الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

جامعة الشهيد حمه لخضر- الوادي

كليـــة العلـــــــوم الدقيقة

قسم علوم المادة

رقم الترتيب:
رقم التسلسل:

مذكرة تخرج لنيل شهادة

ماستر أكاديمي

شعبة: الفيزياء

تخصص: فيزياء تطبيقية إشعاع و طاقة

من إعداد: شقوري مرجانة

الموضوع

دراسة ظاهرة التركيب الطبقي في الخزانات الحرارية

نوقشت يوم: 24-05-2016

أمام لجنة المناقشة المكونة من:

الأرقط حنان	أستاذ مساعد قسم أ	جامعة الوادي	رئيس.
اللبي عبد القادر	أستاذ مساعد قسم أ	جامعة الوادي	مناقش.
مفتاح محمد الصالح	أستاذ مساعد قسم أ	جامعة الوادي	مؤطر.

الموسم الجامعي: 2016/2015

تشكرات

الحمد لله الذي علم بالقلم , علم الإنسان ما لم يعلم , والصلاة والسلام على معلم البشر, وعلى آله وصحبه أجمعين .

أولا و قبل كل شيء نتقدم بأسمى عبارات الشكر و الامتنان و التقدير إلى من يعجز لساننا عن إيجاد العبارات المناسبة لشكره، إلى من سدد خطانا و أنار طريقنا، إلى واهب الحياة ، إلى ربنا ، رب العزة جل جلاله.

نثني بالشكر الجزيل لمن كان له الفضل بعد الله عز وجل الأستاذ مفتاح محمد الصالح الذي لم يبخل علينا بتوجيهاته ونصائحه القيمة والثمينة طوال إنجازنا لهذا العمل.

كما نتوجه بشكري الخاص للأستاذ الكريم خشخوش عبد الرحمان و صديقاتي العزيزات كل واحدة باسمها لوقوفهم معي ومساعدتهم لي.

نتقدم بجزيل الشكر إلى لجنة المناقشة الأستاذ الكريم اللبي عبد القادر و الأستاذة الكريمة الأرقط حنان على قبولهم مناقشة هذه المذكرة.

وإلى كل من ساهم من قريب أو بعيد في إنجاح هذه المذكرة

ونتمنى للجميع التوفيق والنجاح في مسعاهم.

❖ مرجانة شقوري

إهداء

أهدي هذا العمل إلى:

أمي الغالية و أبي العزيز أطال الله في عمرهما

إلى روح جدّتي الطاهرة غمرها الله برحمته الواسعة إن شاء الله

والى جدي أحد كبار مجاهدي ثورة التحرير الجزائرية

والى جدي وجدتي أطال الله في عمرهم

إلى كل إخوتي وأخواتي الأعزاء

إلى كل أفراد العائلة

إلى كل الصديقات اللاتي فارقن العين و لم يفارقن الوجدان

إلى كل زملائي دفعة 2016 ماستر فيزياء إشعاع وطاقة

إلى كل من علمني حرفا أساتذتي الكرماء.

❖ مرجانة شقوري

الفهرس

الفهرس

قائمة الأشكال..... I
قائمة الجداول..... I
قائمة الرموز...... II
مقدمة عامة..... 01

الفصل 01:بحث مكتبي حول السخانات الشمسية والكهربائية.

تمهيد 04
1.I تعريف الحرارة..... 04
1.1.I مفهوم انتقال الحرارة..... 04
2.1.I طرق انتقال الحرارة..... 04
1.2.1.I التوصيل الحراري..... 05
2.2.1.I الحمل الحراري..... 05
3.2.1.I الإشعاع الحراري 05
2.I الطاقة ومصادرها..... 06
1.2.I مصادر غير متجددة..... 06
2.2.I مصادر متجددة..... 06
3.I الطاقة الشمسية..... 07
1.3.I تحويل الطاقة الشمسية..... 07
3.I.1.1 التحويل الكهروضوئي..... 07
2.1.3.I التحويل الحراري..... 07
2.3.I مميزات الطاقة الشمسية..... 08
3.3.I استخدامات الطاقة الشمسية..... 08
1.3.3.I درجات الحرارة المنخفضة..... 08
2.3.3.I درجات الحرارة المتوسطة..... 09
3.3.3.I درجات الحرارة العالية..... 09
4.I تسخين المياه بالطاقة الشمسية..... 09
1.4.I تعريف السخان الشمسي..... 10
2.4.I المكونات الأساسية لسخان المياه..... 10
1.2.4.I المجمعات الشمسية المسطحة..... 11
2.2.4.I الخزان الحراري..... 13

3.2.4.I	أجهزة التحكم والتشغيل والأمان.....	14
3.4.I	مبدأ عمل السخان الشمسي.....	15
4.4.I	أنواع السخانات الشمسية.....	16
1.4.4.I	السخان الشمسي المندمج.....	16
2.4.4.I	السخان الشمسي التقليدي.....	17
3.4.4.I	منظومة تعمل بالدوران الطبيعي.....	19
4.4.4.I	منظومة تسخين على شكل صندوق حراري.....	20
5.4.4.I	منظومة فعالة.....	21
5.I	تسخين الماء بالكهرباء.....	22
1.5.I	مبدأ عمل السخان الكهربائي.....	22
2.5.I	أنواع السخانات الكهربائية.....	22
1.2.5.I	السخان الفوري.....	22
2.2.5.I	السخان البطيء.....	23
خلاصة	.....	26

الفصل 02: الميزان الطاقوي و المعادلات الحرارية.

تمهيد	.....	28
1.II	أبعاد الخزان.....	28
1.1.II	الغلاف الداخلي.....	28
2.1.II	سمك العزل.....	29
3.1.II	حساب سرعة تدفق السائل.....	30
2.II	طرق انتقال الحرارة في الخزان الحراري.....	31
1.2.II	انتقال الحرارة بالحمل.....	31
1.1 .2.II	تقدير معامل انتقال الحرارة بالحمل.....	31
2.1.2.II	نوع الجريان.....	32
3.1.2.II	رقم براندل.....	32
4.1.2.II	رقم غراشوف.....	33
5.1.2.II	رقم نيسلت.....	33
2.2.II	انتقال الحرارة بالتوصيل.....	34
3.II	تعريف الميزان الطاقوي.....	35
1.3.II	الطاقة المخزنة.....	35
2.3.II	الطاقة الملتقطة.....	35

4.II	حساب معامل التبادل الحراري الخارجي.....	36
5.II	التبادلات بالتصعيد الطبيعي في مجرى.....	36
6.II	حساب مردود الخزان.....	37
7.II	انتقال الحرارة غير المستقر.....	37
8.II	النموذج الرياضي.....	39
1.8.II	الطاقة المخزنة.....	40
2.8.II	الطاقة الملتقطة.....	40
3.8.II	الطاقة المفقودة.....	41
9.II	الحصيلة الطاقوية الخاصة بالخزان الحراري.....	41
10.II	الحصيلة الطاقوية الخاصة بالطبقة الأولى.....	41
11.II	الحصيلة الطاقوية الخاصة بالطبقة الوسطى.....	43
12.II	الحصيلة الطاقوية الخاصة بالطبقة الأخيرة.....	43
خلاصة	.....	44

الفصل 03:الدراسة التجريبية للخزان الحراري.

تمهيد	.....	46
1.III	التجربة.....	46
1.1.III	الهدف من التجربة.....	46
2.1.III	أدوات التجربة.....	46
3.1.III	خطوات العمل.....	48
2.III	نتائج التجربة.....	48
3.III	عرض وتحليل وتفسير النتائج.....	49
4.III	استنتاجات تجريبية.....	54
خلاصة	.....	55
	خاتمة عامة.....	57
	قائمة المراجع	60

قائمة الأشكال والجداول

قائمة الأشكال:

الشكل	العنوان	الصفحة
(1.I):	رسم توضيحي لطرق انتقال الحرارة.....	05
(2.I):	مخطط يوضح استخدامات الطاقة الشمسية.....	08
(3.I):	رسم تخطيطي لسخان شمسي.....	10
(4.I):	رسم توضيحي للاقط شمسي مستوي.....	12
(5.I):	أجزاء اللاقط الشمسي المستوي.....	12
(6.I):	أنواع مختلفة من المجمعات الشمسية.....	13
(7.I):	دورة السريان الطبيعي للمياه بين المجمع الشمسي والخزان الحراري.....	15
(8.I):	السخان الشمسي المتكامل.....	17
(9.I):	رسم يوضح نظام تسخين بطريقة السيفون الحراري.....	18
(10.I):	رسم يوضح نظام تسخين بطريقة الدفع القسري.....	19
(11.I):	منظومة تسخين ماء تعمل بالدوران الطبيعي.....	20
(12.I):	منظومة تسخين ماء على شكل صندوق حراري.....	21
(13.I):	منظومة تسخين ماء فعالة.....	21
(14.I):	رسم توضيحي لسخان الفوري.....	23
(15.I):	رسم توضيحي لسخان الماء الكهربائي.....	24
(1.II):	مخطط يوضح أبعاد الخزان.....	29
(2.II):	رسم توضيحي لمظهر جانبي للخزان.....	39
(1.III):	منظر داخلي للخزان الحراري.....	46
(2.III):	مقياس درجة الحرارة.....	47
(3.III):	لاقط شمسي.....	47
(4.III):	سخان شمسي منجز على مستوى مخبر جامعة الوادي.....	47
(5.III):	تغيرات درجة حرارة اللاقط بدلالة الزمن.....	49
(6.III):	تغيرات درجة حرارة في الطبقة الأولى بدلالة الزمن.....	50
(7.III):	تغيرات درجة حرارة في الطبقة الوسطى بدلالة الزمن.....	51
(8.III):	تغيرات درجة حرارة في الطبقة الأخيرة بدلالة الزمن.....	52
(9.III):	تغيرات درجة حرارة الطبقات بدلالة الزمن.....	53
(10.III):	تغيرات درجة حرارة الطبقات و اللاقط بدلالة الزمن.....	53

قائمة الجداول

(1.III):	تغيرات درجة حرارة اللاقط والطبقات خلال فترات زمنية.....	48

قائمة الرموز

قائمة الرموز

الرمز	المقدار الفيزيائي	الوحدة
L_0	طول الخزان المفترض.....	[m]
T_i	درجة حرارة الماء.....	[°C]
T_e	درجة حرارة الوسط.....	[°C]
λ	الناقلية الحرارية للماء.....	[W/m. °C]
H	ارتفاع الخزان.....	[m]
g	تسارع الجاذبية.....	[m/s^2]
U	سرعة تدفق السائل.....	[m/s]
Q_S	الحرارة المخزنة والمكدسة.....	[w]
C_P	الحرارة النوعية للمائع.....	[J/kg . °C]
M	كتلة وسط التراكم.....	[kg]
ΔT	فارق في درجة حرارة الوسط.....	[°C]
q_c	معدل انتقال الحرارة بالحمل.....	[w]
A	مساحة سطح الطبقة.....	[m^2]
h_c	معامل انتقال الحرارة بالحمل.....	[W/m^2.°C]
T_S	درجة حرارة السطح.....	[°C]
T_f	درجة حرارة المائع بعيدا عن السطح.....	[°C]
ρ	الكتلة الحجمية.....	[kg/m^3]
V	سرعة المائع.....	[m/s]
D	قطر الأنبوب الذي يتحرك به المائع.....	[m]
μ	معامل اللزوجة الديناميكية للمائع.....	[Kg/m.s]
K	معامل التوصيل الحراري.....	[W/m. °C]
β	معامل التمدد الحراري.....	[k^{-1}]
υ	اللزوجة الحركية للمائع.....	[m^2/s]
ΔT	الفرق في درجة الحرارة بين السطح والمائع.....	[°C]

قائمة الرموز

$\mathbf{L}$	طول السطح.....	[m]
$\mathbf{r}$	نصف قطر الاسطوانة.....	[cm]
$\mathbf{l}$	طول الاسطوانة.....	[cm]
$\mathbf{q}$	الحرارة المحولة.....	[W]
$\boldsymbol{S}$	المساحة الجانبية للطبقة	[m^2]
$\mathbf{d_1}$ و $\mathbf{d_2}$	الأقطار الداخلية للمجرى.....	[m]
$\mathbf{A_C}$	مساحة اللاقط.....	[m^2]
$\mathbf{I_C}$	السيلان الشمسي.....	[W/m^2]
$\mathbf{T}$	درجة حرارة الجسم الداخلي.....	[°C]
$\mathbf{T_1}$	درجة حرارة الجسم الابتدائية.....	[°C]
$\mathbf{T_0}$	درجة حرارة الوسط المحيط الثابتة.....	[°C]
$\mathbf{t}$	الزمن.....	[s]
$\boldsymbol{E_s}$	الطاقة المخزنة.....	[J]
$\mathbf{E_c}$	الطاقة الملتقطة.....	[J]
$\mathbf{E_P}$	الطاقة المفقودة.....	[J]
$\mathbf{M_j}$	الكتلة المكافئة للماء في الطبقة.....	[kg]
$\mathbf{e_j}$	المسافة بين الطبقتين.....	[m]
$\mathbf{h_j}$	معامل الفقدان الإجمالي لحرارة الشريحة.....	[W/m^2.°C]
$\mathbf{s_j}$	المساحة الجانبية للطبقة.....	[m^2]
$\mathbf{m}$	المعدل الكتلي في اللحظة t.....	[kg]
$\mathbf{T_C}$	درجة حرارة خروج الماء من اللاقط	[°C]
$\mathbf{F_C}$	معامل الشكل.....	[/]

قائمة الرموز

مقدمة عامة

مقدمة عامة

خلق الله الشمس والقمر كآيات دالة على كمال قدرته وعظم سلطانه وجعل الشمس مصدرا للضياء على الأرض وجعل الشعاع المعكوس من سطح القمر نورا [1] .

في ظل تزايد الطلب على الطاقة نظرا لدخول العديد من الدول الكبرى في مرحلة التنمية الاقتصادية الأكثر اعتمادا على استخدام الطاقة، فمن المحتمل ألا تبقى إمدادات النفط والغاز التي يسهل استخراجها قادرة على مواكبة الطلب العالمي الغير محدود ولسد هذه الفجوة لن يكون أمام العالم أي خيار سوى استخدام الطاقة بمردودية أكبر وزيادة استخدام مصادر الطاقة الأخرى [2].

نتيجة للاستغلال المفرط لمصادر الطاقة التقليدية تزايد انبعاث ثاني أكسيد الكربون الصادر عن استخدام الطاقة،حيث يعتبر المسؤولالأول عن أكثر من نصف الانبعاثات المسببة للاحتباس الحراري هم البشر مع ازدياد المخاوف بشأن ظاهرة تغير المناخ[2].

تعتبر الطاقة المتجددة الأملالأخيرلإنسان العصر المقبل من أجل تأمين مصدر للطاقة، ولقد أصبح هناك ضرورة وحاجة حقيقية للتوجه نحو تطوير واستغلال مصادر الطاقة المتجددة المتوفرة، مما يستلزم تشجيع وتسهيل الاستثمارات في هذا المجال النشط والواعد وخاصة في قطاعي الطاقة الشمسية والرياح حيث يعدان من أسرع مصادر الطاقة نموا وجذبا للاستثمارات في الوقت الحالي[2] .

ومن أهم تطبيقات تكنولوجيا الطاقة الشمسية هو استخدامها في تسخين المياه سواء للأغراض المنزلية أو الصناعية وذلك من خلال استخدام سخانات المياه الشمسية [3].

في عام 1890 استخدمت سخانات المياه الشمسية في الولايات المتحدة لأول مرة، لتثبت أنها الأفضل مقارنة باستخدام أفران الخشب والفحم لأغراض تسخين المياه، بعد ذلك استخدمت النظم الشمسية في ولايتي أريزونا وفلوريدا ومناطق أخرى بأمريكا تتميز بسطوع شمسي، حيث تم في عام 1920بيع حوالي 10.000 سخان شمسي، في نفس الوقت تم اكتشاف كميات كبيرة من البترول والغاز الطبيعي في غرب الولايات المتحدة وبظهور هذه الأنواع من الوقود التي تتميز بانخفاض تكلفتها مقارنة بالطاقة الشمسية بدأ استبدال الأنظمة الشمسية في تسخين المياه بالأنظمة المعتمدة على الوقود الإحفوري في الوقت الراهن عادت سخانات المياه الشمسية للظهور مرة أخرى، ففي كالفورنيا وحدها يوجد نصف مليون سخان شمسي تستخدم في توفير المياه الساخنة للمنازل وأماكن العمل[4].

تختلف سخانات المياه من مكان إلى آخر حسب نوع السخان ونوع الطاقة المستخدمة، حسب توفر الطاقة وتنقسم إلى ثلاثة أنواع منها التي تعمل بالغاز أو بالكهرباء أو الطاقة الشمسية [5].

إن استخدام الطاقة الكهربائية لتسخين المياه من أسوء صور تحويل الطاقة، ويخطئ البعض في الاعتقاد بأن استخدام الطاقة الكهربائية لتسخين المياه هو استخدام نظيف خال من التلوث،إلاأنه في حقيقة الأمر ينتج عن حرقها أطنان من ثاني أكسيد الكربون سنويا تساهم بشكل أساسي في تلوث الهواء، كما أن استخدام تلك الطاقة الكهربائية لتسخين المياه يعد من أسوءأنواع تحويل الطاقة حيث إنها في الأصل طاقة

حرارية وعلى هذا فإن استخدام المواطن للسخانات الكهربائية لتسخين المياه للأغراض المنزلية يعد مزيدا من الطلب على الطاقة الكهربائية ومزيدا من حرق المازوت أو الغاز الطبيعي ومزيدا من مداخن تلوث الهواء[6] .

على هذا الأساس فإن استخدام الطاقة الشمسية كأحد مصادر الطاقة المتجددة يعتبر ضرورة وذو أهمية قصوى ويمكن أن تشارك في التنمية القومية دون أي تأثير سلبي على المنظومة البيئية المحيطة وذلك لكونها طاقة نظيفة غير ملوثة[6].

في هذا البحث يسعدنيأن نستعرض السخانات التي تعمل بالطاقة الشمسية و بالأخص كيفية تخزين هذه الطاقة والاستفادة منها، يعتبر الخزان الحراري الحل الأمثل لتخزين هذه الطاقة وتختلف طرق تخزين الحرارة، حيث هناك نوعين أساسين للتخزين في أنظمة التسخين بالطاقة الشمسية هما :

- ✓ التخزين على شكل طبقات :

هو إجباري في منظومات تسخين الهواء وغالبا يستخدم منظومات الماء الساخن للاستهلاك المنزلي فعندما يعود الماء أو الهواء الساخن من المجمع الشمسي فإنه لا يختلط مع المائع الموجود بالقرب من فتحة الدخول للمجمع الشمسي،درجة حرارة المائع الذي يغادر الخزان تكون ثابتة والمجمع يعمل بكفاءة ثابتة أيضا إلى حين الوصول إلى الخزن التام [1].

- ✓ التخزين بالخلط الجيد :

تستخدم هذه الطريقة للسوائل فقط عندما يكون حجم الماء في الخزان مخلوط جيدا، فإندرجة حرارته تكون متجانسة وتميل للارتفاع ببطء كتسخينه خلال اليوم عند ارتفاع درجة الخزن فإن الكفاءة تميل للانخفاض[1].

ويتمحور هذا العمل حول ثلاثة فصول:

في الفصل الأول سنتعرف على كل من الحرارة وطرق انتقالها، موارد الطاقة المتجددة وغير المتجددة و بالأخص الطاقة الشمسية وتطبيقاتها ومن أهمها تسخين المياه بالطاقة الشمسية و سنقدم دراسة نظرية حول السخانات و أنواعها الشمسية والكهربائية .

سنركز في الفصل الثاني علىأهم المعادلات الخاصة بالخزان الحراري والميزان الطاقوي و النموذج الرياضي للمعادلات .

في الفصل الثالث سنقوم بدراسة تجريبية للخزان الحراري، وسنحلل النتائج المتحصل عليها وذلك من خلال عرضها في منحنيات بيانية ثم مناقشتها وتفسيرها.

