

# جامعة قاصدي مرباح ورقلة

كلية الرياضيات وعلوم المادة

قسم الفيزياء



مذكرة ماستر أكاديمي

شعبة: الفيزياء

تخصص: فيزياء طاقوية والطاقات المتجددة

تحت عنوان :

تسخين الماء ونتاج البخار المباشر للأغراض الصناعية بواسطة نظام  
مصفوفة وحدات PTC موصولة على التسلسل والتفرع في منطقة ورقلة

من إعداد الطالبة: سباق فتيحة

نوقشت بتاريخ 2021/06/14 من طرف اللجنة المكونة من :

رئيسا.	أستاذ مساعد - جامعة ورقلة	رابح بو عنان
ممتحنا.	أستاذ محاضر - جامعة ورقلة	بالحاج محمد مصطفى
مشرفا.	أستاذ محاضر - جامعة ورقلة	سوداني محمد البار
مساعدة مشرف.	طالبة دكتوراه	عاشوري انتصار

الموسم الجامعي 2021/2020



## شُكْرٌ وَعِرْفَانٌ

أشكر الله العليّ القدير الذي أنعم عليّ بنعمة العقل والدين. القائل في محكم التنزيل " وَمَنْ شَكَرَ لِي بِنِعْمَةِ اللَّهِ الَّتِي كَفَتْ إِنَّ اللَّهَ يَشْكُرُ لَكُمْ وَلَكُمْ نِعْمَةٌ مِنْ اللَّهِ إِنَّكُمْ إِذْ لَمَسْتُمُ الْمَوْتَ إِذْ أَنْتُمْ لَدَيْهِ تُؤْخَذُونَ فَذُنُوبَكُمْ أَعْلَمُ وَمَنْ يَكْفُرْ بِاللَّهِ فَقَدِ افْتَرَى إِثْمًا عَظِيمًا " سورة يونس آية 76 .... صدق الله العظيم.  
وقال رسول الله (صلي الله عليه وسلم): " (من صنع إليكم معروفاً فكافنوه، فإن لم تجدوا ما تكافنونه به فادعوا له حتى تدوا أنكم كفافتموه ) ..... " رواه أبو داود.

وأثني ثناء حسنا و وفاءً وتقديراً وإعترافاً مني بالجميل أتقدم بجزيل الشكر لأولئك المخلصين الذين لم يألوا جهداً في مساعدتنا في مجال البحث العلمي، وأخص بالذكر الأستاذ الفاضل: " **محمد البار سوداني** " على هذه الدراسة وصاحب الفضل في توجيهي ومساعدتي في تجميع المادة البحثية، فجزاه الله كل خير.

ولا أنسي أن أتقدم بجزيل الشكر لأستاذة " **عاشوري انتصار** " التي قام بتوجيهنا طيلة هذه الدراسة.

وأخيراً، أتقدم بجزيل شكري إلي كل من مدوا لي يد العون والمساعدة في إخراج هذه الدراسة علي أكمل وجه.



# إِهْدَاء

أهدي ثمرة جهدي و خلاصة عملي:

إلى من قال فيهما عز وجل ( وقضى ربك ألا تعبدوا إلا إياه وبالوالدين إحسانا ).

إلى أعز ما أملك في الوجود، إلى من سهرت في الليالي من أجل تربيته وكانت سر  
وجودي و التي مهما فعلت و قلت لن أوفيها حقها "أمي " الغالية الحنونة حفظها الله وأطال  
في عمرها، وإلى زوجة أبي حفظها الله وأطال في عمرها.

إلى من يعجز اللسان ويجف القلم عن وصف جميله وكان لي سراجا منيرا: " أبي "   
العزیز حفظه الله وأطال بعمره. . كما أهدى هذا العمل إلى من عشت معهم و تقاسمنا أحلى  
الأيام وأمرها إلى من هم أثنى و أجمل ما في هذه الدنيا: إخوتي كل بإسمه، إلى زوجات  
إخوتي وإلى عصافير المنزل أبناء إخوتي وأخص بالذكر روان .

الفهرس

المحتويات	الصفحة
شكرو عرفان	II
الإهداء	III
الفهرس	IV
قائمة الأشكال	VIII
قائمة الجداول	X
قائمة الرموز	XI
المقدمة العامة	1

الفصل الأول: الإشعاع الشمسي والمركزات الشمسية

مقدمة	3
1.1 الإشعاع الشمسي	3
2.1 مكونات الإشعاع الشمسي	3
1.2.1 الإشعاع الشمسي المباشر	4
2.2.1 الإشعاع الشمسي المنتشر	4
3.2.1 الإشعاع الكلي	4
3.1 شدة الإشعاع الشمسي	4
4.1 الزوايا الشمسية	4
1.4.1 زاوية الانحراف الشمسي $\delta$	4
2.4.1 دائرة العرض $\phi$	5
3.4.1 زاوية خط الطول $L$	6
4.4.1 زاوية الارتفاع الشمسي $h$	6
5.4.1 زاوية السميت الشمسي $a$	7
6.4.1 زاوية السميت الرأسي $\theta_z$	7
7.4.1 زاوية الساعة الشمسية $w$	7

8	5.1 التوقيت الشمسي
9	1.2 المركزات الشمسية
10	2.2 التركيز الشمسي
10	1.2.2 التركيز الخطي
11	2.2.2 التركيز النقطي
11	3.2 أنواع المركزات الشمسية
11	1.3.2 المركز الشمسي الأسطواني القطع المكافئ (PTC)
12	1.1.3.2 تطبيقاته
12	2.3.2 نظام عاكس فرينل الخطي LFR
13	1.2.3.2 تطبيقاته
13	3.3.2 المركز الشمسي الصحن القطع مكافئ DP
13	1.3.3.2 تطبيقاته
13	4.3.2 البرج المركزي CRC
14	1.4.3.2 تطبيقاته
14	4.2 مقارنة مختلف المركزات الشمسية
15	الخاتمة

## الفصل الثاني: الدراسة النظرية للمركز الشمسي الأسطواني القطع مكافئ PTC

16	مقدمة
16	1. هندسة PTC
17	2.1 زواوية الحافة
18	3.1 مساحة الفتحة
18	4.1 تركيزه الهندسي
19	2. مبدأ عمل PTC
20	3. آلية اشتغاله
20	4. التبادلات الحرارية بين مكونات PTC
21	5. المرود الضوئي $\eta_{op}$

21..... المردود الحراري  $\eta^{\text{th}}$  : 6.

**Error! Bookmark not defined.** ..... الخاتمة 2.

### الفصل الثالث: المحاكاة العددية لنظام مصفوفة وحدات PTC

23..... مقدمة 23.

23..... 1. فرضيات لبناء النموذج الرياضي 23.

23 ..... 2. معادلات الموازنة الحرارية 23.

23..... 1.2 معادلة موازنة الطاقة لظرف الزجاجي : 23.

26..... 3.2 معادلة موازنة الطاقة المائع 26.

28..... 3. المعالجة الرقمية للمعادلات التفاضلية 28.

28..... 1.3 الظرف الزجاجي 28.

28..... 2.3 الأنبوب الماص 28.

28..... 3.3 المائع 28.

30..... 4. الحل العددي لجملة المعادلات 30.

31..... 5. المخطط الإنسيابي المعتمد في المحاكاة 31.

32..... خاتمة 32.

### الفصل الرابع: تحليل ومناقشة النتائج

34..... مقدمة 34.

34..... 1. نتائج وحدة واحدة 34.

35..... 2. الربط على التسلسل (تغير عدد الوحدات في السطر الواحد) 35.

37..... 3. الربط على التفرع (التغير في عدد السطور) 37.

38..... 4. المحطة المدمجة 38.

38..... 5. حاجيات الوسط الصناعي 38.

38..... 1.5 مصنع الحليب بولاية ورقلة 38.

39..... 2.5 المركب الصناعي لإنتاج البواكب تقرت (ورقلة) 39.

41..... الخاتمة العامة 41.

43..... المراجع والمصادر 43.

46.....الملاحق

49.....شهادة مشاركة

## قائمة الأشكال

الصفحة	عنوان الشكل	رقم الشكل
3	مكونات الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض	1-1
5	تغير زاوية الميل الشمس خلال العام	2-1
5	زوايا تحديد الموقع (زاوية خط العرض $\rho$ وزاوية خط الطول $L$ )	3-1
6	زاوية الارتفاع الشمسي وزاوية سمت الشمسي	4-1
7	زاوية الساعة الشمسية ودائرة العرض للمنطقة	5-1
9	بيان تغيرات التصحيح الزمني خلال أيام السنة	6-1
10	استخدامات الطاقة الشمسية	7-1
11	المركز الشمسي الأسطواني القطع مكافئ PTC	8-1
11	صورة لمحطة تعتمد على PTC	9-1
12	عاكس فرينيل الخطي FLR	10-1
13	الصحن القطع المكافئ	11-1
13	البرج المركزي الشمسي	12-1
15	التركيز الهندسي ودرجة حرارة اشتغال مختلف المراكز الشمسية	13-1
16	مقطع عرضي يوضح هندسة PTC	1-2
17	المخطط العام لـ PTC	2-2
18	العلاقة بين زاوية الحافة ونسبة البعد الووري	3-2
18	بيان تغيرات نسبة $\frac{f}{w}$ بدلالة زاوية الحافة	4-2
19	انعكاس الأشعة الضوئية	5-2
20	مخطط التبادلات الحرارية	6-2
31	المخطط الإنسيابي	1-3
34	تغيرات درجة حرارة خروج الماء خلال اليوم من أجل تدفق 0.1Kg/s	1-4
35	تغيرات درجة حرارة خروج الماء خلال اليوم من أجل مختلف تدفقات	2-4
35	تغيرات درجة حرارة خروج الماء خلال اليوم لوحدتين من PTC من	3-4



	أجل تدفق 0.1Kg/s	
36	تغيرات درجة حرارة خروج الماء خلال اليوم لـ5 وحدات من PTC من أجل تدفق 0.1Kg/s	4-4
36	تغيرات درجة حرارة خروج الماء خلال اليوم لـ10 وحدات من PTC من أجل تدفق 0.1Kg/s	5-4
38	المحطة المدمجة لمصفوفة وحدات PTC	6-4
38	نموذج لمحطة لتلبية حاجيات مصنع الحليب ولاية ورقلة	7-4
39	نموذج لمحطة لتلبية حاجيات المركب الصناعي لإنتاج البواكر	8-4

## قائمة الجداول

الصفحة	عنوان الجدول	رقم الجدول
37	تغير درجة الحرارة بتغير التدفق لوحدين من PTC	1-4
37	تغير درجة الحرارة بتغير التدفق لـ5 وحدات من PTC	2-4
37	تغير درجة الحرارة بتغير التدفق لـ10 وحدات من PTC	3-4
47	المقادير الجغرافية والجوية لمدينة ورقلة	م1-1
47	متوسط درجات الحرارة الدنيا والقصى وسرعة الرياح خلال سنة 2020 لولاية ورقلة	م2-1
48	أبعاد المركز الشمسي	م1-2
48	الخواص الضوئية والحرارية لـPTC	م2-2

## قائمة الرموز

الوحدة في النظام الدولي	المقدار الفيزيائي	الرمز
$m^2$	المساحة	S
$^\circ$	زاوية السميت الرأسية	A
/	التركيز الهندسي للمركز الشمسي	C
$\frac{J}{Kg \cdot K}$	السعة الحرارية	Cp
m	القطر	D
min	معادلة التصحيح الزمني	Et
m	البعد البؤري	F
$\frac{W}{m^2}$	شدة الإشعاع الشمسي	I
$\frac{W}{m^2}$	القيمة المتوسطة لثابت الشمسي المقاسة	Sc
$\frac{W}{m^2 \cdot K}$	معامل انتقال الحرارة بالحمل	$h_{conv}$
$\frac{W}{m^4 \cdot K}$	معامل انتقال الحرارة بالإشعاع	$h_{rad}$
$^\circ$	زاوية الإرتفاع الشمسي	H
$^\circ$	زاوية خط الطول للمنطقة	L
$^\circ$	زاوية الإنحراف الشمسي	$\delta$
$^\circ$	زاوية الذروة	$\theta_z$
$^\circ$	زاوية ورود الإشعاع الشمسي	I
$\frac{Kg}{s}$	التدفق الكتلي	$\dot{m}$
/	رقم اليوم من السنة	$N_j$
/	رقم نيوسالت اللابيدي	Nu
/	رقم برانتل اللابيدي	Pr

W	التدفق الحراري	Q
/	رقم رايلي اللابيدي	Ra
/	رقم ريمولتز اللابيدي	Re
$\dot{C}$	درجة الحرارة	T
h	التوقيت الشمسي الحقيقي	TVS
h	التوقيت العالمي	TU
$\frac{m}{s}$	سرعة الرياح	V
°	زاوية الساعة الشمسية	W
/	معامل الإمتصاص	$\alpha$
°	زاوية الحافة	$\theta_R$
$\frac{Kg}{m^3}$	الكتلة الحجمية	$\rho$
/	معامل الإنعكاس	$\rho^\circ$
/	معامل النفاذية	$\tau$
$\frac{W}{m^2 \cdot K^4}$	ثابت بولتزمان	$\sigma$
/	المردود	$\eta$
/	P:parabolic T:trough C:collector	PTC

# المقدمة العامة

## المقدمة العامة

إن العالم اليوم في حاجة لمزيد من الطاقة لتلبية مختلف الاحتياجات على الصعيد الاجتماعي أو الإقتصادي، فكانت الطاقات الأحفورية بؤرة الاستغلال من طرف الإنسان ونجم عنها العديد من النتائج السلبية كالتلوث البيئي والإحتباس الحراري فكان من الواجب البحث عن البديل ألا وهو الطاقات المتجددة (الشمسية،الرياح،الحيوية...الخ) لكونها غير ملوثة ودائمة وواسعة الإنتشار.

