

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة قاصدي مرباح - ورقلة
كلية الرياضيات وعلوم المادة



رقم الترتيب:

رقم التسلسل:

قسم الفيزياء

مذكرة التخرج لنيل شهادة ماستر أكاديمي

الميدان: علوم المادة

الشعبة: فيزياء

تخصص: فيزياء طاقوية وطاقات متجددة

من إعداد الطالبتين: بوكي دنيا- بلعيد سميرة

بعنوان:

تحسين الكفاءة الضوئية والحرارية للمركز الشمسي الاسطواناني القطع مكافئ (PTC) في منطقة- ورقلة

نوقشت في يوم: 2023/06/15

أمام اللجنة

| | | |
|--------|---------------|-------------------|
| رئيسا | أستاذ مساعد ب | بوعنان رابح |
| مؤطرا | أستاذ محاضر أ | سوداني محمد البار |
| مناقشا | أستاذ محاضر أ | فقيه عبد العالي |
| مساعد | أستاذة مؤقت | عاشوري انتصار |

السنة الجامعية: 2023/2022

الإهداء

إلى من تجرع كأساً فارغاً ليسقيني قطرة حب إلى من تعبته أنامله ليقدّم لنا
لحظة سعادة إلى من نزع الأشواك عن دربي ليهد لي طريق العلم

والدي العزيز

إلى من أرحمتني الحب والعنان إلى رمز الحب و البلمس والشفاء

أمي الغالية

إلى إخوتي أحمد ربيع و أيمن و صميح و أحمد لؤي و إلى

عصفورة البيت *رفيف*

إلى كل شخص يعرفني من قريب أو بعيد.

دنيا

الإهداء

إلهي لا يطيب الليل إلا بشكرك ولا يطيب النهار إلا بطاعتك ولا تطيب اللحظات
إلا بذكرك ولا تطيب الآخرة إلا بعفوك ولا تطيب الجنة إلا برويتك
إلى من بلغ الرسالة وأدى الأمانة و نصح الأمة إلى نبي الرحمة و نور
العالمين

عليه أزكى الصلاة و التسليم

إلى قرة عيني إلى من منحتني العنان وهي سبب نجاحي

أمي الحبيبة

إلى مصباح دربي من كُله الله بالصيبة و الوقار .. إلى من علمني العطاء
بدون انتظار إل من أحم لأسمه بكل افتخار .. أرجو من الله أن يمد في
عمره و ستبقى كلماتك نجوم أهدني بها اليوم و في الغدو إلى الأبد

والدي العزيز

إلى إخوتي و أخواتي كل واحد بإسمه وإلى أبناء إخوتي و أخواتي
وزوجات إخوتي كل واحد بإسمه .

الآن تفتح الأشرعة و ترفع المرساة لتنطلق السفينة في عرض بحر
مظلم وهو بحر الحياة وفي هذه الظلمة لا يضي إلا قنديل
الذكريات ذكريات الأخوة البعيدة إلى الذين أحببتهم و أحبوني

صديقات

إلى كل من وسعهم قلبي ولم تسعهم صفحتي

سمية

الشكر و العرفان

الحمد لله الذي يسر لنا طريق النجاح و التوفيق
نحمد الله عز وجل على ما هدانا ووفقنا إليه لإنجاز هذا العمل المتواضع، فالشكر
لله سبحانه و تعالى أولاً و الصلاة و السلام على نبيه الكريم محمد عليه أفضل الصلاة
و السلام

يسرني أن أتقدم بكثير من الشكر و الاحترام و التقدير إلى كل من وجهنا لإنجازنا
لعمل وأخص بالذكر أستاذ المشرفة

*** محمد البار سوداني ***

الذي هيا لنا الطريق المسير بالإرشادات و نداءه القيمة والتي
كنبت لنا عوننا لإتمام عملنا، و نشكركم على قبوله الإشراف على هذا العمل
ولا ننسأ أن نشكر الاستاذة المساعدة

*** عاصموري إنتصار ***

التي كانت لنا نعم المعينة طيلة فترة إعداد الدراسة رغم انشغالاته العديدة
كما نتقدم بخالص الشكر إلى أسرة الجامعة لتوفيرهم كل مساعدات التي أتاحت
لنا الوصول إلى هنا لا ننسأ *أستاذة الدفعة* الذين لم يبخلوا علينا بشيء، خلال
مشوارنا الدراسي زادها الله في ميزان حسناتهم.

وفي الأخير نشكر كل ذكرهم القلب ولم يكتبهم القلم

فهرس المحتويات

فهرس المحتويات

| الصفحة | العنوان |
|---|-----------------------------------|
| I | الإهداء |
| III | شكر و عرفان |
| IV | فهرس المحتويات |
| VII | قائمة الأشكال |
| IX | قائمة الجدول و الاختصارات |
| X | قائمة الرموز |
| 1 | مقدمة عامة |
| الفصل الاول: الإشعاع الشمسي و المركزات الشمسية | |
| 2 | مقدمة |
| 2 | 1.1 الإشعاع الشمسي |
| 3 | 2.1 طيف الإشعاع الشمسي |
| 3 | 3.1 ثابت لإشعاع الشمسي |
| 4 | 4.1 تقدير الإشعاع الشمسي |
| 4 | 1.4.1 الإشعاع الشمسي المباشر |
| 5 | 2.4.1 الإشعاع الشمسي المنتشر |
| 5 | 3.4.1 الإشعاع الشمسي الكلي |
| 6 | 5.1 الزوايا الشمسية |
| 6 | 1.5.1 زاوية خط الطول L |
| 6 | 2.5.1 زاوية دائرة العرض φ |
| 7 | 3.5.1 زاوية ميل الشمسي δ |
| 8 | 4.5.1 زاوية الارتفاع الشمسي h |
| 8 | 5.5.1 زاوية السمات الراسي a |
| 9 | 6.5.1 زاوية الساعة الشمسية w |
| 9 | 6.1 التوقيت الشمسي |
| 10 | 7.1 المركزات الشمسية |
| 11 | 8.1 تطور تاريخ المركزات الشمسية |
| 15 | 9.1 أشكال المركزات الشمسية |
| 16 | 10.1 أنواع المركزات الشمسية |
| 16 | 1.10.1 المركزات النقطية |

| | |
|----|---|
| 18 | 2.10.1 المركزات الخطية |
| 19 | 11.1 مبدأ عمل المركزات الشمسية |
| 20 | خاتمة |
| | الفصل الثاني: الدراسة النظرية للمركز الاسطواني القطع المكافئ (PTC) |
| 21 | مقدمة |
| 21 | 1.2 هندسة الـ (PTC) |
| 22 | 1.1.2 زاوية الحافة θ_R |
| 23 | 2.1.2 زاوية القبول |
| 23 | 3.1.2 مساحة الفتحة A_{ap} |
| 23 | 4.1.2 نسبة التركيز الهندسي c |
| 23 | 5.1.2 مساحة سطح العاكس A_{ref} |
| 24 | 6.1.2 معامل الاعتراض γ |
| 25 | 7.1.2 الضياعات الضوئية |
| 25 | 1.7.1.2 المساحة الضائعة بفعل التظليل A_b |
| 25 | 2.7.1.2 المساحة الضائعة بفعل النهايات A_e |
| 25 | 3.7.1.2 معامل التراجع الهندسي f |
| 26 | 2.2 مكونات الـ (PTC) |
| 26 | 1.2.2 العاكس |
| 27 | 2.2.2 العنصر الجامع للحرارة (HCE) |
| 28 | 3.2.2 المانع النقل للحرارة (HTE) |
| 28 | 3.2 المردود |
| 28 | 1.3.2 المردود الضوئي |
| 29 | 2.3.2 المردود الحراري |
| 29 | 4.2 التخزين الحراري |
| 29 | 1.4.2 تخزين على شكل حرارة محسوسة (Sensitive Heat) |
| 29 | 2.4.2 تخزين على شكل حرارة كامنة (Latent Heat) |
| 29 | 3.4.2 التخزين الكيميائي للحرارة (Chemical Heat) |
| 30 | 5.2 التتبع الشمسي |
| 30 | 1.5.2 التتبع بمحورين دوران |
| 30 | 2.5.2 التتبع بمحور دوران واحد |

| | |
|--|--|
| 31 | 3.5.2 حالة عدم التتبع (تثبيت المجمع الشمسي) |
| 32 | 6.2 معادلات الموازنة الحرارية |
| 32 | 1.6.2 معادلة موازنة الطاقة للأنبوب الماص |
| 33 | 2.6.2 معادلة موازنة الطاقة للمائع |
| 34 | 3.6.2 معادلة موازنة الطاقة للظرف الزجاجي |
| 35 | خاتمة |
| الفصل الثالث: الدراسة التجريبية للـ (PTC) | |
| 36 | مقدمة |
| 36 | 1.3 تحديد موقع منطقة التجربة |
| 36 | 2.3 وصف نموذج المركز الشمسي الأسطواني القطع المكافئ (PTC) |
| 37 | 3.3 أجهزة المستعملة في التجربة |
| 39 | 4.3 وصف العمل التجريبي و أخذ القياسات |
| 40 | خاتمة |
| الفصل الرابع: تحليل و مناقشة النتائج | |
| 41 | مقدمة |
| 41 | 1.4 تحليل النتائج التجريبية |
| 41 | 1.1.4 شدة تدفق الإشعاع الشمسي |
| 41 | 1.1.1.4 1.1.1.4 تغيرات تدفق الإشعاع الشمسي خلال يوم 06 مارس بمنطقة ورقلة |
| 42 | 2.1.1.4 2.1.1.4 تغيرات تدفق الإشعاع الشمسي خلال يوم 06 جوان بمنطقة ورقلة |
| 42 | 3.1.1.4 3.1.1.4 تغيرات تدفق الإشعاع الشمسي خلال يوم 28 مارس بمنطقة ورقلة |
| 43 | 2.1.4 2.1.4 تغيرات درجات الحرارة |
| 43 | 1.2.1.4 1.2.1.4 تغيرات درجات الحرارة خلال يوم 26 أبريل 2023 |
| 44 | 2.2.1.4 2.2.1.4 تغيرات درجات الحرارة خلال يوم 28 أبريل 2023 |
| 44 | 3.2.1.4 3.2.1.4 تغيرات درجات الحرارة خلال يوم 29 أبريل 2023 |
| 45 | 3.1.4 3.1.4 تأثير التدفق الكثلي |
| 45 | 4.1.4 4.1.4 تأثير التتبع |
| 45 | خاتمة |
| 46 | خاتمة عامة |
| | المراجع |

قائمة الأشكال

| الصفحة | عنوان الشكل | رقم الشكل |
|--------|--|-----------|
| 2 | أبعاد وموضع الشمس و الأرض | (1-1) |
| 4 | أنواع الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض | (2-1) |
| 7 | زاوية خط الطول و دائرة العرض | (3-1) |
| 7 | تغير زاوية الميل الشمس خلال العام | (4-1) |
| 8 | زاوية السميت الراسي α و زاوية الارتفاع h | (5-1) |
| 10 | بيان تغير تصحيح الزمني خلال السنة | (6-1) |
| 11 | فريسكو (1599-1600) في معرض أوفيزي، فلورسا، أظهر جوليوباريجي أشعة أرخميدس المدمرة | (7-1) |
| 12 | العالم أوجستينموشوت | (8-1) |
| 12 | اختراع لمجمع شمسي للعالم الساندروباتاجليا | (9-1) |
| 13 | حوض قطع مكافئ لإدارة نظام ضخ | (10-1) |
| 13 | المحطتان 3 و 7 بكاليفورنيا- أمريكا | (11-1) |
| 14 | عملية البخار بشركة pharmaceutical - مصر | (12-1) |
| 14 | مخطط استخدامات الطاقة الشمسية | (13-1) |
| 15 | أشكال المجمعات | (14-1) |
| 16 | مجمع القطع المكافئ | (15-1) |
| 17 | حلقات مركز مصفوف الحلقي | (16-1) |
| 17 | مركز مصفوف الحلقي RAC بعد التجميع | (17-1) |
| 18 | حوض القطع المكافئ | (18-1) |
| 19 | عدسة فريزل العاكسة | (19-1) |
| 20 | رسم تخطيطي لظاهرة الانعكاس | (20-1) |
| 21 | بؤرة السطح القطع المكافئ | (1-2) |
| 22 | زاوية الحافة وزاوية القبول ل-PTC | (2-2) |
| 24 | بيان تغير معامل الاعتراض بدلالة قطر الأنبوب الماص | (3-2) |
| 24 | بيان تغير معامل الاعتراض بدلالة الزاوية الحافة | (4-2) |
| 26 | المساحات الضائعة من فتحة ال-PTC | (5-2) |
| 27 | مكونات مجمع القطع المكافئ (PTC) | (6-2) |
| 27 | رسم تخطيطي للعاكس من ألواح زجاجية | (7-2) |
| 27 | مقطع عرضي للعنصر الجامع للحرارة (HCE) | (8-2) |
| 28 | مسار مائع نقل للحرارة بنظام المركزات الطاقة الشمسية | (9-2) |
| 30 | تتبع شمسي (شرق-غرب) لمركز قطع المكافئ الأسطواناني | (10-2) |
| 31 | تتبع شمسي (شرق-غرب قطبي) لمركز قطع المكافئ الأسطواناني | (11-2) |

| | | |
|----|---|--------|
| 31 | تتبع شمسي بمحور(شمال- جنوب) لمركز قطع المكافئ الأسطواني | (12-2) |
| 36 | صورة لنموذج المركز الشمسي الأسطواني الـ(PTC) | (1-3) |
| 37 | جهاز أردوينو | (2-3) |
| 38 | جهاز الحاسوب | (3-3) |
| 38 | حساسات القياس درجة الحرارة | (4-3) |
| 39 | جهاز قياس التدفق الكتلي | (5-3) |
| 39 | صورة للتركيب نموذج المركز الشمسي الاسطواني الـ (PTC) | (6-3) |
| 41 | تغيرات شدة تدفق الإشعاع الشمسي بدلالة الزمن في يوم (06 مارس) بمنطقة ورقلة | (1-4) |
| 42 | تغيرات شدة تدفق الإشعاع الشمسي بدلالة الزمن في يوم (06 جوان) بمنطقة ورقلة | (2-4) |
| 42 | تغيرات شدة تدفق الإشعاع الشمسي بدلالة الزمن في يوم (28 ديسمبر) بمنطقة ورقلة | (3-4) |
| 43 | تغيرا درجات الحرارة الماء خلال اليوم مع تتبع بمحور دوران واحد (من أجل تدفق 2 L/min) | (4-4) |
| 43 | تغيرا درجات الحرارة الماء خلال اليوم مع تتبع بمحور دوران واحد (من أجل تدفق 1L/min) | (5-4) |
| 44 | تغيرا درجات الحرارة الماء خلال اليوم مع تتبع بمحورين دوران (من أجل تدفق 1L/min) | (6-4) |

قائمة الجداول

| الصفحة | عنوان الجدول | رقم الجدول |
|--------|--|------------|
| 3 | الإشعاع الشمسي الذي يصل سطح الارض | (1-1) |
| 6 | قيم معامل الاضطراب و معامل الارتفاع الماء المكثف | (2-1) |
| 37 | المقادير العددية للـ(PTC) | (1-3) |
| 40 | الخواص الضوئية و الحرارية لمكونات الـ(PTC) | (2-3) |

الاختصارات

| المعنى بالإنجليزية | المعنى بالعربية | الاختصار |
|----------------------------|--------------------------------|----------|
| Parabolic Dish | الصحن القطع المكافئ | DP |
| Heat Collection Element | العنصر الجامع للحرارة | HCE |
| HeatTransfer Fluid | المائع الناقل للحرارة | HTF |
| Ring-Array Concentrator | مركز مصفوف حلقي | RAC |
| Parabolic Trough Collector | المجمع الأسطواني القطع المكافئ | PTC |

