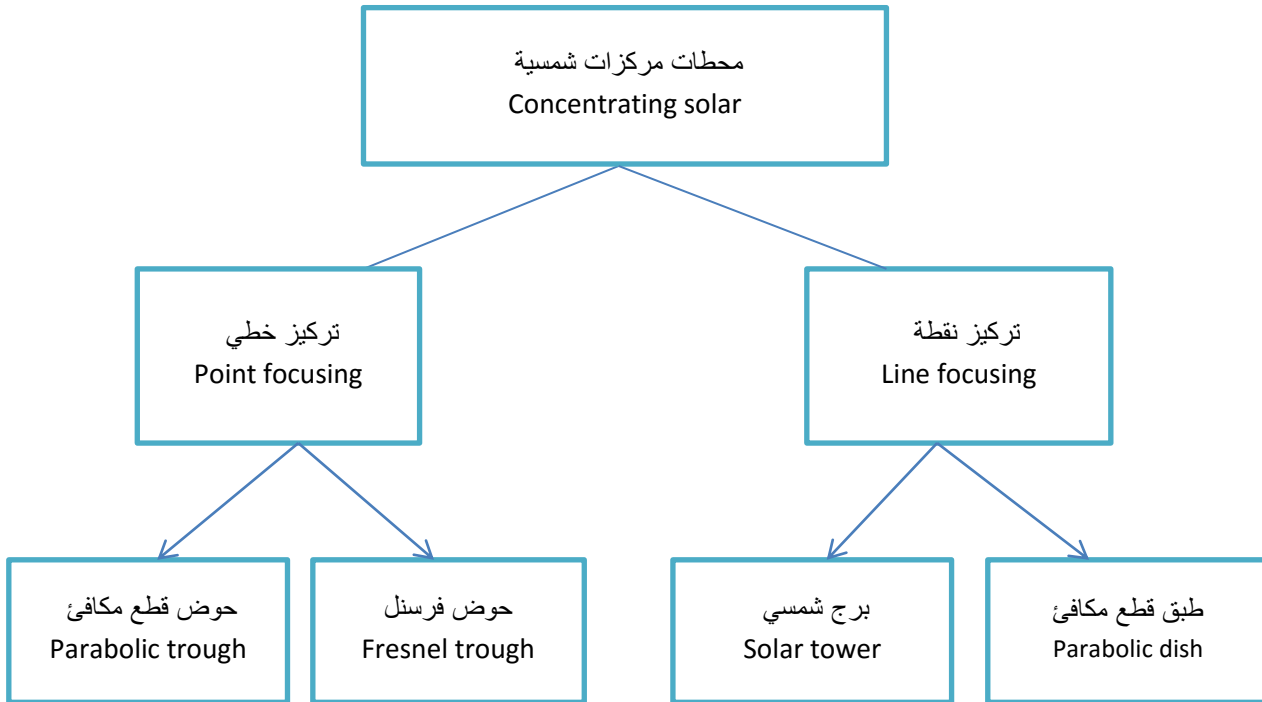
(3) عالية الحرارة: تستعمل المرايا أو العدسات المحدبة لتركيز أشعة الشمس وقد طورت كثيرا لإنتاج درجات حرارة عالية تزيد عن 1000 درجة مئوية. وأصبحت تستخدم هذه المرايا لتبخير المياه ولتشغيل مراجل بخارية لتوليد الطاقة الكهربائية. [2]

3-2 تكنولوجيا محطات المركزات الشمسية



الشكل (2-7): تكنولوجيا محطات المركزات الشمسية. [24]

المخطط التالي يوضح أهم محطات المركزات الشمسية:



الشكل (2-8): أنواع محطات المركزات الشمسية. [24]

تصنف تكنولوجيات الطاقة الشمسية (solar energy) الى: [24]

- الطاقة الكهروضوئية (الكهروضوئية) (Photovoltaic).
- سخان شمسي (المياه) (Solar heating(water)).
- الطاقة الحرارية الشمسية (Solar thermal power).

4-2 مجمعات الطاقة الشمسية

المجمع الشمسي عبارة عن جهاز يعمل على جمع وتركيز الإشعاع الشمسي لاستخدامه في مختلف المجالات. ويعتبر جزءاً أساسياً من أي نظام يعمل على استغلال الطاقة الشمسية، لأنه الأداة التي تجمع الضوء الوارد لتركزه على المستقبل، ويحتوي على مائع متحرك (عادة يكون الماء أو هواء أو زيت) ويعمل على نقل الطاقة الشمسية المجمعة إلى خزان لتخزين الطاقة الحرارية لتستخدم في ما بعد في تطبيقات مختلفة ومتعددة. [35]

تحتوي المجمعات على العديد من التصميمات، يمكن أن تكون عاكسة وانكسارية، ذات أشكال مختلفة مستوية، أسطوانية، مخروطية وغيرها متواصلة أو متقطعة. كما يمكن أن تكون لها مستقبلات محدبة، مسطحة أو مقعرة ويمكن أن تكون مغطاة أو غير مغطاة. [35]

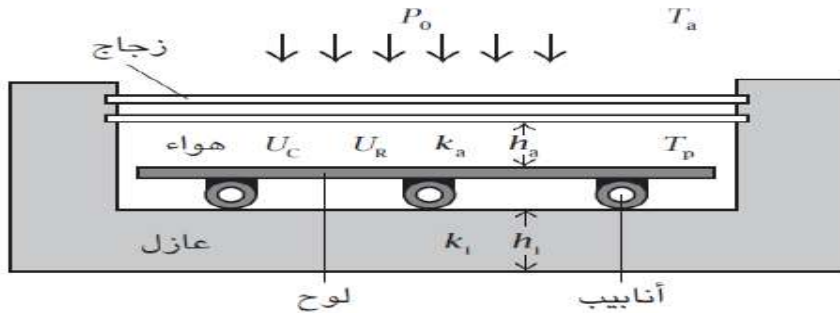
ولها العديد من التطبيقات التي يمكن تصنيفها إلى قسمين أساسيين:

1-4-2 المجمعات الشمسية الغير مركزة

يتم تثبيت المجمعات الحرارية الشمسية بشكل دائم في موضع واحد وتكون غير قادرة على تتبع الشمس. نجد أكثر الأنواع استخداماً: [43]

1-1-4-2 مجمعات شمسية ذات الألواح المستوية (FPC)

عبارة عن جسم ماص absorber موضوع داخل اللوح، يقوم بتحويل الأشعة ذات الموجة القصيرة من الشمس إلى أشعة ذات موجة طويلة حوالي 88%. تعمل الأشعة الشمسية على إختراق الغطاء الشفاف، بينما 12% منها تنعكس، ونجد في الأخير كل الطاقة الداخلة قد تحولت إلى حرارة، حيث تلتحم وتتباعد داخل المجمع؛ وتحول 15% من الإشعاعات ذات الموجة الطويلة إلى حرارة في كل مرة تصطدم فيها بالمجمع. [3]



الشكل (9-2): مجمع حراري شمسي ذو لوح مسطح. [7]

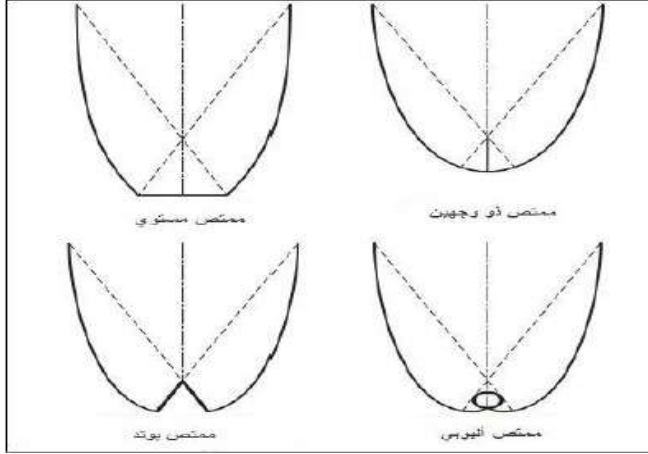
2-1-4-2 مجمعات الأنابيب المفرغة ETC

اخترع الباحثون شكلاً مختلفاً من المجمعات الشمسية الثابتة وهي الأنابيب المفرغة ETC. هذه الأنابيب لا يتأثر أداؤها حسب الظروف الجوية ولها نطاق درجة حرارة تشغيل عالية. كما تحتوي على نسبة تركيز تبلغ 1%، وهي نفس نسبة FPC ولكن لديها نطاق درجة حرارة تشغيل أعلى بكثير من 200-50 درجة مئوية. يعتبر ETC قادراً على استخدام كل من الإشعاع الشمسي المباشر والمنتشر وله كفاءة أعلى مقارنة بـ FPC [43].

3-1-4-2 مجمعات المركبة المكافئة CPC

تم تصميم مجمعات القطع المكافئ المركب بواسطة وينستون. هذه المجمعات لديها قدرة عالية على امتصاص كل الضوء المنبعث منه تقريباً، وقادرة على قبول نسبة كبيرة من الإشعاع المنتشر على فتحاتها وتركيزها دون تتبع الشمس. يجب تثبيت هذه المجمعات المشابهة لمجمعات الألواح المسطحة في زاوية محددة تسمى زاوية القبول بناءً على موضعها، بالنسبة لمجمعات CPC المثبتة في هذا الوضع، فإن الحد الأدنى لزاوية القبول تساوي 47 درجة، بحيث تغطي هذه الزاوية انحراف الشمس من الانقلابات الصيفية إلى الانقلابات الشتوية. [30]

ويأخذ مستقبل المجمعات المركبة المكافئة تشكيلات مختلفة، والشكل التالي يبين ذلك: [35]



الشكل (2-10): مجمعات مركبة مكافئة (CPC). [35]

2-4-2 المجمعات الشمسية المركزة

يمكن الحصول على درجة حرارة تشغيل أكبر من درجة حرارة المجمعات الشمسية الثابتة، من خلال تركيز كمية كبيرة من شدة الإشعاع الشمسي على منطقة تجميع أصغر نسبياً. تمتاز هذه المجمعات

بالعديد من المزايا مقارنة بمجمعات الشمسية الغير مركزة وهي درجة حرارة تشغيل عالية بالإضافة إلى كفاءة أعلى. كما أن لهذه المجمعات عيوب مثل على أنها تجمع كمية صغيرة من تتبع الإشعاع المنتشر، ويمكن أن تفقد عاكسات الضوء الشمسي قدرتها على الانعكاس في المتوسط، مما يؤدي إلى ارتفاع تكلفة الصيانة. [43]

5-2 أنواع المركزات الشمسية:

1-5-2 مركزات القطع الناقص (Parabolic Trough Concentrators)

تتكون مجمعات أحواض القطع المكافئ (PTCs) من المجمعات الشمسية (مرايات)، مستقبلات حرارة وهيكل معدني للتثبيت. [24]

تعمل هذه المركزات على تركيز الأشعة الشمسية في المحاور البؤري الخطي الذي يثبت به أنبوب امتصاص (من النحاس أو الفولاذ المقاوم للصدأ)، ويكون محاط بأنبوب زجاجي يكون أحياناً مفرغ من الهواء للتخلص من الضياعات الحرارية، ومزود بنظام تتبع شمسي على محور دوران واحد. الشكل التالي يوضح هذه التقنية (2-11): [16]



شكل (2-11): تقنية القطع الناقص. [1]

2-5-2 مركزات برج القوي Power Tower Concentrators

هذه التقنية تعتمد على نظام تتبع لحركة الشمس، وذلك باستخدام عاكس مستقل مركب مع توجيه الإشعاع الشمسي نحو مستقبل مركزي مثبت فوق البرج، الذي يعمل كغلاية لتوليد البخار وتحميصه ثم دفعه إلى توربينة بخارية، وذلك حسب السائل المستخدم يتم تركيز أشعة الشمس من 800 إلى 1000 مرة فيمكن الوصول إلى درجات حرارة مرتفعة تصل إلى نحو 1000 درجة مئوية. يمثل الشكل الموالي [1]



الشكل(2-12): صورة لمحطة شمسية تعتمد على تقنية برج القوي.[1]

3-5-2 مركزات الأطباق Dish Concentrators

مركز الطبق يركز الأشعة الشمسية إلى مستقبل نقطي يقع عند نقطة التركيز والتي تعرف ببؤرة الصحن العاكس، حيث يتبع هيكل هذا المجمع الشمس عبر محورين ليعكس الإشعاع إلى المستقبل الذي يعمل على امتصاص الإشعاع الشمسي ويحوّله إلى طاقة حرارية، وبعدها يمكن أن يحول إلى طاقة كهربائية باستعمال مولد يربط مباشرة إلى المستقبل أو ينقل عبر أنابيب إلى نظام مركزي لتحويل الطاقة.[35]



الشكل(2-13): تقنية الاطباق.[31]

4-5-2 عواكس فريزل المسطحة Linear Fresnel Concentrators

حيث تعتمد هذه التقنية على استخدام مرايا عاكسة مسطحة أو بها انحناء وتركيز الأشعة الشمسية على المستقبل أو أكثر، وهذا يوضع على أعلى المرايا، واستخدام البخار الناتج في توليد الطاقة الكهربائية من توربينة بخارية. الشكل(2-13) يوضح هذه التقنية: [1]



الشكل(2-14): تقنية فريزل المسطحة.[1]

6-2 مبدأ عمل المركزات الشمسية

يعتمد مبدأ المركزات الشمسية على تركيز الإشعاع الشمسي الساقط على الفتحة، عن طريق السطح العاكس نحو سطح الامتصاص (جسم اسود)، الذي يمتص هذا الإشعاع على شكل حرارة وبالتالي زيادة درجة حرارته، وبعدها تنتقل هذه الحرارة إلى مائع ناقل للحرارة (HTF) بواسطة الحمل على شكل حرارة مفيدة، بينما يتم فقد جزء من هذه الحرارة إلى الهواء الجوي المحيط بواسطة (التوصيل والحمل والإشعاع) على شكل ضياع. ويتكون المركز الشمسي عموماً من: [16]

1- أداة تركيز الإشعاع

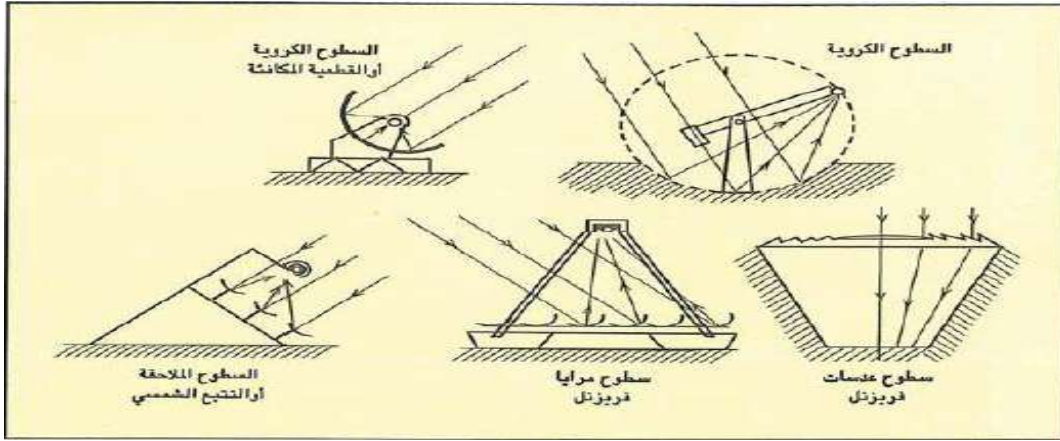
2- أداة امتصاص الإشعاع

3- أداة تتبع شمسي

7-2 آلية عمل المركز الشمسي

تسقط الأشعة الشمسية على السطح العاكس للمرآة فتنعكس على العدسة فتتكسر، وتتجمع الأشعة الشمسية على السطح الماص في البؤرة الضوئية مؤدية إلى تسخين الوسط الحراري، وبالتالي دوران المحرك، وتلعب الزوايا التي يسقط بها الإشعاع الشمسي لسطح المركز دوراً هاماً في سرعة حركته.

