



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 : لقرين هناء ونام – معمري جهينة

العنوان:

محاكاة دراسة تسخين المياه و الحصول على بخار بواسطة نقل
الحرارة الناتجة عن مركز ذو قطع مكافئ

نوقشت علنا بتاريخ: 2021/06/21

أمام اللجنة المكونة من الأساتذة:

رئيسا

مناقشا

مشرفا

مشرف مساعد

أستاذ محاضر أ

أستاذ مساعد أ

أستاذ محاضر أ

أستاذ مساعد أ

محسن حسين

تخة محمد

تليلي صالح

بوعنان رابح

السنة الجامعية 2021/2020

شكر وتقدير

الحمد لله رب العالمين الذي بذعته تتم الصالحات

الحمد لله الذي هدانا لهذا وما كنا لنهتدي لولا ان هدانا الله الحمد

الشكر لله والصلاة والسلام على رسول الله.

ثم الشكر والتقدير للأستاذ والدكتور تليبي صالح لإشرافه على هذا العمل

متابعة وتوجيها فكان خير معين وسند لنا في انجاز هذه المذكرة.

أوجه خالص شكري و تقديرى إلى الأستاذ الدكتور راجح بوعثمان على

قبوله الإشراف على هذه الرسالة وعلى جميل صبره وتوجيهاته القيمة.

كما أتقدم بالشكر لكل أساتذة قسم الفيزياء وتخصص فيزياء طاقوية

وطاقتهم متجددة بصفة خاصة.

وكلنا اللجنة التي قبلت مناقشة هذا العمل كل من الرئيس محسن حسين

والمناقش تذا محمد. وكل من قدم يد العون من زملاء وأخوة وأصدقاء.

الإهداء

الحمد لله وكفى و الصلاة على الحبيب المصطفى وأهله ومن وفى أما بعد:

الحمد لله الذي وفقنا لهذه الخطوة في مسيرتنا الدراسية بذكرتنا هذه ثمرة
الجهد و النجاح بفضلته تعالى مهداة إلى الوالدين الكريمين حفظهما الله و
أدامهما نورا لدربي لكل العائلة الكريمة التي ساندتني ولا تزال من إخوة و
أخوات إلى من كانوا عوناً لي في كل احتياجاتي خالتي سمية و نورة.

إلى أكبر براءة في حياتي إسراء.

إلى رفيقات المشوار اللاتي قاسمنني لحظاته ورغاهم الله و وفقهم و فبهم اكتملت
مسيرتي.

إلى من أرشدني و علمني من علمه في إعداد هذا البحث.

هنا

الإهداء

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على خاتم الأنبياء والمرسلين أهدي هذا

العمل المتواضع الى روح ابي الزكية الطاهرة رحمة الله عليه

وامي الغالية حفظهما الله لي وادامهما نور لدربي

والى اكبر سند لي في هذه الحياة إخوتي وليد وندير

وأخواتي وإلى روح أختي الطاهرة , ماجدة, رحمها الله

والى أكبر براءة في حياتي أولاد أخواتي

إلى رفيفات المشوار الالبي قاسمني لحظاته وراحه الله ووفقه فبهم اكتملت

مسيرتي.

جھيرتہ

الفهرس

الصفحة

I

الفهرس

IV

قائمة الإشكال و الجداول

VI

قائمة الرموز

VII

مقدمة

الفصل الأول

المياه الساخنة

01

1-I مقدمة

01

2-I المياه الساخنة في الطبيعة

01

1-2-I الينابيع الساخنة

03

1-1-2-I كيفية نشأة الينابيع الساخنة

03

2-1-2-I فوائد الينابيع الساخنة

03

3-1-2-I أفضل الينابيع الساخنة في العالم

04

2-2-I الحمامات الساخنة

05

3-I طرق تسخين المياه

05

1-3-I الطرق التقليدية

06

2-3-I الطرق الحديثة

06

1-2-3-I سخان الغاز

07

2-2-3-I سخان الكهرباء

08

3-2-3-I السخانات الشمسية

12

4-I أهمية و استخدامات المياه الساخنة

الفصل الثاني

التقديم النظري للدراسة

14	1-II مقدمة
14	2-II الإشعاع الشمسي
15	1-2-II حساب الإشعاع الشمسي المباشر
19	2-2-II دراسة نظرية لمركز قطع مكافئ
19	1-2-2-II هندسة القطع المكافئ
20	2-2-2-II مكونات مركز شمس مقعر
22	3-2-II تركيز الإشعاع الشمسي في مراكز القطع المكافئ
22	3-II الحرارة
22	1-3-II تعريف حرارة
23	2-3-II انتقال الحرارة و طرقه
23	1-2-3-II انتقال الحرارة بالتوصيل
24	2-2-3-II انتقال الحرارة بالحمل
26	3-3-II معادلات انتقال الحرارة
27	1-3-3-II معادلة الحرارة في ثلاثة أبعاد
27	2-3-3-II معادلة الحرارة في بعد واحد
28	3-3-3-II تحديد نوع معادلة انتقال الحرارة
28	4-3-3-II طرق حل معادلة انتقال الحرارة
29	5-3-3-II برامج حل معادلة إنتقال الحرارة

الفصل الثالث

طريقة الدراسة، نتائج و مناقشة

31	1-III مقدمة
31	2-III خصائص منطقة الدراسة
32	3-III خطوات الدراسة و برمجتها
32	1-3-III ماتلاب و حل المعادلات التفاضلية
32	1-1-3-III مقدمة عن ماتلاب

33	III-3-1-2 بعض الأدوات المستخدمة في حل المعادلات التفاضلية في ماتلاب	
34	III-3-2 تحديد أكثر الأيام برودة في السنة	
34	III-3-3 خطوات المتبقية للدراسة و فرضياتها	
35	III-4-3 إعداد البرنامج	
39	III-4 عرض النتائج	
39	III-4-1 عرض ناتج حساب الإشعاع الشمسي مباشر و مركز	
40	III-4-2 عرض ناتج توزيع الحرارة على طول القضيب و خزان الماء	
43	III-4-3 عرض ناتج تغير درجات الحرارة عند أطراف القضيب و الخزان المائي	
44	III-5 مناقشة و تفسير النتائج	
45		الخلاصة
47		المراجع
		الملخص

قائمة الأشكال و الجداول

الأشكال:

الصفحة

- 02 الشكل (1-I): ينبوع حار
- 09 الشكل (2-I): سخان الأنابيب المفرغة
- 09 الشكل (3-I): سخان الأنابيب الحرارية
- 10 الشكل (4-I): بعض أنواع المركبات الشمسية الخطية
- 11 الشكل (5-I): بعض أنواع المركبات الشمسية النقطية
- 16 الشكل (1-II): الكتلة الهوائية الضوئية
- 17 الشكل (2-II): زاوية الساعة الشمسية و دائرة العرض للمنطقة
- 17 الشكل (3-II): يعطي البيان تغيرات التصحيح الزمني خلال أيام السنة
- 18 الشكل (4-II): حركة الأرض بالنسبة للشمس
- 19 الشكل (5-II): بيان تغيرات زاوية الميل الشمسي خلال أيم السنة
- 20 الشكل (6-II): A - الخصائص الهندسية للقطع المكافئ
B - زاوية الفتحة بالنسبة لموضع البؤرة
- 21 الشكل (7-II): A - دوران القطع المكافئ
B - العنصر التفاضلي لسطح القطع المكافئ
- 22 الشكل (8-II): A - مركز شمسي مقعر
B - صورة القطع الناقص
- 25 الشكل (9-II): انتقال الحرارة بالحرارة بالحمل من سطح مستو
- 36 الشكل (1-III): المخطط الانسيابي للتابع الرئيسي
- 37 الشكل (2-III): المخطط الانسيابي للتابع الجزئي الأول
- 37 الشكل (3-III): المخطط الانسيابي لأهم جزء للتابع الجزئي الثاني، الذي يحسب شدة الإشعاع الشمسي
- 38 الشكل (4-III): المخطط الانسيابي للتابع الجزئي الثالث

- 39 الشكل (III-5): تغير كل من الإشعاع الشمسي المباشر و الإشعاع مركّز في بؤرة على طول يوم دراسة
- 40 الشكل (III-6): توزيع الحرارة على طول القضيب و خزان الماء إرتفاعه 1m
- 41 الشكل (III-7): توزيع الحرارة على طول القضيب و خزان الماء إرتفاعه 2m
- 42 الشكل (III-8): توزيع الحرارة على طول القضيب و خزان الماء إرتفاعه 3m
- 43 الشكل (III-9): تغير درجات الحرارة عند اطراف القضيب و الخزان المائي

الجدول:

- 24 الجدول (II-1): الموصلية الحرارية لبعض المواد الشائعة الاستخدام.
- 26 الجدول (II-2): بعض القيم لمعامل انتقال الحرارة بالحمل.

قائمة الرموز

الوحدة الدولية	الرمز	المقادير الفيزيائية
[m ²]	A _S	سطح القطع المكافئ
	C _{flux}	تركيز التدفق الشمسي
	C _g	التركيز الهندسي
[J/Kg.K]	C _p	السعة الحرارية
[m]	d	قطر فتحة القطع المكافئ
[m]	f	البعد البؤري (المحرق)
[°]	h	زاوية الإرتفاع الشمسي
[m]	h	إرتفاع القطع المكافئ
[w/m ² .c°]	h	معامل إنتقال الحرارة بالحمل
[w/m ²]	I ₀	الثابت الشمسي
[w/m.c°]	k	معامل إنتقال الحرارة بالتوصيل
[°]	L	زاوية خط الطول
[°]	φ	زاوية دائرة العرض
[m]	p	نصف القطر
[m]	r	نصف القطر الأصغري
[m]	s	نصف القطر الأعظمي
[h]	TV _s	التوقيت الشمسي الحقيقي
[h]	Tu	التوقيت العالمي
[°]	ω	زاوية الساعة الشمسية
[°]	Ψ	زاوية فتحة القطع المكافئ
[°]	δ	زاوية الميل الشمسي

المقدمة العامة:

إن الحصول على المياه الساخنة أو البخار بالأخص شتاءً يعتبر من القضايا ذات الأهمية البالغة، سواء على مستوى الاستهلاك الشخصي أو الصناعي. لذلك أبتكرت العديد من الطرق بدايةً من استعمال النار قديماً وصولاً لاستعمال الطاقات المتجددة، و الطاقة الشمسية تعتبر الأكثر إستخداماً. حيث أن المراكز من بين التقنيات الحديثة و الأسرع تطوراً و التي تتباً بمستقبل كبير في هذا السياق، بالأخص ذات القطع الاسطواني أو المكافئ.

و من بين المراكز الخطية أو النقطية أبتكرت العديد من الطرق لتحويل الطاقة المحمولة في الإشعاع الشمسي إلى حرارة حيث في هذا البحث و من خلال دراسة نظرية للتركيز الشمسي في القطع المكافئ و حل معادلات انتقال الحرارة نحكي نقل الحرارة الناتجة بواسطة قضيب معدني لخزان ماء، و نطلع على درجات حرارته في ابرد يوم من السنة.

لتحقيق هذه الدراسة من المناسب تقسم هذا العمل لأربعة فصول، و هي:

الفصل الأول: يخصص لإلقاء نظرة عن المياه الساخنة و مصادرها في الطبيعة و كيفية إنتاجها

عبر تاريخ الإنسانية و أهميتها.

الفصل الثاني: من خلاله يقدم بعض المفاهيم النظرية لأجزاء الطريقة المعتمدة في الدراسة؛

بالتعرف على الإشعاع الشمسي، مركز قطع المكافئ النقطي، الحرارة، طريقة انتقالها و كيفية تحول الإشعاع إلى حرارة عبر المركز المختار. كما سيبين من خلاله معادلة انتقال الحرارة، طرق حلها و برمجتها.

الفصل الثالث و الأخير: الذي سوف يتناول طريقة الدراسة و برمجتها، كما يتم فيه عرض نتائج

دراسة كل ظاهرة، لتتم مناقشة و تحليل النتائج مع تقديم تفسير لكل نتيجة.

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

الدراسة و نقائصها، كما يقدم من خلالها أفاق و مقترحات لأعمال المستقبلية.

الفصل الأول:

المياه الساخنة

1-I مقدمة:

يعد الماء عنصرا حيويا من أجل توازن النظام الكوني، إلى جانب دوره البيولوجي و الجيولوجي. و في الحياة يلعب الماء أيضا دورا اجتماعيا و أنثروبولوجيا كبيرا، فهو عصب الحياة و مصدر نشأة المجتمعات و الهام معتقداتها. لذلك فأغلبية التجمعات البشرية تستقر أمام أول نقطة للمياه حول الآبار و الينابيع، لأجل شربها و غذاءها و لتدبير شؤونها اليومية. لذلك فهو على الدوام رهان و مصدر صراع اقتصادي، سياسي و ثقافي.

من جهة أخرى و في المخيلة الشعبية يرتبط الماء كذلك بتمثلات الألوهة و بقصص و أساطير الخلق و البداية و بتمثلات الجسد الخصوبة و الجمال، لذلك فإن له رمزية كبيرة و قوية في صناعة الذات الاجتماعية و المعتقدات الدينية. في هذا الشأن يعد الماء مادة ضرورية لأجل التخلص من كل نجس؛ إما لأجل إقامة شعائر العبادة أو لأجل الزينة، بالتالي فإن للماء ارتباط وثيق بطقوس التطهير و ممارسات الاغتسال و الاستحمام [01].

