الجامعة	الانبار
الكلية	العلوم
القسم	الفيزياء
المرحلة	الرابعة
اسم المادة باللغة العربية	الخلايا الشمسية
اسم المادة باللغة الانكليزية	
اسم التدريسي	وسام قهير عبد اللطيف
عنوان المحاضرة باللغة العربية	كفاءة الخلية الشمسية
عنوان المحاضرة باللغة الإنكليزية	
رقم المحاضرة	4

تشير كفاءة الخلايا الشمسية إلى جزء الطاقة في شكل ضوء الشمس الذي يمكن تحويله عبر الخلايا الكهروضوئية إلى كهرباء

كفاءة أي عملية هي مقياس لمدى نجاح العملية. وهو ، كم من الجهد تحتاج إلى بذله للحصول على الإخراج بالنسبة للخلايا الشمسية ، فهي سهلة نسبيا. المدخلات إلى خلية شمسية هي ضوء الشمس والإخراج هو الكهرباء. وبشكل أكثر تحديدًا ، تكون المدخلات عبارة عن طاقة من ضوء الشمس ، والإخراج هو طاقة في الإلكترونات

تحدد كفاءة الخلايا الشمسية المستخدمة في النظام الكهروضوئي ، إلى جانب خطوط العرض والمناخ (الموقع)، ناتج الطاقة السنوي للنظام. على سبيل المثال ، ستنتج الألواح الشمسية بكفاءة 20٪ ومساحة 1 م 2 200 واط في ظروف الاختبار القياسية ، ولكنها يمكن أن تنتج المزيد عندما تكون الشمس مرتفعة في السماء وستنتج أقل في الظروف الغائمة أو عندما تكون الشمس منخفضه في السماء. ويتكون الضوء من رزم صغيرة من الطاقة تسمى الفوتونات في أي لحظة خلال اليوم ، تتفاعل مليارات الفوتونات مع خلية شمسية تحمل هذه الفوتونات كميات مختلفة من الطاقة ، حسب لونها. تنعكس بعض الفوتونات على خلية شمسية ، ويمر البعض منها ويمتص بعضها. يعتمد مصير أي فوتون على طاقته - أوعلى لونه. من المستحيل التنبؤ بيقين بسلوك أي فوتون محدد ، لكن من الممكن حساب احتمالية التفاعل.

الفوتونات التي تحمل طاقة قريبة من حجم فجوة الطاقة في الخلية الشمسية هي الأكثر احتمالًا أن يتم امتصاصها لحساب الكفاءة التي تحتاجها لمضاعفة طاقة كل فوتون من خلال احتمال امتصاصه واحتمال إخراجه من الخلية الشمسية إلى دائرة كهربائية. هذا الحساب معقدة إلى حد ما.

تؤثر عدة عوامل على قيمة كفاءة تحويل الخلية ، بما في ذلك كفاءة الانعكاس ، الكفاءة الديناميكية الحرارية ، كفاءة فصل جهاز الشحن ، قيم كفاءة التوصيل. ونظراً لصعوبة قياس

هذه المعلمات بشكل مباشر ، يتم قياس المعلمات الأخرى بدلاً من ذلك ، بما في ذلك الكفاءة الكمية ونسبة المركبات العضوية المتطايرة وعامل التعبئة.

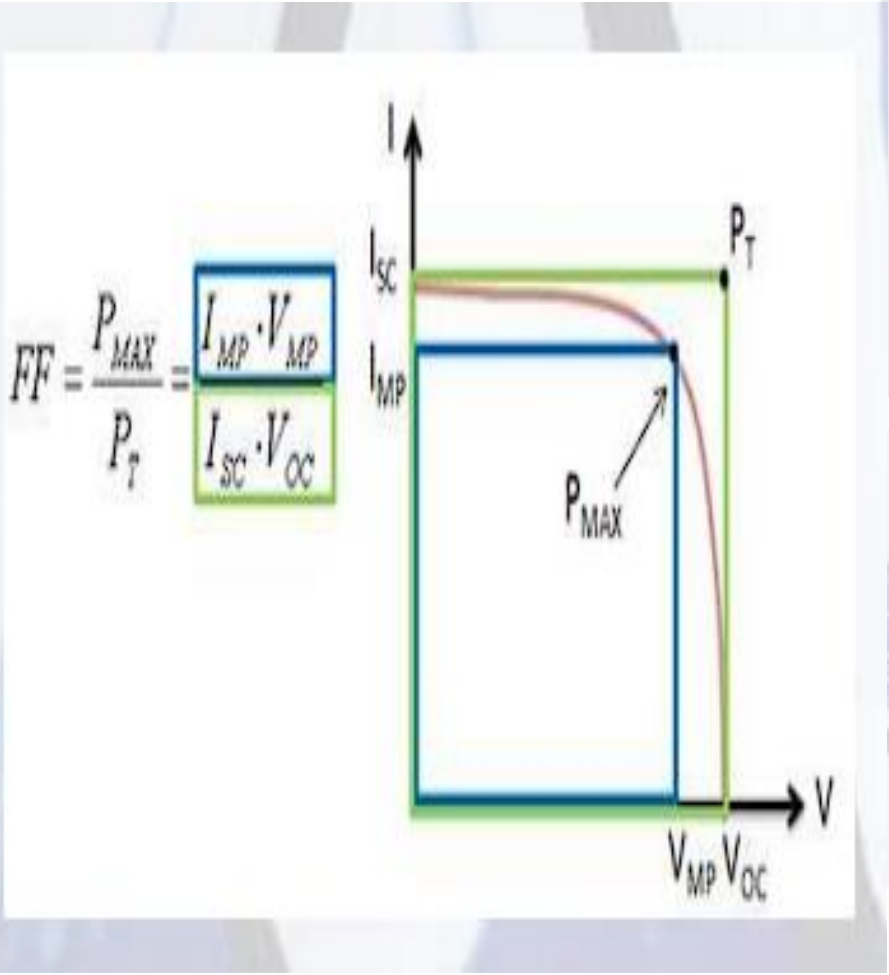
كما يتم حساب خسائر الانعكاس بواسطة قيمة الكفاءة الكمية ، لأنها تؤثر على "الكفاءة الكمية الخارجية".

