



جامعة قاصدي مرباح ورقلة

كلية الرياضيات و علوم المادة

قسم الفيزياء

مذكرة ماستر أكاديمي

مجال: علوم المادة

شعبة: فيزياء

تخصص: فيزياء طاقوية و الطاقات المتجددة

من إعداد الطالبين: دوح جمال – دوح عبد العزيز

العنوان:

مقارنة دراسة تجريبية و أخرى حسابية لتسخين المياه و الحصول على
بخار بواسطة نقل الحرارة الناتجة عن مركز نقطي ذو قطع مكافئ

نوقشت علنا بتاريخ: 2022/06/08

أمام اللجنة المكونة من الأساتذة:

رئيساً

أستاذ محاضر ب

خلف الله بن بلقاسم

مناقشاً

أستاذ محاضر أ

محسن حسين

مشرفاً

أستاذ محاضر أ

تليلي صالح

السنة الجامعية 2022/2021

شكر و تقدير

شكر و الحمد لله الذي وفقنا و أعاننا على إتمام هذا العمل أولا و أخيرا

راجيين من المولى عز وجل أن يجعل هذا العمل فيه نفعا للعباد.

نتقدم بأخص عبارات الشكر و أسمى عبارات العرفان والامتنان إلى الأستاذ

المشرف و الدكتور تليلي صالح على قبوله و تحمله أعباء الإشراف على هذا العمل

و توجيهه و نصحه إلينا، حيث تعلمنا منه أبعاد البحث العلمي كما اشكره على

المعاملة الطيبة التي حضينا بها من قلبه، وعلى صبره علينا، جزاه الله عنا خير جزاء.

كما نتوجه و بأعمق و أسمى عبارات الشكر و العرفان إلى أساتذتنا الكرام

الذين أهدوا علينا تكويننا و الذين ساهموا في تأطير و إلى كل الزملاء دةفة فيزياء

الطائفية 2022.

إلى كل الأصدقاء الذين لو يفظوا علينا بنصائحهم، إليكم يا جنود الخفاء يا

رفقاء الدرب نتوجه بأعمق و أسمى عبارات الشكر و العرفان لعائلتنا الكريمة على

دعمهم إلينا من كل الجهات، ثم إلى أخواتنا.

و أن لا ننسى العائلات و الناس الطيبين اللذين لو يفظوا علينا بدعمهم و كل

الأصدقاء الذين لو يفظوا علينا بنصائحهم و مراجعهم و دعائهم.

إلى كل من ساعدنا من قريب أو بعيد و لو بكلمة طيبة لكل هؤلاء أقول جزاكم

الله عنا خيرا.

الإهداء

اهدي ثمرة جهدي وخلاصة عملي: إلى من قال فيهما عز وجل
(وَقَضَىٰ رَبُّكَ أَلَّا تَعْبُدُوا إِلَّا إِيَّاهُ وَبِالْوَالِدَيْنِ إِحْسَانًا). إلى امرأ ما املك
في الوجود إلى من سهرت الليالي من أجل تربيته و كانت سر وجودي
و التي مهما فعلت وقلبت لن أوفيهما حقما "أمي" الغالية الحنونة حفظها
الله و أطال في عمرها.

إلى من يعجز اللسان و يجهض القلم عن وصفه جميله وكان لي سراجا منيرا
"أبي" العزيز حفظه الله و أطال بعمره.

كما اهدي هذا العمل إلى من عشق معصوم و تقاسمنا أطي الأيام
أمرها إلى من هم أئمن و أجمل ما في هذه الدنيا: إخوتي و أعمامي و
عماتي و أصدقائي كلاً باسمه.

عبد العزيز

إهداء

الحمد لله وكفى والسلاة على الحبيب المصطفى وأهله وفي ما بعد:
الحمد لله الذي وفقنا لتتميم هذي الخطوة في مسيرتنا الدراسية بمذكرتنا
هذه ثمرة الجهد والنجاح بفضله تعالى مهداة إلي الوالدين الكريمين حفظهما
الله

وأدعما نورا لدربي

ولروح جدي الطاهرة ولكل العائلة الكريمة التي ساندتني ولا تزال من إخوة
وأخوات

إلي كل أصدقائي:

إلي كل القسم الفيزياء وطاقات متجددة و جميع دفعة 2022.

جامعة قاصدي مرباح ورقلة.

إلي كل من كان لهم

أثر علي حياتي، وإلي كل

من أحبهم قلبي ونسيم قلبي.

جمال

الفهرس

الصفحة

/	شكر و تقدير
/	الإهداء
I	الفهرس
IIV	قائمة الإشكال و الجداول
XI	مقدمة العامة

الفصل الأول

تسخين المياه بالطاقة الشمسية

01	1-I مقدمة
01	2-I طرق تسخين المياه
01	1-2-I الطرق التقليدية (نار - حطب)
02	2-2-I الطرق الحديثة (غاز - كهرباء - طاقات شمسية)
02	1-2-2- I سخان الغاز
03	2-2-2- I سخان الكهرباء
04	3-I تسخين المياه بالطاقة الشمسية
04	1-3-I أنواع السخانات الشمسية
04	1-1-3-I الأنظمة ذات الجريان الطبيعي
07	2-1-3- I الأنظمة ذات الجريان القسري
08	2-3-I الحماية من التجمد
10	3-3-I منظومات البزل التحتية
11	4-3-I منظومة الهواء الحار
11	5-3-I تسخين أولي للماء المراد تسخينه
13	4-I المركزات الشمسية

- 13 1-4-I التركيز الخطي
 14 2-4-I التركيز النقطي
 15 5-I أهمية و استخدامات المياه الساخنة

الفصل الثاني

التقديم النظري للدراسة

- 17 1-II مقدمة
 17 2-II حل المسائل العلمية باستخدام المعادلات التفاضلية
 18 1-2-II النمذجة الرياضية
 18 2-2-II حل المسائل الفيزيائية باستخدام المعادلات التفاضلية
 20 3-2-II طرق حل المعادلات التفاضلية الجزئية
 20 1-3-2-II الطرق التحليلية
 20 2-3-2-II الطرق العددية
 21 3-II أهم خطوات دراسة السابقة
 12 1-3-II تقدير الإشعاع الشمسي
 23 1-1-3-II الإشعاع المباشر
 23 2-1-3-II الأشعة المنتشرة
 23 3-1-3-II الإشعاع الكلي (الإجمالي)
 24 2-3-II تركيز الإشعاع بواسطة القطع المكافئ النقطي
 27 3-3-II تحويل طاقة الإشعاع المركزة إلى حرارة
 28 4-3-II نقل الحرارة الناتجة إلى المياه عبر القضيب المعدني

الفصل الثالث

الدراسة التطبيقية

- 32 1-III مقدمة
 32 2-III خطوات العمل التجريبي

32	1-2-III تصميم نموذج مجمع الصحن القطع المكافئ (CDR) المنجز
32	2-2-III تصميم قاعدة تثبيت المجمع الشمسي و آلية توجيهه
34	3-2-III تصميم العنصر المستقبل للإشعاع
35	4-2-III تصميم العنصر المعدني الناقل للحرارة
35	5-2-III تصميم خزان الماء
37	6-2-III العمل التجريبي
38	3-III نظام تسجيل النتائج
38	1-3-III لوحة الاريونو من نوع UNO
38	1-3-III لوحة اختبار وأسلاك توصيل
39	3-3-III حساس حرارة مزود بوحدة معالجة MAX6675:
40	4-3-III صندوق الحماية
41	5-3-III قياس درجة الحرارة وسرعة الرياح
41	6-3-III قياس شدة الإشعاع الشمسي
42	4-III خطوات العمل الحسابي
42	1-4-III معطيات العمل الحسابي
44	2-4-III نتائج العمل التجريبي

الفصل الرابع

تحليل و مناقشة النتائج

45	1-IV مقدمة
46	2-IV دراسة شدة الإشعاع الشمسي المباشر
47	3- IV دراسة درجات حرارة المحيط
48	4- IV دراسة سرعة الرياح في المحيط
49	5- IV دراسة الإشعاع الشمسي المركز في البؤرة

50	6-IV دراسة درجة الحرارة عند البؤرة
51	7-IV دراسة انتقال الحرارة للماء
45	8-IV دراسة توزيع درجة الحرارة عند الصفيحة
55	9-IV دراسة توزيع درجة الحرارة عن القاع
56	10-IV كمية الحارة المنتقلة للماء
57	11-IV كمية الحرارة المخزنة في المياه
59	الخلاصة العامة
61	المراجع
	الملخص

قائمة الأشكال و الجداول

الصفحة

الأشكال:

- 05 الشكل (1-I): سخان الماء الشمسي ذو الجريان الطبيعي.
- 05 الشكل (2-I): صورة فوتوغرافية لسخان الماء الشمسي ذو الجريان الطبيعي المغلق.
- 06 الشكل (3-I): السخان الماء ذو جريان الطبيعي مغلق.
- 06 الشكل (4-I): سخان الماء الشمسي ذو الجريان الطبيعي ذي التغذية الجانبية مزود.
- 06 الشكل (5-I): سخان الماء الشمسي ذو الجريان الطبيعي ذي التغذية الجانبية.
- 07 الشكل (6-I): سخان الماء الشمسي ذي الجريان الطبيعي ذي التغذية الجانبية مزود
بسخان كهربائي.
- 08 الشكل (7-I): سخان ماء ذو جريان قسري مزود بسخان كهربائي .
- 09 الشكل (8-I): سخان شمسي مقاوم للتجمد.
- 10 الشكل (9-I): سخان ماء شمسي مزود بمنظومة البزل التحتي.
- 11 الشكل (10-I): سخان ماء شمسي مزود بنظام الهواء الحار.
- 12 الشكل (11-I): سخان ماء شمسي مزود بمنظومة تسخين اولي.
- 13 الشكل (12-I): يمثل بعض أنواع المراكز الشمسية الخطية.
- 14 الشكل (13-I): يمثل بعض أنواع المراكز الشمسية النقطية.
- 25 الشكل (1-II): يوضح مثال لتفصيل لمجمع الصحن المكافئ النقطي.
- 28 الشكل (2-II): يوضح كيفية تحول الإشعاع إلى حرارة عند اصطدامه بالأجسام الصلبة
- 33 الشكل (1-III): صورة لمجمع الصحن القطع المكافئ (DP) المنجز.
- 34 الشكل (2-III): قاعدة تثبيت المجمع الشمسي.
- 34 الشكل (3-III): صور توضح كيفية صنع مستقبل الأشعة و ناقل الحرارة.

- 36 الشكل (III-4): صور لقضيب نحاسي و كيفية عزله
- 36 الشكل (III-5): صور توضح صفيحة النحاسية وكيفية تثبيتها
- 36 الشكل (III-6): صورة توضح الخزان المستعمل
- 37 الشكل (III-7): صور تمثل محاكات تركيب النهائي للعمل التجريبي
- 37 الشكل (III-8): صور توضح العمل التجريبي
- 38 الشكل (III-9): صورة توضح لوح اردوينو ومكوناته
- 39 الشكل (III-10): صور توضح لوح الاختبار و أسلاك توصيل و كيفية تجميعها
- 39 الشكل (III-11): حساس حرارة مزود بوحدة معالجة MAX6675
- 40 الشكل (III-12): صورة توضح كيفية تسجيل القيم Microsoft Excel
- 40 الشكل (III-13): صندوق الحماية وكيفية تثبيته على الخزان
- 41 الشكل (III-14): جهاز لقياس درجة الحرارة وسرعة الرياح
- 41 الشكل (III-15): جهاز قياس شدة الإشعاع الشمسي
- 43 الشكل (III-16): ملف اكسل خاص بإدراج المعطيات الخاصة بحساب الزمن المحلي
وشدة الإشعاع الشمسي
- 43 الشكل (III-17): ملف اكسل خاص بإدراج المعطيات الخاصة بحساب درجة حرارة
المحيط
- 44 الشكل (III-18): ملف اكسل خاص بإدراج نتائج العمل التجريبي
- 46 الشكل (IV-1): تغيرات الإشعاع الشمسي المباشر خلال اليوم (11 ماي 2022) نظريا
وتجريبيا.
- 47 الشكل (IV-2): تغيرات درجة الحرارة الجو طوال فترة القياس. نظريا و تجريبيا
- 48 الشكل (IV-3): تغيرات سرعة الرياح فترة القياس

- 49 الشكل (4-IV): تغيرات الإشعاع الشمسي المركز في البؤرة نظريا و تجريبيا
- 50 الشكل (5-IV): تغيرات درجة الحرارة عند البؤرة (تجريبيا و نظريا)
- 51 الشكل (6-IV): توزيع درجات الحرارة في القضيب النحاسي
- 52 الشكل (7-IV): توزيع درجات الحرارة في الصفيحة
- 52 الشكل (8-IV): توزيع درجات الحرارة الماء في الخزان.
- 53 الشكل (9-IV): توزيع الحرارة على طول القضيب و الخزان
- 53 الشكل (10-IV): تغيرات درجات الحرارة عند طول القضيب و الصفيحة و الخزان
- 54 الشكل (11-IV): تغيرات توزيع درجة الحرارة عند الصفيحة نظريا و تجريبيا
- 55 الشكل (12-IV): تغيرات توزيع درجات الحرارة عند قاع الخزان نظريا و تجريبيا
- 56 الشكل (13-IV): تغيرات كمية الحرارة المنقلة للماء نظريا و تجريبيا
- 58 الشكل (14-IV): تغيرات كمية الحرارة المخزنة للمياه نظريا
- 58 الشكل (15-IV): تغيرات كمية الحرارة المخزنة في المياه تجريبيا

الجدول:

- 30 الجدول (1-II): الموصلية الحرارية لبعض المواد الشائعة الاستخدام
- 33 الجدول (1-III): المقادير العددية DP المنجز
- 57 الجدول (1-IV): يبين القيم الابتدائية و النهائية و العظمى حسابيا و تجريبيا

قائمة الرموز

الوحدة الدولية	الرمز	المقادير الفيزيائية
[m ²]	A _s	سطح القطع المكافئ
/	C _{max}	قيمة التركيز الأعظمي
[°]	φ _r	زاوية الحافة
[°]	σ	زاوية التشتت
[J/Kg.K]	C _p	السعة الحرارية
[°]	h	زاوية الإرتفاع الشمسي
[m]	h	إرتفاع القطع المكافئ
[w/m ² .c°]	h	معامل إنتقال الحرارة بالحمل
[w/m ²]	I	شدة الإشعاع الشمسي
[w/m.c°]	k	معامل إنتقال الحرارة بالتوصيل
[°]	λ	زاوية خط الطول
[°]	φ	زاوية دائرة العرض
[°]	ω	زاوية الساعة الشمسية
[°]	Ψ	زاوية فتحة القطع المكافئ
[°]	δ	زاوية الميل الشمسي
J	E _{photon}	طاقة الفوتون
J.S ⁻¹	H	ثابت بلانك
m.s ⁻¹	C	سرعة الضوء
S ⁻¹	ν	تردد الضوء
nm	λ	طول الموجة
J .K ⁻¹	K	ثابت بولتزمان
°C	T	درجة الحرارة
°C	T _{amb}	درجة حرارة الجو
W .m ⁻²	A	منبع حراري
m ² .s ⁻¹	α	معامل الانتشار الحراري

المقدمة العامة:

لا ريب أن الطاقة تمثل ركيزة أساسية في حياة المجتمعات، بل تعتبر في كثير من الأحيان سببا رئيسيا في صراعات بين الدول. لذلك يبحث الإنسان دوماً عن توفير الكميات المناسبة منها و الكافية لتغطية احتياجاته المتزايدة في تطبيقات حياته، بالأخص المتطورة التي يعيشها حالياً.

لكن منذ زمن غير بعيد و بعد استغلاله لمصادر الطاقة الشائعة أو التقليدية (خاصة النفط و الغاز الطبيعي)، بدأ يدرك جلياً الخطر الكبير الذي تسببه في تلوث البيئة و تدميرها. كما أنها حكر على البعض دون الآخر، و كذلك سبب في تحكّم الأقوياء على الضعفاء من الكيانات السياسية و مصدر تهديد لاستقلالها.

كل هذا جعل من الضروري التفكير في توفير مصادر أكثر ديمومة لطاقة، غير نابضة و لو لوقت طويل. تمثل ذلك في الطاقة النووية التي و لأسباب ذاتها بالإضافة لتكلفتها الناهضة، أصبح يتجه نحو التخلص منها و لو بشكل بطيء. لذلك كان من الضروري العودة للمصادر الطبيعية للطاقة، الأكثر وفرة، الدائمة، النظيفة و الأقل تكلفة، كانت طاقة الرياح، المياه و الطاقة الشمسية الخيار الأفضل على الإطلاق.

فالشمس تعطي أشعة ذات طاقة هائلة، يمكن استغلالها في أي مكان. إذ تتعدد تطبيقات طاقتها و تنوع، حيث تشمل: التسخين و التبريد، التجفيف و إنتاج الكهرباء، و تحليه المياه و غيرها، و ذلك باستخدام آليتين: تحويل الطاقة الشمسية إلى حرارية بإستعمال مجمعات أو مرڪزات شمسية، أو تحويلها إلى طاقة كهربائية و ذلك بإستخدام الخلايا الشمسية.

فمن أجل تسخين المياه تستغل الطاقة الشمسية بواسطة المرڪزات، التي تكون ذات القطع الاسطوانى المكافئ الأكثر شيوعاً منها. فقد أثبتت دراسات متعددة أن المرڪزات ذات التركيز النفطى

تسخن المياه في أسرع وقت و بكفاءة عالية، مقارنة بالخطية منها. من بين هذه الدراسات دراسة سابقة [01] عددية حددت توزع الحرارة على طول ارتفاع خزان ماء، كما استطاعة حساب الحرارة التي تصل

المياه المخزنة، فهي بذلك أثبتت انه يمكن تخزين المياه بدرجات حرارة جد عالية.

في بحثنا هذا سنحاول إعادة نلك الدراسة، لكن بشكل تجريبي. كما سوف ستغل البرنامج المعد ضمنها، لإعادة الحساب انطلاقا من القيم المعتمدة في التجريب للمقارنة بين العمل التجريبي و حساب.

فلتحقيق ذلك رأينا من المناسب تقسيم هذا العمل لأربعة فصول، و هي:

الفصل الأول: يتناول نظرة عامة على الطرق المستخدمة في تسخين المياه عن طريق الطاقات

المتجددة، بالأخص الحرارة الناتجة عن الإشعاع الشمسي.

الفصل الثاني: بداية من التعرف على أهمية المعادلات التفاضلية في فهم الظواهر الفيزيائية،

يخصص هذا الفصل لفهم الجانب النظري من هذا العمل بجميع أجزاءه.

الفصل الثالث: من خلاله تقدم خطوات العمل التجريبي، كما تعاد الإشارة لكيفية الحساب مع

عرض أهم التغيرات المطلوبة التي تفرضها التجربة..

الفصل الرابع و الأخير: يتم فيه عرض نتائج التجربة و الحساب، لتتم مناقشة و تحليل النتائج

مع تقديم لتفسير كل نتيجة بالأخص عند المقارنة.

و أخيرا خلاصة تختصر طريقة العمل و أهم النتائج المحصل عليها، بالإضافة إلى تحديد أخطاء

الدراسة و نقائصها، كما يقدم من خلالها آفاق و مقترحات أعمال المستقبلية.

الفصل الأول:

تسخين المياه بالطاقة الشمسية

1-I مقدمة:

تتوفر الطبيعة على المياه الساخنة في أشكال متعددة من بينها؛ الينابيع الحارة و الحمامات الساخنة، التي تنشأ نتيجة لأسباب مختلفة طبيعية بحتة. و تتوفر المياه الساخنة في طبقات جوفية محددة، كما هو الحال في مناطق الواحات من الجنوب الشرقي للجزائر.

لكن هذه الوفرة محدودة في مناطق معينة هذا من جهة، وقد يكون توفيرها مكلف جدا من جهة أخرى. لذلك يلجأ لتسخين المياه بطرق أخرى، أقل تكلفة و تكون في الغالب حسب ما تقتضيه الضرورة لاستعمال هذه المياه. كالأستخدام الشخصي أو على المستوى الصناعي.

خصص هذا الفصل لتعرف على هذه الطرق، و لكن بتركيز على تلك التي تعتمد على الإشعاع الشمسي بشكل خاص.