نختم كل ذلك بخلاصة، نوجز فيها أهم النتائج التي تحصلنا عليها،ونقدم بعض الآفاق المستقبلية لمواصلة البحث في هذا الموضوع.

الفصل الأول

بحث مكتبي حول السخانات الشمسية والكهربائية.

- تمهيد.
- الحرارة وطرق انتقالها .
- الطاقة ومصادرها .
- السخانات الشمسية و أنواعها.
- السخانات الكهربائية و أنواعها.
- خلاصة.

تمهيد :

يحتاج الإنسان إلى الماء الساخن في جميع الأوقات لقد كان في السابق يحصل عليه عن طريق التسخين المباشر على النار، ومع مرور الوقت اخترع الإنسان سخان الماء الذي يغذي المنزل بكامله أو جزء منه بالماء الساخن، وما على الإنسانإلاأن يدير الصنبور فينساب ماء ساخنا يستطيع التحكم بدرجة حرارته حسب حاجته[5].

تختلف سخانات المياه من مكان إلى أخر حسب نوع السخان، ونوع الطاقة المستعملة،سنتعرف في هذا الفصل إلى السخانات الشمسية وأنواعها وكذلك السخانات الكهربائية وأنوعها ومن أهم العناصر الموجودة فيها هو الخزان الحراري[5].

سنتطرق في هذا الفصل أولا إلى الحرارة وطرق انتقالها ثم إلى الطاقة ومصادرها، ومن مصادرها الطاقة الشمسية التي تستعمل لتدفئة المنازل، تسخين المياه و تحليتها ويتم تحويلها أيضا بواسطة المجمعات الشمسية إلى حرارة أو توليد الكهرباء بواسطة الخلايا الشمسية[7].

1.I تعريف الحرارة:

تعرف الحرارة على أنها شكل من أشكال الطاقة التي تنتقل من جسم لأخر بسبب الاختلاف في درجة الحرارة بين الجسمين[8].

1.1.I مفهوم انتقال الحرارة :

انتقال الحرارة هو عبارة على الكيفية التي انتقلت بها الحرارة لتغير وضع الاتزان هذا بالإضافة إلى حساب معادلات انتقال الحرارة أثناء تغير وضع الاتزان، ومعظم الأجهزة المنزلية تصمم في كلياتها أو في أجزاء منها باستخدام أسس انتقال الحرارة فمثلا أجهزة التدفئة وتكييف الهواء والثلاجات وسخانات المياه .....الخ[9] .

2.1.I طرق انتقال الحرارة :

يوجد العديد من طرق انتقال الحرارة أهم هذه الطرق هي:

1.2.1.I التوصيل الحراري(conduction):

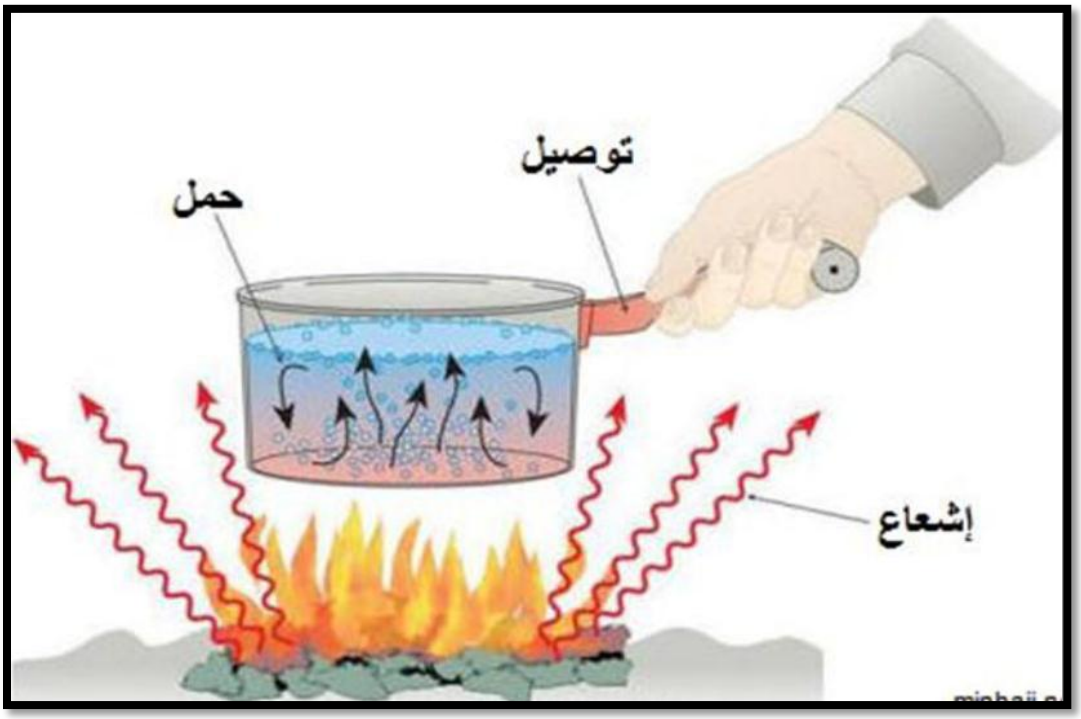
يعرف بأنه انتقال الحرارة عن طريق تبادل الطاقة الحرارية بين جزيئات الوسط دون انتقال لهذه الجزيئات،يتم انتقال الحرارة في هذه الطريقة من خلال المواد الصلبة وبالنسبةللسوائل والغازات عندما تكون ساكنة [10،9].

2.2.1.I الحمل الحراري (convection):

تنتقل الحرارة بتيارات الحمل من خلال السوائل والغازات،وهو أساس انتقال الحرارة في الموائع حيث تطفو الأجزاء الساخنة والتي تقل كثافتها و الأجزاء الباردة تحل محلها وينتج عن هذه العملية تبادل حراري يسمى الحمل الحراري[10،9].

3.2.1.I الإشعاع الحراري(Rayonement):

وهي الطريقة التي تنتقل بها الطاقة الحرارية من الشمس إلىالأرض،لا يحتاج انتقال الحرارة بالإشعاع إلى وسط مادي على عكس التوصيل والحمل والطاقة الحرارية هذه تسمى بالطاقة المشعة أو الإشعاعية ويفقدها الجسم أو يشعها بسرعة الضوء[10].



الشكل (1.I):رسم توضيحي لطرق انتقال الحرارة[11].

2.I الطاقة ومصادرها:

الطاقة هي القدرة على القيام بعمل ما من خلال الشغل المبذول،وتظهر الطاقة في أشكال عديدة منها الحرارة،الضوء والصوت وتتحول الطاقة أيضا من شكل إلىأخر،الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم وعندما يبدو أن الطاقة قد استنفذت فإنها في الحقيقة تكون قد تحولت من صورة إلى أخرى أو من شكل لأخر لتكون في خدمة الإنسان .

تنقسم مصادر الحصول على الطاقة إلى مجموعتين هما [6]:

1.2.I مصادر غير متجددة (تقليدية):

هي المصادر التي لا تتجدد لتعويض ما أستهلك منها، وهي موجودة في الطبيعة بكميات محدودة وغير متجددة ومن أهمها الوقود الأحفوري(الفحم،البترول،الغاز) و الوقود النووي،تلك المصادر لها تأثيراتها الضارة على البيئة .

- **الفحم:**

يوصف الفحم بأنه مادة صلدة ذات لون أسود، ويتكون من كربون، هيدروجين، أكسجين ونيتروجين بالإضافة إلى الكبريت[4].

- **البترول:**

يعتبر زيت البترول من أهم مصادر الطاقة في هذا العصر، وينتج من تحلل المواد العضوية(حيوانية أو نباتية)[6].

- **الغاز الطبيعي:**

يعتبر الغاز الطبيعي ثاني أهم أنواع الوقود الأحفوري بعد النفط ،يتكون الغاز الطبيعي كنتاج ثانوي لتحلل المادة العضوية تحت الأرض وهو من المركبات الهيدروكربونية البسيطة[6،12].

2.2.I مصادر متجددة :

وهي عبارة عن مصادر طبيعية دائمة وغير ناضبة متوفرة في الطبيعة ومتجددة باستمرار مادامت الحياة قائمة، وتتمثل في الطاقة الشمسية، طاقة الرياح، طاقة الحرارة الأرضية، طاقة الكتلة الحيوية طاقة المياه ومن أهم المصادر المتجددة للطاقة والتي يمكن استغلالها بدرجة كبيرة هي الطاقة الشمسية[6].

3.I الطاقة الشمسية:

الطاقة الشمسية هي ناتج التفاعلات النووية التي تحدث في الشمس وتصل طاقتها الحرارية إلى الأرض على صورة طاقة إشعاعية مكونة من الأشعة فوق البنفسجية التي يتم سحب كمية كبيرة منها بواسطة الغلاف الجوي و الأشعة المرئية و الأشعة تحت الحمراء[13].

تتولد الطاقة الشمسية نتيجة التحول المستمر لكل أربع ذرات من الهيدروجين إلى ذرة واحدة من الهليوم في تفاعل اندماجي نووي، ولما كانت كتلة ذرة الهليوم الناتجة من التفاعل أقل من مجموع كتل ذرات الهيدروجين الداخلة فيه فإن فرق الكتلة هذا يتحول إلى ضوء و حرارة تنتقل على هيئة أشعة [14].

1.3.I تحويل الطاقة الشمسية:

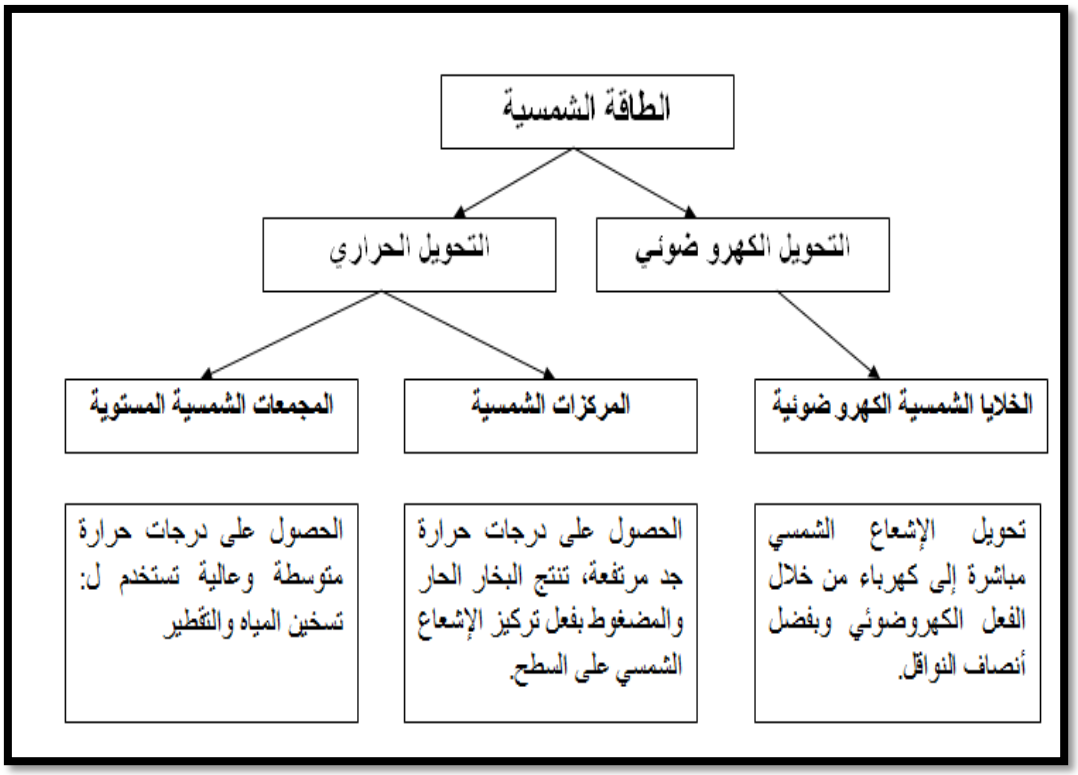
يمكن تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية أو طاقة حرارية من خلال آليتي التحويل الكهرو ضوئي والحراري :

1.1.3.I التحويل الكهروضوئي:

هو عبارة عن تحويل الإشعاع الشمسي أو الضوئي إلى طاقة كهربائية بواسطة الخلايا الشمسية .

2.1.3.I التحويل الحراري:

هو عبارة على تحويل الإشعاع الشمسي إلى طاقة حرارية عن طريق المجمعات الشمسية والمواد الحرارية والشكل التالي يوضح ذلك[7]:



الشكل (2.I):مخطط يوضح استخدامات الطاقة الشمسية[7].

2.3.I مميزات الطاقة الشمسية:

- ✓ نظيفة وغير ملوثة للبيئة.
- ✓ طاقة لا تنضب متوفرة على مدار العام.
- ✓ التكنولوجيا المستخدمة فيها غير معقدة ويمكن تصنيعها محليا[3].

3.3.Iاستخدامات الطاقة الشمسية :

تستخدم الطاقة الشمسية في العديد من التطبيقات التي تعتمد على الحرارة الموجودة في أشعة الشمس للحصول على درجة الحرارة المطلوبة تقسم درجات الحرارةعلى النحو التالي :

1.3.3.I درجات الحرارة المنخفضة:

تنتج من الأشعة الساقطة على سطح المجمع مباشرة كما أنها تستخدم المجمعات المسطحة ذات الموصفات العادية ومن أمثلتها التطبيقات المستخدمة الآتية:

- التسخين الشمسي للمياه (المنازل،المستشفيات و الفنادق وغيرها).
- تجفيف المحاصيل الزراعية.
- تحليه المياه[6].

2.3.3.I درجات الحرارة المتوسطة :

تنتج من مجمعات ذات مواصفات خاصة وغير متحركة مثل الأنابيب المفرغة كما لا تستلزم تركيزللأشعة وفي بعض الحالات وجود تركيز منخفض،ومن الأمثلة التطبيقية لاستخدامها الأتي:

- التسخين الشمسي للمياه في العمليات الصناعية .
- التسخين الشمسي للمياه في عمليات التعقيم والمغاسل بالمستشفيات .
- تحليه مياه البحار و الآبار عن طريق البخر والتكثيف.
- المطابخ الشمسية[6].

3.3.3.I درجات الحرارة العالية:

تنتج من المركزات المتحركة في تجميع الإشعاع الشمسي المباشر على مستقبلات تحتوي على سائل وسيط يتم بواسطته نقل الطاقة الحرارية من المستقبل إلى المبادل الحراري ومن الأمثلة التطبيقية لاستخدامها الاتي:

- عمليات التسخين الصناعي .
- توليد الكهرباء باستخدام التوربينات البخارية[6].

4.Iتسخين المياه بالطاقة الشمسية:

عند الحديث عن تسخين المياه بالطاقة الشمسية يكون المقصود بذلك رفع درجة حرارتها إلى ما يكفي لجعلها صالحة لبعض الأغراض المنزلية أو الصناعية كالاستحمام والغسيل و إنتاج المياه الحارة للعمليات الصناعية بمعنى رفع درجة حرارة المياه إلى حوالي 60 درجة مئوية، ولتحقيق هذا الغرض تستعمل المجمعات الشمسية المسطحة ذات التكلفة الاقتصادية المنخفضة نسبيا والتي تعمل بكفاءة عالية على درجات الحرارة هذه[15].

تشترك المجمعات الشمسية في أنها تقوم جميعا بتسخين السوائل المارة فيها، ومن ضمنها الماء أكثر السوائل استعمالا في تطبيقات الطاقة الشمسية.

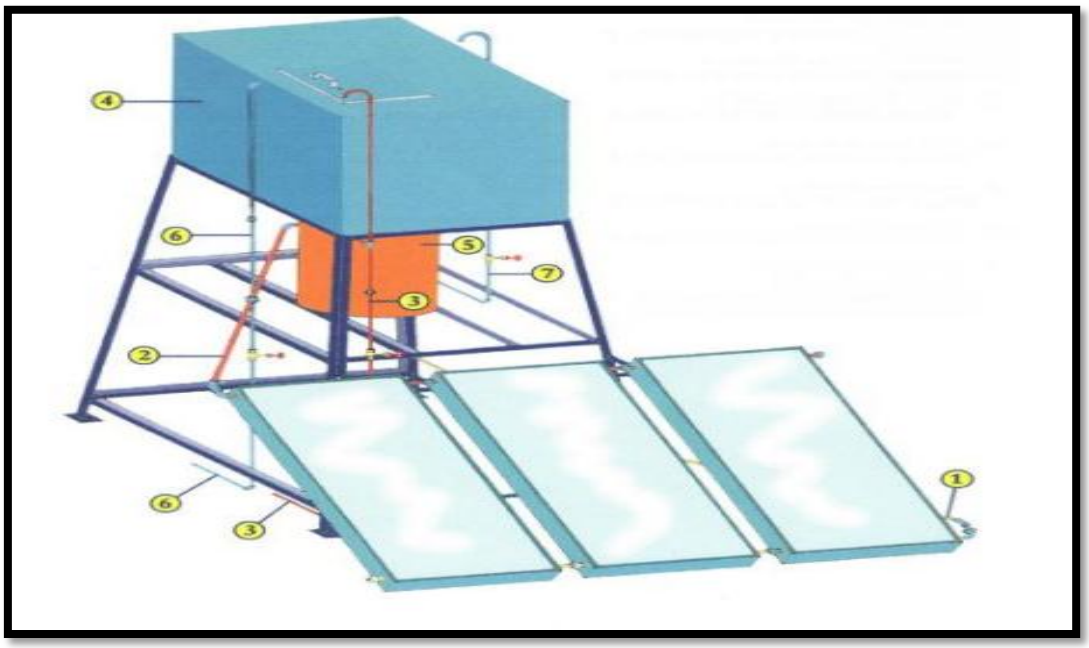
من أهم تطبيقات تكنولوجيا الطاقة الشمسية هو استخدامها في تسخين المياه سواء للأغراض المنزلية أو الصناعية وذلك من خلال استخدام السخانات المياه الشمسية [3].

1.4.I تعريف السخان الشمسي:

هو منظومة متكاملة تتكون من عدة أجزاء تستخدم في تجميع الأشعة الشمسية الساقطة عليها وتحويلها إلى طاقة حرارية يستفاد منها في تسخين المياه خلال ساعات سطوع الشمس حيث تخزن المياه الساخنة في خزان حراري تمهيدا لاستخدامها خلال اليوم وقد أصبح استعمال هذا الجهاز واسع الانتشار في معظم أنحاء العالم [13].

2.4.I المكونات الأساسية لسخان المياه:

- اللاقط الشمسي.
- الخزان الحراري.
- أنابيب توصيل.
- خزان ماء بارد[16].



الشكل(3.I):رسم تخطيطي لسخان شمسي[16].

1- خط تزويد اللواقط الشمسية.
2- الخط الخارج من اللواقط الشمسية.
3- خط الماء الساخن المزود للمنزل.
4- خزان تزويد الماء البارد.
5- خزان الماء الساخن.
6- خط تزويد الماء البارد[16].

I.1.2.4المجمعات الشمسية المسطحة(اللاقط الشمسي):

المجمع الشمسي هو الجزء الرئيسي في أنظمة تسخين المياه بالطاقة الشمسية حيث أنه هو المسؤول عن نقل حرارة الشمس للمياه.

هي وحدة يتم بواسطتها استقبال الإشعاع الشمسي الساقط على سطحها وتحويله إلى طاقة حرارية، خلال سطح ماص، تنتقل إلى الماء أو أي سائل وسيط مع الحفاظ على هذه الطاقة من الفقد إلى الجو المحيط بأقصى ما يمكن ويتكون المجمع الشمسي المسطح من الأجزاء الأساسية الآتية [3]:

1- الصندوق الخارجي:

يمكن تصنيع الصندوق الخارجي من صفائح الفولاذ أو الألمنيوم المعالج أو أي مواد أخرى تتحمل تأثيرات العوامل الجوية مثل الأشعة البنفسجية، المطر،الرطوبة ، الرياح.

