

جامعة قاصدي مرباح ورقلة

كلية الرياضيات وعلوم المادة

قسم الفيزياء



مذكرة تخرج لنيل شهادة ماستر أكاديمي

الميدان: علوم المادة

الشعبة: فيزياء

تخصص: فيزياء طاقوية وطاقات متجددة

من اعداد الطالبتين: ركيي نهلة - طاوس خولة

بعنوان:

تحسين فعالية المركبات الشمسية من النوع القطع المكافئ الأسطواني  
من خلال أبعاد وأشكال الأنبوب الماص

نوقشت يوم 20/06/2021

امام لجنة مناقشة مكونة من:

رئيسا	جامعة ورقلة	أستاذ محاضر-أ-	د. محسن حسين
مناقشا	جامعة ورقلة	أستاذ مساعد -أ-	د. تخة محمد
مشرفا	جامعة ورقلة	أستاذ محاضر-أ-	د. بالحاج محمد مصطفى

الموسم الجامعي: 2020 / 2021



# الإهداء

بسم الله الرحمن الرحيم

( وقل اعملوا فسيرى الله عملكم ورسوله والمؤمنون )

صدق الله العظيم

الحمد لله الذي وفقنا لتثمين هذه الخطوة في مسيرتنا الدراسية بمذكرتنا هذه ثمرة الجهد والنجاح بفضلته تعالى مهداة إلى كل من في الوجود بعد الله ورسوله إلى الوالدين الكريمين.

و إلى العائلتين الكريمتين (طاوس وركبي).

والى كل الإخوة والأخوات.

والى كل الزميلات والصديقات.



طاوس خولة



ركبي نهلة





# الشكر والعرفان

مصادقا لقوله تعالى: (لئن شكرتم لأزيدنكم) « نحمد » الله عز وجل على أن وفقنا لإتمام هذا العمل المتواضع و  
ألهمنا الصبر لتخطي المصاعب و العقبات التي واجهتنا .

و عملا بقوله صلى الله عليه و سلم ( من لم يشكر الناس لم يشكر الله ) نتقدم بالشكر الجزيل:

إلى أستاذنا الفاضل "د. بالحاج محمد مصطفى" على وقته الثمين الذي قدمه لنا وعلى جهوده التي بذلها لتوجيهنا  
و على كل ما أعطى لنا، و نشكره على قبوله الإشراف على عملنا هذا.

إلى الأستاذ الفاضل "د. محمد البار سوداني" على مساعدته في الإشراف على هذا العمل، فله منا أسمى عبارات  
الشكر و التقدير لما تفضل به من معروف لإتمام هذه المذكرة والوقوف على إجراء الجانب التجريبي الخاص به ولما  
قدمه من مساعدة جلييلة تحسب له.

إلى كل "أساتذة الدفعة" على نصحتهم و إرشادهم لنا في مشوارنا الدراسي زادها الله في ميزان حسناتهم. إلى كل  
من أزال غيمة جهل مررنا بها و إلى كل من ساهم في إتمام هذا العمل.



# فهرس المحتويات

## فهرس المحتويات

الصفحة	الموضوع
	الإهداء
	شكر وعرهان
	قائمة المحتويات
	قائمة الجداول
	قائمة الأشكال
	قائمة الرموز و الاختصارات
1	مقدمة عامة
	<b>الفصل الأول: الإشعاع الشمسي والمركزات الشمسية</b>
2	I مقدمة
2	1.I الإشعاع الشمسي
3	2.I الإحداثيات الأرضية
4	1.2 خط الطول
4	2.2 خط العرض
4	3.2 ارتفاع المنطقة
4	3.II الإحداثيات الفلكية
4	1.3 الانحراف الشمسي
5	2.3 زاوية الساعة الشمسية
6	3.3 الزمن الشمسي المتوسط والحقيقي
6	4.3 معادلة الزمنية
7	4.I الإحداثيات السماوية الأفقية
7	1.4 زاوية السمات الراسي
7	2.4 الارتفاع الشمسي
8	5.I الإشعاع الشمسي الوارد للأرض
8	1.5 ثابت الإشعاع الشمسي على مستوى الغلاف الجوي
8	6.I الإشعاع الوارد على سطح مائل
8	1.6 الإشعاع الشمسي المباشر

9	صيغة Kasten لحساب مقدار الإشعاع الشمسي الكلي الوارد (1.1.6)
10	المركزات الشمسية (7.I)
10	تاريخ المركزات الشمسية (1.7)
15	أنواع المركزات الشمسية (2.7)
15	نظام المجمع الاسطواني القطع مكافئ (PTC) (1.2.7)
16	نظام عاكس فرينل الخطي (LFR) (2.2.7)
16	نظام الاسطواني القطع مكافئ ذي العاكس المزدوج (CPC) (3.2.7)
17	نظام المستقبل المركزي (CRC) (4.2.7)
17	نظام الصحن القطع مكافئ (DP) (5.2.7)
18	الخاتمة
	<b>الفصل الثاني: المركز الأسطواني القطع مكافئ (PTC)</b>
19	مقدمة (II)
19	الخصائص الهندسية للمركز الشمسي الاسطواني ذو القطع مكافئ (PTC) (1.II)
20	زاوية الحافة (1.1)
20	زاوية القبول (2.1)
20	مساحة الفتحة (3.1)
21	التركيز الهندسي (4.1)
21	مساحة السطح العاكس (5.1)
21	معامل الاعتراض (6.1)
22	الضياعات الضوئية (7.1)
22	المساحة الضائعة بفعل التضليل (1.7.1)
22	المساحات الضائعة بفعل النهايات (2.7.1)
23	معامل التراجع الهندسي (3.7.1)
24	المردود الضوئي (2.II)
25	مكونات المركز القطع مكافئ اسطواني (3.II)
25	العاكس (1.3)
26	العنصر الجامع للحرارة (HCE) (2.3)
26	المائع الناقل للحرارة (HTF) (3.3)

26	4.II أنظمة تتبع للمركز الاسطواني قطع مكافئ
27	4.1 التتبع الشمسي بمحورين دوران
25	4.2 التتبع الشمسي بمحور دوران واحد
28	5.II معادلات الموازنة الحرارية
29	1.5 معادلة الموازنة للطاقة للمائع
30	2.5 معادلة موازنة الطاقة للأنبوب الماص
31	3.5 معادلة موازنة الطاقة للظرف الزجاجي
32	4.5 معادلة موازنة الطاقة للغطاء الزجاجي المسطح
33	الخاتمة
	<b>الفصل الثالث: الدراسة التجريبية لـ PTC</b>
34	III مقدمة
34	1. III وصف منطقة التجربة
34	2.III خطوات إعادة تجهيز PTC
35	3.III أجهزة القياس المستعمل في التجربة
36	4.III التجربة الأولى: المركز الشمسي الاسطواني القطع مكافئ الشاهد
37	5.III التجربة الثانية: المركز الشمسي الاسطواني القطع مكافئ المعدل
37	الخاتمة
	<b>الفصل الرابع: مناقشة نتائج التجربة وتحليلها</b>
38	IV مقدمة
38	1.IV التجربة الأولى (PTC1)
41	3.IV التجربة الثانية (PTC2)
47	الخاتمة
49	الخاتمة العامة
	المراجع

## فهرس الأشكال

الصفحة	عنوان الشكل	رقم الشكل
3	أبعاد وموضع الشمس والأرض	(1.1)
3	توزيع طيف الإشعاع الشمسي	(2.1)
5	ميلان الأرض عن محورها	(3.1)
5	زاوية كل من الميلان الشمسي والساعة الزاوية	(4.1)
7	زاوية السميت الرأسى وزاوية الارتفاع الشمسي	(5.1)
8	مخطط يوضح وصول الإشعاع الشمسي إلى سطح الأرض	(6.1)
11	اختراع لمجمع شمسي للعالم (Alessandro Battaglia)	(7.1)
12	حوض قطع مكافئ لإدارة نظام ضخ	(8.1)
13	المحطتان 7 و 3 بكاليفورنيا - الأمريكية	(9.1)
15	استخدامات الطاقة الشمسية	(10.1)
15	المجمع الشمسي الاسطواني القطع مكافئ (PTC)	(11.1)
16	عاكس فرينل الخطي (LFR)	(12.1)
16	المجمع الشمسي الاسطواني القطع مكافئ ذو العاكس المزدوج (CPC)	(13.1)
17	البرج المركزي الشمسي (CRS)	(14.1)
17	(أ) مجمع طبقي ذو قطع مكافئ نظام الصحن (DP) (ب) رسم كروكي للمجمع (DP)	(15.1)
19	هندسة القطع المكافئ	(1.2)
20	زاوية الحافة وزاوية القبول لـ PTC	(2.2)
20	العلاقة بين زاوية الحافة ونسبة البعد البؤري إلى عرض الفتحة	(3.2)
21	بيان تغيرات معامل الاعتراض بدلالة زاوية الحافة	(4.2)
23	مساحة الفتحة الضائعة بفعل التضليل	(2.2)
21	مساحة الفتحة الضائعة بفعل النهايات	(6.2)
21	المساحات الضائعة من فتحة PTC	(7.2)
25	رسم تخطيطي للمجمع الاسطواني القطع مكافئ	(8.2)



25	رسم تخطيطي للعاكس من ألواح زجاجية	(9.2)
26	مقطع عرضي للأنبوب الجامع للحرارة	(10.2)
27	التتبع الشمسي بمحور (شمال - جنوب) لمركز قطع مكافئ اسطواني	(11.2)
27	التتبع الشمسي بمحور (شرق - غرب) لمركز قطع مكافئ اسطواني	(12.2)
28	التتبع الشمسي بمحور (شرق - غرب قطبي) لمركز قطع مكافئ اسطواني	(13.2)
28	مخطط التوازن الحراري لمقطع عرضي للمستقبل الجامع لPTC	(14.2)
35	جهاز قياس درجة الحرارة	(1.3)
36	جهاز متعدد القياسات	(2.3)
37	رسم تخطيطي لمركز PTC في حالة أنبوب ماص أحادي المرور (الشاهد)	(3.3)
37	رسم تخطيطي لمركز PTC في حالة أنبوب مزدوج المرور ( المعدل )	(4.3)
39	صورة للتركيب التجريبي للمركز الاسطواني ذو أنبوب مرور واحد (PTC1)	(1.4)
40	بيان تغيرات شدة الإشعاع الشمسي (1) بدلالة الزمن	(2.4)
41	بيان تغيرات درجة حرارة المخرج $T_2$ بدلالة الزمن	(3.4)
42	بيان تغيرات درجة حرارة المحيط (1) بدلالة الزمن	(4.4)
43	صورة التركيب التجريبي للمركز الشمسي المعدل (PTC2)	(5.4)
44	بيان تغيرات شدة الإشعاع الشمسي (2) بدلالة الزمن	(6.4)
45	بيان تغيرات درجة حرارة المخرج $T_4$ بدلالة الزمن	(7.4)
46	منحني تغيرات درجة حرارة المخرج في تجربة 1 و2 معا خلال الزمن	(8.4)
47	بيان تغيرات درجة حرارة المحيط (2) بدلالة الزمن	(9.4)
48	تغيرات الفرق في درجة حرارة الماء خلال اليوم من اجل (L=20m)	(10.4)

## فهرس الجداول

الصفحة	عنوان الجدول	رقم الجدول
10	قيم معامل الاضطراب ومعامل ارتفاع الماء المكثف	(1.1)
14	خصائص المحطات الشمسية المركزة بكاليفورنيا- الأمريكية	(2.1)
36	المقادير العددية للجهاز المنجز	(1.3)
39	نتائج التجربة رقم 1	(1.4)
43	نتائج التجربة رقم 2	(2.4)

## الاختصارات

المعنى بالانجليزية	المعنى بالعربية	الاختصار
Central Receiver Systems	نظام المستقبل المركزي	CRS
Concentrating Solar Power	مركزات الطاقة الشمسية	CSP
Parabolic Dish	الصحن القطع مكافئ	DP
Heat Collection Element	العنصر الجامع للحرارة	HCE
Heat Transfer Fluid	المائع الناقل للحرارة	HTF
Linear Fresnel Reflector	عاكس فريزل الخطي	LFR
Parabolic Trough Collector	المجمع الأسطواني القطع مكافئ	PTC
Solar Electric Generating System	نظام توليد الكهرباء الشمسية	SEGS

## قائمة الرموز والاختصارات

الوحدات في نظام الدولي	المقدار الفيزيائي	الرمز
$m^2$	المساحة	A
°	زاوية السميت الرأسى	a
/	معامل التراجع الهندسى	$A_f$
/	التركيز الهندسى	C
/	معامل الاحتكاك	$C_f$
$J K^{-1} \cdot kg^{-1}$	السعة الحرارية	$C_p$
m	القطر	Dr
min	معادلة التصحيح الزمنى	Et
/	معامل الشكل	F
m	البعد البؤرى	f
°	زاوية الارتفاع الشمسى	hc
$W/(m^2.K)$	معامل انتقال الحرارة	h
$W/m^2$	شدة الإشعاع الشمسى المباشر	$I_D$
°	زاوية ورود الإشعاع الشمسى	i
$W/m^2$	الثابت الشمسى	$I_0$
°	زاوية خط الطول للمنطقة	L
/	الكتلة الهوائية الضوئية	$m_h$
/	رقم اليوم من السنة	Nj
/	رقم نوسلت اللابعدى	Nu
/	رقم برانتل اللابعدى	Pr
W	التدفق الحرارى	Q
W	كمية الاستطاعة المستقبلة من قبل الأنبوب الماص	$Q_{ab}$
/	رقم راىلى اللابعدى	Ra
m	طول القوس القطع المكافئ	$S_p$
/	رقم رينولدز اللابعدى	Re
°C	درجة الحرارة	T

/	معامل الاضطراب الجوي للانك	$T_L$
h	التوقيت الشمسي الحقيقي	TVS
h	التوقيت العالمي	TU
W/(m <sup>2</sup> .K)	معامل الضياع الحراري	UL
m	عرض فتحة المجمع الشمسي	W
°	زاوية الساعة الشمسية	$\omega$
cm	ارتفاع الماء المكثف	$\omega c$
m	ارتفاع المنطقة عن سطح البحر	Z
/	معامل الامتصاص	$\alpha$
/	عامل النفاذية بين الحاوي الزجاجي والأنبوب الماص	$\alpha_0$
°	زاوية ميلان المجمع عن الأفق	$\beta$
/	معامل انغيشتروم	$\beta_A$
/	معامل الاعتراض	$\gamma$
°	زاوية الميل الشمسي	$\delta$
/	معامل الانبعاث	$\varepsilon$
°	زاوية الذروة	$\theta_z$
°	زاوية الحافة	$\theta_R$
Kg/m <sup>3</sup>	الكتلة الحجمية	P
/	معامل الانعكاس	$\rho^\circ$
W/m <sup>2</sup> .K <sup>4</sup>	ثابت بولتزمان	$\sigma$
/	معامل النفاذية	$\tau$
°	زاوية دائرة العرض للمنطقة	$\varphi$
/	المردود	h
W/m.K	معامل التوصيل الحراري	$\lambda$
J	كمية الحرارة	$\phi$

## الدليل (الأحرف السفلية)

الرمز	المعنى
a	الهواء
amb	الهواء الجوي المحيط
ap	فتحة المجمع الشمسي
c	الغطاء الزجاجي المسطح
conv	الحمل الحراري
cond	التوصيل الحراري
e	الظرف الزجاجي
eff	الفعال
f	معامل التراجع الهندسي
ext	الخارجي
f	المائع
g	الغاز
i	الداخل
int	الداخلي
e	الخارج
op	الضوئي
r	الأنبوب الماص
rad	الإشعاع الحراري
ref	العاكس
Sky	السماء
support	هيكل الدعم المدني
th	الحراري
u	المفيدة

مقدمة عامة

## مقدمة عامة:

مع تزايد الطلب على المحروقات وفي ظل نتائج البحوث العلمية التي تقرر أن هذا المخزون قابل للنفاذ مع مرور الزمن هذا من ناحية، ومن ناحية أخرى نجد التلوث البيئي الناجم عن نفايات هذه المحروقات أو الطاقة النووية. محدثا خلافا في توازن كوكبنا مسببا بذلك مشاكل أخطرها ظاهرة الاحتباس الحراري من هنا يجد الإنسان نفسه يبحث عن طاقات بديلة وصديقة للبيئة التي يكون مصدرها من الطبيعة كالطاقة الشمسية وطاقة الرياح... الخ [1].

سلط الضوء في هذا البحث على الطاقة الشمسية باعتبارها طاقة نظيفة وذات وفرة عالية حيث تمدنا الشمس تمدنا بالطاقة بدون تبدد وتقدر هذه الطاقة خلال 105 دقيقة ما يكفي احتياجات كوكبنا لسنة كاملة [2].

من بين أنواع المركبات الشمسية المتاحة حاليا فان المجمعات الاسطوانية القطع المكافئ هي الحل الأكثر ملائمة من حيث الكلفة والفعالية لتوليد الطاقة الكهربائية وإنتاج البخار، ويعتبر من أهم أنظمة التركيز الشمسي وذلك لاستغلاله لمختلف الأغراض الصناعية والمنزلية، ولقد اهتمت الدراسات السابقة بزيادة مردوده من خلال اختيار المواد المناسبة و طرق التتبع الشمسي مع مراعاة التقليل من التكلفة وزيادة عمر الاشتغال [3].

