Solar Astronomy الفلك الشمسي

يعتمد توهين الإشعاع الشمسي على المدى الذي يقطعه الشعاع في الغلاف الجوي. كلما زاد طول المسار، زاد عدد الجزيئات التي يتفاعل معها الشعاع. يتغير ذلك على مدار العام وعلى مدار اليوم .يحدث المسار الأطول في أواخر النهار، حيث تكون الشمس قريبة من الأفق. يوصف طول المسار بالكتلة الهوائية air mass

AM0

يُشار إلى الطيف خارج الغلاف الجوي، والذي يقترب من الجسم الأسود 5800 ك، باسم "AM0"، وتَعني «عدم وجود أغلفة جويّة». يتم تمييز بشكل عام الخلايا الشمسية المستخدمة لتطبيقات الطاقة الفضائية، مثل تلك الموجودة على أقمار الاتصالات باستخدام AM0.

معيار AM1

يُشار إلى الطيف بعد عبوره الغلاف الجوي إلى مستوى سطح البحر مع وجود الشمس فوقه مباشرةً، بحكم التعريف، باسم "AM1". وهذا يعني «غلاف جوي واحد». AM1 (ض = 0 °) إلى AM1.1 (ض = 25 درجة) هو مجال جيّد لتقدير أداء الخلايا الشمسية في المناطق الاستوائية والمدارية.

معيار AM1.5

لا تعمل الألواح الشمسية عادةً تحت سمك غلاف جوي واحد مباشرةً: إذا كانت الشمس في زاوية لسطح الأرض فأن السمك الفعّال سيكون أكبر. تقع العديد من المراكز السكانية الرئيسية في العالم، وبالتالي منشآت الطاقة الشمسية وصناعتها، في جميع أنحاء أوروبا، الصين، اليابان، الولايات المتحدة الأمريكية وأماكن أخرى (بما في ذلك الهند الشماليّة وأفريقيا الجنوبيّة وأستراليا) في مناطق معتدلة. لذا فإن رقم AM الذي يمثل الطيف في منتصف النطاقات هو الأكثرُ شيوعًا.

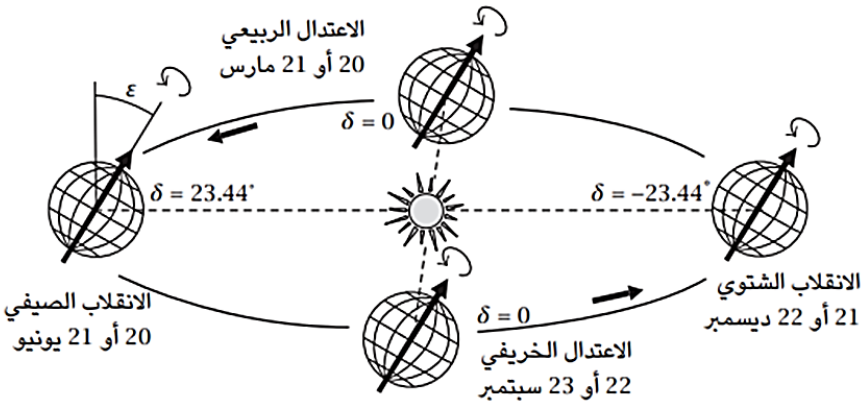
تدور الأرض حول الشمس في مدار قريب الشكل من شكل القطع الناقص، والمسافة المتوسطة بين مركزي الشمس والأرض حوالي 150,000,000 كم .وبينما تدور الأرض حول الشمس دورتها السنوية وحول نفسها مرة كل يوم فإن الشمس تدور حول محورها دورة كل شهر من شهور الأرض.

