مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية – سلسلة العلوم الأساسية المجلد (19) العدد (6) 1997
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research –Basic Science Series Vol. (19) No (6) 1997

قياس شدة الأشعة الشمسية الإجمالية في مدينة اللاذقية

الـــــدكتور جبـــــور جبـــــور*
الـــــدكتور هـــــاني شـــــعبان**
الدكتور محـــي الـــدين نظـــام***

□ الملخّص □

قيست شدة الأشعة الشمسية الإجمالية في مدينة اللاذقية ودُرست تغيرات هذه الشدة بتراتبية أشـــهر السنة، ساعات النهار، والارتفاع الزاوي للشمس (زاوية ارتفاع الشمس) إن مقارنة النتائج التي تم الحصول عليها في هذا العمل مع بعض النتائج التجريبية الناتجة عن أعمال أخرى ومع النتائج المحســـوبة بوســـاطة علاقات رياضية مُستخدمة في هذا المجال تظهر توافقاً جيداً.

* أستاذ مساعد في قسم الفيزياء – كلية العلوم – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.
** أستاذ مساعد في قسم الفيزياء – كلية العلوم – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.
*** أستاذ مساعد في قسم الفيزياء – كلية العلوم – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.

مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية - سلسلة العلوم الأساسية المجلد (19) العدد (6) 1997
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research - Basic Science Series Vol. (19) No (6) 1997

Measurement of the Global Solar Radiations Intensity in Lattakia

Dr. Jabour JABOUR*

Dr. Hany SHAABAN**

Dr. Muhi Al-Deen NIZAM***

❐ ABSTRACT ❐

We have measured the global solar radiations intensity in Lattakia and studied the variation of this intensity as a function of months of the year, hours of the day, and of the angular altitude of the sun (the sun's altitude). The comparison between the results obtained in this work, and the results obtained from other works, and the results calculated by mathematical relations used in this domain shows a considerable agreement.

* Associate Professor at the Department of Physics, Faculty of Science, Tishreen University, Lattakia, Syria.

** Associate Professor at the Department of Physics, Faculty of Science, Tishreen University, Lattakia. Syria

*** Associate Professor at the Department of Physics, Faculty of Science, Tishreen University. Lattakia, Syria.

1- مقدمة:

إن الحياة ممكنة في حال فقدان حس البصر، ولكنها غير ممكنة إذا لم يكن هناك إشعاع، ولاسيما من دون الطاقة الشمسية التي تأتينا من الشمس. فإن تحول هذه الطاقة إلى حرارة يُمكن المحافظة على درجة الحرارة والحياة على سطح الأرض.

تصل الطاقة الشمسية إلى سطح الأرض عن طريق الأشعة الشمسية. بعبارة أخرى فإن الشمس ليست مصدرا للنور فحسب، بل هي أيضاً مصدر مهم لإشعاعات ما تحت الحمراء (إشعاعات حرارية) وما فوق البنفسجي وللأشعة السينية والأشعة الراديوية وأشعة غاما. وتعتبر الشمس مصدراً كبيراً وهاماً للطاقة لديمومتها ونظافتها من حيث عدم تأثيرها على تلوث البيئة كأنواع الطاقة الأخرى (الفحم الحجري، مشتقات البترول والطاقة النووية) التي تسبب تلوث الجو والبيئة. إن الطاقة الشمسية هائلة من حيث مخزونها وكميتها، فمن ناحية المخزون فإن الشمس منبع لا ينتهي من الطاقة بالمقاييس المعتبرة، أما من ناحية الكمية فعلى الرغم من وصول جزء بسيط من إشعاع الشمس إلى الأرض، فإن هذا الجزء يُعادل عدة أضعاف احتياج البشرية من الطاقة.

على الرغم من ضخامة كمية الطاقة الشمسية الواصلة إلى سطح الأرض فإنها شديدة التوزع كما أن كثافتها (كمية الطاقة الساقطة على متر مربع واحد) تختلف من منطقة لأخرى ومن وقت لآخر (صيفاً – شتاءاً، نهاراً – ليلاً). هذا يعني إن استغلال الطاقة الشمسية والاعتماد عليها كمصدر وحيد للطاقة لا يتم بنجاح إلا في مناطق محدودة من الكرة الأرضية أو بعد إيجاد حلول ملائمة واقتصادية لمسألة تخزين هذه الطاقة لفترات طويلة، من الصيف إلى الشتاء مثلاً، ولنقلها من المناطق الحارة إلى المناطق الباردة.

إن المعرفة الدقيقة للطاقة الشمسية المتوفرة في مكان ما ضروري في أغلب الأحيان. على سبيل المثال، إذا أردنا إقامة منشأة تعتمد على الطاقة الشمسية (لتسخين الماء، للتدفئة، للتكييف، أو للتبريد) فيجب معرفة الاستطاعة اللحظية (أو الشدة) للأشعة الشمسية الإجمالية والطاقة اللتين يتلقاهما سطح مستو (مجمع مستو للطاقة الشمسية). ومن هنا أتى الهدف الأساسي لهذا البحث وهو: "قياس شدة الأشعة الشمسية الإجمالية في مدينة اللاذقية".

نعطي في المقطع الثاني من هذا البحث فكرة موجزة ومختصرة عن الشمس، مصدر الطاقة الشمسية، الأشعة الشمسية، تأثير الغلاف الجوي على الأشعة الشمسية، وكيفية حساب شدة (الاستطاعة اللحظية للأشعة الشمسية الإجمالية الواردة على سطح أفقي. وخصص المقطع الثالث للقسم التجريبي: الأدوات والأجهزة المستخدمة في القياس، طريقة القياس، والنتائج التجريبية ومناقشتها.

2- القسم النظري:

لابد، قبل الخوض في دراسة الأشعة الشمسية، من التعرف على مصدر هذه الأشعة ألا وهو الشمس، ومن أين تستمد الشمس طاقتها. إن دراسة الشمس وحدها يحتاج إلى مجلدات عديدة إلا أن بعض المعلومات الأولية قد تُسهل على القارئ فهم طبيعة الأشعة الشمسية.

2-1: الشمس، الطاقة والأشعة الشمسية:

إن الشمس عبارة عن كرة من الغاز الملتهب متوسط قطرها 1390000km وكتلتها تُقدر بـ2×10^{30}kg، وكثافتها الوسطية (كتلتها الحجمية الوسطية) تقدر بـ$1410kg/m^3$[1،2،3،4،5]. ونظراً لبعد

الشمس عن الأرض (البعد الوسطي 149600000km)، فإن ضوءها يستغرق تقريبا 8.5min دقيقة كي يصل إلينا على اعتبار أن سرعة الضوء C في الخلاء تقدر بـ:

$C \approx 300000$ (km/s)

إن اكتشاف الطاقة النووية، في بداية القرن العشرين، سمح بفهم مصدر الأشعة الشمسية. وهذا سمح بالقول إن الشمس تستمد طاقتها من تفاعلات الاندماج النووي الحراري التي تحدث في مركزها[6،7،8،9]، إذ يمكن اعتبارها كقنبلة هيدروجينية هائلة الضخامة في حالة انفجار مستمر ودائم. بالإضافة إلى ذلك فإن مراقبة كسوفات الشمس (Solar eclipses) والتحليل الطيفي للإشعاعات الضوئية سمحا باكتشاف أن الشمس تتألف من 87% من الهيدروجين و12% من الهيليوم، والباقي يتكون من عناصر ثقيلة متنوعة أغزرها الكربون، الآزوت، الأوكسجين، النيون،...الخ[1،10،11].

