



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
جامعة قاصدي مرباح ورقلة
كلية الرياضيات وعلوم المادة
قسم الفيزياء



مذكرة تخرج لنيل شهادة ماستر أكاديمي في اختصاص فيزياء طاقوية وطاقات متجددة

الموضوع :

تحسين مردود الألواح الشمسية باستخدام العواكس المسطحة

من إعداد الطالبين :

- حجاج محمد طالب
- زناتي عادل

نوقشت وأجيزت أمام اللجنة :

رئيسا	جامعة ورقلة	أستاذ محاضر (أ)	الأستاذ : معريف يسين
مناقشا	جامعة ورقلة	أستاذ مساعد (أ)	الأستاذ : بوحنان رايح
مؤطرا	جامعة ورقلة	أستاذ تعليم عالي	الأستاذ : بشكي جمال

السنة الجامعية 2018/2019

الإهداء

أهدي ثمرة جهدي وخلاصة عملي :

إلى نبع المحبة والحنان والوفاء إلى أغلى ما في الوجود " أمي " الحبيبة والغالية أطال الله في

عمرها

إلى منبع عزمي وإرادة حزمي إلى نور دربي " أبي " العزيز حفظه الله وأطال في عمره.

إلى القلوب الطاهرة، إلى رياحين حياتي في الشدة والرخاء إخوتي وأخواتي.

إلى " زوجتي " التي آزرني وساعدتني.

إلى كل أفراد العائلة والأقارب كبيرا وصغيرا.

إلى كل من علمني حرف أساتذتي الكرام.

حجاج محمد طالب

الإهداء

أهدي ثمرة جهدي وخلاصة عملي :

إلى من قال فيها عز وجل ﴿وَقَضَىٰ رَبُّكَ أَلَّا تَعْبُدُوا إِلَّا إِيَّاهُ وَبِالْوَالِدَيْنِ إِحْسَانًا﴾

إلى أعز ما أملك في الوجود إلى من سهرت على تربيتي وكانت سر وجودي " أمي " الغالية والحنونة حفظها الله وأطال في عمرها .

إلى من يعجز لساني ويجف القلم عن وصف جميله وكان لي سراجا منيرا " أبي " العزيز حفظه الله وأطال في عمره .

إلى من عشت معهم وتقاسمنا أحلى الأيام وأمرها إلى من هم أئمن وأجمل ما في هذه الدنيا إخوتي وأخواتي .

إلى كل أفراد العائلة والأقارب وأصحاب الفضل .

إلى كل أساتذتي الأفاضل خلال المشوار الدراسي .

زناقي عادل

شكر و عرفان

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على أشرف المرسلين سيدنا محمد المبعوث رحمة للعالمين ومنار هداية ودليل رشاد للناس أجمعين.

الشكر والفضل لله الذي أعاننا ووقفنا إلى إتمام هذه المذكرة، ثم إلى الوالدين الكريمين وكل أفراد العائلة.

كما نتقدم بالشكر الجزيل للأستاذ المشرف على هذه المذكرة "بشكي جمال" على كل المساعدات والنصائح القيمة المقدمة لنا.

كما نشكر أعضاء لجنة المناقشة "الأستاذ معريف يسين" والأستاذ "بوعنان رابح" على قبولهم ومراجعة هذا العمل وتصويبه.

كما نتقدم بالشكر إلى كل أساتذتنا الأفاضل بقسم علوم المادة وبالأخص الذين قاموا بتدريسنا طيلة التعليم الجامعي.

وإلى الذين كانوا نورا لنا يضيء الظلمة التي كانت تقف أحيانا في طريقنا لهم منا كل الشكر.

كما نشكر كل من كان له يد مساعدة من قريب أو بعيد وبالخصوص الأستاذ جمال بن منين في إنجاز هذا العمل.

ملخص :

يهدف بحثنا إلى إجراء دراسة تجريبية و مقارنة تأثير إضافة عاكس خارجي مسطح إلى اللوح الشمسي على استطاعة خرجها ولوح شمسي آخر شاهد غير مزود بعاكس، حيث وضع العاكس بشكل عمودي على اللوح الشمسي من أجل تكثيف الإشعاع الشمسي على سطح اللوح خلال الساعات التي تكون فيها شدة الإشعاع الشمسي منخفضة ، وهذا يؤدي بدوره إلى تحسين الأداء اليومي الإجمالي للوح الشمسي والوصول إلى استطاعة أعظمية لأطول فترة ممكنة من النهار وبالتالي تخفيض مساحة الألواح الشمسية المستخدمة وتخفيض الكلفة الاقتصادية اللازمة للحصول على القيمة نفسها من القدرة الكهربائية في الأنظمة الكهروضوئية التقليدية أي بدون عواكس مسطحة .

الكلمات الدالة : لوح كهروضمسي، عاكس مسطح، إشعاع شمسي، استطاعة .

Résumé

Notre recherche vise à mener une étude pilote et à comparer l'effet de l'ajout d'un réflecteur externe plat au panneau solaire sur sa puissance de sortie et d'un autre panneau solaire sans réflecteur, Le réflecteur est positionné verticalement sur le panneau solaire pour intensifier le rayonnement solaire à la surface du panneau pendant les heures où L'énergie solaire, qui à son tour améliore les performances quotidiennes globales du panneau solaire et atteint une capacité maximale pour la journée la plus longue possible, réduisant ainsi la surface de panneaux solaires utilisée et le coût économique nécessaire pour obtenir la même valeur d'énergie dans les systèmes photovoltaïques Conventionnel c'est à dire sans réflecteurs plats.

Mots clés : Panneau photovoltaïque, Réflecteur Plat, Rayonnement solaire, Puissance.

الفهرس

I	إهداء :
III	شكر وعرفان :
IV	ملخص :
V	الفهرس :
IX	قائمة الأشكال :
XII	قائمة الجداول :
XIII	قائمة الرموز :
1	مقدمة عامة :

الفصل الأول : الطاقة الشمسية

4	1.I - مصادر الطاقة :
4	1.1.I - مصادر الطاقة الغير متجددة (المصادر التقليدية) :
4	2.1.I - مصادر الطاقة :
5	2.I - إيجابيات الطاقة الشمسية :
6	3.I - سلبيات الطاقة الشمسية :
6	4.I - مصدر الطاقة الشمسية :
7	5.I - مراحل تفاعلات سلسلة (بروتون - بروتون) :
10	6.I - الإشعاع الشمسي :
10	1.6.I - الثابت الشمسي :

11	..... : طيف الإشعاع الشمسي : 2.6.I
15	..... : العوامل المؤثرة على شدة الإشعاع الشمس : 7.I
15	..... : تأثير الغلاف الجوي : 1.7.I
20	..... : الزوايا الشمسية : 2.7.I
24	..... : الأوقات الشمسية المختلفة : 8.I
24	..... : التوقيت الشمسي الحقيقي (TSV) : 1.8.I
24	..... : التوقيت الشمسي المتوسط TSM : 2.8.I
24	..... : العلاقة بين التوقيت الشمسي TSV والتوقيت المحلي TL : 9.I
25	..... : توقيت شروق وغروب الشمس : 10.I
25	..... : عدد ساعات الإضاءة : 11.I
26	..... : تدفق الإشعاع الشمسي على سطح خلية مثبت في موقع معين وموجه بكيفية معينة : 12.I
26	..... : زوايا توجيه اللوح الشمسي : 13.I
26	..... : زاوية ارتفاع اللوح الشمسي : 1.13.I
26	..... : زاوية سمت اللوح الشمسي : 2.13.I
27	..... : زاوية ميل اللوح الشمسي : 3.13.I

الفصل الثاني : الخلايا الكهروضوئية

30	..... : تمهيد : 1.II
30	..... : أشباه الموصلات : 2.II
30	..... : تصنيف المواد شبه الموصلة : 3.II

30	..... : 1.3.II - مواد شبه موصلة نقية
31	..... : 2.3.II - مواد شبه موصلة غير نقية
32	..... : 4.II - تاريخ الخلايا الكهروضوئية
32	..... : 5.II - الخلايا الكهروضوئية
33	..... : 6.II - تطبيقات الخلايا الكهروضوئية
33	..... : 7.II - الألواح الشمسية
33	..... : 1.7.II - مفهوم اللوح الشمسي
34	..... : 2.7.II - مكونات الألواح الشمسية
35	..... : 3.7.II - أنواع الخلايا الشمسية
35	..... : 4.7.II - مميزات وعيوب الخلايا الشمسية
37	..... : 5.7.II - مبدأ عمل الخلية الكهروضوئية
37	..... : 8.II - خصائص منحنى الجهد والتيار (I - V)
38	..... : 9.II - الاستطاعة العظمى للخلية الشمسية P_{max}
39	..... : 1.9.II - كفاءة الخلية الشمسية
39	..... : 2.9.II - الفرق بين كفاءة الخلية وكفاءة اللوح
40	..... : 10.II - ربط الألواح الكهروضوئية على التسلسل
41	..... : 11.II - ربط الخلايا على التفرع
41	..... : 12.II - العوامل المؤثرة على كفاءة الخلايا الكهروضوئية
42	..... : 1.12.II - كثافة الضوء الساقط

42	..... : 2.12.II - درجة الحرارة
42	الفصل الثالث : مناقشة وتحليل النتائج
46	..... : 1.III - وصف منطقة التجربة
46	..... : 2.III - المقادير المحسوبة خلال التجربة
46	..... : 3.III - الأجهزة المستعملة في أخذ القياسات
48	..... : 4.III - تجربة 01
52	..... : 5.III - تجربة 02
55	..... : 6.III - تجربة 03
59	..... : خلاصة
61	..... : قائمة المراجع

قائمة الأشكال

الصفحة	التسمية	الشكل
	الفصل الأول : الطاقة الشمسية	
7	مراحل تفاعلات سلسلة بروتون- بروتون	الشكل (1.I) :
10	المسافة بين الشمس و الأرض	الشكل (2.I) :
11	الثابت الشمسي I بدلالة اليوم من السنة	الشكل (3.I) :
12	توزيع طيف الإشعاع الشمسي	الشكل (4.I) :
14	أنواع الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض	الشكل (5.I) :
15	تأثير الغازات على الطيف الشمسي	الشكل (6.I) :
16	تأثير سماكة الغلاف الجوي علي شدة الإشعاع الشمسي المباشر	الشكل (7.I) :
17	المسافة التي يخترقها الشعاع الشمسي داخل الغلاف الجوي	الشكل (8.I) :
17	وصف عدد الكتلة الهوائية	الشكل (9.I) :
18	حركة دوران الأرض حول الشمس	الشكل (10.I) :
19	حالة السماء وتأثيرها على الإشعاع الشمسي	الشكل (11.I) :
21	زوايا تحديد الموقع (زاوية دائرة العرض φ وزاوية خط الطول L)	الشكل (12.I) :
21	زاوية كل من الميلان الشمسي والساعة الزاوية	الشكل (13.I) :
23	زاوية سمت الشمسي والارتفاع الشمسي	الشكل (14.I) :
27	زاوية ميل السطح γ ، زاوية سمت السطح ، زاوية ارتفاع السطح β	الشكل (15.I) :
28	اختيار زاوية ميل اللوح الكهروضوئي	الشكل (16.I) :

الفصل الثاني : الخلايا الكهروضوئية

- 31 التركيب البلوري لذرات السليكون : الشكل (1.II)
- 32 أنواع أشباه الموصلات : الشكل (2.II)
- 33 الخلية الشمسية، اللوح الشمسي، ومصنوفة الألواح الشمسية : الشكل (3.II)
- 34 مكونات اللوح الشمسي : الشكل (4.II)
- 35 أنواع الألواح الشمسية الشائعة : الشكل (5.II)
- 38 مبدأ عمل الخلية الكهروضوئية : الشكل (6.II)
- 39 المنحنى المميز للخلية الشمسية : الشكل (7.II)
- 40 خط تغير نقطة القدرة العظمى : الشكل (8.II)
- 41 ربط الألواح الكهروضوئية على التسلسل : الشكل (9.II)
- 42 ربط الألواح الكهروضوئية على التفرع : الشكل (10.II)
- 43 منحنى تغير التيار بدلالة الجهد مع تغير شدة الإضاءة : الشكل (11.II)
- 43 منحنى تغير الاستطاعة بدلالة الجهد مع تغير شدة الإضاءة : الشكل (12.II)
- 44 منحنى تغير التيار بدلالة الجهد مع تغير درجات الحرارة : الشكل (13.II)
- 44 منحنى تغير الاستطاعة بدلالة الجهد مع تغير درجات الحرارة : الشكل (14.II)

الفصل الثالث : الجانب التجريبي

- 47 جهاز قياس شدة الإشعاع الشمسي (Solarimètre) : الشكل (1.III)
- 47 الألواح الشمسية المستعملة في التجربة : الشكل (2.III)
- 48 تغيرات شدة الإشعاع الساقط على كل لوح بدلالة الزمن : الشكل (3.III)

- 51 الشكل (4.III) : تغيرات الاستطاعة بدلالة الزمن لكل لوح كهروشمسي
- 52 الشكل (5.III) : تغيرات شدة الإشعاع الساقط على كل لوح بدلالة الزمن
- 54 الشكل (6.III) : تغيرات الاستطاعة بدلالة الزمن لكل لوح كهروشمسي
- 56 الشكل (7.III) : تغيرات شدة الإشعاع الساقط على كل لوح بدلالة الزمن
- 58 الشكل (8.III) : تغيرات الاستطاعة بدلالة الزمن لكل لوح كهروشمسي

قائمة الجداول

الصفحة	التسمية	الجدول
الفصل الأول : الطاقة الشمسية		
12	أنواع الإشعاع الكهرومغناطيسي	الجدول (1.I) :
14	قيم معامل الاضطراب حسب حالة السماء	الجدول (2.I) :
18	تغيرات الثابت الشمسي بدلالة عدد الكتلة الهوائية	الجدول (3.I) :
الفصل الثاني : الخلايا الكهروضوئية		
36	الفوارق بين الخلايا أحادية التبلور ومتعددة التبلور	الجدول (1.II) :
37	مميزات وعيوب الخلايا الشمسية	الجدول (2.II) :
الفصل الثالث : مناقشة وتحليل النتائج		
	شدة الإشعاع الساقط على كل لوح	الجدول (1.III) :
49	شدة التوتر المنتجة من طرف كل لوح	الجدول (2.III) :
50	شدة التيار المنتجة من طرف كل لوح	الجدول (3.III) :
50	الاستطاعة المنتجة من طرف كل لوح والنسبة المئوية للزيادة في مقدار الاستطاعة	الجدول (4.III) :
52	شدة الإشعاع الساقط على كل لوح	الجدول (5.III) :
53	شدة التوتر المنتجة من طرف كل لوح	الجدول (6.III) :
53	شدة التيار المنتجة من طرف كل لوح	الجدول (7.III) :
54	الاستطاعة المنتجة من طرف كل لوح والنسبة المئوية للزيادة في مقدار الاستطاعة	الجدول (8.III) :
55	شدة الإشعاع الساقط على كل لوح	الجدول (9.III) :
56	شدة التوتر المنتجة من طرف كل لوح	الجدول (10.III) :
57	شدة التيار المنتجة من طرف كل لوح	الجدول (11.III) :
57	الاستطاعة المنتجة من طرف كل لوح والنسبة المئوية للزيادة في مقدار الاستطاعة	الجدول (12.III) :

قائمة الرموز

الوحدة	التعريف	الرمز
m/s	سرعة الضوء	c
J	الطاقة المحررة	E_{Lib}
m	الطول الموجي	λ
J.S	ثابت بلانك	h
Hz	التردد الموجي	ν
W	استطاعة الشمس لوحدة السطح	W_s
w/m^2k^4	ثابت ستيفان - بولتزمان	σ
Km	المسافة ما بين الأرض والشمس	D_{TS}
W	الاستطاعة الكلية المشعة من طرف الشمس	P_s
w/m^2	الثابت الشمسي	I_0
Jour	عدد اليوم من السنة	N_j
degré (°)	زاوية الانحراف الشمسي	δ
degré (°)	زاوية الساعة الشمسية	ω
degré (°)	زاوية خط الطول	L
degré (°)	زاوية خط العرض	ϕ
degré (°)	زاوية الإرتفاع الشمسي	h
degré (°)	زاوية السميت	a
degré (°)	زاوية السميت الرأسي	Z
degré (°)	زاوية سقوط الإشعاع الشمسي	i
degré (°)	زاوية إرتفاع اللوح الشمسي	β
degré (°)	زاوية ميل اللوح الشمسي	γ
w/m^2	الإشعاع المباشر	I_b

	الكتلة الهوائية الضوئية	AM
w/m^2	الإشعاع المباشر الوارد بزاوية i	I_{bt}
w/m^2	الإشعاع المنتشر	I_d
w/m^2	الإشعاع الكلي	G
	معامل الإضطراب	T_L
h	الزمن الشمسي الحقيقي	TSV
h	الزمن الشمسي المتوسط	TSM
h	التوقيت المحلي	TL
degré (°)	الزاوية الشمسية للغروب	ω_S
degré (°)	الزاوية الشمسية للشروق	$-\omega_S$
h	عدد ساعات الإضاءة في اليوم	N
V	جهد الدارة المفتوحة	V_{CO}
A	تيار الدارة المقصورة	I_{CC}
w	الاستطاعة العظمى للخلية الكهروضوئية	Pmax
	كفاءة الخلية الكهروضوئية	Eff
m^2	مساحة الخلية الكهروضوئية	A
V	مجموع الجهد في دارة مفتوحة لعدد من الخلايا المربوطة على التسلسل	$V_{CO}(N_S)$
	عدد الخلايا المربوطة على التسلسل	N_S
	عدد الخلايا المربوطة على التفرع	N_P

مقدمة

مقدمة:

إن تلوث هواء المدن و الأمطار الحمضية وتسرب النفط والمخاطر النووية وارتفاع درجة حرارة الأرض يبحث على إعادة تفحص بدائل الفحم والنفط والطاقة النووية، وعلى الرغم من أن مصادر الطاقة البديلة ليست خالية من التلوث عموماً، فإنه يوجد مجال واسع من الخيارات التي يكون ضررها البيئي أقل بكثير من مصادر الطاقة التقليدية.

تمثل الطاقة بمختلف أشكالها الركيزة الأساسية لعملية التنمية مما يستوجب معها البحث عن مصادر متجددة للطاقة ومن أهم تلك المصادر هي الطاقة الشمسية، حيث استفاد الإنسان منذ القدم من طاقة الإشعاع الشمسي مباشرة في تطبيقات عديدة كتجفيف المحاصيل الزراعية وتدفئة المنازل.

تعتمد كمية الطاقة الشمسية الساقطة في مكان ما على عوامل كثيرة منها الموقع الجغرافي وتحديد الوقت خلال النهار وفصول السنة ودرجة شفافية أو نقاوة الحالة الطبيعية للهواء والتغير في درجة الحرارة والرطوبة يمكن تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية وطاقة حرارية من خلال آليتي التحويل الكهروضوئي والتحويل الحراري للطاقة الشمسية ويقصد بالتحويل الكهروضوئي تحويل الإشعاع الشمسي أو الضوئي مباشرة إلى طاقة كهربائية بواسطة الخلايا الشمسية (الكهروضوئية).

تعتبر الخلايا الشمسية من أهم الاختراعات التي ظهرت في العصر الحديث والتي تمكن الإنسان بفضلها من تأمين جزء لا بأس به من احتياجاته اليومية للطاقة عن طريق تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية، وتم استغلال الخلايا الشمسية (الكهروضوئية) في الكثير من مناحي الحياة اليومية ولكن كلفة إنتاج الخلايا الشمسية المرتفعة أصبحت أهم العوائق أمام التوسع في استغلالها، ومن هنا فقد أدرك العلماء أن التحدي الأكبر هو زيادة القدرة التحويلية للخلايا الشمسية أي قدرتها على تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية وتخفيض كلفة إنتاجها وتدل بعض الدراسات أنه قد تم تحقيق مستوى جيد لنسبة التحويل المطلوبة بلغت %32,3 من الطاقة الشمسية الداخلة إلى تيار كهربائي ، ويعتقد الكثير من الباحثين أنه يمكن الوصول إلى نسبة تحويل قد تصل إلى %40 إن مثل هذه الزيادة في القدرة التحويلية للخلايا الشمسية سينجم عنها تقليل حجم هذه الخلايا وزيادة مقدار الطاقة الكهربائية الناتجة عنها وبالتالي تقليل كلفة إنتاجها.

يتضح من خلال هذا أن أهم مشكل يواجه تطور استعمال الخلايا الشمسية هو مردودها الضعيف وهو ما دفعنا إلى إجراء هذه الدراسة التجريبية حيث تكمن أهمية هذا العمل في محاولته التوصل إلى أجهزة توليد كهروضوئية ذات كفاءة عالية قدر الإمكان بإضافة عاكس خارجي من أجل تحقيق الاستطاعة الأعظمية لفترات

أطول في اليوم ومن ثم تحسين أداء هذه الألواح بأقل كلفة ممكنة وبأبسط الوسائل المتاحة لا تحتاج إلى صيانة دورية أو حل مشاكل فنية قد تتعرض لها مستقبلا .

عملنا في هذه المذكرة مقسما إلى ثلاثة فصول وهي على النحو التالي :

الفصل الأول : تعرضنا فيه إلى الطاقة الشمسية والإشعاع الشمسي والعوامل المؤثرة عليه أثناء سقوطه في مكان وزمان معين من سطح الأرض.

الفصل الثاني : تعرضنا فيه إلى دراسة أشباه الموصلات التي تعتبر المصدر الأساسي في صناعة الخلايا الشمسية وكيفية عمل هذه الخلايا ودراسة العوامل المؤثرة في مردودها.

الفصل الثالث : الدراسة التجريبية لإضافة العاكس المسطح إلى اللوح الشمسي وتحليل ومناقشة النتائج المتحصل عليها.

