



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



رقم الترتيب:.....

رقم التسلسل:.....

جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي

كلية العلوم الدقيقة

قسم : الفيزياء

مذكرة تخرج لنيل شهادة

ماستر أكاديمي

مجال: علوم المادة

تخصص: فيزياء اشعاع و طاقة

من اعداد: عبادي نهال، خياري مروة

إستعمال مواد تخزين الطاقة (إسطوانات الفحم) لتحسين
محصول نواتج التقطير الشمسي في
منطقة الوادي

نوقشت يوم: 2021/06/27

أمام لجنة المناقشة المكونة من الأساتذة:

رئيسا

أستاذ محاضر- أ -

الربي عبد القادر

مناقشا

استاذ محاضر- أ -

حاج عمار محمد علي

مؤطرا

أستاذ محاضر- أ -

عطية محمد الهادي

الموسم الجامعي 2020 / 2021

الإهداء

بسم الله الرحمن الرحيم

(قل اعملوا فسيرى الله عملكم ورسوله والمؤمنون)

صدق الله العظيم

إلهي لا يطيب الليل إلا بشكرك ولا يطيب النهار إلا بطاعتك.. ولا تطيب اللحظات إلا بذكرك..
ولا تطيب الآخرة إلا بعفوك.. ولا تطيب الجنة إلا برويتك

" الله عز وجل "

اهدي عملي هذا:

إلى صاحب الفكر المستنير من كان رمز الفخر والعتاء إلى من كان قدوة اقتدي بيه إلى من
سعى جاهدا في تعليمي وتربيتي إلى أبي الغالي

"عبادي عبادي"

إلى التي كرم الله وجودها وجعل الجنة تحت أقدامها والتي أنارت دربي إلى من رافقتني
دعواتها في كل خطوة من خطوات حياتي إليك أُمي الحبيبة والغالية

" تواتي منى "

إلى من عشت معهم جو عائلي مليء بالحب و العطاء إلى إخوتي " إيناس، نزار، فراس
عمار، انتصار، منتصر بالله" و ابنة أختي "ياسمين"

والى روح الأم الثانية خالتي العزيزة، تغمدها الله بواسع رحمته واسكنها الفردوس الأعلى

" تواتي شفيقة "

إلى من تقاسمت معها مشواري الجامعي وأحلى الذكريات رفيقة العمر

" خيارى مروة "

وإلى كل الأهل والزملاء والأصدقاء والى سندي ورفيقة الطفولة

" شعباني روميصة "

عبادي نهال

الإهداء

اهدي ثمرة جهدي وخلاصة عملي :

إلى من كلله الله بالوقار و علمني العطاء بدون انتظار أرجو أن يمد الله في عمره لتتري ثمارا قد
حان قطفها وستبقى كلماتك نجوم اهتدي بها اليوم وفي الغد وإلى الأبد والدي العزيز

"خيارى الأزهر"

إلى نبع المحبة والحنان والوفاء، إلى أعلى ما في الوجود إلى من كان دعائها سر نجاحي أمي
الحيبية والغالية أطال الله في عمرها

"مسغوني يمينة"

إلى سندي في الحياة وأجزاء روحي وذاتي أخواتي

"منيرة، خلود، عفاف، أبرار"

وإهدائي الخالص لخطيبي الذي كان سندا في مشواري

إلى رفيقة دربي التي تذوقت معها أجمل اللحظات إلى صديقة عمري

"عبادي نهال"

إلى جميع العائلة والزلاء وإلى صديقات الدراسة

"شنوف ضحى"

"عطا لله أميرة"

خيارى مروة

الشكر و العرفان

"كن عالماً... فإن لم تستطيع فكن متعلماً فإن لم تستطيع فأحب العلماء فإن لم تستطيع فلا تبغضهم"

بعد رحلة بحث وجهد واجتهاد تكلفت بإنجاز هذا البحث، نحمد الله عز وجل على نعمه التي منّ بها علينا فهو العليّ القدير كما لا يسعنا إلا أن نخص بأسمى عبارات الشكر والتقدير للأستاذ والدكتور المشرف على البحث

"عطية محمد الهادي"

على ما قدمه لنا من نصح ومعرفة في إتمام هذا البحث ومد لنا يد المساعدة وزودنا بالمعلومات اللازمة لإنجاز هذا البحث

إلى كل من زر عوا التفاؤل في دربنا وقدموا لنا المساعدات والتسهيلات والأفكار والمعلومات جميع أساتذتنا الكرام لهم منا كل الشكر

وكما نتقدم بجزيل الشكر إلى الأساتذة الكرام الذين قبلوا مناقشة مذكرتنا

نهدي إليكم بحثنا المتواضع ونتمنى أن ينال رضاكم

فهرس المحتويات

الصفحة	العنوان
I	الاهداء.....
II	الاهداء.....
III	التشكرات.....
IV	فهرس المحتويات.....
VIII	فهرس الأشكال.....
X	فهرس الجداول.....
XI	فهرس الرموز.....
	المقدمة العامة
1	مقدمة عامة.....
	الفصل الأول: الإشعاع الشمسي
7	1.1 مقدمة.....
7	2.1 الإشعاع الشمسي.....
7	1.2.1 تعريف الإشعاع الشمسي.....
8	3.1 التوزيع الطيفي للإشعاع الشمسي.....
9	4.1 الثابت الشمسي.....
10	5.1 الزاوية الشمسية.....
10	1.5.1 زاوية الميل الشمسي.....
11	2.5.1 زاوية الارتفاع الشمسي h
12	3.5.1 زاوية الذروة θ_h
12	4.5.1 زاوية السميت الراسي a
13	5.5.1 زاوية الذروة φ_h
13	6.5.1 زاوية الساعة الشمسية ω
14	6.1 معادلة التصحيح الزمني E_t
15	7.1 الكتلة الهوائية الضوئية AM.....
16	8.1 الإشعاع الشمسي على مستوى سطح الأرض.....
17	1.8.1 الإشعاع الشمسي المباشر.....
17	2.8.1 الإشعاع الشمسي المنتشر أو مشتت.....
17	3.8.1 الإشعاع الشمسي الكلي.....
17	9.1 مركبات الشعاع الشمسي.....
18	1.9.1 مركبة الإشعاع الشمسي المباشر.....

19	..... 2.9.1 . مركبة الإشعاع الشمسي المنتشر على سطح
19	..... 10.1. الخاتمة
الفصل الثاني: التحويلات الحرارية للمقطر الشمسي البسيط	
21	..... 2.1. المقدمة
21	..... 2.2. الدراسة النظرية للمقطر الشمسي البسيط
21	..... 1.2.2 الميزان الطاقوي للمقطر
22	..... 2.2.2 الميزان الطاقوي للزجاج
22	..... 3.2.2 الميزان الحراري للماء
22	..... 4.2.2 الميزان الحراري للحوض الداخلي
23	..... 5.2.2 الميزان الحراري للعازل
23	..... 6.2.2 تدفق الماء المقطر
24	..... 7.2.2 معاملات التبادل الحراري
24	..... 1.7.2.2 انتقالات الحرارة بالإشعاع ماء- زجاج
24	..... 2.7.2.2 انتقال الحرارة بالحمل ماء- زجاج
24	..... 3.7.2.2 انتقال الحرارة بالتبخير
25	..... 4.7.2.2 انتقال الحرارة بالإشعاع زجاج- وسط
25	..... 5.7.2.2 انتقال الحرارة بالحمل زجاج- محيط
25	..... 6.7.2.2 انتقال الحرارة بالحمل حوض- ماء
26	..... 7.7.2.2 التدرج للحرارة
27	..... 8.7.2.2 انتقال الحرارة بالتوصيل العازل- الحوض
27	..... 9.7.2.2 انتقال الحرارة بالتوصيل عبر العازل
27	..... 10.7.2.2 انتقال الحرارة بالحمل عبر العازل
27	..... 11.7.2.2 انتقال الحرارة بالإشعاع عبر العازل
27	..... 3.2 الخاتمة
الفصل الثالث: الدراسة التجريبية و المناقشة	
29	..... 1.3 المقدمة
29	..... 2.3 إحدائيات المنطقة

29	..... 3.3 المقطر الشمسي البسيط
29	..... 1.3.3 تعريفه
29	..... 2.3.3 مبدأ عمله
30	..... 3.3.3 طريقة عمله
30	..... 4.3.3 المقطر الشمسي ذو الميل الواحد
30	..... 5.3.3 مكوناته
32	..... 4.3 مكونات اللازمة لتصنيع المقطر الشمسي البسيط
35	..... 5.3 خطوات تصنيع المقطر الشمسي البسيط
37	..... 6.3 أجهزة وأدوات القياس المستعملة في التجربة
37	..... 1.6.3 جهاز متعدد القياسات
38	..... 2.6.3 بيرانومتر
39	..... 3.6.3 جهاز آل PH متر
40	..... 4.6.3 جهاز قياس الناقلية الكهربائية
40	..... 5.6.3 أنبوب المدرج
41	..... 7.3 الخطوات التجريبية
41	..... 1.7.3 التجربة الأولى
42	..... 2.7.3 التجربة الثانية
44	..... 8.3 النتائج التجريبية
45	..... 9.3 تحليل النتائج
45	..... 1.9.3 الإشعاع الشمسي وتطور درجة حرارة الجو
46	..... 2.9.3 تطور درجة حرارة الزجاج من الداخل
47	..... 3.9.3 تطور درجة حرارة الزجاج من الخارج
48	..... 4.9.3 تطور درجة حرارة الماء
49	..... 5.9.3 تطور كمية الماء المقطر الناتج
50	..... 10.3 الخاتمة
	الخاتمة العامة
52	..... الخاتمة العامة

قائمة المراجع

54 قائمة المراجع

فهرس الأشكال

الصفحة	العنوان	الشكل
الفصل الأول: الإشعاع الشمسي		
8	المسافة بين الأرض والشمس.....	(1-1)
9	محاكاة إشعاع الجسم الأسود لطيف الإشعاع الشمسي.....	(2-1)
10	زاوية ميل الشمس.....	(3-1)
11	تغيرات زاوية ميل الشمس خلال أيام السنة.....	(4-1)
12	الزوايا الشمسية (h, a, z).....	(5-1)
13	زوايا السمات الراسي.....	(6-1)
14	زاوية الميلان الشمسي والساعة.....	(7-1)
15	بيان تغيرات التصحيح الزمني خلال أيام السنة.....	(8-1)
16	الكتلة الهوائية الضوئية.....	(9-1)
17	أنواع الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض.....	(10-1)
18	الزاوية الشمسية بالنسبة لسطح مائل من الأفق.....	(11-1)
الفصل الثاني : التحويلات الحرارية للمقطر الشمسي البسيط		
21	الميزان الطاقوي للمقطر الشمسي.....	(1-2)
الفصل الثالث : الدراسة التجريبية و المناقشة		
30	مقطر بسيط بميل واحد.....	(1-3)
31	رسم تخطيطي للهيكل الخارجي.....	(2-3)
38	جهاز متعدد القياسات.....	(3-3)
38	جهاز البيرانومتر.....	(4-3)
39	جهاز قياس أل PH متر.....	(5-3)
40	جهاز قياس الناقلية الكهربائية.....	(6-3)
40	الأنبوب المدرج.....	(7-3)
41	المقطر الشمسي البسيط المنجز.....	(8-3)
43	رسم تخطيطي لاسطوانات الفحم داخل صندوق المقطر.....	(9-3)
43	صورة توضيحية للمقطر الشمسي الشاهد والمحسن (أسطوانات الفحم).	(10-3)

44	.....تحليل الماء المالح والماء المقطر.....	(11-3)
45	.....صورة فوتوغرافية للبروتوكول التجريبي.....	(12-3)
46	منحنى تغيرات كلا من درجة الحرارة الجو وشدة الإشعاع الشمسي.....بدلالة الزمن خلال يوم التجربة.....	(13-3)
47	منحنى تغيرات درجة حرارة الزجاج من الداخل للمقطرين الشمسين.....بدلالة الزمن.....	(14-3)
48	منحنى تغيرات درجة حرارة الزجاج من الخارج للمقطرين الشمسين.....بدلالة الزمن.....	(15-3)
49	منحنى تغيرات درجة حرارة الماء المالح داخل للمقطرين الشمسين.....بدلالة الزمن.....	(16-3)
50	.....تطور كمية الماء المقطر الناتج بدلالة الزمن.....	(17-3)

فهرس الجداول

الصفحة	العنوان	رقم الجدول
	الفصل الثالث	
32	الأدوات اللازمة لصناعة المقطر.....	(1-3)
35	مراحل تصنيع المقطر الشمسي البسيط.....	(2-3)
44	الأحوال الجوية للتجربة.....	(3-3)
44	نتائج تحليل للماء المستعمل.....	(4-3)

فهرس الرموز

الوحدة	الإصطلاحات	الرموز
w/m^2	الثابت الشمسي الواصل الى طبقة الجو المحيط بالأرض	I_0
يوم	رقم اليوم من السنة الشمسية $N_j = 1.2 \dots \dots 365$	N_j
يوم	يمثل رقم اليوم في السنة من 1 الى 365	N
-	زاوية الميل الشمس	δ_s
Min	معادلة التصحيح الزمني	E_T
w/m^2	المركبة النظامية لتدفق لإشعاع الشمسي المباشر	I_{0h}
W	المركبة تدفق الإشعاع الشمسي المباشر لسطح مائل	$I_{0\beta}$
W	تدفق حراري بالإشعاع بين فيلم الماء والزجاج	$Q_{r.e-vi}$
W	تدفق حراري بالحمل بين فيلم الماء والزجاج	$Q_{c.e-vi}$
W	تدفق حراري بالتبخر-التكثيف بين فيلم الماء والزجاج	Q_{evap}
W	تدفق حراري الضائع للزجاج بالإشعاع نحو الخارج	$Q_{r.v.e-ciel}$
W	تدفق الحراري الضائع للزجاج بالحمل نحو الخارج	$Q_{c.v._a}$
-	الناقلية الحرارية للزجاج	λ_v
M	سمك الزجاج	δ_v
W	تدفق حراري بالحمل بين قاعدة المقطر وفيلم الماء	$Q_{c.b.-e}$
Bar	امتصاص الماء الموجود في قاعدة المقطر (في هذه الحالة القيمة معدومة)	P_e
W	تدفق حراري الضائع بالتوصيل للحوض	$Q_{c.d}$
W	تدفق حراري بالتوصيل بين الحوض والعازل الحراري	$Q_{c.d.b-iso.i}$
Kg	كتلة الماء المقطر	M
J/Kg	الحرارة الكامنة للتبخير	L_V
C^0	درجة حرارة الماء	T_e
C^0	درجة حرارة الزجاج	T_V
-	معامل تحويل الحرارة بالإشعاع بين فيلم الماء والزجاج	$Q_{r.e-v}$
-	معامل الانبعاثية الفعالة	ϵ_{eff}
$W/m^2.k^4$	ثابت ستيفان بولتزمان	σ
-	معامل انبعاثية الماء	ϵ_e
-	معامل انبعاثية الزجاج	ϵ_V
$W/m^2.K$	معامل تحويل الحرارة بالحمل بين فيلم الماء والزجاج	$h_{c.e-v}$
$W/m^2.K$	معامل تحويل الحرارة بالتبخر-التكثيف بين فيلم الماء والزجاج	h_{evap}
$W/m^2.K$	معامل انتقال الحرارة بالإشعاع من الزجاج الى السماء	$h_{r.v-ciel}$
C^0	درجة حرارة السماء	T_{ciel}
m/s	سرعة الرياح	V
$W/m^2.K$	معادلة تحويل الحرارة بالحمل بين قاع الخزان وفيلم الماء	$h_{c.b-e}$
$W/m.K$	الموصلية الحرارية للمائع (الماء)	λ_f
k^{-1}	معامل التمدد الحجمي للماء	β
(m)	طول العلبة الماصة	L

kg/m^3	الكتلة الحجمية للماء	ρ
m/s^2	تسارع الجاذبية	g
$Kg/m.s$	معامل اللزوجة الديناميكية	μ
$^{\circ}C$	درجة حرارة الحوض	T_b
$^{\circ}C$	درجة حرارة العازل	T_i
$W/m.k$	الموصلية الحرارية للعبء	λ_b
m	سمك الحوض	δ_{iso}
$W/m^2.k$	معامل تحويل الحرارة بالحمل بين العازل والهواء الخارجي	h_{iso-a}

المقدمة العامة

المقدمة العامة

الطاقة المتجددة هي عبارة عن مصادر طبيعية دائمة ومتوفرة في الطبيعة ومتجددة باستمرار، وهي نظيفة لا ينتج عن استخدامها تلوث بيئي نسبيا، ولها عدة مصادر من بينها طاقة الرياح، المد والجزر، الأمواج، طاقة المياه والطاقة الحرارية والطاقة الشمسية التي تعتبر فالأصل هي الطاقة الرئيسية. بحيث تعتبر الشمس منذ القدم مصدر أساسي للطاقة على سطح الأرض، حيث تطور استعمالها عبر العصور بتطور العلوم والتكنولوجيا فبعد أن استخدمها الإنسان فالتدفئة والتجفيف استغلها لتسخين الماء اعتمادا على مبدأ (التحويل الإشعاعي - الحراري) [3-1].