إن صدور الطاقة عن الشمس يعني احتراق وتحول الكتلة إلى طاقة وفق علاقة انشتاين[6،7]:

$$E = mC^2 \quad (1)$$

إذ أن C: سرعة الضوء وتقدر بـ m/s، m: كتلة المادة المتحولة إلى طاقة وتقدر بالـ kg، E: الطاقة الناتجة وتقدر بالجول، ويمكن التعبير عن هذه الطاقة بالإلكترون فولط (eV) أو بالميغا إلكترون فولط (MeV).

تشع الشمس طاقتها في كل الفضاء على شكل أشعة ضوئية (فوق بنفسجية Ultra-Violet، مرئية Visible، تحت الحمراء Infra-Red) وجسيمات مختلفة (الريح الشمسية Solar wind). لكن هذه الجسيمات لا تصل إلى الأرض وذلك لأن الغلاف الجوي العالي (High atmosphere) والحقل المغناطيسي المحيطان بالأرض يمنعانها من الوصول إليها. وفيزيائياً، فإن الأشعة الصادرة عن الشمس ما هي إلا عبارة عن أمواج كهرطيسية كالأمواج الراديوية (Radio waves) أو الأشعة السينية (X-Rays): ولا تختلف عن بعضها بعضاً إلا بأطوالها الموجية[12،13].

تُشع الشمس طاقتها وكأنها مشعاع (Radiator) ذات درجة حرارة تقدر بـ $6000K^{\circ}$، وهذه القيمة تُستنتج من قانون Planck وWein[1،14]. والأشعة الصادرة عن سطح الشمس تماثل الأشعة التي يصدرها جسم أسود في درجة حرارة $6000K^{\circ}$[1،11]. ولقد وجد العالمان Planck وWein قانوناً يُنظم علاقة الطول الموجي بحرارة المنبع، وينص على أن الطول الموجي λ_m المرافق للشدة العظمى للإشعاعات الصادرة عن المنبع يتناسب عكساً مع درجة الحرارة T[1،14]:

$$\lambda_m.T = 2880\mu m.^{\circ}K \quad (2)$$

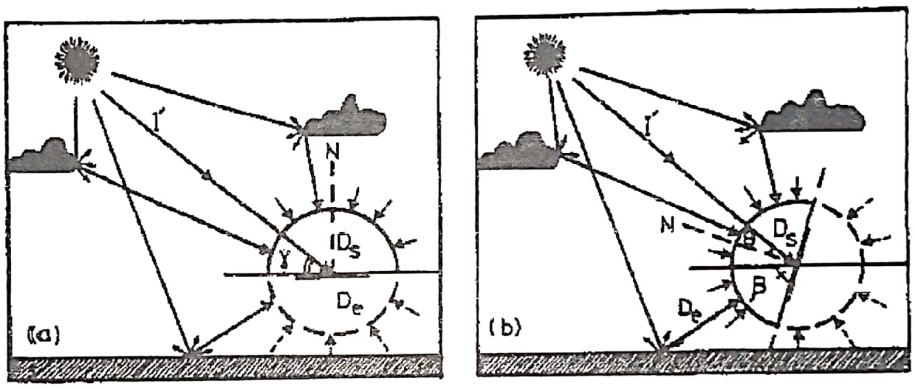
إذ تقدر λ_m بالـ μm وT بالكالفن.

قبل أن تصل الأشعة الشمسية إلى الأرض فإنها تجتاز الغلاف الجوي الذي يتألف من عدة طبقات[15،16،17،18،19،20] إذ أن قسماً من هذه الأشعة يُمتص (من قبل الغلاف الجوي) وقسماً آخر يتشتت بالجزيئات والجسيمات المعلقة في هذا الغلاف، وهذا يولد ما يُدعى الأشعة الشمسية المنتشرة (Diffused solar radiation)؛ وأخيراً فإن القسم المتبقي من الأشعة الشمسية يصل مباشرة إلى سطح الأرض، وهذا ما يدعى بالأشعة الشمسية المباشرة (Diredt solar radiation). يُدعى مجموع هذه

الإشعاعات عند سقوطها على سطح أفقي يقع على سطح الكرة الأرضية بالأشعة الشمسية الإجمالية (Global solar radiation).

2-2: حساب شدة (استطاعة لحظية) الأشعة الشمسية الإجمالية الواردة على سطح أفقي:

بشكل عام، تتألف الأشعة الشمسية الواردة على سطح من مركبة مباشرة (هذه المركبة معدومة عندما تكون السماء مغطاة بشكل كامل بالغيوم)، ومركبتين منتشرتين: إحداهما تأتي من السماء والأخرى من الأرض، الشكل (1) يُشكل مجموعة هذه المركبات محصلة الأشعة الشمسية أو الأشعة الشمسية الإجمالية الواردة على السطح.



الشكل (1): مركبات الأشعة الشمسية الإجمالية الواردة على سطح. N: النظم على السطح، γ: زاوية ارتفاع الشمس، θ: زاوية ورود المركبة المباشرة β , I' : زاوية ميلان السطح على الأفق، D_s: المركبة المنتشرة الآتية من السماء، D_e: المركبة المنتشرة الآتية من الأرض.

إن شدة الأشعة الشمسية الإجمالية G تساوي مجموع الشدات الناتجة عن المركبة المباشرة $I'.\cos\theta$ (حيث θ زاوية ورود الأشعة على السطح)، والمركبة المنتشرة الآتية من السماء D_s، والمركبة المنتشرة الآتية من الأرض D_e، أي أن[1]:

$$G = I'.\cos\theta + D_s + D_e \quad (3)$$

نطبق هذه العلاقة عندما يكون السطح مائلاً على الأفق بزاوية β، الشكل (1b)، أما عندما يكون السطح أفقياً فإن β=0، أي أن D_e=0 و $\cos\theta = \sin\gamma$ إذ تُمثل γ زاوية ارتفاع الشمس، الشكل (1a). وتصبح العلاقة السابقة على الشكل التالي:

$$G = I'.\sin\gamma + D_s \quad (4)$$

وتجدر الإشارة هنا إلى أن المقصود بشدة الأشعة الشمسية (الاستطاعة اللحظية للأشعة الشمسية) هي شدة التدفق الشمسي التي تتلقاها واحدة المساحة من السطح وتُقدر بالواط على المتر المربع (W/m^2).

كما هو ملحوظ في العلاقة (4)، لحساب G يجب أن نحسب كلاً من المركبة المباشرة $I'.\sin\gamma$ والمركبة المنتشرة الآتية من السماء D_s. يوجد عدة صيغ رياضية تسمح بحساب هاتين المركبتين، وهذه

الصيغ تتعلق بمظهر السماء (لونها) وبعوامل تدعى عوامل الاضطراب الجـوي (Atmospheric truble factors)، ولمزيد من التفصيلات يُمكن الاستعانة بالمرجع[1]. من ناحية أخرى، فهناك صيغ رياضية تسمح بالحساب المباشر لـG، نذكر منها صيغة Perrin Brichambaut[1] التي تستخدم في حال السماء صافية ومن أجل سطح أفقي:

$$G = A.(\sin\gamma)^B \quad (W/m^2) \quad (5)$$

γ: زاوية ارتفاع الشمس، A وB مقداران يتعلقان بمظهر السماء وتعطى قيمتاهما وفق الجدول (1).

	$A(W/m^2)$	B
سماء صافية جداً	1150	1.15
سماء متوسطة الصفاوة	1080	1.22
سماء ملوثة (مغبرة)	990	1.25

أما في حالة سماء مغطاة بالغيوم، فإن شدة الأشعة الشمسية الإجمالية G' تُعطى بالعلاقة التالية:

$$G' = k.G(1 + 0.3.\sin\gamma) \quad (6)$$

إذ تُعطى G كما في العلاقة (5)، γ: زاوية ارتفاع الشمس، وk: عامل يتعلق بطبيعة الغطـاء الغيمـي (أي بطبيعة الغيوم): k=0.6 غيوم قليلة الكثافة، k=0.25 غيوم متوسطة الكثافة، وk=0.15 غيوم كثيفة[1].