قائمة الرموز

| الوحدة في النظام الدولي | المقدار الفيزيائي | الرمز |
|-------------------------|-----------------------------|----------------------|
| m^2 | المساحة | A |
| ° | زاوية السمت الرأسية | a |
| / | الكتلة الهوائية | AM |
| / | التركيز الهندسي | C |
| $JK^{-1} \cdot Kg^{-1}$ | السعة الحرارية | C_P |
| m | القطر | D |
| min | معادلة التصحيح | Et |
| / | معامل الشكل | F |
| m | البعد البؤري | f |
| ° | زاوية الارتفاع | h |
| $W/(m^2 \cdot K)$ | معامل الانتقال الحراري | h |
| W/m^2 | شدة الأشعاع الشمسي المباشر | I |
| W/m^2 | الثابت الشمسي | I₀ |
| ° | زاوية ورود الإشعاع الشمسي | i |
| ° | زاوية خط الطول للمنطقة | L |
| / | رقم اليوم من السنة | N_j |
| / | رقم نوسلت اللابيدي | Nu |
| / | رقم برانتل اللابيدي | Pr |
| W | التدفق الحراري | Q |
| $W/m^2 \cdot k$ | المقاومة الحرارية | R |
| / | رقم رايلي اللابيدي | Ra |
| / | رقم رينولدز اللابيدي | Re |
| °C | درجة الحرارة | T |
| / | معامل الاضطراب الجوي | TL |
| h | زمن الشمسي المتوسط | TSM |
| h | التوقيت العالمي | TU |
| m | عرض فتحة المجمع الشمسي | W |
| ° | زاوية الساعية الشمسية | w |
| cm | إرتفاع الماء المكثف | ω |
| m | إرتفاع المنطقة عن سطح البحر | Z |
| / | معامل الامتصاص | α |
| / | معامل انغيشثروم | β |
| ° | زاوية ميل الشمسي | δ |
| / | معامل الانبعاث | ε |
| ° | زاوية الحافة | θ_R |

| | | |
|----------------------------------|--------------------------|--------------|
| kg/m.s | اللزوجة التحريكية للمائع | μ |
| kg/m ³ | الكتلة الحجمية | ρ |
| / | معامل الانعكاس | ρ° |
| W/m ² .k ⁴ | ثابت بولتزمان | σ |
| / | معامل النفاذية | τ |
| ° | زاوية دائرة العرض | φ |
| / | المردود | N |
| J | كمية الحرارة | \emptyset |

الدليل (الأحرف السفلية)

| الرمز | المعنى |
|-------|---------------------|
| a | الهواء |
| amb | الهواء الجوي المحيط |
| ap | فتحة المجمع الشمسي |
| c | السماء |
| conv | الحمل الحراري |
| cond | التوصيل الحراري |
| e | الظرف الزجاجي |
| ext | الخارجي |
| f | المائع |
| fe | مائع الدخول |
| fs | مائع الخروج |
| g | الغاز |
| i | الداخل |
| int | الداخلي |
| op | الضوئي |
| r | الأنبوب الماص |
| rad | الإشعاع الحراري |
| ref | العاكس |
| th | الحراري |

مقدمة عامة

مقدمة عامة:

إن العالم اليوم في حاجة لتلبية الاحتياجات الاقتصادية والاجتماعية، تعتبر الطاقة الشمسية من أهم الطاقات المتجددة بما تتميز به من توفر على مدار السنة وغير ملوثة للبيئة (نظيفة) و دائمة (غير نفوذة) وهذا لكونها من الطبيعة.

تعتبر الشمس من أهم مصادر الطاقة، حيث أشعة الشمس تصل إلى الارض بعد عمليات النفاذ والانعكاس و الامتصاص والتشتت بسبب مكونات الغلاف الجوي والعوالق الصلبة وطبقة الازون [1]، ومنه تستقبل الارض الإشعاع الشمسي المباشر، حيث تحتوي منطقة ورقلة على تدفق الإشعاع الشمسي المباشر مرتفع على مدار السنة الذي يقدر ب(2260 كيلو واط ساعي لكل متر مربع في السنة) و مدة تشميس عالية تبلغ (3400 ساعة مشمس لكل سنة)[2].

ومنه نهتم في دراستنا هذه بالمجمعات الشمسية المتاحة حالياً، فإن المجمعات الاسطوانية القطع المكافئ (PTC) هي الحل الأكثر ملائمة من حيث التكلفة و الفعالية، حيث يعتبر المركز الشمسي الاسطواني القطع المكافئ (PTC) من أهم التطبيقات الحرارية للطاقة الشمسية حيث ينتقل تسخين المائع إلى درجات حرارة عالية توظف في إنتاج الماء الساخن للأغراض الصناعية أو إنتاج البخار و توليد الطاقة الكهربائية، يعتمد مبدأ عمل ال (PTC) على تركيز الإشعاع الشمسي المباشر.

و منه نقوم في هذا العمل بدراسة التجريبية لمركز الشمسي الاسطواني القطع المكافئ مع تحسين الكفاءة الضوئية و الحرارية حيث تمت هذه الدراسة في مخبر تطوير الطاقات الجديدة و المتجددة للمناطق الجافة و الصحراوية (LENREZA) التابع لجامعة قسدي مزاب- ورقلة بكلية الرياضيات وعلوم المادة بقسم الفيزياء خلال أيام من شهر أفريل 2023، و قسمنا هذا العمل إلى أربعة فصول وهي على النحو التالي:

- الفصل الأول: تطرقنا فيه إلى معرفة الإشعاع الشمسي و معادلاته الرياضية التي تمكننا من حسابه و كذلك تعرفنا على المركزات الشمسية و مختلفة أنواعها.
- الفصل الثاني: خصصنا فيه الدراسة النظرية للمركز الشمسي الاسطواني القطع المكافئ بداية من هندسته إلى مكوناته، وألية التتبع الشمسي ثم تطرقنا إلى المعادلات الموازنة الحرارية الخاصة به.
- الفصل الثالث: تطرقنا إلى الدراسة التجريبية للـ(PTC)
- الفصل الرابع: خصصنا فيه مناقشة وتحليل النتائج التجريبية.

الفصل الأول:

الإشعاع الشمسي و
المركبات الشمسية

مقدمة :

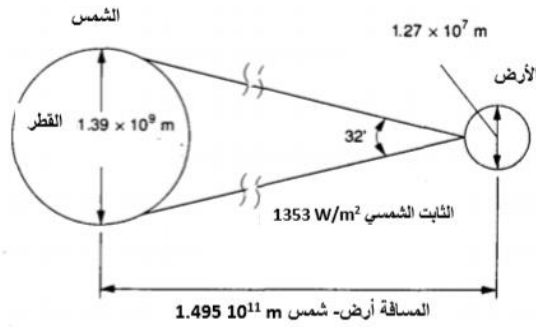
تتصف الطاقة الشمسية بأنها المستقبل لمصادر الطاقة البديلة نظرا لأنها غير ملوثة للبيئة ولا يصدر عنها غازات الاحتباس الحراري المؤثر على المناخ العالمي، كما تعتمد أنظمة التركيز الشمسي على إنتاج البخار و كذلك على توليد الكهرباء بالطاقة الشمسية الحرارية بدلا من الطاقة الأحفورية، وسنتناول في هذا الفصل الإشعاع الشمسي ومختلف زواياه و كذلك مركبات الشمسية وأنواعها [3].

1.1 الإشعاع الشمسي :

الإشعاع الشمسي هو عبارة عن طاقة تصدر من الشمس لتصل إلى سطح الأرض خلال مدة زمنية قدرها 8 دقائق و 20 ثانية حيث تبلغ درجة حرارة سطحها حوالي 5000K وتتراوح درجة حرارة مركزها بين $(8 \times 10^6 \text{ _ } 40 \times 10^6)$ [4]، وتشتع الشمس (باعتبارها جسما أسودا) نصف قطرها R_s ودرجة حرارتها T_s هذه الطاقة بتدفق يعطي بقانون Stephen:

$$\Phi = -\sigma T_s^4 4\pi R_s^2$$

ويقدر القطر الظاهري للشمس من سطح الأرض 32 دقيقة (0.53) كما يوضح الشكل (1-1)



الشكل (1-1): أبعاد و موضع الشمس و الأرض [4]

2.1 طيف الإشعاع الشمسي :

تصل الطاقة الصادرة عن الشمس إلى كوكب الأرض على شكل أشعة كهرومغناطيسية، حيث يحتوي الإشعاع الشمسي على أطوال موجية أطول و تتركز معظم هذه طاقة في الإشعاع المرئي والأشعة تحت الحمراء ذات الطول الموجي القريب من المرئي [5]، وعلى ذلك يمكن تقسيم الإشعاع إلى ثلاثة مجالات رئيسية كما يوضح الجدول (1-1) :

الجدول 1-1: الإشعاع الشمسي الذي يصل سطح الأرض [5].

| المجال | الطول الموجي (λ) | النسبة التقريبية للطاقة الكلية | شدة الإشعاع |
|-------------------------|----------------------------|--------------------------------|-------------|
| الأشعة فوق البنفسجية VI | [0.38 - 0] | 7 | 95 |
| الأشعة المرئية Visible | [0.78 - 0.38] | 47.3 | 640 |
| الأشعة تحت الحمراء IR | [4 - 0.78] | 45.7 | 618 |

3.1 ثابت الإشعاع الشمسي :

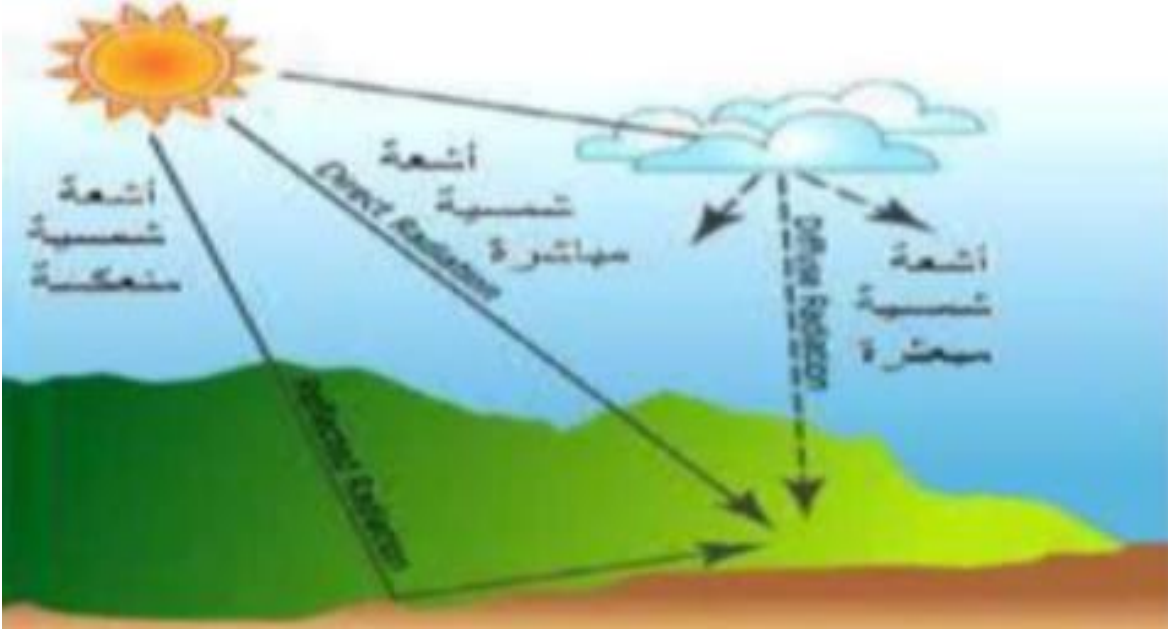
هو معدل تدفق الإشعاع الشمسي التي تتلقاها وحدة مساحة ($1m^2$) خارج الغلاف الجوي للأرض، بحيث تكون عمودية على أشعة الشمس و المسافة بين الأرض و الشمس عند قيمتها المتوسطة خلال السنة [6]، وتعطى قيمة الثابت الشمسي في أي وقت من السنة بالعلاقة التالية :

$$I = 1367. [1 + 0.034 \cos(N_r \frac{360}{365})] \quad (1-1)$$

بحيث N_r : رقم اليوم من السنة ابتداء من 1 جانفي (1.....360).

4.1 تقدير الإشعاع الشمسي :

يصل جزء من الإشعاع الشمسي إلى سطح الأرض مباشرة بينما يصل جزء بعد انعكاسه على مكونات الغلاف الجوي بينما يصل جزء بعد التشتت على جزيئات الغاز المشكلة للغلاف الجوي، كما هو موضح في الشكل التالي (2-1):



الشكل (2-1): أنواع الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض.

1.4.1 الإشعاع الشمسي المباشر:

هي الأشعة الواصلة من الشمس إلى سطح الأرض وترتفع قيمتها في فصل الصيف عندما تكون السماء صافية، وتعطى عبارة الإشعاع الشمسي المباشر الوارد من الشمس إلى سطح الأرض ناظماً بعد اختراقه للغلاف الجوي و يعطى بالعلاقة التالية [7]:

$$I_b = I[a_0 + a_1 e^{-k.AM}] \quad (1-2)$$

حيث a_0 و a_1 و k ثوابت تجريبية تعطى من طرف Duffie و Beckman بالعلاقات التالية :

$$a_0 = 0.94 [0.4237 - 0.00821(6 - Z)^2] \quad (1-3)$$

$$a_1 = 0.98[0.50555 - 0.00595(6.5 - Z)^2] \quad (1-4)$$

$$k = 1.02[0.2711 - 0.01858(2.5 - Z)^2] \quad (1-5)$$

حيث: Z ارتفاع المنطقة فوق سطح البحر معبرا عنها بالكيلومتر (km)، و AM الكتلة الهوائية الضوئية و I الثابت الشمسي .

2.4.1 الإشعاع الشمسي المنتشر:

الذي ينتج عن تشتت الإشعاع الشمسي بفعل مكونات الغلاف الجوي وتعطى عبارته في حالة سطح أفقي بالعلاقة التالية:

$$I_d = I \sin h [0.2710 - 0.2939 (a_0 + a_1 e^{-k.AM})] \quad (1-6)$$

حيث الإشعاع المنتشر لا يتأثر على تصميم وتركيز PTC بخلاف الإشعاع المباشر.

3.4.1 الإشعاع الشمسي الكلي G_h :

هو مجموع الإشعاع المباشر والمنتشر الساقط على السطح، بغض النظر عن اتجاهه و يعطى بالعلاقة التالية[4]:

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

حيث :

I_h : الإشعاع المباشر.

D_h : الإشعاع المنتشر من السماء.

h : زاوية الارتفاع الشمسي.

و يحسب في حالة الإشعاع ناظمي (i=0) بالعلاقة التالية:

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

حيث T_L عكورة الجو و تعطى علاقته ب:

$$T_L = 2.5 + 16\beta_A + 0.5 + \ln(\omega) \quad (1-9)$$

حيث β_A معامل أنغيشتروم و ω ارتفاع الماء المكثف و قيمتها تتغير حسب الحالة الجوية كما هو موضح بالجدول التالي (1-2):

الجدول 1-2: قيم معامل الاضطراب و معامل الارتفاع الماء المكثف [4].

| سواء صافية | سواء متوسطة | سواء مضطربة | |
|------------|-------------|-------------|-----------|
| 0.05 | 0.1 | 0.2 | β_A |
| 1cm | 2cm | 5cm | ω |

5.1 الزوايا الشمسية:

1.5.1 زاوية خط الطول L:

هي الزاوية التي يصنعها خط الطول المار بالمنطقة مع خط الطول المار ببلدة غرينيتش بريطانيا الذي نعتبره خط الصفر. تقرا الزاوية موجبة شرقا وسالبة غربا وتنحصر قيمتها [8].