2- الأغطية الشفافة :

تكون الأغطية الشفافة عادة من زجاج ذو نفاذية عالية وإذا استعملت مواد أخرى مثل البلاستيك المقوي للألياف الزجاجية فيجب أن تتحمل هذه الأغطية العوامل الجوية وأن تكون ذات نفاذية عالية.

3- السطح الماص :

يصنع السطح الماص من المواد المعدنية مثل النحاس أو الألمنيوم وهناك بعض السطوح المصنعة من المواد البلاستيكية وإذا استعملت هذه الأخيرة فيجب أن تتحمل تأثير الأشعة فوق البنفسجية.

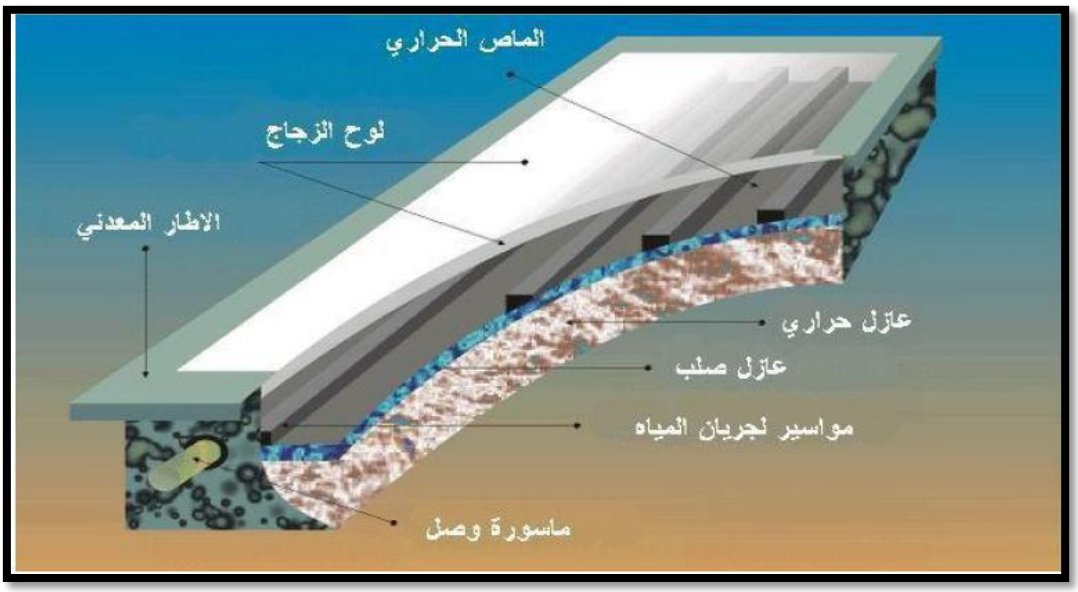
4- شبكة الأنابيب:

تتكون شبكة الأنابيب من الأنابيب الطويلة والأنابيب العرضية ، وتكون عادة من الفولاذ أو الألمنيوم أو النحاس.

5- العوازل :

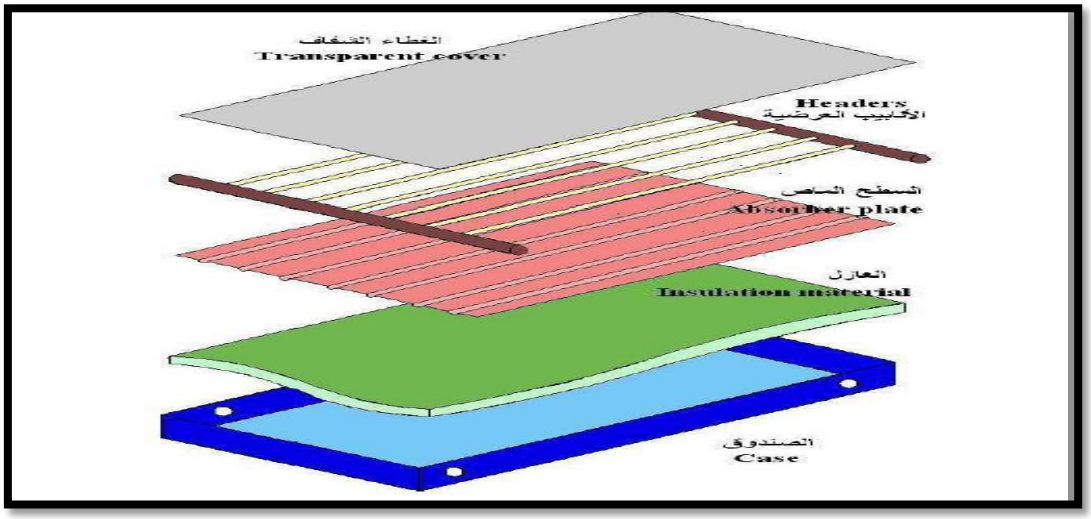
تكون المواد العازلة عادة من الألياف الزجاجية أو الصوف الصخري أو رغوة البولي يوريثان [16].

والشكل التالي يوضح ذلك :



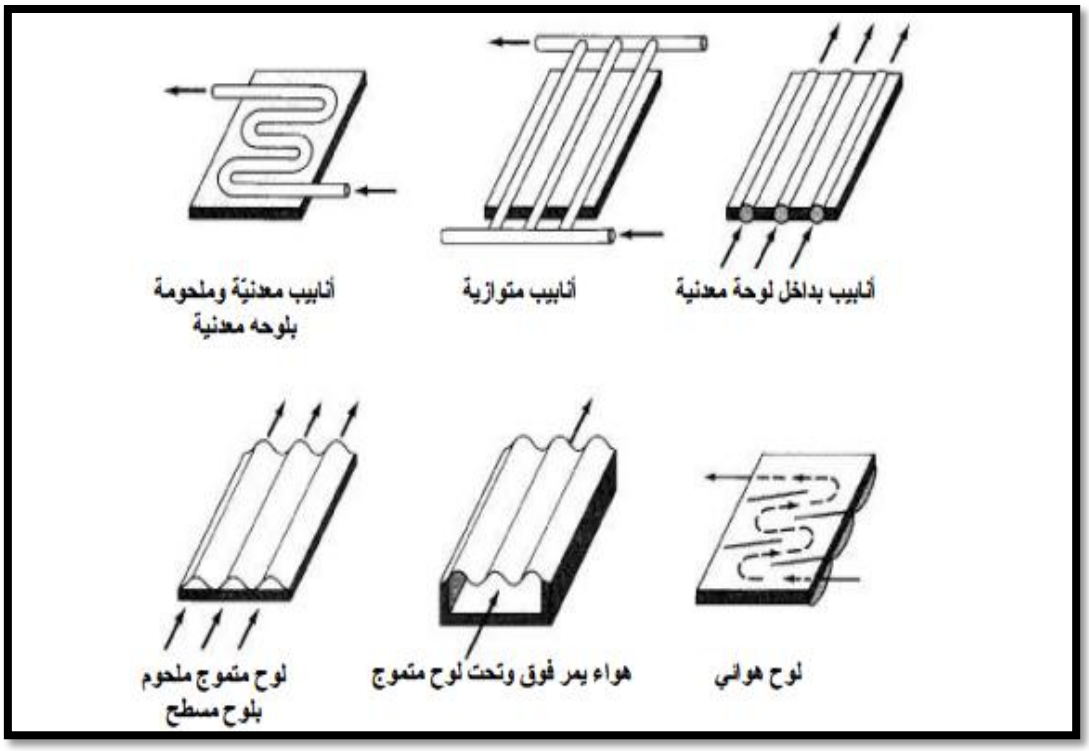
الشكل(4.I):رسم توضيحي للاقط شمسي مستوي[16].

يصنع اللاقط الشمسي من أجزاء مختلفة تجمع في وحدة واحدة، وهذه الأجزاء كما في الشكل :



الشكل(5.I):أجزاء اللاقط الشمسي المستوي[16].

وللمجمع الشمسي أنواع عديدة منها :



الشكل (6.I):أنواع مختلفة من المجمعات الشمسية[14].

2.2.4.I الخزان الحراري:

هو خزان معزول حراريا يستخدم لتخزين الماء الساخن بعد مروره بالمجمع الشمسي والحفاظ على درجة حرارته، ويتكون الخزان الحراري من الأجزاءالأساسيةالآتية:

- الخزان الداخلي.
- العزل الحراري.
- الغلاف الخارجي.
- الحامل المعدني[3].

يتم توصيل وتجميع المواسير بمجموعة من الملحقات، وهي مجموعة مواسير من الحديد لنقل وتوزيع المياه الباردة والساخنة، وتكون مواسير المياه الساخنة معزولة بالعزل الحراري للحفاظ على درجة حرارة المياه [3].

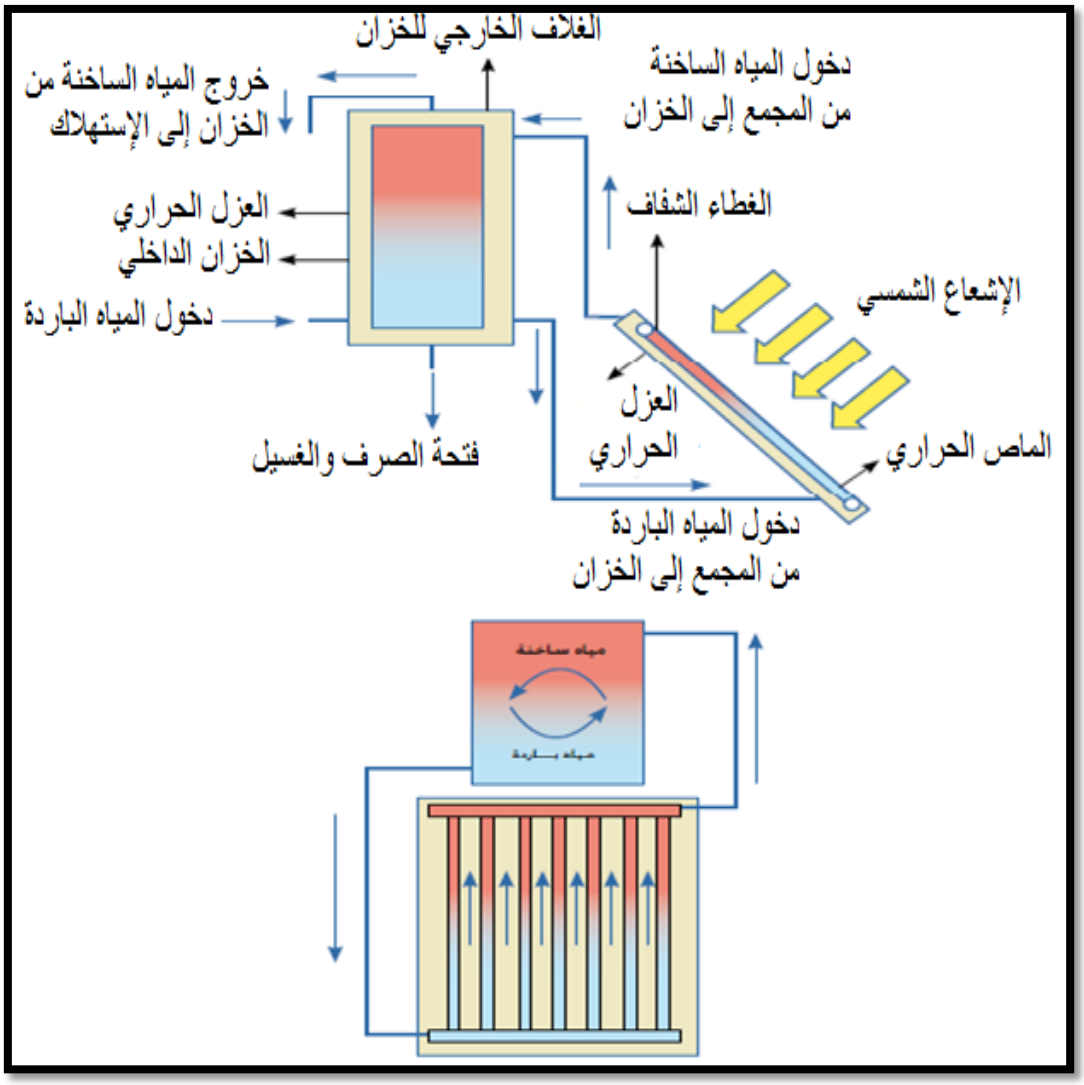
يراعى في تصميم الخزان الحراري المواصفات الآتية:

- ✓ يصمم الخزان الداخلي بسعات تتناسب مع معدلات الاستهلاك اليومي ومسطح المجمعات الشمسية ويصنع من مادة مقاومة لظروف التشغيل ويعالج السطح الداخلي بطلاء لمقاومة الصدأ والتآكل وأن يكون بسمك مناسب لضغوط التشغيل.
- ✓ تسمح أبعاد الخزان الداخلي بوجود تدرج حراري بين الماء البارد الداخلي من المنبع والماء الساخن.
- ✓ يعزل الخزان بمادة تناسب درجة الحرارة وبسمك مناسب.
- ✓ يحاط العزل الحراري بغلاف خارجي مقاوم للظروف المناخية.
- ✓ يجب أن تكون جميع فتحات الخزان معدة بحيث تتم التوصيلات بها في سهولة ويسر.
- ✓ في حالة استخدام مبادلات حرارية يجب أن تكون مساحة المبادلات الحرارية كافية لنقل كميات الحرارة ويكون من مواد جيدة التوصيل الحراري.
- ✓ في حالة تزويد الخزان بعنصر التسخين الإضافي (الكهربائي)يجب أنتتوفر كافة عوامل الأمان ويوضع في مكان يسمح بالتدرج الحراري داخل الخزان [6] .

I .3.2.4أجهزة التحكم والتشغيل والأمان:

- صمام لتسريب الهواء لتفريغ الهواء من النظام (يتم تركيبه في أعلى نقطة في السخان أو في أعلى نقطة لخط المياه الساخنة).
- صمام أمان الضغط لحماية النظام من التعرض للضغوط العالية نتيجة ارتفاع درجة الحرارة(يتم تركيبه على خط المياه الباردة الواصلة للخزان).
- صمام عدم رجوع يعمل على مرور المياه الباردة إلى الخزان فقط ولا يسمح بمرور المياه في الاتجاه المعاكس(يتم تركيبه على خط المياه الباردة الواصلة للخزان).
- سخان كهربائي بالترموستات يعمل كسخان مساعد لتسخين المياه في الأيام غير المشمسة ، لضمان توافر المياه الساخنة طوال العام .
- فلتر لتنقية المياه من أي رواسب قبل دخولها إلى النظام(يتم تركيبه على خط المياه الباردة).
- محابس للسماح لمرور أو عدم مرور المياه ولاستخدامها عند تنفيذ أعمال الصيانة (يتم تركيبها على خط المياه الباردة وخط المياه الساخنة).

الأنظمة الموردة تعمل بنظام السريان الطبيعي المباشر وهو نظام يتم فيه سريان الماء المراد تسخينه بين المجمع الشمسي والخزان الحراري بتأثير فرق درجات الحرارة مباشرة[3].



الشكل (7.I):دورة السريان الطبيعي للمياه بين المجمع الشمسي والخزان الحراري[3].

3.4.I مبدأ عمل السخان الشمسي:

عندما تسقط الأشعة المباشرة أو غير المباشرة على السطح الماص فان درجة حرارته ترتفع مقارنة بدرجة حرارة الماء المار في الأنابيب فيحدث فرق في درجة الحرارة ينتج عنه انتقال الحرارة العالية (فيما بين الأنابيب) إلى مناطق سريان الماء ذات الحرارة المنخفضة ،وبالتالي ترتفع درجة حرارة الماء بين أجزاء من الدرجة إلى عشرات الدرجات المئوية تبعا لمقدار الإشعاع الشمسي ومعدل السريان داخل أنابيب التسخين، حيث يدخل الماء البارد نسبيا إلى ماسورة التوزيع في أسفل السخان (السخانات ذات السريان

المتوازي) ومن هذه الماسورة يتوزع الماء على أنابيب موازية صاعدة وذات أقطار صغيرة ومن ثم يجمع في أنبوب التجميع الرئيسي في أعلى السخان حيث يتم دفع الماء الساخن نسبيا إلى خارج السخان(إلى الخزان الحراري).

عندما ترتفع درجة الحرارة داخل السخانات بالمقارنة بالجو المحيط بها يصبح هناك إمكانية لفقد هذه الحرارة بالتوصيل وذلك عن طريق الغلاف الزجاجي وعليه يمكن الاستعانة بمواد وأساليب خاصة للحد من هذه الضياعات حسب نوعية الضياع وذلك على النحو التالي[6]:

1. الضياع بالتوصيل:

ويمكن الحد منه بإحاطة جوانب و أسفل الماص وأنابيب التسخين بمواد خاصة ذات توصيلية حرارية متدنية مثل الصوف الزجاجي والألياف الزجاجية.

2. الضياع بالحمل:

ويمكن الحد منه بسبب الهواء الموجود بين الأغطية الزجاجية أو يوضع أنابيب التسخين مع السطح الماص داخل أنابيب التسخين مع السطح الماص داخل أنابيب زجاجية مفرغة من الهواء[6].

3. الضياع بالإشعاع:

ويمكن الحد منه باستخدام أغلفة زجاجية منفذة للأشعة ذات الموجات الطويلة الصادرة من السطح [6].

I.4.4أنواع السخانات الشمسية:

توجد أنواع متعددة وذلك حسب المواد المتوفرة والطقس ومتطلبات المستفيدين منه وأهمها :

I.4.4.1 السخان الشمسي المندمج(اللاقط الشمسي والخزان وحدة واحدة):

هو سخان ماء شمسي يدمج عمل كل من اللاقط الشمسي والخزان الحراري،يختلف تصميم هذا السخان عن باقي السخانات التقليدية، حيث يتكون من أنبوب أو عدة أنابيب متصلة ببعضها البعض، بحيث تكون أقطارها أكبر نسبيا من أقطار الأنابيب التي في اللاقط التقليدي لتشكل مايشبه بالخزان الحراري، ويعزل بغطاء شفاف يسمح بمرور أشعة الشمس من خلاله لتسخين تلك الأنابيب والمدهونة بالأسود عادة.

وهناك نوع أخر مطور يمكن صنعه من مواسير بلاستيكية (أو معدنية) سوداء اللون، وتصف جنبا إلى جنب حسب الحاجة وتغطى بزجاج أو بلاستيك شفاف من الأعلى وتعزل من الجوانب ومن الأسفل ، ويمكن وضعه

بشكل مائل بحيث يتلاءم مع خط العرض للمنطقة كما أنه يحفظ الحرارة لبضع ساعات ولكن ليس طيلة الليل[16].

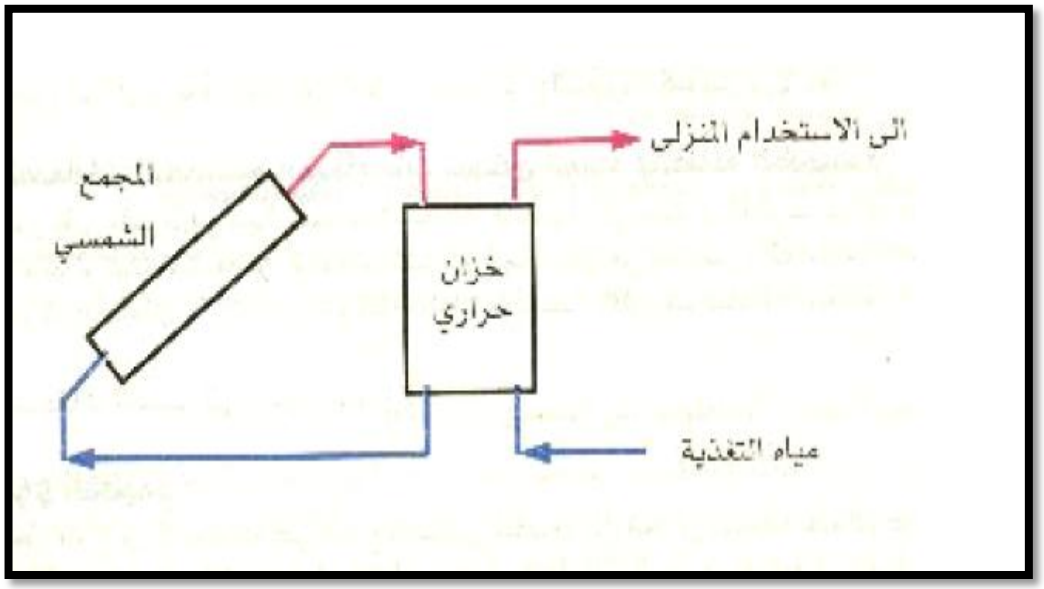
الشكل (8.I): السخان الشمسي المتكامل[16].