الفصل الأول

الطاقة الشمسية

الفصل الأول : الطاقة الشمسية

1.I-مصادر الطاقة :

يمكن تقسيم مصادر الطاقة إلى

1.1.I – مصادر الطاقة الغير متجددة (المصادر التقليدية) :

هي مصادر الطاقة التي توجد بكميات محدودة وتزود الإنسان بحوالي 95% من احتياجاته للطاقة وأهمها :

✓ النفط.

✓ الغاز الطبيعي.

✓ الفحم.

✓ الطاقة النووية.

هذا النوع من الطاقات له عدة سلبيات منها تلويث البيئة بالغازات المنبعثة وارتفاع درجة حرارة الأرض

(الاحتباس الحراري).

2.1.I – مصادر الطاقة المتجددة :

الطاقة المتجددة هي الطاقة المستمدة من المصادر الطبيعية التي تتجدد أي التي لا تنفذ و تنتج هذه الطاقة من الرياح والشمس والمياه كما يمكن الحصول عليها من حركة الأمواج والمد و الجزر أو من الطاقة الحرارية لباطن الأرض وكذلك من المحاصيل الزراعية (الوقود الحيوي).

✓ **طاقة الرياح**: تعرف طاقة الرياح بأنها عملية تحويل حركة الرياح إلى شكل آخر من أشكال الطاقة سهلة

الاستخدام غالبا كهربائية وذلك باستخدام العنفات أو المراوح، حيث يتم تحويل حركة الرياح التي تدور

العنفات عن طريق تحويل دوران هذه الأخيرة إلى كهرباء بواسطة مولدات كهربائية تستخدم طاقة الرياح

على شكل حقول لعنفات الرياح لصالح الشركات الكهربائية أو على شكل عنفات صغيرة لتوفير

الكهرباء للمنازل في المناطق الريفية [1].

✓ **طاقة المساقط المائية (الطاقة الكهرومائية)**: يعتبر مصطلح كهرومائية مصطلح شاملا للكهرباء والماء

مع الطاقة المائية تستخدم لتوليد الكهرباء باستخدام التوربينات وتمتاز بأنها رخيصة الثمن وقليلة

التكاليف وخالية من التلوث، غير أنها تتوفر في أماكن محددة حيث تتواجد الشلالات والسدود والأنهار

وتتوقف الطاقة المولدة على الارتفاع الموجودة عليه الأنهار أو بارتفاع السد المقام عليه.

✓ **طاقة حرارة باطن الأرض** : هي طاقة حرارية مرتفعة ذات منشأ طبيعي مخزنة في الصحارة في باطن الأرض، حيث يقدر أن تسعة وتسعون بالمئة من كتلة الأرض عبارة عن صخور تتجاوز درجة حرارتها 1000 درجة مئوية وترتفع درجة الحرارة بزيادة العمق بمعدل 2 إلى 7 درجة مئوية لكل 100 متر، يمكن أن تكفي هذه الطاقة لسد احتياجات العالم لمائة ألف سنة قادمة إلا أن تكاليف استخراجها مرتفعة جدا.

✓ **طاقة الكتلة الحية** : هي طاقة متجددة متوفرة من موارد مشتقة من المصادر الحيوية، والكتلة الحيوية هي أي مادة عضوية قامت بتخزين ضوء الشمس في شكل طاقة كيميائية مثل الخشب والقش والسماد وبقايا الحيوانات والنباتات، وهناك محاصيل يتم زراعتها لإنتاج طاقة حيوية مثل قصب السكر وفول الصويا و الذرة.

✓ **طاقة حركة الأمواج والمد الجزر** : يعتمد هذا النوع من الطاقة المتجددة على ظاهري المد والجزر واللتان تحدثان تحت تأثير الجاذبية بين القمر والشمس ودورة الكرة الأرضية حول محورها، ويتم استغلال هاتين الظاهرتين بالاعتماد على التيارات المائية المولدة خلال فترة حدوث ظاهري المد والجزر وتستخدم في كثير من الدول لتوليد الكهرباء.

✓ **الطاقة الشمسية** : وتعتبر الشمس المصدر الأساسي لهاته الطاقة، ويمكن تحويلها إلى شكلين الأول طاقة كهربائية وتتحصل على هذه الطاقة من خلال آلية التحويل الكهروضوئي للطاقة الشمسية، يقصد بالتحويل الكهروضوئي تحويل الإشعاع الشمسي أو الضوئي مباشرة إلى طاقة كهربائية بواسطة الخلايا الشمسية (الكهروضوئية)، أما الشكل الثاني فهو طاقة حرارية وهي اقل تعقيدا من سابقتها ويمكننا الحصول عليها بمجرد تحويل الإشعاع الشمسي إلى طاقة حرارية عن طريق المجمعات الشمسية (اللواقط الشمسية).

2.I – إيجابيات الطاقة الشمسية :

تعتبر الطاقة الشمسية من أهم المصادر المتجددة للطاقة والتي يمكن استغلالها بشكل كبير لما تتميز به من :

- طاقة لا تنضب متوفرة على مدار العام (أكثر ديمومة من الوقود الأحفوري أو النووي)
- طاقة نظيفة غير ملوثة للبيئة.
- طاقة التكنولوجيا المستخدمة فيها غير معقدة ويمكن تصنيعها محليا ويمكن استخدامها في الأماكن النائية والبعيدة.

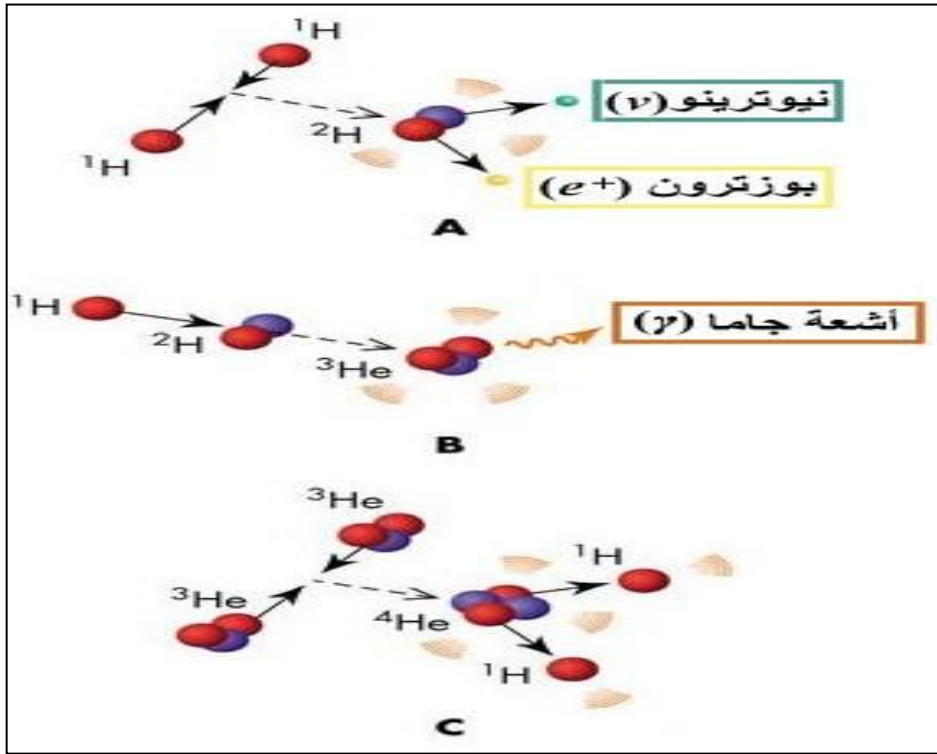
- يمكن استخدام الطاقة الشمسية بكفاءة عالية لأغراض التدفئة.

3.I – سلبيات الطاقة الشمسية :

- الطاقة الشمسية غير متوفرة في الليل كما قد لا تتوفر بسبب الأحوال الجوية أو الغيوم لذلك يجب تخزينها لاستخدامها حسب الحاجة.
- تكلفة صناعة الألواح الكهروضوئية عالية في الوقت الحالي.
- كفاءة التحويل الفعلي للطاقة الشمسية منخفضة وهي تنخفض بمرور الوقت.
- عند تخزين الطاقة الكهربائية بواسطة البطاريات تزداد تكلفة النظام الكهروضوئي.
- تحتاج إلى صيانة دورية باستمرار.

4.I – مصدر الطاقة الشمسية :

الشمس هي المصدر الرئيسي للطاقة على كوكب الأرض وهي عبارة عن كرة غازية يبلغ قطرها حوالي 696000 كم وكتلتها حوالي 2×10^{27} طن وهو ما يعادل 335000 مرة من كتلة الأرض، ودرجة حرارة سطحها حوالي 5800 كلفن بينما تبلغ درجة حرارة نواتها المركزية 16.000.000 كلفن، وتتكون أساسا من عنصر غاز الهيدروجين (70%) وغاز الهليوم حوالي 28% من كتلتها ويغلب على 2% الباقية عناصر الكربون والأكسجين والحديد والنيون، إن المصدر الحقيقي للطاقة الشمسية المنبعثة هي الطاقة النووية المتحررة من تفاعلات الاندماج النووي ففي قلب الشمس تحدث سلسلة من التفاعلات النووية المسماة بسلسلة (بروتون - بروتون) حيث تتحد في هذا التفاعل أربع ذرات هيدروجين (بروتون) لتكون نواة ذرة هليوم واحدة (جسيم ألفا)، حيث تتم سلسلة (بروتون - بروتون) على ثلاث مراحل كما هو موضح في الشكل (I - 1) [2].



الشكل (1.I) : مراحل تفاعلات سلسلة بروتون- بروتون.

5.I - مراحل تفاعلات سلسلة (بروتون - بروتون) :

مرحلة 1 :

اندماج نواتين من الهيدروجين 1 لتشكيل نواة الديتريوم



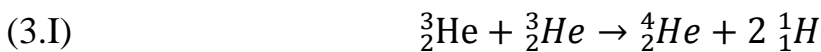
مرحلة 2 :

اندماج نواة الهيدروجين 1 مع نواة الديتريوم لتشكيل نواة الهليوم 3

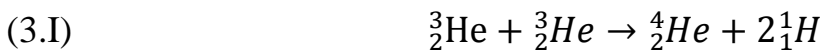
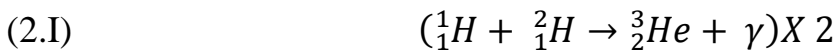
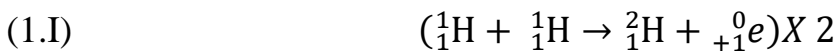


مرحلة 3 :

اندماج نواتين من الهليوم 3 لتشكيل نواة الهليوم 4 ونواتين من الهيدروجين 1



وبضرب المعادلتين (1.I) و (2.I) في العدد 2 وجمعها مع المعادلة (3.I)



تصبح المعادلة بالشكل :



وتتحول نسبة صغيرة من الكتلة الداخلة في هذا التفاعل إلى طاقة، حيث تحتوي نواة ذرة الهيدروجين على بروتون واحد لذلك فكتلة نواة الهيدروجين هي تقريباً كتلة البروتون ولقياس الفرق في الكتلة في التفاعل السابق نطرح كتلة أنوية الهيدروجين الأربعة من كتلة نواة الهيليوم مع 2 إلكترون [3] :

ولحساب الطاقة المكافئة لهذه الكتلة نستعين بمعادلة آينشتاين التي تربط بين الكتلة والطاقة
الطاقة (E) = الكتلة (m) × مربع سرعة الضوء (c^2)

$$(5.I) \quad E = \Delta mc^2$$

$$(6.I) \quad E_{lib} = [4m(^1_1H) - m(^4_2He) - 2m(e)]C^2$$

$$(7.I) \quad E_{lib} = [(4 \times 1.0073) - 4.0015 - (2 \times 0.000548)] \times 931.5$$

$$E_{lib} = 24.8 \text{ Mev} = 3.97 \times 10^{-12} \text{ j}$$

وإذا كانت الطاقة الناتجة من التفاعل الواحد صغيرة إلى هذا الحد، إلى أن الشمس تنتج طاقة هائلة والتي

تقدر بنحو $3.9 \times 10^{26} \text{ J}$ في الثانية الواحدة، وهذه الطاقة يوافقها نقص في الكتلة قدره

$$(8.I) \quad E_{lib} = \Delta mc^2 \rightarrow \Delta m = \frac{E_{lib}}{c^2}$$

$$(9.I) \quad \Delta m = \frac{3.9 \times 10^{26}}{(3 \times 10^8)^2} = 4.33 \times 10^9 \text{ Kg}$$

أي أن الشمس تفقد في كل ثانية 4.33 مليون طن من الهيدروجين وذلك ناتج من تحول حوالي

564.106 مليون طن من الهيدروجين إلى 560.106 مليون طن من الهيليوم في الثانية الواحدة.

ورغم هول كمية الهيدروجين التي تتحول إلى هيليوم في الثانية الواحدة إلا أنها لا تمثل شيئاً مقارنة بكتلة الشمس

ولو علمنا بأن 10% فقط من كتلة الشمس أي حوالي $2 \times 10^{29} \text{ kg}$ فقط هي التي تتحول إلى هليوم طوال

فترة حياة الشمس، من ذلك يمكن تقدير عمر الشمس بحوالي 10 بليون سنة (وهو عمر كل النجوم التي كتلتها

مثل كتلة الشمس)

ولهذا السبب تعتبر الطاقة الشمسية طاقة متجددة لا تنضب، حيث تشع الشمس طاقة لكل ثانية تصل

قيمتها تقريباً إلى $3,846 \times 10^{26} \text{ w}$ وتشع هذه الكمية في جميع الاتجاهات ولا يصل منها إلى مقدار ضئيل

يتناسب مع مساحة الأرض ومع المسافة بين الأرض والشمس [2].

6.I - الإشعاع الشمسي :

ترسل الشمس أشعتها على شكل تيار من الجسيمات تدعى الفوتونات تنطلق بسرعة الضوء (c) على شكل موجات مستعرضة حيث لكل فوتون طول موجي (λ) وكمية من الطاقة (E) تتناسب عكسيا مع الطول الموجي وحسب نظرية بلانك كما توضحه العلاقة التالية : [4]

$$(10.I) \quad E = hv = h \frac{c}{\lambda}$$

حيث :

$$v = c/\lambda \text{ : التردد الموجي [Hz] .}$$

$$\lambda \text{ : طول الموجة [m] .}$$

$$c = 3.10^8 \text{ [m / s] سرعة الضوء في الفراغ .}$$

$$h = 6,62.10^{-34} \text{ [j.s] ثابت بلانك .}$$

وتنطلق الأشعة الشمسية على شكل حزم موجية متوازية ومختلفة الأطوال حيث الأشعة القادمة من الشمس تشبه الأشعة المنبعثة من الجسم الأسود عند درجة حرارة 6000 K، فالشمس تعتبر كجسم أسود نصف قطره R_S ودرجة حرارته T_S ، تشع استطاعة في وحدة السطح في وحدة الزمن تعطى بقانون (ستيفان - بولتزمان)

$$(11.I) \quad W_S = \sigma T_S^4$$

حيث

$$\sigma = 5,67.10^{-8} \frac{W}{m^2 k^4} \text{ : ثابت ستيفان بولتزمان}$$

والاستطاعة الكلية المنبعثة من سطح الشمس في الثانية الواحدة : P_S

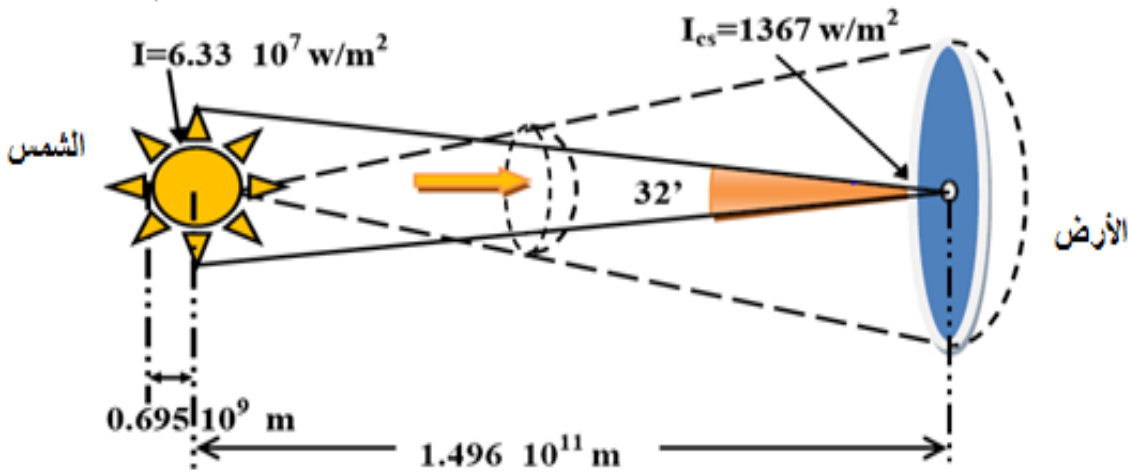
$$(12.I) \quad P_S = W_S(4\pi R_S^2) = \sigma T_S^4(4\pi R_S^2)$$

حيث إن كمية الأشعة القادمة من الشمس والواصلة إلى الغلاف الجوي للأرض تسمى الثابت الشمسي ويساوي تقريبا 1367 وات لكل متر مربع ويتم الحصول على الثابت الشمسي من خلال العلاقة (13.I) [5] :

$$(13.I) \quad I_0 = \frac{\sigma T_S^4(4\pi R_S^2)}{4\pi D_{TS}^2} = \frac{\sigma T_S^4(R_S^2)}{D_{TS}^2}$$

1.6.I - الثابت الشمسي :

هو تدفق الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى سطح مساحته 1m^2 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 بـ $(1.496 \cdot 10^{11} \text{ m})$ وتقدر القيمة المتوسطة للثابت الشمسي حسب المركز العالمي للإشعاع (world Radiation Center) بـ $(I_0 = 1367 \text{ w/m}^2)$ [6] كما يوضحه الشكل (2 . I).



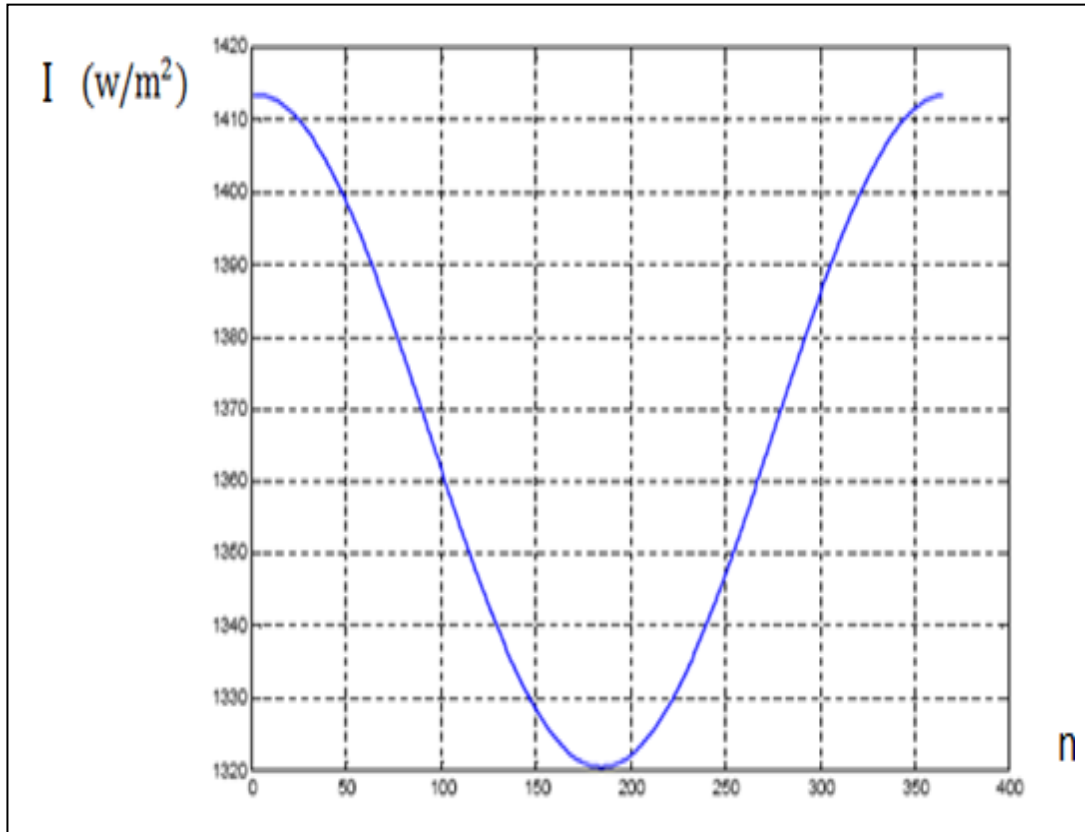
الشكل (2.I) : المسافة بين الشمس والأرض [7].

إن المسافة الفاصلة بين نقطة على سطح الأرض والشمس تتغير على مدار العام ففي بداية شهر جانفي تبلغ المسافة بين الأرض والشمس حوالي 147.1 مليون كم أما في بداية شهر جويلية تبلغ المسافة بينهما حوالي 152.2 مليون كم وينتج عن ذلك أن قيمة الثابت تتغير بحوالي 3.5% ما بين أوائل شهري جانفي و جويلية حيث تكون قيمة الثابت أعلى في أوائل شهر جانفي، ولتمثيل هذا الاعتماد على الزمن نكتب الثابت الشمسي بدلالة الزمن حيث تعطى علاقة الثابت الشمسي خلال أيام السنة بالمعادلة (14. I) والموضحة بالمنحنى البياني في الشكل (3. I) التالي [2] :

$$(14.I) \quad I = I_0 \left[1 + 0.034 \left[(N_j - 2) \cos \frac{360}{365} \right] \right]$$

I_0 : الثابت الشمسي الواصل إلى طبقة الجو المحيط بالأرض وهي متغيرة نوعا ما ومتوسط قيمتها حوالي 1367 w/m^2 .