2-I طرق تسخين المياه:

1-2-I الطرق التقليدية (نار - حطب):

في البداية كان هناك ماء بارد و لم يستحم الناس كثيرا، لقد قاموا بإخفاء رائحة الجسم بالعطور و الزيوت. حتى وقت قريب في مطلع القرن العشرين، كان تشغيل الماء الساخن متاح فقط لمن هم ميسورو الحال. ففي الولايات المتحدة يُنظر إلى الإمداد الشخصي بالمياه الساخنة على أنه ضرورة مع الطعام و المأوى، و بمرور الوقت قام الناس بتسخين الماء بعدة طرق. منذ فترة طويلة تميزت وسائل التسخين القديمة ببساطتها و من الوسائل التي استخدمها الناس ما يلي [01]:

- إشعال الأخشاب و الحطب: كانوا يقوموا بإشعال الحطب و الأخشاب في الكهوف التي كانوا يعيشون فيها، و عندما يصبح الحطب جمرا فإنه يبعث الحرارة.

- المواقد (خزان التخزين): تطور الإنسان و اكتشف المعادن و أصبح يصنع منها أدوات و مواد تلزمه، و من تلك المواد صنع السخان الذي يستخدم الفحم. كان هذا جهازا صغيرا من الحديد الزهر، يتم توصيله بصهرج التخزين بنفس طريقة عودة الماء، و يستخدم سطل واحد من الفحم يوميا للحفاظ على الماء ساخنا نسبيا. على الأقل يحتوي هذا السخان على أدوات تحكم لضبط معدل الاحتراق، و لكن تسخين المياه التلقائي بالكامل لم يأت بعد.

- سخان الذراع الجانبية: عادة ما يحتوي على موقد غاز، يوضع تحت ملف نحاسي في غلاف من الحديد الزهر. يتم تسخين الماء في الملف، و من ثم سيقود الحمل الحراري الماء المسخن إلى صهرج التخزين تماما كما حدث في موقد الفحم.

عندما كان الخشب و الفحم هما الوقود السائد، كان يتم تسخين الماء عادةً في قدر فوق النار أو في غلاية فوق موقد الطهي. تحتوي بعض المواقد على خزان مبطن بالقصدير أو النحاس أو الخزف يتم ملؤها بالماء للتدفئة، لقد كان تسخين كمية كافية من الماء للاستحمام محنة تستغرق وقتاً طويلاً.

I-2-2 الطرق الحديثة (غاز - كهرباء - طاقات شمسية):

بتطور التقنية، تطورت وسائل و طرق تسخين المياه، انطلاقاً من ظهور المحروقات، إلى الكهرباء حتى إعادة التعامل بالطاقات الجديدة المتجددة [02].

I-2-2-1 سخان الغاز:

يفضل الكثير في الآونة الأخيرة استخدام سخان الغاز بدلاً من السخان الكهربائي، ذلك للتكلفة العالية الناتجة لما يستهلكه السخان الكهربائي من كهرباء بشكل كبير جداً. بالإضافة إلى عدم توفر إمكانية الحصول على مياه ساخنة فور فتح الصنبور، كما يحدث في سخان الغاز. بل و تتزايد سخونة

المياه كلما زادت مدة فتح الصنبور، بدلاً من اختيار الحرارة المناسبة. ففي بداية الأمر تدخل المياه إلى السخان عن طريق طلمبة مياه (معبّر للماء)، ثم تقوم المياه بالدوران داخل "سربنتية" حول الشعلات. التي تقوم بتسخينها، فتبدأ درجة حرارة المياه بالارتفاع بشكل تدريجي. و السربنتينة هي عبارة عن ماسورة مصنوعة من النحاس أو الألمنيوم، و إن كان النحاس أفضل. لكن يعود هذا في الغالب إلى نوعية السخان المتواجد. و بعد ذلك تقوم أنت بضبط درجة الحرارة المناسبة لك، و فتح الصنبور مع العلم إن قوة تدفق المياه تؤثر بشكل أساسي في درجة حرارة المياه.

I-2-2-2 سخان الكهرباء:

يقوم السخان الكهربائي بتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية يتم الاستفادة منها في تسخين المياه، حيث يسري تيار كهربائي في مادة موصلة حرارية ذات مقاومة عالية للكهرباء. حيث تصطدم الالكترونات المتحركة فيها بجزيئات المادة، فينتج عن الاصطدام طاقة حرارية تنعكس على جزيئات المادة، حيث تنتقل هذه الحرارة للماء عن طريق تيارات الحمل. و عند الوصول لدرجة حرارة الماء المطلوبة، يتم فصل التيار الكهربائي عن ملف التسخين تلقائياً و السخان الكهربائي نوعان، و هما :

- السخان الكهربائي الحافظ للحرارة: يُعد هذا النوع هو الأكثر انتشاراً في الاستخدامات المنزلية، و هو عبارة عن خزان حافظ للحرارة. غالباً ما يكون اسطوانتي الشكل، يحتوي على مقاومة حرارية تقوم بتسخين الماء. و هي عبارة عن ملف حراري معزول في أحد جوانب الخزان أو أسفله، كما يحتوي على منظم للحرارة يتم من خلاله التحكم بدرجة الحرارة التسخين. بحيث يقوم بفصل التيار الكهربائي لإيقاف عملية التسخين، و يحتوي السخان على عمود مغنيسيوم للتعامل مع المياه الحمضية لحماية السخان من التآكل، و يحتوي أيضاً على صمامات للأمان و للمحافظة على عدم اختلاط الماء الساخن بالبارد.

- السخان الكهربائي المباشر (الفوري): يُعد هذا النوع موفراً للطاقة، و سريع التسخين. حيث يتم تشغيله عند الحاجة للماء الساخن. و يتم استهلاك كمية الماء الذي تم تسخينه كلياً، حيث يتم تركيب هذا

النوع من السخانات على خطوط الماء الرئيسية لصبور الماء المراد خدمته بالماء الساخن. حيث يتم تدفق الماء الساخن مباشرة منه، و يتكون السخان المباشر من ملف تسخين للماء معزول بمادة خزفية، يتم إيصال الكهرباء إليه من خلال قاطع كهربائي، يعمل على ضغط و قوة الماء المتدفق من الصنبور. حيث يقوم بتسخين الماء حال فتح صنبور الماء، و عند إغلاق الصنبور يتحرر القاطع الكهربائي قاطعا بذلك التيار الكهربائي عن ملف التسخين.

هذه الطرق أصبحت في الوقت الحالي مكلفة للكثير من الدول، الجماعات و الأفراد. لذلك يستعاض بطرق اقل تكلفة، ذات مصادر طبيعية، غير نابضة جديدة و متجددة و نظيفة و غير خطيرة على البيئة، و التي منها و أهمها تلك التي تستخدم الطاقة الشمسية.

I-3 تسخين المياه بالطاقة الشمسية:

هو عبارة عن أنظمة تمتص الإشعاع الشمسي (الطاقة الشمسية) و تحولها إلى طاقة حرارية، التي بدورها تقوم بتسخين المياه ثم ينتقل إلى خزان معزول للاستفادة منه عند الحاجة [03] و [04].

I-3-1 أنواع السخانات الشمسية:

I-3-1-1 الأنظمة ذات الجريان الطبيعي:

يستخدم هذا النظام في المناخات و المناطق غير معرضة لدرجات الحرارة المتجمدة. يجب وضع خزان المياه في مستوى أعلى من مستوى المجمع الشمسي، أما في المناطق الباردة فيستخدم في الخزان مبادل حراري و مركبات مضادة للتجمد مثل (كلايكل) حيث يمر بالمجمع الشمسي و يتبادل حرارته مع الماء الموجود في الخزان.

عندما تسقط أشعة الشمس على المجمع الشمسي ترتفع درجة حرارة الماء الموجود في داخله و تقل كثافته، أما الماء الموجود في الخزان تكون درجة حرارته اقل من درجة حرارة الماء المجمع، و منه كثافته تكون أعلى من كثافة الماء المجمع، لذا فالفارق بين الماء المجمع و ماء الخزان ينتج عنه قوة

محركة حيث تقوم بدفع ماء المجمع إلى أعلى و يدخل إلى الخزان و بينما ينزل الماء للمجمع الشمسي من أسفل الخزان. أنابيب المجمع الشمسي يجب أن تكون أقطارها كبيرة لتقليل الضغط و تكون عملية دوران الماء سلسلة بصورة طبيعية. إن هذا النوع من السخانات يحتاج إلى تكاليف كبيرة للعمل به و كفاءته تنقص في المناخات الباردة و هذا راجع إلى فقدانه حرارة من الخزان (الأشكال (1-I) و (I-2) و (I-3)).

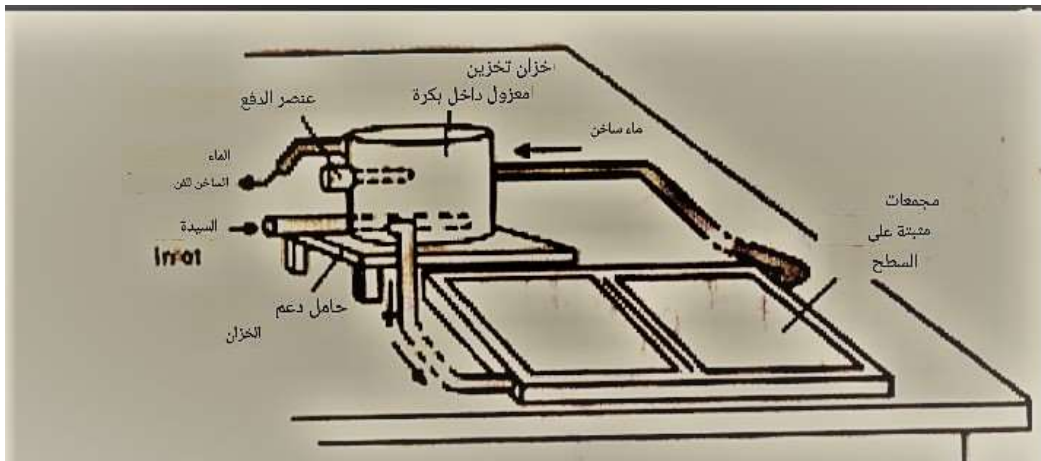


الشكل (1-I): سخان الماء الشمسي ذو الجريان الطبيعي [05].



الشكل (2-I): صورة فوتوغرافية لسخان الماء الشمسي ذو الجريان الطبيعي المغلق [06].

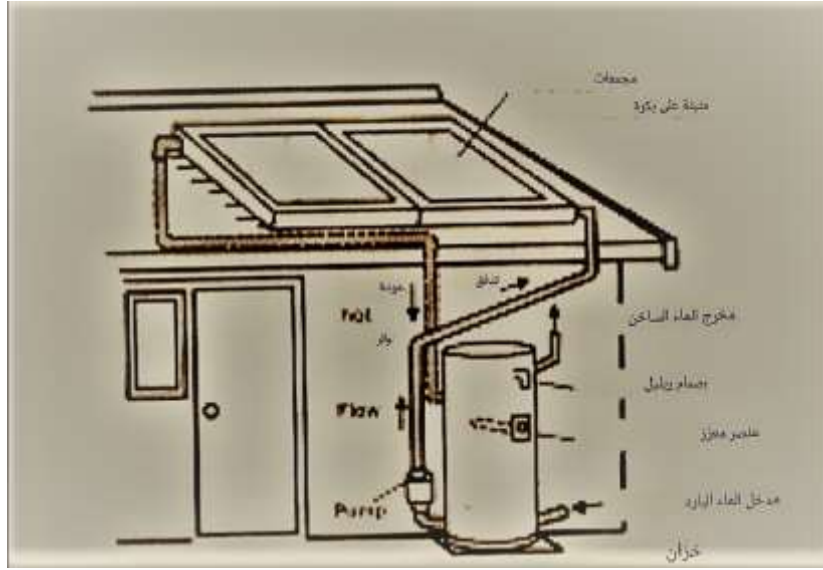
و يمكن تسمية أنظمة السخانات الشمسية ذات الجريان الطبيعي بالأنظمة المباشرة و هذا راجع كون الماء يسخن بدون تدخل وسائط أخرى، لكن لا يكمن الاستفادة من السخان الشمسي عندما يكون الإشعاع الشمسي ضعيف (فصل الشتاء) أو بسبب تراكم الغبار أو الغيوم، يوجد هناك طريقة تسمح لنا بالاستفادة من السخان الشمسي طوال السنة و ذلك بتثبيت سخان كهربائي أو غازي لتسخين المياه، كما في الشكل (6-I).



الشكل (6-I): سخان الماء الشمسي ذو الجريان الطبيعي ذي التغذية الجانبية مزود بسخان كهربائي [03].

I-3-1-2 الأنظمة ذات الجريان القسري:

في هذه الأنظمة يجب تزويد النظام بمضخة لكي يتحرك الماء بين المجمع الشمسي و الخزان، الشكل (I-7). حيث أن مستوى الخزان بالنسبة للمجمعات الشمسية غير مهم، مثلا يمكن نصب المجمع الشمسي على الأماكن مرتفعة بينما الخزان في المناطق منخفضة و يتم صنع الخزان بمواد مقاومة للصدأ. و لكن هذه المنظومات أسعارها مرتفعة لأنها تحتاج طاقة أكبر مقارنة مع المنظومات ذات الجريان الطبيعي بسبب استهلاكها لطاقة لتشغيل المضخة و تدوير الماء. لذا يمكن استخدام الطاقات البديلة لتشغيل المضخة مثل الطاقة الشمسية و طاقة الرياح و بهذا تتخفض تكاليف هذه الأنظمة، كما يمكن رفع كفاءة تسخين المياه بسخان كهربائي أو غازي في الحالات التي يكون الإشعاع الشمسي ضعيف أو منعدم.



الشكل (7-1): سخان ماء ذو جريان قسري مزود بسخان كهربائي [03].

I-3-2 الحماية من التجمد:

تعدد طرق حماية منظومات تسخين المياه بالطاقة الشمسية من تأثير التجمد و هي كالاتي؛

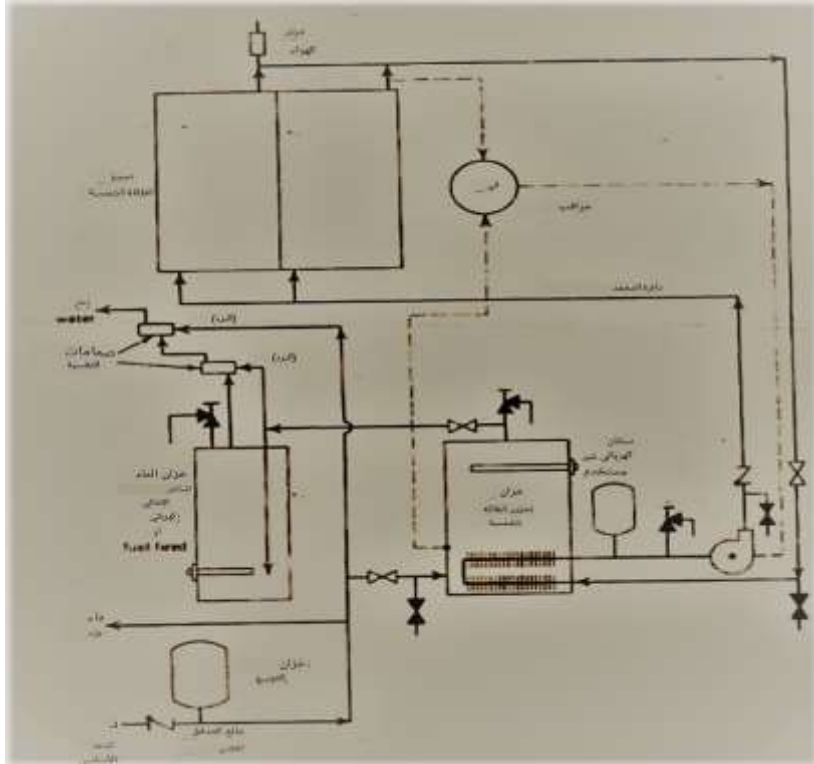
1- العمل بدورة مغلقة مزودة بمواد مقاومة لتجمد حيث يتكون هذا السخان من مجمع يستخدم لتسخين المادة المقاومة لتجمد " Propylène و Silicon Oil و Athyle " من خصائص هذه المواد أنها لا تتجمد في درجات الحرارة المنخفضة، كما أنه مزود بمضخة مسؤولة عن تحريك السائل المقاوم لتجمد، حيث يوجد خزان مملوء بالماء المراد تسخينه و في أسفل هذا الخزان نجد مبادل حراري مزعنف يستخدم من أجل تحسين كفاءة التبادل الحراري و ذلك بتسخين المياه الموجودة في الخزان.

2- و نجد أيضا خزان التمدد الذي يكمن عمله في حماية السائل المقاوم لتجمد من التمدد الحراري. و يزود الخزان بسخان كهربائي، حيث يوجد خزان آخر مساعد مزود بسخان كهربائي على اتصال مع الخزان الرئيسي بواسطة أنبوب مزود بصمام.

التحكم بهذه المنظومة باستعمال منظمات للحرارة تسيطر على عمل المنظومة من خلال التحكم

بدرجات الحرارة المطلوبة.

عندما يكون الإشعاع الشمسي متوفر تقوم المضخة بضخ السائل المقاوم لتجمد إلى المجمع الشمسي و بذلك يكتسب حرارة (يسخن) و من ثم يعود إلى المبادل الحراري في الخزان و بهذه العملية ترتفع درجة حرارة الماء الموجود في الخزان. عندما يكتسب الماء درجة الحرارة المطلوبة مثلا 65 درجة مئوية يخرج عن طريق فتح الصمام الحراري، و عند عدم إعطاء المجمع الشمسي الكفاءة المطلوبة في تسخين المياه بسبب ضعف الإشعاع فان السخان الكهربائي سيعمل و بهذا ترتفع درجة حرارة الماء إلى الدرجة المطلوبة، في الحالة التي تكون فيها درجة حرارة الماء عالية جدا يفتح صمام الحراري سامحا للماء البارد المجهز إلى المنظومة أن يختلط مع الماء الساخن حتى تنخفض درجة حرارة إلى القيمة المطلوبة.



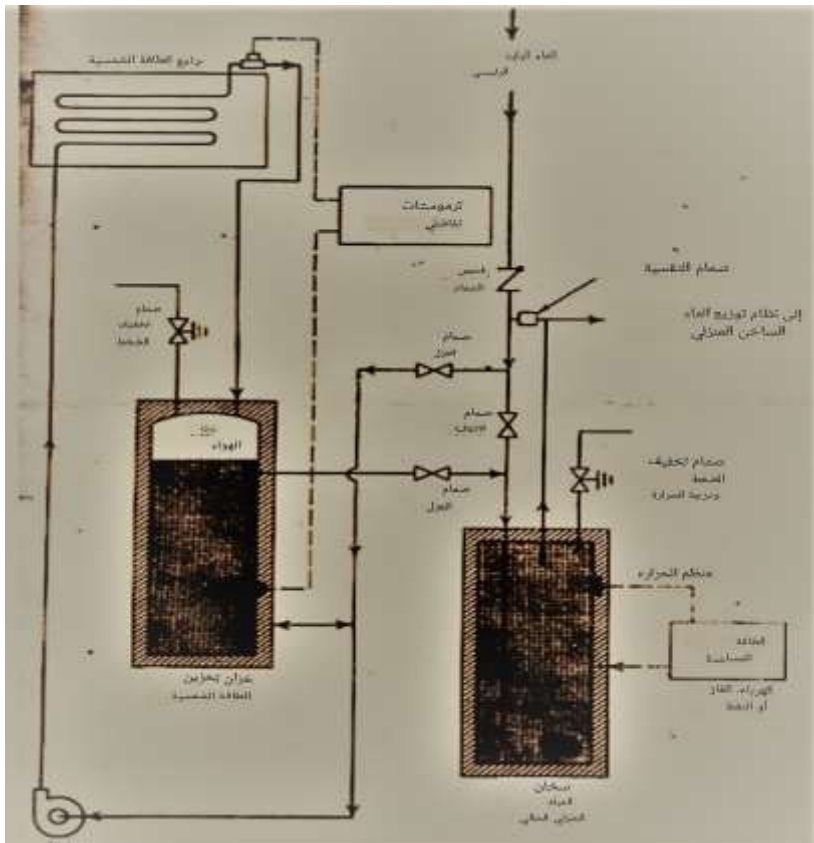
الشكل (8-I): سخان شمسي مقاوم للتجمد [03].

تعمل المضخة عندما يكون هنالك فارق في درجات الحرارة بين المجمع الشمسي و الخزان يصل إلى 10 درجات مئوية و تتوقف عندما يكون الاختلاف 1 أو 0 درجة مئوية، كما إن المسيطرات الحرارية تمنع حصول حالة الغليان للماء عن طريق إيقاف عمل المضخة. كما موضح في شكل (8-I).