وفي اطار تحقيق التنمية المستدامة تم اللجوء للطاقة الشمسية سواء من خلال التحويل الكهروضوئي أو الحراري ومن بين أهم استغلالات هذا الأخير المركبات الشمسية بأنواعها ولعل الأكثر استعمالا في الأغراض الصناعية والمنزلية المركز الشمسي الأسطواني القطع مكافئ PTC وهذا ما سنتطرق إليه في حالة تكوين محطة مدمجة موصولة على التسلسل والتفرع بغرض إنتاج الماء الساخن والبخار للأغراض الصناعية .

وقد تم تقسيم هذه الدراسة إلى 4 فصول:

بحيث تطرقنا في الفصل الأول:إلى دراسة الإشعاع الشمسي والمركبات الشمسية بصفة عامة. ثم تم تخصيص الفصل الثاني: للدراسة النظرية للمركز الشمسي الأسطواني القطع المكافئ PTC .

أما الفصل الثالث: قمنا فيه بالمحاكاة العددية للمحطة المدمجة. وفي الفصل الأخير تمت مناقشة وتحليل النتائج المتحصل عليها ومقارنتها مع احتياجات الوسط الصناعي.

# الفصل الأول:

الإشعاع الشمسي و المركبات  
الشمسية

مقدمة

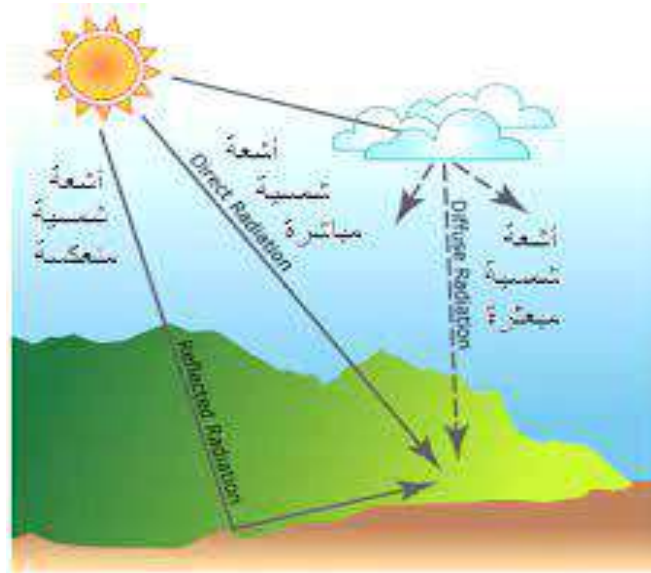
مع تنامي استهلاك الإنسان للطاقة من أجل القيام بمختلف نشاطات الحياة اليومية والأغراض الصناعية، أصبحت الطاقة محط أنظار الجميع خاصة مع سيرورة الطاقة الغير متجددة نحو النضوب وارتفاع أسعارها في الآونة الاخيرة ،وما نتج عنها من تلوث البيئة الوانعكاسه على مختلف الكائنات الحية وكذا الإحتباس الحراري وما ينتج عنه. ولهذا توجهت أنظار جميع الدول نحو الطاقة المتجددة باعتبارها طاقة نظيفة غير ملوثة للبيئة ومن أهمها الطاقة الشمسية وعليه كان النصيب الأكبر لها في الدراسات والبحوث ، وسنتطرق في هذا الفصل إلى مجموعة من تعاريف تخص الطاقة الشمسية وكذا المركبات الشمسية.

1.1 الإشعاع الشمسي

هو عبارة عن أمواج كهرومغناطيسية وطاقة تصدر من الشمس لتصل إلى سطح الأرض خلال مدة زمنية قدرها 8 دقائق و 20 ثانية [1] [2].

2.1 مكونات الإشعاع الشمسي

الأشعة الشمسية بعضها يصل مباشرة إلى الأرض وبعضها ينعكس وينتشر كما هو موضح في الشكل 1.1 :



الشكل 1-1: مكونات الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض [1]



### 1.2.1 الإشعاع الشمسي المباشر

هو جزء من الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى سطح الأرض دون تغييره مساره لعدم تعرضه لعوامل الانتشار والامتصاص [2].

### 2.2.1 الإشعاع الشمسي المنتشر

هو جزء من الإشعاع الشمسي الساقط على الأرض الذي يغير مساره بعد تعرضه لعوامل الانتشار والامتصاص.

### 3.2.1 الإشعاع الكلي

وهو مجموع كل من الإشعاع المباشر والمشتت (المنتشر) الساقطين على مستوى أفقي.

### 3.1 شدة الإشعاع الشمسي

هو معدل تدفق الإشعاع الشمسي الذي تستقبله مساحة  $1\text{m}^2$  خارج الغلاف الجوي للأرض في وضع عمودي على أشعة الشمس. ويمكن حساب الثابت الشمسي في أي وقت من السنة بالعلاقة الرياضية التالية [3].

$$I = sc. [1 + 0.034 \cos [(N_j \frac{360}{365})]] \quad (1-1)$$

بحيث  $sc$  القيمة المتوسطة لثابت الشمسي المقاسة  $1367 \text{ W/m}^2$

$N_j$ : رقم اليوم من السنة ابتداء من 1 جانفي (1.....365).

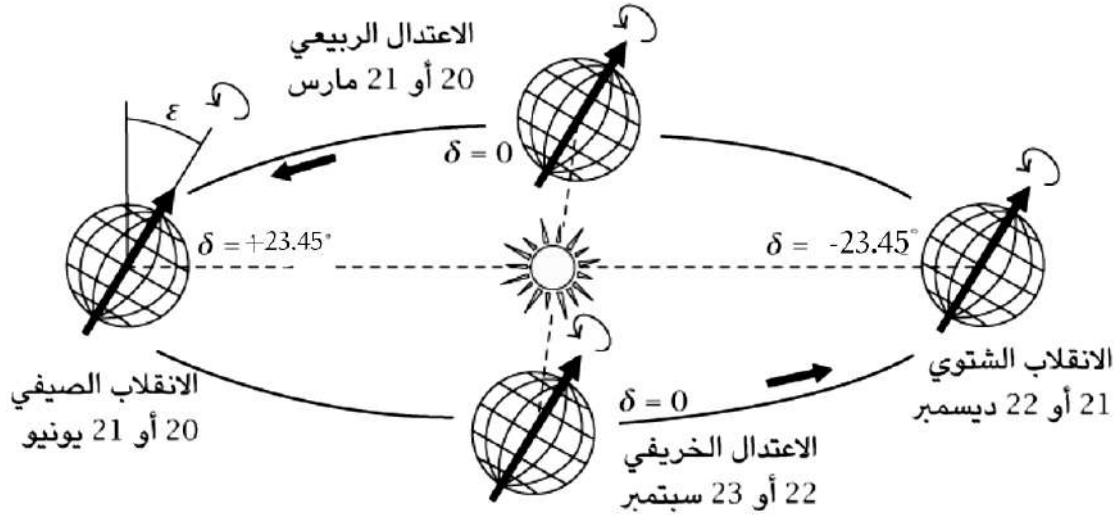
### 4.1 الزوايا الشمسية

لاستغلال الطاقة اشمسية بشكل فعال يحتاج المرء لمعرفة مكان وجود الشمس بشكل دقيق في السماء في وقت معين من اليوم والسنة وهذا ما يتم تحديده من خلال الزوايا الشمسية [4].

### 1.4.1 زاوية الإنحراف الشمسي $\delta$

هي الزاوية ميلان الأرض عن الشاقول أو هي الزاوية المحصورة بين شعاع الشمس الوصل من مركز الشمس إلى الأرض مع خط الاستواء [5].

ونظرا لطبيعة المسار الإهليلجي لحركة الأرض حول الشمس فإن قيم هذه الزاوية تتغير بين  $+23.45^\circ$  في الانقلاب الصيفي و  $-23.45^\circ$  في الانقلاب الشتوي. كما تنعدم خلال الاعتدال الربيعي والخريفي كما هو موضح في الشكل 1-2.



الشكل 1-2: تغير زاوية الميل الشمس خلال العام

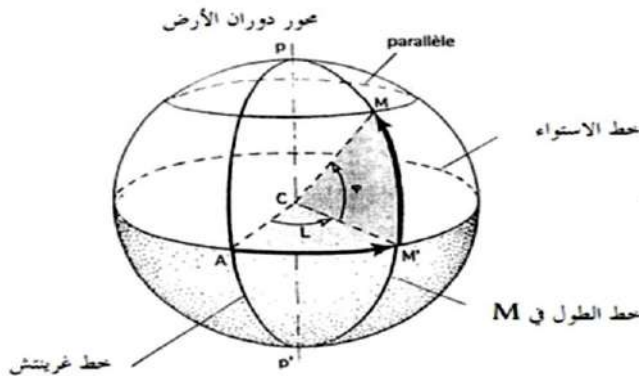
و تحسب زاوية الميل الشمسي في كل يوم من بالعلاقة:

$$\delta = 23.45 \sin \left[ \frac{360}{365} (Nj + 284) \right] \quad (2-1)$$

#### 2.4.1 دائرة العرض φ

هي الزاوية التي تحدد موقع المنطقة المدروسة على سطح الأرض وتعرف بأنها الزاوية المحصورة بين الخط الواصل بين النقطة على سطح الأرض ومركز الأرض ومسقط هذا الخط على مستوى خط الاستواء [2]. وهي محصورة بين :  $\varphi \in [-90^\circ; +90^\circ]$  كما هو موضح

في الشكل 1-3.



الشكل 1-3: زوايا تحديد الموقع (زاوية خط العرض φ وزاوية خط الطول L)

بحيث :

$\varphi < 0$  جنوب خط الاستواء       $0 < \varphi$  شمال خط الاستواء

### 3.4.1 زاوية خط الطول L

هي الزاوية التي يصنعها خط الطول الذي يمر بالمنطقة مع خط غرينتش (خط الصفر)

كما هو موضح في الشكل 3-1 بحيث :

$L < 0$  : غرب خط غرينتش

$L < \lambda$  : شرق خط غرينتش

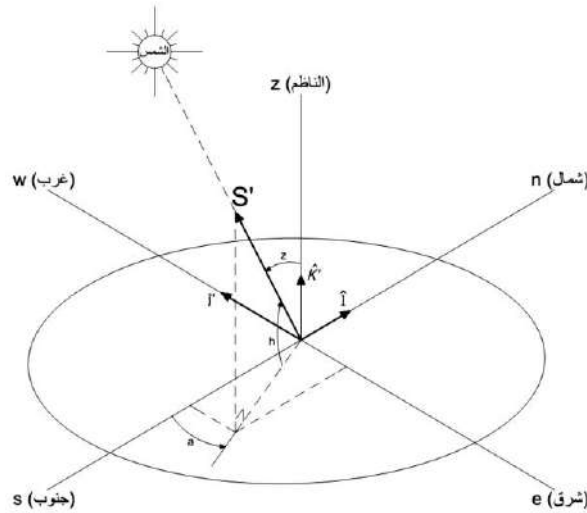
### 4.4.1 زاوية الارتفاع الشمسي h

هي الزاوية التي يصنعها الشعاع الوصل من الشمس إلى نقطة من سطح الأرض مع

المستوى الأفقي المار بتلك النقطة حيث تتعدم عند كل من الشروق والغروب وتكون موجبة في

النهار وسالبة في الليل كما هو موضح في الشكل 4-1 وتحسب بالعلاقة التالية [6]:

$$\sin h = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos w \quad (3-1)$$



الشكل 4-1: زاوية الارتفاع الشمسي وزاوية السمات الشمسي [6]

### 5.4.1 زاوية السميت الشمسي a

هي الزاوية المحصورة بين مسقط الإشعاع الواردة على نقطة من سطح الأرض والمحور المتجه نحو الجنوب وتكون موجبة إذا كانت نحو الغرب وتكون سالبة إذا كانت نحو الشرق كما هو موضح في الشكل 4-1 وتعطى بالعلاقة التالية [7]:

$$\cos a = \frac{\sin h \cdot \sin \varphi - \sin \delta}{\cos h \cdot \cos \varphi} \quad (4-1)$$

### 6.4.1 زاوية السميت الرأسى $\theta_z$

هي الزاوية التي يشكلها الإشعاع الشمسي مع محور الجنوب [8]. وهي الزاوية المكملة لزاوية الارتفاع الشمسي h كما هو موضح في الشكل 4-1.

$$h + \theta_z = \frac{\pi}{2} \quad (5-1)$$

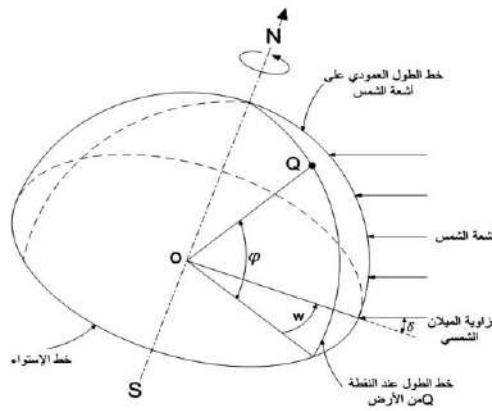
### 7.4.1 زاوية الساعة الشمسية w

هي وحدة قياس الوقت بدلالة الزمن بحيث 1heure تساوي  $15^\circ$  وبالتالي يمكن استخراج قيمتها في أي ساعة من ساعات النهار. الشكل 5-1 وتعطى بالعلاقة التالية بالدرجات [1]:

$$w = 15 (Tvs - 12) \quad (6-1)$$

حيث Tvs: التوقيت الشمسي الحقيقي الذي يعتبر الزوال الشمسي.

w=0 : عند الزوال      0 < w : مساء      w < 0 : صباحا



الشكل 5-1: زاوية الساعة الشمسية ودائرة العرض للمنطقة [6]

### 5.1 التوقيت الشمسي

إن التوقيت المستخدم في العالم توقيت اصطلاحى بينى على اعتبار أن الخط الطول الذى يمر بمنطقة غرينتش البريطانية يساوى الصفر ، وعلى هذا الأساس تم تقسيم العالم الى مناطق زمنية مختلفة وحسب ما هو معمول به فإن المسافة بين خطي طول تعادل 4 دقائق ، أو كل 15 درجة في خطوط الطول تعادل ساعة واحدة وبالتالي فالأوقات الاصطلاحية المعمول بها لا تعطي قيم حقيقة [2].