إن زيادة كفاءة الخلية الشمسية يعد أمرا مهما، حيث هناك عدة عوامل تعمل على تحسين الكفاءة الكمية للخلايا الشمسية من خلال تقليل الخسائر الناتجة من عدة مؤثرات منها ما يتعلق بتفاعل الضوء مع مادة الخلية حيث تتميز اغلب أشباه الموصلات بالانعكاسية العالية للموجة الكهرومغناطيسية والتي يمكن تقليلها من خلال استخدام الطلاء المضاد للانعكاس والذي يعد من أهم الأساسيات في تطوير الكفاءة الكمية للخلايا الشمسيه

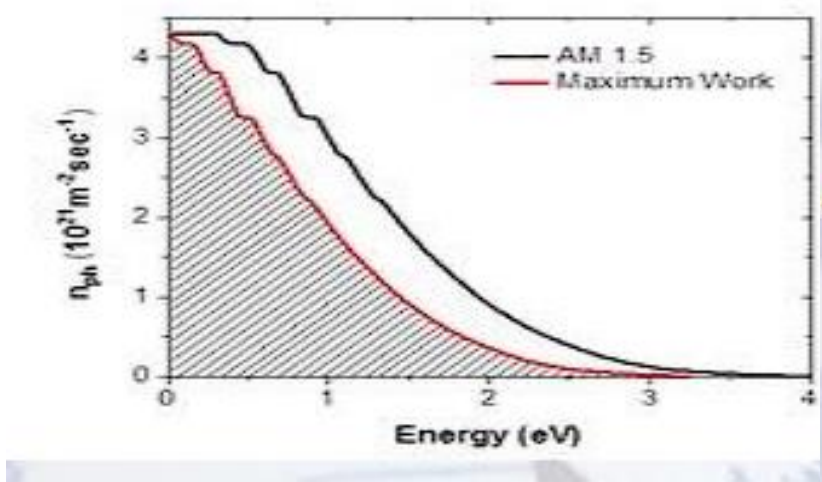
حساب كفاءة الخلايا الشمسية

الكفاءة هي الأكثر استخداماً كمعامل لمقارنة أداء خلية شمسية بأخرى .تُعرَّف الكفاءة بأنها نسبة إنتاج الطاقة من الخلية الشمسية إلى طاقة الصادرة عن الشمس و الساقطة عليها.

أسهل طريقة لحساب كفاءة الخلايا الشمسية من خلال رسم منحنى I / V بالشكل (27)



Vocهو جهد الدائرة المفتوحة.
Iscهو تيار الدائرة القصيرة.
FFهو عامل التعبئة.
Ptهي القوة النظرية.
Pmaxهو القوة عند النقطة القصوى.
Impهو التيار عند النقطة القصوى.
Vmpهو فولت عند الحد الأقصى



بالإضافة إلى كفائة أداء الخلية الشمسية نفسها (اى المعتمدة على المواد و طريقة التصنيع و ما الى ذلك)، تعتمد الكفاءة على طيف وكثافة ضوء الشمس الساقط ودرجة حرارة الخلية الشمسية.لذلك ، يجب التحكم بعناية في الظروف التي يتم بموجبها قياس الكفاءة من أجل مقارنة أداء جهاز بأخر .تقاس الخلايا الشمسية الأرضية تحت ظروف AM1.5 وعند درجة حرارة 25 درجة مئوية.كما في الشكل

تقاس الخلايا الشمسية المعدة للاستخدام في الفضاء تحت ظروفAM0 .

يتم تحديد كفاءة الخلية الشمسية على أنها جزء من الطاقة الشمسيه المعرضه لها و التي يتم تحويلها إلى كهرباء ويتم تعريفها على أنها:

$$\eta = \frac{V_{OC} I_{SC} FF}{P_{in}}$$

ηهي الكفاءة

Pinهو طاقة الإدخال

الطاقة المدخلة لحسابات الكفاءة هي 1 كيلوواط / م 2 أو 100 ميغاواط / سم 2 .

