



جامعة قاصدي مرباح ورقلة

كلية الرياضيات و علوم المادة

قسم الفيزياء

مذكرة ماستر أكاديمي

مجال : علوم المادة

شعبة : فيزياء

تخصص : فيزياء طاقوية وطاقات متجددة

مقدمة من طرف الطالبتين : سعدي سعاد ، بن شريف مارية

بعنوان:

دراسة تجريبية لتحسين مردود المقطر الشمسي في منطقة ورقلة

نوقشت يوم 2020/09/29 أمام لجنة المناقشة المكونة من :

رئيسا	جامعة قاصدي مرباح - ورقلة	أستاذ محاضر - أ.	بلحاج محمد مصطفى
مناقشا	جامعة قاصدي مرباح - ورقلة	أستاذ محاضر - أ.	سوداني محمد البار
مشرفا	جامعة قاصدي مرباح - ورقلة	استاذ تعليم عال	بشكي جمال
مشرف مساعد	جامعة قاصدي مرباح - ورقلة	أستاذ مساعد - أ.	تخة محمد

الموسم الجامعي : 2020/2019

شكر و عرفان

الحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام على سيدنا محمد وعلى اله وصحبه
أجمعين المبعوث رحمة للعالمين الى يوم الدين .

فإننا نشكر الله وافر الشكر أن وفقنا وأعاننا على اتمام هذه الرسالة، ثم الى اهلنا
الذين كانوا سندا لنا طيلة مشوارنا الدراسي.

كما نوجه ايات الشكر والعرفان بالجميل إلى الاستاذ و الدكتور "بشكي جمال"
المشرف على الرسالة كان لرحابة صدره وسمو خلقه وأسلوبه المميز على
مساعدتنا في اتمام هذه الرسالة ونخص كذلك بالشكر الى الاستاذ "تخة محمد" على
مساعدته لنا فجزاكم الله الف خير

كما نتقدم بالشكر الجزيل الى المخبري "حوتي أحمد" على المساعدات القيمة التي
قدمها لنا صغيرة كانت او كبيرة نسأل الله العلي القدير أن يجازيه خير الجزاء و ان
يكتب صنيعه في موازين حسناته .

ونخص كذلك تشكراتنا الى الاساتذة الكرام الذين قبلو مناقشة مذكرتنا

- بلحاج محمد مصطفى

- سوداني محمد البار

وفي الاخير الشكر الجزيل لكل من كان له يد المساعدة من قريب او بعيد على
اتمام هذا العمل

والحمد لله رب العالمين

الفهرس

I	فهرس العناوين
III	فهرس الأشكال
V	فهرس الجداول
I	قائمة الرموز

المقدمة

01	المقدمة
----	---------

الفصل الأول : دراسة بحثية حول

03	المقدمة	1-1
03	أزمة المياه في العالم	2-1
03	ازمة المياه في الجزائر	3-1
04	بعض الحلول المقترحة لحل مشكلة المياه في الجزائر	4-1
05	المعايير العالمية لمياه الصالحة لشرب	5-1
05	التحليل الفيزيائي والكيميائي للمياه الجوفية بمنطقة ورقلة	6-1
05	تحلية المياه	7-1
06	مختلف الاساليب التقنية المستعملة في تصفية المياه	8-1
06	التحلية بالتقطير (Procèdes de distillation)	1-8-1
06	التقطير البسيط (La distillation à Effet Simple)	2-8-1
06	التقطير بالتبخير الومضي متعدد المراحل (La distillation Flash multi - effet)	3-8-1
07	التقطير بالتبخير متعدد التأثير (La distillation multi-effet)	4-8-1
08	التقطير بضغط البخار : (Compression de vapeur - CV)	5-8-1
09	تقنية فصل الماء عن الأملاح الذائبة بالأغشية (Procèdes à Membranes)	6-8-1
09	الأسموز العكسي التناضح العكسي (L'osmose inverse)	7-8-1
10	الأسموز الكهربائي التناضح الكهربائي (Electrodialyse)	8-8-1
11	التقطير الشمسي (Distillation solaire)	9-1
11	لمحة تاريخية عن التقطير الشمسي	1-9-1
11	التقطير الشمسي باستخدام الطاقة الشمسية	2-9-1
11	مختلف أنواع المقطرات الشمسية	3-9-1

الفصل الثاني : الظواهر الفيزيائية في التقطير الشمسي

15	المقدمة	1-2
15	الظواهر الفيزيائية الأساسية في المقطر الشمسي	2-2
15	انتقال الحرارة	1-2-2
16	أشكال انتقال الحرارة	2-2-2
18	انتقال الكتلة	3-2-2
20	انتقال كمية الحركة	4-2-2
20	تغير طور المادة	3-2
20	تعريفات ومفاهيم فيزيائية	1-3-2

20	الظواهر الفيزيائية	4-2
20	ظاهرة التبخير	1-4-2
21	ظاهرة التكثيف	2-4-2
21	الإشعاع الشمسي	5-2
21	الشمس	1-5-2
22	الأرض	2-5-2
22	المعالم الفضائية لتحديد موقع الشمس	3-5-2

الفصل الثالث: التوازن الحراري في المقطر الشمسي البسيط

29	مقدمة	1-3
29	التدفقات الحرارية في المَقْطَر	2-3
31	التدفقات الحرارية الخارجية	1-2-3
32	التدفقات الحرارية الداخلية	2-2-3
34	التوازن الحراري على مستويات أجزاء المقطر	3-3
35	معادلات حفظ الطاقة للمقطر (2) لكل مستوياته	1-3-3
36	معادلات حفظ الطاقة لمقطر (1) لكل مستوياته	2-3-3

الفصل الرابع: الدراسة التجريبية للمقطر الشمسي

39	مقدمة	1-4
39	النماذج الأولية للأجهزة التجريبية	2-4
39	الأجهزة المستعملة في التجربة	3-4
41	الأدوات المستعملة في التجربة	4-4
41	التجربة	5-4
41	وصف التجربة	1-5-4
42	الظروف الجوية الخاصة بالأيام الذي تمت فيه التجربة	2-5-4
43	المنحنيات التجريبية	3-5-4
49	الخلاصة العامة	
50	الملحق الاول	
53	المراجع	

فهرس الأشكال

الفصل الاول: دراسة بحثية حول الماء

06	..... التقطير البسيط (العادي)	الشكل (1 - 1)
07	..... التقطير بالتبخير الومضي متعدد المراحل	الشكل (2 - 1)
08	..... التقطير بالتبخير متعدد التأثير	الشكل (3 - 1)
08	..... التقطير بضغط البخار	الشكل (4 - 1)
10	..... تقنية التناضح العكسي	الشكل (5 - 1)
10	..... تقنية الأسموز الأيوني (الأسموز الكهربائي) لفصل ملح $NaCl$	الشكل (6 - 1)
12	..... مقطر بسيط بميل واحد	الشكل (7 - 1)
12	..... المقطر البسيط بميلين	الشكل (8 - 1)
13	..... مقطر كروي بماسح	الشكل (9 - 1)
14	..... المقطر الشمسي المتعدد الطوابق	الشكل (10 - 1)

الفصل الثاني : الظواهر الفيزيائية في التقطير الشمسي

17	..... إستقبال الإشعاع	الشكل (1 - 2)
20	..... تحولات الحالة الفيزيائية	الشكل (2 - 2)
21	..... وعاء به ماء سائل تحت التبخير في غياب الحمل الكتلي والحراري	الشكل (3 - 2)
21	..... الطبقة القشيرية للماء السائل	الشكل (4 - 2)
23	..... حركة الارض بالنسبة للشمس	الشكل (5 - 2)
23	..... بيان تغيرات زاوية الميل الشمسي خلال أيام السنة	الشكل (6 - 2)
24	..... زاوية الارتفاع الشمسي و الذروة و السمات الرأسي (معلم سطح أرضي)	الشكل (7 - 2)
25	..... زاوية الساعة الشمسية و دائرة العرض للمنطقة	الشكل (8 - 2)

الفصل الثالث : الدراسة النظرية للمقطر الشمسي البسيط

29	..... رسم تخطيطي للتدفقات الحرارية على المقطر الشمسي	الشكل (1 - 3)
30	..... مخطط يوضح الإشعاعات الحرارية المارة عبر مختلف أجزاء المقطر	الشكل (2 - 3)

الفصل الرابع : الدراسة تجريبية للمقطر الشمسي البسيط أحادي الميل

- 42 صورة توضح عمل المقطرين الشكل (4 - 1)
- 42 رسم تخطيطي يوضح عمل المقطر الشكل (4 - 2)
- 43 منحنيات تغيرات الاشعاع الشمسي بدلالة الزمن الشكل (4 - 3)
- 44 منحنيات تغيرات درجات الحرارة بدلالة الزمن الشكل (4 - 4)
- 45 منحني تغيرات معامل الحمل الحراري بين الماء و الغطاء الزجاجي بدلالة الزمن للمقطر 1 الشكل (4 - 5)
- 46 منحني تغيرات معامل الإنتقال الحراري بالتبخير بين الماء و الغطاء الزجاجي بدلالة الزمن الشكل (4 - 6)
- 47 منحني تغيرات الحرارة بالتبخير بين الماء و الغطاء الزجاجي Qev بدلالة الزمن الشكل (4 - 7)
- 47 منحني كمية الماء المجمعة تجريبيا بدلالة الزمن للمقطرين 1 و 2 الشكل (4 - 8)

فهرس الجداول

الفصل الأول: دراسة بحثية حول الماء

- جدول (1 - 1) المعايير العالمية لمياه الشرب 5
- جدول (2 - 1) تركيز الأملاح الشوارد الكيميائية في مياه منطقة ورقلة 5

الفصل الثالث: الدراسة النظرية في المقطر الشمسي البسيط

- جدول (3 - 1) تصنيف أنواع المواد المستعملة في المقطرات الشمسية 34

الفصل الرابع : الدراسة التجريبية في المقطر الشمسي البسيط أحادي الميل

- جدول (4 - 1) الاجهزة المستعملة في التجربة 40
- جدول (4 - 2) الادوات المستعملة في التجربة 41

قائمة الرموز و الاصطلاحات

الرموز	الاصطلاحات	الوحدة
A	المساحة	m^2
A_g	مساحة الزجاج	m^2
A_w	مساحة الماء	m^2
a	الانتشارية الحرارية	m^2/s
C	التركيز الكتلي	Kg/m^3
C_p	الحرارة النوعية.	$J/(Kg.°C)$
d_s	الكثافة المتوسطة للشمس	Kg/m^3
d_{terre}	الكثافة المتوسطة للأرض	Kg/m^3
d	عرض ظل الأنبوب	m
e_x	سُمك الطبقة القشرية	m
g	تسارع الجاذبية الأرضية	m/s^2
G	التدفق الإشعاعي الشمسي الساقط على السطح الزجاجي	W/m^2
h_x	معامل الانتقال الحراري الموضعي	$W/m^2.K$
h	معامل الحمل الحراري.	$W/m^2.K$
H_w	الحرارة الكامنة للتبخر	J/Kg
K	معامل الانتقال الكتلي.	m/s
L	طول الصفيحة المستوية	m
L	الطول الفعلي للأنبوب	m
M	الانبعاثية الإشعاعية للسطح الباث.	W/m^2
m_a	الكتلة المولية للهواء	g/mol
m_{terre}	كتلة الأرض الظاهرية	Kg
m_s	كتلة الشمس	Kg
\dot{m}	التدفق الكتلي	Kg/m^3
N	عدد الجسيمات	mol
n	عدد المولات	mol
n	عدد الأنابيب في مبخر المقطر	-
P_g	الضغط الجزئي للغاز	Pa
P_v	الضغط الجزئي للبخر	Pa
$P_g(L)$	الضغط الجزئي للغاز عند الارتفاع.	Pa
$P_g(0)$	الضغط الجزئي للغاز عند السطح الحر للماء.	Pa
P_{atm}	الضغط الجوي	Pa
$P_{vap(Sat)}$	الضغط الجزئي للبخر المشبع	Pa
Q	الاستطاعة الحرارية	W
R	ثابت الغازات المثالية	$J/mol.K$

-	رقم رايلي (RAYLEIGH) لانتقال الحرارة بالحمل	Ra
m	القطر المتوسط للشمس	R_s
-	الرطوبة النوعية	r^S
m	نصف قطر دوران المدار الإهليجي.	r
s	الزمن	t
$^{\circ}C$	درجة الحرارة	T
h	الزمن الشمسي الحقيقي	TSV
m/s	السرعة	U
m^3	الحجم	V
الرموز الإغريقية		
-	معامل الامتصاص الإشعاعي	α
-	معامل الانبعاث الإشعاعي للسطح الباث	ε
-	معامل الإمرار الحراري.	τ
$W/m \cdot ^{\circ}C$	التوصيلية الحرارية.	λ
$Pa \cdot s$	اللزوجة التحريكية	μ
Kg/m^3	الكتلة الحجمية	ρ
-	معامل الانعكاس الحراري	ρ
$W/m^2 \cdot K^4$	ثابت ستيفان-بولتزمان	σ
-	الرطوبة النسبية	Ψ'
بالدرجات $^{\circ}$	زاوية السمت الشمسي	Ψ
-	درجة التشبع	Γ
بالدرجات $^{\circ}$	زاوية دائرة العرض	φ
بالدرجات $^{\circ}$	زاوية ميل الشمس	δ
بالدرجات $^{\circ}$	زاوية الساعة الشمسية (الزاوية الزمنية)	ω
بالدرجات $^{\circ}$	زاوية السميت الرأسي	a
بالدرجات $^{\circ}$	زاوية الذروة	θ_z
الدليل السفلي		
-	الوسط الخارجي (المحيط Ambiente)	a
-	الهواء الرطب داخل خلية التقطير	ah
-	حوض الماء المالح (Bassin)	b
-	التبادل الحراري بالحمل بين الغطاء الزجاجي و الهواء	$c, g - a$
-	التبادل الحراري بالحمل بين الماء و الغطاء الزجاجي	$c, w - g$
-	التبادل الحراري بالحمل بين الحوض و الماء	$c, b - w$
-	التبادل الحراري بالحمل بين الأنابيب و الماء	$c, tub - w$
-	التبادل الحراري بالإشعاع بين الغطاء الزجاجي و الهواء	$r, g - a$
-	التبادل الحراري بالإشعاع بين الماء و الغطاء الزجاجي	$r, w - g$
-	المنتشر (diffusion)	$diff$

-	المباشر (direct).	<i>dir</i>
-	الغطاء الزجاجي (giass)	<i>g</i>
-	التبادل الحراري بالتبخير بين الماء و الغطاء الزجاجي	<i>ev, w - g</i>
-	السطح الفعال	<i>eff</i>
-	الضياعات الحرارية عبر الطبقات السفلية (البوليستيران)	<i>loss1</i>
-	الضياعات الحرارية عبر الطبقات الجانبية العوازل الخشبية	<i>loss2</i>
-	سطح الظل	<i>omb</i>
-	أنابيب النحاس	<i>tub</i>
-	شحم السيارات (la grease)	<i>G</i>
-	الكلي (Total)	<i>t</i>
-	الماء (Water).	<i>w</i>

المقدمة

يُعدُّ الماء من أعظم النعم التي منَّ بها الله على عباده إن لم يكن أعظمها على الإطلاق، فالناظر من حوله سيدرك ضرورة الماء وأهميته، ووجوب الحفاظ عليه، فالماء شريان الحياة في المجتمعات وطريق استمرارها، فهو مصدر نماء كل شيء لما له من فوائد عظيمة، وأهمية كبيرة في الحفاظ على نظام الكون ودعم توازنه.

يغطي الماء الأرض بنسبة 71% من سطحها وتمثل المياه البحار والمحيطات أكبر نسبة للماء على الأرض حيث تبلغ حوالي 96.5% وتبلغ نسبة المياه العذبة حوالي 2.5% واغلب هذه الكمية موجودة في الكتل الجليدية في المناطق القطبية في حين 0.3% منها متاحة مباشرة لناس وهذه من معضلات العصر الحالي والجزائر واحدة من بين الدول التي تعاني من ندرة المياه الصالحة للشرب. وللماء خصائص ومميزات كثيرة وكبيرة تجعله في مرتبة عالية ساهمت في زيادة أهميته بين المواد حيث له قابلية التسخين فيتبخر (يتحول إلى الحالة الغازية عند درجة الحرارة 100°C وتحت الضغط الجوي) كما يمكن أن يتجمد (يتحول إلى الحالة الصلبة عند الدرجة الحرارة 0°C وتحت الضغط الجوي) وبسبب خصائصه توصل الإنسان المعاصر إلى استخراج الماء الصالح للشرب بكميات معتبرة من مختلف المياه المالحة لأجل تلبية الطلب العالمي وذلك بتحلية المياه الجوفية أو مياه البحر التي تسمح بإنتاج الماء الصالح للشرب باستعمال الطاقة الكهربائية أو الحرارية، ولكن العالم يحاول الابتعاد عن المحروقات والإتجاه إلى إستغلال الطاقات المتجددة، البديل الذي يفرض نفسه حالياً هو استخدام الطاقة الشمسية تعتبر مصدر جل الطاقات الموجودة: طاقة الرياح، الطاقة المائية والنباتية.

يصل الى سطح الأرض حوالي نصف كمية الطاقة الشمسية، حيث تستقبل الأرض ما يقارب 48% من الاشعاعات الشمسية القادمة اليه على شكل اشعاعات منتشرة 18% ومباشرة 30% بينما 52% منها تنعكس في الفضاء [40].

اللجوء الى منظومة التقطير كحل يطرح لحل مشكلة نقص المياه الصالحة للشرب في المناطق الجافة الصحراوية حيث إنتاج الماء النقي بتقنية التقطير الشمسي لها آفاق كبيرة في الصناعة و الاقتصاد، وذلك لأن الطاقة المستهلكة في الإنتاج هي طاقة حرارية أصلها الإشعاع الشمسي الملتقط من سطوح سوداء، هذه السطوح تسخن عند استقبالها لأشعة الشمس و منه يمكن الاستفادة من الحرارة التي يمكن تحويلها إلى حرارة تبخر للماء المالح، فتبقى الأملاح مترسبة فوق السطح الساخن و ينتج لنا بخار ماء يعرض البخار لسطح بارد فتحدث عملية التقطير.

و هذا ما سنتناوله في هذه المذكرة المقدمة أمامكم بالاستعانة بمقشرين شمسيين بسيطين وحيدى الميل على مستوى وحدة البحث بمخبر الطاقات المتجددة للمناطق الجافة و الصحراوية (LENREZAS) بكلية الرياضيات و علوم المادة بجامعة قاصدي مرباح بورقلة، ذلك لأن منطقة ورقلة تتميز بمقادير جوية خاصة (إشعاع شمسي معتبر، طول مدة التشميس، درجة حرارة الهواء المحيط معتبرة.....).

تحتوي هذه الأطروحة إجمالاً على أربعة فصول:

الفصل الأول نتحدث عن نقص المياه في العالم والجزائر، مع اقتراح بعض الحلول، كما نخرج في هذا الفصل إلى تقنية تصفية المياه المالحة وكذا منظومة التقطير وأنواع المقطرات الشمسية.

الفصل الثاني نذكر الظواهر الفيزيائية التي تتبع عملية التقطير، والتي تعطي بدورها تفسيرات لهذه العملية، ومنها الانتقالات الحرارية، وانتقال الكتلة وغيرها.

الفصل الثالث تطرقنا إلى الدراسة النظرية والتوازنات الحرارية الحادثة في النماذج المقترحة للدراسة، بمعرفة مختلف الانتقالات والتدفقات الحرارية التي تحدث بفعل الإشعاع الشمسي الوارد.

الفصل الرابع فخصص لشرح التركيب التجريبي وذكر الأجهزة المستعملة للقياس والأدوات، في التجربة التي أنجزت على نموذجي المقترين الشاهد و المدروس المقترحين للدراسة مع الرسومات التخطيطية للبيان، ونختم عملنا بملخص عامة حول الموضوع وملحق يليه ملخص عام.

الفصل الاول

دراسة بحثية حول الماء

في هذا الفصل تحدثنا عن اهمية الماء ومختلف التقنيات في تصفية المياه المالحة عن طريق المقطرات الشمسية ومختلف انواعها والمتمثل في :

✓ ازمة المياه في العالم وبعض الحلول المقترحة

✓ التقنيات المستعملة في تحلية المياه

✓ انواع المقطرات الشمسية

✓ التقطير الشمسي

1- دراسة بحثية حول الماء

1-1 المقدمة :

يعد الماء القاعدة الاساسية التي تقوم عليها الحياة فوق سطح الارض، فعلى المياه قامت أولى الحضارات البشرية وحيثما وجد الماء وجدت الحضارة.

نظرا للتزايد الهائل في عدد السكان وارتفاع المستوى المعيشي والتطور الصناعي و الزراعي ادى ذلك لقلّة مصادر المياه في حين اصبح تلوث مياه الشرب في جميع انحاء العالم من الحقائق الخطيرة التي تهدد حياة الانسان.

ونتيجة لقلّة مصادر المياه العذبة في كوكب الأرض برزت مشكلة النقص الحاد للمياه العذبة في الكثير من الدول، لذا اجريت العديد من الدراسات والبحوث في هذا المجال، وكذا البحث عن مصادر جديدة للمياه العذبة على سبيل المثال تحلية المياه المالحة.

1-2 أزمة المياه في العالم:

كل شيء في الأرض يعتمد على المياه، حيث تغطي المياه 70 في المائة من سطحها. وقد ضمنت المياه استمرارية الحياة على كوكب الأرض لأكثر من ثلاثة مليارات سنة.