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

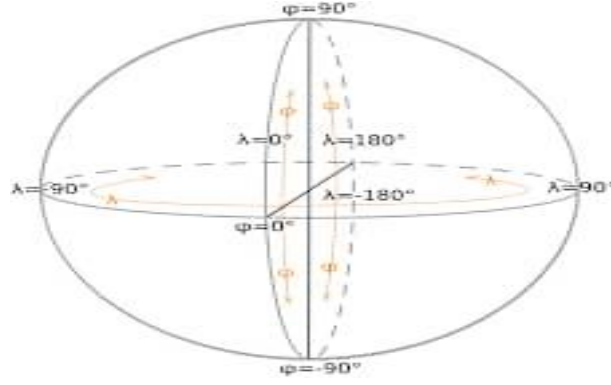
2.5.1 زاوية دائرة العرض φ :

هي الزاوية المحصورة بين المتجه المار بالمنطقة على سطح الأرض ومركز الأرض ومسقطه على خط الاستواء، كما موضح في الشكل (1-3) ويتراوح مجال قيمتها.

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

$\varphi > 0$: شمال خط الاستواء

$\varphi < 0$: جنوب خط الاستواء



الشكل (3-1): زاوية خط الطول و دائرة العرض.

3.5.1 زاوية ميل شمسي δ :

تدور الأرض حول الشمس في مسار إهليجي حيث تكمل دورة كاملة خلال 365.25 يوم بحيث تصل المسافة بين الأرض والشمس في 21 ديسمبر إلى $1.47 \times 10^{11}m$ ، كما تبلغ هذه المسافة قيمتها العظمى $1.512 \times 10^{11}m$ في 21 جوان. يصنع محور دوران الأرض حول نفسها مع الناظم على مستوى الإهليجي (مستوى دوران الأرض حول الشمس) زاوية ميل تسمى زاوية الميل الشمسي وتتغير قيمتها بين $(-23.45^\circ; +23.45^\circ)$ على مدار السنة [8]، كما موضح في شكل (4-1) وتعطى العبارة زاوية الميل الشمسي في كل يوم من السنة بالعلاقة التالية :

$$\delta = 23.45^\circ \sin \frac{360}{365} (284 + NJ) \quad (1-10)$$

حيث نأخذ القيمة العظمى $+23.45^\circ$ في 21 جوان (انقلاب صيفي) و الدنيا -23.45°

في 22 ديسمبر (انقلاب شتوي) بينما تكون معدومة $(\delta = 0)$ في الإعتدالين الخريفي 23 سبتمبر و الربيعي 22 مارس.



الشكل (4-1): تغير زاوية الميل الشمسي خلال العام.

4.5.1 زاوية الارتفاع الشمس h:

وهي الزاوية المحصورة بين أشعة الشمس والأفق، هذه الزاوية تساوي صفر عند شروق وغروب الشمس وتأخذ قيمة عظمى عند وقت الزوال الشمسي [9].

وتكتب بالعلاقة التالية .

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

حيث:

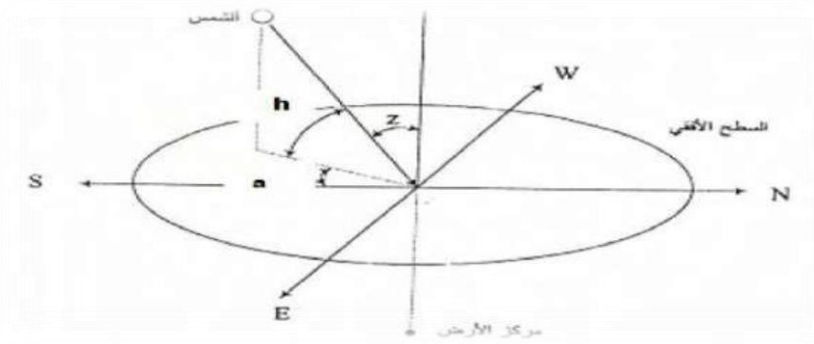
φ : زاوية دائرة العرض.

ω : زاوية الساعة الشمسية.

5.5.1 زاوية السميت الرأسى a:

هي الزاوية المحصورة بين الخط الذي يمر في نقطة ما على سطح الأرض، والمتجه جنوبا بين المسقط الأفقي بين النقطة والشمس بحيث تكون هذه الزاوية موجبة إذا كانت نحو الغرب وتكون سالبة إذا كانت نحو الشرق تعرف بالعلاقة التالية [10]:

$$\sin \alpha = \frac{\cos \delta \cdot \cos \omega}{\cos h} \quad (1-12)$$



الشكل (5-1): زاوية السميت الرأسى α و زاوية الارتفاع الشمس h.

6.5.1 زاوية الساعة الشمسية w :

نتيجة دوران الأرض حول نفسها فإن الإشعاع الشمسي يمسح دورة كاملة حول الأرض 360° خلال 24h وفق دائرة العرض، 15° لكل ساعة، مع اعتبار الزوال هو المبدأ ($w = 0$)، و تعطي عبارة زاوية الساعة الشمسية بالعلاقة [4]:

$$w = \frac{360}{24} (Tvs - 12) \quad (1-13)$$

حيث :

Tvs : التوقيت الشمسي الحقيقي .

6.1 التوقيت الشمسي:

إن التوقيت المستخدم في العالم توقيت اصطلاحي يبنى على اعتبار أن خط الطول الذي يمر بمنطقة غرينيتش البريطانية يساوي صفر وعلى هذا الأساس تم تقسيم العالم إلى مناطق زمنية مختلفة وحسب ما هو معمول به فإن المسافة بين خطي الطول تعادل 4 دقائق أو كل 15 درجة في خطوط الطول تعادل ساعة واحدة وبالتالي فالأوقات الاصطلاحية المعمول بها لا تعطي قيم حقيقة [7].
لذلك يتم حساب المعالم الزمنية

- ✓ الزمن المحلي TL : هو الزمن اللحظي في منطقة الدراسة.
- ✓ الفرق في الزمن المحلي ΔT : هو الفارق الزمني بين منطقة الدراسة غرينيتش
- ✓ الزمن العالمي TU : هو الزمن في منطقة غرينيتش ويعطى بالعلاقة التالية :

$$TU = TL \pm \Delta T \quad (1-14)$$

بحيث الإشارة الموجبة شرق خط غرينيتش والإشارة السالبة

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

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

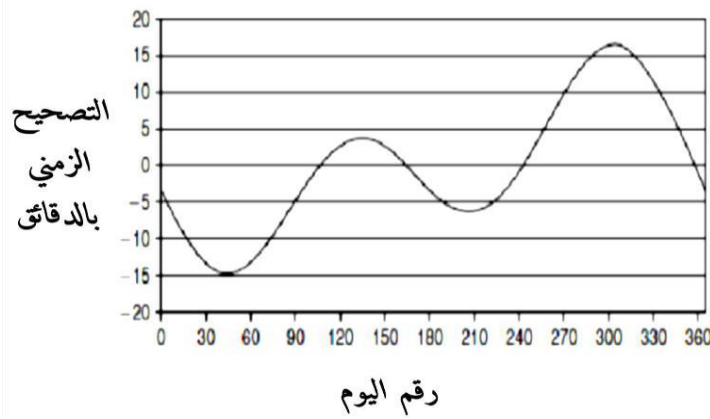
بحيث ET : معادلة التصحيح الزمني

✓ معادلة التصحيح الزمني: و تعبر عن الاضطراب الناتج عن حركة الأرض، كما موضح في الشكل (6-1) وتعطى علاقته بالدقائق:

$$ET = 0.258 \cos x - 7.416 \sin x - 3.6458 \cos 2x - 9.228 \sin 2x \quad (1-16)$$

حيث x مقدر بالدرجات:

$$x = \frac{360(Nj-1)}{365.42} \quad (1-17)$$



الشكل (6-1): بيان تغير تصحيح الزمني خلال السنة [4].

✓ الكتلة الهوائية الضوئية:

عندما تكون الشمس متعامدة فإن الكتلة الهوائية الضوئية مساوية للواحد [4]، وتعطى بالعلاقة التالية:

$$AM = \frac{OA}{OB} = \frac{1}{\sin h} \quad (1-18)$$

7.1 المركزات الشمسية :

تعمل المركزات الشمسية على تحويل الإشعاع الشمسي إلى طاقة حرارية في إدارة توربينات بخارية الإنتاج الكهرباء وهو ما يعني إمكانية تكامل مركزات الشمسية مع محطات التوليد التقليدية للاستفادة بربط هذه النظم بالشبكة في إنتاج الطاقة الكهربائية وتلبية المياه في نفس الوقت، وذلك بتركيز الإشعاع الشمسي على أنبوب ينتج منه بخار يكفي الإدارة تربينه بخارية، والاستفادة من فائض الطاقة في تلبية مياه البحر، ويتوقع أن تلقى هذه التقنية رواجاً في المستقبل القريب وخاصة في الدول التي تعاني من قلة المياه العذبة [11].

8.1 تطور تاريخ المركبات الشمسية:

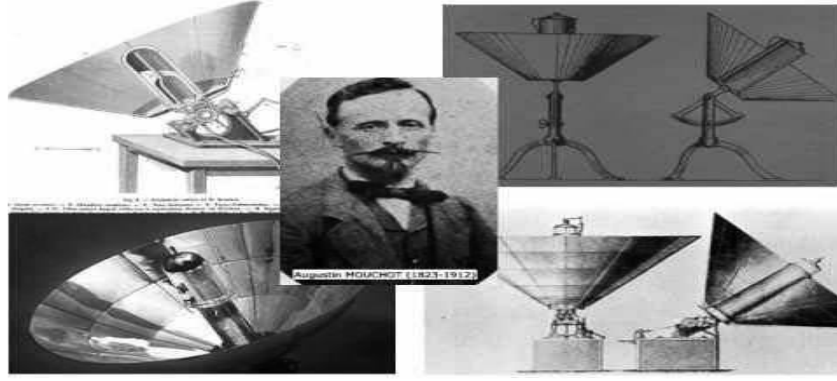
1. منذ سنة 200 قبل الميلاد وصف عالم الرياضيات الفيزيائي المخترع اليوناني المهندس أرخميدس (Archimedes) المولود بإيطاليا عام 287 قبل الميلاد فكرة الألواح العاكسة لتركيز الشمس [3].



الشكل (1-7): فريسكو (1599-1600) في معرض أوفيزي، فلورنسا،

أظهر جوليو باريجي أشعة أرخميدس المدمرة [3].

2. في القرن الثاني قبل الميلاد (295-375) وصف العالم الرياضيات اليوناني ديوكليس (Diocles) الخصائص البصرية لحوض صغير قطع مكافئ (PTC) (Parabolic trough) [3].
3. في عام 1746 وصف العالم الفرنسي الكونت دي بوفون (Conte de Buffon) (عالم الطبيعيات والرياضيات والكونيات: (1707-1788)) تطوير تصميمات الهليوستات (heliostat) هي أداة ذات مرآة تعكس الشمس في اتجاه واحد [3].
4. في عام 1866 استخدم المخترع الفرنسي أوجستين موشوت (Augustin Mouchot) (عالم الرياضيات والفيزياء 1825-1911) حوض قطع مكافئ لإنتاج البخار لأول ماكينة بخار بالشمس وفي عام 1878 اخترع نظام محرك بخار مدفوع بطبق (dish) والذي عرض بالمعرض العالمي بباريس [3].



الشكل (1-8): العالم أوجستين موشوت [3].

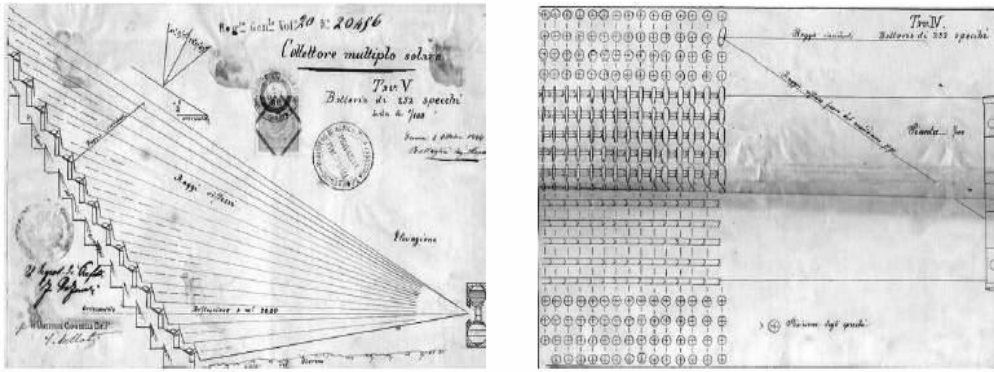
5. في عام 1880 أنشأ المهندس الميكانيكي العالم الأمريكي / السويدي جون إريكسون

(John Ericsson (1803-1899) أول مجمع حوض قطع مكافئ واستخدم كمصدر

لماكينة هواء ساخن.

6. في عام 1866 سجل أول اختراع لمجمع شمسي بمعرفة العالم الإيطالي الساندر و و باتاجليا

(Alessandro Battaglia) (n.a-1842) والشكل (1-9) يوضح ذلك:



الشكل (1-9): اختراع لمجمع شمسي للعالم الساندر و باتاجليا.

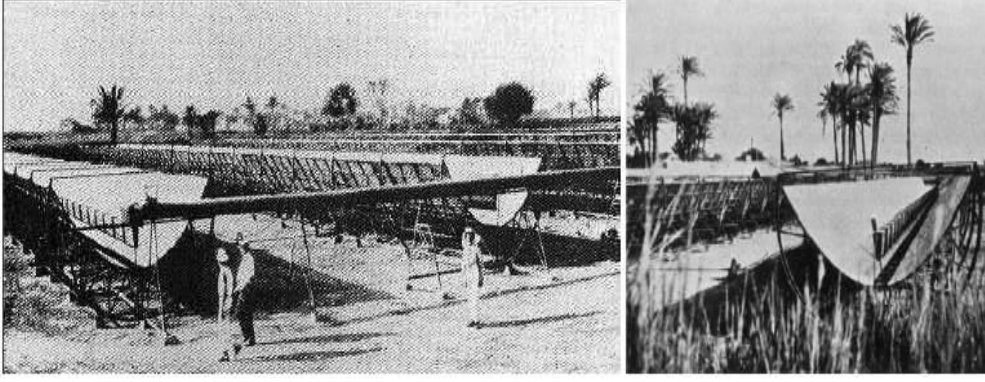
7. في عام 1913 نجح العالم الأمريكي فرانك شومان (Frank Shuman) (1862-1918) في بناء

حوض قطع مكافئ لإدارة نظام ضخ في مصر بمنطقة المعادي، وقد استخدم عدد 5 أحواض قطع

مكافئ طول كل حوض 60 متر، لتركيز أشعة الشمس خطيا مع نظام تتبع شمسي، ثم تركب الأشعة

على غلاية تكفي إنتاج بخار لضخ حوالي 23000 لتر مياه في الدقيقة، (قدرة 55 HP. يوضح

الشكل (1-10) حوض قطع مكافئ لإدارة نظام ضخ في مصر



الشكل (10-1): حوض قطع مكافئ لإدارة نظام ضخ في مصر [3].

8. خلال القرن العشرين تمت كثير من التجارب والنماذج.
9. في عام 1929 تم بناء أول نظام محطة حرارية شمسية بطلب مريات بواسطة العالم الأمريكي دكتور روبرت هوتشنج جودارد (Robert Huching Goddard (1882-1945)).
10. في عام 1968 تم تشغيل أول محطة شمسية مركزية بإيطاليا.
11. في عام 1983 تم تشغيل بنجاح لأول ماكينة حرارية بتمويل خاص في أريزونا، تحتوي على مجمعات حوض قطع مكافئ بمساحة 5580 متر مربع لإنتاج تسخين حراري بدرجات حرارة أعلى من 256°C لشركة أعمال نحاس [3].
12. في عام 1983 كانت الولادة الحقيقية لمحطات المركبات الشمسية (CSP) (Concentrating Solar Power) كأساس الصناعة في كاليفورنيا حيث وضعت سياسة لإنشاء 9 أحواض قطع مكافئ منفصلة بقدرة إجمالية 354MW، لهذه المحطات أكثر 2000000 متر مربع مساحة المرايات و الشكل (11-1) يوضح المحطتان 3 و7 بكاليفورنيا - أمريكا [3].