لذلك يتم حساب المعالم الزمنية :

- الزمن المحلي TL: هو الزمن اللحظي في منطقة الدراسة.
- الفرق في الزمن المحلي  $\Delta T$  : هو الفارق الزمني بين منطقة الدراسة وغرينتش .
- الزمن العالمي TU: هو الزمن في منطقة غرينتش ( $\lambda = 0$ ) ويعطى بالعلاقة التالية :

$$TU = TL \pm \Delta T \quad (7-1)$$

بحيث الإشارة الموجبة شرق خط غرينتش والإشارة السالبة غرب خط غرينتش.

- الزمن الشمسي المتوسط TSM : هو لحظة مرور الشمس بالزوال ويعطى بالعلاقة التالية

$$TSM = TU \pm \frac{\lambda}{15} + E_t \quad (8-1)$$

بحيث  $E_t$ : معادلة التصحيح الزمني.

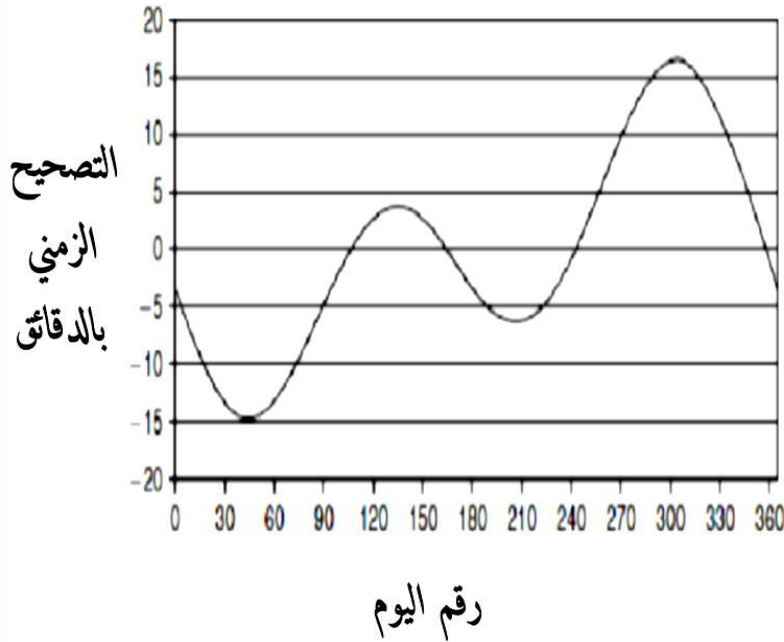
- معادلة التصحيح الزمني: وتعبير عن الاضطراب الناتج حركة الأرض والذي يعطى بالعلاقة [6] التالية بالدقائق:

$$E_t = 0.258 \cos x - 7.416 \sin x - 3.648 \cos 2x - 9.228 \sin 2x \quad (9-1)$$

حيث X مقدره بالدرجات:

$$X = \frac{360(Nj-1)}{365.42} \quad (10-1)$$

ويبين الشكل 1-6 تغيرات التصحيح الزمني خلال أيام السنة:

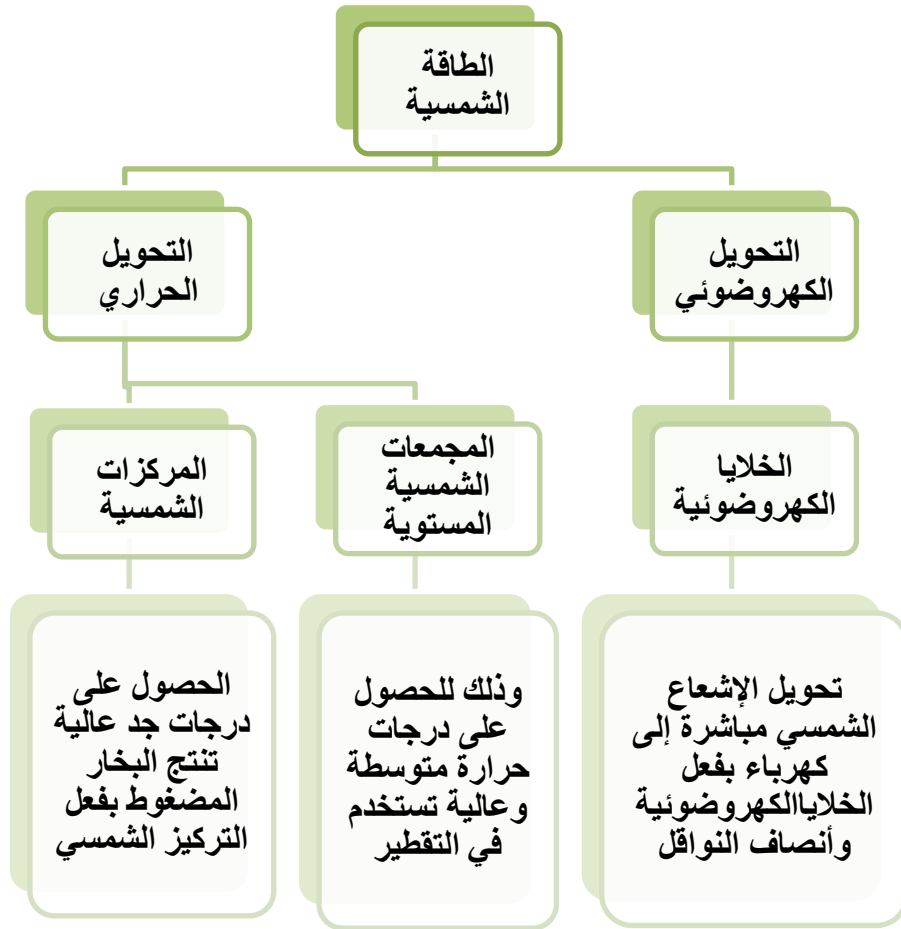


الشكل 1-6: بيان تغيرات التصحيح الزمني خلال أيام السنة [9]

## 1.2 المركبات الشمسية

يتم استغلال الطاقة الشمسية إما بالتحويل الكهروضوئي أو بالتحويل الحراري ويتم هذا الأخير بواسطة المجمعات الشمسية والمركبات الشمسية وذلك للحصول على درجات حرارة جد عالية واستخدامها في مختلف مجالات الحياة.

يبين الشكل 1-7 استخدامات الطاقة الشمسية، والتحويل الحراري ليس وليد اليوم فقد عرف الإنسان منذ القدم باستغلاله الطاقة الشمسية حرارياً وذلك بتجفيف المحاصيل والتدفئة وغيرها كما يذكر التاريخ قيام أرخميدس [10] بحرق سفن الغير باستخدام التركيز الشمسي.



الشكل 1-7: استخدامات الطاقة الشمسية [2]

## 2.2 التركيز الشمسي [6]

يتم تحول الطاقة الحرارية وفق نمطين الكهروضوئي والحراري، هذا الأخير يتم بواسطة التركيز الشمسي أي تجميع أشعة الشمس الساقطة على سطح الأرض وذلك عن طريق التركيز الخطي والنقطي.

### 1.2.2 التركيز الخطي

يتم عكس الأشعة الواردة وتركيزها على أنبوب ماص على شكل خط مستقيم مثبت في المحور البؤري ومن أهمها المركز الشمسي الأسطواناني القطع المكافئ PTC، عاكس فيرنل الخطي LFR ويبلغ معامل تركيز هذه الأنظمة ل (30-80) وتصل درجة حرارة المائع إلى 400°C.

### 2.2.2 التركيز النقطي

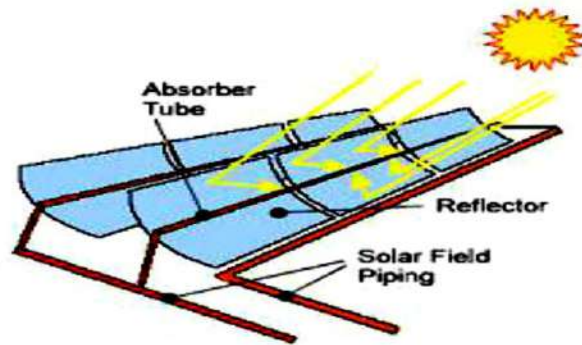
يتم تركيز الإشعاع الشمسي الوارد المباشر على سطح عاكس في نقطة واحدة وهي نقطة البؤرة من خلال أنظمة الصحون القطع المكافئة، ويصل معامل تركيز الإشعاع الشمسي (1000-4000) ويتم التتبع الشمسي وفق محوري دوران للحفاظ على تركيز الإشعاع في البؤرة.

### 3.2 أنواع المركزات الشمسية

المركزات هي منظومة خاصة بتركيز الطاقة الشمسية واستغلالها حرارياً وذلك بفضل وجود سطوح عاكسة عليها ويتم التركيز بشكل خطي أو نقطي.

#### 1.3.2 المركز الشمسي الأسطواني القطع المكافئ (PTC)

يتكون نظام PTC من سطح عاكس على شكل أسطواني قطع مكافئ مقعر حيث يعمل هذا الأخير على تجميع وتركيز الأشعة الواردة نحو الأنبوب الماص (من النحاس أو الفولاذ المقاوم لصدأ، مطلي بطبقة سوداء) المثبت على المحور البؤري، ويتم في الغالب إحاطة الأنبوب بالزجاج وتفريغه من الهواء لتفادي الضياعات الطاقوية عن طريق الحمل [11] الشكل 8-1 و 9-1:



الشكل 8-1: المركز الشمسي الأسطواني القطع مكافئ PTC [12]





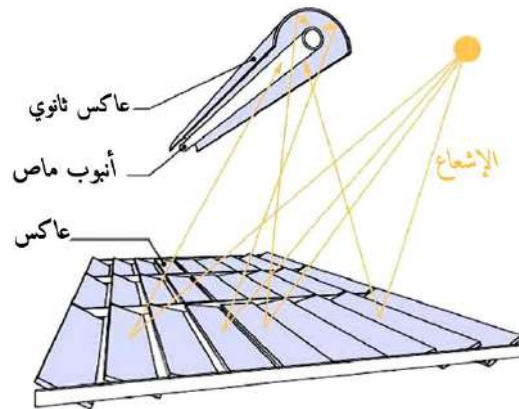
الشكل-1-9: صورة لمحطة تعتمد على PTC [13]

### 1.1.3.2 تطبيقاته [14]

- ✓ تستخدم بشكل عام في التجارة والتطبيقات الصناعية.
- ✓ مصدر طاقة مناسبة لمعظم عمليات تحلية المياه .
- ✓ قدرة على إنتاج طاقة حرارية عالية الجودة تستخدم عموماً للكهرباء.

### 2.3.2 نظام عاكس فرينل الخطي LFR

يتكون عاكس فرينل من نظامين عاكسين، بحيث الأول عبارة عن مجموعة مرايا مسطحة بشكل متوازي تقوم بعكس الأشعة الواردة نحو الأنبوب المستقبل (المثبت في المحور البؤري) المعلق فوقها بوضع أمتار هذا الأخير يكون محاط بمرآة ثانوية من أجل إعادة تركيز الأشعة الضائعة نحو المستقبل مرة أخرى [15]. كما هو موضح في الشكل 1-10.



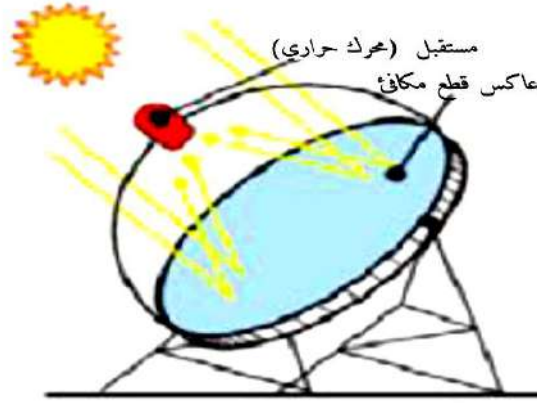
الشكل 1-10: عاكس فرينيل الخطي LFR [16]

1.2.3.2 تطبيقاته [16]

- ✓ تسخين المياه بالطاقة الشمسية.
- ✓ التدفئة.
- ✓ توليد البخار لاستخدامه في محطات الطاقة التقليدية .

3.3.2 المركز الشمسي الصحن القطع مكافئ DP

يتكون المركز الشمسي الصحن القطع مكافئ من سطوح مقعرة عاكسة للإشعاع الشمسي تركز هذه الأشعة في البؤرة. في حين تصل درجة حرارة هذا العاكس إلى  $1500^{\circ}C$ .



الشكل 1-11: الصحن القطع مكافئ [12]

1.3.3.2 تطبيقاته

- ✓ يستخدم في توليد الكهرباء مباشرة من خلال محرك ستيرلينغ او بواسطة توربينات الغاز الموضوعه في البؤرة.

4.3.2 البرج المركزي CRC

يتكون من عواكس مستقلة تغطي مساحات شاسعة تكون مزودة بنظام تتبع لحركة الشمس مع توجيه الإشعاع نحو المستقبل ومن ثم تحويل الطاقة الشمسية إلى حرارة وبعدها تنتقل إلى المائع كما هو موضح في الشكل 1-12 .