المياه العذبة التي تشكل جزءاً صغيراً لا يتجاوز 2.5 في المائة من مجموع كمية المياه المتوافرة تشكل مطلباً أساسياً للاستهلاك البشري والإنتاج الزراعي. إلا أن موارد المياه العذبة آخذة بالانخفاض بشكل سريع تبعاً للعديد من العوامل التي تشمل تغير الظروف المناخية والنمو السكاني. الأمر الذي يدق ناقوس الخطر على الصعيد المحلي والوطني والعالمي. مع مرور الزمن وحتى عام 2050، ستزداد الحاجة إلى هذه الموارد المحدودة لتلبية المليارات الإضافية من السكان حيث يستمر التعداد السكاني العالمي بالتزايد ويتوقع أن يرتفع بنسبة 31 في المائة ليرتفع من 7.5 مليار لليوم إلى 9.8 مليار في عام 2050 حسب ماورد في ورقة بيانات التعداد السكاني العالمي الحالية لعام 2017 الصادرة عن المكتب المرجعي حول السكان.

1-3 أزمة المياه في الجزائر :

وتصنف الجزائر ضمن الدول الفقيرة في العالم من حيث الإمكانيات حيث ترتب تحت الحد الأدنى النظري للندرة التي يحددها البنك العالمي بـ $1000 \text{ m}^3/\text{an}$ حيث أن الراتب المائي النظري في الجزائر الذي كان في عام 1962 يقدر بـ $1500 \text{ m}^3/\text{an}$ ، تراجع عام 1999 إلى $500 \text{ m}^3/\text{an}$ [1].

وتزداد حدة مشكلة الماء في الجزائر بسبب الخصائص المناخية التي تتراوح بين الجاف وشبه الجاف على معظم الأراضي الجزائرية، تعاني من تذبذب في معدلات الأمطار موسميا وسنوياً مما يهدد بتناقض الموارد في وقت يزداد فيه الطلب على هذا المورد بفعل النمو الديموغرافي ولتنامي القطاعات المستهلكة كالصناعة والفلاحة والسياحة.

كما أن الجزائر بالنظر لمساحتها الكبيرة تتميز بندرة المياه السطحية التي تنحصر أساساً في جزء من المنحدر الشمالي للسلسلة الجبلية الأطلسية وتقدر الإمكانيات المائية للجزائر بأقل من 20 مليار m^3 ، 75% منها فقط قابلة للتجديد وتشمل الموارد المائية منها المياه الجوفية.

1-4 بعض الحلول المقترحة لحل مشكلة المياه في الجزائر :

لمواجهة أزمة المياه تسعى الجزائر لترشيد استعمال المياه لتلبية حاجيات السكان و الاقتصاد الوطني، خاصة و أن المياه في الجزائر تكتسي طابعاً إستراتيجياً في مسار التنمية الشاملة للبلاد.

و عليه سعت الجزائر إلى حل هذه الأزمة، وذلك باستثمار مشاريع التقطير التي تم بناءها خلال الأربعين سنة الأخيرة بالاعتماد على سياسة تسيير الموارد المائية في الجزائر، فهي تميل إلى إنشاء السدود للتعبئة بأكثر حد ممكن كحل للتغلب على مشكلة نقص المياه، خاصة في المناطق ذات نسبة تساقط الأمطار كافية كالشمال الذي يسوده إقليم البحر الأبيض المتوسط الممطر شتاءاً.

- إنشاء مشاريع لتحلية المياه.
- التقليل من الضياع الناتج من شبكات توزيع المياه واستغلال المياه الجوفية، واستخدام تقنيات السقي قطرة بقطرة في الزراعات التي لا تحتاج إلى المياه كثيراً، كما يجب تشجيع الأبحاث في مجال المياه وخاصة الأبحاث المتعلقة بالشراكة بين عدة دول متوسطية.

1-5 المعايير العالمية لمياه الصالحة لشرب

توضح المعايير العالمية لمياه الصالحة لشرب في الجدول التالي :

جدول (1-1): المعايير العالمية لمياه الشرب (g/L) [3 – 2]

المركب الكيميائي	التركيز (g/L)	المركب الكيميائي	التركيز (g/L)
الألمونيوم	$[NH_4] < 0,5. 10^{-3}$	النترت	$[NO_2^-] < 1. 10^{-4}$
الكلور	$[Cl^-] < 0,2. 10^{-3}$	المنغنيز	$[Mn^{+2}] < 5. 10^{-5}$
الكبريتات	$[SO_4^{2-}] < 0,25. 10^{-3}$	الفسفورات	$[PO_4^{-3}] < 5. 10^{-3}$
الزنك	$[Zn^{+2}] < 5. 10^{-3}$	الألمنيوم	$[Al^{+3}] < 10^{-5}$
النحاس	$[Cu^{+2}] < 1. 10^{-3}$	البوتاسيوم	$[K^+] < 1,2. 10^{-2}$
الحديد	$[Fe^{+3}] < 0,2. 10^{-3}$	الصوديوم	$[Na^+] < 0,15$

1-6 التحليل الفيزيائي والكيميائي للمياه الجوفية بمنطقة ورقلة :

كل الشوارد مقاسة بـ mg/L.

جدول (1-2) : تركيز الأملاح الشوارد الكيميائية في مياه منطقة ورقلة

المجموع	CO ₃ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	K ⁺	HCO ₃ ⁻	قساوة	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	SO ₄ ²⁻
2961	---	38	749	19	103	106	249	107	625	965

تركيز الأملاح في مياه منطقة ورقلة يقدر بـ : 2,961 g/L، و مقدار الحموضة (PH) متوسط يقدر بـ 6.8 وأيضاً تقاس القساوة للماء بحساب مجمع تراكيز كل من شوارد الصوديوم و البوتاسيوم [4] .

1-7 تحلية المياه :

لحل أزمة نقص المياه العذبة نلجأ الى توفيرها وذلك بتحلية المياه المالحة والتي هي عبارة عن سلسلة من العمليات الصناعية تجرى لإزالة كل او جزء من الاملاح الزائدة و المعادن من المياه باستعمال طرق متعددة بعضها معروفة منذ القدم وبعضها حديثة و الطريقة الاكثر شيوعا و التي ضلت مستخدمة طيلة هذه القرون هي تبخير المياه وتكثيفها على اسطح باردة.

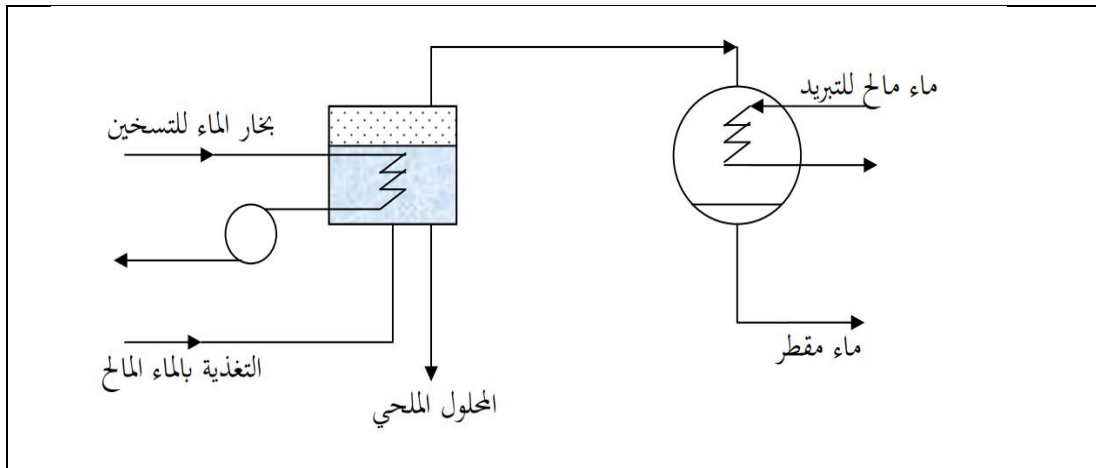
1-8 مختلف الاساليب التقنية المستعملة في تصفية المياه:**1-8-1 التحلية بالتقطير (Procédées de distillation):**

طريقة التقطير تعتمد أساسا على التغير في حالة المادة، حيث تتم العملية برفع درجة حرارة المياه المالحة إلى درجة التبخر و تكوين بخار الماء الذي يتم تكثيفه للحصول على ماء مقطر، و عادة تحتاج الطريقة إلى وحدتي مبدلات حرارية، أحدهما لتبخير الماء و الآخر لتكثيفه.

1-8-2 التقطير البسيط (La distillation à Effet Simple) :

يتم في هذه الطريقة تبخير الماء المالح في خزان ماء بدون ضغط و لأجل التسخين نستعين بمبادل حراري يسري به بخار الماء، فيصعد بخار الماء إلى أعلى الخزان و يخرج عبر مسار موصل إلى المكثف، فيتكثف هذا البخار إلى قطرات ماء خالية من الأملاح ثم يجمع في خزان للماء المقطر كما هو موضح في الشكل

[5] (1 - 1)

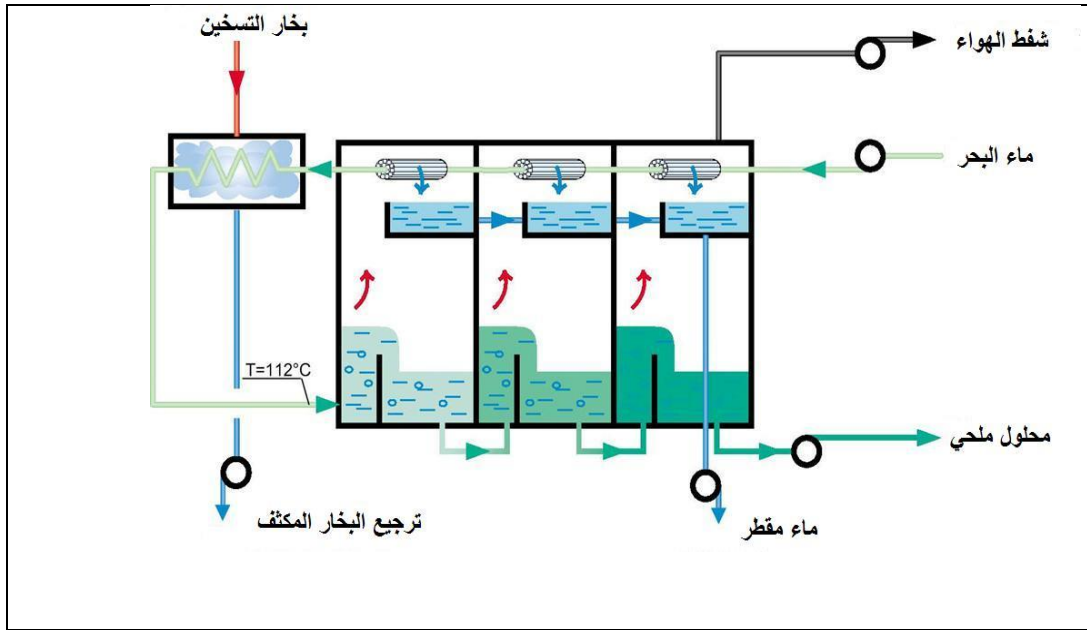


الشكل (1-1): التقطير البسيط (العادي)

1-8-3 التقطير بالتبخير الومضي متعدد المراحل (La distillation Flash multi - effet)

تم اكتشاف وحدة التبخير الومضي متعددة المراحل في فرنسا من طرف العالم (R . S. Silver) عام 1950، حيث تتكون هذه الطريقة من مجموعة من الطوابق، وهي أولى الطرق المستعملة في التحلية من اجل استرجاع الحرارة الضائعة في المكثف، وتمتاز هذه العملية بإمكانية رفع درجة الحرارة القصوى الى (120°C) ، وفي هذه الطريقة (الشكل (1 - 2)) تمر مياه البحر بعد تسخينها إلى غرف متتالية ذات

ضغط منخفض فتتحول المياه إلى بخار يتم تكثيفه على أسطح باردة، و يجمع و يعالج بكميات صالحة للشرب، و تستخدم هذه الطريقة في محطات ذات الطاقة الإنتاجية الكبيرة [5 – 7].

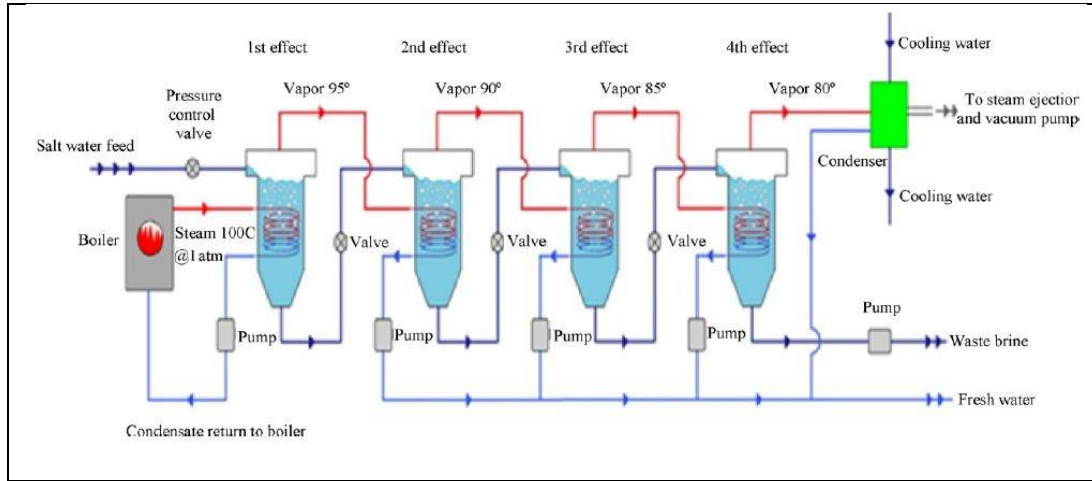


الشكل (1-2): التقطير بالتبخير الومضي متعدد المراحل

1-8-4 التقطير بالتبخير متعدد التأثير (La distillation multi-effet) :

تستخدم لإنتاج الماء بالتقطير (التبخير و التكثيف) مثل الطرق الحرارية الأخرى لكنها تستخدم عملية الغليان لتبخير الماء المالح، أي أن عملية تكوين البخار تتولد على أسطح التسخين كما هو مبين في الشكل (1- 3)، ولأن عملية الغليان تتسبب في تبخر الماء العذب فيتبعها ترك الرواسب الملحية على أسطح التسخين، لذا فإن أقصى درجة حرارة للماء المالح على أسطح التسخين للوحدة محددة بحوالي (70 °C).

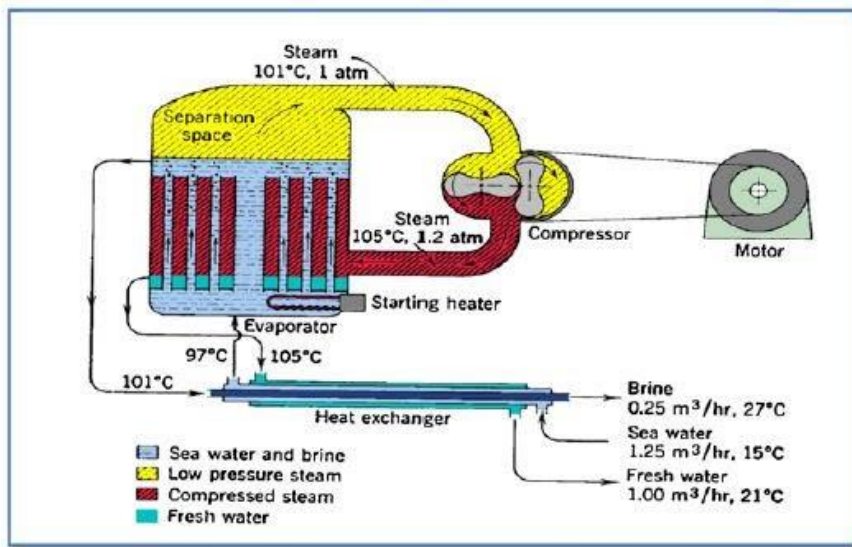
وتمتاز هذه العملية بارتفاع معدل الأداء فكل كمية بخار يتم إنتاجها في أي مرحلة (تأثير- effet) يمكنها أن تكون مصدرا للحرارة لإنتاج كمية أخرى من البخار لمرحلة أخرى تالية وهكذا، لذا كلما زاد عدد المراحل (التأثيرات) لهذه التكنولوجيا كلما زاد معدل أداء الوحدة، وكذلك زيادة إنتاجيتها، وقد استعمل هذا المبدأ أول مرة في اوائل القرن 19 ميلادي [5 – 7].



الشكل (1 - 3): التقطير بالتبخير متعدد التأثير

1-8-5 التقطير بضغط البخار (- CV - Compression de vapeur) :

تعتبر هذه الطريقة إحدى الطرق المستخدمة للوحدات المتوسطة نسبياً لإنتاج الماء (5000 m³/jour) ، وقد استخدمت هذه التكنولوجيا في أوروبا عام 1910 و اليابان عام 1920، و فيها يتم الاستفادة من حرارة البخار في المراحل الأخرى (التقطير متعددة التأثير و التبخير الومضي (MSF)) كمصدر بخار خارجي للتسخين بعد ضغطه مصدراً أساسياً للحرارة الشكل (1 - 4)، وفي هذه الطريقة يمكن الحصول على اقتصادية عالية للطاقة، ولكن من الضروري الحصول على الطاقة الميكانيكية باستخدام ضاغط [9- 12]



الشكل (1 - 4): التقطير بضغط البخار

1-8-6 تقنية فصل الماء عن الأملاح الذائبة بالأغشية (Procèdes à Membranes) :

هذه التقنية تعتمد على أغشية شبه نفاذة تستعمل من أجل فصل الملح عن الماء، و تتم عملية الفصل تحت درجة حرارة الجو العادية (بدون تسخين) مع استهلاك لكمية من الطاقة الكهربائية، ويوجد أسلوبين في هذه التقنية (الأسموز العكسي والأسموز الكهربائي) [9] و لمعرفة مبدأ هذه التقنية بعرف اولا ظاهرة الأسموز الطبيعية :

الأسموز : تتم ظاهرة الأسموز عند وجود محلولين سائلين مختلفين في تركيز المادة المذابة فيهما، فينتقل المحلول من الوسط الأقل تركيز إلى الوسط الأكثر تركيز بوجود غشاء.

1-8-7 الأسموز العكسي (التناضح العكسي L'osmose inverse) :

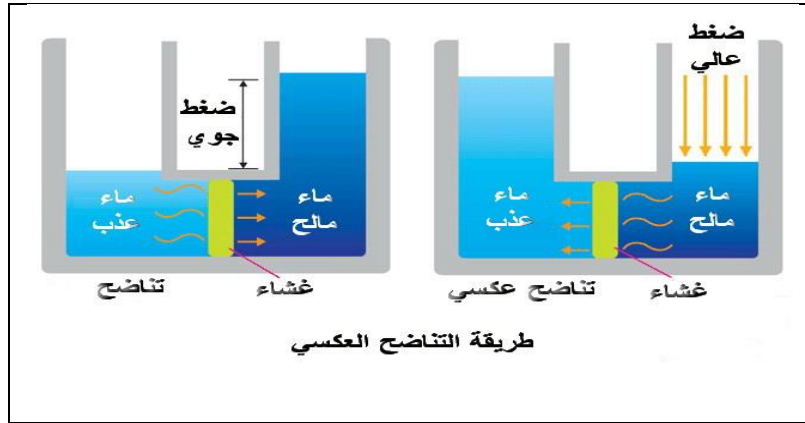
تعرف عملية التناضح العكسي بأنها عملية الانتقال العكسي للماء العذب من المحلول الأكثر تركيزا إلى المحلول الأقل تركيزا مبيّن في الشكل (1 - 5).

تعتبر هذه العملية حديثة مقارنة بعملية التقطير و الأسموز الكهربائي، حيث اكتشفها سنة 1960 العالمين لوب سوريراجان (Loeh et Sourirajian) ، كما أن العلاقة المستهلكة تتراوح ما بين (4-8 KWh/m²) من الماء المنتج، أما إنتاجيتها تقارب (1m³/m².jour) [5 , 10-11].

. عمل الأغشية :

الأغشية هي عبارة عن مواد طبيعية أو صناعية شبه نفوذة ، و تكون أغشية التناضح العكسي من مواد خاصة (مثل أسينات السليلوز، أو البولي أميد) إما على شكل شعيرات (خيوط) مجوفة ملفوفة على شكل حرف (u) ، أو على شكل ألواح حلزونية ملفوفة.

تعمل الأغشية بما يسمى بنظرية السريان بالامتصاص الانتقائي (بالخاصية الشعرية)، للغشاء قدرة تعمل على فصل الأملاح قطر مسامه من 1 إلى 15 أنقشتروم هي أقل بكثير من المرشحات الدقيقة (micro filtration) [12 - 13].