2-I المياه الساخنة في الطبيعة:

1-2-I الينابيع الساخنة:

الينابيع الحارة هي ينابيع نشأت نتيجة تسرب المياه السطحية، التي تنتج عن الأمطار و الثلوج إلى باطن الأرض. إذ يتكون عدد كبير من الينابيع في المناطق البركانية، عندها تكون الصخور الحارة المنصهرة التي تسمى الصهارة قرب سطح الأرض، تسيل المياه السطحية بالتدرج إلى أسفل خلال

طبقات من الصخور حتى يتم تسخينها بالصهارة، بعدئذ يرتفع الماء إلى السطح خلال القنوات الموجودة في الصخور. تنشأ الينابيع الحارة أيضًا في المناطق التي يوجد بها طبقات صخورها تحت أرضية على شكل إنصداعات أو طيات، أين ترتفع الحرارة في باطن الأرض بازدياد العمق. و تمكن الانصداعات و الطيات المياه السطحية من النفاذ إلى أعماق الأرض، حيث يتم تسخينها. و يعتقد أناس كثيرون أن أملاحًا معدنية معينة موجودة في الينابيع الحارة قادرة على شفاء أمراض مختلفة، فمنذ قديم الزمان أدى هذا الاعتقاد إلى قيام الناس بالاستحمام فيها و شربهم إياها.

تتمركز المنتجعات الصحية الشهيرة حول الينابيع الحارة، و من أشهرها؛ المتنزه القومي للينابيع الحارة في كل من أركنساس بالولايات المتحدة الأمريكية، فيسبادن في ألمانيا.

الينابيع الحارة مصدر للطاقة الحرارية الجوفية، و هي الطاقة التي تنتج بالبخار أو المياه الحارة الموجودة داخل الأرض. توجد لدى العديد من الدول و منها؛ نيوزيلندا، الاتحاد السوفييتي (سابقا) و الولايات المتحدة وحدات لتوليد القدرة تستخدم الطاقة الحرارية الجوفية لتوليد الكهرباء [02].



الشكل (1-1): يمثل ينبوع حار [02]
(Yellowstone National Park)

I-2-1-1 كيفية نشأة الينابيع الساخنة:

بالإضافة لما جاء أعلاه، تتكون الينابيع الحارة بطرقٍ عديدة:

الشائع منها، هي عندما تسخن مياه المطر أو مياه الآبار عن طريق الاتصال مع الصخور، التي اكتسبت حرارتها من خلال مقذوفات البراكين أو الصخور المنصهرة. هذا النوع من الينابيع يتكون بجوار البراكين، بعد ذلك تصبح المياه الساخنة قابلةً للطفو وأكثر لزوجةً و من ثم تبحث عن شقوقٍ و ثنايا لتصل إلى سطح الأرض، لتظهر في صورة الينابيع الحارة التي نراها.

من الطرق الأخرى لتكوين الينابيع الساخنة، هي عندما يسقط المطر على الأرض و يتم تسخينه من خلال العناصر المشعة الموجودة في التربة و الصخور، التي تتحرك مياهه خلالها. عندها تصبح المياه أكثر لزوجةً تتجه نحو السطح، مكونةً شيئاً أشبه بالبحيرة و هي الينابيع الحارة [03].

I-2-1-2 فوائد الينابيع الساخنة:

للينابيع الحارة فوائد جمة، نذكر منها على سبيل الحصر:

- تعتبر الينابيع الحارة وجهةً سياحيةً معروفةً للكثير من السياح في كثيرٍ من البلدان، و ذلك لإتخاذها مكانٍ علاجيٍّ و للاسترخاء. إذ تتميز الينابيع الحارّة بوجود وفرةٍ من الفلزات المفيدة للجلد و الجسم، لأن المياه الساخنة لديها قابلية لإذابة المواد الصلبة، لذلك فهي تحتوي على الكالسيوم و المغنيسيوم و الليثيوم و حتى الراديوم.

- الحرارة الموجودة في الينابيع الحارة تساعد على تهدئة آلام العضلات و المعادن الموجودة يتم امتصاصها من خلال الجلد لتحفز العمليات الحيوية للإنسان، كما تساعد في علاج الكثير من المشاكل العضلية [04].

I-2-1-3 أفضل الينابيع الساخنة في العالم:

هناك العديد من الينابيع الساخنة المنتشرة عبر سطح المعمورة، نذكر منها [02]:

- ينبوع بلو لاجون (Blue Lagoon) في آيسلندا: يعتبر هذا الينبوع من أفضل الينابيع الحارة في العالم، حيث تتصاعد الأبخرة من المياه بشكلٍ ساحر. إذ تحاط المياه بمجموعةٍ من الصخور السوداء، و الثلوج في مظهرٍ ينبض بالحياة.

- ينابيع اوجو كالونت (Ojo Caliente) في المكسيك: هو أحد أقدم الينابيع الحارة في العالم، يرتفع فيه أكثر من 100 ألف جالون من المياه الساخنة كل يوم، محملة بأربعة أنواعٍ من المعادن المختلفة.

- ينابيع بانچار الحرارية في بالي: هذا الينبوع له طرازٌ جماليٌّ مختلفٌ، حيث تسقط مياه الينبوع من صخورٍ على شكل جماجم حيواناتٍ في منظرٍ طبيعيٍّ مثيرٍ.

I-2-2 الحمامات الساخنة:

أصل الحمامات الساخنة و الاستحمام بالماء الساخن و البخار يعود للرومان قبل الميلاد بـ 1700 عام، أمثال الذين سكنوا الجزائر و من ثم انتقل لدول المغرب العربي الكبير. استخدام الرومان المياه الساخنة للاستحمام و العلاج. فالاستشفاء بالماء هو ممارسة قديمة فقد وجد علماء الآثار بقايا غرف الاستحمام في قصر كنوسوس، التي يعود تاريخها إلى سنة 1700 قبل الميلاد. كما كان للإغريق آثار واضحة بينت استخدام المياه الساخنة في العلاج و الاستحمام . كما كتب الطبيب اليوناني أبقرط (460-377 قبل الميلاد) على نطاق واسع عن قوة الشفاء بالماء، دعيا إلى استخدام حمامات المياه المالحة المغمورة بانتظام لمرضاه بمياه البحر لعلاج العديد من الأمراض، بما في ذلك آلام العضلات و التهاب المفاصل.

كانت الحمامات الرومانية صغيرة خاصة في القصور، ثم جاءت الحمامات الكبيرة في المدن تلتها الحمامات العامة واسعة النطاق.

تشتهر حمامات كركلا القلعة الرومانيه المتواجدة في مدينة تبسة شرق الجزائر بحمامات رومانية قديمة، التي شيدت بين 206 م و 217 م قبل الميلاد. حيث تبلغ مساحة حمامات كركلا 27 فدان، و يمكن أن تستوعب 1600 شخص في وقت واحد.

كما يوجد في مدينة تيمقاد بالجزائر حمامات رومانية، تعود لما قبل ميلاد المسيح عليه السلام و من ثم انتشرت الحمامات الساخنة في الجزائر و الدول التي بسط النفوذ الروماني عليها مثل؛ تركيا و الأردن و بذلك يعود أصل الحمام للرومان في عصور ما قبل ميلاد المسيح [05].

I-3 طرق تسخين المياه:

I-3-1 الطرق التقليدية (نار - حطب):

في البداية كان هناك ماء بارد و لم يستحم الناس كثيرًا، لقد قاموا بإخفاء رائحة الجسم بالعطور و الزيوت. حتى وقت قريب في مطلع القرن، كان تشغيل الماء الساخن متاح فقط لمن هم ميسور 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 مايلي [06]:

- إشعال الأخشاب و الحطب: كانوا يقوموا بإشعال الحطب و الأخشاب في الكهوف التي كانوا يعيشون فيها، و عندما يصبح الحطب جمرا فانه 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 بصهريج 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 صهريج 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 وقتًا طويلاً.

I-3-2 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 [07].

I-3-2-1 سخان الغاز:

يفضل الكثير في الآونة الأخيرة استخدام سخان الغاز بدلاً من السخان الكهربائي، ذلك لتكلفة 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 "سرينتية" حول الشعلات. التي تقوم بتسخينها، فتبدأ درجة حرارة المياه بالارتفاع بشكل تدريجي. و السرينتية 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 يقوم المستخدم بضبط درجة الحرارة المناسبة له، و فتح الصنبور مع العلم إن قوة تدفق المياه تؤثر بشكل أساسي في درجة حرارة المياه.

I-3-2-2 سخان الكهرباء:

يقوم السخان الكهربائي بتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية يتم الاستفادة منها في تسخين المياه، حيث يسري تيارٌ 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 حافِظ للحرارة. غالباً ما يكون اسطوانياً 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 بحرارة 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، وسريع 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 لصنبور 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 قاطعاً بذلك التيار الكهربائي عن ملف التسخين.

3-2-3-I السخانات الشمسية:

هو جهاز يحول الطاقة الشمسية المحمولة في الإشعاع إلى طاقة حرارية، يستفاد منها في تسخين المياه. وقد أصبح استعمال هذا الجهاز واسع الانتشار في معظم أنحاء العالم، ويعتمد على حركة المياه و انتقال الحرارة على مبدأ الحمل الحراري. حيث يمتص اللوح الأسود الماص ضمن اللاقط الشمسي أشعة الشمس و يحولها إلى حرارة، تنتقل إلى شبكة أنابيب موضوعة ضمن أو خلف اللوح الماص فيسخن الماء فيها. تتحرك المياه من الخزان إلى المجمعات، حيث ترتفع درجة حرارتها. و تعود من ثم إلى الخزان و لأجل ضخ المياه من الخزان إلى المجمعات تستعمل مضخات المياه. و من بين تلك السخانات [08]:

1- السخانات الشمسية المباشرة:

هي التي تستعمل الإشعاع الشمسي مباشرة دون أي انعكاس و منها:

1-1 سخان الأنابيب المفرغة:

عبارة عن أنابيب زجاجية بداخلها أنابيب أخرى مطلية بمادة سوداء أو زرقاء، و هي الأفضل حيث تقوم بامتصاص أشعة الشمس و تسخن المياه التي بداخلها. يعمل هذا النوع من السخانات باستغلال الكثافة، حيث أن الماء البارد بطبيعته أكثر كثافة و بالتالي يكون بالأسفل. تقوم أشعة الشمس بتسخين المياه في الأنابيب، فينتقل الماء الحار إلى أعلى. و تستقر المياه الباردة في الأسفل، و تبدأ دورة انتقال الماء الساخن و البارد من أعلى إلى أسفل إلى أن يتم تسخين الماء في السخان بالكامل.

2-1 السخانات الشمسية المسطحة:

المُجمَع الشمسي فيه عبارة عن سطح رفيع من الألمنيوم أو النحاس الرفيع و مغطى بمادة زجاجية عازلة للحرارة، يقوم هذا السطح بامتصاص حرارة الشمس. و ينقله إلى المشعاع أو المُسخِّن، كالموجود في راديتور التكييف. و الذي يحتوي على ماء خاص داخل أنابيب المشعاع أو المسخن، و يمر الماء من خلال المشعاع فيُسخِّن الماء المُلاصق لأنابيب المشعاع أو الراديتور الداخلي. و يختلف عن

السخان الشمسي ذات الأنابيب المفرغة، في أنه أقل كفاءة في امتصاص أشعة الشمس نظراً لطبيعة شكله المسطح.



الشكل (2-1): يمثل سخان الأنابيب المفرغة [02].

3-1 سخان الأنابيب الحرارية:

سخان الأنابيب الحرارية، و هو السخان الذي يجمع بين مميزات سخان الأنابيب المفرغة و السخانات المسطحة. شكل السخان ذات الأنابيب الحرارية مثل الأنابيب المفرغة، إلا أن الماء لا يدخل داخل الأنابيب. كما هو الحال في سخانات الأنابيب المفرغة، و هو عبارة عن أنابيب بداخلها أنابيب حرارية بداخلها مواد سائلة، تتقل حرارة الشمس إلى الأنابيب الحرارية و في نهايتها مكثف يقوم بتسخين الماء في الخزان مباشرة.



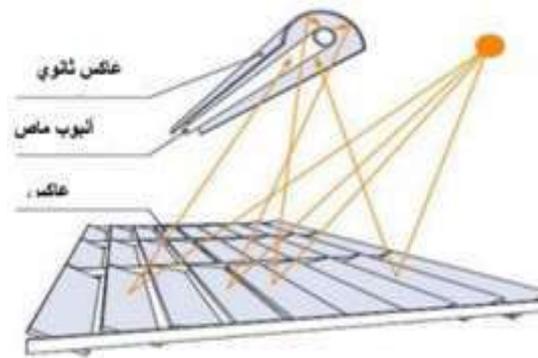
الشكل (3-1): يمثل سخان الأنابيب الحرارية [02].

2-المركزات 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 [09].

1-2 التركيز الخطي:

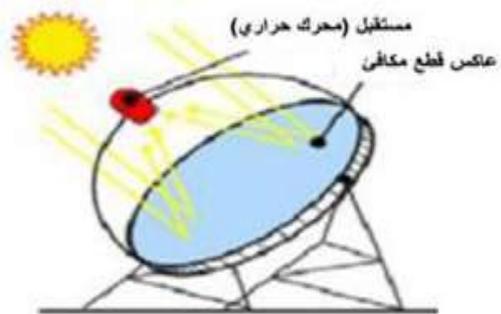
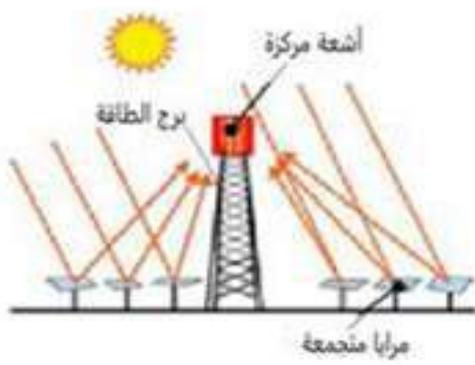
يتم تركيز الإشعاع الشمسي المباشر خطيا بواسطة عاكس على سطح أنبوب ماص مثبت في المحور البؤري و يتم التتبع الشمسي وفق محور دوران واحد للرفع من المردود و من أهمها؛ المركز الاسطواناني القطع المكافئ (PTC) و عاكس فريزل الخطي (LFR)، تبلغ نسبة تركيز فيهما من 30 إلى 80 و تصل درجة حرارة المائع إلى 400 درجة مئوية.