(QE)تعتبر الكفاءة الكمية من العوامل المهمة في الخلايا الشمسية وتعرف الكفاءة الكمية على إنها عدد أزواج الإلكترون – فجوة المتولدة عن كل فوتون وكمايلي

$$QE = [Ip / q][Popt / h\upsilon] - 1 \qquad \text{..... (1)}$$

حيث إن(Ip) هو التيار المتولد عن الضوء نتيجة امتصاص القدرة البصرية(Popt) عند الطول الموجي(λ) المرافق لطاقة الفوتون(hυ). إن من العوامل الأساس التي تحدد الكفاءة الكمية هو عامل الامتصاص(α) ولما كان α معتمداً على الطول الموجي فان مدى الأطوال الموجية التي يكون عندها التيار الضوئي المتولد ملحوظاً يكون محدوداً(Sze, 1981) . تم حساب الكفاءة الكمية في هذا البحث باستخدام العلاقة الآتية

$$QE = (1 - R)\left[1 - \frac{e^{-\alpha w}}{(1 + \alpha LP)}\right] \qquad \text{..... (2)}$$

(R) هي معامل الانعكاسية.

(α) هي معامل الامتصاص.

(Lp) تمثل طول انتشار حاملات الشحنة الأقلية.

وان (w) هي عرض منطقة النضوب.

يتم حساب الخسائر المقاومة في الغالب من خلال قيمة عامل التعبئة ، ولكنها تساهم أيضًا في قيم الكفاءة الكمية وقيمة المركبات العضوية المتطايرة.

باستخدام مقياس الإشعاع ، يمكن قياس كثافة الطاقة في ضوء الشمس.

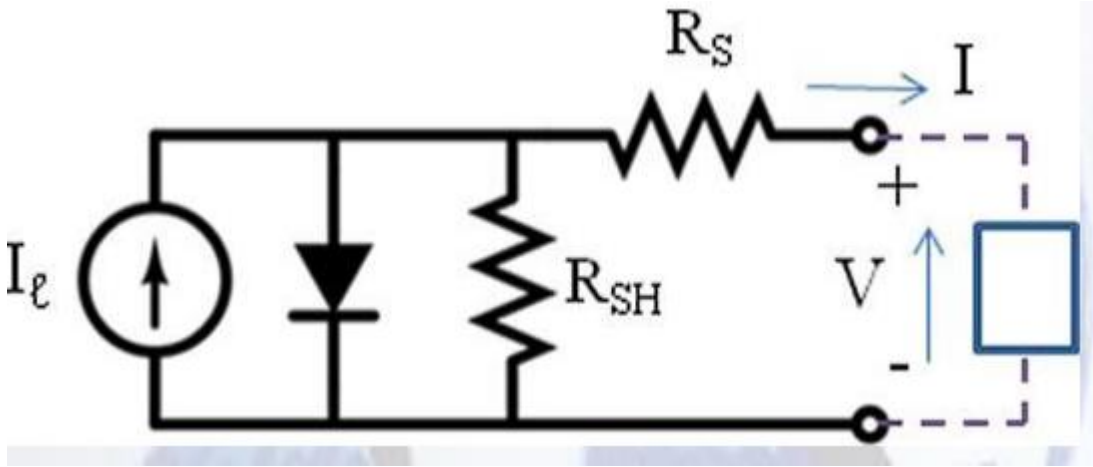
كثافة الطاقة × مساحة الخلية الشمسية = للطاقة الشمسية القادمة للخلية الشمسية.

يمكنك اتخاذ الخطوة التالية عن طريق ربط دائرة بمقاوم متغير ، مستشعر التيار(اميتر) ومستشعر الجهد(فولتميتر) حيث الطاقة الكهربائية هي نتاج التيار والجهد ، وتتغير تبعًا لكمية الحمل التي تقودها الخلية الشمسية لذلك يمكنك تغيير المقاومة ، وحساب القوة في كل خطوة ، والعثور على أقصى نقطة قوة.

كفاءة الخلايا الشمسية = الحد الأقصى لإخراج الطاقة الكهربائية \ مدخلات الطاقة الشمسية

الدائرة الإلكترونية المكافئة للخلايا الفولتوضوئية

يمكن أن يطلق عليه منحنى الخواص I-V ، كما هو موضح في الشكل يمكن نمذجة الخلايا الكهروضوئية كمصدر موصله بالتوازي مع الصمام الثنائي .عندما لا يكون هناك ضوء موجود لتوليد أي تيار ، تتصرف الخلية الكهروضوئية مثل الصمام الثنائي .مع زيادة شدة الضوء الساقط ، يتم توليد التيار بواسطة الخلية الكهروضوئية.