الشكل (11-1): المحطتان 3 و7 بكاليفورنيا - أمريكا.

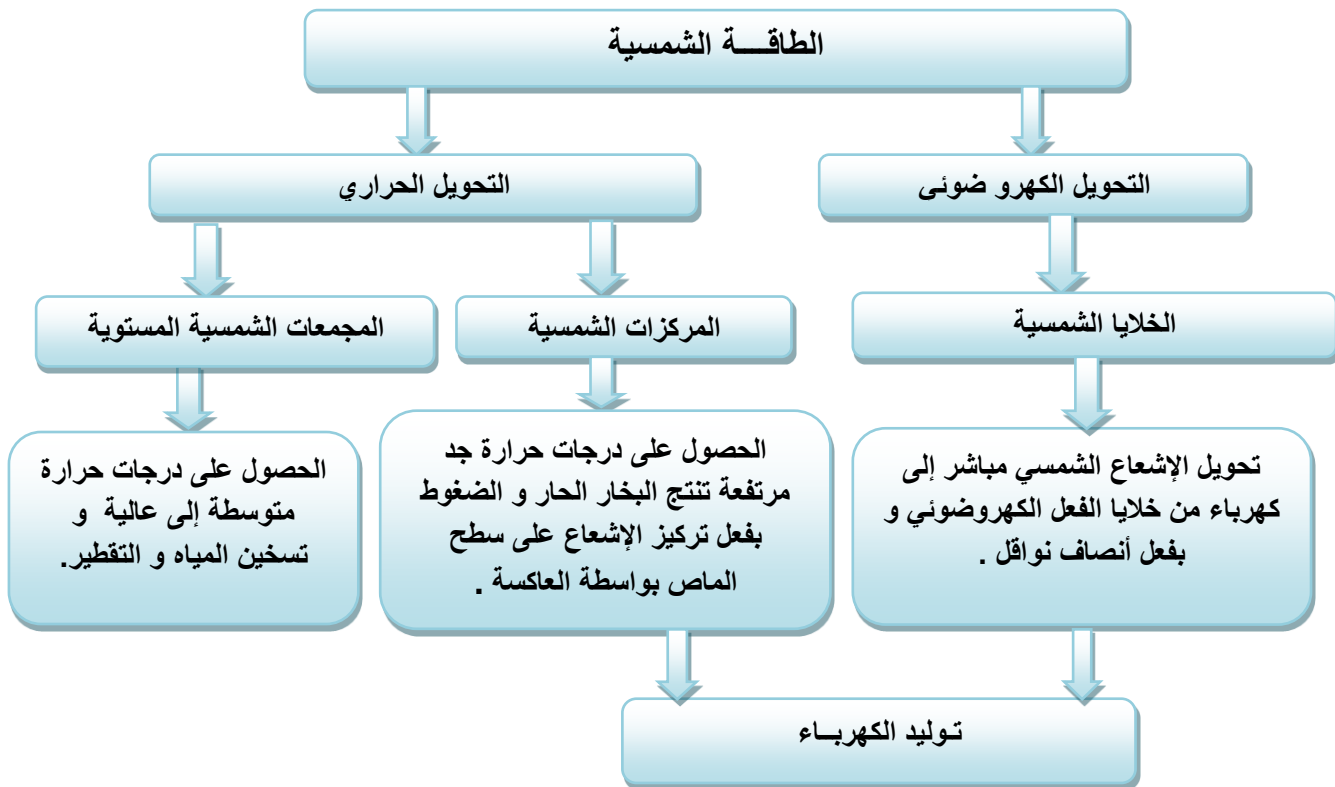
13. منذ عام 2006 شهد إنتاج الطاقة الشمسية المركزة نموا كبيرا في إسبانيا و أمريكا لتحويل الطاقة الشمسية (أشعة الشمس) إلى طاقة كهربائية مع مراعاة أن تكون السماء صافية والضوء قوي ، وتتوافر هذه الظروف الطبيعية في : جنوب غرب أمريكا - المكسيك - شمال إفريقيا - الشرق الأوسط - وسط آسيا - جنوب أفريقيا - أستراليا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

14. في عام 2014 تم التشغيل التجاري لأكبر محطة في العالم للطاقة الحرارية الشمسية بقدرة MW 392 كاليفورنيا - أمريكا.

يوضح شكل (12-1) عملية البخار لشركة a pharmaceutical - مصر بقدرة 1330Kw ودرجة الحرارة التشغيل 173°C



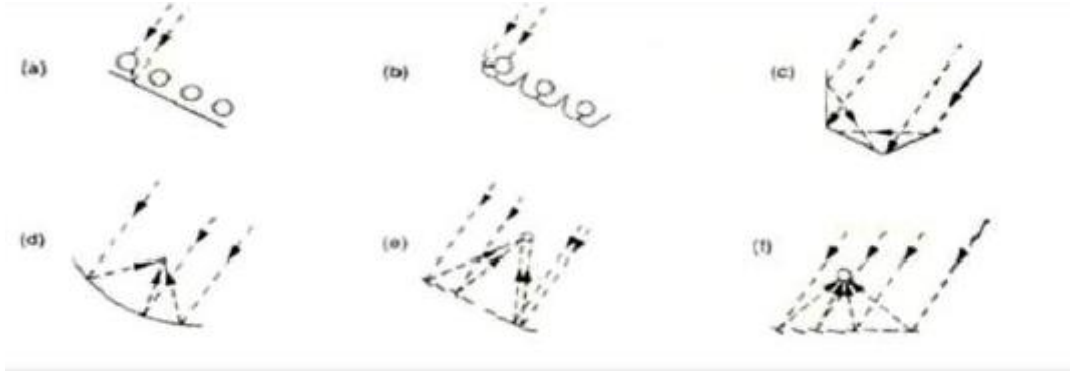
الشكل (12-1): عملية البخار لشركة a pharmaceutical – مصر.



الشكل (13-1): مخطط استخدامات الطاقة الشمسية [12].

9.1 أشكال المركزات الشمسية :

يوجد العديد من أنواع المركزات الشمسية يمكنها تركيز تدفق الإشعاع الشمسي على سطح المستقبل تكون المجمعات عاكسة أو كاسرة الأشعة الشمس ، يمكن أن تكون أسطوانية الشكل لتركز الأشعة الشمسية على خط أو على شكل مقطع دائري لتركزها في نقطة، الشكل (1-14) يوضح أشكال المركزات الشمسية [13].



الشكل (1-14): أشكال المجمعات [13].

حيث (a) و (b) هما مجموعة من الأنابيب المفرغة ذات ماصات أسطوانية وعاكس خلفي لتوجيه الإشعاع إلى الأنابيب الماصة حيث.

(a): مجمع يستخدم عاكس خلفي مسطح.

(b): مجمع عاكس بشكل صحن مقعر.

(c): مجمع يحتوي على مستقبل مسطح وعاكس مسطح الحواف يعكس الإشعاع الزائد إلى المستقبل.

(d): هو مجمع على شكل قطع مكافئ بحيث يمكن أن يكون لديه مستقبل أنبوبي (مسطح أسطواني) أو بمستقبل كروي أو نصف كروي (سطح انقلاب).

(e): مجمع عاكس فريزل وهو مجموعة من العاكسات المتحركة.

(f): مجمع المستقبل المركزي يتكون من مجموعة من المرايا بمستقبل وسطي .

10.1 أنواع المركزات الشمسية :

يمكن تصنيف المركزات الشمسية إلى صنفين، مركزات خطية وأخرى نقطية ، حيث تتركز الأشعة الساقطة على العاكس في خط ويسمى المحور البؤري أو نقطة وتسمى البؤرة وسنعمد في هذه الدراسة على مجمع نقطي من أجل تركيز الإشعاع في بؤرة، ويتمثل في مركز مصفوف الحلقي (RAC)[14].

1.10.1 المركزات النقطية :

المركزات الشمسية النقطية هي سطوح عاكسة مقعرة وتعمل على تركيز الإشعاع الشمسي، في نقطة وتسمى البؤرة وهي عدة أنواع نذكر منها[15].

✓ مركز القطع مكافئ

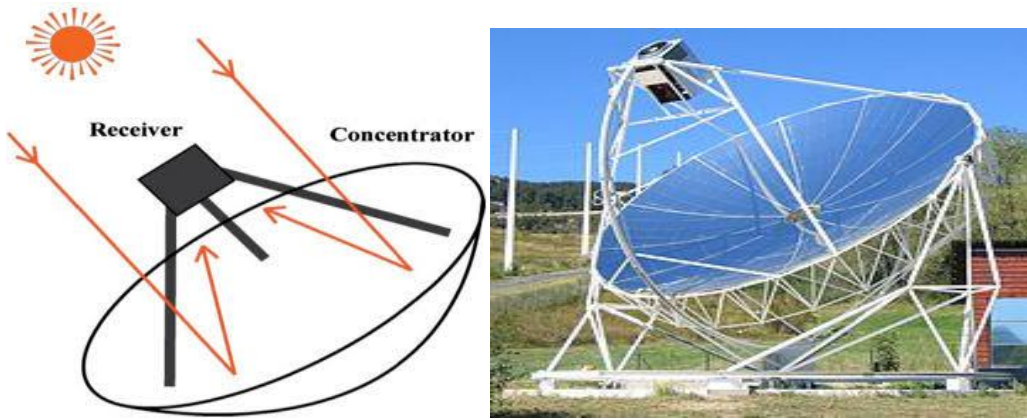
✓ عدسات فرينل

✓ مركز مصفوف حلقي

1. مركز القطع المكافئ DP:

يسمى هذا المجمع أيضا بمجمع نقطة التركيز لأنه يركز الأشعة الشمسية على مستقبل نقطي يقع عند بؤرة الصحن العاكس [16] .

حيث يتبع المركز الشمس في محورين ليعكس الإشعاع إلى المستقبل الذي يعمل على امتصاص الإشعاع الشمسي تم تركيزه وتحويله إلى طاقة حرارية، كما يوضحه الشكل (1-15):



الشكل (1-15):مجمع القطع المكافئ.

2. عدسات فريزل :

عدسات فريزل هي عدسة محدبة السطح أو مقعرة، على شكل قرص رقيق إن إستعمال عدسة فريزل كمركز شمسي راجع للمزايا التالية.

- يمكن أن تصمم بأحجام كبيرة ووزن خفيف وبسمك أقل من 4mm وهكذا تكون تكلفتها منخفضة.
- ضوءها الخفيف يسمح باستخدام رقائق بقطر أكبر والتي تجمع كمية كبيرة من الضوء.
- لها بعد بؤري صغير، وتصميمها يصحح الانحراف الكروي ويسمح بإنارة متماثلة [17].

3. مركز مصفوف الحلقي:

مركز مصفوف حلقي (RAC) هو تصميم يقوم بتركيز الإشعاع الشمسي وعبرة عن مجموعة من الحلقات بمقاسات مختلفة ومحددة.

- الميزة الرئيسية لهذا المركز هي أنه يسمح بإزالة منطقة الظل بين الإشعاع الشمسي الوارد والمنطقة البؤرية مقارنة بالتصاميم الأخرى .

- نسبة تركيزه كبيرة مقارنة بالمركزات الأخرى بسبب عدم وجود منطقة الظل

يحتوي هذا المركز على عدة حلقات [18]، كما هو مبين في الشكلين (1-14):



الشكل (1-16): حلقات مركز مصفوف الحلقي [18].



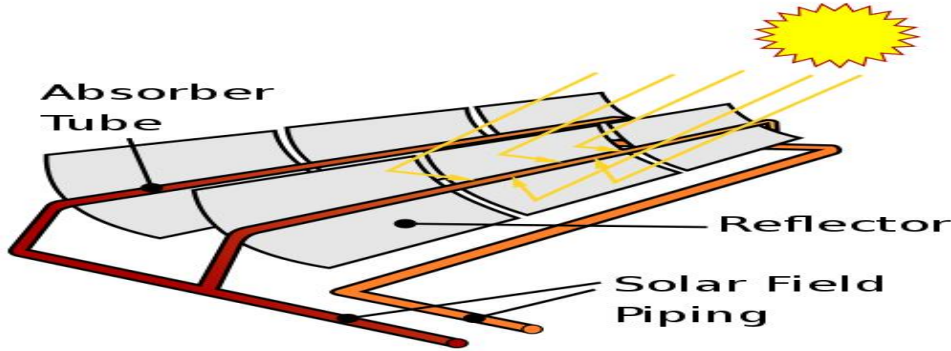
الشكل (1-17): مركز مصفوف الحلقي RAC بعد التجميع [18].

2.10.1 مركزات خطية :

يتميز هذا النوع من المركزات باستخدامه في درجات الحرارة المنخفضة، تستخدم السطوح الأسطوانية ويتمثل في :

1- حوض قطع المكافئ:

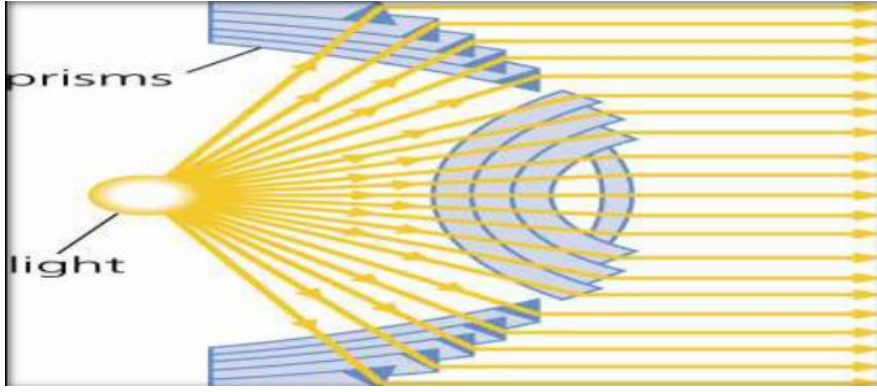
مجمع الحوض المكافئ هو مجمع شكل حرف U له مقطع عرضي على شكل قطع مكافئ [19]، مكون من مرآيا ومستقبلات حرارة وهيكل معدني للتثبيت تتشكل فيه المرآيا ذات القطع المكافئ من ألواح من مادة عاكسة من الزجاج شفاف مطلي بالفضة ، هذا الزجاج المطلي للعاكسات له إمكانية تركيز الإشعاع الشمسي إلى 80 ضعف مرة والغرض منها هو تركيز ضوء الشمس إلى أنبوب استقبال مركزي على خط المحور المجمع تكون مصفوفة حوالي 100m طول أو أكثر وبفتحة منحنى من 5m إلى 6m [20].



الشكل (18-1): حوض القطع المكافئ.

2- نظام فرينل الخطي :

يتكون نظام فرينل الخطي من مرآيا صغيرة طويلة (والتي يمكن أن تكون على شكل منحنى) ذات سطح ناعم وآخر خشن، توضع على مستوى واحد يمكنها أن تدور تبعاً لمسار الشمس لإعادة التوجيه وتركيز مستمر لأشعتها إلى أنبوب المستقبل الخطي ثابت، أي تعمل على عكس أشعة الشمس على مستقبل امتصاص أنبوبي مركب في صندوق المرآيا، ولتحسين النقاط ضوء الشمس يتم تركيب عاكس ثاني أعلى أنابيب المستقبل بعدة أمتار والذي يعرف بالعاكس الثانوي، كما توجد عاكسات فرينل ذات التركيز النقطي [20]. والمبينة في الشكل (19-1):



الشكل (19-1): عدسة فرينل العاكسة [21].

11.1 مبدأ عمل المركزات الشمسية :

يقوم مبدأ عمل أي مركز شمسي على مبدأ انعكاس الضوء ستال ديكارت، والذي ينقسم إلى :

✓ انعكاس مباشر :

وهو الضوء الذي ينعكس من اتجاه مخرج أحادي فإن كل من اتجاه المدخل الأحادي واتجاه المخرج يكون لهما نفس الزاوية بالنسبة للسطح العادي للمرأة [22].

