2.11 الإشعاع الشمسي ومكوناته

الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى الأرض ينقسم إلى عدة أنواع بناءً على كيفية انتقاله وتأثره بالغلاف الجوي. الأنواع الرئيسية للإشعاع الشمسي هي:

$$\boldsymbol{Global\ radiation = diffuse + direct + Albedo}$$

1. الإشعاع الشمسي المباشر:(Direct Solar Radiation) : هو الإشعاع الذي يصل مباشرة من الشمس إلى سطح الأرض دون أن يتأثر أو ينحرف كثيرًا خلال الغلاف الجوي.هذا الإشعاع يكون الأكثر كثافة عند عدم وجود سحب أو عوامل تشتت أخرى، ويمكن استخدامه مباشرة في أنظمة الطاقة الشمسية مثل ألواح الطاقة الشمسية المركزة.(CSP)
2. الإشعاع المنتشر :(Diffuse Solar Radiation) هو الإشعاع الذي يتشتت أثناء مروره عبر الغلاف الجوي بسبب التفاعل مع الجسيمات الهوائية، والسحب، والجزيئات الأخرى.يأتي من جميع الاتجاهات ولا يأتي مباشرة من الشمس. يمثل الإشعاع المنتشر جزءًا من الطاقة الشمسية التي تصل إلى الأرض حتى في الأيام الغائمة أو عند وجود سحب.
3. الإشعاع المنعكس:(Reflected Solar Radiation) : هو الإشعاع الشمسي الذي ينعكس من سطح الأرض أو من الأجسام الأخرى مثل المباني، الماء، والثلج.يعتمد مقدار الإشعاع المنعكس على خصائص سطح الأرض أو الجسم العاكس، مثل اللون والمواد. الثلج مثلاً يعكس كمية كبيرة من الإشعاع بسبب بياضه العالي.
4. الإشعاع العالمي (الكلي) (Global Solar Radiation) : هو مجموع الإشعاع المباشر والإشعاع المنتشر الذي يصل إلى سطح أفقي على الأرض. يعد مؤشرًا مهمًا لحسابات الطاقة الشمسية، ويستخدم بشكل أساسي لتحديد إجمالي الطاقة الشمسية المتاحة في منطقة معينة على مدار اليوم.

Dr. Saeed Jabbar Abbas; Dept.Physics, College of Science, 2024-2025

2.12 حساب كمية الاشعاع

لحساب كمية الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى سطح الأرض، توجد عدة معادلات رياضية تستخدم لتمثيل وتحليل الإشعاع الشمسي اعتمادًا على الظروف الجغرافية والمناخية:

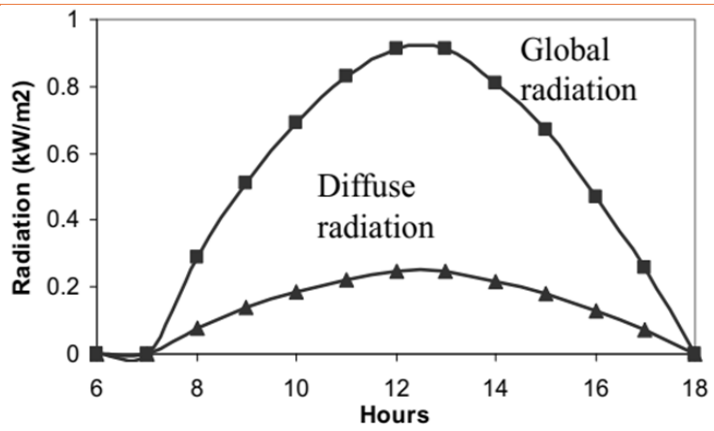
1. معادلة الإشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي(Extraterrestrial Solar Radiation)

تُستخدم هذه المعادلة لحساب الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى أعلى الغلاف الجوي للأرض، وهي تعتمد على الثابت الشمسي والمسافة بين الأرض والشمس.