2.4.4.I السخان الشمسي التقليدي:

إن هذا النوع هو أكثر السخانات انتشارا في أنحاء العالم وإن تعددت مواده ومواصفاته يمتاز هذا النوع عن غيره بأنه يحافظ على الحرارة المكتسبة داخل الخزان لعدة أيام حتى ولو لم تظهر الشمس خلالها توجد طريقتان متبعان لهذا النوع [16].

1. طريقة السيفون الحراري أو الدفع الذاتي (thermosiphon):

تعمل على مبدأ اختلاف كثافة الماء البارد والساخنحيث يصعد الماء الساخن إلى الأعلى ويحل محله الماء البارد، كما يشترط أن يكون الخزان أعلى بقليل من اللاقط الشمسي(30cm)على الأقل والشكل التالي يوضح ذلك [16].

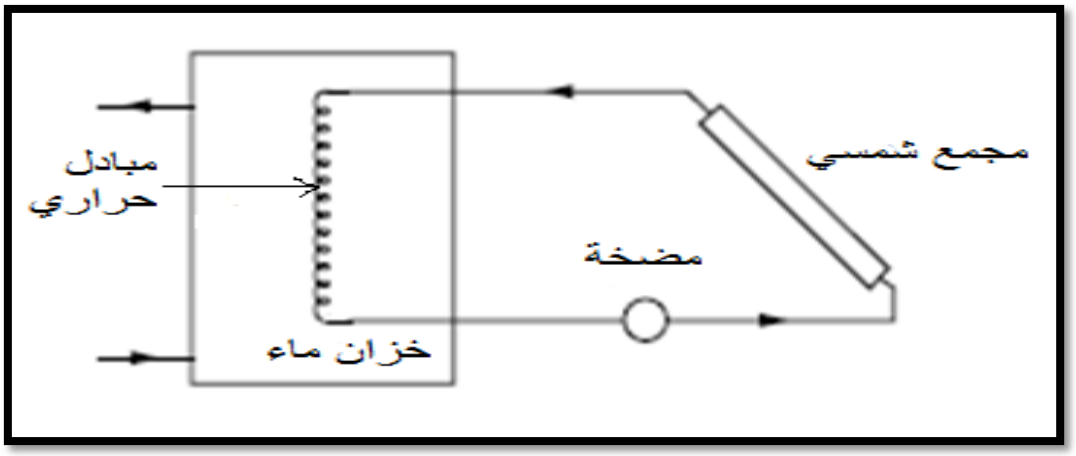


الشكل(9.I):رسم يوضح نظام تسخين بطريقة السيفون الحراري[14].

2. طريقة الدفع القسري:

تعمل بوجود مضخة لضمان دوران الماء بواسطة مضخة لضخ الماء من اللاقط الشمسي إلى الخزان وهذه مستعملة في المباني و المنشآت الكبيرة [16].

المجمع الشمسي ينصب على أماكن مرتفعة بينما الخزان يوضع على الأرض أو أي موقع أخر ولا يكون فوق المجمع الشمسي ويصنع من الحديد المقاوم للصدأوالنحاس، هذه المنظومات أسعارها مرتفعة وتحتاج إلى طاقة أكبر مقارنة مع المنظومات ذات الجريان الطبيعي بسبب زيادة الطاقة المطلوبة لتشغيل المضخة وتدوير الماء وكذلك الفقد الحراري بين الخزان والمجمع الشمسي وتنخفض هذه التكاليف إذا استخدمت طاقة الرياح كمجهز قدرة للمضخة وعزل جيد للأنابيب والخزان هذه المنظومات بعض الأحيان تربط مع سخان كهربائي ويستخدم في الحالات التي تكون أشعة الشمس فيها ضعيفة أو منعدمة[1].



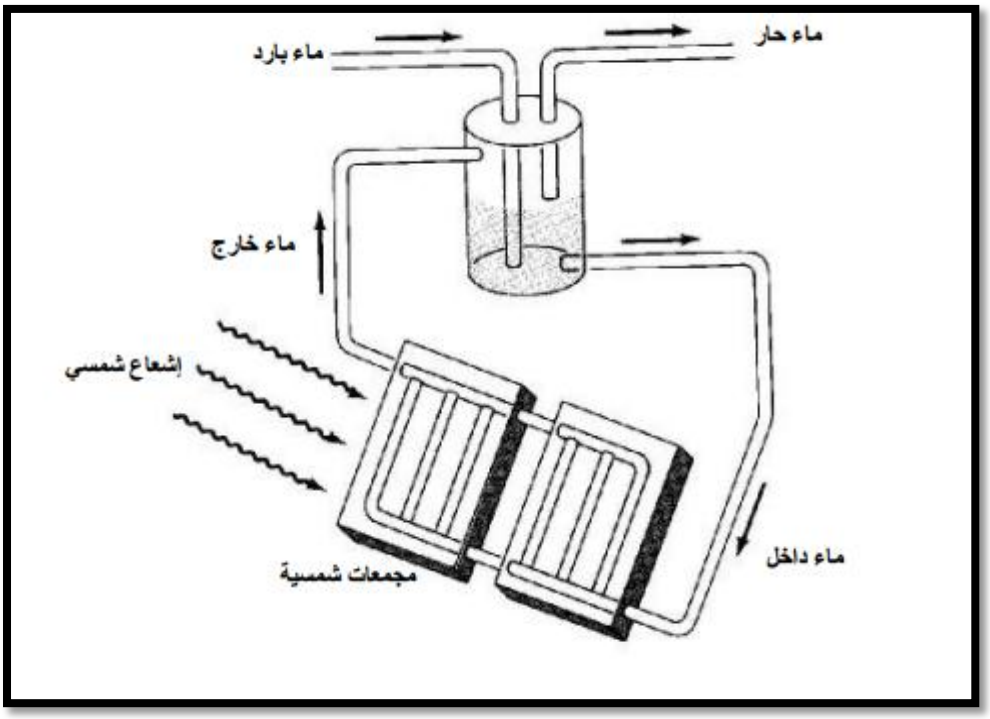
الشكل(10.I):رسم يوضح نظام تسخين بطريقة الدفع القسري[14].

وتنقسم منظومات السخان الشمسي إلى ثلاثة أنواع :

I. 3.4.4 منظومة تعمل بالدوران الطبيعي:

يستخدم هذا النظام في المناطق التي لا تتعرض إلى الانجماد، الخزان الذي يجهز الماء إلى المجمع الشمسي يوضع فوق الأخير بالقرب من مخرجه، أما في المناطق الباردة فيستخدم في الخزان مبادل حراري يمر بالمجمع الشمسي وينقل حرارته إلى الماء الموجود في الخزان [1].

يسري فيها الماء من المجمعات إلى الخزان نتيجة لاختلاف الكثافة، فعند امتصاص الإشعاع الشمسي من قبل اللوح الماص في المجمع الشمسي ترتفع درجة حرارة الماء الموجود فيه وتقل كثافته فيرتفع إلى الخزان ويحل محله ماء بارد من أسفل الخزان وهكذا يتم تسخين الماء ويمكن أن تصل درجة حرارة الماء في الخزان إلى أكثر من 60 درجة مئوية في يوم مشمس [14].

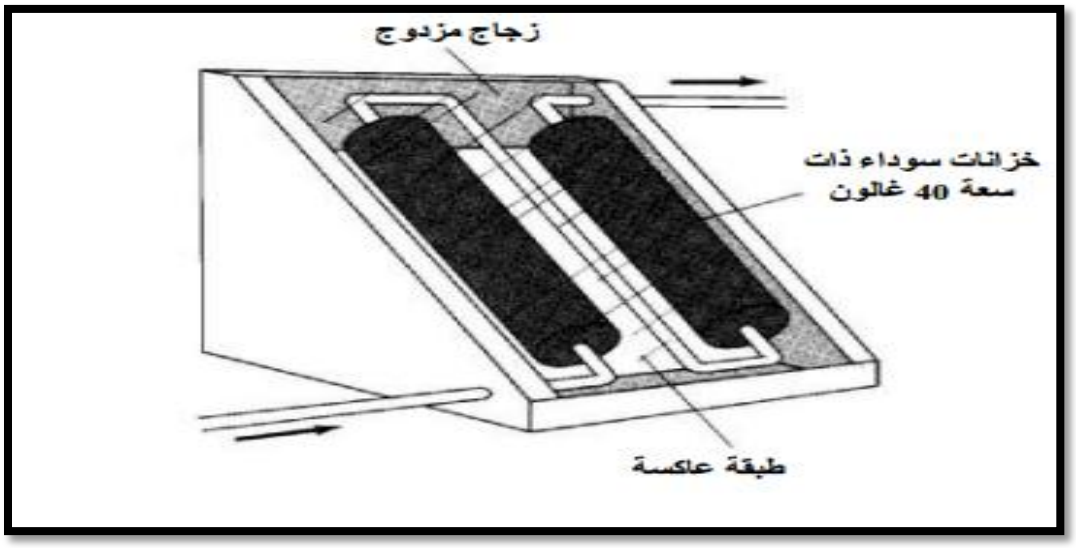


الشكل(I.11):منظومة تسخين ماء تعمل بالدوران الطبيعي[14].

I.4.4.4منظومة تسخين على شكل صندوق حراري:

تتكون من خزان مصبوغ بلون أسود وموضوع داخل صندوق معزول من الجوانب ومن أسفل سطحه العلوي مغطى بطبقة من الزجاج .

عند الحاجة الماسة إلى ماء ساخن يتم فتح الصمام فيمر الماء البارد في الخزان الذي يقوم بتسخينه نتيجة امتصاص الأشعة الشمسية الساقطة على المجمع الشمسي، والماء الخارج من هذه المنظومة يحتاج عادة إلى المرور بسخان كهربائي مساعد لتسخينه إلى الدرجة المطلوبة وهذا النوع يحتوي على خزانين حراريين ويمكنها أن توفر الماء الساخن لعائلة ذات أربعة أشخاص.

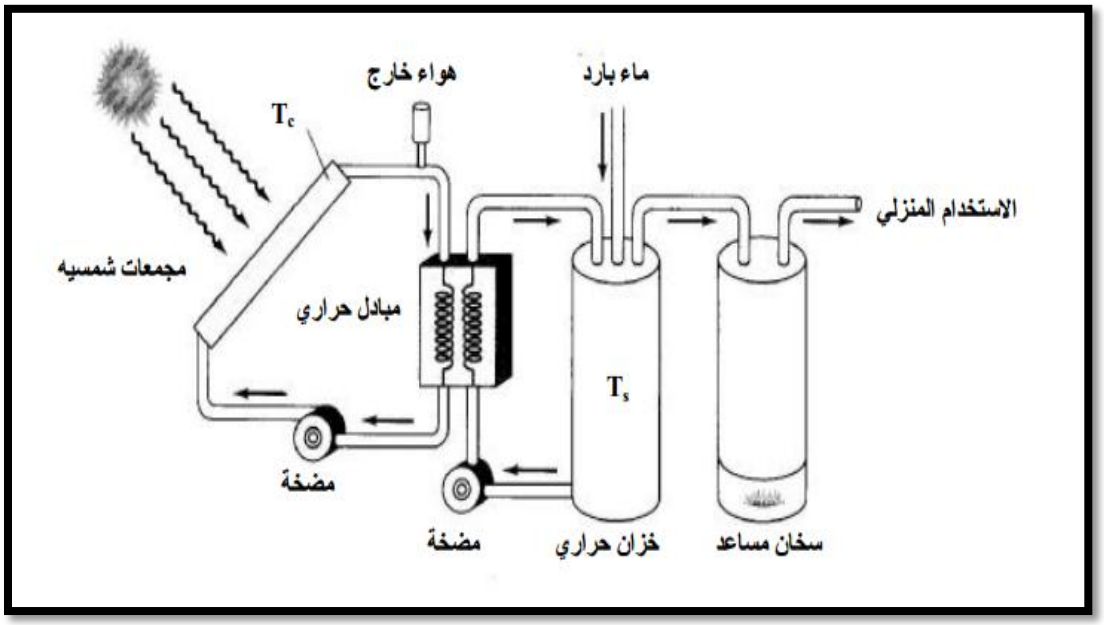


الشكل (12.I):منظومة تسخين ماء على شكل صندوق حراري[14].

5.4.4.I منظومة فعالة:

تتكون من مجمعات شمسية ومبادل حراري وخزان ماء حار بالإضافة إلى بعض المضخات اللازمة لتدوير الماء في المنظومة .

ويوضح الشكل نموذج هذه المنظومة[14].



الشكل (13.I):منظومة تسخين ماء فعالة[14].

I.5تسخين الماء بالكهرباء:

I.5.1مبدأ عمل السخان الكهربائي:

يعتمد عمل السخان الكهربائي على مبدأ التسخين الناتج عن مرور التيار للمقاومة التي تبديها تلك الموصلات، وكلما زادت مقاومة الموصلات زادت الحرارة الناتجة، وهذا ما يحدث في عنصر التسخين في السخان الكهربائي، الذي يتميز بمقاومته العالية، حيث يقوم منظم الحرارة بتوصيل التيار العنصر أو عنصري التسخين، فترتفع حرارته، فتنتقل هذه الحرارة إلى الماء تعمل تيارات الحمل على توزيع الحرارة على مياه الخزان بالتساوي، وعندما تصل درجة حرارته إلى الدرجة المطلوبة يفصل منظم الحرارة التيار عن عنصر التسخين ذاتياً .
يظل الماء محتفظاً بحرارته أطول مدة ممكنة، وذلك لوجود العازل الحراري، فإذا انخفضت حرارته فإن المنظم الحراري يستشعر ذلك ويقوم بتوصيل التيار لعنصر التسخين لتعويض ذلك الانخفاض، ثم يفصل التيار بعد ذلك ، وهكذا يحتفظ السخان بالمياه الساخنة عند درجة حرارة معينة[5].

I.5.2 أنواع السخانات الكهربائية:

تصنف السخانات من حيث طاقتها وإمكانية التسخين إلى نوعين:

I.5.2.1السخان الفوري:

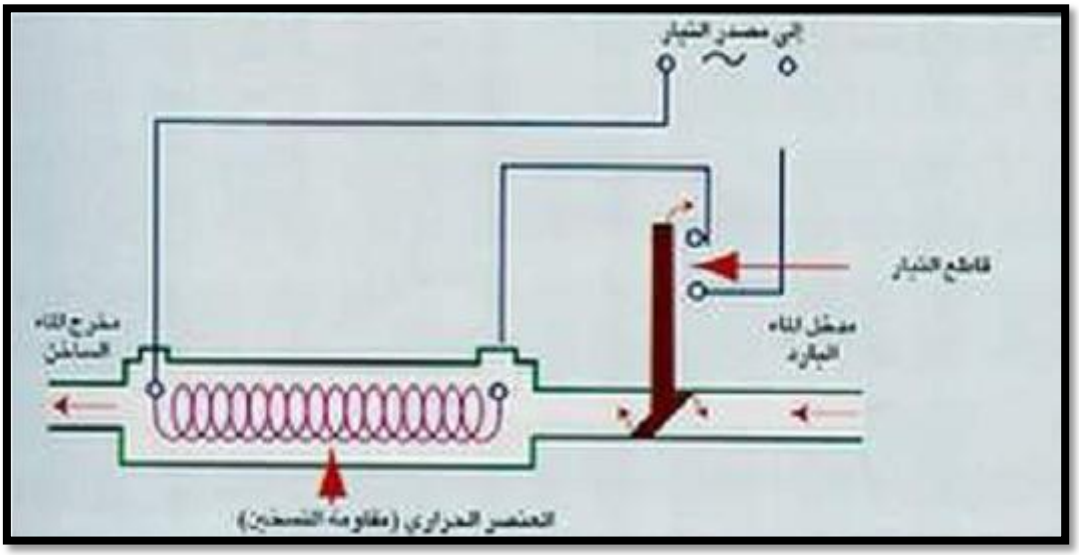
يركب هذا النوع من السخانات على صنبور الماء أو على خط التغذية الرئيسي لدورة المياه أو على خط التغذية الرئيسي لدورة المياه أو المطبخ، ويوصل إليه التيار من أحد المقابس الكهربائية الموجودة في نفس المكان أو قريبة منه، وله وضعيتان فقط للتسخين ضعيفة ومرتفعة، ويتميز بخفض استهلاك الطاقة لتسخين المياه لأن الطاقة لا تستهلك إلا أثناء استخدام الماء الساخن، كما يتميز باستمرارية تدفق المياه الساخنة لفترات طويلة جداً، وسرعة تدفق المياه الساخنة بعد فتح الصنبور مباشرة، مما يقلل من استهلاك المياه، ويتكون السخان الفوري عادة من جزئيين أساسيين كما في الشكل (1. 13) هما :

1.عنصر التسخين :

يتألف من سلك مقاومة (Resistance) مصنوع من خليط (سبيكة) النيكل كروم، يغلف عنصر التسخين بأنبوب محكم التثبيت على عوازل خزفية ، ويجب أن تتراوح قدرة تحمله مابين (1500-2000) وات للقيام بعملية التسخين الفوري[5].

2.قاطع التيار :

يتحكم في فصل وإيصال التيار الكهربائي عن طريق تأثره بضغط الماء، حيث يوصل نقطتي التماس عند وجود تيار مائي، ويقطع التيار الكهربائي عند توقف جريان الماء نتيجة لقفل صنبور الماء أو ضعفه[5] .

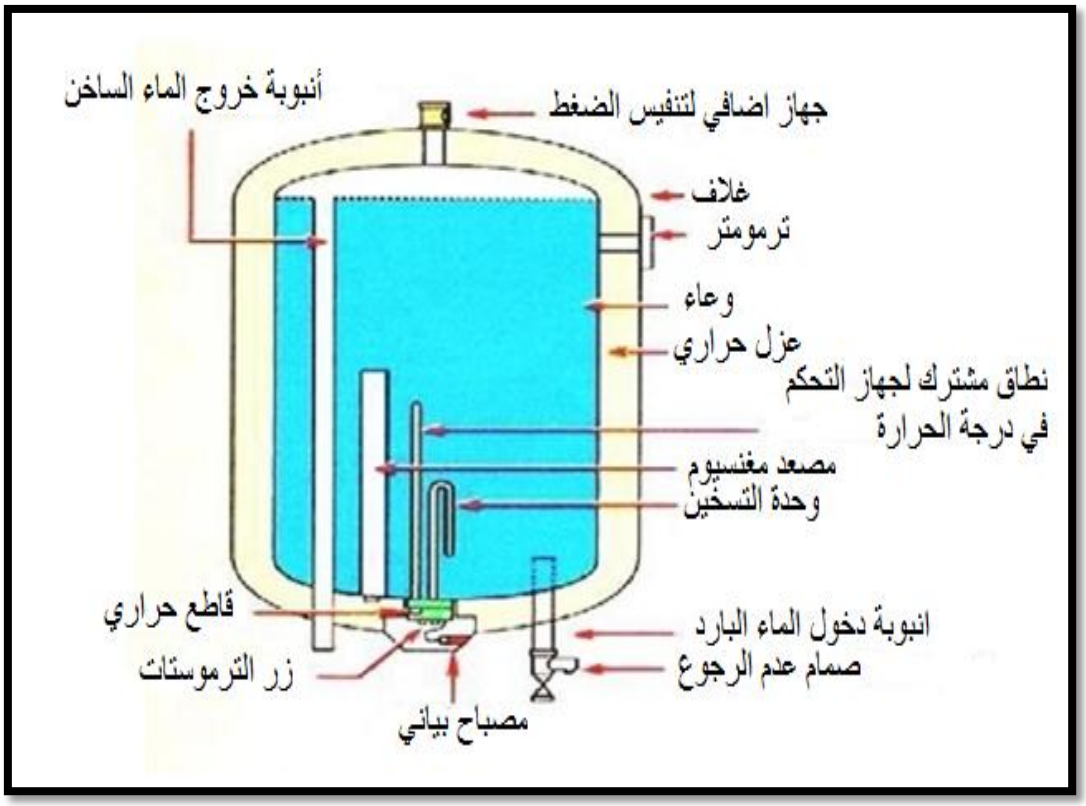


الشكل(14.I):رسم توضيحي لسخان الفوري[5].