يعتبر الماء عنصر حيوي وقاعدة أساسية تقوم عليها الحياة فوق الأرض حيث تعادل نسبة الماء على سطح الكرة الأرضية 71% إلا أن 97% من مياه المالحه و3% مياه عذبة تلتقي هذه المياه العذبة متجمدة في القطب الشمالي والجنوبي في حين أن الكثير من دول العالم تعاني من نقص المياه الصالحة للشرب ومياه الأنهار ليس من السهل الوصول إليها وغير مطابقة للقواعد الصحة وتعتبر الجزائر واحدة من بين الدول التي تعاني من ندرة المياه الصالحة للشرب وذلك راجع إلى التوزيع الخاطئ للمياه وعدم انتظام سقوط الأمطار فصليا وسنويا وكذلك ملئ الخزانات بالترسبات وهذا بسبب قدم شبكات التوزيع المحلية والتلوث والنقص في الصيانة وبالنظر إلى موقعها الجغرافي في شمال الساحل الإفريقي ومساحاتها الكبيرة التي تقدر ب Km^2 2381741 إلا أن الجزائر تتميز بقله المياه الصالحة للشرب في المناطق المعزولة خاصة منطقة الوادي التي تقع في الجنوب الشرقي لها [4-6].

بالإمكان أن نحصل على الماء الصالح للشرب بعدة طرق، غير أن معظم هذه الطرق مكلفة ماديا ونذكر أن الماء الصالح للشرب ليس فقط ذلك الماء الذي لا يحتوي على نسبة الأملاح بشكل محسوس لكن هناك عناصر كيميائية ما أن تنقص أو تزيد تؤدي إلى عدم صلاحيته إلا بعد تعديله، اضافة الى وجود بكتريا ضارة وفيروسات تضر بصحة الانسان. يعتبر التقطير الشمسي كحل لمشكلة نقص المياه الصالحة للشرب حيث إن إنتاج الماء النقي بتقنية التقطير الشمسي لها أفاق كبيرة في الصناعة والاقتصاد وذلك لان الطاقة المستهلكة في إنتاجه هي طاقة حرارية أصلها الإشعاع الشمسي الملتقط من السطوح السوداء، هذه السطوح تسخن عند استقبالها لأشعة الشمس ومنه يمكن الاستفادة من الحرارة التي يمكن تحويلها إلى حرارة تبخير الماء المالح. فتبقى

الأملح مترسبة فوق السطح الساخن وينتج لنا بخار ماء نعرض البخار لسطح بارد فتحدث عملية التقطير [7-9].

يعتبر المقطر الشمسي ذو الميل الواحد، من أكثر المقطرات الشمسية استعمالاً في العالم. وقد أجريت عليه عدة أبحاث نظرية وتجريبية نذكر منها:

أجريت تجارب على مقطر الشمسي ذو الميل الواحد، ووجد أن فعالية المقطر تزداد مع زيادة الميل من 0° إلى 33.3° ، وتصل المرودية تبعاً لذلك إلى 30.65% [10].

كما أجريت دراسات نظرية وتجريبية على المقطر الشمسي ذو الميل الواحد لدراسة تأثير كل من الإشعاع الشمسي وسرعة الرياح ودرجة حرارة الهواء والمحيط وميل الزجاج وعمق الماء في الحوض [11]. وأثبتت النتائج أن إنتاج الماء المقطر يزداد ب 35% إذا زادت درجة حرارة هواء المحيط من 17° إلى 30° .

كما بينوا باحثين آخريين أن نشارة الخشب من أحسن المواد التي تستعمل في عزل المقطر الشمسي.

كما أجريت تجارب على مقطر الشمسي ذو الميل الواحد بإضافة كرات من الألمنيوم. أثبتت النتائج أنه كرات الألمنيوم امتصت الإشعاع الشمسي بشكل جيد وبالتالي ساهمت في رفع درجة حرارة الماء المالح داخل حوض المقطر. وعليه فإن كرات الألمنيوم أعطت نتيجة إيجابية [12].

Okeka et al. [13] أجروا تجربة على لاقط منحدر شمسي واحد باستخدام الفحم كمتص. أظهرت النتائج أن الفحم الممتص عزز إنتاجية التقطير الشمسي.

Tris et al. [14] درس الاقط الشمسي مع اضافة مواد ماصة مختلفة. كانت المواد الماصة المستخدمة هي الفحم، والطلاء الأسود، والصخور الصخرية السوداء. أظهرت النتائج أن الفحم الشمسي المدمج مع لوح مسطح يعطي إنتاجية أعلى من الطلاء الأسود والصخور الصخرية السوداء.

أجرى **Abu-Hijleh and Rababa'h [15]** تجارب في التقطير الشمسي باستخدام مكعبات إسفنجية في الحوض. تم استخدام قطعتين متماثلتين من اللواقط الشمسية مع وبدون مكعبات إسفنجية. تم استخدام مكعبات الإسفنج لزيادة مساحة سطح التقطير الشمسي. وخلصوا إلى أن مكعبات الإسفنج كانت عززت إنتاجية التقطير الشمسي.

[16] Kumar et al. إجراء تحقيقات تجريبية على اللواقط الشمسية باستخدام الزعانف. هذه الزعانف عبارة عن أنابيب مربعة متناظرة. تم تخزين كمية صغيرة من شمع البارافين في الفراغ المجوف في زعانف الأنابيب المربعة. وأكدت النتائج أن الزيادة في معدلات الكفاءة عند استخدام الزعانف بلغت نسبة 95%.

[17] Kabeel et al. تم إجراء مقارنة تجريبية بين تكوينين. أكد المؤلفون أن الإنتاج اليومي لحوض واحد من الجرافيت يساوي 7.73 لتر / م²، مع العلم أن الإنتاج في الحوض الفردية التقليدية يبلغ حوالي 4.41 لتر / م².

[18] Akash et al. طوروا مقارنة بين مواد مختلفة مثل المطاط الأسود غير اللامع والحبر الأسود والأصباغ السوداء داخل الألواح الشمسية لتخزين الطاقة الحرارية. وأكد الباحثون أن المطاط الأسود أكثر إنتاجية بنسبة 38% مقارنة بالمواد الأخرى. تبلغ الزيادة في ناتج التقطير حوالي 29% للحبر الأسود و25% للصبغة السوداء.

[19] El Sebail et al. طوروا دراسات تجريبية على التقطير الشمسي ذي الزعانف الرأسية. وزاد الباحثون عدد الزعانف في المناطق الساكنة وأكدوا أن الإنتاجية تحسنت بنحو 13.7%.

[20] Samuel et al. درسوا تأثير مواد التخزين المختلفة مثل كرات الملح وإسفنج على إنتاجية التقطير الشمسي. وخلصوا إلى أن الإنتاج اليومي عند استخدام كرات الملح يصل إلى 3700 مل / م²، ويصل إلى 2700 مل / م² عند استخدام الإسفنج.

[21] Nafey et al. أجرى تأثير استخدام الحصى الأسود والمطاط الأسود في حوض الاقط. أظهرت النتائج زيادة الإنتاج بنسبة 19% لاستخدام الحصى الأسود بسمك 10 مم، و20% للمطاط الأسود بسمك من 20 إلى 30 مم مع العلم أنه يساوي 2200 مل / م² بدون تخزين.

[22] Omara and Kabeel تدرس وحدة التقطير الشمسي. وخلصوا إلى أن الإنتاج اليومي قد تحسن بنسبة 42% مع طبقة الرمال السوداء، وبنسبة 17% مع طبقة الرمال الصفراء.

[23] El-Sebail et al. أجريت دراسة للمقارنة بين أحجام مختلفة من سمك المطاط الأسود وحجم مواد الحصى الأسود. تؤكد النتائج أن المطاط الأسود بسمك 10 مم يحسن الإنتاجية بنسبة 20% مقارنة بمادة الحصى الأسود التي يتراوح حجمها بين 20 و30 مم.

Abdel-Rehim and Lasheen [24] درسوا بشكل تجريبي تأثير طبقة الكرات الزجاجية المعبأة في جهاز التقطير الشمسي. وأظهرت النتائج أن أداء الطاقة الشمسية تحسن بنسبة 5.٪.

Tabrizi and Sharak [25] درسوا تأثير استخدام طبقة رملية بسمك 12 سم أسفل حوض الطاقة الشمسية. بالمقارنة مع جهاز التقطير التقليدي، لوحظ تحسن في الإنتاج اليومي يساوي 12.٪.

تهدف هذه الدراسة التجريبية إلى زيادة انتاجية المقطر الشمسي التقليدي أي زيادة كمية الماء المقطر المنتجة خلال اليوم، كما تهدف أيضا إلى معالجة ازمة مياه الشرب بمنطقة الوادي، على الرغم من ان هذه المنطقة تتميز بوفرت المياه الجوفية المالحة ووفرت الطاقة الشمسية، وذلك باستعمال المقطر الشمسي حيث يمكن لكل شخص تجسيده بنفسه للحصول على الماء المقطر، لكن تواجهنا مشكلة أن هذا التقطير يتميز بانخفاض المردودية، لذلك سنحاول معالجة هذه المشكلة وذلك بإضافة محسن (إضافة مواد تخزين الطاقة) والذي يتمثل في تثبيت 42 اسطوانة فحم (قطرها 2 سم وارتفاعها 0.5 سم) الموزعة بانتظام في قاع حوض المقطر الشمسي لزيادة مردودية التقطير الشمسي في منطقة الوادي.

ولهذا قد قسمنا هذه الدراسة إلى ثلاثة فصول على النحو التالي :

الفصل الأول: قمنا بدراسة الإشعاع الشمسي، حيث تطرقنا إلى مختلف الزوايا الشمسية وطرق تتبع الشمسي وكذلك معادلات تقدير شدة الإشعاع الشمسي الذي يسقط على سطح الأرض.

الفصل الثاني: يتضمن دراسة التحويل الحراري للمقطر الشمسي، حيث يحوي هذا الفصل على أهم معادلات والموازن الحرارية المستعملة في مجال التقطير الشمسي.

الفصل الثالث: تطرقنا لدراسة التجريبية والمناقشة، حيث سنتعرف على المراحل التي قمنا بيها لصنع مقطر شمسي بسيط والمكونات والأجهزة والأدوات المستعملة في قياس مردود التقطير بإضافة محسن، ووضعت فيها أهم النتائج التي تحصلنا عليها.

وفي الأخير نختم مذكرتنا بخاتمة عامة نذكر فيها اهم نتائج التي تحصلنا عليها.

الفصل الأول: الإشعاع الشمسي

1.1 مقدمة:

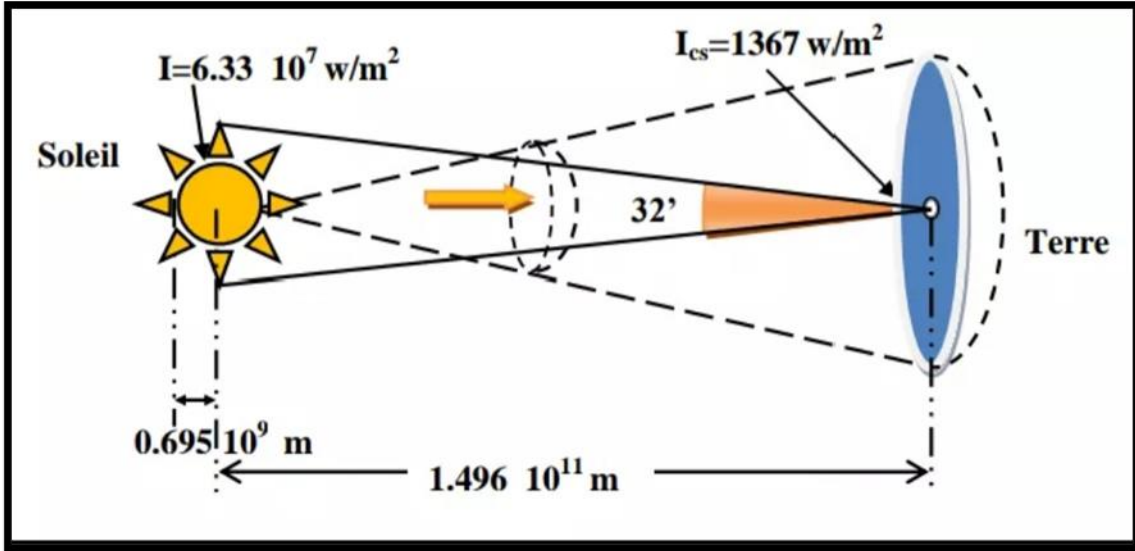
تعد الطاقة الشمسية الأساس التي تقوم عليه جميع أشكال الحياة على كوكب الأرض، فجميع العمليات المناخية المؤثرة في سطح الأرض هي محصلة للانتقالات في الطاقة الشمسية من الشمس نحو الأرض ومن الأرض نحو الغلاف الجوي.

وتتباين مكانيا وزمنا كمية الطاقة الشمسية المكتسبة بالامتصاص المفقودة بالانعكاس وتشتت تبعاً لموضع الأرض بالنسبة للشمس.

وكذلك تبعاً لطبيعة الغازات والسوائل والمواد الصلبة الموجودة في الغلاف الجوي والغلاف المائي واليابس وتباينها من مكان إلى آخر ولولا تباين في الطاقة المكتسبة والمفقودة لها ومناخ أرض متشابهة في كل مكان وزمان [26].

2.1 الإشعاع الشمسي:**1.2.1 تعريف:**

تعد الشمس اقرب النجوم إلى الأرض وهي نجم غازي متوهج يتكون من الهيدروجين (حوالي 80% من كتلتها) والهيليوم، تصل حرارة سطح الشمسي نحو 6000°C من التوهج الحراري الهائل ينتج تحت تأثير الضغط الهائل والحرارة العالية عند اندماج أربعة ذرات هيدروجين لتنتج ذرة واحدة من الهيليوم، وأيضا يشع استطاعة $(3.8 \times 10^{26} \text{ w/m}^2)$ والتي توافق طاقة كثافتها (63 MW/m^2) وهو ما يسمى عملية الاندماج النووي الذري فتولد كمية كبيرة وسريعة من الحرارة تجد طريقها لسطح الشمس مما يجعل سطح الشمس كرة ضوئية يبعث شكل من الطاقة يعرف بالإشعاع الكهرومغناطيسي، هذا التحول في الطاقة يعرف بأنه حزمة من الإشعاع الطيفي ينتقل متجمعة على هيئة موجات في اتجاهات مستقيمة بسرعة ثابتة وهي ما تعرف بسرعة الضوء وتحتاج إلى حوالي ثمانية دقائق وثلاث دقيقة تقطع المسافة بين الشمس وأرض وخلال تلك المسافة يفقد من الإشعاع الشمس بالانعكاس وتشتت والامتصاص كمية هائلة يصل منها إلى سطح الأرض ما يناسب أشكال الحياة عليها [27]. ويقدر القطر الظاهري لشمس من السطح أرض 32 وقيمته (0.53°) كما يوضح الشكل التالي :



الشكل (1-1) : المسافة بين الأرض والشمس [28].