: الدائره الالكترونيه المكافئه للخلايا الفولتوضوئيه

$$I = I_\ell - I_D$$

$$I = I_l - I_0\left(exp\frac{q(V+I\cdot R_S)}{n\cdot k\cdot T} - 1\right) - \frac{V+I\cdot R_S}{R_{SH}}$$

I هو تيار الإشباع للصمام الثنائي

q هي الشحنة الأولية $1.6 * 10^{-19}$ كولوم

K هو ثابت القيمة $1.38 * 10^{-23}$ جول/كلفين

T هي درجة حرارة الخلية في كلفن

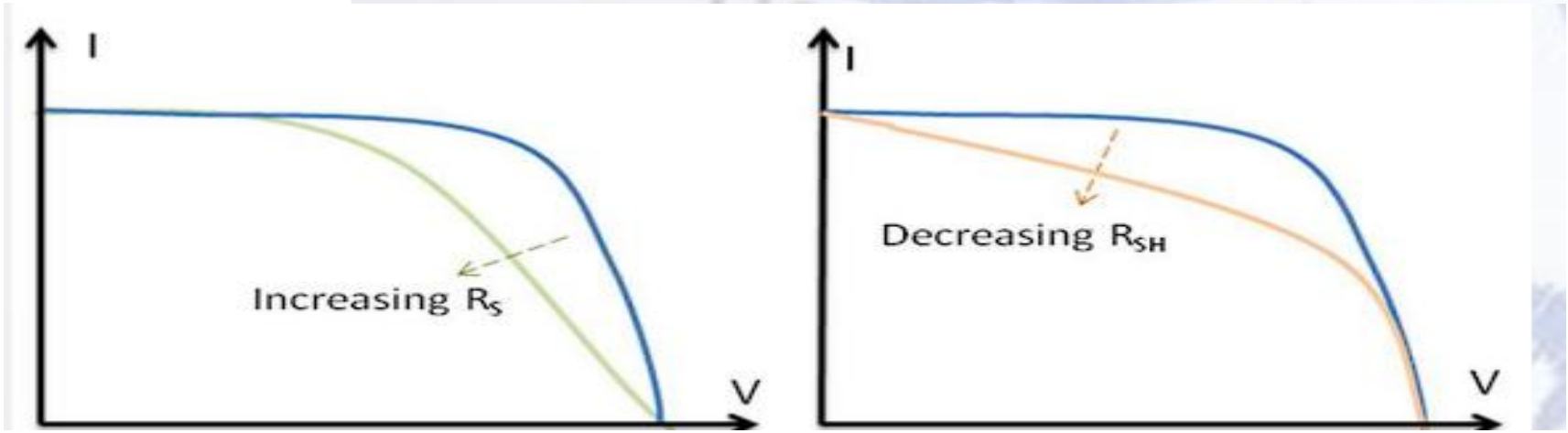
V هو جهد الخلية المقاس الذي يتم إنتاجه أو تطبيقه (انحياز الجهد).

η هو عامل مثالية الصمام الثنائي (دايود)(الكفاءه للصمام)، ويمثل R_S و R_{SH} المقاومة ومقاومة التحويلة التي يتم حسابها بالمعادلات التالية:

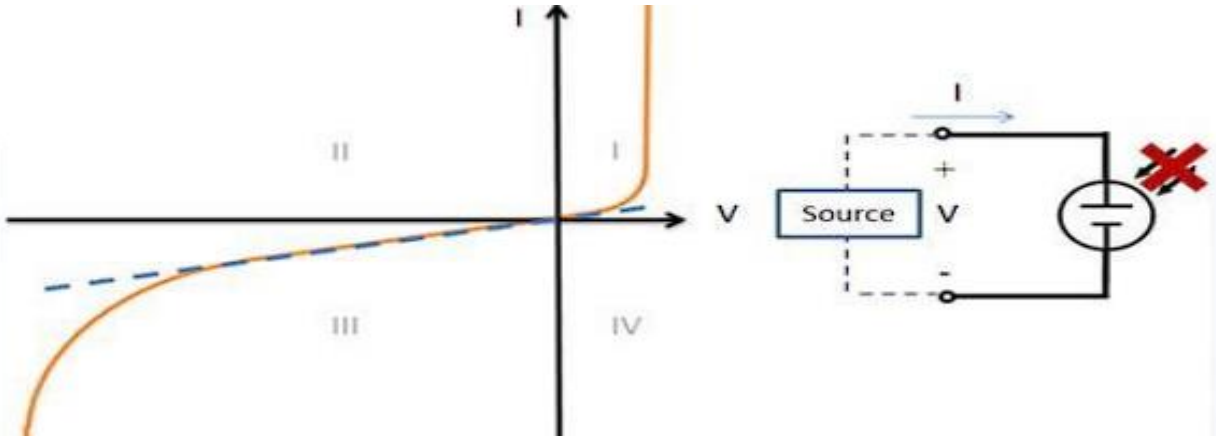
أثناء التشغيل ، يتم تقليل كفاءة الخلايا الشمسية من خلال تبديد الطاقة عبر المقاومة الداخلية.

يمكن نمذجة هذه المقاومة الطفيلية كمقاومة على التوازى (R_{SH}) ومقاومة على التوالى (R_s).

إذا انخفض R_{SH} كثيراً ، فسوف ينخفض V_{OC} ، فى حين أن زيادة R_S بشكل مفرط يمكن أن يؤدي إلى انخفاض I_{SC} بدلاً من ذلك بالشكل .



يظهر هذا الرسم البياني منحنى iv عندما ينخفض R_{SH} كثيرًا ، فسوف ينخفض V_{OC} ، في حين أن زيادة R_S بشكل مفرط يمكن أن يؤدي إلى انخفاض I_{SC} بدلاً من ذلك.