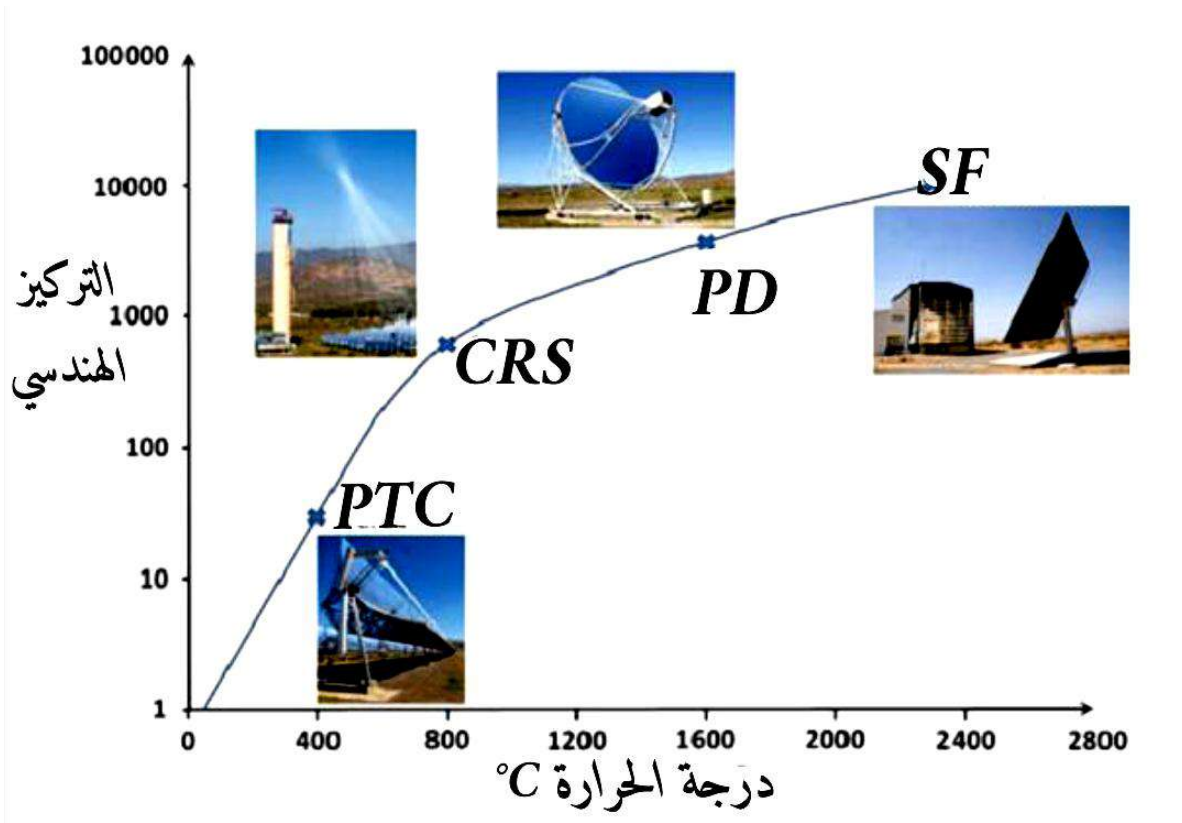
الشكل-1- 12: البرج المركزي الشمسي [12]

#### 1.4.3.2 تطبيقاته

✓ يعمل كغلاية لتوليد البخار وتحميصه، ومن ثم إنتاج الطاقة الكهربائية عبر دورة ترموديناميكية.

#### 4.2 مقارنة مختلف المركزات الشمسية [6]

يمثل الشكل 1-13 مجال تغير التركيز الهندسي ودرجة حرارة التشغيل بحيث وصلت درجة حرارة بعض الانظمة لـ 2800 درجة مئوية أي أنها مناسبة لصهر المعادن والأملاح والتخزين الحراري، وكان النظام الأنسب لتوليد البخار واستعماله هو المركز الشمسي الأسطواني القطع مكافئ PTC.



الشكل-13: التركيز الهندسي ودرجة حرارة اشتغال مختلف المركزات الشمسية.

#### الخاتمة

الإشعاع الشمسي الوارد على سطح الأرض رغم نسبته الضعيفة مقارنة بالإشعاع الكلي الصادر من الشمس إلا أنه بإمكانه إنتاج طاقة كبيرة عن طريق المركزات الشمسية، فيعتبر التركيز الشمسي من بين أهم التقنيات المستعملة لإنتاج الطاقة الحرارية من الإشعاع الشمسي ومن ثم الطاقة الكهربائية أو استغلال هذه الحرارة في الأغراض الصناعية والمنزلية. وبعد مقارنة مختلف المركزات من حيث التركيز الهندسي ودرجة حرارة التشغيل، فكان PTC الأنسب لتلبية حاجيات الوسط المعيشي والصناعي لذا كان نصيب الدراسة له فسنسلط الضوء عليه في الفصل الثاني.

## الفصل الثاني:

الدراسة النظرية للمركز الشمسي  
الأسطواناني القطع مكافئ PTC

مقدمة

يعتبر الإشعاع الشمسي طاقة عالية من الحرارة مصدرها الشمس بحيث تبلغ إشعاعها [13]  $63\text{MW/m}^2$  ومع ذلك فإن هندسة الشمس والأرض تقلل بشكل كبير من تدفق الطاقة الشمسية إلى حوالي  $1\text{KW/m}^2$  وتغلب على هذا النقصان يتم استخدام أنظمة التركيز الحرارية الشمسية ذات التركيز النقطي أو التركيز الخطي بحيث يتم تركيز الأشعة في البؤرة أو الخط البوري أي على سطح الانبوب الماص ليكتسب كمية من الحرارة تنقل إلى المائع الناقل للحرارة (HTF) ليتم انتاج الماء الساخن أو البخار المضغوط، ومن بين أهم المركبات الشمسية يوجد المركز الشمسي الأسطواني القطع مكافئ (PTC) والذي هو موضوع دراستنا وسنتعرف في هذا الفصل على مبدأ عمله وآلية اشتغاله، وتركيزه الهندسي وكذا التبادلات الحرارية بين مكوناته ومعادلات الموازنة الحرارية وسنتطرق إلى مردوده بنوعيه الضوئي والحراري.

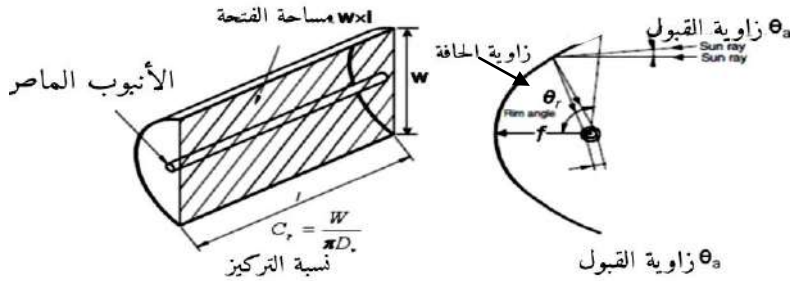
1. هندسة PTC

يتكون المركز الشمسي الأسطواني القطع مكافئ من سطح عاكس أسطواني على شكل قطع مكافئ، وأنبوب يقع على طول خط المحور البوري كما هو موضح في الشكل 2-1. ويتميز بالأبعاد التالية: الطول  $L$ ، عرض الفتحة  $w$ ، البعد البوري  $f$ ، الإرتفاع  $h$ ، كما هو موضح بالشكل 2-2 [8] وتعطى علاقة القطع مكافئ من الشكل:

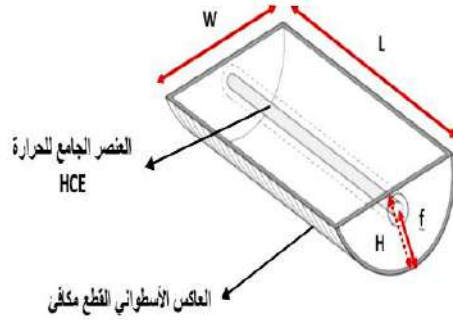
$$y = \frac{1}{4f}x^2 \quad (1 - 2)$$

وتعطى علاقة البعد البوري بدلالة أبعاد المركز كمايلي:

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



الشكل 2-1: مقطع عرضي يوضح هندسة PTC.



الشكل 2-2: المخطط العام لشكل PTC [6].

### 1.1 زاوية الحافة

هي الزاوية بين الشعاع المنعكس نحو البؤرة والشعاع الذي ينحرف عنها بحيث يتم استقبال هذا الشعاع على العنصر الجامع للحرارة HCE، الشكل 2-، وتعطى علاقتها من الشكل

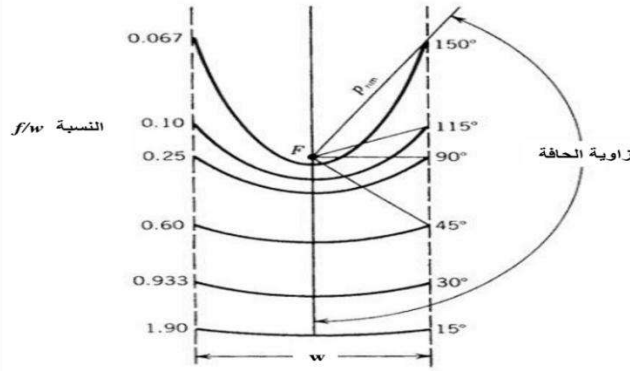
$$\theta_R = \cos^{-1} \left[ \frac{2f}{\left[ (0.5W)^2 + (f-hc)^2 \right]^{1/2}} - 1 \right] = \cos^{-1} \left[ \frac{2f}{R} - 1 \right] \quad (3-2)$$

حيث R نصف قطر حافة العاكس

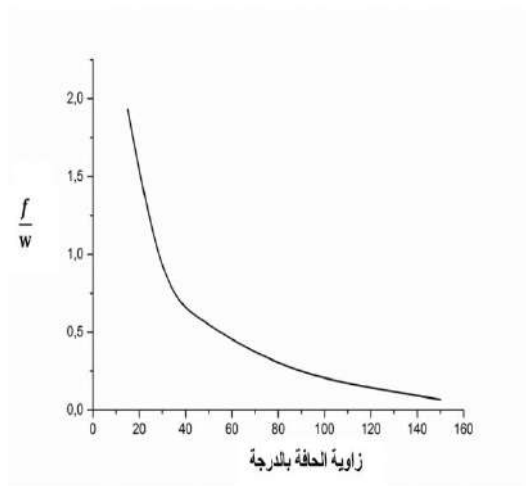
وتعطى كذلك بالعلاقة التالية :

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

$$\frac{W}{f} = -\frac{4}{\tan \theta_R} + \sqrt{\frac{16}{\tan^2 \theta_R} + 16} \quad (4-2) \quad \text{ومنه نجد:}$$



الشكل 2-3: العلاقة بين زاوية الحافة ونسبة البعد البؤري إلى عرض الفتحة [6].



الشكل 2-4: بيان تغيرات النسبة  $\frac{f}{w}$  بدلالة زاوية الحافة.

## 2.1 زاوية القبول

هي الزاوية بين الشعاع المنعكس نحو البؤرة والشعاع الذي ينحرف عنها بحيث يتم استقبال هذا الشعاع على العنصر الجامع للحرارة HCE، الشكل 2-1.

## 3.1 مساحة الفتحة

هي المساحة التي تستقبل الإشعاع الشمسي المباشر وتعطى بالعلاقة التالية:

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

## 4.1 تركيزه الهندسي

هو النسبة بين مساحة الفتحة العاكس إلى مساحة السطح المستقبل (الأنبوب الماص )

ويعطى بالعلاقة التالية [17]:



$$C = \frac{A_{ap}}{A_{abs}} = \frac{(W - D_{rex})}{\pi \cdot D_{rex}} \quad (6-2)$$

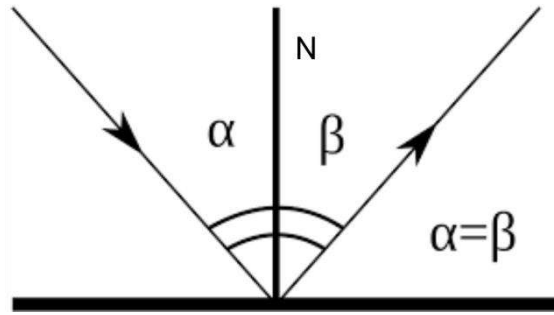
$A_{ap}$ : مساحة فتحة العاكس.

$A_{abs}$ : مساحة الأنبوب الماص.

## 2. مبدأ عمل PTC

يعتمد المركز الشمسي الأسطواني القطع مكافئ على قانون انعكاس الأشعة الضوئية على سطح عاكس حسب قانون سنيل ديكرات الذي يصف العلاقة ما بين زوايا السقوط والانعكاس لانتقال الضوء في وسط متجانس وشفاف ومنتاحي وفق خطوط مستقيمة لنموذج الضوء الهندسي [18] كما هو مبين في الشكل 2-5.