ويتكون الإشعاع الشمسي الواصل إلى الأرض من مجموعات لا حصر لها من الأشعة ذات الأطوال موجية مختلفة على شكل أمواج كهرومغناطيسية :

- الأشعة فوق البنفسجية (UV): يتراوح طوله الموجي بين $\{0.4 - 0.25\} \mu\text{m}$ وتمثل 7% من الطاقة الكلية المنبعثة من الشمس وشدة الإشعاع الشمسي (95 w/m^2)

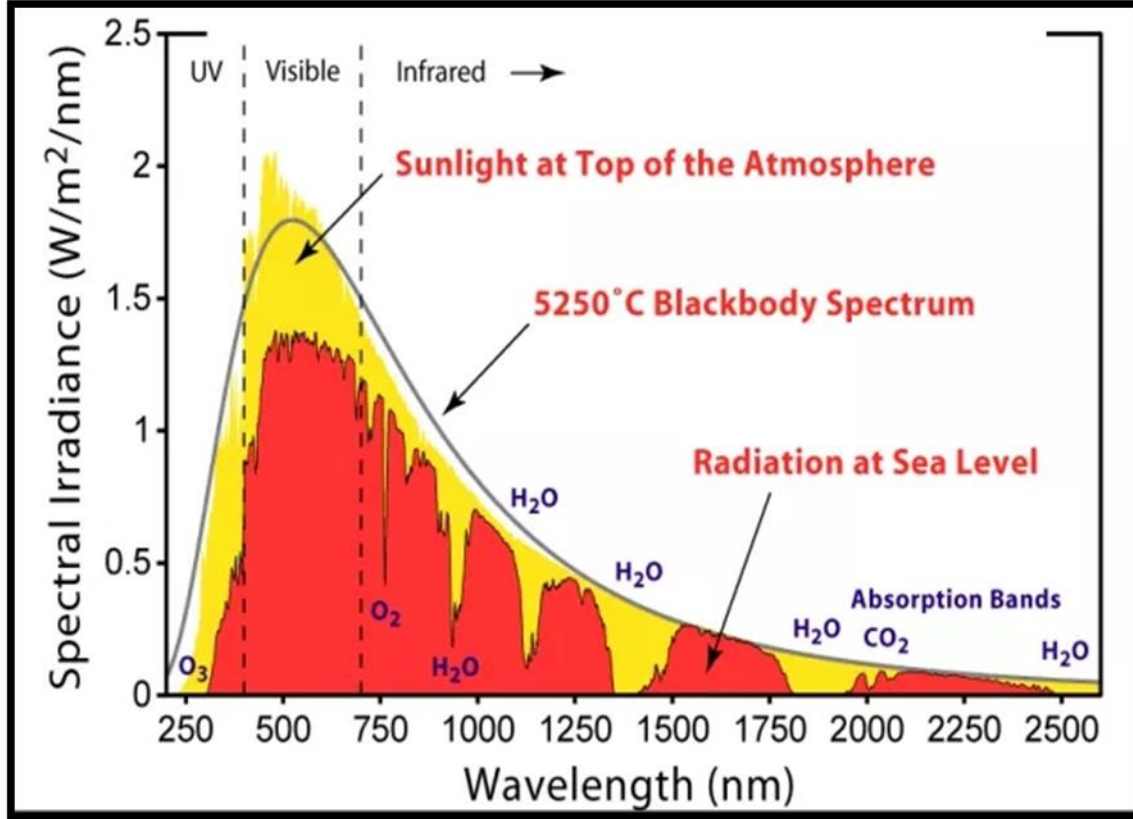
- الأشعة المرئية (LV) : يتراوح طوله الموجي بين $\{0.8 - 0.4\} \mu\text{m}$ وتمثل 47% من الطاقة الكلية المنبعثة من الشمس وشدة الإشعاع الشمسي (640 w/m^2)

- الأشعة تحت الحمراء (IR): يتراوح طوله الموجي بين $\{4 - 0.8\} \mu\text{m}$ وتمثل 45.5% من الطاقة الكلية المنبعثة من الشمس وشدة الإشعاع الشمسي (618 w/m^2) [29].

3.1 التوزيع الطيفي للإشعاع الشمسي:

التوزيع الطيفي للإشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي في نطاق μm (2 - 50) بينما يتراوح هذا النطاق على سطح الأرض بين (3 - 0.3)، بسبب تشتت وانتشار الإشعاع أثناء اختراقه لمكونات الغلاف الجوي من جزيئات الهواء وبخار الماء والغبار، حيث درجة الانتشار الحادث حسب نظرية رايلي تتعلق بعدد الجسيمات التي يمر بها الإشعاع وحجم الجسيمات بالنسبة للطول الموجي للإشعاع الشمسي، وبذلك يكون تشتت رايلي كبيرا في الأطوال الموجية القصيرة أقل ($0.6 \mu\text{m}$). ويتم في الغلاف الجوي امتصاص الأشعة فوق البنفسجية القصيرة أقل من ($0.29 \mu\text{m}$) من طرف

الأوزون، أما الأشعة تحت الحمراء فتمتص من طرف بخار الماء و CO₂ وهذا ما يوضحه الشكل التالي [30]:



الشكل (2-1) : محاكاة إشعاع الجسم الأسود لطيف الإشعاع الشمسي [31].

4.1 الثابت الشمسي :

هو تدفق الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى سطح مساحته (1 m²) مثبت في نهاية الغلاف الجوي الأرضي في وضع يكون فيه عمودي على أشعة الشمس، وذلك باعتبار المسافة بين الشمس والأرض على قيمتها المتوسطة خلال السنة والمقدرة ب (1.496 × 10¹¹ Km) وتقدر القيمة المتوسطة لثابت الشمس ب (I₀=1367 w/m²). وتعطي علاقة الثابت الشمسي خلال أيام السنة بمعادلة :

$$I=I_0 [1 + 0.034\cos[(N_j- 2) 365/ 360] \quad (1-1)$$

حيث I₀: الثابت الشمسي الواصل إلى طبقة الجو المحيط بالأرض، وهي متغيرة نوعا ما ومتوسط قيمته 1367 w/m² [32].

N_j : يمثل رقم اليوم من السنة الشمسية ($N_j=1.2.....365$)

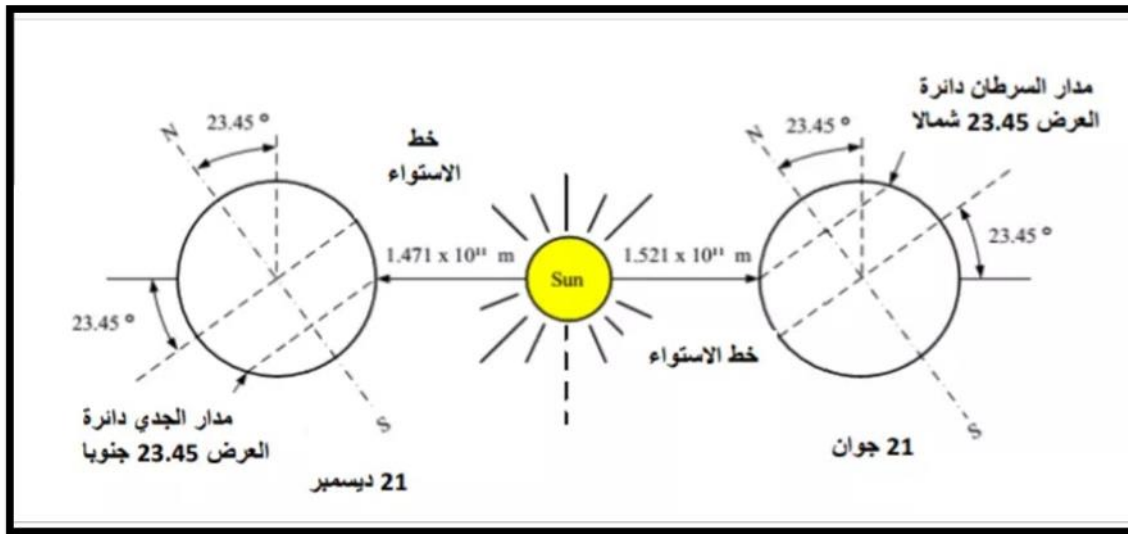
5.1 الزاوية الشمسية :

العلاقات الهندسية بين اتجاه أي سطح نسبة للأرض وبين اتجاه الشعاع الشمسي المباشر الساقط عن الشمس (اتجاه الشمس بالنسبة للسطح)، يمكن بيانها أو توصيفها بدلالة بعض الزوايا المبينة منها :

1.5.1 زاوية الميل الشمسي :

وهي الزاوية المحصورة بين أشعة الشمس والمستوي المار في خط الاستواء، بحيث تتغير هذه الزاوية على مدار السنة، تنعدم في الاعتدال الربيعي (21 مارس) والخريفي (23 سبتمبر) بينما تكون أعظمية عند الانقلاب الصيفي (22 جوان) و" +23.45 " والانقلاب الشتوي (22 ديسمبر) " -23.45 " [34-33].

$$+23.45^\circ \geq \delta \geq -23.45^\circ$$

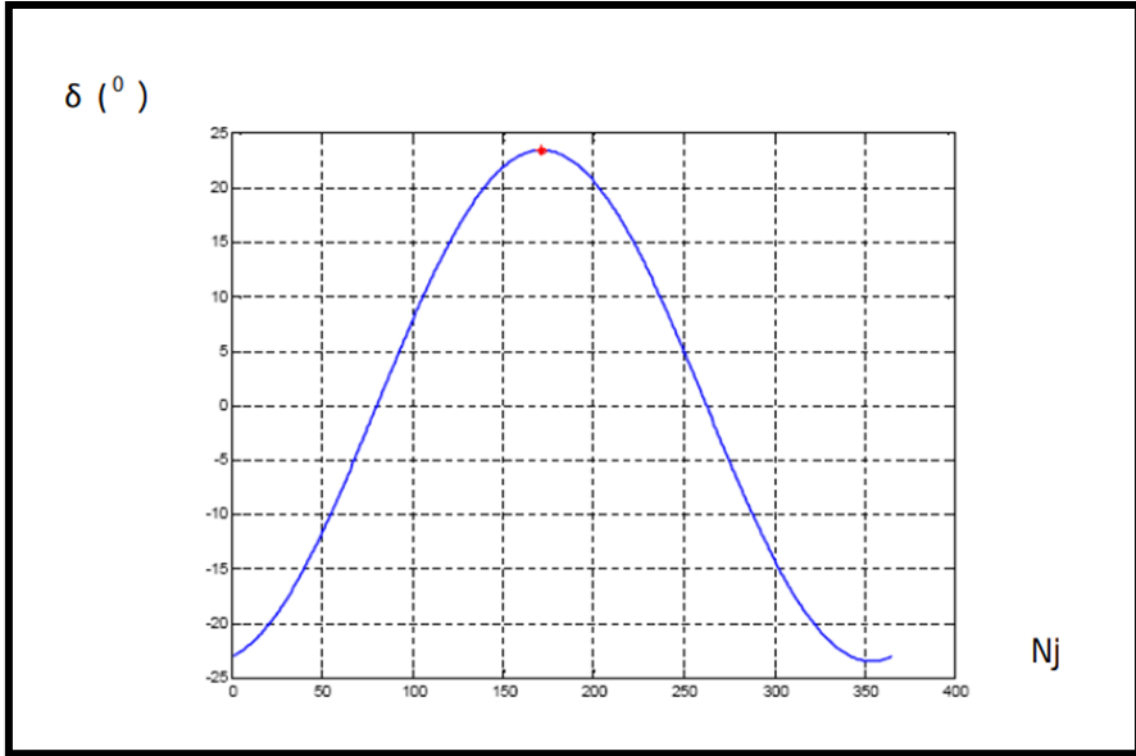


الشكل (3-1) : زاوية ميل الشمس [27].

تحسب زاوية ميل الشمس كل يوم بالعلاقة :

$$\delta_s = 23.45 \sin \left(360 \frac{284+n}{365} \right) \quad (2.1)$$

حيث n : يمثل رقم اليوم في السنة من 1 إلى 365 .



الشكل (4-1) : تغيرات زاوية ميل الشمس خلال أيام السنة [27].

2.5.1 زاوية الارتفاع الشمسي h:

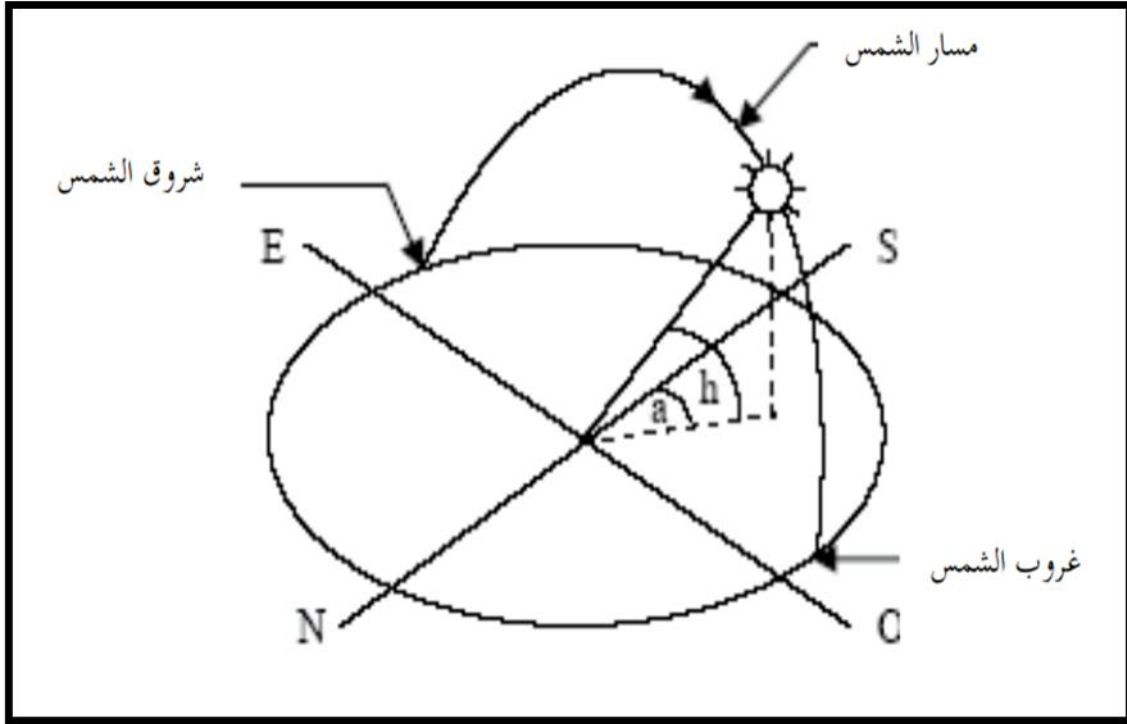
هي الزاوية المحصورة بين اتجاه الأشعة الشمسية وخط الأفق.

$$h \in [-90^\circ + 90^\circ]$$

تكتب بالعلاقة التالية:

$$\sin(h) = \sin\varphi \cdot \sin\delta + \cos\varphi \cdot \cos\delta \cdot \cos\omega \quad (3-1)$$

h=0 عند شروق وغروب الشمس h>0 : في النهار h<0 : في الليل [34].



الشكل (5-1) : الزوايا الشمسية (h, a, z) [27].

3.5.1 زاوية الذروة θ_h :

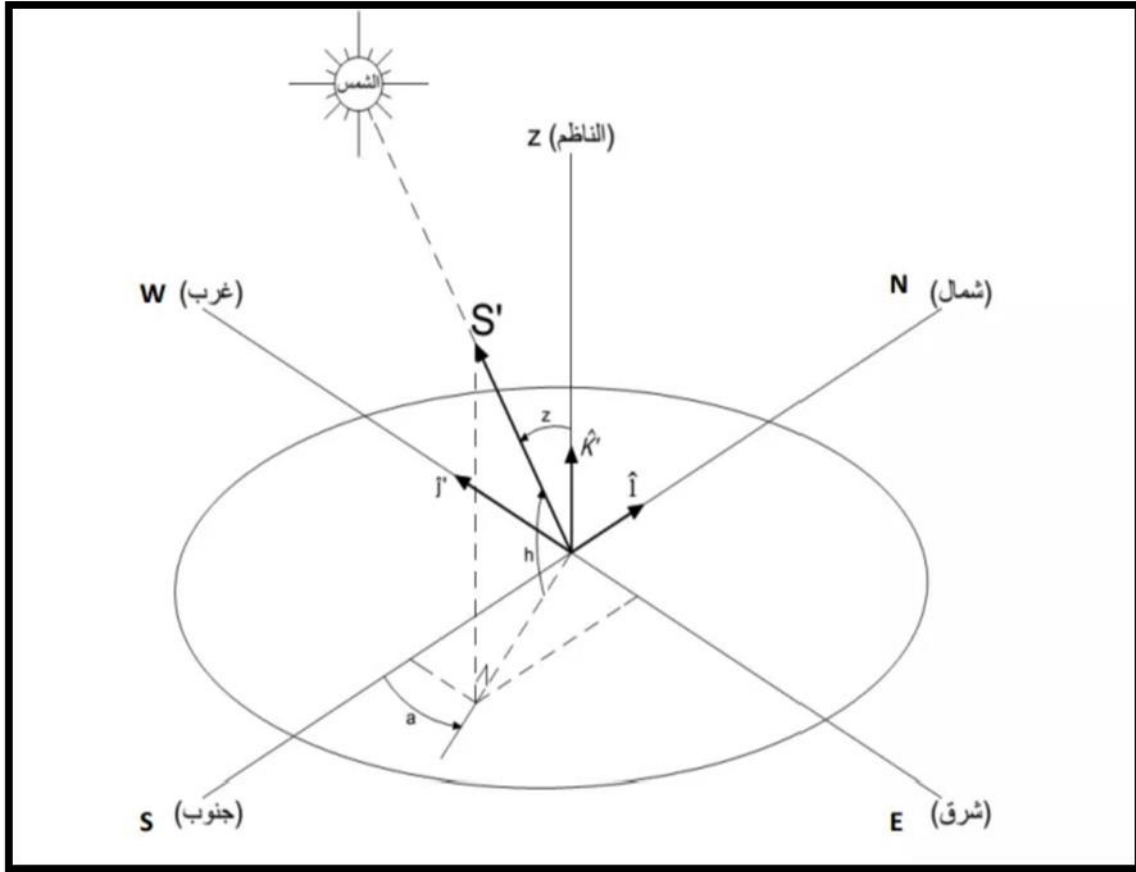
هي الزاوية بين الشعاع الشمسي الوارد للنقطة من السطح الأرض والناظم على المستوى الأفقي في تلك النقطة كما يبين الشكل السابق حيث : $\theta_h + h = 90^\circ$ [34].