انطلاقا من هذه الأهمية جاء اختيارنا لموضوع هذه الدراسة ألا وهو المساهمة في تحسين أداء نموذج المركز الشمسي القطع المكافئ الأسطواني وذلك من خلال أبعاد وأشكال الأنبوب الماص، تم تركيز الدراسة على أنبوب ماص مزدوج المرور .

من خلال معرفة درجة الحرارة المطلوبة في مخرج الأنبوب الماص لل PTC وهي الإشكالية المطروحة للموضوع بهدف الحصول على نموذج كفاء وفعال لهذا الأنبوب. ويتم التطرق في هذا العمل إلى أربعة فصول ممثلة في:

- **الفصل الأول:** التعرف على الإشعاع الشمسي والمعادلات التي تمكنا من حسابه وبعدها نتطرق إلى نبذة تاريخية للمركبات الشمسية وتعرف على مختلف أنواعها.
- **الفصل الثاني:** الاهتمام بالدراسة النظرية للمركز الاسطواني القطع المكافئ بداية بهندسته ، ومختلف مكوناته وعلاقاته، ثم إلى المعادلات الموازنة الحرارية لأجزائه .
- **الفصل الثالث:** تمت الدراسة التجريبية لل PTC .
- **الفصل الرابع:** مناقشة النتائج التجريبية وتحليلها وتفسيرها ومقارنتها .

## الفصل الأول

### الإشعاع الشمسي والمركبات الشمسية



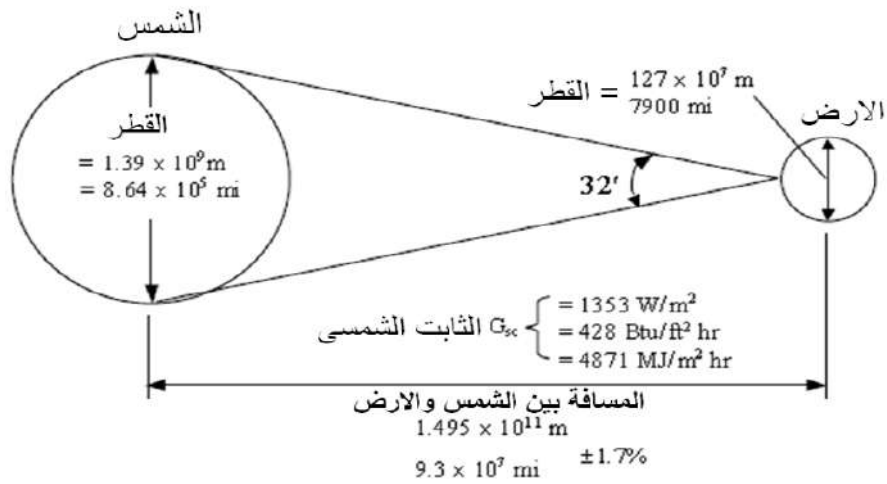
## (I) مقدمة:

تواجه الدول النامية العديد من تحديات الطاقة في الوقت الحالي وهي: الطلب على الطاقة المتزايدة، والمخاوف من ارتفاع سعر الوقود، وكذلك إجراءات التكيف مع تغيرات المناخ . ونظرا لإنتاج طاقة من مصادر متجددة يعد احد بدائل الذي يمكن أن تعتمد عليه معظم هذه دول التي تقع في نطاق الحزام الشمسي ولديها أرض مبسطة غير مستغلة تستقبل في كل موضع كمية من الطاقة على شكل إشعاع قدره  $8.10^{16}W$  في كل لحظة من شروق الشمس إلى غاية غروبها، تتغير شدة الإشعاع الشمس المباشر مكانا حسب الموضع من سطح الأرض، وزمانا على مدار اليوم والسنة، لذلك فإنه يعد مصدرا هاما ورئيسي للطاقة المتجددة [4].

المكون الرئيسي لأي منظومة تعمل بالطاقة الشمسية هو المجمع الشمسي الذي يقوم بامتصاص الأشعة الشمسية الملقاة عليه و بفعل الاصطدام المتكرر للأشعة تتحول إلى طاقة حرارية، وتنقل هذه الطاقة بواسطة الانتقال الحراري بالتوصيل للسائل المتدفق (عادة ما يكون الهواء، أو الماء أو الزيت)[5]. وسنتناول في هذا الفصل الإشعاع الشمسي ومختلف زواياه ، وكذلك المركزات الشمسية وأنواعها .

## (1.I) الإشعاع الشمسي:

يعتبر الإشعاع الشمسي المصدر الرئيسي للطاقة في الغلاف الجوي إذ يساهم بأكثر من 97.99% من الطاقة المستغلة على سطح الأرض، أما المصادر الباقية للطاقة فإنها لا تساهم إلا بقسط ضئيل جدا لا يزيد عن 03% ( طاقة باطن الأرض وطاقة النجوم والمد والجزر). حيث يعرف الإشعاع بأنه انتقال الطاقة غير المجسمة وانتشارها في حالة الطاقة الحرارية والضوئية والكهرومغناطيسية، ويطلق على هذا النوع من الإشعاع أحيانا بالإشعاع الأثيري مصدره الشمس وهي كتلة ملتهبة أكبر من قطر الأرض 100 مرة وبحجم قدره مليون مرة، حيث تتكون من غازات أهمها الهيدروجين والهليوم ، وتقدر درجة حرارة سطحها بنحو 5000 K بينما تتراوح درجة حرارة مركزها بين  $(8 \cdot 10^6 - 40 \cdot 10^6) K$  [6].



الشكل (1.1): أبعاد وموضع الشمس والأرض [3]

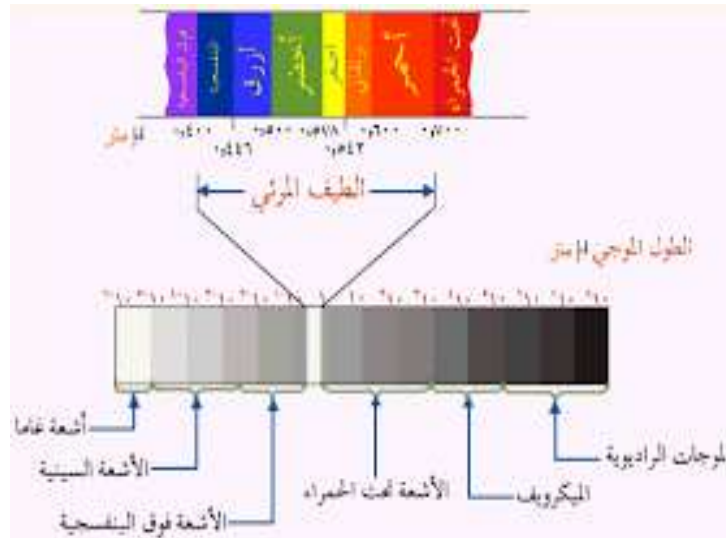
وعلى ذلك يمكن تقسيم الإشعاع إلى ثلاثة أنواع رئيسية هي:

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

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

\*  $\lambda \in [0.8, 4] \mu\text{m}$  المجال تحت الأحمر ويمثل 45.5% من الطاقة الكلية المنبعثة من الشمس.

حيث يكون طيف الإشعاع الشمسي جسم الأسود في درجة حرارة  $T=5600\text{K}$  في مجال الطيف  
.  $\lambda \in [0.25 \mu\text{m}, 4 \mu\text{m}]$



شكل (2.1): توزيع طيف الإشعاع الشمسي [7]

## 2.I الإحداثيات الأرضية :

تعلم كل نقطة من سطح الأرض بإحداثيات هندسية خط طول و خط عرض وارتفاع.

**1.2 خط الطول (L):** هي الزاوية التي يصنعها مستوى الزوال المار عبر المنطقة مع مستوى الزوال الافتراضي المار بخط غرينتش كمبدأ إحداثيات 0°.

$$L \in [-180^\circ, +180^\circ]$$

**2.2 خط العرض (φ):** هي الزاوية المشكلة بين قطر الواصل لمركز الأرض مع مستوى خط الاستواء.

$$\varphi \in [-90^\circ, +90^\circ]$$

φ < 0: جنوب خط الاستواء

φ > 0: شمال خط الاستواء

**3.2 ارتفاع المنطقة (h):** هي المسافة بين نقطة من الأرض مع مستوى المتوسطي لسطح البحر عادة يحسب بوحدة المتر.

## 3.I الإحداثيات الفلكية للشمس:

### 1.3 الانحراف الشمسي (Declination) (δ):

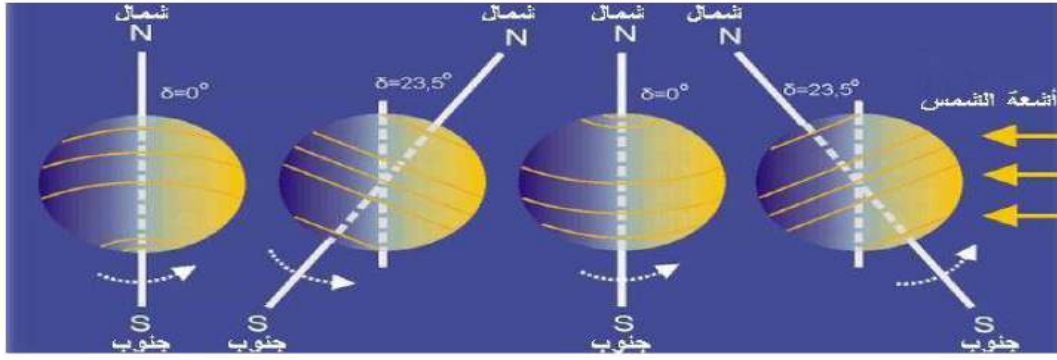
تدور الأرض حول الشمس عبر مسار اهليجي حيث تكمل دورة كاملة خلال 365.25 يوم موجودة ضمن "مستوى الاهليجي"، حيث هي الزاوية التي يصنعها الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض مع دائرة خط الاستواء. تتراوح قيمتها بين 23.45° + و 23.45° - كما في شكل (3.1) ويمكن حساب هذه الزاوية على مدار السنة من خلال العلاقة التالية [8،9]:

$$\delta = 23 \cdot 45^\circ \cdot \sin \frac{360}{365} (284 + Nj) \quad (1-1)$$

Nj يمثل رقم اليوم في الشهر.

حيث نأخذ القيمة العظمى في:

- 23.45 + في 21 جوان انقلاب صيفي
- 23.45 - في 21 ديسمبر انقلاب شتوي



الشكل (3.1): ميلان الأرض عن محورها

### (2.3) زاوية الساعة الشمسية (Hour angle) ( $\omega$ ):

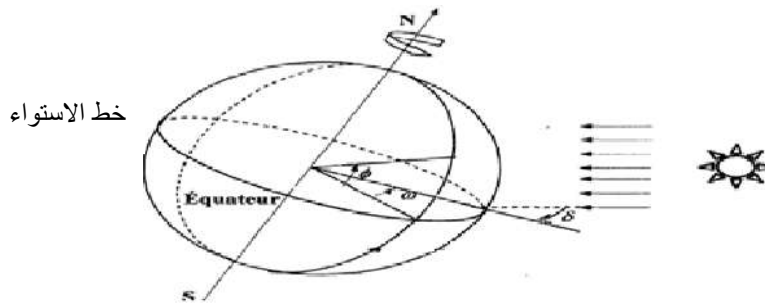
هي التي يمكن تحديدها من خلال دوران الأرض حول محورها وتتعلق مباشرة بالزمن الحقيقي للشمس وهي وحدة قياس الوقت بدلالة الزاوية بحيث كل ساعة = 15° أو 24 ساعة = 360° وتقاس من وقت الظهر الشمسي وتكون سالبة قبل الظهر وموجبة بعد الظهر. فعلى سبيل المثال تكون الساعة الزاوية :

- عند الساعة الثامنة صباحاً  $\omega = -60^\circ$
- وعند الساعة التاسعة مساءً  $\omega = +135^\circ$

وعند الظهر الشمسي تكون الشمس في أعلى نقطة لها في السماء بالنسبة للناظر. كما في الشكل (4.1).

ويمكن حساب الساعة الزاوية بدقة مقبولة إذا تم ضبط الظهر الشمسي يومياً  $t_s = 12$  بتطبيق العلاقة التالية [10]:

$$\omega = \left(\frac{\pi}{12}\right) (TSV - 12) \quad (2 - 1)$$



الشكل (4.1): زاوية كل من الميلان الشمسي و الساعة الزاوية [11]

3.3 الزمن الشمسي المتوسط (TSM) والحقيقي (TSV):

من أجل الانتقال من الزمن المحلي إلى الزمن المتوسط يجب أن نستعمل المعادلات التالية:

$$TSM = \begin{cases} TU + \frac{L}{15} ; (*) \\ TU - \frac{L}{15} ; (**) \end{cases} \quad (3-1)$$

حيث TU الزمن المحلي لخط الزوال المار عبر خط غرينتش .

(\*) : تخص خطوط الطول جهة الشرق.

و (\*\*): خطوط الطول جهة الغربية لخط غرينتش.

(TSV) عبارة عن مجموع الزمن المتوسط مع معادلة التصحيح الزمني Et . ويحسب بالدقيقة كما يلي :

$$TSV = TSM + Et \quad (4-1)$$

4.3 المعادلة الزمنية (Et):

نفترض Et دورية خلال السنة (تقويم الزمن خلال السنة الكبيسة )، يمكن حساب الحدود الثلاثة الأولى للدالة التوافقية حسب نشر سلسلة فوري بالشكل التالي [9]:

$$Et(\text{degré}) = 229.1(0.000075 + 0.001868 \cos(X) - 0.032 \sin(X) - 0.014615 \cos(2X) - 0.0489 \sin(2X)) \quad (5-1)$$

على اعتبار أن X تعطى بـ :

$$X = (Nj - 1) \left( \frac{360}{265} \right) \quad (6-1)$$

في غالب الأحيان يتم استعمال صيغة تقريبية وبسيطة كما يلي :

$$Et(\text{min}) = 9.9 \sin \left[ 2 \left( Nj \left( \frac{360}{365} \right) + 100 \right) - 7.7 \left( Nj \left( \frac{360}{365} \right) - 2 \right) \right] \quad (7-1)$$

$$(\text{Degré}) = 15(TSV-12) \quad (8-1)$$

4.I الإحداثيات السماوية الأفقية:

1.4 زاوية سمت الرأسى (a):

هي الزاوية التي يصنعها عمود على سطح جسم ما مع الإشعاع الشمسي الساقط عليه [8].

$$a \in [-180^0, +180^0]$$

a=0 : مسقط الشعاع الشمسي منطبق على المحور جنوب

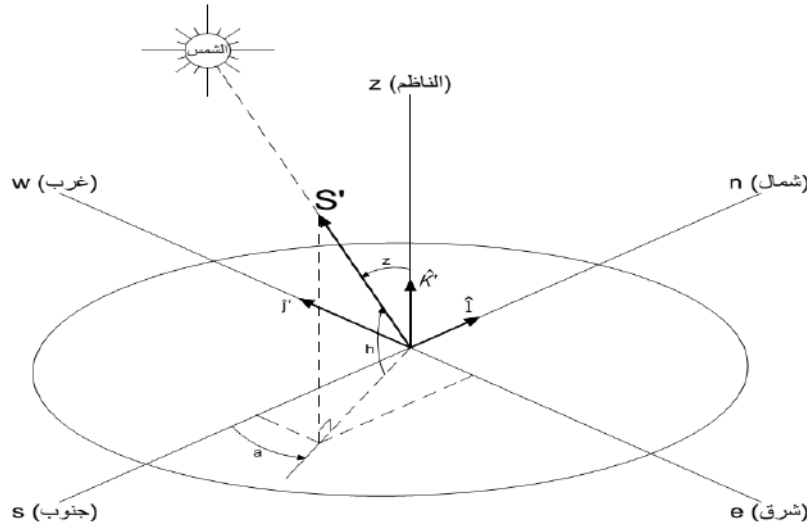
a>0 : مسقط الشعاع الشمسي منحرف عن المحور جنوب باتجاه الغرب

a<0 : مسقط الشعاع الشمسي منحرف عن المحور جنوب باتجاه الشرق

تحسب هذه زاوية كالاتي :

$$a = 90 - \theta z \quad (9 - 1)$$

$$\sin a = \cos L \cos \delta \cos \varphi + \sin L \sin \delta \quad \text{أو (10 - 1)}$$



الشكل (5.1): زاوية السمت الرأسى وزاوية الارتفاع الشمسي [12]

2.4 زاوية الارتفاع الشمسي (altitude angle) (h):

هي قياس بعد الشمس عن الأفق أو هي الزاوية التي يصنعها شعاع الشمس الواصل إلى نقطة من سطح الأرض مع المستوي الأفقي المار بالنقطة (الخط الواصل بين مركز الشمس ومركز الأرض المار بالنقطة) كما في الشكل (5.1) [8، 10].

$$h \in [-90^0, +90^0]$$

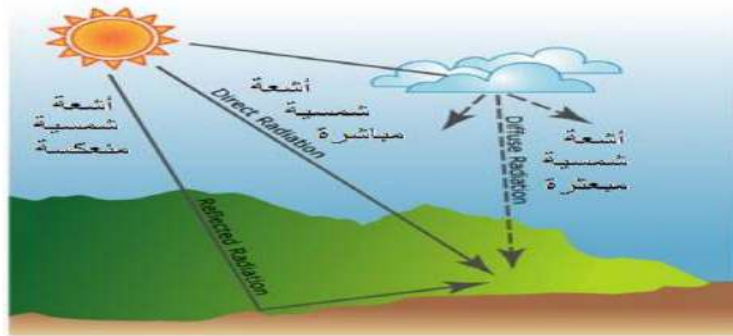
$h=0$  : عند شروق وغروب الشمس  $h>0$  : في النهار  $h<0$  : في الليل

$$\sin (h) = \cos (\delta) . \cos (\varphi) . \cos (\omega) + \sin (\delta) . \sin (\varphi) \quad (11 - 1)$$

### 5.I الإشعاع الشمسي الوارد للأرض :

إن جميع الأشعة الواردة من الشمس لا يمكنها اجتياز كاملاً للغلاف الجوي، بل ينعكس معظمها بفعل عدة عوامل نذكر من بينها التي تخترق الغلاف الجوي:

- **الأشعة المباشرة** : هي الأشعة التي يمكنها اختراق الغلاف الجوي دون تعرضها لأي تغييرات.
- **الأشعة المنتشرة** : هي الأشعة التي تنعكس بفعل جزيئات العائمة في الجو منها الصلبة أو السائلة .
- **الإشعاع الكلي**: وهو مجموع كل من الأشعة المباشرة والمنتشرة معا كما يوضحه الشكل التالي: [10، 9]



الشكل (6.1): مخطط يوضح وصول الإشعاع الشمسي إلى سطح الأرض [13]

### 1.5 ثابت الشمسي على مستوى الغلاف الجوي:

هو مقدار الطاقة القادمة من الشمس لوحدة الزمن الساقطة عمودياً على وحدة المساحة على سطح مستو خارج الغلاف الجوي الأرضي عندما يكون متوسط المسافة بين الأرض والشمس  $1.495.10^{11}$  m، والقيمة المتوسطة للثابت الشمسي هي  $(E_0=1353w/m^2)$  [10].