وتكتب علاقته من الشكل التالي:  $\alpha = \beta$  (7-2)



الشكل 2-5: انعكاس الأشعة الضوئية

حيث:

$\alpha$ : زاوية الورود

$\beta$ : زاوية الانعكاس

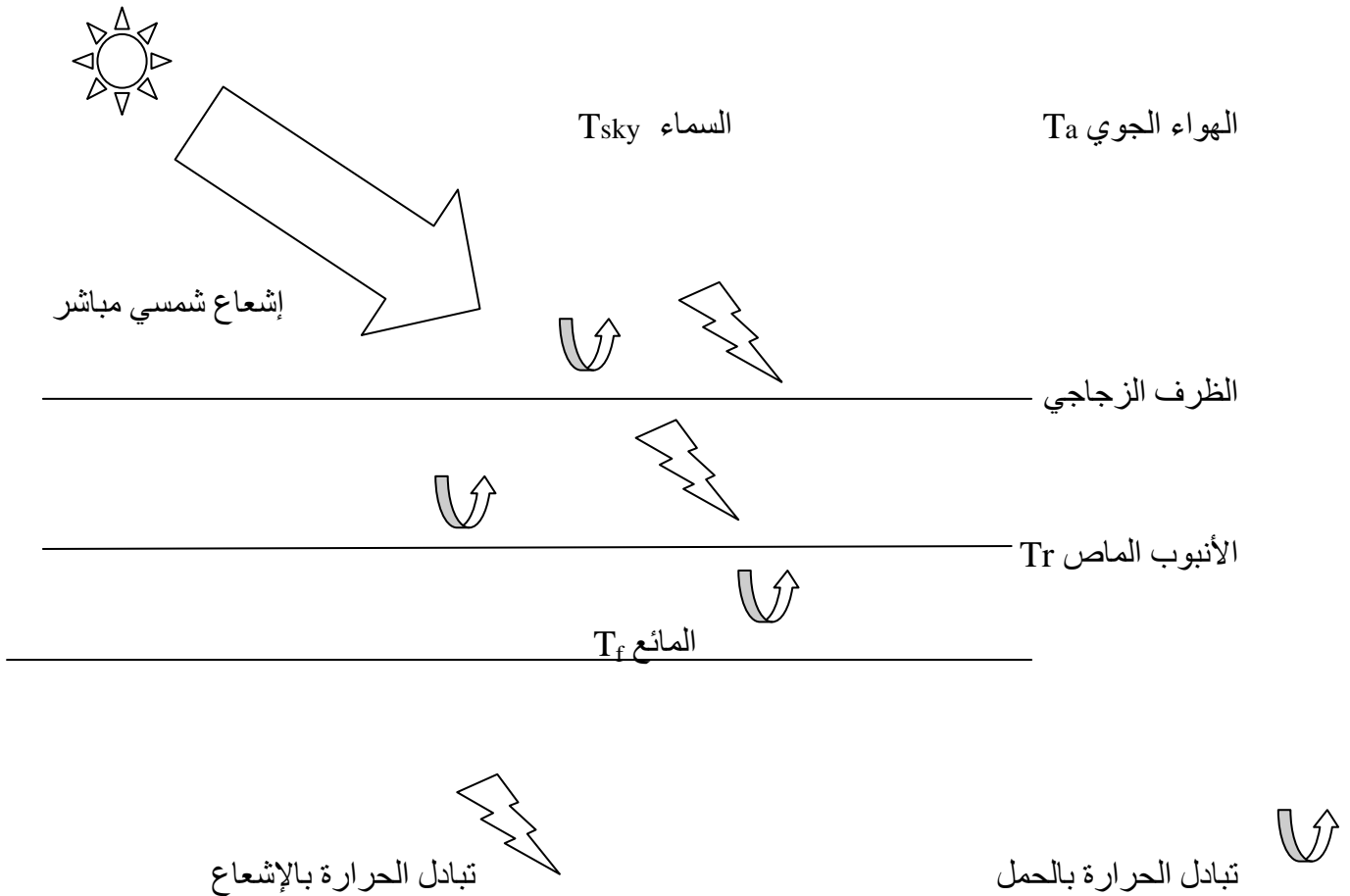
$N$ : الناظم على المستوي.

### 3. آلية عمل PTC

يتم تركيز الإشعاع الشمسي الساقط على الفتحة بفضل وجود السطح العاكس نحو الأنبوب الماص (المستقبل) المثبت على الخط البؤري، يقوم هذا الأخير بامتصاص الإشعاع على شكل حرارة وبالتالي زيادة حرارته ومن ثم نقل الحرارة إلى المائع الناقل للحرارة HTF بواسطة الحمل على شكل حرارة مفيدة وكذا يتم فقد جزء منها على شكل ضياع بواسطة التوصيل والحمل والإشعاع.

### 4. التبادلات الحرارية بين مكونات PTC

تعتمد هذه الدراسة على تقييم آليات انتقال الحرارة بمختلف الطرق إما بشكل مفيد (من السطح الماص نحو المائع بالحمل) أو على شكل ضياع (من السطح الماص نحو الهواء بالحمل ونحو السماء بالإشعاع) كما يوضح الشكل 2-6.



الشكل 2-6: مخطط التبادلات الحرارية ل PTC

5. المردود الضوئي  $\eta_{op}$

هو النسبة بين شدة الإشعاع التي يتعرض إليها الأنبوب الماص والإشعاع الشمسي

الكلي [6].

$$\eta_{op} = \frac{I \rho^\circ \cdot \tau e \cdot \alpha r}{I} = \rho^\circ \cdot \tau e \cdot \alpha r \quad (8 - 2)$$

6. المردود الحراري  $\eta_{th}$

هو نسبة تدفق الحرارة المفيدة التي اكتسبها المائع إلى شدة الإشعاع الشمسي الذي يعترضه

الأنبوب الماص ويعطى بالعلاقة التالية :

$$\eta_{th} = \frac{m^\circ \cdot C_{pf} (T_{fo} - T_{fi})}{I \cdot \rho^\circ \cdot \tau e \cdot \alpha r \cdot L \cdot W} \quad (9 - 2)$$

الخاتمة

فكما ذكر سالفا عن أهمية المركز الشمسي الأسطواني باعتباره البديل للطاقة الأحفورية ومعرفة مبدأ عمله وآلية اشتغاله كجهاز واحد، فسنقوم في الفصل الموالي بمحاكاة العددية لمجموعة من الوحدات قصد التعرف على امكانية التحسين من مردوده أي رفع درجة حرارة الماء وكذا التحكم في التدفق.

## الفصل الثالث:

المحاكاة العددية لنظام مصفوفة

وحدات **PTC**

مقدمة

في إطار انجاز المحاكاة العددية لدرجة حرارة خروج الماء لمجموعة وحدات PTC  
وجب تبسيط المعادلات التفاضلية مع الأخذ بفرضيات لتسهيل الدراسة مع وضع نموذج رياضي  
بناء على الدراسات السابقة، ثم تطبيق المحاكاة والأخذ بنتائجها لمواصلة الدراسة.

1. فرضيات لبناء النموذج الرياضي

من أجل تبسيط الدراسة ومن ثم كتابة معادلة الموازنة الحرارية للمركز الشمسي نعتبر الفرضيات  
التالية :

- أن هناك انتظام في توزيع درجات الحرارة على مستوى العنصر الجامع لدرجة الحرارة، وهذا مقبوع باعتبار الظرف الزجاجي مفرغ من الهواء [6].
- إهمال سمك الأسطح باعتبارها صغيرة جدا مقارنة بأبعاد PTC.
- نعتبر أن الانتقال الحراري أحادي البعد، أي أن التبادلات الحرارية في الإتجاه القطري.
- إهمال أخطاء التتبع الشمسي.
- عدم وجود تغير طوري للماء أثناء السريان داخل الأنبوب الماص.
- إعتبار النظام مستقر حراري.
- إعتبار الخواص الضوئية والحرارية لمختلف المواد مستقلة عن درجة الحرارة.
- إهمال الانتقال الحراري بين العنصر الجامع للحرارة HCE والدعامات الحاملة له.

2. معادلات الموازنة الحرارية

تتم كتابة معادلات الموازنة الحرارية لكل أسطح مكونات ال PTC وذلك بالاعتماد على  
القانون الأول للترموديناميك أي أن مجموع التدفقات الحرارية الداخلية والخارجية يساوي  
الحرارة المخزنة.

$$\dot{\phi}_{st} = \dot{\phi}_e - \dot{\phi}_s + \dot{\phi}_g \quad (1-3)$$

حيث:

$\dot{\phi}_g$ : التدفق الحراري المتوالد	$\dot{\phi}$ : التدفق الحراري الخارج
$\dot{\phi}_{st}$ : التدفق الحراري المخزن	$\dot{\phi}_e$ : التدفق الحراري الداخل

1.2 معادلة موازنة الطاقة لظرف الزجاجي :

يستقبل الظرف الزجاجي الإشعاع الشمسي المنعكس، ويتبادل حرارة مع الأنبوب الماص  
بالحمل والإشعاع وكذلك بالحمل مع الهواء الخارجي ومع السماء بالإشعاع، ونكتب معادلة  
الموازنة :

$$\rho_e S_e C_{pe} \frac{dT_e}{dt} = I C \rho^\circ \alpha_e \pi D_{eext} + [h_{(e \rightarrow r)} + h_{rod(e \rightarrow r)}] D_{eint} (T_r - T_e) +$$

$$h_{conv(e \rightarrow air)} D_{eext} (T_{air} - T_e) + h_{rod(e \rightarrow sky)} D_{eext} (T_{sky} - T_e) \quad (2-3)$$

مع se مساحة مقطع جدار الظرف الزجاجي

$$se = \frac{\pi}{4} (De_{ext}^2 - De_{int}^2) \quad (3-3)$$

معامل انتقال الحرارة بالحمل مع الهواء الجوي والذي يتعلق بسرعة الرياح v، وعرض فتحة المجمع w وزاوية ورد الإشعاع الشمسي i ويعطى بالعلاقة التالية [19]:

$$h_{(e \rightarrow air)} = 5.7 + 3.8 v + 1.42 \left( \frac{(T_e - T_{air}) \sin i}{w} \right)^{0.25} \quad (4-3)$$

معامل انتقال الحرارة بالإشعاع مع السماء

$$h_{r(e \rightarrow sky)} = \epsilon_c \sigma (T_e + T_{sky}) (T_e^2 + T_{sky}^2) \frac{T_e - T_{sky}}{T_e - T_a} \quad (5-3)$$

وتعطى درجة حرارة السماء بالعلاقة [2020]:

$$T_{sky} = 0.0552 (T_a)^{1.5} \quad (6-3)$$

كما تحسب درجة حرارة الجو المحيط بالعلاقة [21]:

$$T_a = \left[ \frac{T_{a \max} - T_{a \min}}{2} \right] \sin \left[ \frac{(t-8)\pi}{12} \right] + \left[ \frac{T_{a \max} + T_{a \min}}{2} \right] \quad (7-3)$$

حيث  $T_{a \max}$  و  $T_{a \min}$  درجتى حرارة الجو المحيط القصى و الدنيا في الشهر محل الدراسة [ الملحق 1 ] و t التوقيت المحلي بالساعات.

## 2.2 معادلة موازنة الطاقة للأنبوب الماص

يستقبل الأنبوب الماص المنعكس والنافذ من الظرف الزجاجي ليتم تخزينه على شكل حرارة وتنقل منه إلى المائع بالحمل القسري وإلى الظرف الزجاجي بالحمل والإشعاع، ونكتب معادلة الموازنة:

$$\rho_r s_r C_{pr} \frac{dT_r}{dt} = I C \rho^\circ \tau_e \alpha_r D_{r \text{ext}} + [h_{conv(r \rightarrow e)} + h_{rad(r \rightarrow e)}] D_{r \text{ext}} (T_e - T_r) + h_{conv(r \rightarrow f)} D_{r \text{int}} (T_f - T_r) \quad (8-3)$$

مع  $sr$  مساحة مقطع الجدار الأنبوب الماص

$$sr = \frac{\pi}{4} (D_{r_{ext}}^2 - D_{r_{int}}^2) \quad (9-3)$$

يكون انتقال الحرارة بين الأنبوب الماص والظرف الزجاجي بالحمل الحراري الجزيئي الحر عند تفريغ الظرف الزجاجي، حيث يكون الضغط داخل الظرف ( $P < 1 \text{ mm Hg}$ ) [22] ، ويعطى معامل انتقال الحرارة في هذه الحالة بالعلاقة [23]:

$$h_{\text{conv}(e \rightarrow r)} = \frac{\lambda_g}{2 \ln \frac{D_{re}}{D_{rint}} + bk \left( \frac{D_{rint}}{D_{rext}} + 1 \right)} \quad (10 - 3)$$

حيث الثوابت  $b$  و  $K$  تعطى بالعلاقات [24]:

$$b = \frac{(2-a)(9\gamma-5)}{2a(\gamma+1)} \quad (11-3)$$

$$k = \frac{2.3331 \cdot 10^{-20} \left[ \left( \frac{T_r - T_e}{2} \right) + 273.15 \right]}{P \delta^2} \quad (12 - 3)$$

حيث:

$\lambda_g$ : متوسط معامل انتقال الحرارة للغاز داخل الظرف الزجاجي في الظروف القياسية عند متوسط درجة الحرارة بين الأنبوب الماص والظرف الزجاجي ( $Wm^{-1}K^{-1}$ )

$k$ : متوسط المسار الحر لجزيئات الغاز داخل الظرف ( $m$ ).

$b$ : معامل التأثير المتبادل لجزيئات الغاز.

$a$ : معامل الموضع الحراري للجزيئات الغاز وتتراوح قيمته من 0.01 إلى 1 ، حسب لزوجة الغاز [25] وفي حالة التفاعل (غاز صلب) فإنه يمكن اعتباره ( $a=1$ ) تقريبا [26], [27].

$\gamma$ : نسبة الحرارة النوعية للغاز داخل الظرف.