4.5.1 زاوية السميت الراسي a :

هي الزاوية بين الشعاع الشمسي وسمت الأرض (الخط الشاقولي المار بالموقع)، وبذلك فهي متممة زاوية الارتفاع الشمسي. $z = \frac{\pi}{2} - h$ [34].

ويمكن حساب زاوية السميت بالعلاقة :

$$\sin a = \frac{\cos \delta_s \cdot \sin \omega}{\cos h} \quad (4-1)$$



الشكل (6-1): زوايا السمات الراسية [27].

5.5.1 زاوية الذروة φ_h :

هي زاوية المحصورة بين المتجه المار بين نقطة على سطح الأرض ومركز الأرض ومسقطه على خط استواء [34].

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

$\varphi > 0$: شمال خط الاستواء

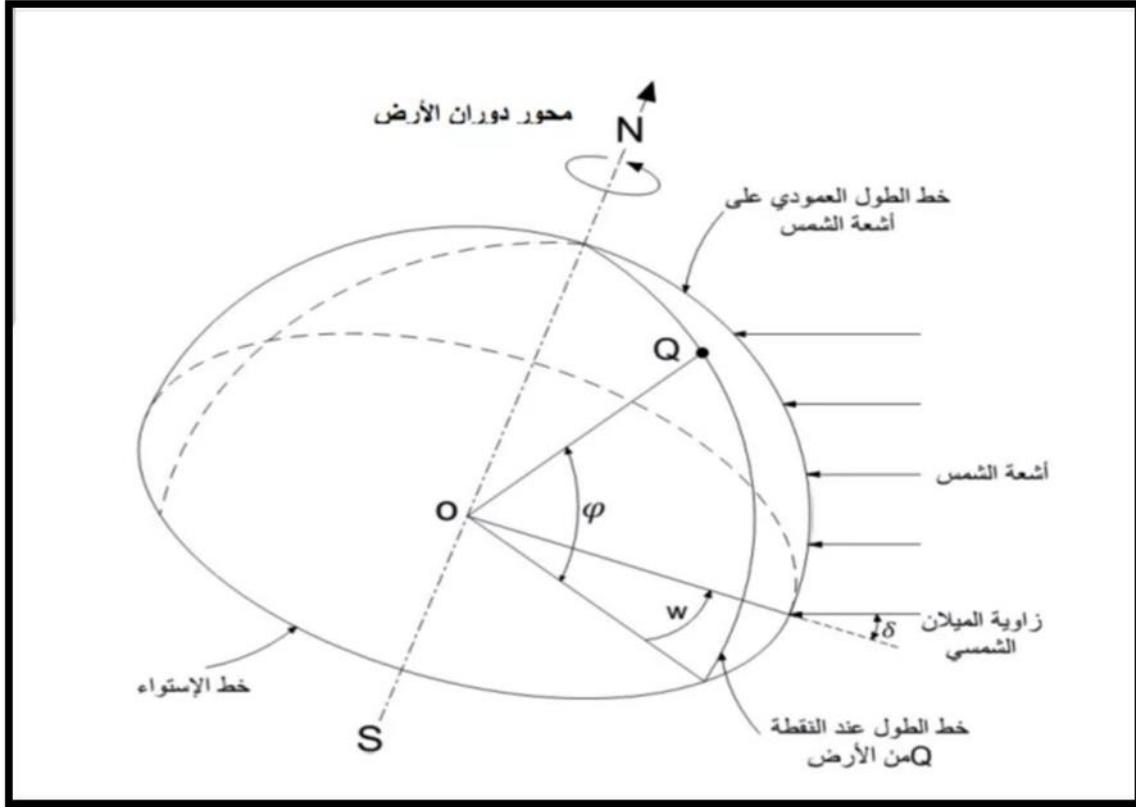
$\varphi < 0$: جنوب خط الاستواء

6.5.1 زاوية الساعة الشمسية ω :

وهي الزاوية التي تدور بيها الأرض لتجعل خط الزوال للنقطة معينة منطبقاً مع خطوط الإشعاع الشمسي

$$1 \text{ heure} = 15^\circ \text{ أو } 24 \text{ heure} = 360^\circ$$

بحيث كل ساعة تقاس من وقت الظهر الشمسي، حيث تكون سالبة قبل الظهر وموجبة بعد الظهر
[35].



الشكل (7-1) : زاوية الميلان الشمسي والساعة [27].

6.1 معادلة التصحيح الزمني E_t :

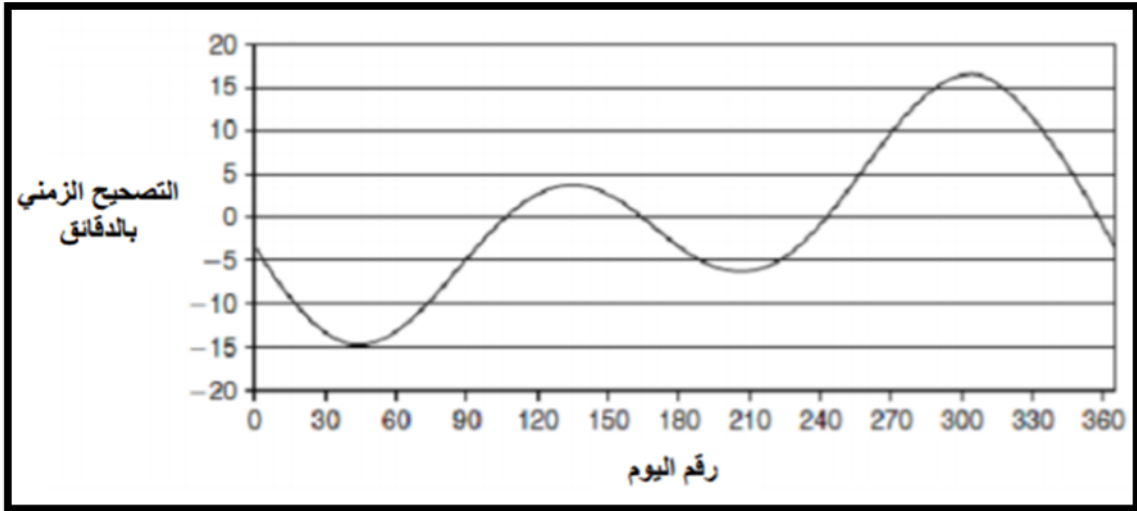
هي معادلة التعاقب الزمني توضح الاختلاف بين نوعين من التوقيت الشمسي وبدقة إلى 30 ثانية خلال ساعات النهار من طرف Woolf بالدقائق

$$E_t = 0.258 \cos \alpha - 7.416 \sin \alpha - 3.648 \cos 2\alpha - 9.228 \sin 2\alpha \quad (5.1)$$

$$X = \frac{360 (N_j - 1)}{365.242}$$

حيث X مقدر بالدرجات

- ويعطي البيان الشكل تغيرات تصحيح الزمني خلال أيام السنة [36].

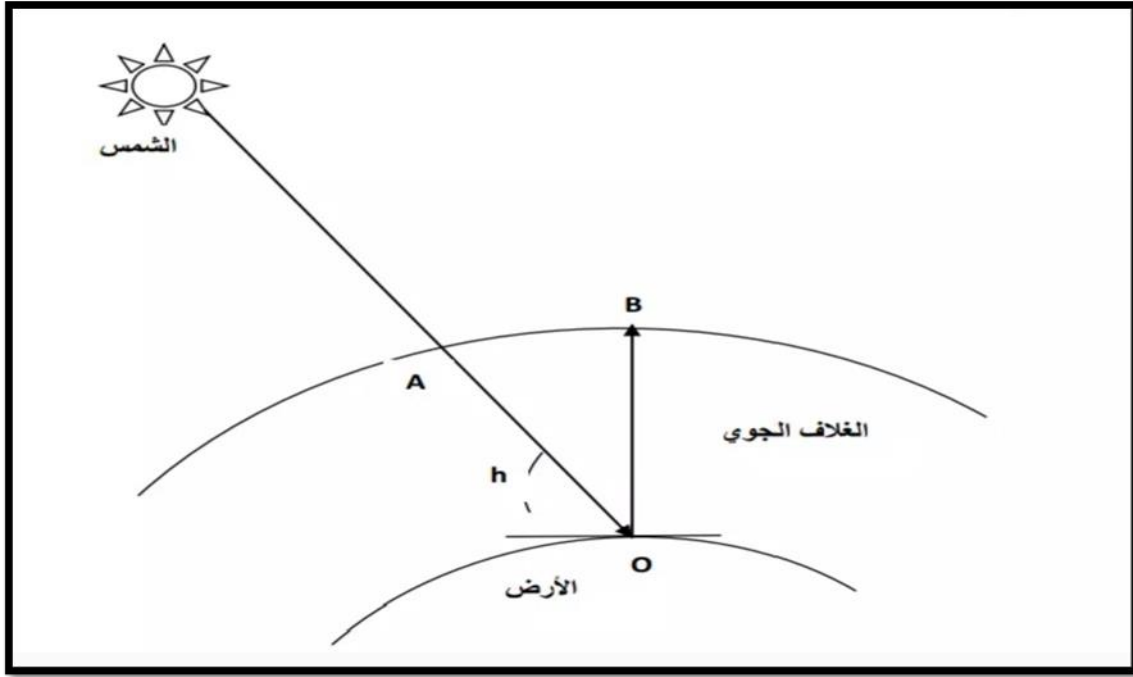


الشكل (8-1) : بيان تغيرات التصحيح الزمني خلال أيام السنة [27].

7.1 الكتلة الهوائية الضوئية AM:

إن التغيرات التي يحدثها الإشعاع الشمسي المباشر له علاقة بسمك طبقة الهواء التي يقطعها، وهذا تبعاً لعلو الشمس، ويؤخذ كوحدة قياس السماكة الشاقولية للجو المتوسط (وهذه السماكة تنحصر في 7.8 Km)، ويفترض أن هذه الطبقة مسطحة ومنصدة أفقياً، وإن الشعاع الضوء يتبع مساراً مستقيماً طوله OM حسب الشكل :

$$OM = \frac{OA}{\sin(h)}$$



الشكل (9-1) : الكتلة الهوائية الضوئية [27].

فان كان الضغط P تختلف عن 1013 ملبار والعلو يبلغ (z كم) نطلق اسم كتلة جوية أو " عدد هواء كتلة جوية " على العدد الحاصل (m) حين ما تكون $OA=1$ في المعادلة التالية :

$$M = \frac{p}{1013 \sin(h)} \exp\left(\frac{-z}{7.8}\right) \quad (6-1)$$

فمثلا في مستوى البحر أي ($z = 0$) وفي "السمت" أي حينما تكون الشمس في وسط السماء ($h + 90$) نلاحظ $m = 1$ ونقول في هذه الحالة إننا في الظروف $AM1$ ، أما إذا كانت الشمس مائلة في الشروق بحيث $h = 30^\circ$ فان $m = 2$ ونقول أننا في الظروف AM^2 ومن الملاحظ أن هناك تصحيح يجب القيام به إذا اعتبرنا تقوس الأرض وانحناء أشعة الضوء [34].

8.1 الإشعاع الشمسي على مستوى سطح الأرض :

يتبعثر بعض الإشعاع الشمسي عند مروره خلال الغلاف الجوي، كما يمتص بعضه في الغلاف الجوي وينعكس بعضه إلى الفضاء خارج الغلاف الجوي، وبالتالي يكون الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى سطح الأرض مكونا من جزأين الأول إشعاع على شكل حزمة ضوئية أو إشعاع مباشر والجزء الآخر إشعاع انتشاري أو منتشرة نتجة للجزء المبعثر من الإشعاع بواسطة الغلاف الجوي [37-38].

1.8.1 الإشعاع الشمسي المباشر :

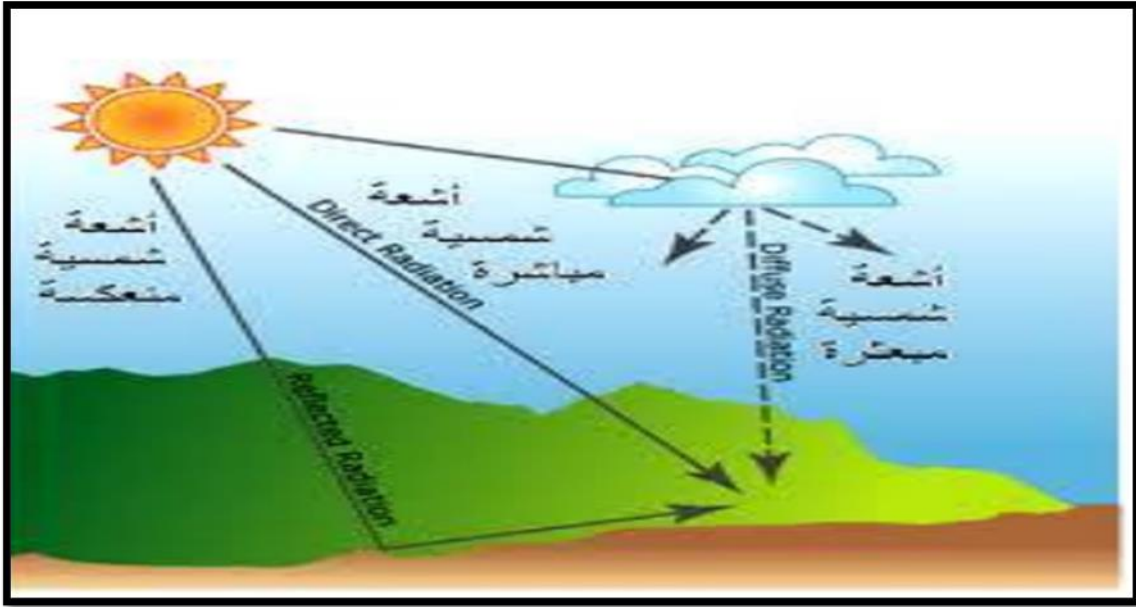
وهو الإشعاع الساقط على سطح ما مباشرة من قرص الشمس.

2.8.1 الإشعاع الشمسي المنتشر أو مشتت:

وهو الإشعاع الساقط على سطح ما بعد أن تشتت خلال مروره طبقات الجو، أو هو الإشعاع الذي انعكس وسقط على ذلك السطح.

3.8.1 الإشعاع الشمسي الكلي :

وهو مجموع الإشعاع الشمسي المباشر والإشعاع المنتشت [37].



الشكل (10-1) : أنواع الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض [39].

9.1 مركبات الشعاع الشمسي :

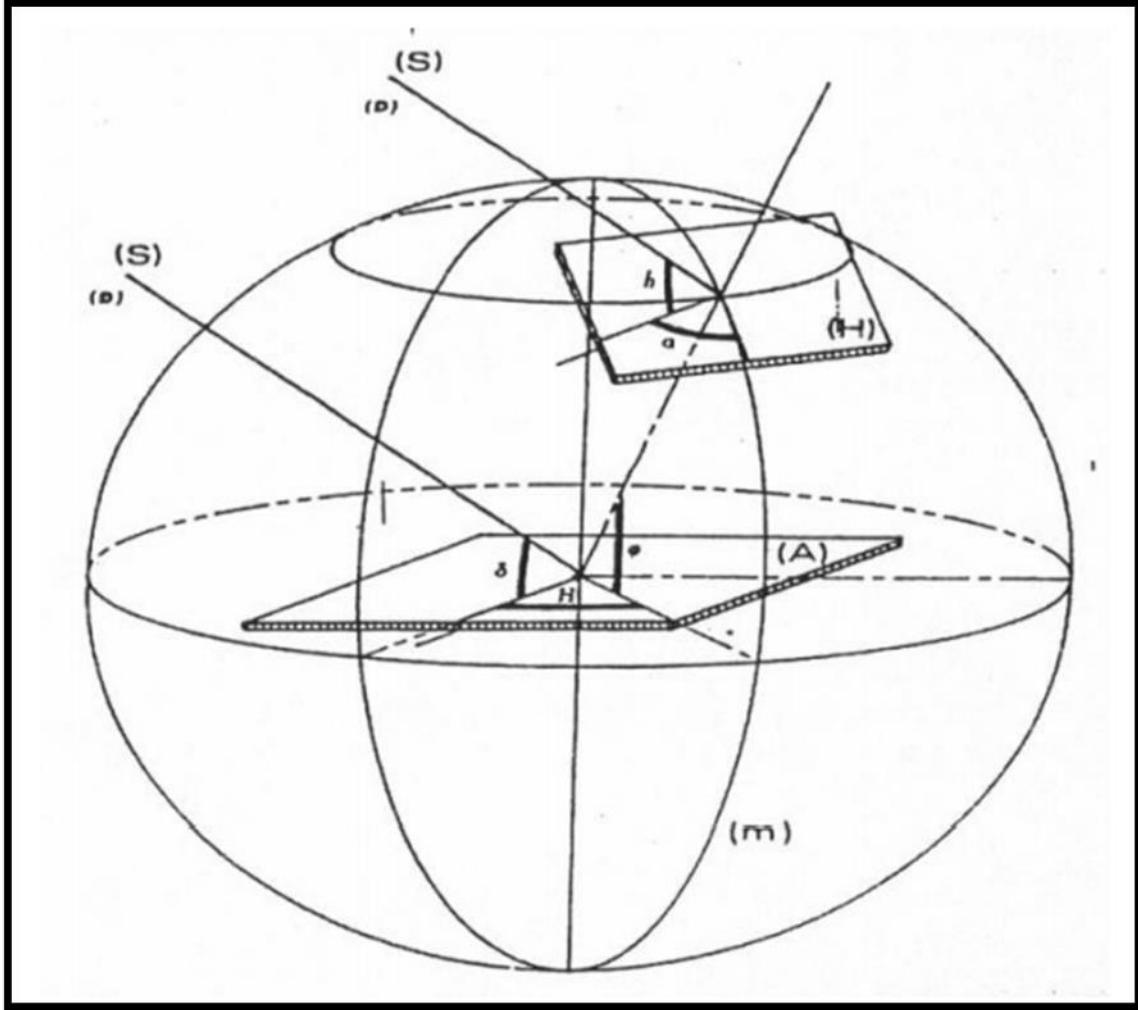
1.9.1 مركبة الإشعاع الشمسي المباشر:

بالنسبة للسطح الأفقي فان المركبة الناظمية لتدفق الإشعاع الشمسي المباشر تعطى بالعلاقة التالية:

$$I_{0h} = I_0 \cos(\theta) = I_0 \sin(h) \quad (7-1)$$

حيث الزاوية الارتفاع الشمسي h تحسب من اجل نقطة معينة من سطح الأرض في تاريخ محدد وتوقيت محدد

وفي حالة السطح المائل عن الأفق بزاوية β وموجه نحو محور يصنع زاوية α مع الجنوب فإننا نبحث عن المنطقة من سطح الأرض التي يكون عندها السطح الأفقي موازيا لهذا السطح المائل، ويسمى بالسطح المكافئ ويكون لهما نفس الشدة الإشعاع الشمسي المباشر.