I-3-3 منظومات البزل التحتية:

يعد هذا النظام أفضل من نظيره الذي يستخدم المواد غير قابلة للتجمد مثل الكلايكون من حيث مقاومة درجات الحرارة المنخفضة (التجمد) و مشاكله. حيث يعمل هذا النظام على إفرغ المجمع الشمسي من الماء عند توقف المضخة و استبداله بالهواء خصوصا أثناء الليل و بهذه الطريقة نكون قد حافظنا على الماء من التجمد في الأجواء الباردة.

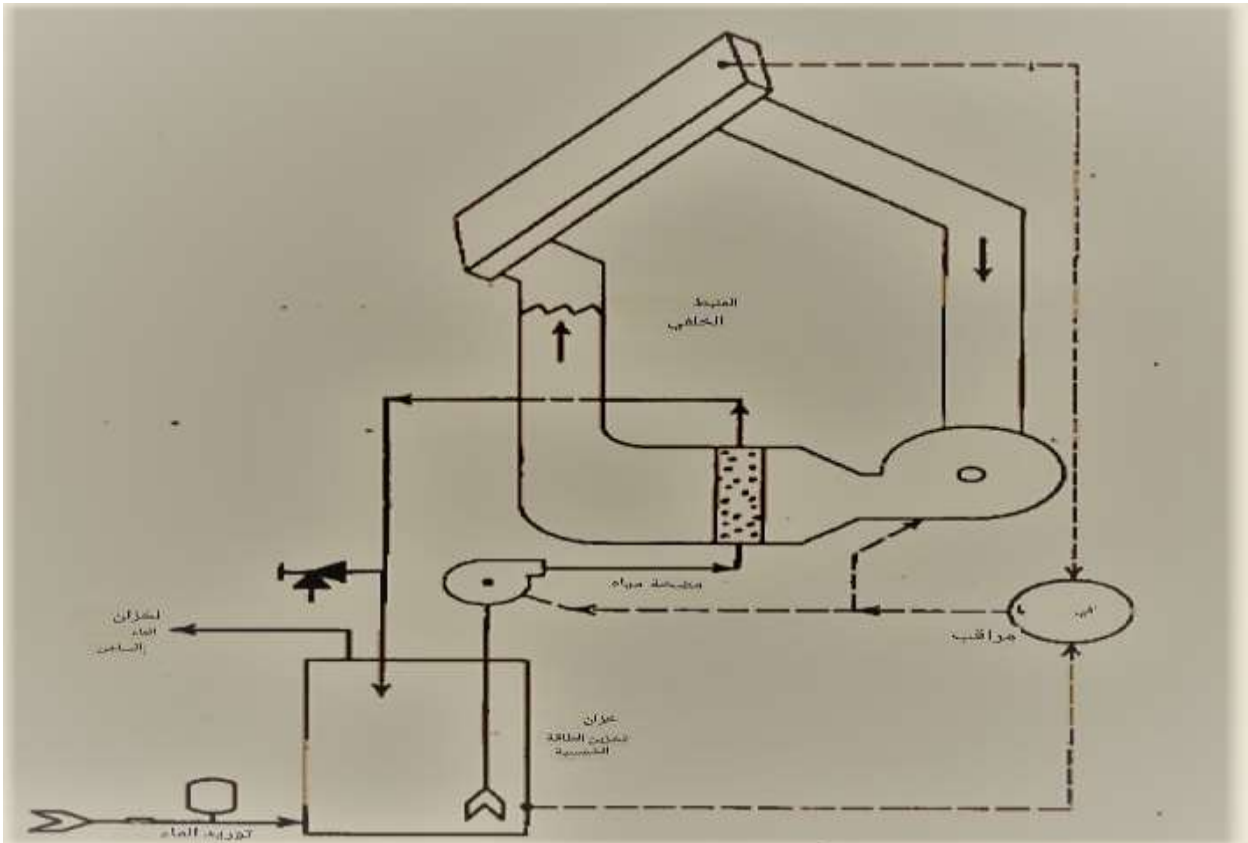
كما تحتوي هذه المنظومة على خزان الماء حيث يحتوي الجزء العلوي منه على فتحة هواء فوق الماء، عندما تتوقف المضخة يرتفع الهواء إلى الأعلى و يتجه إلى أنابيب المجمع الشمسي و ينزل الماء المجمع عبر المضخة إلى خزان. و هذه المنظومة موجود فيها مصدر مساعد للطاقة (سخان كهربائي أو غازي)، كما يوضح الشكل (9-I).



شكل (9-I): سخان ماء شمسي مزود بمنظومة البزل التحتي [03].

I-3-4 منظومة الهواء الحار:

يتم تسخين المياه في هذا النظام بواسطة الهواء، حيث أن الماء يتحرك في أنابيب، هاته الأخيرة موجودة داخل أنبوب كبير يمر به الهواء الساخن الذي ينتجه المجمع الشمسي و يتحرك بفعل مروحة فيتلامس الهواء مع الأنابيب ذات الزعانف التي يدور وسطها الماء بفضل مضخة تؤدي إلى تسخينه و من ثم يرجع للخران، كما هو موضح في الشكل (I-10).

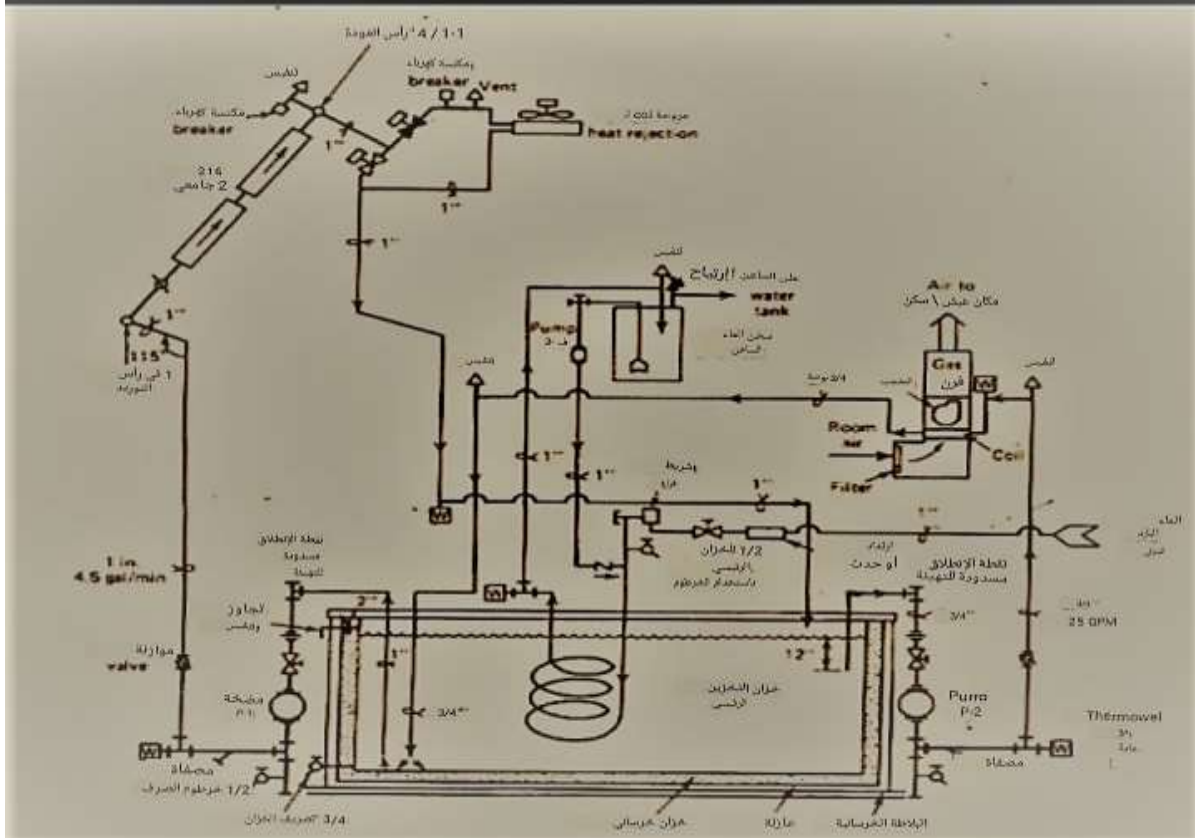


الشكل (I-10): سخان ماء شمسي مزود بنظام الهواء الحار [03].

I-3-5 التسخين الأولي للماء المراد تسخينه :

يسخن الماء الموجود في الخزان بواسطة الطاقة الشمسية عن طريق المجمع الشمسي. إذا كانت درجة حرارة الماء الموجودة داخل الخزان الرئيسي أقل من 50 درجة مئوية أثناء عمل المجمع الشمسي فإن هناك طاقة مساعدة للمنظومة تساعد على زيادة درجة حرارة الماء لتحقيق درجة الحرارة المطلوبة، و إذا كان الإشعاع الشمسي قوي يتوقف باستخدام الطاقة المساعدة.

يحتوي الخزان الرئيسي على ملف ذو زعانف يمر بداخله الماء من خلال مائع الجريان العكسي و يحصل تبادل حراري بينه وبين الماء الساخن الموجود في الخزان و الذي قمنا بتسخينه بالطاقة الشمسية. و تحتوي هذه المنظومة على مفرغ (مبزل) للمجمع الشمسي و واحد آخر للخزان الرئيسي، حيث يقوم بتفريغ الماء من المجمع الشمسي عند توقف المضخة، كما في الصورة (11-I).



الشكل (11-I): سخان ماء شمسي مزود بمنظومة تسخين أولي [03].

التدوير للماء الموجود بملف التسخين بالفراغ لا يحتاج أن يكون مضغوطا، إما عن الماء الموجود في الخزان تقوم المضخة بتدويره و هي تقع خارج الخزان، يدور ملف التبريد الموجود بالقرب من المجمع عندما يصل الماء إلى درجة الغليان و هذا لحماية المنظومة من الغليان.

إن توقف المضخة يؤدي إلى فتح المبزل و عندها يكون الضغط عند المدخل في حدود 70 سم زئبقي من الماء فوق الضغط الجوي عند سطح الخزان، و عن طريق الجاذبية ينزل الماء من المجمع

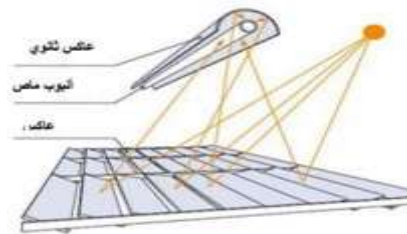
بمروره عبر المضخة و يكون الضغط متساوي على جانبي المضخة. و سوف يحصل اختلال للضغط إذا غابت فتحات التهوية في المنظومة و يبقى الماء في الأعلى و لا يحصل بزل، و لكن بفضل مانعات اختلال الضغط فإنها تسمح للهواء الجوي بالدخول إلى المنظومة و يزيح الماء. يجب أن يكون قطر أنابيب المجمع الشمسي و الأنابيب مسؤولة عن النقل إليه على الأقل 2 سم زئبقي [03].

I-4 المراكز الشمسية:

هي منظومة خاصة بتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية أو كهربائية، كونها تملك سطوح عاكسة لتركيز الإشعاع الشمسي إما بشكل خطي أو نقطي، يمكن استخدامها لأغراض متعددة [07].

I-4-1 التركيز الخطي:

يتم تركيز الإشعاع الشمسي المباشر خطيا بواسطة عاكس على سطح أنبوب ماص مثبت في المحور البؤري و يتم التتبع الشمسي وفق محور دوران واحد للرفع من المردود.

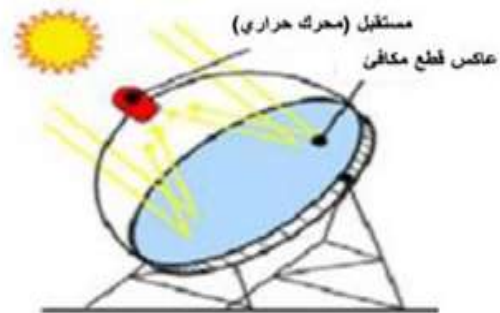


الشكل (I-12): يمثل بعض أنواع المراكز الشمسية الخطية [07].

و من أهمها؛ المركز الاسطواناني القطع المكافئ (PTC) و عاكس فرينل الخطي (LFR)، تبلغ نسبة تركيز فيهما من 30 إلى 80 و تصل درجة حرارة المائع إلى 400 درجة مئوية.

I-4-2 التركيز النقطي:

يتم تركيز الإشعاع الشمسي المباشر الساقط على سطح عاكس في نقطة البؤرة من خلال نظام الصحن القطع المكافئ (DP)، حيث تصل نسبة الإشعاع الشمسي من 1000 إلى 4000 وحدة، يتم التتبع وفق محور دوران للمحافظة على تركيز الإشعاع في نقطة البؤرة. من أنواعه؛ المركز الشمسي الاسطواناني القطع المكافئ ذي العاكس المزدوج (CPC)، البرج المركزي الشمسي (المستقبل المركزي) (CRC) و المركز الشمسي الصحن القطع مكافئ (DP).



الشكل (I-13): يمثل بعض أنواع المراكز الشمسية النقطية [07].

1-5 أهمية و استخدامات المياه الساخنة:

ذكرنا في السابق بعضا من استخدامات المياه الساخنة و أهميتها، لكن هنا سنركز على ذلك بشكل مستفاض و لو بقليل [08]:

- تحسين الدورة الدموية: الماء الساخن يمكن أن يعالج آلام العضلات و التهاب المفاصل و الإفراط في وظيفة العضلات. فالحمام الدافئ يحفز الدورة الدموية و تدفق الدم، في حين تخفيف آلام المفاصل و الأوتار و الأنسجة و العضلات. في حين أنه لا يوجد علاج لمنع الألم نهائيا، إلا أن خمس دقائق تحت الماء الساخن يمكن أن تخفف من الألم بشكل كبير و تحفز الشفاء و تقلل الالتهاب. كما أن المياه الساخنة أكثر ملائمة من عمليات التدليك، و هي أكثر طبيعية من العلاجات الطبية.

- تطهير الجلد: المسام المسدودة في الجلد يمكن أن تؤدي إلى عيوب و تراكم السموم في الجلد ، الماء الساخن و البخار يساعدان على فتح مسامات جلدك مما يجعل من السهل تنظيفها. و بعد شطف البشرة بالماء البارد تغلق المسامات مرة أخرى، و تجعل جلدك يشعر بالانتعاش.

- الإحماء: الحمام الساخن وسيلة فعالة في عملية الإحماء قبل العمل خاصة في الصباح، فأخذك لحمام ساخن يمكن أن يسهل عملية تدفق الدم و تدفئة العضلات.

- تخفيف تصلب الرقبة و الكتفين: بغض النظر عن عمليات التدليك، فإن اخذ حمام ساخن هو أفضل شيء لتخفيف آلام الرقبة أو الكتف القاسية. السماح بترك الماء الساخن على هذه المنطقة لمدة 10 دقائق، تعمل على استرخاء العضلات. كما أن القيام ببعض حركات الرقبة و الكتف الدائرية في الحمام، تعمل على تخفيف ألم العضلات.

- تخفيف السعال: البخار من الحمام الساخن يمكن أن يخفف البلغم، و يساعد على التخلص من المخاط الذي يمكن أن يسبب السعال أو التهاب الحلق. و يمكن لحمام ساخن أيضا، تخفيف آلام الجسم الأخرى المرتبطة بالبرد.

- تقليل الإجهاد و الأرق: الحمام الساخن يعتبر من المسكنات الطبيعية و إذا كنت تعاني من

صعوبة في النوم، فإن أخذ حمام ساخن لمدة 10 دقائق يهدئ الجسم و العقل و الأعصاب.

الفصل الثاني:

التقديم النظري للدراسة

1-II المقدمة:

بعد التركيز في الفصل السابق على طرق الحصول على المياه الساخنة، بالأخص الحديثة منها و التي تستعمل الإشعاع الشمسي كطاقة نظيفة غير مكلفة و متجددة.

انطلاقاً من استغلال عمل سابق [01]، و هي مذكرة استهدفت إنتاج مياه ساخنة أو أبخرة باستعمال مركبات القطع المكافئ النقطية بدراسة محاكية أي بالحساب. لذلك نفضل في هذا الفصل إعادة و لو بإيجاز التطرق لأهم خطوات اللازمة لتخزين حرارة الإشعاع الشمسي في المياه المخزنة، أي تقديم ما جاء في الجانب النظري لذلك العمل باختصار.

لكن قبل ذلك رأينا من الواجب المرور بتقديم مفهوم رياضي و لو بسيط يخص حل المعادلات التفاضلية، حيث أن الاطلاع على الدراسة السابقة أساس عملنا من جهة، و عملنا من جهة أخرى يعتمد على المعادلات التفاضلية و طرق حلها. في الأخير نقوم بعرض الجزء النظري الخاص بعملنا هاهنا.

2-II حل المسائل العلمية باستخدام المعادلات التفاضلية:

المعادلات التفاضلية هي واحدة من الأدوات الأكثر شيوعاً لحل المسائل العلمية الرياضية، على وجه الخصوص لأنها تستخدم لحل مسائل العلوم؛ كالميكانيكا النظرية، الفيزياء، الكيمياء، البيولوجي، وكذلك العديد من مشاكل البصريات الهندسية و رسم الخرائط و غيرها، فبجملها يصبح من السهل العثور على منحنيات و تحديد خصائصها، و عادة ما يتم حل مثل هذه المسائل (هندسياً) مع مساعدة المعادلات التفاضلية.

1-2-II النمذجة الرياضية [11-09]:

في دراسة رياضية لأي مسألة من مسائل العالم الحقيقي يمكن تحديد ثلاث مراحل و هي:

- بناء نموذج رياضي للمسألة.

- دراسة هذا النموذج الرياضي و الحصول على حل للمسألة الرياضية المقابلة.

- تطبيق النتائج التي تم الحصول عليها لمسائل عملية.

عند بناء نموذج رياضي لظاهرة أو عملية، فمن الضروري إيجاد أمثلتها و تشكيلها، في حالة مثالية للظاهرة. حيث يتم فصل الظروف التي تؤثر بشكل كبير عليها من الظروف التي ليس لها تأثير كبير، فمثلاً مخطط لدراسة حركة البندول؛ في هذه الحالة، يتم تجاهل حجم و شكل الحمل أو الكرية، و مقاومة الهواء، و الاحتكاك عند نقطة التعليق، و مرونة الخيط، و ما إلى ذلك.

دراسة هذا المخطط المثالي يمكن أن تشكل من خلال تكوين المعادلة التفاضلية، بعد ذلك من الضروري التحقق في مدى حدود و شروط هذا التشكيل، و كيفية تغير الحالة عند حساب العوامل المستبعدة، و ما إلى ذلك.

2-2-II حل المسائل الفيزيائية باستخدام المعادلات التفاضلية [13,12]:

وفقا لما جاء أعلاه، يجب أن يمر حل المسألة المادية في الحياة الحقيقية بثلاث مراحل هي:

- صياغة معادلة تفاضلية.

- حل هذه المعادلة.

- دراسة الحل الذي تم الحصول عليه.

و يوصى هنا بسلسلة من الإجراءات التالية:

1- تعيين القيم التي تتغير في هذه الظاهرة، و تحديد القوانين المادية التي تربطهم.

- 2- تحديد المتغير المستقل و دالة المتغير المطلوب.
- 3- استنادا إلى شروط المشكلة، يتم تحديد الشروط الأولية أو الحدودية.
- 4- التعبير عن جميع الكميات في حالة المشكلة من خلال متغير مستقل، دالة و مشتقاتها.
- 5- بناء على شروط المشكلة و القانون المادي الذي تلتزم به هذه الظاهرة، تشكل معادلة تفاضلية.

- 6- إيجاد الحل العام أو التكامل العام للمعادلة التفاضلية.
- 7- في ظل الشروط الأولية أو الحدودية، يتم العثور على حل خاص.
- 8- التحقق من هذا الحل.

في كثير من الحالات، تستند صياغة المعادلة التفاضلية إلى ما يسمى "خطية العملية"، أي على الاختلاف في الدوال التي تعبر عن اعتماد الكميات. و كقاعدة عامة، يمكننا أن نفترض أن جميع الكميات المشاركة في هذه العملية أو تلك تتغير في غضون فترة قصيرة من الزمن بمعدل ثابت. و هذا يسمح لنا بتطبيق القوانين المعروفة في الفيزياء، واصفا الظواهر التي تحدث بشكل موحد، لتكوين علاقة بين قيم t ، $t + \Delta t$ ، أي بين الكميات المتضمنة في العملية و زياداتها. و ليس للمساواة الناتجة سوى طابع تقريبي، لأن الكميات تختلف حتى في فترة قصيرة من الزمن، بشكل عام و بشكل غير متساو. و لكن، إذا قمنا بتقسيم كلا الجانبين من المساواة الناتجة عن Δt و الذهاب إلى الحد الأقصى، عندما ينتهي Δt إلى الصفر نحصل على المساواة بالضبط. إن هذا التشكيل يتضمن الزمن، و الكميات الفيزيائية و مشتقاتها التي تتغير بمرور الزمن، و هذه هي المعادلة التفاضلية التي تصف ظاهرة معينة. و يمكن الحصول على المعادلة نفسها في شكل تفاضلي باستبدال الزيادة Δt بواسطة dt التفاضلي، و استبدال الدوال بواسطة الفروق التفاضلية.