وبشكل عام يعد نصف قطر انحناء المقاطع الهندسية المذكورة في مجموعة سطح الالتقاط عاملاً هاماً من حيث تأثيره على تصميم نظم المركزات الشمسية. ويمثل الشكل التالي بعض الأشكال والمقاطع الهندسية المعروفة في طرق تركيز الإشعاع الشمسي، وكذلك مسار الأشعة الشمسية الواردة والمنعكسة. [22]



الشكل (2-15): بعض الأشكال والمقاطع الهندسية لنظم المركزات الشمسية ومسار الأشعة الواردة والمنعكسة. [22]

8-2 مكونات المركز الشمسي:

➤ العاكس Reflector:

العاكس ذو سطح منحنى يعمل على تركيز الأشعة، بحيث يطلى بمادة لامعة كالألمنيوم أو الفضة لعكس أشعة الشمس نحو المستقبل. فقد يتكون العاكس من عدة شرائح مستوية إلى جانب بعضها البعض، ولا يشترط أن يكون سطح العاكس قطعة واحدة، كما هو الحال في المركز المخروطي، أو قطع مستوية من المرايا يميل كل منها بزاوية معينة كما في Fresnel Mirrors ليعكس الأشعة الساقطة عليه نحو مستقبل مركزي بحيث يمكنه إنتاج بخار كافي لتشغيل توربينة بخارية.

➤ المستقبل Receiver:

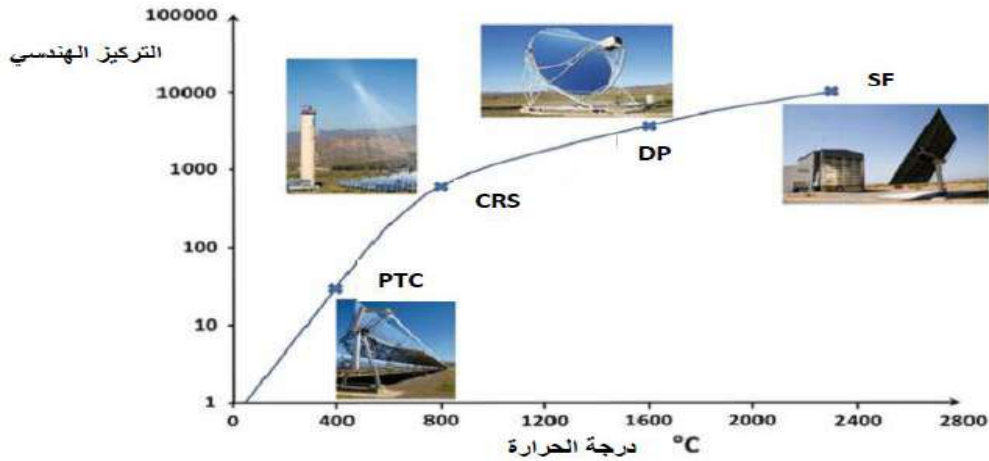
يقوم باستقبال الأشعة القادمة من العاكس، ويعمل على امتصاصها وتحويلها إلى حرارة تنتقل إلى المائع الذي يمر بداخله، وعادة ما تكون مساحة المستقبل أقل من مساحة العاكس.

➤ فتحة العاكس Aperture:

هي الفتحة التي يدخل منها ضوء الشمس إلى السطح العاكس. [1]

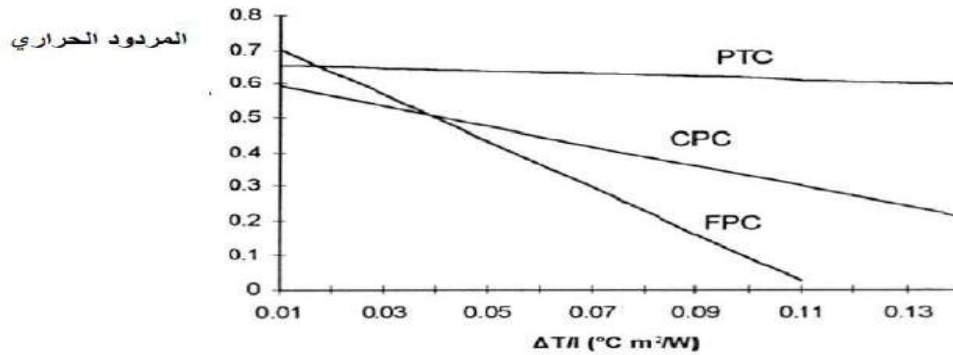
9-2 المقارنة بين مختلف أنظمة التركيز الشمسي

يعتبر مجال درجة حرارة تشغيل PTC هو الأنسب لتوليد البخار، بينما الأنظمة الأخرى تكون مناسبة في صهر المعادن والأملاح والتخزين الحراري، ويوضح الشكل (2-15) حدود التركيز الهندسي ودرجات حرارة التشغيل لمختلف أنظمة التركيز الشمسي. [16]



الشكل (2-16): التركيز الهندسي ودرجة حرارة اشتعال مختلف المركبات الشمسية. [16]

يوضح الشكل (2-17) تغيرات المردود الحراري بدلالة نسبة الفرق في درجة حرارة المائع إلى شدة تدفق الإشعاع الشمسي، ونلاحظ من البيان استقرار المردود الحراري لـ PTC مع زيادة النسبة $\frac{\Delta}{I}$ ، بينما على العكس نلاحظ تراجع المردود الحراري مع زيادة هذه النسبة للمركز الخطي (CPC)، ومن أجل المجمع المسطح (FPC) الغير مركز فنلاحظ تراجع المردود الحراري إلى الانعدام. [16]



الشكل (2-17): بيان تغيرات المردود الحراري لأنظمة التجميع الشمسي. [16]

10-2 نسبة التركيز Concentration Ratio

تعرف بأنها النسبة بين مساحة فتحة السطح العاكس و سطح المستقبل، وتختلف شدة التركيز الشمسي (Cr) من جهاز إلى آخر حسب المساحة الظاهرية للمركز، والمساحة الفعلية الماصة عند البعد البؤري، يتم استخدام أسطح خاصة تتمتع بخصائص ومميزات ضوئية جيدة كالانعكاس والانكسار والبعد

البؤري لتجميع أشعة الشمس الواردة إليها بواسطة آلية التركيز الضوئي للحصول على درجة الحرارة المناسبة، كما في الشكل(30) والعلاقة(1-2): [1، 22]

$$\frac{\text{المساحة الظاهرية للمركز}}{\text{المساحة الفعلية الماصة}} = \text{التركيز الضوئي} \quad (1-2)$$

وقد تزيد هذه النسبة عن الواحد في أجهزة التسخين الشمسي للمياه والمقطرات الشمسية والبرك الشمسية. [1]

- عند اعتبار الشمس كرة نصف قطرها r لها نصف زاوية قبول θ_a (زاوية القبول هي الزاوية التي من فوقها قد تنحرف الأشعة من الناظم إلى سطح الفتحة من ثم تصل إلى الممتص أي المستقبل بدون أن يتحرك المجمع أو أي جزء منه). [35]

إذا اعتبرنا أن كلا من الشمس والمستقبل جسم أسود عند درجات حرارة T_s و T_r ، كمية الطاقة المنبعثة من الشمس تعطى بـ:

$$Q_s = (4\pi r^2)\sigma T_s^4 \quad (2-2)$$

جزء من هذا الإشعاع يعترض بالمجمع ويعطى بـ:

$$F_{s-r} = \frac{A_a}{4\pi R^2} \quad (3-2)$$

وبالتالي الطاقة التي تشع من الشمس وتستقبل بالمجمع هي:

$$Q_{s-r} = A_a \frac{4\pi r^2}{4\pi R^2} \sigma T_s^4 = A_a \frac{r^2}{R^2} \sigma T_s^4 \quad (4-2)$$

كذلك المستقبل يشع طاقة تساوي $A_r T_r^4$ جزء منها يصل إلى الشمس:

$$Q_{r-s} = A_r F_{r-s} \sigma T_r^4 \quad (5-2)$$

تحت هذه الشروط المثالية، وعندما تتساوى T_s و T_r وفقا للقانون الثاني للترموديناميك الحرارية هذا لا يصح فقط عند $Q_{r-s} = Q_{s-r}$ لذلك نجد:

$$\frac{A_a}{A_r} = \frac{R^2}{r^2} F_{r-s} \quad (6-2)$$

بما أن القيمة الأعظمية لـ F_{r-s} هي 1، إذا نسبة التركيز الأعظمية من أجل مركبات ثلاثية الأبعاد:

$$C_{max} = \left(\frac{Aa}{Ar} \right)_{max} = \frac{R^2}{r^2} = \frac{1}{\sin^2 \theta} \quad (7-2)$$

$$\text{حيث: } \sin \theta = \frac{r}{R}$$

بتحليل مماثل للمركبات الخطية نجد [35]:

$$C_{max} = \frac{1}{\sin \theta} \quad (8-2)$$

11-2 كفاءة محطات الطاقة الشمسية المركزة:

تعتمد كفاءة تحويل طاقة الإشعاع الشمسي إلى طاقة كهربائية الخاصة بمحطات الطاقة الشمسية المركزة على عدة عوامل كنوع المحطة ونوع المستقبل ونوع المحرك الحراري ولكن تتراوح كفاءة معظمها بين 7 حتى 25%.

نجد أن كفاءة هذا النوع من المحطات منخفضة بالمقارنة مع كفاءة تقنيات الطاقة البديلة المختلفة. على سبيل المثال. كفاءة عنفة الرياح تصل حتى 59%. وتصل كفاءة المحطات الكهرومائية حتى 90%. ولكن كفاءة محطات الطاقة الشمسية المركزة قريبة من كفاءة الخلايا الكهروضوئية التي تتراوح ما بين 14 حتى 23% [31].

12-2 نظم الطاقة الحرارية الشمسية

فيما يتعلق بالتطبيقات الحرارية الشمسية، هناك مجال أكثر أهمية، يتمثل في إنتاج الطاقة الكهربائية. ووفقا لقانون الديناميكا الحرارية الثاني، فإن الحد الأقصى لكفاءة تحويل الحرارة لطاقة ميكانيكية هو كفاءة كارنو حيث:

$$\eta = 1 - \frac{T_L}{T_h} \quad (10-2)$$

بحيث T_L : درجة حرارة الخزان البارد. T_h : درجة حرارة المصدر الساخن.

لتحسين الكفاءة، يجب أن تكون T_h على الأقل 600K أو 327 درجة مئوية، كما يجب أيضا أن تكون درجة حرارة المصدر الساخن عالية قدر الإمكان. حيث T_L لا يمكن أن تكون أقل من درجة

الحرارة المحيطة في المتوسط 300K، فمن أجل الوصول إلى كفاءة قدرها 50 بالمائة، وبدون تركيز للإشعاع الشمسي، يمكن أن تصل درجة الحرارة إلى 150 درجة مئوية. [7]

خلاصة الفصل

بعد دراسة المركزات الشمسية وذلك من خلال مفهوم المجمعات الشمسية ومعرفة أهم أشكالها وأنواعها من أجل الحصول على أكبر قدر ممكن من الطاقة الشمسية المركزة، كما تطرقنا إلى آلية عمل المركزات و كفاءتها؛ سنتطرق في الفصل الموالي الى معرفة إحدى هذه الأنواع التي تعمل على تحسين الكفاءة.



تمهيد

من أجل زيادة كثافة الإشعاع الشمسي نستخدم المركزات الشمسية التي تجمع الأشعة الشمسية الساقطة على الفتحة نحو المستقبل لإنتاج درجات حرارة عالية تصل إلى ما بين 400 و1000 درجة مئوية لاستخدامها في التحويل الحراري أو الكهربائي. حيث تتعدد أشكال المرايا وطرق تتبعها للشمس ووسائل تحويل تلك الحرارة إلى طاقة مفيدة، كما تتميز هذه المركزات بالكفاءة العالية والتشغيل المستقل. وسنتناول في هذا الفصل المركز الشمسي من نوع القطع المكافئ المقعر.

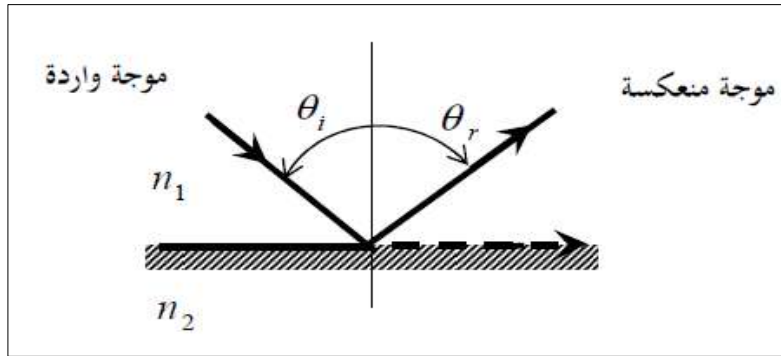
1-3 مبدأ الانعكاس لسنيل ديكارت:

مبدأ الانعكاس للضوء ينص على تساوي زاويتي ورود والانعكاس لانتقال الضوء في وسط متجانس وشفاف وفق خطوط مستقيمة، حيث $\theta_r = \theta_i$ الشكل التالي (1-3) يوضح مبدأ انعكاس الأشعة الضوئية. [40]

θ_i : زاوية الورد.

