الجمـهورية الجزائريــة الديمقراطية الشــعبية

وزارة التــعليم العالي والبــحث العلمـي

جـــامعة الـــــــوادي

كـــلية العــلوم والتكنولوجــيا

رقم الترتيب :

رقم التسلسل :

مذكرة تخرج لنيل شهادة

لـيســـــانس أكـــاديمي

مجال : علوم المادة

فرع : فيزياء

تخصص : فيزياء الشعاع

من إعداد : آمنة هاني وسالمة تجاني

المـــوضـــوع :

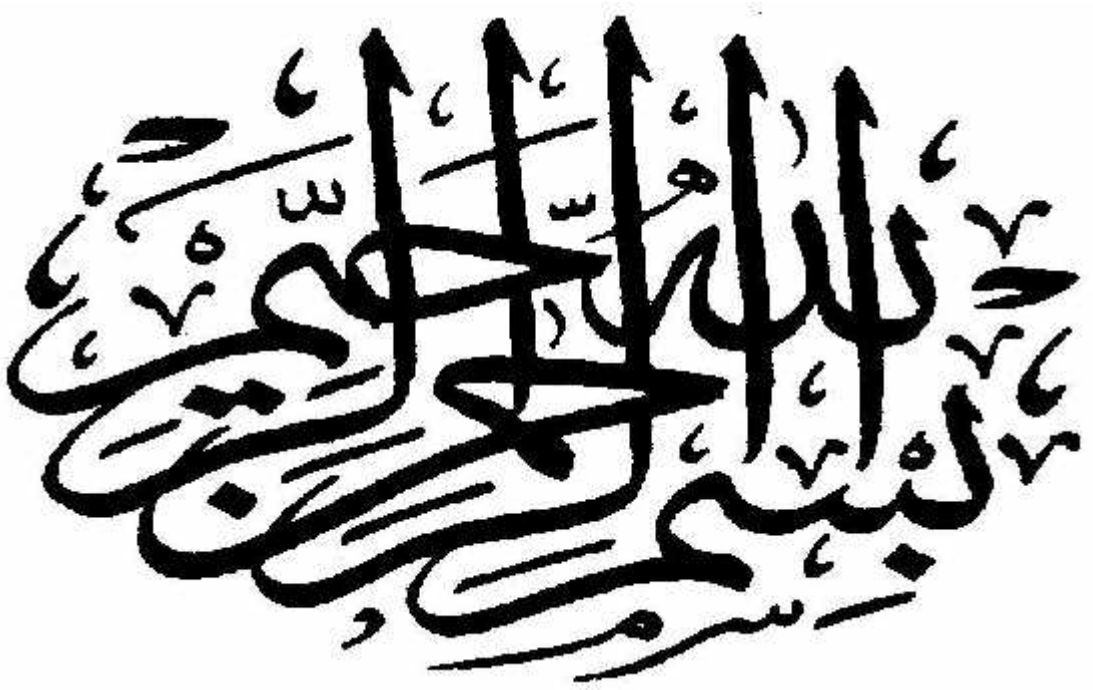
انتاج الهيدروجين باستخدام الطاقة الشمسية

نوقشت يوم : .../..../2014

أمام لجنة المناقشة المكونة من :

بن حميدة سفيان	أستاذ مساعد صف أ	رئيس
قحطار عبد الوهاب	أستاذ مساعد صف ب	مناقش
اللبي عبد القادر	أستاذ مساعد صف أ	مؤطر

الموسم الجامعي 2014/2013



<<سنريهم آياتنا في الآفاق وفي أنفسهم

حتى يتبين لهم أنه الحق . . . >>

فصلت، الآية 53

شكر وعرفان

قال الله تعالى: "لئن شكرتم لأزيدنكم"

الفضل والمنة لك ربنا وفقتنا لإتمام هذا العمل فنحمدك حمدا لا يحصى ونثني على كمال ذاتك وعظيم صفاتك بما يليق بمقام سلطانك فلك الحمد حتى ترضى ولك الحمد إذا رضيت ولك الحمد بعد الرضا .

وإن كان الشكر ترجمان النية ولسان الطوية وحبل الإخلاص وعنوان الاختصاص فإليكم شكرا كأنفاس الأحباب في الأسحار فشكرا إلى كل من مد لنا يد العون وذلل لنا الصعاب التي واجهت سير البحث . إلى الأستاذ "اللبي عبد القادر" نتقدم له بالشكر الجزيل على صبره معنا وعلى تحفيزه لنا لمواصلة دروب العمل صوب تحقيق النجاح أملين أننا كنا عند حسن الظن .

كما نتقدم بالشكر والامتنان إلى كل من:

الأستاذ الفاضل" رحال عاشور"على المعلومات التي أمدنا إياها ولم يبخل علينا بتوجيهاته وإرشاداته ومع عمله الجبار في تحقيق تجربة إنتاج الهيدروجين باستخدام الطاقة الشمسية.

وكما نشكر اللجنة المكونة من الأستاذ "بن حميدة سفيان "رئيسا والأستاذ "قحطار عبد الوهاب"مناقشا على قبولهم مناقشة مذكرتنا .

والطالب" بن سالم حمصي " نتقدم له بالشكر الجزيل على صبره معنا ومساعدته لنا في كل خطوات البحث.

وفي هذا المقام لا يمكن أن ننسى أساتذة كلية العلوم والتكنولوجيا نتقدم لهم بتشكراتنا الخالصة ،ونتقدم بالشكر الدائم إلى كل من ساعدنا من قريب أو من بعيد .

سالمة ـ آمنة

الفهرس

قائمة الجداول
قائمة الأشكال
المقدمة العامة

الفصل الأول: الطاقة الشمسية

مقدمة..... 04
1.I الإشعاع الشمسي..... 04
1.1.I الشمس..... 04
2.1.I الثابت الشمسي..... 05
2.I الجوانب الهندسية للإشعاع الشمسي..... 05
1.1.I زاوية خط العرض..... 05
2.1.I زاوية الانحراف الشمسي..... 06
3.1.I الزاوية الساعية..... 06
4.1.I زاوية السمت الشمسي الرأسية..... 07
5.1.I زاوية الإرتفاع الشمسي..... 07
6.1.I زاوية السمت الشمسي الأفقية..... 07
7.1.I زاوية ميل السطح..... 07
8.1.I زاوية سمت السطح..... 07
9.1.I زاوية السقوط الشمسي..... 08
خلاصة..... 09

الفصل الثاني: توليد الطاقة الكهربائية بإستخدام الطاقة الشمسية

مقدمة..... 11
1.II الخلايا الكهروضوئية..... 11
1.1.II تعريفها..... 11
2.1.II مكوناتها..... 11
3.1.II أنواعها..... 12
1. 3.1.II خلايا السيليسيوم أحادي البلورة..... 12
2 .3.1.II خلايا السيليسيوم متعدد البلورة..... 12
3. 3.1.II خلايا السيليسيوم الأمورفي..... 12
4.3.1.II خلايا زرنيخ الغاليوم..... 13
4.1.II خصائصها الكهربائية..... 13
2.II التحول المباشر للطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية..... 13
خلاصة..... 14

الفصل الثالث: دراسة تجريبية حول إنتاج الهيدروجين بإستخدام الطاقة الشمسية

مقدمة..... 16
1.III عموميات حول الهيدروجين..... 16
2.III طرق إنتاج الهيدروجين..... 16

1.2.III التحليل الكهربائي..... 17
2.2.III التحليل الحراري..... 17
3.2.III الطريقة الكيميائية الحرارية..... 17
4.2.III التركيب الضوئي والتركيب الضوئي للطحالب..... 17
3.III الجانب التجريبي..... 18
1.3.III طريقة العمل..... 18
2.3.III النتائج..... 19
الخاتمة العامة
قائمة المراجع
الملخص