و هكذا، عندما نقوم بصياغة المعادلة التفاضلية، فإننا نأخذ "لقطة موجزة" لعملية في وقت معين، و عند حل المعادلة للقطات لحظية، فإن هذا يمكننا من استعادة استمرارية العملية. في أغلب الحالات يستخدم النموذج الخطي لوصف الظواهر، و على الرغم من أن هناك عمليات يستحيل فيها النموذج الخطي، فإن الطريقة الموصوفة في الغالبية الساحقة من الحالات يمكن أن تكون فعالة.

II-2-3 طرق حل المعادلات التفاضلية الجزئية:

هنالك طرق كثيرة جدا مطبقة عمليا و أكثرها أهمية تلك الطرق التي بإتباعها تتحول المعادلات التفاضلية الجزئية إلى معادلات تفاضلية اعتيادية سواء كانت تحليلية أو عددية، بالإضافة لمتسلسلات فورييه [14].

II-2-3-1 الطرق التحليلية: الطرق التحليلية لحل المعادلة التفاضلية الجزئية و منها: فصل المتغيرات، التحولات التكاملية، تبديل التغيرات، تحويل المتغير التابع، طرائق الترجاف، طريقة الحافز و الاستجابة، المعادلات التكاملية، طرق حساب التغيرات و طريقة الدوال الذاتية.

II-2-3-2 الطرق العددية: يمكن تحويل المعادلة التفاضلية الجزئية إلى مجموعة كبيرة من المعادلات البسيطة المطبقة على أجزاء أو نقاط متناهية في الصغر مع اعتبار الشروط الابتدائية و الحدودية، حيث يكون هناك رابط بين هذه الأجزاء أو النقاط. و لكن لكثرة العمليات حسابية المتكررة يستخدم الحاسوب في الوقت الراهن للقيام بها، و هذه الطرائق متعددة و كثيرة أهمها:

أ- طريقة الفروق المنتهية: بالإنجليزية (Finite-difference method أو باختصار FDM) و هي تحليل عددي لحل المعادلات التفاضلية بتقريبهم مع معادلات الفروق، حيث تكون الفروق المنتهية تقارب المشتقات. فطريقة الفروق المنتهية هي طريقة تقطيع. طريقة الفروق المنتهية حاليًا هي النهج المهيمن في التحليل العددي للمعادلات التفاضلية الجزئية، حيث تستخدم تقريب تايلور في الحساب.

ب- طريقة العناصر المنتهية: بالإنجليزية (Finite element method أو باختصار FEM): يطلق عليها أيضاً تحليل العناصر المنتهية، و هي طريقة تحليل عددي لإيجاد الحلول التقريبية للمعادلات التفاضلية الجزئية بالإضافة إلى الحلول التكاملية. يعتمد الحل إما على إلغاء المعادلات التفاضلية الجزئية نهائياً (في الحالات الساكنة) أو تقريب المعادلات التفاضلية الجزئية إلى معادلات تفاضلية نظامية و التي يكون من الممكن حلها باستخدام عدة طرق كطريقة أويلر أو رونج-كيتا.

هناك العديد من التطبيقات لطريقة العناصر المنتهية و أغلبها تتعلق بالهندسة الميكانيكية بشكل أو بآخر، حيث تستخدم هذه الطريقة ضمن عملية تصميم و تطوير المنتجات المختلفة. بعض برامج حساب العناصر المنتهية الحديثة تقوم بدراسة الحرارة، المغناطيسية الكهربائية، تدفق السوائل... الخ. في دراسة تصميم المنشآت، تفيد طريقة العناصر المنتهية بشكل كبير في الحصول على متانة عالية للمنشأة بالإضافة إلى تخفيف وزنها و تقليص المواد اللازمة وبالتالي الكلفة اللازمة للإنشاء.

ج- طريقة الحجم المنتهية: بالإنجليزية (Finite volum method أو باختصار FVM): هي طريقة في صيغتها العامة بالأخص التكاملية تشبه طريقة العناصر المنتهية، و ذلك بالتعامل مع الحجم الصغيرة من الحجم الكلي، لذلك نجد في الغالب مآلها إلى العناصر المنتهية، كما تستخدم في الغالب نفس البرامج المتوفرة لها و تدرس نفس الظواهر.

II-3 أهم خطوات الدراسة السابقة:

كما جاء أعلاه، الدراسة [01] استهدفت شرح كيفية تحويل طاقة الإشعاع الشمسي إلى طاقة حرارية تسخن مياه مخزنة. حيث يعتمد ذلك على الخطوات التالية؛ تقدير الإشعاع الشمسي، تركيز الإشعاع بواسطة القطع المكافئ النقطي، تحويل طاقة الإشعاع المركز إلى حرارة و أخيراً نقل الحرارة الناتجة إلى المياه عبر القضيب المعدني. نتناول في ما يلي شرحاً لكل منها، محاولين الاختصار حسب القدر الكافي للتوضيح من دون تكرار.

II-3-1 تقدير الإشعاع الشمسي:

الشمس عبارة عن كرة هائلة من الغازات المتوهجة الساخنة، حيث تتكون الشمس من حوالي 75 % من غاز الهيدروجين، 25 % تقريبا من غاز الهليوم بالإضافة إلى مكونات أخرى، يبلغ قطرها حوالي 139×10^9 m هو ما يعادل 109 مرة قطر الأرض، و متوسط بعدها عن الأرض هو 150×10^6 Km [15].

تعتبر الشمس جسم أسود بدرجة حرارة فعالة مقدرة بـ 5777 K على سطحها و تزداد كلما اقتربنا من مركزها لتصل في المناطق الداخلية إلى درجة حرارة تتراوح بين 8×10^6 و 4×10^7 K [09,01]. تتولد هذه الحرارة نتيجة للتفاعلات النووية التي تحدث في قلب الشمس، التي يتحول فيها غاز الهيدروجين إلى هليوم و ينتج عن ذلك تحرر كميات كبيرة من الطاقة ترسل على شكل طاقة إشعاعية إلى الفضاء الخارجي، أي على شكل إشعاعات كهرومغناطيسية بطيف يتراوح بين $0.2 \mu\text{m}$ فوق البنفسجية $4 \mu\text{m}$ تحت الحمراء [16]. لذلك تعتبر الشمس مصدر طاقة يمكن اعتباره كمصدر بديل للطاقات الأخرى.

تقديرات موارد الطاقة الشمسية (Gisement Solaire) و هو مجموعة من البيانات و المعطيات التي تصف الإشعاع الشمسي المتاح خلال فترة معينة. فالتدفق الشمسي الملتقط على مستوى سطح الأرض يتعلق بمجموعة من العوامل: التوجيه، طبيعة و ميل مسافة الأرضية، الارتفاع، مكان الجمع، الفترة من العام و اللحظة المعتبرة من اليوم فكلها وأخرى عوامل تدرس في (Gisement Solaire) [15].

تدفق الإشعاع الشمسي على سطح عمودي يقدر بحوالي 6.33×10^7 W/m²، السطح المستوي العمودي يقع عند حدود الغلاف الجوي يتلقى طاقة مشعة وفق المسافة الشمس - الأرض التي تقدر بـ 1.496×10^{11} m وهي تمثل المسافة المتوسطة بين الشمس و الأرض. إذن الثابت الشمسي و هو القيمة

المتوسطة لتدفق الإشعاع الشمسي الوارد على الحدود العليا للغلاف الجوي الأرضي و تقدر قيمته بـ 1367 W/m^2 [17,16]. هذه نفس قيمة الإضاءة الطاقية الثابتة تقريبا، الذي يعطيها الإشعاع الحراري المنتشر في شكل موجات كهرومغناطيسية خارج الغلاف الجوي للأرض المسمى الإشعاع الشمسي. الذي له أنواع متعددة، و هي [17]:

II-3-1-1 الإشعاع المباشر: و يعرف الإشعاع المباشر على أنه الإشعاع المنبعث من القرص الشمسي فقط و يتم قياسه بجهاز البيريليومتر أو أجهزة أخرى تحملها الأقمار الصناعية، و هو يساوي الصفر عندما تحجب الشمس بالسحب.

II-3-1-2 الأشعة المنتشرة: عندما تعبر الأشعة الشمسية الغلاف الجوي تنتشر بواسطة جزيئات الهواء و الجسيمات العالقة فيه في كل الاتجاهات.

II-3-1-3 الإشعاع الكلي (الإجمالي): الإشعاع الكلي هو مجموع كل من الإشعاع المباشر و المنتشر. في المناطق الجافة يكون مقدار الإشعاع الشمسي المنتشر معدوما تقريبا، لذلك يتطابق مقدار الإشعاع الكلي بالمباشر. فهذا الأخير يحسب بالأساس اعتمادا على معطيات يمكن تصنيفها إلى نوعين و هما:

أ- الإحداثيات الجغرافية: كل نقطة من سطح الأرض تحدد بإحداثيات جغرافية؛ هي خط الطول، خط العرض و الارتفاع عن مستوى سطح البحر. فمنطقة الدراسة هنا هي منطقة ورقلة، التي تقع في خط الطول $\lambda = 5.24^\circ$ ، خط عرض $\varphi = 31.57^\circ$ و على ارتفاع $H = 141 \text{ m}$ من سطح البحر. هذا الموقع الممتاز يجعل منها مكانا جيدا لاستغلال و تجميع الطاقة الشمسية الهائلة، حيث يصل تدفق الإشعاع الشمسي إلى 2650 Kw h/an/m^2 ، مع حوالي 3500 ساعة من التشميس في السنة [17].

ب- الفترة الزمنية: تتمثل المعطيات الزمنية في كل من؛ الشهر من السنة، اليوم من الشهر و التوقيت من النهار. حيث تحدد كل من هذه المعطيات المسافة الفعلية بين الشمس و الأرض، التوقيت

المحلي ... الخ. حيث يتحدد الشهر من السنة و اليوم منه حسب المتطلب من الدراسة، كأن تكون أيام الانقلاب الفصلي، أو كأن تكون في يوم محدد من السنة. كما كان في الدراسة السابقة [01]، أين تمت الدراسة في أبرد يوم من السنة الموافق لـ 20 من شهر جانفي في منطقة ورقلة، و الذي يحسب من خلال درجة حرارة الجو أو المحيط نهارا و في كل لحظة من التوقيت الشمسي، نستعمل العلاقة [18]:

$$T_{amb} = \left(\frac{T_{amax} + T_{amin}}{2} \right) \left[\sin \left(\frac{(t - 8)\pi}{12} \right) + 1 \right] \quad (1 - II)$$

ذلك من خلال قياسات درجات الحرارة اليومية بمحطات الرصد الجوي المتواجدة في منطقة ورقلة و على مدار عشر سنوات (1996-2006)، و بعد حساب المتوسط الشهري لدرجات الحرارة العليا و الدنيا، تبين أن شهر جانفي هو الأكثر برودة (5.1-18.6°C) [18].

للملاحظة تحدد هذه العلاقة أيضا درجة حرارة الجو في يوم الدراسة، مهما كان التوقيت نهارا أو ليلا.

التحديد الدقيق لشدة الإشعاع الشمسي المباشر خاصة، يكون باستخدام كل تلك المعطيات و هي طريقة طويلة و معتمدة في الكثير من المراجع المتناول لشأن مماثل لهذه الدراسة [01]، حيث نمثل تخطيط مناسب لهذه الطريقة في الفصل القادم كما سنرى لاحقا.

II-3-2 تركيز الإشعاع بواسطة القطع المكافئ النقطي:

العديد من أنواع المركبات يمكنها زيادة تدفق الإشعاع الشمسي على سطح المستقبـل [01-16,08-18]، يمكن أن تكون المجمعات عاكسة أو كاسرة، و يمكن أن تكون أسطوانية الشكل لتركز الأشعة الشمسية على خط أو دائرية لتركزها في نقطة. مستقبلاتها يمكن أن تكون مقعرة أو محدبة. على العموم المركبات ذات المستقبلات الأصغر من الفتحة (السطح الذي تعكس من خلاله الأشعة الشمسية) فعالة فقط من أجل الإشعاع المباشر. يعتبر كل من زاوية ورود الإشعاع الشمسي على المركز و تعقبه (المركز) لشمس من أهم العوامل التي تتحكم فيه، حيث يتم وضع مجموعة مختلفة من

الآليات لتوجيه تحرك المجمعات بحيث يتم دوما انعكاس الإشعاع الوارد على المستقبل. تتنوع الحركات اللازمة حتى يتم تعقب الشمس و ذلك حسب تصميم النظام المجمع. حيث هناك العديد من التصاميم للمجمعات المركزة، تتمثل فيه [17-18]:

- 1- مجمع الحوض المكافئ (PTC).
- 2- مجمع الصحن المكافئ (CDR).
- 3- مجمع المستقبل المركزي (HFC).
- 4- مجمع عدسات فرينل (FC).

فالمجمع الصحن المكافئ المبين في الشكل (1-II) يسمى أيضا بمجمع نقطة التركيز لأنه يركز الأشعة الشمسية إلى مستقبل نقطي يقع عند بؤرة الصحن العاكس [19,17,01]. حيث يتبع هيكل هذا المجمع الشمس في محوري ليعكس الإشعاع إلى المستقبل، الذي يعمل على امتصاص الإشعاع الشمسي ويحوله إلى طاقة حرارية، و يمكن بعد ذلك تحويلها إلى طاقة كهربائية باستخدام مولد يربط مباشرة إلى المستقبل أو تنقل عبر أنابيب إلى نظام مركزي لتحويل الطاقة.



الشكل (1-II): يوضح مثال لتفصيل لمجمع الصحن المكافئ النقطي [20].

هذه المجمعات لها عدة مزايا منها:

أ- لأنها موجهة إلى الشمس دوما فهي أكثر كفاءة من كل المجمعات.

ب- لها عادة نسب تركيز في حدود 611 إلى 2111 وبالتالي كفاءة عالية في امتصاص الطاقة

الحرارية.

ج- يمكن أن تعمل بشكل مستقل أو كجزء من نظام واسع من هذا النوع من المجمعات.

هذه المجمعات لها مقطع عرضي على شكل قطع مكافئ ذو فتحة دائرية، يمكن أن يوصف بأنه

عاكس قطع مكافئ ثلاثي الأبعاد، تحليله مماثل لتحليل مركز الحوض المكافئ (PTC). قيمة التركيز

الأعظمية C_{max} التي يمكن التحصل عليها باستعمال هذه المركبات، و التي تتعلق باعتراض كل الأشعة

المنعكسة التي تقع ضمن مخطوط العرض ($\delta + 0.53^\circ$) الزاوي بالنسبة للمستقبلات الكروية التي تسمح

بحد أدنى من الظل على المستقبل تعطى بـ [17-19]:

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

أما بالنسبة للمستقبلات المسطحة فتعطى بـ:

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

حيث:

φ_r هي زاوية الحافة، σ هي الانحراف (التشتت).

الطاقة الممتصة بهذه المجمعات تتعلق بخصائصها (أي المجمعات)، عند نسب التركيز العالية

امتصاص الأشعة الشمسية قد يؤدي إلى تسخين الغطاء (المستقبل)، لذلك عادة لا تستعمل الأغشية.

في غياب الغطاء الطاقة الممتصة بهذه المجمعات هي:

$$S = I\rho(\gamma\alpha)K \quad (4 - II)$$

حيث: I هي الإشعاع الشمسي، ρ هي انعكاسية مادة المجمع، γ هو معامل الاعتراض، α معامل امتصاص المستقبل و K زاوية ورود المعدلة.

3-3-II تحويل طاقة الإشعاع المركز إلى حرارة:

كما جاء أعلاه الإشعاع الشمسي هو أشعة كهرومغناطيسية، اذن فهي تملك طاقة فوتونات تقدر طاقة كل منها ب [21]:

$$E_{\text{photon}} = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \quad (5 - II)$$

حيث:

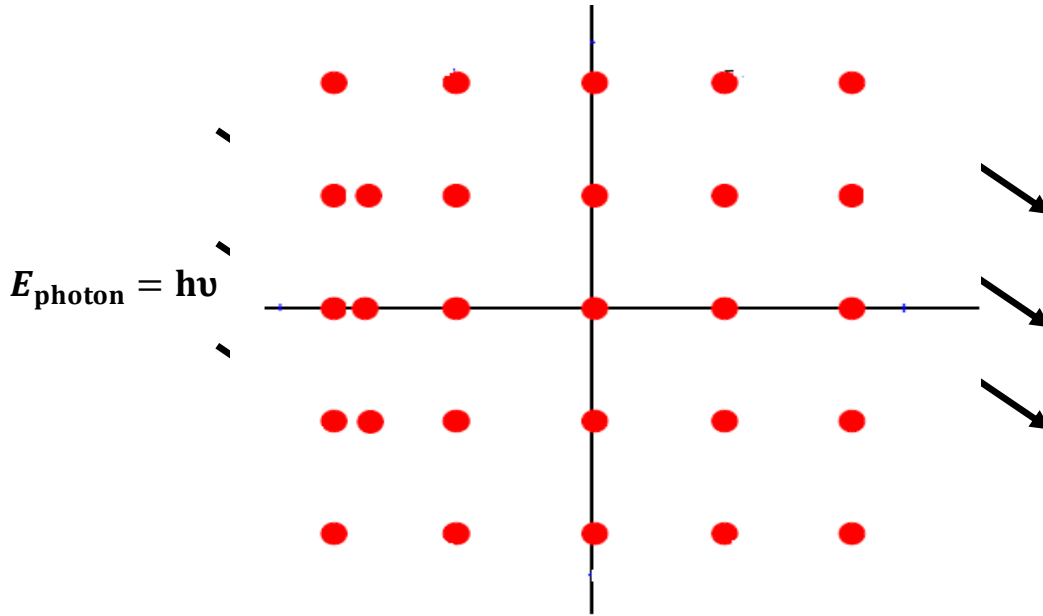
h هي ثابت بلانك، λ هي طول موجة الإشعاع، c هو سرعة الضوء في الخلاء.

عند اصطدامها بالمواد بالأخص المواد الصلبة، فإنها تمتص من طرف ذرات المادة التي تتزاح من مواضع توازنها. لان كل ذرة تكون متموضعة على موضعها الشبكي تماما، و لكن الحقيقة أن الذرة (أيون الذرة) في الشبكة ليست ساكنة في مكانها حتى في الصفر المطلق كما تشير دراسات ميكانيكا الكم، فالذرات (أيونات الذرات) تهتز حول وضع توازنها تحت تأثير قوى مرونة (قانون هوك) تحاول أن تعيدها إلى وضع التوازن، مما يؤدي إلى اهتزازات الشبكة البلورية بسبب التفاعل بين الذرات. بشكل مبسط على وجهة نظر ميكانيكا الكم حول تكميم ذبذبة الشبكة البلورية من خلال مفهوم الفونون (phonon)، الذي يعرف بأنه كم طاقة اهتزاز الشبكة البلورية.

فالاهتزازات الذرية عملية تلقائية في شبكية الجوامد عند درجة حرارة T يكون متوسط طاقة كل ذرة من ذرات بلورة ما هو kT حيث k ثابت بولتزمان. تؤدي هذه الطاقة إلى اهتزاز الذرة حول موضع اتزان خاص، كلما ارتفعت درجة الحرارة اتسع نطاق هذه الاهتزازات التي يطلق عليها اهتزازات الشبكية و تؤدي إلى تولد سيل من الموجات داخل البلورة تعرف بالأمواج المرنة.

معنى كل هذا أن طاقة الفوتون تتحول إلى حرارة بأثر اهتزاز الشبكة، أي:

$$E_{\text{photon}} = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = \hbar\omega = E_{\text{phonon}} = kT \quad (6 - II)$$



الشكل (2-II): يوضح كيفية تحول الإشعاع إلى حرارة عند اصطدامه بالأجسام الصلبة [21].

4-3-II نقل الحرارة الناتجة إلى المياه عبر القضيب المعدني:

تعتبر الحرارة من أهم أنواع الطاقة، و هي مقياس لسخونة أو برودة جسم معين. فالأجسام الساخنة تحتوي على طاقة عالية، أما الأجسام الباردة فتمتلك القليل من الطاقة، كما تمثل إحساس الجسم بالبرودة أو السخونة [22].