إذا تم منع الضوء الساقط من إثارة الخلية الشمسية ، فإن منحنى I-V الموضح بالشكل

: نرى هنا ماذا يحدث لمنحنى I-V إذا تم منع الضوء الساقط من إثارة الخلية الشمسية.

هذا المنحنى I-V هو ببساطة انعكاس لمنحنى "بدون ضوء" من الشكل حول المحور .V إن ميل المنطقة الخطية للمنحنى في الربع الثالث (التحيز العكسي) (التوصيل الخلفى) هو استمرار للمنطقة الخطية في الربع الأول ، وهي نفس المنطقة الخطية المستخدمة لحساب R_{SH}. ويترتب على ذلك أنه يمكن اشتقاق R_{SH} من مؤامرة I-V التي تم الحصول عليها مع أو بدون توفير إثارة خفيفة ، حتى عندما يتم الحصول على الطاقة من الخلية.من المهم أن نلاحظ ، مع ذلك ، أنه بالنسبة للخلايا الحقيقية ، غالباً ما تكون هذه المقاومات دالة لمستوى الضوء ، ويمكن أن تختلف في القيمة بين اختبارات الضوء والظلام.

بعض العوامل الهامة التى تؤثر على كفاءة الألواح الشمسية

الاشعاع درجة الحرارة التظليل إمالة لوحة للطاقة الشمسية خط العرض سمك الكيبل

وقع الشمس في السماء متغير طول اشهر السنة حيث يكون موقعها في اشهر الصيف مرتفعة بالاتجاه العامودي بينما تنخفض في اشهر الشتاء باتجاه الافق وبما انه يجب ان يكون سطح اللوح متعامد مع اشعة الشمس الساقطة على اللوح لذلك فان زاوية ميل اللوح الشمسي ستكون متغيرة حسب موقع الشمس .

تحديد اتجاه الألواح الشمسية

أولاً يجب أن يكون اللوح الشمسي مقابل لجهة الشمس , فأذا كنا في النصف الشمالي للكرة الأرضية فيكون توجيه الألواح بأتجاه الجنوب ليكون مواجه لقرص الشمس وكلما أقتربنا من خط الأستواء تقل زاوية ميل اللوح بالنسبة لمستوى الأفق وتزداد كلما أبتعدنا عن خط الأستواء , وزاوية ميلان اللوح تكون مرتبطة بخط العرض لموقع الالواح , كما سنوضح ذلك لاحقاً . والعكس بالعكس , أي أنه نوجه الألواح بأتجاه الشمال عندما نكون في النصف الجنوبي للكرة الأرضية ونفس المبدأ بالنسبة لزاوية ميل اللوح بالنسبة للقرب و البعد عن خط الأستواء .

تحديد أتجاه اللوح الشمسي يعتمد على أتجاه الشمس وبما ان اتجاه الشمس متغير باستمرار من الشروق الى الغروب و كذلك تغير مستمر لزاوية ميل الشمس لذلك يجب تحديد اتجاه و زاوية معينة للوح الشمسي للحصول على اعلى قدرة ممكنة من اللوح الشمسي . هذا بالنسبة لقواعد الألواح الثابتة , أما قواعد الألواح المتحركة تكون أما يدوية الحركة بحيث يتم تغيير إتجاه و زاوية ميل الألواح يدوياً حسب الحاجة أو تكون مزودة بحساسات لضوء الشمس مما يجعلها ذاتية الحركة لتتبع الشمس طوال ساعات النهار مما يحافظ على أعلى نسبة مستحصلة لتعامد الأشعة الساقطة مع سطح اللوح الشمسي و ينتج زيادة في الطاقة المتولدة من الألواح , ولكنها ترفع من كلفة القواعد كثيراً لذلك يتم مقارنة الزيادة المستحصلة من الالواح مع الزيادة بالكلفة للتحقق من مدى الجدوى منها .

تحديد اتجاه و زاوية ميل اللوح الشمسي مرتبط بالموقع من ناحية خط الطول و خط العرض و المنطقة الزمنية لذلك فأن اتجاه ميلان زاوية الشمس تختلف من دولة لاخرى حسب موقع الدولة بالنسبة لخط الاستواء .

في العراق مثالً يكون توجيه الالواح الشمسية باتجاه الجنوب لتكون مقابلة لقرص الشمس لكون العراق يقع شمال خط الاستواء 33 درجة شمالاً اما زاوية ميلان اللوح تعتمد على حسابات ومعادلات كثيرة و يمكن الاستعانة بتطبيقات بسيطة يمكن تحميلها على الموبايل يحدد اتجاه اللوح الشمسي و زاوية الميل بالاعتماد على خط الطول و خط العرض و الفترة الزمنية

الزاوية المهمة التي نعتمد عليها في الحسابات هي زاوية ميل الشمس في وقت الذروة وهي تقريبا في منتصف النهار بالنسبة لقواعد الألواح الثابتة .