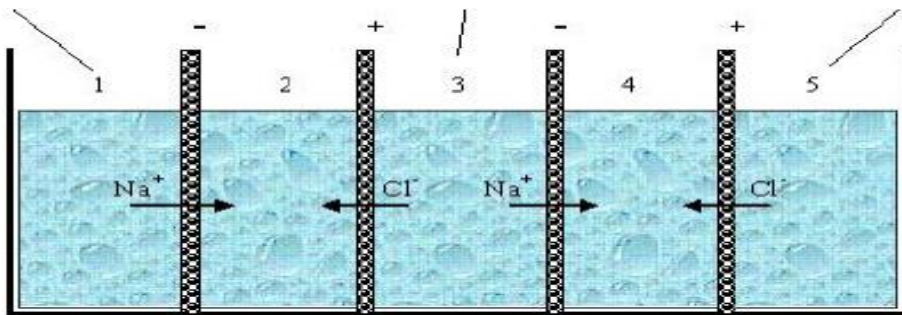
الشكل (5-1): تقنية التفاضح العكسي

1-8-8 الأسموز الكهربائي (التفاضح الكهربائي Electro dialyse)

هي عملية فصل الأملاح عن الماء كهربائياً، بحيث أن الشوارد (الموجبة أو السالبة) تنجذب نحو القطب الكهربائي حسب ما تحمله من شحنة كهربائية (تتجه نحو الأقطاب الكهربائية المعاكسة لشحنتها)، وذلك عند إمرار تيار كهربائي في المحلول الملحي، وهذه التقنية ظهرت قبل تقنية الأسموز العكسي بعشر سنوات أي منذ الستينيات [10,7].

وليتيم فصل الأملاح من المياه المالحة (مثلا : محلول ملح الطعام (Na^+, Cl^-)) فإنه توضع مجموعة من الأغشية التي تسمح بمرور شوارد من نوع واحد فقط، و توضع عادة الأغشية بين القطبين الكهربائيين بطريقة متعاقبة، أي غشاء لانتقاء الموارد الموجبة ثم غشاء آخر لانتقاء الشوارد السالبة مع وضع لوح فاصل بين كل غشائين يسمح بانسياب الماء بينهما، وعند إمرار تيار كهربائي ينشأ تيار لهجرة الشوارد السالبة إلى القطب الموجب و الموجبة إلى القطب السالب ومنه انتقال الشوارد عبر الأغشية، وبعدها يجمع الماء العذب من جانب و يخرج المحلول المركز من جانب آخر، كما هو موضح في الشكل (1 - 6)

[13 , 5]



الشكل (6-1): تقنية الأسموز الأيوني (الأسموز الكهربائي) لفصل ملح $NaCl$

1-9 التقطير الشمسي (Distillation solaire) :

1-9-1 لمحة تاريخية عن التقطير الشمسي :

عرف الإنسان منذ القدم أن للشمس طاقة هائلة، وحاول إيجاد أساليب لاستغلالها بشكل جيد، فأول نقطة اكتشفت في مجال الطاقة الشمسية باختراع العالم Archimède مادة الزجاج لما لديها من خواص، بحيث من الممكن تصنيع عدسات و مرايا تساهم في استغلال هذه الأشعة.

وخلال القرن 18 اخترعت اللواقط الشمسية لأهداف علمية من طرف العالم الفيزيائي (Saussure) ، وكان أول استخدام الطاقة الشمس في التقطير سنة 1872 من طرف المهندس السويدي (Carlos Wilson) في شمال الشيلي (chili) في صحراء (Lassolinas).

وذلك على شكل أحواض مغطاة بالزجاج، قاعدها سوداء تستعمل كماص (Absorbant) للأشعة ويوضع في هذا الحوض الساخن ماء على سمك رقيق ، فيعمل السطح الأسود عمل المبخر.

يتكاثف البخار المتصاعد مباشرة على السطح الداخلي للزجاج المائل بزواوية معينة و ذو درجة حرارة أقل من الصفيحة الماصة السوداء نسبيا، ويتجمع في قناة خاصة بالماء المقطر.

وينتج هذا المقطر أكثر من 23 m^2 من الماء الصالح للشرب في اليوم [14 – 15].

1-9-2 التقطير الشمسي باستخدام الطاقة الشمسية :

على الرغم من أن معظم الطرق التقليدية للتقطير تستهلك الطاقة المستمدة من الوقود و الكهرباء لعملها، في حين أن الطاقة الشمسية يمكن أن تستغل في أجهزة التقطير لأنها أقل تكلفة، ويعتمد هذا النظام على الاستفادة من الطاقة الشمسية في تسخين المياه المالحة.

من محاسن هذا النظام هو نظام بسيط ومعظم القوى العاملة و المواد المستخدمة في وحداته محلية [16].

1-9-3 مختلف أنواع المقطرات الشمسية

بالرغم من أن لها نفس مبدأ العمل ، لكن توجد عدة أنواع من هذه القطرات الشمسية .

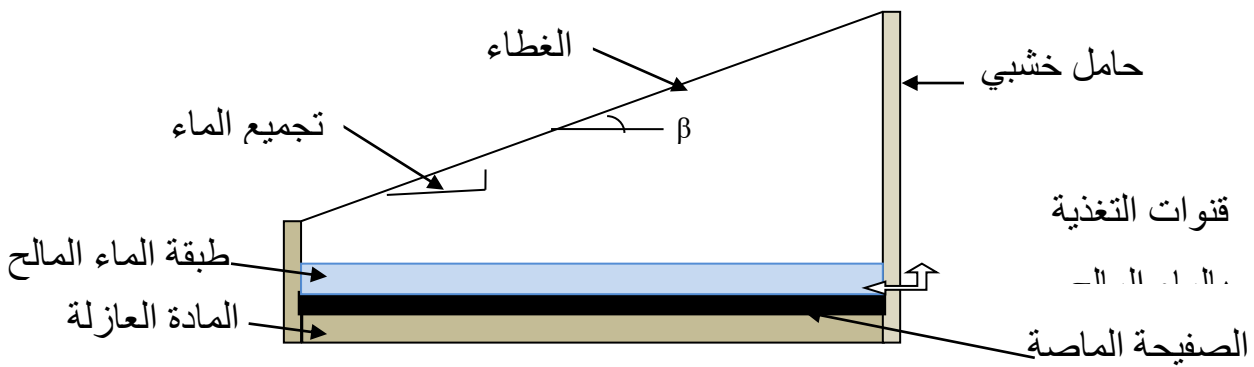
1-3-9-1 المقطرات البسيطة (distilleur a simple effet) :

وهو المقطر الأكثر استعمالا، وهو عبارة عن حوض مملوء بالماء المالح قاعدته ذات لون اسود لالتقاط أكبر كمية من الإشعاع الشمسي، ومغطى بغطاء من الزجاج مائلا بزواوية معينة ليتكاثف البخار على جزئه الداخلي.

وعلى الرغم من سهولة تركيب وصيانة هذه المقطرات وثمانها المنخفض نوعا ما، إلا أن إنتاجها للماء الصالح للشرب ضعيف جدا فهو من درجة (2.5 - 3L/m².jour) بسبب انخفاض فعاليته، وتوجد عدة نماذج لهذا النوع وهي [17 - 18]:

A. المقطرات ذات الميل الواحد (Distillateur à pente unique) :

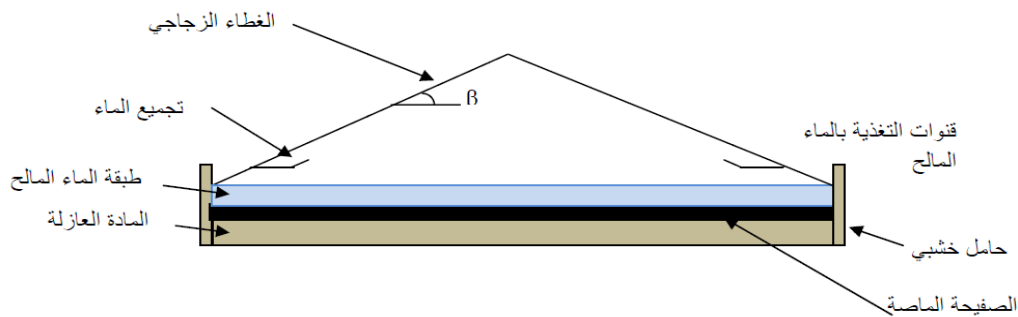
هو مقطر بسيط تقام عليه كثيرا من التجارب من قبل الباحثين، وذلك لسهولة الفك والتركيب والصيانة، وهو مقطر بسطح زجاجي واحد مائل بزاوية (β)، وبالإمكان وصف هذا المقطر في الشكل (1 - 7) [21,19, 9].



الشكل (1-7): مقطر بسيط بيل واحد

B. المقطرات ذات ميلين (Distillateur a double pentes):

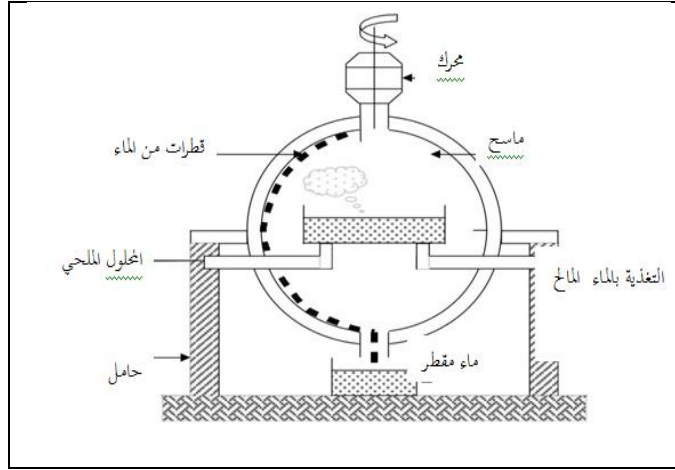
يختلف عن النوع البسيط ذو الميل الواحد بوجود سطحين زجاجيين كلا منهما يميل بزاوية (β)، لزيادة مساحة النقاط الإشعاع وكذا عملية التكثيف، بحيث يوجه إحدهما للشمس والأخر للظل لتسريع عملية التكثيف، الشكل (1 - 8) [21 - 20] .



الشكل (1-8): المقطر البسيط بميلين.

2-3-9-1 المقطر الشمسي الكروي بماسح (distillateur spherique a balayage) :

هو عبارة عن كرة زجاجية في وسطها حوض أسود دائري أفقي يعمل كماص للإشعاع الحراري يوضع فيه الماء المالح ليتبخر ثم يتكاثف هذا البخار على السطح الداخلي للزجاج ثم يجمع أسفل الكرة الزجاجية. ولجعل الزجاج شفاف يستعمل في السطح الداخلي ماسح يدور بواسطة محرك كهربائي في أعلى المقطر، و أول من اقترح هذا النوع من المقطرات هو Pr . Menguy بجامعة لندن، الشكل (9 - 1) [23, 22].



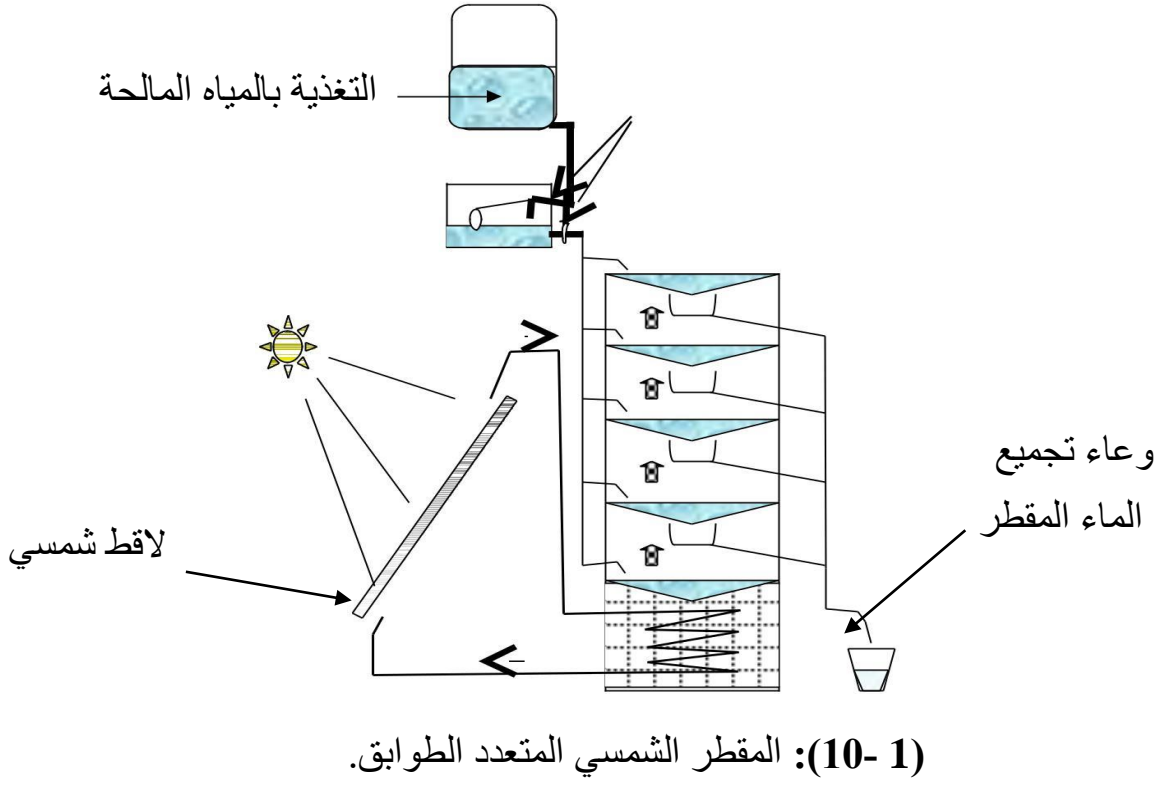
الشكل (9-1): مقطر كروي بماسح

3-3-9-1 المقطرات المتعددة (Distillateurs a multiples effets) :

تحتوي المقطرات المتعددة على عدة مبخرات ومنها المقطر الشمسي المتعدد الطوابق حيث يعمل هذا النموذج من المقطرات بالاستعمال الغير المباشر لأشعة الشمس، بحيث يتم تسخين مائع حراري في لاقط شمسي ثم ينقل إلى مبدل حراري، لتنتقل الحرارة لحوض به ماء مالح، يتبخر الماء ليتكاثف على السطح السفلي لحوض ثان (موجود في الأعلى) به ماء مالح كذلك لثم بذلك عملية استرجاع الحرارة الناتجة من تكاثف البخار في الطابق (N) لتسخين الماء المالح في الطابق (N+1)

من الممكن استعمال لاقط شمسي قطع مكافئ أسطواني ، حيث يمر المائع الحراري في أنبوب أسود (من النحاس أو من الفولاذ)، هذا الأنبوب مثبت على طول محرق القطع المكافئ، ومن الممكن كذلك

جعله على شكل قطع مكافئ دائري، الشكل (1 - 10) [23, 22]:



الفصل الثاني

الظواهر الفيزيائية في التقطير الشمسي

في هذا الفصل على مختلف العلاقات النظرية الخاصة بالظواهر الفيزيائية الداخلة في عملية التقطير و المتمثلة في:

- ✓ انتقال الحرارة
- ✓ انتقال الكتلة
- ✓ انتقال كمية الحركة
- ✓ تغير الطور
- ✓ ظاهرتا التبخير و التكثيف
- ✓ الإشعاع الشمسي
- ✓ نظريات الهواء الرطب

2-الظواهر الفيزيائية في التقطير الشمسي

1-2المقدمة:

تعطي الدراسة النظرية العلاقة بين المقادير الفيزيائية الداخلة في عملية التقطير الشمسي، كما تعطي هذه الدراسة تفسيرات لما يحدث بين الظواهر الفيزيائية المرتبطة مع بعضها البعض. من بين المقادير الفيزيائية نجد انتقال الحرارة (بالتوصيل و بالحمل و بالإشعاع)، انتقال الكتلة (بالانتشار الجزيئي و بالحمل الكتلي)، انتقال الحركة (نمط رقائقي و اضطرابي)، و تحول طور المادة (السائل، الصلب، و الغازي)، بالإضافة إلى نظريات الهواء الرطب و الإشعاع الشمسي.

2-2 الظواهر الفيزيائية الأساسية في المقطر الشمسي:

الانتقالات الحرارية هي إحدى الطرق الأكثر تبادلًا للطاقة الحرارية، فهذا التبادل يحدث بين نظامين مفصولين في درجتين حرارتين مختلفتين و هذا مهما كان الوسط (حتى في الفراغ). نجد عملية الانتقالات الحرارية بصورة كبيرة و بدور أساسي خاصة في العلوم النظرية التي تدخل في التطبيقات التكنولوجية، وهي كذلك أصل التقنيات المستعملة (المبدلات، المحركات الحرارية، تجهيز محافظ الحرارة (calorifugeage)، استعمالات الطاقة الشمسية. . . .) [24 , 21].

1-2-2 انتقال الحرارة :

• بصورة مبسطة تعتبر الحرارة شكل من أشكال الطاقة، و هي تقاس بالجول (j) و بالحريرة (1Cal= 4.1855 J)، و هي الحرارة اللازمة لرفع درجة 1g من الماء بـ : 1°C). تعرف الحرارة بأنها الطاقة الناتجة بفعل الطاقة الحركية للجسيمات المركبة الوسط المادي او جزيئات او ذرات)، و تتبادل هذه الجسيمات الطاقة الحرارية أي تفقد أو تكتسب الطاقة الحركية (زيادة أو نقصان لكل من السرعة أو الكتلة) حسب المعادلة التالية [24 , 21]:

$$(1 - 2) \quad \frac{3}{2} N \cdot K T = \sum_{I=1}^N \frac{m U_I^2}{2}$$

حيث N عدد الجسيمات U_I سرعة الجسيم I .

2-2-2 أشكال انتقال الحرارة

1-2-2-2 التوصيل الحراري (الانتشار الحراري) :

هو انتقال للحرارة في وسط غير متحرك (الوسط الصلب) دون انزياح للمادة تحت تأثير الاختلاف في درجة الحرارة ، أما في الموائع فحركة الجسيمات ماكروسكوبية (عيانية) ، لذلك التوصيل يكون ضعيفا ، حيث كمية الحرارة المنقولة لوحدة الزمن تعطى بقانون فورية الأول (loi de Fourier 1) في الانتشار الحراري [21 , 24] :

$$(2 - 2) \quad \frac{dq}{dt} = -\lambda \cdot A \frac{dT}{dx} \quad (W)$$

المعامل λ : خاصية مميزة لمادة الوسط ، يسمى التوصيلية الحرارية (conductivité thermique) و تقاس بـ : $[\lambda]=W/m \cdot ^\circ C$
A: يمثل مساحة سطح التبادل.

2-2-2-2 الحمل الحراري :

هو انتقال الحرارة مباشرة بالحركة الماكروسكوبية (العيانية) للمائع ، اذا يسمى بالمائع الحامل للحرارة (fluide caloporteur ، و الحمل هو شكل من أشكال الانتقال جد سريعة بالمقارنة بالتوصيل، بحيث ينتقل تيار حراري $\frac{dq}{dt}$ قيمته حسب قانون نيوتن [21 , 24] :

$$(3 - 2) \quad \frac{dq}{dt} = h \cdot A(T_\infty - T_S) \quad (W)$$

حيث h معامل الانتقال السطحي أو معامل الحمل الحراري

3-2-2-2 الإشعاع الحراري:

هو انتقال للطاقة على شكل إشعاعات ذات الطبيعة الكهرومغناطيسية بين سطحين (ينبعث الإشعاع الكهرومغناطيسي نتيجة لدرجة حرارة السطح و يكون محصور في المجال (0.1-100 μm) أين يوجد الطيف المرئي) سطح ماص و سطح باعث لهذه الإشعاعات . بعكس ما يحدث في التوصيل و الحمل ، الإشعاعات الكهرومغناطيسية تنتشر بدون وجود وسط مادي ناقل للحرارة ، فهي تنتشر حتى في الفراغ المثالي [21 , 24] :

❖ قانون ستيفان بولتزمان :

هذا القانون يعطي الإنبعاثية الكلية M° للجسم الأسود في الفراغ بدلالة درجة الحرارة T المطلقة (مقاس ب: k)، إذن يعبر قانون ستيفان - بولتزمان عن التدفق الحراري المنبث من السطح البات حيث

[24 , 21]:

$$M^\circ = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4 \quad (W/m^2) \quad (2 - 4)$$

بحيث: M الانبعاثية الاشعاعية للسطح البات ($[M]_{SI} = (W/m^2)$).

ε : معامل الانبعاث الاشعاعي للسطح البات (بدون وحدة).

σ : ثابت ستيفان - بولتزمان ($\sigma = 5.669 \cdot 10^{-8} (W/m^2 \cdot k^4)$).