$P$ : الضغط داخل الظرف ( $\text{mm Hg}$ )

$\delta$ : القطر الجزيئي للغاز داخل الظرف ( $\text{cm}$ ) بالنسبة للهواء يعطى  $\delta = 3.66 \times 10^8$  [28]

بينما يكون الانتقال بالحمل الحراري الحر (الطبيعي) في حالة عدم تفريغ الظرف من الهواء، ويعطى معامل انتقال الحرارة في هذه الحالة بالعلاقة [29]:

$$h_{\text{conv}(e \rightarrow r)} = \frac{2\pi\lambda_{\text{eff}}L}{\ln\left(\frac{D_{\text{rint}}}{D_{\text{rext}}}\right)} \quad (13 - 3)$$

حيث:

$$\lambda_{\text{eff}} = 0.386 \lambda_a \left( \frac{\text{Pra}}{8.61 + \text{Pra}} \right)^{\frac{1}{4}} (F_{\text{cil}} R_{\text{aa}})^{\frac{1}{4}} \quad (14 - 3)$$

$$F_{\text{cil}} = \frac{\left( \ln\left(\frac{D_{\text{ein}}}{D_{\text{rext}}}\right) \right)^4}{\left( \frac{D_{\text{rint}} - D_{\text{rext}}}{2} \right)^3 (D_{\text{eint}}^{-3/5} + D_{\text{rext}}^{-3/5})^5} \quad (15 - 3)$$

حيث:

$\lambda_{\text{eff}}$ : معامل انتقال الحرارة الفعال ( $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ )

L: طول الأنبوب الماص (m)

$\lambda_a$ : معامل الانتقال بالحمل الحراري للهواء عند متوسط درجة الحرارة بين الظرف الزجاجي والأنبوب

الماص ( $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ )

$F_{\text{cil}}$ : معامل الشكل الهندسي لأسطوانتين متمحورتين.

$R_{\text{aa}}$  و  $\text{Pra}$ : رقمي برانتل ورايلي من أجل متوسط درجة الحرارة بين الظرف والأنبوب الماص وعند

البعد المتوسط  $\frac{D_{\text{eint}} + D_{\text{rext}}}{2}$ , مع ضرورة أخذ  $\lambda_{\text{eff}} = \lambda_a$  في حالة ما إذا كانت  $\lambda_{\text{eff}} < \lambda_a$

أما بالنسبة لمعامل انتقال الحرارة بالإشعاع بين الظرف الزجاجي والأنبوب الماص يعطى بالعلاقة التالية

: [30]

$$h_{\text{rad}(e \rightarrow r)} = \frac{\sigma(\text{Tr} + \text{Te})(\text{Tr}^2 + \text{Te}^2)}{\frac{1}{\epsilon_r} + \frac{1 - \epsilon_e}{\epsilon_e} \left( \frac{D_{\text{rext}}}{D_{\text{eint}}} \right)} \quad (16 - 3)$$

### 3.2 معادلة موازنة الطاقة المانع

يستقبل المانع الحرارة من الأنبوب الماص عن طريق سطح التبادل بواسطة الحمل ليتم

تخزينها من قبل المانع على شكل حرارة محسوسة تؤدي إلى رفع درجة حرارته ونكتب معادلة

الموازنة:



$$\rho S_f C_{pf} \frac{dT_f}{dt} = h_{\text{conv}(r \rightarrow f)} (T_r - T_f) \pi \cdot D_{\text{rint}} \quad (17-3)$$

$$S_f = \frac{\pi}{4} D_{\text{rint}}^2 \quad (18-3)$$

مع  $S_f$  مساحة مقطع الأنبوب الداخلي

ويعطى معامل انتقال الحرارة بين الأنبوب الماص والمائع

$$h_{\text{conv}(r \rightarrow f)} = \frac{N_{\text{uf}} \lambda_f}{D_{\text{ri}}} \quad (19 - 3)$$

بحيث مساحة سطح التبادل الحراري بينهما :

$$A_{\text{rint}} = \pi \cdot D_{\text{ri}} \cdot L \quad (20-3)$$

في حالة السريان الرقائقي للمائع  $Re_D \leq 2300$  فإن رقم نوسالت لا يتعلق برقم رينولدز ولا برقم برانتل ويعطى بالعلاقة [30]:

$$N_{\text{uf}} = 4.36 \quad (21-3)$$

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

تعطى عبارة رقم نوسالت بصيغة Gnielinski [31]:

$$N_{\text{uf}} = \frac{(C_f/2)(Re_D - 1000)Pr}{1 + 12.7(C_f/2)^{\frac{1}{2}}(Pr^{\frac{2}{3}} - 1)} \left(\frac{Pr}{Pr_w}\right)^{0.11} \quad (22 - 3)$$

حيث  $Re_D$  رقم رينولدز عند قطر الأنبوب الماص

$$Re_D = \frac{V_f \cdot \rho_f \cdot D_{\text{ri}}}{\mu_f} \quad (23 - 3)$$

و تحسب الخواص الحرارية عند متوسط درجة حرارة بين المائع (HTF) والأنبوب الماص، ما عدا  $P_{\text{rw}}$  فإنها تحسب عند درجة حرارة الأنبوب الماص.

ويحسب معامل الاحتكاك  $C_f$  في حالة أنابيب ملساء بعلاقة Filonenko [32]:

$$C_f = (1.58 \ln \cdot Re_D - 3.28)^{-2} \quad (24 - 3)$$

### 3. المعالجة الرقمية للمعادلات التفاضلية

لكل عنصر من PTC معادلة تفاضلية خاصة به (الظرف الزجاجي، الأنبوب الماص،

المائع) بدلالة درجة الحرارة ( $T_f$  ،  $T_r$  ،  $T_e$ ) يمكن التعبير عنها بـ:

$$\frac{dT}{dt} = \frac{T_t - T_{t-\Delta t}}{\Delta t} \quad (25 - 3)$$

وبالتالي نكتب المعادلات من الشكل التالي:

#### 1.3 الظرف الزجاجي

$$\frac{\rho_e S_e C_{pe}}{\Delta t} (T_e^t(j) - T_e^{t-\Delta t}(j)) =$$

$$IC\rho^\circ\alpha_e\pi D_{e.ext} + h_{rad(e\rightarrow sky)}\pi D_{e.ext}T_{sky} + h_{conv(e\rightarrow air)}\pi D_{e.ext}T_{air} - \pi[(h_{conv(r\rightarrow e)} + h_{roy(r\rightarrow e)})D_{e.int} + (h_{conv(e\rightarrow air)} + h_{rad(e\rightarrow sky)})D_{e.ext}]T_e + (h_{conv(r\rightarrow e)} + h_{rad(r\rightarrow e)})\pi D_{e.int}T_r \quad (26-3)$$

#### 2.3 الأنبوب الماص

$$\frac{\rho_r S_r C_{pr}}{\Delta t} (T_r^t(j) - T_r^{t-\Delta t}(j)) =$$

$$IC\rho^\circ\alpha_e\tau_e\pi D_{r.ext} + (h_{conv(r\rightarrow e)} + h_{rad(r\rightarrow e)})\pi D_{r.ext}T_e - \pi[(h_{conv(r\rightarrow e)} + h_{rad(r\rightarrow e)})D_{r.ext} + h_{conv(r\rightarrow f)}D_{r.int}]T_r + h_{conv(r\rightarrow f)}\pi D_{r.int}T_f \quad (27 - 3)$$

#### 3.3 المائع

$$m^o_f \cdot C_{pf} (T_f^t(j) - T_f^{t-\Delta t}(j-1)) = h_{conv(r\rightarrow f)}\pi D_{r.int}T_r - h_{conv(r\rightarrow f)}\pi D_{r.int}T_f \quad (28-3)$$

وبعد تبسيط المعادلات

$$\left[ \frac{\rho_e S_e C_{pe}}{\Delta t} + (h_{conv(r\rightarrow e)} + h_{rad(r\rightarrow e)})\pi D_{e.int} + (h_{conv(e\rightarrow air)} + h_{rad(e\rightarrow sky)})\pi D_{e.ext} \right] T_e^t(j) - (h_{conv(r\rightarrow e)} + h_{rad(r\rightarrow e)})\pi D_{e.int} T_r^t(j) =$$

$$\frac{\rho_e S_e C_{pe}}{\Delta t} T_e^{t-\Delta t} + IC\rho^\circ\alpha_e\pi D_{e.ext} + h_{rad(e\rightarrow sky)}\pi D_{e.ext}T_{sky} + h_{conv(e\rightarrow air)}\pi D_{e.ext}T_{air} \quad (29 - 3)$$

$$\begin{aligned}
 & - (h_{\text{conv}(r \rightarrow e)} + h_{\text{rad}(r \rightarrow e)}) \pi D_{e.\text{ext}} \cdot T_e^t(j) + \left[ \frac{\rho_r S_r C_{pr}}{\Delta t} + (h_{\text{conv}(r \rightarrow e)} + h_{\text{rad}(r \rightarrow e)}) \pi D_{r.\text{ext}} + \right. \\
 & \left. h_{\text{conv}(r \rightarrow f)} \pi D_{r.\text{int}} \right] T_r^t(j) - h_{\text{conv}(r \rightarrow f)} \pi D_{r.\text{int}} T_f(j) = \\
 & \frac{\rho_r S_r C_{pr}}{\Delta t} T_r^{t-\Delta t}(j) + IC \rho^\circ \alpha_e \tau_e \pi D_{r.\text{ext}} \quad (29 - 3)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & -h_{\text{conv}(r \rightarrow f)} \pi D_{r.\text{int}} T_r^t + [m^{\circ f} \cdot C_{pf} + h_{\text{conv}(r \rightarrow f)} \pi D_{r.\text{int}}] T_f^t(j) = \\
 & m^{\circ f} \cdot C_{pf}(j - 1) \quad (30 - 3)
 \end{aligned}$$

وبالتالي يمكن التعبير عن جملة معادلات درجات الحرارة (Te, Tr, Tf) لمكونات PTC بالمصفوفة التالية:

$$A T_i = B$$

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} T_e \\ T_r \\ T_f \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{vmatrix}$$

قيم عناصر المصفوفة A كالتالي:

$$\begin{aligned}
 a_{11} = & \frac{\rho_e S_e C_{pe}}{\Delta t} + (h_{\text{conv}(r \rightarrow e)} + h_{\text{rad}(r \rightarrow e)}) \pi D_{e.\text{int}} \\
 & + (h_{\text{conv}(e \rightarrow \text{air})} + h_{\text{rad}(e \rightarrow \text{sky})}) \pi D_{e.\text{ext}}
 \end{aligned}$$

$$a_{12} = - (h_{\text{conv}(r \rightarrow e)} + h_{\text{rad}(r \rightarrow e)}) \pi D_{e.\text{int}}$$

$$a_{13} = 0$$

$$a_{21} = - (h_{\text{conv}(r \rightarrow e)} + h_{\text{rad}(r \rightarrow e)}) \pi D_{e.\text{ext}}$$

$$a_{22} = \left[ \frac{\rho_r S_r C_{pr}}{\Delta t} + (h_{\text{conv}(r \rightarrow e)} + h_{\text{rad}(r \rightarrow e)}) \pi D_{r.\text{ext}} + h_{\text{conv}(r \rightarrow f)} \pi D_{r.\text{int}} \right]$$

$$a_{23} = -h_{\text{conv}(r \rightarrow f)} \pi D_{r.\text{int}}$$

$$a_{31} = 0$$

$$a_{32} = -h_{\text{conv}(r \rightarrow f)} \pi D_{r.\text{int}}$$

$$a_{33} = m_f^o \cdot C_{p_f} + h_{\text{conv}(r \rightarrow f)} \pi D_{r,\text{int}}$$

وقيم عناصر المصفوفة  $B$  كالتالي:

$$b_1 = \frac{\rho_{\text{se}} C_{p_e} e^{t-\Delta t}}{\Delta t} + IC \rho^o \alpha_e \pi D_{e,\text{ext}} + h_{\text{rad}(e \rightarrow \text{sky})} \pi D_{e,\text{ext}} T_{\text{sky}} \\ + h_{\text{conv}(e \rightarrow \text{air})} \pi D_{e,\text{ext}} T_{\text{air}}$$

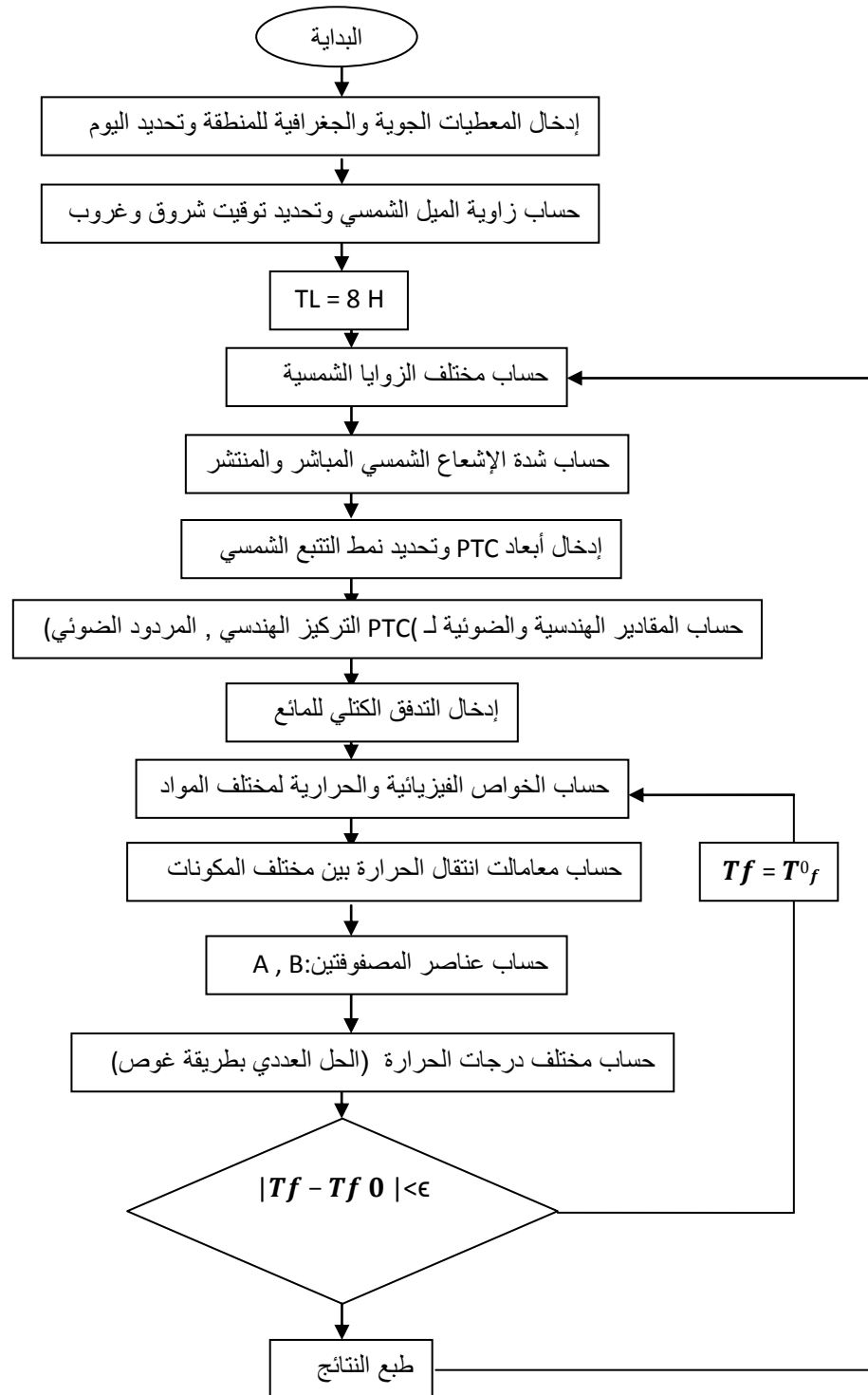
$$b_2 = \frac{\rho_r S_r C_{p_r}}{\Delta t} T_r^{t-\Delta t(j)} + IC \rho^o \alpha_e \tau_e \pi D_{r,\text{ext}}$$