و محور دوران الأرض حول نفسها هو ما يعرف باسم المحور القطبي(Polar axis :) يميل دائما بزاوية 23.5 درجة تقريبا على المحور العمودي على مستوى دوران الأرض حول الشمس ويسمى(Ecliptic axis :) . هذا الميل للمحور القطبي يؤدي إلى أن يكون نصف الكرة الشمالي مائل ناحية الشمس في الصيف وبعيدًا عن الشمس في الشتاء مما ينتج عنه تغير زاوية ميل أشعة الشمس على الأرض مع تغير الأيام على مدار السنة وبدوره يغير فصول السنة.

في فترة الانقلاب الشتوي(Winter solstice :) يكون القطب الشمالي مائلا بزاوية 23.5 درجة بعيدًا عن الشمس؛ وهذا يعني أن كل النقط الواقعة أعلى الدائرة القطبية الشمالية تكون في ظلام تام، بينما تكون النقط الواقعة أسفل الدائرة القطبية الجنوبية واقعة في ضوء مستمر، أي تستقبل أشعة الشمس على مدار 24 ساعة. ويكون الوضع عكس ذلك في الإنقلاب الصيفي(Summer solstice) .

أما في فترتي الاعتدال الربيعي 21) مارس (والخريفي 21) سبتمبر (واللذان يمثلان فترة تساوي الليل والنهار لجميع النقط الواقعة، يكون كل من القطب الشمالي والجنوبي على مسافات متساوية من الشمس. وحيث أن شدة الإشعاع الذي يُستقبل عند نقطة ما على سطح الأرض يتوقف على العلاقة الهندسية بين سطح الاستقبال على الأرض ومصدر الإشعاع وهو

الشمس، فإنه من الضروري معرفة تغير زاوية ميل الشعاع لأي نقطة في أي يوم وفي أي لحظة والذي يمكن تحقيقه عبر دراسة الزوايا الشمسية المختلفة.



شكل ٤-٥: الميلان البروجي والفصول. المحور الدوراني والمستوى المداري للأرض لهما زاوية ميلان ε، الميلان البروجي، تُعد السبب في تكون الفصول. وهي تتسبب في وجود فرق منتظم بين التوقيت الشمسي والتوقيت المدني.

الزوايا الشمسية : زاوية تتحدد بوضع الأرض بالنسبة للشمس

هذه الزاوية تتغير يوميا مع تغير وضع الكرة الأرضية في مدارها حول الشمس وتسمى زاوية الانحراف(Deviation angle) ويرمز لها δ وتعرف على أنها:

»الزاوية المحصورة بين مستوي خط الاستواء والخط الواصل من مركز الأرض إلي مركز الشمس.«

و تصل هذه الزاوية للقيمة العظمي لها وقدرها 23,5° في الانقلاب الصيفي في 21 يونيو، كما أنها تأخذ القيمة الصغرى لها وقدرها -23,5° في الانقلاب الشتوي في 21 ديسمبر، وبين هاتين القيمتين تتغير الزاوية δ بشكل جيبي(Sin function) : حيث تصل إلي الصفر مرتين خلال السنة، في الاعتدال الربيعي في 21 مارس والاعتدال الخريفي في 21 سبتمبر.

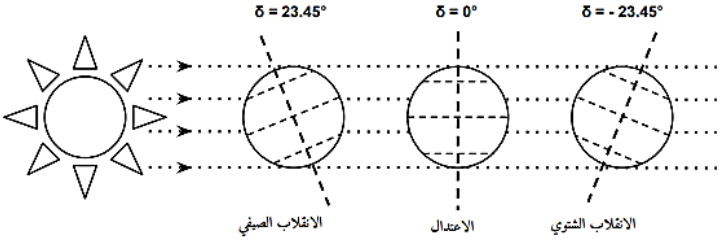
و هذه الزاوية تعتمد في حسابها على اليوم خلال العام فقط وتحسب من العلاقة التالية:

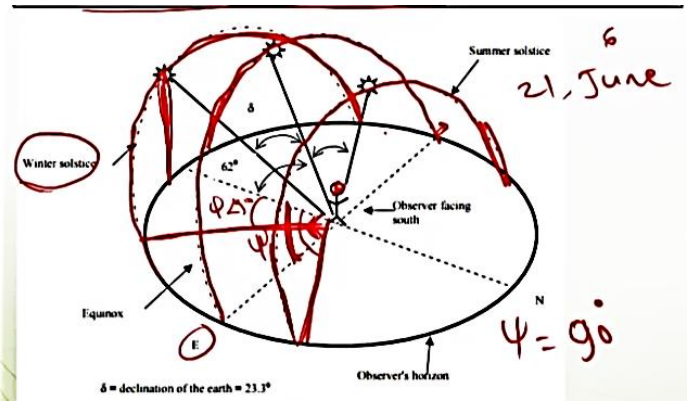
$$\delta = 23.45 \sin\left[(360)\left(\frac{284+n}{365}\right)\right]$$

or

$$\delta = 23.45 \sin[0.9863(284+n)]$$

حيث أن (n) هي رقم اليوم اعتباراً من أول يناير The number of the day from of January .





مثال:

حدد زاوية انحراف الشمس عن خط الاستواء عند الظهر يوم 17 يناير ويوم 11

الحل

$$\delta = 23.45 \sin [\, 0.9863(284 + n)] \qquad \text{degree}$$

For January 17:

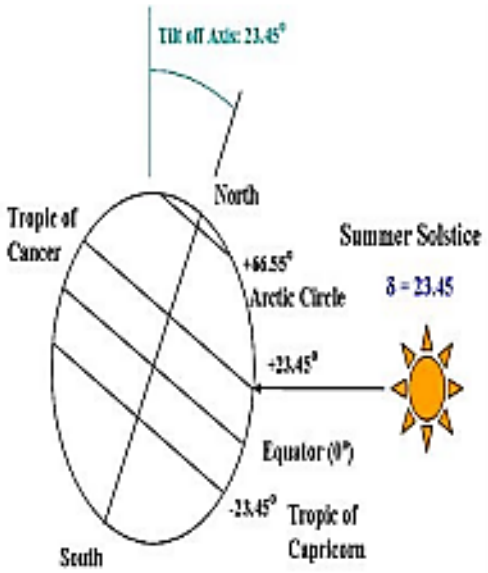
$n = 17$

$\delta = 23.45 \sin [\, 0.9863(284 + 17)] = 20.9°$

For June 11:

$n = 31 + 28 + 31 + 30 + 31 + 11 = 162$

$\delta = 23.45 \sin [\, 0.9863(284 + 162)] = 23.1\ °$



Declination (°)	Approximate dates
+23.45	June 22
+20	May 21, July 24
+15	May 1, Aug 12
+10	Apr 16, Aug 28
+5	Apr 3, Sept 10
0	Mar 21, Sept 23
-5	Mar 8, Oct 6
-10	Feb 23, Oct 20
-15	Feb 9, Nov 3
-20	Jan 21, Nov 22
-23.45	Dec 22

زاوية تتحدد بالسَّاعة حسب التوقيت الشمسي

بما أن الأرض تدور حول محورها دورة كل 24 ساعة، فإن وضع كل نقطة على سطح الأرض بالنسبة للخط الواصل بين مركزي الشمس والأرض يتغير بشكل مستمر على مدى 24 ساعة. فإذا اعتبرنا نقطة الصفر بالنسبة لأي نقطة هي اللحظة التي يقع فيها الخط الواصل من مركز الأرض إلي مركز الشمس في نفس مستوي خط الطول لهذه النقطة فإن هذه اللحظة تحديدا هي لحظة منتصف اليوم أو الظهر في هذا المكان. وحيث أن الأرض تدور 360 درجة في مدة 24 ساعة فهذا يعني أن الأرض تدور حول محورها 15 درجة كل ساعة. وهذا يعني أن مرور ساعة واحدة بعد وقت الظهر (الساعة الثانية عشرة حسب التوقيت الشمسي (أن النقطة المقصودة قد انحرفت بزاوية 15 درجة عن وضع الظهيرة. و على هذا تعرف زاوية الساعة(Hour angle :)و التي يرمز لها بالرمز ***H***