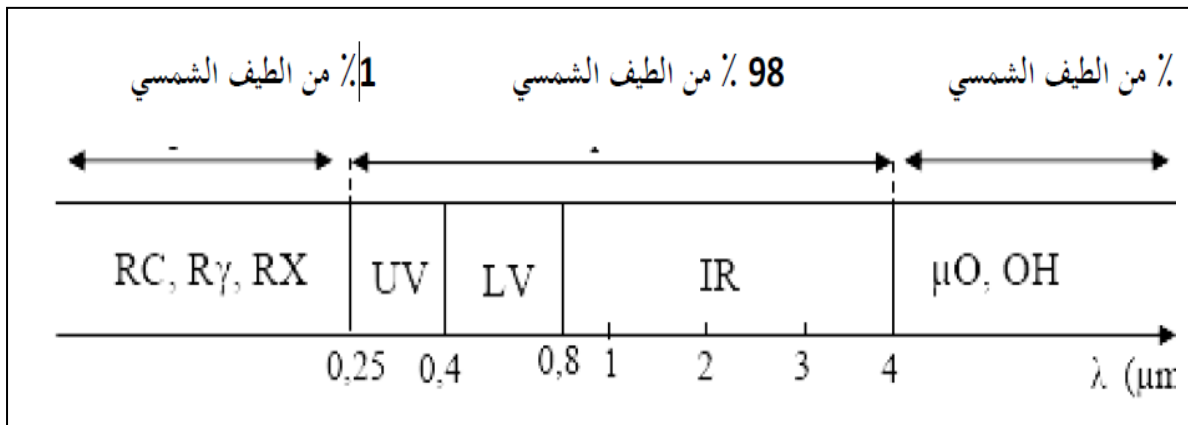
N_j : رقم اليوم في السنة ابتداء من 1 جانفي (من 1 إلى 365) [8].



الشكل (3.I) : الثابت الشمسي I بدلالة اليوم من السنة [8].

2.6.I – طيف الإشعاع الشمسي:

إن الإشعاع الشمسي الصادر عن الشمس بموجات ذات أطوال مختلفة، يحملها على شكل أمواج كهرومغناطيسية تتوزع طاقتها على طيف الإشعاع بنسبة 98% وذلك في المجال $\lambda \in [0.25 - 4] \mu\text{m}$ بينما نجد 1% من الطاقات تحت هذا المجال و 1% فوق هذا المجال كما هو مبين في الشكل (I – 4) [9].



الشكل (4.I) : توزيع طيف الإشعاع الشمسي [9].

1.2.6.I - الإشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي :

يقسم الطيف الكهرومغناطيسي (وهو حزمة من الموجات الكهرومغناطيسية) إلى ثلاث أنواع رئيسية وذلك اعتمادا على الطول الموجي [10] :

منطقة الطيف	طول الموجة (μm)	نسبة الطيف (%)
تحت الحمراء (IR)	$0.78 < \lambda < 10$	45.6
المرئية (V)	$0.38 < \lambda < 0.78$	48
فوق البنفسجية (UV)	$0.2 < \lambda < 0.38$	6.4

الجدول (1.I) : أنواع الإشعاع الكهرومغناطيسي.

2.2.6.I - الإشعاع الشمسي داخل الغلاف الجوي :

تتكون مجموعة الإشعاعات الشمسية الساقطة على سطح خلية كهروضوئية أو على مساحة معينة من سطح الأرض من ثلاث أجزاء رئيسية :

أ- الإشعاع المباشر (Rayonnement direct) :

الإشعاع المباشر هو الإشعاع الساقط على سطح ما مباشرة من الشمس [11].

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

$$(15.I) \quad I_b = I_0 [a_0 + a_1 e^{-K \cdot AM}]$$

حيث a_0 و a_1 و K ثوابت تجريبية تعطى من طرف Duffie و Beckman بالعلاقات التالية :

$$(16.I) \quad a_0 = 0.94 [0.4237 - 0.00821(6 - Z)^2]$$

$$(17.I) \quad a_1 = 0.98 [0.5055 - 0.00595(6.5 - Z)^2]$$

$$(18.I) \quad K = 1.02 [0.2711 - 0.01858(2.5 - Z)^2]$$

حيث :

Z : ارتفاع المنطقة فوق سطح البحر معبرا عنها بالكيلومتر (km) .

AM : الكتلة الهوائية الضوئية .

I_0 : الثابت الشمسي .

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

$$(19.I) \quad I_{bt} = I_b \cos i$$

ب- الإشعاع المنتشر (Rayonnement diffuse) :

ينتج الإشعاع المنتشر عن انعكاس الشعاع المباشر من الشمس في الفضاء بسبب السحب وقطرات المياه والغازات في الغلاف الجوي للأرض، وترتفع نسبته في فصل الشتاء عندما تكثر السحب حيث يشكل النسبة الكبرى من الإشعاع الإجمالي.

وتعطى عبارته في حالة سطح أفقي بالعلاقة (20.I) [11] :

$$(20.I) \quad I_d = I_0 \sin h [0.2710 - 0.2939(a_0 + a_1 e^{-K.AM})]$$

ت- الإشعاع المنعكس الألبيدو (Rayonnement réfléchi ou l'albédo du sol) :

ينتج عن انعكاس الإشعاع المباشر أو المشتت على سطح الأرض والبحار، وتختلف نسبته حسب السطح وقدرته على عكس الأشعة وزاوية السقوط، حيث إنه من الصعب جدا حسابه فإنه لا يؤخذ في الحسابات ويرتفع خاصة قريبا من البحار أو الأرضيات العاكسة (الماء والثلوج).

ث- الإشعاع الكلي :

وهو مجموع الإشعاع الشمسي المباشر والإشعاع المشتت إذا فرضنا أن المنعكس جزء من المنتشر ويحسب في حالة الإشعاع ناظمي $i = 0$ بالعلاقة [11] :

$$(21.I) \quad G = (1270 - 56T_L)(\sin h)^{\frac{T_L+36}{33}}$$

حيث T_L معامل الاضطراب للغلاف الجوي وتعطى علاقته بالعلاقة :

$$(22.I) \quad T_L = 2.5 + 16\beta_A + 0.5 \ln \omega$$

المعامل β_A : يعرف بعدد العوالق الصلبة الموجودة في وحدة الكتلة الهوائية المثبتة عموديا في المنطقة وتعلق قيمته على صفاء السماء.

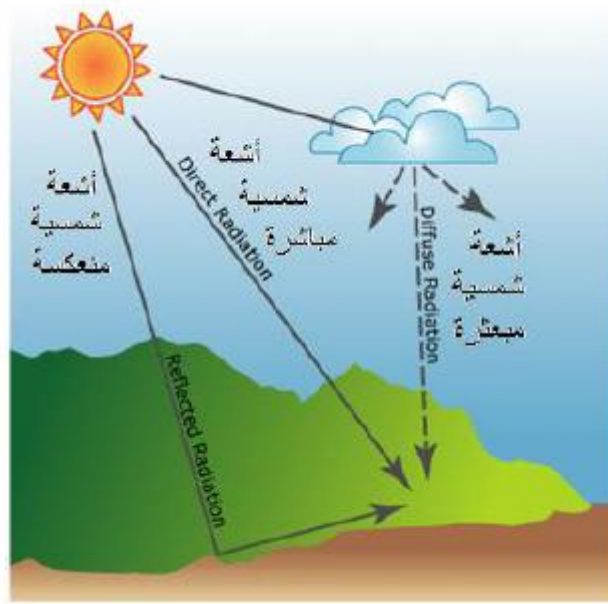
لون السماء	قيم معامل الاضطراب β_A
زرقاء داكنة	0.02
زرقاء فاتحة	0.05
زرقاء باهتة	0.1
زرقاء شاحبة	0.2

الجدول (2.I) : قيم معامل الاضطراب حسب حالة السماء.

و ω تمثل سمك بخار الماء في الغلاف الجوي المكثف والمتواجد في اسطوانة موازية للشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض ويعبر عنه بـ cm و نستطيع حسابه من خلال العلاقة التجريبية لـ *Hann* :

$$(23.I) \quad \omega = 0.17.e$$

حيث e تمثل كثافة بخار الماء على سطح الأرض وفي درجة حرارة الجو وتتراوح قيمة ω بين $(0.5 - 6) cm$



الشكل (5.I) : أنواع الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض [2].

7.I – العوامل المؤثرة على شدة الإشعاع الشمسي :

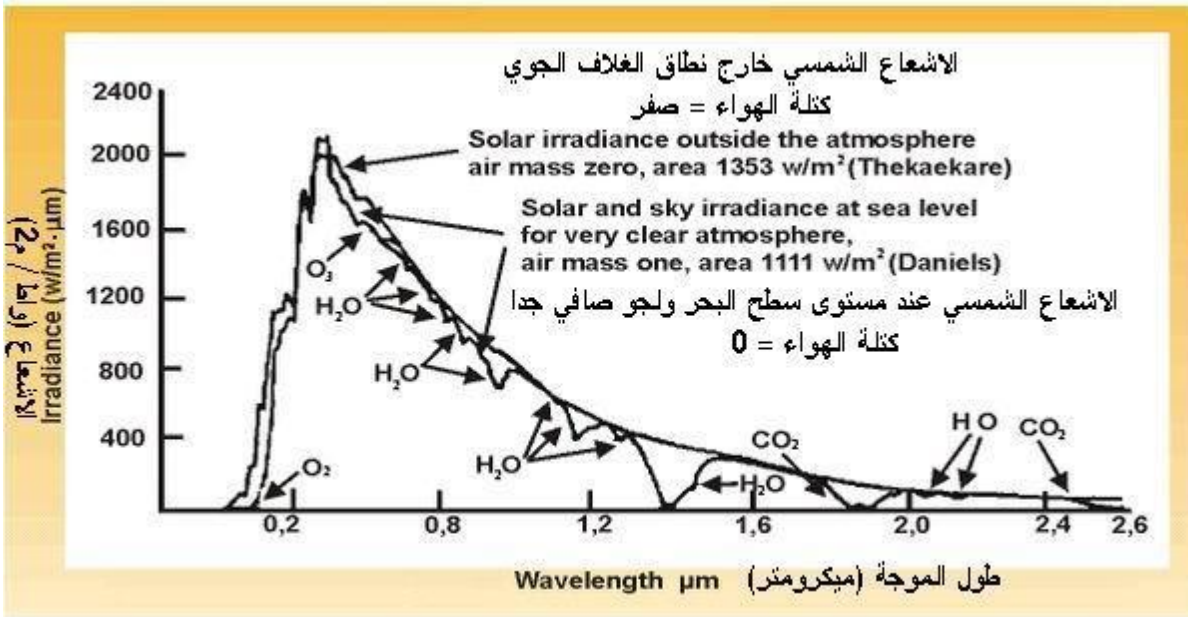
في الكثير من التطبيقات الخاصة بالطاقة الشمسية مثل توليد الطاقة الكهربائية بواسطة الخلايا الشمسية فإن حساب أو تقدير كمية الطاقة الشمسية الساقطة على وحدة المساحة المربعة على سطح الأرض، يعتبر ذو أهمية بالغة لذلك فمن الطبيعي تحديد العوامل المؤثرة على كمية الإشعاع الشمسي وهذه العوامل تتلخص كالتالي (طبيعة الإشعاع، الموقع الجغرافي، مكونات الغلاف الجوي، الزمن حيث يشمل اليوم والشهر والسنة والظروف الجوية)

إن منظومات تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية أو كهربائية تختلف عن باقي المنظومات الأخرى وذلك أن التحكم بكمية الطاقة المتوفرة أمر ليس بالسهل فهي متغيرة بصورة مستمرة وتحددها عدة عوامل منها [13] :

1.7.I – تأثير الغلاف الجوي :

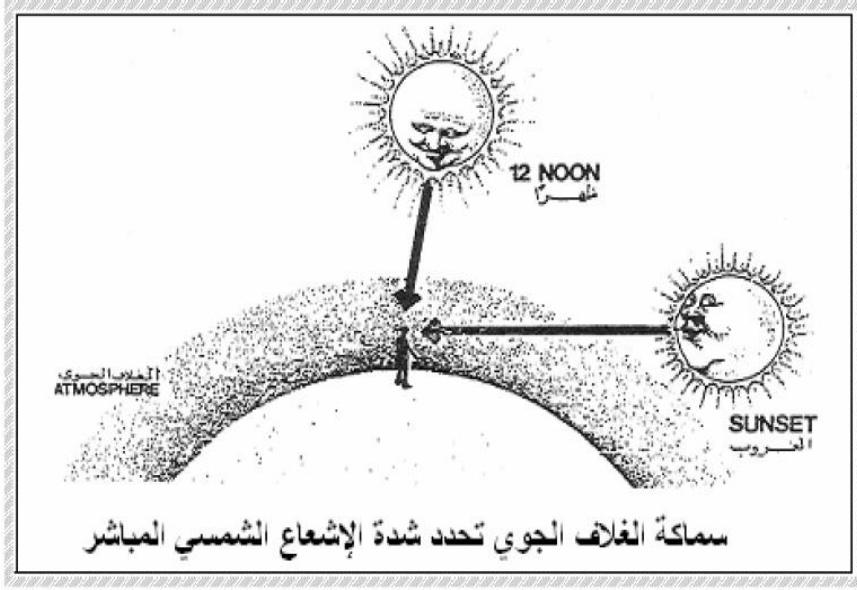
تلعب مكونات الغلاف الجوي دورا كبيرا في تقليص الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى سطح الأرض وذلك عن طريق [14] :

- التشتت والامتصاص بسبب جزيئات الهواء .
- التشتت والامتصاص بسبب العوالق الصلبة في الجو .
- الامتصاص بواسطة بخار الماء وغاز أول أكسيد الفحم وغاز ثاني أكسيد الفحم .
- الانعكاس والامتصاص من طرف السحب في طبقات الجو .



الشكل (6.I) : تأثير الغازات على الطيف الشمسي [15].

بالإضافة إلى مكونات طبقة الغلاف تلعب سماكة الغلاف الجوي التي سيمر خلالها الإشعاع الشمسي دورا هاما في تحديد مقدار الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى سطح الأرض، فعند منتصف النهار تكون الشمس عمودية وبالتالي تكون سماكة الغلاف الجوي التي سيمر خلالها الإشعاع الشمسي أصغرية و الطاقة الواصلة للأرض تكون أعظمية، أما عند الشروق و الغروب فإن سماكة الغلاف الجوي التي سيمر خلالها الإشعاع الشمسي تكون أعظمية و الطاقة الواصلة للأرض تكون أصغرية كما هو موضح في الشكل، ولهذا السبب فإن حجم طاقة الإشعاع الشمسي يكون مرتفعا في المناطق ذات الارتفاع الكبير عن سطح البحر.



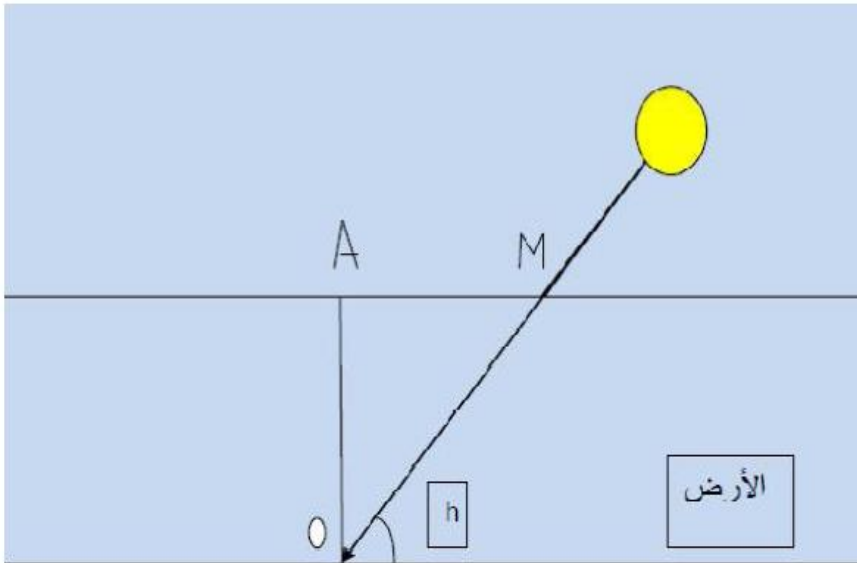
الشكل (7.I) : تأثير سماكة الغلاف الجوي على شدة الإشعاع الشمسي المباشر [14].

■ عدد الكتلة الهوائية (كتلة الهواء) :

عندما يسقط شعاع مباشر على مكان معين من سطح الأرض، فإن طول المسافة (OM) التي يقطعها الشعاع الشمسي تساوي السمك العمودي للغلاف الجوي OA مقسوم على جيب زاوية الارتفاع h كما هو موضح في الشكل [16].

وعلى ذلك فإن كتلة الهواء تحسب كما في العلاقة التالية :

$$(24.I) \quad OM = \frac{OA}{\sin(h)}$$



الشكل (8.I) : المسافة التي يخترقها الشعاع الشمسي داخل الغلاف الجوي.

حيث بواسطة الكتلة الجوية أو الكتلة الهوائية يتم تحديد الرقم M و الذي يتم الحصول عليه بوضع $OA = 1$ وبالتالي تصبح العلاقة :

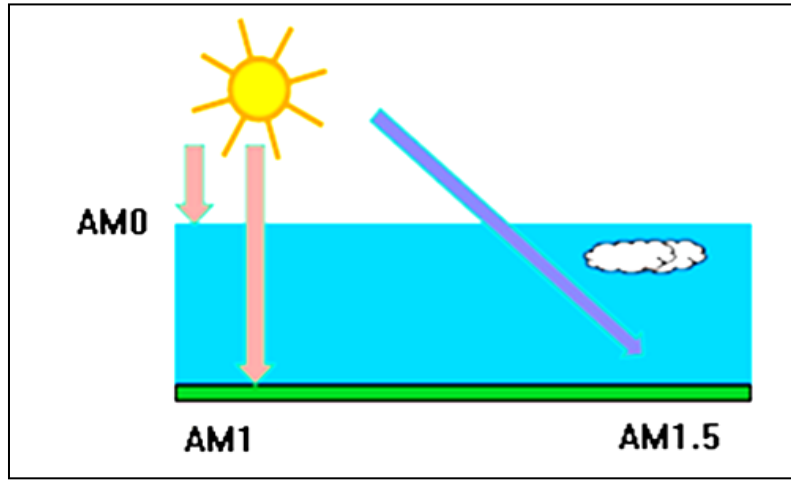
$$(25.I) \quad M = \frac{1}{\sin(h)}$$

من أجل سمت الشمس أي عندما تكون $h = 90^0$ نلاحظ أن $M = 1$ ونقول في هذه الحالة أننا

الظروف $AM1$ ، أما إذا كانت الشمس مائلة في الشروق بحيث $h = 30^0$ تكون $M = 2$ ونقول إننا في

الظروف $AM2$ ، بينما تتطابق الحالة $M = 0$ مع دراسة الإشعاع عند الحد الأقصى من الغلاف الجوي للأرض

($AM0$ هي المرجع).



الشكل (9.I) : وصف عدد الكتلة الهوائية [17].

والجدول التالي يعطي تغيرات الثابت الشمسي I_0 بدلالة عدد الكتلة الهوائية :

M	0	1	1.5	2
$I_0 (w/m^2)$	1353	931	834	755

الجدول (3.I) : تغيرات الثابت الشمسي بدلالة عدد الكتلة الهوائية [18].

بالإضافة إلى هذه العوامل توجد عوامل أخرى تؤثر على شدة الإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض ونذكر

منها :

- المسافة بين الأرض و الشمس :

تتغير المسافة بين مركزي الأرض والشمس حسب اليوم من السنة وذلك لكون مسار دوران الأرض حول

الشمس إهليلجي، حيث هناك إنقلابين هما : إنقلاب الربيعي 21 مارس والانقلاب الخريفي 21 سبتمبر، كما

هو موضح بالشكل (10.I).

وتعطي علاقة المسافة D_{TS} بالعلاقة :

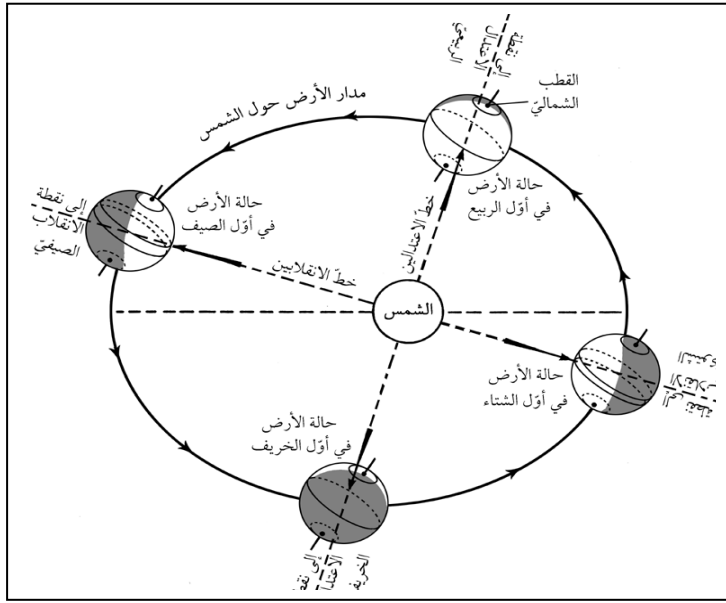
$$(26.I) \quad D_{TS} = 1 - 0.017 \cos \left[\frac{360}{365} (N_j - 2) \right]$$

N_j : رقم اليوم من السنة (من 1 إلى 365)

حيث المسافة تعطى بالوحدة الفلكية UA ($1UA = 1.5 \times 10^8 \text{ km}$)

تبلغ أقل قيمة للمسافة يوم 02 جانفي ($D_{T,S} = 0.983 \text{ UA}$) بينما تبلغ أقصى قيمة للمسافة يوم 05

جويلية ($D_{T,S} = 1.017 \text{ UA}$) [19].



الشكل (10.I) : حركة دوران الأرض حول الشمس [20].

● ميلان محور دوران الأرض :

يميل محور الأرض 23.5^0 عن مدارها حول الشمس والذي بدوره يعمل على توزيع الإشعاع

الشمسي على سطح الأرض ويسببه يتغير طول الليل والنهار وتتغير فصول السنة الأربعة.