θ_r : زاوية الانعكاس.

N : الناظم على المستوي.



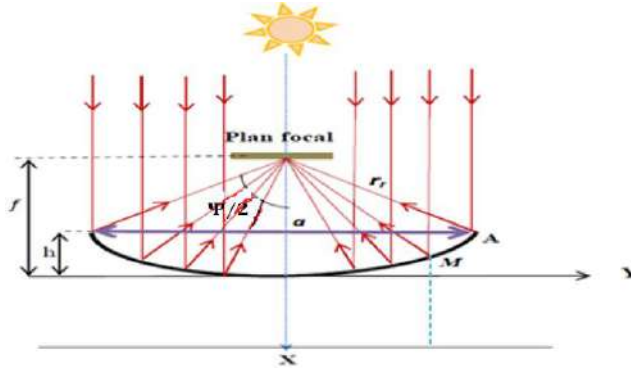
الشكل (1-3): مبدأ انعكاس الضوء. [40]

2-3 هندسة القطع المكافئ

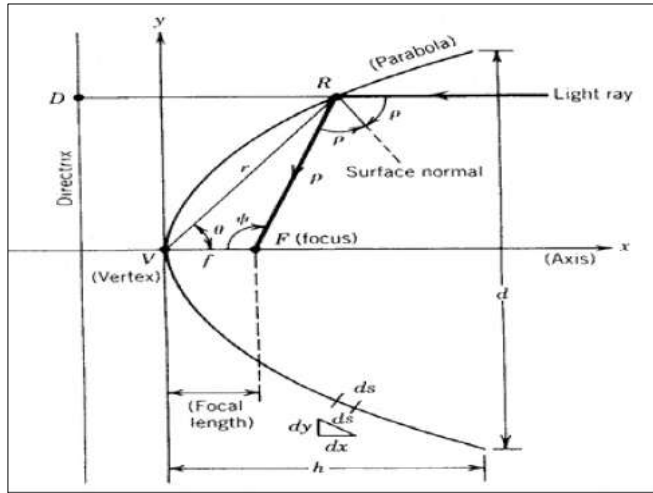
تسقط الأشعة الشمسية على سطح عاكس قطع مكافئ للمراة بشكل متوازي، فتنجم هذه الأشعة على السطح الماص في نقطة وهي ما تعرف بالبويرة الضوئية. [38]

شكل القطع المكافئ هو مجموعة من النقاط التي تقع على مسافة متساوية في مستقيم واحد ثابت (M) بحيث يسمى الخط الثابت بالدليل، النقطة الثابتة بـ (F)، البويرة بـ (المحرق)، تقاطع القطر بـ (a)، محور الارتفاع بـ (h)، نلاحظ ذلك في الشكل (2-3)، ونلاحظ أن الطول FR يساوي الطول

RD، تسمى النقطة V بالرأس، والتي تقع بالضبط في منتصف المسافة بين التركيز والدليل، كما يوضحه الشكل (3-3). [39]



الشكل (2-3): هندسة القطع المكافئ. [48]



الشكل (3-3): القطع المكافئ. [49]

1-2-3 معادلة القطع المكافئ:

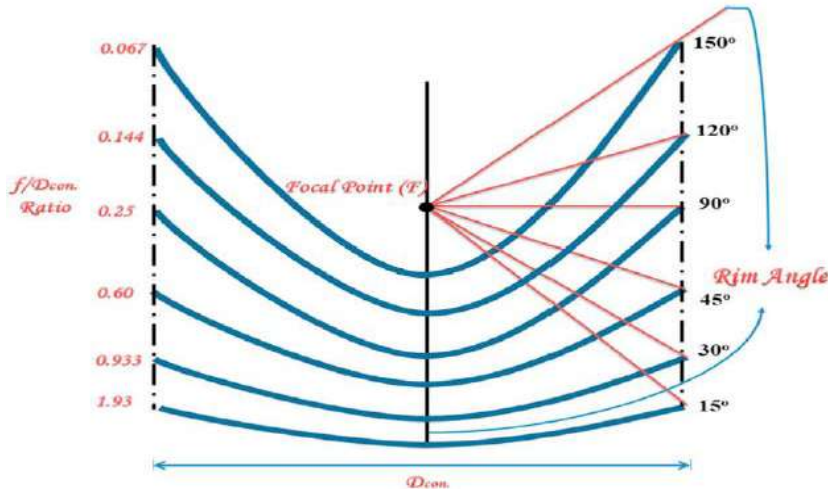
إذا كانت النقطة V الرأس للقطع المكافئ والمحور x على طول محور القطع المكافئ، فإن معادلة القطع المكافئ تصبح من الشكل: [49]

$$y^2 = 4fx \quad (1-3)$$

حيث: f هو البعد البؤري.

يتعلق القطع المكافئ بالمعاملات التالية قطر الفتحة، الزاوية القصوى، ونسبة التركيز والارتفاع.

كما هو موضح في المخطط المستخدم للتحليل في الشكل (4-3):



الشكل (3-4): أجزاء من القطع المكافئ لها بؤرة مشتركة F ونفس قطر الفتحة. [50]

2-2-3 زاوية فتحة القطع المكافئ

المركز الشمسي ذو القطع مكافئ يتميز بزاوية الفتحة Ψ كما موضحة في الشكل (3-2) حيث

تعطى عبارتها بالشكل: [49]

$$\tan \Psi = \frac{(f/d)}{2(f/d)^2 - \frac{1}{8}} \quad (2-3)$$

f : البعد البؤري.

d : قطر فتحة القطع المكافئ.

3-2-3 الارتفاع h

تعطى عبارة الارتفاع بالعلاقة التالية: [39]

$$h = \frac{d^2}{16f} \quad (3-3)$$

حيث h : ارتفاع القطع المكافئ.

4-2-3 طول القطع المكافئ s

يمكن الحصول على طول القوس للقطع المكافئ من خلال المعادلة التالية: [39]

s : طول القوس ويقاس بالمتري.

$$s = \left[\frac{d}{2} \sqrt{\left(\frac{4h}{d}\right)^2 + 1} \right] + 2f \ln \left[\frac{4h}{d} \sqrt{\left(\frac{4h}{d}\right)^2 + 1} \right] \quad (4-3)$$

حيث d هي قطر فتحة القطع المكافئ، كلما زاد القطر زادت مساحة الفتحة للقطع المكافئ وهذا ما يؤدي إلى تغير بعد البؤرة بتغير قطر الفتحة d ، وهي موضحة بالشكل (3-3)، حيث h هو المسافة من الرأس إلى الفتحة. [38]

5-2-3 مساحة القطع المكافئ A

سطح القطع المكافئ هو الحيز الذي يشغل فتحة المقطع العرضي للمساحة المحاطة بالقطع

المكافئ A، وتعطى بالعلاقة: [49]

$$A_x = \frac{2}{3} d \cdot h \quad (5-3)$$

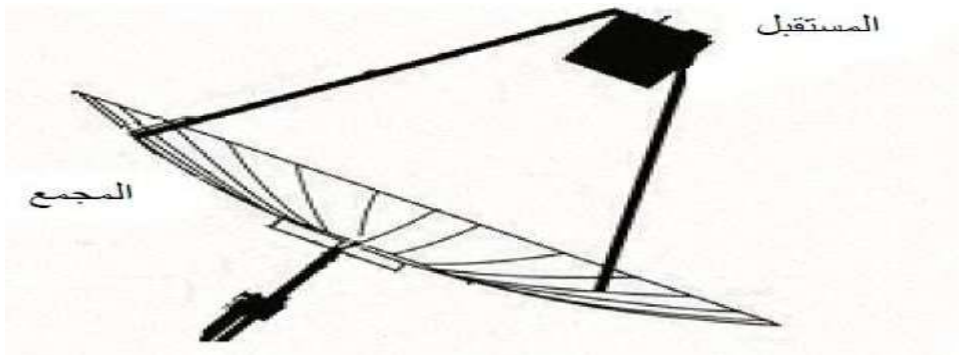
6-2-3 نصف قطر القطع المكافئ r_r

هو المسافة FM من سطح القطع المكافئ بين النقطة M والبؤرة F، والذي يعطى بالعلاقة: [41]

$$r_r = \frac{2f}{1+\cos\Psi} \quad (6-3)$$

3-3 مكونات مركز شمسي مقعر

مكوناته تتمثل في العاكس (المجمع) والمستقبل وهو ما يوضحه الشكل التالي: [41]



الشكل (5-3): المركز الشمسي ذو القطع المكافئ [41]

1-3-3 العاكس

عاكس الطبق المكافئ، المعروف باسم نظام الاستقبال الموزع، يتتبع الشمس في محورين خلال

النهار ويركز ضوء الشمس المشع على الطبق إلى نقطة محورية، والذي يطلى بمادة لامعة عاكسة

كالفضة أو الألمنيوم، وليس بالضرورة أن يكون سطح العاكس بقطعة واحدة، فمن الممكن أن يتكون من عدة مرايات مستوية إلى جانب بعضها البعض. [30]

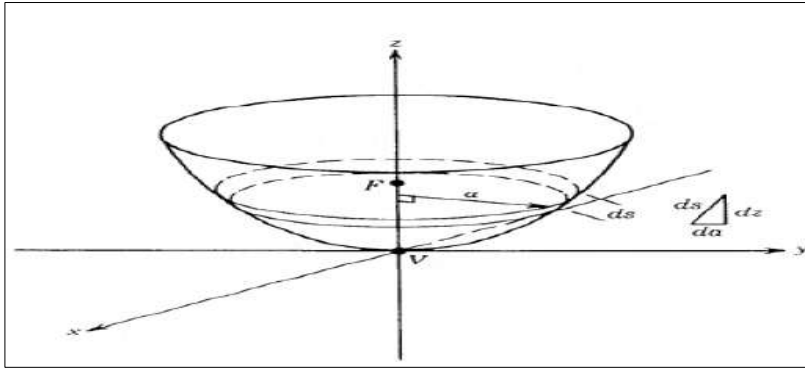
ومعادلته من الشكل: [48]

$$X^2 + Y^2 = 4.f.z \quad (7-3)$$

$$Z = \frac{d^2}{4.f} \quad \text{بحيث: (8-3)}$$

يمكن أن نتحصل على سطح مكافئ من خلال دمج المعادلة السابقة، بتفاضل مساحة العاكس التي لها بعد بؤري f ، وقطر الفتحة d ، وهذه المعادلة تكتب من الشكل: [48]

$$dA_{ref} = 2.\pi.d\sqrt{dz^2 + da^2} \quad (9-3)$$



الشكل (6-3): عنصر تفاضلي لسطح على قطعة القطع المكافئ. [48]

فتحة العاكس عبارة عن دائرة، ومنه مساحتها من مساحة الدائرة والتي تعطى بـ: [48]

$$A_a = \frac{\pi.d^2}{4} \quad (10-3)$$

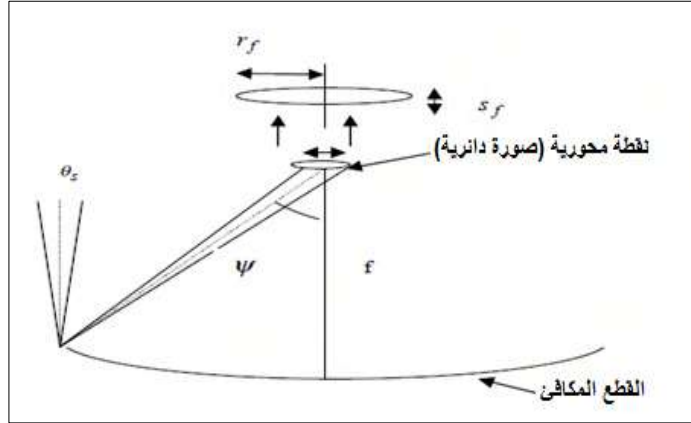
2-3-3 السطح الماص:

هو الذي يمتص الأشعة الشمسية المتجهة نحو البؤرة، والقادمة من العاكس وتحويلها إلى حرارة، التي تنتقل للمائع الذي يمر داخله، وعلى العموم نجد مساحة الماص أقل من مساحة العاكس. [38]

1-2-3-3 أبعاد السطح الماص

القطع المكافئ يعكس كل أشعة الضوء الموازية لمحوره في نقطة محورية، ولهذه النقطة أبعاد محددة والتي تمثل صورة الشمس عند هذه النقطة، عندما تكون زاوية الفتحة في حالة غير خطية مع الشمس فإن انعكاس الأشعة على المستقبل يشكل صورة دائرية تكون متمركزة في النقطة المحورية.

[48]



الشكل(3-7): صورة القطع الناقص. [48]

2-2-3-3 خصائص المستقبل(السطح الماص): [9]

- الموصلية الجيدة والانتشار الحراري، مثل النحاس والألمنيوم.
- معامل الامتصاص قيمته تقارب وحدة معامل الامتصاص.
- مقاومة كيميائية جيدة للسوائل المستخدمة داخل المستقبل.