الشكل (11-1): الزاوية الشمسية بالنسبة لسطح مائل من الأفق [27].

تحدد زاوية حط العرض لسطح المكافئ L_e بالعلاقة :

$$\sin(L_e) = \cos(\beta)\sin(L) - \sin(\beta)\sin(\alpha)\cos(L) \quad (8-1)$$

وزاوية الارتفاع الشمسي لسطح المكافئ h_e تعطى بالعلاقة:

$$\sin(h_e) = \sin(L_e)\sin(\delta) + \cos(L_e)\cos(\delta)\cos(\omega_e) \quad (9-1)$$

وتكون مركبة تدفق الإشعاع الشمسي المباشر على هذا السطح المائل $I_{0\beta}$:

$$I_{0\beta} = I_0 \sin(h_e) = I_0 [\cos(h) \sin(\beta) \cos(a - \alpha) + \sin(h) \cos(\beta)] \quad (10-1)$$

كما يتم حساب شروق وغروب الشمس على سطح المائل عن الأفق بزاوية β من خلال حساب زاوية الساعة الشمسية المكافئة للشروق أو الغروب ω_{se} [42-40].

$$\cos(\omega_{se}) = -\tan(L_e)\tan(\delta) \quad (11-1)$$

2.9.1 مركبة الإشعاع الشمسي المنتشر على سطح:

عندما يكون السطح المائل على الأفق بزاوية β تعطى شدة الإشعاع الشمسي المنتشر الذي يستقبله السطح بالعلاقة التالية :

$$D_{\beta}^* = \frac{1+\cos\beta}{2} D_0^* + \frac{1-\cos\beta}{2} a_1 G_0^* \quad (12-1)$$

حيث a_1 هي الاليدو (النورانية) [44-43].

10.1 الخاتمة :

من خلال ما قدمنا في هذا الفصل، نستطيع تقدير شدة الإشعاع الشمسي الواصل إلى موقع ما من سطح الأرض في أي يوم من أيام السنة من 1 إلى 365 يوم من شروق الشمس إلى غروبها، وذلك بالاعتماد على معطيات جغرافية وفلكية وجوية للمكان والزمان المحددين، وللاستفادة القصوى من شدته يجب توجيه اللاقط بالطرق الأكثر ملائمة والتي تنطبق إليها في الفصل الموالي.

الفصل الثاني
التحويلات الحرارية
للمقطر الشمسي البسيط

1.2 مقدمة:

منذ القديم عرفت أن للشمس طاقة مهنية وهائلة فمن تم اكتشافت ظاهرة تسخين أحواض المقطرات بهذه الطاقة فالعلاقات التي تربط بين انتقال المادة والحرارة تعطينا فكرة عن ظواهر الفيزيائية الحادثة في المقطر الشمسي وتأثير العوامل الداخلية والخارجية في إنتاجه للماء المقطر. وضع تلك العلاقات يمكن الاعتماد على ما يلي :

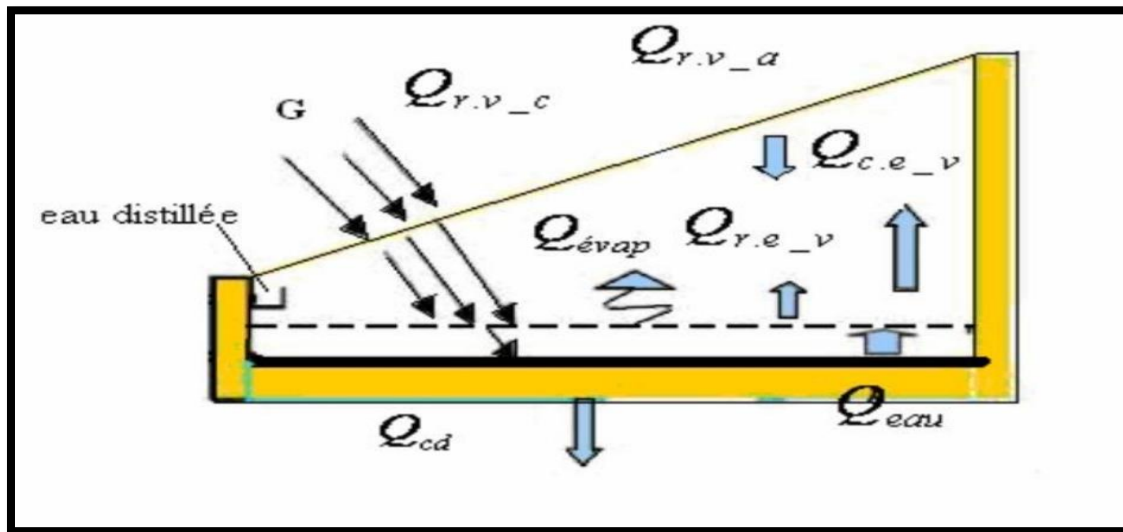
- (1) القوانين النظرية لانتقال الحرارة: التوصيل الحراري، والإشعاع الحراري وذلك لوضع معادلات التوازن الحراري.
- (2) القوانين النظرية لانتقال المادة: الانتشار الجزيئي والحمل الحراري، وذلك لوضع معادلات التوازن الكتلي والمعادلات الممثلة لظاهرتي التبخر والتكثيف.

2.2 الدراسة النظرية للمقطر الشمسي البسيط:

1.2.2 الميزان الطاقوي للمقطر:

إن مختلف التبادلات الحرارية الناتجة للمقطر الشمسي البسيط تقوم على أربعة نقاط وهي :

- الميزان الحراري بين الزجاج والهواء.
- الميزان بين الماء والزجاج.
- الميزان بين العازل والخارج.
- تدفق الماء المقطر.



الشكل (1.2) : الميزان الطاقوي للمقطر الشمسي.

2.2.2 الميزان الطاقي للزجاج:

كمية الحرارة المستقبلية من الزجاج تخرج عن طريق :

الوجه الخارجي:

$$\frac{M_v C_{P_v} dT_{ve}}{2.A_v dt} = \left(\frac{\lambda_v}{\delta_v}\right) (T_{vi} - T_{ve}) - Q_{r.v.e-ciel} - Q_{c.v.a} + \frac{P_v}{2} \quad (1.2)$$

الوجه الداخلي:

$$(2.2)$$

$$\frac{M_v C_{P_v} dT_{vi}}{2.A_v dt} = -\left(\frac{\lambda_v}{\delta_v}\right) (T_{vi} - T_{ve}) - Q_{r.e-vi} - Q_{c.e-vi} + Q_{evap} + \frac{P_v}{2}$$

حيث:

$Q_{r.e-vi}$: تدفق حراري بالشعاع بين فيلم الماء والزجاج

$Q_{c.e-vi}$: تدفق حراري بالحمل بين فيلم الماء والزجاج

Q_{evap} : تدفق حراري بالتبخير-التكثيف بين فيلم الماء والزجاج

$Q_{r.v.e-ciel}$: تدفق حراري الضائع للزجاج بالإشعاع نحو الخارج

$Q_{c.v.a}$: تدفق الحراري الضائع للزجاج بالحمل نحو الخارج

λ_v : الناقلية الحرارية للزجاج

δ_v : سماكة الزجاج

3.2.2 الميزان الحراري للماء:

$$\frac{M_e C_{p_e} dT_e}{A_e dt} = Q_{c.b.-e} - Q_{c.e-v} - Q_{evap} - Q_{r.e-v.i} + P_e \quad (3.2)$$

حيث:

$Q_{c.b.-e}$: تدفق حراري بالحمل بين قاعدة المقطر وفيلم الماء.

P_e : قوة امتصاص الماء الموجود في قاعدة المقطر (في هذه الحالة القيمة معدومة).

4.2.2 الميزان الحراري للحوض الداخلي:

$$\frac{M_e C_{pe} dT_e}{A_e dt} = P_b - Q_{c.b.-e} - Q_{c.d.b-iso.i} \quad (4.2)$$

حيث:

$Q_{c.d}$: تدفق حراري الضائع بالتوصيل للحوض.

5.2.2 الميزان الحراري للعازل:

للد من فقدان الحرارة عبر القاعدة، نستخدم عازل حراري من البولي ستران في الجوانب الأربعة من المقطر وذلك لمنع التسرب الحراري بالحمل والإشعاع، وتمثل المعادلة التالية الميزان الحراري للعازل.

بالنسبة للجهة الداخلية:

$$\frac{M_i C_{Pi} dT_{iso.i}}{2.A_i dt} = Q_{c.d.b-iso.i} - \left(\frac{\lambda_i}{\delta_i}\right) (T_{iso.i} - T_{iso.e}) \quad (5.2)$$

حيث:

$Q_{c.d.b-iso.i}$: تدفق حراري بالتوصيل بين الحوض والعازل الحراري.

بالنسبة للجهة الخارجية:

$$\frac{M_i C_{Pi} dT_{iso.e}}{2.A_i dt} = \left(\frac{\lambda_i}{\delta_i}\right) (T_{iso.i} - T_{iso.e}) - Q_{r.iso.-soll} - Q_{c.iso.a} \quad (6.2)$$

6.2.2 تدفق الماء المقطر:

$$\frac{dM_c}{dt} = h_{evap} \left(\frac{T_e - T_v}{L_v}\right) \quad (7.2)$$

حيث:

M : كتلة الماء المقطر.

L_v : الحرارة الكامنة للتبخير.

T_e : حرارة الماء.

T_v : حرارة الزجاج.

7.2.2 معاملات التبادل الحراري:

1.7.2.2 انتقالات الحرارة بالإشعاع ماء - زجاج:

$$Q_{r.e-v} = h_{r.e-v}(T_e - T_{v.i}) \quad (8.2)$$

بحيث:

$Q_{r.e-v}$: معامل تحويل الحرارة بالإشعاع بين فيلم الماء والزجاج.

$$h_{r.e-v} = \varepsilon_{\text{eff}} \cdot \sigma \cdot (T_e^2 - T_{v.i}^2) \cdot (T_e + T_{v.i}) \quad (9.2)$$

بحيث:

ε_{eff} : الانبعاثية الفعالة.

σ : ثابت ستيفان بولتزمان.

$$\varepsilon_{\text{eff}} = \left[\frac{1}{\varepsilon_e} + \frac{1}{\varepsilon_v} - 1 \right] \quad (10.2)$$

حيث:

ε_e : انبعاثية الماء.

ε_v : انبعاثية الزجاج.

2.7.2.2 انتقال الحرارة بالحمل ماء - زجاج:

$$Q_{c.e-v} = h_{c.e-v}(T_e - T_v) \quad (11.2)$$

$$h_{c.e-v} = 0.884 \left[T_e - T_v + \frac{(T_e - T_v)(T_e + 273.15)}{268.9 \times 10^2 - P_e} \right] \quad (12.2)$$

$h_{c.e-v}$: معامل تحويل الحرارة بالحمل بين فيلم الماء والزجاج.

3.7.2.2 انتقال الحرارة بالتبخير:

$$Q_{\text{evap}} = h_{\text{evap}}(T_e - T_{v.i}) \quad (13.2)$$

h_{evap} : معامل تحويل الحرارة بالتبخير - التكثيف بين فيلم الماء والزجاج.

$$h_{\text{evap}} = 16.273 \times 10^3 h_{c.e-v} \frac{(P_e - P_{v.i})}{(T_e - T_{v.i})} \quad (14.2)$$

ضغط بخار الماء يقدر بالعلاقة التالية:

$$P = 133.32 \exp\left(18.6686 - \frac{4030.1824}{T+273.15}\right) \quad (15.2)$$

4.7.2.2 انتقال الحرارة بالإشعاع زجاج - وسط:

$$Q_{r.v-ciel} = h_{r.v-ciel} (T_{v.e} - T_{ciel}) \quad (16.2)$$

$h_{r.v-ciel}$: معامل انتقال الحرارة بالإشعاع من الزجاج إلى السماء.

$$h_{r.v-ciel} = \epsilon_v \cdot \sigma \cdot (T_{v.e}^2 - T_{ciel}^2) \cdot (T_{v.e} + T_{ciel}) \quad (17.2)$$

T_{ciel} : درجة حرارة السماء.

درجة حرارة السماء يمكن إعطاؤها بالمعادلة التالية:

$$T_{ciel} = T_a - 6 \text{ او } T_{ciel} = T_a - 12 \text{ (درجة حرارة الوسط)}$$

بصفة عامة نستعمل المعادلة التالية :

$$T_{ciel} = 0.552 \cdot (T_a^{1.5}) \quad (18.2)$$

5.7.2.2 انتقال الحرارة بالحمل زجاج - محيط:

$$Q_{c.v-a} = h_{c.v-a} (T_{v.e} - T_a) \quad (19.2)$$

معامل انتقال الحرارة بالحمل بين الزجاج (الجهة الخارجية) والمحيط الخارجي، يمكن حسابها بالمعادلة التالية :

$$h_{c.v-a} = 5.7 + 3.8 V \quad (20.2)$$

V : سرعة الرياح (m/s).

6.7.2.2 انتقال الحرارة بالحمل حوض - ماء:

$$Q_{c.b_e} = h_{c.b_e} (T_b - T_e) \quad (21.2)$$

$h_{c.b_e}$: معادلة تحويل الحرارة بالحمل بين قاع الخزان وفيلم الماء.

$$h_{c.b_e} = \frac{Nu \cdot \lambda_f}{L} \quad (22.2)$$

λ_f : الموصلية الحرارية للمائع (الماء).

في G هذا النوع من المشكل الارتباطات التجريبية تؤدي إلى علاقات من الشكل

$$Nu = c(GrPr)^n \quad (23.2)$$

مع العلم أن Gr رقم كيرشوف و Pr عدد براندل

حيث n و c ثوابت تعتمد على هندسة النظام وطبيعة التدفق (رقائقي ومضطرب).

7.7.2.2 التدرج للحرارة:

عند تدرج درجة الحرارة (T) نحو الأعلى، يكون التدفق دائماً رقائقيًا.

$$Gr < 10^5 \Rightarrow Nu = 1 \quad \text{إذا}$$

يتم تبادل الحرارة بين الماء المالح والعلبة الماصة فقط عن طريق التوصيل

$$\text{Si } 10^5 < Gr < 2 \cdot 10^7 \Rightarrow Nu = \frac{\lambda_e}{L} 0.54 \cdot (Gr Pr) \quad (24.2)$$

$$\text{Si } Gr > 2 \cdot 10^7 \Rightarrow Nu = 0.14 \cdot (Gr Pr) \quad (25.2)$$

عدد كيرشوف:

$$Gr = \frac{\beta \cdot g \cdot \rho^2 \cdot L^3 \cdot \Delta T}{\mu^2} \quad (26.2)$$

β : معامل التمدد الحجمي للماء (K^{-1}).

L : طول العلبه الماصة (m).

ρ : الكتلة الحجمية للماء (kg/m^3).

g : تسارع الجاذبية (m^2/s).

μ : اللزوجة الديناميكية ($kg/m \cdot s$).