● صفاء الجو: إن الغازات المحيطة بالأرض وذرات الغبار والأبخرة المتعلقة بالجو تعمل على بعثرة الطاقة

الشمسية أثناء مرورها عبر الغلاف الجوي ، ويعتمد مقدار البعثرة على ظروف الجو.

● الموقع الجغرافي: بشكل عام يمكن القول بأن المناطق الواقعة على خطوط عرض قريبة من خط

الاستواء يتوافر فيها الإشعاع الشمسي أكثر من غيرها.

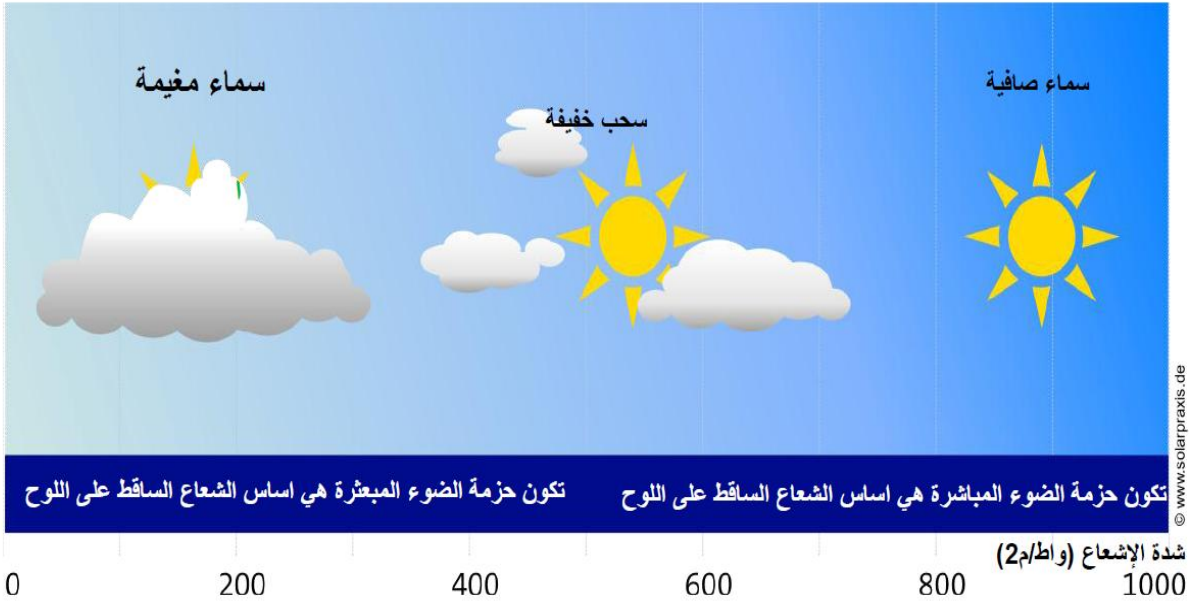
● موقع اللاقط: إن تواجد اللوح الشمسي في مكان مزدحم بالعمران و الأشجار قد يحول دون

وصول الإشعاع المباشر له.

● الوقت في النهار: بشكل عام يستقبل اللوح الشمسي وقت الظهيرة أكبر ما يمكن من الإشعاع

الشمسي عن باقي الأوقات.

- **الوقت في السنة :** يتوافر الإشعاع الشمسي في فصل الصيف أكثر من غيره من الفصول لطول نهاره وقصر ليله.
- **الظروف الجوية :** إن أهم العوامل الجوية المؤثرة على الإشعاع الشمسي هي السحب والتي قد تحجب ما يزيد عن 50 % من الإشعاع الكلي (المباشر + المنتشر) و هناك عوامل جوية أخرى تؤثر على الإشعاع مثل ذرات الغبار وبخار الماء والملوثات العالقة بالجو.



الشكل (11.I) : حالة السماء وتأثيرها على الإشعاع الشمسي [21].

خلال فصل الشتاء حوالي 75 % من الإشعاع هو من حزمة الضوء المبعثرة.

خلال فصل الصيف حوالي 70 % من الإشعاع هو من حزمة الضوء المباشرة.

- **اختلاف الألبيدو الأرضي من مكان إلى آخر ومن وقت لآخر :**

يطلق اصطلاح الألبيدو على نسبة ما يعكسه سطح الأرض إلى الفضاء مباشرة من الإشعاع الشمسي الصافي

الواصل إليه دون أن يحول أي جزء منه إلى طاقة حرارية تظل في جو الأرض، أو نسبة ما يضيع من مقدار

الإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض بواسطة عملية الانعكاس [15].

وتختلف نسبة الألبيدو من مكان لآخر تبعا لموقع المنطقة من دوائر العرض وكذلك باختلاف طبيعة سطح

الأرض من حيث اللون والتركيب ووجود النباتات وتغطية السطوح بالثلوج وطول فترة بقائها .

2.7.I – الزوايا الشمسية :

إن استخدام الطاقة الشمسية بشكل فعال يتطلب معرفة تفصيلية للعلاقة بين الشمس والأرض والمنطقة موضع الاهتمام على سطح الأرض فعند الحديث عن استخدام الطاقة الشمسية لابد من الأخذ بعين الاعتبار حقيقة أن الشمس هي مصدر الطاقة وأن المطلوب هو رفع كفاءة استخدام هذه الطاقة، ولأجل تحقيق هذا الغرض فإن الأمر يتطلب المعرفة التفصيلية والدقيقة للعلاقة بين المواقع المختلفة على سطح الأرض والشمس.

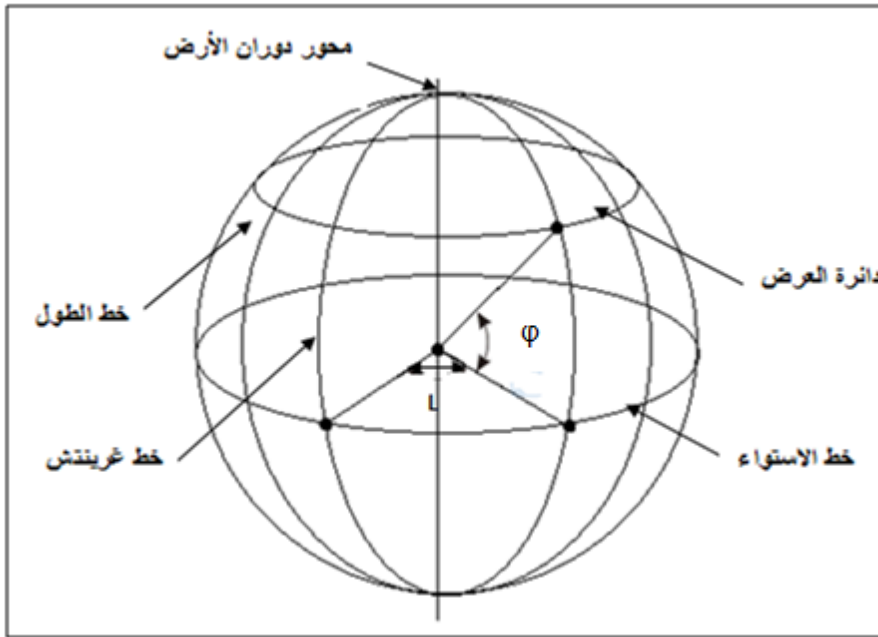
1.2.7.I – زاوية دائرة العرض ϕ :

هي الزاوية المحصورة بين المتجه المار بنقطة على سطح الأرض ومركز الأرض ومسقطه على خط الاستواء ويتراوح مجال قيمتها $\phi \in [-90^0, +90^0]$ كما هو موضح في الشكل (12.I) [22] :

حيث

$\phi > 0$: شمال خط الاستواء .

$\phi < 0$: جنوب خط الاستواء.



الشكل (12.I) : زوايا تحديد الموقع (زاوية دائرة العرض ϕ وزاوية خط الطول L) [7].

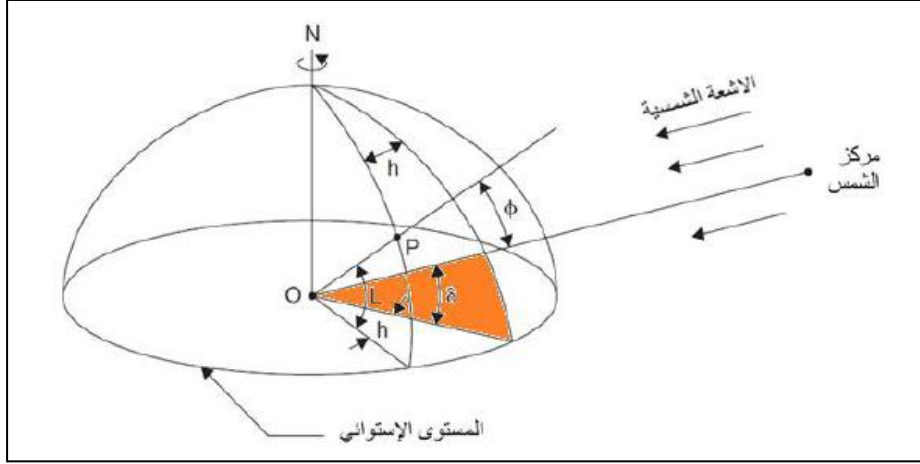
2.2.7.I – زاوية خط الطول L :

هي الزاوية التي يصنعها خط الطول المار بالمنطقة مع خط الطول المار ببلدة غرينتش الذي نعتبره خط

الصفير، تقرأ الزاوية موجبة شرقاً و سالبة غرباً، و تنحصر قيمتها ما بين $L \in [-180^0, +180^0]$ [23].

3.2.7.I - زاوية ميل الشمس δ :

هي الزاوية بين المستوي الاستوائي وبين الخط الواصل بين مركز الأرض ومركز الشمس وتتراوح قيمة هذه الزاوية بين $[-23.45^0, +23.45^0]$ وتختلف قيمة هذه الزاوية من يوم لآخر [24].



الشكل (13.I) : زاوية كل من الميلان الشمسي والساعة الزاوية.

ويمكن حسابها من خلال العلاقة التالية [24] :

$$(27.I) \quad \delta = 23.45 \sin \left[(360) \left(\frac{284+n}{365} \right) \right]$$

أو بالعلاقة :

$$(28.I) \quad \delta = 23.45 \sin [0.9863(284 + n)]$$

حيث :

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

و تتغير هذه الزاوية على مدار السنة حيث تنعدم في الإعتدالين الربيعي (21 مارس) والخريفي (21 سبتمبر) بينما تكون أعظمية عند الانقلاب الصيفي 23.45^0 + والانقلاب الشتوي 23.45^0 - [22 ، 24].

4.2.7.I - زاوية الارتفاع الشمسي h :

هي الزاوية المحصورة بين الخط الواصل بين نقطة على سطح الأرض ومركز الشمس الأفقي الذي تمر فيها

لنقطة على الأرض هذه الزاوية تساوي الصفر عند شروق وغروب الشمس وتأخذ القيمة العظمى عند وقت

الزوال الشمسي هذه الزاوية مهمة في تحديد كمية الإشعاع الواصل إلى سطح الأرض الميمنة في الشكل

(14 - I) [8 ، 22] وهي تعطى بالعلاقة التالية :

$$(29.I) \quad \sin(h) = \sin\phi \cdot \sin\delta + \cos\phi \cdot \cos\delta \cdot \cos\omega$$

حيث :

ω : زاوية الساعة الشمسية.

ϕ : زاوية العرض.

δ : زاوية ميل الشمس.

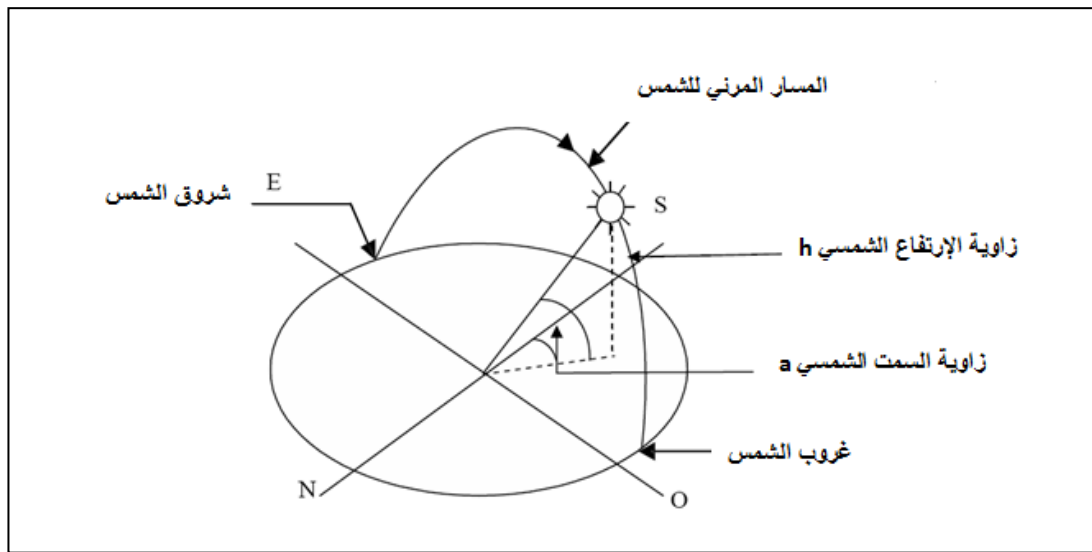
$h = 0$: عند شروق وغروب الشمس.

$h < 0$: في الليل.

$h > 0$: في النهار.

حيث يمكن حساب وتحديد قيمة هذه الزاوية بدلالة زاوية خط العرض ϕ وزاوية ميل الشمس δ وزاوية الساعة الشمسية ω من خلال العلاقة الرياضية :

$$(30.I) \quad h = \arcsin[\sin\phi \cdot \sin\delta + \cos\phi \cdot \cos\delta \cdot \cos\omega]$$



الشكل (14.I) : زاوية السميت الشمسي والارتفاع الشمسي [25].

5.2.8.I - زاوية السميت الشمسي a :

هي الزاوية المحصورة بين الخط المار في النقطة على سطح الأرض و المتجه جنوب أو بين المسقط الأفقي للخط الواصل بين النقطة والشمس، هذه الزاوية تكون موجبة إذا كانت متجه نحو الغرب ومحصورة ما بين

$$a \in [-180^0, +180^0]$$

كما هو موضح بالشكل (I - 14) [8 ، 22] ويمكن حسابها من خلال العلاقة :

$$(31.I) \quad \sin a = \frac{\sin\delta \cdot \sin\omega}{\cosh}$$

حيث :

$a = 0$: مسقط الشعاع الشمسي منطبق على المحور جنوب.

$a > 0$: مسقط الشعاع الشمسي منحرف عن المحور جنوب باتجاه الغرب.

$a < 0$: مسقط الشعاع الشمسي منحرف عن المحور جنوب باتجاه الشرق.

6.2.7.I – زاوية السميت الرأسية (Z)

هي الزاوية بين الشعاع الشمسي وسمت الأرض (الخط الشاقولي المار بالموقع) وبذلك فهي متممة زاوية الارتفاع الشمسي.

$$(32.I) \quad Z = \frac{\pi}{2} - h$$

يمكن تحديد وحساب زاوية السميت الشمسي الرأسية من المعادلة التالية :

$$(33.I) \quad \cos(z) = \sin\varphi \cdot \sin\delta + \cos\varphi \cdot \cos\delta \cdot \cos\omega$$

$$(34.I) \quad z = \arccos[\sin\varphi \cdot \sin\delta + \cos\varphi \cdot \cos\delta \cdot \cos\omega]$$

7.2.7.I – زاوية الساعة الشمسية ω :

هي عبارة عن الإزاحة الزاوية للشمس شرق أو غرب خط الطول صفر (خط غرينيتش، Greenwich)

نتيجة دوران الأرض حول محورها بمقدار 15 درجة كل ساعة ($15^0 / h$) أو ($360^0 / 24 h$) وتقاس من وقت الظهر الشمسي وتكون سالبة قبل الظهر وموجبة بعد الظهر وتساوي الصفر عند الظهر ويمكن حساب

الساعة الزاوية بدقة مقبولة إذا تم ضبط الظهر الشمسي يومياً $TSV = 12$ بالعلاقة [22] :

$$(35.I) \quad \omega = \frac{360}{24} (TSV - 12)$$

حيث :

TSV: الزمن الشمسي المحلي الحقيقي وهو مقدر بالساعات.

8.I – الأوقات الشمسية المختلفة :

1.8.I – التوقيت الشمسي الحقيقي TSV : يرتبط مباشرة بدوران الأرض حول نفسها، والمعروفة بزاوية

الساعة ω .

$$(36.I) \quad TSV = 12 + \frac{\omega}{15}$$

2.8.I - التوقيت الشمسي المتوسط TSM : وهو الوقت الذي يوافق دوران الأرض حول الشمس

ويختلف قليلاً عن TSV (الفرق الأقصى $E_t = 16 \text{ min}$).

$$(37.I) \quad TSM = TSV + E_t$$

حيث تعطى معادلة الوقت (E_t) بالعلاقة التالية :

(38.I)

$$E_t = 0.0072 \cos(n) - 0.0528 \cos(2n) - 0.0012 \cos(3n) - 0.1229 \sin(n) - 0.1565 \sin(2n) - 0.0014 \sin(3n)$$

حيث n : يمثل رقم اليوم من السنة من 1 إلى 365 [22].

9.I - العلاقة بين التوقيت الشمسي TSV والتوقيت المحلي TL :

تعطى علاقة التوقيت الشمسي الحقيقي كما يلي [8] :

$$(39.I) \quad TSV = TL + E_t + \frac{L}{15} + C$$

حيث :

C : التصحيح الناتج عن تغير التوقيت المحلي (الصيفي ، الشتوي) مقارنة بتوقيت غرينتش الذي قيمته في

$$C = -1 \text{ الجزائر}.$$

TL : التوقيت المحلي.

E_t : التصحيح الزمني (المعادلة الزمنية).

(40.I)

$$E_t = 9.87 \sin \left[2 \cdot \frac{360}{365} (N - 81) \right] - 7.53 \cos \left[\frac{360}{365} (N - 81) \right] - 1.5 \sin \left[\frac{360}{365} (N - 81) \right]$$

حيث N يمثل رقم اليوم في السنة .

L : زاوية خط الطول التي تقع عليها لمنطقة ، وتكون موجبة إذا كانت المنطقة شرق خط غرينتش بينما تكون

سالبة غرب خط غرينتش .

10.I - توقيت شروق وغروب الشمس :

يمر اليوم بلحظتين مهمتين هما شروق وغروب الشمس، تعطى معادلاتهما بالعلاقة التالية [22] :

- التوقيت الشمسي للشروق (Lever) :

$$(40.I) \quad (TSV)_{\text{Lever}} = 12 - \frac{\omega_s}{15}$$

- التوقيت الشمسي للغروب (coucher) :

$$(41.I) \quad (TSV)_{\text{couher}} = 12 + \frac{\omega_s}{15}$$

تعطى الزاوية الشمسية للشروق ($-\omega_s$) والغروب (ω_s) لما تنعدم زاوية ارتفاع الشمس في العلاقة.

$$(h = 0 \Rightarrow \sin(h) = 0)$$

ومنه تصبح العلاقة :

$$(42.I) \quad \cos \omega_s = -tg\delta.tg\varphi \Rightarrow \omega_s = -\arccos(-tg\delta.tg\varphi)$$

11.I - عدد ساعات الإضاءة :

عبارة عن أقصى عدد لساعات سطوع الشمس في اليوم الواحد (طول النهار) ويمكن تحديد وحساب

عدد ساعات الإضاءة اليومية لأي مكان على سطح الكرة الأرضية بدلالة زاوية خط العرض (φ) وزاوية

الانحراف الشمسي عند الظهر (δ) من خلال المعادلة التالية [26] :

$$(43.I) \quad N = \frac{2\omega_s}{15} = \frac{2}{15} \cos^{-1}[-\tan\varphi.tan\delta]$$

12.I - تدفق الإشعاع الشمسي على سطح خلية مثبت في موقع معين وموجه بكيفية معينة :

تتعلق شدة تدفق الإشعاع الشمسي الساقطة على أسطح الخلايا بالمنطقة الموجودة بها من سطح الأرض

وكذا كيفية توجيه هذه الأسطح وباليوم من السنة وكذلك بالتوقيت من الشروق إلى الغروب وكل هذه العوامل

تتحدد بالزوايا الشمسية المذكورة سابقا، ومن خلالها نستطيع تعيين زاوية سقوط الشمس على سطح الخلية في

المكان واليوم والتوقيت المحدد ومن ثم حساب تدفق الإشعاع الشمسي الساقط.

13.I - زوايا توجيه اللوح الشمسي :

يعرف كل لاقط شمسي بزائيتين هما زاوية ارتفاعه β وزاوية سمت α .