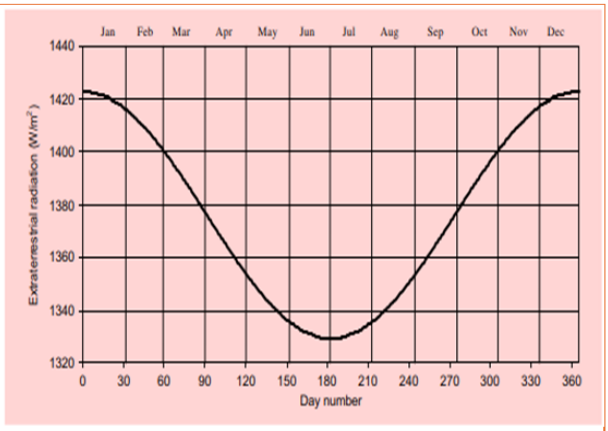
$$G_{on} = G_{sc}\left[1 + 0.0033cos\left(\frac{360n}{365}\right)\right]$$

حيث: G_{on} الإشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي.(W/m^2)

G_{sc} الثابت الشمسي حوالي ($1367\ W/m^2$) ، n رقم اليوم في السنة (1 إلى 365).



مقارنة بين الاشعاع المنتشر والاشعاع الكلي مع ساعات النهار المضئية



تباين الإشعاع الشمسي خارج كوكب الأرض مع الوقت من السنة

المعادلة ادناه تستخدم لحساب الاشعاع الارضي خارج الغلاف الجوي الساقط على مستوى يكون عموديا على الاشعاع

$$G_o = G_{sc}\left[1 + 0.0033cos\left(\frac{360n}{365}\right)\right]\cos\theta_z$$

يمكن كتابة المعادلة السابقة بتعويض عن الزواية فوق الرأس الشمسي

$$G_{oH} = G_{sc}\left[1 + 0.0033cos\left(\frac{360n}{365}\right)\right](\cos\phi\cos\delta\sin\omega_s + \sin\phi\sin\delta)$$

والآن، يمكن تكامل المعادلة للحصول على الإشعاع خارج كوكب الأرض كل ساعة خلال فترة زمنية معينة باستخدام المعلومات المتعلقة المذكور أعلاه.

$$I_o = \frac{24(3600)}{\pi}G_{sc}\left[1 + 0.0033cos\left(\frac{360n}{365}\right)\right]\left(\cos\phi\cos\delta\,(\sin\omega_2 - \sin\omega_1) + \frac{\pi(\omega_2 - \omega_1)}{180}\sin\phi\sin\delta\right)$$

يكون الإشعاع اليومي خارج كوكب الأرض على مستوى أفقي بتكامل المعادلة (2.19) من شروق الشمس إلى غروبها على النحو التالي:

$$H_o = \frac{24(3600)}{\pi}G_{sc}\left[1 + 0.0033cos\left(\frac{360n}{365}\right)\right]\left(\cos\phi\cos\delta\sin\omega_s + \frac{\pi\omega_s}{180}\sin\phi\sin\delta\right)$$

والآن، يمكن حساب المتوسط الشهري للإشعاع اليومي خارج الأرض على سطح أفقي من المعادلة (2-21) بحساب متوسط أيام شهر معين على النحو التالي:

$$\overline{H} = \frac{24(3600)}{\pi}G_{sc}\left[1 + 0.0033cos\left(\frac{360\overline{n}}{365}\right)\right]\left(\left(\cos\phi\cos\delta\sin\omega_s + \frac{\pi\omega_s}{180}\sin\phi\sin\delta\right)\right)$$

حيث n هو متوسط اليوم في شهر معين.

Dr. Saeed Jubbar Abbas; Dept. Physics; College of Science, 2024-2025

مثال : جد الإشعاع خارج الغلاف الجوي العمودي و على سطح أفقي في (Mar.10, 2:00PM) بالتوقيت الشمسي لخط عرض 35 شمالاً. حدِّد أيضًا الإشعاع الشمسي الكلي على السطح الأفقي خارج الأرض خلال اليوم.