عدد براندل:

$$Pr = \frac{\mu_e \cdot c p_e}{\lambda_e} \quad (27.2)$$

الضياع الحراري للحوض بالتوصيل الحراري عبر العازل يعطي كالاتي :

$$Q_{c.d.b-iso.i} = K_b \times (T_b - T_{iso.i}) \quad (28.2)$$

T_b : درجة حرارة الحوض.

T_i : درجة حرارة العازل.

مع:

$$K_p = \frac{\lambda_b}{\delta_b} \quad (29.2)$$

λ_b : الموصلية الحرارية للعلبة.

δ_b : سمك الحوض.

8.7.2.2 انتقال الحرارة بالتوصيل العازل - الحوض:

$$Q_{cd.iso.i-b} = \frac{\lambda_b}{\delta_b} (T_b - T_i) \quad (30.2)$$

9.7.2.2 انتقال الحرارة بالتوصيل عبر العازل:

$$K_i = \frac{\lambda_{iso}}{\delta_{iso}} (T_{iso.i} - T_{iso.e}) \quad (31.2)$$

λ_{iso} : موصلية العازل.

δ_{iso} : سمك العازل.

10.7.2.2 انتقال الحرارة بالحمل عبر العازل:

$$Q_{c.iso.i-a} = h_{iso.e-a} \times (T_{iso.e} - T_a) \quad (32.2)$$

$h_{iso.e-a}$: معامل انتقال الحرارة بالحمل بين العازل والهواء الخارجي.

11.7.2.2 انتقال الحرارة بالإشعاع عبر العازل:

$$h_{r.e-v} = \varepsilon_{iso} \cdot \sigma \cdot (T_{sol}^2 - T_{iso.e}^2) \cdot (T_{iso.e} - T_{sol.i}) \quad (33.2)$$

3.2 الخاتمة:

لقد تطرقنا في هذا الفصل إلى الدراسة النظرية للمقطر الشمسي البسيط وبيننا الموازين الطاقوية المتحكمة في هذا النوع من التقطير والمؤثرات الخارجية التي تؤثر تره سلبيا وإيجابيا على مردود النظام الطاقوي، وبذلك ستتم الدراسة التجريبية في الفصل الموالي.

الفصل الثالث
الدراسة التجريبية
والمناقشة

1.3 مقدمة:

يشمل هذا الفصل النتائج المتحصل عليها من الدراسة التجريبية التي أجريت لمقارنة مقطرين شمسيين ذو ميل واحد أحدهما شاهد والأخر به اسطوانات فحم، يحوي هذا الفصل على البروتوكولات التجريبية وأدوات القياس، حيث قمنا بمقارنة إنتاجية كمية الماء المقطر الناتج من المقطرين المحسن والشاهد. الهدف من هذه التجربة هو معرفة مدى تأثير اسطوانات الفحم على إنتاجية المقطر الشمسي، وذلك بعد رسم المنحنيات وتحليلها ومناقشتها.

2.3 إحدائيات المنطقة:

أجريت التجربة على مقطرين شمسيين مسطحين على مستوى كلية العلوم الدقيقة جامعة الوادي حيث تقع مدينة الوادي في الإحدائيات التالية :

خط طول : 6.8409° .

خط عرض : 33.3758° .

3.3 المقطر الشمسي البسيط:**1.3.3 تعريفه:**

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

2.3.3 مبدأ عمله:

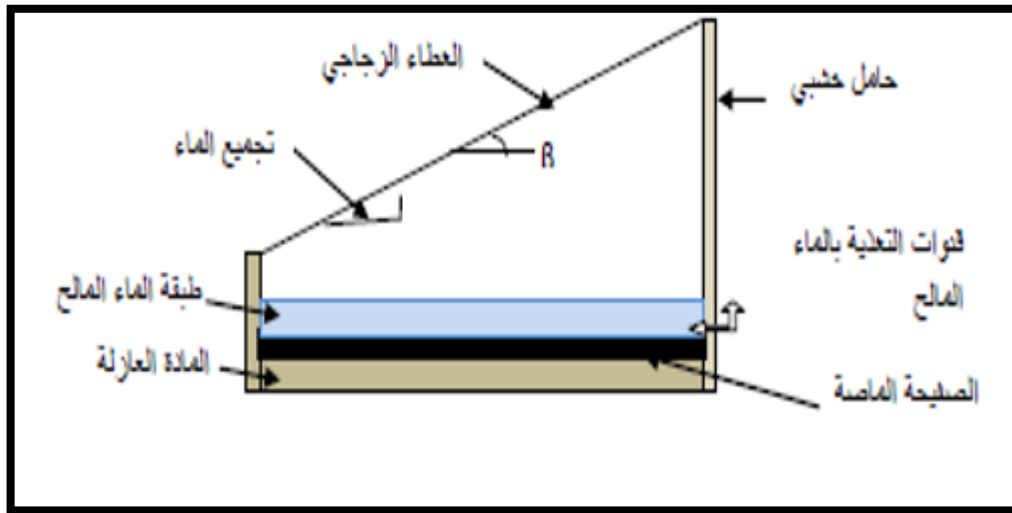
التقطير الشمسي هو ظاهرة تجريبية لها نفس مبدأ عمل الظواهر الطبيعية فعندما تنبعث الأشعة الشمسية على ماء البحر أو المحيطات أو الأنهار فإنها تسخن هذا الماء وهذا الأخير يتبخر ويرتفع إلى الأعلى، ثم ينتقل البخار بالرياح حتى يصل إلى مكان أكثر برودة فيتكاثف ويتشكل السحب وبعد ذلك ينزل مطر أو ثلج باردا.

3.3.3 طريقة عمله:

- يسخن الإشعاع الشمسي الساقط على الماء المالح الموجود داخل المقطر.
- يتبخر الماء المالح.
- ينتقل البخار بالحمل الحراري نحو السقف المقطر (الزجاج).
- يتكاثف البخار على سطح الزجاج مشكلا قطرات ماء عذب تنزل بتأثير ثقلها في وعاء تجميع الماء المقطر.

4.3.3 المقطر الشمسي ذو الميل الواحد:

هو مقطر بسيط تقوم عليه كثير من التجارب من قبل الباحثين، وذلك لسهولة الفك والتركيب والصيانة، وهو مقطر بسطح زجاجي واحد مائل بزاوية، وصف هذا المقطر في الشكل التالي :



الشكل (3-1) : مقطر بسيط بميل واحد.

5.3.3 مكوناته:

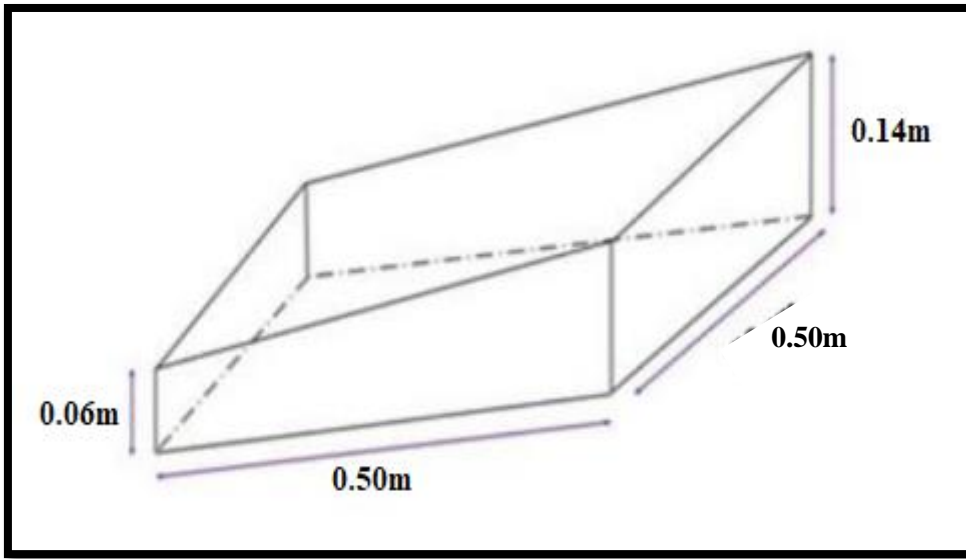
المقطر الشمسي المستعمل في هذه التجربة هو المقطر ذو التركيب البسيط، حيث يعمل هذا المقطر الشمسي بفعل البيت الزجاجي ذو الميل الواحد.
من مميزات المقطر الشمسي أهمها سهل الصنع، كذلك سهل الصيانة.

✓ الهيكل الخارجي (الصندوق):

يكون مصنوع من مادة عازلة (الخشب) وهو أحد أهم مكونات، ويشمل كل أوجه المقطر ماعدا الجهة العلوية ويتم على مستواه وضع الماء المراد تقطيره وتطلى قاعدته وجوانبه باللون الأسود.

أبعاد المقطر الشمسي :

- الطول: 0.5 m.
- العرض: 0.5 m.
- مساحة الحوض: 0.25 m².
- السمك: 0.02 m.
- الارتفاع الأمامي : 0.06 m.
- الارتفاع الخلفي : 0.14 m.
- زاوية الميل: 10 °.



الشكل (2-3) : رسم تخطيطي للهيكل الخارجي.

✓ الغطاء الزجاجي:

يكون من زجاج العادي الموجود في أسواق المنطقة، شفاف ذو قرينة انكسار معينة ذو الخصائص الهندسية والضوئية المعروفة، تسمح بتمرير أكبر كمية من المجال الضوئي.

أبعاد الغطاء الزجاجي:

- الطول: 0.52 m.
- العرض: 0.51 m.

• السمك: 3 mm.


✓ أنبوب تجميع المياه:

هو عبارة على أنبوب بلاستيكي قطره 0.025 m، يكون مثقوب طوليا يسمح بدخول جزء من الزجاج لتنزل قطرات الماء المتكاثفة على مستوى الأنبوب وتتجمع فيه لتعبر إلى إناء خاص بتجميع الماء المقطر.

4.3 مكونات اللازمة لتصنيع المقطر الشمسي البسيط:

الجدول التالي يمثل المواد الأولية لصنع المقطر الشمسي البسيط (بميل واحد)، فقد تم اختيار هذه المكونات بناء على وفرتها في السوق المحلي وانخفاض تكلفتها.

الجدول (1-3) : الأدوات اللازمة لصناعة المقطر.

الكمية	الأبعاد	الاسم	الصورة
05 ألواح	L=0.5 m H1=0.06 m H2=0.14 m 0.5 m×0.5 m E=0.02 m	صندوق من الخشب	
01	0.51 m× 0.52 m E=3 mm	قطعة من الزجاج	

01	L=0.60 m Diam=25 mm	أنبوب PVC	
01	Diam=25 mm L=0.10 m	كوع 90° مع أنبوبين PVC	
01		صمغ عادي اسود اللون	
01		علبة طلاء سوداء وعلبة طلاء بيضاء	
01		قارورة	


01		قمع	
100g		مسامير	
01		غراء لاصق	
01		ميزان مائي	
01		مطرقة	
01		مشار	

01		متقب كهربائي	
01		منشار كهربائي	
01		كلاجه، مفك ، أداة برد	
02		فرشاة	

5.3 خطوات تصنيع المقطر الشمسي البسيط:

صنع مقطر شمسي ليس بالأمر الصعب، لان المواد اللازمة لصنعه متوفرة في السوق المحلي
الجدول (3-1)، والجدول التالي يوضح خطوات التصنيع :

الجدول (3-2) : مراحل تصنيع المقطر الشمسي البسيط.

الشرح	الصورة
بعد قطع الأخشاب وفق القياسات المطلوبة نقوم بتركيبها بالمسامير لتشكيل صندوق خشبي كما هو موضح فالشكل المقابل.	

<p>نقوم بطلاء قاعدة الصندوق الخشبي والجوانب باللون الأسود لامتصاص أكبر قدر من الإشعاع الشمسي.</p>	
<p>نقوم بإحداث ثقيبين على مستوى الاتجاه الأمامي (الجانبين) بواسطة ثاقبة الخشب ويكون شكل نصف دائرة بحيث يمكن تثبيت الأنبوب على مستواه.</p>	
<p>نقوم بوضع أنبوب التجميع في الثقيبين بالتوازي مع اللوحة المواجهة.</p>	
<p>نستعمل الميزان المائي لأجل معرفة مدى توازن الأنبوب على الثقيبين.</p>	
<p>نقوم بوضع الغطاء الزجاجي داخل أنبوب التجميع و ذلك بجعل فتحة في الأنبوب على طول الزجاج.</p>	
<p>نضع الأنبوب في موضعه و نزيح إليه الزجاج ثم نسطر خطين متباعدين قليلا بحيث يمكن أن يدخل الغطاء الزجاجي على مستواه بعد ثقبه.</p>	
<p>نقوم بتقب الأنبوب البلاستيكي كي يدخل فيه الماء المتكاثف عبر السطح الداخلي للغطاء الزجاجي.</p>	

<p>ندخل الغطاء الزجاجي داخل الأنبوب البلاستيكي لكي تنزلق قطرات الماء المتكاثفة وتسقط بفعل ثقلها داخل الأنبوب.</p>	
<p>نقوم بتركيب كوع في آخر الأنبوب بالإضافة إلى أنبوب آخر صغير لكي يسمح بانتقال الماء من المقطر إلى الإناء.</p>	
<p>نقوم بطلاء المقطر من الزجاج بأي لون يرغب به الصانع.</p>	
<p>وأخيرا نتحصل على المقطر الشمسي بميل واحد.</p>	

6.3 أجهزة وأدوات القياس المستعملة في التجربة:

1.6.3 جهاز متعدد القياسات:

هو عبارة عن جهاز يمكن بواسطة قياس كل من التوتر، شدة التيار الكهربائي، المقاومة بالإضافة إلى وظائف أخرى تختلف من جهاز إلى آخر كتعيين درجة الحرارة، قياس التردد، تحديد نوعية الترانزستور، كشف الصمام الثنائي يلعب هذا الجهاز دور الفولط متر، الأمبير والام متر

كما هو موضح في الصور التالية :



الشكل (3-3) : جهاز متعدد القياسات.

2.6.3 بيرانومتر:

هو عبارة عن جهاز يستعمل لقياس شدة الإشعاع الشمسي.



الشكل (4-3) : جهاز بيرانومتر

3.6.3 جهاز آل PH متر:



الشكل (3-5) : جهاز قياس آل PH متر

4.6.3 جهاز قياس الناقلية الكهربائية:



الشكل (3-6) : جهاز قياس الناقلية الكهربائية.

5.6.3 الأنبوب المدرج:



الشكل (3-7) : الأنبوب المدرج.

7.3 الخطوات التجريبية:

1.7.3 التجربة الأولى:

لقد تم إجراء التجربة الأولى يوم 28 مارس 2021 على مستوى كلية العلوم الدقيقة بجامعة الوادي وتحت نفس ظروف المناخية تم تعرض مقطرين شمسيين مسطحين لأشعة الشمس بعد أن وضعت فيها كمية من الماء تقدر بـ 2.5 لتر، حيث تم قياس كل من درجة الحرارة للغطاء الزجاجي الداخلي والخارجي، ودرجة حرارة الماء والهواء، وقيست كذلك كمية الماء المقطر المنتجة، وذلك عند كل ساعة، من الساعة 8:00 إلى 18:00، وهدف من التجربة هو إثبات أن المقطرين متقاربين إلى حد كبير.

من خلال النتائج المتحصل عليها والمتمثلة في أن مردود المقطرين متقاربين إلى حد كبير وبالتالي يمكن استعمال أحدهما كشاهد والآخر نضع به اسطوانات الفحم.



الشكل (8-3): المقطر الشمسي البسيط المنجز (الشاهد-المحسن).

2.7.3 التجربة الثانية:

الهدف من التجربة هو معرفة مدى تأثير اسطوانات الفحم في زيادة مساحة التقاط الإشعاع الشمسي ومضاعفة فترة تخزين الطاقة الحرارية من جهة ومدى تأثيره على الإنتاجية التقطير.

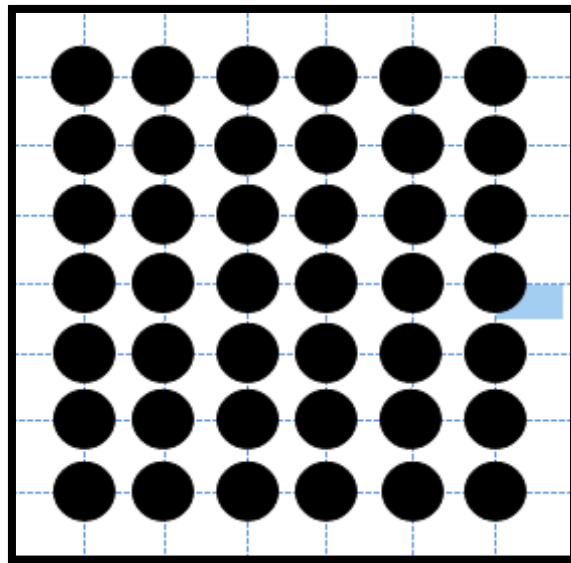
• الأدوات التجريبية:

ماء مالح، مقطرين، اسطوانات الفحم ذات القطر 2 سم وارتفاع 0.5 سم، قارورتين صغيرتين، كأس بيشر، جهاز قياس درجة الحرارة الترموكوبل، PH متر، جهاز قياس الناقلية.