إن الصيغ المذكورة سابقاً هي الصيغ التي سوف نستخدمها في الحسابات وذلك من أجل سطح مستوٍ أفقي.

3- القسم التجريبي:

3-1: الأدوات المستخدمة في القياس:

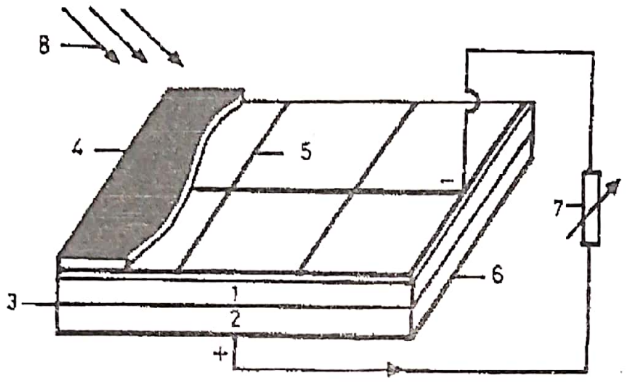
قبل أن نتكلم عن الأدوات المستخدمة في القياس وعن طريقة القياس لابد من إعطاء فكرة مـوجزة ومختصرة عن كيفية تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية، وعن كيفية قياس شدة الأشعة الشمسية.

نعلم أن الأشعة الشمسية (الضوء) تمتلك طبيعة موجية وطبيعة جسيمية، أي أنها تتألف من جسيمات لامتناهية الصغر تُدعى جسيمات الطاقة (أو فوتونات Photons). يحمل كل فوتون طاقة معينـة ويتحـرك بسرعة كبيرة جداً هي سرعة الضوء. تصطدم هذه الفوتونات عند سقوطها على جسم ما ببعض إلكترونـات هذا الجسم معطية لها قسماً من الطاقة. تكفي هذه الطاقة في بعض الأجسام لتفكك الرابطة الإلكترونية فيهـا وانطلاق بعض الإلكترونات بشكل حر وهذا يؤدي لتشكيل فرق في الكمون بين طرفي الجسم، أي نحصـل على الطاقة الكهربائية، ويُدعى هذا المفعول بالمفعول الكهرضوئي (Photo-electric effect).

إن الخلايا الشمسية (Solar cells) أو ما يسمى بالخلايا الكهرضـوئية (Photo-electric cells) هي أدوات تقوم بتحويل الطاقة الشمسية مباشرة إلى طاقة كهربائية. فالسؤال الذي يمكن طرحه هو التالي: ممَّ تتركب الخلايا الشمسية، وما هي طريقة عملها؟

تتألف الخلية الشمسية من طبقتين متماستين نصف ناقلتين[21] من النوعين n و p، موضوعتين بين قضبان معدنية غالبا ما تكون من معدن الفضة جيد النقل الكهربائي، الشكل (2).

تصنع الطبقتان n و p عادةً من السيليسيوم (Silicon) مع إضافة نسبة ضئيلة جداً (شائبة) من أحد عناصر الفئة الخامسة من الجدول الدوري كالفوسفور أو من أحد عناصر الفئة الثالثة كالبور أو الألمنيوم إلى شبكات أنصاف النواقل النقية جداً من الفئة الرابعة (Si) لزيادة ناقليتها للتيار الكهربائي زيادة كبيرة. تُسمى أنصاف النواقل الناتجة بحسب نوع العنصر المضاف أنصاف نواقل من النوع n أو أنصاف نواقل من النوع p.



الشكل (2): شكل تخطيطي لخلية شمسية. 1- الطبقة n، 2- الطبقة p، 3- سطح التماس بين n و p، 4- الوجه العلوي للخلية (طبقة تمنع انعكاس الأشعة)، 5- شبكة ناقلة، 6- الوجه السفلي للخلية، 7- مقاومة متغيرة، 8- الأشعة الشمسية الساقطة.

عند وصل قطعتين من مادتين نصف ناقلتين من نوعين مختلفين n و p يبدأ عدد من الإلكترونات بالانتقال (الانتشار) من n إلى p وعدد من الثقوب بالانتقال من p إلى n أي يتشكل تيار كهربائي يُدعى "تيار الانتشار"، وعلى عكس ما نتوقع يتوقف استمرار تدفق هذا التيار ويُفسر ذلك كما يلي: يؤدي انتقال الإلكترونات والثقوب المجاورة لسطح التماس بين n و p إلى شحن n بجوار هذا السطح بشحنة موجبة و p بشحنة سالبة وهذا يؤدي إلى توليد فرق في الكمون بين n و p. يؤدي فرق الكمون هذا إلى تشكيل تيار معاكس للسابق ينتقل بنتيجته عدد من الإلكترونات الناتجة عن نصف الناقل النقي من p إلى n وعدد من الثقوب من n إلى p، وبتساوي شدة هذين التيارين تتوقف عمليات هذا الانتقال.

عندما تسقط الأشعة الشمسية على السطح العلوي للخلية وتخترقه لتصل إلى سطح التماس بين الطبقتين n و p (لكي تصل الأشعة الشمسية إلى منطقة التماس يجب أن تكون سماكة الطبقة n صغيرة جداً، وعادةً هذه السماكة تتراوح بين 0.1µm و0.3µm، بينما سماكة الخلية ككل حوالي 300µm)، فإن طاقة الفوتونات المشكلة لهذه الأشعة تفكك بعض الروابط الإلكترونية المجاورة لهذا السطح من نصف الناقل النقي وتشكل عدداً من الثنائيات (إلكترونات – ثقوب). تتحرك الإلكترونات المتولدة نتيجة لتأثير الأشعة الشمسية بشكل معاكس للحقل الكهربائي الناتج عن فرق الكمون المتشكل على سطح التماس بين n و p، بينما تتحرك

الثقوب (الشحنات الموجبة) باتجاه الحقل. إذا وصلنا n و p من سطحيهما الخلفيين ببعضهما بوساطة سلك معدني تنتقل الإلكترونات عبر السلك من n إلى p ونحصل بذلك على تيار كهربائي في السلك، وهذا هو مبدأ تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية.

إن قياس فرق الكمون V بين طرفي المقاومة R (أو شدة التيار I المار في الدارة)، الشكل (2)، يسمح لنا بحساب الاستطاعة G (أي الاستطاعة في واحدة الزمن) وفق مفعول جول كما يلي:

$$G(W) = \frac{dw(joule)}{dt(\sec)} = \frac{R.I^2.dt}{dt} = \frac{V.I.dt}{dt} = \frac{V^2}{R} \quad (7)$$