الحل: يُحسب الانحراف في يوم (Mar.10) (n=69) من المعادلة:

$$\delta = 23.45sin\left[\frac{360}{365}(69+284)\right] = -4.8^o; \quad \omega = 15^o(14.00-12) = 30^o$$

تُحسب زاوية الساعة عند غروب الشمس من

$$\omega_{ss} = \cos^{-1}(-\tan\phi\tan\delta) = \cos^{-1}(-\tan(35)\tan(-4.8)) = 86.6^o$$

يتم حساب الإشعاع الطبيعي خارج كوكب الأرض من

$$G_{on} = G_{sc}\left[1+0.0033cos\left(\frac{360n}{365}\right)\right] = 1366\left[1+0.0033\cos\left(\frac{360\times69}{365}\right)\right] = 1383\ W/m^2$$

يُحسب الإشعاع خارج الأرض على سطح أفقي من المعادلة :

$$G_{oH} = G_{on}(\cos\phi\cos\delta\sin\omega+\sin\phi\sin\delta) = 1383(\cos(35)\cos(-4.8)\sin(30)+\sin(35)\sin(-4.8))$$
$$= 911\ W/m^2$$

يُحسب الإشعاع الكلي على السطح الأفقي خارج الأرض من المعادلة:

$$H_o = \frac{24(3600)}{\pi}G_{sc}\left[1+0.0033cos\left(\frac{360n}{365}\right)\right]\left(\cos\phi\cos\delta\sin\omega_{ss}+\frac{\pi\omega_{ss}}{180}\sin\phi\sin\delta\right)$$

$$H_o = \frac{24(3600)}{\pi}(1383)\left(\cos(35)\cos(-4.8)\sin(86.6)+\sin(35)\sin(-4.8)\left(\frac{\pi\times86.6}{180}\right)\right) = 27.88\ MJ/m^2$$

Dr. Saeed Jabbar Abbas; Dept. Physics, Collage of Science 2022-2023

تقدير معدل الإشعاع الشمسي على الأرض

معدل الإشعاع الشمسي هو

$$H_{av} = H_o\left(a+b\frac{\bar{n}}{N}\right)$$

حيث

H_{av} = متوسط الإشعاع الشمسي الأفقي الشهري

n = متوسط ساعات سطوع الشمس الساطعة اليومية لنفس الفترة

N = الحد الأقصى لساعات سطوع الشمس اليومية لنفس الفترة، أو T_d = N طول النهار

a و b = الثوابت المعدلة حسب الموقع.

يمكن الحصول على الثوابت a و b لمختلف المواقع والظروف المناخية من الجداول.

مثال: أوجد قيمة H_{av} على سطح أفقي لـ (*June* 22) ، عند خط عرض (10° N)، إذا كانت a = 0.3، و b = 0.51 و n/N = 0.55.

الحل:

$$H_o = (\frac{24}{\pi})I_{sc}\left[1 + 0.033\cos\left(\frac{360n}{365}\right)\right]\left[cos\phi cos\delta cos\omega_s + \left(\frac{2\pi\omega_s}{360}\right)sin\phi sin\delta\right]$$

n=171 for June 22

$$\delta = 23.45\sin\left[\frac{360}{365}(171 + 284)\right] = 23.45\sin\left[\frac{360}{365}(464)\right] = 23.32^o$$