1-قائمة الأشكال

رقم الشكل	عنوان الشكل	الصفحة
1-I	الأجزاء الأساسية للإشعاع الشمسي الساقط على سطح معين	5
2- I	خط العرض φ ،الانحراف الساعيω ،الانحراف الشمسي δ	6
3-I	تغير شدة الإشعاع بين الصيف والشتاء	6
4-I	زاوية السمت الرأسية Z،زاوية الارتفاع ß،زاوية السمت الأفقية ψs	7
5-I	زاوية ميل السطح ßp ، زاوية سمت السطح ψp، زاوية سقوط الإشعاعθk	8
1- II	أنظمة الخلايا الكهروضوئية	11
2- II	مكونات الخلية الكهروضوئية	12
3-II	تغير الجهد والتيار الكهربائيان تبعا للإشعاع الشمسي	13
4-II	مبدأعمل الخلية الكهروضوئية مصنوعة من السليسيوم	14
1-III- أ	المنظومة الشمسية لإنتاج الهيدروجين	18
1-III-ب	المحلل الكهربائي	18
2-III	تغير حجم الهيدروجين بدلالة الزمن	19

2-قائمة الجداول

رقم الجدول	عنوان الجدول	الصفحة
1-III	الخصائص الفيزيائية للهيدروجين	16

المقدمة العامة

المقدمة العامة

تعتبر الطاقة من أهم المواضيع التي إستقطبت أنظار الباحثين، وحظيت بإهتماماتهم منذ الأزل، ذلك لتعدد مجالات إستخدامها، حتى أن نمو الطلب العالمي عليها يزداد نتيجة التقدم الصناعي والنمو السكاني السريع، مع إزدياد المعرفة بالتهديدات التي تواجه بيئة الكرة الأرضية نتيجة إستخدام الطاقة التقليدية، التي يمكن حصرها في الوقود الأحفوري (الغاز، النفط ...) والطاقة النووية، هذا مايخلف جملة من المشاكل ملمة بالفرد والبيئة في آن واحد فإستغلال مصادر الطاقة التقليدية في المصانع والبيوت ووسائل النقل يسبب التلوث الجوي بالغازات السامة التي من نتائجها توسع ثقب الأوزون والأمراض الصدرية ... **[1]**

وأكثرها ضررا غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) المسؤول عن ظاهرة الإحتباس الحراري (الغازات الدفيئة بنسبة 53٪) وبالتالي من الضروري أن نهتم بمعالجة مشكلة إنبعاث الـ CO_2 حتى نكون قادرين على التقليل منها أو حتى تعويضها.

تقسم مصادر الطاقة إلى ثلاث أصناف مختلفة: الطاقات الأحفورية التي تنشأ من إحتراق المحميات الطبيعية، والتي تشكلت من عدة ملايين السنين من الودائع العضوية(النباتات أو الحيوانات الصغيرة)، الطاقة النووية(الذرية) والتي تأتي من الطاقة التي تربط جسيمات أنوية الذرات ببعضها البعض تسحب من واحد من الخامات المشعة: اليورانيوم، والصنف الثالث الطاقات المتجددة المنتجة من المصادرالطبيعية المتجددة.

في هذا السياق، الهيدروجين يلبي هذه الأهداف، وتقديمه كبديل طاقوي ضمن إطار التنمية المستدامة، هذا الغاز يناسب تطبيقات متعددة مثله مثل الوقود تماما.

تتميز الجزائر بموقع جغرافي مناسب لإستخدام الطاقة الشمسية، نقترح في هذا العمل دراسة إنتاج الهيدروجين بإستعمال الطاقة الشمسية**[2].**

في هذه الدراسة نقوم بتقديم نموذج لنظام كهروضوئي لإنتاج الهيدروجين بالتحليل الكهربائي للماء حيث يتم توفير إنتاج الطاقة الكهربائية من قبل ألواح الخلايا الشمسية بإستخدام المعطيات المناخية للمنطقة التي تتم فيها الدراسة وتغذي هذه الطاقة المحلل الصناعي بهدف إنتاج الهيدروجين. ونختم بحساب حجم الهيدروجين الناتج بدلالة الزمن في النظام الفوتوفولطي والذي سجل في يوم 10 - 03- 2014(يوم مشمس) بمدينة الوادي.

إن مختلف الدراسات السابقة ثرية بالجانب النظري المعرفي وأردنا في دراستنا هذه التحقيق التجريبي لإنتاج الهيدروجين الشمسي. إن هذا العمل منظم في شكل يسمح بقراءته على مختلف المستويات ويحوي ثلاث فصول:

الفصل الأول: يتناول التعرف على الطاقة الشمسية وأهميتها وبعض استخداماتها وكما يدرس الإشعاع الشمسي وأجزائه وكذا الجوانب الهندسية لتحديده.

الفصل الثاني: يركز على تحويل الطاقة الشمسية الفوتوفولطية إلى طاقة كهربائية(وصف المبدأ الفوتوفولطي الذي يسمح بتحويل الضوء إلى كهرباء).

الفصل الثالث: يتناول خصائص الهيدروجين وطرق انتاجه، ثم يتم فيه عرض النتائج التجريبية المحصل عليها.

وننهي هذا العمل بخاتمة عامة تجمع بين مختلف الجوانب المدروسة.

الفصل الأول

الطاقة الشمسية

I. الطاقة الشمسية:

مقدمة:

مما لا شك فيه أن الطاقة الشمسية هي المسؤولة عن الحياة على سطح الأرض، وهي بدورها من صنع الله تعالى، فهل يمكن لإنسان أو نبات أو أي كائن حي أن يبقى وينمو ويتكاثر بدون طاقة شمسية؟، **إن الإجابة عن ذلك تكون بالنفي طبعا**. ونتيجة لتأثير الشمس على حياة البشر فإن الاهتمام بها وصل إلى حد أنها شكلت جزءا من معتقدات بعض الأمم حيث اتخذها الإنسان إلها يعبد، وقد بدأ الإنسان في استخدام الطاقة الشمسية منذ القرن الثالث قبل الميلاد وذلك عن طريق المرايا لتركيز أشعة الشمس، ثم تتالت هذه **الاستخدامات** وتطورت تطورا كبيرا بمرور الزمن. وتنتج هذه الطاقة في شكل خلايا ضوئية لتوليد الكهرباء التي يمكن أن تكون إما مخزنة في شكل بطارية أو استخدامها في العديد من التطبيقات مثل تحلية المياه المالحة**[3]**.

طاقة الشمس تعتبر مصدر الطاقات في كوكب الأرض ومنها توزعت وتحولت إلى مصادر الطاقة **الأخرى سواء ما** كان منها مخزون في طاقة الرياح والطاقة المائية في جوف الأرض وغيرها من مصادر **الطاقة كالفحم الحجري**.

الكثير من الجهود التكنولوجية والمالية تبذل حاليا على أبحاث الطاقة الشمسية وعلى تطوير منشآتها، **لأن** الطاقة التقليدية (الأحفورية) مهددة بالنضوب، وكذلك بما خلفته من آثار كارثية على البيئة من تلوث **وارتفاع** في درجة حرارة الأرض، والتي سببت تغير المناخ العالمي.

وهذا المصدر من الطاقة هو أمل الدول النامية في التطور حيث أصبح توفر الطاقة الكهربائية من أهم العوامل الرئيسية لإيجاد البنى الأساسية فيها، ولا يتطلب إنتاج الكهرباء **انطلاقا** من الطاقة الشمسية مركزية في التوليد بل تنتج الطاقة وتستخدم بالمنطقة نفسها، وهذا ما يوفر الكثير من التكلفة في النقل والمواصلات.

وتعتمد هذه الطريقة على تحويل الطاقة الشمسية إلى كهرباء أو ما يسمى بـPhotovoltaic وهو ما سنتطرق له في الفصل القادم.

بالرغم من أن الطاقة الشمسية أخذت مكانا مهما ضمن مختلف الطاقات المتجددة إلا أن مدى **الاستفادة** منها

يتعلق بوجود أشعة الشمس طيلة وقت استخدامها وبالتالي وجب تطوير تقنية تخزين هذه الطاقة **للاستفادة** منها **وقت الحاجة**[4].

1. I الإشعاع الشمسي:

1. 1. I الشمس:

نجم كروي الشكل، مادته من البلازما وهي مادة متأينة كليا، له ضغط يتناقص من المركز إلى السطح الخارجي، **والشمس أكبر من كواكب المجموعة الشمسية** مجتمعة ويبلغ وزنها حوالي $1.896\ 10^{30}$Kg ، ويبلغ **قطر الشمس حوالي** 1.4 مليون كيلومتر مقارنة بقطر الأرض الذي يصل إلى **حوالي** 12800 كيلومتر، أما المسافة بين الأرض و**الشمس فتبلغ حوالي** 150 مليون كيلومتر**[5]**.