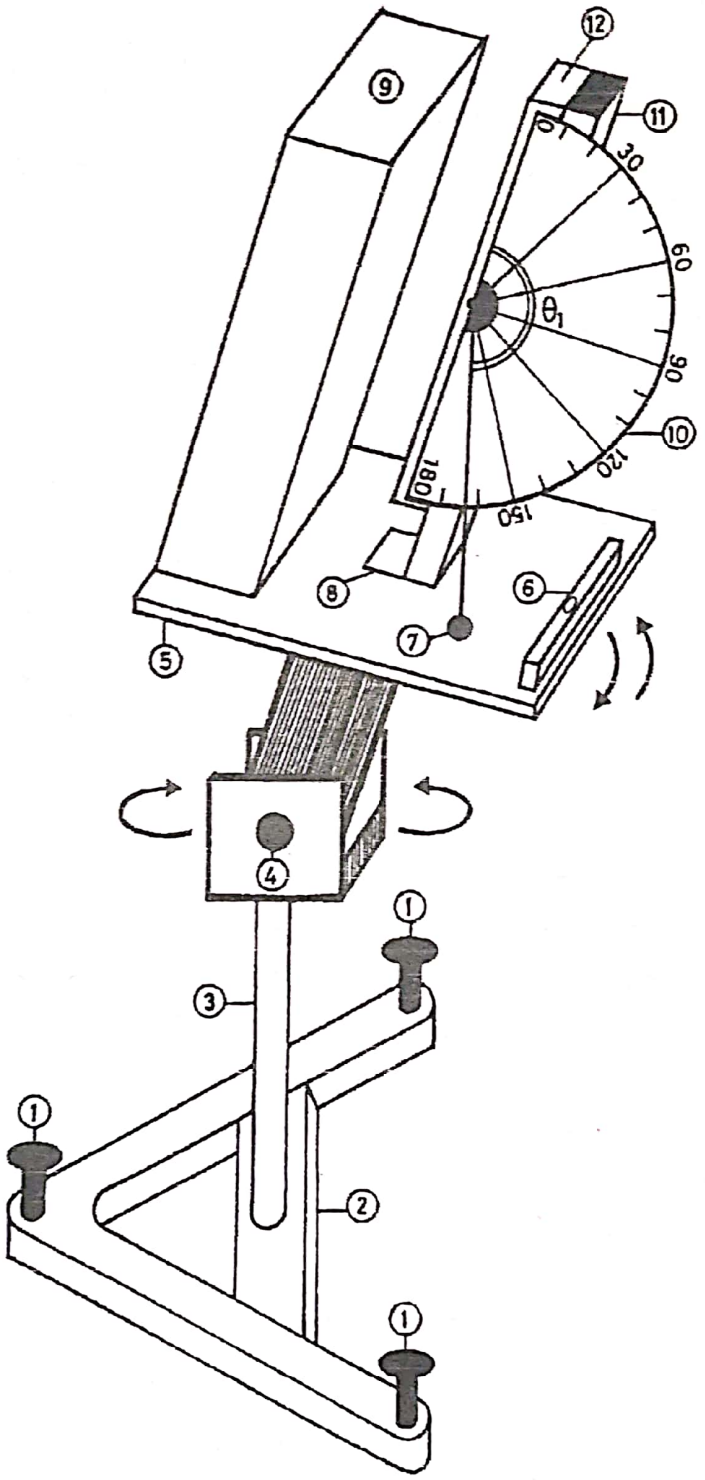
dw: الطاقة المتحولة إلى حرارة خلال الفترة الزمنية dt وتقدر بالجول بينما فرق الكمون يُقدر بالفولط والمقاومة بالأوم.

إن الخلية الشمسية المستخدمة في هذا العمل عبارة عن خلية مستطيلة الشكل أبعادها (12cmx 10.5cm) ومردودها η=10% ويعرف المردود بأنه النسبة بين الطاقة الشمسية المحولة إلى طاقة كهربائية من قبل الخلية والطاقة الكلية للأشعة الشمسية الساقطة على هذه الخلية. استناداً إلى ذلك، فإن الاستطاعة أو (شدة الأشعة الشمسية) في واحدة السطح تُعطى بالعلاقة التالية:

$$g = \frac{v^2}{r}.\frac{1}{\eta.S}\left(W/m^2\right) \quad (8)$$

s: سطح الخلية.

لقد تم استخدام جهاز يسمح بقياس زاوية ارتفاع الشمس، الشكل (3)، وتم وصف هذا الجهاز سابقا[22]، وسوف نعطي فكرة موجزة عن هذا الجهاز عندما نتكلم عن طريقة القياس.



الشكل (3): الجهاز المستخدم في القياسات

3-2: طريقة القياس:

توصل الخلية الشمسية بمقاومة متغيرة R ومن ثم تثبت الدارة الناتجة على الحامل (9) من الجهاز الموضح في الشكل (3) بحيث تكون الخلية موازية للقاعدة (5). إن هذا الجهاز قابل للدوران حول المحور (3) وقابل للحركة حول المفصل (4)، وبهذا الشكل يمكننا تحريك الجهاز في مستو أفقي [بتدوير الجهاز حول المحور (3)] وفي مستو شاقولي [بتحريك الجهاز حول المفصل (4)]. إن عملية ضبط أفقية وشاقولية الجهاز تتم عن طريق ضبط أفقية القاعدة (5) وشاقولية المنقلة وذلك بوساطة الزئبقية، الثقل المعلق بالخيط، واللوالب الثلاثة (1) المثبتة على القاعدة (2). إن هذا الجهاز يسمح لنا بقياس زاوية ارتفاع الشمس وشدة الأشعة الشمسية بآن واحد، وذلك بالطريقة التالية:

نوجه الأنبوب (12) باتجاه الشمس، أي أن صفر المنقلة يتجه نحو الشمس ثم نضبط أفقية اللوحة (3) وشاقولية المنقلة. نحرك الجهاز حول المفصل (4) حتى يتشكل لدينا أفضل خيال للفتحة السفلية للأنبوب (12) على اللوحة (5) (الخيال هنا عبارة عن بقعة ضوئية مستطيلة الشكل). نقرأ الآن الزاوية θ_1 التي يشير إليها الخيط (باعتبار صفر المنقلة باتجاه الشمس)، ونطرح من هذه القيمة 90° [وذلك لأن الخيط يُشير إلى زاوية $\theta_1 = 90^\circ$ عند الوضع الأفقي للأنبوب (12)، أي عند بداية القياس، أي لحظة شروق الشمس] فنحصل على زاوية ارتفاع الشمس γ[22].

$$\gamma = \theta_1 - 90^\circ \quad (9)$$

وبقياس فرق الكمون بين طرفي المقاومة المعلومة R، الموافق للوضع السابق (أي الموافق لـ γ المقاسة) يمكننا حساب شدة الأشعة الشمسية الساقطة على الخلية وذلك باستخدام العلاقة (8). في هذه الحالة فإن الأشعة الشمسية الواردة على السطح المستوي للخلية تكون ناظمية (عمودية) على هذا السطح، ويساهم في هذه الشدة جزء من الأشعة الشمسية المنعكسة عن سطح الأرض، استعن بالفقرة (2-2). أما إذا كانت الزاوية $\theta_1 = 180^\circ$، أي أن سطح الخلية أفقي، فإن الأشعة الشمسية الساقطة تكون غير ناظمية على سطح الخلية، وشدة الأشعة الشمسية المقاسة في هذه الحالة تدعى بشدة الأشعة الشمسية الساقطة على سطح أفقي. بمقارنة شدة الأشعة الشمسية في الحالتين المذكورتين سابقاً، أي حالة سطح عمودي على الأشعة الشمسية، وحالة سطح أفقي (غير عمودي على الأشعة)، نلاحظ أن الشدتين متقاربتان من بعضهما والفارق بينهما لا يتجاوز الـ3% في حالتنا هذه، بعبارة أخرى فإن مساهمة الأشعة الشمسية الآتية من سطح الأرض في شدة الأشعة الشمسية الإجمالية ضعيفة جداً وتكاد تكون مهملة بشكل عام[1،10،11]. وتجدر الإشارة إلى أن هذه المساهمة تتعلق بطبيعة الأرض (صحراوية، رملية، خضراء، اسمنتية، مغطاة بالثلوج...الخ) وبعامل الاضطراب الجوي الذي يتعلق بكمية الغبار، بكمية بخار الماء، وبكمية الغيوم المتواجدة في الغلاف الجوي[1،10،11]، ولا يمكن أن تهمل إذا كانت الأرض مغطاة بالثلوج وإذا كان عامل الاضطراب الجوي كبيراً.