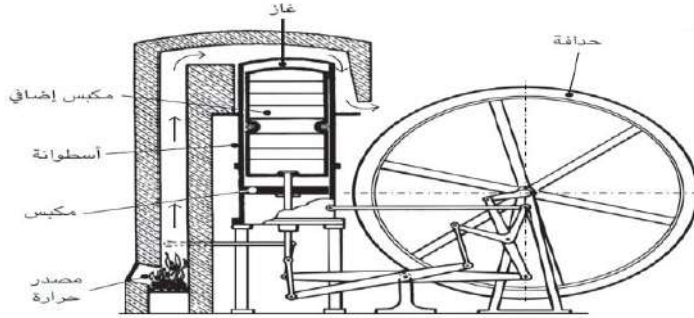
4-3 التطبيقات الحرارية للصحن الشمسي

تتمثل تطبيقات الصحن الشمسي في توليد الكهرباء مباشرة وذلك إما بمحرك ستيرلينج أم بتسخين المياه. نتعرف أكثر على أهمها فيما يلي:

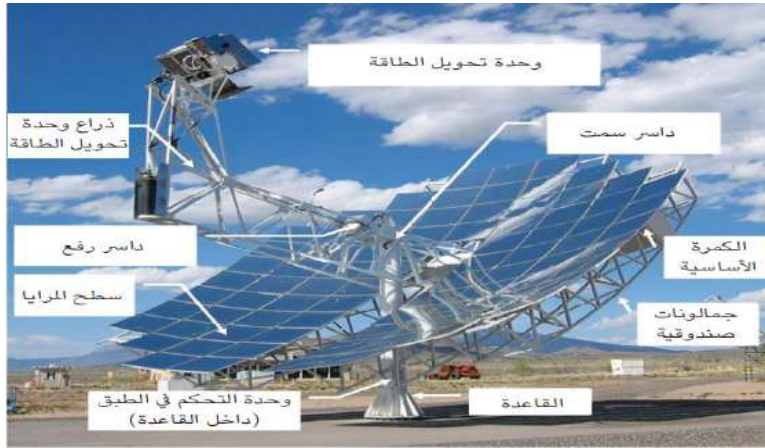
1-4-3 محرك ستيرلينج

أخترع العالم روبرت ستيرلينج في عام 1816 محرك يعرف باسمه، والشكل(3-8) نموذج للمحرك الذي يختلف عن المحركين الحراريين الشهيرين: محرك البخاري ومحرك الاحتراق الداخلي. على غرار المحرك البخاري، يستخدم هذا المحرك "مصدر حرارة خارجي" وهو أبسط المحركات

الحرارية، ولكن بدلا من تبخير الماء باستمرار وتحويله إلى بخار ومن ثم التخلص منه، فإنه يستخدم قدرا ثابتا من الغاز في أسطوانة مغلقة، لذلك يمكنه العمل مع أي نوع من المصادر الحرارية. [7]



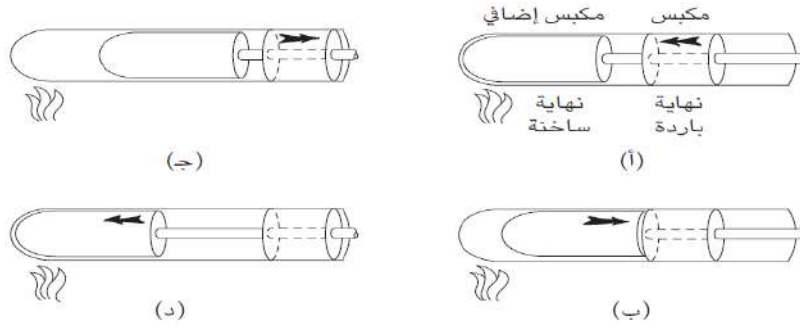
الشكل (8-3): محرك ستيرلينغ. [7]



الشكل (9-3): النظام الشمسي الطبقي المزود بمحرك ستيرلينج [7]

3-4-1-1 مبدأ دورة ستيرلينغ:

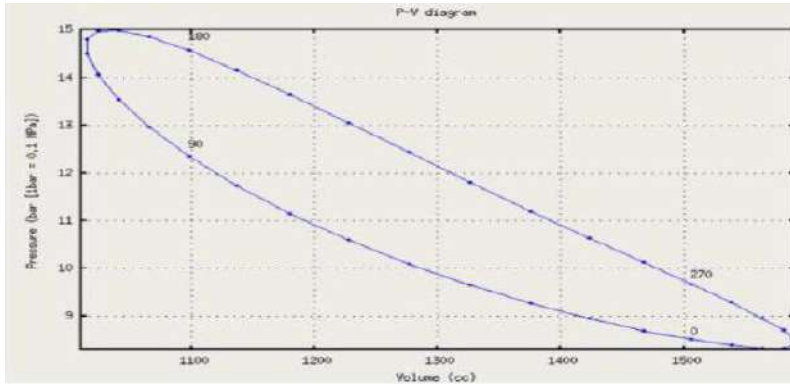
تعتمد دورة ستيرلينغ المستخدمة في أنظمة الأطباق الشمسية على محركات خارجية ذات درجات حرارة عالية، حيث يصل غاز العمل (الهيدروجين أو الهيليوم...) بدرجة حرارة تزيد عن 700 درجة مئوية، وضغط عال يصل إلى 20 ميجا باسكال في محركات ستيرلينغ الحديثة عالية الأداء، يتم تسخين هذه الدورة خارجيا، وتبريد غاز العمل تماما بواسطة درجات حرارة ثابتة وحجم ثابت. يوضح الشكل التالي العمليات الأساسية الأربع لمحرك دورة ستيرلينغ. بحيث أنه أثناء الخطوة (أ)، يكون الغاز باردا ويكون المكبس الإضافي في أقصى داخل المكبس، ليتم دفع المكبس داخل الأسطوانة، ثم يسخن الغاز "مصدر الحرارة" في الخطوة (ب). وأثناء الخطوة (ج)، يدفع الغاز الساخن المتمدد إلى المكبس للخارج. وأخيرا، في الخطوة (د)، يرجع المكبس الإضافي لأقصى الداخل، ويبرد الغاز بفعل الوسط المحيط.



الشكل(3-10): مبدأ عمل محرك ستيرلينغ.[7]

3-1-4-3 دورات ستيرلينغ

(a) دورة ستيرلينغ الحقيقية



الشكل(3-11): دورة ستيرلينغ الحقيقية.[37]

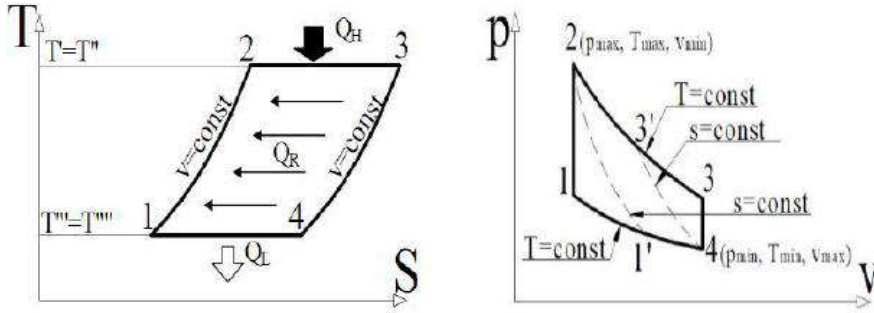
الإجراء الأول ← تمدد بثبوت درجة الحرارة $T=cte$ (180° إلى 270°): ويتم فيه تسخين منطقة التمدد خارجيا.

الإجراء الثاني ← طرد الحرارة بثبوت الحجم $V=cte$ (270° إلى 0°): والذي يمر الغاز على المبرد (المبرد) حيث يبرد الغاز تدريجيا أو يسحب كمية من الحرارة ليتم بعدها استخدام تلك الحرارة عن طريق المبرد (المبرد) في الدورة التالية.

الإجراء الثالث ← انضغاط بثبوت درجة الحرارة $T=cte$ (0° إلى 90°): حيث يتم تبريد منطقة الانضغاط خارجيا.

الإجراء الرابع ← إضافة الحرارة بثبوت الحجم $V=cte$ (90° إلى 180°): وهنا يتم تمرير تيارات الهواء المضغوط على المبرد (المبرد) والذي يستمد طاقة حرارية منه أثناء اتجاهه لمنطقة التمدد.[37]

(b) دورة ستيرلينغ المثالية



الشكل (3-12): دورة ستيرلينغ المثالية في مخططي TS و PV. [37]

السهم داخل منحنى الدورة يعبر عن كمية الحرارة المسترجعة Q_R التي تنتقل عبر المسترجع من مائع التشغيل في العملية 3→4 إلى مائع التشغيل نفسه في العملية 1→2

تعتمد دورة ستيرلينغ المثالية على أربع إجراءات:

- الإجراء الأول ← إجراء تمدد بثبوت درجة الحرارة ($T=Cte$): ويتم فيه تسخين منطقة التمدد خارجياً.
- الإجراء الثاني ← إجراء طرد الحرارة بثبوت الحجم ($V=Cte$): ومن خلاله يمر الغاز على المجدد (المبرد) حيث يبرد الغاز تدريجياً أو يسحب كمية من الحرارة ليتم بعدها استخدام تلك الحرارة عن طريق المجدد (المبرد) في الدورة التالية.
- الإجراء الثالث ← إجراء انضغاط بثبوت درجة الحرارة ($T=cte$): حيث يتم تبريد منطقة الانضغاط خارجياً.

الإجراء الرابع ← إجراء إضافة الحرارة بثبوت الحجم ($V=cte$): وهنا يتم تمرير تيارات الهواء المضغوط على المجدد (المبرد) والذي يستمد طاقة حرارية منه أثناء اتجاهه لمنطقة التمدد. [37]

نرى أنه في الدورة التي قام ستيرلينغ بتصميمها، في العملية (من 1 إلى 2) لا تطرح الحرارة التي يطردها (ينبذها) مائع التشغيل نفسه، وعليه فإن الحرارة Q_{3-4} في العملية (من 3 إلى 4) ليست حرارة ضائعة والحرارة. والحرارة Q_{1-2} في العملية (من 1 إلى 2) ليست حرارة مكلفة. فكل من الحرارتين يسمى بالحرارة المسترجعة Q_R حيث $Q_R=Q_{1-2}=Q_{3-4}$.

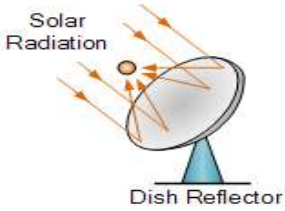
وفقاً لتركيبة المحرك الحقيقي فإن الحرارة المسترجعة لا تنقل من وإلى المصادر الحرارية الخارجية وإنما تنتقل بين أجزاء المحرك (مدخرات حرارية أو مسترجعات) وبين مائع التشغيل أو أجزائه. ويشير إلى أن بعض محركات ستيرلينغ الحديثة من فئة الاستطاعة الصغيرة المنفذ بدون إسترجاع.

إذا قمنا بإنشاء دورة كارنو 1'-2-3'-4-1' المشتركة مع دورة ستيرلينغ بالنقطتين 2 و 4 على المخطط P-V لدورة ستيرلينغ نفسها فإن الدورتان تشتركان في:

- في مجال تغير الضغط والحجم النوعي، في مخطط P-V لدورة ستيرلينغ أكبر منه في دورة كارنو.

- في مجال تغير درجات الحرارة، يعني أن المردودين الحراريين للدورتين العكسيتين متساويان. [37]

2-4-3 تسخين المياه



تستخدم مجمعات الطاقة الشمسية لتحويل ضوء الشمس إلى حرارة لتسخين المياه. هناك العديد من الابتكارات ذات المهام المتعددة التي يمكن أن توفر حلولاً لجميع أنواع المناخات، كما تستخدم سخانات المياه بالطاقة الشمسية على نطاق واسع في بعض التطبيقات السكنية والصناعية. [49]

لوحظ أن المكثفات الشمسية لها عاكسات تركز ضوء الشمس على نقطة مركزية، والتي تعمل بتقنيات الطاقة الشمسية المركزة (CSP)، لإنتاج حرارة عالية الحرارة. [50]

يتم تسخين المياه في النقطة المحورية وضخها إلى المنزل، حيث يتم إطلاق الحرارة في المنزل وإعادتها إلى نقطة تركيز الطاقة الشمسية لإعادة تسخينها. لذلك فإن الغرض من الاستخدام الرئيسي لعاكس الطبقة المكافئ هو زيادة كمية التدفق الشمسي على النقطة المحورية للأطباق مما ينتج عنه طاقة حرارية هائلة. [50]

على الرغم من أن الطاقة الشمسية المركزة لها العديد من المزايا مقارنة بمجمعات الألواح المسطحة التقليدية أو مجمعات الأنبوب المفرغ لإنتاج الماء الساخن بالطاقة الشمسية. [50]

5-3 خصائص المركز الشمسي القطع المكافئ

1-5-3 نسبة التركيز:

المركز القطع المكافئ يتميز بنسبة تركيز أعلى من بقية أنظمة تجميع الطاقة الشمسية. يعرف التركيز بأنه النسبة بين منطقة الفتحة لسطح العاكس (Ar) ومنطقة سطح الماص (Aa)، وهو موضح في المعادلة: [36]

$$C = \frac{Aa}{Ar} \quad (11-3)$$

ويتم تعريف نسبة التركيز البصري (CR_0) على أنها نسبة تدفق سطح الفتحة وتدفق الماص، غالبًا ما يشار إليها باسم نسبة تركيز التدفق والتي تعطى وفق العبارة: [47]

$$CR_0 = \frac{I_r}{I_a} \quad (12-3)$$

الصحن الشمسي المكافئ لديه مقطع عرضي على شكل قطع مكافئ ذو فتحة دائرية، والذي يمكن أن نصفه بأنه عاكس قطع مكافئ ثلاثي الأبعاد. [35]

قيمة التركيز الأعظمية C_{max} يمكن أن نتحصل عليها باستعمال هذه المركبات والتي تتعلق بإعتراض كل الأشعة المنعكسة والتي تعطى بـ: [35]

بالنسبة للمستقبلات الكروية التي تسمح بحد أدنى من الظل على المستقبل:

$$C_{max} = \frac{\sin^2 \varphi_r}{4 \sin^2 \left(0.267 + \frac{\delta}{2}\right)} - 1 \quad (13-3)$$

حيث φ_r هي زاوية الحافة، δ هي الانحراف (التشتت).

عند نسب التركيز العالية يكون امتصاص الأشعة الشمسية يؤدي إلى تسخين الغطاء (الماص)، فالطاقة الممتصة بهذه المجمعات تتعلق بخصائصها. [35]

الطاقة الممتصة بهذه المجمعات هي:

$$S = I\rho(\gamma\alpha)K \quad (14-3)$$

حيث: I هي الإشعاع الشمسي، ρ هي إنعكاسية مادة المجمع.
 γ هو معامل الإعتراض، α معامل وامتصاص المستقبل.
 K زاوية الورود المعدلة.

2-5-3 معادلة توازن الطاقة

يزداد معدل فقد الحرارة مع زيادة مساحة جهاز الاستقبال أو ارتفاع درجة حرارته. هذا هو السبب في أن المستقبلات تكون أكثر كفاءة عند درجة حرارة معينة من المجمعات ذات الألواح المسطحة، لأن المنطقة التي يتم فقد الحرارة فيها تكون أصغر من منطقة الفتحة. وتكون الطاقة المفيدة التي يوفرها المجمع (Q_u) من خلال توازن الطاقة: [47]

$$Q_u = \eta_{op} I_c A_a - K(T_r - T_a) A_r \quad (15-3)$$

حيث: η_{op} : الكفاءة البصرية.

K : معامل الضياع في التوصيلة الحرارية للمجمع.

T_r : درجة حرارة السطح الماص للمجمع.

T_a : درجة حرارة الهواء المحيط.

I_c : شدة الإشعاع الشمسي.