انتقال الحرارة هو حساب انتقال الطاقة من منطقة إلى أخرى، نتيجة للفرق في درجات الحرارة بينهما. بالإضافة لذلك انتقال الحرارة يحسب معدل التغيير مع الزمن الذي تنتقل به هذه الحرارة، حيث هناك ثلاث طرق رئيسية للانتقال الحرارة [22]، سوف نتطرق في هذا الجزء لانتقالها بالتوصيل لأن الدراسة السابقة [01] أكدت حدوث هذا النوع من الانتقال في القضيب و في المياه، كما يحدث كذلك

بينهما. بينما نقادى الحديث عن النوع الثالث و هو الانتقال بالإشعاع، و نهتم بالنوع الثاني و هو الانتقال بالحمل في دراستنا كما نبين فيما بعد.

إن انتقال الحرارة بالتوصيل يعني انتقال الطاقة الحرارية من جزيئات المادة ذات الطاقة العالية إلى الجزيئات الأقل طاقة، كنتيجة طبيعية لحركة هذه الجزيئات فيما بينها. و يحدث التوصيل في المواد الصلبة، السائلة و الغازية. ففي السوائل و الغازات يحدث كنتيجة لتصادم الجزيئات في حركتها العشوائية. أما في المواد الصلبة فالتوصيل يحدث نتيجة لاهتزازات الجزيئات و انتقال الطاقة بواسطة الإلكترونات الحرة. و معدل انتقال الحرارة بالتوصيل خلال وسط معين يعتمد على الشكل الهندسي لذلك الوسط (سمكه و نوع مادة الوسط)، و كذلك فرق درجات الحرارة عبر ذلك الوسط. قانون فوري للتوصيل الحراري:

$$q = - \frac{kAdT}{dX} \quad (7 - II)$$

حيث:

k هو ما يعرف بمعامل انتقال الحرارة بالتوصيل و هي مقياس لمقدرة المادة لتوصيل الحرارة. و منه يتم تصنيف المواد إلى جيدة التوصيل الحراري و رديئة تبعا لقيمة معامل انتقال الحرارة. فالأولى لها معامل انتقال حرارة مرتفع، بينما المواد العازلة لها معامل انتقال حرارة منخفض. يبين الجدول (1-II) التالي قيم معامل انتقال الحرارة بالتوصيل لبعض المواد. و يلاحظ من الجدول أن المواد جيدة التوصيل للحرارة كالنحاس و الفضة مثلا لها معامل انتقال حرارة مرتفع. أما المواد رديئة التوصيل للحرارة مثل المطاط و الخشب لها قيم منخفضة.

معامل انتقال الحرارة بالتوصيل	مواد عازلة	معامل انتقال الحرارة بالتوصيل	مواد موصلة
0.78	الزجاج	2300	الدايموند
0.72	الطوب	429	الفضة
0.613	الماء	386	النحاس
0.54	الأمونيا	317	الذهب
0.17	خشب	237	الألمونيوم
0.13	مطاط ناعم	80	حديد مطاوع
0.072	فريون 12	8.9	الزئبق
0.026	هواء		

جدول (II-1): الموصلية الحرارية لبعض المواد الشائعة الاستخدام [22].

معادلة الانتشارية أو معادلة توصيل الحرارة هي معادلة تفاضلية جزئية من الرتبة الثانية، و هي معادلة تصف التوصيل الحراري و تغير الحرارة في الأجسام. لهذه المعادلة الصياغات الرياضية متعددة منها [23]:

1- المعادلة العامة، تكتب بالشكل:

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = \nabla(k \nabla T) + A - \rho C_p v \nabla T (+ \sigma : \dot{\epsilon} + \alpha T v \nabla P + \dots) \quad (8 - II)$$

حيث:

- k معامل الناقلية الحرارية (W/m.K)،

- A منبع حراري (W/m³)،

- C_p السعة الحرارية عند الضغط الثابت (J/kg.K)،

- α معامل الانتشارية الحرارية (1/K).

أ- معادلة الحرارة في ثلاثة أبعاد:

المعادلة (II-9) هي معادلة ثلاثية الأبعاد، لكن أكيد أنها تأخذ عبارات مختلف بتغير

الإحداثيات. إذ يعود الاختلاف في الأصل إلى كيفية كتابة معامل لابلاس، حيث في الوسط لا متجانس

مثل جسم الإنسان أين تختلف الخواص الحرارية للجلد عن الخواص الحرارية في العضلات، عنها في الأحشاء، عنها في الدم، عنها في السوائل الموجودة في الجسم، فإن المعادلة تأخذ الصيغة التالية [23]:

- في الإحداثيات الكارتيزية تكتب بالشكل:

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(k_x \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k_y \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k_z \frac{\partial T}{\partial z} \right) + A \quad (9 - II)$$

أما في وسط متجانس: في وسط متجانس يكفي اعتبار $k_x = k_y = k_z = k$ ، كما سوف نعتبره

مع بقية أنواع الإحداثيات.

- في الإحداثيات الاسطوانية تكتب بالشكل:

$$\frac{\rho C_p \partial T}{k \partial t} = \frac{1}{r} \left(\frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{A}{k} \quad (10 - II)$$

- في الإحداثيات الكروية تكتب بالشكل:

$$\frac{\rho C_p \partial T}{k \partial t} = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\sin \theta \frac{\partial T}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \left(\frac{\partial^2 T}{\partial \phi^2} \right) + \frac{A}{k} \quad (11 - II)$$

ب- معادلة المعادلة الحرارة في بعد واحد: هي أبسط صيغ المعادلة و تصف معدل تغير الحرارة

في قضيب نحيف و طويل لدرجة يمكن حينها غض الطرف عن انتقال الحرارة في بقية الأبعاد نتيجة

ضالة تأثيرها. و تعطى المعادلة بحسب الصيغة التالية و هي مشتقة من قانون فورييه و قانون حفظ

الطاقة [22].

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{k}{C_p} \quad (12 - II)$$

ملاحظة: حين تكون مشتقة الدالة بالنسبة للصفر حيث فإن المعادلة تأخذ شكل معادلة بواسون.

ج- تحديد نوع معادلة انتقال الحرارة: مما جاء أعلاه معادلة انتشار أو انتقال الحرارة سابقة الذكر

بجميع أنواعها، هي معادلة تفاضلية جزئية من رتبة ثانية و درجة أولى خطية بمعاملات ثابتة تكافئية.

تصبح ناقصية عندما تكون في حالة مستقرة، أي لا تتعلق بالزمن.

الفصل الثالث:

الجانب التطبيقي

1-III المقدمة:

انطلاقاً مما تعرفنا عليه في الجانب النظري الذي تطرقنا إليه في الفصل السابق، سنقوم في هذا الفصل بعرض أهم الخطوات العمل التجريبي الذي قمنا به. بالإضافة لكيفية إدخال المعطيات اللازمة للحساب، من أجل المقارنة بين الحساب و التجربة.

2-III خطوات العمل التجريبي:

1-2-III تصميم نموذج مجمع الصحن القطع المكافئ (DP) المنجز:

يتكون من صحن الستلايت (الدش)، حيث يتم تثبيت قطع زجاجية عليه بالكامل كسطح عاكس، كما هو موضح في الشكل (1-III).

2-2-III تصميم قاعدة تثبيت المجمع الشمسي و آلية توجيه:

هي عبارة عن قاعدة ثابتة مكونة من أنبوب معدني ذات (قطر 5cm و ارتفاع 84cm)، تسمح بحمل مجمع (الصحن) المكافئ النقطي. يثبت في أعلى الأنبوب المعدني منظومة ميكانيكية تسمح له بالدوران شاقولياً، لتتبع ارتفاع الشمس، و توجيهه يدوياً حسب موقع الشمس. كما هو موضح في الشكل (2-III). بينما تعطى المقادير العددية لهذا التركيب التجريبي المنجز في الجدول (1-III).

2-2-III تصميم قاعدة تثبيت المجمع الشمسي و آلية توجيه:

هي عبارة عن قاعدة ثابتة مكونة من أنبوب معدني ذات (قطر 5cm و ارتفاع 84cm)، تسمح بحمل مجمع (الصحن) المكافئ النقطي. يثبت في أعلى الأنبوب المعدني منظومة ميكانيكية تسمح له

بالدوران شاقوليا، لتتبع ارتفاع الشمس، و توجيهه يدويا حسب موقع الشمس. كما هو موضح في الشكل (2-III).



الشكل(1-III): صورة لمجمع الصحن القطع المكافئ (DP) المنجز.

الجدول (1-III): المقادير العددية DP المنجز.

المقدار	القيمة بوحدة Cm
طول القضيب L	62
قطر القضيب R	1.37
سمك عازل القضيب $e_{rod\ ins}$	2.5
قطر الخزان الداخلي K_{Int}	42
قطر الخزان الخارجي k_{Ext}	46
سمك عازل الخزان $e_{Tank\ ins}$	2
ارتفاع الخزان الداخلي M_{Int}	44
ارتفاع الخزان الخارجي M_{Ext}	48
طول الصفیحة H	20
عرض الصفیحة W	14
سمك الصفیحة e_{Plate}	0.1

III-2-3 تصميم العنصر المستقبل للإشعاع:

هو عبارة عن نصف كرة نحاسية قطرها 7.5 cm يتم طلاؤها بالون الأسود ويتم تثبيتها في البؤرة الصحن كما هو موضح في الشكل (3-II).



الشكل (3-II): قاعدة تثبيت المجمع الشمسي.



الشكل (3-III): صور توضح كيفية صنع مستقبل الأشعة و ناقل الحرارة.

III-2-4 تصميم العنصر المعدني الناقل للحرارة:

يتمثل في قضيب نحاسي مطوي بزاوية 90 درجة، يتكون من 21 قطعة سلك ملفوفة ببعضها البعض، أبعاد السلك الواحد (قطر 0.3 cm و طوله 62cm) [24]، و إحاطته ب 2.5cm من الصوف الزجاجي، معامل التوصيلية الحرارية (0.044 w/m.k)، نثبت أسفله الصفيحة النحاسية ذات الأبعاد التالية (14cm * 20cm وسمك 0.1cm)، كما هو موضح في الأشكال (4-III) و(5-III).



الشكل(4-III): صور لقضيب نحاسي و كيفية عزله.



الشكل(5-III): صور توضح صفيحة النحاسية وكيفية تثبيتها.

و يمكن حساب مساحته و قطره بالطريقة التالية:

- مساحة مقطع لسلك الواحد:

$$S_1 = \pi * \left(\frac{R_1}{2}\right)^2 = 0.07068cm^2 \quad (1 - III)$$

- مساحة المقطع الكلية للقضيب النحاسي:

$$S_2 = S_1 * N = 1.484cm^2 \quad (2 - III)$$

- قطر القضيب:

$$S_2 = \pi * \left(\frac{R_2}{2}\right)^2 \quad (3 - III)$$

$$R_2 = \sqrt{4 \frac{S_2}{\pi}} = 1.374cm \quad (4 - III)$$

ملاحظة:

R_1 قطر السلك الواحد. ; R_2 قطر القضيب. ; N عدد الأسلاك.

III-2-5 تصميم خزان الماء:

هو عبارة عن خزان أسطواني مكون من أسطوانة داخلية من الفولاذ بقطر (42cm) و طول (44cm) و سعة 55L، معزول بمادة الصوف الزجاجي بسمك (2cm)، محاط بأسطوانة خارجية من المعدن و مزودة بصنبور للتفريغ. مثبت على قاعدة حديدية مكونة من أربع أرجل بارتفاع (20cm). كما توضحه الشكل (III-6).



الشكل (III-6): صورة توضح الخزان المستعمل.

III-2-6 العمل التجريبي:

يتم ملأ الخزان المستعمل بالماء و وضع الصفيحة النحاسية في أعلى الخزان (ملامسة للماء)، نثبت مستقبل الأشعة في بؤرة مجمع الصحن مكافئ (DP)، وتعرضها لأشعة الشمس وذلك بإتباع مسارها يدويا. كما هو موضح في الشكل (III-7) و(III-8).



الشكل (III-7): صورة تمثل محاكات تركيب النهائي للعمل التجريبي.



الشكل (III-8): صور توضح العمل التجريبي

III-3 نظام تسجيل النتائج:

يتكون النظام من عدد عناصر و هي:

III-3-1 لوحة الاردوينو من نوع UNO:

هو لوح تطوير الكتروني يتكون من دارة الكترونية مفتوحة المصدر مع تحكم دقيق عن طريق الحاسوب، يتم برمجته بواسطة كود اردوينو مناسب للمستشعر الحراري + وحدة MAX6675، كما هو موضح الشكلين (III-9).



الشكل (III-9): صورة توضح لوح اردوينو ومكوناته [25].

III-3-2 لوحة الاختبار و أسلاك التوصيل:

هي لوح بلاستيكي مسطح الشكل يضم بداخله نقاط توصيل معدنية على شكل صفوف وأعمدة تستخدم في تجميع الدارة الالكترونية. ويتم ربطها مع الاردوينو بواسطة أسلاك التوصيل الخاصة كما يوضح الشكل (III-10).



الشكل (III-10): صور توضح لوح الاختبار و أسلاك توصيل و كيفية تجميعها.

III-3-3 حساس حرارة مزود بوحدة معالجة MAX6675:

هو عبارة عن حساس يتحسس للحرارة من 0 إلى 1024 درجة مئوية، كما يوضحه الشكل

(III-11).

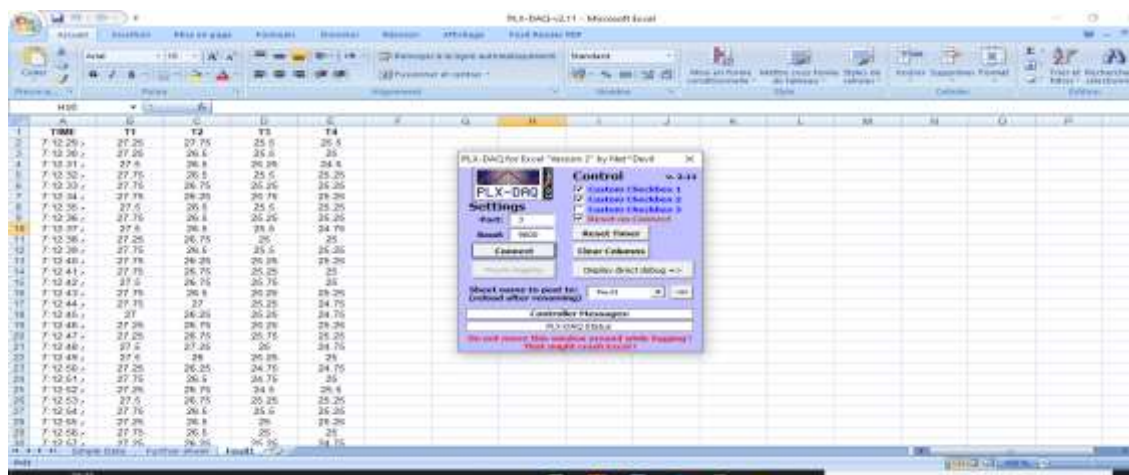


الشكل (III-11): حساس حرارة مزود بوحدة معالجة MAX6675.

استعملنا أربع حساسات يتم تثبيتها في الأماكن التالية :

- الحساس الأول يعطي درجة حرارة T1 عند البؤرة (بداية القضيب النحاسي).
- الحساس الثاني يعطي درجة حرارة T2 عند نهاية قضيب النحاس.
- الحساس الثالث يعطي درجة حرارة T3 عند بداية الخزان.
- الحساس الرابع يعطي درجة حرارة T4 عند نهاية الخزان.

تسجيل النتائج وإرسالها إلى Microsoft Excel، كما يوضحه الشكل (III-12).



الشكل (III-12): صورة توضح كيفية تسجيل القيم Microsoft Excel.

III-3-4 صندوق الحماية:

هو عبارة عن صندوق بلاستيكي لحماية الأجهزة الالكترونية من التأثيرات الخارجية، و يتم تثبيته

في الخزان. كما يوضحه الشكل (III-13):



الشكل (III-13): صندوق الحماية وكيفية تثبيته على الخزان.

III-3-5 قياس درجة الحرارة و سرعة الرياح:

يتم قياس درجة الحرارة و سرعة الرياح بجهاز (Chauvin Arnoux ca 1051)، و تسجيل لقيم كل ساعة من الزمن كما هو موضح في الشكل(III-14).



الشكل(III-14): جهاز لقياس درجة الحرارة وسرعة الرياح.

III-3-6 قياس شدة الإشعاع الشمسي:

قياس قيمة الإشعاع الشمسي بجهاز البيرانوميتر، وتسجيل لقيم كل ساعة من الزمن. كما هو موضح في الشكل (III-15).



الشكل(III-15): جهاز قياس شدة الإشعاع الشمسي.

III-4 خطوات العمل الحسابي:

هذا البرنامج متوفر مسبقاً من خلال العمل الخاص بالذاكرة [01]، و هو الذي يتبع نفس الخطوات النظرية المتبعة في الفصل الثاني. و لكن تمت هنا إضافة له ميزات تمكن من تمثيل القيم التجريبية مع تلك المحسوبة، كما سنرى لاحقاً في الفصل الثالث. لذلك يجب قبل استعمال البرنامج إعداد جيد لملف إكسل، الذي يجب إدراج ضمنه النتائج التجريبية. و عليه فقد أعد هذا الملف كالتالي:

III-4-1 معطيات العمل الحسابي:

كما هو معلوم تنقسم إلى ثلاث أقسام مهمة و هي:

أ- معطيات خاصة بحساب الزمن المحلي و شدة الإشعاع الشمسي المباشر، و هي المتمثلة في أنظر الشكل (VI-16).

- Nm: رقم الشهر من السنة.

- Alti: الارتفاع على سطح البحر.

- Lati: خط الطول.

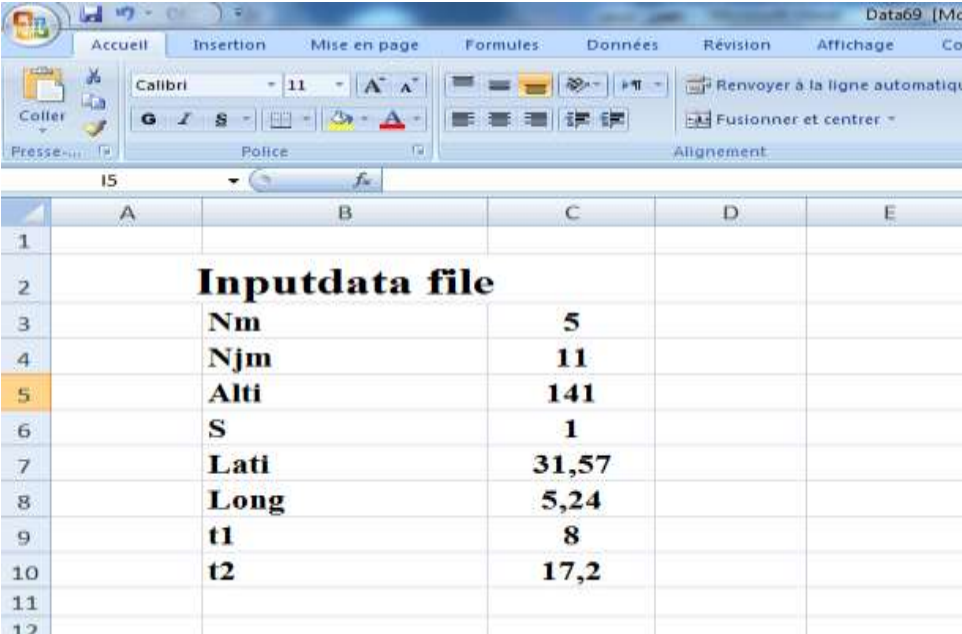
- L: خط العرض.

- t₁: توقيت بداية الحساب.

- t₂: توقيت نهاية الحساب.

ب- معطيات خاصة بحساب درجة حرارة المحيط، نحتاج هنا للمعطين الأول و الثاني من المعطيات السابقة. بالإضافة إلى جدول قيم درجات الحرارة الدنيا و القصوى لكل شهر، و هي المتمثلة في الشكل (VI-17).

ج- معطيات خاصة ببقية الحسابات، و هي الخاصة بالصحن المستخدم، القضيب و الصفيحة الناقلين للحرارة و أخيراً الخزان و الماء. و هي تلك المعطيات المعروضة في الجدول (III-1)، انظر أعلاه.