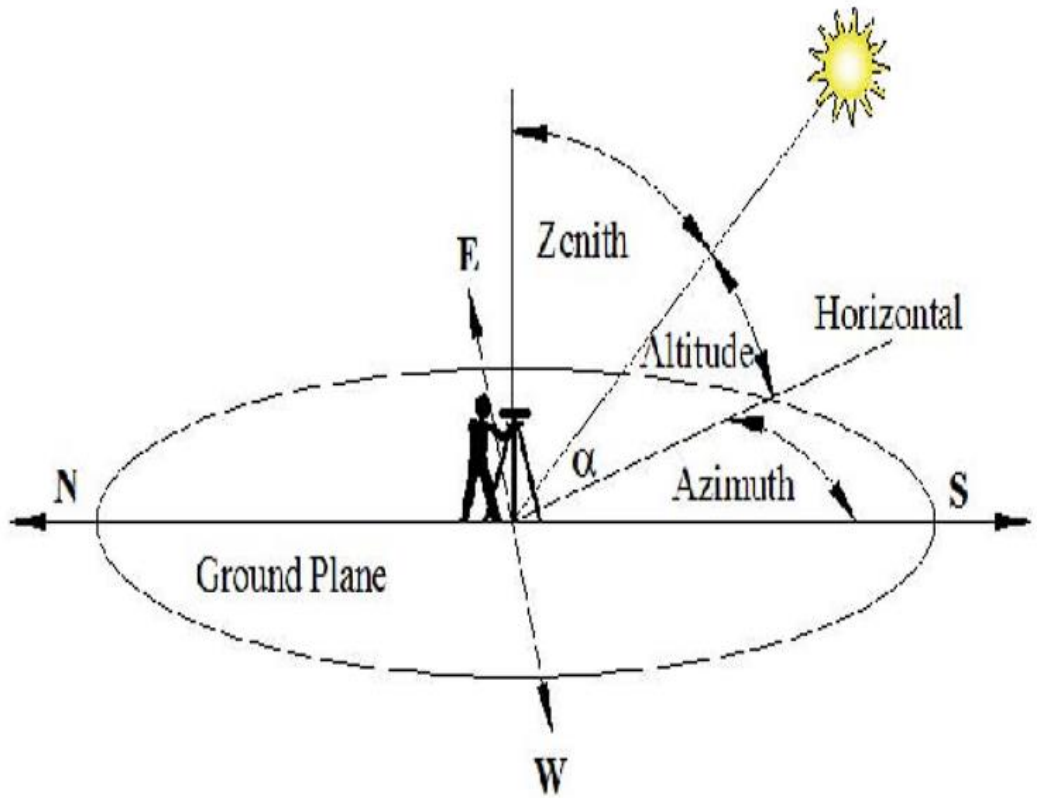
سنحتاج لحساب قيمة زاوية توجيه اللوح الشمسي ليكون مقابل قرص الشمس في وقت الذروة عند منتصف النهار وتسمى هذه الزاوية (azimuth angle) . بالنسبة للمناطق الواقعة شمال خط الاستواء مثل العراق يتم توجيه اللوح باتجاه الجنوب وتحديد زاوية ميل اللوح الشمسي (Tilt angle) ليكون متعامد مع الاشعاع الشمسي الساقط على اللوح عند منتصف النهار وستكون هناك ثلاث زوايا حسب الفصول تحسب بالاعتماد على معادلات خاصة لتحديد زاوية ميل اللوح .

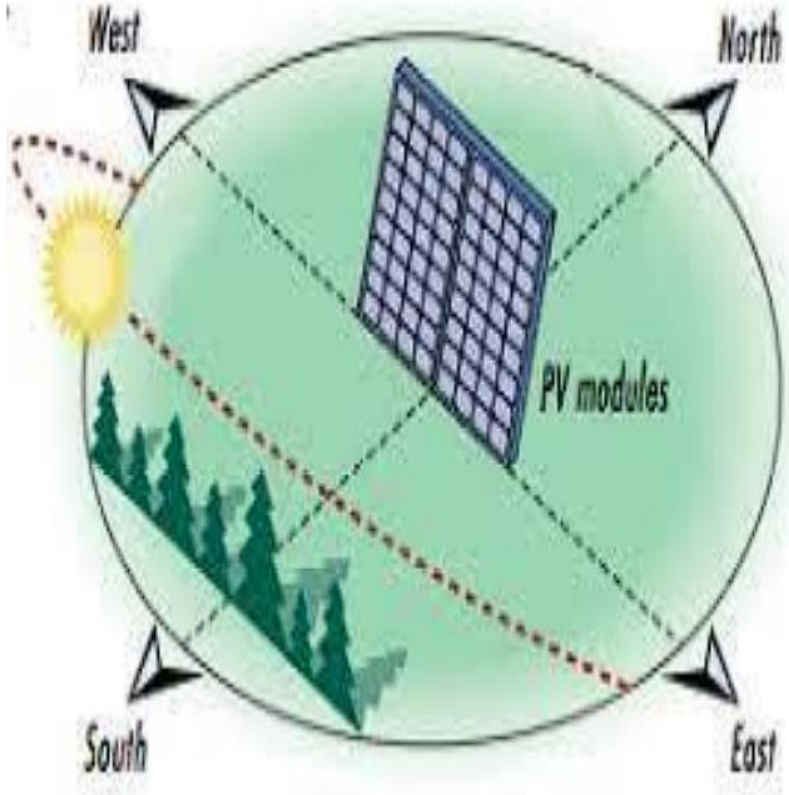
مثلاً القانون المرتبط بخط عرض موقع نصب اللوح الشمسي