I.6 (6) الإشعاع الوارد على سطح مائل:

1.6 (1) الإشعاع الشمسي المباشر:

هو عبارة عن مسقط المركبة النظامية على السطح المائل حسب (Communay, 2002):

$$I_N = \rho I_0 I_{T-s} \exp\left(\frac{-1}{6 \sin(h+2)}\right) \quad (12 - 1)$$

يكون لدينا:

$$I_D = I_N \cos(i) \quad (13 - 1)$$

$I_N$  : يمثل المركبة النظامية للإشعاع المباشر .

$i$  : هي زاوية الورود للإشعاع.

$\rho$  : سماحية الرؤية .

1.1.6 (1) صيغة Kasten لحساب مقدار الإشعاع الشمسي الكلي الوارد :

يمكننا حساب قيمة الإشعاع المباشر والمنتشر بهذه الصيغة وهي أكثر ملائمة من الصيغة السابقة وذلك بإدخال كلا من معامل نقاوة  $T_L$  والمسار المرئي للغلاف الجوي  $m_h$ ، الذي يحسب بدلالة الارتفاع الشمسي وارتفاع  $h$  عن مستوي سطح الأرض للموقع  $Z$  بالكيلومتر عن طريق المعادلة التالية [11]:

$$m_h = \frac{1}{\sin(h)} \left(1 - \frac{Z}{10}\right) \quad (14 - 1)$$

الصيغة السابقة صالحة بشرط أن يكون معامل الاضطراب للغلاف الجوي يأخذ الصيغة التالية:

$$T_L = 2 \cdot 5 + 16\beta_A + \ln \omega_c \quad (15 - 1)$$

يمثل كلا من  $\beta_A$  معامل انغيشتروم و  $\omega_c$  ارتفاع الماء المكثف يأخذان القيم التالية حسب طبيعة الحالة الجوية كما هو مبين في الجدول التالي :



جدول (1.1) : قيم معامل الاضطراب ومعامل ارتفاع الماء المكثف [9].

سواء صافية	سواء متوسطة	سواء مضطربة	
0.05	0.1	0.2	$\beta_A$
1cm	2cm	5cm	$\omega c$

### 7.I المركزات الشمسية:

تسمح تقنية المركزات الشمسية بالاستغلال الواسع للطاقة الشمسية تقوم بتركيز الإشعاع الشمسي عن طريق عملية الانعكاس في مساحة ماصة صغيرة حيث تقلل الضياعات الحرارية وبالتالي زيادة الكفاءة ورفع درجة الحرارة المائع التحميل، حيث تتميز أنها لا تستعمل إلا الإشعاع الشمسي المباشر وهذا يتطلب نظام تتبع مستمر للشمس [5].

### 1.7 تاريخ المركزات الشمسية :

يعود تاريخ استخدام تركيز الإشعاع الشمسي إلى (212 ق-م)، عندما قام (Archimedes) بحرق سفن الرومان بمئات الدروع المصقولة (مرآة مقعرة) بتوجيهها نحو أسطولهم البحري [3]. في القرن الثاني قبل الميلاد (295-375) وصف عالم الرياضيات اليوناني (Diocles) الخصائص البصرية لحوض صغير قطع مكافئ (PT) [14].

في القرن 15 قام الكيميائيون العرب في دمشق باستغلال تركيز الطاقة الشمسية بواسطة المعادن المصقولة في عملية التقطير كما ذكر ذلك (A Mouchot) في 1869 [3].

في عام 1746 وصف العالم الفرنسي (Cont de Buffon) تطور تصميمات (heliostat) الهليوستات هي أداة ذات مرآة تعكس الشمس في اتجاه واحد [14].

في القرن 18 تم استخدام الأفران الشمسية التي قد صمم احدها الفرنسي (Lavoisier) سنة 1774 حيث بلغت درجة حرارة الفرن 1750°C لصهر المعادن عن طريق تركيز الإشعاع الشمسي بواسطة الحديد والزجاج المصقول والعدسات والمرايا [3].

حيث بدأت الأبحاث العلمية الحديثة في مجال الطاقة الشمسية في عام 1855 عندما قام العالم الاسترالي (C.Guntur) باختراع الغلاية الشمسية باستخدام المرايا [15].

خلال الفترة (1864-1978) قام (August Monchot) (عالم الرياضيات والفيزياء) بإنشاء وتشغيل عدة محركات بخارية تعمل بالطاقة الشمسية، أهمها تشغيل مطبعة [3].

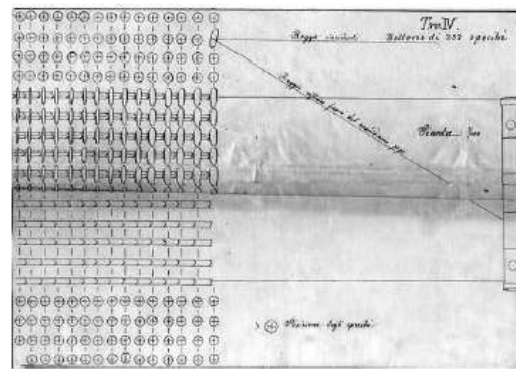
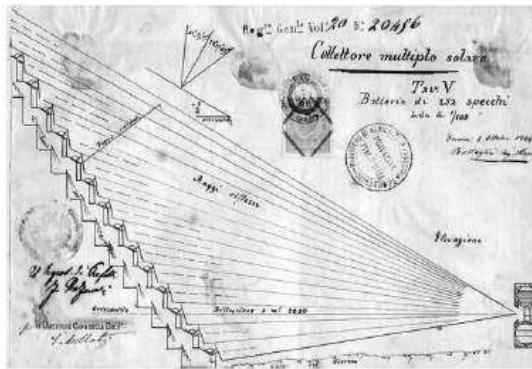
وفي عام 1866 أنشأ المخترع الفرنسي (August Monchot) حوض قطع مكافئ لإنتاج البخار لأول ماكينة بخار بالشمس.

وفي عام 1878 اخترع نظام محرك بخار مدفوع بطبق (dish) والذي عرض بالمعرض العالمي بباريس [14].

(Abel pifre) الذي كان معاصرا لـ (A Monchot) وصمم كذلك محركات شمسية بواسطة مجمع شمسي يتكون من عاكس على شكل صحن قطع مكافئ مركب من قطع مرايا صغيرة جدا.

في عام 1880 أنشأ المهندس الميكانيكي (John Ericsson) أول مجمع اسطواني قطع مكافئ (PTC) يستخدم لتشغيل محرك الهواء الساخن [3].

في عام 1886 سجل أول اختراع لمجمع شمسي بمعرفة العالم الايطالي (Alessandro Battaglia) كما في شكل الموالي :



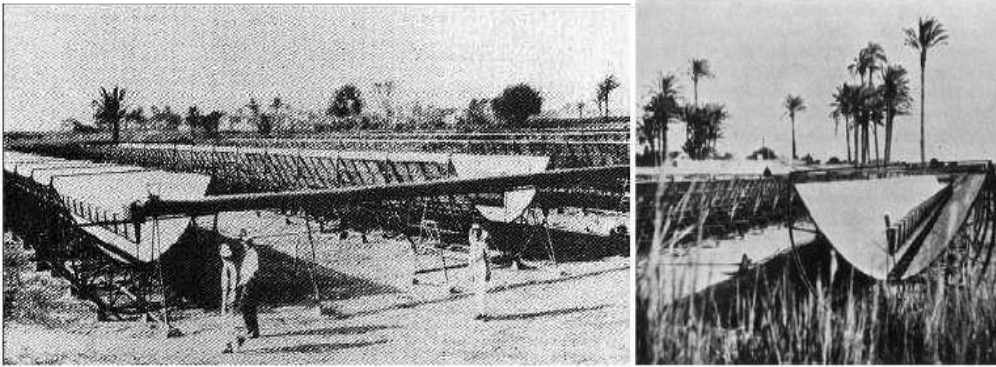
شكل (7.1): اختراع لمجمع شمسي للعالم (Alessandro Battaglia) [14].

في 1901 قام (A. G. Eneas) بتغذية مزرعة بجهاز يضخ المياه في كاليفورنيا من خلال تثبيت مجمع شمسي قطع مكافئ بقطر 10m لتركيز أشعة الشمس في البؤرة التي تحوي مرجلا لإنتاج البخار.

في عام 1904 قام (Himalaya) بإنشاء فرن شمسي كبير على شكل قطع مكافئ، تم عرضه في المعرض العالمي St Louis.

في عام 1907 الألماني (Wilhelm Meie) و (Adolf Remshardt) أول من اخترعا المجمع الاسطواني القطع مكافئ المشتغل في توليد البخار وحصولا على براءة الاختراع التكنولوجي فهادا لعام.

في عام 1913 قام (Frank Shuman) بالتعاون مع الأمريكي (C.V.Boys) ببناء اكبر محطة ضخ في العالم في مصر بمنطقة المعادي شكل (3)، بواسطة المجمعات الشمسية الاسطوانية القطع مكافئة بطول 62m للوحدة وبمساحة استقبال كلية  $1200m^2$  وتنتج (37-45)KW خلال 5 ساعات تشغيل في اليوم، حيث يضخ النظام 2700L من الماء في الدقيقة ، وعلى الرغم من نجاح المحطة إلا انه تم إغلاقها في 1915 بسبب اندلاع الحرب العالمية الأولى وانخفاض أسعار الوقود [14،3].



شكل (8.1): حوض قطع مكافئ لإدارة نظام ضخ

في عام 1929 قام العالم الأمريكي دكتور (Robert Hutchings Goddard) ببناء أول نظام محطة حرارية شمسية بطبق مثبت بيه مرايات [14].

في أواسط الثلاثينات ظهرت فكرة تسخين المياه المنزلية باستغلال الطاقة الشمسية، لكنها لم تحظ بالاهتمام إلا في النصف الأخير من القرن.

في أوائل الستينات تم صناعة سخانات المياه التي تعمل بالطاقة الشمسية وانتشرت في العديد من دول العالم، حيث النموذج المصنع يتكون من سطح امتصاص ذو لوحين معدنيين بطلاء أسود ومساحته  $(3-4)m^2$  وخزان سعته من (150-180)L.

في عام 1968 تم تشغيل أول محطة شمسية مركزية بإيطاليا.

في عام 1977 بدأ تطوير وتمويل أبحاث أنظمة الطاقة الشمسية الحرارية من طرف وزارة الطاقة في الولايات المتحدة الأمريكية (USA) والوزارة الاتحادية الألمانية.

في عام 1979 تم تصنيع أول محطة حديثة للطاقة الشمسية الحرارية في (Goolidge /Arizon) ذات تركيز خطي استطاعتها 150KWe.

في عام 1981 شاركت 9 دول أعضاء في وكالة الطاقة الدولية في مشروع بناء المحطة الشمسية (Almeria) باستطاعة 500KW [3].

في عام 1983 تم تشغيل بنجاح لأول ماكينة حرارية بتمويل خاص في أريزونا، تحتوي على مجمعات حوض قطع مكافئ بمساحة استقبال  $5580m^2$  لأغراض التدفئة الحرارية لخزانات شركة معالجة النحاس حيث تفوق درجة الحرارة الناتجة  $260C^{\circ}$ .

في 1983 وقعت شركة (Southern California Edison) «SCE» اتفاقاً مع «LUZ» الدولية المحدودة على بناء محطة الطاقة الشمسية الحرارية (SEGS) حيث بدأت العمل في (1985-1986). كانت لولادة الحقيقة لـ (CSP) كأساس للصناعة في كاليفورنيا، حيث وضعت سياسة لإنشاء 9 أحواض قطع مكافئ منفصلة بقدرة إجمالية 354MWe ، لهذه المحطات أكثر من  $20000000m^2$  مساحة مرايات. وفي وقت لاحق وقعت «LUZ» عقوداً مع «SCE» أدت إلى تطوير (SEGS) حيث ارتفعت استطاعة المحطة من 30MW إلى 80MW إلى 354MW [3،14].

ويوضح جدول (2.1) خصائص هذه المحطات الشمسية المركزة ويوضح شكل (9.1) المحطتان 3 و 7 بكاليفورنيا- الأمريكية.



شكل (9.1): المحطتان 7 و 3 بكاليفورنيا- الأمريكية [14].

جدول (2.1): يمثل خصائص المحطات الشمسية المركزة بكاليفورنيا- الأمريكية

رقم المحطة	سنة بداية التشغيل	إجمالي المخرج (MWe)	درجة حرارة مخرج الحقل الشمسي (C°)	مساحة الحقل الشمسي (m <sup>2</sup> )	كفاءة التربينه (%)	المخرج السنوي (GWha)	تجهيزات
1	1985	13.8	307	82960	31.5/-	30	تخزين حراري (3br)
2	1986	30.0	316	1903338	37.3/29.4	80	محمصات تعمل بالغاز
3/4	1987	30.0	349	230300	37.4/30.6	93	غلاية غاز
5	1988	30.0	349	250500	37.4/30.6	93	غلاية غاز
6	1989	30.0	390	188000	39.5/37.5	91	غلاية غاز
7	1989	30.0	390	194280	39.5/37.5	93	غلاية غاز
8	1990	80.0	390	464340	37.6/37.6	253	سخان سوائل بالمبادل الحراري يعمل بالغاز
9	1991	800	390	483960	37.6/37.6	256	سخان سوائل بالمبادل الحراري يعمل بالغاز

بعد سنة 1990 تم توسيع انتشار تطبيقات الطاقة الشمسية الحرارية كطاقة نظيفة ومتجددة، و تسطير البرنامج العالمي للطاقة الشمسية (1996-2005) الذي أقرته الدورة 55 للأمم المتحدة من أهداف اقتصادية واجتماعية وبيئية [3] .



مخطط (10.1): استخدامات الطاقة الشمسية [16] .

## (2.7) أنواع المركزات الشمسية:

### (1. 2.7) نظام المجمع الاسطواني القطع مكافئ (PTC):

يتكون نظام (PTC) من مستقبل أنبوبي مفرغ يوضع على طول الخط البؤري للعاكس القطعي. الأنبوب مثبت على هيكل المرآة ويستخدم لنقل أشعة الشمس التي تعكسها المركزات الخطية إلى وسيط نقل الحرارة (ماء أو وسيط آخر) المار من خلال الأنبوب. ولضمان سقوط أشعة الشمس على الأنبوب يجب أن تكون مجموعة العاكس و الأنبوب مجهزة بنظام تتبع الشكل (11.1) .