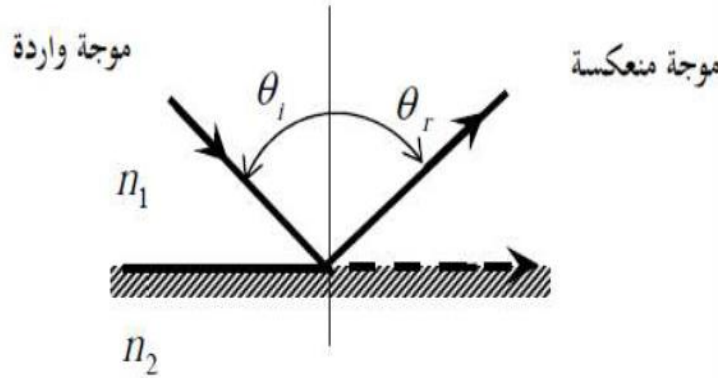
✓ انعكاس متشتت:

وفيه ينعكس الضوء في مدى اتجاه واسع، حيث في التطبيقات يؤخذ بعين الاعتبار فقط الانعكاس المباشر لأن الشعاع المنعكس يجب أن يكون له اتجاه محددو يكون خاضع للقانون ديكارت للانعكاسي ، كما يوضحه الشكل(1-20):

$$\theta_i = \theta_r$$

زاوية الورد: θ_i

زاوية الإنعكاس: θ_r



الشكل (20-1): رسم تخطيطي لظاهرة الانعكاس .

خاتمة:

تم في هذا الفصل التعرف على مصادر الأشعة الشمسية وتقدير شدة الإشعاع الشمسي وزواياه، وتم تطرقنا إلى تاريخ المركبات الشمسية وأنواعها النقطية والخطية وفي الفصل الثاني سوف نتطرق إلى الدراسة النظرية لمركز الأسطوانة القطع المكافئ PTC.

الفصل الثاني:

الدراسة النظرية للمركز
الأسطواناني القطع المكافئ
الـ PTC

مقدمة:

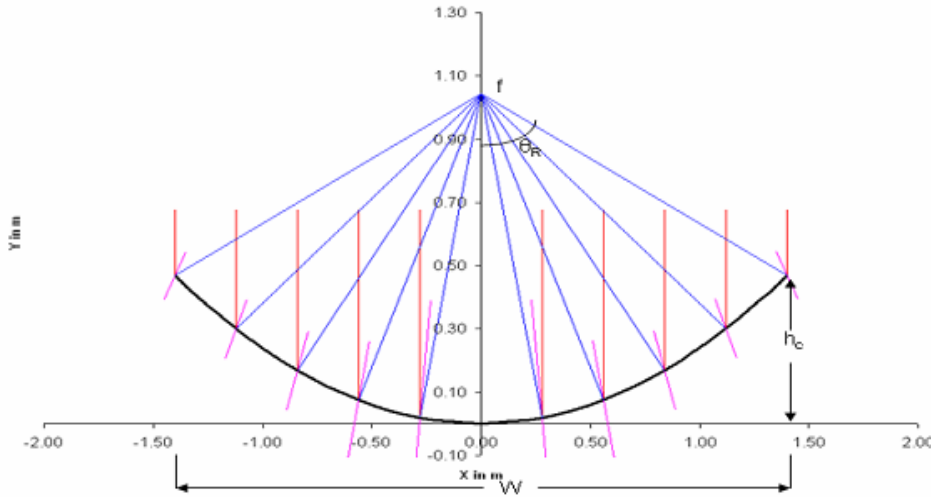
تعمل المراكز الشمسية على تحويل الإشعاع الشمسي إلى طاقة حرارية، يعتبر المجمع الأسطواني القطع المكافئ من أهم أنظمة التركيز الشمسي الحراري يعمل على تركيز الأشعاع الشمسي نحو العنصر الجامع للحرارة (HCE) في الخط البؤري ليكتسب كمية من الحرارة تنقل إلى المائع الناقل للحرارة (HTF)، يتم تخزين و نقل الطاقة الحرارية في أنظمة المراكز الشمسية، من بين هذه المراكز المركز الشمسي الأسطواني القطع المكافئ الـ (PTC) الذي سوف نتطرق إليه في دراستنا في هذا الفصل وهو موضوع اهتمام هذه الدراسة و طرق التتبع الشمسي و كذلك المعادلات الموازنة الحرارية له.

1.2 هندسة الـ PTC :

يتكون نظام PTC من سطح عاكس أسطواني على شكل قطع مكافئ، حيث تنعكس الأشعة الساقطة على محور التناظر على طول الخط البؤري [4].

وتعطى معادلة القطع المكافئ من الشكل التالي:

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



الشكل (1-2): بؤرة السطح القطع المكافئ [4].

حيث f يمثل البعد البؤري، و يتميز PTC بالإبعاد التالية: الطول L ، عرض الفتحة W ،

ارتفاع حافة العاكس h_c ، حيث حافتي العاكس تتميز بالإحداثيات الديكارتية هي $(x = \frac{W}{2}, y = h_c)$.

وبعد تعويض إحداثيات الحافة في المعادلة الديكارتية نحصل على عبارة البعد البؤري f بدلالة أبعاد PTC:

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

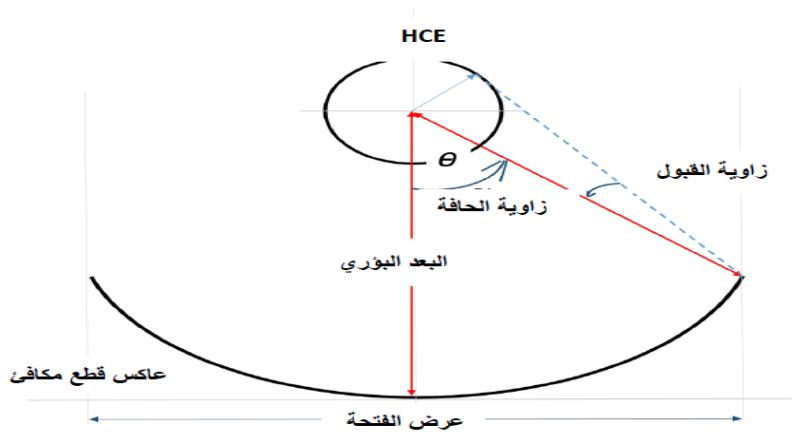
1.1.2 زاوية الحافة θ_R :

هي الزاوية المحصورة بين محور التناظر منحنى القطع المكافئ و الخط الربط بين نقطة البؤرة و حافة العاكس، كما هو موضح في الشكل (2-2)، تعطى علاقتها بالشكل التالي:

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

و منه نجد

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



شكل (2-2): زاوية الحافة و زاوية القبول لـ PTC.

2.1.2 زاوية القبول:

هي أكبر قيمة انحراف الشعاع المنعكس تسمح للأنبوب الماص باعتراضه، كما هو موضح في الشكل (2-2).

3.1.2 مساحة الفتحة A_{ap} :

وهي المساحة التي يتم استقبالها الاشعاع الشمسي المباشر حيث يتعلق بطول المجمع الشمسي L و w عرض الفتحة و تعطى بالعلاقة التالية [4،23].

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

4.1.2 التركيز الهندسي c :

هو نسبة المساحة بين الفتحة العاكس إلى مساحة المستقبل (الأنبوب الماص) و يعطى بالعلاقة التالية [24].

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

حيث:

A_{ap} : مساحة فتحة العاكس.

A_r : مساحة المستقبل (أنبوب الماص).

5.1.2 مساحة سطح العاكس A_{ref} :

وهي مساحة السطح العاكس الأسطوانى القطع المكافئ وتعطى بالعلاقة التالية

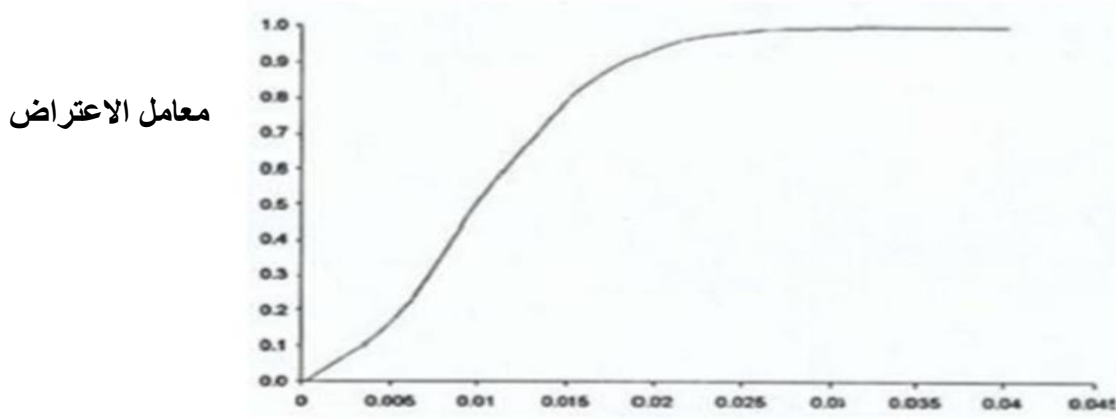
$$A_{ref} = L \cdot S_p \quad (2-7)$$

حيث S_p يمثل طول قوس القطع المكافئ من العاكس و الذي يعطى بالعلاقة التالية:

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

6.1.2 معامل الاعتراض γ :

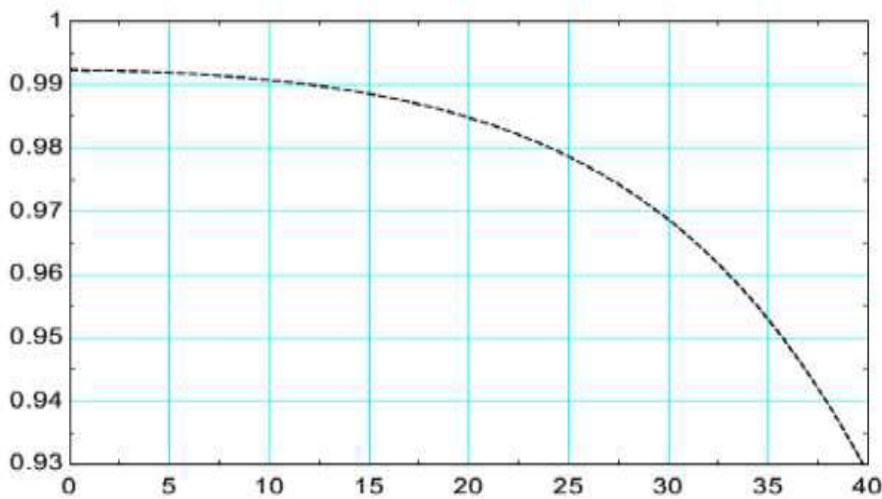
هو نسبة شدة الإشعاع الذي يعترضه الأنبوب الماص إلى شدة الإشعاع المنعكس بواسطة جهاز التركيز، ويزداد معامل الاعتراض بازدياد قطر الأنبوب الماص، حيث يبلغ معامل الاعتراض قيمته القصوى من أجل قطر الأنبوب الماص $D_r = 3\text{cm}$ ، كما يوضحه الشكل (2-3)، كما يتعلق معامل الاعتراض بزواوية الحافة حيث يتناقص بازدياد زاوية الحافة كما يوضحه الشكل (2-4) [4].



قطر الأنبوب الماص (m)

الشكل (2-3): بيان تغير معامل الاعتراض بدلالة قطر الأنبوب الماص

معامل الاعتراض γ



زاوية الحافة θ_R

الشكل (2-4): بيان تغير معامل الاعتراض بدلالة الزاوية الحافة.

7.1.2 الضياعات الضوئية :

1.7.1.2 المساحة الضائعة بفعل التظليل A_b :

وهي المساحة الغير فعالة من سطح الفتحة التي تتعرض إلى التظليل نتيجة زاوية ورود الإشعاع الشمسي.

ومنه تكون عبارة المساحة الضائعة بفعل التظليل كمايلي:

$$A_f = \frac{2}{3} w h_c \tan i \quad (2-9)$$

2.7.1.2 المساحة الضائعة بفعل النهايات A_e :

وهي المساحة الغير فعالة من سطح الفتحة التي لا ينعكس الإشعاع الشمسي الساقط منها على

الأنبوب الماص، نتيجة زاوية ورود الإشعاع الشمسي.

ونحصل على المساحة الضائعة A_e بفعل النهايات بطرح مساحة الشكل القطع مكافئ من مساحة المستطيل

و تعطى بالعلاقة :

$$A_e = f . w . \tan i \left(1 + \frac{w^2}{48f^2} \right) \quad (2-10)$$

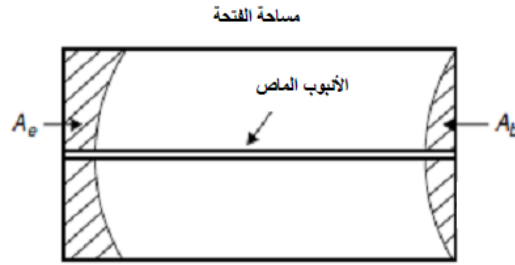
3.7.1.2 معامل التراجع الهندسي f :

هو نسبة المساحة الكلية الضائعة بفعل التظليل و النهايات إلى مساحة الفتحة كما يبين الشكل (2-5) الاتي

ويعطى بالعلاقة :

$$A_f = \frac{A_b + A_e}{A_{ap}} \quad (2-11)$$

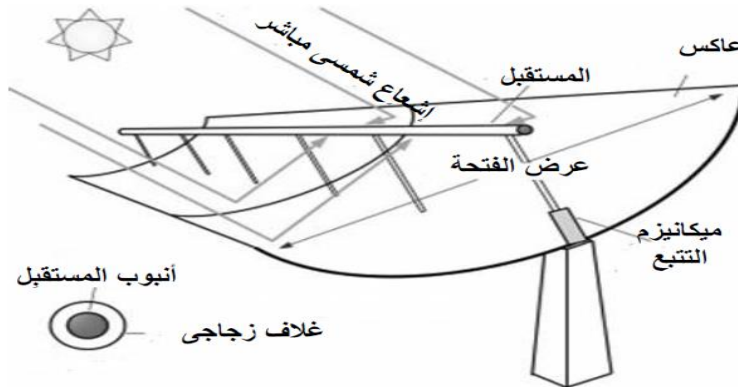
و من أجل الإشعاع الشمسي عمودي على سطح الفتحة ($i=0$) فإن $A_f = 0$



الشكل (5-2): المساحات الضائعة من فتحة الـ PTC.

2.2 مكونات الـ PTC:

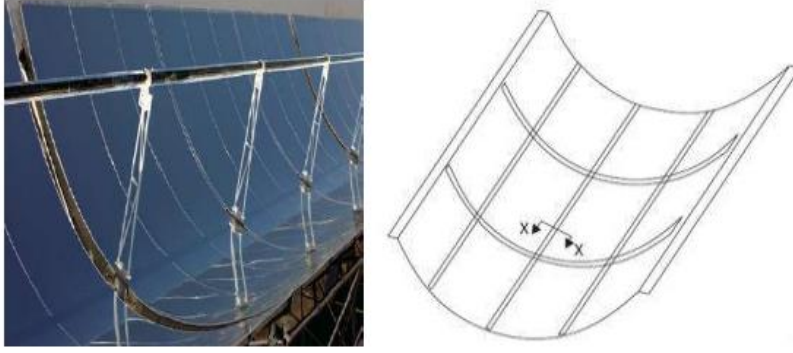
يتكون نظام الـ PTC من عناصر أساسية تتمثل في السطح العاكس قطع مكافئ أسطواني حيث يعمل على تركيز الإشعاع الشمسي نحو الجامع للحرارة (HCE) المثبت بالمحور البؤري، ويسرى بيه مانع ناقل الحرارة (HTF) ويكتسب حرارة لينقلها إلى وسيط ألتخزين، كما يوضح الشكل (6-2) التالي :



الشكل (6-2): مكونات مجمع القطع المكافئ (PTC) [3].