بحيث:

$$Q_u = Q_a - Q_p \quad (16-3)$$

Q_a : الطاقة الممتصة من العاكس.
 Q_p : الضياع في الطاقة الحرارية.

1-2-5-3 امتصاص الطاقة الشمسية عن طريق فتحة السطح الماص

تمتص الطاقة الشمسية عن طريق فتحة جهاز الاستقبال الطاقة الممتصة عند فتحة المكافئ. وتعطى الطاقة الممتصة بالعلاقة التالية: [17]

$$Q_a = I_a \cdot A_a \cdot t \cdot a \cdot r \quad (17-3)$$

$$\eta_{op} = t \cdot a \cdot r \quad (18-3) \quad \text{حيث}$$

تصبح المعادلة الأخيرة من الشكل:

$$Q_a = \eta_{op} \cdot I_a \cdot A_a \quad (19-3)$$

η_{op} : الكفاءة البصرية للعاكس.

I_a : الطاقة المستلمة عند فتحة مجمع القطع المكافئ.

3-2-5-2 الطاقة الضوئية التي يمتصها السطح الماص:

يمكن حساب الطاقة الضوئية للمستقبل Q_{opt} ونقل الحرارة باستخدام المعادلة على النحو

التالي: [49]

$$Q_{opt} = A_a \rho \cdot a_r \cdot s \cdot I_a \quad (20-3)$$

حيث: ρ هو انعكاس المرآة.

A_a : هي فتحة العاكس.

s : عامل تظليل للسطح الماص.

I_a : شدة الضوء على فتحة العاكس.

a_r : هو امتصاص السطح الماص.

وهكذا فإن الطاقة الحرارية التي تنتجها الطاقة الشمسية، بواسطة الجامع تعطى بالعلاقة:

$$Q_{out} = Q_{opt} - Q_{Loss} = W \quad (21-3)$$

حيث أن: Q_{Loss} هي الضياع في الطاقة الحرارية. [49]

3-5-3 الضياع في الطاقة الحرارية:

تمر الطاقة الشمسية عبر فتحة السطح الماص بحث تكون درجة حرارته أعلى من درجة الحرارة

المحيطة، وهذا التغير في درجة الحرارة يسبب عملية الضياع الحراري، ويكون الضياع الحراري إما

بالحمل أو الإشعاع أو التوصيل. يتم وفق المعادلة التالية: [17]

$$Q_p = Q_{p.cv} + Q_{p.r} + Q_{p.cd} \quad (22-3)$$

Q_p : الضياع في الطاقة الحرارية.

$Q_{p,r}$: الضياع الحراري بالإشعاع.

$Q_{p.cv}$: الضياع الحراري بالحمل.

$Q_{p.cd}$: الضياع الحراري بالتوصيل.

1-3-5-3 الضياع بالحمل الحراري

والذي يعطى بالعلاقة: [17]

$$Q_{p.cv} = h_{cv} \cdot A_a (T_r - T_a) \quad (23-3)$$

A_a : مساحة فتحة السطح الماص.

h_{cv} : معامل الحمل الحراري.

T_r : درجة حرارة السطح الماص.

T_a : درجة الحرارة المحيطة.

حيث:

$$h_{cv} = \frac{Nu \cdot K}{d_2} \quad (24-3)$$

$$Nu = 0.664(Re)^{1/2} \cdot (Pr)^{1/3} \quad (25-3)$$

$$Re = \frac{v \cdot d_2}{\nu} \quad (26-3)$$

v : سرعة الرياح.

ν : لزوجة الهواء.

d_2 : قطر السطح الماص.

K : التوصيلة الحرارية للهواء.

2-3-5-3 الضياع بالإشعاع الحراري

يعطى بالعلاقة: [17]

$$Q_{p,r} = e \cdot \sigma \cdot A_a (T_r^4 - T_{sk}^4) \quad (27-3)$$

e : معامل امتصاص الانبعاثية.

σ : ثابت ستيفان بولتزمان ($\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$).

T_{sk} : درجة حرارة السماء.

تعتمد درجة الحرارة المكافئة للإشعاع الوارد من السماء على كثافة الهواء وكثافته، عندما تكون الرطوبة النسبية عالية في أي مكان من مستوى سطح البحر، يمكننا أن نفترض أن درجة حرارة السماء هي نفس درجة حرارة الهواء المحيط. ومع ذلك بالنسبة للرطوبة النسبية المنخفضة أو الارتفاعات العالية، إذن يمكن أن يكون إشعاع السماء أقل بـ 6 درجات مئوية من درجة الحرارة المحيطة. [17]

$$T_{sk} = T_a - 6 \quad (28-3) [17]$$

$$T_{sk} = 0.0552(T_a)^{1.5} \quad (29-3) [16]$$

3-3-5-3 الضياع الحراري بالتوصيل

يتعلق بطبيعة المادة المصنوع منها، والذي يعطى بالعلاقة: [17]

$$Q_{p.cd} = K \cdot A_a (T_r - T_a) \quad (30-3)$$

K : معامل التوصيلة الحرارية للامتصاص.

عادة ما يكون الضياع في الحرارة بالتوصيل صغير مقارنة بالضياع الحراري بالحمل وبالإشعاع.

- نحسب درجة حرارة فتحة السطح الماص بالمعادلة: [17]

$$Q_u = \eta_{op} \cdot I_b \cdot A_a \cdot A_r (h_{cv}(T_r - T_a) + e\sigma(T_r^4 - T_{sk}^4)) \quad (31-3)$$

$$Q_u = \eta_{op} \cdot I_b \cdot A_a - A_r (h_{cv}(T_r - T_a) + h_r(T_r - T_a)) \quad (32-3)$$

$$Q_u = A_r \left(\eta_{op} \cdot I_b \cdot \frac{A_a}{A_r} \right) - (h_{cv} + h_r)(T_r - T_a) \quad (33-3)$$

لتبسيط العبارة السابقة يمكن تحديد معامل h_g :

$$Q_u = A_r (p_a - h_g(T_r - T_a)) \quad (34-3)$$

بحيث

$$h_g = h_{c.v} + h_r \text{ بالعبارة الذي يعطى بالعبارة}$$

$$p_a = \eta_{op} \cdot I_b \cdot C_g$$

$$CM = C_w \cdot M_w + C_r \cdot M_r \quad \text{إن (35-3)}$$

يصبح لدينا المعادلة

$$\dot{m}c_p dT_r = A_r (p_a - h_g(T_r - T_a)) dt \quad \text{(36-3)}$$

بعد التكامل وتبسيط المعادلة تصبح من الشكل:

$$T_r(t) = T_a + \frac{p_a}{h_g} - \left(\frac{p_a}{h_g} - T_r(t) + T_a \right) \exp \left(-h_g \cdot A_r \left(\frac{t-t_0}{MC} \right) \right) \quad \text{(37-3)}$$

6-3 الكفاءة الحرارية

يتم تعريف الكفاءة الحرارية للمجمع على أنها نسبة الطاقة المفيدة التي تم امتصاصها من المستقبل إلى الطاقة الواردة من الإشعاع الشمسي. بحيث [39]

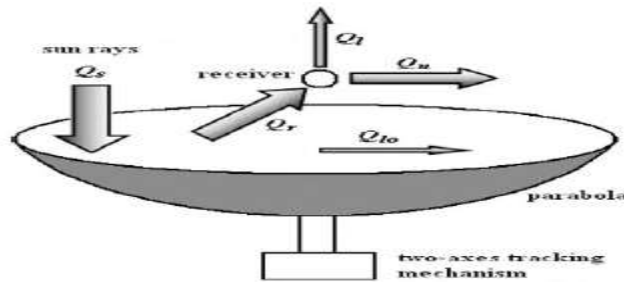
$$\eta_c = Q_u / Q_s \quad \text{(38-3)}$$

يتم أيضاً، إعطاء كفاءة المجمع اللحظي η_c بواسطة العبارة التالية: [42]

$$\eta_c = \eta_o - \frac{U_c(T_c - T_a)}{I_c} \frac{1}{\gamma} \quad \text{(39-3)}$$

يمكن تبسيط "الكفاءة اللحظية" في المجمع الحراري الشمسي من خلال إهمال الكفاءة الضوئية حيث: [42]

$$\eta_{inst} = \frac{\dot{Q}}{A_a I_c} = \frac{\dot{q}}{I_c} \quad \text{(40-3)}$$



الشكل (3-13): الكفاءة الحرارية لمكثف الأطباق. [39]

ترتبط الحرارة المفيدة Q بمعدل تدفق الماء \dot{m} والحرارة النوعية عند ضغط ثابت ودرجات حرارة المدخل والمخرج T_{in} و T_{out} حيث: [47]

$$\dot{Q} = \dot{m}c_p(T_{out} - T_{in}) \quad (41-3)$$

حيث c_p هي السعة الحرارية عند ضغط ثابت.

7-3 مميزات مجمعات طبق القطع المكافئ [7]

- في أغلب الإنشاءات يستخدم تبريد جاف، والمناسب للمناطق ذات الأحوال الجوية الجافة (بعض أنواع المراكز الشمسية الأخرى تعمل بالتبريد الجاف، ولكن التكنولوجيا القياسية موضوعة على أساس أنظمة التبريد الرطب).

- قابلية التكيف مع الميول، حيث يمكن استخدامها بسهولة في المناطق الجبلية.

- أعلى كفاءة تحويل شمسي لأنها دائما تتعرض كل فتحة الطبق لأشعة الشمس المباشرة وهذا يعمل على عدم ظهور تأثير مفقودات جيب تمام الزاوية.

- توجد أطباق صغيرة بقطر عدة سنتيمترات.

- أعلى درجة حرارة تشغيل.

- الأعلى فرص للتحسين.

- يمكن ربط النظام مع الشبكة العامة للكهرباء (on-grid) أو يكون منفصلا (off-grid).

- قابلية المزج مع أنظمة تشغيل أخرى مثلا (شمسي/ وقود أحفوري).

- يمكن استخدام النظام في أغراض مختلفة مثل: تسخين المياه، ضخ المياه، أو كمصدر كهرباء احتياطي.

8-3 عيوب مجمعات طبق القطع المكافئ [7]

- ارتفاع تكاليف النظام والصيانة.

- تأثير التلوث عالي.

- صعوبة التخزين الحراري.

خلاصة الفصل

وفي الأخير وبعد دراسة أهم أنواع المركزات الشمسية، والتعرف على أهم تطبيقاتها، استنتجنا أهم المعادلات الرياضية التي تخص الصحن الشمسي. إذن وبعد معرفة كل هذا سنقوم بدراسة تجريبية لمناقشة وتحليل تلك الدراسة. ولتعميم النتائج أكثر قمنا بإعداد نمذجة رياضية لمجمع الطبق توضح أهم ما توصلت إليه الدراسات السابقة والتي تعتمد على أبسط الفرضيات للظواهر الفيزيائية الحادثة في التجربة.

الفصل الرابع

الجانب التجريبي

تمهيد

بعد دراستنا للجانب النظري حول المركز الشمسي من نوع قطع مكافئ مقعر، الآن نتطرق للتعرف إلى الجانب التجريبي وذلك من خلال تسجيل نتائج درجة الحرارة وشدة الإشعاع الشمسي بمدينة ورقلة، في هذا الفصل سنتعرف أكثر حول التجارب.

1-4 مكونات النموذج الأولي المستخدم

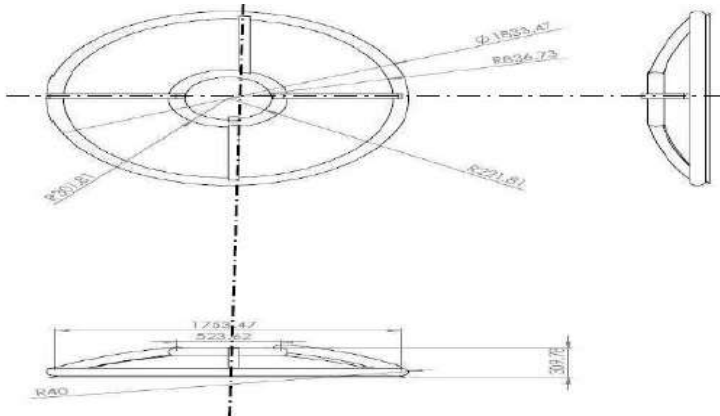
1-1-4 العاكس

يتم بتركيز الطاقة الشمسية، والذي يمكن تحقيقه إما:

- * من ورقة مسطحة تكون قطعة واحدة أو عدة أوراق. مثل ورق (غلاف) من الألمنيوم.
- * أو يكون العاكس عبارة عن قطع من المرايا التي تغطي السطح والتي يجب أن تكون مشرقة في الشمس.



الشكل(1-4): صورة بشكل عام للعاكس.



الشكل(2-4): رسم تخطيطي تعريف للعاكس. [38]

وتظهر الخصائص الهندسية للعاكس المكافئ بشكل تخطيطي في الشكل (2-4) والتي تم وصفها في الجدول التالي: [38]

الجدول (1-4): الخصائص الهندسية للعاكس. [38]

d=1.81 m	قطر الصحن
h=0.26m	العمق
$f_p=59.7^\circ$	زاوية الافتتاح
f=0.78 m	البعد البؤري
Aa=2.57 m ²	فتح المجال

2-1-4 السطح الماص

في هذه التجربة تم اختيار النحاس كمعدن مناسب، وذلك من أجل الحصول على موصلية جيدة والتي يمكن أن تصل إلى 360 واط/كيلو متر مربع. وهي عبارة عن صفيحة معدنية طولها حوالي 100م، موضوعة في البؤرة من الطبق المواجه للعاكس. [38]

الجدول (2-4): الخصائص الهندسية للمستقبل. [38]

d=0.1 m	القطر
h=0.01 m	العمق



الشكل (3-4): صورة مستقبل الامتصاص. [38]

3-1-4 الدعام

هو الحامل الذي يحمل الصحن، وهي مصنوعة من أنابيب مربعة ملحومة بالقوس من أجل التقليل من الوزن وتسهيل الحركة والتخزين.