1.13.I - زاوية ارتفاع اللوح الشمسي β :

هي الزاوية التي يصنعها الناظم على سطح المجمع مع مسقطه على المستوي الشاقولي.

$$\beta = 0^0 : \text{ اللوح في مستوي أفقي.}$$

$$\beta = 90^0 : \text{ اللوح في مستوي شاقولي موجه نحو الجنوب.}$$

$$\beta = -90^0 : \text{ اللوح في مستوي شاقولي موجه نحو الشمال.}$$

2.13.I - زاوية سمت اللوح الشمسي α :

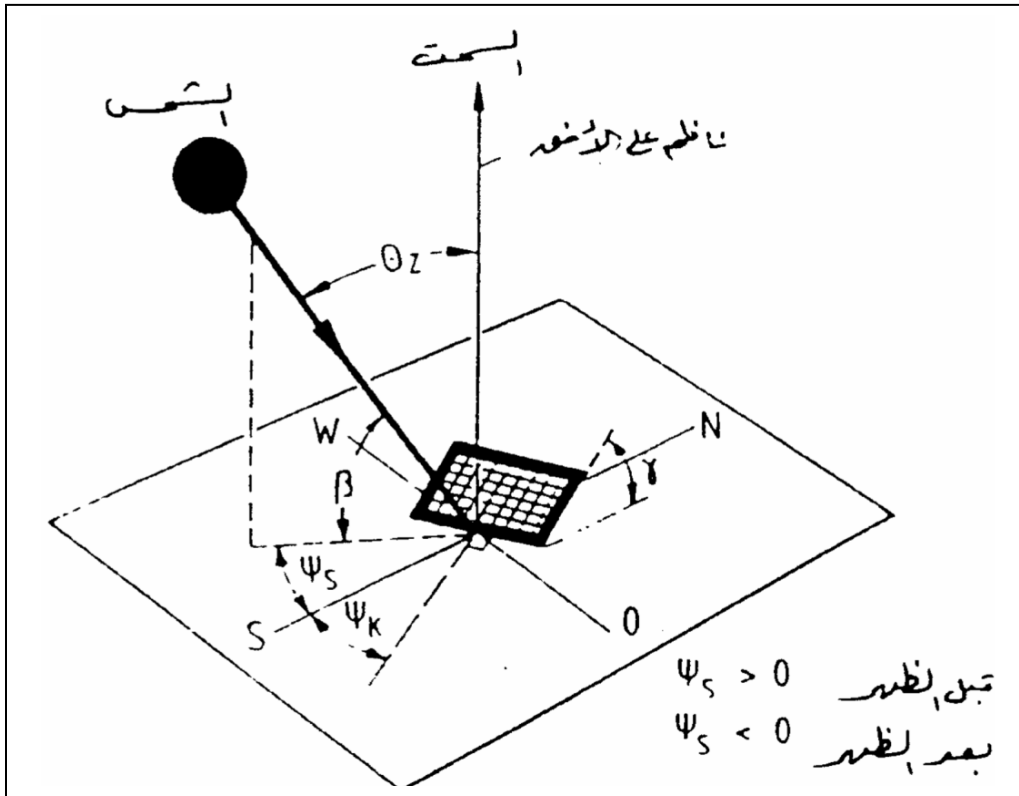
وهي الزاوية التي يصنعها مسقط الناظم على مستوي أفقي والمحور الموجه نحو الجنوب.

$$\alpha \in [-90^0, +90^0]$$

$\alpha = 0^0$: اللوح موجه نحو الجنوب .

$\alpha > 0^0$: اللوح منحرف عن محور الجنوب غربا.

$\alpha < 0^0$: اللوح منحرف عن محور الجنوب شرقا.



الشكل (15.I) : زاوية ميل السطح γ ، زاوية سمت السطح ، زاوية ارتفاع السطح β .

3.13.I - زاوية ميل اللوح الشمسي :

ولتثبيت اللوح بزاوية ميل موافقة للموقع لاستقبال أفضل إشعاع شمسي في فترة الشتاء فيكون ضبط الزاوية (زاوية

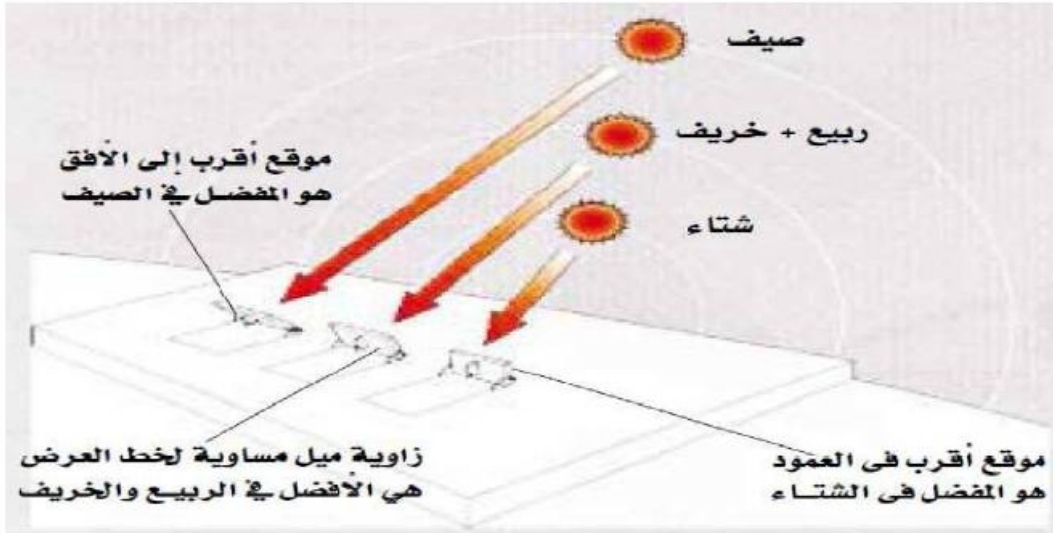
ميل اللوح الشمسي) ، هي متوسط القيمة لشهور الشتاء من السنة وتقدر وفق العلاقة التالية [17] :

$$(44.I) \quad \gamma = \varphi + 15^0$$

أما في فصل الصيف فإننا نلاحظ ارتفاع الشمس أثناء حركتها بالمقارنة مع فترة الشتاء مما يعني الحاجة إلى خفض زاوية الميل لاستقبال أفضل أشعة بحيث تقدر قيمتها بالعلاقة التالية :

$$(45.I) \quad \gamma = \varphi - 15^{\circ}$$

أما في الاعتدال، فيفضل توجيه اللوح بزاوية خط العرض.



الشكل (16.I) : اختيار زاوية ميل اللوح.

الفصل الثاني

الخلايا الكهروضوئية

1.II - تمهيد :

يمكن تعريف التحويل الكهروضوئي المستخدم على نطاق واسع اليوم على أنه تحويل طاقة الفوتون إلى طاقة كهربائية من خلال عملية امتصاص الضوء بواسطة المادة، حيث عندما يتم امتصاص الفوتون فإنه يمرر جزءاً من طاقته إلى الإلكترون حيث يكون الأخير في مستوى طاقة أقل حيث كان في حالة مستقرة، ثم ينتقل إلى مستوى طاقة أعلى، مما يخلق عدم توازن كهربائي داخل المادة والذي ينتج عنه زوج (ثقب - إلكترون). بشكل عام، يعود زوج الثقب الإلكتروني بسرعة إلى التوازن بتحويل طاقته الكهربائية إلى طاقة حرارية حتى لو كانت هذه الظاهرة الكهربائية ثانوية للظاهرة الحرارية (بما في ذلك تسخين المادة بواسطة الأشعة الشمسية) فإن استعادة الطاقة الكهربائية بالكامل أو جزء منها هو الهدف الأول للخلايا الكهروضوئية هذا ممكن بفضل الخلايا الشمسية المصنوعة عن طريق الجمع بين مادة أشباه الموصلات من نوع N مع أشباه الموصلات من النوع P.

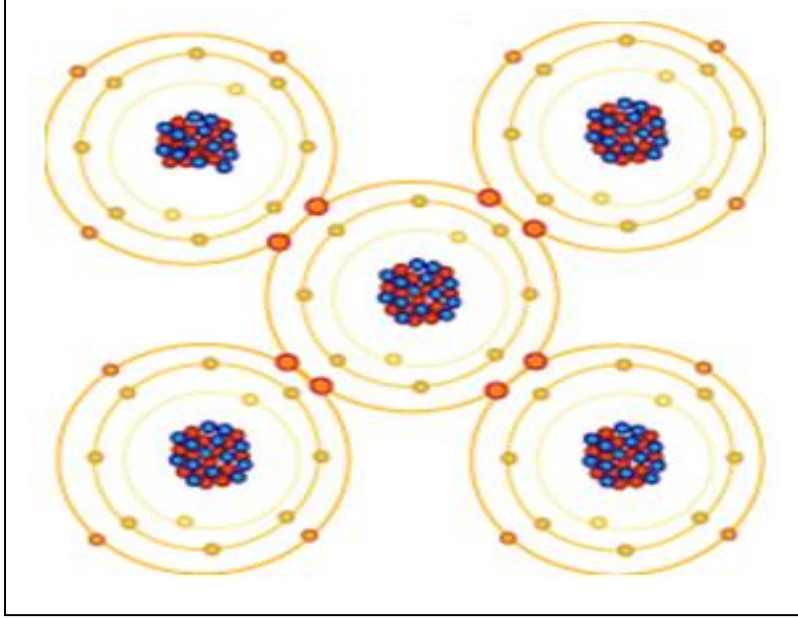
2.II - أشباه الموصلات :

أشباه الموصلات هي مواد تتميز بخصائص كهربائية تقع بين خصائص جيدة التوصيل للكهرباء وبين خصائص المواد العازلة، فهي مواد عازلة عند درجة حرارة الصفر المطلق وتقل مقاومتها بارتفاع درجة الحرارة أو عند تسليط فرق جهد كهربائي عليها أو عند تعرضها لإشعاع بطاقة كافية وهي المواد التي تحتوي على نسبة قليلة من الإلكترونات الحرة، مثل السليكون و الجرمانيوم، هذه المواد هي عناصر رباعية التكافؤ (أي يحتوي غلاف الذرة الخارجي على أربعة إلكترونات) ترتبط ذراتها معا بروابط تساهمية.

3.II - تصنيف المواد شبه الموصلة :

1.3.II - مواد شبه موصلة نقية :

تتصف بأن لها ترتيباً بلورياً حيث تترتب ذراتها وفق نظام هندسي منسق ومن أمثلتها السليكون (Si) الذي يحتوي على 14 إلكترونات عشرة منهم مرتبطة بالنواة وأربعة في الغلاف الخارجي لنواة الذرة، والجرمانيوم (Ge) الذي يحتوي على 32 إلكترونات منها 28 إلكترونات مرتبطة بالنواة وأربعة في الغلاف الخارجي لنواة الذرة.



الشكل (1.II) : التركيب البلوري لذرات السليكون.

II.3.2 - مواد شبه موصلة غير نقية :

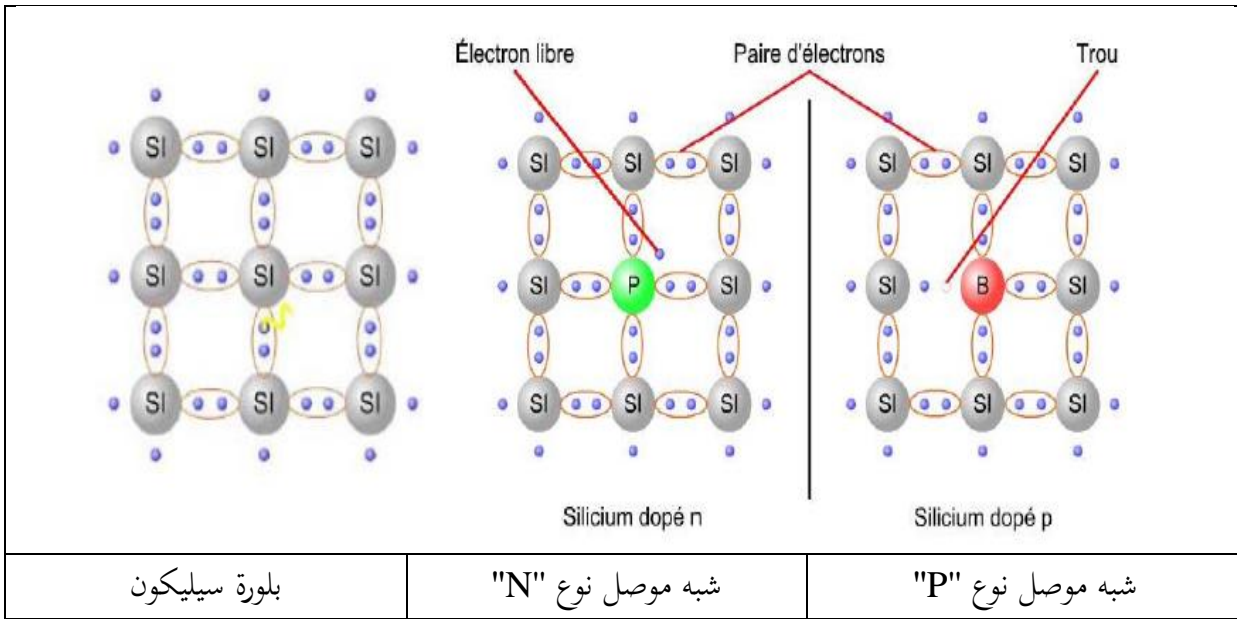
هي نفس المواد النقية المذكورة سابقا (السليكون و الجيرمانيوم) ولكن تتم إضافة نسبة من الشوائب إليها مثل : الزرنيخ، الأنثيمون، الفوسفور، الجاليوم، الأنديموم، والبورون، بغرض جعل المواد شبه الموصلة غير النقية تقبل عملية التوصيل الكهربائي.

تنقسم المواد شبه الموصلة غير النقية إلى :

- مواد شبه موصلة مضاف إليها شوائب ذات ذرات عناصر خماسية التكافؤ : مثل الزرنيخ (As) أو الأنثيمون (Sb) أو الفسفور (P) وتكون ناقلات الشحنة الكهربائية فيها هي الإلكترونات الحرة حيث نجد أن كل أربعة إلكترونات تكافؤ من إلكترونات المادة الشائبة (الفوسفور P) ترتبط بروابط تساهمية مع ذرات السليكون ليكتمل المدار الخارجي لذرة السليكون، ويتبقى إلكترون زائد من الفوسفور ليصبح حر الحركة خلال البلورة وبالتالي يزداد بهذه الطريقة عدد الإلكترونات السالبة الحرة وتعرف هذه المواد بالنوع "N".

- مواد شبه موصلة مضاف إليها شوائب ذات ذرات عناصر ثلاثية التكافؤ : مثل الألمنيوم (Al) أو الأنديموم (In) أو البورون (B) وتكون ناقلات الشحنة الكهربائية فيها هي الفجوات (أو الفراغ الذي يخلفه الإلكترون المتحرر من الرابطة) حيث إن إلكترونات التكافؤ الثلاثة للبورون ترتبط مع ذرات السليكون برابطة تساهمية، وهنا نجد أن ذرة السليكون ينقصها إلكترون واحد حتى يكتمل البناء الترابطي التساهمي وهذا يعني وجود

فجوة (trou) والتي تمثل شحنة موجبة لها قدرة قوية على جذب إلكترون وبهذه الطريقة يزداد عدد الفجوات وتعرف هذه المواد بالنوع "P".



الشكل (2.II) : أنواع أشباه الموصلات.

4.II - تاريخ الخلايا الكهروضوئية :

- 1839 : اكتشاف التأثير الكهروضوئي من قبل الفيزيائي الفرنسي إدموند بيكريل [27].
- 1875 : يصف فيرنر فون سيمنز التأثير الكهروضوئي في أشباه الموصلات، ومع ذلك تظل هذه الظاهرة فضولاً للمختبر لعدة عقود [28].
- 1954 : تطوير أول خلية كهروضوئية ذات كفاءة عالية (6%) من قبل الباحثين الأمريكيين، تشابين بيرسون و برنس [27].
- 1958 : تم تطوير خلية ذات كفاءة 9 % وتم إرسال أول أقمار صناعية تعمل بالطاقة الشمسية إلى الفضاء [29].
- 1973 : تم بناء أول منزل مدعوم من الخلايا الضوئية في جامعة ديلاوير [29].
- 1983 : أول سيارة تعمل بالطاقة الضوئية تسافر على مسافة 4000 كم في أستراليا [29].
- 1995 : تم إطلاق برامج تسقيف الشبكة الكهروضوئية في اليابان وألمانيا، وأصبحت واسعة الانتشار منذ عام 2001.

5.II - الخلايا الكهروضوئية :

إن الخلايا الكهروضوئية هي عبارة عن محولات فولتضوئية تقوم بتحويل ضوء الشمس المباشر إلى كهرباء، وهي عبارة عن أشباه موصلات حساسة ضوئياً ومحاطة بغلاف أمامي وخلفي موصل للكهرباء، حيث تقوم الخلايا الشمسية بتحويل نور الشمس إلى كهرباء وتطرد كمية كبيرة من الحرارة بدون أية إجراءات مؤثرة (ضوضاء أو تلوث أو إشعاع أو صيانة) توجه ألواح الخلايا الكهروضوئية بزواوية ميل مناسبة في مواجهة الشمس كي تسقط أشعة الشمس عمودياً عليها، وهي تحول الطاقة الشمسية إلى قدرة كهربائية بدون عمليات وسيطية، فهي تمتص معظم الطيف الشمسي وتحول جزءاً من هذه الإشعاعات إلى طاقة كهربائية ويمكن استخدامها آتياً أو تخزينها.

6.II - تطبيقات الخلايا الكهروضوئية :

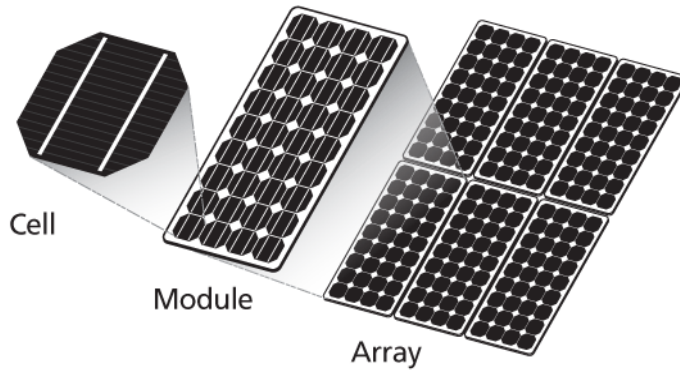
تطبيقات ذات قدرة منخفضة : وتشمل الحاسبات والألعاب الإلكترونية والساعات ...
تطبيقات ذات قدرة متوسطة : وتشمل الإنارة وإشارات المرور والإنذار ومراوح التهوية والثلاجات المتنقلة في المدن والمناطق النائية ...

تطبيقات ذات قدرة متوسطة وعالية : وتشمل تحلية و ضخ المياه وتغذية المنازل وتغذية شبكة الكهرباء العامة ...

7.II - الألواح الشمسية :

1.7.II - مفهوم اللوح الشمسي :

تعتبر الخلية الشمسية المصنعة من مواد شبه موصلة كالسليكون المكون الأساسي في اللوح الشمسي كما هو موضح بالشكل حيث يتم توصيل العديد من الخلايا الشمسية بخطوط توصيل معدنية لتشكل مصفوفة من الخلايا تعرف باللوحة الشمسية.



الشكل (3.II) : الخلية الشمسية، اللوح الشمسي، ومصفوفة الألواح الشمسية.

II.7.2 - مكونات الألواح الشمسية :

تتكون الألواح الشمسية من عدة طبقات :

طبقتان حساستان للضوء : وهي عبارة عن أشباه موصلات مثل عنصر السليكون المضاف إليه بعض الشوائب

لتكوين طبقتين مختلفتين وهما طبقة شبه الموصل السالبة N وطبقة شبه الموصل الموجبة P.

طبقتان من الأسلاك : تحتوي الخلية الشمسية على طبقتين مكونتين من شبكة من الأسلاك النحاسية إحداها

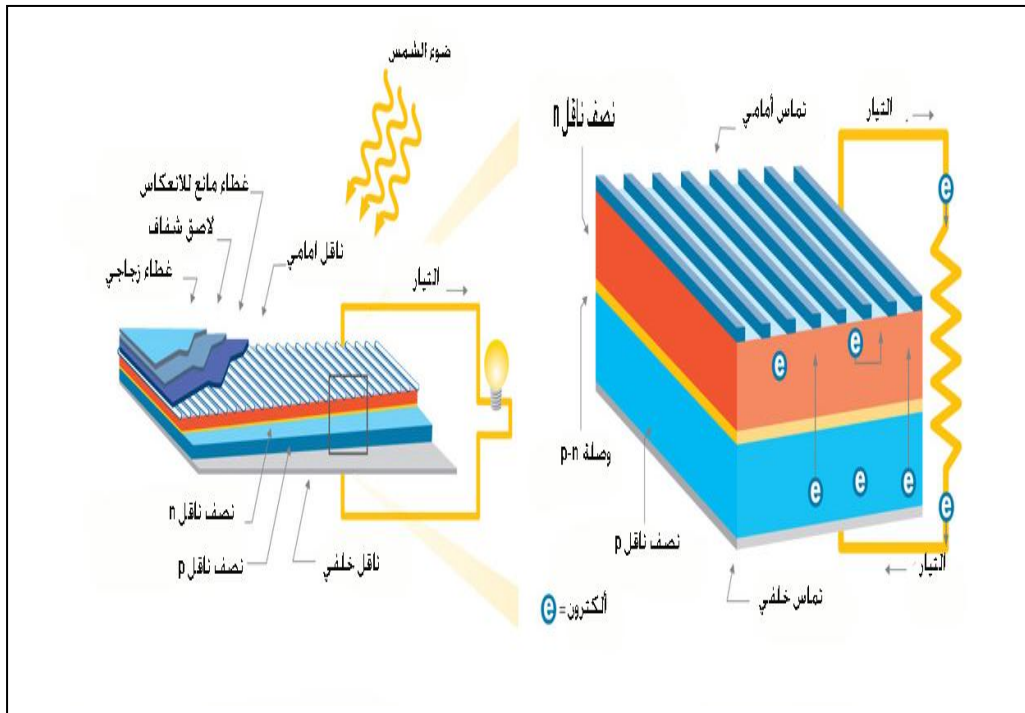
في الأعلى وتسمى كاثود (الغلاف الأمامي) والأخرى في الأسفل وتسمى أنود (الغلاف الخلفي).

طبقة من الزجاج : تغطي الخلايا الشمسية بطبقة من الزجاج لحمايتها من أي خدش، كما أنها تسمح بمرور

الضوء من خلالها.

طبقة مضادة للانعكاس : لا تسمح للضوء بالارتداد، وبالتالي يمكن استغلال أكبر قدر من الضوء.

الداعم المعدني.