2.2.5.I.السخان البطيء :

يطلق على هذا النوع اسم السخانات البطيئة أو التراكمية، لأن عملية التسخين فيها تتم ببطء ويتراكم الماء الساخن ويخزن بداخلها، وهي واسعة الانتشار ويمكن تصنيفها أيضا إلى نوعين سخانات عمومية (تستخدم في أغراض متعددة) وتخدم فئة كبيرة من الناس كالمحلات التجارية، والنوادي والمدارس والمستشفيات والورش الصناعية وغيرها [5].

أما النوع الثاني فيطلق عليه السخان التجاري، وهو شائع الاستخدام في المنازل تتكون السخانات البطيئة (التراكمية) الكهربائية، شكل (2) من عدد الأجزاء من أهمها مايلي :



الشكل(15.I):رسم توضيحي لسخان الماء الكهربائي[5].

1. خزان حراري :

يصنع بشكل اسطواني من فلز يتم اختياره حسب نوع المياه ومصادرها، ويحاط من الخارج بغلاف فلزي يفصل بينهما مادة عازلة، مثل الصوف الزجاجي أو الألياف أو اللباد أو مواد أخرى لتقليل الفقد الحراري، وللمحافظة على حرارة الماء أطول مدة ممكنة، قد يكون السطح العلوي من الخزان مقوساً لكي يتحمل الضغط إضافة إلى ذلك فإنه يجب ترك حيزاً إضافيا ليسمح بتمدد الماء عند التسخين كما يجب أن تكون حواف الوصل للخزان ملحومة بطريقة جيدة ، والتأكد من ذلك باختبارها تحت ضغوط عالية[5] .

2. عنصر التسخين :

يعد مع المنظم الحراري أهم أجزاء السخان ، وهو عبارة عن سلك مقاوم ملفوف بشكل لولبي داخل أنبوب من الحديد أو النحاس ويحاط بعازل من مسحوق عازل حراري ، ويتم إقفال أطراف العازل تماما لمنع تسرب الماء . تتراوح قدرة تحمل عنصر التسخين مابين 1000 إلى 2000 وات وقد يزاد السخان بعنصر تسخين إضافي عندأعلاه إذا كان كبيراً لزيادة كفاءته[5] .

يأتي عنصر التسخين على أشكال مختلفة طبقاً للطاقة المستهلكة إلا أنها جميعاً تعمل بنفس النظرية ، ويثبت عنصر التسخين في السخان إما على أحد جوانب السخان، كما في السخانات العمومية، أو على سطحه السفلي، كما في السخانات التجارية ويكون تثبيته بطريقة يمكن معها إخراجه بسهولة عند الحاجة لفحصه أو تبديله [5].

3. منظم الحرارة :

هو ضروري لجميع سخانات المياه، والغرض منه التحكم في فتح وغلق الدائرة الكهربائية لعنصر التسخين (تم استعراضها بالتفصيل في العدد السابق), وذلك لإبقاء درجة حرارة الماء عند الحدود المطلوبة [5].

يوجد بسخانات المياه نوعان من منظمات الحرارة ، هما المنظمات الأحادية ، وتتحكم في عنصر تسخين واحد، والمنظمات الثنائية (مزدوجة), وتوجد غالباً في السخانات العمومية التي تحتوي على عنصري تسخين[5].

4. عمود الحماية :

هو عبارة عن عمود يتدلى داخل خزان السخان العمومي, يقوم هذا العمود بحماية جدار الخزان من الداخل خصوصاً في مناطق المياه الحمضية، حيث يتفاعل معها مباشرة قبل أن يتفاعل مع مادة الخزان ولذا فإن هذا العمود يتآكل خلال سنوات قليلة، ويجب فحصه من آن لآخر، وذلك بإخراجه وقياس سمكه الذي يجب أن يتراوح ما بين 01.25 إلى 2 سم تقريباً، فإذا كان أقل من ذلك، يجب تغييره مباشرة، أما بالنسبة للسخانات التجارية فلا تحتوي على مثل هذا العمود نظراً لأن مياه المنازل تكون في الغالب عذبة[5] .

5. صمام الأمان :

هو عبارة عن صمام تنفيس يسمح من خلال أنبوبة التفريغ بتسرب الماء وبخاره عندما يزيد الضغط داخل السخان عن حد معين حتى لا ينفجر يثبت صمام الأمان عادة على السطح العلوي للسخانات العمومية ويمكن التأكد من أن الصمام يعمل بصورة جيدة بالضغط على الرافعة الموجودة أعلى الصمام، فإذا انسياب منها الماء دل على أنها سليمة[5] .

يجب فتح صمام الأمان عند تفريغه من الماء لتنظيفه ، ليعمل على دفع الماء إلى الخارج .

6. مقياس درجة الحرارة :

يوجد عادة على غلاف السخان، وله مؤشر يتحرك على تدريج يحمل أرقام أو معلم بسهم تزداد المسافة بين خطيه كلما ارتفعت درجة الحرارة أو على تدريج معلم بأرقام تدل على درجة الحرارة .
تختلف السخانات في طريقة قياس درجة حرارة الماء، فبعض السخانات تزود بمقياس يعتمد على التمدد الحراري، وفي هذه الحالة يجب أن يلامس المؤشر من الخلف مادة الغلاف الداخلي للسخان لكي يتحسس التغير في درجة الحرارة، وفي بعضها يتم تحديد درجة حرارة الماء بتوصيل مصباح مع دائرة عنصر التسخين يضيء عندما تكون دائرة عنصر التسخين مقفلة وينطفئ عندما تفتح[5].

خلاصة:

في هذا الفصل عرضنا مختلف السخانات ووجدنا أنها تختلف من مكان إلى أخر حسب نوع السخان نوع الطاقة المستخدمة، فقد تعمل بالغاز أو بالكهرباء أو بالطاقة الشمسيةً حسب توفر تلك الطاقة، وكل منها من حيث التكلفة، كما تختلف في أشكالها مثل السخان ذو المقطع الدائري، البيضاوي أو المستطيل وألوانها لكي تتناسب مع محيطها وسعاتها التي تتراوح مابين 20 إلى 120 لتر، وتختلف طرق تسخين المياه حسب نوع السخان المستعمل .

الفصل الثاني

الميزان الطاقوي والمعادلات الحرارية

- تمهيد.
- المعادلات الحرارية الخاصة بالخزان الحراري .
- الميزان الطاقوي الخاص بالخزان الحراري .
- النموذج الرياضي .
- خلاصة.

تمهيد :

يعمل السخان الشمسي(الترمو سيفون)على مبدأ اختلاف كثافة الماء البارد والساخن بدون وجود مضخة وهو أكثر الأنواع انتشارا، حيث في هذه العملية يصعد الماء الساخن إلى الأعلى ويحل محله الماء البارد كما يشترط أن يكون الخزان أعلى بقليل من اللاقط [16].

يحتل الخزان الحراري المرتبة الثانية بعد اللواقط من حيث الأهمية في أجهزة تحضير الماء الساخن والتدفئة والكثير من مجالات استغلال الطاقة الشمسية الأخرى.

سنتطرق في هذا الفصل إلى دراسة الخزان الحراري و أهم المعادلات الحرارية الخاصة بالخزان الحراري والميزان الطاقوي.

1.II أبعاد الخزان:

سوف نهتم في هذا الجزء بتحديد أبعاد الغلاف الداخلي والعزل[17].

1.1.II الغلاف الداخلي :

لحساب حجم التخزين(V_S)في الخزان يتم عن طريق تحديد طول(L_0)لخزان مفترض يتم الحصول على نصف قطرها لداخليr_i(بالسنتمتر) وتعطى العلاقة من الشكل:

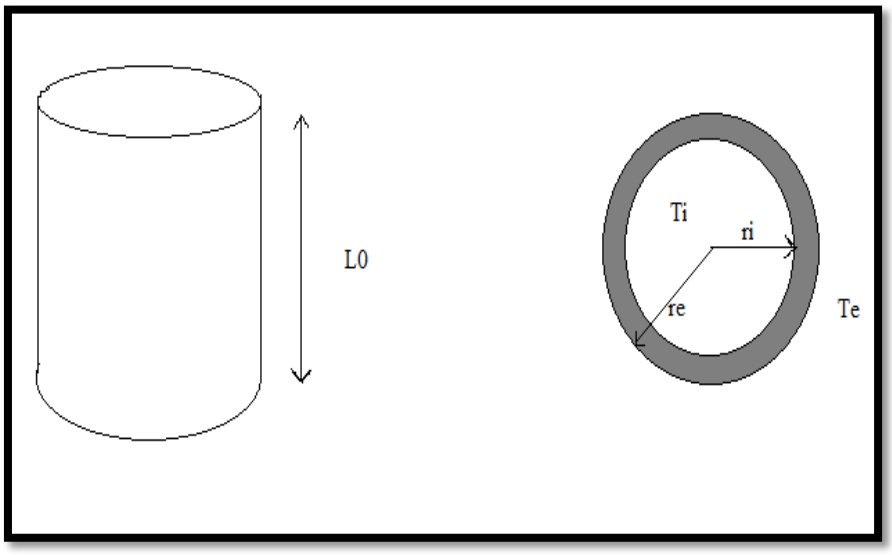
$$V_S = 0.001 \times \pi \times {r_i}^2 \times L_0 \qquad (1.\text{II})$$

ومن هذه العلاقة نستنتج أن[17]:

$$\Longrightarrow r_i = \sqrt{\frac{V_S}{0.001 \times \pi \times L_0}} \qquad (2.\text{II})$$

حيث أن :

$\mathbf{L_0}$:طول الخزان المفترض(cm).



الشكل (1.II):مخطط يوضح أبعاد الخزان[17].

2.1.II سمك العزل :

كمية الحرارة من خلال العزل تعطى بالعلاقة التالية :

$$q = \frac{2\pi \times \lambda \times L_0 \times (T_i - T_e)}{log(\frac{r_0}{r_i})} \qquad (3.\text{II})$$

بوضع :

$$r_0 = r_i + e \qquad (4.\text{II})$$

تصبح المعادلة من الشكل :

$$q = \frac{2\pi \times \lambda \times L_0 \times (T_i - T_e)}{log\left(1 + \frac{e}{r_i}\right)} \qquad (5.\text{II})$$

سمك العازل يعطى بالعلاقة التالي:

$$e = r_i \left(exp\left(\frac{2\pi \times \lambda \times L_0 \times (T_i - T_e)}{q} \right) - 1 \right) \qquad (6.\text{II})$$

حيث أن[17]:

$\mathbf{T_i}$:تمثل درجة حرارة الماء(°C).

$\mathbf{T_e}$:تمثل درجة حرارة الوسط(°C).

$\boldsymbol{\lambda}$:الناقلية الحرارية للماء (W/m.°C.).

$\mathbf{L_0}$:طول الخزان الداخلي بالمتر(m) .

3.1.II حساب سرعة تدفق السائل :

يتم تنسيق حركة السوائل عن طريق مبدأ ترموسفون وتتميز حركة السوائل بالعلاقة التالية :

$$H \times g \times (\rho_f - \rho_c) = \frac{f \times U^2}{2} \times \rho_m \qquad (7.\text{II})$$

حيث أن [17] :

H : ارتفاع الخزان(m).

g:تسارع الجاذبية(m/s^2).

$\boldsymbol{\rho_f}$:الكتلة الحجمية للماء البارد(kg/m^3).

$\boldsymbol{\rho_c}$:الكتلة الحجمية للماء الساخن(kg/m^3).

$$\rho_m = \sqrt{\rho_f \times \rho_c} \qquad (8.\text{II})$$

$\boldsymbol{\rho_m}$:متوسط الكتلة الحجمية للماء.

$$U^2 = \frac{2}{J} \times H \times \Delta T \qquad (9.\text{II})$$

حيث أن[17]:

U : سرعة تدفق السائل (m/s).

J:المعامل العام لخسائر الاحتكاك في الأنابيب.

2.II طرق انتقال الحرارة في الخزان الحراري:

1.2.II انتقال الحرارة بالحمل :

إن ما يفقد عبر الحواجز الفاصلة يمكن أن يستهلك جزء عشري معتبر للحرارة المخزنة وهذه الطاقة تمثل الطاقة المفقودة هي عبارة عن معدل انتقال الحرارة بالحمل يحدث عندما يكون هناك اتصال مباشر بين مائع ومائع أخر حيث يجب أن يكون هناك فرق حراري بينهما[18].

تعطى عبارة شدة التدفق الحراري من الشكل :

$$q_c = h_c A(T_S - T_f) \qquad (10.\text{II})$$

حيث أن[19]:

$\mathbf{q_c}$:شدة التدفق الحراري(w).

A: مساحة سطح الشريحة التي تنتقل خلالها الحرارة (m^2).

$\mathbf{h_c}$: معامل انتقال الحرارة بالحمل .($W/m^2.°C$) .

$\mathbf{T_S}$: درجة حرارة السطح(°C) .

$\mathbf{T_f}$: درجة حرارة المائع بعيدا عن السطح (°C).

1.1.2.II تقدير معامل انتقال الحرارة بالحمل :

معظم العلاقات التي تقودنا إلى تقويم معامل انتقال الحرارة بالحمل هي علاقات تجريبية ولكن يمكن اشتقاقها بناء وعلى أسس نظرية ومن خلال التحليل البعدي وهناك عدة عوامل يعتمد عليها معامل انتقال الحرارة بالحمل وهي :

- ✓ سرعة المائع.
- ✓ كثافة المائع.
- ✓ معامل لزوجة المائع.
- ✓ نوع الجريان.
- ✓ الحرارة النوعية للمائع.

- ✓ طول السطح أو قطر الأنبوب الذي يتحرك عليه المائع .
- ✓ درجة حرارة السطح والمائع.

لإيجاد معامل انتقال الحرارة بالحمل تجريبيا عن طريق بعض المعادلات الحسابية الجاهزة لابد من التمييز بين نوعين من الجريان الهادئ والمضطرب وهناك ثوابت رياضية لابد أيضا حسابها مثل رقم برا ندل ورقم نسلت ورقم جراشوف ولابد بعد ذلك النظر إلىآلية الجريان والى السطح والمائع[19] .

2.1.2.II نوع الجريان :

يتم عن طريق حساب رقم رينولدز(R_e)ويمثل هذا الرقم النسبة بين قوى القصور الذاتي الى قوى اللزوجة وهو رقم تجريبي .

إذا كان المائع يتدفق في أنبوب فإن رقم رينولدز الذي يحدد ما إذا كان الجريان هادئ أو مضطرب هو 2000 حيث:

- $R_e \leq 2000$ فإن الجريان هادى.
- أماإذا كان $R_e \geq 2000$ فإن الجريان مضطرب .

ويعطى رقم رينولدز بالمعادلة التالية :

$$R_e = \frac{\rho \times V \times D}{\mu} \qquad (11.II)$$

حيث أن[19] :

ρ :الكتلة الحجمية للمائع(Kg/m^3).

V : سرعة المائع(m/s).

D :قطر الانبوب الذي يتحرك به المائع(m).

μ : معامل اللزوجة الديناميكية للمائع(Kg/m.s).

3.1.2.II رقم براندل :

ويعطى بالمعادلة التالية[19] :

$$\mathrm{Pr} = \frac{\mu C_P}{K} \qquad (12.II)$$

حيث أن :

$\mathbf{C_P}$:السعة الحرارية للمائع (J/kg . °C).

K : معامل التوصيل الحراري للمائع(W/m.°C).

4.1.2.II رقم غراشوف:

يعبر عن النسبة بين القوى المتولدة عن تيارات الحمل والقوى المتولدة من احتكاك طبقات المائع مع بعضها نتيجة للزوجتها ويعطى رقم جراشوف بالمعادلة التالية :

$$Gr=\frac{\rho^2 g\,\beta\,\Delta t\;L^3}{\upsilon^2} \qquad (13.II)$$

حيث أن [19]:

g: تسارع الجاذبية الأرضية (m/s).

β:معامل التمدد الحراري(K^{-1}).

υ:اللزوجة الحركية للمائع (m^2/s).

ΔT :الفرق في درجة الحرارة بين السطح والمائع (°C) .

L:طول السطح(m).

$$\beta=\frac{1}{P}.\frac{\partial P}{\partial T} \qquad (14.II)$$

5.1.2.II رقـم نيسلت Nusselt:

يعرف رقم نيسلت بالنسبة بين كمية الحرارة المنتقلة عبر هذا السطح بالحمل وكمية الحرارة المنتقلة بالتوصيل .

في سياق هذا التعريف يقصد بالحمل كلا من الحمل بالنقل والانتشار،يتم قياس كمية الحرارة المنتقلة بالتوصيل تحت نفس شروط قياس كمية الحرارة المنتقلة بالحمل ولكن مع افتراض أن المائع راكد ويعطى رقم نيسلت بالعلاقة التالية[9]:

$$Nu=\frac{h\,D}{K} \qquad (15.II)$$

في حالة انتقال الحرارة بالحمل الحر فإنه لا يحدث أي حركة أو تغير في السرعة للمائع وفي هذه الحالة يجب تحديد نوع المائع الذي يحدث معه التبادل الحراري،نوع السطح المحيط به وطبيعة العلاقة بين المائع والسطح .

إذا كان الجريان حرا و المائع سائلا و ($Gr.Pr < 10^9$)فإن[19]:

$$Nu = \frac{h\,D}{K} = 0.53(Gr.Pr)^{0.25} \qquad (16.II)$$

إذا كان الجريان حرا وكان المائع سائلا وكان($Gr.\Pr > 10^9$)فإن :

$$Nu = \frac{h\,D}{K} = 0.12(Gr.Pr)^{0.33} \qquad (17.II)$$

2.2.II انتقال الحرارة بالتوصيل :

إن كمية الطاقة المتبادلة بالتوصيل بين شريحتين عبر مساحة يمكن أن تكتب تحت الشكل :

$$q = -\lambda A_r \frac{dT}{dx} \qquad (18.II)$$

مساحة سطح الاسطوانة تعطى بالقانون التالي[10]:

$$A_r = 2\pi rl \qquad (19.II)$$

r:تمثل نصف قطر الاسطوانة(cm).

l:طول الاسطوانة(cm).

وهو عبارة على كمية الطاقة المتبادلة بالتوصيل بين طبقتين عبر مساحة **S** يمكن أن يكتب من الشكل[18]:

$$q = \frac{\lambda_{12} S}{h_{12}}(T_1 - T_2) \qquad (20.II)$$

حيث أن :

q:شدة التدفق الحراري (W) .

$\boldsymbol{S}$:المساحة الجانبية للشريحة (m^2).

$\boldsymbol{\lambda_{12}}$:الناقلية الحرارية المتكافئة مع الوسطين(W/m.°C).

$\mathbf{h_{12}}$:المسافة بين الوسطين(m).

3.II تعريف الميزان الطاقوي :

هو عبارة عن رفع درجة حرارة جسم ما بدون أن يطرأ أي تغيير على حالته الفيزيائية بإعطاء هذا الجسم حرارة، فانه من الممكن تبريده إلى درجة حرارته السابقة للحصول ثانية على نفس كمية الحرارة التي أخذها أثناء التسخينتعطى عبارته من الشكل :

الطاقة المخزنة = الطاقة الملتقطة – الطاقة المفقودة[20].