استقبال الجسم للاشعاع (الانعكاس - الامتصاص - الامرار)

عند استقبال جسم للاشعاع، فان الاستطاعة الواردة له Q_{inc} تتوزع على ثلاث اجزاء: الشكل الاول (1-2)

(1) جزء يمر عبر الجسم Q_{tra} ، ومعامل الامرار:

$$\tau = \frac{Q_{tra}}{Q_{inc}}$$

(2) جزء يمتص عبر الجسم Q_{abc} ، ومعامل الامتصاص:

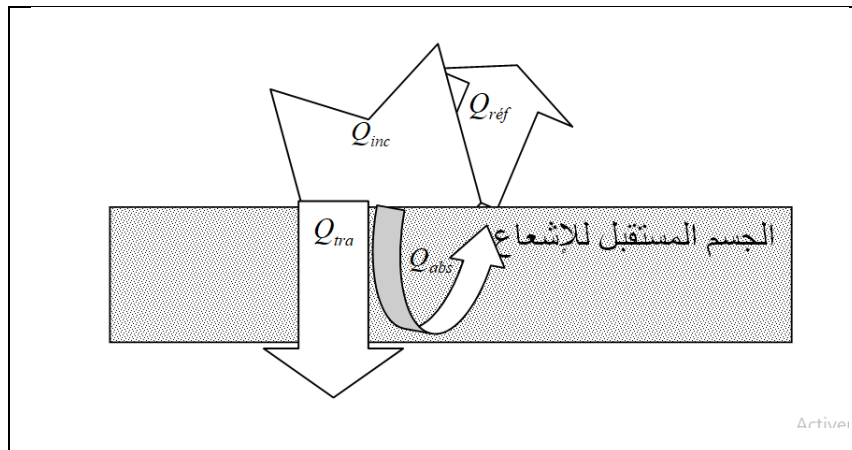
$$\alpha = \frac{Q_{abc}}{Q_{inc}}$$

جزء ينعكس عبر الجسم $Q_{réf}$ ، ومعامل الانعكاس

$$\rho = \frac{Q_{réf}}{Q_{inc}}$$

العلاقة بين المعاملات: التوازن الحراري $Q_{inc} = Q_{tra} + Q_{abs} + Q_{réf}$

$$\tau + \rho + \alpha = 1 \quad \text{معناه}$$



الشكل (2-1): إستقبال الإشعاع

3-2-2 إنتقال الكتلة :

في التقطير نستعمل نظريات انتقال الكتلة بصورة مباشرة، ونعني مفهوم انتقال الكتلة هو كل الإجراءات التي يكون فيها فرق في التركيز (كتلي أو مولي) للمواد الموجودة في وسط مادي، ونتيجة الانتشار الجزيئي أو الجمل لهذه المواد إلى غاية تساوي التركيز بين النقاط المعتبرة لظاهرة الانتقال، وعادة ما يرافق هذا الانتقال انتقالا للحرارة. و من أهم الظواهر الموجودة في المقطر بحد التبخير والتكثيف، الناجحين من تغير طور الماء بين البخار والسائل والحركة المصاحبة التغير التركيز، لذلك سنركز على ذوبان بخار الماء في الهواء الجاف على مستوى خلايا التقطير شمسي، و المبدأ واحد في كل أنواع المقطرات. [25 – 26]

2-3-2 أشكال انتقال الكتلة:

❖ الانتشار الجزيئي :

انتقال الكتلة بالانتشار الجزيئي هو تشابه مباشر لانتقال الحرارة بالتوصيل أو انتقال كمية الحركة في السريان الرقائقي. والانتشار الجزيئي يتم في مائع بحركة منتظمة في سريان رقائقي. [25 – 26]

✓ قانون " فيك " الأول (1^{er}loi de Fick) للانتشار الجزيئي :

معادلة الانتقال الوحيدة البعد لانتقال الكتلة بالانتشار الجزيئي هي تشابه مباشر لمعادلة انتقال الحرارة بالتوصيل في قانون "فوريه" الأول، وينص قانون "فيك" الأول على ما يلي :

التدرج في التركيز (كتلي C أو مولي C_{mol}) لمادة ذائبة بين نقطتين من الوسط المذيب يؤدي إلى انتقالها من النقطة الأكثر تركيز إلى النقطة الأقل تركيز (عكس اتجاه تدرج التركيز)، و نعتبر المسافة الفاصلة بين النقطتين dx ومساحة سطح التبادل هي A نكتب معادلة القانون على الشكل التالي [25 – 26]:

$$(5 - 2) \quad \frac{dm}{dt} = -D_c \cdot A \cdot \frac{dc}{dx} \quad (\text{kg/s})$$

بحيث المعامل D_c خاصية تسمى الانتشارية الكتلية الموافقة للتركيز الكتلي C وحدها :

$$[D_c]_{SI} = m^2/s$$

✓ قانون " فيك " الثاني (*2^{ème} loi de Fick*) للانتشار الجزيئي (الشرح):

نفس الخطوات التي تمت في إنشاء معادلة القانون الثاني لـ "فورييه" في التوصيل الحراري مع استبدال درجة الحرارة T بالتركيز الكتلي (أو التركيز المولي C_{mol} أو الضغط P_a) ، و ينتج

$$(6 - 2) \quad \frac{\partial c}{\partial t} = D_c \frac{\partial^2 c}{\partial x^2}$$

$$(7 - 2) \quad \frac{\partial P_g}{\partial t} = D_{P_g} \frac{\partial^2 P_g}{\partial x^2}$$

$$(8 - 2) \quad \frac{\partial C_{mol}}{\partial t} = D_{c(mol)} \frac{\partial^2 C_{mol}}{\partial x^2}$$

المعادلة في شكلها الأول وفي الحالة العامة:

الانتشارية D_c غير ثابتة والتركيز الكتلي مرتبط بالموضع ($x ; y ; z$)

$$(9 - 2) \quad \frac{\partial c}{\partial t} + \text{div} (C\vec{U}) - \text{div} (D_c \cdot \overrightarrow{\text{grad}} (C)) = 0$$

❖ الحمل الكتلي :

في الانتقال الكتلي بالحمل ، نقل الكتلة (أو كمية المادة مباشرة بالحركة المايكروسكوبية (العيانية) للمائع المذاب . والحمل هو شكل من أشكال الانتقال السريع بالمقارنة بالانتشار الجزيئي. وعند ترك المائع المذاب يتحرك لوحده أو بفعل التيار الكتلي الناتج من زيادة ذوبان المادة ، نسمي هذا النوع بالحمل الكتلي الطبيعي (الحر)، لكن عند التأثير على المائع بقوة ستعطيه عملا ميكانيكيا (مروحة - رج- ضخ ...) نسمي الحمل

بالحمل الكتلي القسري [25 - 26] .

✓ معادلة الحمل الكتلي:

نعتبر مائع ذائب في وسط مذيب (مائع) ذو تركيز كتلي C_∞ في تماس مع سطح جسم صلب ، مساحته A والتركيز الكتلي للمائع المذاب بجواره C_s ، سيحدث بين المائع المذيب والسطح الصلب تبادل كتلي للمائع

المذاب (مجم أو إدمصاص)¹ ، وينتقل تيار $\frac{dm}{dt}$ كتلي قيمته حسب قانون الحمل الكتلي [25 - 26] :

$$(10 - 2) \quad \frac{dm}{dt} = k \cdot A (C_\infty - C_s)$$

¹ الإدمصاص(adsorption): امتصاص سطح صلب لمائع . المخرج (désorption): عملية عكسية للإدمصاص.

بحيث K معامل الانتقال الكتلي السطحي أو معامل الحمل الكتلي

✓ حساب معامل الحمل الكتلي:

يوجد كثير من العلاقات التجريبية التي تعطي قيمة لهذا المعامل ، فالتحليل البعدي يعمم ويقارن بين النتائج التجريبية المحصل عليها في شروط خاصة. وتلك العلاقات تأخذ بدلالة أرقام بدون بعد (بدون وحدة قياس) وهي ناتجة من التحليل البعدي، والعلاقة التي تربط بين الأرقام اللابعدية هي [25 – 26]:

$$sh = f(Gr, Sc) ، sh = f(Re, Sc)$$

(أنظر الملحق الأول).

2-2-4 انتقال كمية الحركة :

1-4-2-2 تعريف انتقال كمية الحركة:

بعكس الكتلة التي تعرف بأنها كمية المادة المصاحبة لجسم ما ، وهي ذات قيمة ثابتة في السكون (أو حتى السرعة الصغيرة أمام سرعة الضوء)، فكمية الحركة هي مقدار فيزيائي ديناميكي ، يجمع بين كتلة وسرعة الجسم المتحرك ، وتتغير بتغير الكتلة و السرعة (تناسب طردي) ، وهي جداء الكتلة m والسرعة U : تقاس

بـ [28-27] $\vec{P} =$ (11 - 2)

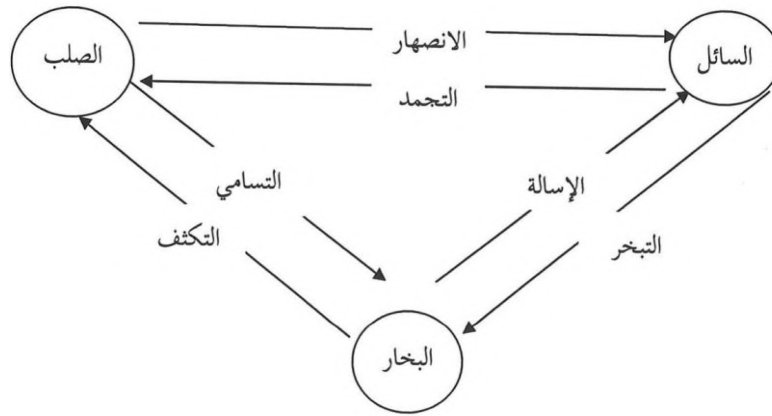
$$m \cdot \vec{U} \quad \left(kg \cdot \frac{m}{s} \right)$$

وكمية الحركة مقدار متجه (شعاعي) له نفس اتجاه السرعة.

2-3 تغير طور المادة:

2-3-1 تعريفات ومفاهيم فيزيائية:

الطور (أو الحالة الفيزيائية) : تعريف الحالة هي كل جزء من جملة متجانس ومنفصل عن بقية الأجزاء بسطوح معلومة الحدود. والتعريف الفيزيائي يحدد عدد الحالات الفيزيائية للمادة بثلاثة، حالة صلبة وسائلة وغازية، والتحول بين هذه الحالات الثلاثة موضح في الشكل (2-2) [27 – 28].



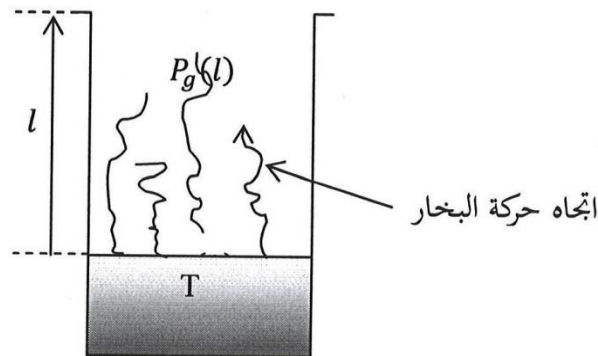
الشكل (2-2): تحولات الحالة الفيزيائية

4-2 الظواهر الفيزيائية :

1-4-2. ظاهرة التبخر

نعتبر حدوث ظاهرة التبخر بوجود الجمل الكتلي بجوار سطح ماء ، نسخن الماء فيحدث له تبخر (تغير في الطور من سائل إلى بخار) فوق السطح مباشرة، ثم ينتقل البخار إلى الأعلى بفعل الاختلاف في الضغط (وعموماً نقول التركيز) في حركة بطيئة أو سريعة حسب نوعية التسخين. و هي ظاهرة فيزيائية معقدة تحوي ظاهرتين أساسيتين ، الأولى حرارية و هي عملية التبخر، والثانية ميكانيكية و تتمثل في ظاهرة الغليان، و تحتاج عملية التبخر لسائل يلامس سطح صلب ساخن له درجة حرارة أكبر من درجة حرارة السائل. ومنه ينقسم التبخر (évaporations) إلى عمليتين متزامنتين و هما [29] :

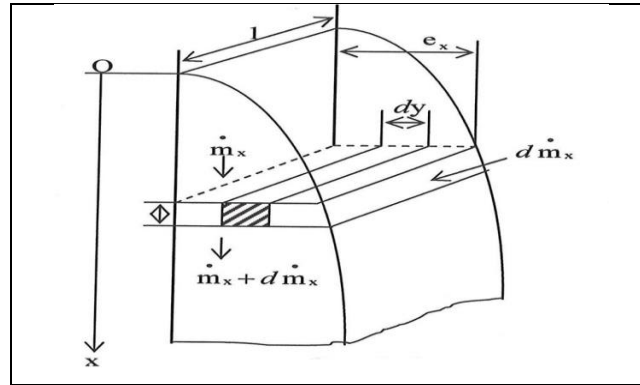
- (1) العملية الأولى (حرارية) : و هي ظاهرة التبخر (vaporisation). حيث يتحول السائل إلى بخار
- (2) العملية الثانية (ديناميكية) : و هي ظاهرة الغليان (ébullition) . حيث تتشكل فقاعات من البخار داخل وسط السائل.



الشكل (2- 3) : وعاء به ماء سائل تحت التبخر في غياب الحمل الكتلي والحراري.

2-4-2 ظاهرة التكثيف :

و هي ظاهرة فيزيائية معاكسة لظاهرة التبخير ، و هي تنقسم إلى عمليتين : الأولى حرارية و هي عملية الإسالة ، و الثانية ميكانيكية و تتمثل في ظاهرة التقطير ، و تحتاج عملية التكثيف لسطح صلب بارد له درجة حرارة أقل من درجة حرارة البخار [29].



الشكل (2 - 4): الطبقة القشرية للماء السائل

2-5 الإشعاع الشمسي :

2-5-1 الشمس : الشمس هي نجم كروي الشكل، مادته من البلازما (مادة متأينة كليا) له ضغط يتناقص من المركز إلى السطح الخارجي، وفي السطح يتفاعل الهيليوم تفاعلا حرارو- نووي (He أو جسيمات α)، وينتج عنه طاقة معظمها إشعاع كهرومغناطيسي، تتوزع وتنتشر في مجال كبير لطول الموجات $\lambda \in [10^{-10}, 10^4]m$ ، والطاقة المُشعَّة حوالي $Q_s = 3,8 \cdot 10^{26}W$ ، وهي ثابتة على مدى عشرات السنين الشمس لها قطر متوسط يساوي $2R_s = 1,39 \cdot 10^9m$ (أطول من قطر الأرض)، وكتلة في حدود $m_s = 2 \cdot 10^{30}Kg$ (333432 مرة من كتلة الأرض) وكثافة متوسطة $1,41 (\cong 3,88)$ مرة أقل من كثافة الأرض، وتدور الشمس حول نفسها في 27 يوما أرضيا، وتحتل موقعا وسطا في مجرة درب التبانة² من حيث بعدها عن مركز وحدود المجرة.

ويوجد نوعان من الإشعاع الشمسي، حيث يكون لهما علاقة بتطبيقات الطاقة الشمسية و استعمالاتها :

1/ الإشعاع المباشر: وهو جزء من الإشعاع الشمسي الذي يصل سطح الأرض، حيث أنه لا يتأثر بعوامل الإمتصاص و الإنتشار.

2/ الإشعاع المنتشر : وهو جزء من الإشعاع الشمسي الذي يصل سطح الأرض بعد تعرضه لعوامل الانعكاس و الانكسار.

3/ الإشعاع الكلي : يكون الإشعاع الشمسي الكلي الواصل إلى سطح الأرض مجموع الإشعاعين المباشر و المنتشر [22].

²مجرة درب التبانة : (المجرة التي تنتمي لها المجموعة الشمسية المحلية)

2-5-2 الأرض :

كوكب الأرض نعتبره كروي الشكل محاط بغلاف جوي، ومتأثر بضغط الهواء المتناقص مع الارتفاع عن سطح البحر. و الأرض ذات قطر $2R_{terre} = 12752293m$ ، وكتلة $m_{terre} = 6.10^{24}Kg$ وكثافة 5,51. والأرض لها حركة معقدة فهي تدور حول نفسها في 23 ساعة و 56 دقيقة و 4 ثوان و $100\91$ بسرعة زاوية تقارب $5,5.10^{-5}rad/s$ وحول الشمس في 365 يوم و 9 ساعات و 10 دقائق، بسرعة زاوية $7,3.10^{-5}rad/s$ محور القطبين (الشمالي و الجنوبي) مائلين بزاوية $2,45^\circ$ بالنسبة لناظم المدار الإهليجي [22].

نصف قطر دوران المدار الإهليجي r الذي تصنعه حركة الأرض حول الشمس :

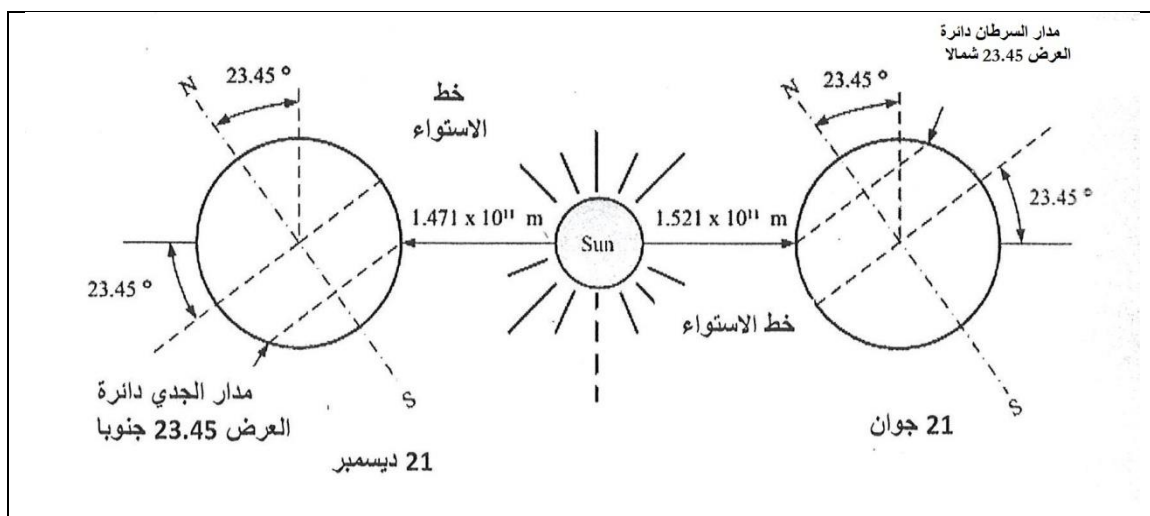
بحيث $r = a \frac{1-e^2}{1+e \cdot \cos \theta}$: $a = 1,50.10^{11}m$ المسافة المتوسطة ، و $e = 0,017$ الانحراف عن مركز المدار.

3-5-2 المعالم الفضائية لتحديد موقع الشمس :

❖ زاوية الميل الشمسي:

تدور الأرض حول الشمس في مسار إهليلجي حيث تكمل دورة كاملة خلال 365.25 يوم، بحيث تفصل المسافة أرض - شمس أقل قيمة في 21 ديسمبر و التي تبلغ $(1.4 \times 10^{11}m)$ كما تبلغ المسافة قيمتها العظمى $(1.52 \times 10^{11}m)$ في 21 جوان.

يصنع محور دوران الأرض حول نفسها مع الناظم على المستوى الإهليلجي (مستوى دوران الأرض حول الشمس) زاوية ميلة تتغير قيمتها بين 23.45° و -23.45° على مدار السنة. الشكل (2 - 5) [30] :



الشكل (2 - 5) : حركة الارض بالنسبة للشمس

وتعطي عبارة زاوية الميل الشمسي في كل يوم من السنة بالعلاقة:

$$\delta = 23,45^\circ \sin \frac{360}{365} (284 + N_f) \quad (2 - 12)$$

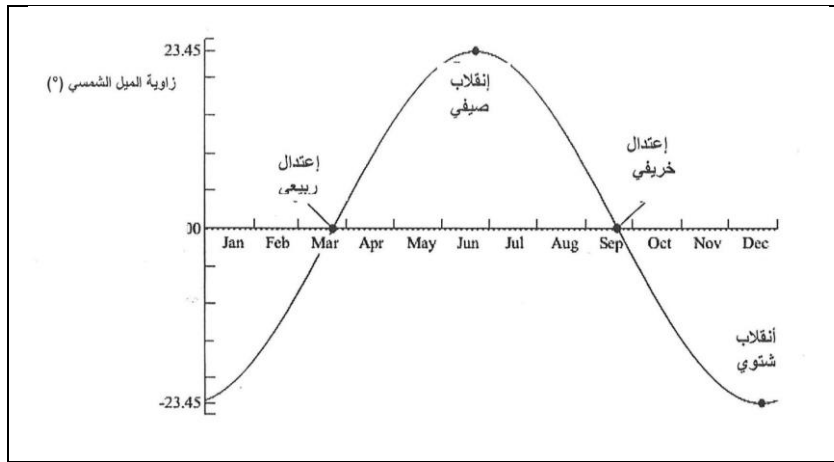
حيث نأخذ القيمة العظمى

(+ 23.45) في 21 جوان انقلاب صيفي

(- 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 (2-6)



الشكل (2 - 6): بيان تغيرات زاوية الميل الشمسي خلال أيام السنة

يمكن تتبع حركة الشمس من الشروق للغروب في نقطة ما من سطح الأرض من خلال زاويتي الارتفاع h و السمات a .