نشأت الشمس من سحابة غازية من الهيدروجين، **المرحلة الأولى من تطور الشمس كانت القلص** التجاذبي لجزيئات الهيدروجين سبّب تصادمات عنيفة بين جزيئات الهيدروجين مما نتج عنها حرارة هائلة أدت إلى صهر

نوى ذرات الهيدروجين، ونتج عن ذلك تولد الطاقة وتشكل الهيليوم من اتحاد نوى ذرات الهيدروجين.

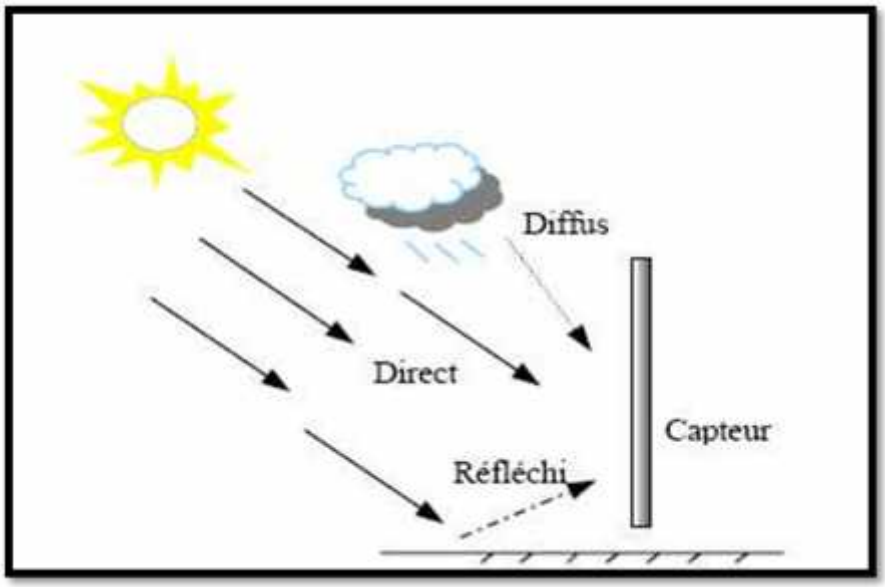
الطاقة المتولدة عن الشمس معظمها إشعاع كهرومغناطيسي عالي التردد، يصدر هذا الإشعاع **ابتداء من** الموجات الراديوية ذات طول الموجة الطويلة إلى أشعة ذات الموجة القصيرة جدا و أشعة غاما، كما يتكون **من الأشعة فوق البنفسجية** التي يتم حجب كمية كبيرة منها بوساطة الغلاف الجوي والأشعة المرئية والأشعة **تحت** الحمراء(الأشعة الحرارية). وجميع هذه الإشعاعات تنتقل عبر الفضاء بمعدل ثابت**[4]**.

I .2 .1 الثابت الشمسي:

تبلغ قيمة معدل الإشعاع الشمسي الساقط على المحيط الخارجي للأرض ($1357w/m^2$) وهو ما يعرف بالثابت الشمسي (**الاستنارة** الإشعاعية للأرض الفوق جوية) **الذي** يعبر عن **معدل الطاقة** الشمسية **لوحدة المساحة الساقطة على سطح موضوع بشكل عمودي على مسار الأشعة** الشمسية **خارج الغلاف الجوي للأرض [6]**.

تتكون حزمة الإشعاع الساقطة على سطح معين **من ثلاثة أجزاء** كما هو موضح في الشكل (I-1) هي:

- **حزمة الإشعاع المباشر**(Direct Beam Radiation).
- **حزمة الإشعاع المبعثر**(Diffuse Radiation).
- **حزمة الإشعاع المعكوس**(Albedo Radiation).



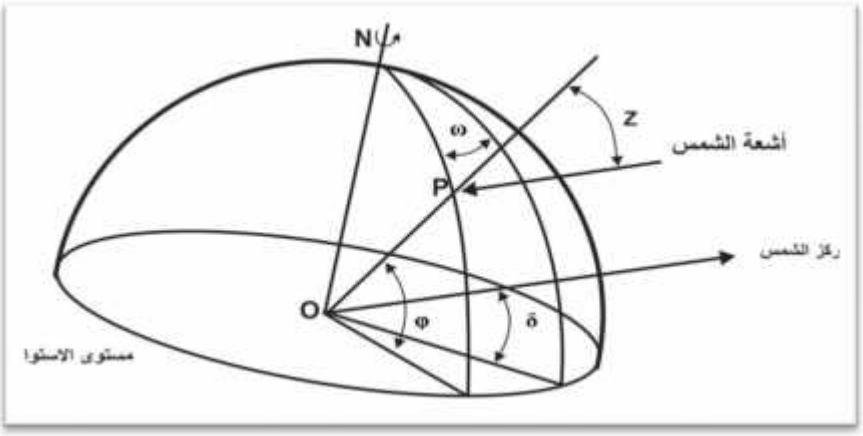
الشكل(I-1) الأجزاء الأساسية للإشعاع الشمسي الساقط على سطح معين **[2]**.

I .2 الجوانب الهندسية للإشعاع الشمسي:

بما أن شدة الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض تابع لموقع سطح الأرض وللسماء فإنه من الضروري تحديد بعض الزوايا الهندسية الموضحة لعلاقة الشمس بالأرض والسماء.

I .2 .1 زاوية خط العرض(φ):

تمثل الموقع الزاوي للقطة (للسطح) المدروسة بالنسبة إلى مستوي خط الاستواء، ويفرض خط العرض موجبا**شمال خط الاستواء** وسالبا جنوبه.



الشكل(I -2) خط العرض φ ،الانحراف الساعي ω ،الانحراف الشمسي δ **[4].**

I .2 .2 زاوية **الانحراف الشمسي** (δ):

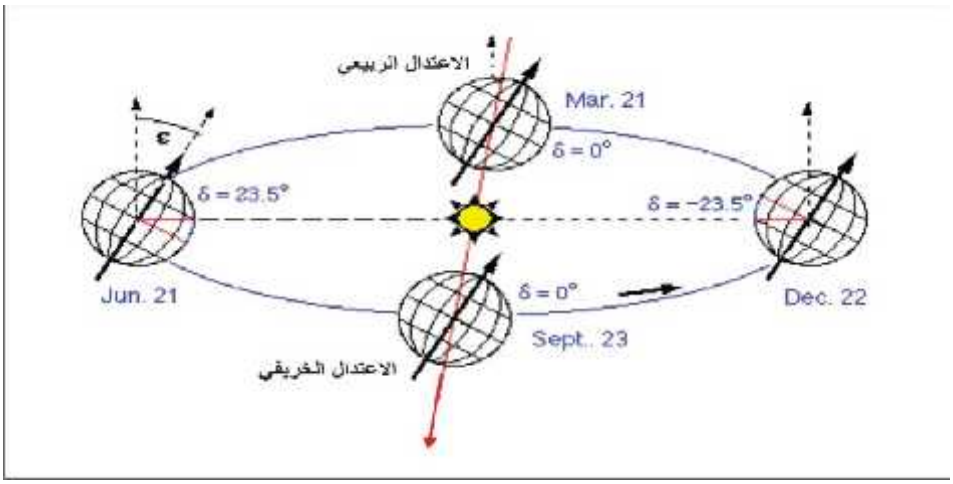
تعرف بأنها المسافة الزاوية لأشعة الشمس بالنسبة لمستوي خط **الاستواء** عند منتصف النهار، **تفرض موجبة شمالا وسالبة جنوبا.**

إن قيم زاوية **الانحراف** تتغير بين (+23.5°) **في الاقلاب** الصيفي و(-23.5°) **في الاقلاب الشتوي** نتيجة للطبيعة الإهليليجية لمسار الأرض حول الشمس.

تحسب قيمة δ (بالدرجات) لأي يوم بالسنة من العلاقة التجريبية التالية:

$$\delta = 23{,}45° \sin[0{,}980°(j + 284)] \qquad \textbf{[1-I]}$$

حيث j هو عدد أيام السنة.