4-1-4 نظام التتبع اليدوي

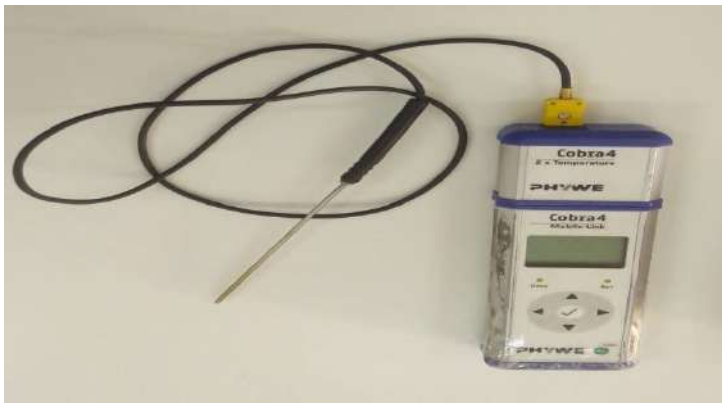
وهو عبارة عن نظام يقوم بتتبع حركة الشمس للوصول إلى أقصى تدفق شمسي. فقد أعتمد على آلية بسيطة لتحويل الصحن الشمسي إلى موضع الشمس في جميع الأوقات. [38]



الشكل(4-4): صورة لنظام التتبع الذي يحتوي على أسطوانة ومحور دوران.

2-4 أجهزة القياس

1-2-4 أجهزة قياس درجة الحرارة



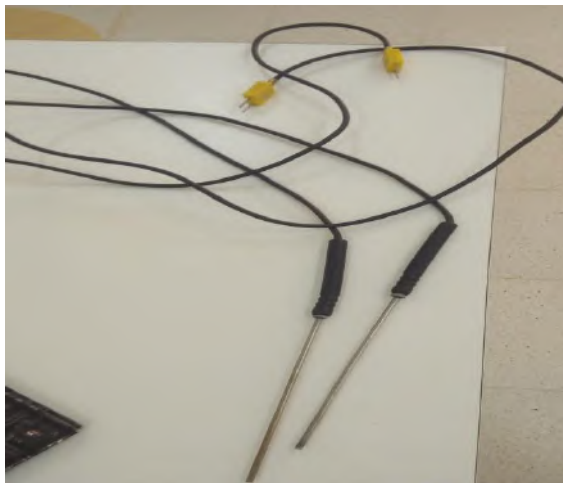
الشكل(5-4): المقياس الحراري من نوع (PHYWE-M*AN).



الشكل (4-6): المقياس الحراري من نوع (OMEGA RDXL4SD).



الشكل (4-7): المقياس الحراري من نوع (PHYWE-M*AN).



الشكل (4-8): لواقط شمسية.

2-2-4 أجهزة قياس الإشعاع الشمسي المباشر

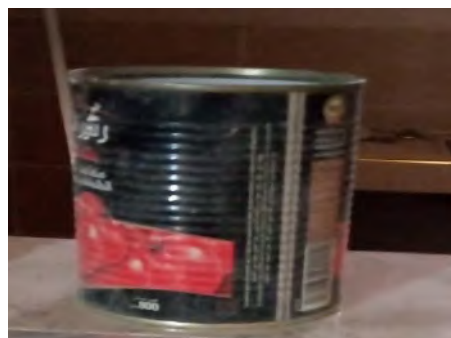
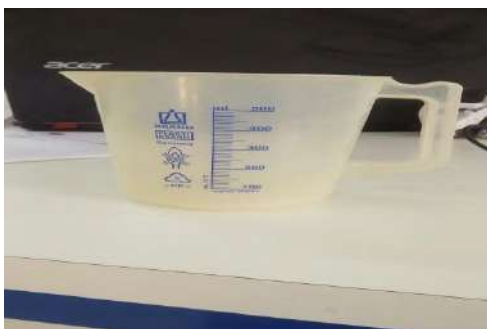


الشكل (4-9): جهاز قياس شدة الإشعاع الشمسي من نوع (kipp&zonen).



الشكل (4-10): جهاز الإشعاع الشمسي من نوع (Frederiksen4890.20).

3-4 الأدوات المستخدمة



الشكل (4-12): بيشر مدرج.

الشكل (4-11): علبة القصدير

4-4 الظروف التجريبية

قمنا بتجارب مختلفة وفي أيام مختلفة من أجل تحديد درجات الحرارة القصوى وذلك بولاية ورقلة، نظرا للظروف الجوية الغير متوقعة (الجو مضطرب)، لم نسجل القيمة المتوقعة في تسخين المياه.

كما قمنا بصيانة حامل الصحن من أجل تثبيت الصحن، كما قمنا بتحديد الزاوية المناسبة من أجل تمرکز البؤرة في محرق الصحن من أجل الحصول على درجة حرارة عالية لأداء أمتل.

4-5 طريقة تركيب الصحن الشمسي



الشكل (4-13): تركيب الصحن الشمسي بالقطب الجامعي رقم 03.



الشكل (4-14): عملية تركيب الصحن الشمسي فالقطب الجامعي رقم 01.

6-4 نموذج مصغر للصحن الشمسي

نموذج صغير بسيط قمت به فالبيت من أجل عملية تسخين المياه بواسطة أشياء متوفرة في كل بيت.



الشكل(4-15): نموذج مصغر للصحن الشمسي التقليدي.

7-4 وصف نموذج المركز الشمسي ذو القطع المكافئ من النوع المقعر

يتكون المركز الشمسي ذو القطع المكافئ المقعر المستعمل في هذه التجارب من عاكس ومستقبل، بحيث يتكون العاكس في هذه التجارب من عدة مرايا تغطي السطح الداخلي للعاكس كما سنلاحظ في الشكل الموالي. بحيث يجب أن تكون المرايا في اتجاه الشمس، بالإضافة إلى أن الصحن الشمسي يعتمد آلية التتبع التي تعمل بمحورين. قمنا في هذه التجربة بقياس درجة الحرارة القصوى وشدة الإشعاع الشمسي المباشر، وذلك بإستعمال أجهزة القياس المناسبة.

1-7-4 التجربة الأولى: قياس درجة الحرارة القصوى

1-1-7-4 وصف التجربة

قمنا بهذه التجربة على الصحن الشمسي من النوع المقعر، يوم 06 أبريل 2021 في مدينة ورقة بالقطب الجامعي رقم "03"، حيث تم قياس درجة الحرارة القصوى في كل نصف ساعة، خلال المدة الزمنية من الساعة 10:00 صباحا إلى 17:30 مساء على طول النهار.

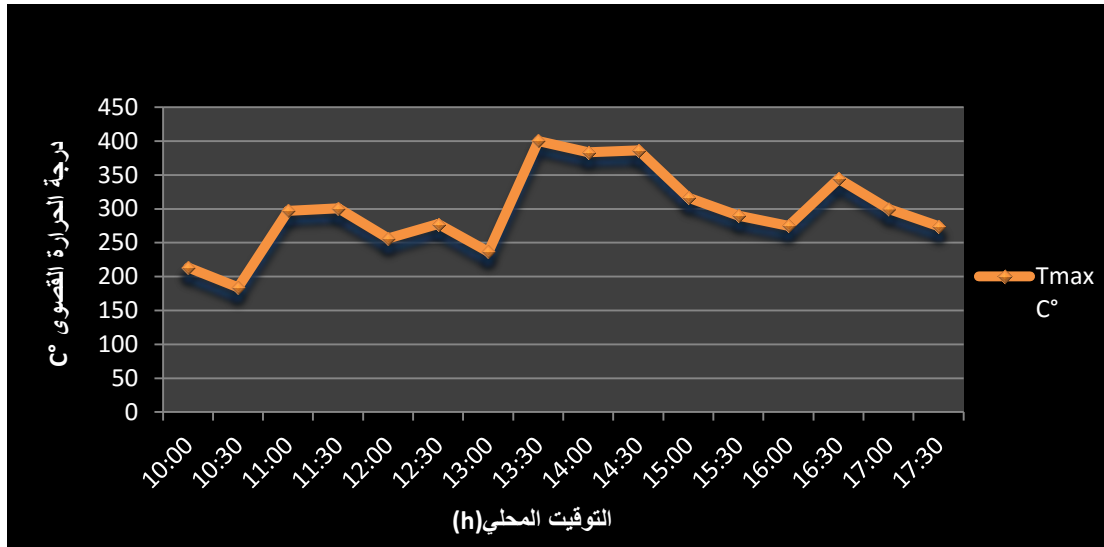
2-1-7-4 تحليل ومناقشة وتفسير نتائج التجربة الأولى

• درجة الحرارة القصوى:

تم قياس درجة الحرارة القصوى للصحن الشمسي على مدار اليوم بتاريخ 06 أبريل 2021، بإستعمال المقياس الحراري خلال كل نصف ساعة، الشكل الآتي والجدول الموالي يوضح ذلك:

الجدول (3-4) يوضح نتائج التجربة 1

التوقيت	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30
درجة الحرارة القصوى	213,5	184	297,2	300,8	256,3	277,4	236,7	400,2	383,3	386,2	316,5	289,9	274,7	344,1	299,7	274,1



الشكل (4-16): منحنى بياني يوضح تغيرات درجة الحرارة القصوى بدلالة التوقيت المحلي.

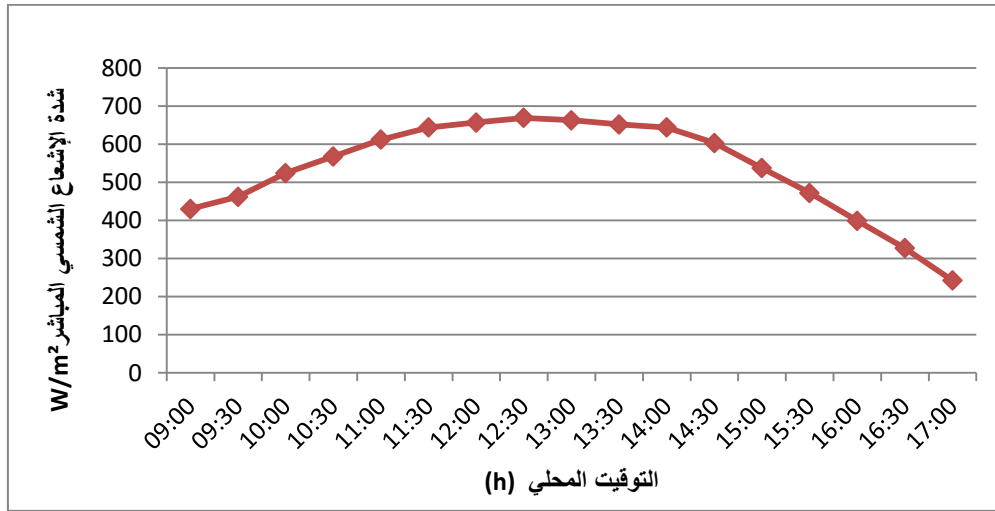
نلاحظ أنه في تمام الساعة 10:00 صباحا تصل درجة الحرارة القصوى إلى 213.5°C ، ثم بدأت في التزايد نوعا ما (متذبذبة) إلى أن وصلت إلى القيمة الأعظمية على الساعة 13:30 زوالا حيث بلغت هذه القيمة 400.2°C ، وبعدها تناقصت إلى أن وصلت إلى 274.1°C عند الساعة 17:30.

شدة الإشعاع الشمسي:

تم قياس شدة الإشعاع الشمسي على طول اليوم باستعمال جهاز قياس الإشعاع الشمسي المباشر خلال كل نصف ساعة، مع العلم أن الجو مضطرب قليلا أي السماء مغيمة جزئيا. الجدول والشكل التالي يوضح ذلك:

الجدول (4-4): يوضح نتائج شدة الإشعاع الشمسي.

التوقيت	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00
شدة الإشعاع الشمسي	430	462	524	568	612	644	657	669	663	652	644	603	537	472	399	327	242



الشكل (4-17): منحنى بياني يوضح تغيرات شدة الإشعاع الشمسي المباشر بدلالة التوقيت المحلي.

من خلال المنحنى البياني نلاحظ أنه عند بداية التجربة تكون قيمة الإشعاع الشمسي $430 W/m^2$ في حدود الساعة 09:00 صباحا وتبقى في تزايد مستمر إلى أن تصل إلى قيمة أعظمية تقدر بـ 669 W/m^2 عند الساعة 12:30 زوالا، ثم تناقصت مع مرور الزمن إلى أن وصلت $242 W/m^2$ في حدود الساعة 17:00.

التفسير:

يعود سبب تذبذب درجة الحرارة القصوى إلى طبيعة المناخ الغير معتدل (وجود بعض السحب) ذلك اليوم، بالإضافة إلى أبعاد قطر الصحن فكلما كان القطر أكبر كانت درجة الحرارة مرتفعة وأيضاً كلما زادت شدة الإشعاع الشمسي ارتفعت درجة الحرارة.

2-7-4 التجربة الثانية: تسخين المائع (الماء)

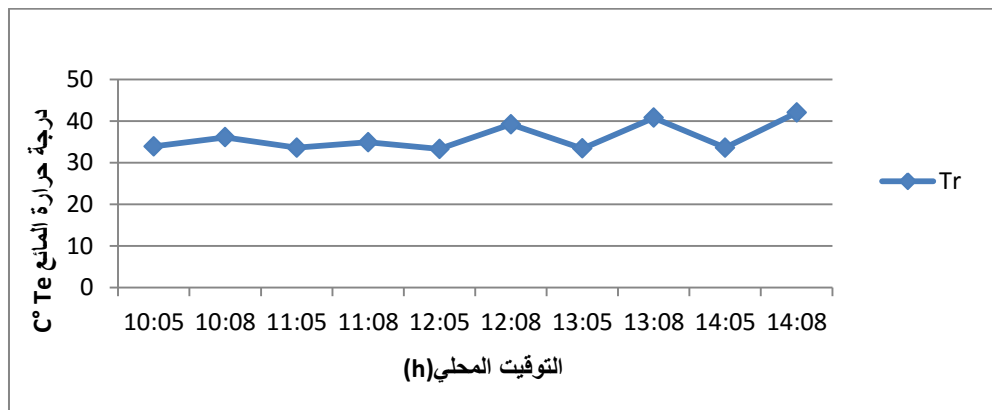
1-2-7-4 وصف التجربة

يوم 31 ماي 2021، قمنا في هذه التجربة بملاً إناء مطلى باللون الأسود بالماء بكمية 0.2L ووضعنا الإناء على السطح الماص، حيث تم تسخين الماء بواسطة المركز الشمسي المقعر خلال كل ساعة والمدة الفاصلة بين اللحظة الابتدائية ولحظة ما حددت بـ(2 دقائق)، كذلك قمنا بقياس شدة الإشعاع الشمسي في ذلك اليوم. والنتائج العملية موضحة في الجدول(4-5) والشكل(4-19). مع العلم أن الجو مضطرب.