❖ زاوية الارتفاع h :

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 (1-5) وتعطى بالعلاقة [30] :

$$\sin h = \sin \varphi * \sin \delta + \cos \varphi * \cos \delta * \cos w \quad (2 - 13)$$

حيث φ وزاوية خط العرض للمنطقة و w زاوية الساعة الشمسية

❖ زاوية الذروة θ_z :

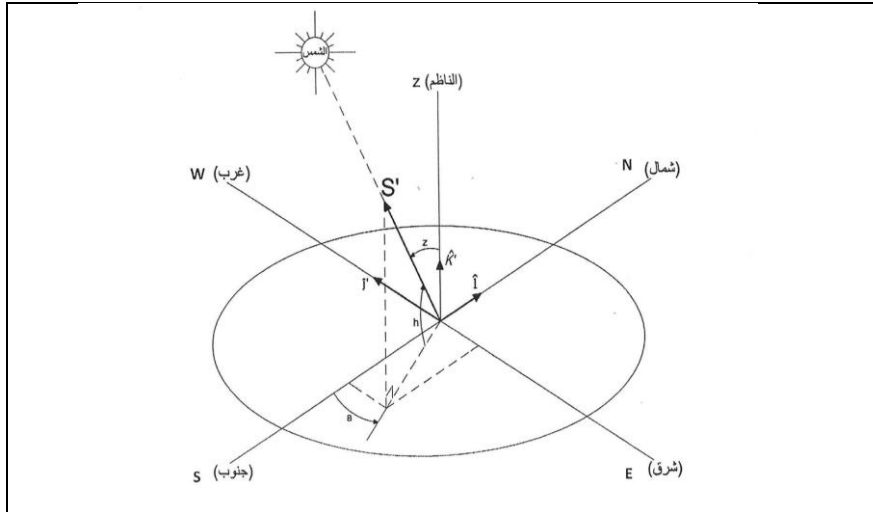
هي الزاوية بين الشعاع الشمسي الوارد للنقطة من سطح الأرض والناظم على المستوى الأفقي في تلك النقطة

$$\theta_z + h = 90^\circ \quad [30] \text{ كما يبين الشكل (2-7) حيث :}$$

❖ زاوية السمات الرأسية a :

هي الزاوية التي يصنعها مسقط الشعاع الوارد للنقطة من سطح الأرض على المستوى الأفقي مع المحور المتجه للجنوب عند هذه النقطة، و تكون هذه الزاوية موجبة إذا كانت نحو الغرب و تكون سالبة إذا كانت نحو الشرق [30] كما يبين الشكل (1-5)، وتعطى بالعلاقة:

$$(14 - 2) \quad \text{CSC } \alpha = \frac{\sin h * \sin \varphi + \sin \delta}{\cos h * \cos \varphi}$$



الشكل (2 - 7): زاوية الارتفاع الشمسي و الذروة و السميت الرأسية (معلم سطح أرضي)

❖ زاوية الساعة الشمسية ω :

نتيجة دوران الأرض حول نفسها فإن الشعاع الشمسي بمسح دورة كاملة حول الأرض 360° خلال 24h وفق دائرة العرض، أي 15° لكل ساعة، مع اعتبار الزوال هو المبدأ ($\omega=0$)، وتعطى عبارة زاوية الساعة الشمسية بالعلاقة [30] :

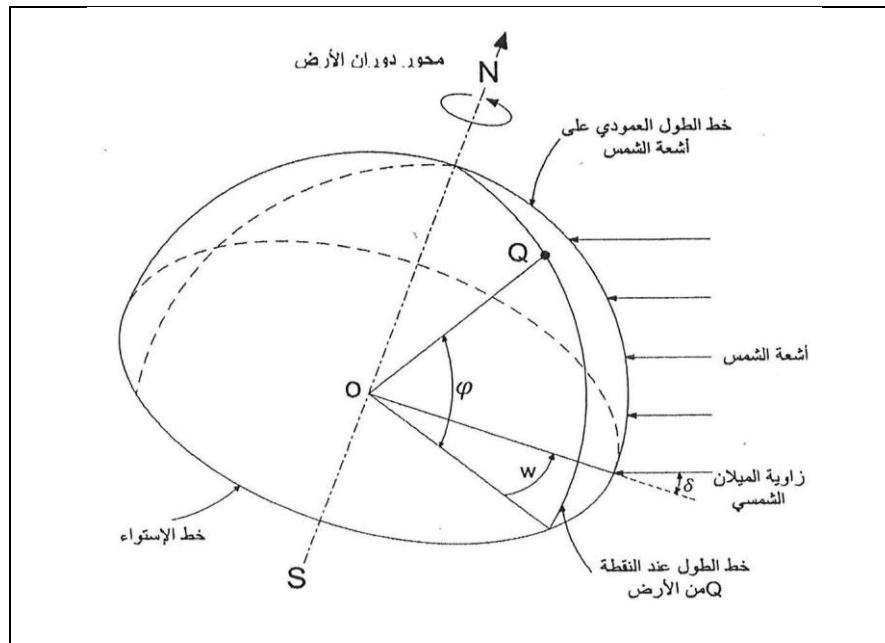
$$(15 - 2) \quad \omega = 15 (TV_s - 12)$$

حيث TV_s يمثل التوقيت الشمسي الحقيقي الذي يعتمد الزوال الشمسي في المنطقة ($\omega=0$) عند الساعة 12:00 زوالاً.

و تكون $\omega > 0$ مساءً بينما تكون $\omega < 0$ صباحاً، الشكل (2-9).

❖ زاوية دائرة العرض للمنطقة

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. وتكون الزاوية موجبة إذا كانت المنطقة شمال خط استواء بينما تكون سالبة إذا كانت المنطقة جنوب خط الاستواء الشكل (2- 8) [30].



الشكل (2 - 8): زاوية الساعة الشمسية و دائرة العرض للمنطقة

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

$$(16 - 2) \quad TV_s = TU + E_t + \frac{L}{15}$$

حيث TU التوقيت العالمي (خط الزوال المار عبر غرينيتش (greenwich))

E_t معادلة التصحيح الزمني

L خط الطول للمنطقة حيث $L > 0$ شرقا و $L < 0$ غربا

2 - 6 الهواء الرطب:

في الحالة العامة هو مزيج من الهواء الجاف والماء بثلاث حالات (بخار - سائل - جليد)، ونعرف كتلة الهواء

$$(17 - 2) \quad m_{ah} = m_{wv} + m_{wl} + m_{ws} + m_a \quad : \text{ [30] الرطب كما يلي}$$

$$(18 - 2) \quad m_w = m_{wv} + m_{wl} + m_{ws} \quad : \text{ وكتلة الماء}$$

بحيث :

m_{ah} : الكتلة الإجمالية للهواء الرطب.

m_w : الكتلة الإجمالية للماء.

m_{wv} : كتلة بخار الماء الذائب في المزيج .

m_{wl} : كتلة سائل الماء المعلق في المزيج.

m_{ws} : كتلة الجليد و الثلج المعلقة في المزيج .

m_a : كتلة الهواء الجاف.

وفي حالة الماء يكون على حالته الغازية (بخار ماء) فقط يصبح لدينا:

$$(19 - 2) \quad m_{ah} = m_{mv} + m_a$$

$$m_{ah} = m_{mv} = 0 \quad \text{بحيث}$$

وهي حالة الهواء الرطب في التقطير، يكون وسط خلية التقطير عبارة عن مزيج من بخار الماء الذائب في الهواء الجاف ولدراسة انتقال الحرارة في هذا الوسط ندرس انتقال الكتلة وكذلك انتقال الحرارة المصاحب لها بين نقطتي التبخير والتكثيف.

❖ الهواء الجوي

حسب منظمة الطيران المدني الدولية L'organisation de L'avion Civile Internationale (OACL) تعرف الهواء الجوي الجاف كما يلي [30] :

(1) الهواء يعتبر غاز مثالي ويخضع لقوانين الغازات المثالية.

(2) الرطوبة موجودة لكنها مهملة.

(3) الثوابت الفيزيائية كالتالي :

$$m_a = 28,9644 \text{ g/mol}$$

$$P_{atm} = 10132,5 \text{ pa} \quad \text{الضغط الجوي على مستوى البحر}$$

$$T_a = 15^\circ\text{C} \quad \text{درجة الحرارة على مستوى البحر}$$

$$\rho_a = 1.225 \text{ Kg / m}^3 \quad \text{الكتلة الحجمية على مستوى البحر}$$

$$R = 8.31432 \text{ J/K.mol} \quad \text{ثابت الغازات المثالية}$$

❖ مقادير خاصة بالهواء الرطب

✓ الرطوبة المطلقة r^s

تعريف: و تسمى الرطوبة النوعية و هي حاصل قسمة كتلة بخار الماء m_{wv} المحتوية في حجم V على كتلة الهواء الجاف m_a في نفس الحجم من الهواء الرطب و تعطى بالعلاقة التالية [30] :

$$r^s = \frac{m_{wv}}{m_a} = \frac{\rho_{mv} \cdot V}{\rho_a \cdot V} + \frac{287,05}{461,51} \cdot \frac{P_{wv}}{(P_{ah} - P_{wv})}$$

$$(20 - 2)$$

$$r^s = 0,622 \cdot \frac{P_{wv}}{(P_{ah} - P_{wv})}$$

$$[r^s]_{SI} = (kg \text{ d'eau} / kg \text{ d'airsec})$$

الرطوبة المطلقة لها قيمة عظمى في حالة التشبع حيث تكون كتلة البخار أعظمية، والضغط الناتج منها أعظمي $m_{wv}(sa)$ ، قيمة الرطوبة عندها تساوي :

$$(21 - 2) \quad r^s_{(sat)} = 0,622 \cdot \frac{P_{wv}(sat)}{(P_{ah} - P_{wv}(sat))}$$

✓ الرطوبة النسبية $\vec{\psi}$

تعريف : وهي حاصل قسمة الضغط الجزئي لبخار الماء P_{wv} على ضغط البخار في حالة التشبع $P_{wv}(sat)$ و نفس درجة الحرارة [22] :

$$(22 - 2) \quad \vec{\psi} = \frac{P_{wv}}{P_{wv}(sat)}$$

✓ درجة التشبع

تعريف : هي النسبة بين الرطوبة المطلقة للهواء r^s و الرطوبة النسبية للهواء المشبع $r^s(sat)$ في درجة حرارة T

$$T = \frac{r^s}{r^s(sat)} = \frac{0,622 \cdot \frac{P_{wv}}{(P_{ah} - P_{wv})}}{0,622 \cdot \frac{P_{wv}(sat)}{(P_{ah} - P_{wv}(sat))}}$$

(23 - 2)

$$T = \frac{P_{wv}}{P_{wv}(sat)} \cdot \frac{(P_{ah} - P_{wv}(sat))}{(P_{ah} - P_{wv})}$$

هذا الفصل يتضمن مختلف الظواهر الفيزيائية التي يمكن أن تحدث بشكل مباشر أو غير مباشر في عملية التقطير، و بعض العوامل التي تؤثر في التقطير بشكل عام، حيث أعطينا تعريفات للتدفقات الحرارية التي يتردد ذكرها عبر كامل المذكرة.

الفصل الثالث

الدراسة النظرية في المقطر الشمسي البسيط

يحتوي هذا الفصل على مختلف معادلات التوازن الحراري و الكتلي الداخلة في عملية التقطير و المتمثلة في :

✓ معادلة حفظ الطاقة حول الزجاج (g(glass))

✓ معادلة حفظ الطاقة حول الماء (w(water))

✓ معادلة حفظ الطاقة حول السطح الأسود الماص للحرارة

b(black)

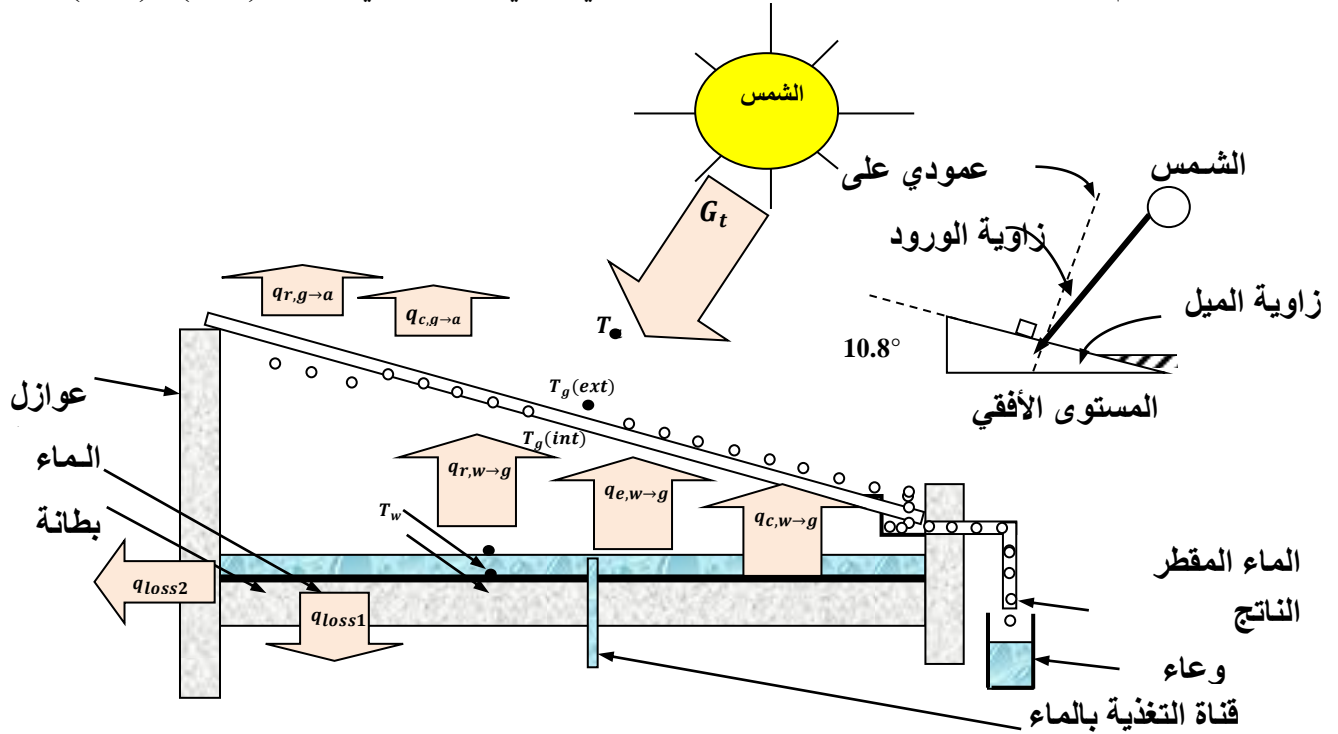
3- التوازن الحراري في المقطر الشمسي البسيط

1-3 مقدمة

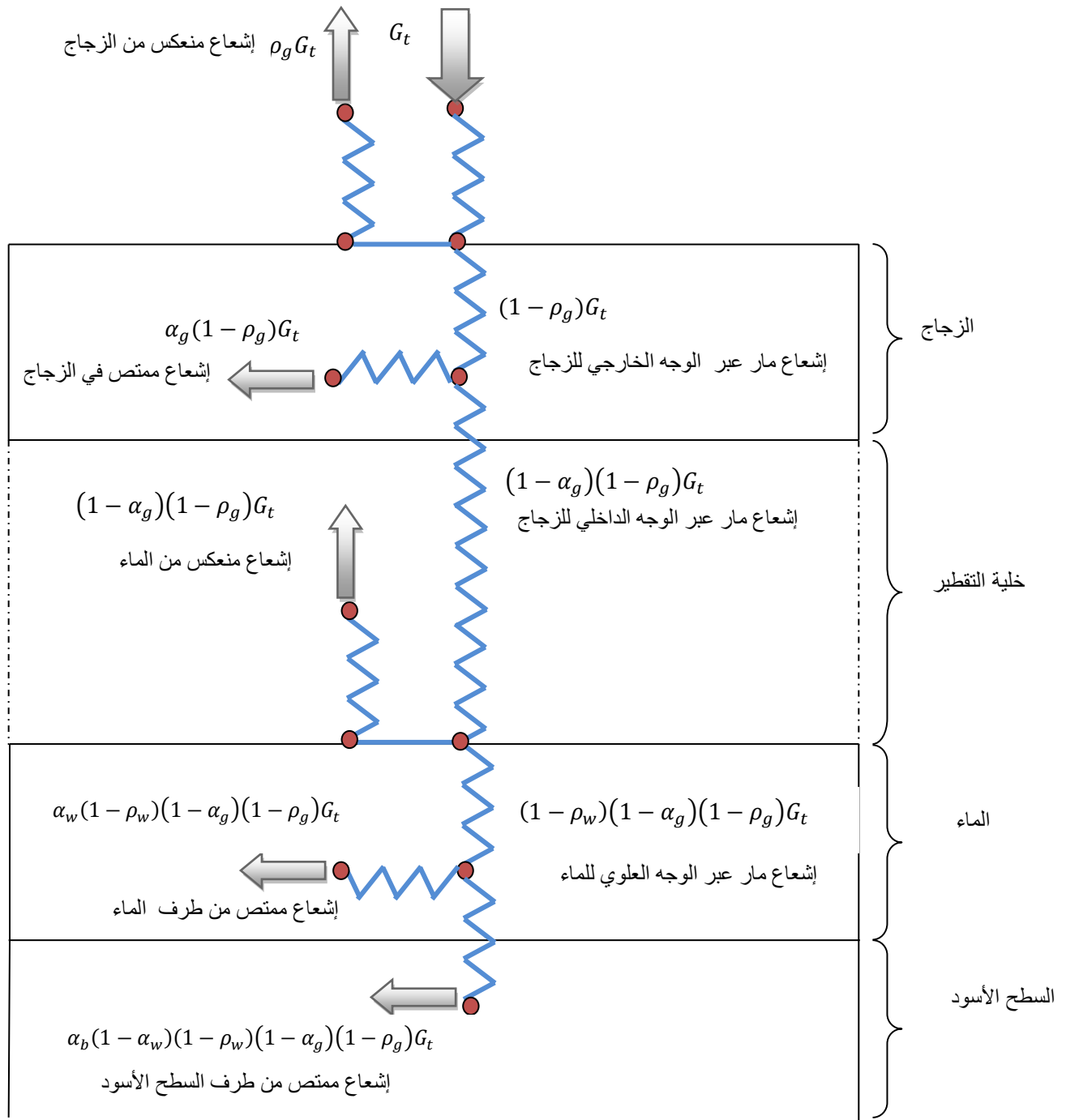
إن العلاقات التي تربط بين انتقال الحرارة والكتلة تعطينا فكرة عن الظواهر الفيزيائية التي تحدث في المقطر الشمسي البسيط ذو الميل الواحد وعن مبدأ عمله، وتأثير العوامل الخارجية والداخلية في إنتاجه للماء المقطر مرتبطة ببعضها البعض، ولتفسير تلك الظواهر نستخدم المعادلات الأساسية (معادلة حفظ الكتلة و معادلة حفظ الطاقة) و القوانين النظرية لانتقال الحرارة (التوصيل الحراري، والحمل الحراري، الإشعاع الحراري) والتي بواسطتها نستطيع وضع معادلات التوازن الحراري لمستويات المقطر (الغطاء الزجاجي والماء والسطح الأسود) وذلك من خلال وضع نموذجين المقطر الأول (بدون تحسينات) و المقطر الثاني (بوجود تحسينات)، وهذه الطريقة معتمدة في الدراسة التجريبية لجميع تجارب.

2-3 التدفقات الحرارية في المقطر

تنقسم التدفقات الحرارية إلى نوعين خارجية وداخلي وهي موضحة في الشكلين (1-3) و(2-3)



الشكل (1-3): رسم تخطيطي للتدفقات الحرارية على المقطر الشمسي



الشكل (2-3): مخطط يوضح الإشعاعات الحرارية المارة عبر مختلف أجزاء المقطر

1-2-3 التدفقات الحرارية الخارجية

❖ G_t : شدة الإشعاع الشمسي الحراري الساقط على السطح المائل لغطاء المقطر (زجاج مائل بزواوية θ) مأخوذ بـ $\frac{W}{m^2}$... وفي معظم المراجع يسمى الإشعاع المباشر الناظمي على السطح المائل بزواوية θ ، ويسمى في المراجع المتخصصة في الإشعاع الاستتارة الأرضية (Luminance).

❖ $\rho_g G_t$: مقدار الإشعاع الحراري المنعكس بفعل السطح الخارجي للغطاء، بحيث يساوي الإشعاع الساقط مضروب في معامل الانعكاسية ρ_g .. للغطاء.

❖ التدفقات الحرارية الضائعة من المقطر بين الغطاء الزجاجي والهواء، وذلك بالإشعاع والحمل تعطى حسب [31 - 32] بالعلاقات التالية :

$$(1.3) \quad Q_{r,g-a} = \varepsilon_g \cdot \sigma \cdot (T_{g(ext)}^4 - T_{sky}^4) = 0,9 \cdot \sigma \cdot (T_{g(ext)}^4 - T_{sky}^4)$$

حيث : $\varepsilon_g \cong 0,9$ معامل الانبعاث الإشعاعي للسطح الخارجي للغطاء.

T_{sky} درجة الحرارة الفعلية للقبة السماوية تعطى بالعلاقة التالية :

$$(2.3) \quad T_{sky} = T_a - 6$$

$$(3.3) \quad Q_{c,g-a} = h_{c,g-a} \cdot (T_{g(ext)} - T_a)$$

حيث : $h_{c,g-a}$ معامل الإنتقال الحراري بالحمل بين الغطاء الزجاجي والهواء يعطى حسب

[33] بالعلاقة التالية :

$$h_{c,g-a} = 2,8 + 3 \cdot V \quad \text{عندما} \quad V \leq 5 \text{ m/s}$$

$$(4.3) \quad h_{c,g-a} = 6,15 \cdot (V)^{0,8} \quad \text{عندما} \quad V > 5 \text{ m/s}$$

حيث : V تمثل سرعة الرياح

2-2-3 التدفقات الحرارية الداخلية

❖ $Q_{r,w-g}$: التدفق الحراري بالإشعاع بين الماء المالح w والجدار الداخلي للغطاء g ويعطى حسب [35 - 34] :-

$$(5.3) \quad Q_{r,w-g} = \varepsilon_w \cdot \sigma (T_w^4 - T_{g(int)}^4) = 0,9 \cdot \sigma (T_w^4 - T_{g(int)}^4)$$

حيث w : معامل الانبعاث الإشعاعي للماء له قيمة تقريبية $\varepsilon_w \cong 0,9$.