زاوية ساعة الشروق

$$\omega_s = cos^{-1}(-\tan\phi\tan\delta) = cos^{-1}(-\tan(10)\tan(23.32)) = 94.36^o$$

$$H_o = (\frac{24}{3.14})I_{sc}\left[1 + 0.033\cos\left(\frac{360x171}{365}\right)\right]\left[cos(10)cos(23.32)cos(94.36) + \left(\frac{2x3.14x94.36}{360}\right)sin(10)sin(23.32)\right]$$

$$H_o = (\frac{24}{3.14})I_{sc}[1 + 0.033\ (-9.837)][0.9848x0.9171x0.997 + 165x0.1736x0.3987]$$

$$H_o = \left(\frac{24}{3.14}\right)I_{sc}x0.9816$$

The value of I_{sc} is 1353 W/m^2

$$H_o = \left(\frac{24}{3.14}\right)x1563x0.9816 = 10143\frac{W}{m^2\,day}.$$

$$H_{ave} = 10143(0.3 + 0.51x0.55) = 5883\frac{W}{m^2\,day}$$

Dr. Saeed Jabbar Abbas; Dept. Physics; Collage of Science; 2024-2025

مثال:-أحسب الاشعاع الشمسي اليوم (H_o)على سطح افقي ، في حالة غياب الغلاف الجوي عند خط عرض 30ºN في May 31

الحل : here Φ=30º; on May 31, n =151

$$\delta = 23.45sin\left[\frac{360}{365}(n+284)\right] = 21.9^o$$

Now find sunset hour angle

$$\omega_s = \cos^{-1}(-\tan\phi\tan\delta) = 103.41^o$$

الان، الاشعاع الشمسي اليوم على السطح الافقي يمكن حسابه

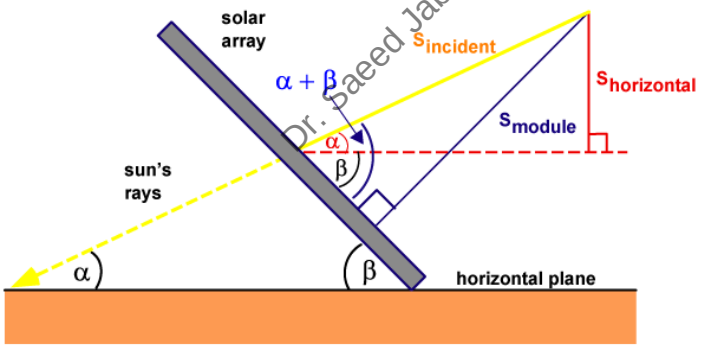
$$H = (\frac{24}{\pi})H_{sc}\left[1+0.0033cos\left(\frac{360n}{365}\right)\right]\left[cos\phi cos\delta cos\omega_s + \left(\frac{2\pi\omega_s}{360}\right)sin\phi sin\delta\right]$$

$$H = \left(\frac{24\times3600}{\pi}\right)H_{sc}\left[1+0.0033cos\left(\frac{360x151}{365}\right)\right]\left[cos(30)cos(21.9)cos(103.41)\right.$$
$$\left.+\left(\frac{2\pi\times103.41}{360}\right)sin(30)sin(21.9)\right] = 40.87\ MJ/m^2$$

Dr. Saeed Jabbar Abbas; Dept. Physics ; College of Science, 2024-2025

حساب الإشعاع على مستوى مائل

إن مقدار الإشعاع الشمسي الساقط على سطح وحدة مائلة هو مكون الإشعاع الشمسي الساقط العمودي على سطح الوحدة. ويوضح الشكل التالي كيفية حساب كمية الإشعاع الساقط على سطح مائل (S_{module}) بدلالة الإشعاع الشمسي المقاس على السطح الأفقي (S_{horiz}) أو الإشعاع الشمسي المقاس عمودياً على الشمس ($S_{incident}$).



المعادلات التالية تربط بين هذه الكميات

$$S_{horiz} = S_{incid}\sin\alpha$$

$$S_{module} = S_{incid}\sin(\alpha+\beta)$$

حيث α هي زاوية الارتفاع؛ و β هي زاوية ميل المستقبل(اللوح الشمسي) مقاسه من المستوى الأفقي.