3-3: النتائج التجريبية ومناقشتها:

إن النتائج التجريبية التي نعرضها هنا تخص شدة الأشعة الشمسية الإجمالية الواردة على سطح مستو أفقي (الأشعة الشمسية الواردة ليست عمودية على سطح المستقبل) في مدينة اللاذقية الواقعة على مستوى سطح البحر.

قمنا بقياس شدة الأشعة الشمسية الإجمالية على مدار عامين كاملين، من بداية 1994 وحتى نهاية 1995، وهذه القياسات أُجريت عند الظهيرة أي عند الساعة 12 ظهراً بحسب التوقيت المحلي الشتوي وعند الساعة 13 ظهراً حسب التوقيت المحلي الصيفي. حسبت القيم الوسطى للشدة $\overline{G}$ ولزاوية ارتفاع الشمس $\overline{\gamma}$ من أجل كل شهر من أشهر السنة وعلى مدار العامين المذكورين سابقاً وفق العلاقتين التاليتين:

$$\overline{G} = \frac{\sum_{i=1}^{n} G_i}{n} \quad , \quad \overline{\gamma} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \gamma_i}{n}$$

n: عدد القياسات التي تم أخذها في شهر محدد على مدار العامين وG_i الشدة الموافقة للقياس. تُعطى النتائج التي حصلنا عليها في الجدول (2) كما تعطى في الجدول (3) قيم γ وG من أجل يوم كامل (15 نيسان 1995).

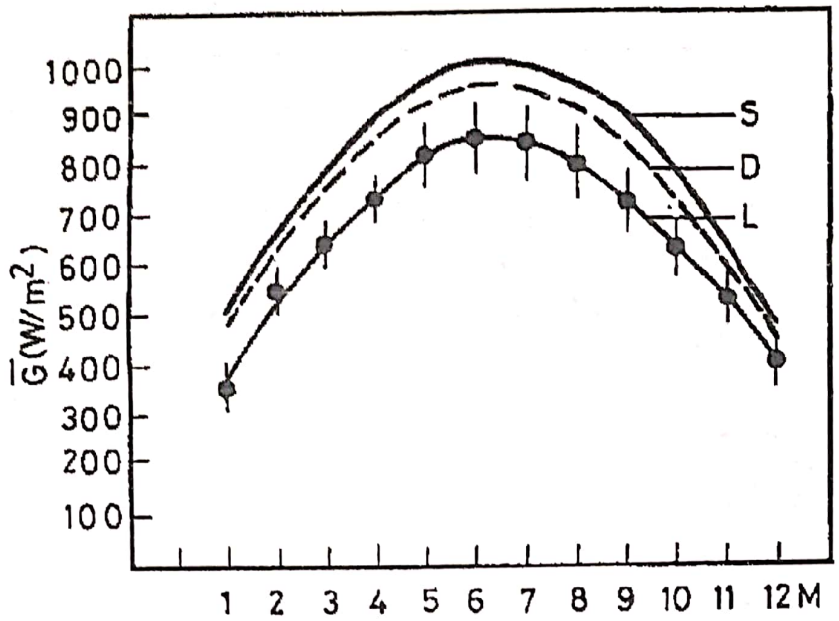
رقم الشهر	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
γ°	33.5	42	52	65	73	78	76.5	68	57	44	35	31
$\overline{G}(W/m^2)$	350	550	640	730	820	850	840	800	725	630	530	400

الجدول (2): قيم $\overline{\gamma}$ و $\overline{G}$ من أجل عامين 1994 و1995. إن الشهر الأول من السنة، أي كانون الثاني، أعطي الرقم 1... بينما الشهر الثاني عشر، أي كانون الأول، أعطي الرقم 12.

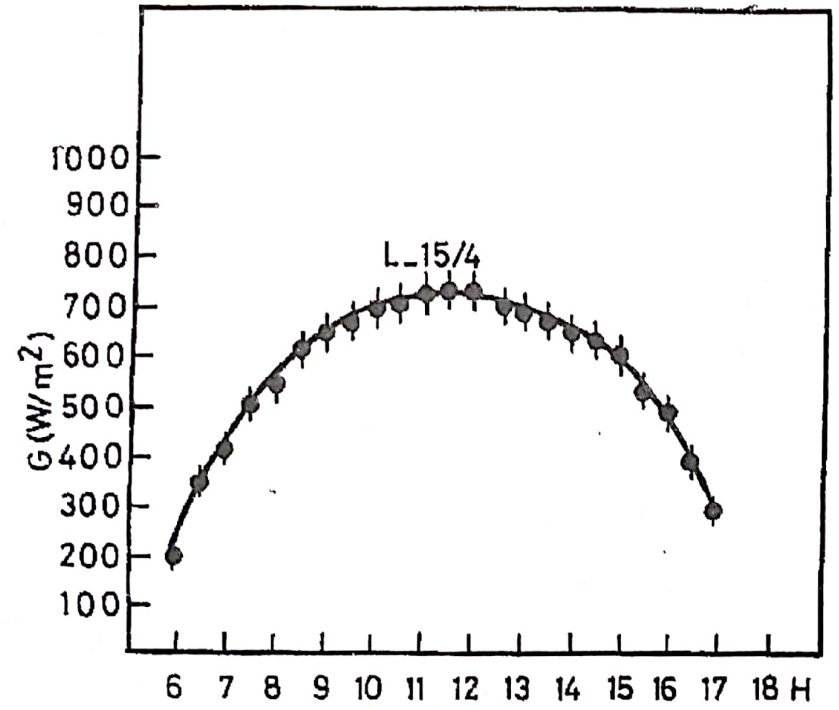
الساعة	γ°	$\overline{G}(W/m^2)$
7	9.5	200
7.5	15.7	350
8	21.7	420
8.5	29.5	510
9	33.7	550
9.5	40	620
10	45.5	650
10.5	50	670
11	55.5	700
11.5	59.5	710
12	63	730
12.5	64	730
13	65	730
13.5	62	700
14	59.5	690
14.5	54.7	670
15	50	650
15.5	44.5	640
16	38	610
16.5	32	500
17	27	500
17.5	18.5	400
18	14	300

الجدول (3): قيم γ و G على مدار يوم كامل (15 نيسان 1995) وفق التوقيت الصيفي المحلي. وفق التوقيت الشتوي فإن الساعة 7 تقابل الساعة 6... والساعة 18 تقابل 17.