الشكل(I– 3) تغير شدة الإشعاع بين الصيف والشتاء **[2].**

I .2 .3 **الزاوية الساعية**(ω):

الزاوية الساعية لنقطة ما على سطح الأرض هي الزاوية الواجب أن تدورها الأرض لتضع خط طول هذه النقطة تحت الشمس مباشرة. وتنتج هذه الزاوية من دوران الأرض حول محورها بـ 15° **كل ساعة** وتكون عند الظهيرة معدومة وتفرض موجبة بعد الظهر وسالبة في ساعات الصباح، **وتحسب كالآتي:**

$$\omega = 15°(TS - 12) \qquad \textbf{[2-I]}$$

حيث TS هو التوقيت الشمسي(h).

I .2 .4 زاوية السمت الشمسي الرأسية(Z):

هي الزاوية بين أشعة الشمس والشاقول، وهي متممة لزاوية **الارتفاع الشمسي**(ß).

I .2 .5 زاوية **الارتفاع الشمسي**(ß):

وهي الزاوية المحصورة بين الإشعاع الشمسي الساقط على السطح والمستوي الأفقي للسطح، تحدد هذه الزاوية موقع الشمس بالنسبة لمنطقة الدراسة M. حيث ß=0° **عند الشروق والغروب**.

عند الزول تكون

$$\beta = \beta max = 90° - \varphi + \delta \qquad \textbf{[3-I]}$$

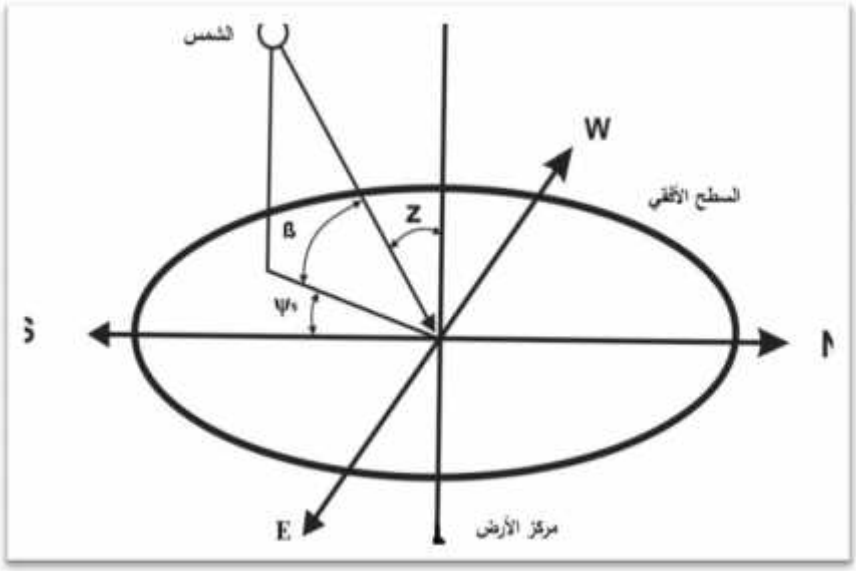
وتحسب زاوية **الارتفاع** الشمسي من العلاقة التالية:

$$\sin(\beta) = \sin(\varphi)\sin(\delta) + \cos(\varphi)\cos(\delta)\cos(\omega) \qquad \textbf{[4-I]}$$

I .2 .6 زاوية السمت الشمسي الأفقية(ψ_s):

هي الزاوية المقاسة في المستوي الأفقي بين الجنوب ومسقط أشعة الشمس، **والاتجاه نحو الغرب** يعد موجبا، هذه الزاوية تحسب وفق العلاقة:

$$\cos \psi_s = \frac{\sin\beta \sin\varphi - \sin\delta}{\cos\beta - \cos\varphi} \qquad \textbf{[5-I]}$$



الشكل (I-4) زاوية السمت الرأسية Z، زاوية **الارتفاع** ß، زاوية السمت الأفقية ψ_s **[4]**.

I .2 .7 زاوية ميل السطح($ß_p$):

هي الزاوية بين السطح والمستوي الأفقي.

I .2 .8 زاوية سمت السطح(ψ_p):

هي الزاوية المقاسة في المستوي الأفقي بين مسقط المستقيم المتعامد مع السطح والجنوب **والاتجاه نحو الغرب** يعدّ موجبا **وسالبا نحو الشرق**.

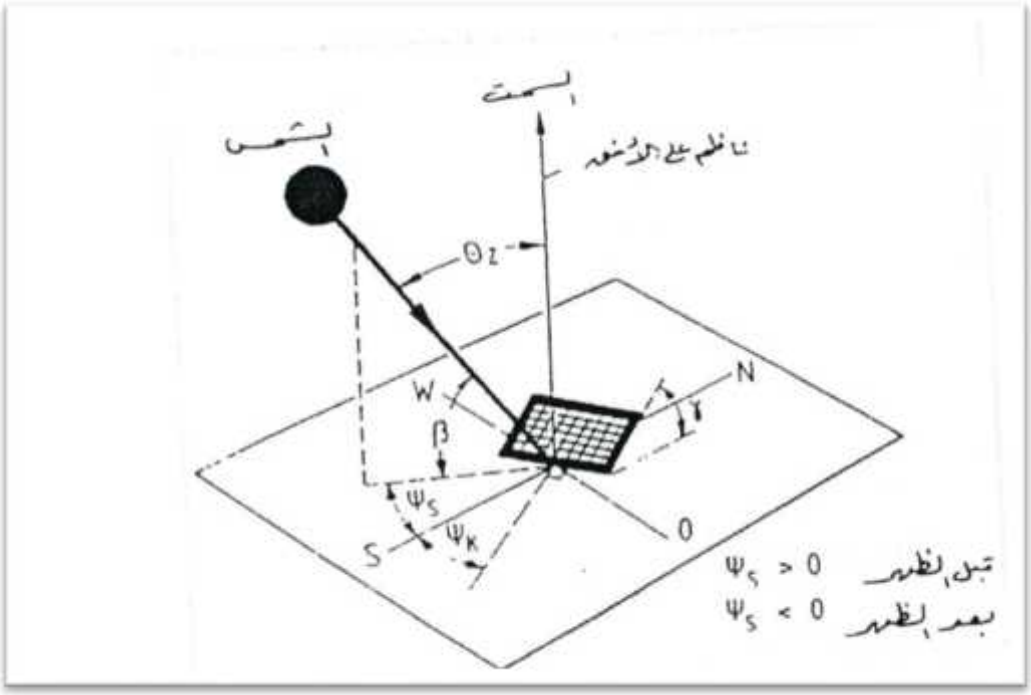
I .2 .9 زاوية السقوط الشمسي(θ_k):

هي الزاوية بين أشعة الشمس والمستوي العمودي على السطح. للسطح الأفقي يكون($Z=\theta_k$). **والمعادلة** التالية تبين العلاقة بين هذه الزاوية والزوايا السابقة لأي سطح **معطى[4]**:

$$cos\theta k = sin\beta\ cos\gamma + cos\beta\ sin\gamma \cos(\psi s - \psi k) \qquad \textbf{[6-I]}$$

- ولكي يكون استقبال الأشعة الشمسية أعظميا من الضروري جعل ناظم سطح الخلية الشمسية $\vec{n}$ **منطبقا** على الشعاع الشمسي والزاوية المحصورة بينهما نسميها زاوية الورود i **،وبعد إجراء الجداء السلمي** للشعاعين نجد:

لكي تكون $i = 0$ يجب $ß = ßp$ و$\psi = \psi p$. وبالتالي تدور الخلية الشمسية مع دوران الشمس وبالتالي تستهلك طاقة في التدوير، فأحسن وضعية هي توجيه الخلية إلى الجنوب ($\psi p=0$)وتميل عن المستوي الأفقي للأرض بزاوية $ßp = 90° - \varphi + \delta$ وتبقى الخلية ثابتة **الاتجاه** على مدى اليوم ونغير $ßp$ حسب قيم δ، **أما** φ فهي ثابتة بالنسبة للمنطقة M**[5]**.



الشكل(I-5) زاوية ميل السطح ßp ، زاوية سمت السطح ψp، زاوية سقوط الإشعاع θk **[4].**

بعد التطرق للزوايا الشمسية وعباراتها يمكننا كتابة العلاقة التي يمكن منها تحديد الإشعاع الشمسي **الإجمالي الساقط على سطح أفقي** وهي كالتالي**[7]**:

$$G_L = I.\cos(Z) + D \qquad \textbf{[7-I]}$$

حيث :

I يمثل الإشعاع الشمسي المباشر.