الجزء الأول: (تمت التجربة في القطب الجامعي رقم 01)

الجدول(4-5) يوضح قيم درجة حرارة الماء

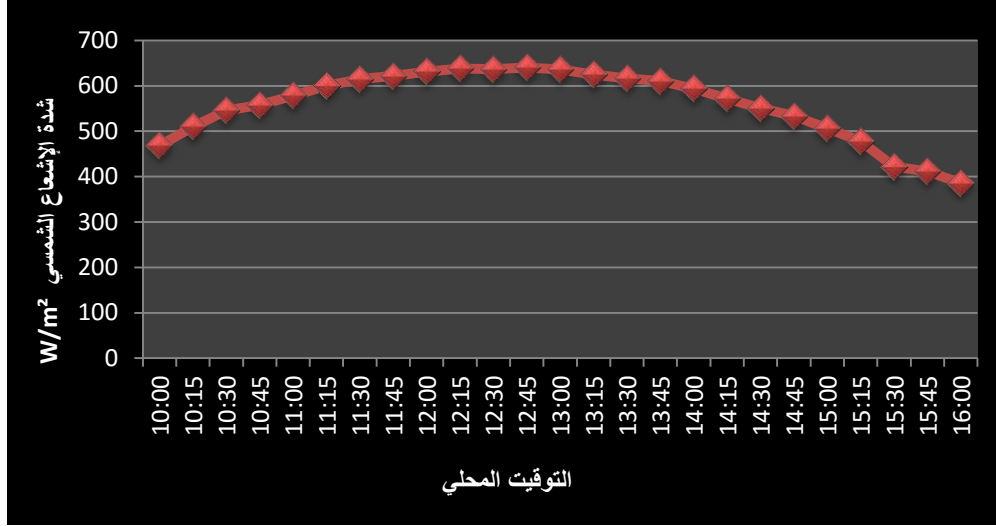
ΔT	t=t0	t=t1	t=t0'	t=t2	t=t0''	t=t3	t=t0'''	t=t4	t=t0''''	t=t5
التوقيت	10:05	10:08	11:05	11:08	12:05	12:08	13:05	13:08	14:05	14:08
درجة حرارة الماء C°	33,9	36,1	33,6	34,9	33,3	39,2	33,4	40,8	33,6	42



الشكل(4-18): منحنى بياني يوضح تغيرات درجة حرارة الماء في الإناء الماص (Tr) بدلالة التوقيت المحلي.

● شدة الإشعاع الشمسي:

كما تم قياس شدة الإشعاع الشمسي في نفس اليوم والموافق لـ 31 ماي 2021، خلال كل ربع ساعة من الفترة الممتدة من 10:00 صباحا إلى 16:00 مساءً والشكل (4-19) يوضح نتيجة ذلك:



الشكل (4-19): يمثل المنحنى البياني تغيرات شدة الإشعاع الشمسي بدلالة التوقيت المحلي.

من خلال المنحنى البياني نلاحظ أنه عند بداية التجربة في تمام الساعة 10:00 تكون قيمة الإشعاع الشمسي المباشر W/m^2 468، تتزايد باستمرار إلى أن تصل إلى قيمة أعظمية تقدر بـ 640 W/m^2 عند الساعة 12:30 زوالاً، ثم تناقصت مع مرور الزمن إلى أن وصلت $242 W/m^2$ في حدود الساعة 17:00.

الجزء الثاني: (تمت التجربة في القطب الجامعي رقم 03)

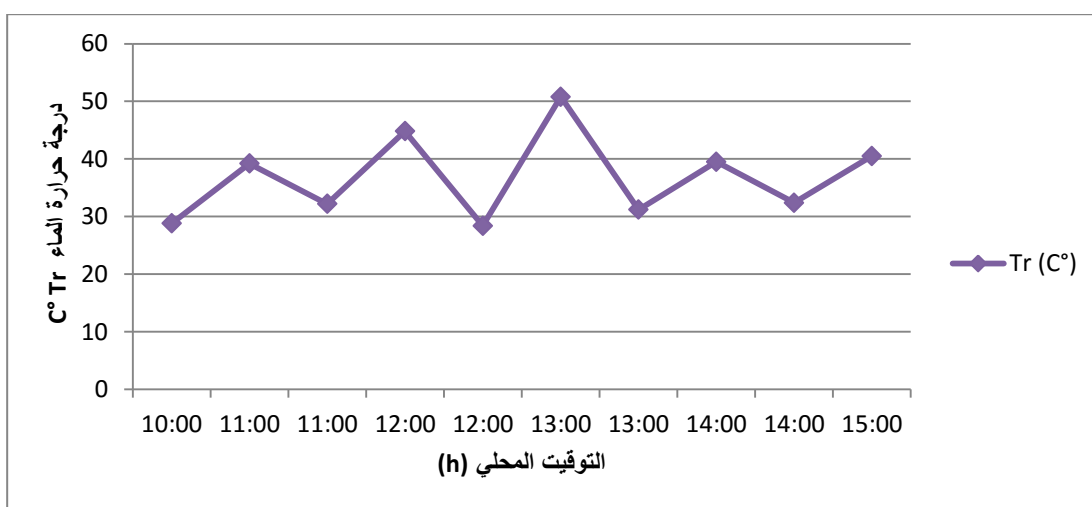
تمت التجربة يوم 03 جوان 2021، بحيث حجم الماء $V=0.3L$ ووضعنا الاناء على السطح الماص، حيث تم تسخين الماء بواسطة المركز الشمسي المقعر خلال كل ساعة، كذلك قمنا بقياس شدة الإشعاع الشمسي في ذلك اليوم. والنتائج العملية موضحة في الجدول (4-6) والشكل (4-20). مع العلم أن الجو مضطرب.



الشكل(4-20): صورة توضيحية لعملية لتسخين الماء أثناء التجربة.

الجدول(4-6) يوضح قيم درجة حرارة الماء

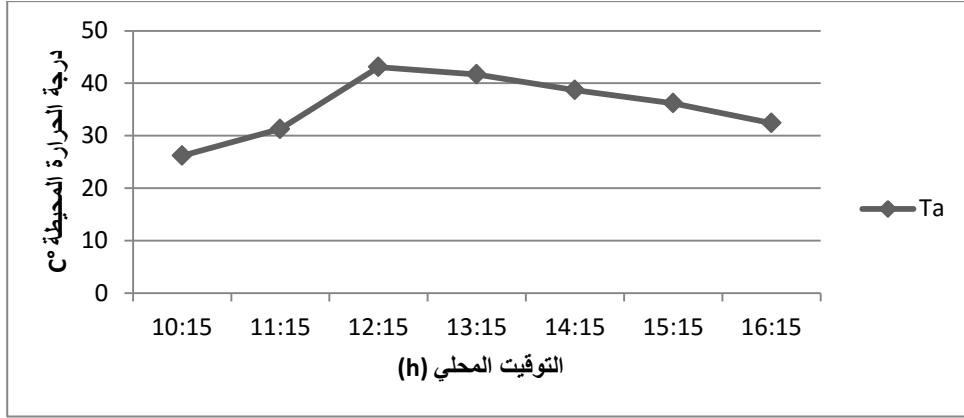
ΔT	t=t0	t=t1	t=t0'	t=t2	t=t0''	t=t3	t=t0'''	t=t4	t=t0''''	t=t5
التوقيت المحلي	10:00	11:00	11:00	12:00	12:00	13:00	13:00	14:00	14:00	15:00
درجة حرارة الماء (C°)	28.8	39.2	44.8	36.5	28.4	50.8	31.2	39.5	32.4	40.5



الشكل(4-21): منحنى بياني يوضح تغيرات درجة حرارة الماء في الإناء الماص (Tr) بدلالة التوقيت المحلي.

الجدول (4) يوضح قيم درجة الحرارة المحيطة يوم 2021/05/31

التوقيت المحلي	10:15	11:15	12:15	13:15	14:15	15:15	16:15
درجة الحرارة المحيطة (C°)	26.2	31.3	43.1	41.7	38.7	36.2	32.4



الشكل(4-22): منحنى بياني يوضح تغيرات درجة الحرارة المحيطة Ta بدلالة التوقيت المحلي.

2-2-7-4 تحليل ومناقشة وتفسير نتائج التجربة الثانية

نلاحظ في بداية التجربة عند الساعة 10:15 كانت درجة الحرارة C°26.2 ثم إزدادت هذه القيمة مع مرور الوقت إلى أن وصلت إلى أعلى قيمة حددت بـ C°43.1 على الساعة 12:15 ثم تتناقص إلى أن تصل إلى C°32.4 في حدود الساعة 16:15.

التفسير:

يفسر إرتفاع درجة حرارة الماء داخل الإناء الماص للمركز الشمسي المقعر إلى زيادة في شدة الإشعاع الشمسي على النقطة البؤرية بفعل العاكس.

8-4 حساب المردود الحراري

$$\eta = \frac{m \cdot C_p \cdot \Delta T}{I \cdot S_A \cdot \Delta t} \quad (1-4)$$

باستعمال برنامج الإكسال توصلنا إلى حساب المردود وفق القيم التالية والنتائج موضحة بالجدول:

القيم: $\rho_e = 1000(\text{kg/m}^3)$ $C_p=4185(\text{J/kg}\cdot\text{C}^\circ)$ $m=0.3 \text{ kg}$ $V=0.3\text{m}^3$

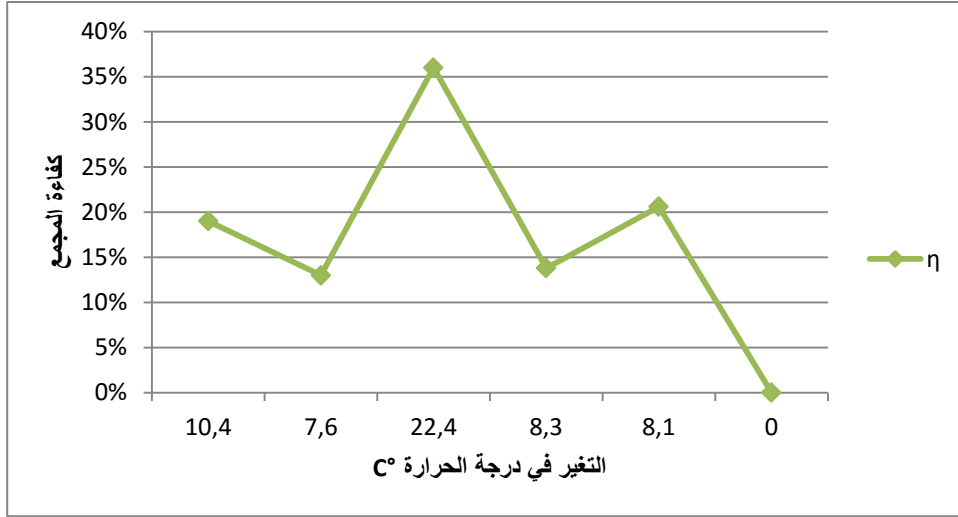
الجدول(8-4): يوضح الجدول قيم للكفاءة الحرارية

dt(s)	m(kg)	Cp(J/kg.C°)	ΔT (C°)	I(W/m²)	S(m²)	η
3600	0,3	4185	10,4	387	0,0471	0.19898287
3600	0,3	4185	7.6	430	0.0471	0.1308695
3600	0,3	4185	22,4	458	0.0471	0.36213946

3600	0,3	4185	8,3	445	0.0471	0.13810563
3600	0,3	4185	8,1	291	0.0471	0.20610349

التعليق حول الجدول:

نلاحظ أن قيمة المردود وصلت كأقصى قيمة إلى 36%، يعني هي نسبة منخفضة نوعا ما بسبب إنخفاض في درجة الحرارة نتيجة الجو الغير معتدل آنذاك.



الشكل (4-23): منحنى بياني يوضح كفاءة (مردود) المجمع بدلالة التغير في درجة الحرارة ΔTr

تحليل ومناقشة وتفسير النتائج:

نلاحظ أنه كلما زادت درجة الحرارة تنخفض نسبة الكفاءة، حيث بلغت أعلى قيمة تقدر بنسبة 36.8% ثم تراجعت قيمة الكفاءة إلى أن بلغت أدنى نسبة 13%.

التفسير:

يعود سبب انخفاض الكفاءة إلى العلاقة العكسية بين التغير في درجة الحرارة ونسبة الكفاءة أي كلما ارتفعت درجة الحرارة زادت الضياعات الحرارية وبذلك انخفضت كفاءة المجمع.

خلاصة الفصل

وفي الأخير، بعد الدراسة التجريبية من خلال تحليل ومناقشة وتفسير النتائج التجريبية، فإن العاكس لديه انعكاس عالي لأشعة الشمس. لكن بسبب الظروف المناخية أيام التجربة أدت إلى انعكاسية منخفضة للإشعاع الشمسي وبالتالي درجة حرارة الماء تكون منخفضة، وهذا ما يجعل المردود قليل.



الخاتمة العامة

نظرا لأهمية الطاقة التي تعد من الضروريات الهامة في حياة الإنسان، وازدادت أهميتها مع ارتفاع الطلب العالمي على الطاقة من جهة وارتفاع الاسعار من جهة ثانية، لهذا اعتمد على المصادر المتجددة ومن بين أهمها الطاقة الشمسية أكثر الموارد المتجددة التي تسعى العديد من الدول إلى تحقيق أكبر قدر ممكن من الاستفادة والاستغلال الأمثل لها كونها صديقة البيئة، ومن المصادر النظيفة التي لا تؤدي إلى أي انبعاثات ضارة عند استخدامها.

اهتمامنا في هذه الدراسة اعتمد على تكنولوجيا الطاقة الشمسية الحرارية بالاعتماد على المركز الشمسي الصحن القطع المكافئ المقعر. وهو من أهم أنظمة التركيز الشمسي الحراري من حيث الأداء في الإنتاج، حيث يقوم بإنعكاس كمية كبيرة من الحرارة والتي تتركز في نقطة على السطح الماص ليتم استغلالها في تجاربنا الآتية.

من خلال دراستنا التجريبية لنموذج مركز شمسي ذو قطع مكافئ مقعر أخذنا نموذج مصغر لأداء التجربة، حيث أظهرت نتائج إيجابية نوعا ما رغم الصعوبات التي واجهتنا ومن بينها جهاز التتبع اليدوي الذي علينا توجيهه نحو الشمس أي الشمس تكون عمودة على العاكس كل مدة زمنية قصيرة طوال اليوم على الرغم من درجة الحرارة المرتفعة في وقت الزوال خاصة. بسبب الظروف المناخية لم نتكمن من الحصول على المردود الجيد.