1.2.2 العاكس:

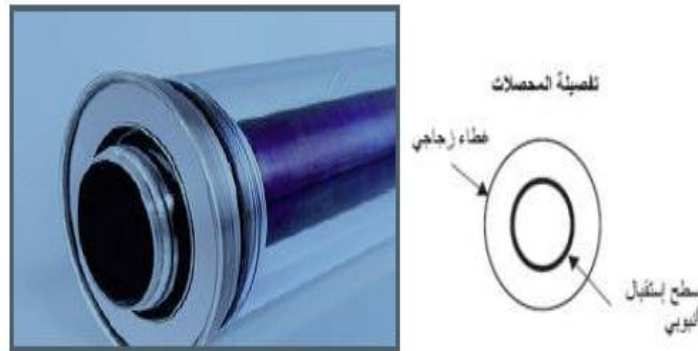
يتكون السطح العاكس على شكل مرآة زجاجية مفضضة أو الألمنيوم أو (INOX) حيث يتجاوز معامل الانعكاس (88%)، يتم تثبته بدقة من خلال هيكل الدعم الذي يجب أن تتوفر فيه الصلابة و القوة لتحمل الوزن لنظام (PTC) و مقاومته. كما يوضح الشكل (7-2) التالي:



الشكل (2-7): رسم تخطيطي للعاكس من ألواح زجاجية [26].

2.2.2 العنصر الجامع للحرارة (HCE) :

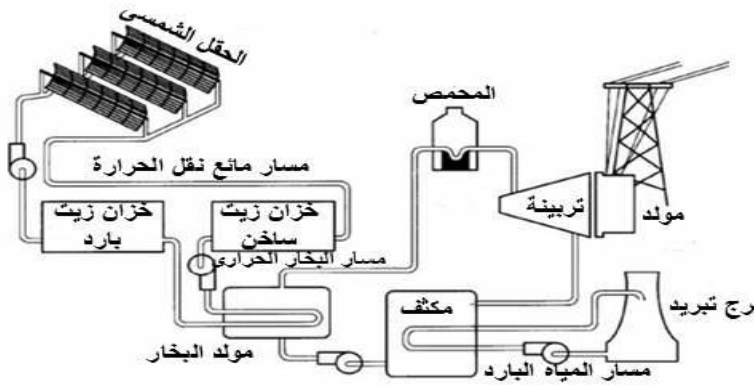
أنبوب المستقبل أو عنصر مجمع الحرارة حيث هو المكون الرئيسي لتكنولوجيا الطاقة الشمسية في الحوض المكافئ يتكون عادة من النحاس أو فولاذ المقاومة للصدأ، حيث يقع العنصر الجامع للحرارة (HCE) في الخط البؤري للسطح العاكس القطع المكافئ ، ويكون سطحه الخارجي مطلي بطبقة انتقالية لتحسين خواصه الضوئية، وبذلك يتم امتصاص جزء كبير من الإشعاع الشمسي الوارد مع الحد بشكل كبير من الضياع بالإشعاع الحراري المنبعث. كما يوضح الشكل (2-8):



الشكل (2-8): مقطع عرضي للعنصر الجامع للحرارة (HCE) [25].

3.2. المائع الناقل للحرارة (HTF):

إن المائع نقل للحرارة، هو أحد المكونات الأساسية لتخزين ونقل الطاقة الحرارية في أنظمة مراكز الشمسية يوجد أنواع مختلفة من موائع نقل الحرارة مثل الزيوت الهيدروكربونية، الجليكول، الهواء، الأملاح المنصهرة، التي تختلف خصائصها مثل درجة الحرارة الانصهار. وتكون الأنابيب و المواد الحاوية لمائع نقل الحرارة من الفولاذ المقاوم للصدأ وسبائك النيكل أثناء اختيار المائع يجب مراعاة المعايير الآتية: معامل التمدد منخفض، معامل اللزوجة منخفض، معامل السعة الحرارية مرتفعة، نقطة التجميد منخفضة و الغليان مرتفعة. ويتم اختيار المائع (HTF) حسب درجة الحرارة المطلوبة و خيارات التخزين الحراري .



الشكل (2-9): مسار مائع نقل للحرارة بنظام المراكز الطاقة الشمسية [3].

3.2 المردود

1.3.2 المردود الضوئي :

يتعلق المردود الضوئي للمجمع الشمسي بالخواص الضوئية (انعكاسية السطح العاكس ρ° ، النفاذية لكل من الظرف و السطح الزجاجيين ، الامتصاص α للأنبوب الماص) و كذلك يتعلق بمعامل الاعتراض γ و معامل التراجع الهندسي f و زاوية الورد الإشعاع i وتعطى عبارته :

$$\eta_{op} = \rho^\circ \cdot \tau_e \cdot a_r \cdot \gamma [1 - A_f \cdot \tan i] \cos i \quad (2-12)$$

2.3.2 المردود الحراري:

هو نسبة تدفق الحرارة المفيدة التي اكتسبها المائع إلى شدة الإشعاع الشمسي الذي يعترضه الأنبوب الماص و يعطي بالعلاقة التالية :

$$\eta_{th} = \frac{\dot{m}.c_p.(T_{fo}-T_{fi})}{I.\rho_e.\alpha_r.L.W} \quad (2-13)$$

4.2 التخزين الحراري:

تستمد كل أنظمة التركيز الشمسي التخزين الحراري، بهدف تزويد بالطاقة الحرارية عندما يكون الإشعاع الشمسي غير متاح (الليل، الغيوم).

وتصنف الطاقة الحرارية المخزنة حسب آلية تخزين إلى [4]:

1.4.2 تخزين على شكل حرارة محسوسة (Sensitive Heat) :

عادة تكون من الماء و حصى في حالة درجة حرارة المنخفضة، وفي حالة درجة حرارة العالية تستخدم الزيوت الهيدروكربونية.

2.4.2 تخزين على شكل حرارة كامنة (Latent Heat) :

تؤدي إلى التغير الطوري لوسيط التخزين المستخدم عادة تكون بين الحالة الصلبة للسائلة بينما يكون التحول (سائل-غاز) أو (صلب-غاز).

حيث تتطلب طاقة تخزين أكبر، ومن بين الوسائط الشائعة للاستعمال الملح المنصهر.

3.4.2 تخزين الكيمائي للحرارة (Chemical Heat) :

تختلف هذه الطرق حسب كمية الحرارة التي يمكن تخزينها لكل وحدة من وسط التخزين، و كذلك وسائط التخزين المستخدمة ودرجات حرارة التخزين.

5.2 التتبع الشمسي :

نظرا لتغير موضع الشمس و دورنها حول الأرض طيلة أيام السنة (شروق-غروب)، لهذا نحن بحاجة إلى تتبع المستمر لتوجيه سطح الفتحة نحو ضوء الإشعاع الشمسي من أجل الحصول على أقصى (أكبر) تدفق للطاقة الشمسية على فتحة نظام الاسطواني القطع المكافئ PTC، ولتحسين في قيمة المردود الضوئي η_{op} يوجد نوعان رئيسيان للتتبع الشمسي وهما:

1.5.2 التتبع الشمسي بمحورين دوران:

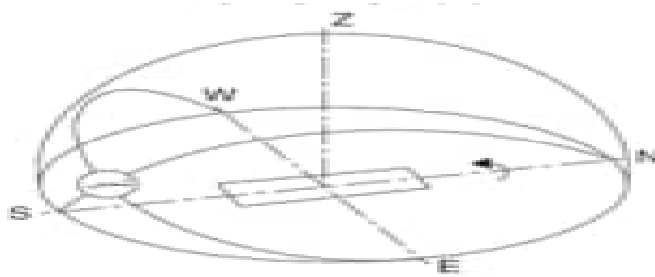
تكون في هذه الحالة حركة المجمع راسيا نحو ارتفاع الشمس وأفقيا نحو سمت الشمس، بحيث تكون أشعة الشمس دوما ناظمية على سطح الفتحة، و منه تنعدم زاوية الورود ويكون المردود الضوئي أعظمي.

2.5.2 التتبع الشمسي بمحور دوران واحد:

تكون في هذه الحالة حركة المجمع راسيا نحو ارتفاع الشمس في اتجاه موضع الشمس بحيث تبقى أشعة الشمس دوما تقع في المستوى النظامي على سطح الفتحة، وبالتالي يتم تحسين في قيمة المردود الضوئي η_{op} بوجود ثلاثة أنواع وهي: (شرق-غرب) و (شمال-جنوب) و (شرق-غرب قطبي).

▪ في حالة أنبوب الماص متجه نحو شمال – جنوب مع تتابع شمس (شرق-غرب) وتكتب زاوية الورود كالتالي:

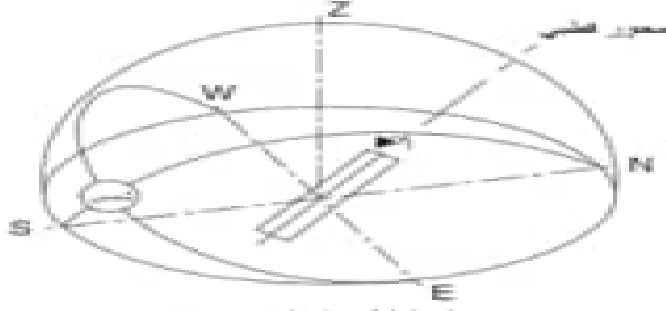
$$\cos \theta = \sqrt{(\cos \delta \sin \varphi \cos w - \cos \delta \cos w)^2} \quad (2-14)$$



الشكل (2-10):تتبع شمسي شرق-غرب لمركز قطع المكافئ الاسطواني.

- في حالة أنبوب الاستقبال متجه نحو شمال – جنوب مع تتابع شمس (شرق-غرب قطبي) وتكتب زاوية الورود كالتالي :

$$\cos \theta = \cos \delta \quad (2-15)$$

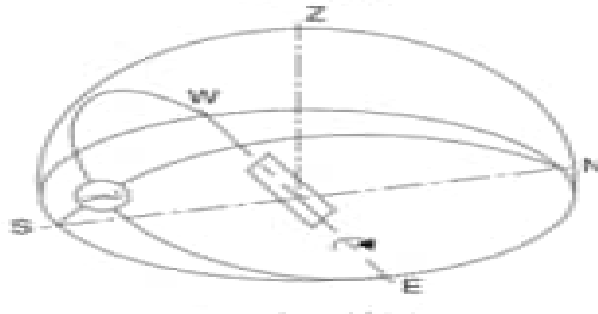


الشكل (2-11): تتابع شمسي شرق-غرب قطبي لمركز قطع المكافئ الاسطواني.

- في حالة أنبوب الاستقبال متجه نحو شرق – غرب مع تتابع شمس (شمال-جنوب) زاوية الورود تكتب بطريقتين :

$$\cos \theta = \sqrt{1 - \cos^2 \delta \sin^2 w} \quad (2-16)$$

$$\cos \theta = \sqrt{\sin^2 \delta \cos^2 \delta \cos^2 w} \quad (2-17)$$



الشكل (2-12): تتابع شمسي شمال-جنوب لمركز قطع المكافئ الاسطواني.

3.5. حالة عدم التتبع (تثبيت المجمع الشمسي):

تكون في هذه الحالة زاوية الورود θ بين الشعاع الشمسي و الناظم على سطح الفتحة المجمع الشمسي بزوايا (دائرة خط العرض) للمنطقة، زاوية الميلان الشمسي، زاوية السميت، زاوية الساعة الشمسية، زاوية ميلان سطح المجمع عن الافق β وتعطى بالمعادلة

$$\begin{aligned} \cos \theta &= \sin \varphi (\sin \delta * \cos \beta + \cos \delta * \cos a * \cos w * \sin \beta) \\ &+ \cos \varphi (\cos \delta * \cos w * \cos \beta - \sin \delta * \sin a * \sin \beta) \\ &+ (\cos \delta * \sin a * \sin w * \sin \beta) \end{aligned} \quad (2-18)$$

في حالة سطح الفتحة $\beta = 0$ تصبح زاوية الورود

$$\cos \theta = \sin \varphi * \sin \delta + \cos \varphi * \cos \delta * \cos w \quad (2-19)$$

ومن أجل توجيه المجمع نحو الجنوب (زاوية السميت المجمع معدومة) $a=0$ ، مع ميلان الافق بزاوية β

$$\cos \theta = \sin(\varphi - \beta) * \sin \delta + \cos(\varphi - \beta) * \cos \delta * \cos w \quad -20)$$

(2

6.2 معادلات الموازنة الحرارية:

تحدث تبادلات حرارية بين أسطح مجموع الـ PTC أثناء تتبع الشمسي للمجمع القطع المكافئ PTC، حيث تتم فيها كتابة معادلات الموازنة الحرارية لكل أسطح مكونات PTC، باعتماد على القانون الأول للترموديناميك حيث أن مجموع التدفقات الحرارية الداخلية و الخارجية يساوي الحرارة المخزنة.

$$\emptyset_{st} = \emptyset_e - \emptyset_s + \emptyset_g \quad (2-21)$$

حيث:

\emptyset_{st} : التدفق الحراري المخزن. \emptyset_e : التدفق الحراري الداخلي.

\emptyset_s : التدفق الحراري الخارجي. \emptyset_g : التدفق الحراري المتوالد.

1.6.2 معادلة موازنة الطاقة للأنبوب الماص:

تنتقل الحرارة منه إلى المائع بالحمل القسري و إلى الظرف الزجاجي بالحمل و الاشعاع، و نكتب معادلة الموازنة :

$$\begin{aligned} \rho_r \cdot A_r \cdot C_{pr} \frac{dT_r}{dt} &= I c_g \rho^\circ \tau_e a_r \pi D r_{ext} + (h_{conv(r \rightarrow e)} \\ &+ h_{rad(e \rightarrow r)})(T_e - T_r) \pi \cdot D r_{ext} + h_{conv(r \rightarrow f)}(T_f - T_r) \pi D r_{int} \end{aligned} \quad (2-22)$$

مع A_r مساحة المقطع الجدر الأنبوب الماص

$$A_r = \frac{\pi}{4} (Dr_{ext}^2 - Dr_{int}^2) \quad (2-23)$$

ويعطى معامل الانتقال الحرارة بالإشعاع بين الأنبوب الماص و الظرف الزجاجي بالعلاقة التالية:

$$h_{rad(e \rightarrow r)} = \frac{\sigma(T_r + T_e)(T_r^2 + T_e^2)}{\frac{1}{\epsilon_r} + \frac{1 - \epsilon_e}{\epsilon_e} \left(\frac{Dr_{ext}}{Dr_{int}} \right)} \quad (2-24)$$

2.6.2 معادلة موازنة الطاقة للمائع:

يستقبل المائع HTF الحرارة من الأنبوب الماص ومنه يحدث تبادل حراري بين المائع (رقائقي و مضطرب) و الانبوب الماص بواسطة الحمل القسري، بحيث يتم تخزين المائع الحرارة على شكل حرارة محسوسة تؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة المائع ومنه نكتب معادلة التوازن الحراري كيميالي:

$$\rho_f \cdot A_f \cdot Cp_f \frac{dT_f}{dt} = h_{conv(r \rightarrow f)} (T_r - T_f) \pi \cdot Dr_{int} \quad (2-25)$$

بحيث A_f مساحة سطح مقطع الأنبوب الماص

$$A_f = \frac{\pi}{4} Dr_{int}^2 \quad (2-26)$$

ويعطى معامل انتقال الحرارة بين الانبوب الماص والمائع HTF

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

بحيث مساحة التبادل الحراري بينهما:

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

▪ في حالة السريان رقائقي للمائع $Re_D \leq 2300$ فإن رقم نوسالت لا يتعلق برقم برانتل ولا رينولدز ويعطى ب

$$Nu_f = 4.36 \quad (2-29)$$

▪ فى حالة السريان المضطرب و الانتقالي من أجل $2300 \geq Re_D \geq 5.10^6$ و $2000 \geq Pr \geq 0.5$:

$$Nu_f = \frac{(C_f/2)(Re_D-1000)Pr}{1+12.7(C_f/2)^{1/2}} \cdot \left(\frac{Pr}{Pr_w}\right)^{0.11} \quad (2-30)$$

وتعطى عبارة رينولدز عند قطر الأنبوب الماص ب

$$Re_D = \frac{V_f \cdot P_f - Dr_i}{\mu_f} \quad (2-31)$$

ويمكن حساب الخواص الحرارية عند متوسط درجة حرارة بين المائع HTF و الأنبوب الماص ماعدا Pr_w فإن تحسب عند درجة حرارة الأنبوب الماص.