$Q_{c,w-g}$: التدفق الحراري بالحمل بين الماء المالح والجدار الداخلي للغطاء ويعطى حسب [37 - 36] بالعلاقة :

$$(6.3) \quad Q_{c,w-g} = h_{c,w-g} (T_w - T_{g(int)})$$

حيث $h_{c,w-g}$ معامل الحمل الحراري بين الماء والغطاء الزجاجي ويعطى حسب [34] بالعلاقة

$$(7.3) \quad h_{c,w-g} = 0,884 \left[(T_w - T_{g(int)}) + \frac{(P_w - P_{g(int)}) (T_w + 273,15)}{268,9 \cdot 10^3 - P_w} \right]^{1/3}$$

P_w و $P_{g(int)}$.. ضغط البخار عند الماء والغطاء الزجاجي على الترتيب ويعطى حسب [32] بالعلاقة :

$$(8.3) \quad P(T) = \exp \left(25,317 - \frac{5144}{T+273,15} \right)$$

❖ $Q_{ev,w-g}$ الحرارة بالتبخير بين الماء والغطاء الزجاجي وتعطى حسب [37 - 36] بالعلاقة :

$$(9.3) \quad Q_{ev,w-g} = h_{ev,w-g} (T_w - T_{g(int)})$$

حيث $h_{ev,w-g}$ معامل الانتقال الحراري بالتبخير بين الماء والغطاء الزجاجي ويعطى حسب [37 - 36] بالعلاقة:

$$(10.3) \quad h_{ev,w-g} = 16,273 \cdot 10^{-3} h_{c,w-g} \frac{p_w - p_{g(int)}}{T_w - T_{g(int)}}$$

❖ $Q_{c,b-w}$ التدفق الحراري بالحمل بين الماء المالح وبطانة الحوض ويعطى حسب [38] بالعلاقة :

$$(11.3) \quad Q_{c,b-w} = h_{c,b-w} \cdot (T_b - T_w)$$

حيث $h_{c,b-w}$ معامل الحمل الحراري بين الماء وبطانة الحوض ويعطى حسب [39] بالعلاقة :

$$h_{c,b-w} = 0,54 \cdot \frac{K_w \cdot Ra_w^{1/4}}{L_w} \quad \text{عندما } Ra = 10^4 - 10^7 \quad (12.3)$$

$$h_{c,b-w} = 0,15 \cdot \frac{k_w \cdot Ra_w^{1/4}}{L_w} \quad \text{عندما } Ra = 10^7 - 10^{11}$$

حيث Ra رقم راييلي

❖ $(1 - \alpha_g)(1 - \rho_g)G_t$: التدفق الحراري المار عبر الغطاء إلى الماء، حيث α_g

الإمتصاصية الإشعاعية و ρ_g الانعكاسية الإشعاعية للغطاء الزجاجي g وهي مقادير لها قيم

صغيرة، حيث الزجاج يعتبر جسم شفاف يتميز بإمرارية كبيرة $\tau_g = (1 - \alpha_g - \rho_g) \cong 0.9$

❖ ويستقبل هذا التدفق من طرف الماء ذو الامتصاصية الإشعاعية α_w ، والإنعكاسية الإشعاعية ρ_w .

وينتج لنا مقدارين مقدار منعكس من طرف الماء يساوي $(1 - \alpha_g)(1 - \rho_g)G_t$ ، ومقدار

ممتص له العلاقة التالية $\alpha_w(1 - \rho_w)(1 - \alpha_g)(1 - \rho_g)G_t$.

❖ ويتم مرور المقدار الإشعاعي $(1 - \alpha_w)(1 - \rho_w)(1 - \alpha_g)(1 - \rho_g)G_t$ عبر الماء .

❖ $\alpha_b(1 - \alpha_w)(1 - \rho_w)(1 - \alpha_g)(1 - \rho_g)G_t$ إشعاع الممتص من طرف السطح الأسود

❖ Q_{loss1} و Q_{loss2} : التدفق الحراري الضائع عبر السطح الأسود والعوازل على الترتيب ويعطى

بالعلاقات [37,34]:

$$Q_{loss1} = U_{b_1}(T_b - T_a) \quad (13.3)$$

حيث معامل الضياع U_{b_1} ..

$$U_{b_1} = \left(\frac{e_1}{k_1} + \frac{e_2}{k_2} + \frac{e_3}{k_3} + \frac{1}{h_i} \right)^{-1} \quad (14.3)$$

$$Q_{loss2} = U_{b_2}(T_b - T_a) \quad (15.3)$$

حيث معامل الضياع U_{b_2} ..

$$U_{b_2} = \left(\frac{e_4}{k_4} + \frac{e_5}{k_5} + \frac{1}{h_i} \right)^{-1} \quad (16.3)$$

جدول (3-1) : تصنيف أنواع المواد المستعملة في المقطرات الشمسية والموضحة في

المعادلات (14.3)، (16.3)

الرمز	نوعية المادة	السُمْك e	التوصيلية الحرارية λ
1	طبقة ألمنيوم مطلية بصباغ أسود غير براق (السطح الأسود).	$e_1 = 3 \text{ mm}$	$\lambda_1 = 204 \text{ W/m.K}$
2	طبقة من البوليستران العازل.	$e_2 = 40 \text{ mm}$	$\lambda_2 = 0.037 \text{ W/m.K}$
3	طبقة ألمنيوم مطلية بصباغ أبيض غير براق.	$e_3 = 3 \text{ mm}$	$\lambda_3 = 204 \text{ W/m.K}$
4	طبقة ألمنيوم ذات لون براق من الجهات الجانبية الثلاث.	$e_4 = 0.01 \text{ mm}$	$\lambda_4 = 204 \text{ W/m.K}$
5	طبقة من الخشب الأحمر المقاوم للماء.	$e_5 = 40 \text{ mm}$	$\lambda_5 = 0.23 \text{ W/m.K}$

ملاحظة : في كل التجارب لدينا مقطرين نسمي المقطر الثاني بالمقطر (2) وهو مقطر بدون أي تحسينات أو إضافات ودوره في التجارب كشاهد ولكي نقارن به من حيث إنتاجية الماء المقطر ونسمي المقطر الأول بالمقطر (1) وهو مقطر الذي به تحسينات و إضافات الهدف منها زيادة مردود المقطر الشمسي البسيط من حيث الإنتاج اليومي للماء المقطر , وحدة كل طرف من معادلات حفظ الطاقة للمستويات هي $[W/m^2]$.

3-3 التوازن الحراري على مستويات أجزاء المقطر

في الحالة البسيطة يتركب المقطر من ثلاث مستويات :

❖ **المستوي الأول:** الغطاء (زجاج أو بلاستيك).

❖ **المستوي الثاني:** هو الماء المعرض للتبخير.

❖ **المستوي الثالث:** هو السطح الأسود (ذو اللون الأسود) والماص للإشعاع الحراري.

وهذا التقسيم ناتج من التدرج في درجة الحرارة بين هذه المستويات. ففي كل مستوي نحسب مجموع التدفقات الداخلية ومجموع التدفقات الخارجية من المستوي، ونساوي بين المجموعين فنحصل على معادلة التوازن الحراري في كل مستوي، وهذا تبعا لمبدأ التماثل بين انتقال الحرارة وانتقال الشحن الكهربائية، فقانون كيرشوف للعقد ينص على أن:

(مجموع التيارات الداخلة = مجموع التيارات الخارجة) من العقدة.

1-3-3 معادلات حفظ الطاقة للمقطر الشاهد (2) لكل مستوياته:

1-1-3-3 معادلة حفظ الطاقة حول الغطاء الزجاجي (g):

على مستوى الغطاء g (درجة حرارته T_g) التبادلات الطاقوية متمثلة في :

يمتص من الإشعاع الشمسي الوارد له من الشمس المقدار التالي: $(1 - \rho_g) \cdot \alpha_g \cdot G_t$

يأخذ الغطاء عن الماء المالح المقدار التالي من الحرارة: $Q_{ev,w-g} + Q_{r,w-g} + Q_{c,w-g}$

يفقد الحرارة على شكل إشعاع و حمل إلى الجو المحيط به بالمقدار التالي: $Q_{c,g-a} + Q_{r,g-a}$

ومنه معادلة التوازن الحراري هي :

$$(17.3) \quad m_g C_g \frac{dT_g}{dt} = \alpha_g G_t + (Q_{ev,w-g} + Q_{r,w-g} + Q_{c,w-g}) - Q_{r,g-a} - Q_{c,g-a}$$

بحيث: C_g الحرارة النوعية للغطاء $J/Kg \cdot K$ ، $[C_g]_{SI} = J/Kg \cdot K$

m_g الكتلة السطحية للزجاج kg/m^2 ، $[m_g]_{SI} = kg/m^2$

2-1-3-3 معادلة حفظ الطاقة حول الماء w

على مستوى سطح الماء w (درجة حرارته T_w) التبادلات الطاقوية متمثلة في :

يمتص الماء المالح w الإشعاع المقدر بـ $\alpha_w (1 - \rho_w) (1 - \alpha_g) (1 - \rho_g) G_t$

يمتص كذلك من السطح الأسود b مقدار من الحرارة بالحمل $Q_{c,b-w}$

يفقد حرارة بالحمل والإشعاع والتبخير $(Q_{ev,w-g} + Q_{r,w-g} + Q_{c,w-g})$ إلى الجدار الداخلي

للغطاء الزجاجي تضيع حرارة باتجاه الجدران Q_{lose2}

ومنه معادلة التوازن الحراري هي:

$$(18.3) \quad m_w C_w \frac{dT_w}{dt} = (1 - \rho_g) (1 - \alpha_g) (1 - \rho_w) \alpha_w G_t - (Q_{ev,w-g} + Q_{r,w-g} + Q_{c,w-g}) \frac{A_g}{A_w} + Q_{c,b-w} - Q_{loss2}$$

حيث A_g و A_w مساحة الزجاج والماء على التوالي (m^2) $[A_g]_{SI} = [A_w]_{SI} = (m^2)$

3-1-3-3 معادلة حفظ الطاقة حول السطح الماص للحرارة (b):

على مستوى السطح الأسود b (درجة حرارته T_b) التبادلات الطاقوية متمثلة في :
 يمتص السطح الأسود b الإشعاع المقدر بـ : $\alpha_b(1 - \alpha_w)(1 - \rho_w)(1 - \alpha_g)(1 - \rho_g)G_t$,
 ويفقد حرارة بالحمل إلى الماء بالمقدار c_{b-w} وتضيع حرارة عبر العوازل بالمقدار Q_{lose1} ..
 وتكون معادلة التوازن الحراري بالشكل التالي :

$$(19.3) \quad m_b C_b \frac{dT_b}{dt} = (1 - \rho_g)(1 - \alpha_g)(1 - \alpha_w)(1 - \rho_w)\alpha_b G_t - Q_{c,b-w} - Q_{loss1}$$

4-1-3-3 قيمة التدفق الكتلي للماء المقطر تعطى بالعلاقة التالية

$$(20.3) \quad \frac{dm}{dt} = \dot{m} = \frac{Q_{ev,w}}{H_w}$$

حيث H_w الحرارة الكامنة للتبخير الخاص بالماء تعطى حسب [25] بالعلاقة:

$$(21.3) \quad H_w = (h_{vapor} - h_{liquide})_{T_{moy}}$$

حيث $(h_{vapor} - h_{liquide})$ هو الفرق في الأنتالبي الخاصة بالماء من حالة التشبع للبخر لحالة التشبع عند السائل عند درجة الحرارة المتوسطة T_{moy} التي تساوي $(T_w + T_g)/2$

2-3-3 معادلات حفظ الطاقة للمقطر المحسن (1) لكل مستوياته:

1-2-3-3 الإجراءات المتبعة:

التجربة : يتم وضع أنابيب النحاس المملوءة بشحم السيارات فوق مبخر المقطر 1 و ينجم عن ذلك تشكل ظل مساحته S_{omb} ، حيث عبارة الإشعاع الفعال G_{eff} المار عبر السطح الفعال S_{eff} هي كالتالي :

S_t : المساحة الكلية ، S_{omb} : مساحة سطح الظل ، S_{eff} : مساحة السطح الفعال

$$S_{eff} = S_t - S_{omb} ; \quad S_{omb} = n L d ; \quad S_t = L^2 \quad (22.3)$$

L : الطول الفعلي الأنبوب : d : عرض ظل الأنبوب

n : عدد الأنابيب الموضوعة فوق المبخر

ومنه يصبح الإشعاع الشمسي المار بهذه المساحة يحسب بالعلاقة التالية و يسمى بالإشعاع الشمسي

$$(23.3) \quad G_{eff} = \frac{S_{eff}}{S_t} \cdot G_t \quad \text{الفعال}$$



الشكل (3-3) : طريقة وضع الانابيب على السطح الاسود في المقطر (1)

2-2-3-3 التوازن الحراري في المستويات الحرارية لخلية التقطير المحسنة (1):

الملاحظة 1 : قيمة الإشعاع الشمسي الممتص في حالة المقطر (2) تكون قيمته G_t والمقتر (1)

تكون قيمته G_{eff}

❖ معادلة حفظ الطاقة حول الغطاء الزجاجي (g):

على مستوى الغطاء g (درجة حرارته T_g) التبادلات الطاقوية الحاصلة متمثلة في :

يمتص الغطاء من الماء المالح المقدار التالي من الحرارة : $Q_{ev,w-g} + Q_{r,w-g} + Q_{c,w-g}$

و يمتص كذلك من الإشعاع الشمسي الوارد له من الشمس المقدار التالي : $(1 - \rho_g) \cdot \alpha_g \cdot G_{eff}$

ومن جهة أخرى يفقد الحرارة على شكل إشعاع و حمل إلى الجو المحيط به بالمقدار التالي :

$$Q_{c,g-a} + Q_{r,g-a}$$

$$(27.3) \quad m_g C_g \frac{dT_g}{dt} = (1 - \rho_g) \alpha_g G_{eff} + (Q_{ev,w-g} + Q_{r,w-g} + Q_{c,w-g}) - Q_{r,g-a} - Q_{c,g-a}$$

حيث: C_g الحرارة النوعية للغطاء $K \cdot \frac{J}{Kg}$ $[C_g]_{SI}$

$$[m_g]_{SI} = Kg/m^2 \text{ الكتلة السطحية للزجاج}$$

❖ معادلة حفظ الطاقة حول الماء w

على مستوى سطح الماء w (درجة حرارته T_w) (التبادلات الطاقوية متمثلة في :

$$\cdot \alpha_w(1 - \rho_w)(1 - \alpha_g)(1 - \rho_g)G_{eff}$$

يمتص الماء المالح w الإشعاع المقدر بـ $Q_{c,b-w}$ من الحرارة بالحمل

ويمتص كذلك من الأنابيب مقدار من الحرارة بالحمل $Q_{c,tub-w}$

يفقد حرارة على الأشكال التالية : ينتقل جزء بالحمل والإشعاع والتبخير

إلى الجدار الداخلي للغطاء الزجاجي و جزء الاخر يضيع

باتجاه الجدران Q_{loss2} .

$$(28.3) \quad m_w C_w \frac{dT_w}{dt} = (1 - \rho_w)(1 - \rho_g)(1 - \alpha_g)\alpha_w G_{eff} + Q_{c,tub-w} - (Q_{ev,w-g} + Q_{r,w-g} + Q_{c,w-g}) \frac{A_g}{A_w} + Q_{c,b-w} - Q_{loss2}$$

حيث A_g و A_w مساحة الزجاج والماء على التوالي (m^2) $[A_g]_{SI} = [A_w]_{SI}$

❖ معادلة حفظ الطاقة حول السطح الأسود الماص للحرارة b

على مستوى السطح الأسود b (درجة حرارته T_b) (التبادلات الطاقوية متمثلة في :

يمتص السطح الأسود b الإشعاع المقدر بـ :

$$\alpha_b(1 - \alpha_w)(1 - \rho_w)(1 - \alpha_g)(1 - \rho_g)G_{eff}$$

$Q_{c,b-w}$.

جزء يضيع عبر العوازل بالمقدار $lose1$ ، وتكون معادلة التوازن الحراري بالشكل التالي :

$$(29.3) \quad m_b C_b \frac{dT_b}{dt} = (1 - \rho_g)(1 - \alpha_g)(1 - \alpha_w)(1 - \rho_w)\alpha_b G_{eff} - Q_{c,b-w} - Q_{loss1}$$

الفصل الرابع

الدراسة تجريبية للمقطر الشمسي البسيط أحادي الميل

يحتوي هذا الفصل على التجربة العلمية التي تم دراستها في هذا البحث والمتمثلة في:

✓ التجربة : وضع أنابيب من النحاس مملوءة بشحم السيارات (La Graisse) فوق مبخر المقطر.

4- الدراسة التجريبية للمقطر الشمسي البسيط أحادي الميل

4-1- مقدمة

يتضمن هذا الفصل الدراسة التجريبية التي أنجزت على المقطرين الشمسيين, أحدهما شاهد والآخر نجري عليه بعض التحسينات, وتحتوي أيضا على البروتوكولات التجريبية وأدوات القياس التي استعملنا فيها تكنولوجيا ونستغني بهذا على الأدوات الكلاسيكية حيث تسهل لنا هذه البطاقة أخذ جميع القياسات عبر جهاز الحاسوب, الهدف من هذه الدراسة هو تحسين ورفع مردودية إنتاج الماء المقطر للمقطر الشمسي البسيط

4-2 النماذج الأولية للأجهزة التجريبية

تم الاعتماد في إنجاز هذا العمل على مقطرين شمسيين بسيطين متشابهين لكل منهما حوض وحيد الميل له الأبعاد التالية:

- لون الحوض : أسود غير براق. - سمك الزجاج: (5mm).

- أبعاد الحوض : (الطول x العرض): (0,94 m x 0,94 m).

- أبعاد الغطاء الزجاجي : (1m x 1m) ، مساحة الحوض : $S_b=0,8836m^2$

4-3 الأجهزة المستعملة في التجربة

وتم إنشاء محطة أرصاد جوية تابعة للمختبر تقوم بجميع القياسات السابقة، والأجهزة السالفة الذكر كلها متصلة بهذه المحطة. وكانت النتائج التجريبية تأخذ من 8:00 صباحا إلى غاية 17:00 مساء على مدى 9 ساعات من المراقبة وتدوين النتائج التجريبية كل نصف ساعة، أما قيم الماء المقطر المنتج فكانت تأخذ كل ساعة.

✓ جهاز قياس الإشعاع الشمسي (Solar-mètre): يتركب من جزء يوضع على الغطاء الزجاجي، وجهاز

إلكتروني يحول الإشعاع إلى قراءة مباشرة على شاشة صغيرة رقمية، تعطي القيمة الحقيقية للإشعاع

الساقط على الغطاء الزجاجي ب W/m^2

✓ جهاز قياس درجة الحرارة (المزدوجات الحراري - Thermocouples) : وهي عبارة عن زوج من

المعدن على شكل سلكين ملتحمين تماما ذاتيا، تربط كل مزدوجة حرارية بجهاز ميلي فولمتر خاص

به شاشة رقمية يحول هذا الجهاز درجة الحرارة إلى تيار كهربائي، يقرأ على إثره قيمة درجة الحرارة

في المكان الموضوعه فيه المزدوجة. وكان عدد المزدوجات كافيا لكي نقيس درجة الحرارة في كل

السطوح والمواقع في النماذج الأولية.

ونستعمل في هذه التجارب جهاز متعدد القياس Armfield يقيس فرق الكمون الناتج من المزدوجات الحرارية مدعم ببرنامج Excel في حاسوب به واجهة إلكترونية USB، يعطينا قيم درجة الحرارة كل 30 دقيقة .

✓ جهاز قياس الضغط الجوي(البارومتر-Baromètre): لقياس الضغط الجوي نستخدم البارومتر وهو يقيس الضغط المطلق في المنطقة التي تمت فيها التجربة و هو متصل بالكمبيوتر.

✓ جهاز قياس سرعة حركة الهواء الدوار(Anémomètre) : وهو مزود بمروحة تقيس السرعة حسب عدد دورات المروحة وهو متصل بالكمبيوتر.

✓ جهاز قياس الرطوبة الجوية(Hygromètre) : قياس الرطوبة النسبية للجو، والتي هي حاصل قسمة الضغط الجزئي لبخار الماء على الضغط الجزئي في حالة التشبع وفي نفس درجة الحرارة نستعمل جهاز به مسبار(sonde)، وهو متصل بجهاز حاسوب . ويسمى الجهاز أيضا المرطاب.