	A	B	C	D	E
1					
2		Inputdata file			
3		Nm	5		
4		Njm	11		
5		Alti	141		
6		S	1		
7		Lati	31,57		
8		Long	5,24		
9		t1	8		
10		t2	17,2		
11					
12					

الشكل (III-16): ملف اكسل الخاص بإدراج المعطيات الخاصة بحساب الزمن المحلي و شدة الإشعاع الشمسي المباشر.



	A	B	C	D	E
13					
14			Tmax	Tmin	
15		JANVIER	19,9	5,4	
16		FÉVRIER	23,2	7,9	
17		MARS	27,3	11,4	
18		AVRIL	31,6	16	
19		MAI	35,6	20	
20		JUIN	41,9	25,5	
21		JUILLET	44,1	28,9	
22		AOÛT	43,6	27,2	
23		SEPTEMBRE	39,2	23,6	
24		OCTOBRE	32,2	16,7	
25		NOVEMBRE	24,9	10	
26		DÉCEMBRE	21,2	6,2	

الشكل (III-17): ملف اكسل الخاص بإدراج المعطيات الخاصة بحساب درجة حرارة المحيط.

III-4-2 نتائج العمل التجريبي:

هي النتائج التي تسجل على جهاز الاريدينا كما رأينا سابقا، بالإضافة لما يسجل بعيدا عنها مثل شدة الإشعاع الشمسي، سرعة لرياح و درجة حرارة المحيط. و هي المعروضة في الشكل (III-18) الممثل أدناه.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	الوقت	البيرة T1	T2 المانهية القضييب	الغزان سطح	T4 اسفل الغزان	الوقت	الإشعاع الشمسي	درجة الحرارة	سرعة الهواء	اليوم 11 ماي	
2	08,60	31,75	32,25	26,75	27,75	8	275	23,5	3	3m/s	
3	08,60	32,25	32,5	26,25	28	9	386	24,5	2,5	2,5m/s	
4	08,60	32,25	32,75	26,5	28	10	438	26,6	4	4m/s	
5	08,60	32	32,75	26,75	27,75	11	491	26,3	1,15	1,15m/s	
6	08,61	32,5	33	26	27,75	12	542	28	2	2m/s	
7	08,61	32,75	32,5	26,5	27,75	13	543	30	1,5	1,5m/s	
8	08,61	32,75	34,25	25,25	27,75	14	528	30,1	3,5	3,5m/s	
9	08,61	32	31	28,5	27,75	15	493	29,6	1,2	1,2m/s	
10	08,61	32	31,75	28,75	28,25	16	391	26	1,1	1,1m/s	
11	08,61	33	31,5	28	28,25	17	273	21	2	2m/s	
12	08,61	31,75	31,5	29,25	27,75						
13	08,62	31,75	31,75	28,5	28,25						
14	08,62	33,25	32,5	27,75	28,5						
15	08,62	33,25	31,75	28	28						
16	08,62	33,75	31,5	28	28						
17	08,62	33,75	32,75	28	27,75						
18	08,62	33,5	32,5	27,25	28,25						

الشكل(III-18): ملف اكسل الخاص بإدراج نتائج العمل التجريبي.

الفصل الرابع:

تحليل و مناقشة النتائج

1-IV المقدمة:

اعتمادا على ما جاء في الفصلين الثاني و الثالث، و حتى يحترم تتبع الخطوات المعتمدة في هذه الدراسة تم تسجيل النتائج التجريبية كالتالي:

- شدة الإشعاع الشمسي بمدينة ورقلة، خلال اليوم المخصص لإنجاز التجربة و الذي كان يوم 11 ماي 2022.

- سجلنا درجة الحرارة عند كل من؛

البؤرة، أي عند الطرف الأول للقضيب النحاسي

و عند نهايته أي في طرفه الثاني.

عند السطح العلوي للماء الموجود داخل الخزان المعزول، الملامس لصفحة الملحومة بالقضيب.

في الأخير عند أعرق نقطة في الخزان، الذي يعتبر التسجيل الثاني لدرجة الحرارة في الماء.

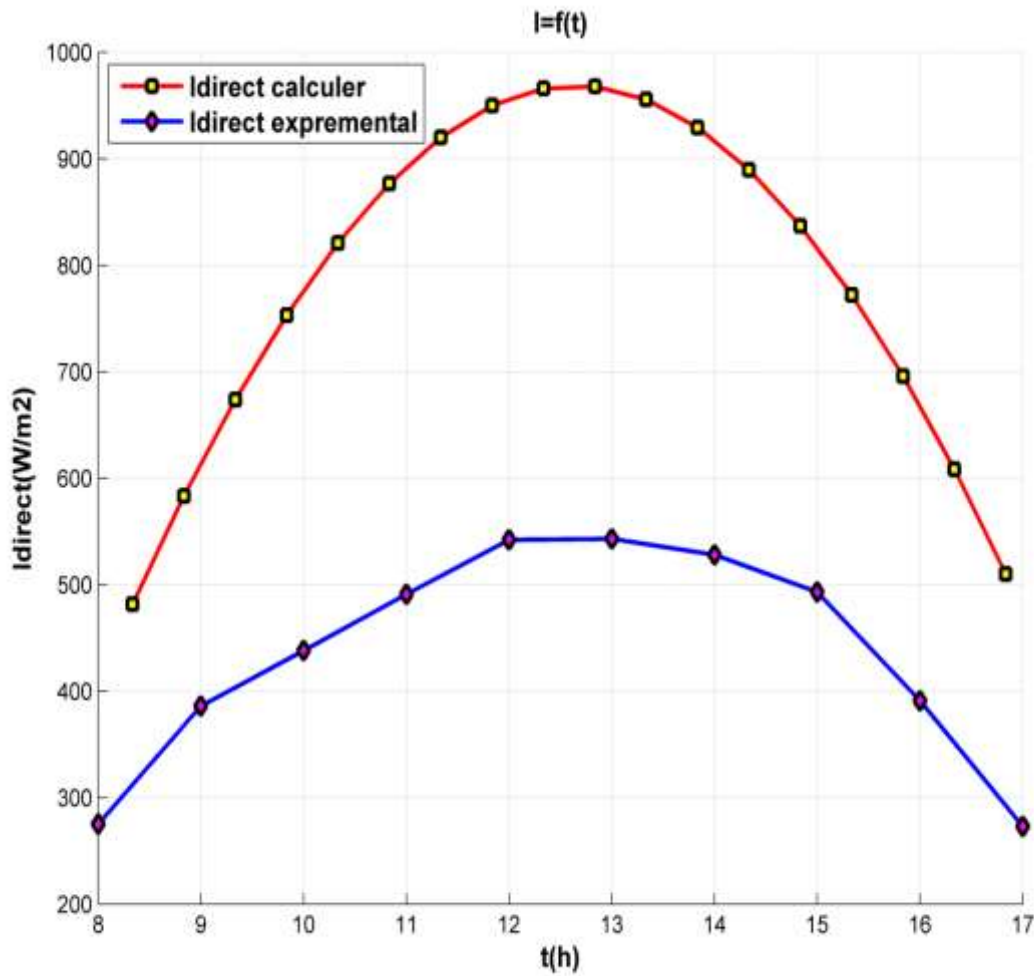
كل ذلك من أجل تتبع يدوي لتوجيه المجمع الشمسي المصمم عمليا.

ثم قمنا بالمحاكاة العدية لتحديد كل تلك القيم، من أجل مقارنة النتائج العملية بتلك النظرية لتعرف

على مدى نجاح العمل من عدمه. و هو الذي سوف يكون في هذا الفصل بعرض النتائج و تفسيرها.

2-IV دراسة شدة الإشعاع الشمسي المباشر:

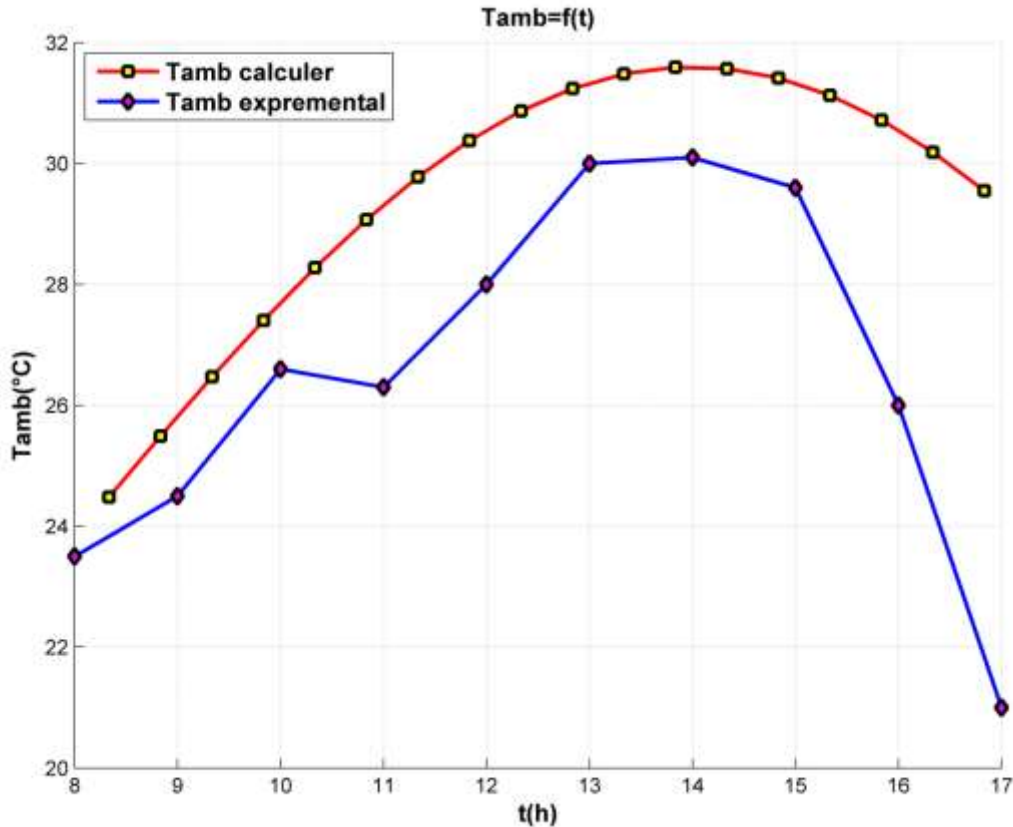
من خلال الشكل (1-IV) نلاحظ أن شدة الإشعاع الشمسي المباشر نظريا و تجريبيا يأخذ نفس منحنى التغير و هو عبارة قطع مكافئ. حيث بلغا أعلى قيمة له عند الزوال تقريبا عند الواحد زوالا و المقدرة بـ 550 W/m^2 و 980 W/m^2 على التوالي، حيث القيم النظرية تفوق التجريبية بـ 1.7 مرة. هذا الاختلاف قد يرجع لأسباب متعددة، أهمها الظروف الجوية الغيوم و الغبار و دقة جهاز القياس.



الشكل (1-IV) تغيرات الإشعاع الشمسي المباشر خلال يوم 11 ماي 2022 نظريا وتجريبيا

3-IV دراسة درجات حرارة المحيط:

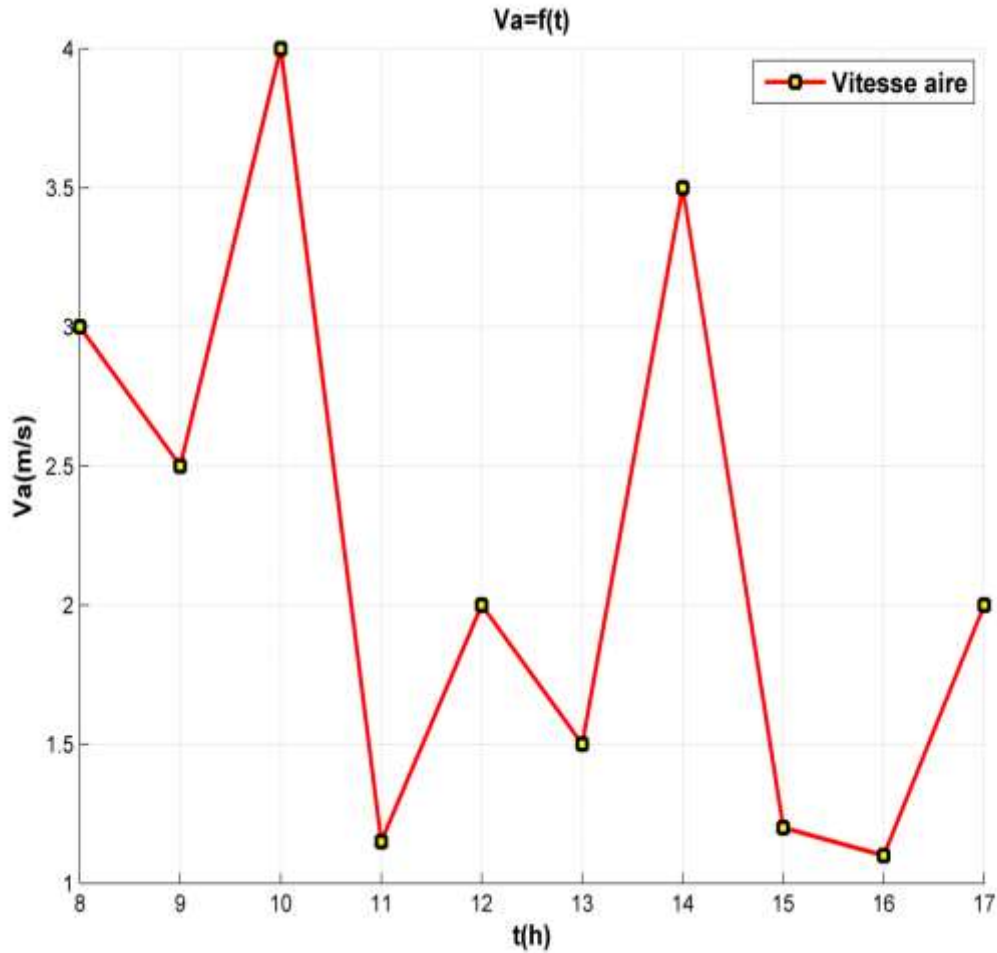
يلاحظ من الشكل (2-IV) و الجدول (1-IV) أن تغيرات درجة الحرارة الجو طوال فترة القياس نظريا و تجريبيا تأخذ نفس الشكل تقريبا, إذ من المفترض نظريا أن تسجل أدنى قيمة لها تقريبا عند ثامنة صباحا أين تقدر بـ 24.48°C . التي تتزايد إلى أن تصل إلى 31.89°C , التي تعتبر أعلى قيمة لها و ذلك عند الزوال تقريبا (أي عند ثمانية زوالا). بعدها تتراجع إلى أن تبلغ القيمة 21°C , عند حوالي الخامسة مساء. يظهر خلال الفترتين من الثامنة حتى العاشرة و من الواحدة زوالا إلى الثالث زوالا تطابق في التغير مع اختلاف في النتيجة حيث القيم التجريبية تكون اقل (دوما). و هذا الاختلاف يعود إلى الظروف الجوية (السحب الرياح.. الخ) بالإضافة إلى إرتيبات القياس أثناء العمل التجريبي.



الشكل (2-IV) تغيرات درجات حرارة الجو طوال فترة القياس نظريا و تجريبيا.

IV-4 دراسة سرعة الرياح في المحيط:

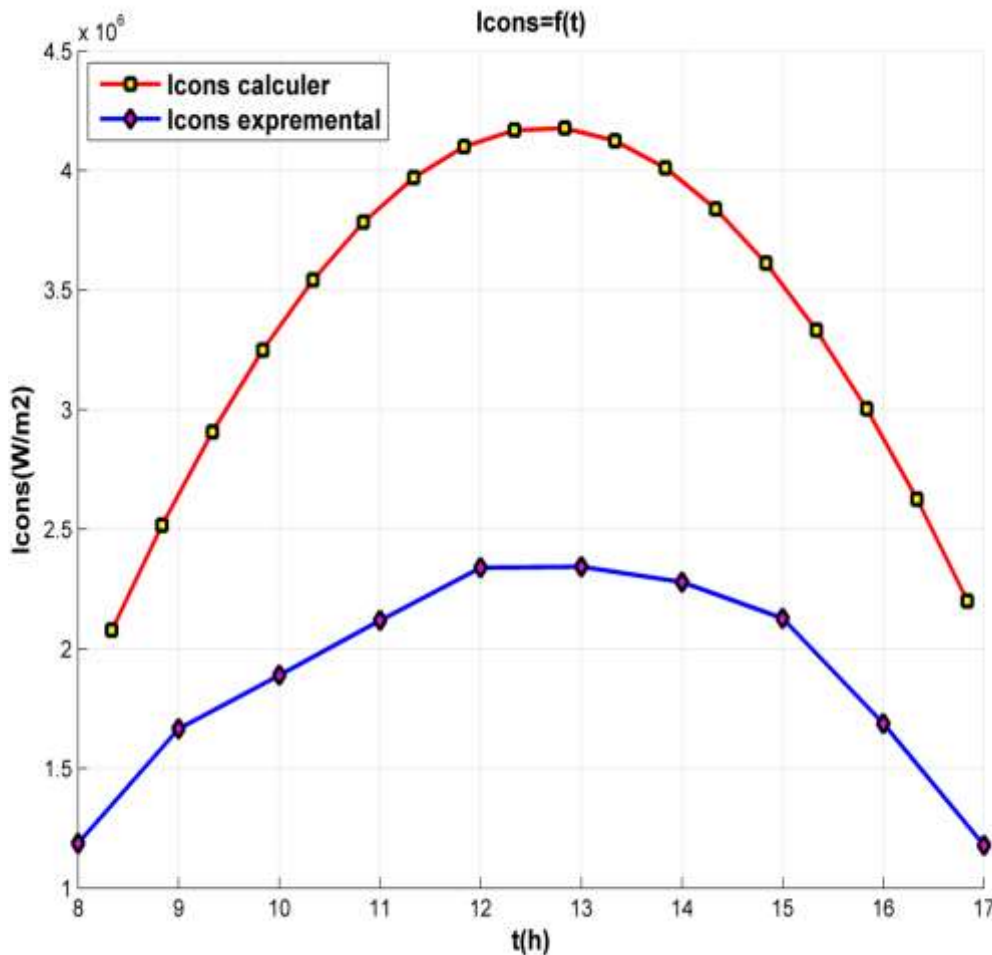
نلاحظ من الشكل (3-IV) تغيرات سرعة الرياح طوال فترة القياس حيث نلاحظ عند ثامنة إلى التاسعة صباحا تناقص في سرعة الرياح من 3 m/s إلى 2.5 m/s ثم تتزايد حتى تصل إلى أعلى قيمة لها عند العاشرة صباحا ثم تتناقص حتى تصل إلى أقل قيمة لها عند الحادية عشر صباحا حيث بلغت تقريبا 1 m/s من ثم تتزايد إلى أن تصل 3.5 m/s و تتناقص 1.3 m/s عند ثالث مساء و من ثم تتزايد إلى 2 m/s



الشكل (3-IV) تغيرات سرعة الرياح طوال فترة القياس.

IV-5 دراسة الإشعاع الشمسي المركز في البؤرة:

يوضح الشكل (4-IV) تغيرات الإشعاع الشمسي المركز في البؤرة نظريا و تجريبيا حيث سجلت عند الزوال تقريبا عند الواحد زولا أعلى قيمة له بلغت حوالي $4.2 \times 10^6 \text{ W/m}^2$ و $2.4 \times 10^6 \text{ W/m}^2$ على التوالي، حيث القيم النظرية تفوق التجريبية بـ 1.7 مرة. من الملاحظ أن شدة الإشعاع الشمسي المركز بين النظرية و تجريبية يتوافق في تغيره مع كل ما جاء من التفسير الذي اطلعنا عليه في السابق و الخاص بالإشعاع الشمسي، و يرجع هذا أن التركيز يحسب بذات العلاقة المستعملة في الحالتين. و التي من المؤكد تعطي الإشعاع مركز يفوق الإشعاع العادي بـ 4200 مرة.



الشكل (4-IV) تغيرات الإشعاع الشمسي المركز في البؤرة نظريا وتجريبيا.