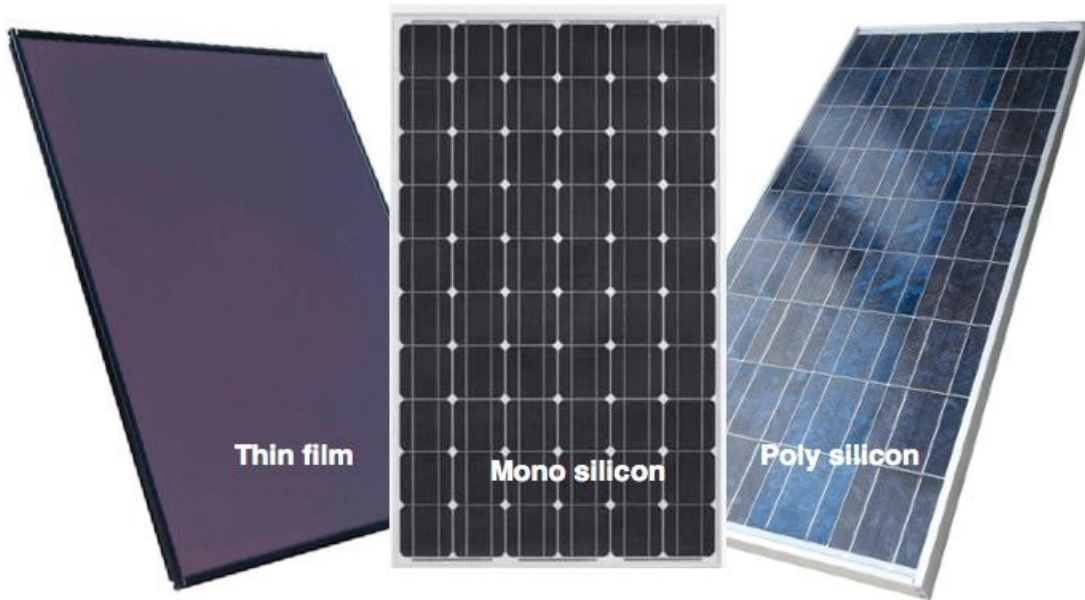


الشكل (4.II) : مكونات اللوح الشمسي.

3.7.II - أنواع الخلايا الشمسية :

تتمثل بتصنيف الخلايا الشمسية إلى ثلاثة أجيال رئيسية :

- أ- **الجيل الأول** : يمثل خلايا شرائح السليكون الشائعة الاستخدام بشكلها التقليدي وتحتل القطاع الأكبر في عالم صناعة الخلايا الكهروضوئية، وتتوفر بنوعين أحادي التبلور (مونو) ومتعددة التبلور (بولي) وتتميز الخلية الأحادية التبلور بأنها أعلى كفاءة من الخلية المتعددة التبلور حيث تبلغ كفاءة الخلية أحادية التبلور حوالي 18% بينما الخلية متعددة التبلور حوالي 15%.
- ب- **الجيل الثاني** : يدعى بـ شرائح الأغشية الرقيقة وتتضمن السليكون الغير متبلور وتريبلد الكادميوم (CdTe) وخلايا الكوبرانديوم ديسلنايد (CIS) وتتراوح كفاءتهما ما بين 10% إلى 12%، وتعتبر الأكثر فعالية من سابقتها في استخدامات مشاريع الطاقة الكبيرة وأنظمة المباني المتكاملة أو الأنظمة الصغيرة المستقلة.
- ت- **الجيل الثالث** : يتضمن العديد من تقنية الأغشية الرقيقة (متعدد الوصلات) حديثة الظهور ولا زالت في مرحلة البحث والتطوير ولم يتم إنتاجها بصورة تجارية [30].



الشكل (5.II) : أنواع الألواح الشمسية الشائعة.

1.3.7.II - أنواع الخلايا الشمسية المصنوعة من مادة السليكون المتبلور :

تنقسم الألواح الشمسية المصنوعة من خلايا السليكون المتبلور إلى نوعين رئيسيين هما [30] :

- أ- أحادية التبلور (Mono-crystalline) : تتكون من خلايا أحادية التبلور (تحتوي على بلورات متماثلة في الشكل والأبعاد وتمتلك نفس الخصائص البصرية والفيزيائية).
- ب- متعددة التبلور (Poly-crystalline) : تتكون من خلايا متعددة التبلور (تحتوي على بلورات مختلفة في الشكل والأبعاد وتتفاوت في الخصائص البصرية والفيزيائية).

الميزة	أحادية التبلور (مونو)	متعددة التبلور (بولي)
الشكل الخارجي	 خلايا مربعة (ذات حواف دائرية) قائمة السطح	 خلايا مربعة فاتحة السطح ومتعددة الانعكاسات
التكلفة	إنتاجها مكلف نوعا ما	إنتاجها أرخص من أحادي التبلور
الكفاءة	أعلى كفاءة	أقل كفاءة من أحادي التبلور
درجة الحرارة	يفضل استخدامها في المناطق الباردة	يفضل استخدامها في المناطق الحارة
الظل	تأثير الظل والغيوم عليها قليل (تقل شدة التيار بنسبة 50%)	تتأثر جدا بالظل والغيوم (تقل شدة التيار بنسبة 70%)
الأثرية والغبار	تراكم الغبار على اللوح يقلل جدا من أدائها	تأثير تراكم الغبار على اللوح قليل
العمر الحياتي	يقل أداءها بمقدار 3% بعد السنة الأولى	يقل أداءها بمقدار 2.5% بعد السنة الأولى
التوتر	تنتج توتر أعلى من متعددة التبلور	تنتج توتر أقل من الأحادي التبلور
التيار	تنتج تيار أقل من متعددة التبلور	تنتج تيار أعلى من أحادي التبلور

الجدول (1.II) الفوارق بين الخلايا أحادية التبلور ومتعددة التبلور [30].

4.7.II - مميزات وعيوب الخلايا الشمسية :

العيوب	المميزات
<ul style="list-style-type: none"> ● كلفتها التأسيسية مرتفعة. ● تتطلب مساحة واسعة. ● محدودة التشغيل (النهار فقط) وتضعف في الأيام الغائمة. ● تتطلب خبرات فنية خاصة. ● تتطلب التزام ومحاذير في أوقات تشغيل الأجهزة الكهربائية. ● قابلة للكسر والتضرر بسهولة في حالة عدم تثبيتها بقواعد خاصة. 	<ul style="list-style-type: none"> ● سهولة التركيب والتشغيل وصيانتها غير مكلفة. ● عمرها طويل مقارنة بالمصادر التقليدية. ● لا تحتاج كلفة تشغيلية. ● يمكن نقلها وسهولة التفكيك. ● مستدامة ونظيفة وصديقة للبيئة وغير ضارة بالصحة ولا تنتج ضوضاء. ● لا تتطلب أجزاء متحركة باستثناء المتبعات.

الجدول (2.II) : مميزات وعيوب الخلايا الشمسية [30].

5.7.II - مبدأ عمل الخلية الكهروضوئية :

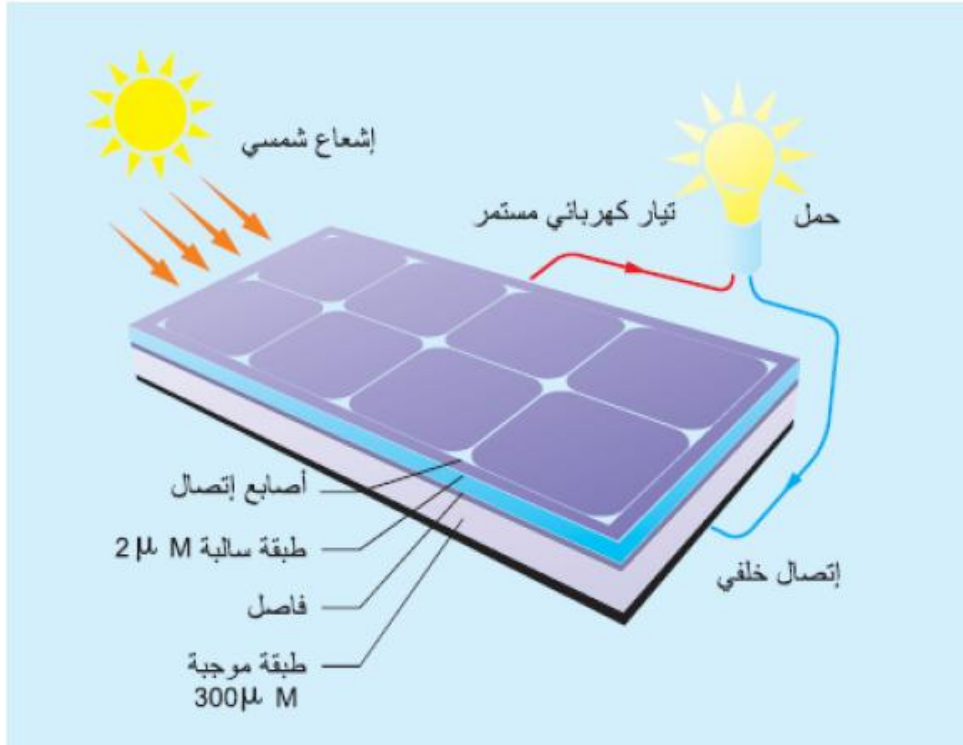
عند سقوط ضوء الشمس على الخلية يمر هذا الضوء من خلال سطح الخلية، ويمتص جزء منه بواسطة الطبقة الأولى للخلية وهي الطبقة التي تحتوي على الفوسفور وتسمى هذه الطبقة (N-type) أما أغلبية الضوء الساقط على هذه الخلية فيقوم بامتصاصه الجزء الخاص بذلك أي الطبقة التي تحتوي على خليط السليكون بالبورون وتسمى هذه الطبقة (P-type).

نتيجة لهذه العملية تتكون إلكترونات حرة الحركة يمكنها السريان خلال الموصل الكهربائي في أطراف الخلية، وتزداد هذه الحركة بزيادة كثافة الضوء الساقط على الخلية حيث تنتقل بعض الإلكترونات إلى الفجوات وتتحد معها بعد أن تنتقل المجموعة الأولى من الإلكترونات وتتحد مع الفجوات يتشكل حاجز عند المنطقة التي تفصل النوع الموجب عن النوع السالب، ويمنع هذا الحاجز المزيد من الإلكترونات الأخرى في النوع السالب من الاتحاد مع الفجوات في النوع الموجب ويتكون عند هذه المنطقة بين النوعين مجال كهربائي.

هذا المجال يعمل عمل (الصمام الثنائي) حيث يسمح بمرور الإلكترونات من الجزء الموجب إلى الجزء السالب ولكن ليس العكس، وبهذا يكون لدينا في كل خلية شمسية مجال كهربائي يحدد اتجاه حركة الإلكترونات،

وحيث يسقط الضوء المكون من الفوتونات عند طاقة معينة على الخلية الشمسية فإنه يعمل على تحرير إلكترون وفجوة بالقرب من الحاجز يمر هذا الإلكترون في اتجاه الجزء السالب تحت تأثير المجال الكهربائي في حين تنتقل الفجوة إلى الجزء الموجب تحت تأثير نفس المجال.

وعندما يتم توصيل طرفي الخلية النوع السالب (N-type) والنوع الموجب (P-type) بدارة كهربائية خارجية فإن هذه الإلكترونات سوف تتحرك لتعود إلى موضعها الأصلي وكذلك الفجوات وهذه الحركة هي التيار الكهربائي الذي نريده كما في الشكل.



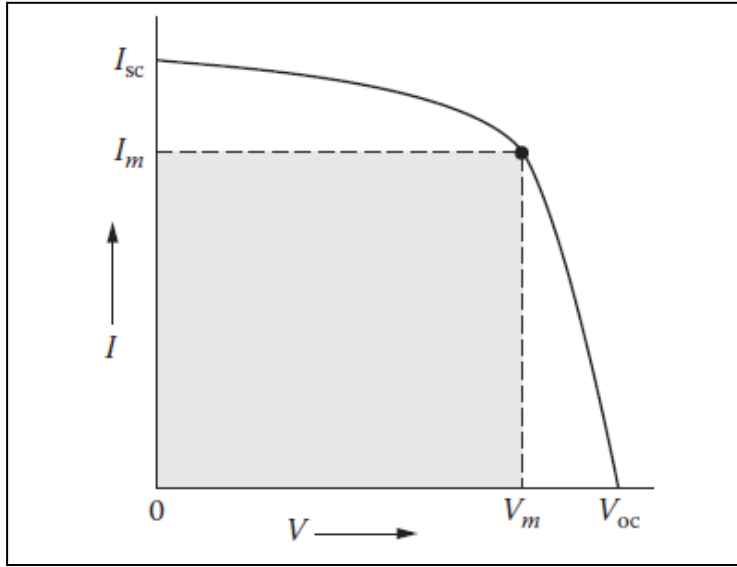
الشكل (6.II) : مبدأ عمل الخلية الكهروضوئية.

8.II - خصائص منحنى الجهد والتيار (I - V) :

يبين الشكل (7-II) : المنحنى المميز (I - V) للخلية الشمسية عند إضاءة معينة

حيث يعتمد أداء الخلية الشمسية على مدى واسع من إنتاج كلا من التيار الكهربائي I والجهد الكهربائي V، فزيادة مقاومة الحمل المراد تشغيله بالخلية الشمسية ترتفع قيمة الجهد الكهربائي من الصفر بالتزامن مع انخفاض قيمة التيار (تيار القصر I_{CC}) لتصل إلى أعلى قيمة للجهد تعرف بجهد الدارة المفتوحة V_{CO} والتي تكون عندها قيمة التيار الكهربائي مساوية للصفر، من خلال هذا المدى والذي يسمى بمنحنى (التيار - الجهد) يمكننا تحديد

أعلى قيمة للاستطاعة الكهربائية للخلية والذي يجب أن يكون أعلى قيمة ناتجة من حاصل ضرب قيمة التيار في قيمة التوتر.



الشكل (7.II) : المنحنى المميز للخلية الشمسية [28].

أ- جهد الدارة المفتوحة V_{CO} :

هو فرق الجهد بين طرفي الخلية عندما تكون مقاومة الحمل لا نهائية أي ما يكافئ دارة مفتوحة، وفي هذه الحالة يكون التيار معدوماً.

ب- تيار الدارة القصيرة I_{CC} :

هو التيار الكهربائي للخلية الشمسية عندما تكون مقاومة الحمل معدومة أي ما يكافئ دارة مقصورة، وفي هذه الحالة يكون فرق الجهد معدوماً.

9.II - الاستطاعة العظمى للخلية الشمسية P_{max} :

هي نقطة العمل التي تعطي الخلية الشمسية عندها أكبر استطاعة ممكنة، وتعطى بالعلاقة :

$$(1.II) \quad P_{max} = I_m \cdot V_m$$

حيث V_m و I_m يمثلان شدة التيار وفرق الكمون عند نقطة الاستطاعة العظمى.

وتقاس الاستطاعة العظمى للخلية عملياً في حالة الظروف القياسية (Standard Test Condition STC)

وتتمثل في (إشعاع شمسي 1000 وات على المتر المربع ودرجة حرارة $25^\circ C$).

1.9.II - كفاءة الخلية الشمسية:

تعتبر المعيار الرئيسي لحساب متوسط الطاقة المنتجة بعد الأخذ بالاعتبار خط العرض والمناخ، فخلية شمسية ذات كفاءة 20% بمساحة 1 سم مربع تنتج طاقة كهربائية مقدارها 200 ملي وات في حالة الظروف القياسية (Standard Test Condition STC) [18].

وتحسب كفاءة الخلية رياضياً من خلال المعادلة (2.II) [30]:

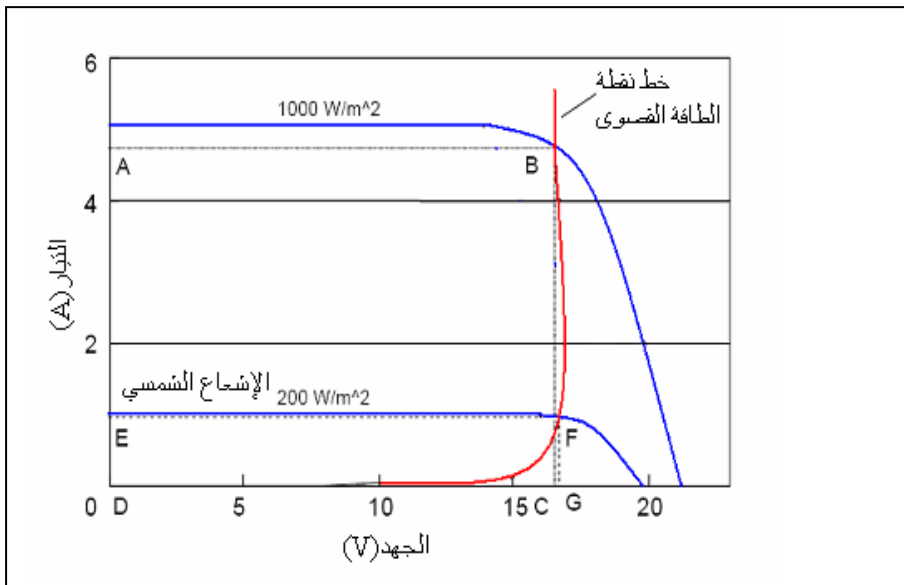
$$(2.II) \quad \text{Eff} = \frac{P_{\max}[\text{W}]}{I[\text{W}/\text{m}^2].A[\text{m}^2]}$$

حيث (A) يقصد بها مساحة الخلية.

I : شدة الإشعاع الشمسي.

2.9.II - الفرق بين كفاءة الخلية وكفاءة اللوح :

كفاءة اللوح تعطى بقسمة أقصى استطاعة للوح على حاصل ضرب القدرة الإشعاعية الشمسية (1000 w/m²) في مساحة اللوح وتكون كفاءة الألواح أقل من كفاءة الخلية بمقدار 20% تقريباً. إن التغير في شدة الإشعاع الشمسي الساقط ودرجة حرارة الخلية الكهروضوئية يؤدي إلى تغيير موقع نقطة الاستطاعة العظمى P_{max} و الشكل (8.II) يبين خط تغير نقطة القدرة العظمى ابتداءً من شدة إشعاع 200 w/m² حتى شدة إشعاع 1000 w/m² على المخطط (I - V) [18].



الشكل (8.II) : خط تغير نقطة الاستطاعة العظمى.

10.II - ربط الألواح الكهروضوئية على التسلسل :

في الحالة المثالية عند ربط مجموعة من الألواح الكهروضوئية المتماثلة عددها (N_s) على التسلسل فإن فرق جهد الدارة المفتوحة يساوي عدد الألواح مضروباً في جهد لوح واحد، ولكن التيار يكون تيار اللوح الواحد (أي أننا بهذه الطريقة نزيد من جهد الخلية) [6].

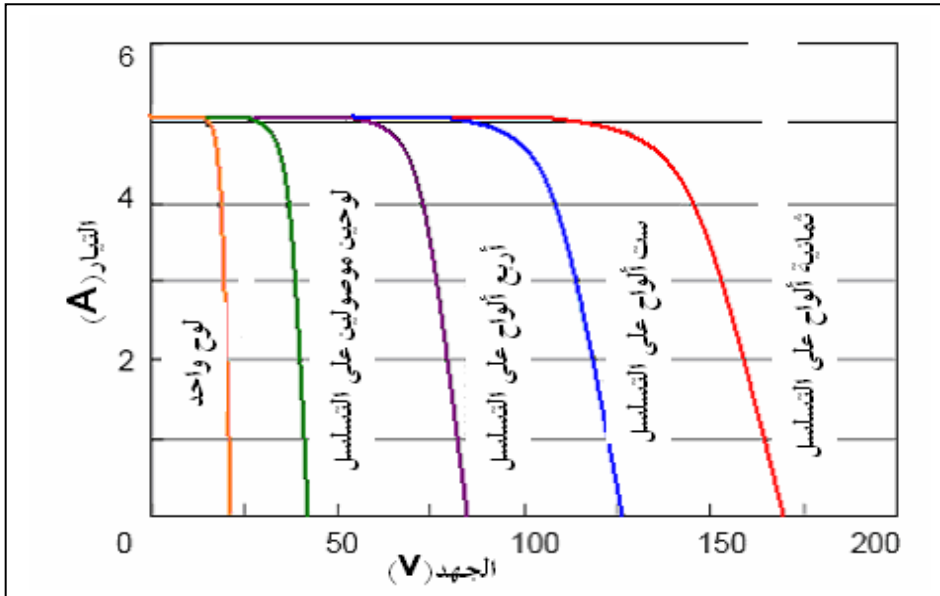
$$(3.II) \quad V_{CO}(N_s) = N_s * V_{CO}$$

$$(4.II) \quad I_{CC} = I_{CC}$$

$V_{CO}(N_s)$: مجموع الجهد في دائرة مفتوحة لعدد من الخلايا المتسلسلة.

I_{CC} : التيار في دائرة مغلقة لعدد من الخلايا المتسلسلة.

N_s : عدد الخلايا المربوطة على التسلسل.



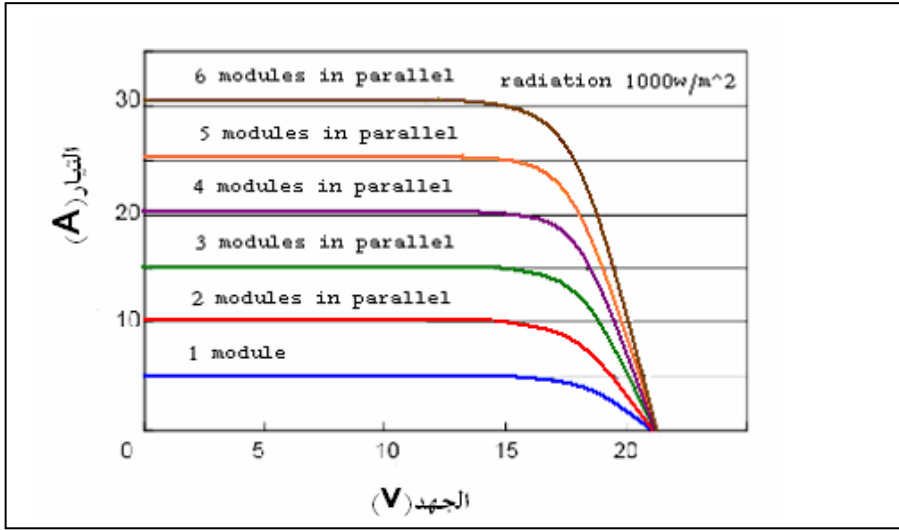
الشكل (9.II) : الخاصية المثالية للألواح الكهروضوئية المربوطة على التسلسل.