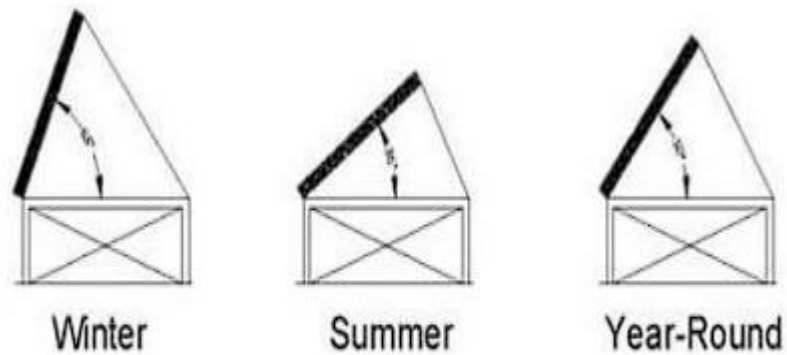
زاوية ميل اللوح الصيفي = خط العرض – 15 درجة

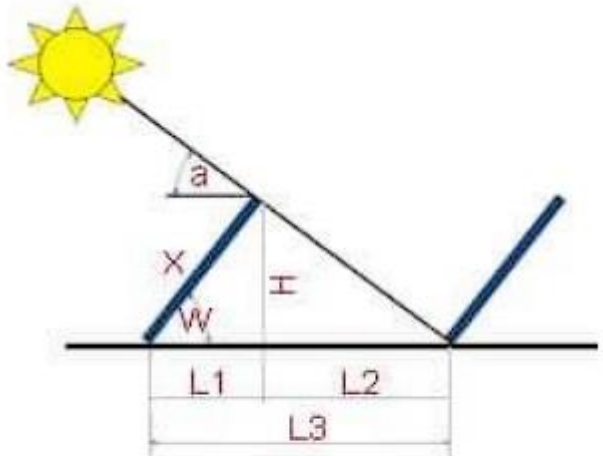
زاوية ميل اللوح الشتوي = خط العرض + 15 درجة

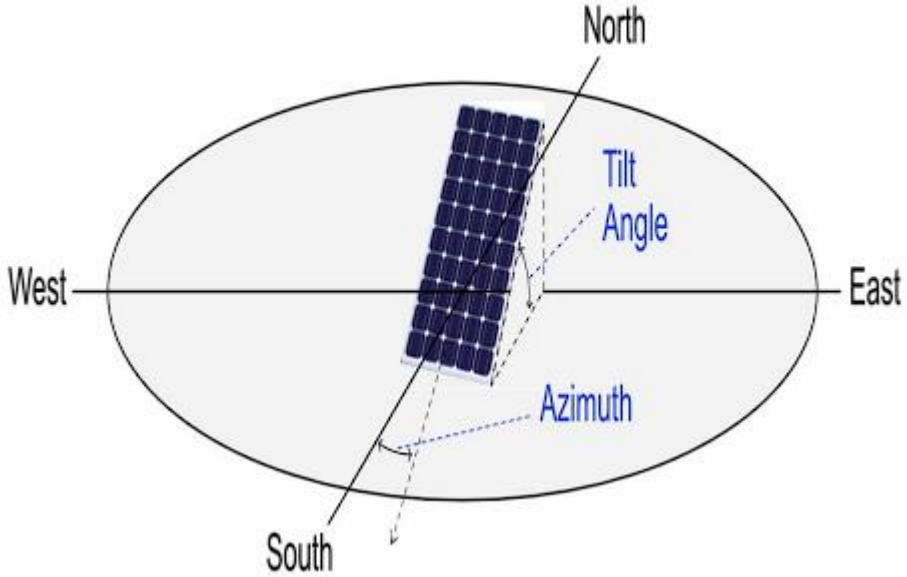
زاوية ميل اللوح الاعتدال الربيعي و الخريفي = خط العرض