D يمثل الإشعاع الشمسي المنتشر أو المبعثر.

خلاصة:

بعد التفصيل في دراسة الإشعاع الشمسي والجوانب الهندسية لتحديده وهي الزوايا الشمسية ومنها **تلك المتعلقة** بالأرض وأخرى متعلقة بالسماء إستخلصنا بأنه حتى يكون **لستقبل الأشعة** الشمسية أعظميا **من** الضروري جعل **نظم**سطح الخلية الشمسية **منطبقا على للشعاع للشمسي**.

الفصل الثاني

توليد الطاقة الكهربائية

بإستخدام الطاقة الشمسية

II. توليد الطاقة الكهربائية باستخدام الطاقة الشمسية:

مقدمة:

يتم توليد الطاقة الكهربائية بعدة طرق من بينها استخدام الطاقة الشمسية، وهذه الاخيرة تحول الى طاقة كهربائية بطريقتين أساسيتين هما التحول الحراري والتحول المباشر بإستخدام الخلايا الكهروضوئية **[4]**، وهذا ما سنتطرق لدراسته في هذا الفصل.

1.II الخلايا الكهروضوئية:

1.1.II تعريفها:

الخلايا الكهروضوئية محولات تأخذ الطاقة من أشعة الشمس وتحولها **مباشرة** إلى كهرباء وتطرد كمية كبيرة من الحرارة بدون أية إجراءات مؤثرة(ضوضاء، إشعاع أو تلوث...)**[4]**، **لا تحتاج للوقود لكن** تكلفتها الإبتدائية مرتفعة مقارنة بمصادر الطاقة الاخرى **[8]**.(الشكل II -1)يوضح نوع من أنظمة الخلايا الكهروضوئية.

تصنع غالبية الخلايا الكهروضوئية من السليسيوم وهو شبه ناقل ذو مقاومية متوسطة بين النواقل **والعوازل[3]**.

الشكل(II -1) أنظمة الخلايا الكهروضوئية **[3]**

2.1.II مكوناتها:

تتكون الخلية الشمسية من طبقة رقيقة من **السيليسيوم**، هذه المادة هي من أكثر مواد الأرض شيوعا **وإحدى مواد أنصاف النواقل المعروفة**.

تمتلك ذرة السيليسيوم أربع إلكترونات تكافؤية وتشترك مع ذرات السيليسيوم المجاورة في رابطة تساهمية مع العلم أن ذرات السيليسيوم النقية لا توصل التيار الكهربائي، لهذا فإننا بحاجة إلى إجراء تعديل بسيط في التركيب

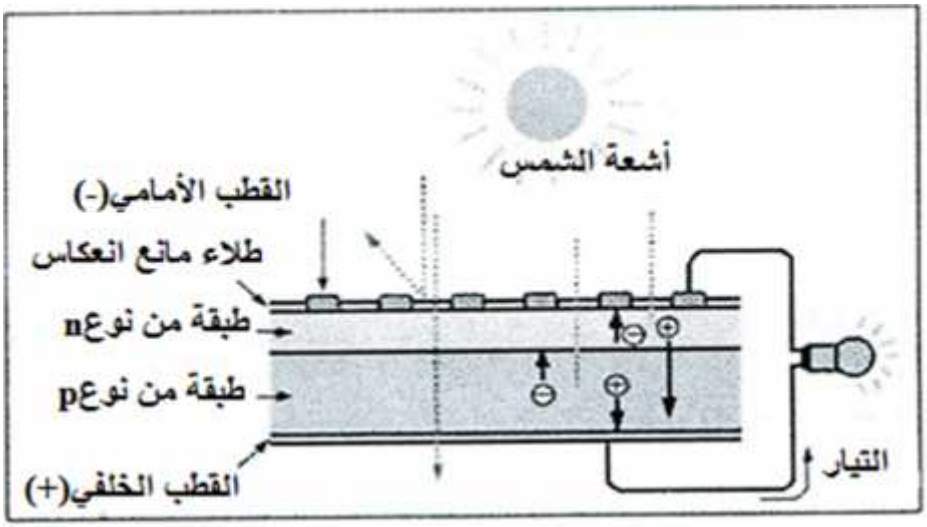
البلوري وذلك بإضافة ذرات عناصر أخرى تسمى الشوائب للحصول على الشحنتين الموجبة والسالبة للخلية الشمسية.

لتوليد الشحنة الموجبة في الخلية الكهروضوئية **تدخل ذرات البور**(B) التي لها ثلاث إلكترونات تكافؤية **في**

تركيب السيليسيوم النقي، حيث ترتبط هذه الذرات مع ذرات السيليسيوم ويتشكل ثقب إيجابي الشحنة بدلا من **الإلكترون الرابع المفقود**. تسمى مادة السيليسيوم **معشوائب البور بنصف ناقل موجب أو من النوع** (p).

ولتوليد الشحنة السالبة في الخلية الكهروضوئية تدخل ذرات الفوسفور(P) **التي تمتلك خمس** إلكترونات تكافؤية في تركيب السيليسيوم النقي، حيث ترتبط هذه الذرات مع ذرات السيليسيوم ويتشكل إلكترون سلبي الشحنة. تسمى مادة السيليسيوم **معشوائب الفوسفور بنصف ناقل سالب أو من النوع** (n).

تصنع الخلايا الكهروضوئية **بوضع طبقة من النوع** (n) **وطبقة من النوع** (p) **معا**، بهذا نكون قد حصلنا على المأخذ الموجب والمأخذ السالب للخلية(الشكل II -2) **[4]**.



الشكل(II -2) مكونات الخلية الكهروضوئية **[4]**.

3.1.II أنواعها:

توجد أنواع عديدة ومختلفة من الخلايا الكهروضوئية وهذا حسب تركيبها وكفاءتها وتكلفة صناعتها، نذكر أهم الخلايا المستعملة:

1.3.1. II خلايا السيليسيوم أحادي البلورة:

وهي أكثر أنواع الخلايا الكهروضوئية إنتشارا وأكثرها تطورا، وتصل كفاءتها إلى 17%، كما تعتبر هذه الخلايا عالية النقاوة وغالية الثمن وهذا لايعود إلى ثمن السيليسيوم، فالسيليسيوم كمادة خام متوفر بكميات كبيرة جدا على شكل رمال رخيصة الثمن وإنما يعود إلى الطرق المتبعة في تصنيعه وبالتالي في صنع الخلايا نفسها**[3]**.

2.3.1. II خلايا السيليسيوم متعدد البلورة:

بالرغم من كون الخلايا الكهروضوئية المتعددة البلورة أرخص وأسهل تصنيعا من الخلايا الأحادية البلورة بسبب النقاوة الأقل للمادة الأولية إلا أنها أقل كفاءة حيث تصل إلى% 12 أو أكثر بقليل في المخبر.**[4]**

3.3.1. II خلايا السيليسيوم الأمورفي:

تعتبر خلايا السيليسيوم الأمورفي من أرخص الخلايا الكهروضوئية من حيث تكلفة إنتاجها مقارنة مع أسعار الخلايا الأحادية والمتعددة البلورة حيث تصل تكلفة تصنيعها عشر ما تتكلفه خلايا السيليسيوم الأحادية،

وأعلى كفاءة تم الحصول عليها مخبريا لاتتجاوز 12% ويرجع ذلك إلى أنه يحضر من مادة أولية رخيصة الثمن.