من هذه المعادلات يمكن تحديد العلاقة بين S_{module} وS_{horiz} على النحو التالي:

$$S_{module} = \frac{S_{horiz}\sin(\alpha+\beta)}{\sin\alpha}$$

من الضروري الحصول على الحقائق التالية من أجل حساب الإشعاعات على مستوى مائل:

(أ) زاوية ميل أو ميل سطح التتبع

(ب) عنصران على الأقل من الإشعاعات الكلية والمباشرة والمنتشرة على المستوى الأفقي

(ج) افتراضات السماء المنتشرة (متساوية الخواص أو متباينة الخواص)

(د) نموذج الحساب

قياس شدة الإشعاع الشمسي

قياس التدفق الشمسي مهم جدًا ، حيث أنه أساس الحياة على الأرض ويستخدم في بناء العديد من المنتجات سواء كانت متعلقة بالإلكترونيات أو المحاصيل أو الأدوية أو مستحضرات التجميل وغيرها. يستخدم مقياس الأكتينومتر لقياس الاشعاع الشمسي.

وسنتعرف في هذا البند على أداتين لقياس الطاقة الشمسية وهما البيرهيلومتر والبيرانومتر والتي تقيس شدة الإشعاع الشمسي بوحدات مختلفة، بما في ذلك (Wm^{-2}). معرفة قوة الإشعاع الشمسي لكل وحدة مساحة، هو معلمة حاسمة لتقييم إمكانيات موقع معين لتوليد الطاقة الشمسية.

الغرض الأساسي من قياس شدة الإشعاع الشمسي يتحدد في معرفة وتسجيل القيم اللحظية والقيم علي المدي الطويل للإشعاع الشمسي المباشر والمشتت والكلي الساقط علي سطح ما.و الأجهزة المستخدمة في هذا المجال تعتمد إما علي التأثير الكهروحراري (Thermoelectric effect)أو التأثير الكهروضوئي (Photovoltaic effect), وتستخدم ضمن هذه الأجهزة دوائر إلكترونية يمكنها تسجيل وتكامل البيانات اللحظية بحيث يمكن الحصول علي بيانات كل ساعة أو بيانات يومية.

Dr. Jaeed Jabbar Abbas, Dept. Physics , Collage of Science, 2024-2025

التأثير الكهروحراري يشير إلى التحويل المباشر للفروقات في درجات الحرارة إلى جهد كهربائي والعكس بالعكس. ويشمل ثلاثة ظواهر رئيسية:

1. **تأثير سيبيك**: Seebeck Effect يحدث هذا التأثير عندما يتم ربط مادتين موصلتين مختلفتين عند وصلتين يتم الاحتفاظ بهما في درجات حرارة مختلفة. يتم توليد جهد بسبب تدرج الحرارة، مما يمكن أن يدفع تيارًا كهربائيًا.
2. **تأثير بيلتيير** Peltier Effect :هذا هو عكس تأثير سيبيك. عندما يمر تيار كهربائي عبر دائرة من موصلين مختلفين، يمكن أن يمتص أو يطلق حرارة عند الوصلات، حسب اتجاه التيار.
3. **تأثير ثومسون** Thomson Effect :يصف هذا التأثير تسخين أو تبريد موصل يحمل تيارًا في وجود تدرج حراري. كمية الحرارة المنتجة أو الممتصة تتناسب مع التيار والفارق في درجات الحرارة على طول الموصل.

تستخدم المواد الكهروحرارية في تطبيقات مثل توليد الطاقة من الحرارة المهدورة، وقياس درجة الحرارة، وأنظمة التبريد. تُعَرف كفاءة الأجهزة الكهروحرارية غالبًا بمعامل الاستحقاق الخالي من الأبعاد، ZT، الذي يعتمد على الموصلية الكهربائية، والموصلية الحرارية، ومعامل سيبيك للمادة.