الشكل (4-1): يمثل بعض أنواع المركزات الشمسية الخطية [09].

2-2 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 (5-I): يمثل بعض أنواع المركبات الشمسية النقطية [09].

I-4 أهمية و استخدامات المياه الساخنة:

ذكرنا في السابق بعضا من استخدامات المياه الساخنة و أهميتها، لكن هنا نركز على ذلك بشكل مستفاض و لو بقليل [10]:

- تحسين الدورة الدموية: الماء الساخن يمكن أن يعالج آلام العضلات، و المفاصل المصابة بالتهاب 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 نهائياً، 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 يساعد على فتح المسام على جلدك مما يجعل من السهل تنظيفها و التخلص من الشوائب. و بعد شطف البشرة بالماء البارد تغلق المسام مرة أخرى، و تجعل جلدك يشعر بالانتعاش.

- الإحماء: الحمام الساخن هو وسيلة فعالة في عملية الإحماء قبل العمل في الصباح، عند النهوض من السرير في الصباح يمكن للعضلات أن تكون قاسية من المهم أن تكون دافئة تماما و فضفاضة قبل أي ممارسة. بأخذ حمام ساخن يمكن أن يساعد في الحصول على تدفق الدم و تدفئة العضلات، و هما أمران مهمان لممارسة الرياضة.

- 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: حمام ساخن هو المسكنات الطبيعية 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 الإطلاع في فصل سابق على أهمية المياه الساخنة و طرق الحصول عليها، بالأخص الحديثة منها و التي تستعمل الإشعاع الشمسي كطاقة نظيفة غير مكلفة و متجددة. في دراستنا نصبوا لاستعمال مركّزات القطع المكافئ النقطية، للحصول على مياه ساخنة أو أبخرة. و ذلك بواسطة نقل الحرارة الناتجة عن الإشعاع الشمسي إلى المياه، عن طريق قضيب معدني موصل. إذن هذه الطريقة تنقسم إلى جزأين أساسيين، أو إلى معرفة مفهومين أساسيين هما؛ الإشعاع الشمسي و الحرارة. لذلك نهتم في هذا الفصل بتقديم هذين المفهومين، للإطلاع أكثر على الجانب النظري حيث سوف يتجزأ كل منهم إلى جزأين، حيث:

الجزء الخاص بالإشعاع، بين كيفية حساب الإشعاع الشمسي الواصل للمركّز، و كيفية تركيزه و تحويله الى حرارة.

أما الجزء الخاص بالحرارة، فيبين كيفية انتقال الحرارة بين المواد، و توزيعها فيها.

2-II الإشعاع الشمسي:

من المعروف أن الإشعاع الشمسي الكلي هو عبارة عن مجموع الإشعاع المباشر و المنتشر. و

الذي يأخذ العبارة التالية [11]:

$$I_{sol} = I_T = I_D + I_{Duff} \quad (II - 1)$$

لكن المؤثر الحقيقي على المركّزات هو الإشعاع المباشر فقط، لذلك نهتم هنا بكيفية حسابه.

II-2-1 حساب الإشعاع الشمسي المباشر [11]:

- الثابت الشمسي I: هو شدة تدفق الإشعاع الشمسي التي تتلقاها وحدة مساحة (1m²) خارج الغلاف الجوي للأرض، بحيث تكون عمودية على أشعة الشمس التي تبعد عن الأرض بقيمة متوسطة خلال السنة تقدر بـ 1,5.10⁸ Km، و تعطى قيمة الثابت الشمسي المقاسة من طرف Gueymard في 2004 بـ:

$$I_0 = 1366.1 \text{ W/m}^2$$

و خلال أيام السنة تعطى علاقة التصحيح للثابت الشمسي:

$$I_0 = I \left[1 + 0.034 \cos \left[(N_j - 2) \frac{360}{365} \right] \right] \quad (\text{II} - 2)$$

حيث N_j يمثل رقم اليوم من السنة الشمسية (365 2, 1 = N_j)، الذي يحسب من خلال تحديد كل من N_m رقم الشهر من السنة و N_{jm} رقم اليوم من الشهر بالعلاقة التالية:

$$N_j = 30(N_m - 1) + N_{jm} \quad (\text{II} - 3)$$

- الكتلة الهوائية الضوئية (AM (masse d'air): هي نسبة المسافة التي يخترقها الشعاع الشمسي في الغلاف الجوي، حتى يصل سطح الأرض إلى المسافة التي يخترقها الشعاع الشمسي. عندما تكون الشمس عمودية فوق الموقع، مع اعتبار أن الموقع في مستوى سطح البحر كما يبين الشكل (II-1). إذ تكون الكتلة الهوائية الضوئية مساوية للواحد عندما تكون الشمس عمودية على الموقع، و تعطى بالعلاقة:

$$AM = \frac{OA}{OB} = \frac{1}{\sinh} \quad (\text{II} - 4)$$

من أجل أشعة الشمس النازمية (h=90°) فإن (AM=1).

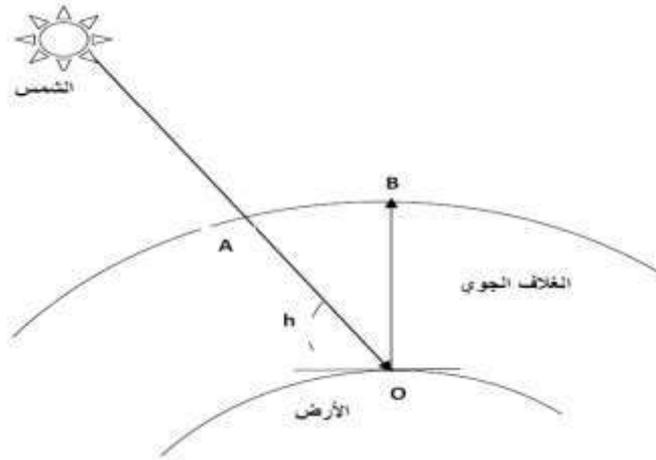
$$1 \leq AM < +\infty \quad \text{حيث:}$$

- زاوية الارتفاع h (Angle d'élévation): هي الزاوية التي يصنعها الشعاع الشمسي الوارد إلى النقطة من سطح الأرض مع المستوى الأفقي المار بالنقطة، حيث تكون $h=0$ عند الشروق و الغروب كما يبين الشكل (II-2)، و تعطى بالعلاقة:

$$h = \arcsin(\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos w) \quad (\text{II} - 5)$$

$$h_{max} = \arcsin(\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta) \quad \text{حيث:}$$

- زاوية دائرة العرض للمنطقة φ (Angle de latitude): و هي الزاوية التي يصنعها الناظم على سطح الأرض في المنطقة مع الناظم على سطح الأرض في خط الاستواء، الواقع في نفس خط الطول مع المنطقة. و تكون الزاوية موجبة، إذا كانت المنطقة شمال خط الاستواء، بينما تكون سالبة إذا كانت المنطقة جنوب خط الاستواء الشكل (III-2).



الشكل (II-1): الكتلة الهوائية الضوئية

- زاوية الساعة الشمسية w (Angle heure): نتيجة دوران الأرض حول نفسها، فإن الشعاع الشمسي يمسح دورة كاملة حول الأرض 360° خلال 24 h وفق دائرة العرض، أي 15° لكل ساعة، مع اعتبار الزوال هو المبدأ ($w=0$)، و تعطى عبارة زاوية الساعة الشمسية بالعلاقة:

$$w = 15(TV_s - 12) \quad (\text{II} - 6)$$

حيث TV_s يمثل التوقيت الشمسي الحقيقي، الذي يعتمد الزوال الشمسي في المنطقة ($w=0$) عند الساعة 12:00 زوالاً. و تكون $w > 0$ مساءً، بينما تكون $w < 0$ صباحاً الشكل (II-2).

و يتعلق التوقيت الشمسي الحقيقي (TV_s) بالتوقيت المحلي للمنطقة بالعلاقة:

$$TV_s = Tu + E_t + \frac{L}{15} \quad (II - 7)$$

حيث:

- Tu التوقيت العالمي (خط الزوال مار عبر غرينيتش).

- L خط الطول للمنطقة حيث: $L < 0$ شرقاً و $L > 0$ غرباً.

- معادلة التصحيح الزمني E_t : تعطى معادلة التصحيح الزمني وبدقة إلى 30 ثانية خلال

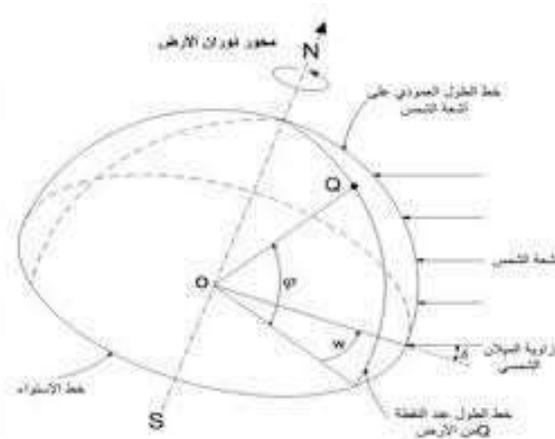
ساعات النهار من طرف Woolf بالدقائق:

$$E_t = 0.258 \cos x - 7.416 \sin x - 3.648 \cos 2x - 9.228 \sin 2x \quad (II - 8)$$

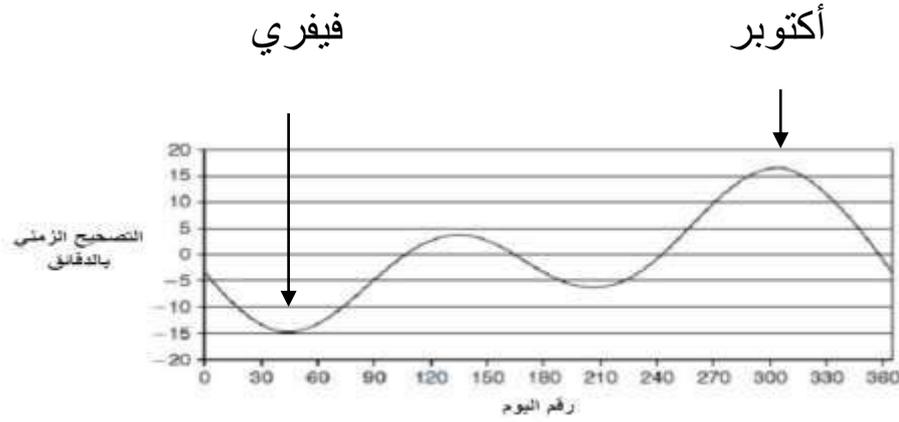
حيث x مقدرة بالدرجات:

$$x = \frac{360(N_j - 1)}{365.242} \quad (II - 9)$$

و يعطي البيان الشكل (II-3) تغيرات التصحيح الزمني خلال أيام السنة.



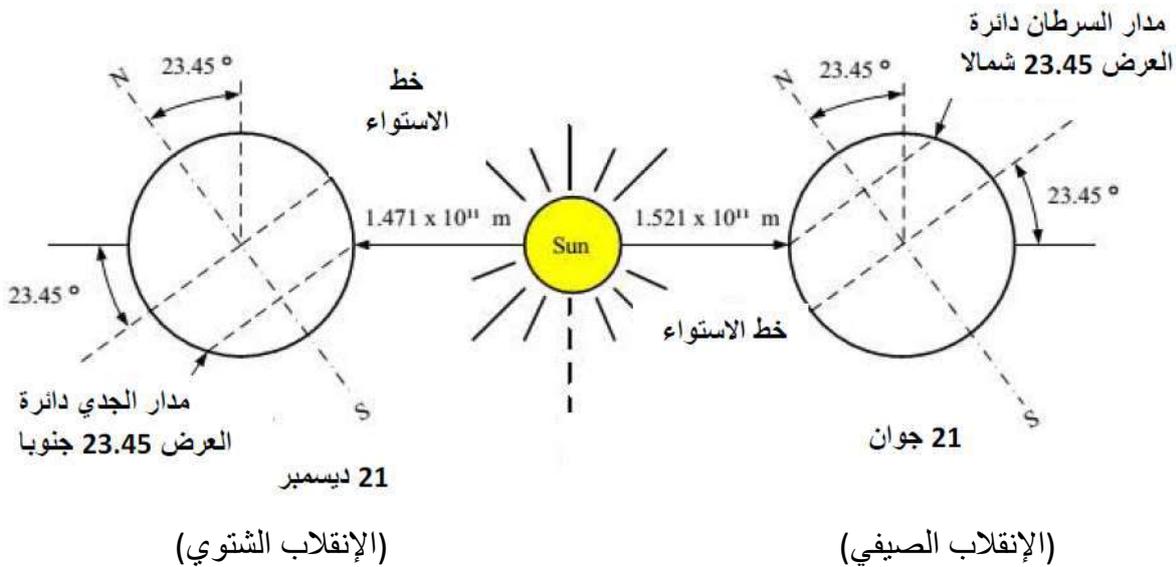
الشكل (II-2): زاوية الساعة الشمسية و دائرة العرض للمنطقة



الشكل (3-II): يعطي البيان تغيرات التصحيح الزمني خلال أيام السنة.