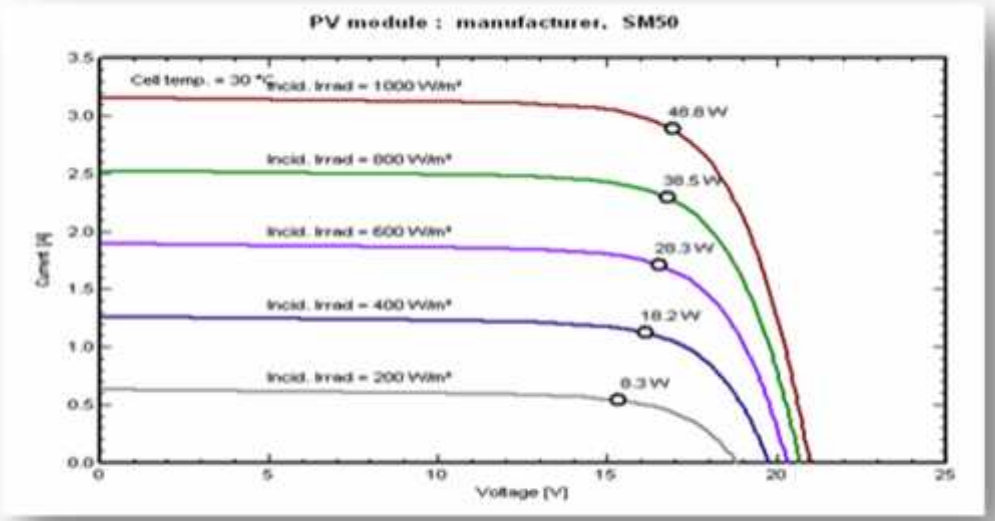
II 4.3.1. خلايا زرنيخ الغاليوم(Ga As):

الغاليوم مادة شبه ناقلة تحتوي ذراته على أربعة إلكترونات حرة في مدارها الخارجي، إختيار هذه الخلايا راجع إلى أنها تعطي مجالا كهربائيا بطريقة مماثلة في خلايا السيليسيوم الكهروضوئية، وعلى الرغم من أن مردودها أكبر من خلايا السيليسيوم إلا أن سعر المواد التي تدخل في تركيبها و تكاليف تصنيعها تجعل إنتاج هذا النوع من الخلايا غير إقتصادي خاصة عند الدول النامية **[3]**.

II 4.1.خصائصها الكهربائية:

تكون الطاقة الكهربائية المتولدة من الخلية الكهروضوئية بشكل تيار مستمر (DC) وتعتمد شدة هذا التيار على متغيرين: الأول هو الأشعة الساقطة، والثاني هو التيار والجهد المطلوب للحمل الكهربائي.

إن فرق الجهد المتولد من الخلية يبقى ثابتا عند كل المستويات لكن التيار المتولد يتغير بشكل مباشر وهذا تبعا لقيم الإشعاع الشمسي الساقط عند كل لحظة زمنية كما في الشكل(II -3)**[4]**.



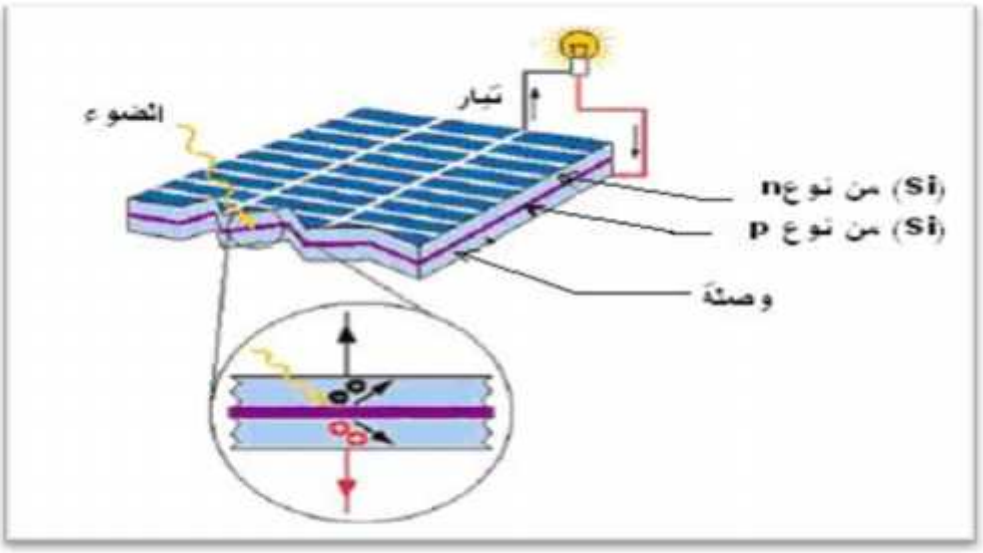
الشكل(II-3) تغير الجهد والتيار الكهربائيان تبعا للإشعاع الشمسي **[9]**.

II 2. التحول المباشر للطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية:

عند سقوط ضوء الشمس على الخلية الكهروضوئية يمر هذا الضوء من خلال سطح الخلية، ويمتص جزء منه بواسطة الطبقة الأولى للخلية وهي الطبقة التي تحتوي على الفوسفور، أما أغلبية الضوء الساقط على هذه الخلية فيقوم بإمتصاصه الجزء الخاص بذلك أي الطبقة التي تحتوي على خليط السيليسيوم **بالبور**.

يتكون من خلال هذه العملية إلكترونات حرة الحركة يمكنها السريان خلال الموصل الكهربائي في أطراف

الخلية، وتزداد هذه الحركة بزيادة كثافة الضوء الساقط على الخلية، وبالتالي يتشكل التيار الكهربائي المستمر. من هنا يمكننا توصيل حمل كهربائي على أطراف هذه الخلية والإستفادة من حركة الإلكترونات الناتجة من تسليط ضوء الشمس على الخلية**[4]**.



الشكل (II-4) مبدأ عمل الخلية الكهروضوئية مصنوعة من السليسيوم **[10].**

خلاصة:

بعد دراستنا للخلايا الكهروضوئية وبعض أنواعها وتحويلها للطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية بشكل نظيف يمكننا ان نقول بأن الإتجاه الفوتوفولطي بديل مهم في إستثمار أشعة الشمس في إنتاج الطاقة اللازمة لمتطلبات الحياة منها الهيدروجين وقود المستقبل والذي سنقوم بدراسة إنتاجه تجريبيا في الفصل القادم.

الفصل الثالث

دراسة تجريبية

لإنتاج الهيدروجين بإستخدام الطاقة الشمسية

III. دراسة تجريبية لإنتاج الهيدروجين باستخدام الطاقة الشمسية

مقدمة:

يعد الوقود التقليدي أهم مصادر الطاقة كما يعد المصدر الرئيسي **لاضطراب** الحياة المعاصرة بسبب تزايد معدل استهلاكه **وارتفاع أسعاره وتوقع** استنزافه ونضوب مصادره خلال العقود القليلة القادمة، **وتعد** نواتج احتراقه المنبعثة إلى الغلاف الجوي (ومنها ثاني أوكسيد الكربون) أهم أسباب التلوث البيئي وظاهرة **الاحتباس الحراري** إذ تمتص جزيئاته الإشعاع الشمسي الضوئي ثم تبعثه بشكل إشعاع حراري يؤدي **إلى ارتفاع** درجة حرارة الأرض عن معدلها محدثا تغيرات مناخية تؤثر بشكل سلبي في مجمل حياة الكائنات الحية على الأرض والذي جعل المؤسسات البحثية تسعى لإيجاد بدائل غير ملوثة يمكن إنتاجها بموارد غير ناضبة تلبي متطلبات الحياة من أشكال الطاقة وأحد هذه الخيارات هو الهيدروجين لأن نواتج أكسدته أو احتراقه خالية من الملوثات (وهي طاقة وبخار ماء) ، طرق إنتاج الهيدروجين التي تعتمد موارد متجددة **تشترك في استعمال** الماء والإشعاع الشمسي في إنتاجه أو استخلاصه **من أنواع الوقود المختلفة[11]**، سنحاول في هذا الفصل دراسة بعض خصائص الهيدروجين وتحقيق تجربة إنتاجه بإستخدام الطاقة الشمسية.

1.III عموميات حول الهيدروجين:

اسم الهيدروجين مكون من كلمتين: هيدرو **تعني" ماء** " وجين تعني **"مكون"** .**عرف لأول مرة كمادة** متميزة عن غيرها **من الغازات القابلة للاشتعل حتى تم** اكتشافه **عام** 1776 **من قبل عالم** الفيزياء البريطاني هنري كافنديش، وهو يعتبر أخف عنصر كيميائي لأنه يمتلك بنية ذرية بسيطة(ذرته تتكون من إلكترون وحيد سالب الشحنة يدور حول بروتون موجب الشحنة) حيث يأخذ المكان الأول في الترتيب الدوري لمندلييف، وهو غاز ثنائي الذرة ويعتبر الأكثر **وجودا في الكون بنسبة** 75% من حجمه **[12]**.

الجدول التالي يوضح الخصائص الفيزيائية للهيدروجين.