1.3.II الطاقة المخزنة:

يمكن أن تكون الطاقة المخزنة مكدسة تحت شكل حرارة محسوسة في وسط صلب أو سائل فالحرارة المحسوسة هي التي يمكن أن تخزن في وسط أحادي الطور وهي مقاسه بواسطة ترمومتر وهذه الكمية يمكن أن تكتب من الشكل[18]:

$$E_S = M.C_P.\frac{\Delta T}{dt} \qquad (21.\text{II})$$

حيث أن:

$\mathbf{E_S}$: الطاقة المخزنة (w).

$\mathbf{C_P}$:السعة الحرارية للمائع (J/kg . °C).

M:كتلة المائع (kg).

ΔT : فارق في درجة حرارة الوسط(°C).

2.3.II الطاقة الملتقطة:

يتم امتصاص الإشعاع عن طريق الأنبوب على شكل حرارة تنتقل الحرارة من سطح الأنبوب الممتص إلى المائع الذي يجري بداخله بواسطة الحمل الحراري لنحصل على حرارة مفيدة يكتسبها المائع وهي عبارة عن طاقة ملتقطة تكتب من الشكل[19]:

$$E_C = m.C_P.\Delta T \qquad (22.\text{II})$$

ΔT: التغير في درجة حرارة دخول وخروج المائع في الانبوب (°C).

4.II حساب معامل التبادل الحراري الخارجي :

يجمع معامل التوصيل السطحي الخارجي h_{ex} الحرارة المتروكة بالتصعيد والحرارة المتروكة بالإشعاع ونظرا إلى النسبة الضعيفة للمقاومة الناشرة للحرارة السطحية في المقاومة للحرارة الشاملة (الكلية الإجمالية)(حوالي 5%) فالإرتيابات المتواجدة في تغيرات الحرارة المحيطة ويكفي للحسابات الدقيقة تحدد h_{ex} بالصيغة المقدمة [18]:

$$h_{ex} = 8{,}1 + 0{,}045\Delta T \qquad (23.\text{II})$$

ΔT:الفرق بين حرارة العازل (الحد الفاصل) والحرارة المحيطة.

5.II التبادلات بالتصعيد الطبيعي في مجرى:

يسمى السائل الجوال في مجارى أسطوانة ويحدث التبادل الحراري بين السائل وماء الخزان بالتصعيد ولدراسة التبادل الحراري نفترض بأن درجة حرارة العازل تأخذ الشكل :

$$T_P = \frac{T_j + T_C}{2} \qquad (24.\text{II})$$

T_P :متوسط حرارة السائل الجوال وحرارة ماء الخزان .

إن هذا الانتقال للحرارة يمكن أن يقسم إلى 3 أجزاء أساسية :

- ✓ تصعيد قسري (إجباري) بين السائل الجوال (السائل الساخن) والحاجز الفاصل .
- ✓ نقل عبر الحد الفاصل .
- ✓ تصعيد قسري (إجباري) بين الحاجز الفاصل وماء الخزان (سائل بارد).
- ✓ المعامل الكلي يتكون من 3 حدود ويكتب هكذا [18]:

$$k_c = \left[\frac{d_1}{(d_2 h_{in})} + d_1 ln\left(\frac{d_1}{d_2}\right)/2\boldsymbol{\lambda} + \frac{1}{h_{ex}}\right]^{-1} \qquad (25.\text{II})$$

حيث أن :

$\mathbf{h_{in}}$:معامل التبادل داخل المجرى($W/m^2.°C$).

$\mathbf{h_{ex}}$:معامل التبادل بالخارج($W/m^2.°C$).

$\mathbf{d_2}$ و$\mathbf{d_1}$:الأقطار الداخلية للمجرى(m).

λ: الناقلية الحرارية(W/m.°C).

6.II حساب مردود الخزان :

إن المردود الأتي للخزان هو عبارة عن كمية الطاقة المخزنة بين اللحظتين المنفصلتين بالماء الفائض المتساقط المجموع باللاقط بين نفس اللحظات .

الطاقة المخزنة في الخزان(الصهريج) بين الفاصل الزمني من الشكل:

$$W_S = \sum M_j C_{Pj} (T_m{}^{n+1} - T_m{}^{n}) \qquad (26.II)$$

إن السيلان الشمسي المتساقط والمجموع باللاقط هو :

$$Q_C = A_C . I_C . \Delta t \qquad (27.II)$$

حيث أن :

$\mathbf{A_C}$:مساحة اللاقط (m^2).

$\mathbf{I_C}$:السيلان الشمسي (W/m^2).

$\mathbf{\Delta t}$:الفاصل الزمني(s).

إن الانحياز الكلي للنظام يمكن أن يتحصل عليه باعتبار المردود المتوسط المحدد بالعبارة الآتية[18]:

$$\eta_r = \frac{M . c_p \int \Delta t_m . dt}{A_S \int I_C . \Delta t} \qquad (28.II)$$

$$M . C_P = \sum_{j=1}^{n} M_j c_{Pj} \qquad (29.II)$$

7.II انتقال الحرارة غير المستقر :

عند وضع جسم ذي حرارة ابتدائية منتظمة بصورة فورية بداخل وسط ذي درجة حرارة مرتفعة ولإيجاد تغير درجة حرارة الجسم مع الزمن يكون هناك مقاومتين حراريتين هما مقاومة حمل حراري بين الوسط المحيط والجسم و مقاومة داخلية في الجسم،وقيم هاتين المقاومتين متغيرة باستمرار نظرا لتغير الفرق في درجة الحرارة بين الجسم والمحيط ودرجة حرارة الجسم[19].

لإيجاد تأثير المقاومات تم استنتاج رقم سمي برقم بيوت (Biot Number) ويمثل النسبة بين المقاومة الداخلية لانتقال الحرارة (التخزين) والمقاومة الخارجية (السطحية) حيث انه يساوي :

$$\mathrm{Bi} = \frac{\mathrm{hL}}{\mathrm{K}} \qquad (30.\mathrm{II})$$

حيث أن[19]:

h:معامل انتقال الحرارة بالحمل($\mathrm{W/m^2.\,°C}$).

K:معامل التوصيل الحراري(W/m.°C).

L:طول السطح(m).

عندما يكون مقدار رقم بيوت أصغر من0.1 فإن المقاومة الخارجية هي التي تتحكم بانتقال الحرارة ويكون لها الدور الرئيسي(أي أن المقاومة الداخلية تكون مهملة فتكون قيمة h أكبر من قيمةK) وعندها نفترض أن درجة حرارة الجسم الداخلية مساوية لدرجة حرارة الوسط .

ويمكن كتابة المعادلة الحرارية بين الجسم والتي تمثل التخزين الحراري و الوسط والتي تمثل الحمل الحراري فإنها تصبح كالتالي :

$$\mathrm{m}C_P dT = hA(T_0 - T)dt \qquad (31.\mathrm{II})$$

بترتيب المعادلة السابقة وبإجراء التكامل نصل إلى المعادلة التالية والتي تسمى معادلة نيوتن للتبريد أو التسخين :

$$Ln\frac{T_0 - T}{T_0 - T_1} = -\frac{h\,A}{m\,c_p}t \qquad (32.\mathrm{II})$$

$$\frac{T_0 - T}{T_0 - T_1} = e^{-\frac{h\,A}{m\,c_p}t} \qquad (33.\mathrm{II})$$

حيث أن [19]:

T:درجة حرارة الجسم الداخلي (°C).

$\mathbf{T_1}$:درجة حرارة الجسم الابتدائية(°C).

$\mathbf{T_0}$:درجة حرارة الوسط المحيط الثابتة(°C).

h:معامل انتقال الحرارة بالحمل بين الوسط والمحيط($\mathrm{W/m^2.\,°C}$).

t:الزمن(s).

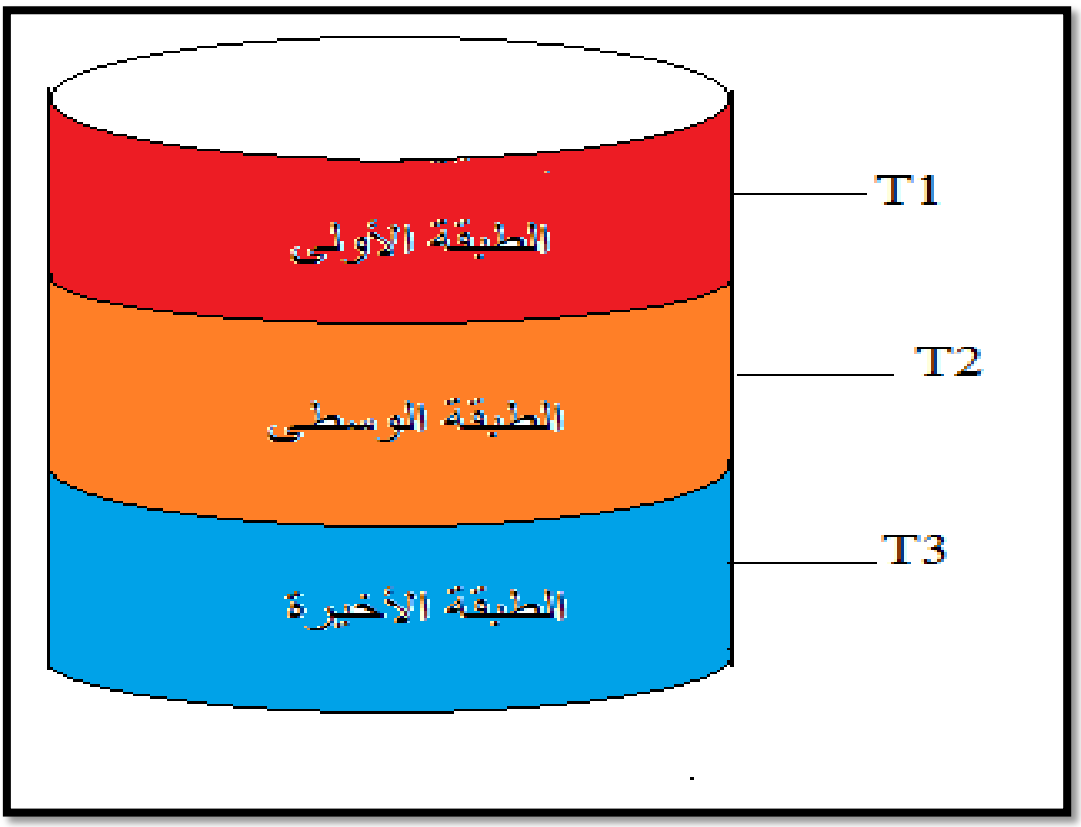
8.II النموذج الرياضي :

إن المحاكاة الرياضية لتشغيل نظام التسخين الشمسي معقد بما فيه الكفاية وصعب الاستغلال مباشرة ومنه فالمعادلات التحليلية التي تميز الكتلة و نقل الحرارة داخل خزان التخزين صعبة التحلل بدون افتراضات تبسيطية للوصول لجملة من المعادلات .

الفرضيات المعتمدة في دراسة النموذج الرياضي هي:

- حالة الجو صحو، أي عدم وجود سحب.
- سريان المائع داخل الأنبوب وحيد البعد.

و نقسم الخزان إلى ثلاثة طبقات كالأتي:



الشكل (2.II):رسم توضيحي لمظهر جانبي للخزان .

فالحصيلة الطاقوية للطبقة تكتب على شكل ميزان طاقوي:

$$E_s = E_c - E_P \qquad (34.\text{II})$$

E_s :الطاقةالمخزنة (J) .

E_c : الطاقةالملتقطة (J).

E_P :الطاقة المفقودة (J) .

1.8.II الطاقة المخزنة:

تمثل الطاقة الداخلة لهذه الطبقة وتكتب من الشكل التالي :

$$E_{sj} = M_j C_{Pj} \frac{dT_j}{dt} . t \qquad (35.\text{II})$$

M_j :الكتلة المكافئة للماء في الطبقة(j) ب(kg).

C_{Pj} :الحرارة النوعية للماء في الطبقة(j) ب (J/kg.°C) .

2.8.II الطاقة الملتقطة:

يأتي الماء من اللاقط بدرجة حرارة T_C ومعدل كتلي m العابر في الخزان ليسكن في الطبقة j حسب القيمة T_C، تعتبر القوة القادمة من اللاقط إلى الخزان طاقة ملتقطة وتأخذ الشكل التالي :

$$E_{C1} = m. C_{Pj}(T_C - T_j)F_C(j) \qquad (36.\text{II})$$

القوة القادمة من المقاطع العلوية :

$$E_{C2} = m. C_{Pj}(T_{j-1} - T_j)\sum_{K=1}^{j-1} F_C\,(K) \qquad (37.\text{II})$$

إن الماء القادم من اللاقط سيهبط حتى هذه الطبقة فالسائل الذي يتواجد في الطبقة(j) سيهبط في الطبقة$(j+1)$، ويمثل القوة المتحصل عليها من الطبقة السفلية $(j+1)$ بالتوصيل ويكتب من الشكل:

$$E_{C3} = \frac{\lambda_j s_j}{e_j}(T_{j+1} - T_j). t \qquad (38.\text{II})$$

3.8.II الطاقة المفقودة:

تمثل القوة المتحصل عليها من الطبقة العلوية$(j-1)$ بالتوصيل وتكتب من الشكل :

$$E_{P1} = \frac{\lambda_j s_j}{e_j}(T_j - T_{j-1}).t \qquad (39.\text{II})$$

$\mathbf{e_j}$:المسافة بين الطبقتين(m).

والطاقة المتخلي عنها بالحمل في مجال المحيط تعطى:

$$E_{P3} = h_j.s_j(T_j - T_\alpha).t \qquad (40.\text{II})$$

$\mathbf{h_j}$:معامل الفقدان الاجمالي لحرارة الطبقة نحو الوسط المحيط **(**$W/m^2.°C$).

$\mathbf{s_j}$: المساحة الجانبية للطبقة (m^2).

$\boldsymbol{\lambda_j}$: الناقلية الحرارية للماء المتكافئة مع الطبقتين **(**$W/m.°C$).

9.II الحصيلة الطاقوية الخاصة بالخزان الحراري :

بعد تطوير الحصيلة الحرارية لمختلف الطبقاتالنظام نحصل على نظام لثلاثة معادلات تفاضلية لا خطية تبعا لتغيرات درجات الحرارة لمختلف طبقات الخزان وتأخذ هذه المعادلات الأشكال الآتية:

10.II الحصيلة الطاقوية الخاصة بالطبقة الأولى:

تكتب المعادلة من الشكل :

$$E_{s1} = E_{C1} - E_{P1} - E_{P2} \qquad (41.\text{II})$$

1. الطاقة المخزنة في الطبقةالأولى:

تمثل الطاقة الداخلة لهذه الطبقة وتكتب من الشكل التالي :

$$E_{s1} = M_1 C_{P1} \frac{dT_1}{dt}.t \qquad (42.\text{II})$$

$\mathbf{M_1}$:الكتلة المكافئة للماء في الطبقة(1) ب kg .

$\mathbf{C_{P1}}$:الحرارة النوعية للماء في الطبقة(1) ب (J/kg.°C) .

2.الطاقة الملتقطة بالنسبة للطبقةالأولى:

تمثل القوة القادمة من اللاقط طاقة ملتقطة وتكتب من الشكل التالي :

$$E_{C1} = m.C_{P1}(T_C - T_1)F_C(1) \qquad (43.\text{II})$$

$\mathbf{m}$:كتلة الماء .

$\mathbf{T_C}$:درجة حرارة خروج الماء من اللاقط (°C) .

$\mathbf{T_1}$:درجة حرارة دخول الماء بالنسبة للطبقة الأولى(°C).

$\mathbf{C_{P1}}$:الحرارة النوعية للماء في الطبقة(1) في اللحظة t .

$\mathbf{F_C}$:معامل الشكل .

3.الطاقة المفقودة من الطبقة الأولى:

الطاقة المفقودة منالطبقة الأولى إلى الطبقة الثانية بالتوصيل :

$$E_{C2} = -\frac{\lambda_1 s_1}{e_1}(T_2 - T_1).t \qquad (44.\text{II})$$

$\boldsymbol{\lambda_1}$: معامل التوصيل الحراري.

$\mathbf{e_1}$:المسافة بين الوسطين الاول والثاني .

الطاقة المتخلى عنها بالحمل إلى الطبقة الثانية:

$$E_{P1} = h_1.s_1(T_1 - T_2).t \qquad (45.\text{II})$$

$\mathbf{h_1}$:معامل الحمل الحراري .

$\mathbf{s_1}$: المساحة الجانبية للطبقة الأولى .

✓ الشكل النهائي للمعادلة الخاصة بهذه الطبقة يكتب من الشكل:

$$M_1C_P(1)\frac{dT_1}{dt}.t = mC_PF_C(1)[T_C - T_1] + \frac{\lambda_1 S}{e_1}[T_2 - T_1].t - h_1S_1[T_1 - T_2].t \quad (46.II)$$

وبنفس الطريقة نجد باقي المعادلات الخاصة بباقي الطبقات .

11.II الحصيلة الطاقوية الخاصة بالطبقة الوسطى:

تكتب المعادلة من الشكل:

$$E_{S2} = E_{C12} + E_{C22} + E_{C32} - E_{P12} - E_{P22} \quad (47.II)$$

✓ الشكل النهائي للمعادلة الخاصة بالطبقة الوسطى :

$$M_2C_P(2)\frac{dT_2}{dt}.t = mC_{P2}F_C(2)[T_C - T_2] + mC_{P2}F_C(1)[T_1 - T_2) + \frac{\lambda_2 S}{e_2}[T_3 - T_2].t - \frac{\lambda_2 S}{e_2}[T_2 - T_1].t - h_2S_2[T_2 - T_3].t \quad (48.II)$$

12.II الحصيلة الحرارية الخاصة بالطبقة الأخيرة:

تكتب من الشكل :

$$E_{S2} = E_{C13} + E_{C23} + E_{C33} - E_{P13} \quad (49.II)$$

✓ الشكل النهائي لمعادلة الطبقة الأخيرة:

$$M_3C_P(3)\frac{dT_3}{dt}.t = mC_{P3}F_C(3)[T_C - T_3] + \sum_{K=1}^{2} F_C(K)mC_{P3}(T_2 - T_3) + \frac{\lambda_3 S}{e_3}[T_3 - T_2].t - h_3S_3[T_3 - T_\alpha].t \quad (50.II)$$

خلاصة :

لقد تطرقنا في هذا الفصل للمعادلات الحرارية للخزان الحراري والميزان الطاقوي و تبين أن انتقال الحرارة ماهو إلا انتقال للطاقة بالنسبة للماء نتيجة للاختلاف في درجة الحرارة، حيث يكون اتجاه انتقال الحرارة من المنطقة ذات درجة الحرارة الأعلى إلى المنطقة ذات درجة الحرارة الأقل، وأن الطاقة التي يقوم بتخزينها الخزان الحراري الذي قمت بدراسته ما هي إلا عبارة على الطاقة الملتقطة بواسطة اللاقط من أشعة الشمس ناقص الطاقة المفقودة عبر الطبقات .

الفصل الثالث

الدراسة التجريبية للخزان الحراري.

- تمهيد.
- التجربة ونتائجها.
- تحليل وتفسير النتائج .
- خلاصة.

تمهيد:

سنقوم في فصلنا هذا بتجربة خاصة بالخزان الحراري الموجود في السخان الشمسي(الترمو سيفون)، هل الماء يتوضع على شكل طبقات تختلف في درجات الحرارة في الخزان الحراري ؟

حيث قمنا بتجربة لتأكيد هذه النتائج وذلك لتقدير الفارق في درجات الحرارة لجزيئات الماء الموجودة في الخزان الحراري، قسمنا الخزان الحراري إلى ثلاث طبقات جزء علوي، جزء في الوسط وجزء سفلي .

فتحصلنا على نتائج التي ترجمت إلى جدول ومنحنيات و فيما يلي سنقوم بتحليلها ومناقشتها.