حيث تأخذ الإشارة الموجبة في فترة ما بعد الظهر والإشارة السالبة في فترة ما قبل الظهر

Where t number of hours before or solar noon

$$H = \pm \frac{360^\circ}{24\ hr} t$$

زوايا تحدد ميل الشعاع الشمسي واتجاهه Solar altitude angle, α

يلزم لتحديد الشعاع تحديدا تاما معرفة زاويتين أحدهما زاوية ميله على المستوي الأفقي وهي زاوية الارتفاع (Altitude angle)

والأخرى تحدد اتجاه الشعاع بالنسبة للاتجاهات الأربعة الرئيسية.

زاوية الارتفاع تتغير خلال اليوم الواحد لنفس النقطة نتيجة دوران الأرض والتحرك النسبي للشمس هذا بالإضافة لتغير هذه الزاوية بتغير المكان . وهذا يعني أن زاوية الارتفاع ستعتمد على موضع النقطة على سطح الأرض والممثل هنا في زاوية خط العرض L

والتوقيت أثناء اليوم والممثل في زاوية الساعةH

كما أنها تعتمد على اليوم في خلال السنة والممثل في الزاوية ، والمعادلة التي يمكن حساب الزاوية α منها هي:

The solar altitude angle is the angle between the sun's rays and a horizontal plane as shown in Fig. It is related to the solar zenith angle Φ, being the angle between the sun's rays and the vertical

The mathematical expression for the solar altitude angle is

$$\sin(\alpha) = \sin(L)\sin(\delta) + \cos(L)\cos(\delta)\cos(h)$$

where L = local latitude,

و هناك زاوية أخري متممة للزاوية وتسمي زاوية السمت(zenith angle :) وهي «الزاوية المحصورة بين شعاع الشمس والاتجاه الرأسي عند الموقع الذي تُحسب الزاوية له .«أي ان :

$$Z = \pi/2 - \alpha$$

حيث:

- Z: زاوية السمت.
- α: زاوية الارتفاع.

- يمكن حساب الزاوية Z هكذا مِن نفس المعادلة بشكل مباشر:

$$Cos_Z = Sin_L Sin_\delta + Cos_L Cos_\delta Cos_h$$

حيث أنَّ جيب الزاوية = جيب تمام الزاوية المتممة لها

و لتحديد اتجاه أشعة الشمس بالنسبة للاتجاهات الأربعة فقد اتفق على اتخاذ اتجاه الجنوب هو نقطة الصفر في هذه الحالة..

والزاوية المحددة لاتجاه الشعاع الشمسي تسمي زاوية السمت الشمسية (Solar azimuth angle :) ، ويرمز لها بالرمزΦ وهذه الزاوية مثل زاوية الارتفاع تعتمد على اليوم والمكان والساعة خلال اليوم. وتعرف هذه الزاوية بأنها «الزاوية بين مسقط شعاع الشمس على الأفقي واتجاه الجنوب»:

و تعتبر موجبة في إتجاه الغرب (أو إتجاه عقارب الساعة) وتحسب من العلاقة:

$$Sin_\Phi = Cos_\delta Sin_h / Cos_\alpha$$

.

Number of bright sunshine hours (N) عدد ساعات الإضاءة الشمسية

عبارة عن أقصى عدد لساعات سطوع الشمس في اليوم الواحد (طول النهار) ويمكن تحديد وحساب عدد ساعات الإضاءة اليومية لأى مكان على سطح الكرة الأرضية بدلالة زاوية خط العرض وزاوية الانحراف الشمسي عند الظهر:

Sunrise time (T_s) وقت شروق الشمس

هو الزمن المحدد الذي عنده تشرق الشمس (بداية النهار) ويمكن تحديده بدلالة زاوية خط العرض وزاوية الانحراف الشمسي