- زاوية الميل الشمسي δ (Angle d'inclinaison): تدور الأرض حول الشمس في مسار اهليجي، حيث تكمل دورة كاملة خلال 365.25 يوم، بحيث تصل المسافة أرض - شمس أقل قيمة و التي تبلغ $(1,47 \cdot 10^{11} \text{ m})$ في 21 ديسمبر. كما تبلغ المسافة قيمتها العظمى $(1,52 \cdot 10^{11} \text{ m})$ ، في 21 جوان الشكلين (2-III و 4).

يصنع محور دوران الأرض حول نفسها مع الناظم على المستوى الهليجي (مستوى دوران الأرض حول الشمس) زاوية الميل δ تتغير بين 23.45° و -23.45° على مدار السنة الشكل (3-II).



الشكل (4-II): حركة الأرض بالنسبة للشمس

و تعطى عبارة زاوية الميل الشمسي في كل يوم من السنة بالعلاقة:

$$\delta = 23.45^\circ \sin \left[\frac{360}{365} (284 + N_J) \right] \quad (\text{II} - 10)$$

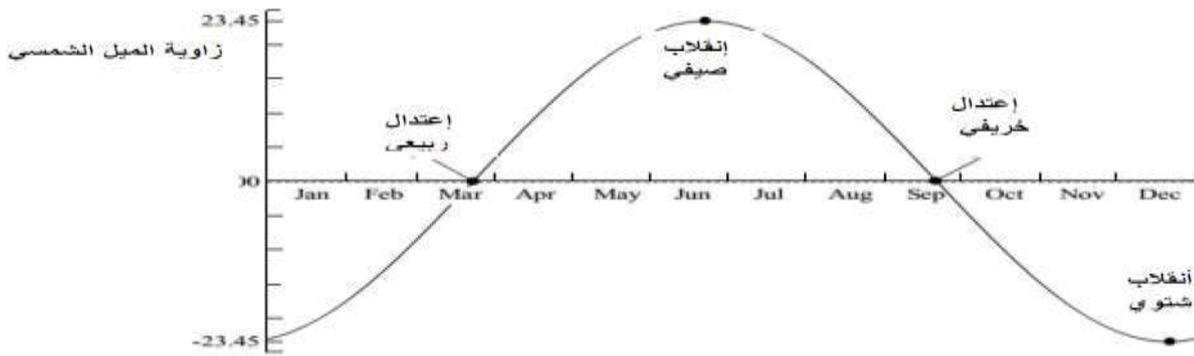
حيث نأخذ القيمة العظمى؛ (+23.45) في 21 جوان انقلاب صيفي و (-23,45) في 21 ديسمبر انقلاب شتوي. بينما تكون معدومة ($\delta=0$) في الاعتدالين الخريفي في 21 سبتمبر و الربيعي في 21 مارس كما يبين الشكل (III-4).

- الإشعاع الشمسي المباشر: تعطى عبارة الإشعاع الشمسي المباشر الوارد من الشمس إلى سطح الأرض ناظميا بعد اختراقه للغلاف الجوي بالعلاقة:

$$I_D = I (a_0 + a_1 e^{-kAM}) \quad (\text{II} - 11)$$

في حالة الإشعاع الشمسي المباشر الذي يرد بزاوية i على سطح مائل تعطى عبارتها بالعلاقة:

$$I_{DT} = I_D \cos i \quad (\text{II} - 12)$$



الشكل (II-5): بيان تغيرات زاوية الميل الشمسي خلال أيام السنة

II-2-2-دراسة نظرية لمركز قطع مكافئ [12]:

II-2-2-1 هندسة القطع المكافئ:

القطع المكافئ هو مجموعة من النقاط الواقعة على مسافة متساوية في مستقيم ثابت (D)، يسمى

الدليل. و نقطة ثابتة (F)، تسمى البؤرة (المحرق) ذات البعد f، ذو المعادلة:

$$y^2 = 4. f. x \quad (\text{II} - 12)$$

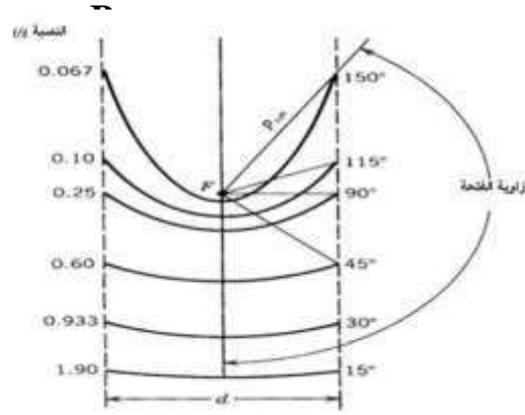
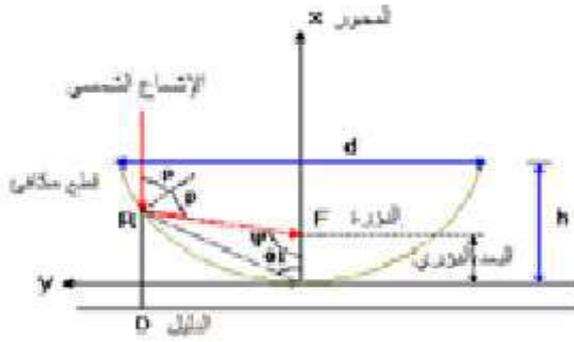
نصف القطر (p) يعطى بالعلاقة:

$$\rho = \frac{2f}{1 + \cos \Psi} \quad (\text{II} - 13)$$

Ψ : زاوية الحافة للقطع المكافئ، أو زاوية الفتحة للقطع المكافئ التي تعطى بالمعادلة:

$$\tan \Psi = \frac{\left(\frac{f}{d}\right)}{2 \left(\frac{f}{d}\right)^2} \quad (\text{II} - 14)$$

d: قطر الفتحة للقطع المكافئ.



الشكل (6-II): يمثل: A - الخصائص الهندسية للقطع المكافئ

B - زاوية الفتحة بالنسبة لموضع البؤرة

II-2-2-2 مكونات مركز شمس مقعر:

المركز الشمسي المقعر يتكون من العناصر التالية:

أ- العاكس: نحصل على مجسم قطع مكافئ بدوران القطع المكافئ حول محوره، معادلة القطع

المكافئ للدوران حول المحور في الإحداثيات الديكارتية مع محور التناظر (z) تكون:

$$x^2 + y^2 = 4. f. z \quad (\text{II} - 15)$$

$$z = \frac{a^2}{4. f} \quad (\text{II} - 16)$$

سطح القطع المكافئ يمكن أن يوجد بمكاملة المعادلة:

$$dA_S = 2. \pi a \sqrt{dZ^2 + da^2} \quad (\text{II} - 17)$$

و بالتالي:

$$dA_S = 2. \pi a \sqrt{1 + \left[\frac{a}{2f}\right]^2} da \quad (\text{II} - 18)$$

مساحة سطح القطع المكافئ تعين بـ:

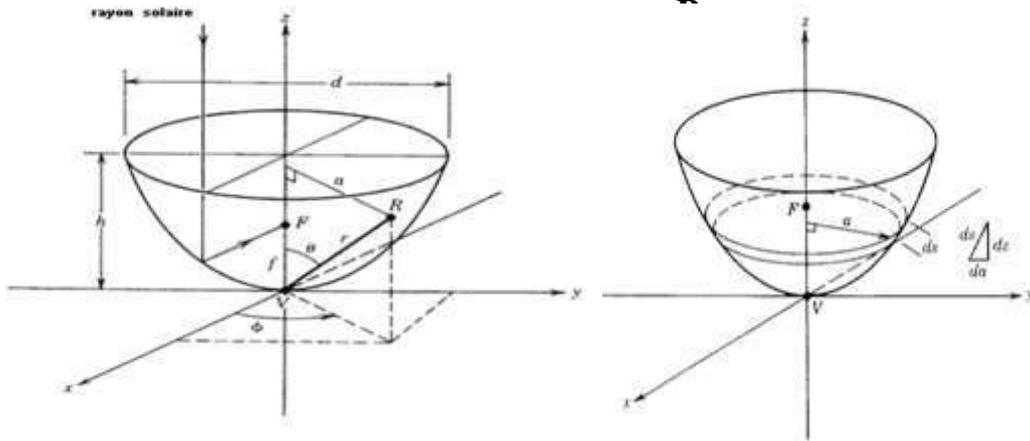
$$A_S = \int_0^d dA_S = \frac{8}{3} \pi f^2 \left\{ \left[\frac{d}{4f} + 1 \right]^{\frac{3}{2}} - 1 \right\} \quad (\text{II} - 19)$$

مساحة الفتحة لقطع مكافئ تعطى بـ:

$$A_S = \frac{\pi. d^2}{4} \quad (\text{II} - 20)$$

باستخدام المعادلة (13-III) نحصل على:

$$A_S = 4\pi. f^2 \frac{\sin^2 \Psi}{1 + \cos \Psi} \quad (\text{II} - 21)$$



الشكل (7-II): يمثل A - دوران القطع المكافئ

B - العنصر التفاضلي لسطح القطع المكافئ

ب-المستقبل (السطح الماص): المستقبل هو الذي يمتص الإشعاع الشمسي الآتي إلى البؤرة.

- ابعاد المستقبل: كل الأشعة الضوئية التي تنعكس على المركز، تكون موازية للنقطة البؤرية. عندما تكون زاوية الفتحة في حالة غير خطية مع الشمس، فإن انعكاس الأشعة على المستقبل بشكل صورة دائرية تكون متمركزة في البؤرة.

$$r = \frac{f \cdot \theta_s}{1 + \cos \Psi} \quad (\text{II} - 22)$$

r: نصف القطر الأصغري.

s: نصف القطر الأعظمي



الشكل (8-II): يمثل: A - مركز شمسي مقعر
B - صورة القطع الناقص

3-2-II تركيز الإشعاع الشمسي في مراكز القطع المكافئ [12]:

تتميز المراكز الشمسية بنسبة تركيز الإشعاع الشمسي الوارد على سطح فتحة الدخول نحو سطح المستقبل، و يعرف بطريقتين:

- التركيز الهندسي: هو النسبة بين مساحة فتحة المجمع (المركز) و مساحة فتحة سطح المستقبل.

$$C_g = \frac{A_g}{A_r} \quad (\text{II} - 23)$$

- تركيز التدفق الشمسي: هو النسبة بين شدة تدفق الإشعاع على فتحة الخروج (المستقبل)، مع شدة تدفق الإشعاع الشمسي على فتحة الدخول.

$$C_{\text{flux}} = \frac{P_r}{P_g} \quad (\text{II} - 24)$$

3-II الحرارة:

1-3-II تعريف حرارة:

تعتبر 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 [13].

2-3-II انتقال الحرارة و طرقه:

يعرف انتقال الحرارة بأنه ذلك العلم الذي يهدف إلى حساب انتقال الطاقة من منطقة إلى أخرى، نتيجة للفرق في درجات الحرارة بينهما. و هذا العلم لا يبحث في كيفية انتقال الحرارة فقط، و إنما يحسب معدل التغيير مع الزمن الذي تنتقل به هذه الحرارة. هناك ثلاث طرق رئيسية للانتقال الحرارة، سوف نتقأى الحديث عن النوع الثالث و هو الانتقال بالإشعاع، بينما نهتم بالنوعين الباقيين و هما [14]:

1-2-3-II انتقال الحرارة بالتوصيل:

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:

$$q = -\frac{AdT}{dX} \quad (\text{II} - 25)$$

أو:

$$q = -\frac{kAdT}{dX} \quad (\text{II} - 26)$$

حيث أن 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 تبعاً لقيمة معامل انتقال الحرارة. فالأولى لها معامل انتقال حرارة مرتفع، بينما المواد العازلة لها معامل انتقال حرارة منخفض. يبين الجدول(II-1) التالي قيم معامل انتقال الحرارة بالتوصيل لبعض المواد.

و يلاحظ من الجدول أن المواد جيدة التوصيل للحرارة كالححاس و الفضة مثلاً لها معامل انتقال حرارة مرتفع. أما المواد رديئة التوصيل للحرارة مثل المطاط و الخشب لها قيم منخفضة.

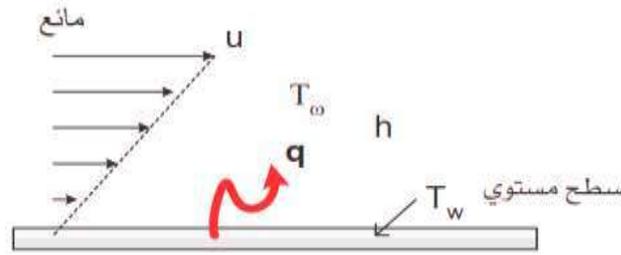
جدول (II-1): الموصلية الحرارية لبعض المواد الشائعة الاستخدام [14].