الجدول(III-1) الخصائص الفيزيائية للهيدروجين **[13]**

الخصائص الفيزيائية	
الرمز	H
الطور	غاز
اللون	عديم اللون
الكتلة الحجمية	0,085Kg/m3
الكتلة الذرية	1,00794 g/mol
الحرارة النوعية	10,3 KJ/Kg K
كثافة الغاز	0,08988 Kg/m3 عند 273 K

2.III طرق إنتاج الهيدروجين:

لإنتاج الهيدروجين توجد 3 جوانب تؤخذ بعين **الاعتبار**:

- المادة الأولية (**الماء** ،الهيدروكربونات)؛
- الطاقة الضرورية للإنتاج: هذه الطاقة يمكن أن تكون نووية، متجددة (شمسية، رياح...)؛
- طريقة الإنتاج: توجد عدة طرق بالطاقة الكهربائية مثل التحليل الكهربائي للماء... **[2].**

تأتي طرق إعداد الهيدروجين من الفيزياء و الكيمياء أو من البيولوجيا و يمكن تلخيص طرق إنتاج الهيدروجين فما يلي:

1.2.III التحليل الكهربائي:

وهي الطريقة الأكثر شيوعا ويتم ذلك عن طريق تمرير تيار كهربائي في الماء مما يؤدي إلى تحليله إلى عنصريه، وتصل نسبة الكفاءة هنا إلى 80 % تنخفض إلى 30 % بحساب كفاءة عملية توليد الكهرباء من مصدر آخر.

2.2.III التحليل الحراري:

ويتم ذلك بتسخين بخار الماء إلى° 2500 م وعندئذ يتحلل الماء إلى عنصريه الهيدروجين و الأكسجين، يتم الحصول على الأول و التخلص من الثاني إذا لم تكن هناك حاجة إليه، لكن المشاكل التي تعترض هذه الطريقة تتمثل في الحصول على الحرارة اللازمة لهذه العملية والتي لا تتوفر حتى في المفاعلات النووية فمياه وغازات التبريد لا ترتفع حرارة إلى أكثر من° 800م، وتوفير الأجهزة والأدوات القادرة على تحمل درجات الحرارة هذه هي أيضا مشكلة أخرى.

3.2.III الطريقة الكيميائية الحرارية :

وتعتمد على تفاعل الماء مع بعض المركبات الكيميائية في درجات حرارة عالية تصل إلى° 800م مما

يؤدي إلى تحلل الماء بعد سلسلة من التفاعلات .وتعترض هذه الطريقة مشكلة الحرارة العالية من ناحية وإجراء سلسلة من التفاعلات بعد الحصول على الهيدروجين لإعادة المواد والمركبات المستخدمة إلى طبيعتها الأولى.

4.2.III التركيب الضوئي والتركيب الضوئي للطحالب :

تتم عملية التركيب الضوئي بطريقة عكسية في الماء عما يحدث في الهواء الطلق حيث تطلق الطحالب الهيدروجين بدلا من الأكسجين وهذا يعني انه يمكن الحصول على الهيدروجين دون الحاجة إلى مصادر طاقة أخرى غير الطاقة الشمسية ولكن يعاب على هذه الطريقة انخفاض نسبة كفاءتها 2%في الطبيعة و 9% في المعامل كما أنها بحاجة إلى مساحات كبيرة جدا من المناطق المزودة بالطحالب لتوفير كميات اقتصادية من الهيدروجين.

يمكن لإنتاج الهيدروجين عن طريق التحلل الحراري أو التحويل بالكيمياء الحرارية للكتلة العضوية أن يستجيب لطلب محدود وموقعي على الهيدروجين كحامل للطاقة. أما إنتاج الهيدروجين عن طريق التحلل الكهربائي للماء فهو جد واعد ما دام هذا الإنتاج يهدف إلى خزن الطاقة من أصل متجدد وغير منتظم في الإمداد. يستعمل الفائض من الطاقة الكهربائية المنتجة بشكل وفير وغير منتظم في الزمان في إنتاج الهيدروجين وتخزينه لحين الحاجة إليه أو نقله إلى مكان الطلب [14].

نهتم في هذا العمل بدراسة انتاج الهيدروجين بطريقة التحليل الكهربائي للماء بإستخدام الطاقة الشمسية ونتحقق منه تجريبيا في الجزء التجريبي.

3.III الجانب التجريبي:

أجريت الدراسة التجريبية لإنتاج الهيدروجين بالطاقة الشمسية يوم 10-03-2014 **على الساعة** 13:05 **الى** 13:30،تضمنت بناء منظومة شمسية تتكون من لوح خلايا شمسية ومحللة كهربائية كما في الشكل(III-1).

- **اللوح الشمسي من نوع** (TE500P) **وذو استطاعة** 55WATT **مكون من** 36 خلية شمسية مرتبة بأربعة صفوف كل صف يحتوي على 9 خلايا مربوطة على التوالي.
- المحللة الكهربائية تتكون من حوض التحليل مصنع من البلاستيك قطره 107mm وعمقه 96mm، **أسطوانتين للغاز**(أنابيب إختبار) ،أقطاب المحللة **مصنعة من** الألمنيوم مساحتها السطحية $78,5mm^2$ وطولها 79mm.
- فولطمتر، أمبيرمتر.

تقدر زاوية ميل السطح عن الشاقول بـ 55° حتى تكون شدة الإشعاع الواصلة للوح أعظمية.

1.3. III طريقة العمل:

عند تعرض لوح الخلايا الشمسية الى الإشعاع الشمسي خلال النهار تمتص خلاياه طاقة الإشعاع وتحوله الى طاقة كهربائية (بشكل جهد وتيار)تستغل لإجراء التحليل وفصل المحلول المائي في المحللة الى غازي الأوكسجين والهيدروجين، حين يصبح الجهد المتولد في لوح الخلايا أكبر من أدنى جهد مطلوب لعملية التحليل، يسمح فرق الجهد الناشئ بين قطبي المحللة بمرور التيار خلال المحلول الملحي (10g **من ملح الطعام مذاب في** 1,5l **ماء مقطر**)لينفصل غاز الهيدروجين عن القطب السالب وغاز الأوكسجين عن القطب **الموجب حسب المعادلة** :

$$2H_2O\ (l) \rightarrow 2H_2\ (g) + O_2\ (g)$$

الشكل(III-1-أ) المنظومة الشمسية لإنتاج الهيدروجين

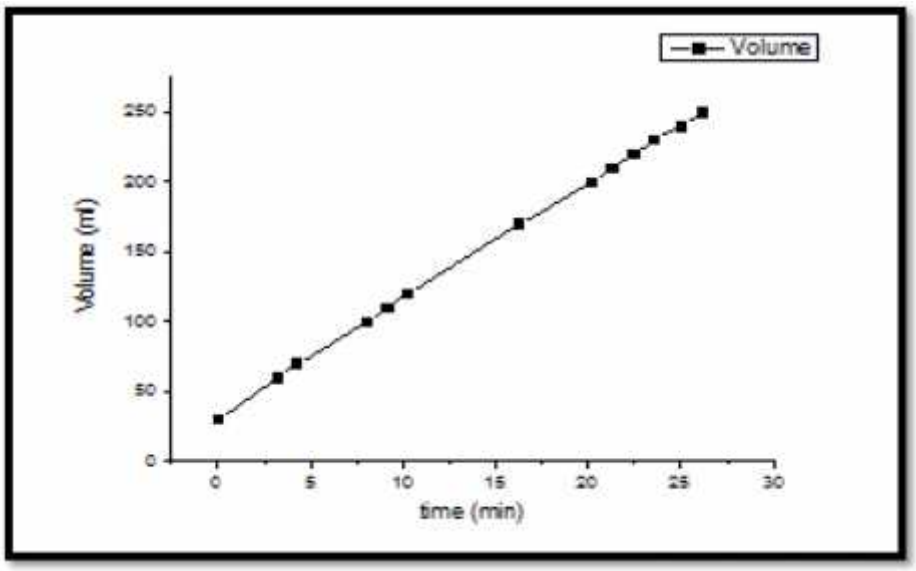
الشكل(III-1-ب) المحلل الكهربائي

III .2.3 النتائج:

في المنحنى v=f(t) سجلنا متوسط حجم الهيدروجين في الزمن عند مجال صغير خلال نصف ساعة فقط وهذا بسبب الحجم الصغير للمحللة وللأسطوانات المستعملة في التجربة.

V:حجم الهيدروجين المنتج خلال الزمن t.