$$b_3 = m_f^o \cdot C_{p_f} T_f^{t(j) - 1}$$

#### 4. الحل العددي لجملة المعادلات

لحل جملة المعادلات التفاضلية التي تم الحصول عليها بعد التبسيط وباستخدام برنامج بلغة الفورترن وادخال جميع المعطيات اللازم (اليوم من السنة المعطيات الجوية والجغرافية، سرعة الرياح.....الخ) وباستخدام طريقة غوص تم الحصول على درجات الحرارة بناء على درجة الحرارة السابقة ورسم تغيراتها ببرنامج ORIGINE.

5. المخطط الإنسيابي المعتمد في المحاكاة



الشكل 3-1: المخطط الإنسيابي

## خاتمة

في نهاية هذا الفصل نكون قد تمكنا من انجاز المحاكاة العددية لمحطة مدمجة من وحدات PTC وهذا بعد المرور بالعديد من الخطوات أهمها القيام بنموذج رياضي مبني على معادلات الموازنة الحرارية لكل عنصر من PTC، وتكوين جملة معادلات تفاضلية وحلها بطريقة غوص، والإستعانة ببرنامج ORIGINE لرسم النتائج الخاصة بوحدة واحدة ثم لمحطة كاملة وفي الفصل القادم نقوم بتحليل ومناقشة النتائج ومقارنتها باحتياجات الوسط الصناعي.

# الفصل الرابع:

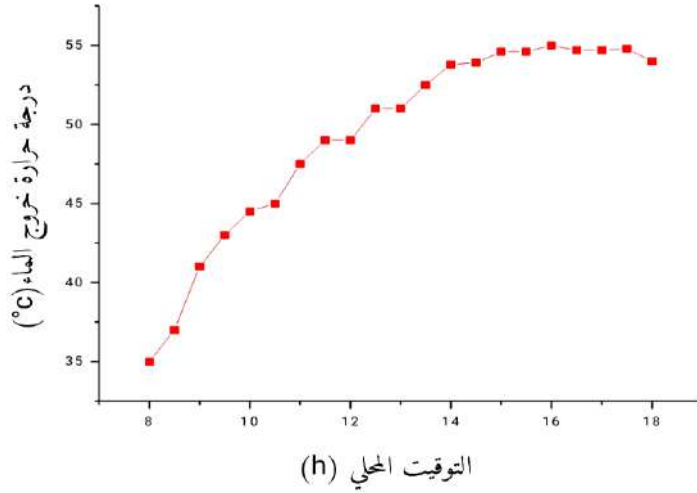
تحليل ومناقشة النتائج

## مقدمة

يحتوي هذا الفصل على نتائج المحاكاة العددية للمحطة المدمجة الموصولة على التسلسل والتفرع بحيث سيتم مناقشة وتفسير درجة حرارة خروج الماء عند التغير في عدد الوحدات في السطر الواحد والتغير في عدد الأسطر، ومن ثم تحديد العدد المناسب للوحدات من أجل تلبية حاجيات الوسط الصناعي.

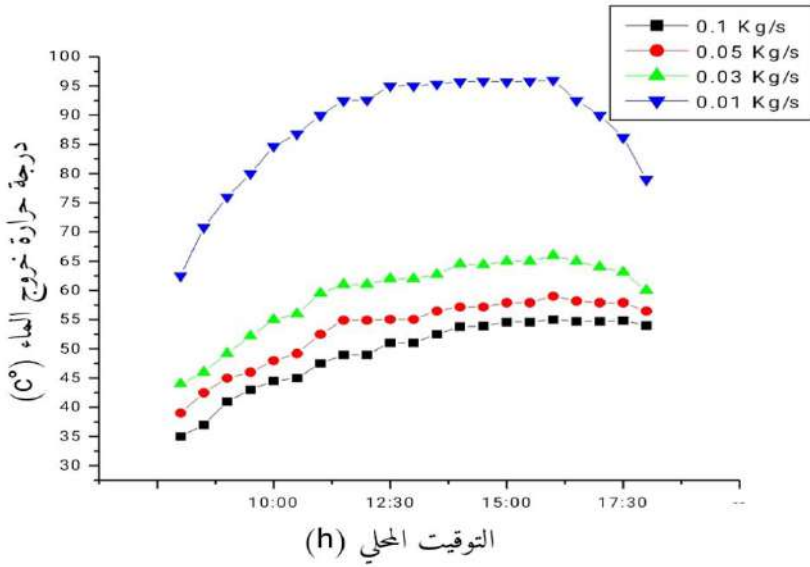
## 1. نتائج وحدة واحدة

يوضح الشكل تغيرات درجة حرارة خروج الماء خلال اليوم حيث نلاحظ زيادة درجة الحرارة في مع مرور الوقت إلى حين بلوغها أعلى قيم في حدود 50 من وقت الزوال إلى بداية الغروب ، هذا تزامن مع زيادة الإشعاع الشمسي.



الشكل 4-1: تغيرات درجة حرارة خروج الماء خلال اليوم من أجل تدفق  $0.1 \text{ kg/s}$



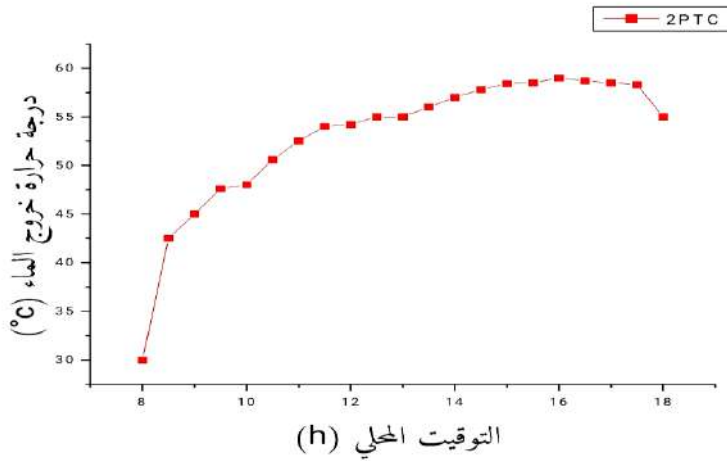


الشكل 4-2: تغيرات درجة حرارة خروج الماء خلال اليوم من أجل مختلف التدفقات

يلاحظ من الشكل زيادة درجة حرارة الماء بمرور الوقت وذلك بنقصان التدفق الكتلي

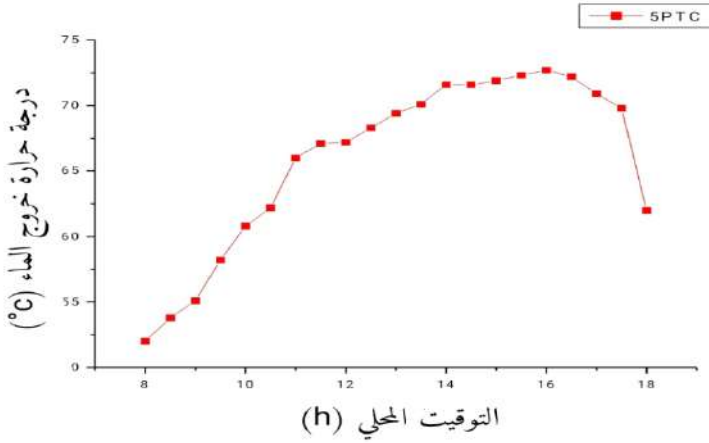
للماء.

2. الربط على التسلسل (تغير عدد الوحدات في السطر الواحد):



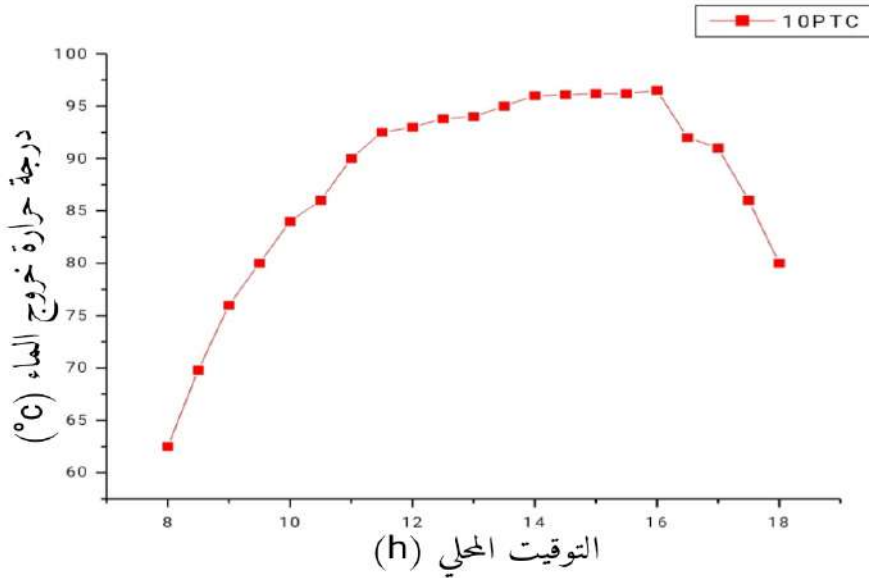
الشكل 4-3: تغيرات درجة حرارة خروج الماء خلال اليوم لوحدتين من PTC من أجل تدفق kg/s

0.1



الشكل 4-4: تغيرات درجة حرارة خروج الماء خلال اليوم لـ 5 وحدات من PTC من أجل تدفق

0.1 kg/s



الشكل 5-4: تغيرات درجة حرارة خروج الماء خلال اليوم لـ 10 وحدات من PTC من أجل تدفق

0.1 kg/s

يلاحظ من الأشكال 3-4، 4-4 و 5-4 أن درجة حرارة الماء تزداد بزيادة عدد وحدات PTC المربوطة على التسلسل وذلك بزيادة مساحة التبادل بين الأنبوب الماص والماء الناتج عن التوصيل بين الوحدات كما هو موضح في الأشكال السابقة.

تفسر هذه الزيادة في درجة الحرارة بزيادة وقت تعرض الماء لأشعة الشمس فعند الوصل بين الوحدات يتعرض الماء في الأنبوب الماص لأشعة أكثر مما هي عليه في وحدة

واحدة، وبالتالي زيادة عدد الوحدات تؤدي إلى زيادة امتصاص اشعة الشمس أي اكتساب حرارة أكبر ومنه ارتفاع درجة حرارة الماء.

### 3. الربط على التفرع (التغير في عدد السطور)

التدفق (Kg/s)	درجة الحرارة عند الذروة
$\dot{m}_1=0.025$	$T=77.5^\circ\text{C}$
$\dot{m}_2=0.05$	$T=65^\circ\text{C}$
$\dot{m}_3=0.1$	$T=55^\circ\text{C}$
$\dot{m}_4=0.2$	$T=53^\circ\text{C}$
$\dot{m}_5=0.25$	$T=49.8^\circ\text{C}$

الجدول 1-4: تغيرات درجة الحرارة بتغير التدفق لوحدتين من PTC

التدفق (Kg/s)	درجة الحرارة عند الذروة
$\dot{m}_1=0.05$	$T=90^\circ\text{C}$
$\dot{m}_2=0.1$	$T=71^\circ\text{C}$
$\dot{m}_3=0.20$	$T=60^\circ\text{C}$
$\dot{m}_4=0.25$	$T=56^\circ\text{C}$

الجدول 2-4: تغيرات درجة الحرارة بتغير التدفق ل5 وحدات من PTC

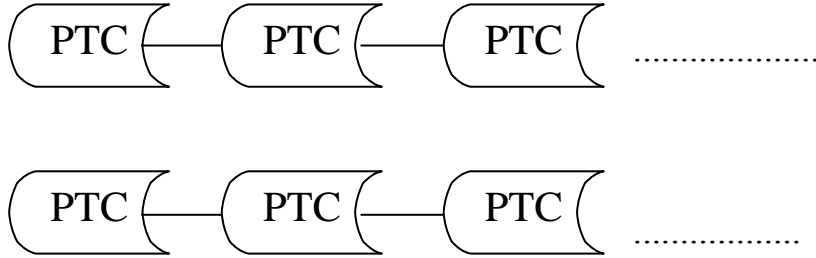
التدفق (Kg/s)	درجة الحرارة عند الذروة
$\dot{m}_1=0.1$	$T=95^\circ\text{C}$
$\dot{m}_2=0.2$	$T=73.5^\circ\text{C}$
$\dot{m}_3=0.25$	$T=65^\circ\text{C}$

الجدول 3-4: تغيرات درجة الحرارة بتغير التدفق ل10 وحدات من PTC

من خلال الجداول السابقة يتبين أن زيادة التدفق تؤدي إلى نقصان درجة الحرارة وذلك بسبب توزيع الحرارة المتبادلة وكمية الماء المتدفق، فعند زيادة التدفق تزداد كمية الماء داخل الأنبوب الماص وبالتالي اكتساب كمية حرارة أقل على عكس ذلك، كلما قل التدفق يكتسب حرارة أكثر.