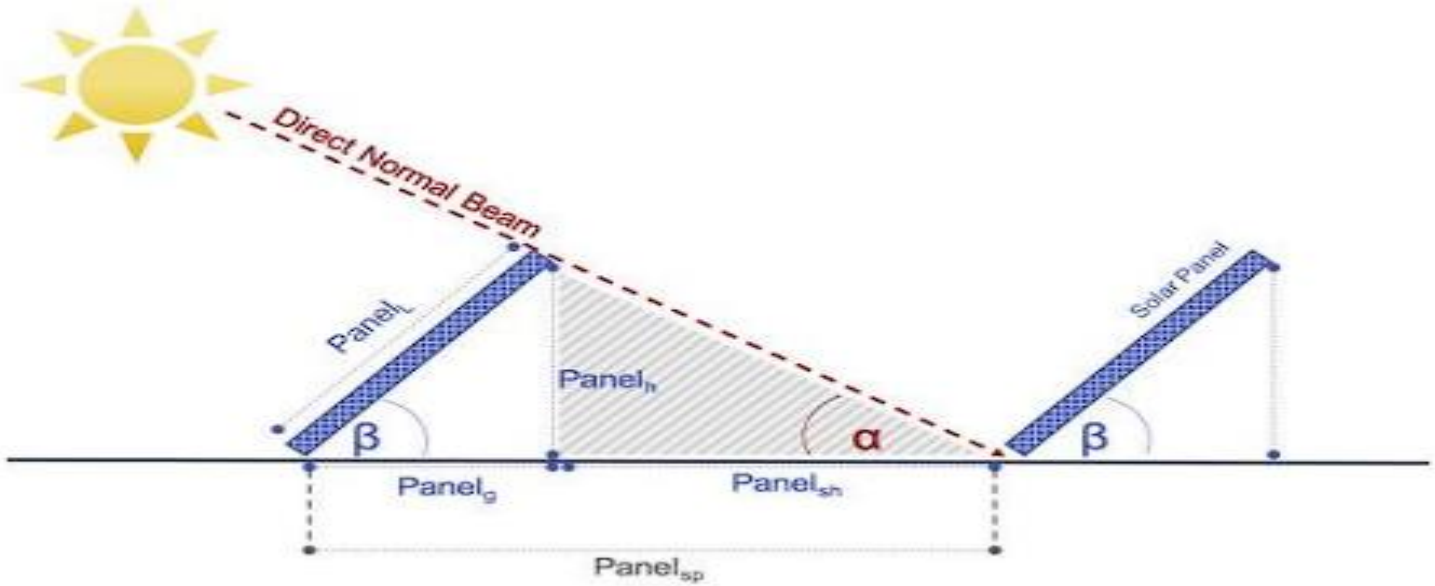


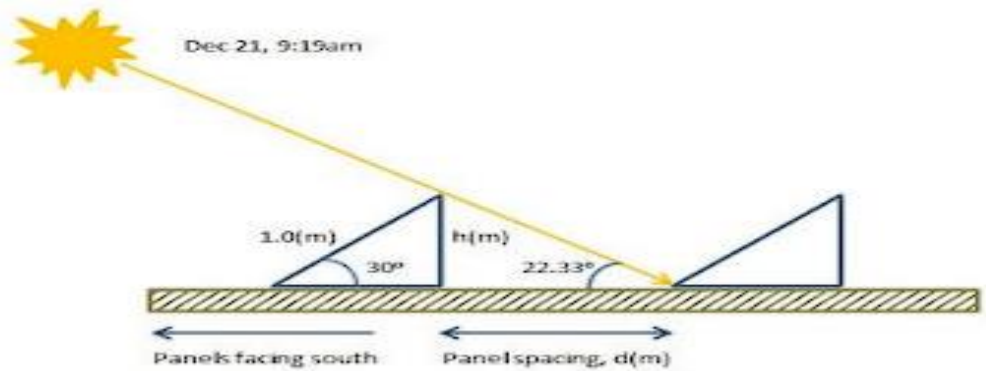






ويجب مراعاة المسافات بين الالواح الشمسية لتجنب وقوع ظل الالواح على بعضها البعض و يعتبر موضوع مهم جدا لأنه عند وقوع الظل على سطح اللوح ستسبب بتوقف عمل الخلايا المعرضة للظل و ستسبب بضياع الطاقة وممكن ان تسبب ضرر باللوح الشمسي وقد يصل الضرر لاحتراق اللوح الشمسي بسبب تكون نقاط ساخنة على سطح اللوح وتكون مستهلكة للتيار بدل أن تنتج تيار , وذلك يشمل اي ظل يعني التأكد من نصب الالواح الشمسية في مكان خالي وعدم تعرضها للظلال لذلك يجب مراعاة حساب المسافات بين الالواح لتفادي الظل ويتم حساب المسافات بالاعتماد على اوطئ نقطة للشمس خلال السنة لأنه كل ما كانت الشمس منخفضة كان الظل اطول وسنعتمد على قوانين حساب المثلثات والزوايا لتحديد المسافات بين الالواح .





سيكون اطول ظل للألواح يوم 21 كانون الاول في ساعات الصباح الاولى عند شروق الشمس او قبل الغروب

كفاءة تحويل الطاقة

–وحدة الطاقة الشمسية تختلف في الاستجابة الطيفية اعتمادا على نوع الوحدة. وبالتالي فإن تغيير الطيفي للاشعاع يؤثر على توليد الطاقة الشمسية. وكفاءة تحويل الطاقة بنسبة تقليل انعكاس الضوء الساقط.

الاوساخ **الثلوج** – **الصيانة**

طرق تحسين كفاءة الخلية الشمسية:

أولا: تغيير و محاولة تحسين معلمات (parameters) الخلية الشمسية إثناء تصنيعها

-1استخدام الصفائح المتبلورة الملونة:

-2استخدام الأنظمة المتعددة الفجوات

-3تقنية الخلايا المركبةIII-V Compound Solar Cells

-4خلية الاتصال المدفونBuried Contact Solar Cells

- 5خلايا الشبكة المطبوعـةPrinted- Screen Solar Cells

ثانيـاً : استخدام المركزات الشمسية:Using Solar Concentrators