11.II - ربط الخلايا على التفرع :

في حالة ربط عدد (N_p) من الألواح الكهروضوئية المتماثلة على التفرع فإن الجهد الناتج مساويا لجهد اللوح الواحد والتيار الناتج يساوي مجموع التيارات الخاصة بكل لوح (تزداد شدة التيار) [6].

$$(5.II) \quad I_{SC} = \sum I(N_p) = I_1 + I_2 + \dots + I(N_p)$$

$$(6.II) \quad V_{CO} = V_1 = V_2 = \dots = V(N_p)$$



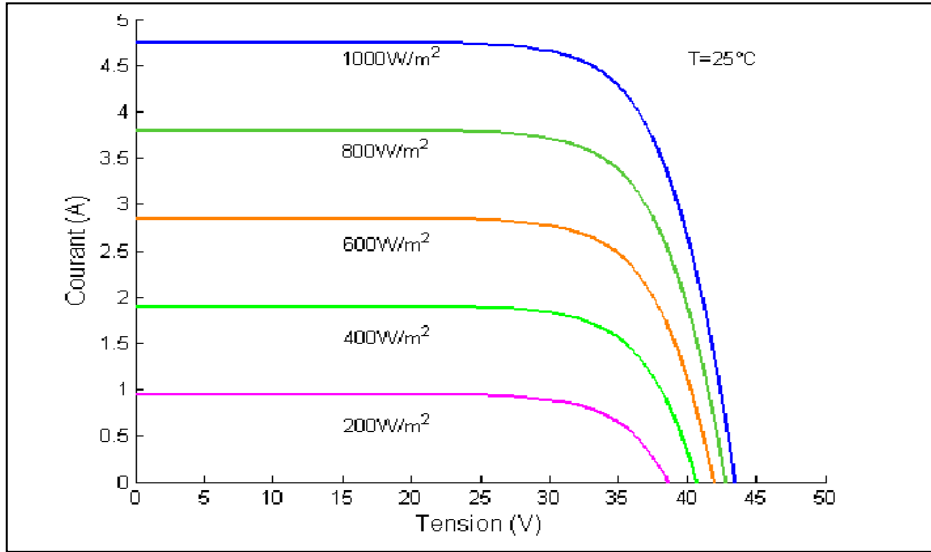
الشكل (10.II) : الخاصية المثالية للألواح الكهروضوئية المربوطة على التفرع.

12.II - العوامل المؤثرة على كفاءة الخلايا الكهروضوئية :

كفاءة الخلية تتأثر ببعض العوامل الواضحة والتي منها زوايا ميل الخلية بالنسبة للشمس، الاختلافات اليومية والسنوية في الطاقة الشمسية التي تسقط على الخلية وسرعة الهواء والغبار والظل وهناك عوامل أخرى منها :

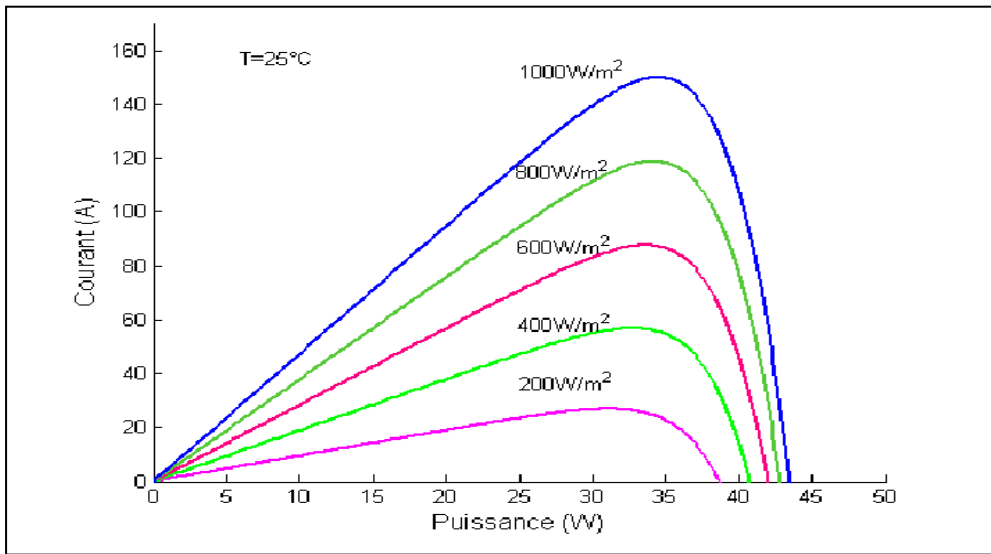
1.12.II - كثافة الضوء الساقط :

يمثل الشكل (11.II) تغيرات شدة التيار بدلالة الجهد $I(V)$ حيث إن فرق الجهد المتولد من الخلية الكهروضوئية يبقى ثابتاً عند كل مستويات الإشعاع الشمسي الساقط، لكن التيار المتولد يتغير بشكل مباشر تبعاً لقيم الإشعاع الشمسي الساقط عند كل لحظة زمنية كما في الشكل وهذا في ثبوت درجة الحرارة ($T = 25^{\circ}C$)



الشكل (11.II) : منحنى تغير التيار بدلالة الجهد مع تغير شدة الإضاءة.

بينما يمثل الشكل (12.I) تغيرات الاستطاعة بدلالة الجهد $P(V)$ حيث تكون الاستطاعة المثلى للخلية (P_{max}) متناسبة عمليا مع الإضاءة التي يسبب انخفاضها تدرجا للطاقة القصوى المولدة من طرف اللوح وهذا عند درجة حرارة ثابتة ($T = 25^0C$).

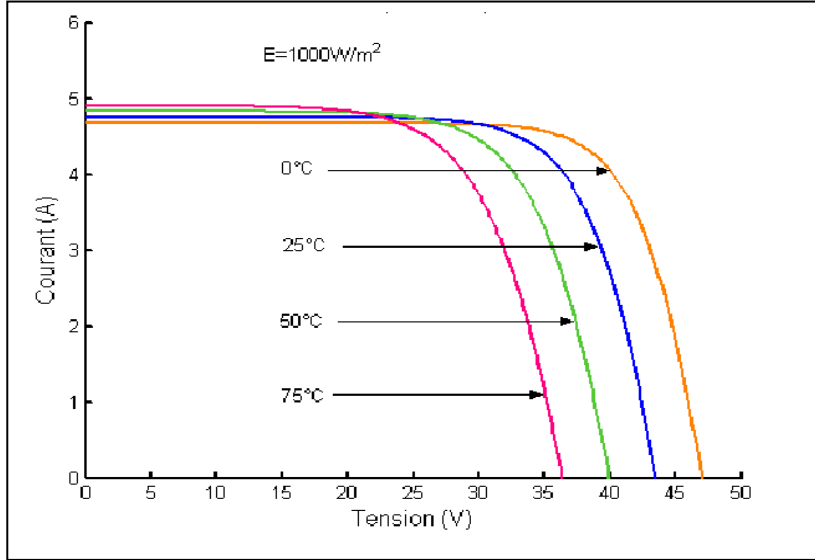


الشكل (12.II) : منحنى تغير الاستطاعة بدلالة الجهد مع تغير شدة الإضاءة.

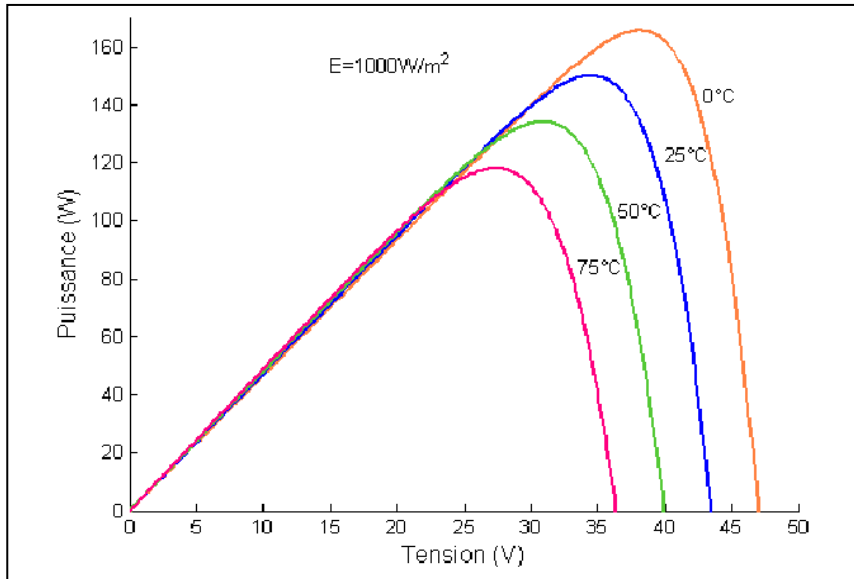
2.12.II - درجة الحرارة :

تتفاوت كفاءة أداء الخلية الكهروضوئية عادة عكسيا بدرجة حرارة التشغيل بمعنى آخر ينخفض أداء الخلية بارتفاع درجة حرارة الجو المحيط بالخلية، هذا يعني أن الطاقة الكهربائية الناتجة من الخلية تنخفض بارتفاع درجة الحرارة حيث الشكل (13.II) يوضح تأثير درجة الحرارة على منحنى خواص الجهد والتيار وكيف يكون

لدرجة الحرارة التأثير المباشر في مقدار الطاقة الكهربائية المتولدة و الشكل (14.II) يعزز هذا التأثير في كمية الطاقة الكهربائية المتولدة [32].



الشكل (13.II) : منحنى تغير التيار بدلالة الجهد مع تغير درجات الحرارة.



الشكل (14.II) : منحنى تغير الاستطاعة بدلالة الجهد مع تغير درجات الحرارة.

الفصل الثالث

الجانب التجريبي

الجانب التجريبي

1.III - وصف منطقة التجربة :

أجريت الدراسة التجريبية على مستوى مخبر الطاقات المتجددة بقسم الفيزياء - كلية الرياضيات وعلوم المادة - جامعة قاصدي مرباح ورقلة على مدار ثلاثة أيام بين شهري أفريل و ماي خلال سنة 2019 منطقة ورقلة تقع في الجنوب الشرقي للجزائر وهي تتميز بالمواصفات التالية :

- ✓ الموقع الجغرافي : تقع ورقلة بين خط طول 5.19 شرقا ودائرة عرض 31.57 شمالا .
- ✓ المناخ : تتميز ورقلة بالطابع الصحراوي حيث يكون جاف و حار صيفا وباردا شتاءا .
- ✓ درجة الحرارة : تتراوح درجة الحرارة بين $05C^0$ و $46C^0$ في السنة .
- ✓ الرطوبة النسبية : تتراوح بين 24% و 62% في السنة .

تتميز منطقة ورقلة بـ ندرة سقوط الأمطار لذلك فإن أغلب أيام السنة تكون مشمسة وهذا ما يجعلها منطقة غنية بالطاقة الشمسية [33].

2.III - المقادير المحسوبة خلال التجربة :

تم أخذ القياسات المتعلقة بكل لوح شمسي وذلك خلال كل ساعة حيث تم قياس :

- ✓ شدة الإشعاع الشمسي الساقط على كل لوح .
- ✓ شدة التيار المنتجة من طرف كل لوح .
- ✓ شدة التوتر المنتجة من طرف كل لوح .

3.III - الأجهزة المستعملة في أخذ القياسات :

✓ جهاز قياس الإشعاع الشمسي (Solarimètre) : وهو جهاز يتركب من جزئين، جزء يستقبل الإشعاع الشمسي مباشر موصول بالجزء الأخر الذي هو عبارة عن شاشة الكترونية تترجم الإشعاع الشمسي إلى قراءة مباشرة على شاشة رقمية تعطي قيمة الإشعاع الشمسي تتم القياسات بوضع الجهاز فوق اللوح الكهروضوئي وتسجيل قيمة شدة الإشعاع الساقط على اللوح بـ (W / m^2) .



الشكل (1.III) جهاز قياس شدة الإشعاع الشمسي (Solarimètre)

✓ 02 ألواح شمسية من نوع (Poly-crystalline) : أبعاد كل لوح هي الطول 1m والعرض 0.5m و استطاعة كل لوح في الظروف المثالية هي 50 وات، حيث تم تزويد أحد الألواح بعاكس مسطح وترك اللوح الآخر بدون عاكس.



الشكل (2.III) : الألواح الشمسية المستعملة في التجربة.

✓ جهاز فولط متر وجهاز أمبير متر ومقاومة كهربائية موصولة بدارة كهربائية مع اللوح الكهروضوئتي.

✓ عاكس مسطح (مرآة زجاجية عادية) طولها 0.9m وعرضها هو 0.5m.

النتائج المتحصل عليها من القياسات :

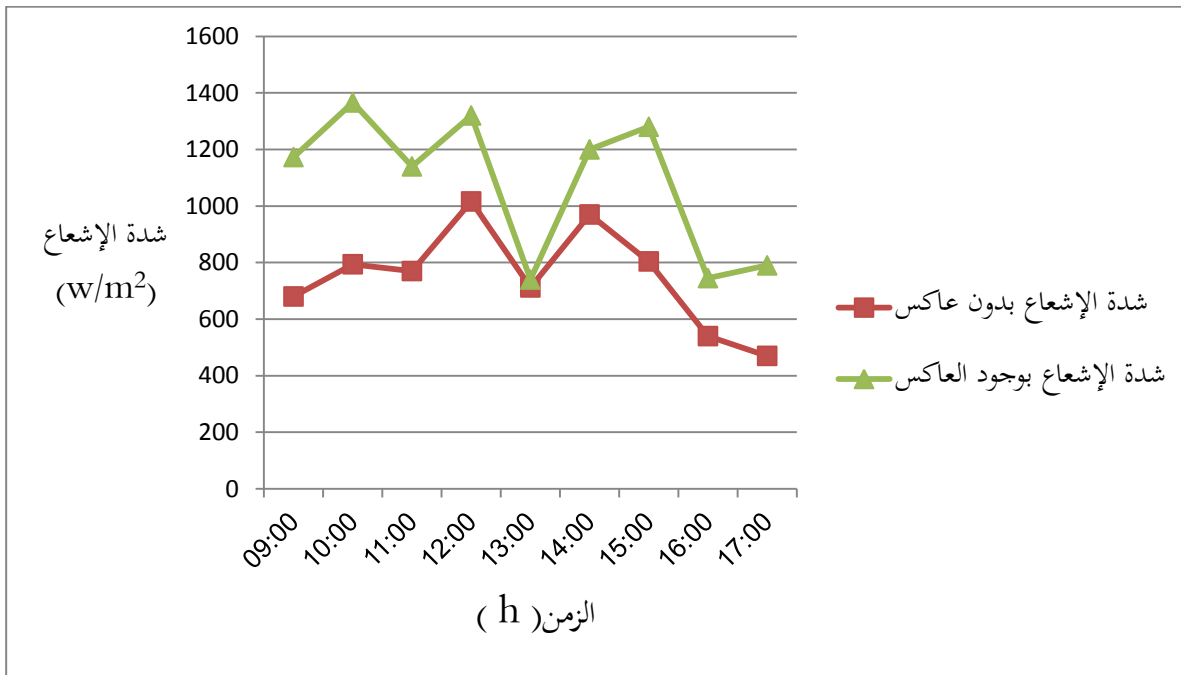
4.III - تجربة 01 : تاريخ إجراء القياس 10 / 04 / 2019

شدة الإشعاع الشمسي الساقط على كل لوح (w/m^2) :

شدة الإشعاع بوجود العاكس (w/m^2)	شدة الإشعاع بدون عاكس (w/m^2)	الزمن (h)
1173	680	09:00
1366	794	10:00
1140	770	11:00
1320	1016	12:00
740	712	13:00
1200	970	14:00
1280	804	15:00
745	540	16:00
790	470	17:00

الجدول (1.III) : شدة الإشعاع الساقط على كل لوح .

ترجمت النتائج المتحصل عليها إلى البيان (3-III) الذي يمثل تغيرات شدة الإشعاع بدلالة الزمن .



الشكل (3.III) : تغيرات شدة الإشعاع الساقط على كل لوح بدلالة الزمن.

تحليل البيان :

نلاحظ من البيان أن شدة الإشعاع الشمسي الوارد على اللوح بدون عاكس يبلغ ذروته في الفترة الممتدة ما بين (12:00 – 15:00) بينما تكون منخفضة قبل وبعد هذه الفترة (فترة الظهيرة) ولكن بإضافة العاكس نسجل زيادة كبيرة في شدة الإشعاع الشمسي الساقط على اللوح في الفترة الممتدة ما بين قبل الظهيرة وبعدها بينما نسجل زيادة طفيفة في شدة الإشعاع الشمسي الوارد عند فترة الظهيرة ، ونفسر هذه النتائج بأنه عند فترة الظهيرة تكون الشمس في وضع عمودي على اللوح الشمسي مما يقلل من نسبة انعكاس الإشعاع على اللوح الشمسي في هذه الفترة وبالتالي لا نسجل زيادة معتبرة في شدة الإشعاع الشمسي الساقط على اللوح بواسطة العاكس المسطح عكس بقية الفترات .

شدة التوتر المنتجة بالفولط (V) .

الزمن (h)	لوحة بدون عاكس (V)	لوحة بوجود العاكس (V)
09:00	4.35	6.07
10:00	5.50	7.17
11:00	5.10	6.60
12:00	6.88	7.10
13:00	6.78	7.04
14:00	6.77	7.14
15:00	8.13	8.54
16:00	5.68	7.46
17:00	4.80	7

الجدول (2.III) : شدة التوتر المنتجة من طرف كل لوح .

شدة التيار المنتجة بالأمبير (A) :

الزمن (h)	لوحة بدون عاكس (A)	لوحة بوجود العاكس (A)
09:00	1.8	2.59
10:00	2.43	3.11
11:00	2.01	2.79
12:00	3.10	3.20
13:00	3.15	3.22
14:00	3.12	3.29
15:00	2.43	2.60
16:00	1.64	2.15
17:00	1.38	2

الجدول (3.III) : شدة التيار المنتجة من طرف كل لوح .

من خلال النتائج السابقة تم حساب استطاعة كل لوح ثم نسبة الزيادة في استطاعة اللوح بوجود العاكس :
حيث استطاعة كل لوح تعطى بالعلاقة التالية :

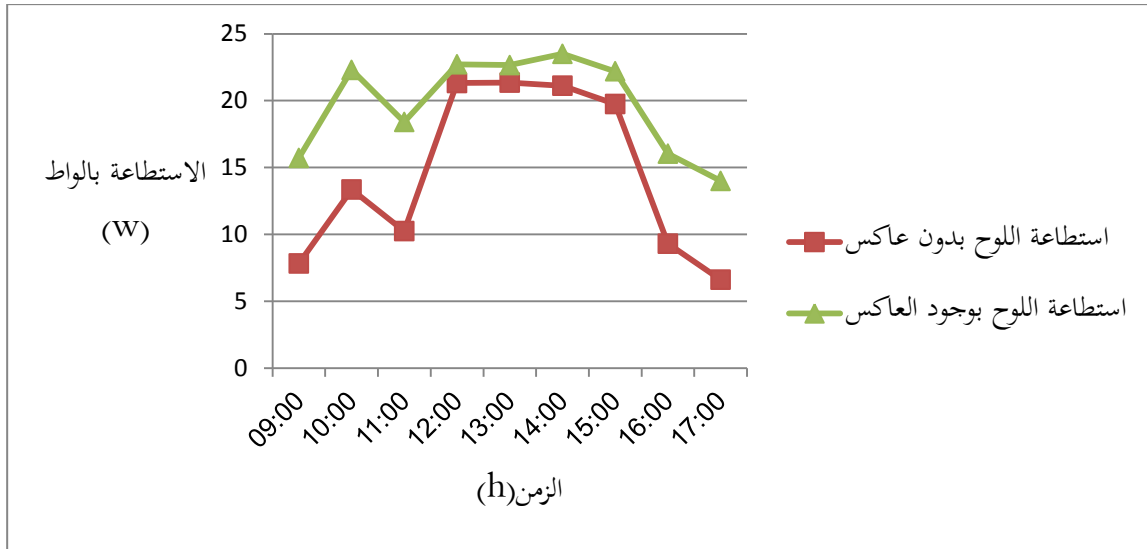
(1.III)

$$P = V . I$$

ودونت النتائج في الجدول التالي :

الزمن (h)	استطاعة اللوح بدون عاكس (w)	استطاعة اللوح بوجود العاكس (w)	النسبة المئوية للزيادة في مقدار الاستطاعة (%)
09:00	7.83	15.72	100.8%
10:00	13.36	22.30	66.84%
11:00	10.25	18.41	79.63%
12:00	21.32	22.72	6.5%
13:00	21.35	22.66	6.1%
14:00	21.12	23.50	11.2%
15:00	19.75	22.20	12.4%
16:00	9.31	16.04	72.2%
17:00	6.62	14	111.3%

الجدول (4.III) : الاستطاعة المنتجة من طرف كل لوح والنسبة المئوية للزيادة في مقدار الاستطاعة.



الشكل (4.III) : تغيرات الاستطاعة بدلالة الزمن لكل لوح كهروضمسي.

تحليل ومناقشة البيان :

من خلال البيان نلاحظ زيادة معتبرة في مقدار استطاعة اللوح المزود بالعاكس وذلك خلال فترتي ما قبل الظهيرة وبعدها، بينما نسجل زيادة بسيطة في قيمة الاستطاعة عند فترة الظهيرة، ونفسر هذه النتائج المتحصل عليها أنه عند فترة الظهيرة تكون الشمس عمودية على اللوح وبالتالي لا يكون هناك إشعاع منعكس على اللوح بواسطة العاكس خلال هذه الفترة وكذلك ارتفاع درجة حرارة اللوح وهو ما يؤثر سلباً على مردود الخلايا حيث تتأثر الخلايا الشمسية سلباً بارتفاع درجة الحرارة، عكس بقية الفترات أين تكون درجة الحرارة معتدلة حيث نسجل عندها زيادة معتبرة في مقدار الاستطاعة حيث بلغت أقصى زيادة عند الساعة 17:00 وقدرت بـ 111.3%.