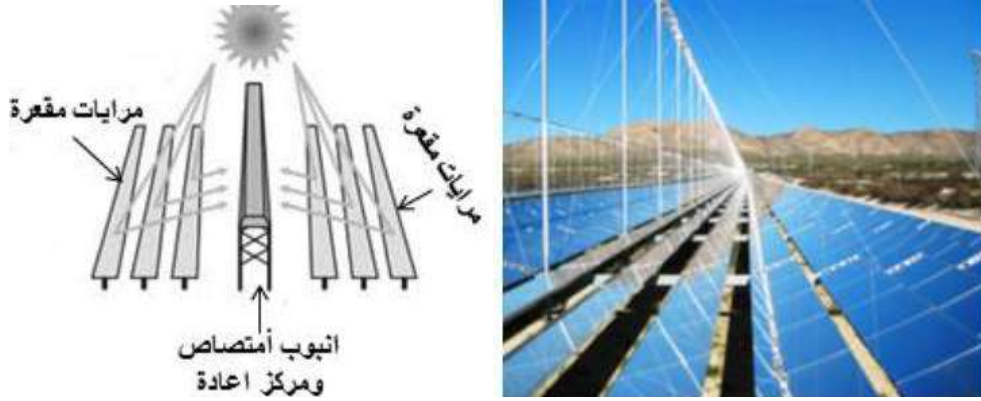


الشكل (11.1) : المجمع الشمسي الاسطواني القطع مكافئ (PTC) [14، 17]

### (2.2.7) نظام عاكس فرينل الخطي (LFR):

يتكون من شرائح طويلة من المرايا لتركيز ضوء الشمس على أنبوب امتصاص ثابت يقع في الخط البؤري المشترك للعاكسات. يتم استخدام مرآة قطعية صغيرة في الجزء العلوي من

أنبوب الامتصاص كمرکز ثانوي لزيادة تركيز حزمة الأشعة المنعكسة عن مرآيا فريزل على أنبوب الامتصاص. حيث زيادة عرض جهاز الاستقبال يجعله يتكون من عدة أنابيب متوازية كما يوضحه الشكل (12.1):



الشكل (12.1): عاكس فريزل الخطي (LFR) [18،16]

### 3.2.7 نظام الاسطواني القطع مكافئ ذي العاكس المزدوج (CPC):

يتكون من عاكسان اسطوانيان مقطعهما قطع مكافئ لهما نفس البؤرة الخيطية، حيث يتم تثبيت الأنبوب الماص، وتبلغ نسبة التركيز الهندسي (3-10)، وتصل درجة حرارة المائع (  $80^{\circ}\text{C}$  -  $300^{\circ}\text{C}$  )، ويتم التتبع الشمسي وفق محور دوران واحد كما يوضح الشكل التالي :

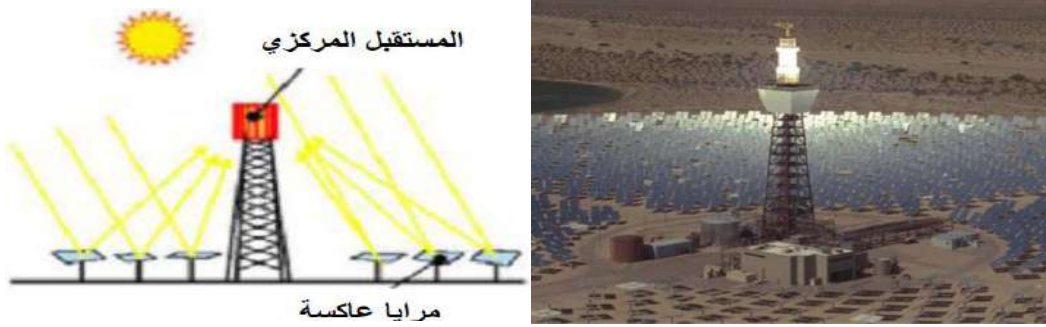


الشكل (13.1): المجمع الشمسي الاسطواني القطع مكافئ ذو العاكس المزدوج (CPC)

### 4.2.7 نظام المستقبل المركزي (CRS):

تتكون من مرآيا مسطحة تغطي مساحات شاسعة، وتكون هذه المرآيا مزودة بنظام تتبع شمسي على محوري دوران، ويتم توجيهها بحيث يتركز الإشعاع الشمسي المباشر على جهاز استقبال مركزي، و تحويل الطاقة الشمسية إلى حرارة بواسطة المستقبل المركزي ومن ثم تنتقل

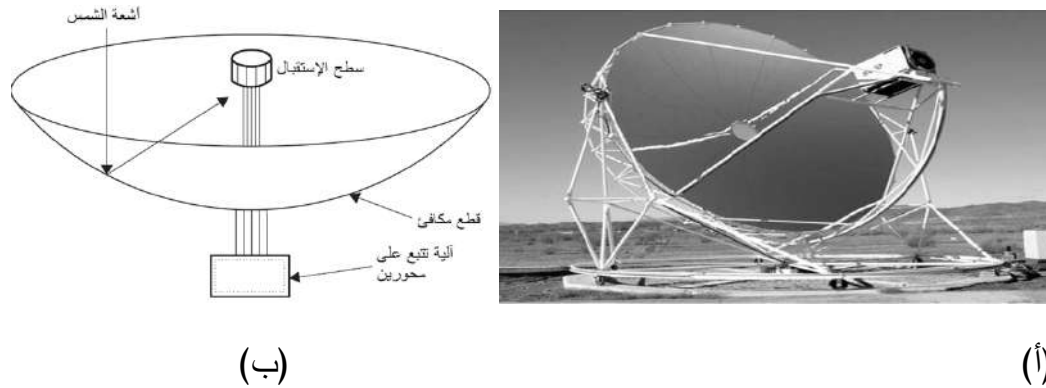
إلى المائع (HIF) الذي يكون عادة أملاح منصهرة، ويتم توليد البخار بواسطة المبادلات الحرارية ومن ثم إنتاج الطاقة الكهربائية عبر دورة ترموديناميكية كما في الشكل (14.1)[16]:



الشكل(14.1):المركزي الشمسي CRS[19,18].

### 2.5.7 نظام الصحن القطع مكافئ (DP):

يتكون من صحن عاكس ذو شكل قطع مكافئ، وجهاز الاستقبال مثبت في البؤرة النقطية، ويتم التتبع الشمسي على محورين حيث يتم امتصاص الإشعاع الشمسي على شكل حرارة من طرف جهاز استقبال الذي يحوي على غاز لتشغيل توربينات الشكل (5):



الشكل (15.1): (أ) مجمع طبقي ذو قطع مكافئ. (ب) رسم تخطيطي للمجمع [5].

### الخاتمة:

في هذا الفصل تم التعرف على مصادر الأشعة الشمسية وأنواعها منتشرة ومباشرة وكلية وعلى طريقة استخدام الحساب النظري لطيف والزوايا الشمسية لتقدير الإشعاع الشمسي.

وسلط الضوء على أهم التطبيقات الحرارية والضوئية والتي تحتاج إلى منظومة (المجمعات والمركزات) لتقوم بتحويل هذه الطاقة حسب الحاجة ومن بينها المركز الاسطواني القطع المكافئ الذي هو محور دراسة الفصل الموالي.



الفصل الثاني:

المركز الاسطواني القطع المكافئ

PTC

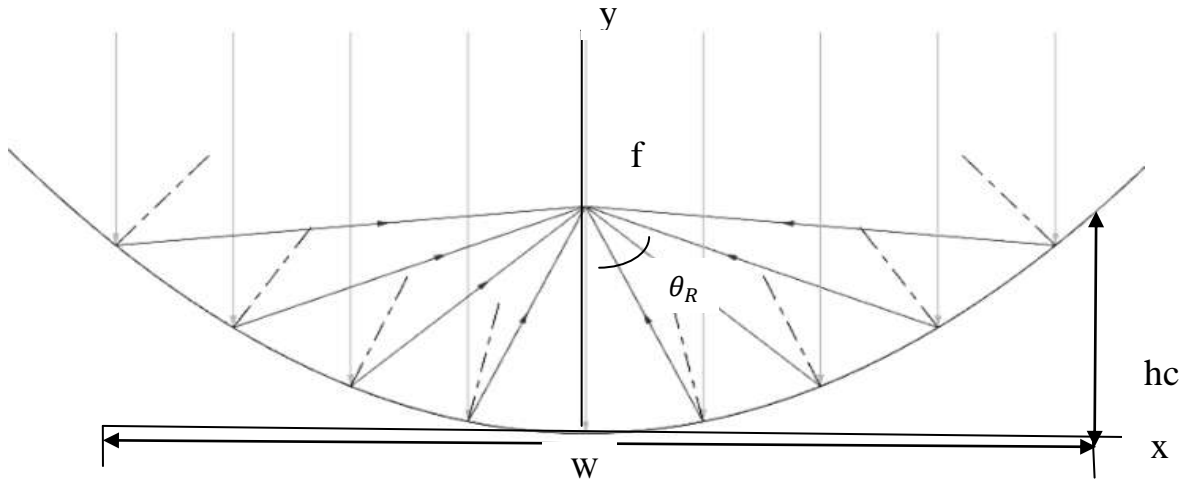
(II) المقدمة:

إن المجمعات الشمسية ذات الأحواض المكافئة هي الأكثر استخداماً في تطبيقات الحرارية من بين تقنيات الطاقة الشمسية التي تهدف إلى توليد الطاقة عند درجات حرارة تصل إلى  $400^{\circ}\text{C}$  ، حيث يمكن الحصول على منظومة ذات وزن خفيف وتقنياتها منخفضة التكاليف باستخدام مجمع شمسي الاسطواني قطع المكافئ ، وسيتم التعرف عليها بالتفصيل في هاذ الفصل الذي هو موضوع اهتمام هذه الدراسة ثم بعد ذلك تقدم المعادلات الوصفية له [5] .

(1.II) الخصائص الهندسية للمركز الشمسي الأسطواني ذو القطع المكافئ PTC:

يتكون النظام PTC من عاكس أسطواني ذي مقطع عرض من قطع مكافئ أي عبارة عن مجموعة من النقاط التي تقع على مسافة متساوية في مستقيم واحد ثابت يسمى الدليل، ونقطة ثابتة تسمى البؤرة (المحرق)، وتقاطع القطر (W) للقطع المكافئ، وتعطى بالمعادلة التالي [8، 20]:

$$y = \frac{1}{4f}x^2 \quad (1-2)$$



الشكل (1.2): هندسة القطع المكافئ

f يمثل البعد البؤري، وأبعاد PTC المتمثلة في طول L والعرض W وارتفاع hc، حيث حافتي

العاكس تتميز بالإحداثيات الديكارتية هي  $(x = \pm \frac{W}{2}, y = hc)$  كما في الشكل (1-2)

وعند تعويض إحداثيات الحافة في المعادلة الديكارتية نتحصل على عبارة البعد البؤري f بدلالة أبعاد PTC كالتالي :

$$f = \frac{W^2}{16hc} \quad (2 - 2)$$

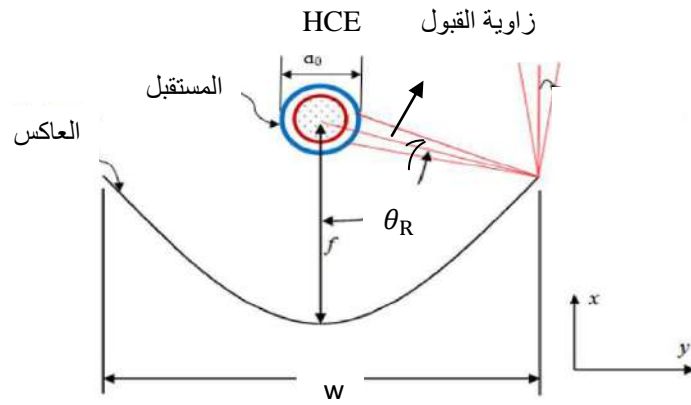
(1.1) زاوية الحافة  $\theta_R$ :

يُميز المركز الشمسي بزاوية الفتحة  $\theta_R$  حيث  $R$  تمثل نصف قطر حافة العاكس تعطى

$$\tan \theta_R = \frac{\frac{w}{f}}{2 - \frac{1}{8} \left(\frac{w}{f}\right)^2} \quad (3 - 2)$$

ومنه

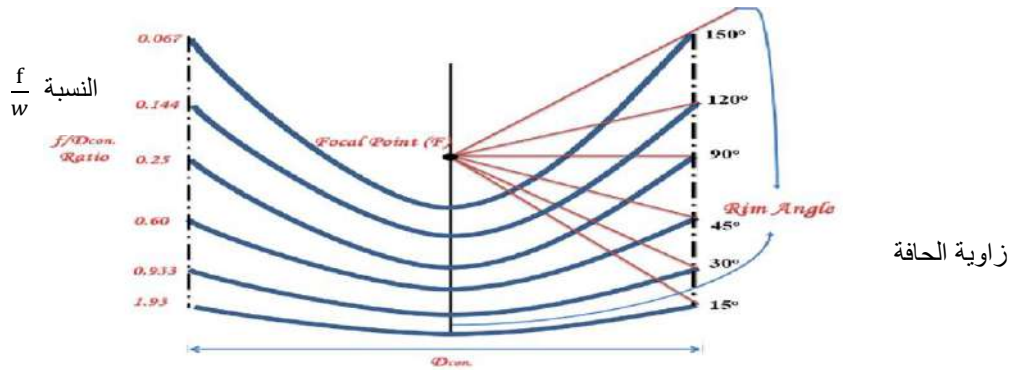
$$\frac{w}{f} = -\frac{4}{\tan \theta_R} + \sqrt{\frac{16}{\tan^2 \theta_R} + 16} \quad (4 - 2)$$



الشكل (2.2): زاوية الحافة وزاوية القبول لـ PTC [21]

(2.1) زاوية القبول:

هي الزاوية المحصورة بين الشعاع المنعكس نحو البؤرة والشعاع المنحرف عنها ويستقبل هذا الشعاع العنصر الجامع للحرارة، وتمثل أكبر قيمة لانحراف الشعاع المنعكس تسمح للأنبوب الماص باعتراضه، كما هو موضح على الشكل (2.2):



الشكل (3.2): العلاقة بين زاوية الحافة ونسبة البعد البؤري للعرض الفتحة  $(f/w)$  [22]

3.1 مساحة الفتحة  $A_{ap}$ :

وهي الحيز (المساحة) الذي يستقبله الإشعاع الشمسي المباشر وتعطى كالتالي [23]:

$$A_{ap} = w \cdot L \quad (5-2)$$

4.1 التركيز الهندسي C:

هي النسبة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقط على الخط البؤري وشدة الإشعاع الشمسي المباشر الساقط على فتحة المجمع، وكذلك تمثل نسبة مساحة الفتحة إلى مساحة السطح المستقبل (الأنبوب الماص) ويعطى بالعلاقة:

$$C = \frac{A_{ap}}{A_r} = \frac{(w - Dr_{ex})L}{\pi \cdot Dr_{ex} \cdot L} = \frac{(W - Dr_{ex})}{\pi \cdot Dr_{ex}} \quad (6-2)$$

5.1 مساحة سطح العاكس  $A_{ref}$ :

وهي مساحة العاكس الأسطوانى القطع المكافئ وتعطى بالعلاقة:

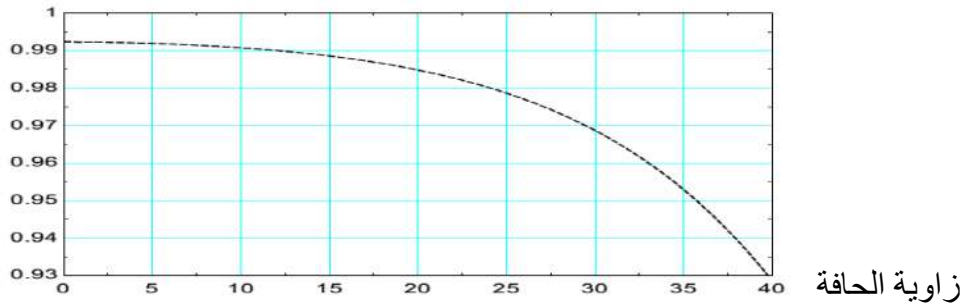
$$A_{ref} = L \cdot S_p \quad (7-2)$$

$S_p$  تمثل طول القوس القطع مكافئ من العاكس والذي يعطى بالعلاقة:

$$S_p = \left[ \frac{W}{2} \sqrt{\left[ \frac{4 \cdot hc}{W} \right]^2 + 1} \right] + 2f \ln \left[ \frac{4 \cdot hc}{W} + \sqrt{\left[ \frac{4 \cdot hc}{W} \right]^2 + 1} \right] \quad (8-2)$$

6.1 معامل الاعتراض  $\gamma$ :

وهو يمثل نسبة شدة الإشعاع الذي يستقبله الأنبوب الماص إلى شدة الإشعاع المنعكس بواسطة جهاز التركيز، ويتعلق معامل الاعتراض بزواوية الحافة حيث يتناقص بازدياد زاوية الحافة كما يوضحه الشكل (4.2):

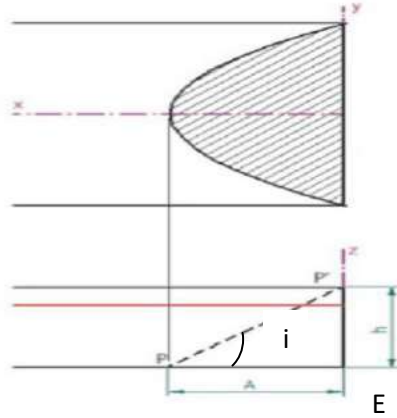


الشكل (4.2): بيان تغيرات معامل الاعتراض بدلالة زاوية الحافة

1.7 الضياعات الضوئية:

1.1.7 المساحة الضائعة بفعل التظليل:  $A_b$

وهي المساحة التي تتعرض إلى التظليل نتيجة زاوية ورود الإشعاع الشمسي كما يبين الشكل التالي:



الشكل (5.2): مساحة الفتحة الضائعة بفعل التظليل

من المثلث (P P E) :

$$A = hc \tan i \quad (9 - 2)$$

ومنه تكون عبارة المساحة الضائعة بفعل التظليل كمايلي :

$$A_b = \frac{2}{3} W hc \tan i \quad (10 - 2)$$

$i$ : زاوية ورود الإشعاع الشمسي

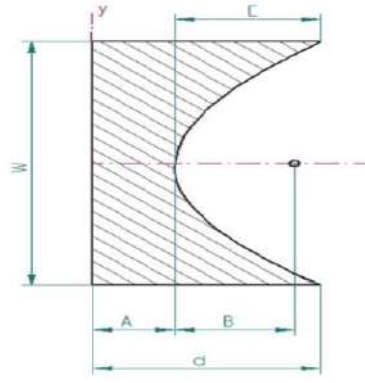
$A_b$ : هي مسقط عمق القطع مكافئ على سطح الفتحة نتيجة التظليل ، ومن أجل ( $i = 0$ )

الإشعاع عمودي على السطح الفتحة (حالة محوري دوران) فإن  $A_b = 0$

2.1.7 المساحة الضائعة بفعل النهايات:  $A_e$

وهي المساحة التي لا ينعكس الإشعاع الشمسي الساقط منها على الأنبوب الماص، نتيجة

زاوية ورود الإشعاع الشمسي كما يوضح الشكل الموالي:



الشكل (6.2): مساحة الفتحة الضائعة بفعل النهايات

$$A = f \cdot \tan i \quad (11 - 2)$$

$$B = \frac{f}{\tan i} \quad (12 - 2)$$

ولدينا مساحة الشكل القطع مكافئ :

$$A_b = \frac{2}{3} Whc \tan i \quad (13 - 2)$$

و نتحصل على المساحة الضائعة  $A_e$  بفعل النهايات بطرح مساحة الشكل القطع مكافئ من مساحة المستطيل وتعطى بالعلاقة:

$$A_e = f \cdot w \cdot \tan i \left( 1 + \frac{W^2}{48f^2} \right) \quad (14 - 2)$$

ومن أجل الإشعاع الشمسي عمودي على سطح الفتحة ( $i = 0$ ) فإن  $A_e = 0$

3.1.7 معامل التراجع الهندسي  $f$ :

هو النسبة بين المساحة الكلية الضائعة بفعل التظليل والنهايات والى مساحة الفتحة كما يبينه الشكل (11-2) ويعطى بالعلاقة:

$$A_f = \frac{A_b + A_e}{A_{ap}} \quad (15 - 2)$$

ومن أجل الإشعاع الشمسي عمودي على سطح الفتحة ( $i = 0$ ) فإن  $A_f = 0$  [3]



الشكل (7. 2): المساحات الضائعة منفتحة (PTC) [24]

(2-II) المردود الضوئى  $\eta_{op}$ :

هو نسبة التدفق الطاقة الممتصة من طرف المستقبل على نسبة التدفق الطاقة المستقبلية من طرف العاكس ويكتب بالعلاقة التالية [28]:

$$\eta_{optique} = \frac{Q_{abs}}{Q_i} \quad (16 - 2)$$

$Q_{abs}$ : تدفق الطاقة الممتصة من طرف المستقبل.

$Q_i$ : تدفق الطاقة المستقبلية من طرف العاكس (الواردة).

ويعطى كذلك بالعلاقة التالية:

$$\eta_{op} = \rho^{\circ} \cdot \tau_c \cdot \tau_e \cdot \alpha_r \cdot [1 - A_f \cdot \tan i] \cos i \quad (17 - 2)$$

$\rho^{\circ}$ : معامل انعكاسية السطح العاكس.

$\tau_e$ : معامل النفاذية للظرف الزجاجي.

$\tau_c$ : معامل النفاذية للسطح الزجاجي.

$\alpha_r$ : معامل الامتصاصية للأنبوب الماص.

$\gamma$ : معامل الاعتراض.

$A_f$ : معامل التراجع الهندسي.

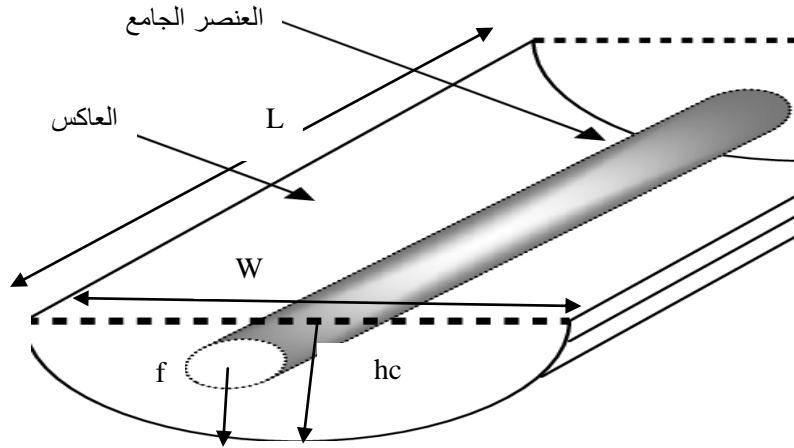
$i$ : زاوية الورود للإشعاع الشمسي.

ومن أجل الإشعاع الشمسي ناظمي على سطح الفتحة ( $0=i$ ) (ويتحقق هذا بصورة مستمرة في حالة التتبع بمحوري دوران) يكون المردود الضوئى:

$$\eta_{op(i=0)} = \rho^\circ \cdot \tau_c \cdot \tau_e \cdot \alpha_r \cdot \gamma \quad (18 - 2)$$

3.II مكونات المركز قطع مكافئ أسطواني:

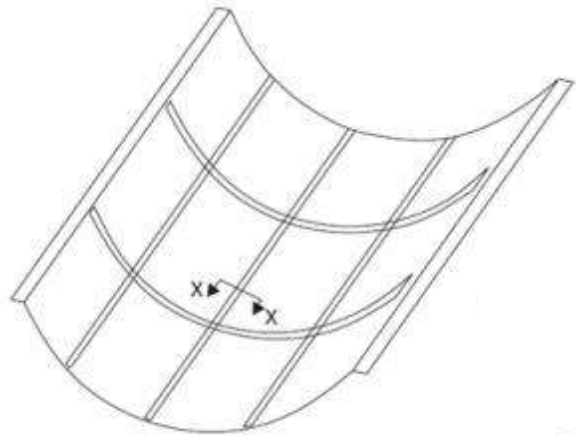
للمجمع PTC عناصر مهمة متمثلة في السطح العاكس قطع مكافئ أسطواني الذي يتمركزه العنصر الجامع للحرارة ويسري بيه مائع ويكون مثبت في الخط البؤري للعاكس . وأبعاده هي كالتالي: الطول L ، عرض الفتحة W ، البعد البؤري f ، الارتفاع hc .



الشكل(8.2): رسم تخطيطي للمجمع الاسطواني القطع المكافئ

1.3 العاكس:

يتكون سطح العاكس من مرآة زجاجية أو الألمنيوم أو اينوكس على شكل قطع مكافئ اسطواني حيث يتجاوز معامل الانعكاس %88، يتم تثبيته بدقة لمقاومته لمختلف الظروف المناخية وبوزن خفيف لسهولة تحريكه من أجل التتبع الشمسي ، كما يجب أن تحافظ مادته على معامل انعكاسها لمدة طويلة.



الشكل(9.2): رسم تخطيطي للعاكس من ألواح زجاجية [5]



### (2.3) العنصر الجامع للحرارة (HCE):

هو الأنبوب الماص المثبت في الخط البؤري للعاكس قطع مكافئ أسطواني، ويتكون عادة من النحاس أو الفولاذ المقاوم للصدأ، ولتحسين خواصه الضوئية و امتصاصه لجزء كبير من الإشعاع الشمسي الوارد وتقليل من ضياعه الحراري المنبعث يطلى سطحه الخارجي بطبقة انتقائية. ويحاط بزطف زجاجي ليحافظ على نفاذيته ومثابته تحت درجات حرارة عالية، و يكون مفرغ من الهواء لحماية سطحه انتقائي من التدهور والتأكسد .



الشكل (2.10): مقطع عرضي للعنصر الجامع للحرارة (HCE) [25]

### (3.3) المائع الناقل للحرارة (HTF):

من بين الموائع الأكثر شيوعا المستخدمة خلال تتبع الإشعاع الشمسي للجهاز PTC هي الماء، الزيوت الهيدروكربونية، الهواء... الخ وعند اختيارها لابد من مراعاة المعايير التالية :  
معامل التمدد منخفض، معامل اللزوجة منخفض، السعة الحرارية مرتفعة، نقطة التجمد منخفضة و الغليان مرتفعة.

### (4.II) أنظمة التتبع للمركز الاسطواني قطع مكافئ:

نظرا لدوران الشمس حول الأرض وتغير موضعها طيلة أيام (شروق - غروب) السنة، لهذا فإننا بحاجة إلى التتبع المستمر لتوجيه سطح الفتحة لضوء الإشعاع الشمسي من اجل الحصول على أقصى تدفق للطاقة الشمسية على فتحة نظام الاسطواني القطع المكافئ، ولتحسين في قيمة المردود الضوئي يوجد نوعان رئيسيان لتتبع الشمسي وهما :

#### (1.4) التتبع الشمسي بمحورين دوران:

في هذه الحالة تكون حركة المجمع رأسيا في اتجاه موضع الشمس وأفقيا نحو سمت الشمس ، بحيث تكون أشعة الشمس دوما واقعة ناظمية على سطح الفتحة ، وبالتالي تنعدم زاوية الورود و يكون المردود الضوئي أعظمي.

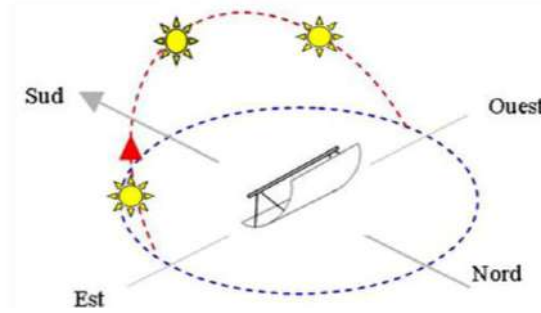
2.4) التتبع الشمسي بمحور دوران واحد:

في هذه الحالة تكون حركة المجمع رأسيا في اتجاه موضع الشمس بحيث تبقى أشعة الشمس دوما تقع على المستوى النظامي للفتحة، وبذلك يتم التحسين في قيمة المردود الضوئي ويوجد ثلاثة أنواع:

- في حالة الأنبوب الاستقبال متجه نحو شرق - غرب مع تتبع شمسي (شمال - جنوب) زاوية الورود تكتب:

$$\cos \theta = \sqrt{\sin^2(\delta) + \cos^2(\delta) \cos^2(\omega)} \quad (19 - 2)$$

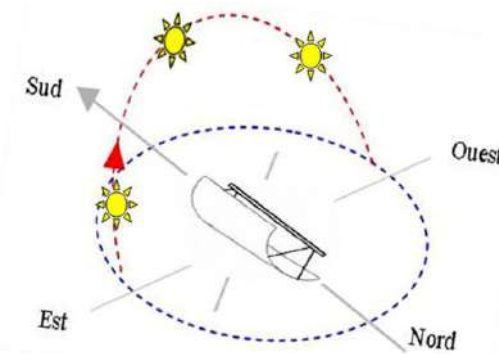
$$\cos \theta = \sqrt{1 - \cos^2(\delta) \sin^2(\omega)} \quad (20 - 2)$$



الشكل (11.2): تتبع شمسي (شمال - جنوب) لمركز قطع مكافئ الاسطواني

- في حالة الأنبوب الماص شمال - جنوب مع تتبع شمسي (شرق - غرب) تكتب زاوية الورود كالتالي:

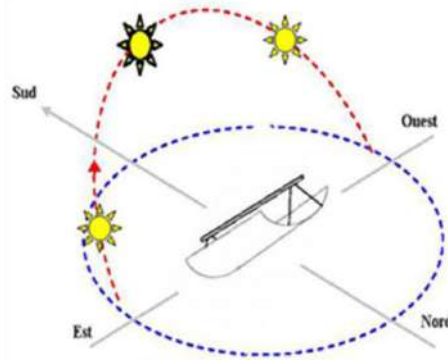
$$\cos \theta = \sqrt{(\cos(\theta) \sin(\varphi) \cos(\omega) - \cos(\delta) \cos(\omega))^2} \quad (20 - 2)$$



الشكل (12.2): تتبع شمسي (شرق - غرب) لمركز قطع مكافئ أسطواني

- في حالة أنبوب الاستقبال متجه نحو شمال - جنوب مع تتبع شمسي (شرق - غرب القطبي) تكتب زاوية الورود كالتالي

$$\cos \theta = \cos \delta \quad (21 - 2)$$



الشكل (13.2): تتبع الشمسي (شرق - غرب القطبي) لمركز قطع مكافئ أسطواني [27]

### 5.II معادلات الموازنة الحرارية:

أثناء تتبع الشمسي للمجمع PTC تحدث تبادلات حرارية بين الهواء الجوي للمحيط  $T_a$  والغطاء الزجاجي  $T_c$  والظرف الزجاجي  $T_e$  والأنبوب الماص  $T_r$  والمائع  $T_f$ ، سنقوم بالاعتماد على القانون الأول للترموديناميك بكتابة معادلات الموازنة الحرارية لكل أسطح مكونات المجمع الشمسي الاسطواني القطع المكافئ:

$$Q_{St} = Q_e - Q_s + Q_g \quad (22 - 2)$$

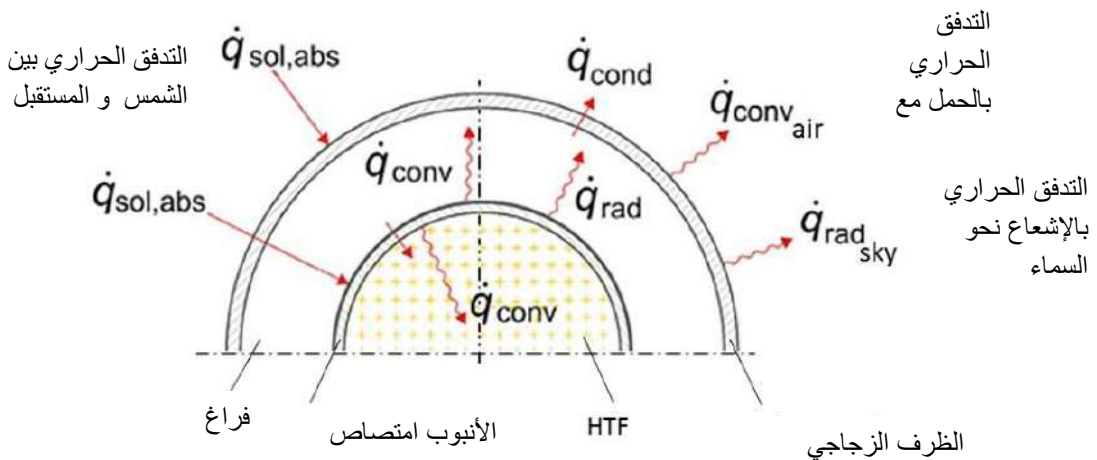
$Q_{St}$ : التدفق الحراري المخزن

$Q_e$ : التدفق الحراري الداخل

$Q_s$ : التدفق الحراري الخارج

$Q_g$ : التدفق الحراري المتوالد

التدفق الحراري بالتوصيل



الشكل (14.2): مخطط توازن الحراري لمقطع عرضي للمستقبل للمجمع PTC [26]

وتعطى علاقة كمية الاستطاعة المستقبلية من قبل الأنبوب الماص كما يلي:

$$Q_{ab} = A_0 \cdot I_d \cdot \rho_0 \cdot \alpha_0 \cdot \gamma \cdot K \quad (22 - 2)$$

K: ثابت متعلق بزواوية الورود علاقته هي:

$$K = 1 - 0.00384(\theta) - 0.000143(\theta)^2 \quad (23 - 2)$$

$$A_{ap} = L \cdot W$$

(1.5) معادلة موازنة الطاقة للمائع:

- يحدث تبادل حراري بين المائع ( رقائقيا ومضطرب ) والأنبوب الماص بواسطة الحمل القسري أثناء استقباله للحرارة.
- يخزن المائع الحرارة على شكل حرارة محسوسة.
- ارتفاع درجة حرارة المائع.