المدة الزمنية اللازمة للتجربة يوم واحد.

• البروتوكول التجريبي (مراحل التحضير للتجربة) :

- نضع ميزان الماء على الطاولة المراد وضع المقطرين عليها، ونتحقق أنها في مستوى واحد أي على استقامة واحدة؛
- نثبت اسطوانات الفحم على قاعدة المقطر بمادة السليكون الأسود؛
- نغسل الغطاء الزجاجي جيدا من الغبار والأتربة؛
- نضع 2.5 لتر من الماء المالح في كلا المقطرين؛
- نضع الأنابيب في موضعها؛
- نضع اللواقط الحرارية (الترموكوبل) على الزجاج الداخلي والخارجي وفي الماء لكلا المقطرين؛
- نضع الغطاء الزجاجي على المقطرين؛
- نسد المقطرين جيدا لمنع التسربات الحرارية؛
- نقيس درجة حرارة الماء داخل المقطرين ودرجة حرارة الزجاج الداخلية والخارجية لكلا المقطرين وكمية الماء الناتجة كل ساعة؛
- بعد قياس كمية الماء المنتجة في كأس بيشر نضع جهاز PH متر داخل الكأس لمعرفة قيمة أل PH ماء المقطر الناتج ومقارنته مع PH الماء المالح؛
- نستخدم جهاز قياس الناقلية الكهربائية لقياس الناقلية الكهربائية للماء المقطر ومقارنتها بالمعايير المعروفة للماء النقي.



الشكل (9-3) : رسم تخطيطي لاسطوانات الفحم داخل صندوق المقطر.



الشكل (10-3) : صورة توضيحية للمقطر الشمسي الشاهد والمحسن (أسطوانات الفحم).

8.3 النتائج التجريبية:

لقد تمت التجربة يوم الأربعاء 2021/04/13 على مستوى كلية العلوم الدقيقة بجامعة الوادي تحت الظروف الجوية المسجلة في الجدول (3-3) التالي:

الجدول (3-3) : الأحوال الجوية ليوم التجربة 2021/04/13.

06:20	شروق الشمس
18:51	غروب الشمس
24-47°C	درجة حرارة الجو
18%	الرطوبة
10Km/h	الرياح

ولقد تم أيضا قياس PH والناقلية الكهربائية للماء المستعمل قبل وبعد التجربة على مستوى كلية العلوم الدقيقة بجامعة الوادي ويلخص الجدول (4-3) النتائج المتحصل عليها.

الجدول (4-3) : نتائج تحليل للماء المستعمل.

الماء المقطر	الماء المالح
PH = 7	PH = 6.5
$\sigma = 44 \mu\text{s/cm}$	$\sigma = 4620 \mu\text{s/cm}$



الشكل (11-3) : تحليل الماء المالح والماء المقطر.

لقد مرت التجربة بكل سهولة ودون مشاكل وأعطت نتائج مقبولة، حيث لاحظنا أن هناك فارق ملحوظ في قيم PH الناقلية الكهربائية وهذه النتائج مشجعة للغاية. الشكل (3-11) يمثل المقطر الشمسي أثناء التجربة.



الشكل (3-12): صورة فوتوغرافية للبروتوكول التجريبي.

9.3 تحليل النتائج:

تم من خلال هذه التجربة اخذ القياسات التالية: وذلك خلال يوم كامل من الساعة 8:00 إلى غاية الساعة 18:00.

- الإشعاع الشمسي.
- درجات الحرارة لكل من السطحين الداخلي والخارجي للزجاج، والماء المالح في الحوض.
- كمية الماء المقطر الناتجة.

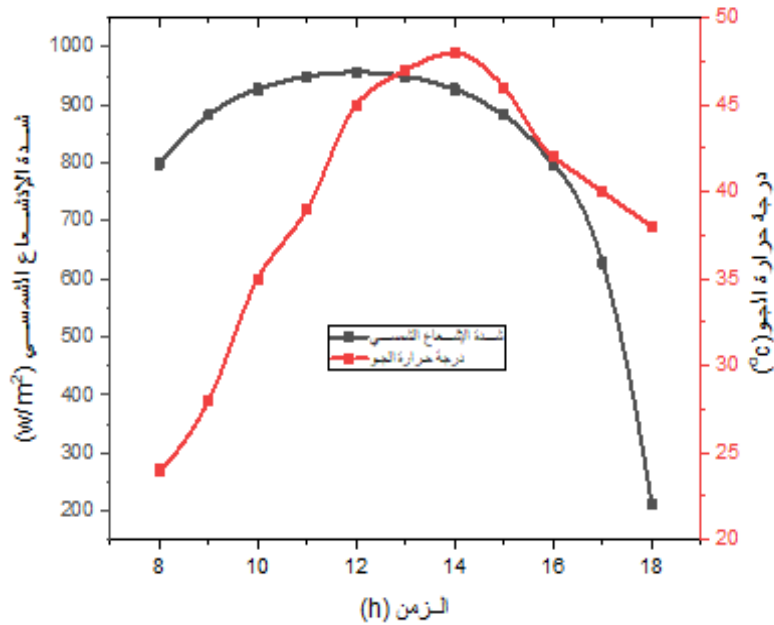
1.9.3 الإشعاع الشمسي وتطور درجة حرارة الجو:

تعتبر درجة حرارة الجو العامل المؤثر بشكل كبير على عملية التقطير الشمسي، حيث يكمن هذا التأثير على الزجاج الخارجي وعلى عملية الانتقال الحراري بالحمل الطبيعي أو القسري معا.

يمثل الشكل (3-13) منحنى تغيرات درجة الحرارة الجو وشدة الإشعاع الشمسي بدلالة الزمن خلال يوم التجربة، حيث نلاحظ أن درجة الحرارة عند الساعة 8:00 كانت 24°C ثم تزداد مع مرور الزمن إلى أن بلغت القيمة الاعظمية في حدود 48°C عن الساعة

14:00 لان أشعة الشمس كانت في أقصى شعاع لها وكذلك الشمس انتصفت السماء وبدأت في التناقص في الساعة 18:00 إلى 38°C .

أما في ما يخص تغيرات شدة الإشعاع الشمسي خلال يوم التجربة، حيث نلاحظ أن قيمة الإشعاع عند الساعة 8:00 صباحا كانت 798 w/m^2 ثم بدأت في الزيادة إلى أن وصلت إلى قيمة أعظمية 956 w/m^2 وذلك عند الساعة 12:00 لان أشعة الشمس كانت في أقصى شعاع لها وكذلك الشمس انتصفت السماء ثم تناقصت مع مرور الزمن إلى أن وصلت 212 w/m^2 وذلك عند الساعة 18:00.

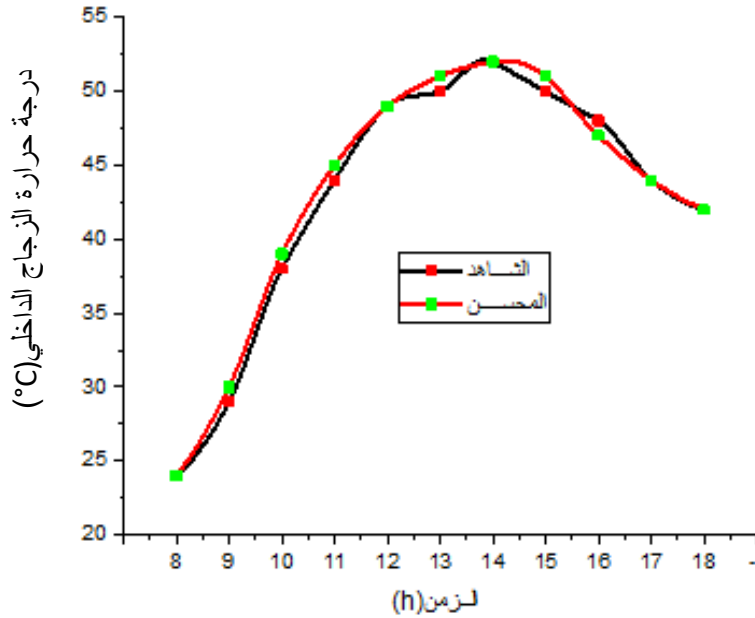


الشكل (3-13) : منحنى تغيرات كلا من درجة الحرارة الجو وشدة الإشعاع الشمسي بدلالة الزمن خلال يوم التجربة.

2.9.3 تطور درجة حرارة الزجاج من الداخل:

تعتبر درجة حرارة الجو عامل من عوامل المؤثرة في عملية التقطير الشمسي. يمثل الشكل (3-14) تغيرات درجة حرارة الزجاج الداخلية للمقطرين (شاهد والمحسن) بدلالة الزمن خلال يوم التجربة، حيث نلاحظ في بداية التجربة عند الساعة 8:00 كانت درجة الحرارة 24°C بالنسبة للمقطرين، ثم تبدأ هذه القيمة في الزيادة مع مرور الزمن لتبلغ قيمة أعظمية عند 14:00 فتكون 52°C بالنسبة للمقطرين (شاهد والمحسن) ثم تتناقص إلى أن تصل 42°C بالنسبة

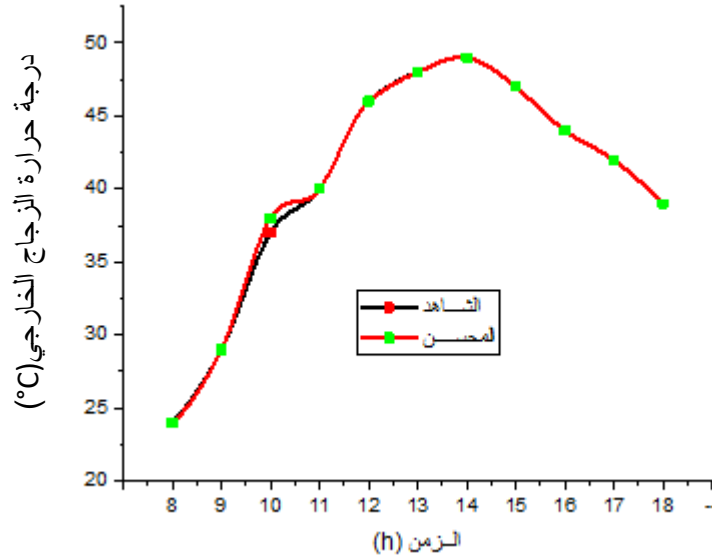
للمقطرين، كما نلاحظ عموماً أن درجة حرارة الزجاج الداخلية متقاربة إلى حد كبير بالنسبة للمقطرين مع تطابق درجة الحرارة عند الساعات واختلاف طفيف عند ساعات أخرى.



الشكل (3-14) : منحى تغيرات درجة حرارة الزجاج من الداخل للمقطرين الشمسين بدلالة الزمن.

3.9.3 تطور درجة حرارة الزجاج من الخارج:

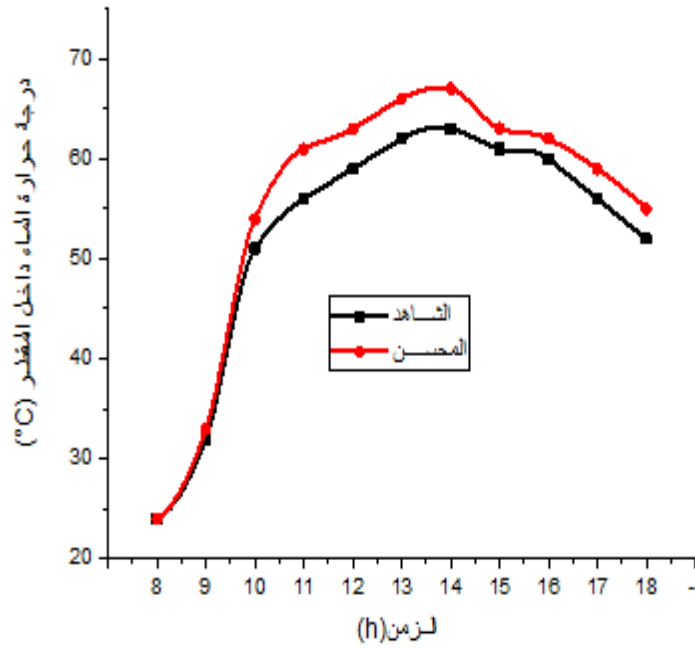
يمثل الشكل (3-15) تغيرات درجة حرارة الزجاج الخارجي للمقطرين (الشاهد والمحسن) بدلالة الزمن، حيث نلاحظ في بداية التجربة عند 8:00 كانت درجة الحرارة 24°C بالنسبة للمقطرين، ثم تبدأ هذه القيمة في الزيادة مع مرور الزمن لتبلغ قيمته الاعظمية عند الساعة 14:00 فتكون 49°C بالنسبة للمقطرين (الشاهد والمحسن) ثم تتناقص إلى أن تصل إلى 39°C بالنسبة للمقطرين (الشاهد والمحسن)، نلاحظ عموماً أن درجة حرارة الزجاج الخارجي متقاربة إلى حد كبير بالنسبة للمقطرين مع اختلاف طفيف عند الساعة 10:00



الشكل (3-15) : منحنى تغيرات درجة حرارة الزجاج من الخارج للمقطرين الشمسيين بدلالة الزمن.

4.9.3 تطور درجة حرارة الماء:

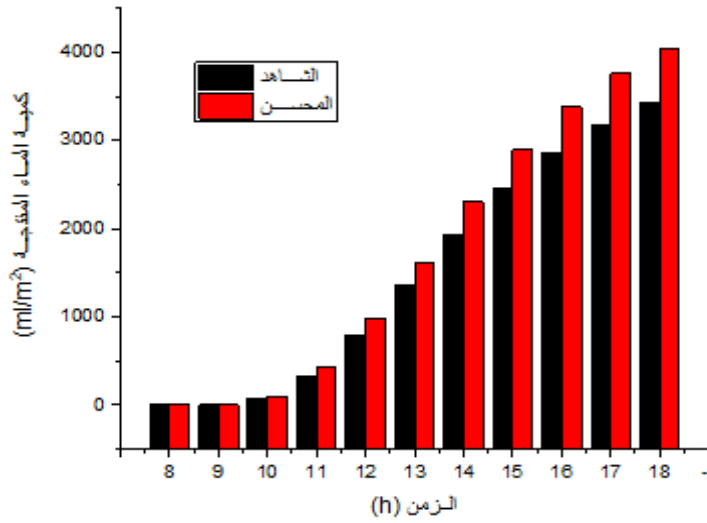
يمثل الشكل (3-16) تغيرات درجة حرارة الماء المالح داخل المقطرين بدلالة الزمن، حيث نلاحظ أنهما انطلقا من نفس درجة الحرارة، ثم تبدأ هذه القيمة في الزيادة مع مرور الزمن لتبلغ قيمته الاعظمية عند الساعة 14:00 فتكون 67°C بالنسبة للمقطر المحسن و 63°C بالنسبة للمقطر الشاهد ثم تتناقص إلى أن تصل 55°C بالنسبة للمقطر المحسن و 52°C بالنسبة للمقطر الشاهد، نلاحظ عموما أن درجة حرارة الماء المالح للمقطر المحسن اكبر منها عند المقطر الشاهد، ويعود هذا لوجود اسطوانات الفحم المثبتة على المقطر المحسن، والتي لها مميزات في زيادة مساحة التقاط الإشعاع الشمسي من جهة ومضاعفة فترة التخزين الحرارية من جهة أخرى، فبذلك تزداد درجة حرارة الماء المقطر.



الشكل (3-16) : منحنى تغيرات درجة حرارة الماء المالح داخل للمقطرين الشمسيين بدلالة الزمن.

5.9.3 تطور كمية الماء المقطر الناتج:

يمثل الشكل (3-17) مخطط أعمدة لكمية الماء المقطر الناتج من المقطرات الشمسية بدلالة الزمن، حيث اعتبرنا الإنتاجية الخاصة لكل ساعة (كمية الماء المنتجة عند تلك الساعة زائد كمية الماء المنتجة عند الساعات التي قبلها)، فنلاحظ انه لم يتم تسجيل أي كمية منتجة من الماء المقطر بالنسبة للمقطرين و ذلك عند الساعة 8:00 و 9:00، وعند الساعة 10:00 بدأت كمية الماء المقطر تتزايد لكلا المقطرين إلى أن تبلغ قيمة عظمى عند الساعة 18:00 للمقطرين (الشاهد والمحسن)، حيث بلغت إنتاجية الماء المقطر الناتجة عن المقطر الشاهد 3460 مل/م²/يوم وبلغت إنتاجية الماء المقطر الناتجة عن المقطر المحسن 4040 مل/م²/يوم، كما انه بلغت نسبة التحسن في إنتاجية المياه المقطرة عند استخدام اسطوانات الفحم 16.76% مقارنة بإنتاجية المياه المقطرة الناتجة من المقطر الشاهد.