التأثير الكهروضوئي هو العملية التي يتم من خلالها تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية باستخدام المواد شبه الموصلة. يحدث ذلك في خلايا كهروضوئية، المعروفة عادةً بالخلايا الشمسية. إليك شرحًا لكيفية عملها:

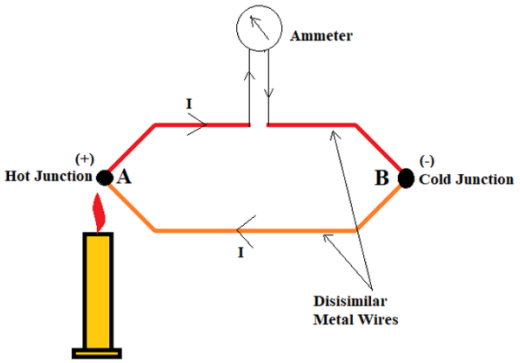
1. **امتصاص الضوء** :عندما تسقط أشعة الشمس على سطح الخلية الكهروضوئية، يتم امتصاص الطاقة من الضوء (على شكل فوتونات) بواسطة المادة شبه الموصلة، عادةً السيليكون.
2. **توليد أزواج الإلكترونات والفجوات** :الطاقة الممتصة تثير الإلكترونات في المادة شبه الموصلة، مما يسمح لها بالتحرر من الروابط الذرية. هذا يخلق أزواجًا من الإلكترونات والفجوات—الإلكترونات التي يمكن أن تتحرك بحرية والفجوات التي تعمل كحاملات شحنة إيجابية.
3. **فصل الشحنات** :تحتوي الخلية الكهروضوئية على مجال كهربائي داخلي تم إنشاؤه من خلال تقاطع نوعين من المواد شبه الموصلة (نوع ن ونوع ب). يساعد هذا المجال في فصل الإلكترونات والفجوات، موجهًا الإلكترونات نحو الطبقة من نوع ن والفجوات نحو الطبقة من نوع ب.
4. **إنشاء تيار كهربائي** :بمجرد فصلها، يولد حركة الإلكترونات والفجوات تيارًا مباشرًا (DC) حيث تتدفق عبر دائرة خارجية، مما ينتج طاقة كهربائية قابلة للاستخدام.
5. **الإخراج والتحويل** :يمكن تحويل التيار المباشر إلى تيار متردد (AC) باستخدام محول، مما يجعله مناسبًا للاستخدام في المنازل والشركات.

تكنولوجيا الخلايا الكهروضوئية هي مكون رئيسي من أنظمة الطاقة الشمسية وتستخدم على نطاق واسع في تطبيقات تتراوح بين التركيبات السكنية الصغيرة إلى المزارع الشمسية الكبيرة. تشمل مزاياها توليد الطاقة المتجددة، وتقليل انبعاثات الغازات الدفيئة، وانخفاض التكاليف مع مرور الوقت.

Dr. Saeed Jabbar Abbas, Dept Physics, Collage of Science, 2024-2025

المزدوج الحراري Thermocouple

المزدوج الحراري هو جهاز بسيط مصنوع باستخدام موصلين مصنوعين من مادتين مختلفتين كما هو موضح في الشكل.



هنا يتم توصيل سلكين لتكوين حلقة ذات تقاطعين عند رفع درجة حرارة احدى الوصلتين بينما تظل الوصلة الاخرى باردة في درجة حرارة الغرفة. وبسبب هذا الاختلاف في درجة الحرارة، يظهر جهد (فرق الجهد) عند الوصلات وفقًا ل" **تأثير سيبيك** ."وبما أن الدائرة مغلقة فإن التيار "I" يتدفق عبر الدائرة كما هو موضح في الشكل، ولقياس هذا التيار سنقوم بتوصيل أميتر على التوالي. من المهم أن نتذكر أن **مقدار التيار "I"في الدائرة يتناسب طرديًا مع فرق درجة الحرارة** عند الوصلات، لذا فإن ارتفاع فروق درجات الحرارة يؤدي إلى ارتفاع مقدار التيار. لذا من خلال الحصول على قراءة الأميتر، يمكننا حساب فرق درجة الحرارة عند الوصلات.