ويحسب معامل الاحتكاك C_f فى حالة أنابيب ملساء بالعلاقة التالية:

$$C_f = (1.58 - \ln Re_D - 3.28)^{-2} \quad (2-32)$$

3.6.2 معادلة موازنة الطاقة للظرف الزجاجي:

يستقبل الظرف الزجاجي الإشعاع الشمسي المنعكس، يتم تبادل حرارة مع الأنبوب الماص بالحمل و الإشعاع وكذلك مع الهواء الجوي بالحمل و مع السماء بالإشعاع، ونكتب معادلة الموازنة بالشكل التالي :

$$\rho_e \cdot A_e \cdot Cp_e \frac{dT_e}{dt} =$$

$$I c_g \alpha_e \rho^\circ \pi \cdot De_{ext} + (h_{rad(e \rightarrow r)})(T_r - T_e) \pi \cdot De_{int} + h_{conv(e \rightarrow amb)}(T_{amb} - T_e) \pi \cdot De_{ext} + h_{rad(e \rightarrow c)}(T_c - T_e) \pi \cdot De_{ext} \quad (2-33)$$

بحيث A_e مساحة مقطع جدار الظرف الزجاجي

$$A_e = \frac{\pi}{4} (De_{ext}^2 - De_{int}^2) \quad (2-34)$$

وتعطى درجة حرارة السماء بالعلاقة

$$T_c = 0.0552(T_a)^{1.5} \quad (2-35)$$

و نحسب درجة حرارة الجو المحيط بالعلاقة:

$$T_a = \left[\frac{T_{aMax} - T_{aMin}}{2} \right] \sin \left[\frac{(t-8)\pi}{12} \right] + \left[\frac{T_{aMax} + T_{aMin}}{2} \right] \quad (2-36)$$

حيث تمثل T_{aMax} و T_{aMin} درجات حرارة الجو المحيط القصى و الدنيا في الشهر محل الدراسة و t التوقيت المحلي معبرا عنه بالساعات.

نعتبر درجة حرارة الهيكل المعدني هي درجة حرارة الجو المحيط [4].

خاتمة :

وفي الاخير قمنا بدراسة النظرية للمركز الأسطواني القطع المكافئ ، واستنتاج أهم العلاقات الرياضية ومعرفة مكوناته وهندسته، وبعد هذا سوف نقوم بدراسة التجريبية ومناقشة نتائج وتحليل لهذه الدراسة.

الفصل الثالث: الدراسة التجريبية

مقدمة:

بعد الدراسة النظرية للمركز الشمسي الاسطواني القطع المكافئ، سوف نتطرق في هذا الفصل إلى الدراسة التجريبية، حيث الهدف منها تحسين الكفاءة الضوئية و الحرارية للـ (PTC). أجريت هذه الدراسة في مخبر التطوير الطاقات الجديدة و المتجددة للمناطق الجافة و الصحراوية (LENREZA) التابع لجامعة قصدي مرباح- ورقلة بكلية الرياضيات و علوم المادة بقسم الفيزياء، كما سنتعرف على طريقة العمل المتبعة لتجربة للحصول على النتائج التجريبية.

1.3 تحديد موقع منطقة التجربة:

تقع منطقة ورقلة في الجنوب الشرقي للجزائر بين خط طول $(5^\circ - 19^\circ)$ شرقا ودائرة عرض $(31^\circ - 57^\circ)$ شمالا، تتميز ورقلة بطابع صحراوي جاف و حار صيفا وبارد شتاءا تتراوح درجة الحرارة ما بين $(5^\circ\text{C} - 44^\circ\text{C})$ في سنة، تترفع عن البحر 170 m، وتحتوي على الرطوبة النسبية ما بين $(24\%-62\%)$ خلال السنة.

2.3 وصف نموذج المركز الشمسي الأسطواني القطع المكافئ (PTC):

يتكون الـ (PTC) في هذه التجربة من الوحدة الميكانيكية (إطار الدعم المعدني)، وقاعدة التثبيت على سطح الأرض، السطح العاكس الأسطواني القطع المكافئ، وعنصر تجميع الحرارة (HCE)، ونظام التتبع الشمسي والتحكم في التوجيه.



الشكل (1-3): صورة لنموذج المركز الشمسي الأسطواني الـ (PTC).

وتعطى أبعاد الـ (PTC) في الجدول (1-3) التالي:

الجدول (1-3) يوضح المقادير العددية لـ PTC المنجز

| المقدار | القيمة |
|-------------------------|-------------------|
| الطول L | 2m |
| عرض الفتحة W | 1.80m |
| الارتفاع h | 0.05m |
| البعد البؤري f | 0.05m |
| مساحة الفتحة A_{ap} | 3.6m ² |
| التركيز الهندسي C | 31.52 |
| قطر الأنبوب الماص D_r | 1.8cm |
| قطر الظرف الزجاجي D_e | 4cm |

3.3 أجهزة المستعملة في التجربة:

✓ جهاز أردوينو (Arduino):

هو عبارة عن لوح إلكتروني يتكون من دائرة إلكترونية مفتوحة المصدر مع متحكم دقيق يبرمج عن طريق الحاسوب .



الشكل (2-3):جهاز أردوينو.

✓ جهاز الحاسوب (Computer):

هو أحد الأجهزة الإلكترونية له القدرة على تخزين البيانات و معالجتها أو حتى استرجاعها ، يقوم جهاز الحاسوب بإجراء الحسابات و العمليات و تنفيذ التطبيقات المختلفة من خلال مجموعة من الاوامر التي تعطى له من قبل هذه البرمجيات أو المعدات.



الشكل (3-3):جهاز الحاسوب.

✓ جهاز حساسات قياس درجة الحرارة (Thermocouples):

هو أحد الحساسات المستخدمة في الدوائر الإلكترونية و دوائر التحكم الصناعي لقياس و تحديد درجات الحرارة و هي متحسسات دقيقة و متينة.



الشكل (4-3): حساسات القياس الدرجة الحرارة.

✓ جهاز قياس التدفق (BAMO):



الشكل (3-5): جهاز قياس التدفق الكتلي

4.3 وصف العمل التجريبي و أخذ القياسات:

يتم تزويد مدخل الانبوب الماص بالمائع (الماء) مع تغير التدفق الكتلي، و نسجل درجات الحرارة كل من الجو المحيط (T_a)، الماء في مدخل الانبوب الماص (T_{fe})، الماء مخرج الانبوب الماص (T_{fs})، و درجة حرارة الماء في الخزان (T_f)، بواسطة مقياس (حساس) حراري (Thermocouples) المتصل بجهاز تحكم Arduino المرتبط بالجهاز الحاسوب. مع تتبع أشعة الشمس الموجهة نحو المركز الشمسي باستخدام نظام التتبع اليدوي وذلك من خلال كل نصف ساعة من الشروق إلى الغروب.



الشكل (3-6): صورة للتركيب نموذج المركز الشمسي الأسطواني الـ (PTC).

وتعطى الخواص الضوئية و الحرارية لمكونات ال PTC في الجدول (2-3) التالي :

الجدول (2-3): الخواص الضوئية و الحرارية لمكونات (PTC).

| | |
|-------|--|
| 0.935 | معامل الانعكاس |
| 0.94 | معامل الامتصاص للسطح الانتقائي (الكروم الأسود) |
| 0.14 | معامل الإنبعاث للسطح الانتقائي |
| 0.935 | معامل الاعتراض |
| 4182 | السعة الحرارية النوعية للماء |
| 1009 | السعة الحرارية للهواء |
| 381 | السعة الحراري النوعية للنحاس |
| 835 | السعة الحرارية للزجاج |

خاتمة:

تطرقنا في فصلنا هذا إلى وصف المجمع الشمسي الـ (PTC) و أخذ أبعاده و خواصه الضوئية و الحرارية لمكوناته، ومن ثم قمنا بالعمل التجريبي و تسجيل النتائج التجريبية وفقا لأبعاد تصميمه وبعد ذلك سوف نقوم في الفصل الموالي بتحليل و مناقشة النتائج التجريبية.

الفصل الرابع:

تحليل و مناقشة النتائج التجريبية

مقدمة:

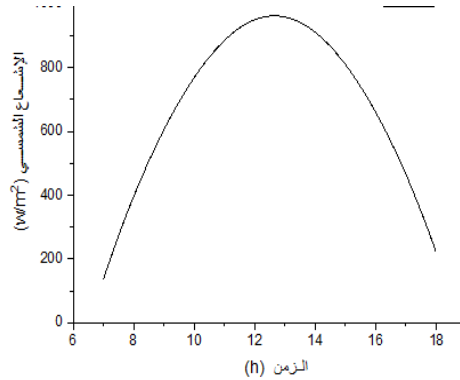
من خلال الدراسة التجريبية على المركز الشمسي الأسطواني القطع المكافئ الـ (PTC) و نتائج التجريبية التي تحصلنا عليها خلال التجربة، تم رسم المنحنيات الخاصة بشدة تدفق الإشعاع الشمسي و مختلف درجات الحرارة بدلالة الزمن، سوف نقوم في هذا الفصل بتحليل و مناقشة النتائج التجريبية المتحصل عليها خلال التجربة.

1.4 تحليل النتائج التجريبية:

بعد تسجيل النتائج التجريبية المتحصلة عليها انطلاقاً من المجمع الشمسي الأسطواني (PTC) الموجه نحو أشعة الشمس المباشرة بواسطة التتبع الشمسي بمنطقة ورقلة، حيث سجلنا درجة حرارة كل من دخول وخروج الماء ودرجة حرارة الجو المحيط ودرجة حرارة الماء في خزان بتدفق كتلي مختلف وشدة تدفق الإشعاع الشمسي بواسطة أجهزة القياس ، حيث تمت هذه القياسات في الأيام 26،28،29 أبريل 2023 طول فترة التشميس خلال كل نصف ساعة من الشروق إلى الغروب ، ثم نقوم برسم المنحنيات المرفقة حيث تم رسمها ببرنامج Origine.

1.1.4 شدة تدفق الإشعاع الشمسي المباشر :

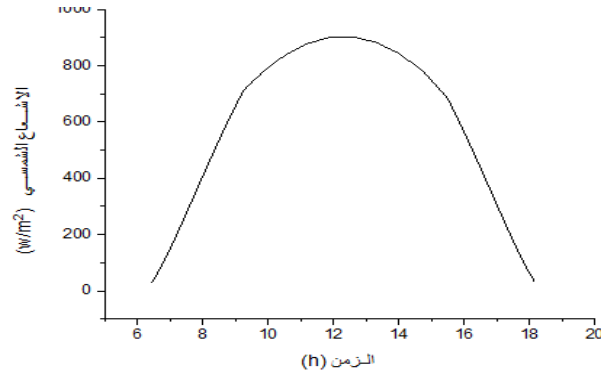
1.1.1.4 تغيرات شدة تدفق الإشعاع الشمسي المباشر خلال يوم 06 مارس بمنطقة ورقلة:



الشكل (1.4):تغيرات شدة تدفق الإشعاع الشمسي المباشر بدلالة الزمن في يوم (06 مارس) بمنطقة ورقلة

من خلال منحنى شدة تدفق الإشعاع الشمسي، نلاحظ تزايد شدة تدفق الإشعاع الشمسي إلى غاية بلوغ أقصى قيمة له عند الزوال وتقدر بـ 970w/m^2 ثم تبدأ في الانخفاض بعد الزوال كما يوضحه الشكل (1-4).

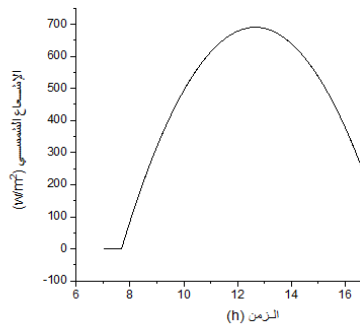
2.1.1.4 تغيرات شدة تدفق الاشعاع الشمسي المباشر خلال يوم 06 جوان بمنطقة ورقلة:



الشكل (2.4):تغيرات شدة تدفق الإشعاع الشمسي المباشر بدلالة الزمن في يوم (06 جوان) بمنطقة ورقلة.

من خلال منحنى شدة تدفق الاشعاع الشمسي المباشر، نلاحظ تزايد شدة تدفق الاشعاع الشمسي إلى غاية بلوغ أقصى قيمة له عند الزوال وتقدر ب 900w/m^2 ثم تبدأ في الانخفاض بعد الزوال كما يوضحه الشكل (2-4).

3.1.1.4 تغيرات شدة تدفق الاشعاع الشمسي المباشر خلال يوم 28 ديسمبر بمنطقة ورقلة :

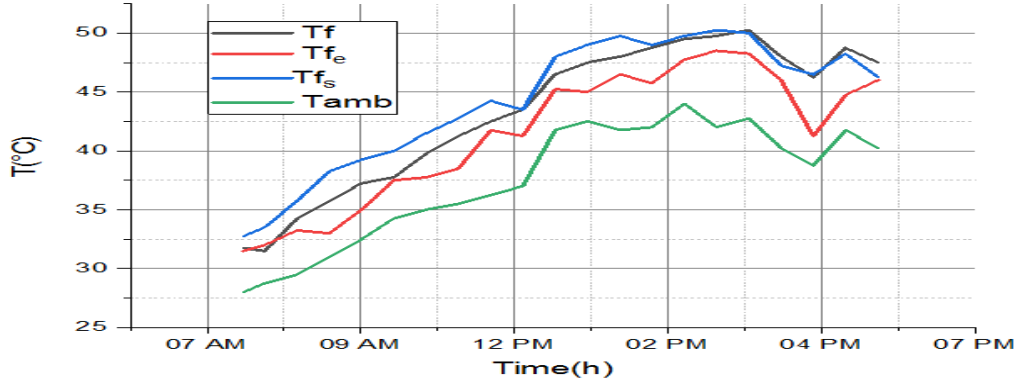


الشكل (3.4):تغيرات شدة تدفق الإشعاع الشمسي المباشر بدلالة الزمن في يوم (28 ديسمبر) بمنطقة ورقلة

من خلال منحنى شدة تدفق الاشعاع الشمسي المباشر، نلاحظ تزايد شدة تدفق الاشعاع الشمسي إلى غاية بلوغ أقصى قيمة له عند الزوال وتقدر ب 690w/m^2 ثم تبدأ في الانخفاض بعد الزوال كما يوضحه الشكل (3-4).