ومنه معادلة التوازن الحراري هي:

$$\rho_f \cdot A_f \cdot C_{p_{rf}} \cdot \frac{dT_f}{dt} = h_{conv(r \rightarrow f)} (T_r - T_f) \pi \cdot D_{r_{int}} \quad (24 - 2)$$

مساحة مقطع الأنبوب الماص هي:

$$int^2 \cdot A_f = \frac{\pi}{4} \quad (25 - 2)$$

ومنه نكتب:

$$\rho_f \cdot \frac{D_{r_{int}}}{4} \cdot C_{p_f} \cdot \frac{dT_f}{dt} = h_{conv(r \rightarrow f)} (T_r - T_f) \quad (26 - 2)$$

ويعطى معامل انتقال الحرارة بين الأنبوب الماص والمائع (HTF)

$$h_{conv(r \rightarrow f)} = \frac{Nu_{r \rightarrow f}}{D_{r_i}} \quad (27 - 2)$$

مساحة تبادل بينهما:

$$Ar_{int} = \pi \cdot D_{r_i} \cdot L \quad (28 - 2)$$

• في حالة السريان الرقائقى:  $Re_D \leq 2300$

$$Nu_f = 4.36$$

• في حالة السريان المضطرب والانتقالي من اجل  $5.10^6 \geq Re_D \geq 2300$  و  $2000 \geq Pr \geq 0.5$ :

$$Nu_f = \frac{\left(\frac{c_f}{2}\right) (Re_D - 1000) Pr}{1 + 12.7 \left(\frac{c_f}{e}\right)^{\frac{1}{2}} \left(Pr^{\frac{2}{3}} - 1\right)} \left(\frac{Pr}{Pr_w}\right) 0.11 \quad (29 - 2)$$

وتعطى عبارة رينولدز عند قطر الأنبوب الماص بـ:

$$Re_D = \frac{V_f \cdot \rho_f \cdot Dr_i}{\mu_f} \quad (30 - 2)$$

يمكن حساب الخواص الحرارية عند متوسط درجة حرارة بين الأنبوب الماص والمائع.

ويحسب معامل الاحتكاك  $C_f$  في حالة أنابيب ملساء بالعلاقة:

$$C_f = (1.58 \ln Re_D - 3.28)^{-2} \quad (31 - 2)$$

(2.5) معادلة موازنة الطاقة للأنبوب الماص:

- استقبال أنبوب الماص للإشعاع الشمسي بعد نفاذه من الغطاء الزجاجي ثم ينعكس .
- نفوذ الإشعاع المنعكس من ظرف الزجاجي وتخزينه للحرارة.
- انتقال الحرارة من ظرف الزجاجي إلى أنبوب الماص بالحمل والإشعاع.
- انتقال الحرارة من أنبوب الماص إلى المائع بالحمل القسري.

وتكتب معادلة التوازن بـ:

$$\begin{aligned} \rho_r \cdot A_r \cdot C_{p_r} \cdot \frac{dT_r}{dt} &= I \cdot C_g \cdot \tau_e \cdot \rho^\circ \cdot \tau_e \cdot \alpha_r \cdot \pi \cdot D_{ext} \\ &+ (h_{conv(r \rightarrow e)} + h_{conv(r \rightarrow e)})(T_e - T_r) \pi \cdot D_{ext} \\ &+ h_{conv(r \rightarrow f)}(T_f - T_r) \pi \cdot D_{int} \end{aligned} \quad (32 - 2)$$

علاقة مساحة مقطع جدار الأنبوب الماص هي:

$$A_r = \frac{\pi}{4} (Dr_{ext}^2 - Dr_{int}^2) \quad (33 - 2)$$

يعطى معامل انتقال الحرارة بالإشعاع بين الأنبوب الماص والظرف الزجاجي بالعلاقة التالية:

$$h_{rad(e \rightarrow r)} = \frac{\sigma(T_r + T_e)(T_r^2 + T_e^2)}{\frac{1}{\epsilon_r} + \frac{1 - \epsilon_r}{\epsilon_e} \left(\frac{Dr_{ext}}{De_{int}}\right)} \quad (34 - 2)$$

(3.5) معادلة موازنة الطاقة للظرف الزجاجي:

- استقبال الظرف الزجاجي الإشعاع الشمسي بعد النفاذ من الغطاء الزجاجي المسطح ثم ينعكس.
- يتبادل الظرف الزجاجي الحرارة مع الأنبوب الماص بالحمل والإشعاع.
- يتبادل الظرف الزجاجي مع الغطاء الزجاجي المسطح حرارة بالحمل والإشعاع.
- وتكتب معادلة التوازن كمايلي :

$$\rho_e \cdot A_e \cdot C_{pe} = I \cdot C_g \cdot \rho^\circ \cdot \tau_c \cdot \alpha_e \cdot \pi \cdot De_{ext} + [h_{conv(e \rightarrow r)} + h_{rod(e \rightarrow r)}] \pi \cdot De_{int} (T_r - T_e) + [h_{conv(e \rightarrow c)} + h_{rod(e \rightarrow c)}] \pi \cdot De_{ext} (T_c - T_e) \quad (35 - 2)$$

مساحة مقطع جدار الظرف الزجاجي هي :

$$A_e = \frac{\pi}{4} (De_{ext}^2 - De_{int}^2) \quad (36 - 2)$$

ويعطى معامل انتقال الحرارة بالحمل بين الظرف الزجاجي والهواء المحتبس تحت الغطاء المسطح (يكون بالحمل الطبيعي) بالعلاقة:

$$h_{conv(e \rightarrow c)} = \frac{Nu_{(e \rightarrow c)} \lambda_a}{De_{ext}} \quad (37 - 2)$$

$\lambda_a$  : معامل انتقال الحرارة للهواء تحت الغطاء المسطح، عند المتوسط بين درجة حرارة الظرف الزجاجي والغطاء المسطح.

ويحسب رقم نوسالت  $Nu_{(e \rightarrow c)}$  في الحمل الطبيعي بـ:

$$Nu_{e \rightarrow c} = \left[ 0.6 \frac{0.387 \cdot Ra_a^{\frac{1}{4}}}{\left[ 1 + \left( \frac{0.559}{Pr_a} \right)^{\frac{9}{16}} \right]^{\frac{8}{27}}} \right]^2 \quad (38 - 2)$$

$Ra_a, Pr_a$ : رقم برانتل ورايلي عند المتوسط بين درجة حرارة الظرف الزجاجي والغطاء المسطح ومن أجل البعد  $De_{ext}$ .

ويعطى معامل انتقال الحرارة بالإشعاع بين الظرف الزجاجي والهواء المحتبس تحت الغطاء المسطح بالعلاقة :

$$h_{\text{rad}(e \rightarrow c)} = \frac{\sigma(T_e + T_c)(T_e^2 + T_c^2)}{\frac{1}{\epsilon_e} + \frac{1}{\epsilon_c} - 1} \quad (39 - 2)$$

(4.5) معادلة موازنة الطاقة للغطاء الزجاجي المسطح:

- حدوث تبادل حراري أثناء استقبال الإشعاع شمسي المباشر للغطاء الزجاجي المسطح مع الظرف الزجاجي بالحمل الطبيعي والإشعاع.
- حدوث تبادل حراري للغطاء الزجاجي مع الهواء الجوي المحيط بالحمل، ومع السماء بالإشعاع، ومع هيكل الدعم المعدني بالتوصيل.

ونكتب معادلة الموازنة:

$$\begin{aligned} \rho_c \cdot e_c \cdot C_{p_c} \cdot \frac{dT_c}{dt} = & I \cdot \alpha_c + (h_{\text{conv}(c \rightarrow e)} + h_{\text{rad}(c \rightarrow e)})(T_e - T_c) \\ & + (h_{\text{conv}(c \rightarrow \text{amb})} + h_{\text{cond}(c \rightarrow \text{support})})(T_{\text{amb}} - T_c) \\ & + h_{\text{rad}(e \rightarrow \text{sky})}(T_{\text{sky}} - T_c) \end{aligned} \quad (40 - 2)$$

v : معامل انتقال الحرارة بالحمل مع لهواء الجوي للمحيط والذي يتعلق بسرعة الرياح.

W: عرض فتحة المجمع.

i: زاوية ورود الإشعاع الشمسي ويعطى بالعلاقة:

$$h_{\text{conv}(c \rightarrow \text{sky})} = 5.7 + 3.8(v) + 1.42 \left( \frac{((T_c - T_{\text{amb}}) \sin i)}{w} \right)^{0.25} \quad (41 - 2)$$

ومعامل انتقال الحرارة بالإشعاع مع السماء بـ:

$$h_{\text{rad}(c \rightarrow \text{sky})} = \epsilon_c \cdot \sigma(T_c + T_{\text{sky}})(T_c^2 + T_{\text{sky}}^2) \frac{T_c - T_{\text{sky}}}{T_c - T_a} \quad (42 - 2)$$

وتعطى درجة حرارة السماء بالعلاقة:

$$T_{\text{sky}} = 0.0552(T_a)^{15} \quad (43 - 2)$$

كما تحسب درجة حرارة الجو المحيط بالعلاقة:

$$T_a = \left[ \frac{T_{aMax} - T_{aMin}}{2} \right] \sin \left[ \frac{(t - 8)\pi}{12} \right] + \left[ \frac{T_{aMax} + T_{aMin}}{2} \right] \quad (44 - 2)$$

تمثل  $T_{aMin}$  و  $T_{aMax}$  درجتي حرارة الجو المحيط القسوى والدنيا في الشهر و التوقيت المحلي معبرا عنه بالساعات .

ويعطى معامل انتقال الحرارة بالتوصيل بين الغطاء الزجاجي المسطح وهيكل الدعم المعدني بالعلاقة:

$$h_{cond(c \rightarrow support)} = \frac{supp}{e_c} \quad (45 - 2)$$

نعتبر درجة حرارة الهيكل المعدني هي درجة حرارة الجو المحيط [3].

### الخاتمة:

تم التطرق في هذا الفصل لدراسة نظرية لمنظومة المركز شمسي ذو قطع مكافئ أسطواني ومختلف العلاقات الرياضية التي تخص هندسة العاكس وأبعاد المستقبل، والفصل التالي نهتم بالدراسة التجريبية لهذه المنظومة.



الفصل الثالث:

الدراسة التجريبية للـ PTC

## (III) المقدمة:

يضم هذا الفصل الدراسة التجريبية التي أنجزت على PTC الذي تم استخدامه من طرف الدكتور سوداني محمد البار وهذا في إطار أطروحة الدكتوراه، حيث الهدف من هذه الدراسة هو تحسين فعالية وأداء المركز الشمسي الأسطواني القطع مكافئ. وتمت هذه الدراسة بمخبر الطاقات الجديدة والمتجددة للمناطق الصحراوي (LENREZA)، قسم علوم المادة بكلية العلوم والتكنولوجيا وعلوم المادة - بجامعة قاصدي مرباح ورقلة، وقد تم فيه بعض التغييرات من حيث المرآة العاكسة وشكل وأبعاد الأنبوب الماص.

## (1.III) وصف منطقة التجربة:

تقع منطقة ورقلة في الجنوب الشرقي للجزائر وتغطي مساحة قدرها 2887Km ، وتتميز بالمواصفات التالية :

- الموقع الجغرافي: تقع ورقلة بين خط طول (5°-19°) شرقا ودائرة عرض (31°-57°) شمالا.
- المناخ: تتميز ورقلة بطابع صحراوي جاف حار صيفا وبارد شتاء.
- درجة الحرارة: تتراوح درجة حرارة المنطقة ما بين (5°C - 44°C) في السنة.
- الرطوبة النسبية: تتراوح بين 24% و 26% في السنة.
- الارتفاع: ترتفع عن سطح البحر ب 170m.

ونظرا لقلة هطول الأمطار فإن أغلب أيام السنة تكون مشمسة وهذا ما يجعلها منطقة غنية بالطاقة .

## (2.III) خطوات إعادة تجهيز PTC :

قبل بداية أي شيء تم إعادة تجهيز المركز الشمسي الاسطواني القطع المكافئ المستخدم في هذه من جديد:

بحيث وجب علينا المرور بالمراحل التالية:

- تنظيف جميع أجزاء الجهاز وتعديله

- غسل ونزع الشوائب من العاكس (مرآة).
- تعديل أبعاد الأنبوب الماص.
- طلاء الماص الحراري بالأسود الغير اللامع.

ملاحظة:

- أجريت هذه التجربة بدون استخدام الغطاء والظرف الزجاجي لعدم توفرهما.

3.III) أجهزة القياس المستخدمة في التجارب :

- جهاز قياس درجة الحرارة (المزدوجات الحرارية Thermocouples):

هو جهاز رقمي لقياس درجة الحرارة موصول بمزدوج حراري يعطي قيمة درجة الحرارة في المكان الموضوعه فيه. يوضع الجهاز في نظام المركز الشمسي ذو القطع المكافئ على مستوى مدخل ومخرج الماء.



الشكل (1.3):جهاز قياس درجة الحرارة

- جهاز قياس الإشعاع الشمسي (Solari mètre):

هو جهاز إلكتروني يحول الإشعاع إلى قراءة مباشرة على شاشة صغيرة رقمية يتركب من جزء يوضع على الغطاء الزجاجي، و تعطي القيمة الحقيقية الساقطة على الغطاء الزجاجي ب  $W/m^2$ .



الشكل (2.3): جهاز قياس شدة الإشعاع الشمسي

- جهاز قياس درجة حرارة الجو (المحرار Thermomètre):

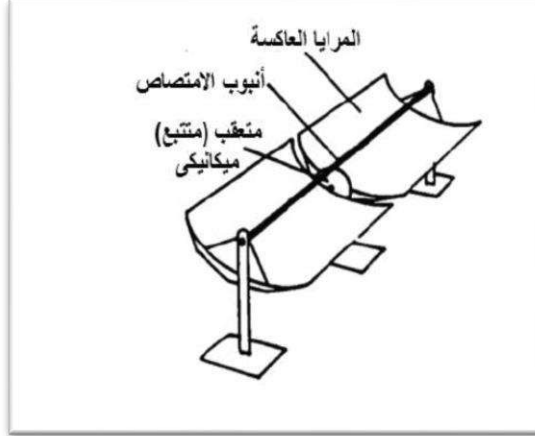
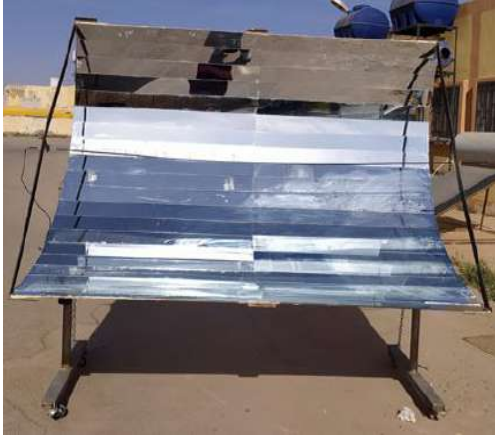
يوضع مقياس درجة حرارة الجو على ارتفاع واحد متر من سطح التربة في مكان به ظل، ويكون متصل بالجهاز الكمبيوتر.

### 4.III التجربة الأولى : المركز الشمسي الأسطواني القطع المكافئ الشاهد

أجريت هذه التجربة يوم 07 / 04 / 2021 على PTC ( أنبوب أحادي المرور ) ذو مرايا زجاجية، و أبعاده كالتالي:

جدول (1.3) يوضح المقادير العددية للجهاز PTC المنجز:

المقدار	القيمة
الطول L	1.80 m
الفتحة W	1.60 m
البعد البؤري f	0.20m
الارتفاع h	0.80m
مساحة الفتحة $A_{ap}$	2.88m <sup>2</sup>
التركيز الهندسي C	42.1
زاوية الحافة $\theta_R$	126.8°
قطر الأنبوب الماص $D_r$	10mm



الشكل (3.3): رسم تخطيطي لمركز PTC في حالة أنبوب الماص أحادي مرور (الشاهد)

### 5.III التجربة الثانية: المركز الشمسي الأسطواني القطع المكافئ المعدل

في يوم 2021/ 04 / 12 أجريت هذه التجربة على مركز الـ PTC و نقوم باستبدال الأنبوب الماص بأنبوب مزدوج المرور حيث طوله (3.6m).



الشكل (4.3): مركز أسطواني قطع مكافئ ذو أنبوب مزدوج المرور

### الخاتمة:

بعد تهيئة الـ PTC وتسجيل النتائج وفقا لأبعاد تصميمه فإننا بحاجة إلى إضافة تحسينات ( أنبوب مزدوج المرور ) من أجل معرفة مدى تأثيرها على أدائه، وهذا ما يتم تطرق اليه بتفصيل في لفصل التالي .

الفصل الرابع:

نتائج التجربة ومناقشتها

## (VI) مقدمة:

من خلال التجربة المنجزة على نموذج المركز الاسطواني PTC الشاهد والمعدل ونتائج التي تحصلنا عليها كل نصف ساعة من الزمن، تم رسم المنحنيات الخاصة بشدة الإشعاع الشمسي ومختلف درجات الحرارة بدلالة الزمن خلال يومي 7 و12 من شهر أفريل ببرنامج Excel.

## • ملاحظة:

استعملنا في هذه التجربة نموذج مركز أسطواني قطع مكافئ PTC بحيث:

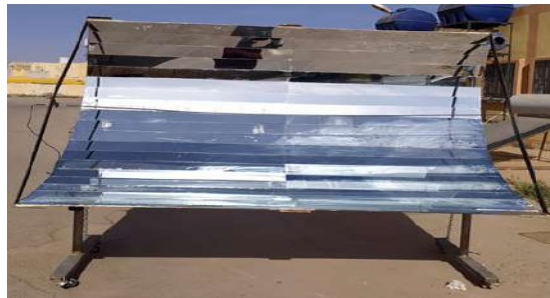
المركز (PTC 1): شاهد وهو مركز بسيط بدون أي تحسينات إضافية واستخدم في التجربة كشاهد لنقارن به.

المركز (PTC 2): المعدل وهو مركز مدعوم بأنبوب ماص مزدوج المرور.