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	الححاس
0.54	الألمونيا	317	الذهب
0.17	خشب	237	الألومنيوم
0.13	مطاط ناعم	80	حديد مطاوع
0.072	فريون 12	8.9	الزئبق
0.026	هواء		

II-3-2-2 انتقال الحرارة بالحمل:

كثيراً ما نستخدم المراوح في حياتنا العملية في التبريد، فمثلاً لو وضعنا لوحاً ساخناً أمام مروحة، فإن هذا اللوح سوف يبرد، و عندها نقول إن الهواء حمل الحرارة من على سطح اللوح إليه. و لكننا سوف نتساءل ما هو تأثير سرعة الهواء على معدل انتقال الحرارة؟، و هل إذا ضوعفت السرعة سوف يتضاعف معدل انتقال الحرارة؟، و هل معدل انتقال الحرارة سوف يتغير إذا استبدلنا الهواء بالماء؟

انتقال الحرارة بالحمل هو انتقال الحرارة بين سطح صلب و المائع، الذي يسري فوق ذلك السطح فهو يحمل تأثيرين الحمل و التوصيل معا. و من اليسير ملاحظة أن طبقة المائع الملاصقة للشريحة تكون ساكنة، بينما طبقة المائع البعيدة عن الشريحة تمشي بسرعة المائع. أي أن طبقات المائع في الاتجاه العمودي على الشريحة تأخذ شكلا متشابها لتوزيع السرعة، كما في شكل (9-II) حيث تساوي سرعة المائع عند السطح صفرا و عليه فإن عملية انتقال الحرارة عند النقطة تكون بالتوصيل. لذا يجب أن نتذكر دائما أن انتقال الحرارة عند السطح يتم دائما بالتوصيل، كما أن انتقال الحرارة بالحمل دائما يتطلب حركة المائع.



شكل (9-II): انتقال الحرارة بالحمل من سطح مستوي [14]

ينقسم الحمل الحراري إلى نوعين رئيسيين، و هما:

أ- الحمل الحر (الطبيعي): يحدث هذا النوع من أنواع الحمل الحراري، دون وجود أي تدخل للعنصر البشري به. إذا وضعنا لوحا ساخنا في غرفة بها هواء أبرد من اللوح، فإن الهواء الملاصق للوح سوف يسخن فيتحرك إلى أعلى نتيجة لانخفاض كثافته. فيلامس طبقات الهواء الباردة التي تعلو اللوح فيبرد و تزداد كثافته فينزل مرة أخرى إلى اللوح الساخن، و هكذا حتى يبرد و بدون استخدام أي وسيلة خارجية.

ب- الحمل القسري: يتعرض مائع و جزيئاته للحركة إجبارية تحت تأثير التيارات الحرارية مولدة صناعيا، أما إذا استخدمت وسيلة ما لتحريك الهواء على سطح كمروحة مثلا يصبح الحمل حملا إجباريا.

هنا يكون لدينا تحكم مباشرة على حركة المائع، و بالتالي نستطيع أن نحصل على سرعات أعلى بكثير في حالة الحمل القسري مقارنة بالحمل الطبيعي، و بالتالي الحصول على معدلات أكثر لانتقال الحرارة. و للتعبير عن انتقال الحرارة بالحمل بين سطح ما و مائع يسري حوله، نستخدم قانون نيوتن للتبريد:

$$q = hA(T_w - T_\infty) \quad (II - 27)$$

حيث h معامل انتقال الحرارة بالحمل ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)، و A هي مساحة سطح الشريحة التي تنتقل خلالها الحرارة (m^2). إذ يقدم في الجدول (2-II) بعض قيم هذا المعامل حسب نوع و حالة المائع.

لنذكر فقط هنا بمفهوم العزل الحراري، حيث العازل الحراري هو مادة أو مجموعة مواد تستخدم أساسا لتقويم سريان الحرارة خلالها. و تصنع معظم المواد العازلة الحرارية من مجموعة مواد ذات موصلية حرارية منخفضة و غالبا ما تكون فيها جيوب هوائية.

الجدول (2-II): يوضح بعض القيم لمعامل انتقال الحرارة بالحمل h [14].

h ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)	نوع الحمل الحراري
5 - 25	حمل حر (هواء)
10 - 500	حمل جبيري (هواء)
100 - 15000	حمل جبيري (ماء)
2500 - 25000	غليان مياه
5000 - 100000	تكثيف بخار

3-3-II معادلات انتقال الحرارة:

أو معادلة الانتشارية أو معادلة توصيل الحرارة هي معادلة تفاضلية جزئية من الرتبة الثانية، و هي معادلة تصف التوصيل الحراري و تغير الحرارة في الأجسام. قبل أن يتقدم القارئ للمعادلة عليه أن يدرك المعنى الفيزيائي للحرارة و يفرق بينها و بين درجة الحرارة، و المثال المألوف في هذا السياق هو أن الحرارة المخزنة في حوض استحمام مملوء بالماء الدافئ أكبر من الحرارة المخزنة في كوب من الماء المغلي رغم أن درجة الحرارة في الكوب أعلى بكثير من درجة حرارة الماء في الحوض. لهذه المعادلة

استعمالات في عدة مجالات من صناعة المحركات مرورا بعلم الأحياء حيث تعرف بمعادلة الانتشارية،
لهذه المعادلة الصياغات الرياضية متعددة منها [15]:

1- المعادلة العامة، تكتب بالشكل:

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = \nabla(k \nabla T) + A - \rho C_p v \nabla T (+ \sigma : \dot{\epsilon} + \alpha T \nabla P + \dots) \quad (\text{II} - 28)$$

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).

II-3-3-1 معادلة الحرارة في ثلاثة أبعاد:

المعادلة (II-28) هي معادلة سلمية ذات بعد واحد، لكن أكيد أنها تأخذ عبارات مختلفة بتغيير
الإحداثيات (x,y,z). إذ يعود الاختلاف في أصل إلى كفيات 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 [16]:

- في الإحداثيات الكارتيزية تكتب بالشكل:

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(k_x \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k_y \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k_z \frac{\partial T}{\partial z} \right) + A \quad (\text{II} - 29)$$

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:

$$\frac{\rho C_p}{k} \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{r} \left(\frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{A}{k} \quad (\text{II} - 30)$$

- في الإحداثيات الكروية تكتب بالشكل:

$$\frac{\rho C_p}{k} \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\sin \theta \frac{\partial T}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \left(\frac{\partial^2 T}{\partial \phi^2} \right) + \frac{A}{k} \quad (\text{II} - 31)$$

II-3-3-2 معادلة الحرارة في بعد واحد:

هي أبسط صيغ المعادلة و تصف معدل تغير الحرارة في قضيب نحيف و طويل لدرجة يمكن حينها غرض الطرف عن انتقال الحرارة في بقية الأبعاد نتيجة ضآلة تأثيرها. و تعطى المعادلة بحسب الصيغة التالية و هي مشتقة من قانون فورييه و قانون حفظ الطاقة [17].

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{k}{\rho C_p} \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \quad (\text{II} - 32)$$

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

II-3-3-3 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.

II-3-3-4 طرق حل معادلة انتقال الحرارة:

هنالك طرق كثيرة جدا مطبقة عمليا و أغلبها أهمية تلك الطرق التي بإتباعها تتحول المعادلات التفاضلية الجزئية إلى معادلات تفاضلية اعتيادية سواء كانت تحليلية أو عددية، بالإضافة لمتسلسلات فورييه [18].

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

2- الطرق العددية: يمكن تحويل المعادلة التفاضلية الجزئية إلى مجموعة كبيرة من المعادلات الأبسط مطبقة على أجزاء أو نقاط متناهية في الصغر مع اعتبار الشروط الابتدائية و الحدودية، حيث يكون 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 الحجوم المنتهية: بالإنجليزية (Finite volum method) أو باختصار (FVM): هي طريقة في صيغتها العامة بالأخص التكاملية تشبه طريقة العناصر المنتهية، و ذلك بالتعامل مع حجوم صغيرة من الحجم الكلي، لذلك نجد في الغالب مآلها إلى العناصر المنتهية كما تستخدم في الغالب نفس البرامج المتوفرة لها كما تدرس نفس الظواهر.

II-3-3-5 برامج حل معادلة إنتقال الحرارة:

يوجد عدة لغات برمجة و برمجيات يمكن الاعتماد عليها لبرمجة تلك الطرائق، و بالتالي حل المعادلات التفاضلية الجزئية الخطية و منه دراسة الظواهر الفيزيائية و استكشاف تطورها و التحكم بها. من لغات البرمجة نجد فورترن، لغة C و مثيلاتها، كذلك البرمجة في بيئات التطوير مثل ماتلاب. أما البرمجيات فهي كثيرة و متعددة نذكر منها: برنامج تسلا TESLA، برنامج Femm، برنامج COMSOL MULTI PHISICS و برنامج Quick Field [19].

الفصل الثالث:

طريقة الدراسة، نتائج و مناقشة

III-1 المقدمة:

تبين في الفصل السابق أن تحول الإشعاع عبر المركز إلى منبع حراري يقوم بتسخين القضيب المغمور في الماء، هذا الأخير بدوره يصبح منبعاً حرارياً ناقلاً لتلك الحرارة لتسخين المياه المخزنة في الخزان. إذن من الواضح طريقة الدراسة أصبحت واضحة أنها تنقسم إلى أربع خطوات مهمة، بالإضافة للخطوة مسبقاً و هي الخطوة الخامسة و الأولى ترتيباً كما سنرى أدناه. هذه الخطوات سوف نقوم ببرمجتها في بيئة التطوير ماتلاب، لما تتميز به هذه الأخيرة كما سنرى أدناه أيضاً.

لأجل كل ذلك سوف نقوم في هذا الفصل بتفصيل طريقة الدراسة، و توضيح كيفية البرمجة و أسباب اختيار بيئة التطوير ماتلاب، بالإضافة و في الأخير لعرض نتائج الدراسة و مناقشة نتائجها. قبل ذلك يجب الاطلاع على بعض خصائص منطقة الدراسة.

III-2 خصائص منطقة الدراسة:

تقع منطقة ورقلة في خط الطول $\lambda = 5.24^\circ$ ، خط عرض $\varphi = 31.57^\circ$ و على ارتفاع $H = 141$ m من سطح الأرض. هذا الموقع الممتاز يجعل منها مكان جيد لإستغلال و تجميع الطاقة الشمسية الهائلة، و ذلك في عدة مجالات: كالكهربائية باستخدام الخلايا الشمسية، و حرارية بتوجيهها و تركيزها المركّزات الشمسية بمثل عدسة فريزل و مركز القطع المكافئ المستعملة في دراستنا. في هذه المنطقة يصل تدفق الإشعاع الشمسي إلى 2650 Kwh/an/m^2 ، مع حوالي 3500 ساعة من التشميس في السنة [11].

III-3 خطوات الدراسة و برمجتها:

قبل التطرق لبرمجة الخطوات المذكور في الجانب النظري في الفصل السابق، هناك خطوة ضرورية في هذا البحث يجب تناولها تخص أيضا يوم الدراسة و هي تحديد أكثر الأيام برودة في فصل الشتاء في منطقة ورقلة. و لكن قبل ذلك يجب توضيح أهمية اختيار بيئة التطوير ماتلاب.

III-3-1 ماتلاب و حل المعادلات التفاضلية:

البرمجيات المعروضة في آخر عنصر من الفصل السابق غير متوفرة لدينا في الوقت الحالي إلا بنسخة تعليمية محدودة الإمكانيات و لا يمكن استخدامها بشكل واسع لحل المسائل العلمية الموسعة، و من أجل حل هذه المسائل العلمية لابد من الاستعانة بالحزم البرمجية التجارية ذات الإمكانيات الواسعة، إلا أن هذه البرامج غالية الثمن. لذلك يمكن الاستعانة ببيئة التطوير ماتلاب، التي تتوفر على الكثير من الأوامر الخاصة بذلك و التي من أهمها الأداة pdeTool التي تقي بالغرض لحد ما. لكن يصعب في مثل دراستنا استخدام هذه الأخيرة، لان العملية تتكرر لمرات متعددة تأخذ وقت كبير عند اقتصار على الحالة المستقرة، أما إذا أخذت الحالة الأخرى هذا غير ممكن نظرا لتغير المنبع المتمثل في الإشعاع الشمسي المتغير لحظيا.

لذلك سوف ننتقل بالتعرف على بيئة التطوير ماتلاب، مع الاطلاع بأهم الأدوات المستعملة في

حل المعادلات التفاضلية بها.

III-3-1-1 مقدمة عن ماتلاب:

إن أسم ماتلاب (أو MatLab) هو اختصار للجملة التالية (Matrix Laboratory) أي مختبر المصفوفات، و هو بيئة تطوير عالية الأداء صممت لإجراء الحسابات التقنية المتقدمة للتعبير عن المسائل المطروحة و عن حلولها، فهي تنجز الحسابات و تظهر النتائج على شكل رسومات أو منحنيات.

[19].

يعتبر برنامج ماتلاب البرنامج الهندسي الأكثر استخداما حول العالم فيما يتعلق بالحسابات

الرياضية الهندسية و المحاكاة، و تبرز قوة برنامج ماتلاب عند التعامل مع المصفوفات [19].

III-3-1-2 بعض الأدوات المستخدمة في حل المعادلات التفاضلية في ماتلاب:

يمكن لأي متعامل مع ماتلاب التوجه نحو المساعد Help المزود به للاكتشاف كل أدواته، و التي من بينها تلك الخاصة بحل المعادلات التفاضلية. حيث نجد أن ماتلاب يحتوي على الكثير من الإمكانيات التي تجعل المتعامل يختار الأنسب و الأجدر في مثل هذه المسائل، هذه الإمكانيات يمكن تقسيمها إلى ثلاث أقسام و هي:

أ- أدوات المعدة سلفا: في ماتلاب هناك العديد من الأدوات أو الأوامر التي تستعمل في حل المعادلات التفاضلية كاستخدام الأمر dsolve أو أمر رنج-كيثا ode45 ... و غيرها، بحيث يمكن من خلال هذه الأوامر توفير برنامج عام لحل أي معادلة تفاضلية عادية يُحددها المستخدم، من ثم يمكن استخدام ماتلاب في تصميم واجهة رسومية للبرامج المقدمة [18].