من المنحنى المتحصل عليه أدناه باستخدام برنامج Origin Pro 9.1، لاحظنا أن حجم الهيدروجين يزداد خطيا بدلالة الزمن مع زيادة التيار الكهربائي (0,8 amp في بداية التجربة) وزيادة الجهد الكهربائي(15,5volt في بداية التجربة)، حيث أن ميل هذا المنحنى يمثل معدل انتاج الهيدروجين يقدر بـ 0.5 لتر في الساعة.



الشكل (2-III) تغير حجم الهيدروجين بدلالة الزمن

الخاتمة العامة

الخاتمة العامة

التحويل الكهروضوئي واحد من النماذج الأكثر أهمية في إستعمال الطاقة الشمسية ويسمح بالحصول على الكهرباء بشكل مباشر.

يجب أن يعتمد مستقبلنا الطاقوي على طاقات نظيفة وبالتالي نحن بحاجة إلى إيجاد حلول طاقوية بديلة ومستدامة ولا تشارك في الإحتباس الحراري وتمكن وصول الكهرباء على نطاق واسع خصوصا في البلدان النامية، يقابلها خفض إستهلاك الوقود الأحفوري.

التحلل الحفزي للغاز الطبيعي، الأكسدة الجزئية للزيوت الثقيلة، والتحليل الكهربائي للماء تعد من بين عمليات أو تقنيات انتاج الهيدروجين. العمل المقدم في هذه المذكرة يعطي جزءا من عملية إنتاج الهيدروجين عن طريق التحليل الكهربائي للماء بإستخدام الطاقة الشمسية.

الهدف العام من هذا العمل إنتاج الهيدروجين بإستخدام الطاقة الشمسية حيث تكونت المنظومة من لوح شمسي ومحلل كهربائي فوجدنا أن معدل إنتاج الهيدروجين في يوم مشمس يقدر بـ 0.5 لتر في الساعة وكانت الإستطاعة المتوسطة مقدرة بـ 12.4 واط وهذا بإستخدام المعطيات المناخية حيث كانت زاوية ميل السطح عن الشاقول 55°. النتائج المتحصل عليها تدل على أن الهيدروجين حامل طاقوي جيد غير مضر للبيئة يمكنه تعويض عدة مصادر طاقوية أخرى.

قائمة المراجع

باللغة العربية:

[1] فاطمة بلقاضي، مريم سعيدي، الطاقات المتجددة، **مذكرة تخرج** لنيل شهادة **أستاذ** التعليم **الثانوي**، المدرسة العليا للأساتذة، القبة القديمة، الجزائر.(2004)

[3]مبروك غوقالي، سفيان بن حميدة، سلسلة الطاقات المتجددة، مطبعة مزوار، الوادي، **الجزائر**،(2005)

[4] علي ناجي حمودي، دراسة وتنفيذ وتحسين أداء محطة ضخ مياه تعمل بالطاقة الشمسية، دراسة أعدت لنيل درجة الماجستير ،كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة تشرين، اللاذقية، (2009)

[5] علشور رحل، انجاز سخان شمسي و دراسته تجريبيا كبديل **عن السخان** الكهربائي **في المنطقة، مذكرة تخرج** لنيل شهادة **دبلوم دراسات** عليا، **المركز الجامعي بالوادي**،(2009)

[6]نبيل شهيد، **حساب الاشعاع الشمسي الساعي بمساعدة الحاسوب**، ص62، المعهد العالي للمهن **الشاملة، مسلاتة**،(2006)

[8]فطمة سليمان **بابكر، كفاءة** الخلية الشمسية **والمقاومة** الضوئية **في** قياس **شدة الاضاءة، بحث** تكميلي لنيل **درجة** الماجستير **في علوم** الفيزياء،(2012)

[10] كريمة **ولشك- فطمة** بوهوي .الخلايا الشمسية. **مذكرة تخرج** لنيل شهادة **أستاذ** التعليم **الثانوي. المدرسة** العليا **للأساتذة، القبة** القديمة ،**الجزائر**.(2004)

[11] صباح طارق أحمد، حسن فخري محمد رسول، دراسة نظرية وتجريبية لإنتاج الهيدروجين بإستخدام الطاقة الشمسية في مدينة بغداد- **العراق**، مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد 28، **العدد** 19،(2010)

[14] لعمى أحمد، رحمان آمال، مداخلة بعنوان مستقبل الهيدروجين **الشمسي في الجزائر (المشروع المغربي-الأوروبي)**،ص246، الملتقى العلمي الدولي حول سلوك المؤسسة الاقتصادية في ظل رهانات التنمية المستدامة والعدالة الإجتماعية، **جامعة قاصدي مرباح ، ورقلة**، (2012)

باللغة الأجنبية:

[2]Sekiou Yasmine, Dimensionnement d’une installation de production d’hydrogène photovoltaïque dans la région de Ouargla, Mémoire Master Academique, Université kasdi merbah Ouargla,(2013)

[7]O.Aissani , A.Mokhnache, Application de la télédétection pour étudier l’effet des aérosols atmosphériques sur le rayonnement solaire global, Rev. Energ. Ren. Vol.11N°1,p66(2008)

[9] Bouziane khadidja , Etude d’installation photovoltaique de production d’Hydrogene par electrolyse de l’eau, mémoire magister, Université kasdi merbah Ouargla,(2011)

[13]Ahmed Djafour,étude d’un systéme de production d’Hydrogène solaire, mémoire doctorat en physique energétique, Université kasdi merbah Ouargla,(2013)

المراجع من الانترنت:

[12] http://ar.wikipedia.org/wiki,10-05-2014

تم بحمد الله

ملخص

الهيدروجين هو الوقود وحامل الطاقة للمستقبل .نعني بهيدروجين الطاقة الشمسية، هو إنتاج الهيدروجين باستخدام الطاقة المتجددة ، ولا سيما الطاقة الشمسية.

أنعم الله على الجزائر بموقع مناسب جدا لاستخدام الطاقة الشمسية، حيث لها مدة إشعاع وكميةطاقة محترقة مهمة جدا يجعل من الجزائر مكان مناسب لإنتاج الهيدروجين بالطاقة الشمسية. وهذا الإنتاج ليس فقط باستخدامطاقة نظيفة ولكن الأهم هو زيادة وتنويع مصادر الطاقة.

الهدف من هذا العمل هوإنتاج الهيدروجين بالطاقة الشمسية، وذلك بسبب مزاياه مقارنة بغيره من أنواع الوقود(الغاز الطبيعي والنفط).

نجري التجارب باستعمال طريقة نظيفة ومريحة لإنتاجه حيث يتألف النظام من ألواح الخلايا الشمسية ومحلل كهربائي للماء .ألواح الخلايا الشمسية تموّل المحلل الكهربائي للماء بالطاقة الكهربائية .المحلل الكهربائي ينتج الهيدروجين والأوكسجين. كل خطوة من خطوات العملية مثل التحليل الكهربائي ، و الكهروضوئية تم تنفيذها حيث قمنا بتحليل عمل النظام بأكمله. توصلنا إلى معرفة التغير في كمية الهيدروجين المنتجة بدلالة الزمن (0.5 لتر في الساعة).

كلمات مفتاحية: الطاقة الشمسية، هيدروجين شمسي، المحلل الكهربائي للماء، إنتاج الهيدروجين، نظام الكهروضوئية.

Abstract:

Hydrogen is the fuel and energy potential carrier of the future. Mean solar hydrogen, hydrogen produced using renewable energy, particularly solar energy.

Algeria is blessed with a very favorable location for using solar energy; it has very important sunshine duration and incident energy which give Algeria a place for the production of solar hydrogen. This production will not only offer up a clean energy but more importantly will permit increase and diversify its energy resources.

The objective of this work is production of solar hydrogen, due to its advantages over other fuels (natural gas, oil).

We conduct experiments by a clean and profitable method for it's production. The system consists of photovoltaic panels and an electrolyzer. Photovoltaic, fuel the electrolyzer by electrical energy. The electrolyzer produces hydrogen and oxygen.

Each step of the process such as photovoltaic, electrolysis, have been implemented where we did an analysis of operation of the entire system.we will present the hydrogen flow variation produced according to the time(0,5 liter on hour).

Key words: solar energy, solar hydrogen, water electrolysis, Hydrogen production, photovoltaic.