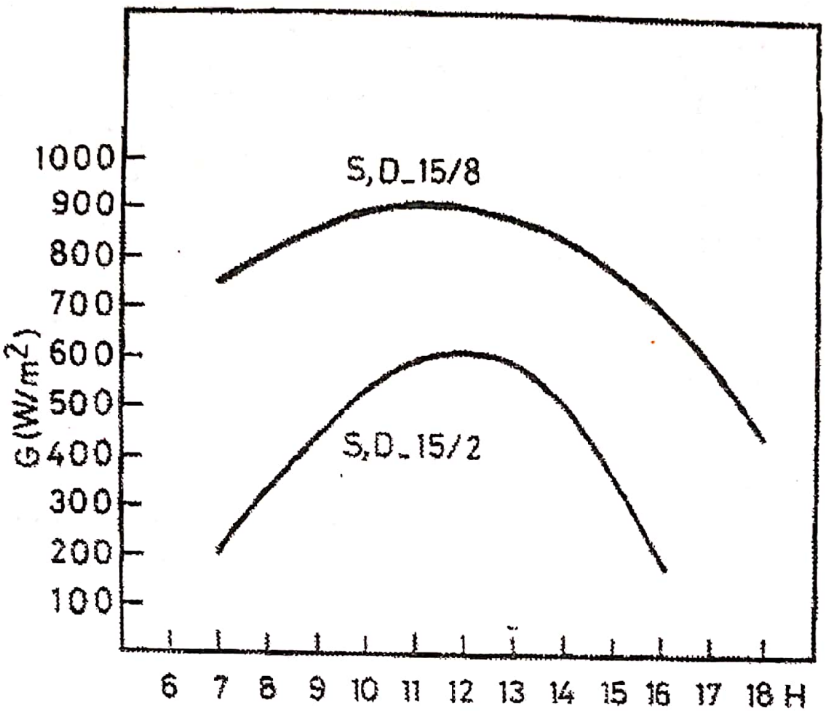
تمثل على الشكل (4) تغيرات $\overline{G}$ بتراتبية أشهر السنة ثم نقارنها بقيم تجريبية من أجل مدينة دمشق (ارتفاعها 600m عن سطح البحر) وصيدنايا (ارتفاعها 1500m عن سطح البحر)[23]، وعلى الشكل (5) تمثل تغيرات G بتباعية ساعات النهار الواحد وذلك من أجل منتصف شهر نيسان (في مدينة اللاذقية)، بينما على الشكل (6) أعطي تغيرات G بتابعية ساعات النهار الواحد من أجل منتصف شهر آب ومنتصف شهر شباط في كل من دمشق وصيدنايا[23].



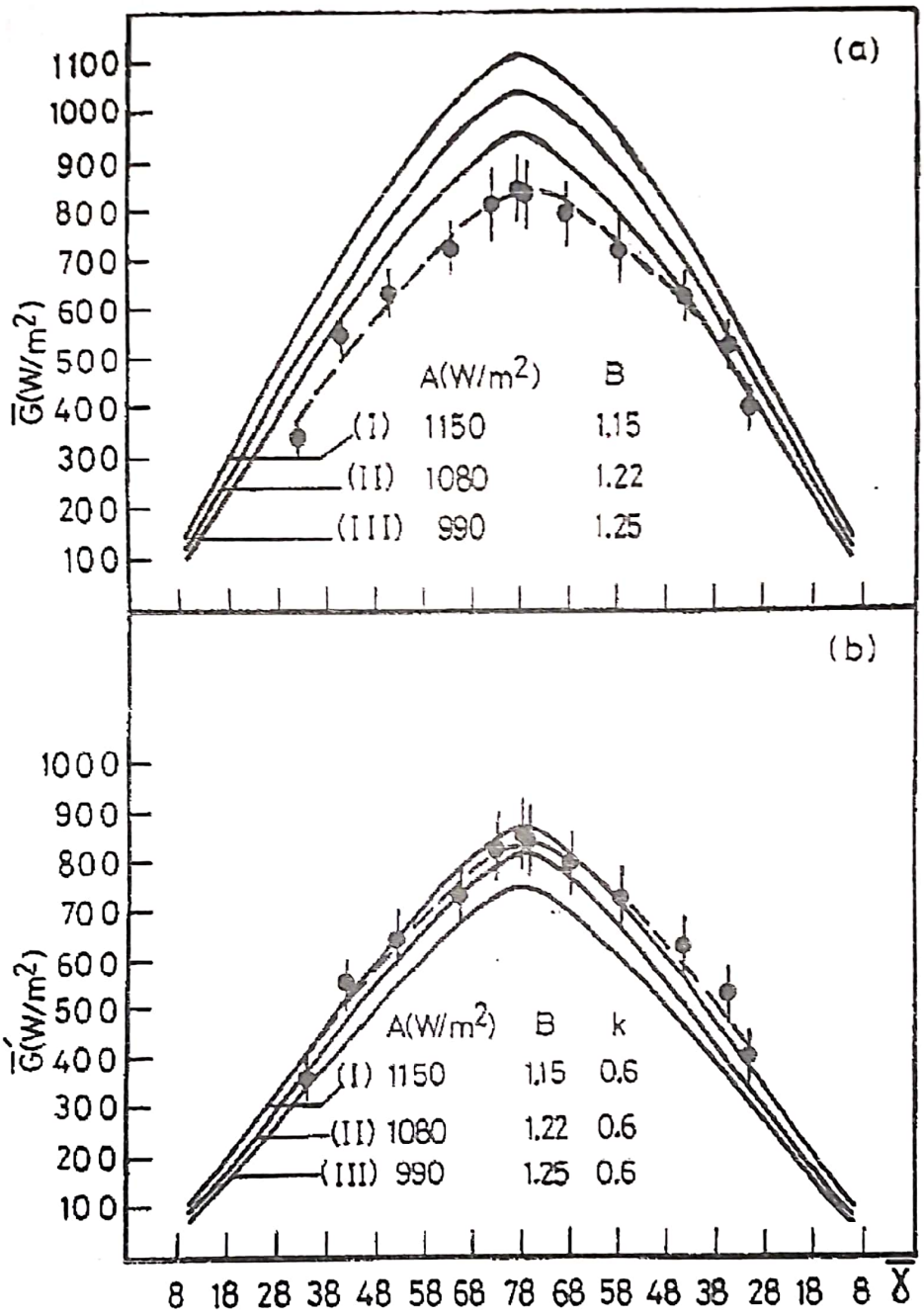
الشكل (4): يمثل شدة الأشعة الشمسية الإجمالية $(\overline{G})$ على مدار أشهر السنة M في اللاذقية (L) من الجدول (2)، دمشق (D) وصيدنايا (S). إن النتائج المتعلقة بدمشق وبصيدنايا أخذت من المرجع [23]. إن الأخطاء المرتكبة في نتائج هذا العمل تتراوح ما بين 5%± و10%±.



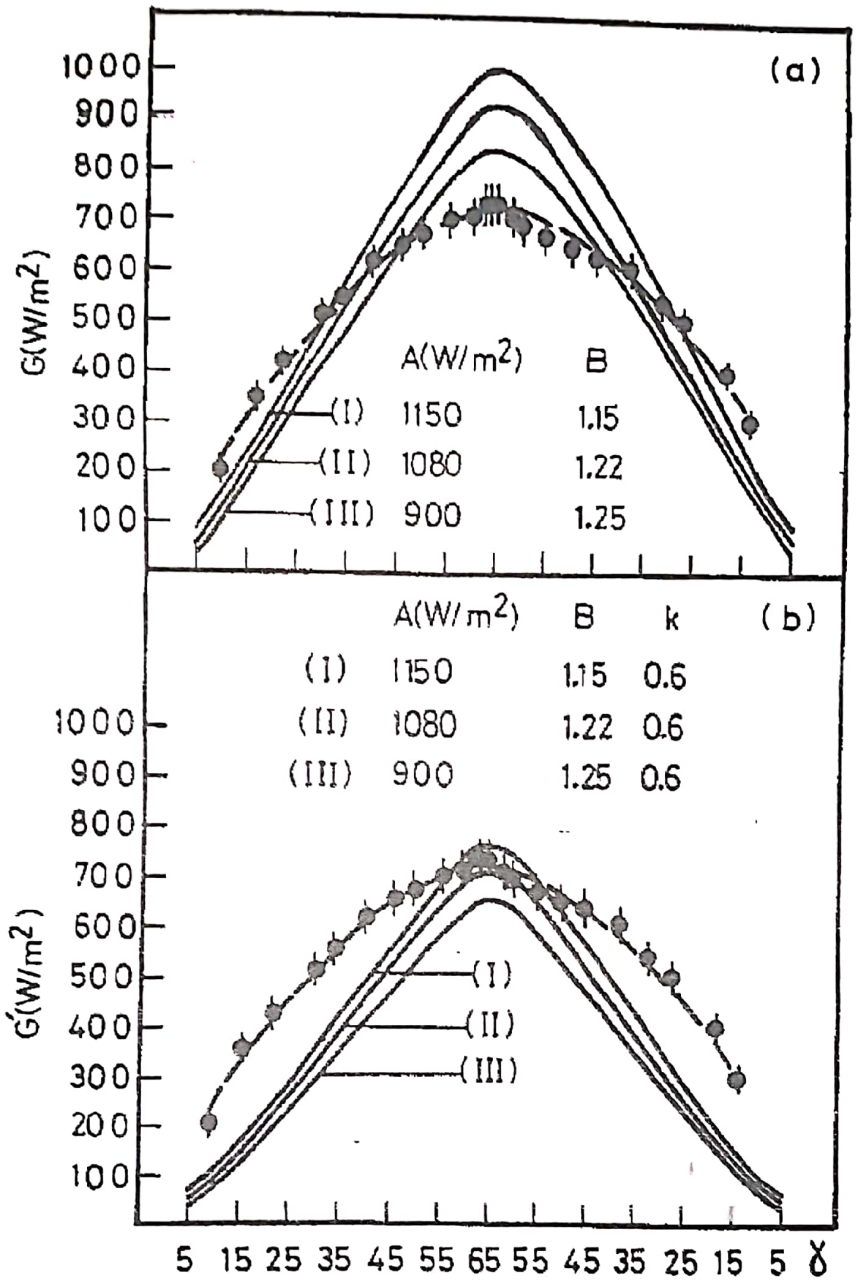
الشكل (5): يمثل شدة الأشعة الشمسية الإجمالية G على مدار ساعات النهار H في اللاذقية (15 نيسان L-15/4). إن الأخطاء المرتكبة في هذه القيم تُقدر بـ5%±.