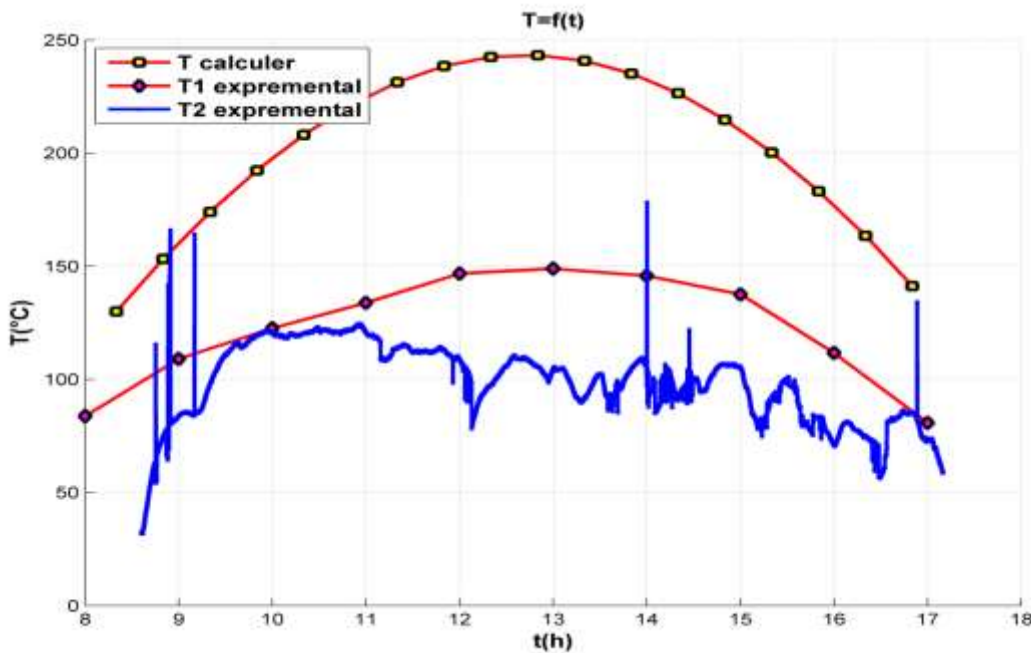
IV - 6 دراسة درجة الحرارة عند البؤرة:

يمثل الشكل (5-IV) تغيرات درجة الحرارة عند البؤرة نظريا و تجريبيا T1 و T2 حيث:

T1- المقاسة تجريبيا.

T2- تعتمد على شدة الإشعاع و درجة الحرارة المحيط المقاسان تجريبيا، و المحسوبة بنفس الطريقة

النظرية المعتمدة في الحساب $T_{calculator}$



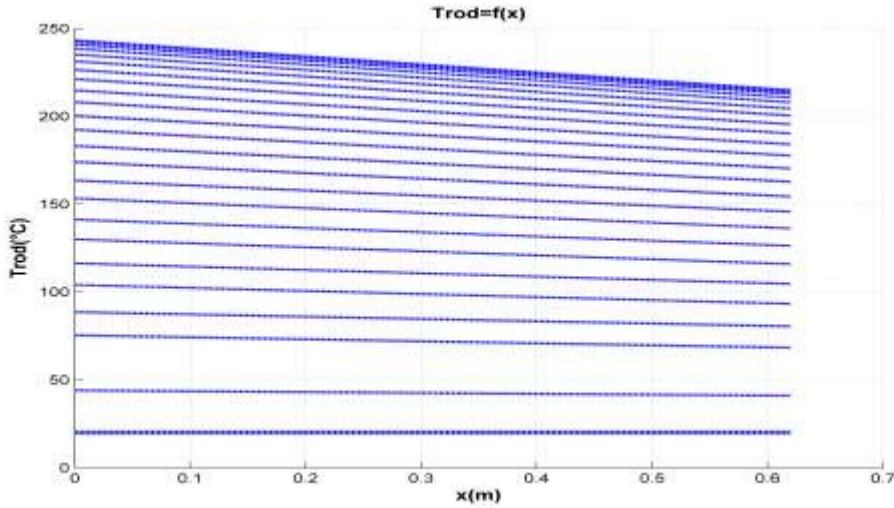
الشكل (5-IV) تغيرات درجة الحرارة عند البؤرة (تجريبيا و نظريا).

حيث تحافظ درجة الحرارة المحسوبة علي نفس شكل التغير الإشعاع و درجة حرارة المحيط التي تصل أعلى قيمها عند الزوال و التي تكون أعلى بكثير من تلك المقاسة تجريبيا. هذه الأخيرة تأخذ شكلا عشوائيا، حيث تزداد بقوة عند العاشرة صباحا لتستقر بتناقص طفيف جدا يزداد وضوحا ابتداء من الواحد زوالا. و هذا الاختلاف راجع إلى وجود ضياع الإشعاع المركز على البؤرة بسبب انكسارات المرايا المركبة على سطح الصحن بالإضافة إلى صعوبة التتبع اليديوي للإشعاع الشمسي و الظروف الجوية غير

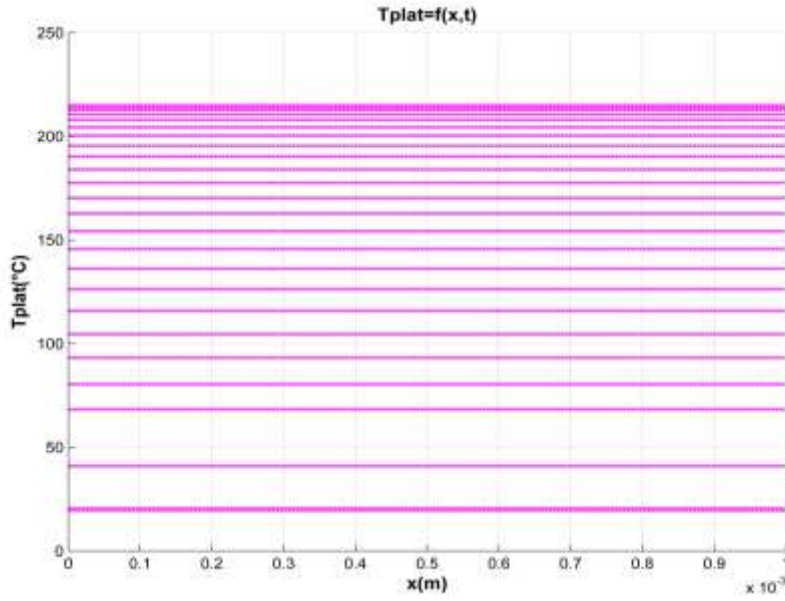
الملائمة (غيوم ضعيفة التأثير و رياح). و شكل الهندسي للبؤرة المعتمد تجريبيا الذي من المفترض أن يقلل من تأثير الرياح على درجة الحرارة هنا إلا انه يساهم في تقليل من شدة الإشعاع الساقط (المركز) و موقع الغير المناسب لتثبيت الحساس الحراري عند البؤرة كذلك عدم دقة الجهاز المستعمل.

IV-7 دراسة انتقال الحرارة إلى الماء :

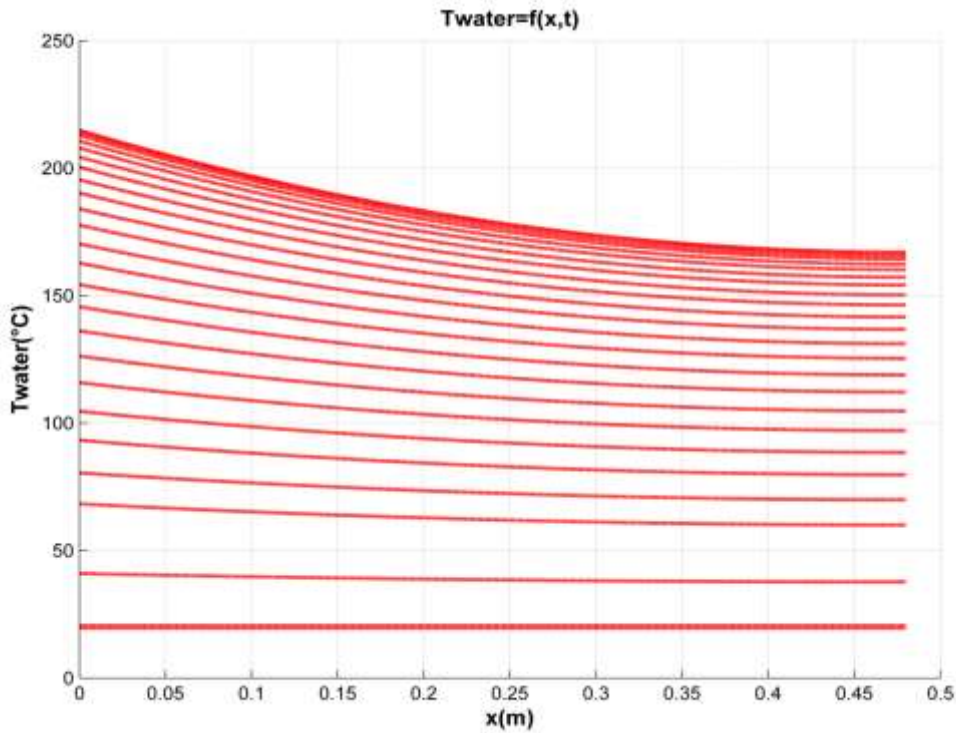
من الأشكال (6-IV) و (8-IV) و (9-IV) نلاحظ توزيع درجة الحرارة في كل من القضيب النحاسي و ماء الخزان، كلما زادت درجة الحرارة عند الطرف الأول لكل من القضيب النحاسي و مياه الخزان تزداد درجة الحرارة عند الطرف الثاني و لكن بقيمة اقل حيث فارق في درجة حرارة عند القضيب النحاسي اقل منه عند مياه الخزان و العكس بالنسبة لسرعة انتقالها، هذا راجع إلى الناقلية النوعية للنحاس أحسن من الناقلية المياه



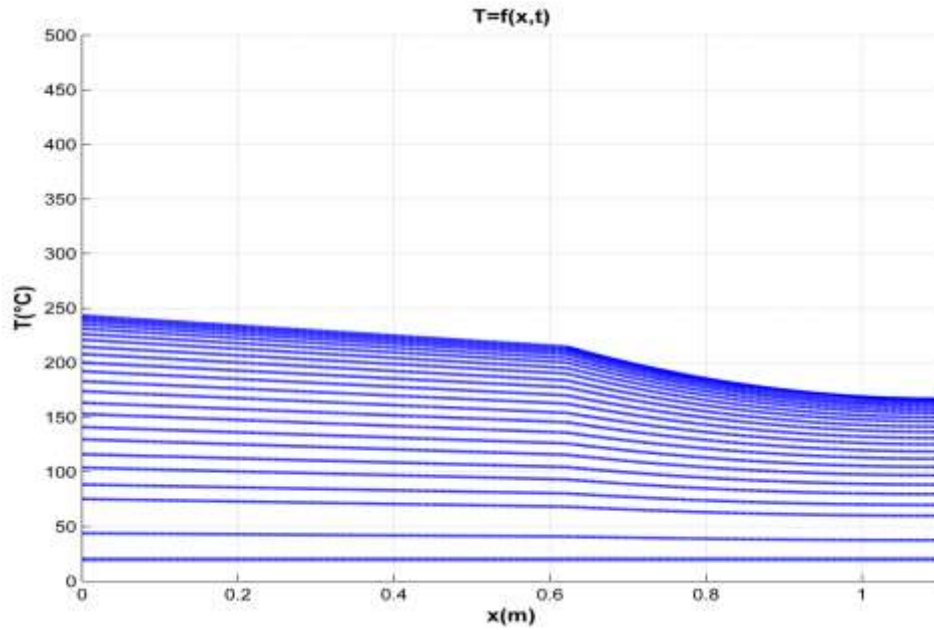
الشكل (6-IV) توزيع درجات الحرارة في القضيب النحاسي.



الشكل (7-IV) توزيع درجات الحرارة في الصفيحة.

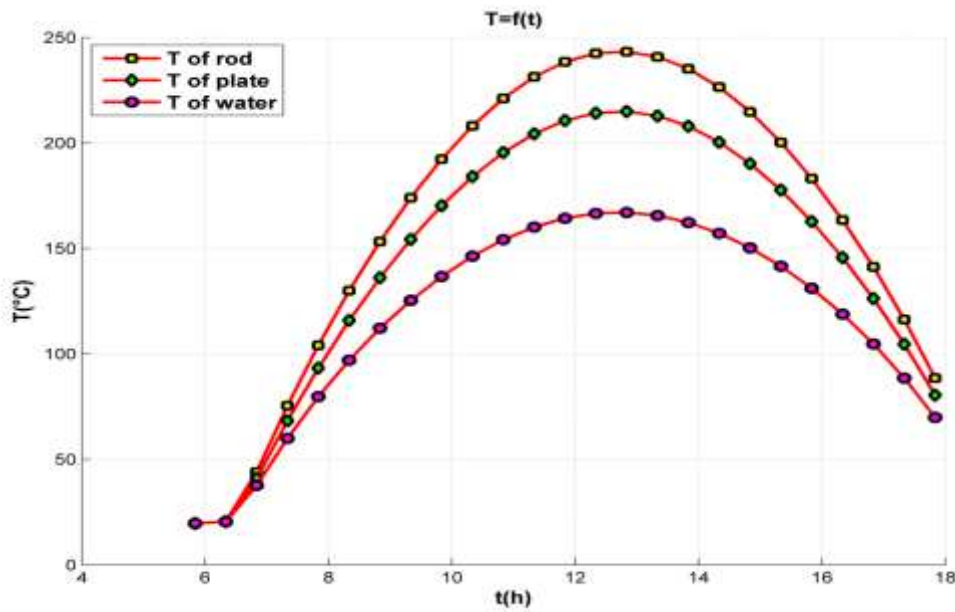


الشكل (8-IV) توزيع درجة حرارة الماء في الخزان.



الشكل (9-IV) توزيع الحرارة على طول القضيب و الخزان.

أما بنسبة لشكل (7-IV) نلاحظ توزيع درجة الحرارة في الصفيحة النحاسية حيث درجة الحرارة تبقى ثابتة على طولها و هذا راجع إلى السمك الرفيع لصفيحة 1mm مما ساعد على سهولة انتشارها وعدم وجود ضياع فيها.

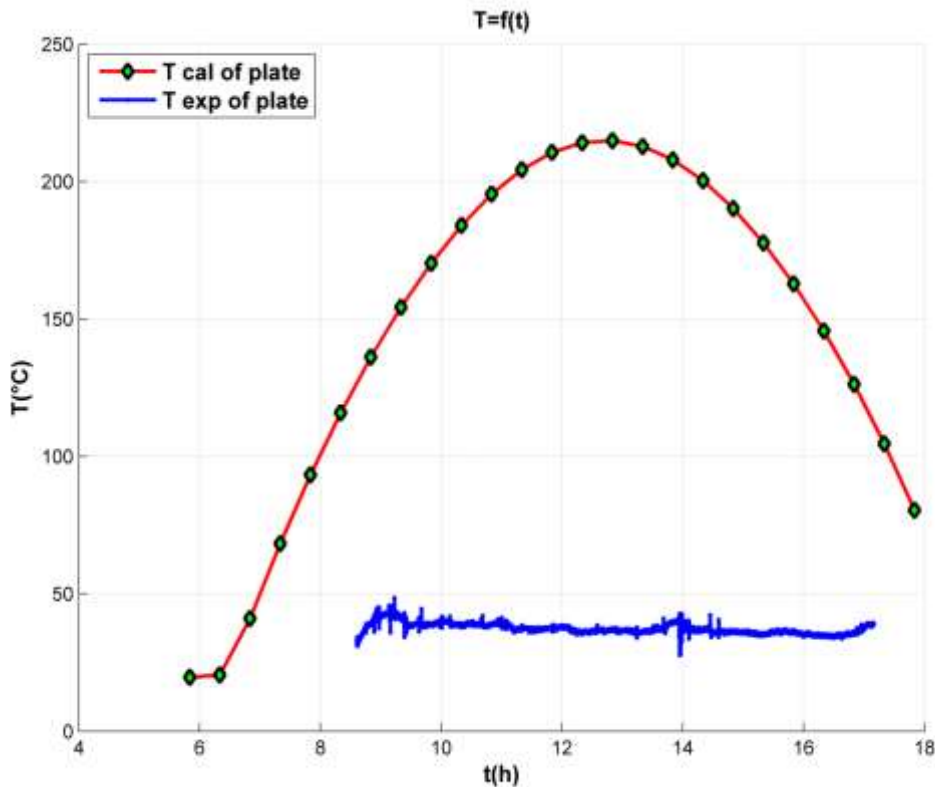


الشكل (10-IV) تغيرات درجات الحرارة عند طول القضيب و الصفيحة و الخزان.

أما بنسبة الشكل (10-IV) نلاحظ تغيرات درجات الحرارة في كل من القضيب و الصفيحة و الخزان، حيث يأخذ تقريبا نفس تغير الإشعاع و بلغو عند الزوال تقريبا عند الواحد زوالا أعلى قيمة لهم و تقدر بـ 240°C و 220°C و 170°C على التوالي و هذا ما يؤكد النتائج مذكورة سابقا.

8-IV دراسة توزيع درجة الحرارة عند الصفيحة:

يمثل الشكل (11-IV) تغيرات درجة الحرارة على سطح الماء (الصفيحة) تجريبيا وحسابيا، حيث تحافظ درجة حرارة المحسوبة على نفس شكل تغير الإشعاع، التي تصل أعلى قيمة لها عند الزوال تقريبا عند الواحد زوالا بقيمة بلغت 220°C . و تكون أعلى بكثير من تلك المقاسة تجريبيا، التي أخذت شكلا عشوائيا، حيث بلغ ذروته عند العاشرة صباحا و وصلت إلى 50°C بعدها تتناقص تناقص طفيف و من ثم تستقر في حدود 40°C .

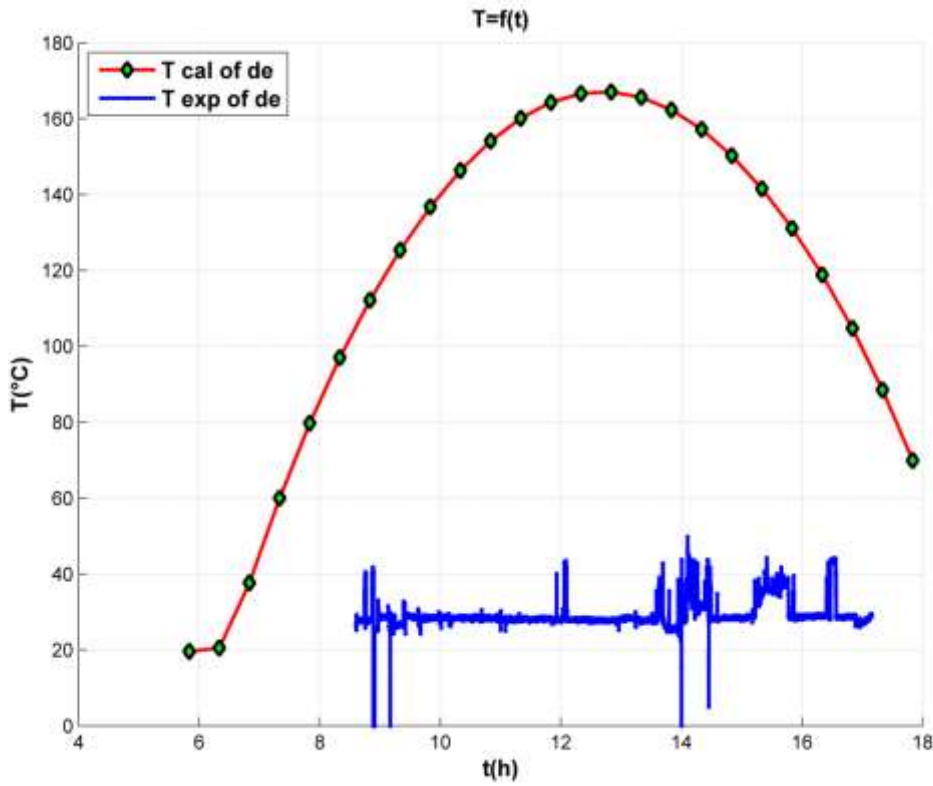


الشكل (11-IV): تغيرات توزيع درجة الحرارة عند الصفيحة تجريبيا و نظريا.

و هذا راجع إلى شكل الهندسي للصفحة و هو عبارة عن مستطيل غير مناسب مع مساحة مقطع الخزان مما أدى إلى عدم تنظيم في توزيعها و عدم تثبيت الحساس الحراري في المكان المناسب له وكذلك مدى نقاوة نحاس المستعمل في صنع الصفحة و عدم دقة الجهاز المستعمل في تسجيلها.

9-IV دراسة توزيع درجة الحرارة قاع الخزان:

يمثل الشكل (12-IV) تغيرات درجة الحرارة قاع الخزان تجريبيا وحسابيا حيث تحافظ درجة حرارة المحسوبة على نفس شكل تغير الإشعاع التي تصل أعلى قيما لها عند الزوال تقريبا عند الواحد زوالا بقيمة بلغت 160°C ، و تكون أعلى بكثير من تلك المقاسة تجريبيا أخذت شكلا عشوائيا حيث بلغ ذروته عند الثانية مساء و وصلت إلى 45°C بعدها تتناقص تناقص طفيف و من ثم تستقر في حدود $^{\circ}\text{C}$ 40.