ب- البرمجة باستعمال ملفات M-file: يمكن إدراج شيفرات البرنامج الخاص بحل المعادلة التفاضلية مباشرة في هذه الملفات لتصبح كأدوات متضمنة في ماتلاب، هذه الشيفرات خاصة بالطرق العددية مثل؛ طرق أولر، تايلور و رنج-كيثا لحل المعادلات التفاضلية الاعتيادية و جملها. أو طرائق العددية مثل؛ الفروق المنتهية، العناصر و الحجم المنتهية لحل المعادلات التفاضلية الجزئية بالأخص الخطية منها، يكمن هنا كذلك للمستخدم تصميم واجهة رسومية للبرامج المقدمة [18].

ج- أدوات الواجهة الرسومية: إن أهم أداة معدة في ماتلاب هي الأداة pdetool، التي سوف تكون محط اهتمامنا لأننا سوف نستخدمها في هذا البحث.

III-3-2 تحديد أكثر الأيام برودة في السنة:

في دراستنا فضلنا اختيار اقل أيام السنة برودة، الذي يحسب من خلال درجة حرارة الجو أو المحيط نهارا و في كل لحظة من التوقيت الشمسي، نستعمل العلاقة [20]:

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

و ذلك من خلال قياسات درجات الحرارة اليومية بمحطات الرصد الجوي المتواجدة في المنطقة 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 ($5.1-18.6^{\circ}\text{C}$) [21].

III-3-3 خطوات المتبقية للدراسة و فرضياتها:

تلي الخطوة السابقة تلك الخطوات المتناولة في الجانب النظري في الفصل السابق، كما جاء أعلاه. و هي:

1- تحديد الإشعاع الشمسي و الإشعاع المركز: يكون ذلك على طول نهار الدراسة، كل ربع ساعة من الزمن. و يحسب من خلاله مباشرة الإشعاع المركز، الذي يسقط على البؤرة بداية القضيب النحاسي الناقل للحرارة ذو المقطع الدائري مساحته $s = 0.00785 \text{ m}^2$ و بطول ثابت مقدر بـ $l = 0.5 \text{ m}$.

2- تحديد درجة الحرارة بين طرفي القضيب المعزولة خارجيا: أين يتحول الشعاع الشمسي إلى حرارة تنتقل على طوله، حتى طرفه الملامس للماء.

3- تحديد درجة الحرارة بداية خزان الماء و نهايته المعزولين خارجيا كذلك: كذلك بنفس طريقة الخطوة السابقة مع تغيير خصائص المادة من النحاس للماء، حيث مقطع الخزان الدائري مساحته $s = 0.785 \text{ m}^2$ و بارتفاع متغير من 1، 2 و 3 m.

III-3-4 إعداد البرنامج:

قبل إعداد البرنامج يتم إعداد ملف اكسل يتم فيه تخزين قيم المعاملات الخاصة بخصائص المنطقة و خصائص المواد (النحاس، الماء).

الآن سوف نقوم بإعداد البرنامج، و ذلك بالاعتماد على خطوات الدراسة المذكورة أعلاه لذات الهدف. سوف نعتمد على برامج فرعية أو توابع تستدعى في برنامج رئيسي التالي، و هو التابع الذي يتم من خلاله تنفيذ البرنامج. و هو ممثل في المخطط الانسيابي التالي (انظر الشكل (III-1)):

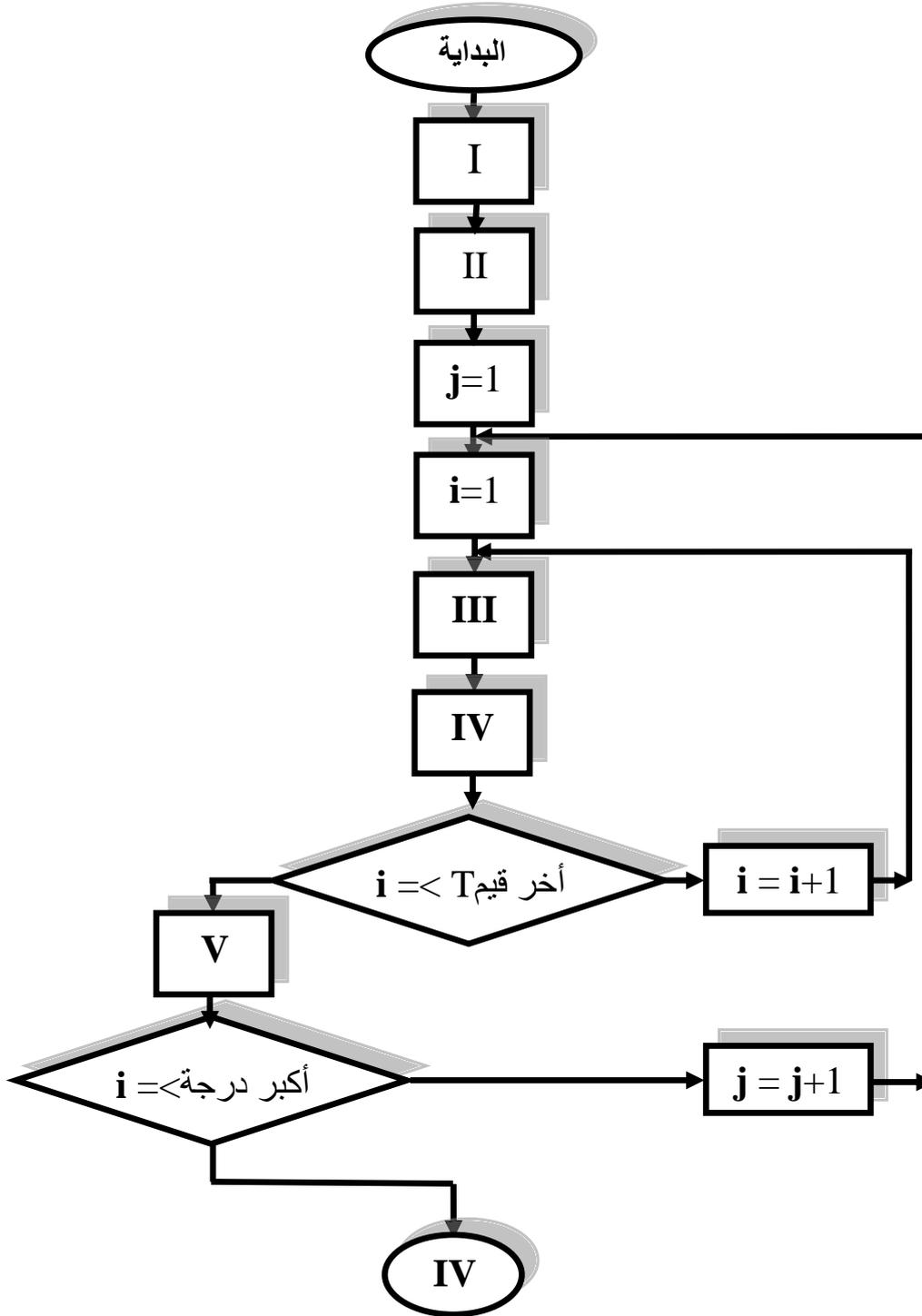
1- البرنامج الجزئي الأول: بعد استدعاء القيم الابتدائية من ملف إكسل، يقوم بتحديد قيم درجات الحرارة الجو لكل أيام شهر جوان. كما يقوم بحساب أعلاها في كل يوم و اقلها مقارنة فيما بينها، بالاعتماد على المخطط الممثل في الشكل (III-2) أدناه.

2- البرنامج الجزئي الثاني: يقوم بحساب الإشعاع الشمسي (انظر الشكل (III-3) المأخوذ من [11]) و الإشعاع المركز في البؤرة كل ربع ساعة، في اليوم المختار من التابع الجزئي السابق. مع حيث يحفظ النتائج المتحصل عليها في نفس ملف اكسل، الذي استدعيت منه القيم السابقة المذكور أعلاه.

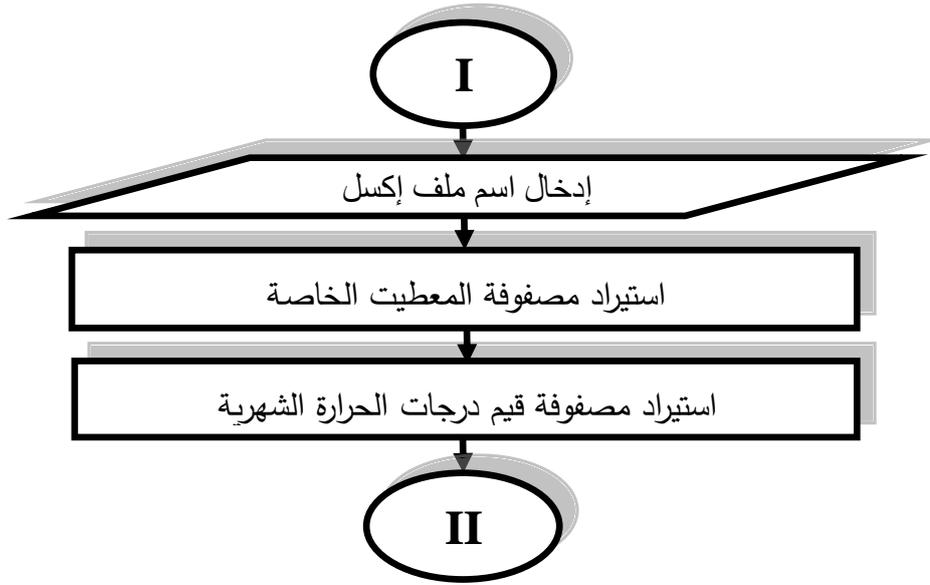
3- البرنامجين الجزئيين الثالث و الرابع: هما نفس البرنامج لكن بتغيير خصائص المادة فقط، حيث يعمل البرنامج و الممثل في المخطط الانسيابي (III-4) على حساب كمية الحرارة الملتقطة او الداخلة لكل مادة و نحاس أو ماء، ثم يحسب درجات الحرارة في كل نقطة من المادة. في كل ربع ساعة حسب مقادير التركيز الشمسي المستقبل كمنبع للحرارة. باستعمال طريقة الفروق المنتهية المذكورة في الفصل السابق لحل المعادلة التفاضلية الجزئية، إذ يتم حفظ النتائج المتحصل عليها في نفس ملف اكسل.

2- البرنامج الجزئي الخامس: يقوم بتمثيل البيانات المطلوبة من البرنامج، كما سنراها في

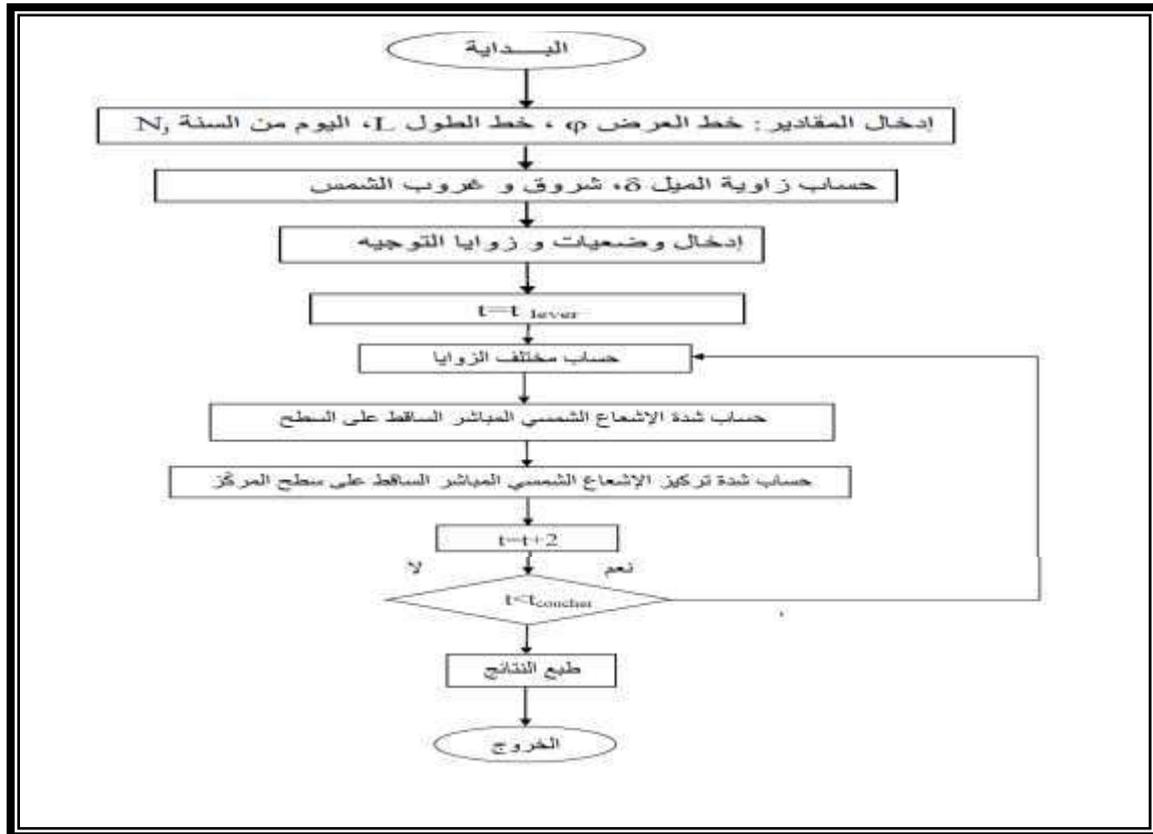
النتائج.