الشكل (6): يمثل شدة الأشعة الشمسية الإجمالية G على مدار ساعات النهار H في دمشق (15 شباط D-15/2، و15 آب D-15/8) وصيدنايا (15 شباط – S-15/2 و15 آب – S-15/8[23].



الشكل (7): مقارنة بين النتائج التجريبية (الجدول 2) والقيم المحسوبة لشدة الأشعة الشمسية الإجمالية $\bar{G}(\bar{G}')$ بتباعية $\bar{\gamma}$ (القيمة الوسطى لزاوية ارتفاع الشمس من أجل شهر معين) على مدار أشهر السنة وذلك باستخدام العلاقة (5) من أجل سماء صافية (الشكل 7a) والعلاقة (6) من أجل سماء غائمة (الشكل 7b).



الشكل (8): مقارنة بين النتائج التجريبية (الجدول 3) والقيم المحسوبة لشدة الأشعة الشمسية الإجمالية $\overline{G}(\overline{G'})$ بتباعية γ (زاوية ارتفاع الشمس) على مدار ساعات النهار الواحد وذلك باستخدام العلاقة (5) من أجل سماء صافية (الشكل 8a) والعلاقة (6) من أجل سماء غائمة (الشكل 8b).

نلاحظ على الشكل (4) أن الشكل العام لتغيرات الشدة واحد، وأعظم قيمة للشدة نحصل عليها خلال الشهر السادس، أي خلال شهر حزيران. يُبين أيضاً كل من الشكلين (5) و(6) أن الشكل العام لتغيرات الشدة واحدة خلال ساعات النهار الواحد، وأعظم قيمة للشدة نحصل عليها عند الساعة 12 ظهراً.

تمت مقارنة النتائج التجريبية التي حصلنا عليها مع النتائج المتوقعة بصيغ رياضية تسمح بالحساب المباشر لشدة الأشعة الشمسية الإجمالية الواردة على سطح أفقي وذلك في الحالتين التاليتين: حالة سماء صافية وفق العلاقة (5) وحالة سماء غائمة وفق العلاقة (6). إن هذه المقارنة موضحة على الشكلين (7) و(8). بتفحص هذين الشكلين يمكن إبداء الملحوظات التالية:

1- بالنسبة للشدة على مدار السنة: أفضل توافق بين النتائج التجريبية والنتائج المحسوبة تم الحصول عليها باستخدام العلاقة (6) (الشكل7b)، وهذا يوافق حالة سماء صافية نسبياً مع وجود بعض الغيوم وذلك استناداً إلى قيم k,B.A المدونة على هذا الشكل، ويتوافق مع الواقع لأن الطقس في بلدنا معتدل في أغلب الأحيان والسماء تكون صافية نسبياً مع وجود بعض الغيوم، هذا من ناحية، ومن ناحية أخرى، لأنه عند حساب القيم الوسطى للشدة ولزاوية ارتفاع الشمس أخذت جميع القياسات بعين الاعتبار بغض النظر عن حالات السماء الموافقة (سماء صافية، سماء متوسطة الصفاوة، سماء مغبرة، سماء مغطاة بغيوم قليلة، سماء مغطاة بغيوم متوسطة الكثافة، سماء مغطاة بغيوم كثيفة).

2- بالنسبة للشدة على مدار النهار الواحد: أفضل توافق بين النتائج التجريبية والنتائج المحسوبة تم الحصول عليه باستخدام العلاقة (5) المرافقة لحالة سماء صافية ومغبرة قليلا ومن أجل القيم التالية: $A = 990(W/m^2)$، و $B = 1.25$ (الشكل III-8a) (من أجل الزوايا الكبيرة فإن القيم المحسوبة أكبر من القيم التجريبية). وهذا يتوافق مع الواقع، لأنه عند إجراء القياسات في 15 نيسان لو كانت السماء مغطاة بالغيوم لما تمكنا من قياس زاوية ارتفاع الشمس كل نصف ساعة بالطريقة المتبعة في هذا العمل، (الجدول 3).

وتجدر الإشارة هنا إلى أنه من أجل قيمة ما للثنائية (A,B) (الجدول 1) أخذت القيم الثلاث التالية: لـ k: 0.15 و0.25 و0.6، العلاقة (6)، وأفضل توافق بين القيم التجريبية والقيم المحسوبة تم الحصول عليه من أجل k=0.6، ولهذا السبب نعرض هنا فقط المنحنيات المرافقة لهذه القيمة.

لقد حسبنا القيمة الوسطى لشدة الأشعة الشمسية الإجمالية على مدار العام عند الظهيرة، أي القيمة الوسطى لمتوسط القيم على مدار أشهر العام عند الظهيرة، وذلك بجمع قيم الشدة المعطاة في الجدول (2) وتقسيمها على 12 (عدد أشهر السنة)، ثم قارنا القيمة الناتجة مع بعض القيم الأكثر تداولاً في هذا المجال[1،10،11]، الجدول (4).

500-700	القيمة الوسطية اليومية (على مدار ساعات النهار ليوم) في مناطق معتدلة خلال الصيف
400-500	القيمة الوسطية اليومية (على مدار ساعات النهار ليوم) لمختلف مناطق الكرة الأرضية التي تقع على مستوى سطح البحر
1000	خلال الساعات الأكثر حرارة في اليوم بالنسبة للمناطق المعتدلة في فصل الصيف أو في المناطق الاستوائية، وهذه القيمة تمثل الشدة العظمى
655	قيمة وسطية على مدار العام عند الظهيرة في مدينة اللاذقية

الجدول (4): شدة الأشعة الشمسية الإجمالية الواردة على سطح أفقي مقدرة بالـ(W/m^2).