1.III التجربة :

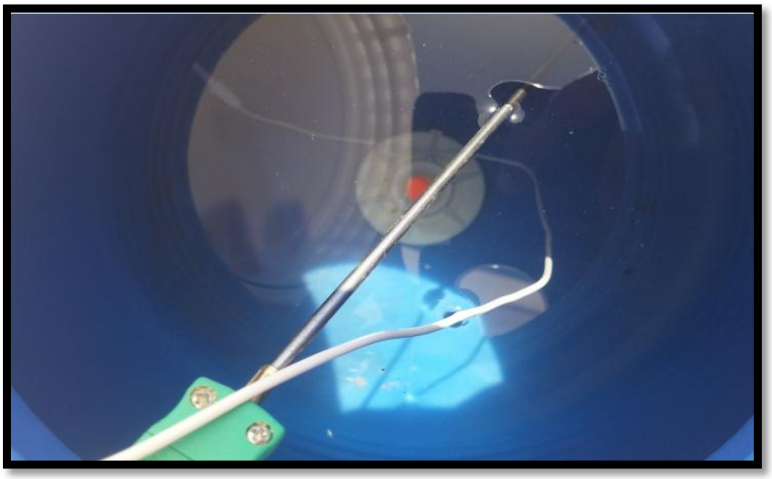
في يوم 10/05/ 2016 على الساعة 11:00 صباحا قمنا بوضع السخان الشمسي تحت أشعة الشمس.

1.1.III الهدف من التجربة :

تهدف هذه التجربة للتعرف على ظاهرة التركيب الطبقي للماء الموجود في الخزان الحراري، و كيفية تخزين الحرارة الآتية من الشمس داخل الخزان لاستعمالها عند الغروب .

2.1.III أدوات التجربة :

- ✓ خزان حراري.
- ✓ مقياس درجة الحرارة.
- ✓ لاقط شمسي.
- ✓ أنابيب توصيل.
- ✓ قطع خشبية .



الشكل (1.III):منظر داخلي للخزان الحراري.

الشكل (2.III):مقياس درجة الحرارة.

الشكل (3.III):لاقط شمسي .

الشكل (4.III): سخان شمسي منجز على مستوى مخبر جامعة الوادي.

3.1.III خطوات العمل :

في يوم 05/10/ 2016 من الساعة 11:00 صباحا إلى الساعة16:00 مساءا، قمنا بوضع السخان الشمسي تحت أشعة الشمس، ووضعنا مقياس درجة الحرارة داخل الخزان الحراري فوجدنا درجة حرارة الماء 32 °C، ثم تركنا الترمو متر داخل الخزان الحراري و قمنا بقياس درجة الحرارة لثلاثة طبقات في الخزان الحراري خلال هذه الفترة الزمنية في كل ساعة نقيس ونسجل النتائج .

2.III نتائج التجربة :

نتائج التجربة مدونة في الجدول التالي:

الجدول (1.III): يمثل درجة الحرارة في طبقات الخزان الحراري و اللاقط خلال فترات زمنية .

t(سا)	T_1(°C)	T_2(°C)	T_3(°C)	T_C(°C)
12:00	42	40	32	46
13:00	50	42	38	52
14:00	60	46	42.5	69
15:00	44	41	40	50
16:00	40	39.5	39	41

T_1 :درجة حرارة الماء في الطبقة الأولى .

T_2 :درجة حرارة الماء في الطبقة الوسطى .

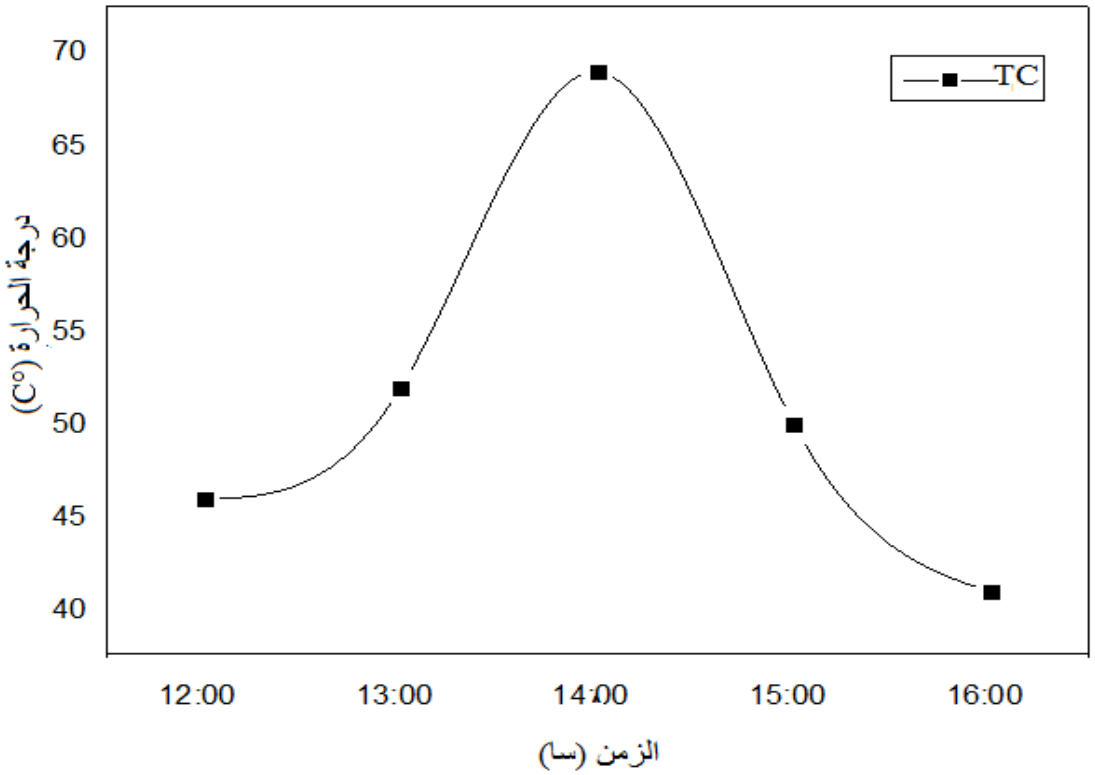
T_3 :درجة حرارة الماء في الطبقة السفلية .

T_C : درجة حرارة اللاقط .

t : الزمن.

نتائج القياس التي تحصلنا عليها لدرجات الحرارة داخل الخزان الحراري، قمنا بترجمتها الى المنحنيات البيانية الاتية :

3.III عرض وتحليل وتفسير النتائج :



الشكل (5.III) : تغيرات درجة حرارة اللاقط بدلالة الزمن .

نلاحظ من المنحنى البياني(5.III) أنه :

- عند الساعة 12:00 تكون درجة حرارة جزيئات الماء الموجودة في اللاقط 46°C ويعود ذلك إلى:

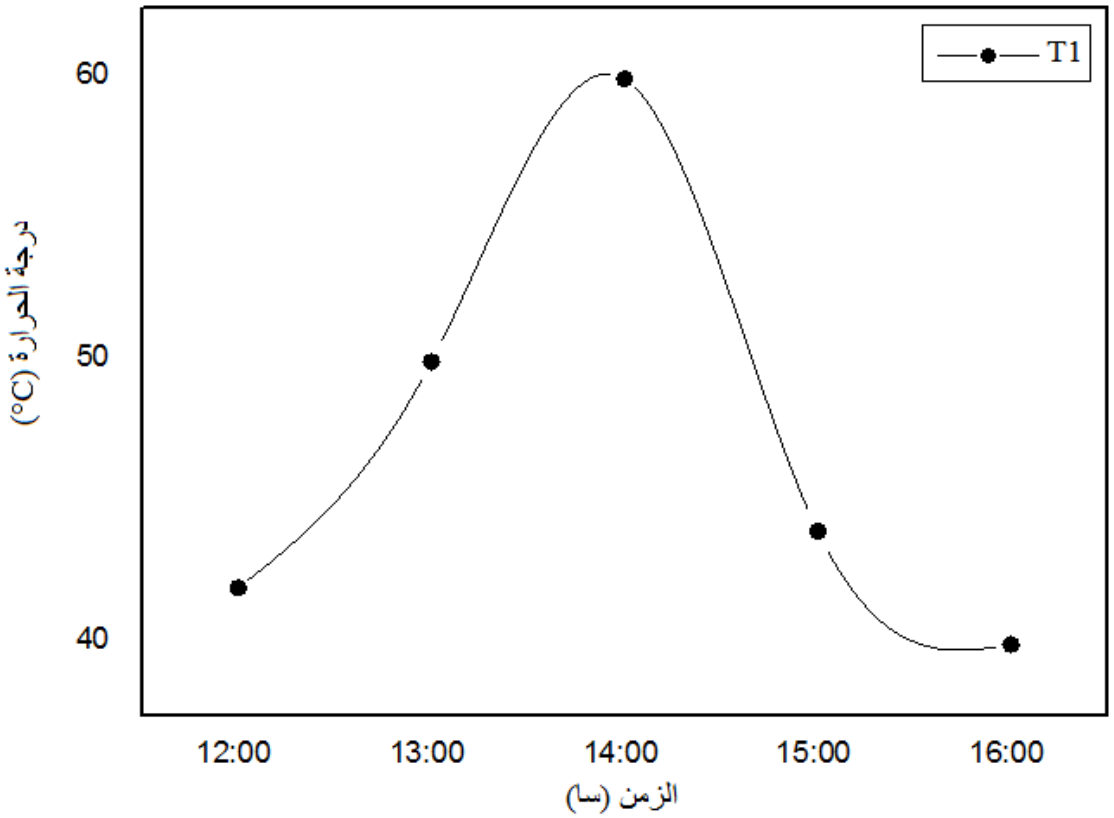
أن جزيئات الماء البارد تدخل نسبيا إلى أنبوب التوزيع بدرجة حرارة 32°C، فتنتقل إليها الحرارة من سطح الأنبوب الداخلي عند اصطدامه بأشعة الشمس فانه يمتص جزء منها وتتحول داخله إلى حرارة تؤدي إلى تسخين جزيئات الماء فيؤدي إلى حركتها وسرعتها بداخله، ومنه تغيرت درجة حرارة سطح الأنبوب بواسطة الإشعاع الحراري، فترتفع درجة حرارة الجزيئات عن طريق التوصيل أثناء السريان إلى غاية الخروج بدرجة حرارة46°C .

- عند الساعة 14:00 تأخذ أقصى قيمة لها 69°C يعود ذالك إلى :

لمقدار الإشعاع الشمسي يأخذ أقصى قيمة له و لسقوطه مباشرة على اللاقط، ومعدل السريان داخل الأنابيب .

- عند الساعة 16:00 تبدأ في التناقص إلى أن تصل 41 °C يعود ذلك إلى :

أن جزيئات الماء الموجودة في اللاقط تفقد جزء من حرارتها بواسطة الحمل والتوصيل الحراري إلى جزيئات الماء الموجودة في الطبقة الأولى من الخزان وجدران الخزان .



الشكل(6.III) : تغيرات درجة حرارة في الطبقة الأولى بدلالة الزمن .

نلاحظ من المنحنى البياني(6.III) أنه :

- عند الساعة 12:00 تكون درجة حرارة جزيئات الماء في الطبقة الأولى 42°C ويعود ذلك :

لاكتساب جزيئات الماء الموجودة في الطبقة الأولى حرارة من جزيئات الماء الموجودة في اللاقط فتمددت وزادت حركتها مما أدى إلى سرعتها وارتفاع درجة حرارتها فتنتقل تلك الحرارة إلى الخزان بطريقة الدفع الذاتي (الترمو سيفون) ومنه :

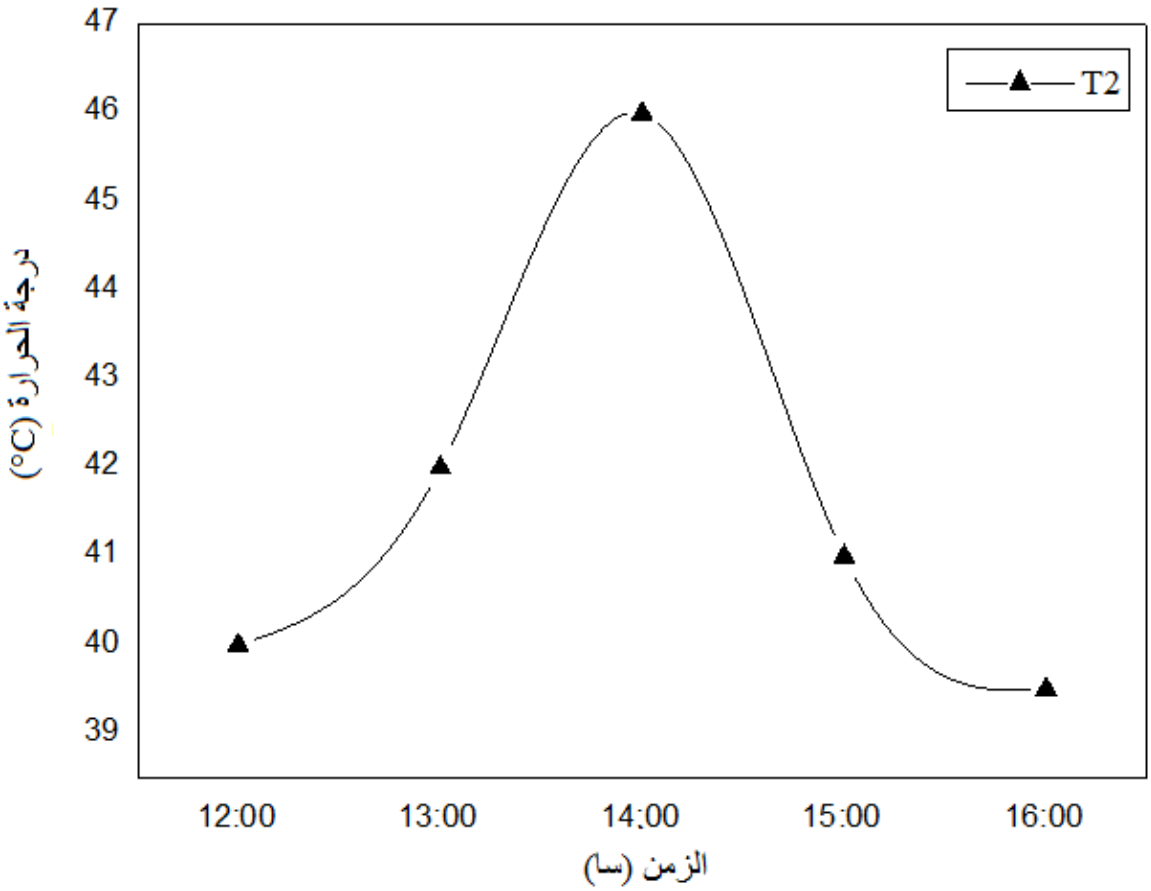
تكتسب جزيئات الماء الموجود في هذه الطبقة طاقة فيحدث لها تمدد وبالتالي تنخفض كثافتها.

- عند الساعة 14:00 تأخذ جزيئات الماء الموجودة في الطبقة الأولى أقصى قيمة لها 60°C يعود ذلك إلى:

تكون درجة حرارة جزيئات الماء الموجودة في اللاقط لديها أقصى قيمة ومنه تكتسبها جزيئات الماء الموجودة في الطبقة الأولى .

- عند الساعة 16:00تكون درجة حرارة جزيئات الماء 40 °C يعود ذلك :

تفقد جزيئات الماء الموجودة في الطبقة الأولى حرارة بواسطة الحمل والتوصيل إلى الطبقة الوسطى وجدران الخزان.



الشكل (7.III): تغيرات درجة حرارة في الطبقة الوسطى بدلالة الزمن .

نلاحظ من المنحنى البياني(7.III) أنه :

- عند الساعة 12:00 تكون درجة حرارة جزيئات الماء الموجودة في الطبقة الوسطى 40 °C يعود ذلك :

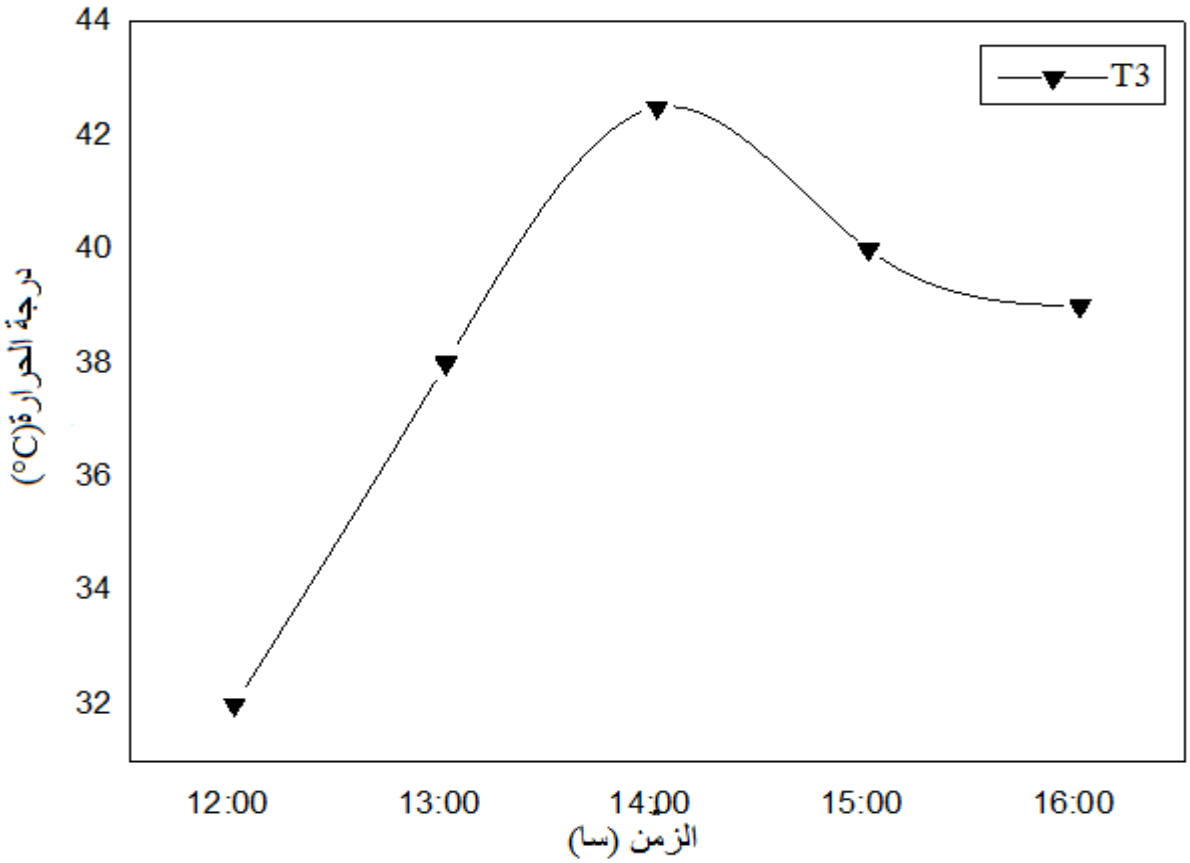
لاكتساب جزيئات الماء الموجودة في الطبقة الوسطى من الخزان حرارة من الطبقة الأولى واللاقط فتمددت وزادت حركتها مما أدى إلى سرعتها وارتفاع درجة حرارتها .

-عند الساعة 14:00 تأخذ أقصى قيمة لها 42°C يعود ذلك إلى:

تكون درجة حرارة جزيئات الماء الموجودة في الطبقة الأولى لديها أقصى قيمة ومنه تفقد جزء من حرارتها فتكتسبها جزيئات الماء الموجودة في الطبقة الوسطى .

-عند الساعة 16:00 تصل درجات حرارة جزيئات الماء الموجودة في الطبقة الوسطى إلى 39.5°C يعود ذلك إلى :

إن جزيئات الماء الموجودة في الطبقة الوسطى تفقد جزء من حرارتها عن طريق الحمل والتوصيل إلى الطبقة الأخيرة وجدران الخزان .



الشكل(8.III): تغيرات درجة حرارة في الطبقة الأخيرة بدلالة الزمن .