✓ جهاز قياس ملوحة الماء (Salinomètre) : لقياس كمية الأملاح بالغرام لكل 1 لتر من الماء المقطر ومعرفة خواصه كالتوصيلية الكهربائية، ومقارنتها بالمعايير المعروفة للماء النقي وهي (1.2g/L)

		
جهاز قياس نسبة الملوحة	جهاز فوتوغرافي لجهاز قياس الموصلية الحرارية Armfield	جهاز قياس شدة الإشعاع الشمسي
		
جهاز قياس درجة الحرارة (المزدوجات الحرارية)	جهاز محطة أرصاد جوية مصنع من طرف الشركة : PHYWE	جهاز قياس الإشعاع الشمسي

الجدول (4-1): الاجهزة المستعملة في التجربة

4-4 الأدوات المستعملة في التجربة:

	<p>الأنابيب المدرجة (Tubes Graduées) تستعمل لقياس كمية الماء في كل ساعة وبذلك نحسب التدفق الكتلي أو الحجمي للماء وكذلك حساب كمية الماء المُجمَّع.</p>
	<p>حوض التغذية بالماء (Basin d'Alimentation d'Eau) : وهو مزود بتركيبية تضمن بقاء مستوى الماء ثابتاً، ويستعمل هذا التجهيز في كل أنواع المقطرات.</p>
	<p>أنابيب بلاستيكية (Tubes plastiques) : وهي أنابيب ذات قطر 5mm إلى 10 mm للتوصيل بين مختلف أجزاء المقطر ونقل الماء مهما كانت نوعيته (نقي-مالح-محلول ملحي).</p>
	<p>شحم السيارات (La Graisse de voiture) : وهو شحم من نوع SKF (الأصفر) ذو لون الأحمر و لزوجة عالية وقدرته على تحمل الحرارة المرتفعة</p>
	<p>أنابيب النحاس (Tube de cuivre) : ذو الطول 94 cm و قطر 0.8cm ويتم ملؤهم بشحم السيارات</p>
	<p>طلاء اسود غير لامع الغرض منه طلاء انابيب النحاس</p>

الجدول (2-4): الأدوات المستعملة في التجربة

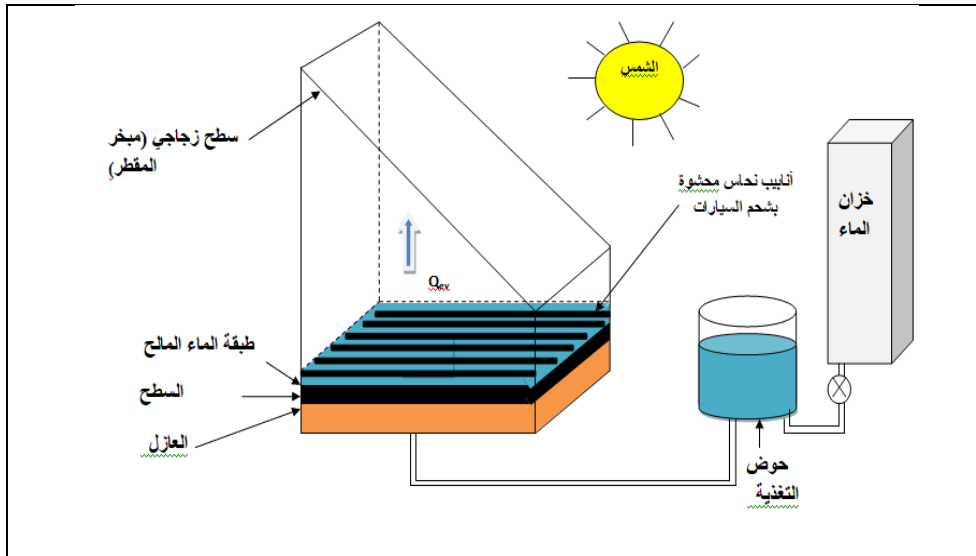
5-4 التجربة :

1-5-4 وصف التجربة: لدينا في هذه التجربة مقطرين (1) و(2) حيث يتم فيها وضع أنابيب النحاس المملوءة بشحم السيارات بعد طلائها بطلاء أسود (غير براق) فوق مبخر المقطر (1) ، كما وموضح في الشكل (4-1) ، وتمت التجربة على النموذجين على مدى 3 أيام كاملة (06 و 07 و 08 جويلية 2020)

للمقارنة بين المقطرين، والظروف الجوية التي سادت هذه الأيام ظروف مختلفة، وتم ضبط أجهزة القياس لقياس المتغيرات والثوابت المأخوذة بعين الاعتبار في التأثير المباشر وغير المباشر في كمية الماء المقطر والتدفقات الحرارية الداخلية والخارجية والضائعة بالنسبة لكل نموذج، ثم دونت هذه النتائج في الجدول Excel وتم رسم المنحنيات الموضحة أدناه ببرنامج Orign08 .



الشكل(4-1): صورة توضح عمل المقطرين



الشكل(4-2): رسم تخطيطي يوضح التجربة

4-5-2 الظروف الجوية الخاصة بالأيام الذي تمت فيه التجربة

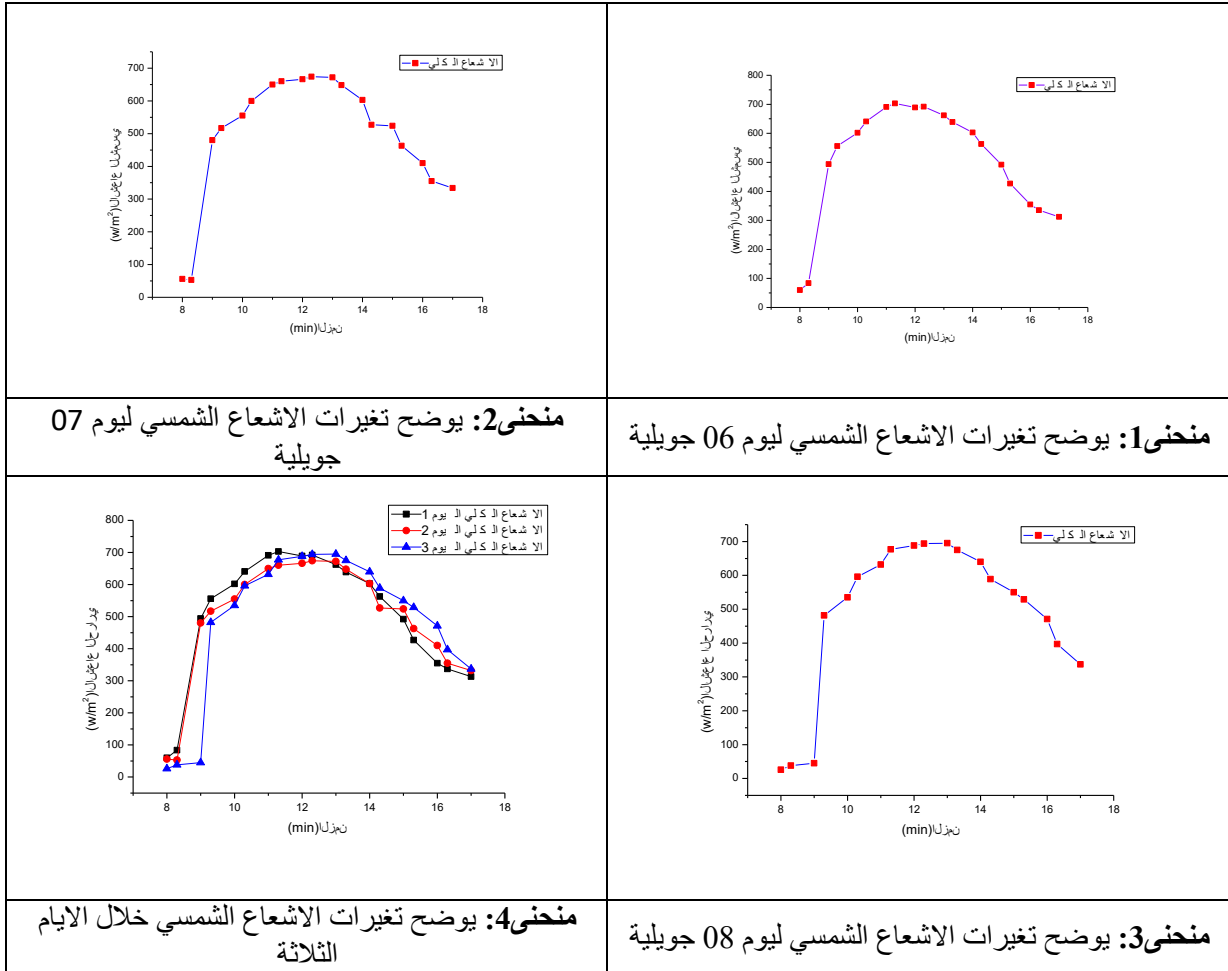
- ✓ الإشعاع الشمسي الكلي : كان في المجال، من $494w/m^2$ إلى $703.55w/m^2$ وقيمة الإشعاع هذه كافية لتسخين السطوح السوداء في النماذج الأولية للمقطرين.
- ✓ حركة الهواء: كانت حركة الهواء منعدمة تقريبا، من $0m/s$ إلى $2 m/s$.

- ✓ الضغط الجوي : إن الضغط الجوي كان أقل من 1atm بقليل وذلك لأن منطقة ورقة مرتفعة عن سطح البحر بـ 140 متر.
- ✓ الرطوبة الجوية النسبية: كان الجو جافاً، بحيث أن قيمة الرطوبة النسبية للهواء في المجال من 10.88% إلى 26.05%.
- ✓ درجة الحرارة الجوية : تتراوح قيمتها 29.06°C إلى 45.25°C .

3-5-4 المنحنيات التجريبية :

1-3-5-4 منحنيات الإشعاع الشمسي خلال أيام التجربة:

تم رسم منحنيات الإشعاع الشمسي الكلي

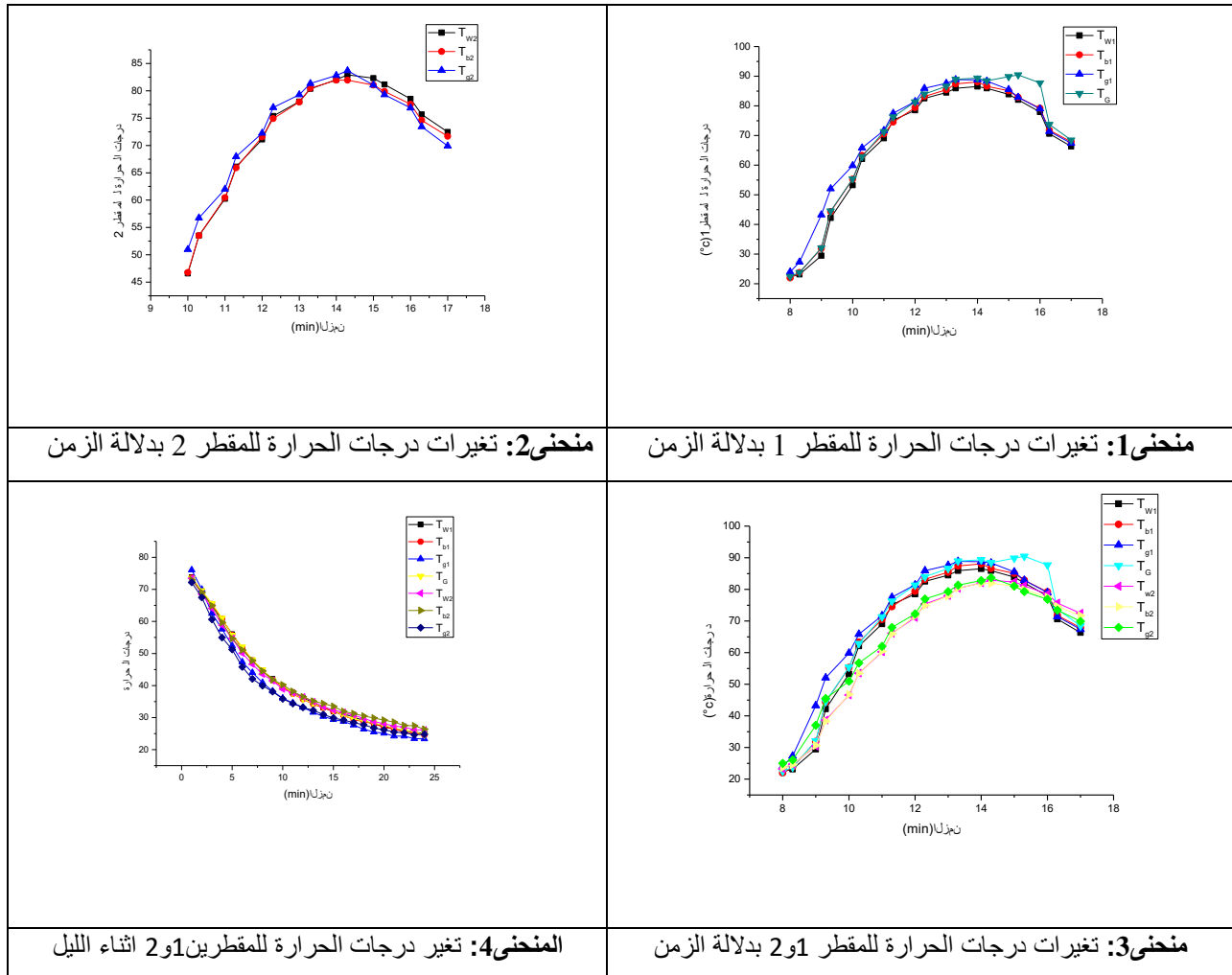


الشكل (3-4): منحنيات تغيرات الإشعاع الشمسي بدلالة الزمن

تحليل المنحنيات : نلاحظ في منحنيات الاربعة أن الإشعاع الشمسي الكلي يتزايد بمرور الزمن إلى أن يبلغ الذروة خلال الفترة من الساعة (11h:30min) إلى الساعة (14h: 00min) خلال الايام 6 و7 و8 من جويلية حيث نلاحظ ان اليوم 8 كان احسن، ثم يبدأ بالتناقص تدريجيا خلال الفترة المسائية. وبعد المقارنة بين النتائج التجريبية خلال أيام التجربة من حيث الإشعاع الشمسي والظروف الجوية السائدة وكمية الماء المقطر المنتجة كان يوم 8 جويلية الأحسن لذلك سوف يعتمد في الدراسة على النتائج المأخوذة خلال هذا اليوم.

4-3-5-2 مقارنة درجات الحرارة بين مقترين شمسين بسيطين

رسم منحنيات توضح درجات الحرارة لأجزاء المقطر بدلالة الزمن ورسم منحنيات توضح درجات حرارة المادة الموجودة داخل الأنابيب بدلالة الزمن.



الشكل (4-4): منحنيات تغيرات درجات الحرارة بدلالة الزمن

✓ تحليل المنحنى (4-4):

المنحني 1 والمنحني 2 والمنحني 3: نلاحظ تزايد مستمر في درجات حرارة أجزاء المقطر إلى ما بعد الزوال ثم تتناقص، وشحم السيارات الذي بداخل الأنابيب النحاس هو الجزء الذي له درجة حرارة أكبر ثم يليه السطح الأسود ثم الماء والسطح الداخلي للزجاج.

وهذا يفسر بأن داخل أنابيب النحاس لها درجة حرارة مرتفعة راجع إلى المادة التي بداخلها والتي لها القدرة العالية على تخزين الحرارة أدى إلى إرتفاع درجة حرارته لتنتقل منه إلى الماء ليسخن ثم يتبخر ويتكثف.

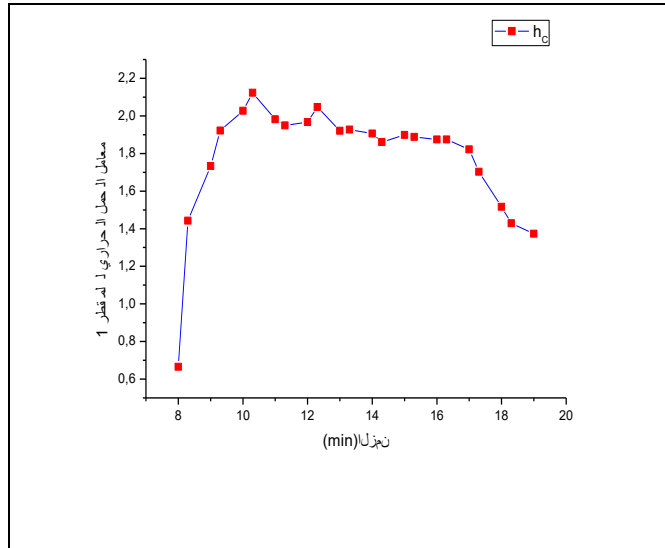
ونلاحظ أن درجات حرارة المقطر الأول أعلى من المقطر الثاني، هذا يفسر بأن درجة حرارة شحم السيارات العالية أدت إلى رفع درجة حرارة أجزاء المقطر 1.

المنحني 4 نلاحظ تناقص تدريجي لدرجات حرارة أجزاء المقطرين الا ان درجات حرارة المقطر المحسن اعلى من المقطر الشاهد والسبب في ذلك يعود الى الحرارة المخزنة داخل الأنابيب.

4-3-5-3 منحنى تغيرات معامل الحمل الحراري h_c بين الماء والغطاء الزجاجي بدلالة

الزمن :

باستعمال المعادلة (3. 7) في الفصل الثالث تم رسم منحنى h_c :



الشكل (4-5): منحنى تغيرات معامل الحمل الحراري بين الماء و الغطاء الزجاجي بدلالة

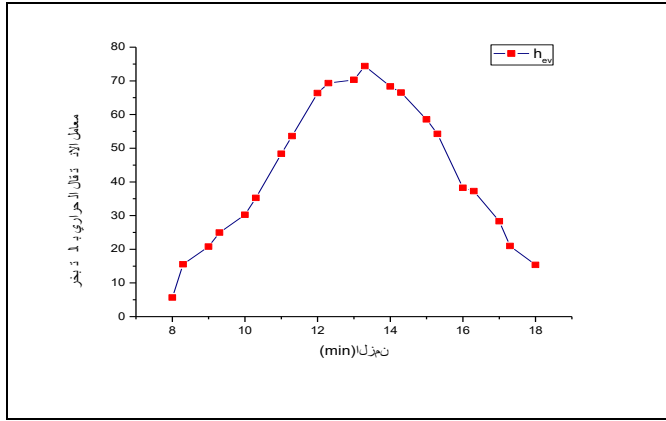
الزمن للمقطر 1

✓ تحليل المنحنى (5-4):

نلاحظ تزايد مستمر في المنحنى إلى ما بعد الزوال ثم يبدأ في التناقص حيث يفسر هذا بأن معامل الحمل الحراري (h_c) يتأثر بدرجة حرارة كل من الماء و الغطاء الزجاجي. المعادلة (7.3) في الفصل الثالث.

4-3-5-4 تفسير منحنى تغيرات معامل الإنتقال الحراري بالتبخير h_{ev} بين الماء و الغطاء الزجاجي بدلالة الزمن :

باستعمال المعادلة (10.3) في الفصل الثالث تم رسم منحنى h_{ev} :



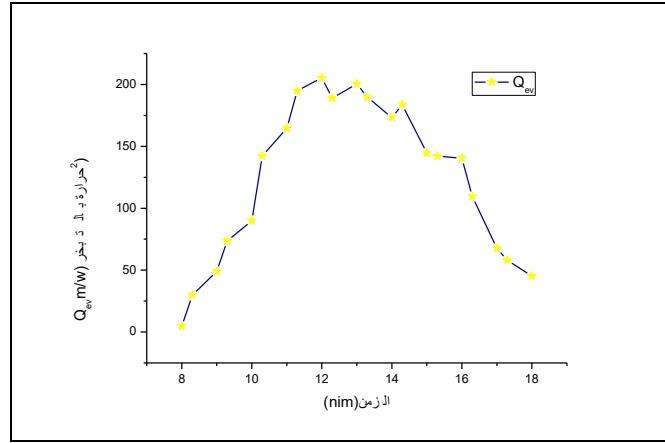
الشكل (6-4): منحنى تغيرات معامل الإنتقال الحراري بالتبخير بين الماء و الغطاء الزجاجي بدلالة الزمن

✓ تحليل المنحنى (6-4):

نلاحظ أن المنحنى في تزايد إلى غاية الساعة (13h:30min) ثم يبدأ في تناقص و هذا راجع لكونه مرتبط بمعامل الحمل الحراري (h_c) بين الماء و الزجاج

5-3-5-4 تفسير منحنى تغيرات الحرارة بالتبخير Q_{ev} بين الماء و الغطاء الزجاجي بدلالة الزمن:

باستعمال المعادلة (9.3) في الفصل الثالث تم رسم منحنى Q_{ev}



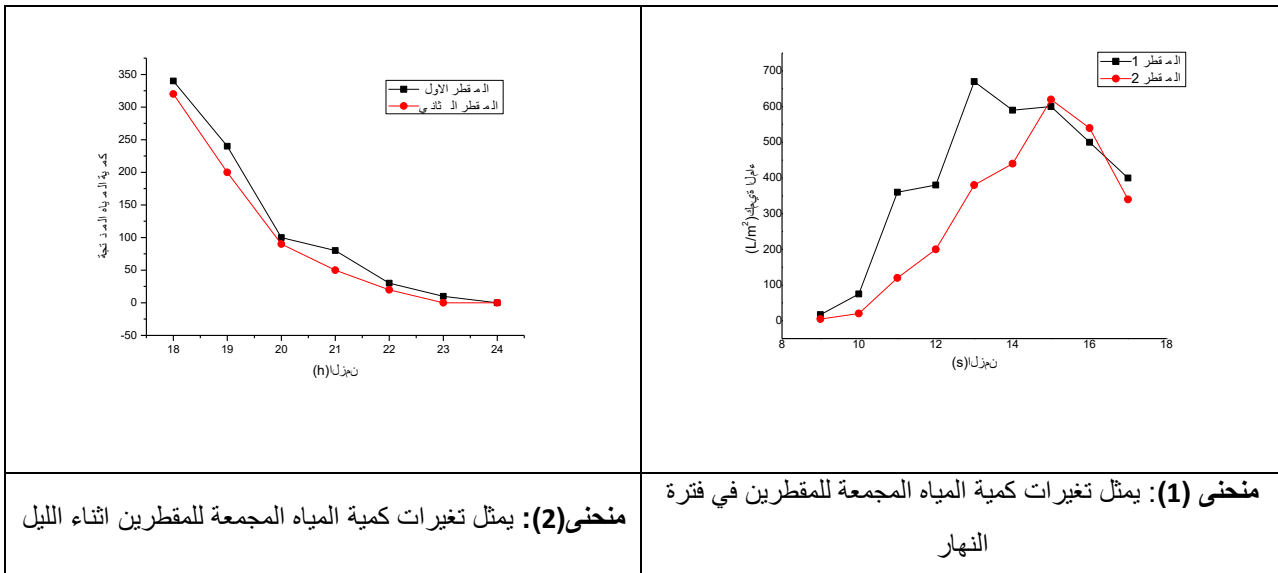
الشكل (4-7): منحنى تغيرات الحرارة بالتبخير Q_{ev} بين الماء و الغطاء الزجاجي بدلالة الزمن

✓ تحليل المنحنى (4-7) :

نلاحظ الزيادة في (Q_{ev}) بمرور الزمن إلى ان تصل إلى الذروة عند منتصف النهار ثم يبدأ بالتناقص إلى أن تنعدم تقريبا حيث يفسر هذا بأن الحرارة بالتبخير تتأثر بقيمة الفرق في درجة حرارة الماء والسطح الزجاجي وهما يتأثران بالإشعاع الشمسي .