على سبيل المثال إذا أخذنا القيمة $1000(W/m^2)$ الموافقة للشدة العظمى (الجدول 4)، فإن هذه القيمة تكافئ $1000\times10^6(W/m^2)$. وعلى سبيل المقارنة، هذا يعني أنه خلال عدة ساعات من منتصف النهار

إذا كان لدينا سطح مساحته عدة كيلومترات مربعة فإن هذا السطح يتلقى طاقة من مرتبة الطاقة المحررة عند انفجار قنبلة ذرية ذات قوة انفجارية تعادل 20 طن من الـT.N.T (Trinitrotoluene)[7،10] (تحسب الطاقة الانفجارية للقنابل الذرية بالمقارنة مع الطاقة الانفجارية لكتلة من الـT.N.T انفجار كيميائي كلاسيكي). إن هذه الشدة $1000\times10^{6}(W/m^{2})$ المشار إليها سابقا تعادل شدة (استطاعة) محطة نووية كبيرة لتوليد الطاقة الكهربائية تقدر مساحتها $1km^{2}$، وهذا علاوة على المساحة المشغولة بمنجم الأورانيوم وبمعمل معالجة الأورانيوم والمساحة اللازمة لتخزين النفايات النووية الناتجة.

4- الخاتمة:

أعطينا في هذا البحث فكرة واضحة وموجزة عن الشمس وعن مكوناتها، وتكلمنا بشكل مختصر عن مصدر الطاقة الشمسية ألا وهو الاندماج النووي الحراري، ومن ثم وضحنا كيفية وصول الطاقة الشمسية إلى الأرض عن طريق الإشعاعات الشمسية وكيف يؤثر الغلاف الجوي على هذه الإشعاعات قبل أن تصل إلى سطح الكرة الأرضية. تكلمنا عن مركبات الأشعة الشمسية (المباشرة والمنتشرة) إذ أن مجموعها يُمثل الأشعة الشمسية الإجمالية، ثم أعطينا الصيغ الرياضية الأكثر استخداماً في هذا المجال والتي تسمح بحساب شدة الأشعة الشمسية الإجمالية في حالة سماء صافية وحالة سماء غائمة.

سمحت الأجهزة والأدوات المستخدمة في هذا العمل بقياس شدة الأشعة الشمسية الإجمالية. لقد قمنا بقياس شدة الأشعة الشمسية الإجمالية في مدينة اللاذقية على مدار عامين كاملين 1994 و1995 عند الظهيرة، وعلى مدار ساعات النهار الواحد في 15 نيسان 1995. إن مقارنة النتائج التي حصلنا عليها مع بعض النتائج التجريبية الأخرى ومع النتائج المحسوبة بعلاقات رياضية تشير إلى تطابق جيد بين هذه النتائج.

وتجدر الإشارة هنا إلى أن قيم شدة الأشعة الشمسية الإجمالية التي تم الحصول عليها في هذا العمل يجب أن تُعبر بشكل أساسي قيماً دلالية ولا يجب أن تُعتبر قيماً مطلقة. إن هذا النوع من القياسات التي تتعلق بعدد كبيرة من المتحولات والعوامل، بقدرة وبدقة الأجهزة المستخدمة، يجب أن تُتابع وتُطور بشكل مستمر وذلك من أجل الحصول على قيم تستند إلى عدد كبير من القياسات (على مدار عدة سنوات) لأنه كما نعلم أن هذا النوع من القياسات يعتمد على المفهوم الإحصائي، وكلما كان عدد القياسات كبيرا كانت الدقة أكبر.

إن قيمة شدة الأشعة الشمسية الإجمالية التي حصلنا عليها تُعتبر قيمة مرتفعة نسبياً بالمقارنة مع بعض المناطق على سطح الكرة الأرضية. ومن هنا نتبين أهمية الطاقة الشمسية بالنسبة لبلدنا وبالنسبة لدول العالم الثالث بوجه خاص، مما يتطلب من هذه الدول انتهاج سياسة طاقة محددة وواضحة لاستغلال الطاقة الشمسية من قبل سكانها وفي تطوير الأبحاث الهادفة لتحسين طرق ووسائل استغلال هذه الطاقة. والدول العربية مؤهلة للعب دور رائد في هذا المضمار، فالصحارى العربية أغنى مناطق العالم بالطاقة الشمسية، كما أن مساحاتها الهائلة غير المستغلة وقربها من بلدان أوروبا الفقيرة بهذه الطاقة يجعلها مكاناً مثالياً لبناء مجمعات شمسية كبيرة لا للاستهلاك المحلي فحسب بل أيضاً لتصدير الطاقة إلى أوروبا. والدول العربية بإمكاناتها التقنية الجيدة نسبياً وإمكاناتها المادية غير المحدودة في موقع قادر على تنفيذ مثل هذه المشاريع.

REFERENCES المراجع

[1]- Christian Perrin de Brichambaut and Christian Vauge, "Le Gisement Solaire" Technique et Cocumentation (Lavoisier), Paris (1982).

[2]- "Larrousse", Encyclopedique en Couleurs, Vol. 20, France Loisirs. Paris (1979).

[3]- David Halliday et al, "Fundamentals of Physics", Third extended John Wiley and Sons, Inc, New York (1988).

[4]- Harris Benson, "University Physics", John Wiley and Sons, Inc, New York (1991).

[5]- The Book of popular Science, Vol.7, Grolier incorporated, U.S.A., Canada (1976).

[6]- Yves Chelet, "L'enrgie Nucléaire", Edition du Seuil, Paris (1961).

[7]- Luc Valentin, "Physique Subatomique: Nouyaux et Particules", collection enseignement des sciences, Herman, Paris (1975).

[8]- الذرة والتنمية، نشرة علمية إعلامية تصدرها الهيئة العربية للطاقة الذرية،
العدد الحادي عشر، المجلد الثاني، تشرين الثاني (1990).
العدد الثاني عشر، المجلد الثاني، كانون الأول (1990).
العدد الأول، المجلد الثالث، كانون الثاني (1191).

[9]- عالم الذرة، مجلة هيئة الطاقة الذرية في سورية، العدد 36، السنة العاشرة، آذار – نيسان (1995).

[10]- J.R. Vaaillant, "Utilizasion et Promesses de L'énergie Solaire", Edition Eyrolles, Paris (1978).

[11]- Christian Vauge and Marc Bellanger, "L'aube des Energies Solaires", Hachette, Paris (1980).

[12]- P. Flery and J.P. Mathieu, "Phsique Generale et Experimentale", Lumiére, Vol.I and II, Paris (1975).

[13]- J.P. Mathieu, A. Kastler and P. Fleury, "Dictionnaire de Physique", Editions Masson et Eyrolles, Paris (1983).

[14]- Frank L. Pedrotti. S.J. and Leno S. Pedrotti: "Introduction to Optics", Second edition, Prentice – Hall International, Inc, New Jersey (1993).

[15]- François Romade: "Dictionnaire Encyclopédique de L'écologie et des Science de L'environnement", Edisience – international, Paris (1993).

[16]- عالم الذرة، مجلة هيئة الطاقة الذرية في سورية، العدد 10، السنة الخامسة، كانون الثاني (1990).

[17]- "Larousse", Encyclopedique en Couleurs, Vol.2, France Loisirs, Pairs (1979).

[18]- Science et Avenir, n°478 (1986) 24-30.

[19]- Science et Avenir, n°494 (1988) 20-27.

[20]- The book of popular science, Vol.7, Grolier incorporated, U.S.A., Canada (1976).

[21]- Jean Auveray: "Circuits et Composants Electoniques", Hermann, Paris (1979).

[22]- الدكتور جبور جبور: "قياس الارتفاع الزاوي للشمس (زاوية ارتفاع الشمس) فوق مدينة اللاذقيـــة"، قبلت للنشر في مجلة جامعة تشرين لعام 1997.

[23]- الدكتور سهيل فاضل والدكتور الياس الكبة: الطاقة الشمسية وتطبيقاتها"، منشـــورات دار الحداثـــة للطباعة والنشر والتوزيع، الطبعة الثانية، لبنان – بيروت (1982).