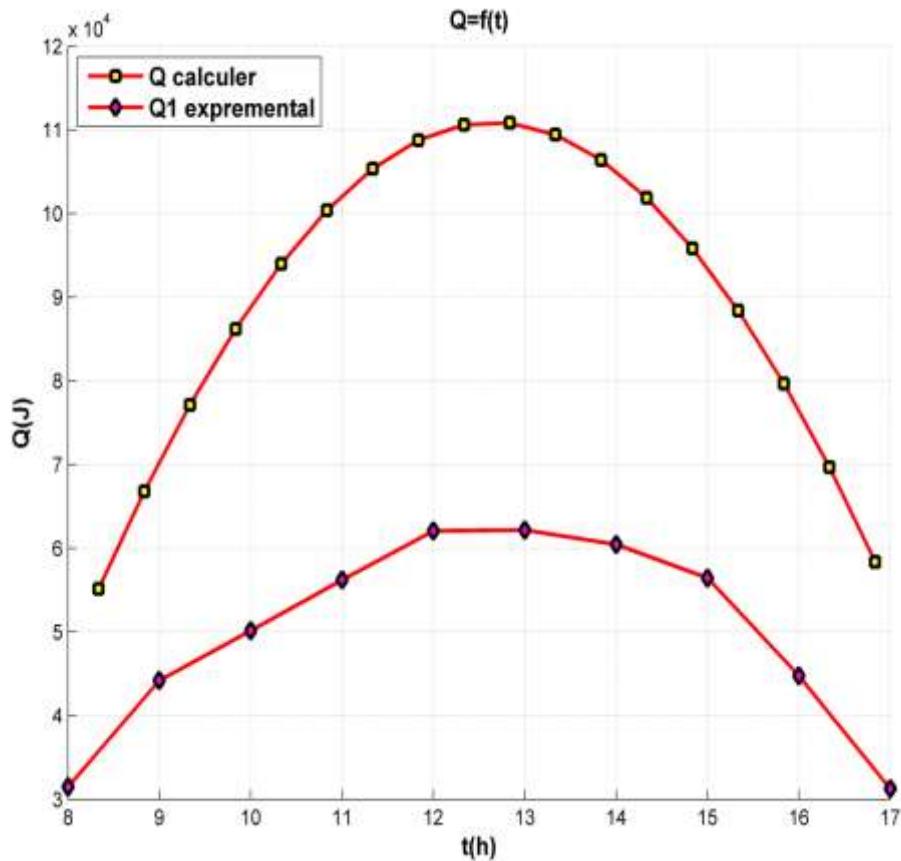


الشكل (12-IV): تغيرات توزيع درجة الحرارة عند قاع الخزان تجريبيا و نظريا.

و هذا راجع إلى نوعية الماء المستعمل حيث الناقلية نوعية للمياه المقطر مستعمل حسابيا اكبر من الماء غير مقطر المستعمل في التجريب، الموقع الغير مناسب لعملية تثبيت الحساس الحراري وعدم دقة الجهاز المستعمل بسبب تحريك موقع الخزان.

10-IV كمية الحرارة المنتقلة للماء:

من خلال الشكل (13-IV) يتبين أن كمية الحرارة المنتقلة للماء النظرية و التجريبية تأخذا نفس تغير الإشعاع، حيث نلاحظ تزايد في كمية الحرارة من ثامنة صباحا إلى بلوغ ذروتها تقريبا عند الواحد زولا بلغت 6 J و 11 J على التوالي، لوحظ أن القيمة النظرية تفوق التجريبية بـ 1.8 مرة.



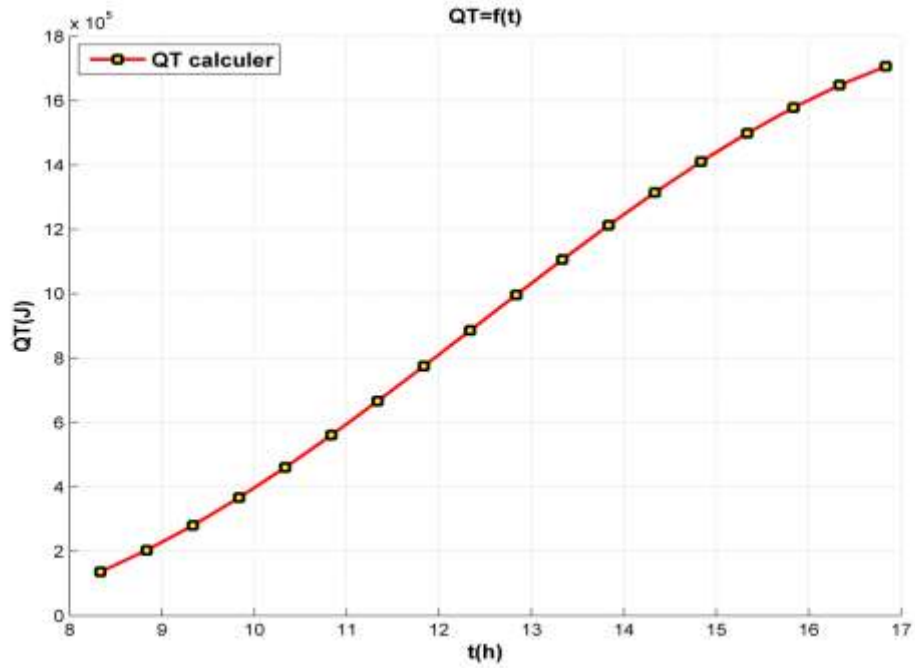
الشكل (13-IV): تغيرات كمية الحرارة المنتقلة للماء تجريبيا و نظريا.

و هو راجع إلى الضياعات الناتجة من استعمال مجموعة من الأسلاك ذات القطر الصغير الملفوفة ببعضها البعض حيث يوجد هناك فراغات بين السلك و السلك تتسبب في ضياع الحرارة المنتقلة إلى الماء. و نقاوة نحاس المستعمل أي لا يمتلك نفس الناقلية الحرارية المستعملة في حساب القيم النظرية. الجدول (1-IV): بين القيم الابتدائية و النهائية و العظمى تجريبيا و حسابيا.

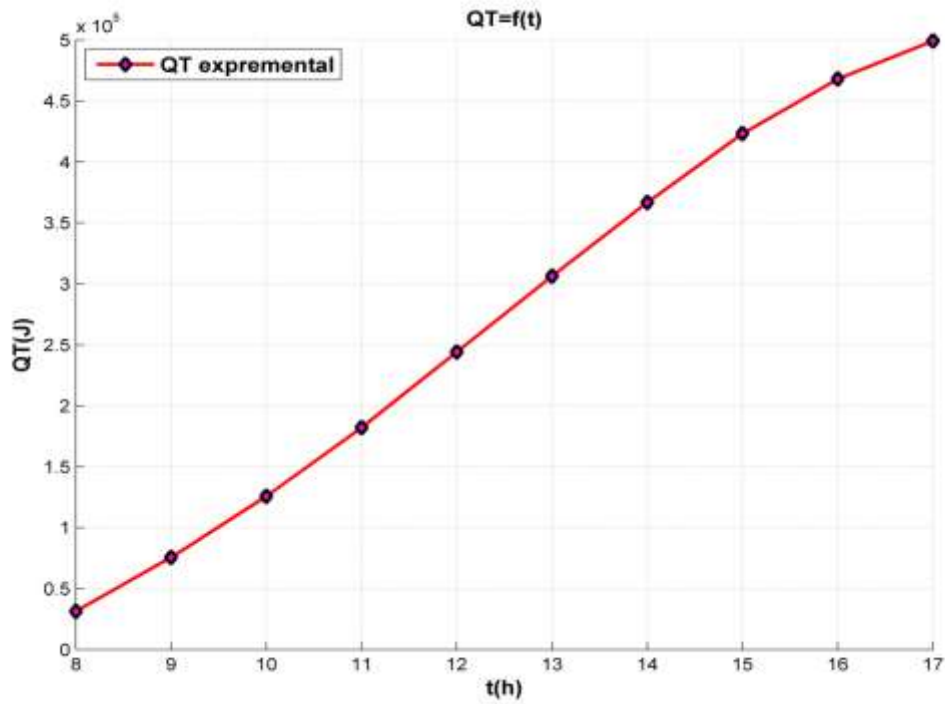
	القيمة الابتدائية		القيمة العظمى		القيمة النهائية	
	التجريبية	الحسابية	التجريبية	الحسابية	التجريبية	الحسابية
شدة الإشعاع (W/m ²)	273	481.57	543	967.90	510	273
شدة الإشعاع المركز (W/m ²)	11.78e5	20.78e5	23.43e5	41.77e5	26.26e5	11.78e5
درجة الحرارة المحيط (°C)	21	24.48	30	31.89	30.19	21
درجة الحرارة عند البؤرة (°C)	58.5	104.05	122.5	243.25	88.55	58.5
درجة الحرارة عند سطح الماء (°C)	29	96	37.75	217	127	29
درجة الحرارة عند قعر الخزان (°C)	29.25	82	29.25	163	105	29.25
كمية الحرارة المنتقلة (kJ)	31	42.13	63	110.83	31.66	31
كمية الحرارة المخزنة (MJ)	1.72	0.082	1.72	1.78	1.78	1.72

11-IV كمية الحرارة المخزنة في الماء :

من خلال الشكلين (14-IV) و (15-IV) نلاحظ أن كمية الحرارة المخزنة نظريا و تجريبيا متطابقين في الشكل، حيث نلاحظ هناك تزايد خطي إلى أن بلغا ذروة بقيمة 17×10^5 J و 5×10^5 J على التوالي عند الخامسة مساء، لكن القيم النظرية تفوق التجريبية بـ 3.4 مرة و لهذا تم فصل منحني التغيير عن بعضهما البعض. هذا الاختلاف راجع إلى تغيير كمية الحرارة المنتقلة للماء أي تزايد و تتناقص معا.



الشكل (14-IV): تغيرات كمية الحرارة المخزنة في الماء نظريا.



الشكل (15-IV): تغيرات كمية الحرارة المخزنة في الماء تجريبيا.

الخلاصة العامة:

يعتبر المجمع الشمسي الصحن القطع المكافئ (DP) من أهم أنظمة التركيز الشمسي الحراري من حيث الفعالية في الإنتاج (الطاقة الكهربائية شمسية، تسخين المياه، إنتاج البخار، التقطير....) و ذلك لمختلف الأغراض الصناعية والمنزلية.

حاولنا في هذه الدراسة تقديم طريقة لتسخين المياه بواسطة المجمع الشمسي الصحن القطع المكافئ (DP) . حيث تمت هذي الدراسة " يوم 11 ماي 2022 من الثامنة صباحا إلى الخامسة مساء". و ذلك بتحويل الطاقة المخزنة من الإشعاع الشمسي إلى حرارة بفضل تسليط الإشعاع على الجانب للقضيبي نحاسي متمركز في البؤرة و احتوائه على صفيحة نحاسية لتسهيل عملية التوزيع منتظم لدرجة الحرارة في جانب الأخرى، يتم وضعها على سطح ماء الخزان المعزول بنفس مادة عزل القضيبي النحاسي.

كما تمت إعادة بلورة البرنامج الخاص بالحساب بما يتناسب مع إدراج قيم العمل التجريبي، سواء القيم المأخوذة من النظام أو تلك الناتجة عن العمل التجريبي للتمثيل البياني للمقارنة.

و بهذا استطعنا الحصول على النتائج النظرية المثالية و بالتالي نتمكن من تحديد الأخطاء التجريبية و اقتراح التحسينات الممكنة تطبيقها. و من أهم النتائج المستخلصة من عملنا هذا ما يلي:

✓ تعرفنا على توزيع الحرارة على طول القضيبي والخزان، و تغيرات هذا التوزيع بتغير شدة الإشعاع حسابيا وتجريبيا.

✓ تزداد درجة الحرارة بشكل مماثل لزيادة الإشعاع الشمسي، مع فارق متزايد عند أطراف كل من القضيبي و الخزان.

و كأي عمل بالأخص أن كان تجريبيا تتخلله أخطاء و المشاكل، من أهمها:

- ❖ الطريقة غير الصحيح لتركيب المرآة العاكسة على سطح الطبق الصحن القطع المكافئ (DP)، مما أدى إلى تضيع جزء من الأشعة المركزة على بؤرة الصحن القطع المكافئ.
 - ❖ صعوبة في تتبع الإشعاع الشمسي يدويا.
 - ❖ صغر مساحة مستقبل الأشعة المنعكس من الصحن مما أدى إلى ضياع جزء منها.
 - ❖ عدم وضع الصفيحة النحاسية تكافئ مساحة مقطع الخزان مما سببا في عدم التوزيع المنتظم للحرارة.
 - ❖ نوعية و طول المعدن المستعمل في نقل الحرارة إلى الخزان المعزول.
- لذلك رأينا انه يمكن إعادة العمل التجريبي مستقبلا، بالأخذ بعين الاعتبار لمجموعة متعددة من التحسينات الضرورية و التي تطبيقها يزيد مردود العمل. و أهم هذه التحسينات نذكر:
- استعمال منظومة ميكانيكية خاصة لتتبع مسار الإشعاع الشمسي لزيادة استغلاله.
 - زيادة مساحة الطبق الصحن القطع المكافئ (DP).
 - زيادة المردود الحراري بزيادة الانعكاس الإشعاع إلى غاية القيمة القصوى، هذه القيمة تتعلق بقطر المستقبل الماص.
 - التفكير في آليات تنظيف المرايا الزجاجية من الغبار والأتربة والرطوبة بشكل دوري وبتكلفة بسيطة.
 - استعمال ألياف بصرية بدلا من القضيب النحاسي لنقل الطاقة الشمسية المركزة للخزان المعزول، مع اختيار مواد أكثر غزلا للحرارة.
 - إضافة خلاطا للخزان لتساوي انتشار الحرارة فيه.
 - زيادة مساحة المقطع القضيب النحاسي.
 - تغير المرايا الزجاجية بمواد ذات انعكاسية عالية.

المراجع

مراجع العربية:

- [01] لقرين هناء وثام و معمري جهينة، محاكات دراسة تسخين المياه و الحصول على بخار بواسطة نقل الحرارة الناتجة عن مركز ذو قطع مكافئ ، مذكرة مقدمة لنيل ماستر في الفيزياء جامعة ورقلة 2021.
- [02] د. رائد خضر سلمان الفهداوي، محاضرات في الطاقات المتجددة، قسم الفيزياء، جامعة الأنبار، العراق 2016/2015.
- [03] د. أسعد رحمان سعيد الحلفي، هندسة الاغذية بالطاقة الشمسية، قسم علوم الاغذية، كلية الزراعة، جامعة البصرة 2010.
- [04] د. م. مالك الكباريتي و د. م. عمار الطاهر و د. م. نضال عبد الله و د. م. مظفر عميش، حقيبة السخان الشمسي، المعهد الوطني لبحوث الطاقة، المملكة الأردنية الهاشمية 2002.
- [05] خنقاوي ريان و منصور صابر و بسملة عبد الستار، دراسة أداء الطاقة لسخان المياه بالطاقة الشمسية، مذكرة مقدمة لنيل شهادة ليسانس طاقات متجددة، جامعة ورقلة 2019.
- [06] احمد هيسم هرموش، دراسة تصميمية لسخان شمسي مطور لتخفيف الحمل الحراري الزائد في الصيف، جامعة البعث، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، سوريا، 2019.
- [07] د. م. كاميليا يوسف محمد، الطاقة الكهروشمسية، موقع الفريد في الفيزياء، 28 ديسمبر.
- [08] محفوظ عمار، تسخين المياه بالطاقة الشمسية الجزائر، فرقة البحث في الأنظمة المنخفضة الحرارة، قسم الحرارة الشمسية و الجيوحرارية.
- [14] عماري خولة و رحماني فايزة، حل المعادلات التفاضلية باستخدام الأداة pdeTool من ماتلاب - دراسة انتقال الحرارة في صفيحة خماسية التثقيب نموذجاً-، مذكرة مقدمة لنيل ماستر في الفيزياء جامعة ورقلة 2020.

- [16] روبرت ل إيفانز، شحن مستقبلنا بالطاقة باستخدام الطاقة المستدامة، ترجمة د. فيصل حردان، مدينة الملك فيصل للعلوم و التقنيات، السعودية 2011.
- [17] سوداني محمد البار، تحقيق عملي لمركز شمسي أسطواني مكافئ ذي غطاء زجاجي، رسالة مقدمة لنيل درجة الدكتوراه في العلوم جامعة ورقلة 2018.
- [19] مسعودي الضاوية، تأثير مخروط عاكس على تركيز شمسي ، مذكرة مقدمة لنيل ماستر في الفيزياء جامعة ورقلة 2011.
- [21] د. سعود بن حميد اللحياي، فيزياء الجوامد، جامعة أم القرى، كلية العلوم التطبيقية شعبة الفيزياء الطبية.
- [22] تخصص تبريد و تكييف، أساسيات الحرارية و المواع، وحدة انتقال الحرارة، الكتب المتخصصة، المملكة العربية.
- [24] المهندس خضر عكاوي، كودة العزل الحراري، الجمعية العلمية مركز بحوث البناء لصالح مجلس البناء الوطني الأردني، 1989.
- [25] عبد الله علي عبد الله، اردوينو ببساطة، دليلك العملي لتعلم أساسيات والكترونيات التفاعلية. 31 أغسطس 2021.

المراجع الاجنبية:

- [09] Andrew, F., Modeling the environment, island press, united states, 2009.
- [10] Edward, A., Introduction to mathematical modeling, Dover publications, New York, 2000.
- [11] Michael, A., An introduction to mathematical modeling, Heaven Books, New York, 2001.

-
- [12] David T., Statistical Physics, Centre for Mathematical Sciences, Cambridge, UK, 2012.
- [13] Robert G., Introductory Physics, Duke University Physics Department, Durham, 2013.
- [15] "Solar Radiation And Temperature", www.britannica.com, Retrieved 2-1 2018. Edited.
- [18] Marif. Y, 2008. Contribution à l'amélioration du rendement d'un distillateur a film capillaire multi étage. Mémoire de magister en physique énergétique. U. K. M. Ouargla.
- [20] Egbo G., Sintali I. S., and Dandakouta H., "Analysis of Rim Angle Effect On the Geometric Dimensions of Solar Parabolic-Trough Collector", Int. Jor. P. App. Scs., 2 (2008) No.3, 11-20.
- [23] jeroen van hunen & saskia goes, physics of the earth: mantle and core, version april, 2006.

الملخص

باستعمال نموذج لمجمع شمسي الصحن لقطع مكافئ من أجل استغلاله في تسخين المياه و ذلك بواسطة قضيب نحاسي معزول حراريا مثبت طرفه الأول في بؤرة الصحن و تلحم في طرفه الثاني صفيحة نحاسية، يتجمع الإشعاع الشمسي عند البؤرة، بعد انعكاسه على الطبق المكافئ، تتحول الإشعاعات إلى حرارة عند اصطدامها بطرف الأول، تتوزع الحرارة عبر القضيب حتى تصل للصفيحة التي تلامس سطح الماء في الخزان المعزول حراريا، وفقا لنتائج الإشعاع الشمسي لمنطقة ورقلة يدويا يتم تسجيل النتائج باستعمال لوح اردوينو و بفضل مقارنة النتائج التجريبية بالنظرية توصلنا إلى تحديد الأخطاء تجريبية و اقتراح تحسينات، من أهم نتائج المستخلصة من عملنا تغير توزيع الحرارة على طول القضيب و الخزان بتغير شدة الإشعاع و تزداد درجة الحرارة بشكل مماثل لزيادة الإشعاع الشمسي .

الكلمات المفتاحية: الطاقة الشمسية، الإشعاع الشمسي، مجمع الشمسي الصحن القطع المكافئ،

تسخين المياه.

Summary

Using a model of a parabolic dish solar collector in order to exploit it in heating water by means of a thermally insulated copper rod, the first end of which is fixed at the center of the dish and a copper plate is welded at the second end. The solar radiation collects at the focus, after its reflection on the parabolic dish, the radiation turns into heat When it collides with the first tip, the heat is distributed across the rod until it reaches the plate that touches the surface of the water in the thermally insulated tank, according to the solar radiation tracking of the Ouargla region manually. The results are recorded using the Arduino board. The most important results extracted from our work change the heat distribution along the length of the rod and tank with the change in the intensity of radiation and the temperature increases similarly to the increase in solar radiation.

Key words: solar energy, solar radiation, parabolic dish solar collector, water heating.