بعد الدراسة التجريبية من خلال تحليل ومناقشة وتفسير النتائج المتحصل عليها تبين أنه:

- ارتفاع درجة حرارة المائع أدى الى تراجع المردود الحراري بفعل زيادة الضياعات الحرارية بين المائع والهواء الجوي المحيط
- إمكانية إختيار أبعاد الصحن الشمسي دعمتنا أكثر للحصول على درجة حرارة عظمى والإتجاه المناسب، بحيث تم الحصول على النتائج المطلوبة لمختلف الأغراض الصناعية والمنزلية.
- التتبع الشمسي وفق محوري دوران هو الأنسب في إستقرار المردود الحراري في هذه الأنظمة.

أهم التوصيات:

نذكر أهم التوصيات في النقاط التالية من أجل الدراسات والمشاريع المستقبلية فيما يلي:

- استعمال مجمع قطر مكافئ بمساحة ذات فتحة كبيرة وطلائه أو تغليفه بمادة أكثر انعكاسية.
- ايجاد آليات وطرق غير مكلفة للرفع من المردود الضوئي من خلال التقليل من الضياعات بفعل التظليل.
- هناك عدة طرق وآليات معتمدة وبأقل تكلفة لتنظيف المرايا من الغبار والأتربة.

قائمة المراجع

- [1] د. محمد مصطفى محمد الخياط، محطات مركزات الطاقة الشمسية، مجلة الكهرباء العربية، العدد 99، 2010.
- [2] وكاع فرمان، الطاقة الشمسية دعوة لاستغلالها قبل فوات الأوان، جامعة فيلادلفيا، الاردن، 2010.
- [3] أ. د. نعيمة عبد القادر أحمد، أ. د. محمد امين سليمان، الطاقة الشمسية المصدر الرئيسي للطاقة النظيفة، دار الفكر العربي، 2009.
- [4] Sliman BOUGHALI, ETUDE ET OPTIMISATION DU SECHAGE SOLAIRES DES PRODUITS AGRO-ALIMENTAIRES DANS LES ZONES ARIDES ETUDESERTIQUES, le diplôme de DOCTORAT option Energétique, UNIVERSITE BATNA, 2010.
- [5] سوداني محمد البار، دراسة نظرية لمجمع شمسي أسطواني مقعر ذي غطاء زجاجي، مذكرة تخرج لنيل شهادة الماجستير، جامعة ورقلة، 2009.
- [6] E. O. Falayi and A. B. Rabi, solar Radiation Models and Information For Renewable Energy Applications, Solar Radiation, prof. Elisha B.Babatunde,2012. www.intechopen.com .
- [7] سي جوليان تشن، ترجمة مصطفى محمد فؤاد، مراجعة محمد فتحي خضر، فيزياء الطاقة الشمسية، مؤسسة هنداوي، 2011.
- [8] د. سعود يوسف عياش، تكنولوجيا الطاقة البديلة، عالم المعرفة، الكويت، فبراير 1981.
- [9] تجاني بوثينة، نصير هيفة، دراسة المركز الشمسي ذي القطع المكافئ، مذكرة تخرج لنيل شهادة ماستر أكاديمي بتخصص فيزياء تطبيقية شعاع وطاقة، كلية العلوم الدقيقة، جامعة الوادي، 2017.
- [10] <https://ar.wikipedia.org> تم أخذ المعلوم يوم (2021/05/23).
- [11] المدرس المساعد عادل زامل منشد، أثر التوجيه بتأثير أشعة الشمس على التطور العمراني للشوارع التجارية في مدينة بغداد، مجلة المخطط والتنمية العدد(27)، بغداد، 2013.

[12] John A. Duffie(Deceased), william A. Beckman, Solar Engineering of thermal processes, solar energy Laboratory University of Wisconsin-Madison, Fourth Edition, 2013.

[13] Translated books to arabic,

<http://translatedengineeringbooks.wordpress.com> . (20/03/2021)

[14] د. رزق محمد قرفول، حساب كمية الإشعاع الشمسي الساعي المباشر الوارد على اسطح مائلة وأفقية وعمودية في مدينة اللاذقية، مجلة جامعة تشرين، العلوم الأساسية المجلد(41) العدد(3)، 2019.

[15] محمد مصطفى محمد الخياط، الطاقة(مصادرهما- انواعها- استخداماتها)، 2006.

[16] سوداني محمد البار، تحقيق علمي لمركز شمسي أسطواني مكافئ ذي غطاء زجاجي، رسالة مقدمة لنيل درجة الدكتوراه في العلوم، تخصص فيزياء طاوية، كلية الرياضيات وعلوم المادة، جامعة ورقلة، 2018.

[17] Zghib ilhem, Etude et réalisation d'un concentrateur solaire parabolique, diplôme de MAGISTER EN physique énergétique, Facultés des sciences, UNIVERSITE Mentouei- Constantine 2005.

[18] تكواشت عماد، واقع وأفاق الطاقة المتجددة ودورها في التنمية المستدامة في الجزائر، مذكرة لنيل شهادة الماجستير في العلوم الاقتصادية، كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، جامعة باتنة، 2012/2011.

[19] العاتي مختار، المساهمة في تحسين مجفف شمسي للمحاصيل الزراعية، مذكرة لنيل شهادة الماجستير تخصص طاوية وأساليب، كلية والتكنولوجيا وعلوم المادة، جامعة ورقلة، 2011.

[20] <https://www.feedo.net/ScienceAndTechnology/Technology/EssentialTechnology/SolarEnergy.htm> (تم أخذ المعلومة يوم 2021/04/11).

[21] Najla EL GHARBI, Halima DERBAL, Sofiane BOUAICHAOUI, Nouredine SAID, A comparative study between parabolic trough collector and linear fresnel reflector technologies, Energy procedia, 2011(565-572).

[22] د. صالح عبد الرحمان العدل، الطاقة الشمسية الجزء 1، مجلة العلوم والتنمية، العدد 34، 1995.

[23] توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية، تم الرفع بواسطة Mohremabdekrim@yahoo.fr ، 2008.

[24] كاميليا يوسف محمد، مراجعة محمد موسى عمران، تكنولوجيا محطات المركبات الشمسية، دار التنمية والوثائق القومية، 2018.

[25] أحمد شفيق الخطيب، يوسف سليمان خير الله، القدرة الشمسية، موسوعة الطاقة المستدامة، مكتبة لبنان، الطبعة الاولى 2009.

[26] Meenakshisun daram Arulkumaran and william christraj, Experimental Analysis of Non tracking solar parabolic Dish concentrating system for steam Generation, ENGINEERINGBJOURNAL, volume 16, ISSN 0125-8281(<http://www.engi.org>), 2012.

[27] Quoilin sylvain, les centrales solaires à concentration, Université de liège Faculté des sciences appliquées, 2007.

[28] أ. د. البهلول اليعقوبي، د. امين قلق، أ. د. محمد المعالج، د. عبد اللطيف عبيد، حقبة الخلايا الشمسية، سلسلة الحقائق التعليمية التدريبية في مجال الطاقات المتجددة، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، ادارة برامج العلوم والبحث العلمي، تونس، 2000.

[29] أ. د. محمد بن ابراهيم التويجري، دليل الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة في الدول العربية، جامعة الدول العربية، 2013.

[30] soroush Dabiri, Mohammad Fazel Rahimi, Basic introduction of solar collectors and energy and exergy analysis of a heliostat plant, the 3rd International conference and exhibition on solar energy, University of IRAN 2016.

[31] مبدأ عمل الطاقة الشمسية المركزة، Concentrated solar power CSP، سولارابيك، 2019.

<https://solarabic.com/learn/2019/09Concentrated-solar-power-CSP-concept>.

[32] KHADRAOUI ZAKARIA, Etude d'une centrale solaire thermique, mémoire de MASTER spécialité énergétique environnement, Faculte des sciences de L'INGENIEUR, Université ANNABA 2017.

[33] Rubéngil, Carlos Monné, Nuria Bernal, Mariano Monoz and Francisco Moreno, thermal Model of a Dish stirling cavity-receiver, OPEN ACCESS enevgies, ISSN 1996-1073, www.mdpi.com/journal/energies, 2015.

[34] Hamani Nadjette, Modélisation du flux solaire incident et de la température de sortie dans un capteur solaire à eau avec effet de concentration du rayonnement solaire incident, en vue de l'obtention du diplôme de MAGISTER en physique du solide, Université Mohamed Khider-BISKRA, 2005.

[35] منيرة ممي، دراسة وتحسين توجيه الضوء الشمسي، مذكرة لنيل شهادة الماجستير في الفيزياء تخصص مادة وشعاع، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة الوادي، 2013.

[36] Jorge Alexander Alarcon, Jairo Eduardo Hortua, Andrea Lopez G, Design and construction of a solar collector parabolic dish for rural zones in Colombia, VOL. 7 NO. 14,2013.

[37] جريو وفاء، بن التتاتي نجاه، مقارنة المردود المثالي والمردود العادي لمحرك ذو اختراق زجاجي (محرك ستيرلينغ)، مذكرة لنيل شهادة ماستر أكاديمي في الفيزياء تخصص فيزياء طاوقية، كلية الرياضيات وعلوم المادة، جامعة ورقلة، 2017.

[38] مصطفى القطبي، عبد الله عبد الله باكر محسن، دراسة تجريبية لمكثف مكافئ للطاقة الشمسية، مذكرة مقدمة لاستكمال متطلبات شهادة ماستر أكاديمي في الطاقات المتجددة، كلية المحروقات والطاقات المتجددة وعلوم الأرض والكون، جامعة ورقلة، 2018.

[39] Vanita Thakkar, Ankush Doshi, Akshaykumar Rana, Performance Analysis Methodology for parabolic dish solar concentrators for process heating using Thermic fluid, IOSR Journal of Mechanical and civil Engineering, Volume 12, ISSUE 1, 2015. www.iosrjournals.org .

[40] بوراس ليلي، دراسة تأثير معاملات شبكة براغ المنتظمة على تحسين الانتقائية التطبيقية في الموجات الضوئية المدمجة، مذكرة لنيل شهادة الماجستير بتخصص فيزياء، كلية العلوم وعلوم المهندسين، جامعة ورقلة، 2003.

[41] TABET Ismail, Etude Réalisation et simulation d'un capteur solaire, le diplôme de DOCTORAT à spécialité physique énergétique, Faculté des sciences exactes, Université CONSTATINE 2016.

[42] Mohamed Abdulkareem Ahmed, Salman H. Abdas, construction and operation of solar energy dish for water heating, BEGHADAD science Journal, Vol. 14(4), 2017.

[43] Dincer I., and Ratlawala T. A. H, solar thermal power systems, Reference Module in Earth systems and Environmental –sciences, ELSEVIER, 2013.

[44] A. Z. Hafez, Ahmed Soliman, K. A. EL-Metwally, I. M. Ismail, solar parabolic dish stirling engine système design, simulation, and thermal analysis, ELSEVIER Energy conversion and Management, 2016.

[45] Ann George john, Nidhi. M. J, Design and simulation of parabolic dish collector for hot water Generation, International Journal of current engineering and scientific research, 2015.

[46] د. محاجبية نصيرة، د. حمدي باشا نادية، الطاقة الشمسية البديل الآمن للذهب الأسود، الملتقى العلمي الدولي حول إستراتيجيات الطاقات المتجددة ودورها في تحقيق التنمية المستدامة، كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، 2018.

[47] Yaceen. H. Mahmood, Mohamed A. K. Ahmed, design and operation of solar parabolic dish for water, Journal of college of education 2015.

[48] <https://www.alternative-energy-tutorials.com> . (30/05/2021)

[49] Fareed M. Mohamed, Auatif. S. Jassim, yaceen. H. Mahmud, Mohamed A. K. Ahmed, design and study of portable solar dish concentrator, International Journal of recent research and Review, 2012.

[50] A. z Hafez, Ahmed Soliman, K. A. ELMETWALLY, I. M. Ismail, Design analysis factors and specifications of solar dish technologies for different system and applications, renewable and sustainable energy reviews, 2017.

الملخص

تعتبر الطاقة الشمسية من أهم مصادر الطاقات المتجددة التي يسعى الإنسان لاستغلالها من أجل تلبية حاجياته بشكل دائم بما يحقق التنمية المستدامة مع المحافظة على النظام البيئي. يتم تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية باستعمال المركبات الشمسية و نجد من أهمها المركز الشمسي الصحن القطع مكافئ ذو البؤرة النقطية.

قمنا في هذه الدراسة التجريبية للمركز الصحن القطع مكافئ بالتتبع الشمسي وفق محوري دوران حيث يُستقبل الإشعاع الشمسي المركز ليتحول إلى حرارة تستغل لمختلف التطبيقات الحرارية، تمت التجربة باستعمال خصائص العاكس بقطر 1.86 متر وارتفاع 0.26 متر ومستقبل من معدن القصدير قطره 0.06 متر. يقع في المنطقة البؤرية لانتقاط أشعة الشمس المنعكسة. وهذا النوع من التركيز قادنا إلى درجات حرارية عالية تصل إلى 400 درجة مئوية وإلى شدة إشعاع عالية بلغت 669W/m^2 كأقصى قيمة.

الكلمات الدالة: الصحن القطع مكافئ، الإشعاع الشمسي، محرك ستيرلينغ، التسخين الشمسي.

Résumé

L'énergie solaire est l'une des plus importantes sources d'énergies renouvelables que l'homme cherche à exploiter afin de subvenir à ses besoins en permanence afin de parvenir à un développement durable tout en préservant l'écosystème. L'énergie solaire est convertie en énergie thermique à l'aide de concentrateurs solaires, et l'on trouve le plus important dont le centre solaire de la parabole, une parabole avec un foyer ponctuel.

Expériment en utilisant les caractéristiques du réflecteur d'un diamètre de 1,86 mètre, une hauteur de 0,26 mètre, et un récepteur en étain d'un diamètre de 0,06 mètre. Il est situé dans la zone focale pour capter la lumière solaire réfléchi. Ce type de concentration nous a conduit à des températures élevées atteignant 400 degrés Celsius et une intensité de rayonnement élevée de 669W/m^2 comme valeur maximale.

Mots clés: plaque de coupe McAfee, rayonnement solaire, moteur Stirling, chauffage

Abstract

Solar energy is one of the most important sources of renewable energies that man seeks to exploit in order to meet his needs permanently in order to achieve sustainable development while preserving the ecosystem. Solar energy is converted into thermal energy using solar concentrators, and we find the most important point focus.

In this experimental study of the center of the parabolic dish, we followed the solar track according to two axes of rotation, where it receives the concentrated solar radiation to convert it into heat that is used for various thermal application. It is located in the focal area to capture the reflected sunlight. This kind of concentration led us to high temperatures of up to 400 degrees celsius and to a high radiation intensity of 669W/m^2 as the maximum value.

Keywords: parabolic dish, solar radiation, stirling engine, solar heating.