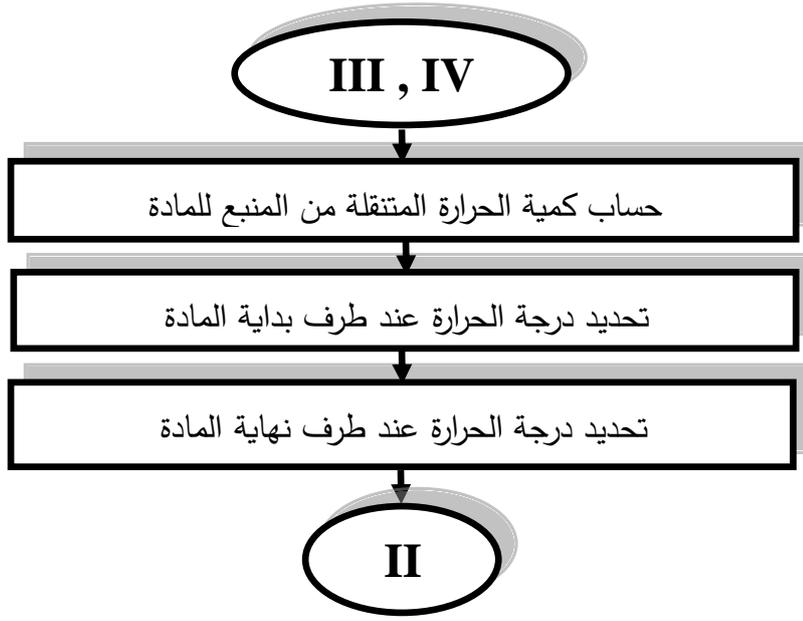
الشكل (III-1): المخطط الانسيابي للتابع الرئيسي.



الشكل (III-2): المخطط الانسيابي للتابع الجزئي الأول.



الشكل (III-3): المخطط الانسيابي لأهم جزء للتابع الجزئي الثاني، الذي يحسب شدة الإشعاع الشمسي [11].



الشكل (III-4): المخطط الانسيابي للتابع الجزئي الثالث.

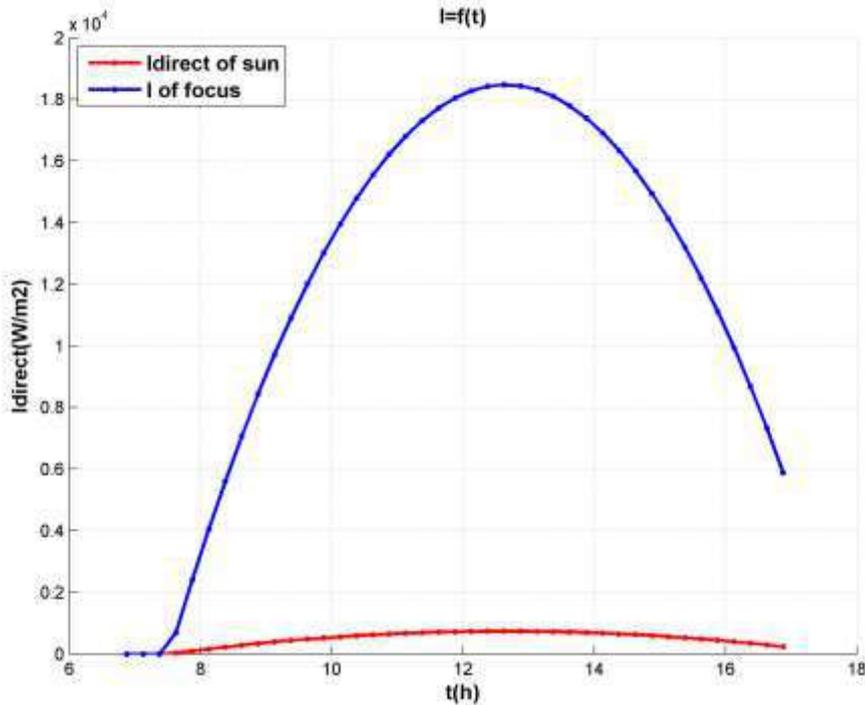
III-4 عرض النتائج:

حتى يكون عرض النتائج ذو شكل ملائم، و لمحاولة تغطيتها بشكل جيد. سوف يتم تقديمها

كالتالي:

- تمثيل ناتج حساب الإشعاع الشمسي و المركز، خلال نهار اليوم المختار.
- حساب تغير درجة حرارة على طول القضيب في الأوقات المختلفة.
- حساب تغير درجة حرارة على طول الخزان في الأوقات المختلفة.
- حساب تغير درجة حرارة على حدود القضيب و الخزان بتغير الزمن.

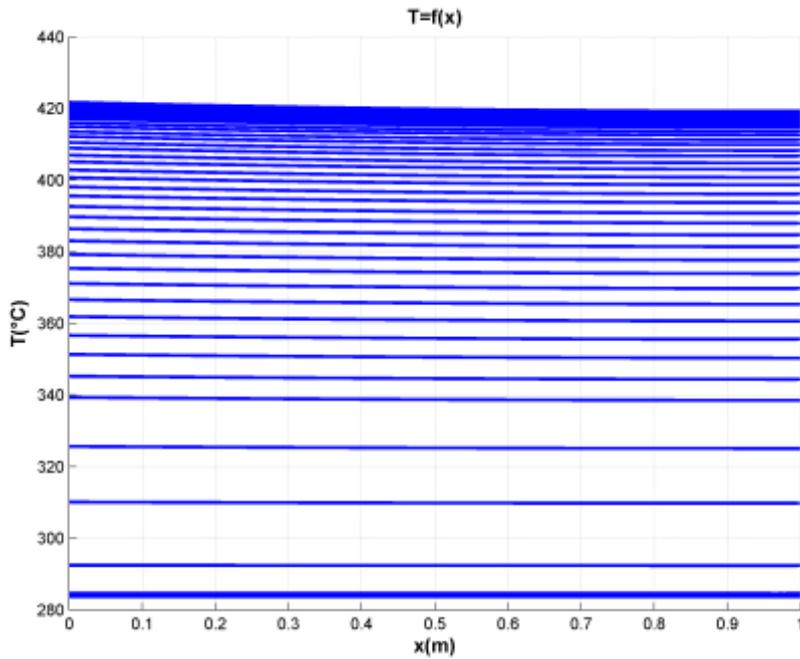
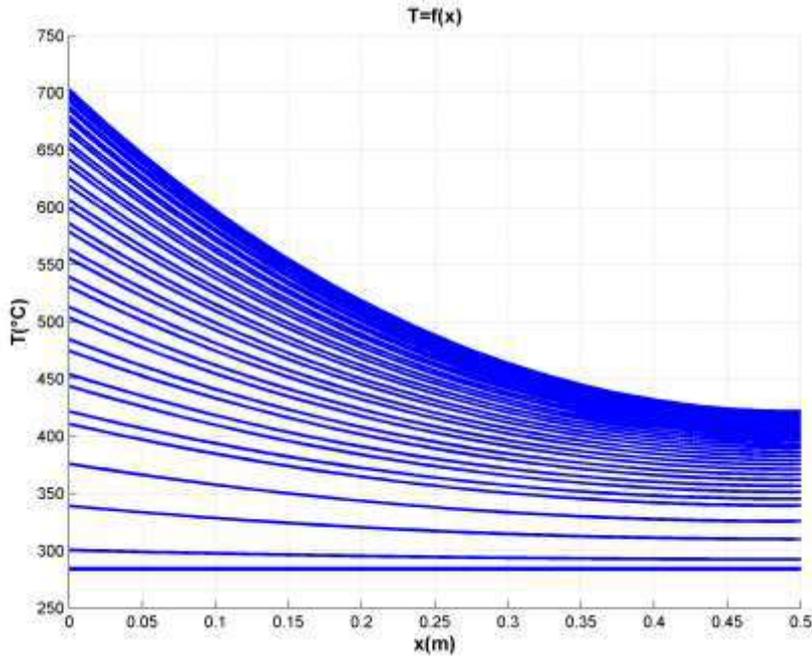
III-4-1 عرض ناتج حساب الإشعاع الشمسي المباشر و المركز:



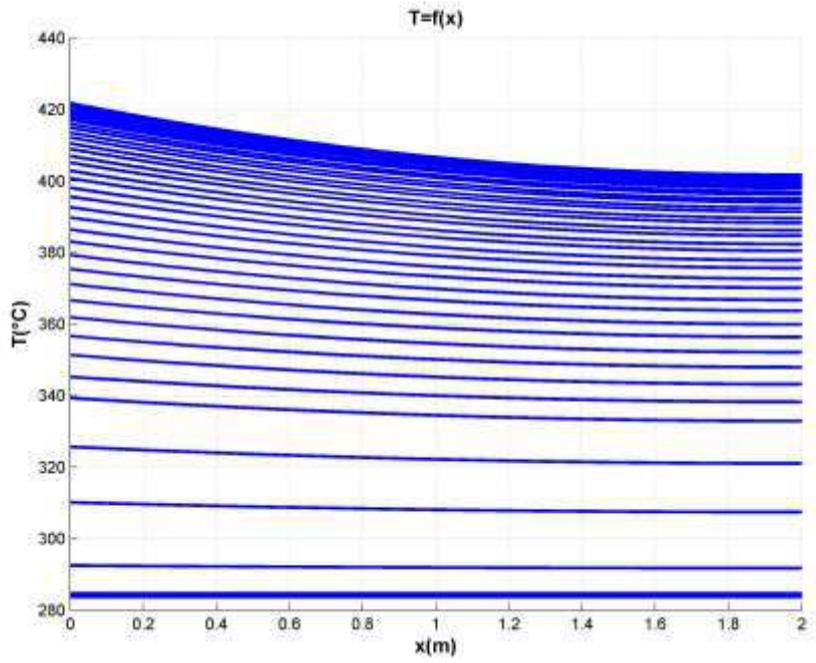
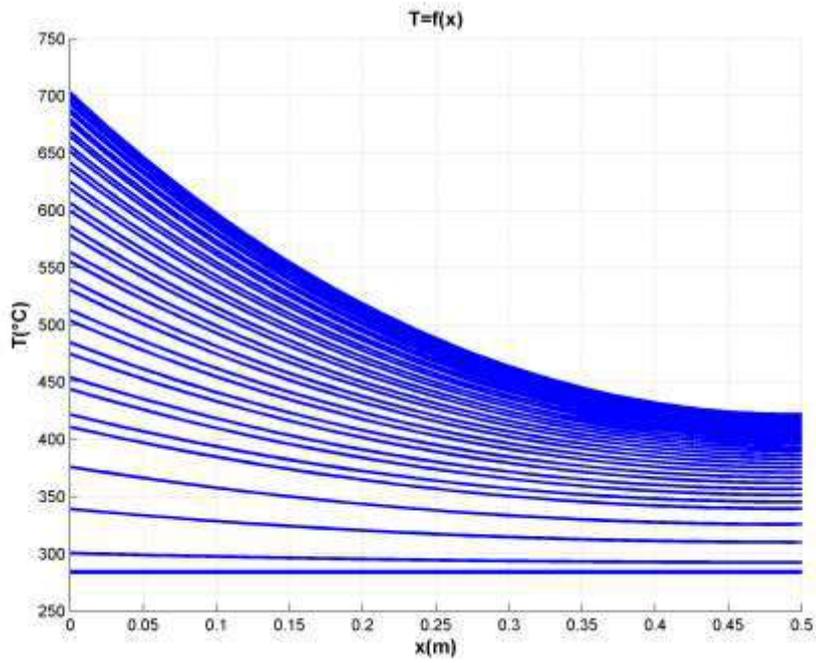
الشكل (III-5): يمثل تغير كل من الإشعاع الشمسي المباشر و الإشعاع مركز في بؤرة

على طول يوم دراسة.