#### 4. المحطة المدمجة

كخلاصة لما سبق فإن درجة حرارة خروج الماء تزداد بزيادة عدد وحدات المركز الشمسي PTC الموصولة في نفس السطر. بينما تقل بزيادة التدفق وبذلك يمكن تحديد عدد الوحدات المناسبة من أجل التدفق ودرجة الحرارة المطلوبين للاستغلال الصناعي.



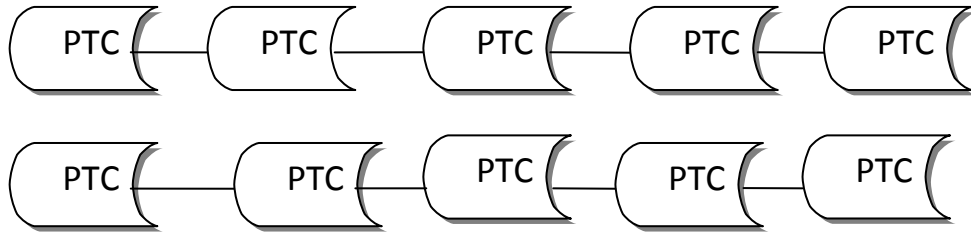
الشكل 4-6: المحطة المدمجة لمصفوفة وحدات PTC

#### 5. حاجيات الوسط الصناعي

بعد الدراسة النظرية والمحاكاة العددية، تمكنا من إيجاد العدد المناسب من وحدات PTC لمختلف الأوساط الصناعية كمثال على ذلك مايلي:

##### 1.5 مصنع الحليب بولاية ورقلة

يحتاج المنصع يوميا إلى الماء الساخن بتدفق 0.1 Kg/s وبدرجة حرارة 90 درجة مئوية هذا الوسط الصناعي يتطلب ربط 05 وحدات على التسلسل و سطرين لتلبية احتياجاته.



الشكل 4-7: نموذج لمحطة لتلبية حاجيات مصنع الحليب بولاية ورقلة.



الصورة 4-1: تبين كيفية استغلال الماء الساخن لإنتاج الحليب.

### 5.2 المركب الصناعي لإنتاج البواكر ب تقرت (ورقلة)

في هذا المركب يتم زراعة البواكر (الفواكه والخضر في غير مواسمها) وهذا ما يتطلب الماء الساخن بتدفق 0.2 Kg/s بدرجة حرارة 60 درجة مئوية وعليه فإنه بحاجة إلى 05 وحدات على التسلسل .



الشكل 4-8: المحطة المدمجة لتلبية حاجيات المركب الصناعي لإنتاج البواكر.



الصور 2-4: مجموعة صور للمركب الصناعي لإنتاج البواكر بتقنية ورقلة.

## الخاتمة العامة

بعد ظهور تكنولوجيا المركبات الشمسية لجأت الدراسات إليها من أجل تحسين فعاليتها كما هو الحال مع المركز الشمسي الأسطواني القطع مكافئ PTC لذا قمنا في هذا العمل باستغلاله في إنتاج الماء الساخن والبخار لتلبية حاجيات الوسط الصناعي في منطقة ورقلة وذلك من خلال إنشاء محطة مدمجة من PTC يتم توصيل وحداتها على التسلسل والتفرع بعد معرفة عدد الوحدات المناسبة من أجل كمية الماء المطلوبة ودرجة الحرارة المعنية.

ومن خلال الدراسة النظرية والمحاكاة العددية بواسطة الفورتران FORTRAN ورسم المنحنيات ببرنامج ORIGIN8 يتم معرفة العدد المناسب في المحطة وهذا ماتوصلنا إليه وكمثال على ذلك تمت مقارنة حاجيات مصنع الحليب والتي أسفرت باحتياجه ل5 وحدات موصولة على التسلسل وسطرين من التفرع بإجمالي 10 وحدات PTC ... وأيضا المركب الصناعي لإنتاج البواكر الذي يحتاج إلى 5 وحدات على التسلسل.

# المراجع والمصادر



المراجع والمصادر

المراجع العربية

1. مجيد, م.أ.م., 2008, العلاقة المتداخلة بين الإشعاع الشمسي والغيوم في مدينة الموصل مذكرة ماجستير العراق الصفحات 85.
2. عياش, د.س.ي., تكنولوجيا الطاقة البديلة, فبراير 1981. p. 287.

5. عبدالكريم, ا.ش., et al., ضخ المياه باستخدام الطاقة الشمسية. 2015.
6. سوداني, et al., تحقيق عملي لمركز شمسي أسطواني مكافئ ذي غطاء زجاجي.

المراجع الأجنبية

3. Mikulović, J., Ž. Đurišić, and S.M. Zeid, *A Model for Estimating the Solar Insolation Under Real Weather Conditions*, 2015, Infoteh-Jahorina.
4. Aboud, A.A., *A comprehensive solar angles simulation and calculation using matlab*. International Journal of Energy and Environment, 2015. 6(4): p. 367.
7. HENRI, P., *héliothermique le gisement solaire méthodes et calculs*. éditions du GRE. Imprimerie de L'UPS, 2002.
8. Mutlak, F.A.A., *Design and Fabrication of Parabolic Trough Solar Collector for Thermal Energy Applications* March 2011.
9. Kalogirou, S.A., *Solar energy engineering: processes and systems* 2013: Academic Press.
10. Andraka, C.E., et al. *Solar heat pipe testing of the Stirling thermal engine*. in *IECEC 96. Proceedings of the 31st Intersociety Energy Conversion Engineering Conference*. 1996. IEEE.
11. Mutlak, F., *Design and fabrication of parabolic trough solar collector for thermal energy applications*. Baghdad, 2011. University of
12. Philibert, C., *The present and future use of solar thermal energy as a primary source of energy*. International Energy Agency, 2005: p. 1-16.
13. Fernández-García, A., et al., *Parabolic-trough solar collectors and their applications*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2010. 14(7): p. 1695-1721.
14. Kh.Al-Qedra, M., *solar system using parabolic trough collector for water desalination unit*. 08/06/2014.
15. Bellos, E., C. Tzivanidis, and A. Papadopoulos, *Daily, monthly and yearly performance of a linear Fresnel reflector*. Solar energy, 2018. 173: p. 517-529.
16. Gouthamraj, K., K.J. Rani, and G. Satyanarayana, *Design and analysis of rooftop linear Fresnel reflector solar concentrator*. International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT), 2013. 2(11).

- Pronovost, F., *Développement d'un concentrateur solaire dans une perspective d'exploitation durable de l'énergie solaire*. 2010 .17
- Gowtham, M., et al., *Concentrated Parabolic Solar Distiller with latent heat storage capacity*. .18  
*International Journal of Chemical Engineering and Applications*, 2011. **2**(3): p. 185
- Norton, B., A. Kothdiwala, and P. Eames, *Effect of inclination on the performance of CPC solar collectors*. *Renewable Energy*, 1994. **5**(1-4): p. 357 .19
- Daguenet, M., *Les séchoirs solaires*. 1985 .20
- Egbo, G., I. Sintali, and H. Dandakouta, *Analysis of rim angle effect on the geometric dimension of solar parabolic-trough collector in Bauchi, Nigeria*. *International Journal of Pure and Applied Sciences*, 2008. **2**(3): p. 11-20 .21
- Behar, O., A. Khellaf, and K. Mohammedi, *A novel parabolic trough solar collector model—Validation with experimental data and comparison to Engineering Equation Solver (EES)*. .22  
**281-268** .*Energy Conversion and Management*, 2015. **106**: p
- Forristall, R., *Heat transfer analysis and modeling of a parabolic trough solar receiver implemented in engineering equation solver*, 2003, National Renewable Energy Lab., Golden, (CO.(US .23
- Dushman, S. and S.C. Brown, *Scientific foundations of vacuum technique*. *American Journal of Physics*, 1962. **30**(8): p. 612-612 .24
- Saxena, S.C. and R.K. Joshi, *Thermal accommodation and adsorption coefficients of gases*. .25  
 .1989
- Trigg, G.L., *Digital encyclopedia of applied physics*2005: Wiley .26
- Y., *Heat convection in micro ducts*. Vol. 11. 2013: Springer Science & Business Media ,Zohar .27
- Lide, D.R., *CRC handbook of chemistry and physics*. Vol. 85. 2004: CRC press .28
- Raithby, G. and K. Hollands, *A general method of obtaining approximate solutions to laminar and turbulent free convection problems*, in *Advances in heat transfer*1975, Elsevier. p. 265-315 .29
- Cengel, Y.A., *Introduction to thermodynamics and heat transfer*. Vol. 846. 1997: McGraw-Hill .30  
 .New York
- Gnielinski, V., *New equations for heat and mass transfer in turbulent pipe and channel flow*. .31  
*Int. Chem. Eng.*, 1976. **16**(2): p. 359-368
- Kakaç, S., R.K. Shah, and W. Aung, *Handbook of single-phase convective heat transfer*. 1987 .32
- 33.Odeh, S., Morrison, G., and Behnia, M., 1996. "Thermal analysis of parabolic trough solar collectors for electric power generation". In Proceedings of ANZSES 34th annual conference, Darwin, Australia, pp. 460–46

الملاحق

## الملحق 1

الجدول م1-1: المقادير الجغرافية والجوية لمدينة ورقلة.

القيمة	المقادير الجغرافية والجوية
$\varphi=31.57^\circ$	زاوية خط العرض
$L=5.24^\circ$	زاوية خط الطول
$Z=141m$	الارتفاع عن سطح البحر
$a=0.35$	الألبدو (النورانية)

الجدول م2-1: متوسط درجات الحرارة الدنيا والقصى وسرعة الرياح خلال سنة (2020) بورقلة.

سرعة الرياح القصوى Km/h	درجة متوسط القصى الحرارة Tmax °C	درجة متوسط الدنيا الحرارة Tmin °C	الشهر
29	28	5	جانفي
24	29	8	فيفري
42	32	8.5	مارس
41	40	9	أفريل
49	45	15	ماي
39	47	19	جوان
30	48.5	22	جويلية
31	48	22	أوت
31	44.9	17	سبتمبر
39	41.7	10	أكتوبر
32	33	5	نوفمبر
39	25.7	-4	ديسمبر

## الملحق 2

الجدول م2-1: أبعاد المركز الشمسي.

المقدار	القيمة
الطول L	3m
عرض الفتحة W	1.60 m
البعد البؤري f	0.20 m
الارتفاع h	0.80 m
مساحة الفتحة $A_{ap}$	4.8m <sup>2</sup>
التركيز الهندسي C	42.1
زاوية الحافة $\theta_R$	126.8°
قطر الأنبوب الماص $D_r$	25 mm
قطر الظرف الزجاجي $D_e$	51 mm
سمك الغطاء الزجاجي d	2.5 mm

م2-2: الخواص الضوئية والحرارية ل-PTC

0.935	معامل الانعكاس
0.94	معامل الإمتصاص للسطح الانتقائي
0.14	معامل الإنبعاث للسطح الانتقائي
0.935	معامل النفاذية للظرف الزجاجي
0.85	معامل الإنبعاث للظرف الزجاجي
0.05	معامل الإمتصاص للظرف الزجاجي
4182	السعة الحرارية النوعية للماء (J/Kg.K)
1009	السعة الحرارية النوعية للهواء (J/Kg.K)
381	السعة الحرارية النوعية للنحاس (J/Kg.K)
835	السعة الحرارية النوعية للزجاج (J/Kg.K)



## المخلص

تم في هذا العمل دراسة المركز الشمسي الأسطواناني القطع مكافئ PTC كمجموعة من الوحدات المترابطة وذلك مرورا بالجزء النظري لمعرفة الإشعاع وكل مايتعلق به من زوايا شمسية والتوقيت الشمسي وكذا عموميات حول المركزات الشمسية ثم الانفراد ب PTC للدراسة النظرية لمعرفة الية اشتغاله ومبدأ عمله وكذا التبادلات الحرارية بين عناصره والقيام بالمحاكاة العددية لدرجة حرارة خروج الماء في محطة مدمجة عناصرها متسلسلة ومتفرعة ومن ثم تحديد عدد الوحدات المناسب في كل سطر من اجل درجة حرارة معينة وعدد الأسطر من أجل تدفق كتلي مطلوب وبالتالي تلبية حاجيات الوسط الصناعي في ورقلة .

**الكلمات المفتاحية:** الإشعاع الشمسي ,المركز الشمسي الأسطواناني القطع مكافئ , تسخين المياه ,البخار المباشر .

## Summary

In this work, the PTC parabolic trough collector solar is studied as a group of interconnected units. After addressing the theoretical aspect of knowing solar radiation and everything related to it from solar angles, Solar timing as well as generalities about solar collectors. Then we touched on the theoretical study of PTC to know the mechanism of its operation and how it works, in addition to the heat exchanges between its elements, and then numerically simulating the outlet temperature of the water in the combined station its elements are units in series and parallel. Then determine the appropriate number of units in each line for a certain temperature and the number of lines for the required mass flow and thus meet the needs of the industrial center in Ouargla.

**Key words:** solar radiation, Parabolic Trough Collector, water heating, direct steam