## (1.VI) التجربة الأولى (PTC 1):

## • وصف التجربة الأولى:

أجريت في يوم 07 / 04 / 2021 في مدينة ورقلة تم توجيه المركز الشمسي إلى ضوء الشمس مباشرة باستخدام نظام التتبع اليدوي ، وذلك بعد تغذية الأنبوب بتدفق كتلي تقريبا ثابت نتابع تطورات درجة حرارة الماء في مدخل ومخرج الأنبوب ، وشدة الإشعاع الشمسي، حيث تتم هذه القياسات من الساعة 09:00 صباحًا إلى الساعة 17:00 مساء من الشروق إلى الغروب. ونسجل النتائج كل نصف ساعة كما في الشكل (1.4) ونسجل كذلك وجود سحب عابرة جزئيا خلال هذا اليوم.



الشكل (1.4): صورة للتركيب التجريبي للمركز (PTC1)

• مناقشة وتحليل نتائج التجربة:

تم تدوين نتائج التجربة الأولى التي أجريت بتاريخ 2021/04/07 بورقلة في الجدول الموالي :

جدول(1.4):نتائج التجربة رقم 1

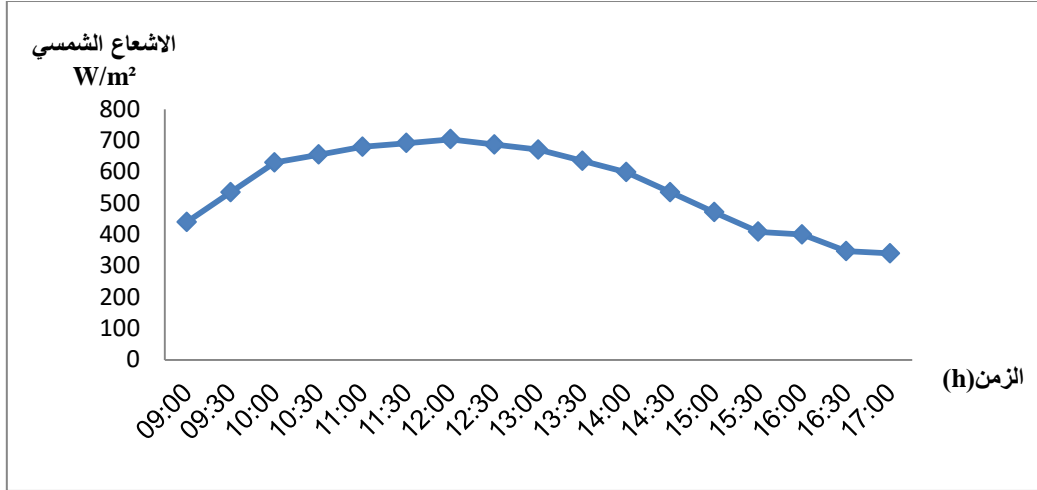
الزمن (h)	درجة حرارة المخرج $T_2$ (°C)	درجة حرارة المدخل $T_1$ (°C)	شدة الإشعاع الشمسي(1) (m/W <sup>2</sup> )	درجة حرارة المحيط(1) (°C)
09:00	32.2	22.0	440	24.01
09:30	49.5	22.0	535	24.80
10:00	51.1	22.0	630	25.00
10:30	61.1	22.0	655	26.40
11:00	53.9	22.0	680	26.90
11:30	47.7	22.0	692	29.00
12:00	56.1	22.0	704	30.01
12:30	68.9	22.0	687	31.40
13:00	63.0	22.0	671	32.20
13:30	60.5	22.0	635	33.00
14:00	51.0	22.0	599	34.10
14:30	59.3	22.0	535	34.90
15:00	54.0	22.0	471	34.20
15:30	54.6	22.0	409	32.30
16:00	51.2	22.0	400	32.10
16:30	45.9	22.0	347	30.20
17:00	43.6	22.0	340	30.30

• شدة الإشعاع الشمسي المباشر:

يعطي الشكل الموالي منحنى تغيرات شدة الإشعاع خلال التجربة الأولى بمرور الزمن كل

نصف ساعة:



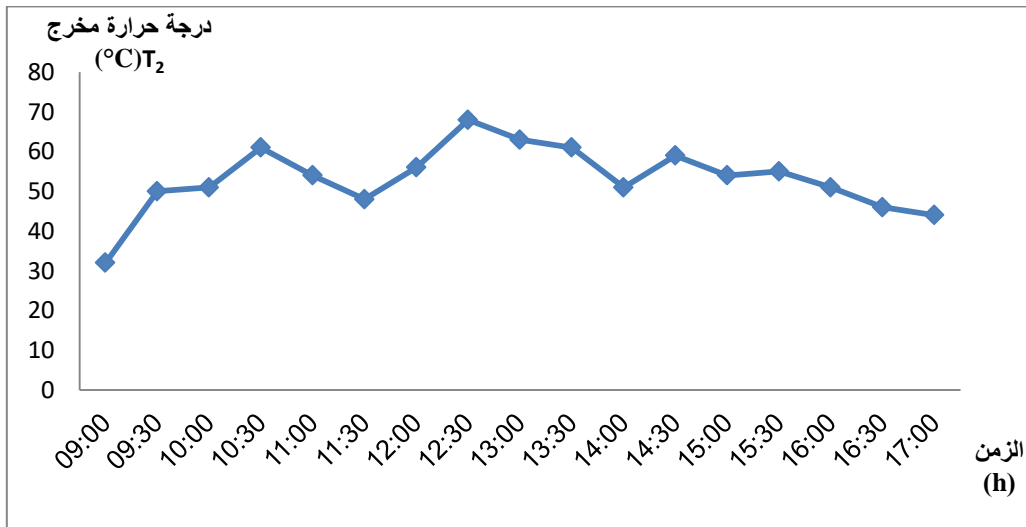


الشكل (2.4): بيان تغيرات شدة الإشعاع الشمسي (1) بدلالة الزمن

من خلال بيان تغيرات شدة الإشعاع المسجلة لنفس يوم التجربة، نلاحظ تزايد في قيمة شدة الإشعاع الشمسي إلى غاية القيمة الأعظمية  $W704/m^2$  عند الساعة 12:00 ثم تبدأ في الانخفاض خلال الفترة المسائية لتصل إلى قيمة  $340W/m^2$ .

• درجة حرارة خروج الماء:

يعطي الشكل التالي منحنى تغيرات درجة حرارة خروج الماء من الأنبوب الماص خلال التجربة الأولى بمرور الزمن مع مراعات مرور بعض الغيوم مما أدى إلى انخفاض درجة الحرارة في بعض الأوقات.

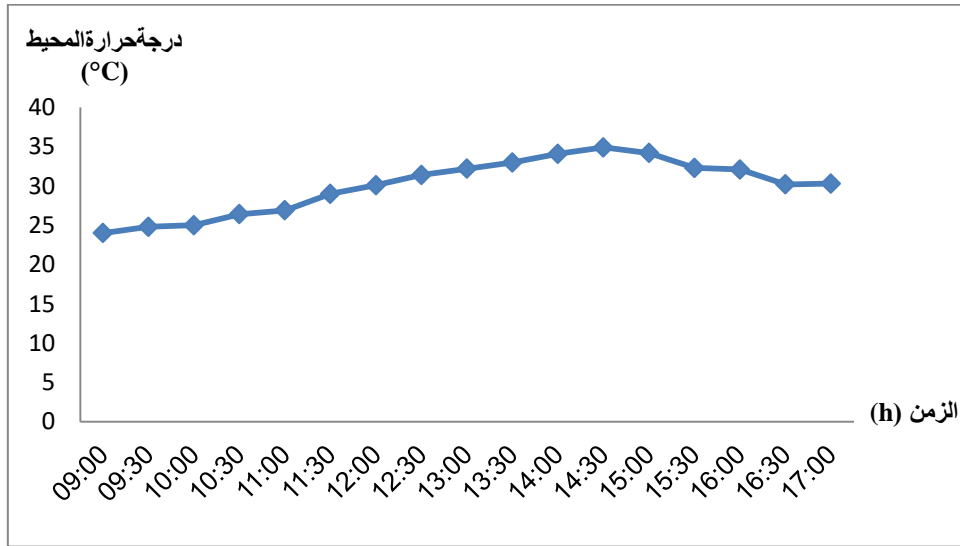


الشكل (3.4): بيان تغيرات درجة حرارة المخرج T<sub>2</sub> بدلالة الزمن

من خلال منحنى تغيرات درجة حرارة الماء لمخرج الأنبوب الماص بمرور الزمن، نلاحظ تذبذب ملحوظ لدرجة الحرارة حيث كانت في لبداية  $32^{\circ}\text{C}$  تتزايد ثم انخفضت لترتفع مرة أخرى لتبلغ أقصاها  $68^{\circ}\text{C}$  عند الزوال على الساعة 12:30 ثم تتراجع مساء لتصل إلى  $44^{\circ}\text{C}$  على الساعة 17:00.

• درجة حرارة الجو المحيط:

يعطي الشكل الآتي منحنى تغيرات درجة حرارة جو المحيط خلال التجربة الأولى بمرور الزمن :



الشكل (4.4): بيان تغيرات درجة حرارة المحيط (1) بدلالة الزمن

من خلال بيان تغيرات درجة حرارة المحيط بدلالة الزمن، نلاحظ في لبداية كانت قيمتها  $24.1^{\circ}\text{C}$  لتتزايد سريعا لتبلغ ذروتها  $34.9^{\circ}\text{C}$  عند الساعة 14:30 ثم انخفضت تدريجيا مساء إلى أن وصلت قيمتها  $30.3^{\circ}\text{C}$  عند الساعة 17:00.

2.VI التجربة الثانية (PTC 2):

• وصف التجربة الثانية:

أجريت هذه التجربة في يوم 2021/04/12 بورقلة على المركز الشمسي المعدل حيث نقوم بتزويده بأنبوب ماص مزدوج المرور بعد تغذيت مدخله بالماء بتدفق كتلي تقريبا ثابت وتوجيهه نحو

أشعة الشمس المباشرة وباستخدام تتبع يدوي نقيس شدة الإشعاع الشمسي ومختلف درجات الحرارة بنفس خطوات التجربة الأولى.



الشكل (5.4): صورة التركيب التجريبي للمركز (PTC2)

• تحليل ومناقشة نتائج التجربة الثانية :

ندون في الجدول التالي نتائج التجربة الثانية التي أجريت بتاريخ 2021/04/12 لمختلف قياسات هذا اليوم:

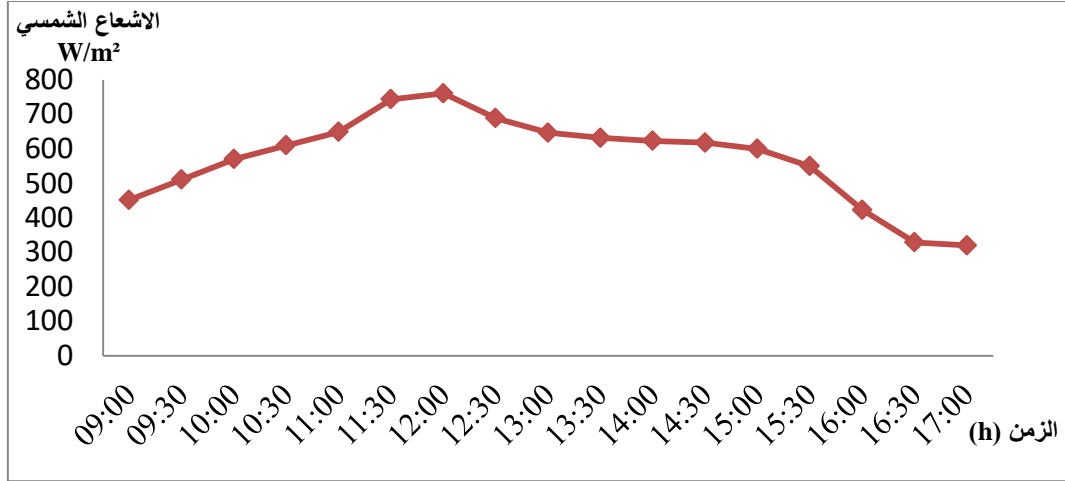
جدول (2.4): نتائج التجربة رقم 2

الزمن (h)	درجة حرارة المخرج (°C) T <sub>4</sub>	درجة حرارة المدخل T <sub>3</sub> (°C)	شدة الإشعاع الشمسي ( W/m <sup>2</sup> )(2)	درجة حرارة المحيط(2) (°C)
09:00	31.4	22.0	452	22.13
09:30	35.0	22.0	511	23.19
10:00	51.0	22.0	570	25.25
10:30	58.0	22.0	610	28.75
11:00	60.0	22.0	649	29.25
11:30	65.0	22.0	744	33.87
12:00	70.0	22.0	761	34.31
12:30	63.0	22.0	689	33.81
13:00	65.0	22.0	647	33.44
13:30	67.0	22.0	632	33.28
14:00	65.0	22.0	623	33.25
14:30	60.0	22.0	618	32.50
15:00	61.0	22.0	600	32.25
15:30	56.0	22.0	550	31.79
16:00	59.0	22.0	423	30.67
16:30	55.0	22.0	329	30.25
17:00	48.0	22.0	320	30.31

• شدة الإشعاع الشمسي المباشر:

يعطي الشكل الموالي منحنى تغيرات شدة الإشعاع الشمسي(2) خلال التجربة الثانية بدلالة

الزمن:

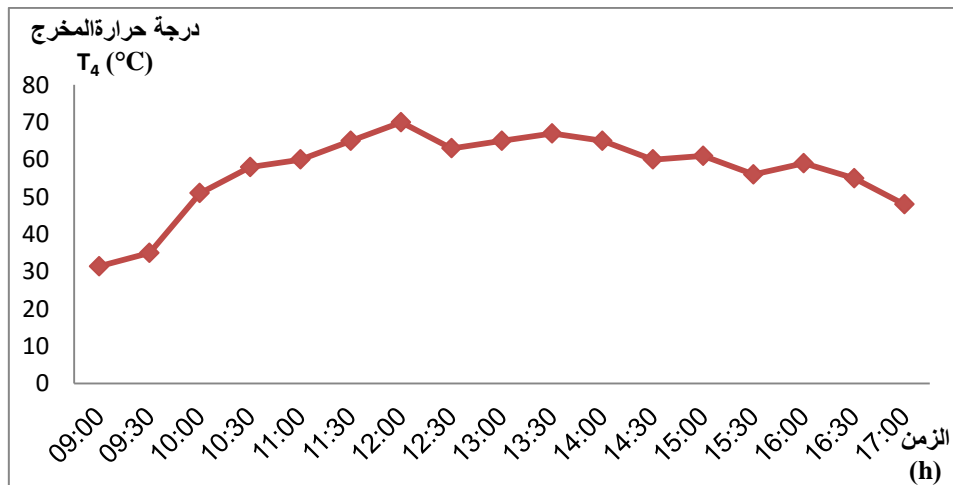


الشكل (6.4): بيان تغيرات شدة الإشعاع الشمسي (2) بدلالة الزمن

من خلال منحنى تغيرات شدة الإشعاع الشمسي المسجلة بدلالة الزمن المحلي ، نلاحظ في بداية التجربة على ساعة 9:00 كانت قيمة شدة الإشعاع الشمسي  $452 \text{ W/m}^2$  ليبدأ في التزايد إلى غاية بلوغه الذروة  $761 \text{ W/m}^2$  عند الساعة 12:00 منتصف النهار، ثم يبدأ بالتناقص تدريجياً خلال الفترة المسائية لتصل قيمته  $320 \text{ W/m}^2$ . حيث يعود تزايد شدة الإشعاع الشمسي خلال فترة الظهيرة إلى تواجد مكان إجراء التجربة بالقرب من خط الاستواء الذي بدوره يكون قريباً من الشمس مقارنة بأي مكان آخر على سطح الأرض.

#### • درجة حرارة خروج الماء:

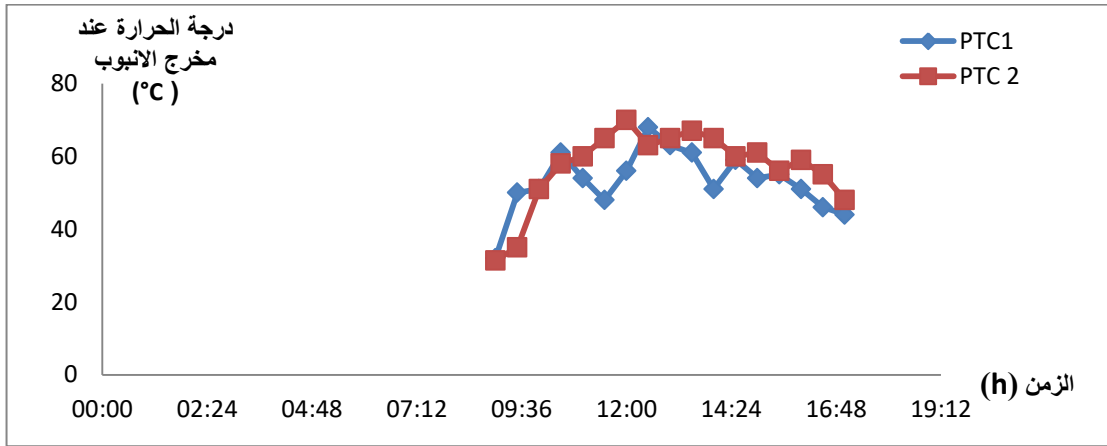
يمثل الشكل التالي منحنى تغيرات درجة حرارة خروج الماء للأنبوب الماص خلال الزمن:



الشكل (7.4): بيان تغيرات درجة حرارة المخرج T₄ بدلالة الزمن

من خلال بيان تغيرات درجة حرارة مخرج الأنبوب بدلالة الزمن، نلاحظ أن عند الساعة 9:00 تكون درجة الحرارة  $31.4^{\circ}\text{C}$  و تتزايد إلى أن تصل إلى قيمة أعظمية  $70^{\circ}\text{C}$  أي الذروة عند الساعة 12:00 لتستقر عند الظهيرة ثم تتناقص إلى أن تبلغ القيمة  $48^{\circ}\text{C}$  و ذلك عند الساعة 17:00 مساءً.