2.1.4 تغيرات درجات الحرارة:

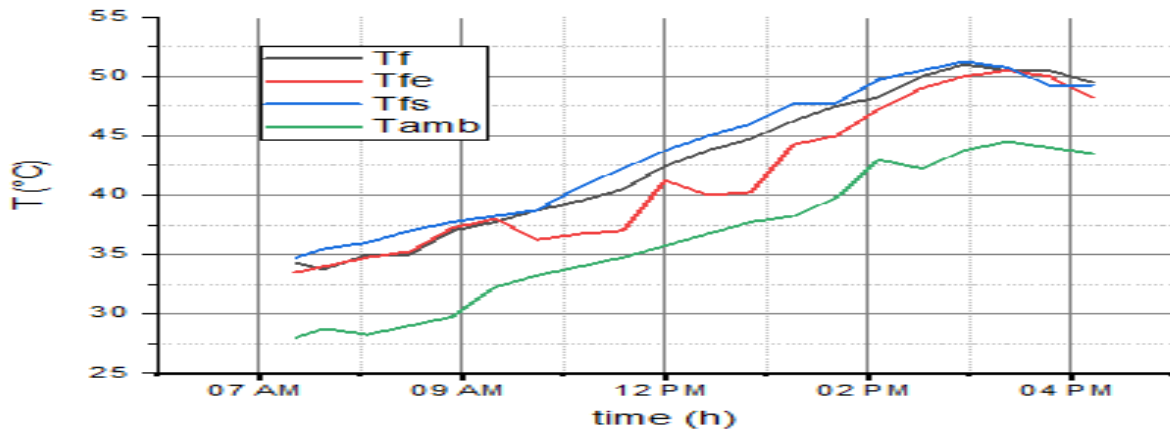
1.2.1.4 تغيرات درجات الحرارة خلال يوم 26 أفريل 2023:



الشكل (4-4):تغيرات درجات الحرارة الماء خلال اليوم مع تتبع بمحور دوران واحد (من أجل تدفق 2 L/min)

يعمل المجمع الشمسي (PTC) بالتقاط الإشعاع الشمسي المباشر الذي يقوم بدوره بتسخين الماء داخل الأنبوب الماص ، حيث نلاحظ من خلال الشكل (1-4) تكون درجات حرارة كل من T_f ، T_{fs} ، T_{amb} منخفضة في بداية النهار عند الساعة 7:45 صباحا ثم تتزايد تدريجيا لتبلغ ذروتها عند الزوال حيث تكون درجات حرارة الماء في الخزان و مخرج الماء تقريبا متساوية تقدر بقيمة 50°C بينما درجة حرارة الهواء المحيط أقل بكثير وتقدر ب 44°C لأنها مرتبطة بالأحوال الجوية لهذا اليوم .

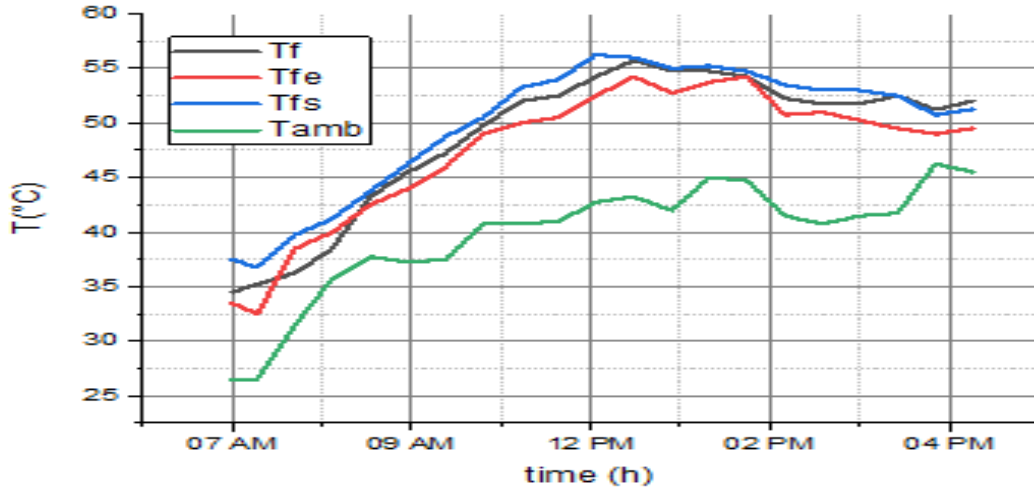
2.2.1.4 تغيرات درجات الحرارة خلال يوم 28 أفريل 2023:



الشكل (5-4):تغيرات درجات الحرارة الماء خلال اليوم مع تتبع بمحور دوران واحد (من أجل تدفق 1 L/min).

يعمل المجمع الشمسي (PTC) بالتقاط الإشعاع الشمسي المباشر الذي يقوم بدوره بتسخين الماء داخل الأنبوب الماص ، حيث نلاحظ من خلال الشكل(4-2) تكون درجات حرارة كل من T_{fs} ، T_{fe} ، T_f منخفضة في بداية النهار عند الساعة 7:38 صباحا ثم تتزايد تدريجيا لتبلغ ذروتها عند الزوال حيث تكون درجات حرارة الماء في الخزان و مخرج الماء تقريبا متساوية تقدر بقيمة 52°C بينما درجة حرارة الهواء المحيط أقل بكثير منهما تقدر بـ 43.75°C لأنها مرتبطة بالأحوال الجوية لهذا اليوم.

3.2.1.4 تغيرات درجات الحرارة خلال يوم 29 أبريل 2023:



الشكل(4-6):تغيرات درجات الحرارة الماء خلال اليوم مع تتبع بمحورين دوران

(من أجل تدفق 1 L/min)

يعمل المجمع الشمسي (PTC) بالتقاط الإشعاع الشمسي المباشر الذي يقوم بدوره بتسخين الماء داخل الأنبوب الماص ، حيث نلاحظ من خلال الشكل(4-3) تكون درجات حرارة كل من T_{fs} ، T_{fe} ، T_f منخفضة في بداية النهار عند الساعة 7:12 AM صباحا ثم تتزايد تدريجيا لتبلغ ذروتها عند الزوال حيث تكون درجات حرارة الماء في الخزان و مخرج الماء تقريبا متساوية تقدر بقيمة 56°C بينما درجة حرارة الهواء المحيط أقل بكثير منهما تقدر بـ 45°C لأنها مرتبطة بالأحوال الجوية لهذا اليوم.

3.1.4 تأثير التدفق الكتلي:

من خلال الشكلين السابقين (1-4) و(2-4) تتزايد درجة حرارة خروج الماء حيث بلغت عند الزوال من أجل تدفق 2L/min أقصى قيمة لها و المقدرة بـ 50°C بينما بلغت عند التدفق 1L/min أقصى قيمة عند الزوال و المقدرة بـ 52°C، ومنه نستنتج أنه عند تدفق أقل كانت درجة حرارة خروج الماء أكبر و ومنه درجة الحرارة و التدفق يتناسبان عكسياً.

4.1.4. تأثير التتبع:

نلاحظ من خلال الشكلين السابقين (2-4) و(3-4) إن التتبع الشمسي يؤدي إلى زيادة درجة حرارة خروج الماء بزيادة الإشعاع الشمسي بلغت عند الزوال ومن أجل محور دوران واحد أقصى قيمة لها و المقدرة بـ 52°C بينما بلغت من أجل محورين دوران أقصى قيمة لها عند الزوال و المقدرة بـ 56°C، وتبلغ درجة حرارة الجو المحيط عند الزوال من أجل تتبع بمحور دوران واحد المقدرة بـ 43.75°C بينما بلغت من أجل تتبع بمحورين دوران أقصى قيمة لها عند الزوال و المقدرة بـ 45°C كانت قيمتين درجة حرارة الجو المحيط في حالتي التتبع متقاربتين لأن أخذنا القياسات في يومين مختلفتين.

و منه نستنتج أن درجة حرارة خروج الماء في حالة تتبع بمحورين دوران أكبر من حالة تتبع بمحور دوران واحد.

خاتمة:

و في الأخير نستنتج من خلال تحليل و مناقشة النتائج التجريبية المتحصل عليها خلال التجربة، فإن الأنبوب الماص يعمل على تسخين الماء بواسطة الإشعاع الشمسي في المنطقة وفق التدفقات الكتلية المختلفة مع اختيار طريقة التتبع الشمسي المناسبة.

خاتمة عامة

خاتمة العامة:

الطاقة الشمسية هي أحد الطاقات المتجددة المنتجة والمتولدة من الشمس والتي تصل إلى الأرض على شكل إشعاع شمسي، وتعتمد تقنية استغلال الطاقة الحرارية الشمسية في الأساس على كمية الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى سطح الأرض الذي يتغير بسبب الظروف الجوية.

إن الحديث عن الطاقة الشمسية يدفعنا إلى التعرف على المراكز الشمسية واستخداماتها في محطات الطاقة الشمسية الحرارية التي تقلل من استهلاك الوقود اللازم لتلبية الطلب المتزايد على الطاقة وبالتالي تخفيف من الأضرار الناتجة عن التلوث.

المركز الشمسي الأسطواني (PTC) باعتباره البديل للطاقة الأحفورية من بين أهم التقنيات المستعملة من حيث الكفاءة والفعالية في الإنتاج الطاقة الحرارية من الإشعاع الشمسي الذي يتم فيه استقبال كمية كبيرة من الحرارة عن طريق الأنبوب الماص وتستغل هذه الحرارة في الأغراض الصناعية والحرارية .

قمنا بدراسة تجريبية اعتمادا على مجمع شمسي منجز في مخبر بحث تطوير الطاقات الجديدة والمتجددة في المناطق الجافة الصحراوية (LENREZA) الذي يتميز بالأبعاد والخصائص الضوئية والحرارية ، وقد اهتمت هذه الدراسة بتحسين الكفاءة الحرارية و الضوئية وأداء المركز الأسطواني القطع المكافئ (PTC) وفقا للإشعاع الشمسي والظروف المناخية لمنطقة ورقلة قمنا بتسجيل درجة حرارة خروج الماء خلال أيام من شهر أفريل من أجل تدفقات كتلية مختلفة للماء ومختلف أنماط التتبع، حيث تتأثر كفاءة المركز الشمسي الأسطواني ذو القطع المكافئ بالتدفق فكلما نقص التدفق كانت درجة حرارة المائع عند المخرج كبيرة، ونظام التتبع الشمسي يزيد من الكفاءة الضوئية للمركز الشمسي ذو القطع المكافئ حيث يساعد للاقط على الاستفادة من أقصى اشعاع شمسي طيلة مدة التشميس مما يؤدي إلى زيادة درجة حرارة المخرج.

من خلال هذه الدراسة فإن منطقة ورقلة تتمتع بطاقة شمسية معتبرة مما يؤهلها لتكون قطبا صناعيا في مجال التطبيقات الشمسية الحرارية ومنه المركز الشمسي PTC تطبيق حراري مهم ذو جودة عالية في إنتاج الماء الساخن للأغراض الصناعية أو للإنتاج البخار لتوليد الطاقة الكهربائية خاصة في حالة التتبع لمحور دوران واحد.

بعد الدراسة التجريبية و من خلال تحليل و مناقشة النتائج المتحصل عليها تبين أنه:

- زيادة درجة حرارة خروج المائع يؤدي إلى زيادة الكفاءة الحرارية بنقصان التدفق الكتلي للمائع
تزداد درجة حرارة خروج المائع.
- التتبع بمحوري دوران يؤدي إلى رفع الكفاءة الضوئية و منه رفع درجة حرارة خروج الماء
- نظرا لتكلفة التتبع لمحوري دوران في أنظمة ال-PTC يكفي بتتبع بمحور دوران واحد.

المراجع

مراجع باللغة العربية:

- [3]دكتور مهندس / كاميليا يوسف محمد ، كتاب تكنولوجيا محطات المركزات الشمسية.
- [4] سوداني محمد البار، تحقيق عملي لمركز أسطواني مكافئ ذي غطاء زجاجي.
- [5]كتاب الطاقة الشمسية واستخداماتها ، للمهندس محمد أحمد السيد خليل ، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع القاهرة.
- [7] د. سعود يوسف عياش، تكنولوجيا الطاقة البديلة، عالم المعرفة، الكويت فبراير 1981.
- [10] د. صالح عبد الرحمن العدل، الطاقة الشمسية، العلوم التقنية، سبتمبر 1955 العدد الرابع والثلاثون.
- [12] المملكة العربية السعودية المؤسسة العامة للتدريب المهني والإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج ، انتقال الحرارة - عملي ، تخصص تقنية التصنيع الغذائي ، 1429.
- [15] مصطفى محمد الخياط، مركزات الطاقة الشمسية، مجلة الكهرباء الشمسية العدد 99، 2010.
- [19] بيلا.أ. لينيكل " الليزرات " أجراف المحيط الهادي ، كاليفورنيا ، 1979.
- [20] كاميليا يوسف محمد، تكنولوجيا المركزات الشمسية CSP، دار الكتب والوثائق القومية ، السويس، مصر، 2018

مراجع باللغة الأجنبية:

- [1]Solarenergyirag@yahoo.com
- [2]M.E.Soudani,K.E.Aiadi,D.Bechki, EXperimenta and theoretical study of parabolic trough collector (PTC) with a flat glass cover in the regino of AlgerainSahar (Ouargla), J.Mech. sci.Technol.31(8)(2017) 4003- 4009.
- [6]Capdrou. M,1987. Atlas Solaire de l'Algérie, Modèles Théoriqueset Expérimentaux.
- [8]A.ASFEIRG. GUARRACINO,ingénieur des systèmes solaires ,application a l'habitat, technique et documentation, Edition paris,1981.

[9]IsmailIssa, the study of improving the yied of photovoltaic panels by adding surface refectrs, 2014/2015.

[11]E-mail :Mohamed.elkhayat@ yahoo.com.

[13]J.A.Duffie, W.A.Beckman." Solar Engineering of Thermal processes", john wiley and sons .inc,New jersey, 3 rd Edition,2006.

[14]Saïd MEHELLOU,"pompape optique des lasers par faisceau solair", Thése de Doctorat ,UniversitéKasdiMerbah Ouargla, 2018.

[16]R.N.Bracewell, K.M.price,"parablicdishsolarconcentrator", EElectr-power, vol.27, Great Britain,1981.

[17]M.Buljan,J.M.Lopes,p.enitez,J.Minano," Recent trends in concentratedphotovoltaicsconcentratorsarchitecture",Journal or photonics for Energy, 2021.

[18]R.daC . A. G. de Matos," High –efficiency solar laser pumping by a ring – array concentrator " Dissertation for obtaining the Master ' s Degree in photonics Engineering , NOVA University of Lisbon, 2019.

[21]D.Garcia, J. Almeida , D Liang , B .D. Tiburco , "Analytical and numerical analysis of a ring – array concentrator" , Int . J. Energy Res. Vol 45,15110- 15123, 2021.

[22]A.L.Luque,V.M.Andreev,"Concentratorphotovltatics",Springer-verlagHeideltbreg,Berlin,2007.

[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]Pronovost,F,Développement d'un concentrateur Solair dans une prespective d'exploitation.durable de l'énergie Solair. 2010

[25]<http://translatedenpineerinbooks.wordpress.com/author/translatedengbooks>.

[26]Material and Component Specificationsaterial and Component Sepecifications Single Axis Tracked parabolic Trough ,prepared by IT power India.

ملخص

يعتبر المركز الشمسي الأسطواني القطع المكافئ PTC من أهم أنظمة التركيز الشمسي والأكثر الفعالية في إنتاج البخار في محطات توليد الطاقة الحرارية والكهربائية واستغلاله لمختلف الأغراض الصناعية والمنزلية، ومن أجل تحسين الكفاءة الضوئية والحرارية قمنا بدراسة تأثير عاملين هما نظام التتبع الشمسي والتدفق الكتلي وتضمن هذا العمل التجريبي إمكانية استغلال الطاقة الحرارية الناتجة من المركز الشمسي أسطواني قطع مكافئ في رفع درجة حرارة مخرج أنبوب الماص وتتأثر إيجاباً بتقليل التدفق الكتلي، حيث بلغت درجة حرارة خروج الماء عند الزوال من أجل تدفق كتلي 1L/min ومن أجل تتبع بمحور دوران واحد $T=52^{\circ}\text{C}$ حيث يعتمد مبدأ عمل الـ PTC على تركيز الإشعاع الشمسي المباشر.

الكلمات المفتاحية: الإشعاع الشمسي، المركز الشمسي الأسطواني قطع مكافئ PTC، الأنبوب الماص.

Summary

The parabolic Trough Collector (PTC) is considered one of the most important solar concentrating systems and the most effective in producing steam in thermal and electric power plants and exploiting it for various industrial and domestic purposes. In order to improve the optical and thermal efficiency, we studied the effect of two factors, namely the solar tracking system and the mass flow. This experimental work included the possibility of exploiting the thermal energy generated from the parabolic cylindrical solar center to raise the temperature of the outlet of the absorbent tube and is positively affected by reducing the mass flow, as the water exit temperature at the demise for a mass flow reached 1L/min and for tracking with one rotation axis $T=52^{\circ}\text{C}$. Where the working principle of the PTC depends on the concentration of direct solar radiation.

Keywords: solar radiation, Parabolic Trough Collector PTC, absorbent tube.