5-3-5-4 مقارنة كمية الماء المجمعة تجريبيا في المقطرين الشمسين:

توضح المنحنيات تغيرات كمية الماء المجمعة تجريبيا في المقطرين الشاهد و المحسن بدلالة الزمن:



الشكل (4-8): منحنى كمية المياه المجمعة تجريبيا بدلالة الزمن للمقترين 1 و 2

✓ تحليل المنحنى 1:

نلاحظ أن هناك تزايد في كمية الماء المقطر المجمعة بمرور الزمن لكن كمية الماء المقطر المجمعة في الفترة ما بين (9h:15min) إلى (15h:00min) كانت في المقطر (1) أكبر مما هي عليه في المقطر (2) وسبب ذلك أن درجة حرارة سطح الاسود للمقطر (1) أكبر من درجة حرارة السطح الأسود للمقطر (2) وهذا يعود الى ان وجود انابيب النحاس فوق سطح الاسود للمقطر 1 ساهم في رفع درجة حرارة المياه وبهذا يزداد معامل h_{ev} مما يسمح بانتاج كمية كبيرة من المياه المقطرة.

ثم نلاحظ عند الساعة (15h:00min) نقطة تحول من حيث كمية الماء المقطر المجمعة أي أصبحت كمية الماء المقطر المجمعة من طرف المقطر (2) أكبر منها في المقطر (1) وذلك راجع لكون المقطر (1) اصبح في حالة التشبع اي ان درجة حرارة كل من السطح الاسود والماء والزجاج اصبحت متساوية مما جعل معدل التكثيف ضعيف اثر هذا الاخير على كمية المياه المقطرة المنتجة.

✓ تحليل المنحنى 2:

خلال الفترة الليلية هناك تناقص ملحوظ في كمية المياه المنتجة من المقطرين، إلى أن كمية المياه المقطرة في الاول كانت أحسن من الثاني وهذا يعود إلى الحرارة المخزنة داخل الأنابيب التي سمحت برفع معدل التبخير .

الخلاصة العامة

خلاصة عامة

يعتبر التقطير احد التقنيات البسيطة المستعملة في تحلية المياه وهذا ما جسد في هذا العمل باستعمال مقطر شمسي بسيط ذو الميل الواحد لكونه يعتمد على الطاقة الشمسية فقط، ويمكن الاشارة الى ان صناعة المقطر سهلة للغاية وتركيبته بسيطة وغير مكلف، واختيار المقطر الشمسي متعلق اساسا بخصائص تشغيله، ولذا ركز في هذه الدراسة على دراسة كمية الماء المقطر المنتجة من المقطرين ومن خلال التجربة المنجزة على ارض الواقع بجامعة قاصدي مرباح ورقلة ، وذلك بهدف تحسين المردود اليومي للماء المقطر.

لهذا الغرض طرح الاشكالية المتمثلة في عيب المقطر ذو المردودية الضعيفة وامكانية تحسين هذا المردود باستعمال مقطرين شمسين بنفس الأبعاد و نوع المواد المصنعة وتحت نفس الظروف الجوية، إلا أنه كان الاختلاف في اضافة للمقطر الشمسي الأول اضافات وترك المقطر الشمسي الثاني بدون أي اضافات (كشاهد).

نتائج التجربة

وبعد القيام بالتجربة تم استخلاص مجموعة من النتائج من خلال المنحنيات :

النتيجة الاولى : نلاحظ ان الإشعاع الشمسي يتحكم في زيادة درجات حرارة أجزاء المقطر الشمسي.

النتيجة الثانية: بإضافة الأنابيب فوق مبخر المقطر الاول سمح برفع درجة حرارته مقارنة بالمقطر الثاني .

النتيجة الثالثة: كمية الماء المقطرة في المقطر المحسن احسن من المقطر الشاهد إلا ان في فترة معينة كان انتاج المقطر الشاهد اكبر بنسبة ضئيلة من المقطر المحسن لأن درجة حرارة الماء و درجة حرارة السطح الزجاجي في المقطر الشاهد أقل مما هي عليه في المقطر المحسن أي أن الفرق في درجة الحرارة بين الماء و السطح الزجاجي في المقطر الشاهد كان أكبر بقليل مما هو عليه في المقطر المحسن، وفي الفترة الليلية كمية المياه المقطرة المنتجة في المقطر المحسن احسن من الشاهد.

النتيجة الرابعة: من خلال النتائج، كمية المياه المقطرة المتحصل عليها خلال 9 ساعات هي 2665 ml للمقطر الشاهد و 3592 ml للمقطر المحسن، تحسن مردود المقطر الشمسي بنسبة 35% و يمكننا القول أن الأنابيب المحشوة المضطفة كان لها تأثير اجابيا على مردود المقطر وبنسبة عالية.

النتيجة الخامسة: تتأثر الحرارة بالتبخر بين الماء والغطاء الزجاجي Q_{ev} بتغيرات الإشعاع الشمسي.

الملحق (الأرقام اللاحقة)

مقدمة : إن الأرقام اللاحقة الداخلة في العلاقات الرياضية المفسرة للظواهر الفيزيائية هي أرقام مقارنة بين ظاهرتين أو أكثر، ومن بين تلك الأرقام المستعملة في ظاهرتي انتقال الحرارة والكتلة وكمية الحركة نجد : رينولدز، نوسالت، براندل، جراثوف، رايلي. ولتعريف هذه الأرقام نعرف الأبعاد الفيزيائية التالية :

- "x" : البعد الخاص بسريان المائع في أي نظام سريان.
- d : نصف قطر الماسورة الخاصة بسريان المائع.
- δ : سمك الطبقات الحدية (δ_h تحريكية، δ_t حرارية، δ_m كتلية).
- L : طول الصفيحة المستوية.

1 رقم "رينولدز" (REYNOLDS)

$$(A-1) \quad Re = \frac{\rho U^2/x}{\mu U/x^2} = \frac{\rho U x}{\mu} = \text{(قوة اللزوجة)/(قوة العطالة)}$$

يقارن بين قوة العطالة للمائع ($\rho U^2/x$) وعمل قوة اللزوجة ($\mu U/x^2$) في بعد خاص لسريان المائع x وذلك بعد أخذ مرجع لقياس هذا البعد الخاص، و x يساوي d في حالة السريان داخل أنبوب أو قناة للسريان.

2 رقم "نوسالت" (NUSSELT)

وله ثلاثة علاقات حسب هندسة النظام :

العلاقة 1:

$$(A-2) \quad Nu = \frac{h.S. \Delta T}{\lambda.S.(\Delta T/x)} = \frac{h.x}{\lambda} = \text{(كمية الحرارة المتبادلة بالتوصيل)/(كمية الحرارة المتبادلة بالحمل)}$$

العلاقة 2:

$$(A-3) \quad Nu = \frac{\left(-\frac{\partial T}{\partial y}\right)_{y=0}}{\frac{\Delta T}{L}} = \text{(متوسط تدرج درجة الحرارة) / (تدرج درجة الحرارة على الجدار)}$$

العلاقة 3:

$$(A-4) \quad Nu = \frac{L}{\delta_t} = \text{(سمك الطبقة الحدية الحرارية) / (طول الصفيحة المستوية)}$$

3 رقم "براندل" (PRANDTL)

$$(A-5) \quad Pr = \frac{\nu}{a} = \frac{\mu/\rho}{\lambda/\rho C_p} = \frac{\mu C_p}{\lambda} = \text{(الانتشارية الحرارية) / (الانتشارية الحركية)}$$

يقارن بين انتشار المقدارين الفيزيائيين الحرارة و الكتلة، ونقصد بانتشار الحرارة هو التوصيل الحراري و انتشار الكتلة هو الانتشار الجزئي للمادة. و يقارن كذلك بين توزيع السرعة الخطية و توزيع درجة الحرارة .

4 رقم "جراشوف" (GRASHOF)

إن الحركة بالحمل الطبيعي الناتجة من تغير الكتلة الحجمية ودرجة الحرارة و تركيز المادة في نقطة ما، يؤدي إلى تعريف رقم ذو أهمية كبيرة في الحسابات و العلاقات التجريبية، والحمل الطبيعي أو الحر سواءً كان حراريا أو كتليا يكون في حالة غياب أي محفز لحركة المائع (القوى الخارجية معدومة) ما عدى القوى الداخلية كقوة العطالة و قوة أرخميدس والقوة الناتجة من تغير الكتلة الحجمية للمائع .
ونعرف معاملات التمدد عند ثبوت الضغط الخارجي :

β : معامل التمدد الحراري تحت ضغط ثابت . ξ : معامل التمدد الكتلي تحت ضغط ثابت .

$$(A-6) \quad Gr_t = \beta \Delta T \frac{g x^3}{\nu^2} \quad \text{ou} \quad \beta = -\frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \rho}{\partial T} \right) \quad \text{GRASHOF thermique}$$

$$(A-7) \quad Gr_M = \xi \Delta y_M \frac{g x^3}{\nu^2} \quad \text{ou} \quad \xi = -\frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \rho}{\partial y_M} \right) \quad \text{GRASHOF massique}$$

تعريف : يعبر رقم "جراشوف" عن جداء القوة الناتجة من تغيير الكتلة الحجمية و قوة العطالة مقسوم على مربع قوة اللزوجة . ولدينا تغير الكتلة الحجمية يؤدي إلى حدوث قوة أرخميدس و التي لها علاقة مباشرة بالكتلة الحجمية .

نقيس القوة بالنسبة لوحدة الحجم، فيكون لدينا :

قوة أرخميدس تساوي $\Delta \rho . g$ ، قوة العطالة تساوي $(\rho . U^2 / x)$ ، وقوة اللزوجة هي $(\mu . U / x^2)$ فيكون لدينا :

$$(A-8) \quad Gr_t = \frac{(\Delta \rho . g)}{\left(\frac{\mu U}{x} \right)^2} \left(\rho \frac{U^2}{x} \right) = \left(\frac{\Delta \rho}{\rho} \right) \frac{g x^3}{\nu^2} \quad \text{حيث :} \quad \mu = \rho \nu$$

و الدليل السفلي .: يدل على الظاهرتين : انتقال الحرارة .: t و انتقال الكتلة .: M .

$$\left(\frac{\Delta \rho}{\rho} \right)_t = \beta \Delta T \quad \text{حراريا :} \quad \left(\frac{\Delta \rho}{\rho} \right)_M = \xi \Delta y_M \quad \text{كتليا :}$$

ملاحظة : نستبدل رقم "رينولدز" برقم "جراشوف" في العلاقات التجريبية و شبه التجريبية في الجمل الطبيعي.

5 رقم "رايلي" (RAYLEIGH) : ويعطي بالعلاقة التالية : $Ra = Gr . Pr$

$$Ra_t = Gr_t \cdot Pr = \beta \Delta T \frac{gx^3}{\left(\frac{\mu}{\rho}\right)^2} \frac{\mu C_p}{\rho} = \beta \Delta T \frac{gx^3 \rho}{\mu} \quad \text{où} \quad \beta = -\frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \rho}{\partial T} \right)$$

$$Ra_M = Gr_M \cdot Pr = \xi \Delta T \frac{gx^3}{\left(\frac{\mu}{\rho}\right)^2} \frac{\mu C_p}{\rho} = \xi \Delta T \frac{gx^3 \rho}{\mu} \quad \text{où} \quad \xi = -\frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \rho}{\partial y_M} \right)$$

وهناك عدة علاقات تربط بين هذا الرقم اللابعدى ورقم نوسالت Nu وهي من الشكل $Nu = f(Ra)$ ، ونعرف نوعين من هذا الرقم هما:

المراجع

- [1] بلغالي، محمد. دراسات: سياسة إدارة الموارد المائية في الجزائر: تشخيص الواقع و آفاق التطوير. Elnahda, 2010, 104.2551: 1-70.
- [2] الشريف عدة و أحمد لبوابي "دراسة تجريبية لمقطر شمسي بمدينة ورقلة " مذكرة ماستر جامعة ورقلة 2016
- [3] دوايدي رشيدة " دراسة مقطر شمسي ذي مكثف مظل جزئيا , بفعل الإحتباس الحراري الشمسي في المناطق القاحلة "مذكرة الماجستير 2010
- [4] A.Madhlopa,C. Johnstone, Numerical study of a passive solar still with separate condenser, Renew . Energy 34(2009) 1668- 1677.
- [5] J.R. Vaillant, "Les Problème du dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtre France (1970).
- [6] K. AbdulMohsen Al-Shayji "Modeling, Simulation, and Optimization Of Large - Scale Commercial Desalination Plants", Ph.D. thesis, Faculty of the Virginia Polytechnie Enstitute and State University, Blacksburg, Virginia (1998).
- [7] S. AL-kharabsheh, D. Yogi Goswami " Theoretical and Experimental Analysis Of Water Desalination System Using Low Grade Solar Heat ", Ph.D. thesis , School of the University Of Florida, Transactions of the ASME 126 (2004) 774-780.
- [8] D Larger "le dessalement de l'eau de mer par compression de vapeur", Desalination 31 (1979) 125-130
- [9] A. K. Singh et G. N. Tiwarit, P. B. Sharma and Emran Khan "optimization of [9] orientation for higher yield of solar still for a given location", Energy conversion and Management, Pergamon 36 (1995)175-187.
- [10] A. Maurel, "le dessalement de l'eau de mer", la recherche mars 12 (1981) 322-331.
- [11] D.Callies, A.Clayer. J.Orssaud "Possibilités du procédé d'osmose", Desalination, 4 (1968) 55-60.
- [12] A. Maurel, "Dessalement et énergies nouvelles", Desalination 31 (1979) 489-499.
- [13] انتاج كيميائي تحلية المياه ،المملكة السعودية – المؤسسة العامة للتعليم التقني والتدريب المهني- الادارة العامة للتصميم و تطوير المناهج 241.
- [14] A.Kr.Tiwari,G.N.Tiwari "Thermal modeling based on solar fraction and experimental study of the annual and seasonal performance of a single slope passive solar still: The effect of water depths" Deesalination, 207(2007) 184-204.
- [15] A. Deslandes, "Historique de l'énergie solaire", publiée dans le périodique écologiste français silence numéro 206-207 (1996).
- [16] Y. Bouallati " Investigation sur la performance d'un distillateur solaire "Mémoire de magister. Université de Ouargla, département de physique (2004) .

- [17] M.El Haimer-M.Barkaoui - A.Irhzo - H.Legoff, " Distillateur solaire rustique a film capillaire et a multiples effets. essais expérimentaux a Casablanca " ,FIER'2002 , tétouan – Maro
- [18] S. Makdji Nafila , " Impact de l'écart de température (eau - capteur) sur l'efficacité globale d'un distillateur solaire " , mémoire de magistère , Université de constantine , département génie climatique (2002) .
- [19] M. A. Samee , U. K. Mirza , M. Tariq , A.Nasir " Design and performance of a simple single basin solar still " , Renewable and Sustainable Energy Reviews 11 (2007) 543–549 .
- [20] E. Hassan , E.S. Fath " High performance of a simple design , two effect solar distillation unit " , Desalination 107 (1996) 223-233 .
- [21] M. Hassan Selami, "Utilisation de l'énergie solaire pour la déminéralisation des eaux saumâtre dans les sud Algérien", mémoire de magistère. Université de Ouargla (2000).
- [22] تخة محمد ، " دراسة مقارنة وتحسين لمختلف المقطرات الشمسية لإنتاج المياه الصالحة للشرب في المناطق الجافة الصحراوية " ، مذكرة ماجيستر ، جامعة ورقلة (2004)
- [23] A.Khedmi, K. Schwarzer, C.Faber, C. Mtiler "production de centralisée de l'eau potable l'énergie solaire", desalination 168(2004)13-20.
- [24] د.حسن خالد حسن العكيدي "تكنولوجيا معالجة المياه"، دار زاهر للنشر والتوزيع بعمان الاردن، رقم الابداع لدى دائرة المكتبة الوطنية 2001/7/1563(553.7).
- [25] Holman.J, Heat Transfer,4th ed. McGraw-Hill,New York (1976)
- [26] Welly,J.R .Wicks, C.E and Wilson ,R.E ,Fundamentals of Montentum ,Heat and Mass Transfer,5rd. Ed ,John Wiley & Sons,(1984).
- [27] David P. Dewitt, Fundamentals of ,Heat and Mass Transfer ,5rd. Ed ,John Wiley & Sons,(1984) .
- [28] Karn ,D., Process Heat Transfer,McGraw-Hill International Student edition ,New York(1950).
- [29] J.F. SACADURA"Initiation aux transfert thermique" France -1977
- [30] محمدالبار سوداني (تحقيق علمي لمركز شمسي أسطواني مكافئ ذي غطاء زجاجي)مذكرة الدكتوراه جامعة ورقلة 2018
- [31] H.E.S.Fath ,H.M. Hosny, thermal performance of a single- sloped basin still with an inherent built – in additional condenser, desalination142(2002) 19- 27.

- [32] Eaux saumâtre dans les sud Algérien" thèse de magistère (2000) Université de Ouargla.
- [33] J.R.VAILLANT "les problème du dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtre"-France-1975.
- [34] M. Abu-Arabi, Y . Zurigat, H. Al-Hinia, S. Al-Hiddabi, Modeling and performance analysis of a solar desalination unit with double- glass cover cooling, Desalination 143 (2002) 173-182.
- [35] P.LE GOFF"Nouvelles techniques appropriées de production d'eau potable pour zones arides" –CNRS-ENSIC-INPL-France -1986.
- [36] V.Velmurugan, M. Gopalakrishnan, R. Reghu, K. Srithar , Single basin solar still with fin for enhancing productivity , Energy Convers. Manag. 49 (2008) 2602-2608.
- [37] Y.H.Zurigat, M.k. Arabi, Modeling and performance analysis of a regenerative solar desalination Unit, Appl. Them. Eng. 24 (2004) 1061-1072.
- [38] H . Al-Hinai, M.S.Al-Nassri, B.A. Jubran, Parametric investigation of a double effect solar still in comparison with a singl-effect solar still , Desalination 150 (2002) 75-83.
- [39] H.S.Aybar, H. Assefi, simulation of a solar still to investigate water depth and glass angle, Desalin . Water Treat. 7(2009) 35-40 .
- [40] محمد مصطفى بالحاج (المساهمة في تحسين التقطير الشمسي في المناطق الجافة والصحراوية بواسطة المقطر الشمسي المزدوج)، جامعة ورقلة، ماجستير 2008

المخلص:

في إطار تطوير وتحسين منظومة التقطير الشمسي بإستعمال الطاقة الشمسية و السعي لتحسين المردود اليومي لإنتاج الماء المقطر من خلال نماذج التجريبية المقترحة و المعتمدة حاليا في دراسة التقطير الشمسي حيث تم الاعتماد في هذه الدراسة على المقطر البسيط ذو الميل الواحد و التركيبة التجريبية السهلة و البسيطة من جهة، و الذي يعمل بالطاقة الشمسية لكونها متجددة و غير مكلفة من جهة أخرى . و الهدف من هذه الدراسة هو تحسين أداء المقطر الشمسي البسيط بإستعمال انابيب نحاس محشوة بشحم السيارات وكانت التجارب تعتمد على مقطرين، الأول اضفنا عليه تحسينات ، والثاني (شاهد) قمنا بطلاء مبخره بطلاء اسود غير براق، حيث تمت التجربة بوضع أنابيب النحاس فوق مبخر المقطر الأول وإجراء المقارنة بين الأول والثاني و بينت التجربة ان نتائج المقطر المحسن أفضل بنسبة 35% من المقطر الشاهد لأن الأنابيب كان لها تأثير جيد في تخزين الحرارة وإمتداد فترة تبخير المياه.

Abstract:

Within the framework of developing and improving the system of solar distillation by using solar energy and striving to improve the daily yield of distilled water production through the proposed and currently adopted experimental models in the study of solar distillation, as this study relied on the simple one-mile distillation and the easy and simple experimental combination on the one hand Which is powered by solar energy because it is renewable and inexpensive on the other hand. The aim of this study is to improve the performance of simple solar distillers by using copper tubes filled with automobile grease, and the experiments were based on two distillates, the first we added improvements, and the second (see) we painted an incense burner with a matte black paint, where the experiment was done by placing copper tubes over the evaporator of the first distillate And a comparison between the first and the second, where the experiment showed that the results of the improved distillation are better than the control distillation because the tubes had a good effect in storing heat and extending the period of water evaporation.

Key Words:

Distillation process, solar distillation, single inclination solar distillation, solar radiation, heat transfer, condensation, evaporation, evaporator