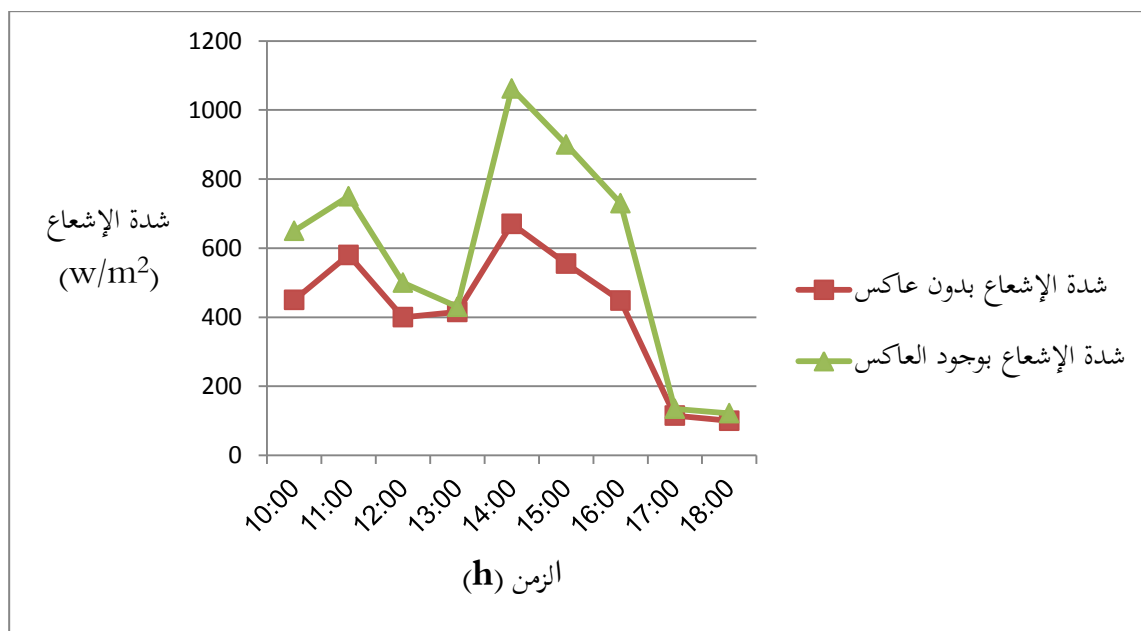
5.III - تجربة 02 : تاريخ إجراء القياس 2019/04/30

حيث تميز هذا اليوم بسماء مغطاة بالغيوم في الفترة الصباحية أما في المساء فكانت حالة السماء صافية.

شدة الإشعاع الشمسي الساقط على كل لوح (w/m^2) :

الزمن (h)	شدة الإشعاع بدون عاكس (w/m^2)	شدة الإشعاع بوجود العاكس (w/m^2)
10:00	450	650
11:00	580	750
12:00	400	500
13:00	415	430
14:00	670	1062
15:00	555	900
16:00	448	730
17:00	115	135
18:00	100	122

الجدول (5.III) : شدة الإشعاع الساقط على كل لوح.



الشكل (5.III) : تغيرات شدة الإشعاع الساقط على كل لوح بدلالة الزمن .

تحليل البيان :

نلاحظ من خلال البيان أن شدة الإشعاع الوارد على اللوح الشمسي بدون عاكس تبلغ ذروتها عند فترة الظهيرة، كما أنه بإضافة العاكس لا نسجل زيادة معتبرة في شدة الإشعاع الوارد باستثناء فترة الظهيرة أين تكون هناك زيادة معتبرة، ونفسر ذلك بتأثير عامل الغيوم حيث تؤثر الغيوم سلبيا على الإشعاع الساقط على اللوح الشمسي وذلك عن طريق الامتصاص أو الانعكاس.

شدة التوتر المنتجة بالفولط (V) :

الزمن (h)	لوح بدون عاكس (V)	لوح بوجود العاكس (V)
10:00	17.50	18.25
11:00	17.35	18.02
12:00	17.90	18.15
13:00	17.50	17.61
14:00	18.05	18.28
15:00	17.94	18.41
16:00	17.86	18.54
17:00	6.66	7.50
18:00	6.20	7

الجدول (6.III) : شدة التوتر المنتجة من طرف كل لوح.

شدة التيار المنتجة بالأمبير (A) :

الزمن (h)	لوح بدون عاكس (A)	لوح بوجود العاكس (A)
10:00	1.05	1.10
11:00	1.05	1.09
12:00	0.90	0.92
13:00	0.91	0.98
14:00	0.91	0.92
15:00	0.91	0.93
16:00	0.91	0.94
17:00	0.34	0.37
18:00	0.30	0.32

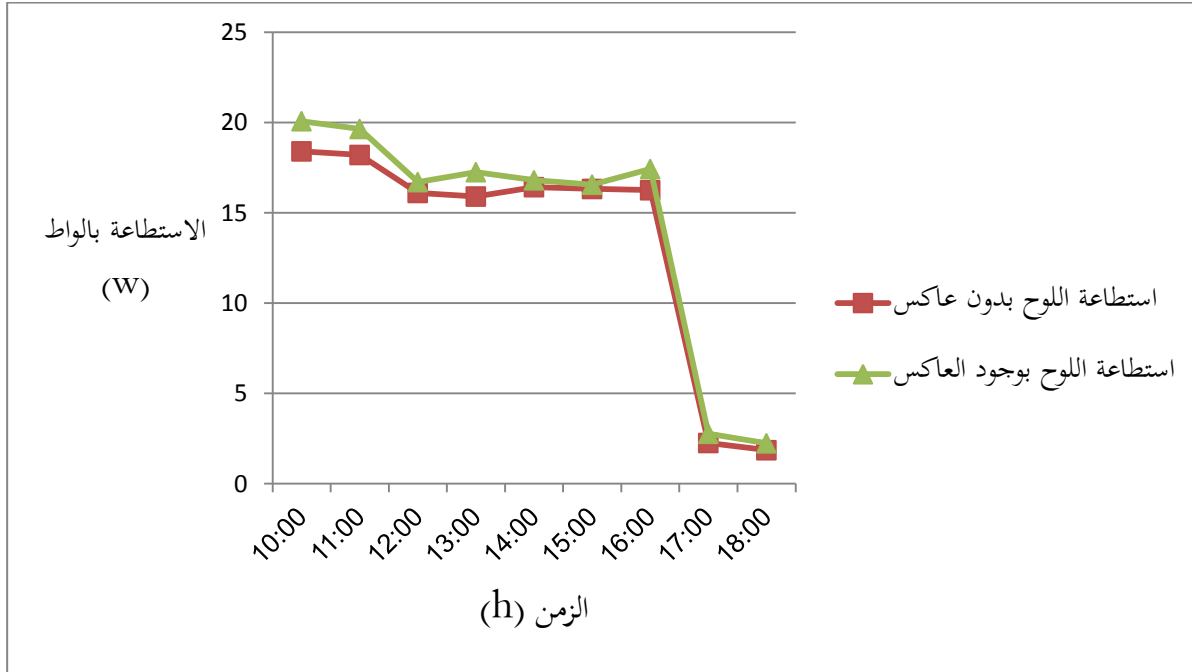
الجدول (7.III) : شدة التيار المنتجة من طرف كل لوح .

الاستطاعة المنتجة من طرف كل لوح ونسبة الزيادة في مقدار الاستطاعة :

النسبة المئوية للزيادة في مقدار الاستطاعة (%)	استطاعة اللوح بوجود العاكس (w)	استطاعة اللوح بدون عاكس (w)	الزمن (h)
9.25%	20.07	18.4	10:00
7.8%	19.64	18.20	11:00
3.6%	16.70	16.10	12:00
8.4%	17.25	15.90	13:00
2.4%	16.80	16.42	14:00
1.5%	16.56	16.32	15:00
7.2%	17.42	16.25	16:00
22.50%	2.77	2.26	17:00
20.4%	2.24	1.86	18:00

الجدول (8.III) : الاستطاعة المنتجة من طرف كل لوح والنسبة المئوية للزيادة في مقدار الاستطاعة.

ترجمت النتائج إلى البيان الممثل بالشكل (6.III).



الشكل (6.III) : تغيرات الاستطاعة بدلالة الزمن لكل لوح كهروضوئي.

تحليل ومناقشة البيان :

من خلال البيان نلاحظ تطابق شبه تام بين منحنبي تغيرات الاستطاعة بدلالة الزمن لكلا اللوحين (لوح بدون عاكس واللوح بوجود العاكس) وذلك خلال جميع فترات النهار ونفسر هذه النتائج بالتأثير السلبي لعامل الغيوم حيث تؤثر الغيوم على مردود الخلايا الشمسية ، وعلى الرغم من تسجيل زيادة معتبرة في شدة الإشعاع الساقط على اللوح المزود بالعاكس عند فترة الظهيرة إلا أنه لم تسجل زيادة في مقدار الاستطاعة وذلك راجع للتأثير السلبي لإرتفاع درجة الحرارة خلال هذه الفترة على مردود الخلايا .

6.III - تجربة 03 : تاريخ إجراء القياس 2019/05/16 :

تميز اليوم بارتفاع في درجة الحرارة مع سماء صافية .

شدة الإشعاع الشمسي الساقط على كل لوح (w/m^2) :

شدة الإشعاع بوجود العاكس (w/m^2)	شدة الإشعاع بدون عاكس (w/m^2)	الزمن (h)
1180	720	09:00
1280	734	10:00
910	895	11:00
1070	980	12:00
730	680	13:00
1180	935	14:00
935	808	15:00
1075	616	16:00
650	393	17:00

الجدول (9.III) : شدة الإشعاع الساقط على كل لوح .



الشكل (7.III) : تغيرات شدة الإشعاع الساقط على كل لوح بدلالة الزمن .

تحليل البيان :

نلاحظ من خلال البيان أن ذروة الإشعاع الشمسي الساقط على اللوح بدون عاكس تكون عند فترة الظهيرة، وبالنسبة للوح المزود بالعاكس نلاحظ أن هناك زيادة معتبرة في كمية الإشعاع الوارد خاصة عند فترة ما قبل الظهيرة وما بعدها بينما عند هذه الفترة نسجل زيادة طفيفة في مقدار الإشعاع وذلك بسبب موضع الشمس العمودي بالنسبة للوح خلال هذه الفترة من النهار حيث لا يكون هناك انعكاس للإشعاع الشمسي على اللوح المزود بالعاكس.

شدة التوتر المنتجة بالفولط (V) :

الزمن (h)	لوح بدون عاكس (V)	لوح بوجود العاكس (V)
09:00	18.27	19.18
10:00	18.38	19.02
11:00	18.30	18.43
12:00	18.02	18.10
13:00	17.78	17.80
14:00	17.63	17.82
15:00	17.88	18.25
16:00	17.78	18.50
17:00	17	18.20

الجدول (10.III) : شدة التوتر المنتجة من طرف كل لوح .

شدة التيار المنتجة بالأمبير (A) :

الزمن (h)	لوحة بدون عاكس (A)	لوحة بوجود العاكس (A)
09:00	0.96	1.01
10:00	0.97	1.01
11:00	0.97	0.97
12:00	0.95	0.95
13:00	0.96	0.97
14:00	0.96	0.97
15:00	0.93	0.95
16:00	0.93	0.96
17:00	0.89	0.95

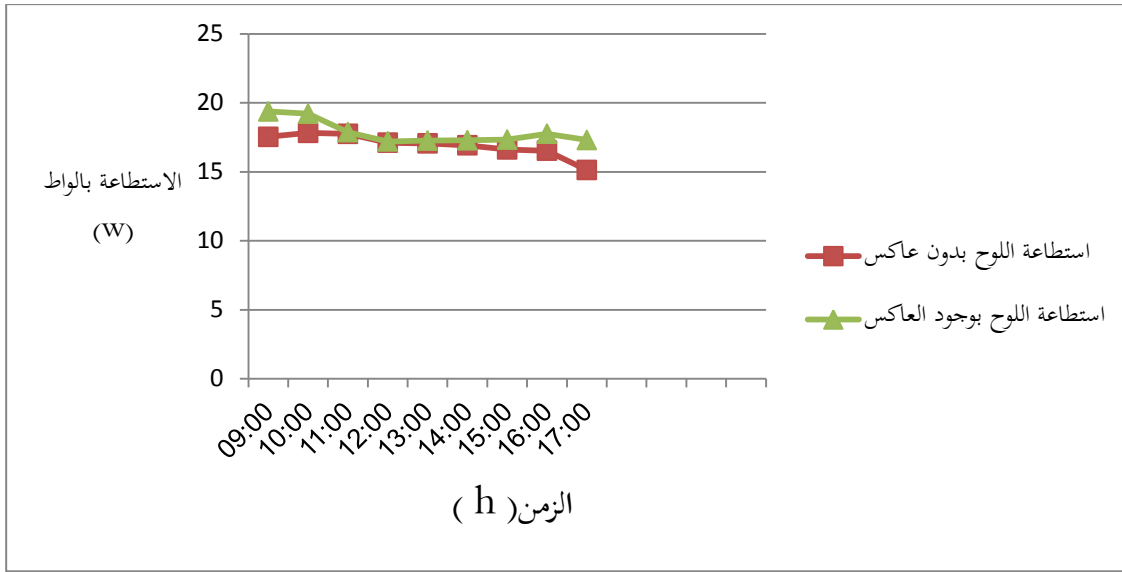
الجدول (11.III) : شدة التيار المنتجة من طرف كل لوح .

الاستطاعة المنتجة من طرف كل لوح ونسبة الزيادة في مقدار الاستطاعة :

الزمن (h)	استطاعة اللوح بدون عاكس (w)	استطاعة اللوح بوجود العاكس (w)	النسبة المئوية للزيادة في مقدار الاستطاعة (%)
09:00	17.53	19.37	10.4%
10:00	17.82	19.21	7.8%
11:00	17.75	17.87	0.7%
12:00	17.11	17.20	0.4%
13:00	17.06	17.26	1.2%
14:00	16.92	17.28	2.1%
15:00	16.62	17.33	4.3%
16:00	16.53	17.76	7.4%
17:00	15.13	17.30	14.3%

الجدول (12.III) : الاستطاعة المنتجة من طرف كل لوح والنسبة المئوية للزيادة في مقدار الاستطاعة .

ترجمت النتائج إلى البيان الممثل بالشكل (8.III)



الشكل (8.III) : تغيرات الاستطاعة بدلالة الزمن لكل لوح كهروضمسي .

تحليل ومناقشة البيان :

نلاحظ تطابق شبه تام بين منحنبي تغير الاستطاعة بدلالة الزمن للوحين الكهروضمسيين (لوح بدون عاكس واللوح بوجود العاكس) أي ليس هناك زيادة معتبرة في مقدار الاستطاعة بالرغم من تسجيل زيادة معتبرة في كمية الإشعاع الوارد على اللوح المزود بالعاكس خلال فترتي ما قبل الظهيرة وبعدها إلا أنه لم تسجل زيادة معتبرة في مقدار الاستطاعة وذلك بسبب عامل ارتفاع درجة الحرارة حيث يكون لها تأثير سلبي على مردود الخلايا الشمسية .

خلاصة

خلاصة :

نستخلص من خلال عملنا التجريبي هذا أن للعاكس المسطح دور كبير في تحسين وزيادة الاستطاعة المنتجة من طرف الخلايا الشمسية خاصة في حال كانت السماء صافية ودرجة الحرارة معتدلة حيث سجلت أعلى نسبة في الزيادة لقيمة الاستطاعة بحوالي 111.3% وذلك يوم 2019/04/10 بينما سجلت أدنى قيمة في الزيادة لقيمة الاستطاعة 0.4% وذلك يوم 2019/05/16، كما اتضح لنا من خلال هذه الدراسة التجريبية أن دور العاكس يكون غير فعال في وقت الظهيرة حيث تكون الشمس عمودية على اللوح المسطح وهو ما يتطلب تغيير زاوية ميله عن اللوح خاصة في هذه الفترة من النهار، كما أنه عند فترة الظهيرة تكون درجة الحرارة مرتفعة وبالتالي تقل كفاءة الخلايا الكهروضوئية وهو ما يستوجب إيجاد طريقة من أجل تبريد الخلايا في هذه الفترة.

قائمة المراجع

قائمة المراجع

المراجع باللغة العربية

- [1] إيمان بابكر الحسين، مستقبل الطاقة الشمسية وإمكانية استخدامها كمصدر طاقة بديل في السودان، بحث تكميلي لنيل درجة الماجستير في الفيزياء، جامعة السودان (2015).
- [2] د. سعود يوسف عياش، تكنولوجيا الطاقة البديلة، تأليف المجلس الوطني للثقافة والعلوم الكويت 1990
- [3] فارس فرقاني، دراسة تحولات نووية، مذكرة درس التحولات النووية (2015).
- [4] الطاقة الشمسية، مجلة العلوم والتقنية، العدد الرابع والثلاثون، سبتمبر 1995.
- [5] د. كاميليا يوسف محمد، الطاقة الكهروشمسية، الاسكندرية، 2016.
- [6] سماحي سهيلة، فعالية أداء الخلايا الشمسية الكهروضوئية في ورقة وتأثير شدة الإشعاع الشمسي والعوامل المناخية عليها، مذكرة لنيل شهادة الماستر في فيزياء الإشعاعات وبصريات إلكترونية، جامعة ورقلة 2016.
- [8] محمد أحمد سيد خليل، الطاقة الشمسية واستخداماتها، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع القاهرة.
- [10] أسعد رحمان سعيد الحلفي، كتاب هندسة الأغذية بالطاقة الشمسية، البصرة 2010.
- [11] محمد البار سوداني، تحقيق عملي لمركز شمسي أسطواني مكافئ ذي غطاء زجاجي، رسالة دكتوراه، جامعة قاصدي مرباح ورقلة 2017 - 2018.
- [13] رسول رمضان عتاب، حساب وتحليل كمية الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على السطح الأفقي لمدينة الناصرية، مجلة علوم ذي قار، العدد 2، 2010.
- [14] علي تاجي حمودي، دراسة وتنفيذ وتحسين أداء محطة ضخ مياه تعمل بالطاقة الشمسية، أطروحة نيل شهادة الماجستير في هندسة القوى الميكانيكية، جامعة تشرين 2008 - 2009.
- [15] د. أمين القلق، حقبة السخان الشمسي، سلسلة الحقائق التعليمية التدريسية في مجال الطاقات المتجددة، المملكة الأردنية الهاشمية 2002.
- [20] د. ختام يوسف الوصيفي، مبادئ الفيزياء العامة، الجامعة الإسلامية غزة 2013.
- [21] سالم بن موسى، مقدمة في نظم الطاقة الشمسية الكهروضوئية، تونس، 2018.
- [26] حقبة الخلايا الشمسية، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، تونس، 2000.

- [30] دليل المدرب، برنامج تعزيز القدرة على الصمود في الريف اليمني (ERRY)، اليمن، 2014.
- [33] قوارح مليكة، دراسة تأثير الصفيحة الماصة على فعالية المقطر الشمسي البسيط ذو الميل الواحد في منطقة ورقلة، مذكرة ماجستير، جامعة ورقلة (2010).

المراجع باللغة الأجنبية

- [7] Rahmani Djelloul, Analyse d'un système de concentration solaire Pour La production d'hydrogène (cas de l'Algérie), Mémoire Magister, Université Hassiba Benbouali– Chlef, 2011- 2012.
- [9] SAYIGHA.A, Characteristics Of Solar Radiation, Solar Energy Conversion, Pergamon Press, Ontario, 1979.
- [16] Pierre Henri communy, héliothermiques, le gisement solaire et calculs.
- [17] Spectre solaire, courbe téléchargée : <http://rredc.nrel.gov/solar/spectra/am0/> .
- [18] Yassin Sahnoune, Modélisation du rayonnement solaire sur quelques sites algériens, Mémoire de magister (2007) , université de Setif .
- [19] M. Baba and K. Optical Resolution in Telescope, J.PureAppl.Opt, 3 (8) 2001.
- [22] J A Duffie, w a Beckman, Solar Engineering of Thermal Processes, edited by John Wiley Sons, 2013.
- [23] A.A sfier G Guarracino, ingénieur des systèmes solaires, application a l'habitat technique et documentation, édition paris, 1981.
- [24] Soteris Kalogirou Solar Energy Engineering and system, University of Technology, Limassol, Cyprus, Britishlibrary, 2009.
- [25] Yves Jannot, Thermique solaire, mars 2010 .
- [27] Mekemeche Abdelkader, Modélisation à deux démentions des propriétés physiques de cellules solaires au silicium à base de substrat de type n, étude de quelques cas particuliers de cellules innovantes, thèse de doctorat en conversionsj photovoltaïques, université Abdel Hamid Ibn Badais de Mostaganem, 2017 .
- [28] Djicknoum Diouf , Cellules photovoltaïques silicium à hétérojonctions et à structure interdigitée en face arrière, thèse de doctorat en physique, université Paris-Sud 11, 2010 .
- [29] Matallah Sorya, dimensionnement et simulation d'un système photovoltaïque pour alimenter un habitat dans la wilaya d'Ouargla, mémoire de master en énergie renouvelable , U.K.M OUARGLA , 2015
- [31] Foster, Robert, Mqjid Ghassemi, and Alma Cota, Solar energy ,renewable energy and the environment, CRC Press , 2009

- [32] Benkhelifa Zahia, Derouiche Wafa, Etude de l'irrigation d'une champ agricole par le pompage photovoltaïque dans la région de hassi ben Abdallah Ouargla, mémoire de master en physique énergétique, université Kasdi Merbah Ouargla, 2017.