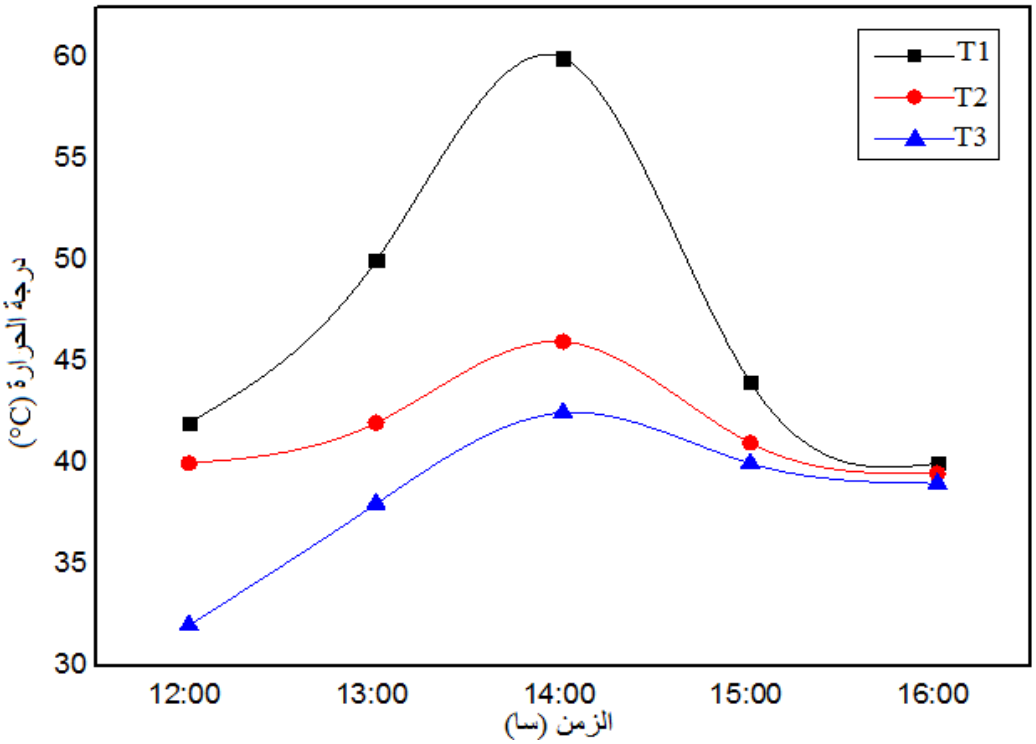
نلاحظ من المنحنى البياني (8.III) أنه :

- عند الساعة 12:00 تكون درجة حرارة جزيئات الموجودة في الطبقة الأخيرة 32°C يعود ذلك إلى : عدم وصول الحرارة لهذه الطبقة مما تركها محافظة على درجة حرارتها.
- عند الساعة14:00 تصل درجة حرارة جزيئات الماء الموجودة في الطبقة الأخيرة 42.5°C يعود ذلك إلى :

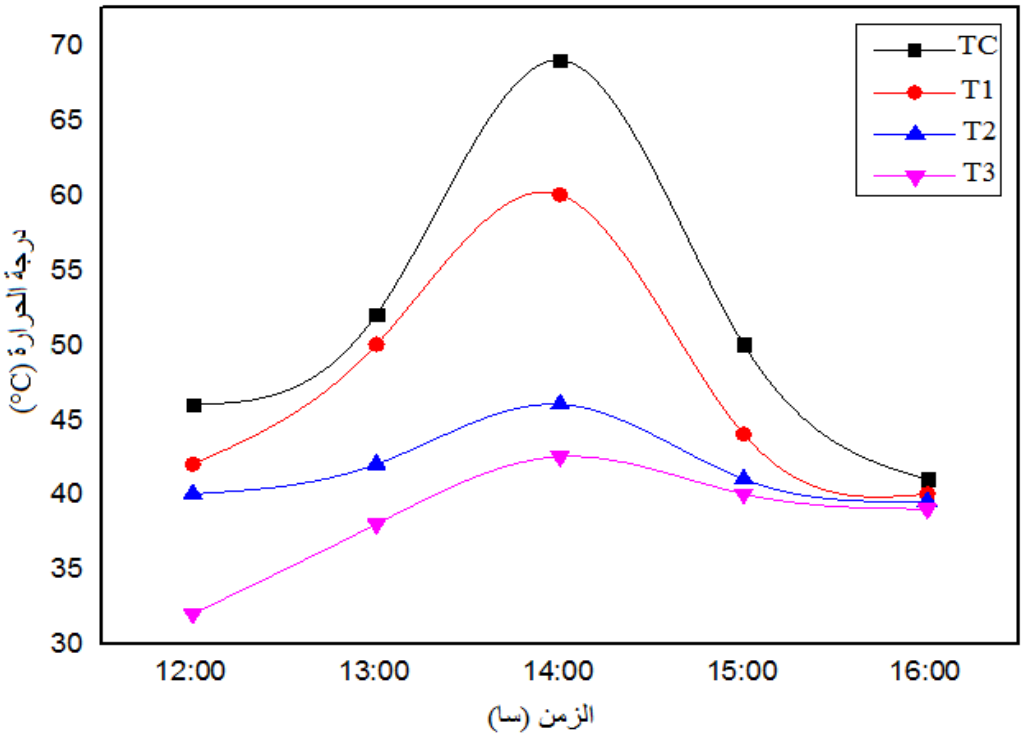
تكون درجة حرارة جزيئات الماء الموجودة في الطبقة الوسطى لديها أقصى قيمة ومنه تفقد جزء من حرارتها فتكتسبها جزيئات الماء الموجودة في الطبقة الأخيرة .

- عند الساعة 16:00 تصل درجة حرارة جزيئات الماء إلى 39°C يعود ذلك إلى :

جزيئات الماء الموجودة في الطبقة الاخيرة تفقد جزء من الحرارة عن طريق الحمل إلى اللاقط وجدران الخزان .



الشكل (9.III): تغيرات درجة حرارة الطبقات بدلالة الزمن.



الشكل (10.III): تغيرات درجة حرارة الطبقات و اللاقط بدلالة الزمن .

نلاحظ من المنحنى البياني (10.III) أنه :

- من الساعة 12:00 إلى الساعة 14:00 تزايد مستمر للدرجات الحرارة لجزيئات الماء المتواجدة في جميع الطبقات واللاقط يعود ذالك :

تبعا لمقدار الإشعاع الشمسي ومعدل السريان داخل أنابيب التسخين، و لانتقال الحرارة لجزيئات الماء عبر الطبقات بمرور الزمن .

- من الساعة 14:00 إلى الساعة 16:00 انخفاض في درجات الحرارة لجميع الطبقات يعود ذالك إلى:

فقدان حرارة جزيئات الماء عبر الطبقات بمرور الزمن .

-عند الساعة 16:00 نلاحظ ثبات في درجات الحرارة لجميع الطبقات ويعود ذلك إلى :

حدوث عملية الاتزان الحراري لجميع الطبقات بعد غياب أشعة الشمس .

4.III استنتاجات تجريبية:

1. الطبقة الأولى:

يعود سبب صعود الماء الساخن في أعلى الخزان إلى :

لان كثافة الماء تكون أقل وذلك لارتفاع درجة حرارتها .

و يرجع سبب ارتفاع درجة الحرارة في هذه الطبقة إلى :

- ✓ مقدار أشعة الشمس الساقطة على اللاقط .
- ✓ تكتسب جزيئات الماء الموجود في هذه الطبقة طاقة فيحدث لها تمدد وبالتالي تنخفض كثافتها.
- ✓ عندما يسخن الماء فإنه يكتسب طاقة ويصبح أقل كثافة ويتمدد وبالتالي يرتفع للأعلى.

توضع الماء الساخن في هذه الطبقة من الخزان يعود إلى:

✓ المبدأ الفيزيائي أن أي ارتفاع في درجة الحرارة يتبعه انخفاض في كثافته، عندما تسخن جزيئات الماء فان كثافته تكون أقل أي أن وزن جزيئات الماء بالنسبة لوحدة الحجم سيقل وبالتالي فان كثافة جزيئات الماء داخل المجمع ستكون أخف من الكثافة عند مدخل الخزان وينتج هذا الفارق:

استمرار صعود الماء باكتسابه للحرارة ودخول الماء البارد القادم من الخزان إلى اللاقط ومنه يصعد الماء الساخن بدون وجود مضخة و يشترط ذلك أن يكون الخزان أعلى من اللاقط بحوالي (30 cm)على الأقل لكي تحدث هذه الظاهرة .

وصول درجة الحرارة إلى أقصى قيمة لها بالنسبة للطبقة الأولى يعود إلى :

- ✓ اكتساب جزيئات الماء الموجودة في اللاقط أقصى درجة حرارة لان مقدار أشعة الشمس الساقط عليه يكون كبير في هذه الساعة .
- ✓ عند الساعة 14:00 تكون أشعة الشمس ساقطة مباشرة على اللاقط وبنسبة كبيرة .
- ✓ انخفاض درجة حرارة جزيئات الماء بعد الساعة 14:00 للطبقة الأولى يعود إلى :
- ✓ فقدان جزيئات الماء جزء من حرارتها الموجودة في الطبقة الأولى واكتسابها من الطبقة الثانية.

2- الطبقة الثانية :

يعود سبب ارتفاع درجة حرارة جزيئات الماء في هذه الطبقة إلى :

- ✓ اكتسابها حرارة من الطبقة الأولى يعمل على زيادة ذبذبتها وتحررها في مواقعها مما يسبب تصادمها مع جزيئات الطبقة الوسطى وهذا يسبب فقدان جزء من الطاقة بالنسبة للطبقة الأولى واكتسابها من طرف الطبقة الوسطى، تبدأ درجة حرارة جزيئات الماء في التناقص من الطبقة الأولى و يبدأ فقد الحرارة عن طريق الحمل وانتقالها إلى الطبقة الوسطى .
- ✓ لاكتساب جزيئات الماء حرارة من الطبقة الأولى عن طريق الحمل وبعدها تبدأ في التناقص كذالك لأنها تفقد بعض الحرارة لانتقالها للطبقة الأخيرة .

3- الطبقة الأخيرة :

يعود سبب نزول الماء البارد في أسفل الخزان إلى:

- ✓ كثافة الماء تكون أكبر.

يعود انخفاض درجة الحرارة في هذه الطبقة إلى:

- ✓ وصول كمية قليلة من الحرارة لهذه الطبقة لان حدث لها ضياعات بعد مرورها على الطبقات الأخرى.

- توضع الماء الساخن في الطبقات الأعلى لأن كثافة الماء تكون أقل في الطبقات العليا من كثافة الماء الموجود في الطبقة الأولى .

خلاصة:

في هذا العمل قمنا بدراسة سخان الماء الشمسي الذي يعمل بطريقة الدوران الطبيعي (الترمو سيفون) تضمنت الدراسة مراقبة درجة الحرارة للخزان الحراري في كل ساعة بمدينة الوادي من الساعة 12:00 صباحا إلى 16:00 زوالا وكانت درجات الحرارة المتحصل عليها دليل على وجود ظاهرة التركيب الطبقي الموجودة في الخزان الحراري وقدرته على التخزين .

خلاصة عامة

خاتمة عامة

تعد الطاقة الشمسية من الطاقات الرخيصة والمتوفرة بكثرة في العالم، وهي طاقة نظيفة وصديقة للبيئة، فهي الطاقة البديلة والمتجددة في المستقبل، ولابد من استغلال هذا الكم الهائل من الطاقة في مجالات شتى، ولهذه الطاقة تطبيقات واستخدامات.

تعتمد دراستنا هذه على التعرف على الاستخدامات الحرارية للطاقة الشمسية المتمثلة في آلية التسخين في الخزان الحراري الموجود في السخان الشمسي الذي يعمل بطرقة السيفون الحراري (الترمو سيفون) لدراسة كل طبقة من طبقات الخزان ومعرفة درجة حرارتها ، انطلاقا من المعادلات الحرارية والميزان الطاقوي للخزان حيث أن الطاقة المخزنة تساوي إلى الطاقة الملتقطة ناقص الطاقة الضائعة.

في هذه المذكرة المتواضعة قمنا على مستوى المخبر بدراسة تجريبية لسخان شمسي بمواد محلية الصنع لمعرفة درجات الحرارة الموجودة في الخزان الحراري في منطقة الوادي.
بعد الدراسة التجريبية المنجزة وذلك قصد التعرف على الطبقات الحرارية الموجودة في الخزان كان ذلك يوم 2016/05/10 .
وبعد الوصول إلى النتائج وتحليلها تمكنا بالخروج ب :

- ✓ هناك ظاهرة تحدث في الخزان الحراري وهي توضع الماء على شكل طبقات مختلفة في درجات الحرارة وذلك يعود إلى تغير في كثافة الماء .
- ✓ إمكانية الخزان الحراري من تخزين الحرارة التي اكتسبها المائع خلال فترة السطوع الشمسي لاستغلالها بعد الغروب.

رغم هذه الفوائد والمميزات المستغلة من الطاقة الشمسية إلا أنها تواجه عدة عوائق من أهمها تخزين الطاقة التي تواجهها معظم الدول بما فيا الدول الكبرى لهذا نقترح عدة حلول لهذه الإشكالية :

- اختيار مواد عازلة جيدة للخزان للحد من الضياعات .
- صيانة اللاقط الشمسي وحمايته من الصدأ و التآكل واختيار الموقع الملائم لالتقاط أكبر ما يمكن من الإشعاع الشمسي.
- يجب أن تغطى الأنابيب وقطع التوصيل بمواد عازلة لتحافظ على الطاقة الحرارية المكتسبة ولكي يكون النقصان في درجة الحرارة أقل ما يمكن, ويجب أن تكون هذه الأنابيب جيدة وقوية وأن يكون العزل مغطى بمواد تقاوم العوامل الجوية .
- يجب أن تكون جميع فتحات الخزان معدة بحيث تتم التوصيلات بها في سهولة ويسر.
- في حالة استخدام مبادلات حرارية يجب أن تكون مساحة المبادلات الحرارية كافية لنقل كميات الحرارة ويكون من مواد جيدة التوصيل الحراري.

قائمة المراجع

➢ المراجع باللغة العربية :

[1]د.أسعد رحمان سعيد الحلفي هندسة الأغذية بالطاقة الشمسية ط1،مكتبة الزهراء للطباعة العراق 2010.

[2]أ. بن حميدة سفيان و أ. غوقالي مبروك ،سلسلة الطاقات المتجددة، الوادي، الجزائر،2010**.**

[3]مؤسسة هانس زايدل الألمانية مركز النيل للإعلام بالسويس، كتيب تشغيل وصيانة السخانات المياه الشمسية .

[4]د. محمد مصطفى محمد الخياط الطاقة مصادرها- أنواعها - استخداماتها القاهرة يوليو 2006 .

[5]م .عبد المجيد أمين الجندي السخانات الكهربية الإصدار رقم 1.

[6]الهيئة العامة للاستعلامات مركز النيل للإعلام بالسويس استخدامات الطاقة الجديدة والمتجددة السويس أغسطس 2006.

[7] سوداني عبد البار الدراسة النظرية للمركز الشمسي الأسطواني المقعر 2009(CCP) مذكرة ماجستير جامعة ورقلة.

[8]د. رحيم جوي محي أساسيات الديناميك الحرارية،الطبعة الأولى 2003.

[9]المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني أساسيات الحراريات و الموائع، انتقال الحرارة،تخصص تبريد وتكييف.

[10]د.ميسون أسعد حسن مقل فيزياء عامة (انتقال الحرارة) .

[11] م. رشا حيدر هاشم طرق انتقال الحرارة كلية الهندسة.

[12]د.محمد رأفت إسماعيل رمضان و د.علي جمعان الشكيل الطاقة المتجددة الطبعة الثانية دار الشروق القاهرة 1409 ه.

[13]أ. وهيب عيسى الناصر مصادر الطاقة النظيفة المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم .

[14]م.بشير صبحي أحمد،الطاقة الشمسية الحرارية، 24-01-2012.

[15]د. سعود يوسف عياش تكنولوجيا الطاقة البديلة، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب – السلسلة 38، الكويت 1978.

[16]د. أمين القلق، سلسلة الحقائب التعليمية التدريبية في مجال الطاقات المتجددة، حقيبة السخان الشمسي إعداد: مالك الكباريتي و آخرون، إعداد المركز الوطني لبحوث الطاقة**.**

[19]المملكة العربية والسعودية المؤسسة العامة للتدريب المهني و الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج انتقال الحرارة و الموائع-عملي،تخصص تقنية التصنيع الغذائي، 1429 ه.

[20]مصطفى محمد السيد و آخرون النماذج الحسابية للنظم الحرارية مركز النشر العالمي جامعة الملك عبد العزيز جدة ط1 1994.

➢ المراجع باللغة الأجنبية:

[17] Alioune Diop SY, CONCEPTION ET REALISATION D'UN CHAUFFE-EAU SOLAIRE, 2007.

[18] Mohammed Salah MEFTAH, Etude théorique et Application pratique d'unsystème de chauffe-eau solaire en vue de laproduction de l'eau chaude sanitaire, 2004, MEMOIRE Magister, UNIVERSITE DE OUARGLA.

ملخص

تطرقنا في هذا العمل إلى دراسة نظرية لمختلف أنواع السخانات الشمسية والكهربائية، كما قمنا بدراسة تجريبية مخصصة لسخان الماء الشمسي الذي يعمل بطريقة الترمو سيفون (يعمل على مبدأ اختلاف كثافة الماء البارد والساخن)، حيث اعتمدنا على استخدامات الطاقة الشمسية الحرارية لدراسة ظاهرة التركيب الطبقي للماء في الخزان الحراري، وذالك بتسجيل درجة حرارة الماء لثلاثة طبقات من الخزان عند كل ساعة بمنطقة الوادي.

توصلنا من خلال هذه الدراسة التجريبية إلى أن الخزان الحراري له القدرة على تخزين الحرارة التي اكتسبها المائع خلال فترة الإشعاع الشمسي لاستغلالها حتى الغروب، و توجد ظاهرة متمثلة في توضع الماء على شكل طبقات مختلفة في درجات الحرارة .

الكلمات المفتاحية:

سخان الماء الشمسي - الطاقة الشمسية - الخزان الحراري – ظاهرة التركيب الطبقي .

Abstract

We discussed in this work to study the theory of the various types of solar heaters and electric, our specialty in the experimental study to heater solar water who works with way Thermosiphon (works on the principle the variation cold and hot water density), where we have adopted in this study on the uses of solar thermal energy to study the phenomenon of Class structure for water in the thermal reservoir, with a record temperature the water for three layers of the reservoir at each hours in area El-Oued.

We have acquired through these experimental study out that the thermal reservoir has the ability to storage heat, which acquired by the fluid over a period the solar brightness for tapped after the sunset, and there is a phenomenon, positioning water in the form of different layers at temperatures.

Keywords:

Solar water heater - solar power - Thermal reservoir- The phenomenon of class structure.

Résumé

Nous avons abordé dans ce travail l'étude théorique pour différents types de chauffe-eau solaires et électriques, Comme nous avons fait d'étude expérimentale dédié au chauffe-eau solaire qui travaille à d'une façon Thermosyphon (il travail sur le principe au divergence de la densité l'eau froide et chaude), où nous avons adopté dans cette étude sur l'utilisation d'énergie solaire thermique et phénomène de l'installation à couche du l'eau dans le réservoir thermique, avec record à température de l'eau pour les Trois couches du réservoir à chaque heure dans la zone El-Oued.

Nous avons obtenu à travers ces l'étude expérimentale du réservoir thermique qui a la capacité du stockage de chaleur acquis par le fluide au cours de la période de la luminosité solaire pour une utilisation après le coucher du soleil, et il existe un phénomène qui se produit lorsque position l'eau sous la forme aux différentes couches à les températures .

Mots-clés:

chauffe-eau solaires - Énergie solaire - réservoir thermique -Le phénomène de la structure de classe.