الشكل (3-17): تطور كمية الماء المقطر الناتج بدلالة الزمن.

الخاتمة:

بعد الدراسة التجريبية التي قمنا بها يمكن القول انه كلما زاد امتصاص الإشعاع الشمسي كلما ارتفع الفارق بين درجة حرارة الماء ودرجة حرارة الزجاج الداخلي للمقطر، وبالتالي يزيد من إنتاج الماء المقطر و هذا ما توصلنا إليه من خلال التجربة التي قمنا بها بعد إضافة 42 اسطوانة فحم للمقطر (قطرها 2 سم وارتفاعها 0.5 سم) الموزعة بانتظام في قاع حوضه (6 x 7)، حيث ساهمت في زيادة مساحة التقاط الإشعاع الشمسي و مضاعفة فترة تخزين الطاقة، وبالتالي نستخلص أن المقطر الشمسي المحسن أفضل من المقطر الشمسي الشاهد، وبذلك عند استعمال مواد تخزين الطاقة (اسطوانات الفحم) تزداد مردودية إنتاج التقطير الشمسي .

الخاتمة العامة

الخاتمة العامة:

يعتبر التقطير أحد التقنيات المستعملة في تحلية المياه المالحة وهذا ما جسدها في هذا العمل التجريبي باستعمال مقطر شمسي بسيط ذو الميل الواحد. يمكن الإشارة إلى أن صناعة المقطر الشمسي ذو الميل الواحد سهلة للغاية وتركيبه بسيط وغير مكلف. ركزنا في هذه الدراسة على مقارنة كمية الماء المقطر المنتجة من المقطرين (الشاهد-المحسن) ومن خلال التجربة المنجزة بجامعة حمه لخضر الوادي، وذلك بهدف تحسين المرادودية اليومية للمقطر الشمسي.

الهدف من دراستنا هو معالجة نقص مياه الشرب في المناطق النائية والمعزولة (مثل منطقة الوادي) وذلك باستعمال التقطير الشمسي الذي يحول المياه المالحة إلى مياه صالحة للشرب. تبقى إنتاجية المقطر الشمسي البسيط قليلة لذا يسعى العديد من الباحثين لتحسين إنتاجية التقطير بإضافة مواد تخزين. لذا، قارنا مقطرين شمسيين متماثلين تحت نفس الظروف الجوية لمنطقة الوادي، نعتبر المقطر الشمسي الأول شاهد والمقطر الشمسي الثاني كمحسن وذلك بإضافة 42 اسطوانة فحم (قطرها 2 سم وارتفاعها 0.5 سم) الموزعة بانتظام في قاع حوضه (6 x 7) حيث نلخص نتائج التجربة في النقاط التالية:

- يؤثر الإشعاع الشمسي على إنتاجية المقطر الشمسي.
 - إضافة اسطوانات الفحم زادت من امتصاص الإشعاع الشمسي، وكلما زاد الفارق بين درجة حرارة الماء الحوض ودرجة حرارة الزجاج الداخلي للمقطر زادت الإنتاجية تبعاً لذلك.
 - اسطوانات الفحم ساهمت في زيادة مساحة التقاط الإشعاع الشمسي ومضاعفة فترة التخزين الطاقة.
 - بلغت إنتاجية الماء المقطر الناتجة عن المقطر الشاهد 3460 مل/م²/يوم.
 - بلغت إنتاجية الماء المقطر الناتجة عن المقطر المحسن 4040 مل/م²/يوم.
 - بلغت نسبة التحسن في إنتاجية المياه المقطرة عند استخدام اسطوانات الفحم 16.76%
 - مقارنة بإنتاجية المياه المقطرة الناتجة من المقطر الشاهد.
 - إضافة اسطوانات الفحم إلى المقطر الشمسي تعمل على زيادة إنتاجية الماء المقطر.
 - بالتالي نستخلص من النتائج التي تم الحصول عليها ان اسطوانات الفحم حسنت من الإنتاجية اليومية للمقطر الشمسي.
- لذا ننصح الباحثين باستخدام مثل هذه المحسنات بإضافة مواد تخزين الطاقة (اسطوانات الفحم) لتحسين إنتاجية التقطير الشمسي في المناطق الصحراوية (منطقة الوادي).

قائمة المراجع

المراجع

- [1] Mohammed El Hadi Attia, Abd Elnaby Kabeel, Abdelkader Bellila, A. Muthu Manokar, Ravishankar Sathyamurthy and Zied Driss. A comparative energy and exergy efficiency studies of hemispherical and single slope solar stills. Environmental Science and Pollution Research. 2021, 1-11. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13161-9>.
- [2] Mohammed El Hadi Attia, Abd Elnaby Kabeel Mohamed Abdelgaied. Optimal Concentration of El Oued Sand Grains as Energy Storage Materials for Enhancement of Hemispherical Distillers Performance. Journal of Energy Storage, Volume 36, April 2021, 102415. <https://doi.org/10.1016/j.est.2021.102415>.
- [3] Vanitha Selvaraj Chandrika, Mohammed El Hadi Attia, Athikesavan Muthu Manokar, Fausto Pedro García Márquez; Zied Driss and Ravishankar Sathyamurthy. Performance enhancements of conventional solar still using reflective aluminium foil sheet and reflective glass mirror: energy and exergy analysis. Environmental Science and Pollution Research. 2021. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13087-2>
- [4] Mohammed El Hadi Attia, Abd Elnaby Kabeel, Mohamed Abdelgaied, Wael M. El-Maghlany and Zied Driss. Enhancement the performance of hemispherical distiller via phosphate pellets as energy storage medium. Environmental Science and Pollution Research. 2021, <https://doi.org/10.1007/s11356-021-12920-y>.
- [5] Abdelkader Bellila, Mohammed El Hadi Attia, Abd Elnaby Kabeel, Mohamed Abdelgaied, Khaled Harby and Jihen Soli. Productivity enhancement of hemispherical solar still using Al₂O₃-water-based nanofluid and cooling the glass cover. Applied Nanoscience 2021. <https://doi.org/10.1007/s13204-021-01677-y>
- [6] Mohammed El Hadi Attia, Abd Elnaby Kabeel, Mohamed Abdelgaied, Wael M. El-Maghlany and Abdelkader Bellila. Comparative study of Hemispherical Solar Distillers Iron-fins. Journal of Cleaner Production. Volume 292, 10 April 2021, 126071. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126071>

- [7] Mohammed El Hadi Attia, Abd Elnaby Kabeel, Mohamed Abdelgaied and F.A. Essa. Enhancement of hemispherical solar still productivity using iron, zinc and copper trays. *Solar Energy*. Volume 216, 1 March 2021, Pages 295-302. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2021.01.038>.
- [8] Mohammed El Hadi Attia, Zied Driss, Abd Elnaby Kabeel, Asif Afzal, Athikesavan Muthu Manokar and Ravishankar Sathyamurthy. "Phosphate bed as energy storage materials for augmentation of conventional solar still productivity". *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 2021. <http://dx.doi.org/10.1002/ep.13581>.
- [9] Mohammed El Hadi Attia, Abd Elnaby Kabeel, Mohamed Abdelgaied and Zied Driss "Productivity Enhancement of Traditional Solar Still by Using Sandbags of El Oued-Algeria". *Heat Transfer* 50(1) (2021) 768-783. <http://dx.doi.org/10.1002/htj.21903>.
- [10] M.A.Samee, U.K. Mirza, T. Majeed and N. Ahmad, "Design and performance of a simple single basin solar still". *Renewable and Sustainable Energy Review*, 42(2005).
- [11] A.S. Nafey, M. Abdelkader, A. Abdelmotalib and A.A. Mabrouk, Parameters affecting solar still productivity, *Energy Conversion & Management* 41(2000).
- [12] Mohammed El Hadi Attia, Zied Driss, Athikesavan Muthu Manokar and Ravishankar Sathyamurthy. Effect of Aluminum Balls on the productivity of Solar Distillate. *Journal of Energy Storage*, 30 (2020) 101466. <https://doi.org/10.1016/j.est.2020.101466>.
- [13] C.E. Okeke, S.U. Egarievwe, A.O.E. Animalu, Effects of coal and charcoal on solar-still performance, *Energy* 15 (1990) 1071–1073.
- [14] C. Tiris, M. Tiris, I.E. Ture, Improvement of basin type solar still performance: use of various absorber materials and solar collector integration, *Renew. Energy* 9 (1996) 758–761.
- [15] B.A.K. Abu-Hijleh, Hamzeh M. Rababa'h, Experimental study of a solar still with sponge cubes in basin, *Energy Convers. Manage.* 44 (2003) 1411–1418.
- [16] Kumar, T.S., Jegadheeswaran, S., & Chandramohan, P., Performance investigation on fin type solar still with paraffin wax as energy storage media. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*,

- 136(1) (2019) 101-112,
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10973-018-7882-7>.
- [17] Kabeel, A.E., Abdelgaied, M., & Eisa, A., Enhancing the performance of single basin solar still using high thermal conductivity sensible storage materials. *Journal of cleaner production*, 183 (2018) 20-25. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.144>.
- [18] Akash, B.A., Mohsen, M.S., Osta, O., & Elayan, Y., Experimental evaluation of a single-basin solar still using different absorbing materials. *Renewable energy*, 14(1-4) (1998) 307-310. [https://doi.org/10.1016/S0960-1481\(98\)00082-2](https://doi.org/10.1016/S0960-1481(98)00082-2).
- [19] El-Sebaili, A.A., Ramadan, M.R.I., Aboul-Enein, S., & El-Naggar, M., Effect of fin configuration parameters on single basin solar still performance. *Desalination*, 365 (2015) 15-24. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2015.02.002>.
- [20] Samuel, D.G.H., Nagarajan, P.K., Sathyamurthy, R., El-Agouz, S.A., and Kannan, E., Improving the yield of fresh water in conventional solar still using low cost energy storage material, *Energy Conversion and Management*, 112 (2016) 125-134, <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2015.12.074>.
- [21] Nafey, A.S., Abdelkader, M., Abdelmotalip, A., Mabrouk, A.A., Solar still productivity enhancement, *Energy Conversion and Management*, 42 (2001) 1401–1408, [https://doi.org/10.1016/S0196-8904\(00\)00107-2](https://doi.org/10.1016/S0196-8904(00)00107-2).
- [22] Omara, Z.M., Kabeel, A.E., The performance of different sand beds solar stills, *International Journal of Green Energy*, 11(3) (2014) 240–254, <https://doi.org/10.1080/15435075.2013.769881>.
- [23] El-Sebaili, A.A., Aboul-Enein, S., Ramadan, M.R.I., El-Bialy, E., Year-round performance of a modified single-basin solar still with mica plate as a suspended absorber, *Energy*, 25 (2000) 35-49, [https://doi.org/10.1016/S0360-5442\(99\)00037-7](https://doi.org/10.1016/S0360-5442(99)00037-7).
- [24] Abdel-Rehim, Zeinab S., and Lasheen, A., Improving the performance of solar desalination systems, *Renewable Energy*, 30(13) (2005) 1955-1971, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2005.01.008>.
- [25] Tabrizi, F.F., Sharak, A.Z., Experimental study of an integrated basin solar still with a sandy heat reservoir, *Desalination* 253 (2010) 195–199. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2009.10.003>.

- [26] مضوي، ت، حسن، ا، (1996-2013)، الإشعاع الشمسي و درجة الحرارة و إثرهما في مناخ السودان، بحث لنيل درجة باكالوريوس، السودان.
- [27] سوداني محمد البار، دراسة نظرية تحقيق علمي لمركز شمسي اسطواني مكافئ ذي غطاء زجاجي، أطروحة دكتوراة جامعة ورقلة 2018.
- [28] Rahmani Djelloul, Analyse d'un système de concentration solaire pour la production d'hydrogène (cas de l'Algerie), Mémoire Magister, Université Hassiba Ben bouali Chlef, 2011- 2012.
- [29] محمد احمد سيد خليل، طاقة الشمسية واستخدامها، دار الكتب العلمية من النشر، توزيع القاهرة.
- [30] John R. Howell. R Banneror, G. vliet, "Solar-Thermal Energy systems", Copyright by Mc Graw-Hill, Inc. 1982.
- [31] مريم أزهر على غالب، تقييم كفاءة خلية شمسية من مادة السيلكون ذات اخديد مختلفة الشكل باستخدام برنامج زيماكس، مذكرة ماجستير، جامعة بغداد، 2010 .
- [32] J A Duffie, W A Beckman, Solar Engineering of Thermal Processes, edited by John Wiley & Sons , 2013.
- [33] Yves Jannot, Thermique Solaire, Octobre 2003
- [34] Gisomont Slaire Et Transferts En Ergetique .Alian. Ricaud. Jan 2011.
- [35] Hamani Nadjette, Modélisation du Flux Solaire Incident et de la Température de Sortie Dans un Capteur Solaire A Eau Avec Effet de Concentration du Rayonnement Solaire Incident, Mémoire de Magister, Université Mohamed Khider- Biskra, 2005.
- [36] Wollf, H. M, 1968. "On the computation of solar Evaluation angles and the determination of sunrise and sunrise times". National aeronautics and space administration report NASA TM-X-164, USA.
- [37] سوداني محمد البار، دراسة نظرية مع لمركز شمسي اسطواني مقعر ذي غطاء زجاجي، مذكرة ماجستير، جامعة ورقلة، 2009 .

- [38] د.سعود يوسف عياش، تكنولوجيا الطاقة البديلة، عالم المعرفة، الكويت فبراير 1981.
- [39] د. سهيل فاضل، د. الياس الكلية، "الطاقة الشمسية و تطبيقاتها"، دار الحدائث لطباعة والنشر والتوزيع، ص ب 5636/14، بيروت، لبنان.
- [40] Daguene M, les Séchoirs Solaires, Théorie et Pratique, Unisco, Paris, 1985.
- [41] Andrew D.C., Jeffrey D. S, Simon j. r., Marvin D.S., a Model for and Sons, New York, 1974.
- [42] SAYIGH A.A, Characteristics of Solar Radiation, Solar Energy Conversion, Pergamon Press, Ontario, 1979.
- [43] د اسعد رحمان سعيد الحلفي، كتاب الهندسة الأغذية بالطاقة الشمسية، مكتبة الزهراء البصرة، 2010.
- [44] Soteris Kalogirou, Solar Energy Engineerin and system, University of Technology, Limassol, Cyprus , british libarary , 2009.

المخلص: أصبحت ظاهرة نقص مياه الشرب مشكلة حقيقية يعاني منها سكان العالم اليوم. المناطق الصحراوية الجزائرية ومن بينها منطقة الوادي (الجنوبي الشرقي الجزائري) تعاني هي الأخرى من نفس المشكل، بالرغم من وجود كميات هائلة من المياه المالحة الجوفية. التقطير الشمسي هو من بين الحلول السهلة والرخيصة لحل هذه المشكلة، لأن هذه الطريقة تعتمد على الطاقة المتجددة (الطاقة الشمسية) كعامل أساسي لتوفير مياه الشرب انطلاقاً من المياه المالحة. لهذا قمنا بتصميم جهاز التقطير الشمسي التقليدي ذو الميل الواحد مربع القاعدة، والذي مساحته قاعدته تبلغ 0.25 م². يحتاج جهاز التقطير الشمسي لتحسين (إضافة مواد تخزين الطاقة) لزيادة إنتاجية الماء المقطر، لكون إنتاجية المقطر التقليدي ضعيفة. في هذا العمل، قمنا بإضافة أسطوانات الفحم (42 أسطوانة فحم بقطر 2 سم وارتفاع 0.5 سم) وتنبيتها في قاع صندوق المقطر الشمسي، على النحو التالي (6 أسطوانات × 7 أسطوانات). أظهرت النتائج التجريبية أن أسطوانات الفحم تزيد من محصول نواتج التقطير الشمسي بحوالي 16.76%.

الكلمات المفتاحية: الطاقة الشمسية؛ أسطوانات الفحم؛ التقطير الشمسي؛ المياه الصالحة للشرب.

Abstract: The phenomenon of drinking water shortage has become a real problem facing the world's population today. The Algerian desert regions, including El Oued region (southeastern Algeria), also suffer from the same problem, despite the presence of huge quantities of ground salty water. Solar distillation is among the easy and cheap solutions to solve this problem because this method relies on renewable energy (solar energy) as a key factor in providing drinking water from salt water. We designed the traditional single slope solar distillation device of square base, whose base area is 0.25 m². The solar distillation device needs to improve (add energy storage materials) to increase the productivity of distilled water, because the productivity of traditional distillates is weak. In this work, we added coal cylinders (42 coal cylinders of 2 cm its diameter and 0.5 cm high) and installed them to the bottom of the solar distillation basin, as follows (6 cylinders x 7 cylinders). The experimental results showed that the coal cylinders increase the distillation yield by about 16.76 %.

Key Words: Solar Energy; Coal Cylinders; Solar Distillation; Drinkable Water.