• تحليل ومقارنة درجة خروج الماء لتجربتين معا:



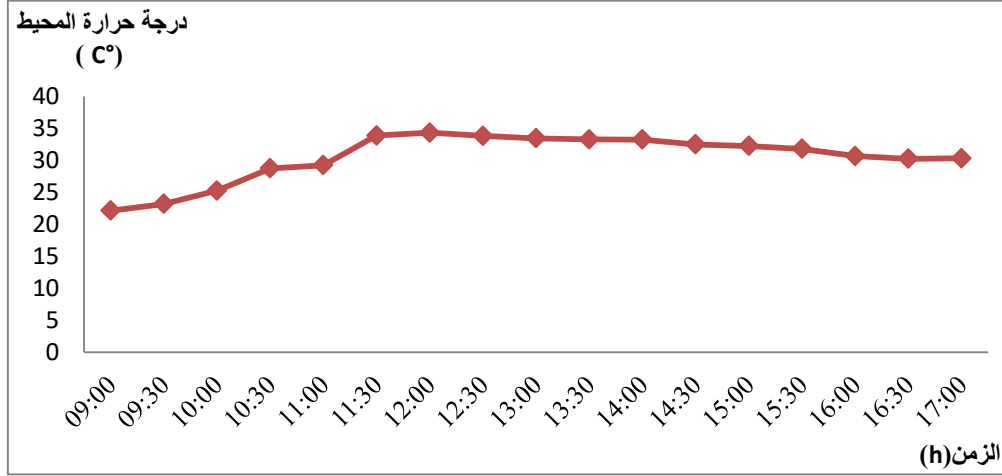
الشكل (8.4): منحنى تغيرات درجة حرارة المخرج في تجربة 1 و 2 معا خلال الزمن

من خلال تغيرات درجة حرارة خروج الماء من الأنبوب للمركز الشاهد والمعدل معا، نلاحظ في لبداية على الساعة 9:00 تزايد متقارب نوعا ما في درجة حرارة المخرج إلى غاية الساعة 10:00 بالنسبة للمركزين الشاهد والمعدل، بعد ذلك ترتفع بقيمة كبيرة لتصل إلى الذروة  $70^{\circ}\text{C}$  على الساعة 12:00 للمركز المعدل وبالمقارنة مع المركز الشاهد الذي بلغ ذروته عند الساعة 12:30 بقيمة  $68^{\circ}\text{C}$ ، ثم تنخفض درجات الحرارة زوالا بداية من الساعة 14:00 بصفة متوازية تقريبا.

حيث نفس انتقال الحرارة بكمية كبيرة للماء في مخرج الأنبوب الماص للمركز PTC2 المعدل لتلامس سطحه الأسود المضاعف، والذي يحمل أعلى درجة حرارة في المركز الشمسي لاستقباله جزء كبير من التدفق الإشعاعي الشمسي الساقط على سطحه المستقبل من العاكس وبالتالي تسخينه للماء ورفع درجة حرارته.

- درجة حرارة الجو المحيط:

يعطى الشكل الموالي منحنى تغيرات درجة حرارة الجو للمحيط (2) بدلالة الزمن:



الشكل (9.4): بيان تغيرات درجة حرارة المحيط (2) بدلالة الزمن

من خلال تغيرات درجة حرارة الهواء بدلالة الزمن، نلاحظ ارتفاع تدريجي لدرجة حرارة الجو المحيط بمرور الزمن ابتداء من التاسعة صباحا بـ  $22.13^{\circ}\text{C}$  لتبلغ أقصاها عند منتصف النهار، حيث قدرت بقيمة  $34.31^{\circ}\text{C}$ ، لتبدأ بالانخفاض تدريجيا خلال بقية اليوم وصولا إلى  $30.3^{\circ}\text{C}$  على الساعة 17:00.

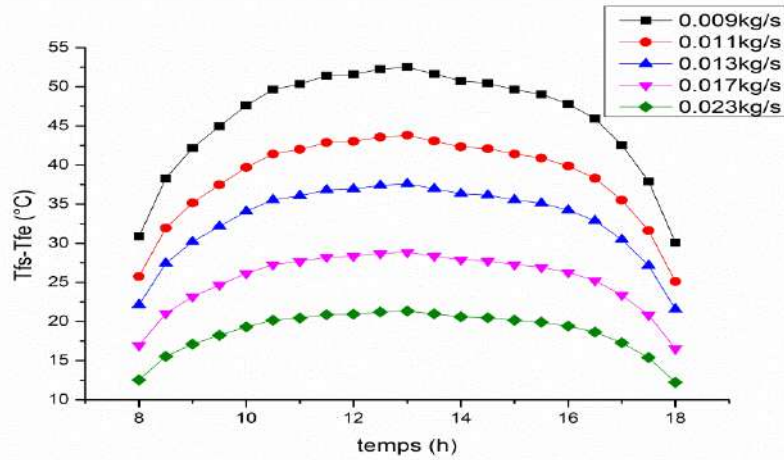
- التفسير:

يعود ارتفاع درجة حرارة المحيط ليوم 12 أبريل مقارنة بيوم 7 أبريل لارتباطها بتغير شدة الإشعاع الشمسي أي أنهما يتناسبان طرديا حيث أن درجة حرارة الجو للمحيط تزداد بزيادة الإشعاع الشمسي من الشروق الظهرية وتتناقص من الظهرية إلى الغروب .

- تأثير التدفق الكتلي للمائع:

أخذنا هذا البيان كشاهد (PTC3) لمعرفة تأثير تدفق على فعالية المركز الاسطوانى القطع المكافئ من حيث فرق في درجة حرارة المدخل والمخرج:

- في حالة الفرق في درجة الحرارة بين مدخل ومخرج الأنبوب الماص:



الشكل (10.4):تغيرات الفرق في درجة حرارة الماء خلال اليوم من أجل (L=20m)[3]

من خلال تغيرات الفرق في درجة حرارة الماء بدلالة زمن في يوم واحد وطول ثابت نلاحظ تناقص في درجة حرارة الفرق عند زيادة تدفق الكتلي.

#### الخاتمة:

بعد يومين من الجهد المبذول تم توصل إلى جملة من نتائج المراد تحقيقها والمتمثلة في مختلف تطبيقات الطاقة الشمسية وتطويرها، وهذا كان عبارة عن دراسة تجريبية لنموذج المركز الاسطواني القطع مكافئ PTC، وتعرف على بعض الأجهزة المستعملة في القياس، ودور الإشعاع الشمسي وازدواجية الأنبوب الماص ومدى تأثيرهما على تحسين أداء الجهاز وزيادة فعاليته مقارنة بجهاز ذو أنبوب مرور واحد.



الخاتمة

## الخاتمة العامة:

تعتبر الطاقة الشمسية إحدى الخيارات الإستراتيجية الرئيسية لتلبية الاحتياجات المستقبلية والمحلية والعالمية من الطاقة وهي طاقة متجددة وباقية إلى الأبد بمعنى أنها مصدر مأمون لا يمكن احتكاره، حيث أنها تمتاز بتوافرها في معظم دول العالم، علاوة على كونها طاقة نظيفة غير ملوثة للبيئة ولا تحدث ضوضاء، كما يمكن تصنيعها محليا مما يتلاءم مع واقع واحتياجات تنمية العديد من المجالات.

الحديث عن الطاقة الشمسية يدفع بنا إلى التعرف عن المركبات الشمسية و استخدامها في المحطات الكهرو شمسية التي تمثل التكنولوجيا الواعدة من أجل إنتاج الطاقة الحرارية الشمسية التي من شأنها تقلل من استهلاك الوقود اللازم لتلبية الطلب المتزايد على الطاقة و بالتالي تخفيف من الأضرار الناتجة عن التلوث.

وقد اهتمت الدراسة التجريبية بزيادة فعالية أداء المركز الاسطواني القطع المكافئ، من خلال اختيار المواد المناسبة و طرق التتبع الشمسي و الأبعاد (عرض الفتحة، البعد البؤري، قطر العنصر الجامع للحرارة ) وكل هذا مع مراعاة التقليل من التكلفة وزيادة عمر الاشتغال تم الاعتماد في هذا الموضوع على دراسة تتمثل في تجربتين(التجربة الأولى شاهد و التجربة الثانية المعدلة) تختلف كل منهما عن الأخرى في شكل وبعد الأنبوب الماص، وكان المبدأ المستعمل في هذه التجارب كالتالي:

استعمال مركزين شمسين بنفس الأبعاد و نوع المواد المصنعة، إلا أنه كان الاختلاف بترك المركز الشمسي الأول بدون إضافات و المركز الشمسي الثاني به إضافات و المتمثلة في تزويده بأنبوب ماص مزدوج المرور، و بعد القيام بهذه لتجارب تم استخلاص مجموعة من النتائج تكون في المستقبل مرجعا مهمًا لدراسات أخرى. صحيح أن التجربتين تختلف في طريقة تحسين أداء المركز لكنها أجمعت على أن الإشعاع الشمسي يزداد ابتداء من الصباح و يبلغ أقصاه عند منتصف النهار ثم ينخفض حتى غروب الشمس، و اتفقت على أن الكفاءة الحرارية للجهاز تعتمد على شدة الإشعاع الشمسي.حيث التحسين المستعمل في التجربة الثانية أعطي

نتائج جيدة، هذا ما يجعلنا اقترح نموذج ثلاثي المرور وستكون النتائج جيدة والكفاءة الحرارية أعلى مقارنة باستعمال تحسين أنبوب مزدوج المرور.

وفي الأخير نشير إلى أن التجريبتين أُجريتَا في زمنين مختلفين هذا يلغي الامتياز الذي منحناه للنموذج الثاني عند مقارنته بالنموذج الأول، لأن للظروف المناخية تأثير على مردودية المركز الشمسي الاسطواني القطع المكافئ. وللتحقق من صحة المقارنة نقترح إجراء تجربة مقارنة بين النموذجين في نفس الزمن وبنفس الظروف.

المراجع

قائمة المراجع:

- [1] عاشور رحال، انجاز سخان شمسي ودراسة تجريبيا كبديل عن السخان الكهربائي في المنطقة، مذكرة تخرج لنيل شهادة دبلوم دراسات عليا بالمركز الجامعي الوادي(2009).
- [2] <https://masdar.ae/ar/masdar-clean-energy/projects/shams-1>.
- [3] سوداني محمد البار، تحقيق عملي لمركز شمسي اسطواني مكافئ ذي غطاء زجاجي، مذكرة دكتورا جامعة قاصدي مرباح ورقلة، 2018.
- [4] دكتور مهندس /محمد مصطفى محمد الخياط، كتاب مركزات الطاقة الشمسية.
- E-mail: [mohamed.elkhayat@yahoo.com](mailto:mohamed.elkhayat@yahoo.com)
- [5]<https://translatedengineeringbooks.wordpress.com/author/translatedengineeringbooks>.
- [6]<http://humanities.uobabylon.edu.iq/lecture.aspx?fid=10&lcid=87416>.
- [7] [https://twitter.com/n\\_scientific/status/832251500860755972](https://twitter.com/n_scientific/status/832251500860755972).
- [8] سوداني عبد البار، دراسة نظرية لمجمع شمسي أسطواني مقعر ذي غطاء زجاجي، مذكرة ماجستير، جامعة ورقلة 2009.
- [9] بالحاج محمد مصطفى، "دراسة وتحسن أداء مقطر شمس مقترن (احتباس حراري - فيلم شعري) بمنطقة ورقلة"، أطروحة الدكتوراه، جامعة ورقلة، كلية الرياضيات وعلوم المادة، قسم الفيزياء 2015.
- [10] مهندس مالك الكباريتي، م. عمار الطاهر، م. نضال عبد الله، م. مظفر عميش. كتاب حقيبة السخان الشمسي - موقع الفريد في الفيزياء. المعهد الوطني لبحوث الطاقة / المملكة الأردنية الهاشمية.
- [11] Y. Jannot, cours de transfert thermique, thermique solaire, édition : Mac Graw Hill, octobre 2003.
- [12] J.E. Braun et J.C. Mitchell, solar geometry for fixed and tracking surface, edition: solar energy laboratory, 1983.
- [13] حساب وتحليل كمية الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على السطح الأفقي لمدينة الناصرية رسول رمضان عتاب - كلية العلوم - كانون الثاني 2.

[14] دكتور مهندس كاميليا يوسف محمد، تكنولوجيا محطات المركبات الشمسية - موقع الفريد في الفيزياء.

[15] كتاب الطاقة الشمسية واستخداماتها، للمهندس محمد احمد السيد خليل، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع القاهرة.

[16] المملكة العربية السعودية المؤسسة العامة للتدريب المهني والإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، انتقال الحرارة و الموائع - عملي، تخصص تقنية التصنيع الغذائي، 1429.

[17] [https://www.researchgate.net/figure/The-fiberglass-reinforced-plastic-parabolic-trough\\_fig4\\_257885833](https://www.researchgate.net/figure/The-fiberglass-reinforced-plastic-parabolic-trough_fig4_257885833).

[18] Jessica Leo. Modélisation et conduite optimale d'un cycle combiné hybride avec source solaire et stockage. Automatique / Robotique. Université Grenoble Alpes, 2015.

<http://kawngroup.com/designing-concentrating-solar-power-sam>.

[20] B. Draoui, M. Bensafi, S. Zegnoun, Etude Expérimentale Et Modélisation D'un Concentrateur Parabolique Solaire Dans La Région De Béchar, Laboratoire ENERGARID, Université de Béchar, 10 July 2013.

[21] Kalogirou.S.A., Solar thermal collectors and applications, Prog. EnergyCombust.Sci.30,(3).231–295.2004. <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2004.02.001>.

[22] [https://www.researchgate.net/figure/Segments-of-focal-length-and-rim-angles-with-common-focus-point-and-the-same-concentrator\\_fig2\\_305811492](https://www.researchgate.net/figure/Segments-of-focal-length-and-rim-angles-with-common-focus-point-and-the-same-concentrator_fig2_305811492).

[23] M. Mouzouris and M. J. Brooks, Construction of a Composite Material Solar Concentrator for High Heat Flux Applications University of KwaZulu-Natal, Durban, 4041, South Africa, 25 -28 July 2010.

[24] <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/rim-angle> .

[25] Material and Component Specificationsaterial and Component Specifications Single Axis Tracked Parabolic Trough, Prepared by IT Power India.

[26] H. Schenk and M. Eck, "Yield Analysis for Parabolic Trough Solar Thermal Power Plants - A Basis Approach," DLR, Cologne, 2012.

[27] Quoilin. S, Les Centrales Solaires à Concentration, Rapport, Université de Liège Faculté des sciences appliquées, Mai 2007 .

[28] Rahmani Djelloul, "Analyse de système de concentration solaire pour la production d'hydrogène (cas de L'Algerie)", le diplôme demagester, universite Hassiba Ben Bouali de Chlef, Algérie, 2011/2012.

## الملخص

تسمح تقنية المركّزات الشمسية بالاستعمال الواسع للطاقة الشمسية وذلك بواسطة أسطح عاكسة على السطح الماص، حيث تقوم بتحويل الإشعاع الشمسي إلى طاقة حرارية بهدف الحصول على درجات حرارة مرتفعة. وللمركّزات الشمسية عدة أنواع منها عواكس فرينل، البرج المركزي، الصحن القطع المكافئ والمركز القطع المكافئ الأسطواني و يعتبر هذا الأخير من أهم أنظمة التركيز الشمسي الحراري للطاقة الشمسية المركّزة والحل الواعد و الأكثر ملائمة من حيث الكلفة والفعالية في إنتاج البخار لتدوير عنفات مولدات الطاقة الكهربائية من خلال مختلف التطبيقات الحرارية، وذلك لاستعماله الأغراض الصناعية و المنزلية، ولقد اهتمت دراستنا السابقة بزيادة فعاليته من خلال التركيز على أبعاد وشكل الأنبوب الماص وتأثيرها على فعالية المركز.

**الكلمات الدالة :** الإشعاع الشمسي، المركّزات PTC، فعالية المركز، الأنبوب الماص.

## Summary

Solar concentrator technology allows extensive use of solar energy By reflective surfaces on the sucking surface, It converts solar radiation into thermal energy for high temperatures. It converts solar radiation into thermal energy for high temperatures. The saucer, the scaffold and the center, the cylinder equivalent pieces, the latter being one of the most important Solar thermal concentration systems for concentrated solar energy and the most promising and cost-appropriate solution In the production of steam to rotate the turbines of generators through various thermal applications, because to use it impact on the effectiveness of the PTC.

**Key words:** solar radiation, PTC concentrates, efficiency of the concentrate, absorbent tube