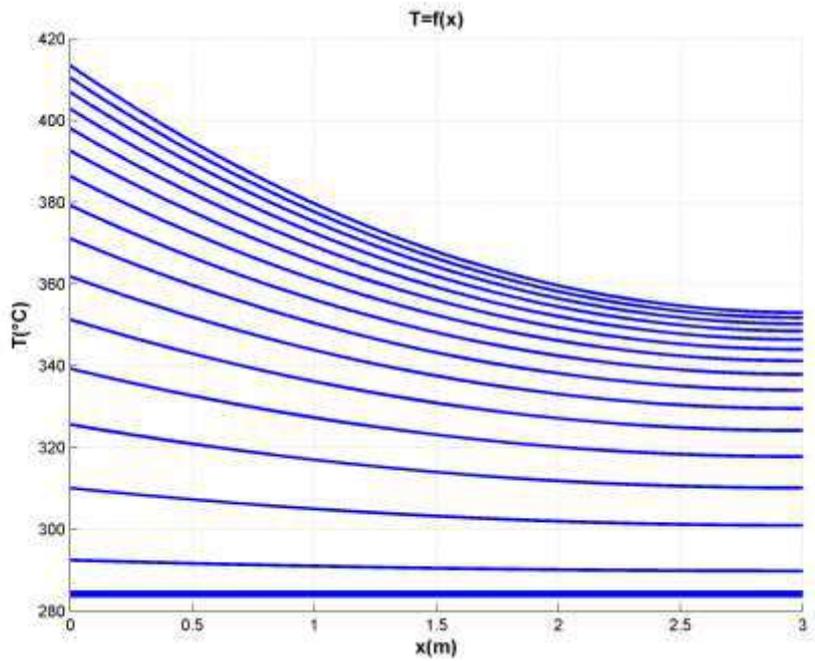
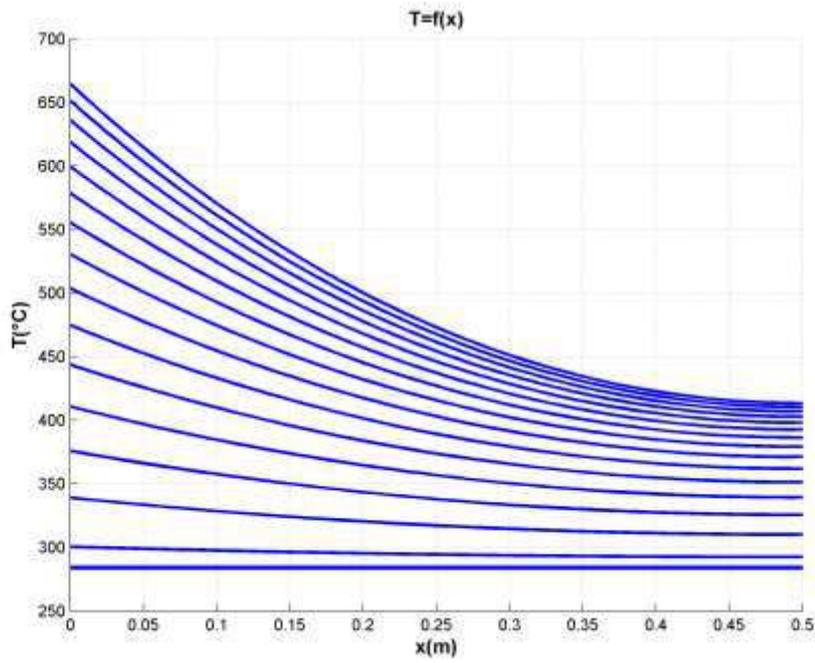
III-4-2 عرض ناتج توزيع الحرارة على طول القضيب و خزان الماء :



الشكل (III-6): يمثل توزيع الحرارة على طول القضيب و خزان الماء إرتفاعه 1m

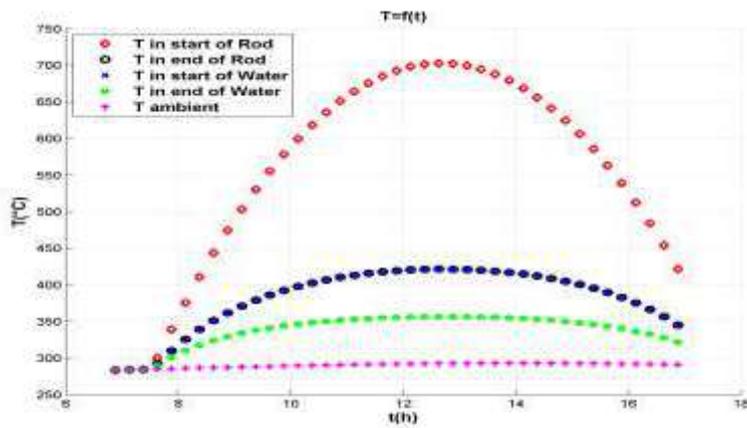
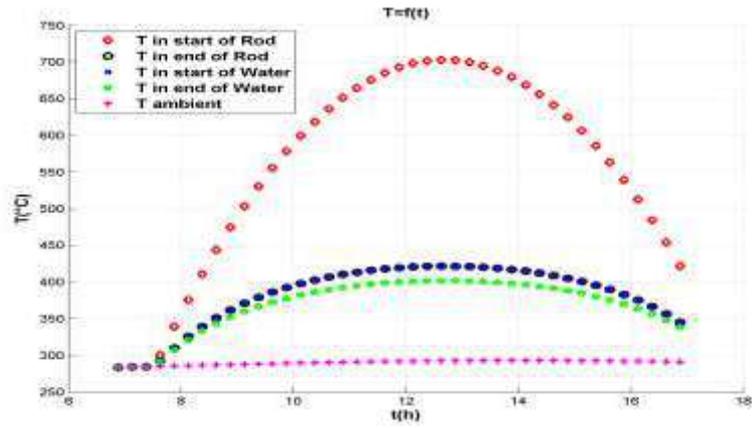
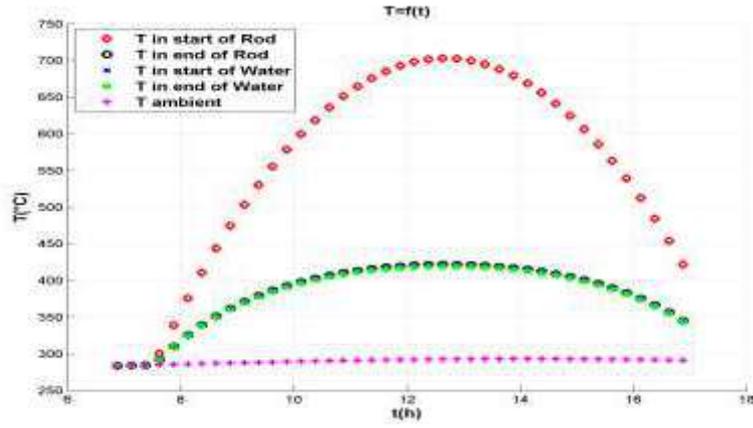


الشكل (7-III): يمثل توزيع الحرارة على طول القضيب و خزان الماء إرتقاعه 2m



الشكل (8-III): يمثل توزيع الحرارة على طول القضيب و خزان الماء إرتقاعه 3m

III-4-3 عرض نتائج تغير درجات الحرارة عند اطراف القضيب و الخزان المائي:



الشكل (III-9): يمثل تغير درجات الحرارة عند اطراف القضيب و الخزان

المائي

III-5 مناقشة و تفسير النتائج:

وجدنا من خلال الحساب أن يوم 20 من شهر جانفي يكون أقل أيام الشهر برودة و بالتالي هو الأكثر برودة خلال السنة.

من خلال الشكل (III-5) يتبين أن شدة الإشعاع الشمسي المباشر تأخذ شكل قطع مكافئ ذروته تكون عند حوالي الواحدة زوالا بقيمة تقدر تقريبا ب 700 w/m^2 . و هو نفس تغير الإشعاع المركز في البؤرة لكن بقيمة تفوق السابقة ب 25 مرة لأن الأبعاد المأخوذة في الدراسة تعطي النسبة بين فتحتي القطع مساوية ل 25.

من خلال الأشكال (III-6) حتى (III-8) نلاحظ بالأخص تلك العليا من كل منها، أن توزيع درجة الحرارة يتغير بتغيير الإشعاع المركز على البؤرة ، أي أنه يزداد و يتناقص تبعا له. و منه المتوقع أنه ثابت لا يتعلق بحجم الماء في الخزان (إرتفاع الخزان).

أما من خلال الأشكال الثلاث السفلى نلاحظ أن تغيير حجم الماء في الخزان (أو تغيير إرتفاعه) يؤثر بشكل واضح في توزيع درجة الحرارة، حيث:

كلما زاد هذا الحجم فإن توزيع درجة الحرارة يكون أسرع اذ يزداد الفارق بين درجتي الحرارة عند أطراف الخزان.

الشكل (III-9) يؤكد النتيجة السابقة بل يظهر بوضوح تزايد ضعف درجة حرارة الماء في الخزان عند القاع.

الخلاصة:

بعد الاطلاع على المياه الساخنة من حيث مصادرها في الطبيعة، طرق تسخين المياه و أهميتها. حاولنا في هذه الدراسة تقديم طريقة أخرى تعتمد القطع المكافئ نقطي التركيز، ذلك باستخدام العمل النظري بوضع برنامج يحسب درجات الحرارة التي يصل إليها ماء مخزن، عن طريق قضيب يسخن بفعل تركيز الإشعاع الشمسي على واحد من سطحيه الجانبيين.

باستخدامنا بيئة التطوير ماتلاب، قمنا بوضع برنامج يعمل لتحقيق ذلك الهدف، بواسطة حل معادلة انتقال الحرارة عبر القضيب و عبر طول الخزان الذي يحوي المياه مع عزل تام للجوانب الخارجية لكل منهما. بعد التعرف على ابرد أيام السنة في منطقة ورقلة و تتبع الإشعاع الشمسي و التركيزه في بؤرة المركز على طول فترة هذا اليوم.

هذا العمل مكننا من الحصول على نتائج كثيرة، من أهمها و على سبيل الحصر:

- تعرفنا على توزيع الحرارة على طول كل من القضيب و الخزان، و تغيرات هذا التوزيع بزيادة قوة الإشعاع و تركيزه.

- في ابرد يوم في السنة، تصل درجات حرارة الماء إلى قيمة جد كبيرة بفضل تركيز الأشعة الشمسية، و ذلك بعد منتصف النهار. و هي درجة تكفي حتى للاستغلال الصناعي.

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

- بزيادة حجم الماء المخزن تتناقص درجة حرارة الماء، الأمر الذي يستدعي استخدام مراكز

مناسبة لكل حالة اعتماد على مثل هذه الدراسة.

ككل بحث تعاني دراستنا نقائص و سلبيات، تعديلها و اقتراح حلول لها يعد أفاق مستقبلية و بوابات بحث جديدة تستدعي بنا أو بقرء الموضوع لطرقها، حيث نطرح منها:

- يقف التعامل مع خصائص المواد المستخدم (الناقل أو المادة المخزنة) عند قيم ثابتة، و هذا خطأ لأنها تختلف باختلاف درجة الحرارة بالأخص عند التعامل مع الموائع.

- لم تبين الدراسة كيفية تثبيت النظام ككل، لأنه من الظاهر صعوبة ذلك و عليه يمكن اقتراح طريقة تحكم أسهل.

- يمكن اعتماد طريقة أخرى للحساب، بالأخص عند حل المعادلة التفاضلية لانتقال الحرارة. أين اعتمدنا طريقة الفروق المنتهية، بينما من الأحسن استخدام طريقة العناصر المنتهية.

- من السهل التجريب في مثل هذه الدراسة، و هو الأمر الذي يؤكد أو ينبه للأخطاء لم تستدرك عند الحساب و بعد المقارنة بين قيم الناتجة.

- يمكن إعادة الدراسة من اجل:

* مركز ثابت دون تتبع.

* تغيير في إبعاد المركز و القضيب الناقل.

* التعامل مع قيم حقيقة للإشعاع الشمسي، الذي لا يمكن أن يكون مثاليا لأسباب متعددة. حيث تنقص قيمته بفعل الغيوم، تأثير العوالق و الغبار بفعل الرياح، بالإضافة لإمكانية تدوير النظام الصعب غالبا.

* دراسة تخزين موائع أكثر قدرة على للحفاظ على الحرارة المخزنة، كالتعامل مع موائع نانوية.

المراجع

مراجع باللغة العربية:

[01] أ. بن عبد الله زهية، الجسد و العناية به في رحاب حضارات الماء، المركز الوطني للبحوث في عصور ما قبل التاريخ، 18 مارس 2015.

[02] قاموس لاروس

[03] Hote spring, www.phenomena.org, 4-1-2020

[04] what's so hot about hot springs reasons to go for a soak, www.mountaintrek.com, 4-1-2020

[05] الحمامات و الأحواض المعدنية .. ملجأ للمرضى وفضاء للترويح، 23 أكتوبر 2017

[06] "Solar Radiation And Temperature", www.britannica.com, Retrieved 2-1-2018. Edited.

[07] د. رائد خضر سلمان الفهداوي، محاضرات في الطاقات المتجددة، قسم الفيزياء، جامعة الأنبار، العراق 2015/2016.

[08] د. سعود يوسف عياش، تكنولوجيا الطاقة البديلة، عالم المعرفة، الكويت 1978.

[09] د. م. كاميليا يوسف محمد، الطاقة الكهروشمسية، موقع الفريد في الفيزياء، 82 ديسمبر.

[10] محفوظ عمار، تسخين المياه بالطاقة الشمسية الجزائر، فرقة البحث في الأنظمة المنخفضة الحرارة، قسم الحرارة الشمسية و الجيوحرارية.

[11] سوداني محمد البار، تحقيق عملي لمركز شمسي أسطواني مكافئ ذي غطاء زجاجي، رسالة مقدمة لنيل درجة الدكتوراه في العلوم جامعة ورقلة 2018.

[12] مسعودي الضاوية، تأثير مخروط عاكس على تركيز شمسي ، مذكرة مقدمة لنيل ماستر في الفيزياء جامعة ورقلة 2011.

- [13] " temperature ", www.nationalgeographic.org, Retrieved 2-1-2018. Edited.
- [14] تخصص تبريد و تكييف، أساسيات الحرارية و الموائع، وحدة انتقال الحرارة، الكتب المتخصصة، المملكة العربية.
- [15] روبرت ل إيفانز، شحن مستقبلنا بالطاقة باستخدام الطاقة المستدامة، ترجمة د. فيصل حردان، مدينة الملك فيصل للعلوم و التقنيات، السعودية 2011.
- [16] Gordon C. Everstine, Numerical Solution of Partial Differential Equations, 21 January 2010.
- [17] د.حسن مصطفى العوضي، المعادلات التفاضلية، الجزء الثاني، مكتبة الرشد، الرياض، السعودية سميعي، تخزين الطاقة الشمسية. ربيع الثاني 1412 هـ. العدد 34.
- [18] عماري خولة و رحمانى فايذة، حل المعادلات التفاضلية باستخدام الأداة pde tool من ماتلاب - دراسة انتقال الحرارة في صفيحة خماسية التثقيب نموذجاً-، مذكرة مقدمة لنيل ماستر في الفيزياء جامعة ورقلة 2020.
- [19] Matlab-10 released helps files.
- [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.
- [21] 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.